

SQM SALAR S.A.

**INFORME N° 24 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL
HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS
DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA**

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

INFORME N°24 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

“INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A DICIEMBRE
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) 3-10	
4	MATERIALES Y METODOS.....	4-11
4.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	4-11
4.2	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O SITIOS DE MONITOREO.....	4-15
4.2.1	Sistema Soncor	4-17
4.2.2	Sistema Aguas de Quelana	4-22
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	4-30
4.2.7	Cuña Salina	4-33
4.2.8	Plan de Contingencias.....	4-34
4.3	PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES..	4-38
4.4	METODOLOGÍAS	4-38

4.4.1	Monitoreo manual de nivel pozos	4-38
4.4.2	Monitoreo manual de nivel aguas superficiales.....	4-40
4.4.3	Monitoreo continuo de nivel.....	4-40
4.4.4	Medición de superficie lacustre	4-40
4.4.5	Monitoreo de caudal de bombeo pozos	4-42
4.4.6	Monitoreo manual de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-42
4.4.7	Monitoreo continuo de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-42
4.4.8	Monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas.....	4-43
4.4.9	Perfilaje Conductividad Eléctrica en pozos	4-44
4.4.10	Medición Meteorología	4-45
4.5	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	4-45
4.5.1	Monitoreo manual de nivel pozos	4-45
4.5.2	Monitoreo manual de nivel aguas superficiales.....	4-45
4.5.3	Monitoreo continuo de nivel.....	4-45
4.5.4	Medición de superficie lacustre	4-46
4.5.5	Monitoreo caudal de bombeo pozos	4-46
4.5.6	Monitoreo manual de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-46
4.5.7	Monitoreo continuo de caudal en cauces naturales (aforos).....	4-46
4.5.8	Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas	4-46
4.5.9	Perfilaje Conductividad Eléctrica en pozos	4-47
4.5.10	Medición Meteorología	4-47
4.6	FECHA DE MEDICIÓN, MUESTREO Y/O ANÁLISIS.....	4-47
4.7	INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS.....	4-47
5	RESULTADOS DEL PRIMER SEMESTRE DE 2018.....	5-50
5.1	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIA	5-50
5.1.1	Sistema Soncor.....	5-51
5.1.2	Sistema Aguas de Quelana	5-54
5.1.3	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa	5-56
5.1.4	Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex.....	5-58
5.1.5	Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-60
5.1.6	Pozos adicionales al Plan de Contingencia	5-63
5.1.7	Indicadores de estado Sistema Peine	5-66
5.2	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO.....	5-69

5.2.1	Sistema Soncor	5-70
5.2.2	Sistema Aguas de Quelana	5-107
5.2.3	Sistema Vegetación Borde Este	5-127
5.2.4	Sistema Peine	5-135
5.2.5	Sector Vegas de Tilopozo	5-146
5.2.6	Núcleo del Salar de Atacama	5-148
5.2.7	Cuña Salina	5-156
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	6-164
6.1	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS	6-164
6.1.1	Sistema Soncor	6-165
6.1.2	Sistema Aguas de Quelana	6-169
6.1.3	Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa	6-170
6.1.4	Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex	6-171
6.1.5	Sistema Borde Este - Alerta Temprana	6-173
6.1.6	Pozos Adicionales al Plan de Contingencia	6-176
6.1.7	Indicadores de estado Sistema Peine	6-179
6.2	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO	6-179
6.2.1	Sistema Soncor	6-181
6.2.2	Sistema Aguas de Quelana	6-233
6.2.3	Sistema Vegetación Borde Este	6-257
6.2.4	Sistema Peine	6-265
6.2.5	Sector Vegas de Tilopozo	6-283
6.2.6	Núcleo del Salar de Atacama	6-286
6.2.7	Cuña Salina	6-293
7	CONCLUSIONES	7-300
8	REFERENCIAS	8-303
9	GLOSARIO Y ABREVIACIONES	9-304

LISTADO DE FIGURAS

Figura 4-1: Ubicación general del proyecto.....	4-11
Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama.....	4-12
Figura 4-3: Ubicación de los Sistemas Objeto de Protección del PSA Hidrogeológico ..	4-14
Figura 4-4: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH.....	4-16
Figura 4-5: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor.....	4-17
Figura 4-6: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente S. Luis	4-21

Figura 4-7: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.	4-22
Figura 4-8: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este	4-25
Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine	4-27
Figura 4-10: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo	4-30
Figura 4-11: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama	4-31
Figura 4-12: Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina	4-33
Figura 4-13: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial (DATUM WGS-84)	4-36
Figura 4-14: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine (DATUM WGS-84)	4-37
Figura 4-15: Esquema conceptual de pozos de monitoreo	4-39
Figura 5-1: Nivel observado (m.s.n.m.) pozos de contingencia Sistema Soncor (WGS-84)	5-53
Figura 5-2: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema A. de Quelana	5-56
Figura 5-3: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa	5-58
Figura 5-4: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex	5-60
Figura 5-5: Descenso observado (m) pozos de contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-62
Figura 5-6: Descenso observado (m) pozos de contingencia Adicionales	5-64
Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) pozos Sistema Peine (WGS-84)	5-67
Figura 5-8 Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor	5-72
Figura 5-9 Nivel dinámico observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor – Pozos de Extracción de Agua Industrial	5-72
Figura 5-10: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puillar	5-74
Figura 5-11: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros	5-76
Figura 5-12: Nivel observado (m.s.n.m) en zona marginal Sistema Soncor- Subsector Este Barros Negros (L2-4 y L2-8)	5-76
Figura 5-13: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa	5-78
Figura 5-14: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez	5-80
Figura 5-15: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez	5-81
Figura 5-16: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez	5-81
Figura 5-17: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur	5-83
Figura 5-18: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur	5-83
Figura 5-19: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte	5-84

Figura 5-20: Nivel observado (m.s.n.m.) para los pozos de Salmuera para el segundo semestre de 2018 (WGS-84).....	5-85
Figura 5-21: Nivel observado (m.s.n.m.) en Reglilla para el segundo semestre de 2018...5-	87
Figura 5-22: Nivel observado (m.s.n.m) sector de aforo Puente San Luis para el segundo semestre de 2018.....	5-88
Figura 5-23: Nivel observado (m.s.n.m.) para el nivel lacustre durante el segundo semestre de 2018 (WGS-84)	5-89
Figura 5-24: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el segundo semestre de 2018	5-91
Figura 5-25: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Soncor	5-92
Figura 5-26: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña julio 2018	5-95
Figura 5-27: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña octubre 2018.....	5-96
Figura 5-28: Resultados de análisis físico-químico en pozos de extracción - Mullay	5-98
Figura 5-29: Resultados de análisis físico-químico en pozos de extracción - Allana.....	5-99
Figura 5-30: Resultados de análisis físico-químico lagunas	5-100
Figura 5-31: Resultados de análisis físico-químico CONAF de las lagunas Chaxa y Burro Muerto	5-102
Figura 5-32: Resultados de análisis físico-químico CONAF de las lagunas Barros Negros y Puillar	5-103
Figura 5-33: Resultados Aforos mensuales Laguna Barros Negros y Puente San Luis.....	5-106
Figura 5-34: Superficie lacustre segundo semestre de 2018.....	5-107
Figura 5-35: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema de Aguas de Quelana	5-108
Figura 5-36: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Camar-2	5-110
Figura 5-37: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Socaire-5B.....	5-112
Figura 5-38: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño a Camar-2.....	5-114
Figura 5-39: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño Socaire-5B	5-116
Figura 5-40: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de Salmuera en Sistema Aguas de Quelana	5-117
Figura 5-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en reglillas de Sistema Aguas de Quelana ...	5-118
Figura 5-42: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana....	5-120
Figura 5-43: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña julio 2018	5-122
Figura 5-44: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña octubre 2018.....	5-123
Figura 5-45: Resultados del análisis físico-químico en pozos bombeo.....	5-125
Figura 5-46: Resultados del análisis físico-químico en reglilla L4-10.....	5-126
Figura 5-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este	5-128
Figura 5-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema de Vegetación Borde Este	5-131

Figura 5-49: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este...	5-132
Figura 5-50: Resultados de análisis físico-químico del pozo CA-2015	5-134
Figura 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema Peine.....	5-137
Figura 5-52: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal al Este de la Laguna Salada del Sistema Peine	5-137
Figura 5-53: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de salmuera del Sistema Peine.....	5-140
Figura 5-54: Nivel observado (m.s.n.m.) en Aguas Superficiales del Sistema Peine ...	5-141
Figura 5-55: Resultados calidad del agua en pozos del Sistema Peine	5-142
Figura 5-56: Resultados de análisis físico-químico CONAF a Lagunas del Sistema Peine.	5-144
Figura 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo	5-147
Figura 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) en el agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo	5-148
Figura 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama alejados de zona productiva.....	5-150
Figura 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama próximos a zona productiva	5-151
Figura 5-61: Nivel observado (m.s.n.m.) de la salmuera en el Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector Norte a zona productiva	5-152
Figura 5-62: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2018.....	5-153
Figura 5-63: Resultados calidad del agua sector Núcleo del Salar.....	5-155
Figura 5-64: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos del sistema Cuña Salina.....	5-157
Figura 5-65: Perfil de CE en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2018.....	5-158
Figura 5-66: Perfil de CE en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a diciembre de 2018 ...	5-160
Figura 5-67: Perfil de CE en el pozo Cuña 6 a diciembre de 2018	5-162
Figura 6-1: Variación histórica de niveles en la Reglilla L1-G4	6-166
Figura 6-2: Variación histórica de niveles en L1-5	6-166
Figura 6-3: Variación histórica Laguna de Barros Negros.....	6-167
Figura 6-4: Variación histórica de niveles en L1-4	6-168
Figura 6-5: Variación histórica de niveles en L7-4	6-168
Figura 6-6: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Aguas de Quelana.....	6-170
Figura 6-7: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Vegetación Hidromorfa	6-171
Figura 6-8: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex	6-172
Figura 6-9: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L4-3)	6-174
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)	6-174
Figura 6-11: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L2-25)	6-175

Figura 6-12: Variación histórica de niveles de los pozos del Plan de Contingencia del Sistema Borde Este – Alerta Temprana (L7-13)	6-176
Figura 6-13: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L7-14, L4-17, L9-2, L2-25	6-177
Figura 6-14: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L2-26	6-178
Figura 6-15: Variación histórica de niveles de los pozos adicionales al Plan de Contingencia: L3-15	6-178
Figura 6-16: Variación histórica de niveles de los pozos del Sistema Soncor (Zona Aluvial)	6-182
Figura 6-17: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector de Puilar (Zona Marginal).....	6-183
Figura 6-18: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (Zona Marginal).....	6-184
Figura 6-19: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor Sector Este de la Laguna Barros Negros (Zona Marginal).....	6-185
Figura 6-20: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor, Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (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 Cola de Pez (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 del Sector Descarga Barros Negros Sur (Zona Marginal).....	6-193
Figura 6-26: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor, Sector Norte.....	6-194
Figura 6-27: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor - Zona Núcleo	6-195
Figura 6-28: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-196
Figura 6-29: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-197
Figura 6-30: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-197
Figura 6-31: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal).....	6-198
Figura 6-32: Variación histórica de niveles dinámicos de los pozos de extracción del Sistema Soncor (Zona Aluvial).....	6-199
Figura 6-33: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor	6-200
Figura 6-34: Meteorología Estación Chaxa	6-202
Figura 6-35: Caudal histórico de los pozos de Agua Industrial del Sistema Soncor (Zona Aluvial).....	6-203
Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4	6-205
Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5	6-206
Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6	6-207

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3	6-208
Figura 6-40: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4	6-209
Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5	6-210
Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3	6-211
Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7	6-212
Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14	6-213
Figura 6-45: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L1-G4	6-214
Figura 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L7-G1	6-215
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1 ...	6-217
Figura 6-48: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Allana	6-219
Figura 6-49: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa	6-222
Figura 6-50: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros	6-225
Figura 6-51: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar	6-228
Figura 6-52: Evolución histórica de la calidad del agua canal Burro Muerto.....	6-230
Figura 6-53: Evolución histórica aforo Laguna Barros Negros y Puente San Luis.....	6-232
Figura 6-54: Niveles históricos de los pozos aledaños al pozo de Agua Industrial Socaire del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial).....	6-233
Figura 6-55: Niveles histórico de los pozos aledaños al Pozos de extracción CAMAR-2 del Sistema Aguas de Quelana (Zona Marginal)	6-235
Figura 6-56: Niveles históricos de los pozos aledaños al Pozos de extracción SOCAIRE-5B del Sistema Aguas de Quelana (Zona Marginal).....	6-236
Figura 6-57: Niveles histórico del Sistema Aguas de Quelana, margen Oeste de lagunas difusas aledaño a CAMAR-2 (Zona Marginal).....	6-237
Figura 6-58: Niveles históricos del Sistema Aguas de Quelana, margen oeste de lagunas difusas aledaño a SOCAIRE 5B (Zona Marginal)	6-239
Figura 6-59: Niveles y descensos históricos de los pozos núcleo Sistema Aguas de Quelana	6-240
Figura 6-60: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Aguas de Quelana	6-241
Figura 6-61: Niveles históricos de los pozos de extracción de agua industrial del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial).....	6-242
Figura 6-62: Caudal Bombeado del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial).....	6-243
Figura 6-63: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3	6-245
Figura 6-64: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6	6-246
Figura 6-65: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8	6-247
Figura 6-66: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9	6-248
Figura 6-67: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12	6-249
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3	6-250
Figura 6-69: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L4-10	6-251
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Camar-2 ...	6-254
Figura 6-71: Evolución histórica de la calidad del agua el pozo de extracción Socaire-5B	6-256
Figura 6-72: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este aledaño al pozo de extracción CA-2015 (Zona Aluvial).....	6-259
Figura 6-73: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial) ...	6-259

Figura 6-74: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial) ...	6-260
Figura 6-75: Niveles dinámicos históricos de los pozos de extracción Sistema Borde Este (Zona Aluvial)	6-261
Figura 6-76: Caudal bombeado - Sistema Borde Este (Zona Aluvial).....	6-262
Figura 6-77: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (las últimas siete mediciones corresponden al pozo CA-2015).....	6-263
Figura 6-78: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Marginal).....	6-267
Figura 6-79: Nivel histórico del pozo del Sistema Peine sector este de Laguna Salada (Zona Marginal).....	6-267
Figura 6-80: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Núcleo)	6-268
Figura 6-81: Niveles de agua superficial de las Lagunas Salada, Saladita e Interna Sistema Peine	6-270
Figura 6-82: Superficie lacustre de las Lagunas Salada, Saladita e Interna, Sistema Peine	6-271
Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028.....	6-273
Figura 6-84: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-1	6-274
Figura 6-85: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L10-4	6-275
Figura 6-86: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada	6-277
Figura 6-87: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita	6-279
Figura 6-88: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna	6-281
Figura 6-89: Aforos Sistema Peine.....	6-283
Figura 6-90: Niveles históricos de los pozos del Sector Vegas de Tilopozo	6-284
Figura 6-91: Niveles históricos de agua superficial Sector Vegas de Tilopozo.....	6-285
Figura 6-92: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama lejano a la zona productiva	6-286
Figura 6-93: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama cercanos a la zona productiva	6-287
Figura 6-94: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama al norte de la zona productiva	6-288
Figura 6-95: Estación Meteorológica KCL.....	6-290
Figura 6-96: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-12C	6-292
Figura 6-97: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1001.....	6-293
Figura 6-98: Niveles históricos de los pozos del Sistema Cuña Salina.....	6-294
Figura 6-99: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección noreste)	6-295
Figura 6-100: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)	6-297
Figura 6-101: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección sureste)	6-298

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia ..	2-8
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	4-18

Tabla 4-2: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana	4-23
Tabla 4-3: Puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este.....	4-26
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.....	4-38
Tabla 5-1. Registro de niveles pozos contingencia Sistema Soncor (WGS-84)	5-52
Tabla 5-2. Registro descensos pozos contingencia Sistema A. de Quelana	5-54
Tabla 5-3. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa.....	5-57
Tabla 5-4. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex.....	5-59
Tabla 5-5. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana	5-61
Tabla 5-6. Registro descensos pozos contingencia adicionales	5-63
Tabla 5-7. Registro de niveles pozos Sistema Peine (WGS-84).....	5-68
Tabla 5-8: Registro de niveles zona aluvial de Sistema Soncor (WGS-84)	5-71
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puillar (WGS-84)	5-73
Tabla 5-10: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)	5-74
Tabla 5-11: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (WGS-84)	5-77
Tabla 5-12: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Cola de Pez (WGS-84)	5-78
Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84).....	5-82
Tabla 5-14: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)	5-84
Tabla 5-15: Registro de Niveles para los pozos de Salmuera para el segundo semestre de 2018 (WGS-84)	5-85
Tabla 5-16: Registro de Niveles en Reglillas para el segundo semestre de 2018 (WGS-84)	5-86
Tabla 5-17: Registro de Niveles sector de aforo Puente san Luis para el segundo semestre de 2018 (WGS-84)	5-88
Tabla 5-18: Registro de Niveles para el nivel lacustre durante el segundo semestre de 2018 (WGS-84).	5-90
Tabla 5-19: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el segundo semestre de 2018.....	5-90
Tabla 5-20: Caudal medio mensual bombeado Sistema Soncor para el segundo semestre de 2018.....	5-92
Tabla 5-21: Resultados calidad del agua Sistema Soncor segundo semestre de 2018 .5-94	
Tabla 5-22: Resultados calidad pozos de extracción para el segundo semestre de 2018 .5-97	

Tabla 5-23: Resultados calidad lagunas para el segundo semestre de 2018.....	5-101
Tabla 5-24: Resultados del análisis físico-químico efectuado por CONAF de las lagunas del Sistema Soncor para el segundo semestre de 2018.....	5-104
Tabla 5-25: Resultados Estación Barros Negros y Puente San Luis para el segundo semestre de 2018.....	5-105
Tabla 5-26: Estadígrafos caudal Puente San Luis segundo semestre de 2018.....	5-105
Tabla 5-27: Superficie lacustre segundo semestre de 2018	5-106
Tabla 5-28: Registro de Niveles para los pozos en la zona aluvial, segundo semestre 2018	5-109
Tabla 5-29: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Camar-2.....	5-111
Tabla 5-30: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Socaire-5B.....	5-112
Tabla 5-31: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño a Camar-2.....	5-114
Tabla 5-32: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño a Socaire-5B.....	5-115
Tabla 5-33: Registro de Niveles para pozos de Salmuera del Sistema Aguas de Quelana, segundo semestre de 2018.....	5-117
Tabla 5-34: Registro de Niveles para la reglilla del Sistema de Aguas Quelana	5-119
Tabla 5-35: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana para el segundo semestre de 2018.....	5-120
Tabla 5-36: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana segundo semestre de 2018.....	5-121
Tabla 5-37: Resultados del pozo CAMAR-2, SOCAIRE – 5B y reglilla L4-10 para el segundo semestre de 2018.....	5-124
Tabla 5-38: Registro de Niveles para los pozos en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este.....	5-129
Tabla 5-39: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema de Vegetación Borde Este.....	5-130
Tabla 5-40: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este para el segundo semestre de 2018.....	5-132
Tabla 5-41: Resultados de análisis físico-químico para el pozo CA-2015 para el segundo semestre de 2018.....	5-134
Tabla 5-42: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema Peine	5-138
Tabla 5-43: Registro de Niveles para los pozos de salmuera del Sistema Peine	5-139
Tabla 5-44: Registro de Niveles lacustres del Sistema Peine.....	5-140
Tabla 5-45: Resultados calidad del agua Sistema Peine segundo semestre de 2018	5-143
Tabla 5-46: Resultados de los análisis físico-químicos de Lagunas Sistema Peine segundo semestre de 2018 realizados por CONAF.....	5-145
Tabla 5-47: Registro de Niveles del agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo.....	5-146
Tabla 5-48: Registro de Niveles del agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo..	5-147
Tabla 5-49: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector alejado de zona productiva	5-149
Tabla 5-50: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector próximo a zona productiva	5-150

Tabla 5-51: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama Norte de zona productiva	5-151
Tabla 5-52: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2018	5-152
Tabla 5-53: Resultados calidad del agua sector Núcleo segundo semestre de 2018...	5-154
Tabla 5-54: Registro de niveles en pozos de la zona marginal del Sistema Cuña Salina ..	5-156
Tabla 5-55: Registro de CE para los pozos Cuña 1 y Cuña 2 a diciembre de 2018	5-158
Tabla 5-56: Registro de CE para el pozo Cuña 3 a diciembre de 2018	5-159
Tabla 5-57: Registro de CE para el pozo Cuña 4 a diciembre de 2018	5-160
Tabla 5-58: Registro de CE para el pozo Cuña 5 a diciembre de 2018	5-161
Tabla 5-59: Registro de CE para el pozo L4-3 a diciembre de 2018	5-161
Tabla 5-60: Registro de CE para el pozo Cuña 6 a diciembre de 2018	5-162

ANEXOS

- ANEXO 1: REGISTRO AUDITORÍA GOLDER
- 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, CESMEC y GP CONSULTORES
- 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 julio - diciembre 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. y actualizados en el Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N°24/ROL F-041-2016 de fecha 07 de enero de 2019.

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 fisicoquímica 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
- Cuña Salina

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 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/s. No obstante, lo anterior, producto de la activación del Plan de Contingencias para el Sistema Soncor acontecida en mayo de 2018, la cual fuera evidenciada en el informe N°23 del PSAH, 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 226/2006¹, reducción que se adiciona a la disminución comprometida en el marco del Programa de Cumplimiento presentado por SQM y aprobado por la SMA mediante Res. Ex. N°24 de 2019.

El PC tiene como objetivo establecer un área de control alrededor de los sistemas de lagunas y en los sectores de vegetación en el Borde Este, identificando 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

¹ Fuera del período reportado en el presente informe, a través de la Res. Ex. 608, de 6 de mayo de 2019, la Superintendencia del Medio Ambiente se pronunció favorablemente sobre el aumento paulatino del bombeo de salmuera, de manera de retornar a Operación Normal (1.500 l/s).

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.

Adicionalmente, la acción 21 del Programa de Cumplimiento (PdC) comprometió aplicar, a partir de octubre de 2018, los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine (puntos definidos en acciones 19 y 20 del PdC), tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16, análisis abordado en el presente informe.

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

1.1 SISTEMA SONCOR

El sistema Soncor se encuentra en la zona marginal del salar y su monitoreo hídrico de control abarca parte de la zona aluvial, zona marginal y zona del núcleo. En esta zona marginal existen las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar (objetos de protección del PC) y el canal Burro Muerto. Las lagunas Chaxa y Barros Negros son recargadas principalmente a través de agua superficial que proviene 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.

En cuanto al presente periodo de estudio, los niveles observados en la Reglilla L1-G4 y el pozo L1-5, continúan con el cambio de comportamiento que se ha observado desde el año 2012, pasando de una oscilación estacional sin una tendencia definida, a un periodo en que los niveles se ven influenciados por eventos de precipitación mayores a 10 mm, con una tendencia general de descenso, lo que implicó que estuvieran con fase II activa durante todo el periodo (fase activada en mayo de 2018 conforme fuese informado en el informe PSAH N°23).

SQM dio aviso de la situación a la Superintendencia del Medio Ambiente, redujo el caudal de extracción de salmuera al escalón anteriormente vigente, e inició una etapa de investigación presentando informe en los términos previstos en el PC 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. Los resultados de los estudios realizados permitieron concluir que la causa principal de activación de Fase II correspondió 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 fue corroborado en la Laguna Barros Negros, donde se observó que estos cambios de tendencia no afectaron sus niveles, los que mantuvieron la oscilación estacional natural del orden de 10 cm de amplitud, ni su superficie.

En términos generales, el comportamiento del sistema Soncor se ha mantenido estable durante el presente periodo. Para los pozos de la zona aluvial, durante el segundo semestre del 2018, mantienen su respuesta 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.

Finalmente, las variaciones en el nivel de las lagunas Chaxa y Barros Negros oscilan producto de la evaporación y la variación de sus flujos aportantes sin existir tendencia al descenso, mientras que en laguna Puilar no se observa un comportamiento en tendencia.

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.

Con respecto al plan de contingencia del sistema, históricamente los niveles de los pozos están fuertemente influenciados por oscilaciones estacionales con periodicidad anual, no observándose tendencias importantes a largo plazo. No obstante lo anterior, durante diciembre de 2018 se alcanzó la Fase I en el pozo L5-10. Tal como se establece en la RCA, SQM dio aviso de la situación a la Superintendencia del Medio Ambiente.

Con respecto a los niveles de los pozos del Plan de Seguimiento, es importante mencionar que en la zona aluvial del sistema Aguas de Quelana 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 para el presente periodo en estudio, se observa que los niveles de la zona aluvial de este sistema responden al estado de operación de los pozos Camar-2 y Socaire-5B, sin evidenciarse una influencia relevante de las precipitaciones o variaciones de ciclicidad anual. En términos generales, todos los pozos de la zona marginal responden a oscilaciones estacionales, y sólo los pozos L13-1 y L3-3 evidencian adicionalmente una influencia del bombeo en Camar-2. 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 afloramientos superficiales difusos 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 entonces². 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. Adicionalmente para el presente periodo en estudio, los pozos L2-7 y L1-3 presentaron una primera superación de Fase I en diciembre de 2018.

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, encontrándose en estabilización.

Respecto a los pozos de la zona marginal, en general, presentan tanto oscilaciones estacionales como descensos debido a las extracciones de agua industrial.

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.

Adicionalmente se incluye el monitoreo de la denominada laguna Interna, correspondiente a la unidad terminal del sistema de lagunas Salada-Saladita-Interna, cuya conformación depende de los desbordes o derrames que puedan ocurrir desde laguna Saladita. Por esta misma razón, su forma y dimensión es errática, lo que impide un registro y seguimiento continuo de niveles y de la superficie que abarca.

Respecto de Laguna Interna, CONAF ha informado que, desde el año 2016, la reglilla Interna no ha mostrado niveles puesto que el área de descarga no ha cubierto la ubicación del punto de monitoreo. Por su parte, las lagunas Salada y Saladita mostraron superficies superiores a los registros el semestre anterior (de acuerdo a superficie determinada en base a RCA N°21/16)³.

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.

Durante el presente semestre no fue posible obtener resultados en algunos puntos de control monitoreados (tanto aquellos efectuados directamente por SQM, como aquellos realizados por CONAF), 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

² Cabe señalar que el pozo L7-6 se definió en la RCA como un pozo del PC para el resguardo del Sistema Vegetación Borde Este - Brea Atriplex. Sin embargo, cuando se ejecutó se verificó que su ubicación no era idónea para el objetivo planteado, manteniéndose su monitoreo como parte del PSAH, pero siendo reemplazado como indicador de contingencia por otros pozos existentes de mayor representatividad (L7-14). En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Res. Ex. N°1/RoI F-041-2016, SQM retoma el monitoreo de dicho pozo como parte del Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este, dando aviso a la autoridad de la activación de Fase I.

³ RCA "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, de Albemarle Limitada.

documentada. Por lo anterior, y como forma de complementar la información disponible del sistema, en la sección de Análisis y Discusión de Resultados se ha tenido en consideración los resultados de monitoreos efectuados por el titular de la RCA N°21/16, de la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta en puntos cercanos.

A modo de resumen para los pozos de la zona marginal, se tienen que estos responden fuertemente a las precipitaciones con una leve tendencia de descenso. La excepción a este comportamiento es el pozo L10-1, cuyo nivel asciende de manera oscilante. Respecto a los pozos de la zona núcleo, y de acuerdo a lo esperado, durante el segundo semestre de 2018 los niveles mantienen su tendencia de descenso, no obstante, puede observarse que la tasa en estos pozos ha ido disminuyendo.

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, observándose distintas respuestas a las extracciones de salmuera conforme la zona monitoreada. Así, y de acuerdo a lo esperado, se tiene que el nivel de los pozos en la zona desciende por la extracción de salmuera, siendo altamente dependiente 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, con niveles estables.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°24 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) y tiene por objeto reportar y analizar la información recolectada durante el periodo julio – diciembre 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), así como incorporar los requerimientos relacionados al PSAH establecidos en el Programa de Cumplimiento aprobado por la SMA mediante Res. Ex. N°24 de enero de 2019, esto es; aumento de frecuencia de monitoreo de los indicadores de estado de los Planes de Contingencia de los sistemas Soncor, Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, y de los indicadores definidos para el Sector Peine, de mensual a diaria a partir de diciembre de 2018 y aplicar los umbrales de activación de fases definidos para el Sistema Peine a partir de octubre de 2018.

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 SMA, 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
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	
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.

Los resultados de los análisis físico-químicos fueron entregados por SGS Chile Ltda. y por CESMEC S.A.; ambas autorizadas como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA) al momento de realizar las mediciones, 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)⁴.

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.

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 diarias de nivel freático, caudales y perfil de conductividad eléctrica.
	Mediciones de campo de parámetros físico-químico ⁵ 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
GP Consultores Ltda.	Mediciones de nivel freático, nivel superficial y caudal superficial

⁴ Convenio de colaboración vigente hasta diciembre del año 2018.

⁵ Mediciones complementarias a las efectuadas por las ETFAS autorizadas por la SMA.

Responsable y participantes	Actividad realizada
SGS Chile Ltda.	Muestreo de aguas, medición de parámetros de campo y análisis de parámetros físico-químico
CESMEC S.A.	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.
- Entrega información de apoyo para la cuantificación de 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 julio - diciembre de 2018.

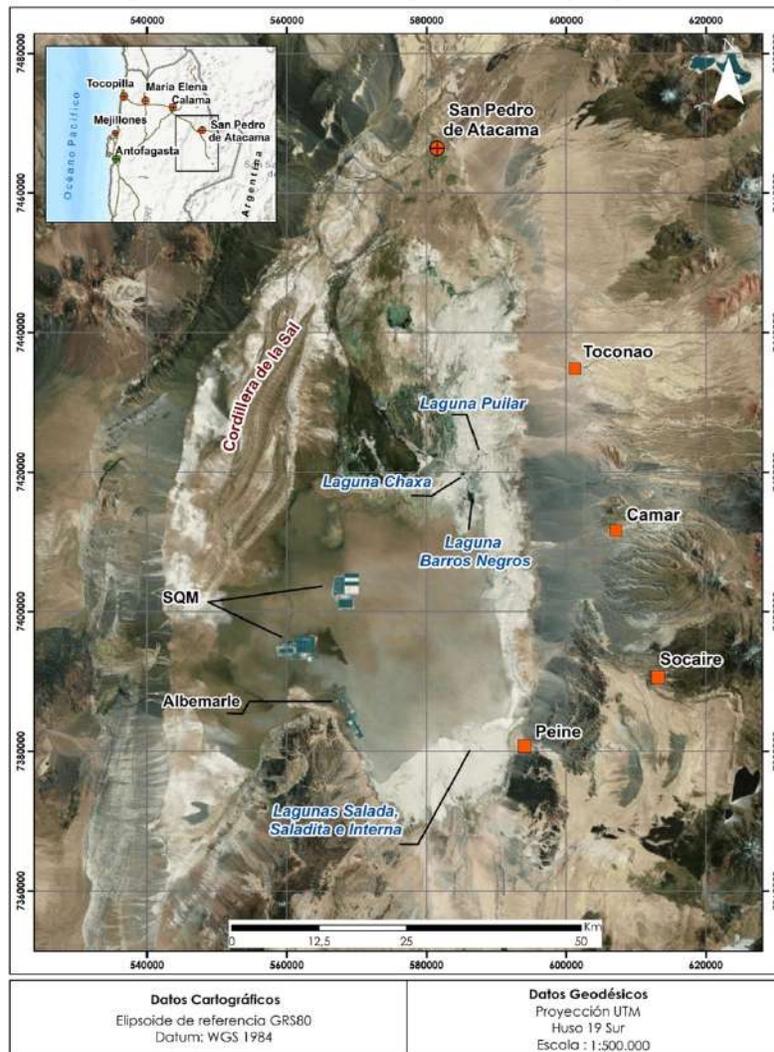
4 MATERIALES Y METODOS

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).

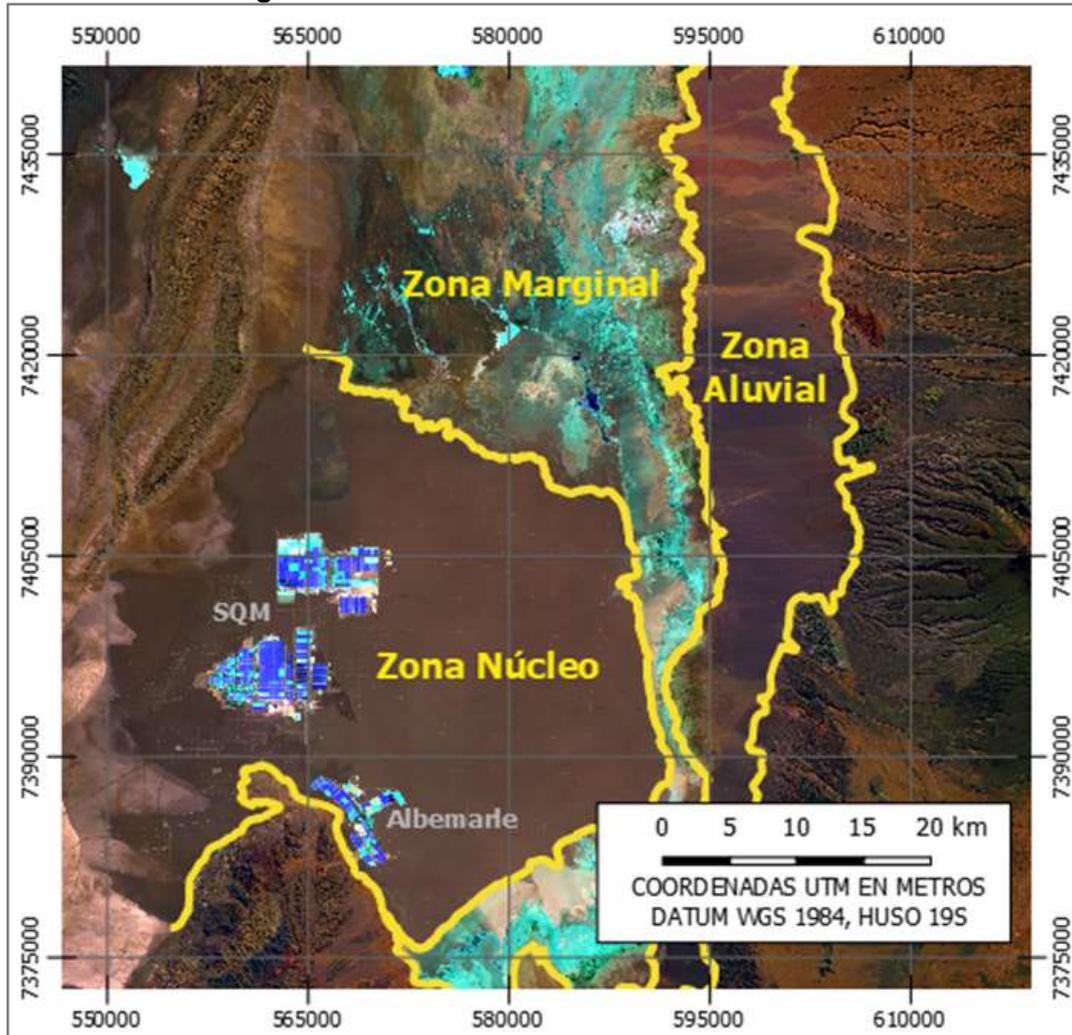
Figura 4-1: Ubicación general del proyecto.



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 disponen sistemas lagunares que albergan diversas especies de animales y plantas característicos de sistemas desarrollados en desierto extremo y en altura (se encuentra en esta área la Reserva Nacional Los Flamencos). Finalmente, al este de la zona marginal se dispone un relleno de tipo aluvial (desde donde se efectúan las extracciones de agua industrial del Proyecto) que contribuye a los aportes laterales subterráneos que alimentan al sistema marginal.

Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

El modelo conceptual simplificado de flujos superficiales y de recarga subterránea en la cuenca en su estado natural se encuentran dominados por su carácter endorreico. Así, la

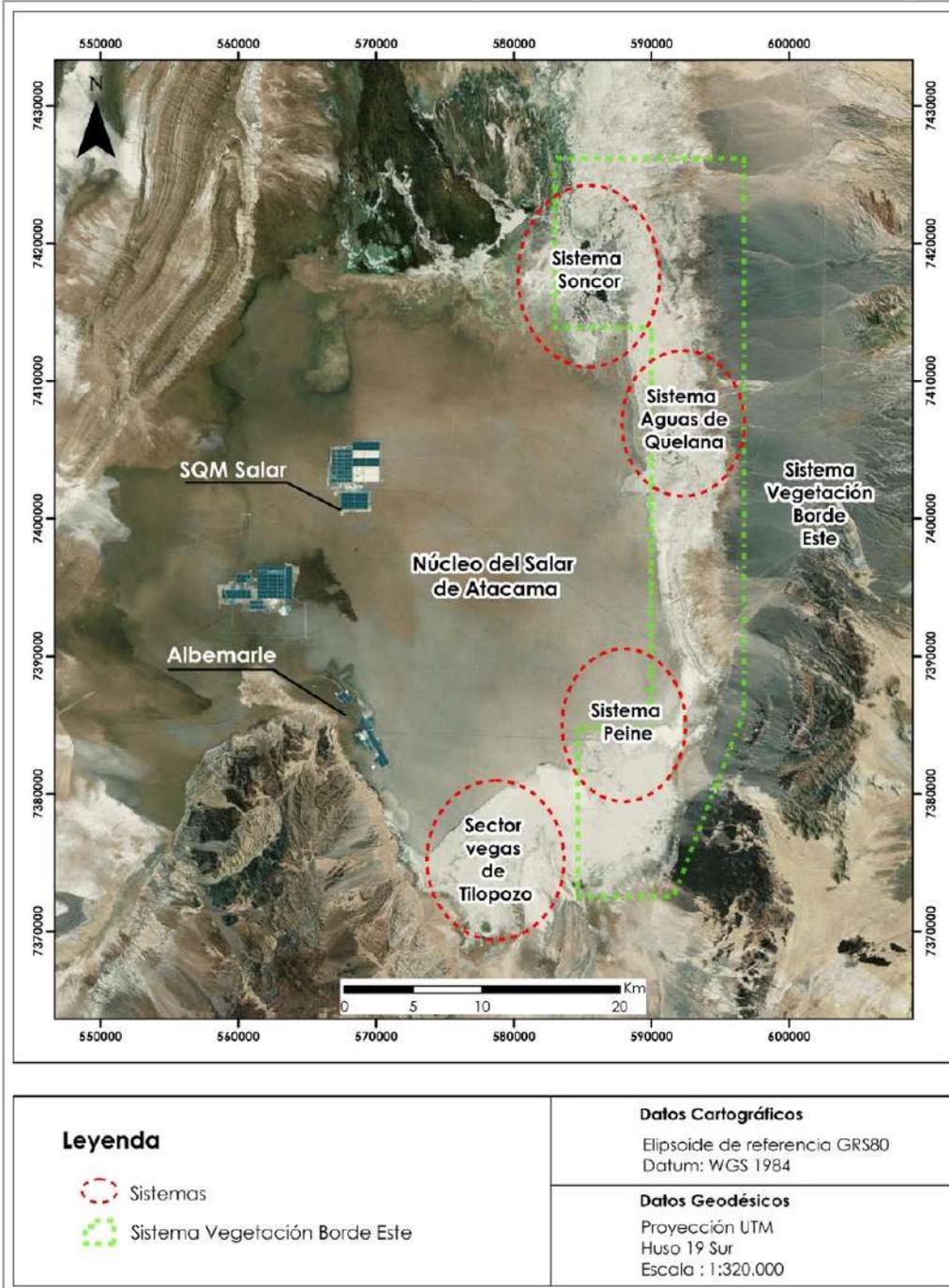
recarga general del sistema se produce por precipitación, mientras que las salidas o pérdidas se encuentran dominadas por procesos de evaporación, existiendo flujos subsuperficiales y subterráneos que conectan la zona alta de la cuenca, con el sector marginal y el núcleo del Salar. Cabe señalar que la escorrentía superficial en el sector aluvial es esporádica y acotada espacialmente, la cual se restringe a eventos de precipitación relevantes.

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 4-3):

- 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 afloramientos superficiales difusos 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 4-3).

Figura 4-3: Ubicación de los Sistemas Objeto de Protección del PSA Hidrogeológico



Fuente: Elaboración propia

4.2 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS O SITIOS DE MONITOREO

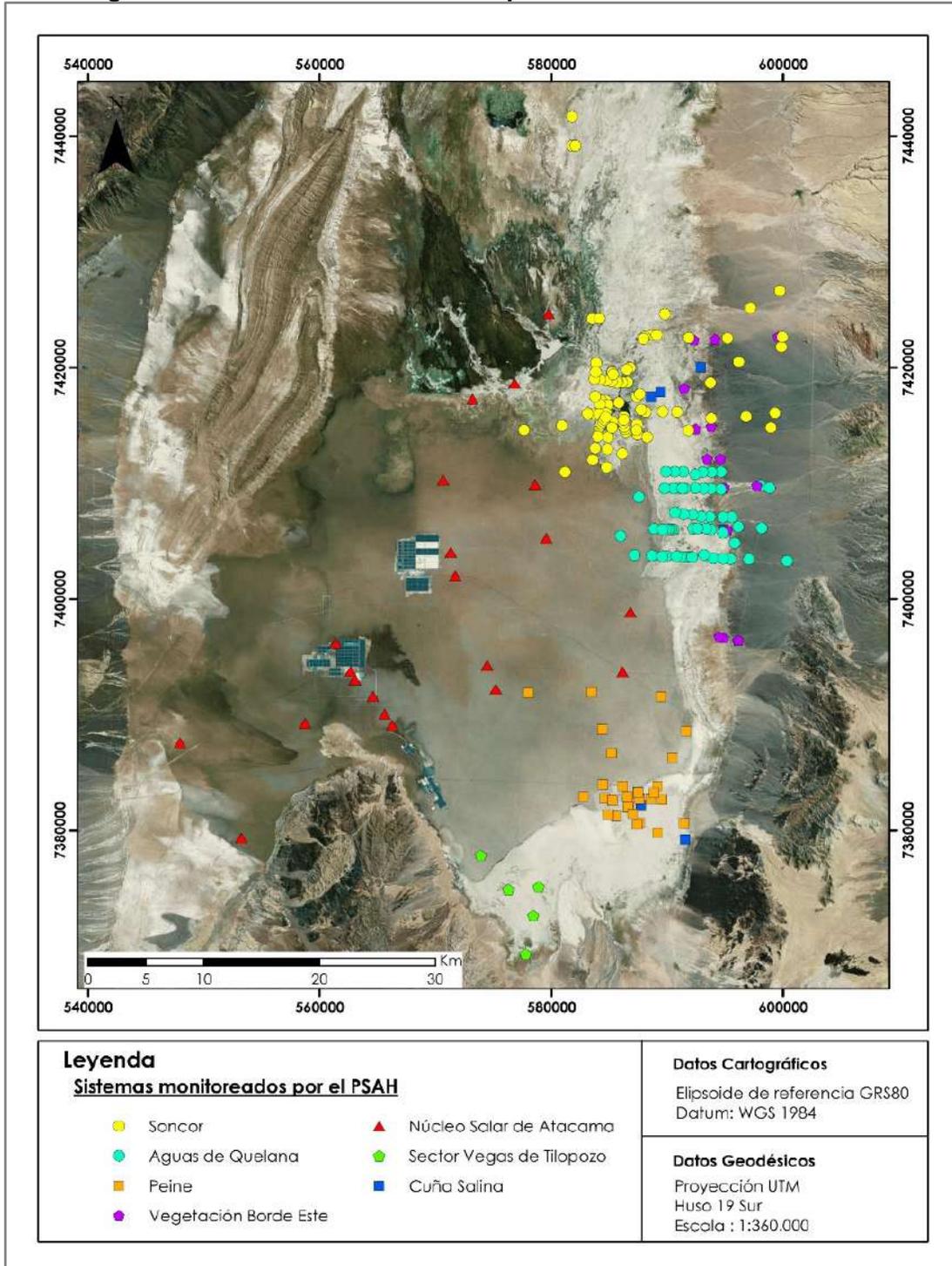
El PSAH contempla 225 puntos de monitoreo, de los cuales 74 corresponden a puntos de monitoreo con registro previos a la RCA N°226/2006 y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se habilitaron en su totalidad al 31 de octubre de 2007. Estos puntos, en algunos 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 4-4. En las siguientes secciones se entregan las coordenadas de cada uno de ellos, diferenciados por sistema objeto del PSAH del proyecto.

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



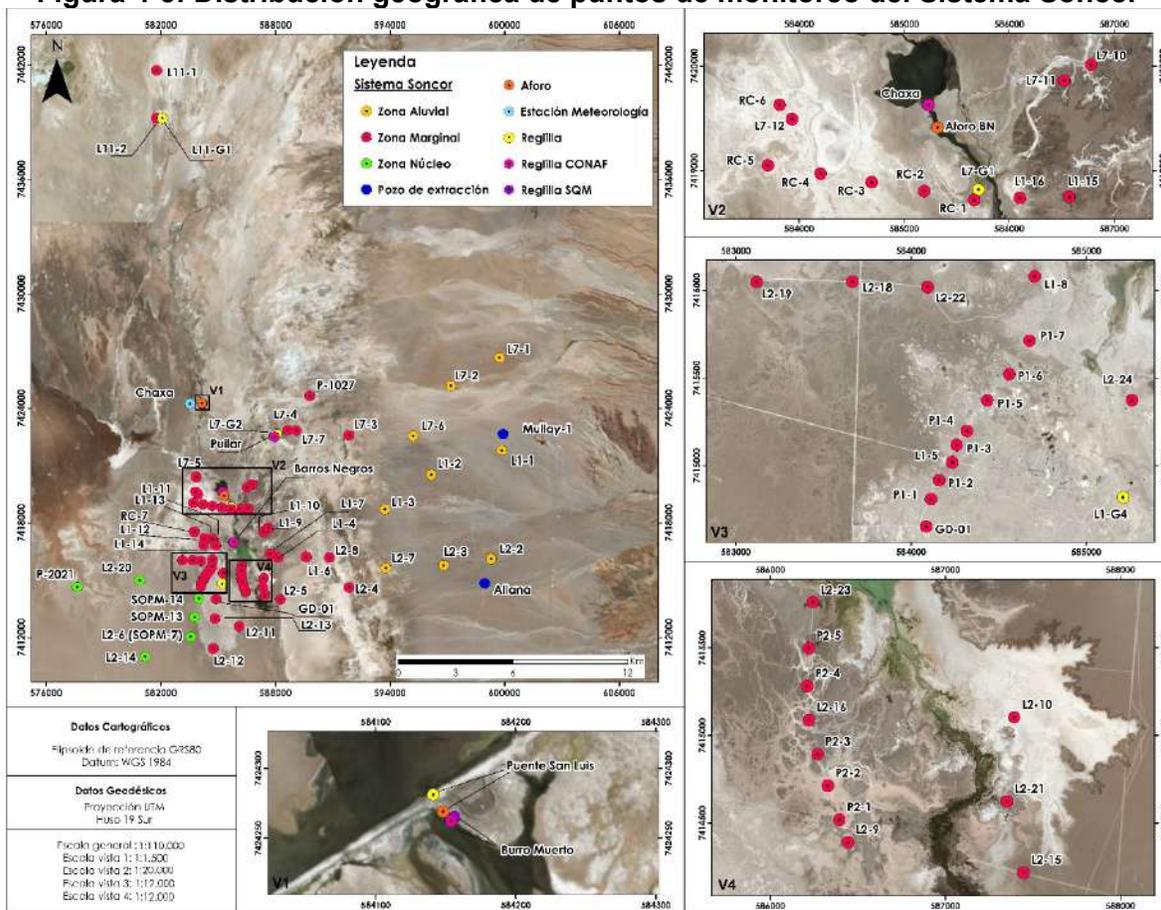
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Sistema Soncor

En la Figura 4-5 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 UTM⁶ y tipología, además de las variables que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

Figura 4-5: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

⁶ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA N°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 ⁷	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 ⁸
Barros Negros	Reglilla	7.416.975,777	585.802,725	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Chaxas	Reglilla	7.419.630,863	585.209,976	Nivel Calidad 2	Continuo Trimestral
Puilar	Reglilla	7.422.497,026	587.947,438	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
Burro Muerto	Reglilla	7.424.265,027	584.156,079	Nivel Calidad 3	Continuo Trimestral
L11-G1	Reglilla	7.439.198,280	582.072,080	Nivel	Mensual
L7-G1	Reglilla	7.418.821,780	585.706,580	Nivel Calidad 1	Mensual Trimestral
Puente San Luis	Reglilla	7.424.281,174	584.141,109	Nivel	Mensual

⁷ 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.

⁸ Si bien para la reglilla L7-G2 (Laguna Puilar) se estableció un monitoreo mensual, se implementó un sistema de medición continua ya que se ubica en una zona con alto potencial de nidificación de flamencos, lo que permite realizar un monitoreo adecuado durante el período reproductivo de estos.

Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable y Parámetros	Frecuencia
		Norte	Este		
RC-1 ⁹	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 ¹⁰	Laguna	NA	NA	Superficie Estacas Superficie Topografía ¹¹ 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,

⁹ 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.

¹⁰ En presente periodo corresponde el monitoreo de superficie lacustre en base a topografía e imágenes satelitales.

¹¹ 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.

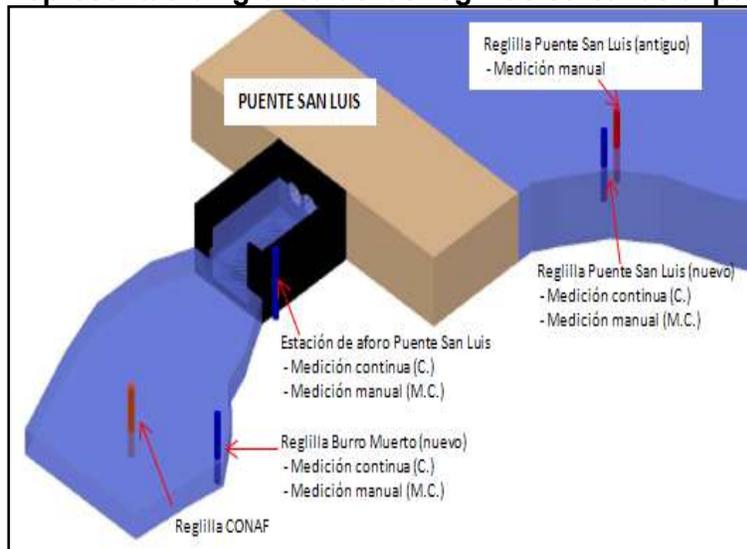
- **Calidad 4:** Alcalinidad Total, Carbonato, Bicarbonato, pH, Sólidos Disueltos Totales, Cloruro, Nitratos, Sulfato, Arsénico, Calcio, Hierro, Magnesio, Manganeseo, Potasio, Sodio y Zinc.

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 4-6 se presentan las reglillas y aforos instalados en torno al puente San Luis en el Sector Soncor (ver Figura 4-5):

- 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 4-6: Representación gráfica de las reglillas cercanas al puente S. Luis



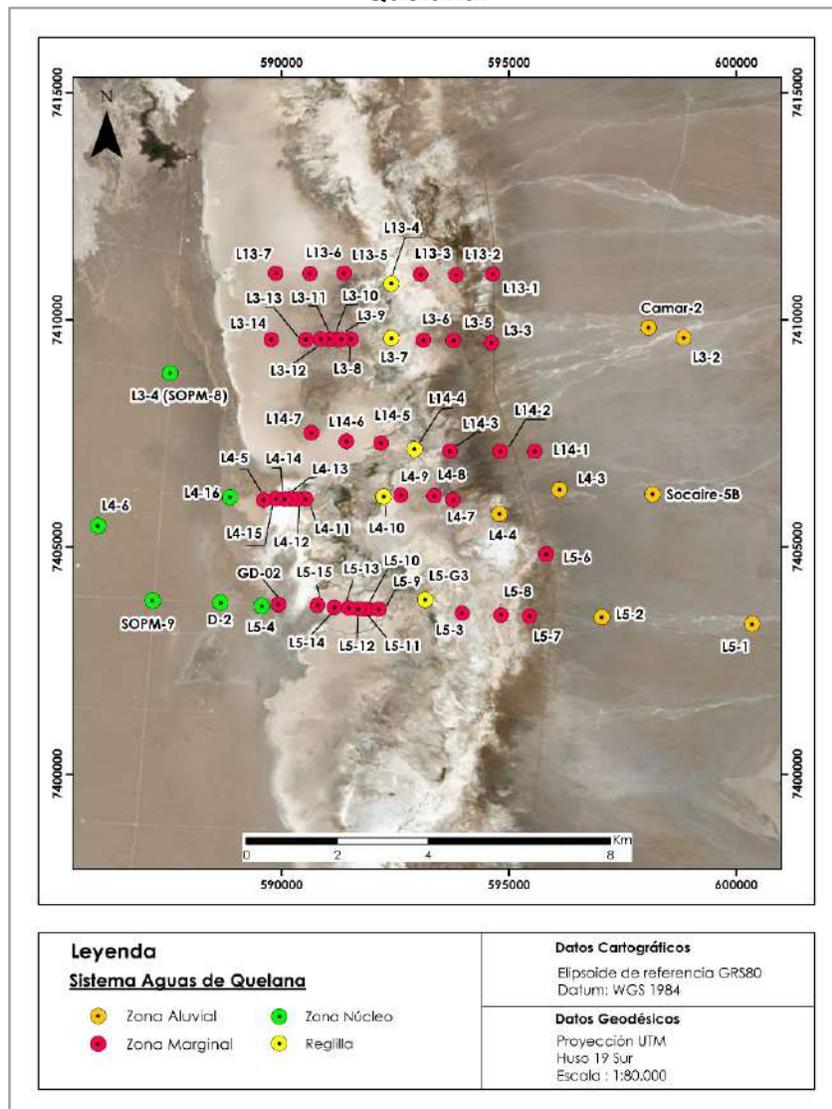
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Sistema Aguas de Quelana

Los puntos de monitoreo en el Sistema Aguas de Quelana se ubican 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 afloramientos superficiales difusos. 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 4-7 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 4-7: 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 ubicación¹², 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

¹² Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA N°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.

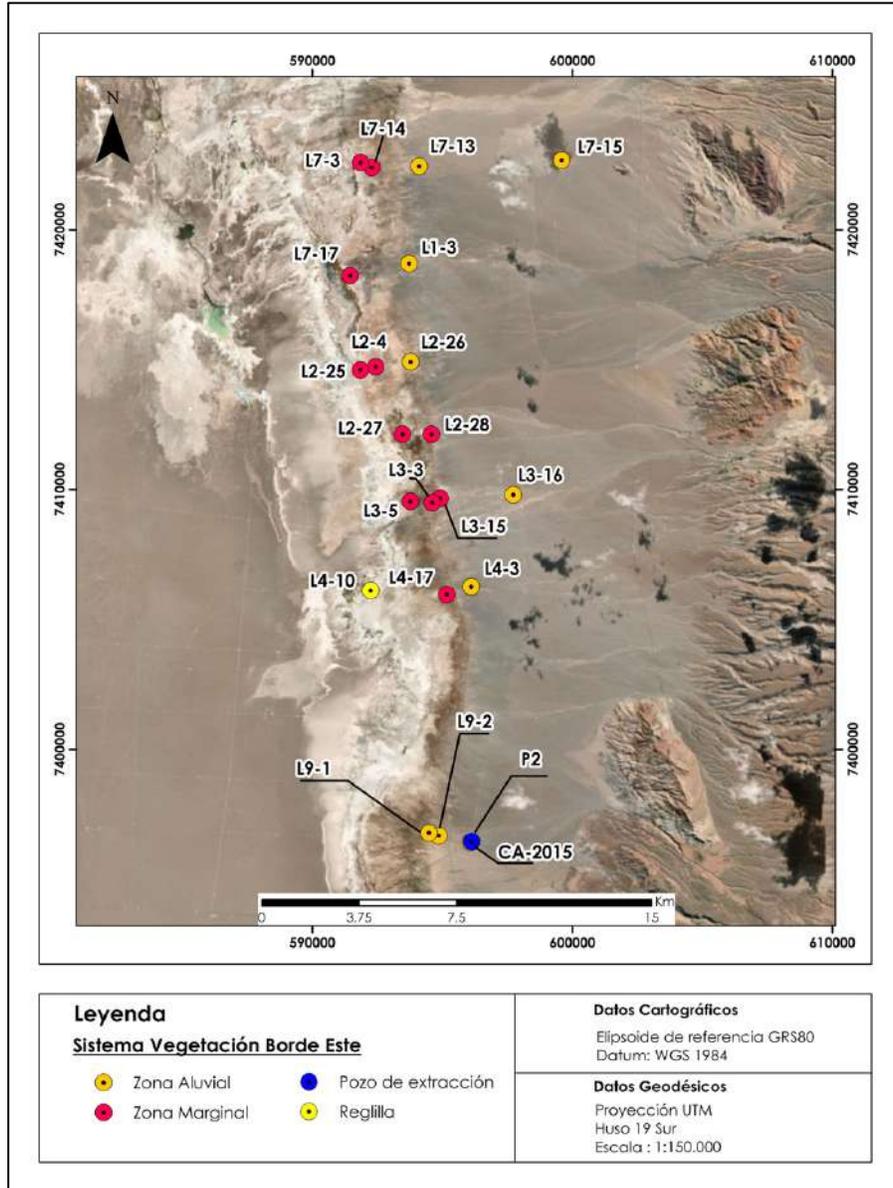
Como se observa en la Tabla 4-2, respecto al monitoreo de calidad del agua, y en base a los parámetros evaluados, es posible diferenciar los grupos de puntos de control denominados Calidad 1, Calidad 3 y Calidad 4 (ver detalle de parámetros en sección 4.2.1).

4.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

Los puntos de monitoreo del Sistema Vegetación Borde Este se encuentran 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 4-8 se muestra la distribución geográfica de los puntos, en función de la zonificación entregada en la Figura 4-2.

Figura 4-8: 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 ubicación¹³, en conjunto con las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo respectiva.

¹³ 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 4-3: 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 ¹⁴	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 ¹⁵	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 los grupos de puntos de control denominados Calidad 1 y Calidad 4 (ver detalle de parámetros en sección 4.2.1).

4.2.4 Sistema Peine

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

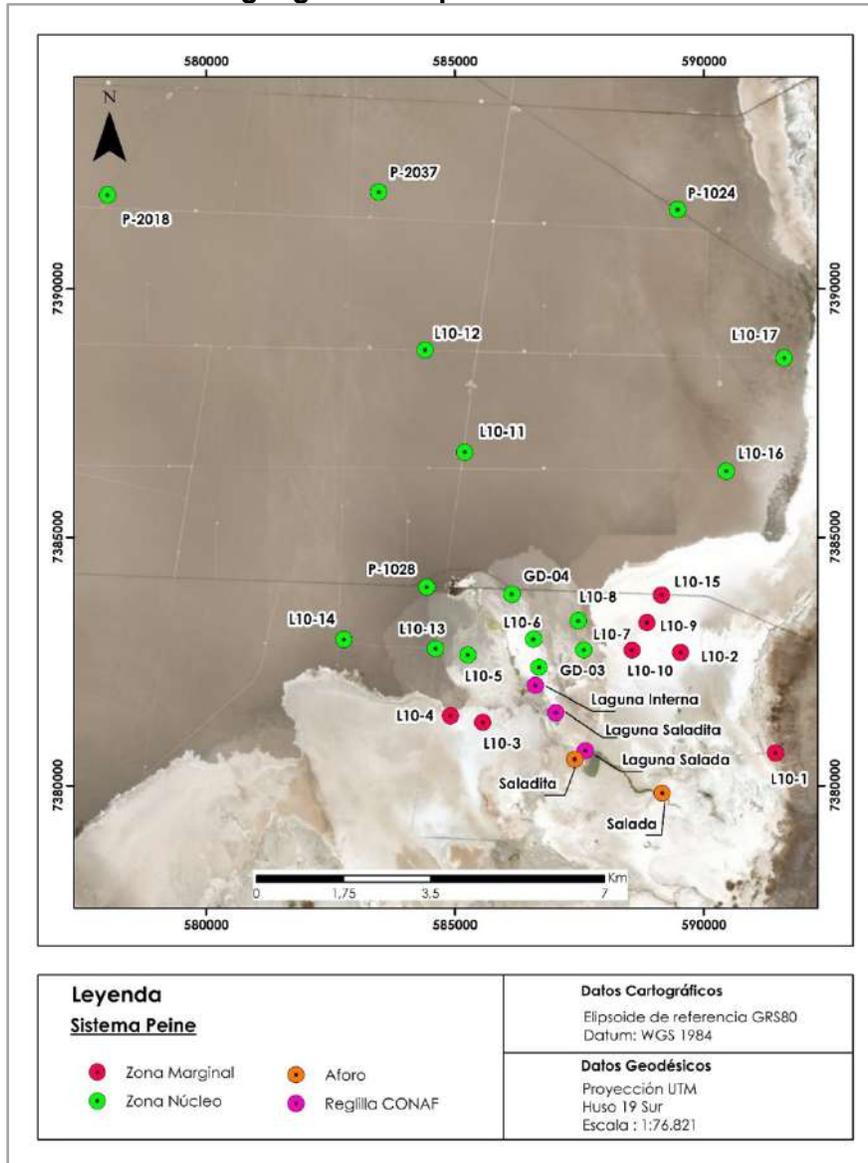
¹⁴ El pozo L1-3 se reconstruyó durante el año 2012, dado que el original fue tapado por un aluvión. Esta situación fue informada a través del Informe PSAH N° 11 el mismo año 2012, dado que el nuevo pozo (ubicado en el mismo sector del pozo original) supone una pequeña variación de las coordenadas de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

¹⁵ 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

En la Figura 4-9 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 ubicación¹⁶, en conjunto con las variables y parámetros que se miden en cada uno de ellos y la frecuencia de monitoreo asociada.

Figura 4-9: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

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.

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	7.381.471,230	587.023,020	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Salada	Reglilla	7.380.706,650	587.624,460	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Interna	Reglilla	7.382.021,410	586.614,800	Nivel Calidad 3	Mensual Trimestral
Aforo Salada [A-2 (S)]	E. Aforo	7.379.852,460	589.165,200	Caudal	Mensual
Aforo Saladita [A-1 (S)]	E. Aforo	7.380.535,230	587.408,430	Caudal	Mensual
Laguna Salada ¹⁷	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.

¹⁷ 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 los grupos de puntos de control denominados Calidad 1 y Calidad 3 (ver detalle de parámetros en sección 4.2.1).

4.2.5 Sector Vegas de Tilopozo

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

En la Figura 4-10 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 UTM¹⁸ 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

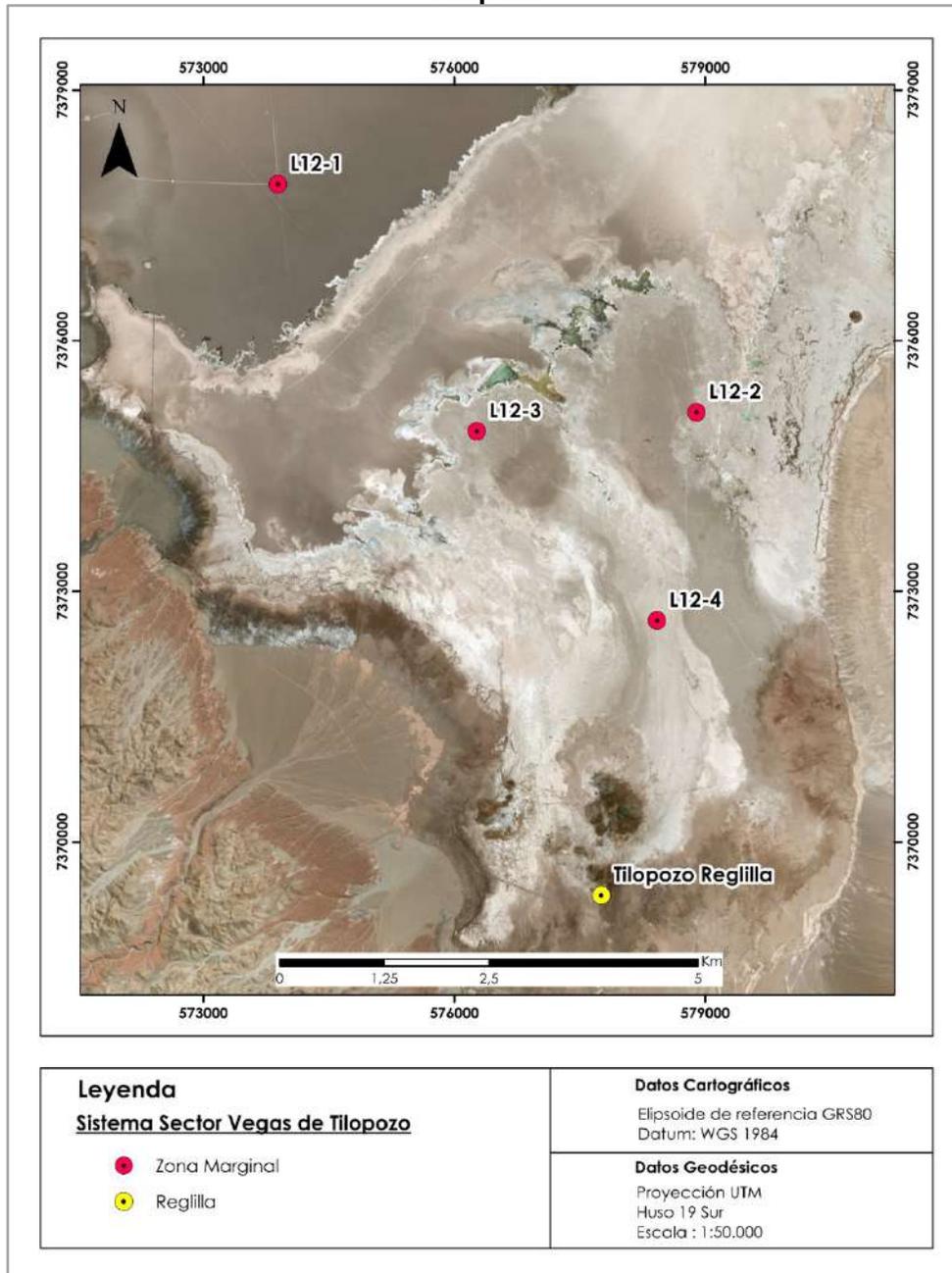
Identificación	Tipo	Coordenadas UTM WGS 1984 (19S)		Variable	Frecuencia
		Norte	Este		
L12-1 ¹⁹	Pozo	7.377.872,510	573.891,040	Nivel	Mensual
L12-2	Pozo	7.375.144,820	578.896,150	Nivel	Mensual
L12-3	Pozo	7.374.917,350	576.268,700	Nivel	Mensual
L12-4	Pozo	7.372.652,700	578.423,070	Nivel	Mensual
Tilopozo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

Fuente: Elaboración propia.

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

Figura 4-10: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo



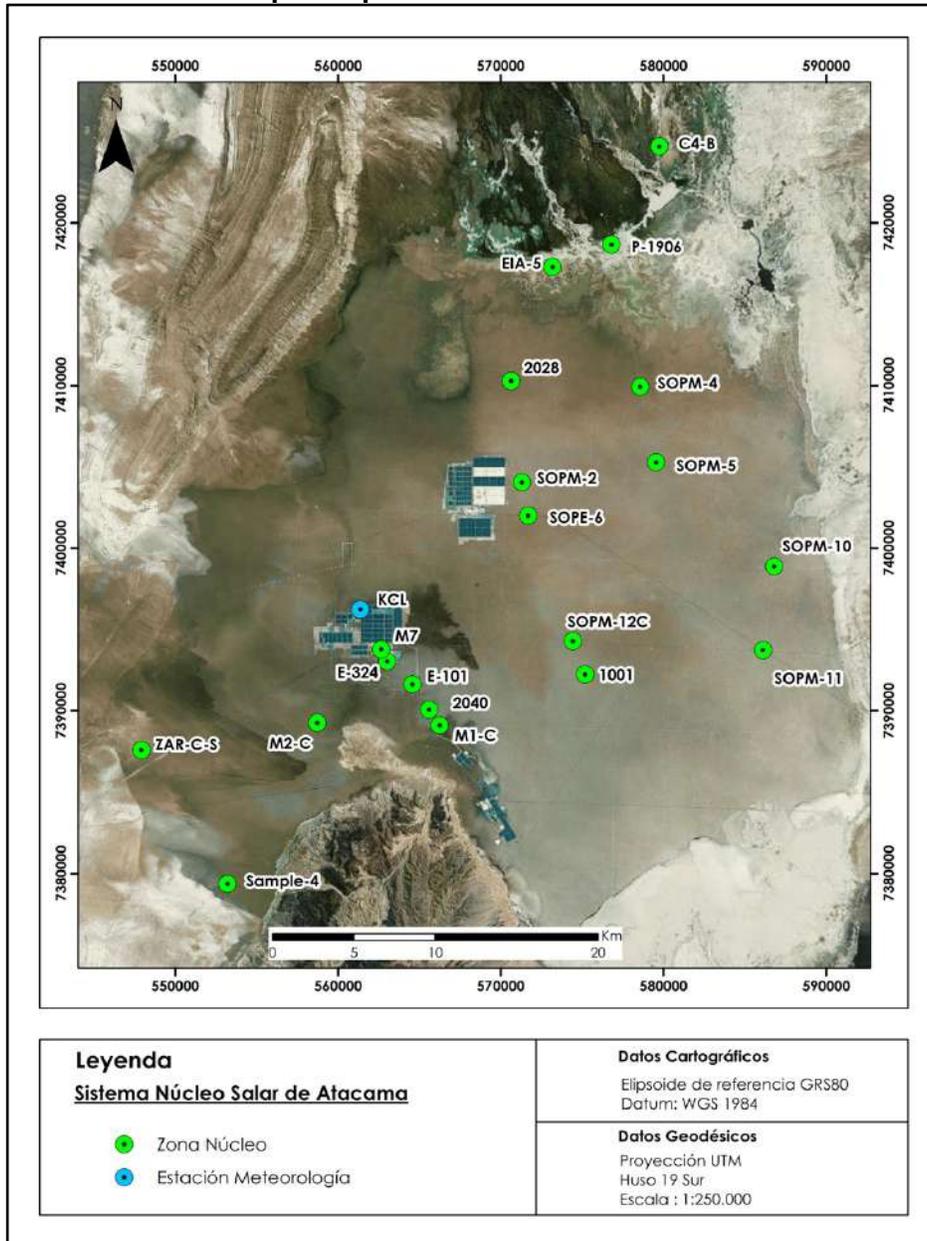
Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Núcleo del Salar de Atacama

En la Figura 4-11 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 KCL).

Figura 4-11: 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 UTM²⁰ 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 Atacama²¹

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).

²⁰ Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

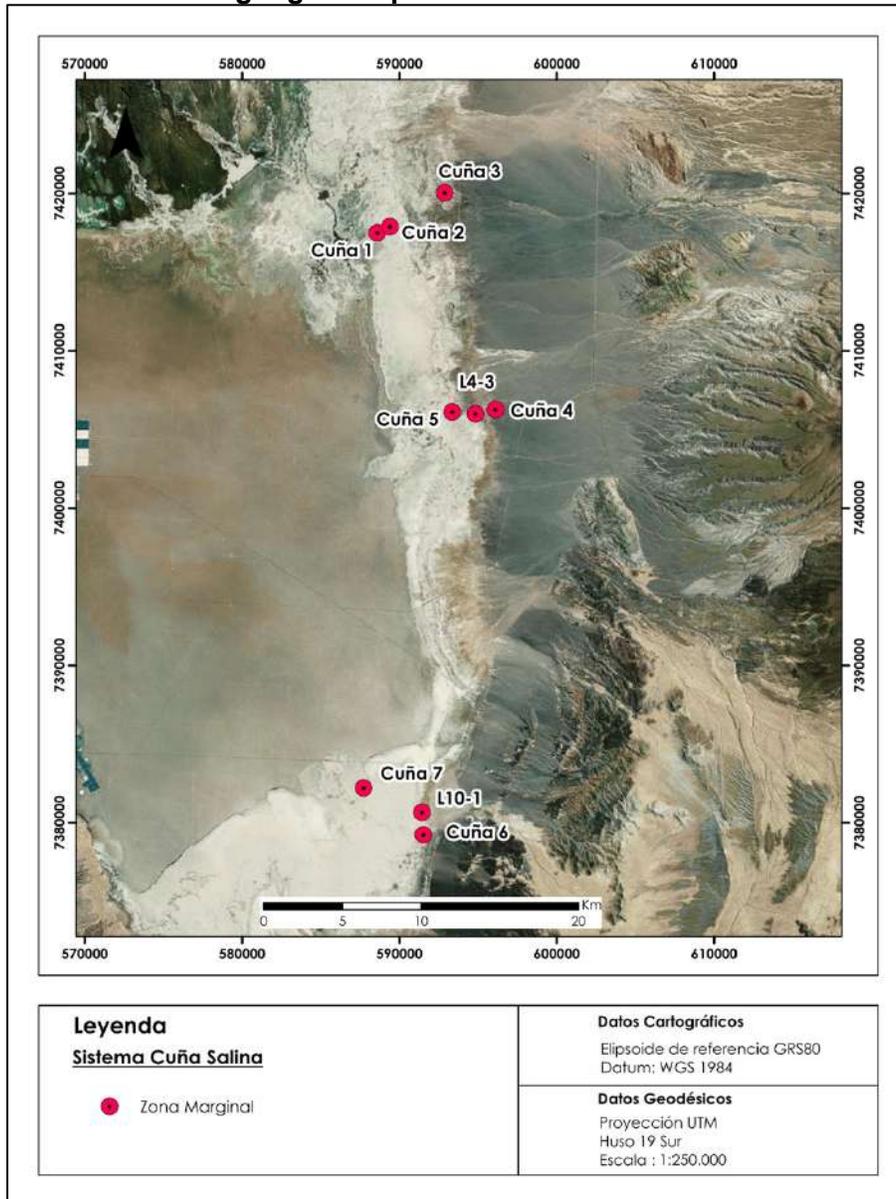
²¹ Cabe señalar que, en relación al punto de monitoreo establecido en la tabla 10 de la RCA N°226/2006, asociada al punto de monitoreo “acuífero del núcleo de salmuera”, el reporte del volumen mensual de salmuera bombeado y reinyectado se presenta en el denominado “Informe de Extracción Anual de Salmuera 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 entre las coordenadas 7.420.000 a 7.381.000 norte y 587.000 a 597.000 este. La totalidad de ellos corresponde a pozos de monitoreo de conductividad eléctrica, nivel y calidad.

En la Figura 4-12 se aprecia la distribución espacial de dichos puntos, en función de la zonificación mostrada en la Figura 4-2.

Figura 4-12. 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 ubicación²², 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 ²³	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 (ver detalle de parámetros en sección 4.2.1).

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 considerando 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 puntos de control del PSAH señalados en las secciones anteriores, se identifican en la Tabla 4-8. En la Figura 4-13 se presenta la ubicación espacial de los puntos del PC.

²² Coordenadas obtenidas en base a campaña topográfica de detalle efectuada el año 2007 de acuerdo a considerando 10.2.1 de RCA 226/2006.

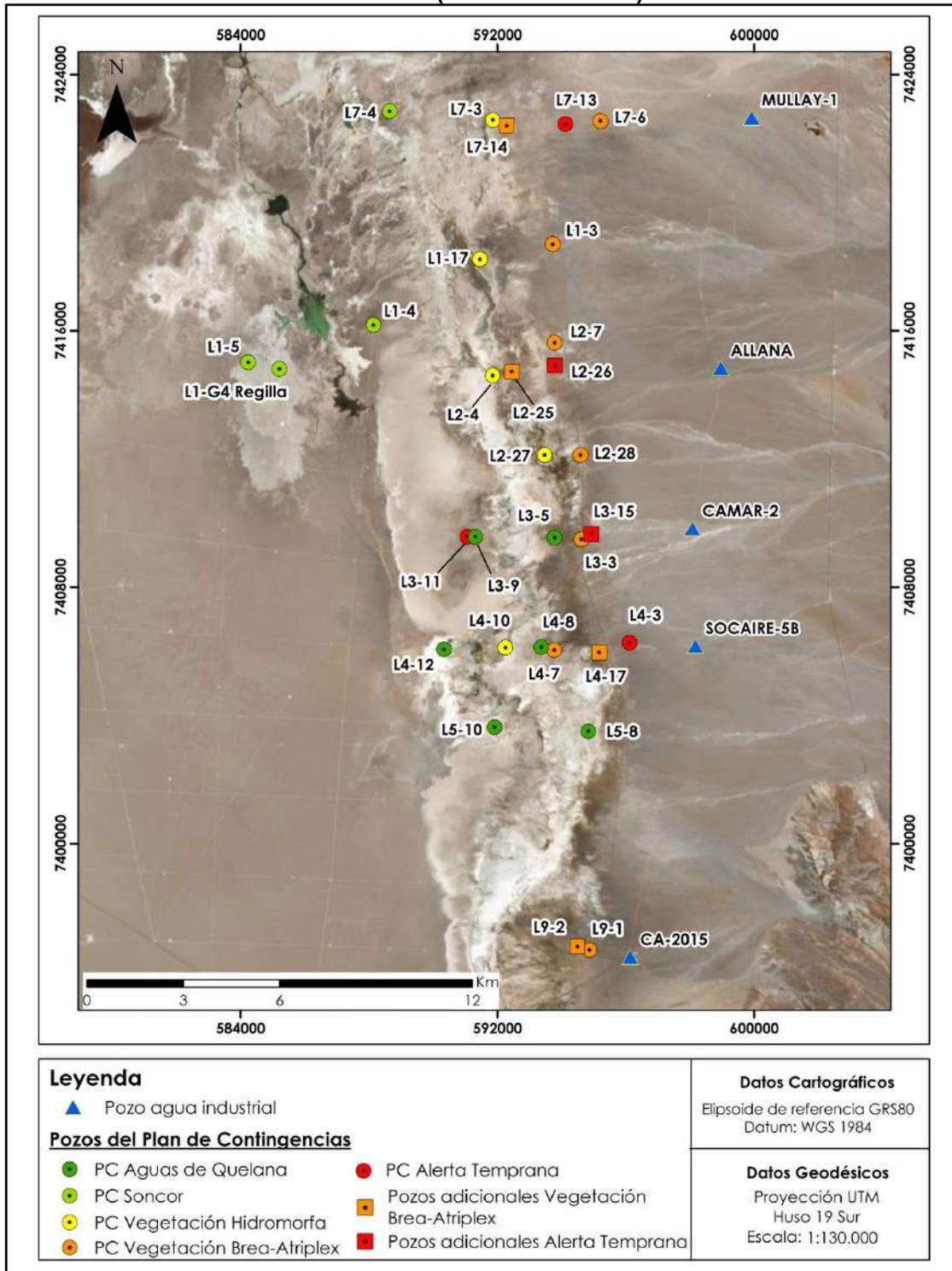
²³ Se mide Conductividad Eléctrica en el perfil en forma voluntaria.

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
		L9-1
Pozos adicionales	Vegetación Brea-Atriplex	L2-25
		L7-14
		L4-17
		L9-2
	Alerta Temprana	L2-26
		L3-15

Fuente: Elaboración propia.

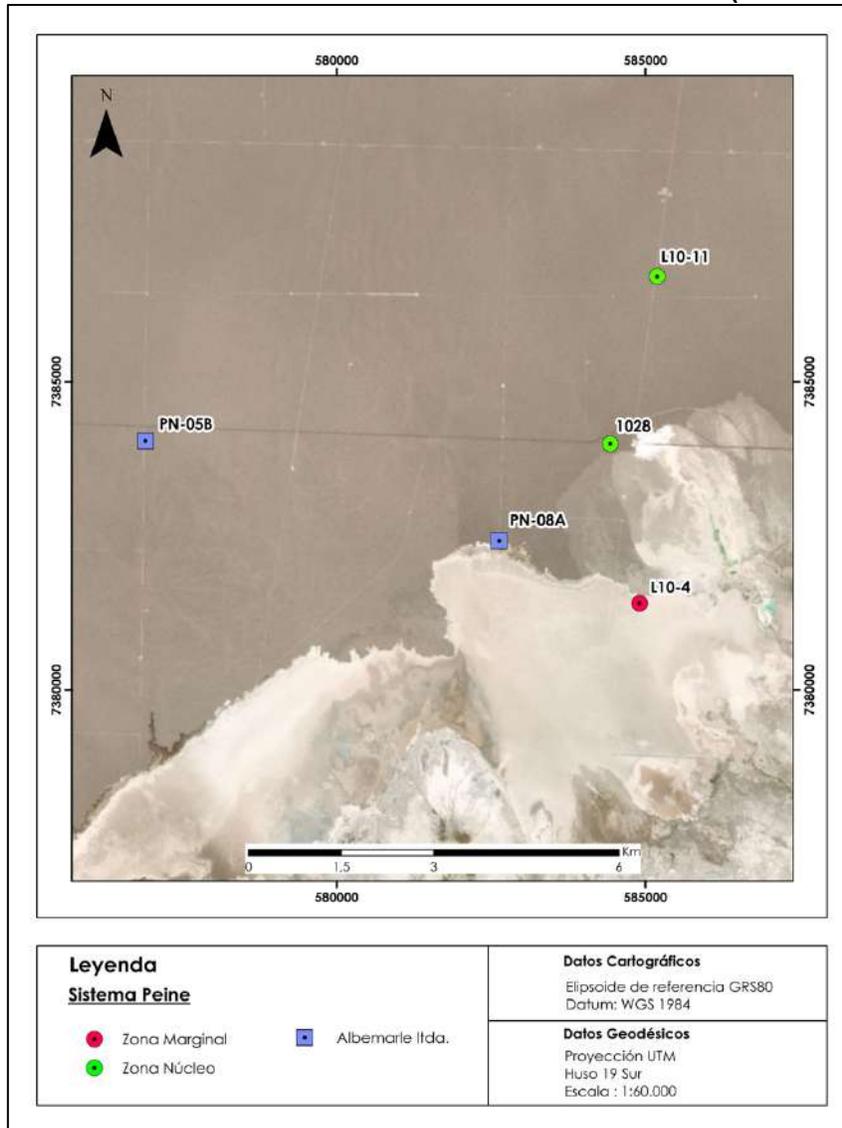
Figura 4-13: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial (DATUM WGS-84).



Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, la acción 21 del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N°24 de 2019, comprometió aplicar, a partir de octubre de 2018, los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine (puntos definidos en acciones 19 y 20 del PdC), tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16²⁴. En la Figura 4-14 se presenta la ubicación espacial de los puntos definidos.

Figura 4-14: Ubicación Indicadores de Estado Sistema Peine (DATUM WGS-84).



Fuente: Elaboración propia.

²⁴ RCA "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama, de Albemarle Limitada.

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 m (descenso)
			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 ²⁵	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

El monitoreo manual de nivel en pozos es efectuado por SQM (mediciones diarias) y por la ETFA GP Consultores (ver Anexo 6).

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

- Encender el pozómetro y realizar la medición de nivel según lo que se indica en el instructivo IT-GP-PE04-01.
- Bajar la cinta métrica por el centro del pozo evitando que este toque las paredes.

²⁵ Si bien para la elaboración del presente informe se clasifican los monitoreos meteorológicos como componente Aire, su objetivo dice relación con el complemento de la hidrología del sistema y por consiguiente no corresponde a un compromiso del componente Aire, quedando consignado en la RCA como parte del PSAH.

- Observar y registrar la profundidad a la cual se detectó la superficie a la que se encuentra el agua subterránea. Dicha profundidad se mide en la huincha graduada del cable y estará referida al borde del tubo de captación (metros bajo el nivel del brocal). Para pozos con aguas someras (<10m), o donde se requiera una precisión de 0,5 mm, se recomienda cruzar un vástago sobre la superficie del brocal y hacer la lectura en el centro del pozo.
- Enrollar la huincha del pozómetro en su carrete. Limpiar hinchas usadas y sonda, apagar y guardar adecuadamente.

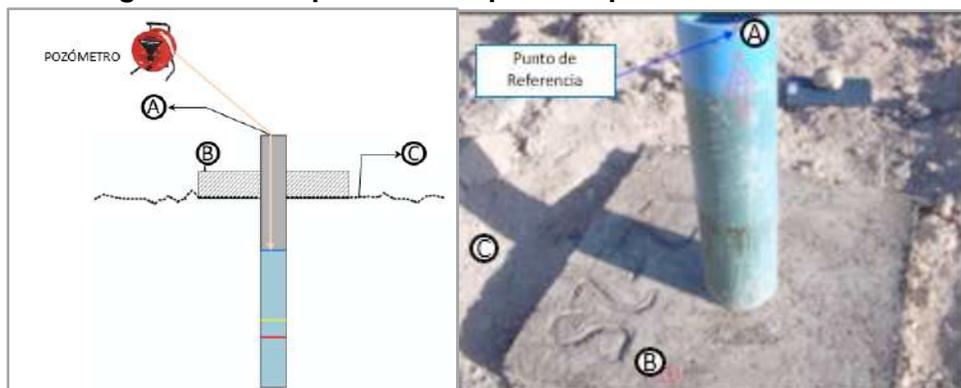
Las mediciones efectuadas directamente por SQM se realizan sobre la base de la siguiente metodología:

- 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 o desde el centro del pozo a través de un vástago cruzado sobre la superficie del brocal.
- 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 aquellos 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 de densidad en forma mensual
- Medición in situ de nivel (pozómetro).
- Reseteo de transductor de presión y configuración para nuevo período de medición²⁶.
- 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.

²⁶ El transductor de presión permite medir la presión de la columna de agua existente sobre el sensor. Para obtener la altura de agua sobre el mismo, se debe conocer la densidad del líquido, parámetro que es ingresado manualmente al sensor. Para lo anterior, mensualmente SQM mide la densidad del agua en cada punto de medición continua e incorpora dicha densidad al sensor de presión, valor que permanece fijo hasta la siguiente medición mensual de densidad, en que vuelve a ajustarse el sensor de presión.

- Delimitación de la superficie lacustre.
- Definición de límites de cada laguna según criterios CONAF.
- Identificación de áreas de inundación.
- Cálculo 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 perimetales

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 perimetales.

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 es realizada por ETFA GP Consultores y se realiza mediante la metodología denominada área-velocidad, para lo cual se efectúan las siguientes actividades:

- 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 molinete.
- 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 desarrollados por las ETFAS SGS; I-ENV-OI-005 y I-ENV-OI-001 y CESMEC; PCE-131/300-020.

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 desarrollados por las ETFAS SGS; I-ENV-OI-001 y I-ENV-OI-006 y CESMEC; PCE-131/300-020.

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.

Cabe señalar que las mediciones en terreno son realizadas en forma paralela tanto por una ETFA autorizada por la Superintendencia, como por SQM.

d) Análisis de muestras en laboratorio

Una vez recibidas por el laboratorio, las muestras son analizadas por las ETFAS autorizadas por la SMA; SGS Chile Ltda y CESMEC S.A. de acuerdo con las metodologías acreditadas para cada parámetro en particular, siguiendo las directrices de la serie Standard 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 generación de información correspondiente con la meteorología 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.

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.
- Vástago para proyectar medición del punto de referencia al eje central del pozo.
- 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.
- Densímetros.

- 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

- Fluviómetro (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_Conc 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, y en Cesmec S.A., 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 julio y 31 de diciembre 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.

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 ($\pm 5 \text{ mm}^{27}$), 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.

Para el caso de los puntos de medición continua, el valor del nivel se obtiene mediante transductores de presión. El transductor registra la presión cada 30 minutos y, mediante un valor de densidad de referencia ingresado por el usuario, calcula y reporta el nivel de salmuera en profundidad desde el punto de referencia. Dado que los valores de densidad de referencia para los cálculos son obtenidos por mediciones de terreno efectuadas con frecuencia mensual, los valores de nivel reportados por los transductores cada 30 minutos tienen una incertidumbre debida a no contar con medidas de densidad con la misma frecuencia. En general, en los puntos de control de nivel subterráneos, los valores de densidad presentan oscilaciones de densidad pequeñas y la mayoría de los puntos de medición continua son de este tipo. Los valores de densidad pueden variar en mayor grado cuando los puntos de medición están ubicados en zonas de aguas aflorantes (reglillas), donde la salinidad y, por ende, la densidad, puede aumentar sensiblemente durante largos períodos de evaporación o disminuir durante los eventos de precipitación. Los puntos de este tipo son la minoría de los de medición continua.

En la medición de parámetros 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.

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).

²⁷ De acuerdo a especificaciones técnicas del equipo, adjuntas en Anexo 3

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

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la implementación del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico durante el segundo semestre del año 2018, período de reporte correspondiente al presente informe semestral.

Los resultados obtenidos son presentados manteniendo la estructura y contenidos incorporados en la versión N°23 del informe (primer semestre de 2018), de acuerdo con los 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).

Adicionalmente, se han incorporado los resultados de la implementación de las acciones consideradas en el Programa de Cumplimiento (PdC) que se encuentran relacionadas con el PSAH cuyo inicio de ejecución se comprometió durante el semestre objeto del presente reporte, las que se detallan a continuación:

- Acción 6: aumento de frecuencia de monitoreo de indicadores de estado de Planes de Contingencia y Sector Peine de mensual a diaria a partir del 1 de diciembre de 2018.
- Acción 21: aplicar los umbrales de activación de Fase I y/o II definidos para el Sistema Peine a partir del 1 de octubre de 2018.

De esta forma, a partir de diciembre de 2018 se reporta el monitoreo diario de niveles en los indicadores de estado de los Planes de Contingencia y del Sector Peine, y se incorpora una sección específica para la evaluación de los umbrales establecidos en los puntos de control definidos para el Sistema Peine.

5.1 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el período julio 2018 - diciembre 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).

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.

En la sección 5.1.7 se presenta el contraste entre los niveles medidos desde octubre de 2018 en los puntos de control definidos para el Sistema Peine, con los umbrales establecidos para la activación de medidas (umbrales de Fase I o II, según corresponda), de acuerdo a las acciones 19, 20 y 21 del PdC.

Como se mencionó, a partir de diciembre de 2018 los indicadores de estado de los respectivos Planes de Contingencia, así como para el Sistema Peine, han sido monitoreados en forma diaria. Con el objeto de facilitar la presentación y análisis de resultados, en las tablas expuestas para los distintos sistemas se incluye sólo los niveles mínimos y máximos registrados durante el mes de diciembre, mientras que en las figuras se presenta la totalidad de las mediciones realizadas en el período, al igual que en Anexo 9, donde se presenta la información en forma tabulada.

5.1.1 Sistema Soncor

Las mediciones del monitoreo manual de nivel de aguas subterráneas para los pozos que constituyen el Plan de Contingencia del Sistema Soncor, se presentan en la Tabla 5-1. Dichas mediciones corresponden al segundo semestre del año 2018, indicándose en negrita aquellas que superan los umbrales de activación de fase²⁸.

Adicionalmente, durante los días 20 y 22 de agosto de 2018, la empresa Golder realizó una auditoría con el fin de validar las mediciones de niveles piezométricos de diferentes puntos de monitoreo del PSAH. Los resultados tabulados de las mediciones manuales se acompañan en el Anexo 1 (auditoría Golder)²⁹ y Anexo 9 (mediciones SQM, realizadas por GP Consultores, EFTA autorizada por la SMA).

Las mediciones, tanto de SQM como de Golder, se presentan de manera gráfica en la Figura 5-1, donde se exponen adicionalmente los resultados de los monitoreos continuos efectuados en los puntos de control y los resultados de las mediciones diarias efectuadas durante el mes de diciembre en tres de los cuatro indicadores de estado del sistema (no se tuvo acceso por parte CONAF al pozo L7-4 para efectuar el monitoreo diario).

Es posible observar que los pozos L1-5 y Reglilla L1-G4 se encuentran en Fase II durante todo el segundo semestre de 2018, situación activada durante el primer semestre del año 2018, tal como fuese acreditado en el informe PSAH N°23. El análisis del estado 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.

La frecuencia de medición en los 4 indicadores de estado definidos para el Sistema Soncor, se mantiene al menos dos veces al mes hasta diciembre de 2018 (en forma diaria a partir

²⁸ 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. Para el mes de diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

²⁹ La auditoría de Golder consistió en realizar un monitoreo de nivel a los pozos 1028, GD-03, GD-04, L10-1, L10-11, L10-15, L10-4, L10-6, L1-5, reglilla L1-G4, L2-7, L2-8, P1-2, P1-5, RC-1. Las mediciones en los pozos GD-03, GD-04, L10-1, L10-6 no fueron posibles puesto que la comunidad de Peine no accedió a otorgar acceso al lugar.

de entonces en conformidad al Programa de Cumplimiento, Acción 6), producto de las activaciones de la Fase I registradas en períodos anteriores.

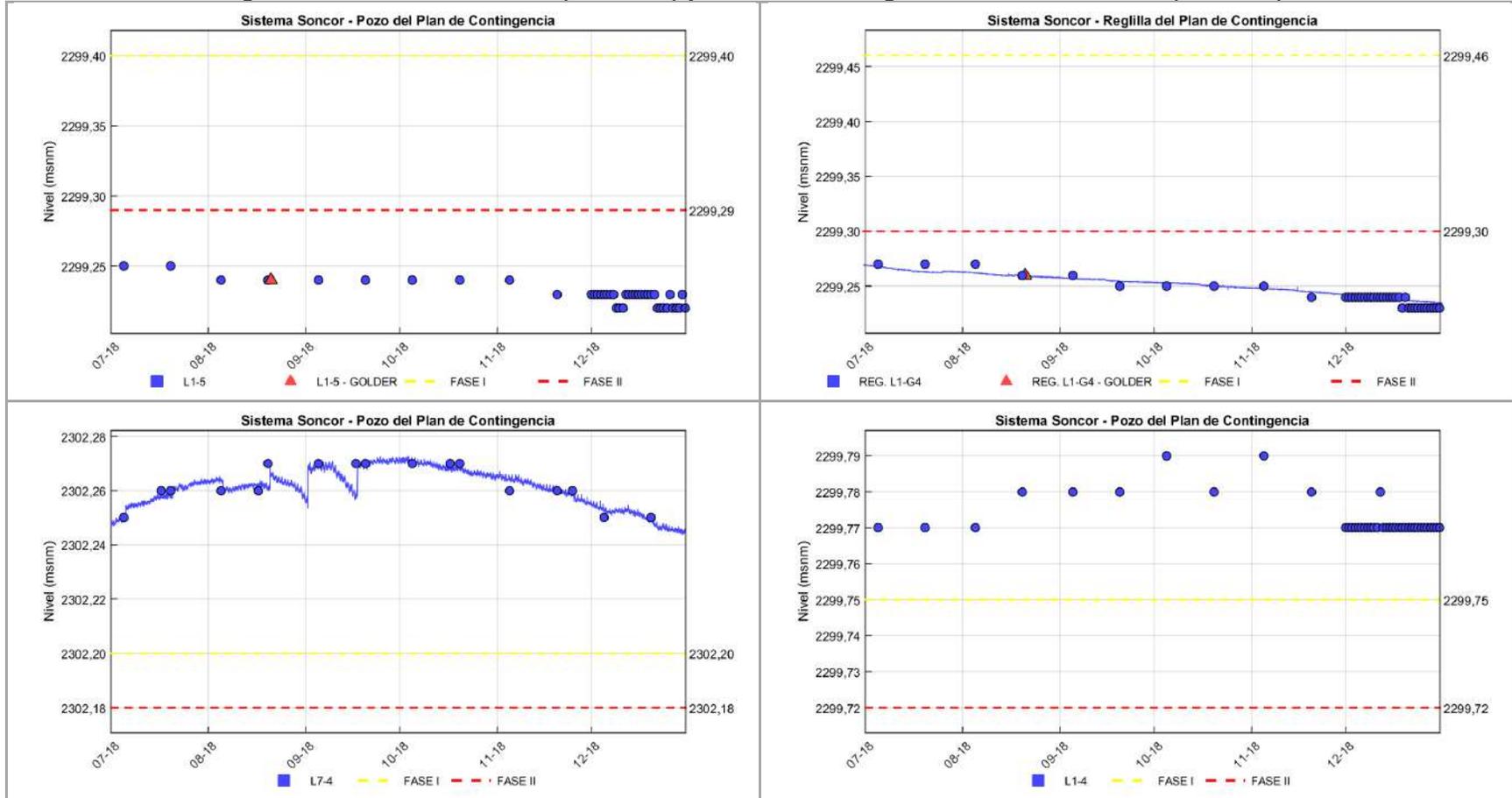
Cabe señalar que las mediciones puntuales realizadas por Golder en los pozos L1-5 y Reglilla L1-G4 son coherentes respecto de los valores medidos durante el seguimiento manual efectuado por SQM (Figura 5-1).

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)						
05-07-2018	2.299,25	05-07-2018	2.299,27	05-07-2018	2.299,77	05-07-2018	2.302,25
20-07-2018	2.299,25	20-07-2018	2.299,27	20-07-2018	2.299,77	17-07-2018	2.302,26
05-08-2018	2.299,24	05-08-2018	2.299,27	05-08-2018	2.299,77	20-07-2018	2.302,26
20-08-2018	2.299,24	20-08-2018	2.299,26	20-08-2018	2.299,78	05-08-2018	2.302,26
05-09-2018	2.299,24	05-09-2018	2.299,26	05-09-2018	2.299,78	17-08-2018	2.302,26
20-09-2018	2.299,24	20-09-2018	2.299,25	20-09-2018	2.299,78	20-08-2018	2.302,27
05-10-2018	2.299,24	05-10-2018	2.299,25	05-10-2018	2.299,79	05-09-2018	2.302,27
20-10-2018	2.299,24	20-10-2018	2.299,25	20-10-2018	2.299,78	17-09-2018	2.302,27
05-11-2018	2.299,24	05-11-2018	2.299,25	05-11-2018	2.299,79	20-09-2018	2.302,27
20-11-2018	2.299,23	20-11-2018	2.299,24	20-11-2018	2.299,78	05-10-2018	2.302,27
01-12-2018	2.299,23	01-12-2018	2.299,24	12-12-2018	2.299,78	17-10-2018	2.302,27
31-12-2018	2.299,22	31-12-2018	2.299,23	31-12-2018	2.299,77	20-10-2018	2.302,27
-	-	-	-	-	-	05-11-2018	2.302,26
-	-	-	-	-	-	20-11-2018	2.302,26
-	-	-	-	-	-	25-11-2018	2.302,26
-	-	-	-	-	-	05-12-2018	2.302,25
-	-	-	-	-	-	20-12-2018	2.302,25

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-1: Nivel observado (m.s.n.m.) pozos de contingencia Sistema Soncor (WGS-84)³⁰



Fuente: Elaboración propia.

³⁰ En todas las figuras de nivel y descenso incluidos en el presente informe las mediciones puntuales son graficadas mediante círculos sólidos, mientras que las mediciones continuas son graficadas mediante líneas.

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 (mayo de 2007).

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 hasta diciembre y diaria a partir de entonces (Acción 6 del PdC).

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 evaluado³¹. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados se presenta en la Figura 5-2, donde se exponen adicionalmente los resultados de los monitoreos continuos efectuados y los resultados de las mediciones diarias efectuadas durante el mes de diciembre.

Respecto a los umbrales, el pozo L5-10 alcanza la Fase I durante diciembre de 2018. Por su parte, si bien las mediciones manuales realizadas al pozo L4-12 no muestran activaciones, los datos continuos evidencian superaciones puntuales de Fase I durante el mes de diciembre³². Los 4 indicadores restantes no superan los umbrales definidos en el período de acuerdo a las mediciones realizadas. El análisis de activación de Fase I, en conjunto con las medidas adoptadas, se presenta en la sección 6.1.2 del presente informe.

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)
05-07-2018	-0,10	05-07-2018	0,01	05-07-2018	0,00
17-07-2018	-0,10	16-07-2018	0,00	16-07-2018	0,00
20-07-2018	-0,11	20-07-2018	0,00	20-07-2018	-0,01
05-08-2018	-0,11	05-08-2018	-0,01	05-08-2018	-0,01
17-08-2018	-0,12	15-08-2018	-0,01	16-08-2018	-0,01

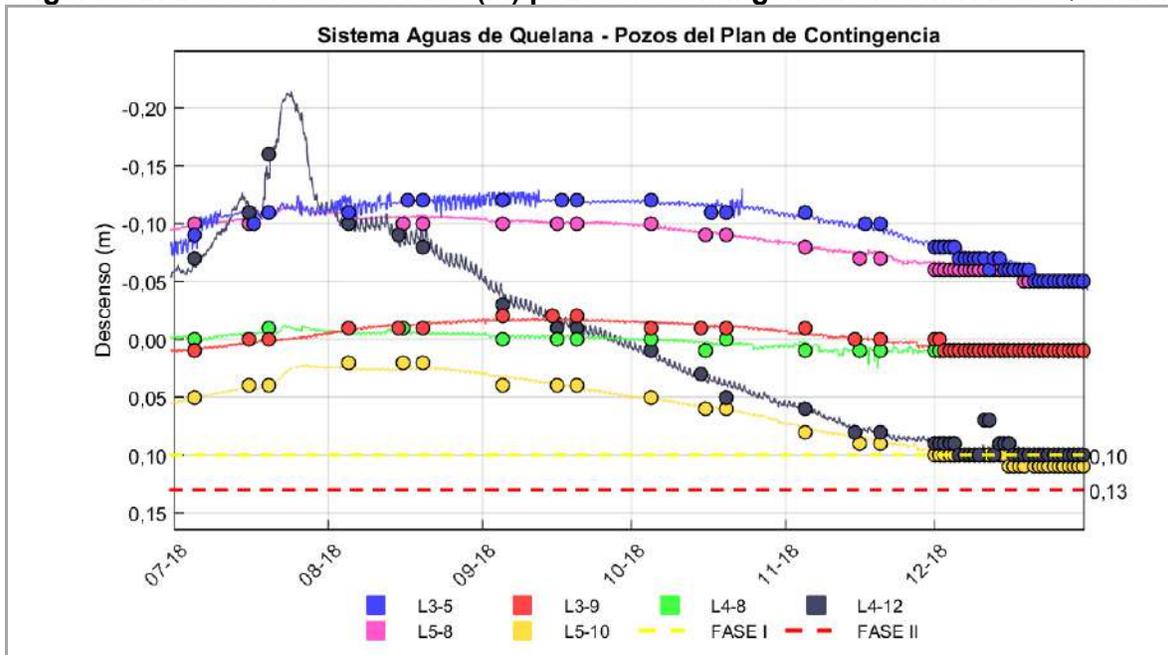
³¹ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro. Para el mes de diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

³² Los datos de monitoreo continuo son descargados mensualmente desde el sensor de presión durante el mes siguiente al término de registro, en este caso en enero de 2019, período no comprendido en el presente reporte. Adicionalmente, y de acuerdo a lo descrito en la sección de metodología, el sensor permite cuantificar en forma continua la presión de la columna de agua en el pozo, valor que debe ser complementado con la densidad del agua de tal forma de obtener la altura de la columna (mca), variable que es ingresada al equipo en forma manual, con una frecuencia mensual. Debido a lo anterior, es posible que registros obtenidos mediante los sensores continuos difieran de las mediciones manuales efectuadas con pozómetro, ya que, de existir variaciones de la densidad del agua, estas no serían reconocidas por el equipo continuo hasta el nuevo seteo mensual del mismo. De esta forma, se considera la medición manual como aquella representativa de la profundidad del nivel. No obstante, cabe señalar que durante el mes de enero se dio aviso a la autoridad de la activación de Fase I en dicho pozo, debido a superaciones registradas mediante el monitoreo manual en enero de 2019 (Comprobante Cod. RIA4418, de 09 de enero de 2019).

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)
20-08-2018	-0,12	20-08-2018	-0,01	20-08-2018	-0,01
05-09-2018	-0,12	05-09-2018	-0,02	05-09-2018	0,00
17-09-2018	-0,12	15-09-2018	-0,02	16-09-2018	0,00
20-09-2018	-0,12	20-09-2018	-0,02	20-09-2018	0,00
05-10-2018	-0,12	05-10-2018	-0,01	05-10-2018	0,00
17-10-2018	-0,12	15-10-2018	-0,01	16-10-2018	0,01
20-10-2018	-0,11	20-10-2018	-0,01	20-10-2018	0,00
05-11-2018	-0,11	05-11-2018	-0,01	05-11-2018	0,01
17-11-2018	-0,10	15-11-2018	0,00	16-11-2018	0,01
20-11-2018	-0,10	20-11-2018	0,00	20-11-2018	0,01
01-12-2018	-0,08	01-12-2018	0,01	01-12-2018	0,01
31-12-2018	-0,05	31-12-2018	0,01	31-12-2018	0,01
L4-12		L5-8		L5-10	
Umbral Fase I: 0,10		Umbral Fase I: 0,10		Umbral Fase I: 0,10	
Umbral Fase II: 0,13		Umbral Fase II: 0,13		Umbral Fase II: 0,13	
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-07-2018	-0,07	05-07-2018	-0,10	05-07-2018	0,05
16-07-2018	-0,11	16-07-2018	-0,10	16-07-2018	0,04
20-07-2018	-0,16	20-07-2018	-0,11	20-07-2018	0,04
05-08-2018	-0,10	05-08-2018	-0,11	05-08-2018	0,02
15-08-2018	-0,09	16-08-2018	-0,11	16-08-2018	0,02
20-08-2018	-0,08	20-08-2018	-0,11	20-08-2018	0,02
05-09-2018	-0,03	05-09-2018	-0,10	05-09-2018	0,04
16-09-2018	-0,01	16-09-2018	-0,10	16-09-2018	0,04
20-09-2018	-0,01	20-09-2018	-0,10	20-09-2018	0,04
05-10-2018	0,01	05-10-2018	-0,10	05-10-2018	0,05
15-10-2018	0,03	16-10-2018	-0,09	16-10-2018	0,06
20-10-2018	0,05	20-10-2018	-0,09	20-10-2018	0,06
05-11-2018	0,06	05-11-2018	-0,08	05-11-2018	0,08
15-11-2018	0,08	16-11-2018	-0,07	16-11-2018	0,09
20-11-2018	0,08	20-11-2018	-0,07	20-11-2018	0,09
11-12-2018	0,08	01-12-2018	-0,07	01-12-2018	0,10
31-12-2018	0,10	31-12-2018	-0,05	31-12-2018	0,11

Fuente: Elaboración propia.

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



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. Lo anterior es respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control (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 evaluado³³. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos, incluyendo los resultados de las mediciones diarias efectuadas durante el mes de diciembre y 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 y diaria a partir de diciembre, en forma complementaria al registro continuo exigido en la RCA y de acuerdo a lo comprometido en el Programa de Cumplimiento. La frecuencia de registro manual bimensual da conformidad al estado de Fase I registrado desde períodos de monitoreos anteriores en pozos indicadores del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex (ver sección 5.1.4).

³³ 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. Para el mes de diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

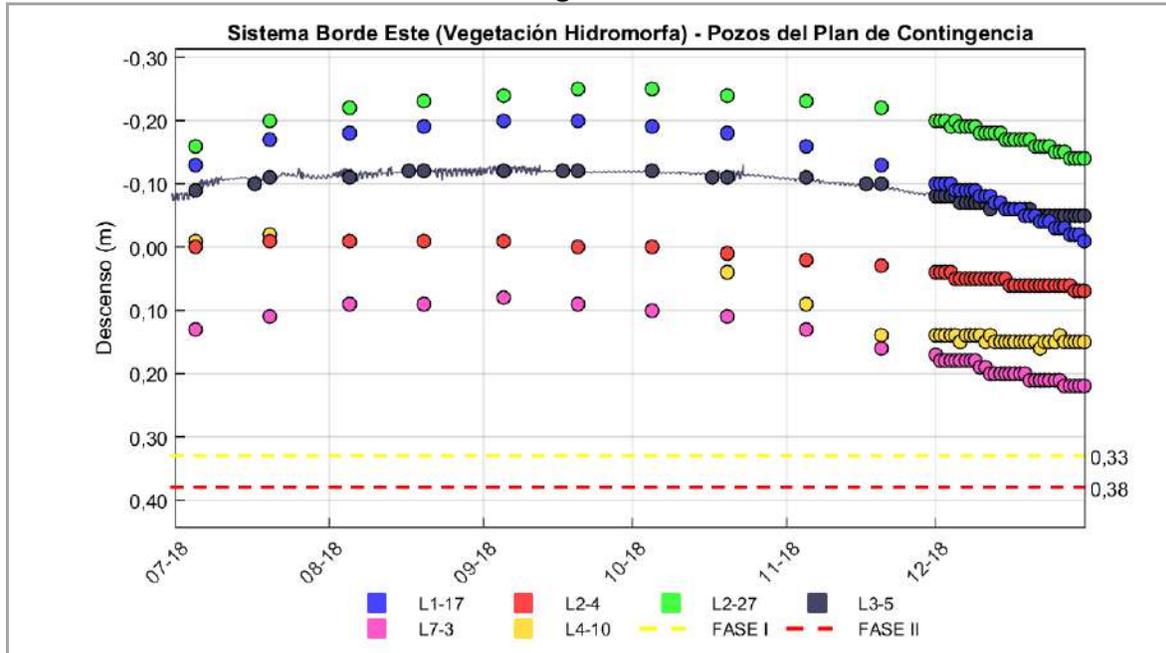
Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase I y Fase II durante el segundo semestre de 2018 en ningún punto de control del Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Hidromorfa.

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)
05-07-2018	0,13	05-07-2018	0,00	05-07-2018	-0,10
20-07-2018	0,11	20-07-2018	-0,01	17-07-2018	-0,10
05-08-2018	0,09	05-08-2018	-0,01	20-07-2018	-0,11
20-08-2018	0,09	20-08-2018	-0,01	05-08-2018	-0,11
05-09-2018	0,09	05-09-2018	-0,01	17-08-2018	-0,12
20-09-2018	0,09	20-09-2018	0,00	20-08-2018	-0,12
05-10-2018	0,10	05-10-2018	0,00	05-09-2018	-0,12
20-10-2018	0,11	20-10-2018	0,01	17-09-2018	-0,12
05-11-2018	0,13	05-11-2018	0,02	20-09-2018	-0,12
20-11-2018	0,16	20-11-2018	0,03	05-10-2018	-0,12
01-12-2018	0,17	01-12-2018	0,04	17-10-2018	-0,12
31-12-2018	0,22	31-12-2018	0,07	20-10-2018	-0,11
				05-11-2018	-0,11
				17-11-2018	-0,10
				20-11-2018	-0,10
				01-12-2018	-0,08
				31-12-2018	-0,05
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)
05-07-2018	-0,01	05-07-2018	-0,13	05-07-2018	-0,16
20-07-2018	-0,02	20-07-2018	-0,17	20-07-2018	-0,20
05-08-2018	-0,01	05-08-2018	-0,18	05-08-2018	-0,22
20-08-2018	-0,01	20-08-2018	-0,19	20-08-2018	-0,23
05-09-2018	-0,01	05-09-2018	-0,20	05-09-2018	-0,24
20-09-2018	0,00	20-09-2018	-0,20	20-09-2018	-0,25
05-10-2018	0,00	05-10-2018	-0,19	05-10-2018	-0,25
20-10-2018	0,04	20-10-2018	-0,18	20-10-2018	-0,25
05-11-2018	0,09	05-11-2018	-0,16	05-11-2018	-0,24
20-11-2018	0,14	20-11-2018	-0,13	20-11-2018	-0,22
01-12-2018	0,14	01-12-2018	-0,10	01-12-2018	-0,20
22-12-2018	0,16	31-12-2018	-0,01	31-12-2018	-0,14

Fuente: Elaboración propia.

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



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 (julio a diciembre de 2018), indicando en **negrita** aquellos que superan el umbral de activación de fase³⁴. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos, incluyendo los resultados de las mediciones diarias efectuadas durante el mes de diciembre y 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, dado el estado de Fase I evidenciado en los pozos L7-6 y L2-28, L2-7 L3-3 y L1-3, la frecuencia del monitoreo implementado es al menos bimensual (diaria a partir de diciembre de 2018). Cabe señalar que el pozo L4-7 es monitoreado en forma continua, dando conformidad a lo establecido en la RCA.

³⁴ 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. Para el mes de diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

Respecto a los umbrales, no se observan superaciones de los límites de Fase II durante el segundo semestre del 2018 en ningún punto de control, mientras que las superaciones del umbral de Fase I (pozos L7-6, L3-3 y L2-28 en períodos previos y pozos L2-7 y L1-3 en el actual período) fueron debidamente informadas a la autoridad (ver Anexo 8).

En el caso del pozo L7-6, la superación del límite de Fase I se mantuvo por todo el período de registro, con un descenso máximo de 0,72 m (noviembre y diciembre de 2018). Los pozos L3-3, L2-7, L1-3 y L2-28 sólo presentan superaciones del límite de Fase I durante algunos períodos de tiempo, con un descenso máximo de 0,52 m durante diciembre de 2018 en los cuatro casos. Esta situación es analizada en la sección 6.1.4 del presente informe.

Cabe destacar que la medición realizada por Golder en el punto L2-7 (Anexo 1) coincide con lo medido por SQM.

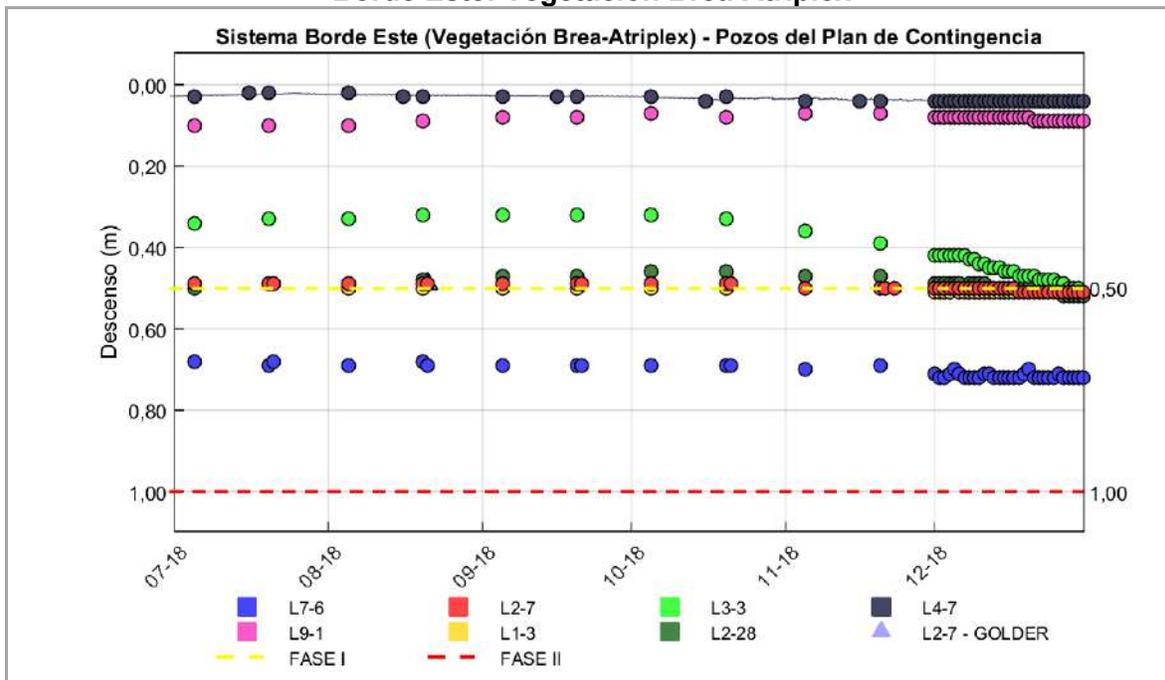
Tabla 5-4. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Vegetación Brea-Atriplex

L7-6		L2-7		L3-3		L4-7	
Umbral Fase I: 0,5							
Umbral Fase II: 1		Umbral Fase II: 1		Umbral Fase II: 1		Umbral Fase II: 1	
Fecha	Descenso (m)						
05-07-2018	0,68	05-07-2018	0,49	05-07-2018	0,34	05-07-2018	0,03
20-07-2018	0,69	20-07-2018	0,49	20-07-2018	0,33	16-07-2018	0,02
21-07-2018	0,68	21-07-2018	0,49	05-08-2018	0,33	20-07-2018	0,02
05-08-2018	0,69	05-08-2018	0,49	20-08-2018	0,32	05-08-2018	0,02
20-08-2018	0,68	20-08-2018	0,49	05-09-2018	0,32	16-08-2018	0,03
21-08-2018	0,69	21-08-2018	0,49	20-09-2018	0,32	20-08-2018	0,03
05-09-2018	0,69	05-09-2018	0,49	05-10-2018	0,32	05-09-2018	0,03
20-09-2018	0,69	20-09-2018	0,49	20-10-2018	0,33	16-09-2018	0,03
21-09-2018	0,69	21-09-2018	0,49	05-11-2018	0,36	20-09-2018	0,03
05-10-2018	0,69	05-10-2018	0,49	20-11-2018	0,39	05-10-2018	0,03
20-10-2018	0,69	20-10-2018	0,49	01-12-2018	0,42	16-10-2018	0,04
21-10-2018	0,69	21-10-2018	0,49	31-12-2018	0,51	20-10-2018	0,03
05-11-2018	0,70	05-11-2018	0,50			05-11-2018	0,04
20-11-2018	0,69	20-11-2018	0,50			16-11-2018	0,04
05-12-2018	0,70	21-11-2018	0,50			20-11-2018	0,04
31-12-2018	0,72	23-11-2018	0,50			01-12-2018	0,04
		01-12-2018	0,50			31-12-2018	0,04
		31-12-2018	0,51				
L9-1		L1-3		L2-28			
Umbral Fase I: 0,5		Umbral Fase I: 0,5		Umbral Fase I: 0,5			
Umbral Fase II: 1		Umbral Fase II: 1		Umbral Fase II: 1			
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)		
05-07-2018	0,10	05-07-2018	0,49	05-07-2018	0,50		
20-07-2018	0,10	20-07-2018	0,49	20-07-2018	0,49		
05-08-2018	0,10	05-08-2018	0,50	05-08-2018	0,49		

20-08-2018	0,09	20-08-2018	0,50	20-08-2018	0,48
05-09-2018	0,08	05-09-2018	0,50	05-09-2018	0,47
20-09-2018	0,08	20-09-2018	0,50	20-09-2018	0,47
05-10-2018	0,07	05-10-2018	0,50	05-10-2018	0,46
20-10-2018	0,08	20-10-2018	0,50	20-10-2018	0,46
05-11-2018	0,07	05-11-2018	0,50	05-11-2018	0,47
20-11-2018	0,07	20-11-2018	0,50	20-11-2018	0,48
02-12-2018	0,08	01-12-2018	0,51	01-12-2018	0,49
31-12-2018	0,09	31-12-2018	0,51	31-12-2018	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.

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

evaluado³⁵. Por su parte, la visualización gráfica, incluyendo los resultados de las mediciones diarias efectuadas durante el mes de diciembre, se presenta en la Figura 5-5.

Si bien, la frecuencia de monitoreo para el presente sistema es mensual, el monitoreo se efectuó en forma bimensual (diaria a partir de diciembre), de conformidad al estado de activación de la Fase I registrado en pozos indicadores del sector Vegetación Brea-Atriplex (ver sección 5.1.4). Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites durante el segundo semestre de 2018 en ningún punto de control.

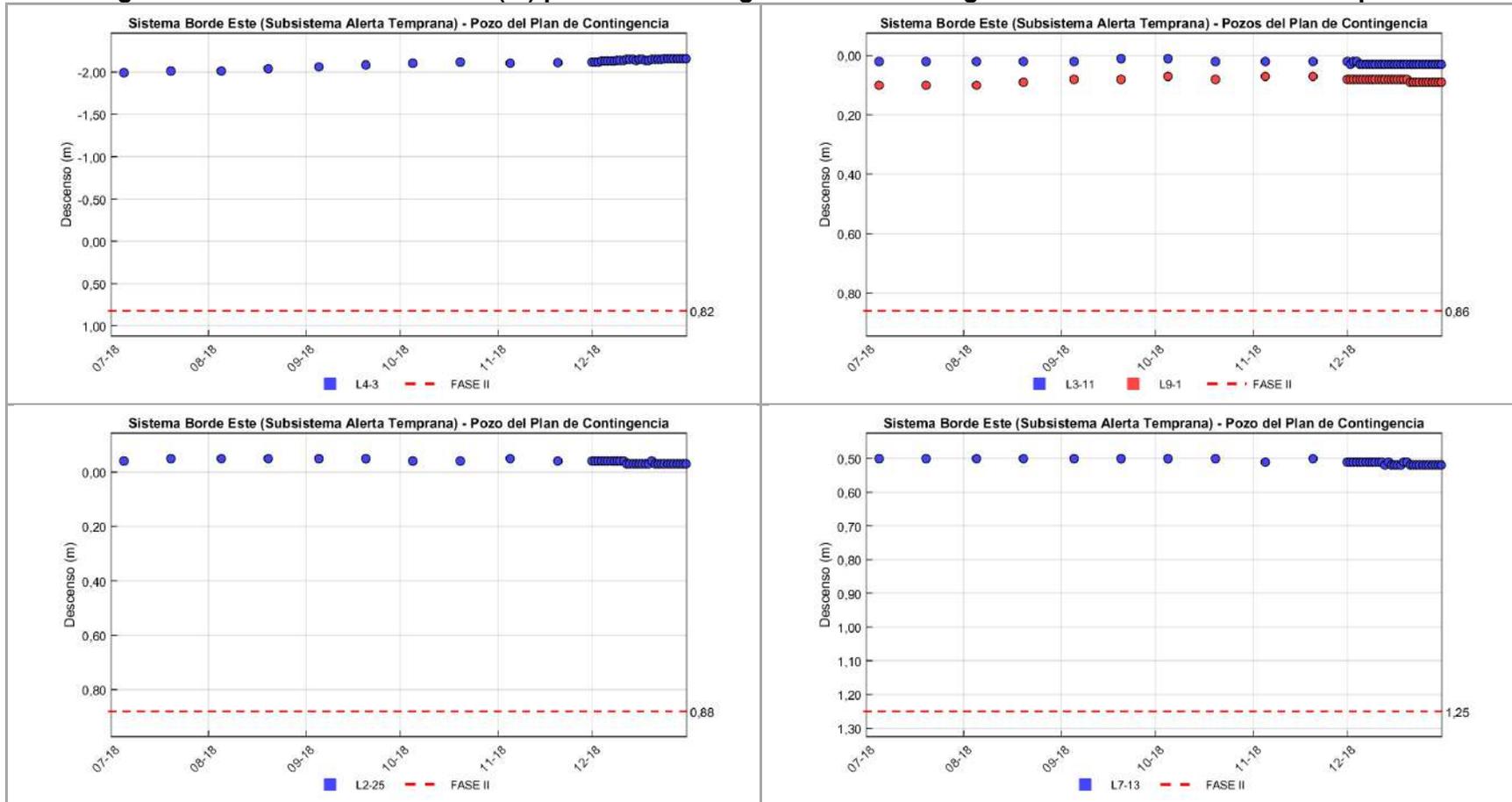
Tabla 5-5. Registro descensos pozos contingencia Sistema Vegetación Borde Este: Alerta Temprana

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)
05-07-2018	0,50	05-07-2018	-0,04	05-07-2018	0,02
20-07-2018	0,50	20-07-2018	-0,05	20-07-2018	0,02
05-08-2018	0,50	05-08-2018	-0,05	05-08-2018	0,02
20-08-2018	0,50	20-08-2018	-0,05	20-08-2018	0,02
05-09-2018	0,50	05-09-2018	-0,05	05-09-2018	0,02
20-09-2018	0,50	20-09-2018	-0,05	20-09-2018	0,01
05-10-2018	0,50	05-10-2018	-0,04	05-10-2018	0,01
20-10-2018	0,50	20-10-2018	-0,04	20-10-2018	0,02
05-11-2018	0,51	05-11-2018	-0,05	05-11-2018	0,02
20-11-2018	0,50	20-11-2018	-0,04	20-11-2018	0,02
01-12-2018	0,51	01-12-2018	-0,04	01-12-2018	0,03
31-12-2018	0,52	31-12-2018	-0,03	31-12-2018	0,03
L4-3		L9-1			
Umbral Fase II: 0,82		Umbral Fase II: 0,86			
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)		
05-07-2018	-1,99	05-07-2018	0,10		
20-07-2018	-2,01	20-07-2018	0,10		
05-08-2018	-2,01	05-08-2018	0,10		
20-08-2018	-2,04	20-08-2018	0,09		
05-09-2018	-2,06	05-09-2018	0,08		
20-09-2018	-2,08	20-09-2018	0,08		
05-10-2018	-2,10	05-10-2018	0,07		
20-10-2018	-2,12	20-10-2018	0,08		
05-11-2018	-2,10	05-11-2018	0,07		
20-11-2018	-2,11	20-11-2018	0,07		
01-12-2018	-2,12	02-12-2018	0,08		
31-12-2018	-2,16	31-12-2018	0,09		

Fuente: Elaboración propia.

³⁵ 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. Para el mes de diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

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. Los límites anteriores están definidos respecto a la profundidad observada en el mes de inicio del monitoreo de cada punto de control. Por su parte, los 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 evaluado³⁶. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos, incluyendo los resultados de las mediciones diarias efectuadas durante el mes de diciembre, 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, implementándose en el semestre una medición bimensual y una medición diaria a partir del mes de diciembre.

Respecto a los umbrales, no se evidencian superaciones de los límites de Fase II en los pozos L2-26 y L3-15 (Alerta Temprana), ni superación de los límites de Fase I y II en los pozos L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25 (Vegetación Brea-Atriplex).

Tabla 5-6. Registro descensos pozos contingencia adicionales

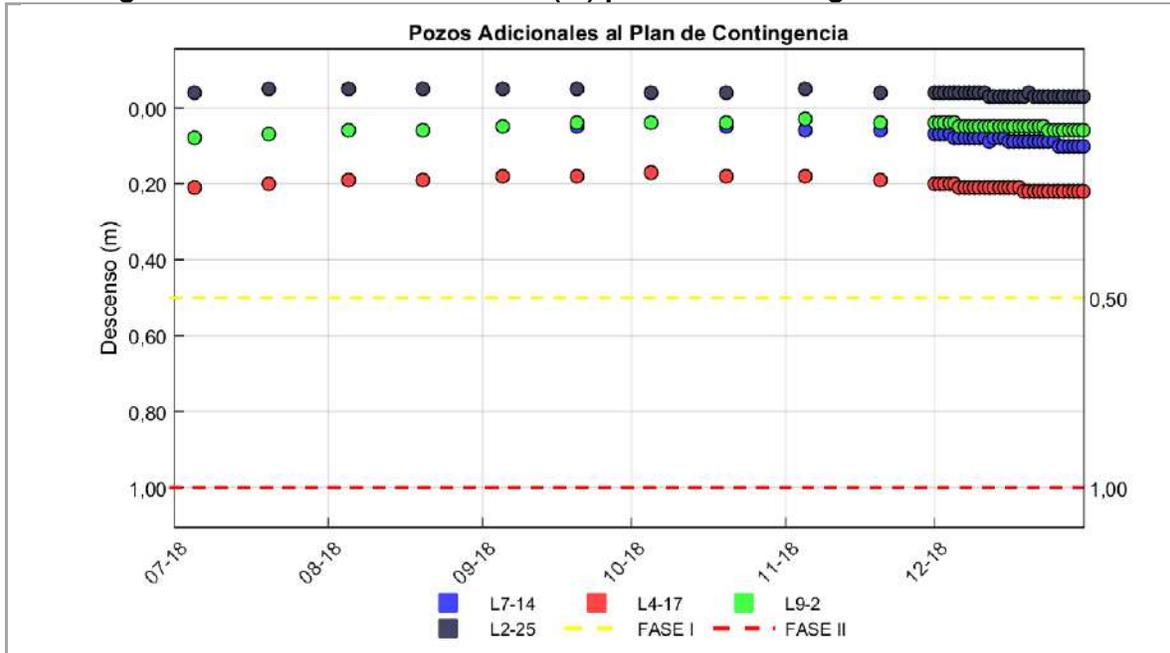
L7-14		L4-17		L9-2	
Umbral Fase I:	0,5	Umbral Fase I:	0,5	Umbral Fase I:	0,5
Umbral Fase II:	1	Umbral Fase II:	1	Umbral Fase II:	1
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-07-2018	0,08	05-07-2018	0,21	05-07-2018	0,08
20-07-2018	0,07	20-07-2018	0,20	20-07-2018	0,07
05-08-2018	0,06	05-08-2018	0,19	05-08-2018	0,06
20-08-2018	0,06	20-08-2018	0,19	20-08-2018	0,06
05-09-2018	0,05	05-09-2018	0,18	05-09-2018	0,05

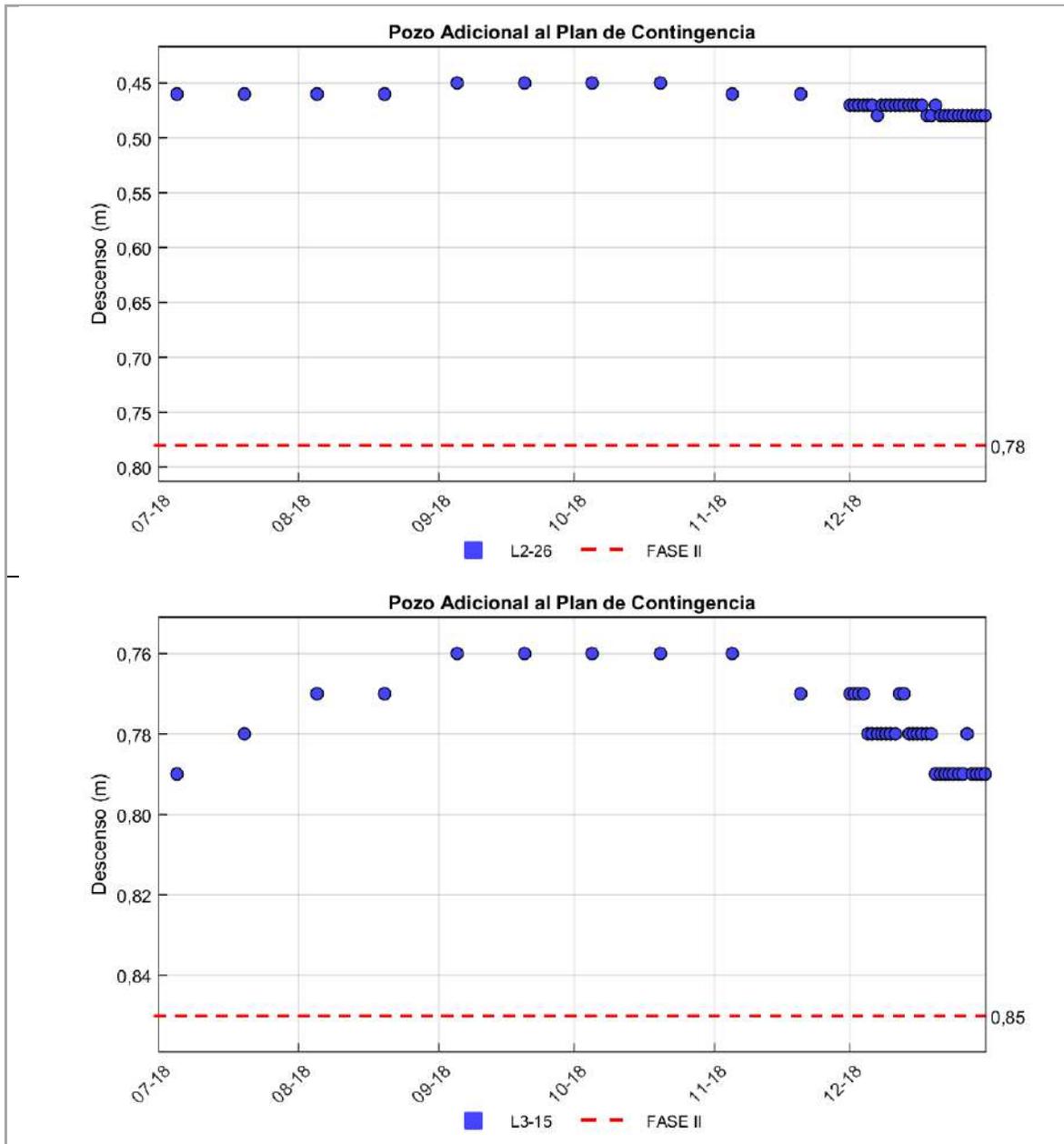
³⁶ En tabla se presentan los resultados de descenso expresados en metros. En el Anexo 9 se adjuntan los niveles medidos directamente como profundidad mediante pozómetro. Para el mes de diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

L7-14		L4-17		L9-2	
Umbral Fase I:	0,5	Umbral Fase I:	0,5	Umbral Fase I:	0,5
Umbral Fase II:	1	Umbral Fase II:	1	Umbral Fase II:	1
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
20-09-2018	0,05	20-09-2018	0,18	20-09-2018	0,04
05-10-2018	0,04	05-10-2018	0,18	05-10-2018	0,04
20-10-2018	0,05	20-10-2018	0,18	20-10-2018	0,04
05-11-2018	0,06	05-11-2018	0,18	05-11-2018	0,03
20-11-2018	0,06	20-11-2018	0,19	20-11-2018	0,04
01-12-2018	0,07	01-12-2018	0,20	01-12-2018	0,04
31-12-2018	0,10	31-12-2018	0,22	31-12-2018	0,06
L2-25		L2-26		L3-15	
Umbral Fase I:	0,5	Umbral Fase II:	0,78	Umbral Fase II:	0,85
Umbral Fase II:	1				
Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)	Fecha	Descenso (m)
05-07-2018	-0,04	05-07-2018	0,46	05-07-2018	0,79
20-07-2018	-0,05	20-07-2018	0,46	20-07-2018	0,78
05-08-2018	-0,05	05-08-2018	0,46	05-08-2018	0,77
20-08-2018	-0,05	20-08-2018	0,46	20-08-2018	0,77
05-09-2018	-0,05	05-09-2018	0,45	05-09-2018	0,76
20-09-2018	-0,05	20-09-2018	0,45	20-09-2018	0,76
05-10-2018	-0,04	05-10-2018	0,45	05-10-2018	0,76
20-10-2018	-0,04	20-10-2018	0,45	20-10-2018	0,76
05-11-2018	-0,05	05-11-2018	0,46	05-11-2018	0,76
20-11-2018	-0,04	20-11-2018	0,46	20-11-2018	0,77
01-12-2018	-0,04	01-12-2018	0,47	01-12-2018	0,77
31-12-2018	-0,03	22-12-2018	0,48	31-12-2018	0,79

Fuente: Elaboración propia.

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





Fuente: Elaboración propia.

5.1.7 Indicadores de estado Sistema Peine

La acción 21 del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N°24 de 2019, comprometió aplicar los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine (acciones 19 y 20 del PdC), tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16.

Para los pozos pertenecientes al plan de seguimiento contemplado en la RCA N°226/2006 se compromete el contraste entre las mediciones efectuadas en forma mensual entre octubre y noviembre de 2018 y diaria a contar de diciembre de 2018, respecto a los umbrales establecidos. Para el caso de los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA N°21/16, la adopción de medidas de control se condiciona al aviso por parte de la SMA a SQM de la de activación de Fase II.

Así, desde octubre de 2018 y hasta el término del presente período de reporte se han realizado las actividades de monitoreo y registro de las mediciones efectuadas a los pozos del Sistema Peine pertenecientes a SQM, con el objetivo de contrastar los resultados con los umbrales definidos en la acción 19 del PdC, y consecuentemente verificar la necesidad de activación de algunas de las fases.

Cabe señalar que, de acuerdo a lo comprometido, a partir de diciembre de 2018 las mediciones son efectuadas en forma diaria, mientras que en octubre y noviembre estas poseen un carácter mensual (no obstante lo anterior en noviembre se implementó paulatinamente un incremento en la frecuencia de medición).

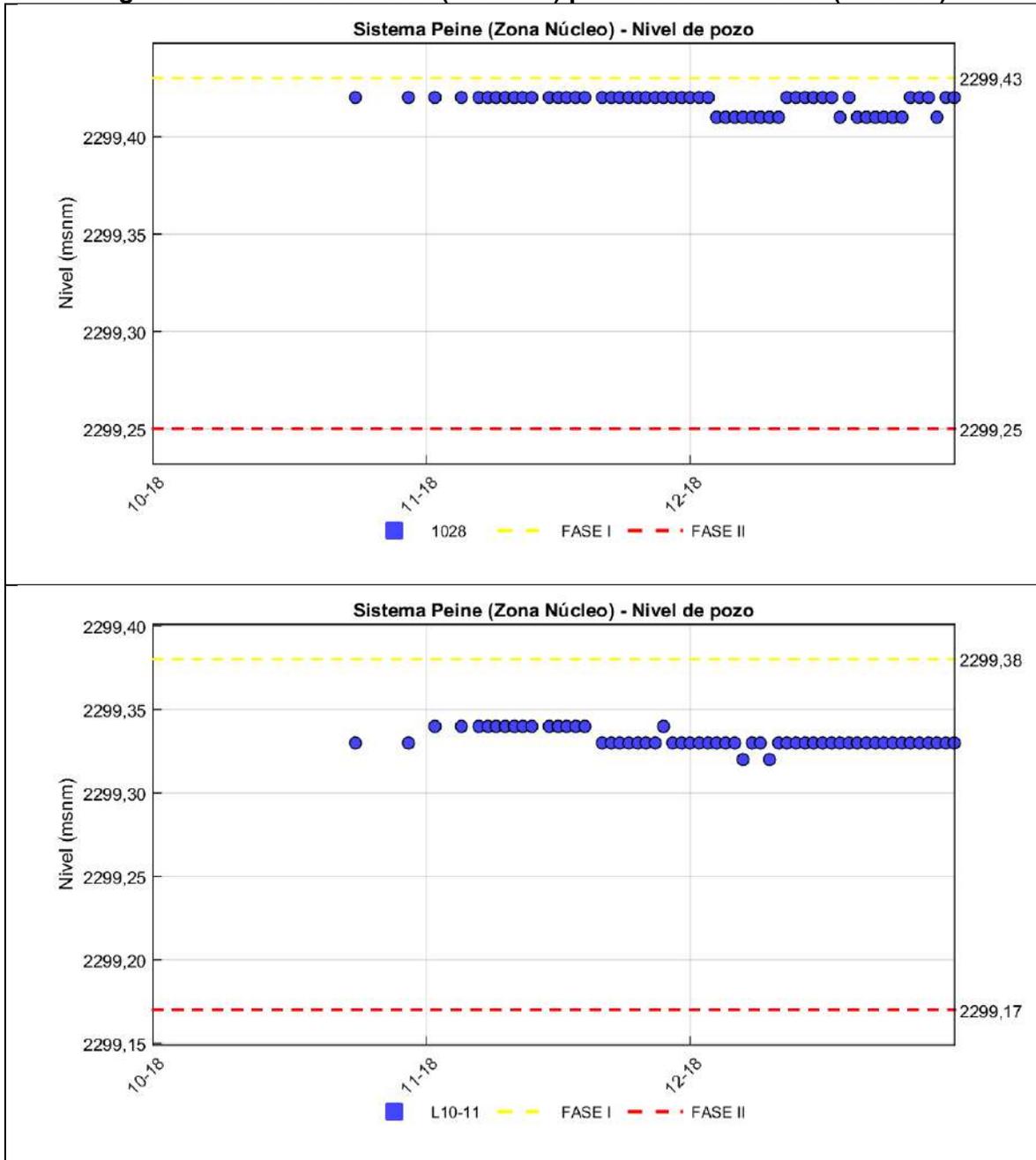
En la Tabla 5-7 se presentan las mediciones del monitoreo manual de descenso en el período semestral evaluado para los pozos 1028, L10-11 y L10-4³⁷. Por su parte, la visualización gráfica de los resultados obtenidos, incluyendo los resultados obtenidos producto del incremento en la frecuencia de la medición a partir de noviembre y en forma diaria a contar de diciembre de 2018, se presenta en la Figura 5-7.

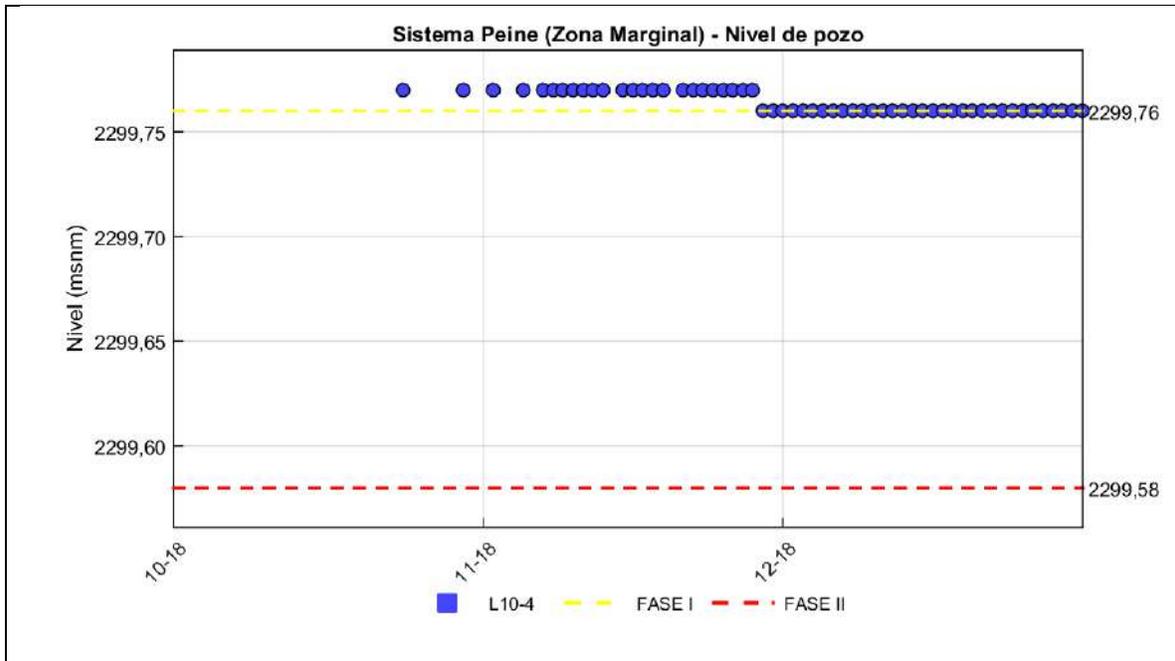
Como se observa, para los pozos 1028 y L10-11 se registran superaciones a los umbrales de Fase I desde el inicio del registro. No obstante, las medidas contempladas sólo pudieron ser adoptadas una vez aprobado el Programa de Cumplimiento, esto es, a partir del 7 de enero de 2019, es decir, en forma posterior al período contemplado en el presente reporte.

Cabe señalar que durante el período objeto del presente reporte no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II en los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA N°21/16.

³⁷ 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. Para los meses de noviembre y diciembre, en la tabla sólo se exponen los valores mínimos y máximos registrados en el período, mientras que en Anexo 9 se reportan las mediciones diarias efectuadas.

Figura 5-7: Nivel observado (m.s.n.m.) pozos Sistema Peine (WGS-84)





Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-7. Registro de niveles pozos Sistema Peine (WGS-84)

1028		L10-11		L10-4	
Umbral Fase I:	2299,43	Umbral Fase I:	2299,38	Umbral Fase I:	2299,76
Umbral Fase II:	2299,25	Umbral Fase II:	2299,17	Umbral Fase II:	2299,58
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
24-10-2018	2.299,42	24-10-2018	2.299,33	24-10-2018	2.299,77
30-10-2018	2.299,42	30-10-2018	2.299,33	30-10-2018	2.299,77
02-11-2018	2.299,42	02-11-2018	2.299,34	02-11-2018	2.299,77
30-11-2018	2.299,42	30-11-2018	2.299,33	30-11-2018	2.299,76
04-12-2018	2.299,41	07-12-2018	2.299,32	01-12-2018	2.299,76
31-12-2018	2.299,42	31-12-2018	2.299,33	31-12-2018	2.299,76

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 julio hasta diciembre de 2018, agrupados según los siguientes sistemas:

- Sistema Soncor
- Sistema Aguas de Quelana
- Sistema Vegetación Borde Este
- Sistema Peine
- Sector Vegas de Tilopozo
- Núcleo del Salar de Atacama
- Sistema 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 segundo semestre de 2018³⁸. 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 (auditoría Golder), mientras que, en formato de tablas, se exponen sólo los resultados puntuales. 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 auditoría llevada a cabo por Golder 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.

³⁸ De acuerdo con la Res. Ex. N° 127 de 2019, durante el periodo objeto del presente reporte, las mediciones de nivel y caudal efectuadas con frecuencias menores a diarias fueron realizadas por la ETFA GP Consultores (ver Anexo 9). Por su parte, los muestreos, mediciones y análisis de calidad del agua fueron realizadas por ETFAS SGS y CESMEC (ver Anexo 12).

Respecto a los datos de nivel, y conforme fuese mencionado en la sección anterior, es importante destacar que a contar de diciembre de 2018 todos los indicadores de estado que forman parte del Plan de Contingencias del Proyecto, así como para el Sistema Peine, han sido monitoreados en forma diaria. Con el objeto de facilitar la presentación y análisis de resultados correspondientes a diciembre, en las tablas expuestas para los distintos sistemas se incluye sólo los niveles mínimos y máximos registrados durante dicho mes, mientras que en las figuras se presenta la totalidad de las mediciones realizadas en el período, al igual que en Anexo 9, donde se presenta la información en forma tabulada.

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 para el segundo 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 4-5 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 tanto del monitoreo de niveles del sistema Soncor como del sistema Vegetación Borde Este, pero para mayor claridad de su presentación, sólo serán presentados en la presente 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 Golder durante auditoría realizada entre el 20 y 22 de agosto de 2018. Los resultados de la auditoría 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 5-8 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el segundo semestre del año 2018 en los 11 puntos de control del nivel del agua ubicados en la zona aluvial del Sistema Soncor³⁹. Los resultados gráficos de nivel se observan en la Figura 5-8,

³⁹ Para el caso de los pozos L1-3, L7-6 y L2-7, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

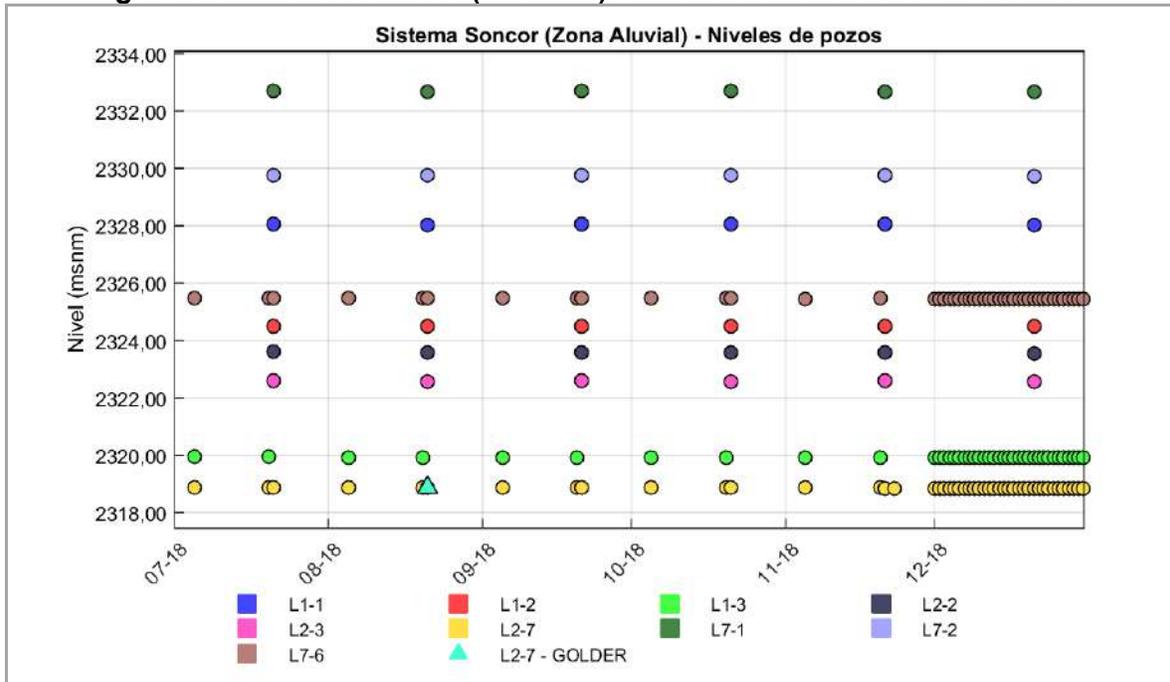
mientras que los pozos de extracción de agua industrial se muestran en la Figura 5-9. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.316,9 y los 2.332,7 msnm.

Tabla 5-8: Registro de niveles zona aluvial de Sistema Soncor (WGS-84)

L1-1		L1-2		L2-2		L2-3	
Fecha	Nivel (msnm)						
21-07-2018	2.328,06	21-07-2018	2.324,51	21-07-2018	2.323,60	21-07-2018	2.322,60
21-08-2018	2.328,04	21-08-2018	2.324,51	21-08-2018	2.323,57	21-08-2018	2.322,58
21-09-2018	2.328,05	21-09-2018	2.324,51	21-09-2018	2.323,59	21-09-2018	2.322,59
21-10-2018	2.328,05	21-10-2018	2.324,51	21-10-2018	2.323,58	21-10-2018	2.322,58
21-11-2018	2.328,05	21-11-2018	2.324,50	21-11-2018	2.323,58	21-11-2018	2.322,59
21-12-2018	2.328,02	21-12-2018	2.324,49	21-12-2018	2.323,56	21-12-2018	2.322,57
L7-1		L7-2		Mullay-1		Allana	
Fecha	Nivel (msnm)						
21-07-2018	2.332,69	21-07-2018	2.329,76	21-07-2018	2.323,78	21-07-2018	2.316,97
21-08-2018	2.332,67	21-08-2018	2.329,75	21-08-2018	2.323,70	21-08-2018	2.316,90
21-09-2018	2.332,69	21-09-2018	2.329,76	21-09-2018	2.323,74	21-09-2018	2.316,90
21-10-2018	2.332,70	21-10-2018	2.329,75	21-10-2018	2.323,78	21-10-2018	2.316,94
21-11-2018	2.332,68	21-11-2018	2.329,75	21-11-2018	2.323,75	21-11-2018	2.316,94
21-12-2018	2.332,67	21-12-2018	2.329,74	21-12-2018	2.323,70	21-12-2018	2.316,92
L1-3		L7-6		L2-7			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
05-07-2018	2.319,94	05-07-2018	2.325,47	05-07-2018	2.318,86		
20-07-2018	2.319,94	20-07-2018	2.325,46	20-07-2018	2.318,86		
05-08-2018	2.319,93	21-07-2018	2.325,47	21-07-2018	2.318,86		
20-08-2018	2.319,93	05-08-2018	2.325,46	05-08-2018	2.318,86		
05-09-2018	2.319,93	20-08-2018	2.325,47	20-08-2018	2.318,86		
20-09-2018	2.319,93	21-08-2018	2.325,46	21-08-2018	2.318,86		
05-10-2018	2.319,93	05-09-2018	2.325,46	05-09-2018	2.318,87		
20-10-2018	2.319,93	20-09-2018	2.325,46	20-09-2018	2.318,87		
05-11-2018	2.319,93	21-09-2018	2.325,46	21-09-2018	2.318,86		
20-11-2018	2.319,93	05-10-2018	2.325,46	05-10-2018	2.318,87		
01-12-2018	2.319,92	20-10-2018	2.325,46	20-10-2018	2.318,87		
31-12-2018	2.319,92	21-10-2018	2.325,46	21-10-2018	2.318,86		
		05-11-2018	2.325,45	05-11-2018	2.318,86		
		20-11-2018	2.325,46	20-11-2018	2.318,86		
		05-12-2018	2.325,45	21-11-2018	2.318,85		
		31-12-2018	2.325,43	23-11-2018	2.318,85		
				01-12-2018	2.318,85		
				31-12-2018	2.318,84		

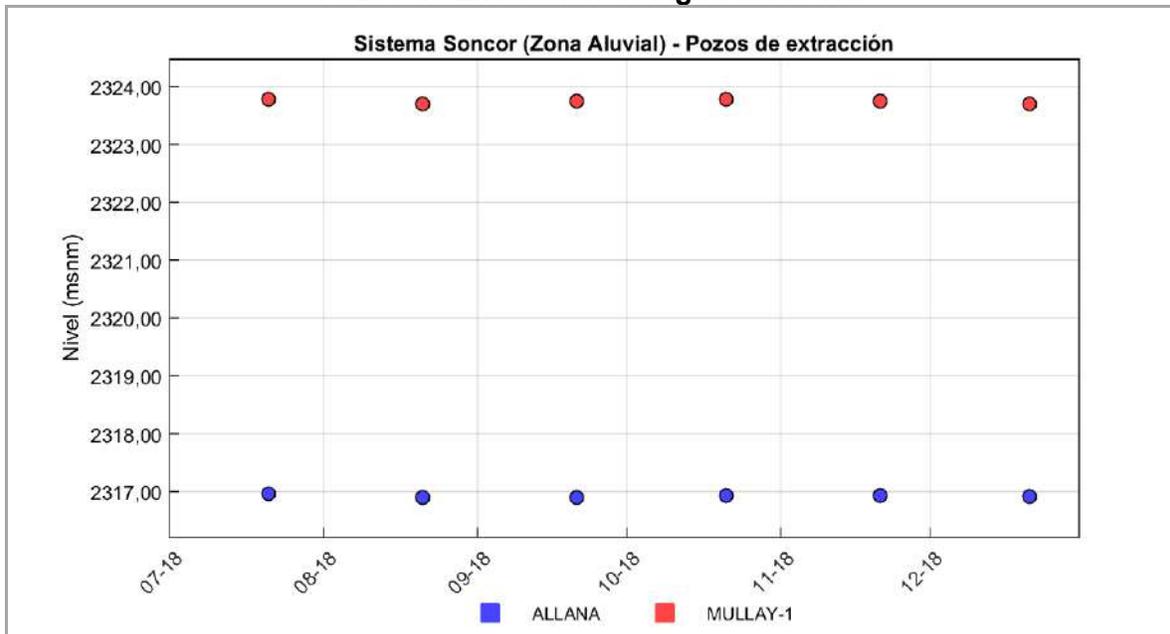
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-8 Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-9 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 segundo semestre del año 2018 en 60 puntos de control de nivel ubicados en la zona marginal del Sistema Soncor, de los cuales 16 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 5-9 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 4 pozos del subsector Puilar⁴⁰. Por su parte, la representación gráfica se presenta en la Figura 5-10, donde se incluye también las mediciones continuas del pozo L7-4 y las mediciones diarias efectuadas en el mes de diciembre en el pozo L7-3. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.302,25 y los 2.313,57 msnm.

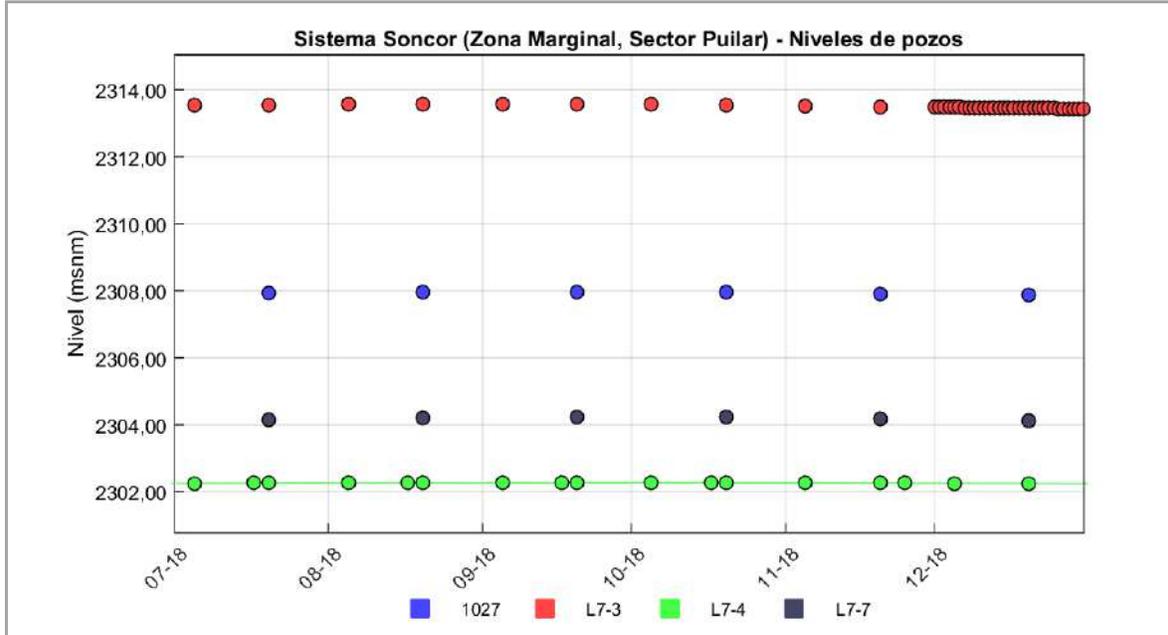
Tabla 5-9: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar (WGS-84)

L7-4		L7-3		L7-7		1027	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-07-2018	2.302,25	05-07-2018	2.313,53	20-07-2018	2.304,16	20-07-2018	2.307,93
17-07-2018	2.302,26	20-07-2018	2.313,55	20-08-2018	2.304,21	20-08-2018	2.307,95
20-07-2018	2.302,26	05-08-2018	2.313,56	20-09-2018	2.304,23	20-09-2018	2.307,96
05-08-2018	2.302,26	20-08-2018	2.313,57	20-10-2018	2.304,24	20-10-2018	2.307,95
17-08-2018	2.302,26	05-09-2018	2.313,57	20-11-2018	2.304,19	20-11-2018	2.307,92
20-08-2018	2.302,27	20-09-2018	2.313,57	20-12-2018	2.304,13	20-12-2018	2.307,88
05-09-2018	2.302,27	05-10-2018	2.313,56				
17-09-2018	2.302,27	20-10-2018	2.313,55				
20-09-2018	2.302,27	05-11-2018	2.313,52				
05-10-2018	2.302,27	20-11-2018	2.313,50				
17-10-2018	2.302,27	01-12-2018	2.313,48				
20-10-2018	2.302,27	31-12-2018	2.313,44				
05-11-2018	2.302,26						
20-11-2018	2.302,26						
25-11-2018	2.302,26						
05-12-2018	2.302,25						
20-12-2018	2.302,25						

Fuente: Elaboración propia.

⁴⁰ Para el pozo L7-3, perteneciente al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

Figura 5-10: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Puilar



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-10 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 11 pozos del subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros⁴¹. Por su parte, la representación gráfica se presenta en Figura 5-11 y en la Figura 5-12, que agrupa los pozos L2-4 y L2-8, que geográficamente están más alejados.

Cabe señalar que la medición realizada por Golder al pozo L2-8 durante el mes de agosto de 2018, es coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.299,75 y los 2.303,49 msnm.

Tabla 5-10: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros (WGS-84)

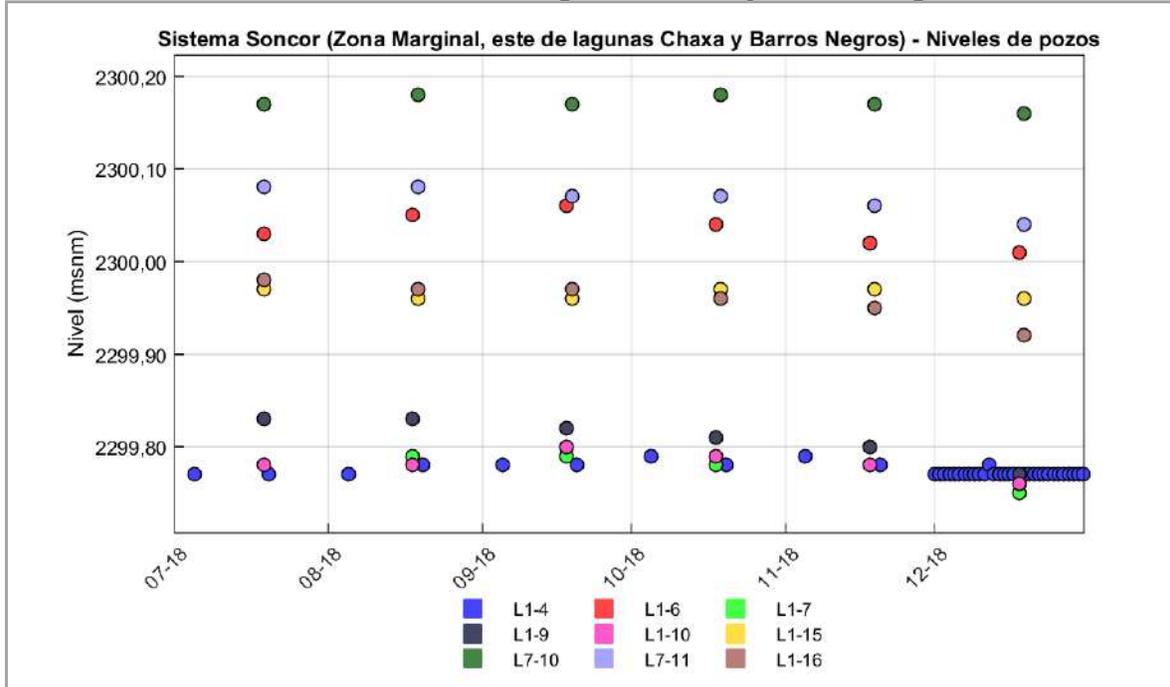
L1-4		L2-4		L1-6		L1-7	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-07-2018	2.299,77	05-07-2018	2.303,47	19-07-2018	2.300,03	19-07-2018	2.299,78
20-07-2018	2.299,77	20-07-2018	2.303,48	18-08-2018	2.300,05	18-08-2018	2.299,79
05-08-2018	2.299,77	05-08-2018	2.303,49	18-09-2018	2.300,06	18-09-2018	2.299,79
20-08-2018	2.299,78	20-08-2018	2.303,48	18-10-2018	2.300,04	18-10-2018	2.299,78
05-09-2018	2.299,78	05-09-2018	2.303,48	18-11-2018	2.300,02	18-11-2018	2.299,78
20-09-2018	2.299,78	20-09-2018	2.303,48	18-12-2018	2.300,01	18-12-2018	2.299,75
05-10-2018	2.299,79	05-10-2018	2.303,47				
20-10-2018	2.299,78	20-10-2018	2.303,47				

⁴¹ Para los pozos L1-4 y L2-4, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

L1-4		L2-4		L1-6		L1-7	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-11-2018	2.299,79	05-11-2018	2.303,46				
20-11-2018	2.299,78	20-11-2018	2.303,44				
12-12-2018	2.299,78	01-12-2018	2.303,44				
31-12-2018	2.299,77	31-12-2018	2.303,41				
L1-9		L1-10		L1-15		L1-16	
Fecha	Nivel (msnm)						
19-07-2018	2.299,83	19-07-2018	2.299,78	19-07-2018	2.299,97	19-07-2018	2.299,98
18-08-2018	2.299,83	18-08-2018	2.299,78	19-08-2018	2.299,96	19-08-2018	2.299,97
18-09-2018	2.299,82	18-09-2018	2.299,80	19-09-2018	2.299,96	19-09-2018	2.299,97
18-10-2018	2.299,81	18-10-2018	2.299,79	19-10-2018	2.299,97	19-10-2018	2.299,96
18-11-2018	2.299,80	18-11-2018	2.299,78	19-11-2018	2.299,97	19-11-2018	2.299,95
18-12-2018	2.299,77	18-12-2018	2.299,76	19-12-2018	2.299,96	19-12-2018	2.299,92
L7-10		L7-11		L2-8			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
19-07-2018	2.300,17	19-07-2018	2.300,08	21-07-2018	2.301,70		
19-08-2018	2.300,18	19-08-2018	2.300,08	21-08-2018	2.301,71		
19-09-2018	2.300,17	19-09-2018	2.300,07	21-09-2018	2.301,72		
19-10-2018	2.300,18	19-10-2018	2.300,07	21-10-2018	2.301,69		
19-11-2018	2.300,17	19-11-2018	2.300,06	21-11-2018	2.301,66		
19-12-2018	2.300,16	19-12-2018	2.300,04	21-12-2018	2.301,60		

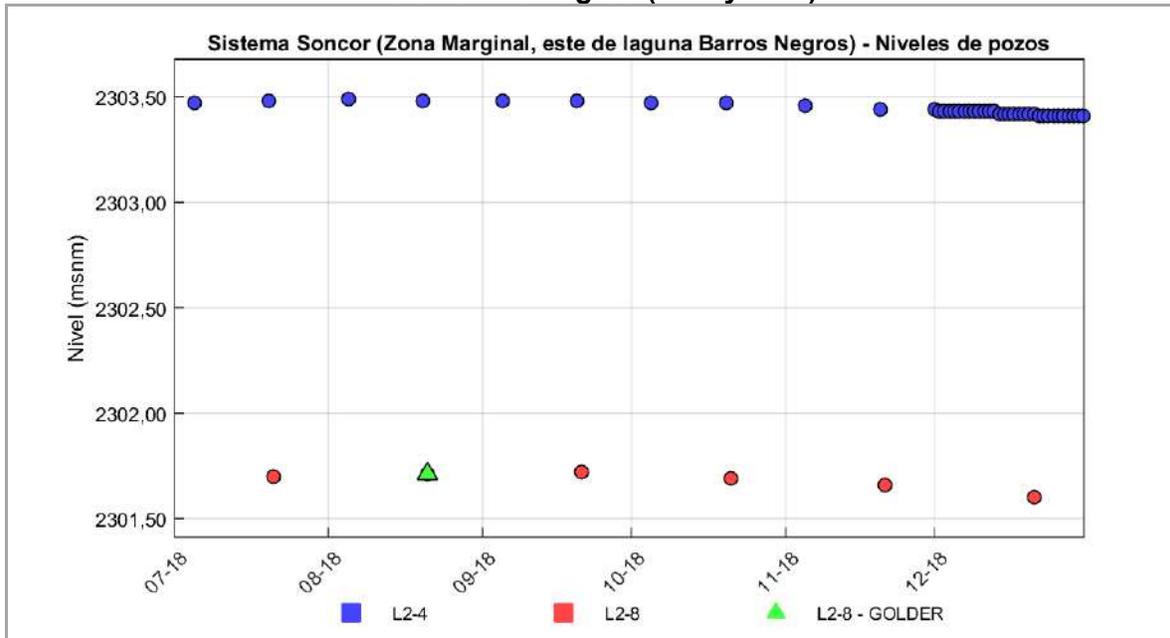
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Este de las Lagunas Chaxa y Barros Negros



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor- Subsector Este Barros Negros (L2-4 y L2-8)



Fuente: Elaboración propia

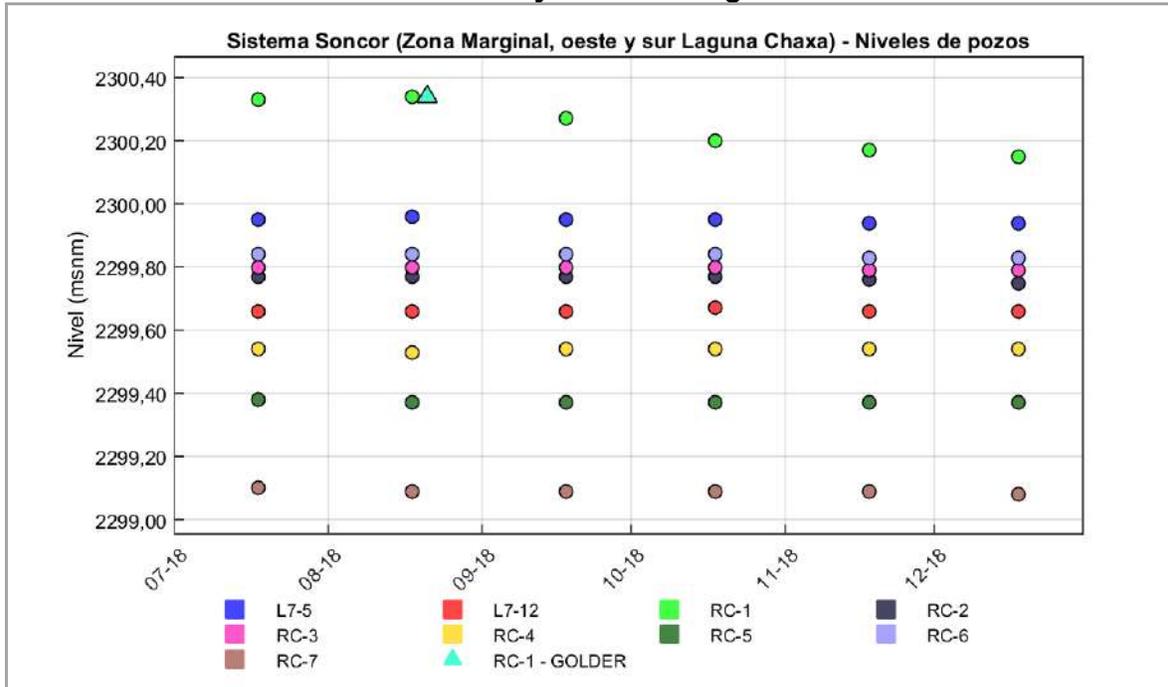
En la Tabla 5-11 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 9 pozos del subsector Oeste y Sur de la Laguna Chaxa. Por su parte, la Figura 5-13 muestra su representación gráfica. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.299,08 y los 2.300,34 msnm. Cabe destacar que la medición del punto RC-1 realizada en la auditoría de Golder es coincidente con el monitoreo de SQM. Respecto al mismo punto, es posible observar un descenso de nivel en presente semestre, el cual respondería al incremento evidenciado en los últimos meses del período anterior (mayo y junio de 2018, ver Informe PSAH N°23), volviendo a los valores observados previamente.

Tabla 5-11: 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)
18-07-2018	2.300,33	18-07-2018	2.299,77	18-07-2018	2.299,80
18-08-2018	2.300,34	18-08-2018	2.299,77	18-08-2018	2.299,80
18-09-2018	2.300,27	18-09-2018	2.299,77	18-09-2018	2.299,80
18-10-2018	2.300,20	18-10-2018	2.299,77	18-10-2018	2.299,80
18-11-2018	2.300,17	18-11-2018	2.299,76	18-11-2018	2.299,79
18-12-2018	2.300,15	18-12-2018	2.299,75	18-12-2018	2.299,79
RC-4		RC-5		RC-6	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-07-2018	2.299,54	18-07-2018	2.299,38	18-07-2018	2.299,84
18-08-2018	2.299,53	18-08-2018	2.299,37	18-08-2018	2.299,84
18-09-2018	2.299,54	18-09-2018	2.299,37	18-09-2018	2.299,84
18-10-2018	2.299,54	18-10-2018	2.299,37	18-10-2018	2.299,84
18-11-2018	2.299,54	18-11-2018	2.299,37	18-11-2018	2.299,83
18-12-2018	2.299,54	18-12-2018	2.299,37	18-12-2018	2.299,83
RC-7		L7-5		L7-12	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-07-2018	2.299,10	18-07-2018	2.299,95	18-07-2018	2.299,66
18-08-2018	2.299,09	18-08-2018	2.299,96	18-08-2018	2.299,66
18-09-2018	2.299,09	18-09-2018	2.299,95	18-09-2018	2.299,66
18-10-2018	2.299,09	18-10-2018	2.299,95	18-10-2018	2.299,67
18-11-2018	2.299,09	18-11-2018	2.299,94	18-11-2018	2.299,66
18-12-2018	2.299,08	18-12-2018	2.299,94	18-12-2018	2.299,66

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-13: 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 5-12 se presentan las mediciones del monitoreo manual de nivel de los 22 pozos del subsector Descarga Cola de Pez⁴². Este sector se subdivido en tres grupos y su representación gráfica se encuentra en la Figura 5-14, Figura 5-15, Figura 5-16.

Cabe señalar que la medición realizada en la auditoría de Golder durante el mes de agosto de 2018 al pozo L1-5 es coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período. Para el caso de los pozos P1-2 y P1-5 existen diferencias entre ambas mediciones, las que posiblemente se deban a errores en transcripción de datos, ya que los niveles consignados por Golder escapan a la tendencia histórica de los registros disponibles, diferencias que no podrían ser explicadas por fluctuaciones del sistema, ya que los niveles subterráneos se mantienen relativamente estables. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.298,72 y los 2.299,50 msnm.

Tabla 5-12: 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)						
05-07-2018	2.299,25	18-07-2018	2.299,26	18-07-2018	2.299,42	18-07-2018	2.299,11
20-07-2018	2.299,25	18-08-2018	2.299,25	18-08-2018	2.299,41	18-08-2018	2.299,10

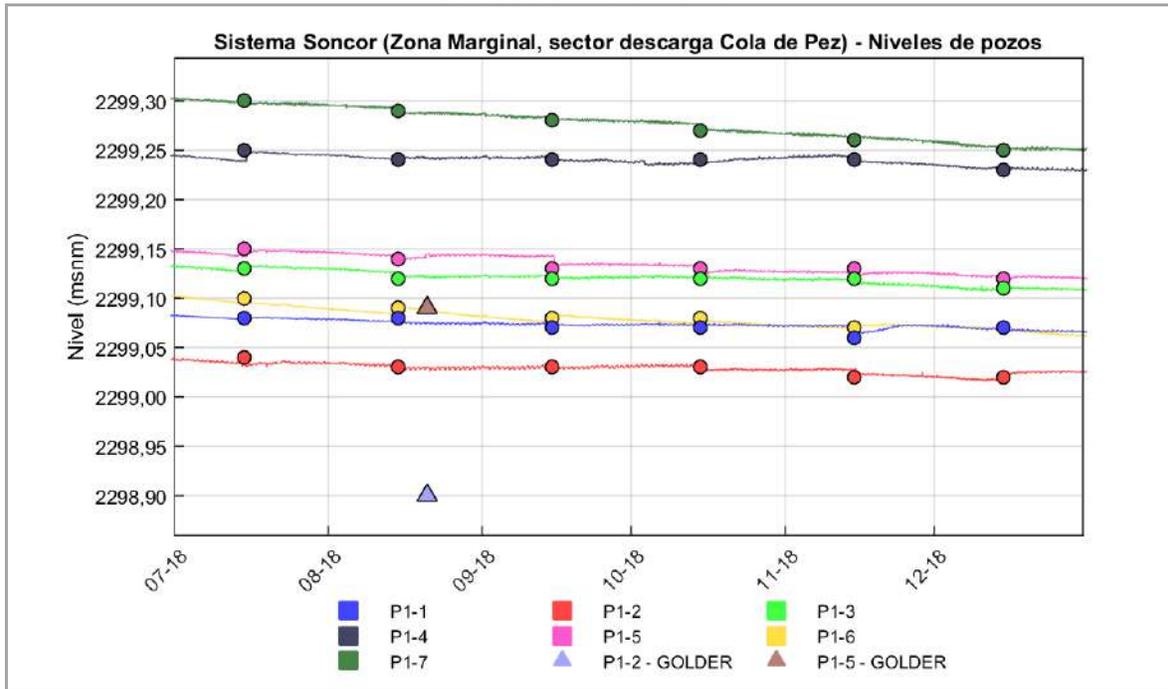
⁴² Para el pozo L1-5, perteneciente al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

05-08-2018	2.299,24	18-09-2018	2.299,24	18-09-2018	2.299,42	18-09-2018	2.299,10
20-08-2018	2.299,24	18-10-2018	2.299,23	18-10-2018	2.299,43	18-10-2018	2.299,10
05-09-2018	2.299,24	18-11-2018	2.299,22	18-11-2018	2.299,43	18-11-2018	2.299,10
20-09-2018	2.299,24	18-12-2018	2.299,21	18-12-2018	2.299,43	18-12-2018	2.299,10
05-10-2018	2.299,24						
20-10-2018	2.299,24						
05-11-2018	2.299,24						
20-11-2018	2.299,23						
01-12-2018	2.299,23						
31-12-2018	2.299,22						
L1-13		L1-14		GD-01		L2-11	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-07-2018	2.299,49	18-07-2018	2.299,00	20-07-2018	2.298,75	18-07-2018	2.298,80
24-07-2018	2.299,49	18-08-2018	2.298,99	20-08-2018	2.298,75	18-08-2018	2.298,80
18-08-2018	2.299,50	18-09-2018	2.298,98	20-09-2018	2.298,75	18-09-2018	2.298,80
18-09-2018	2.299,50	18-10-2018	2.298,98	20-10-2018	2.298,75	18-10-2018	2.298,80
18-10-2018	2.299,49	18-11-2018	2.298,98	20-11-2018	2.298,75	18-11-2018	2.298,78
18-11-2018	2.299,46	18-12-2018	2.298,97	20-12-2018	2.298,74	18-12-2018	2.298,77
18-12-2018	2.299,43						
L2-12		L2-13		L2-17		L2-18	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-07-2018	2.298,77	18-07-2018	2.298,75	18-07-2018	2.298,83	18-07-2018	2.298,90
18-08-2018	2.298,77	18-08-2018	2.298,74	18-08-2018	2.298,83	18-08-2018	2.298,89
18-09-2018	2.298,78	18-09-2018	2.298,75	18-09-2018	2.298,83	18-09-2018	2.298,89
18-10-2018	2.298,78	18-10-2018	2.298,74	18-10-2018	2.298,82	18-10-2018	2.298,89
18-11-2018	2.298,78	18-11-2018	2.298,73	18-11-2018	2.298,82	18-11-2018	2.298,89
18-12-2018	2.298,76	18-12-2018	2.298,72	18-12-2018	2.298,81	18-12-2018	2.298,88
L2-19		L2-22		L2-24		P1-1	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Fecha	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-07-2018	2.298,77	18-07-2018	2.298,93	22-07-2018	2.299,29	15-07-2018	2.299,08
18-08-2018	2.298,77	18-08-2018	2.298,92	18-08-2018	2.299,28	15-08-2018	2.299,08
18-09-2018	2.298,76	18-09-2018	2.298,92	18-09-2018	2.299,27	15-09-2018	2.299,07
18-10-2018	2.298,76	18-10-2018	2.298,91	18-10-2018	2.299,26	15-10-2018	2.299,07
18-11-2018	2.298,76	18-11-2018	2.298,91	18-11-2018	2.299,24	15-11-2018	2.299,06
18-12-2018	2.298,75	18-12-2018	2.298,90	18-12-2018	2.299,23	15-12-2018	2.299,07
P1-2		P1-3		P1-4		P1-5	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
15-07-2018	2.299,04	15-07-2018	2.299,13	15-07-2018	2.299,25	15-07-2018	2.299,15
15-08-2018	2.299,03	15-08-2018	2.299,12	15-08-2018	2.299,24	15-08-2018	2.299,14
15-09-2018	2.299,03	15-09-2018	2.299,12	15-09-2018	2.299,24	15-09-2018	2.299,13
15-10-2018	2.299,03	15-10-2018	2.299,12	15-10-2018	2.299,24	15-10-2018	2.299,13
15-11-2018	2.299,02	15-11-2018	2.299,12	15-11-2018	2.299,24	15-11-2018	2.299,13
15-12-2018	2.299,02	15-12-2018	2.299,11	15-12-2018	2.299,23	15-12-2018	2.299,12
P1-6		P1-7					

Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-07-2018	2.299,10	15-07-2018	2.299,30
15-08-2018	2.299,09	15-08-2018	2.299,29
15-09-2018	2.299,08	15-09-2018	2.299,28
15-10-2018	2.299,08	15-10-2018	2.299,27
15-11-2018	2.299,07	15-11-2018	2.299,26
15-12-2018	2.299,07	15-12-2018	2.299,25

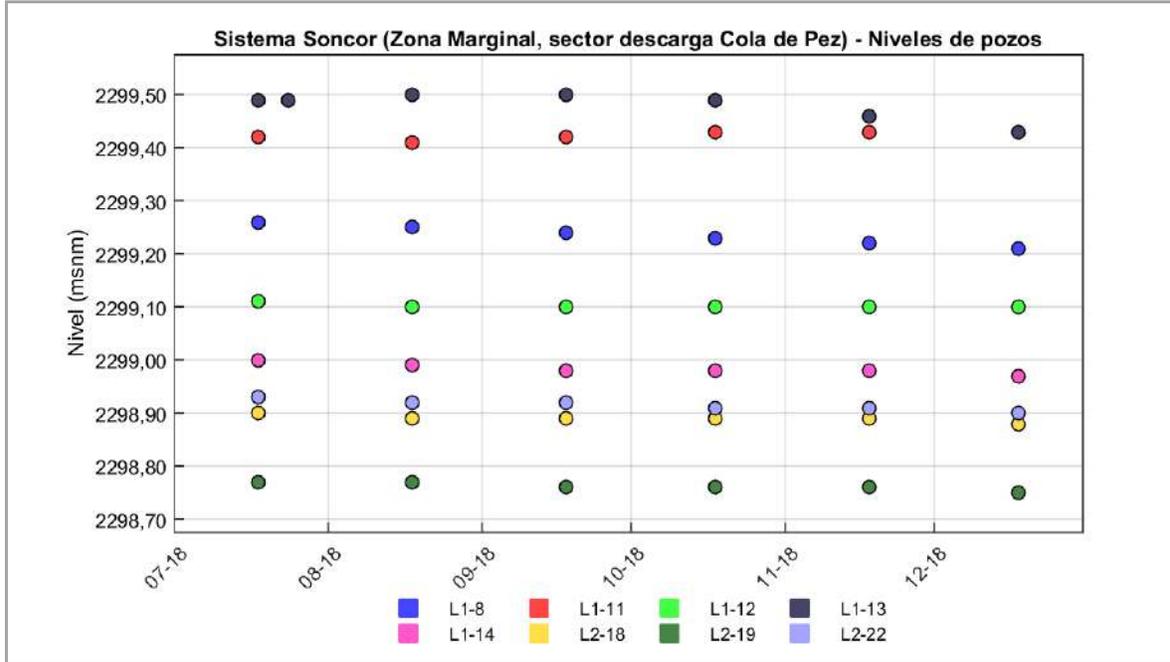
Fuente: Elaboración propia.

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



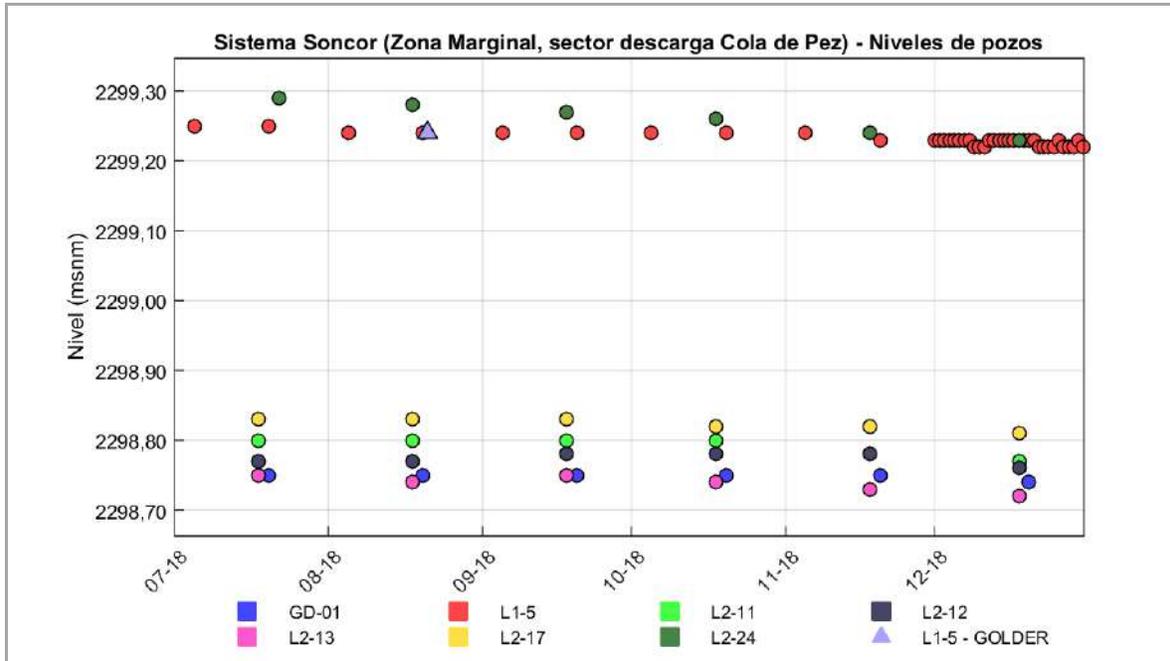
Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-16: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal Sistema Soncor – Subsector Cola de Pez



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-13 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 5-17 y Figura 5-18, donde se incluyen las mediciones continuas efectuadas. Los niveles en el sector oscilan entre los 2.298,89 y los 2.300,05 msnm. Se observa un descenso mayor en el pozo L2-15, el cual respondería al incremento evidenciado en los últimos meses del período anterior (abril a junio de 2018)

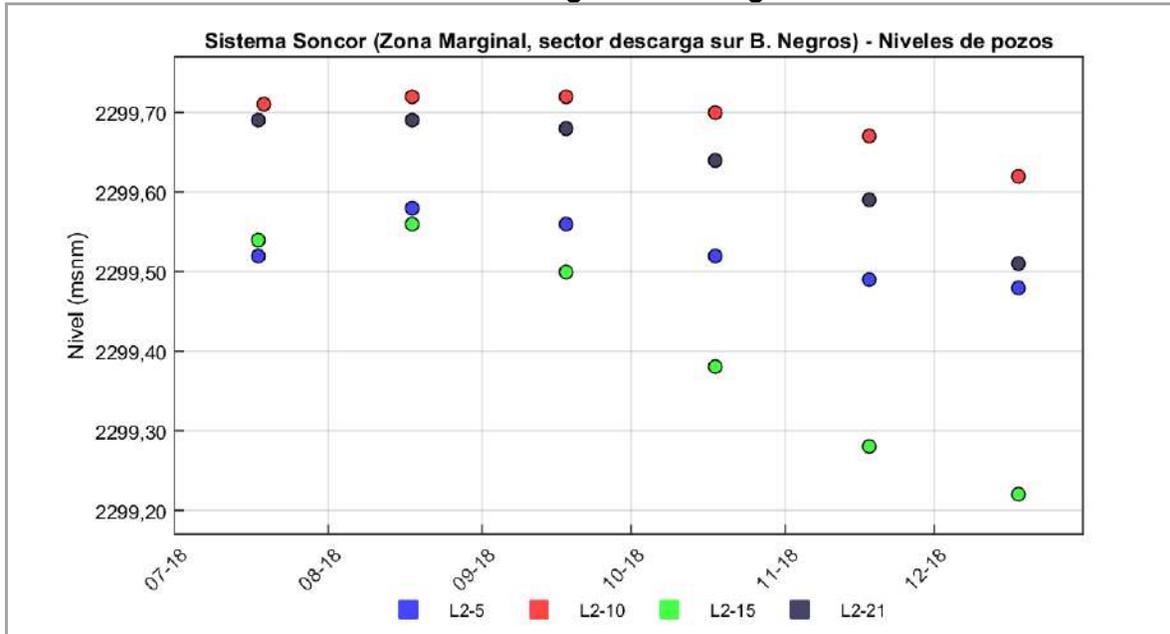
Tabla 5-13: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Descarga Barros Negros Sur (WGS-84)

L2-5		L2-9		L2-10		L2-21	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-07-2018	2.299,52	15-07-2018	2.299,00	19-07-2018	2.299,71	18-07-2018	2.299,69
18-08-2018	2.299,58	15-08-2018	2.299,00	18-08-2018	2.299,72	18-08-2018	2.299,69
18-09-2018	2.299,56	15-09-2018	2.298,99	18-09-2018	2.299,72	18-09-2018	2.299,68
18-10-2018	2.299,52	15-10-2018	2.298,97	18-10-2018	2.299,70	18-10-2018	2.299,64
18-11-2018	2.299,49	15-11-2018	2.298,94	18-11-2018	2.299,67	18-11-2018	2.299,59
18-12-2018	2.299,48	15-12-2018	2.298,89	18-12-2018	2.299,62	18-12-2018	2.299,51
L2-15		L2-16		L2-23		P2-1	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
18-07-2018	2.299,54	15-07-2018	2.299,54	15-07-2018	2.300,03	15-07-2018	2.299,06
18-08-2018	2.299,56	15-08-2018	2.299,54	15-08-2018	2.300,05	15-08-2018	2.299,06
18-09-2018	2.299,50	15-09-2018	2.299,54	15-09-2018	2.300,03	15-09-2018	2.299,05
18-10-2018	2.299,38	15-10-2018	2.299,51	15-10-2018	2.299,99	15-10-2018	2.299,03
18-11-2018	2.299,28	15-11-2018	2.299,48	15-11-2018	2.299,93	15-11-2018	2.299,00
18-12-2018	2.299,22	15-12-2018	2.299,43	15-12-2018	S/I ⁴³	15-12-2018	2.298,95
P2-2		P2-3		P2-4		P2-5	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-07-2018	2.299,21	15-07-2018	2.299,37	15-07-2018	2.299,68	15-07-2018	2.299,95
15-08-2018	2.299,21	15-08-2018	2.299,38	15-08-2018	2.299,68	15-08-2018	2.300,05
15-09-2018	2.299,20	15-09-2018	2.299,38	15-09-2018	2.299,67	15-09-2018	2.299,97
15-10-2018	2.299,19	15-10-2018	2.299,35	15-10-2018	2.299,66	15-10-2018	2.299,91
15-11-2018	2.299,16	15-11-2018	2.299,33	15-11-2018	2.299,63	15-11-2018	2.299,86
15-12-2018	2.299,13	15-12-2018	2.299,29	15-12-2018	2.299,58	15-12-2018	2.299,80

Fuente: Elaboración propia.

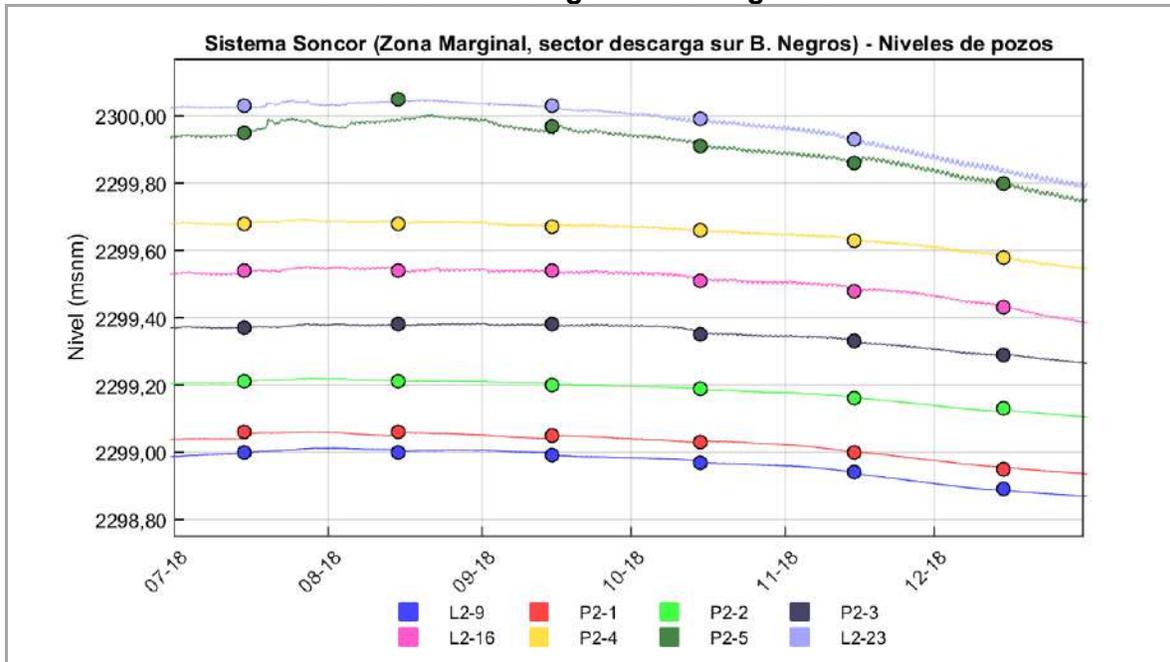
⁴³ CONAF mantuvo cerrado el acceso al lugar durante las fechas de monitoreo debido a actividades reproductivas de flamencos.

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



Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

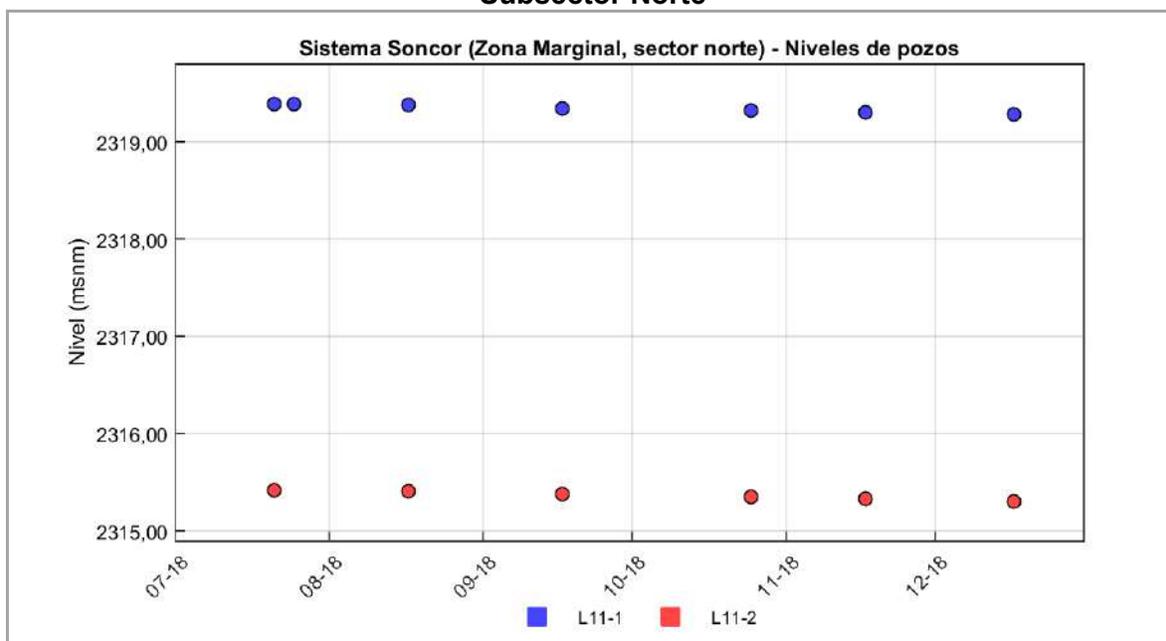
El último grupo del sector, correspondiente al Subsector Norte, se puede observar en la Figura 5-19 y las mediciones de nivel para el presente periodo se presentan en la Tabla 5-14. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.315,30 y los 2.319,39 msnm.

Tabla 5-14: Registro de niveles zona marginal Sistema Soncor – Subsector Norte (WGS-84)

L11-1		L11-2	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
21-07-2018	2.319,39	21-07-2018	2.315,42
25-07-2018	2.319,39	17-08-2018	2.315,41
17-08-2018	2.319,38	17-09-2018	2.315,38
17-09-2018	2.319,34	25-10-2018	2.315,35
25-10-2018	2.319,32	17-11-2018	2.315,33
17-11-2018	2.319,30	17-12-2018	2.315,30
17-12-2018	2.319,28		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-19: 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

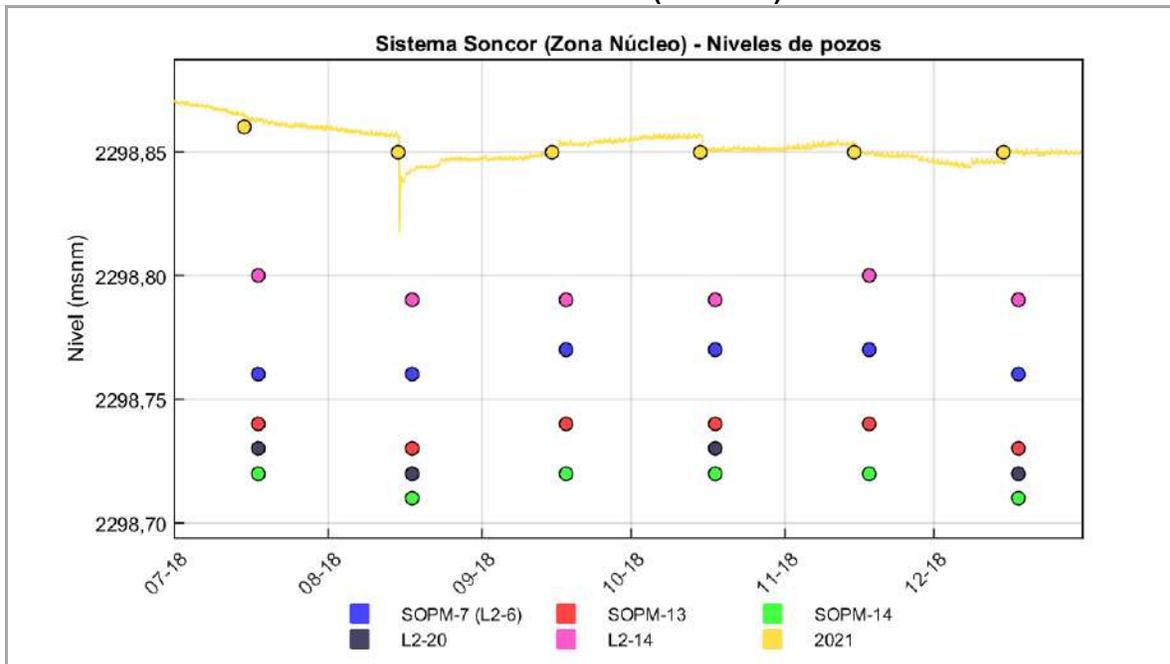
En la Tabla 5-15 se presentan los resultados del monitoreo mensual efectuado en período en los 6 puntos de control ubicados en la zona núcleo del Sistema Soncor, cuya representación se expone en la Figura 5-20, incluyendo los monitoreos continuos efectuados en el pozo 2021. Los niveles oscilan entre 2.298,71 y 2.298,86 msnm.

Tabla 5-15: Registro de Niveles para los pozos de Salmuera para el segundo 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)
18-07-2018	2.298,76	18-07-2018	2.298,74	18-07-2018	2.298,72	18-07-2018	2.298,80
18-08-2018	2.298,76	18-08-2018	2.298,73	18-08-2018	2.298,71	18-08-2018	2.298,79
18-09-2018	2.298,77	18-09-2018	2.298,74	18-09-2018	2.298,72	18-09-2018	2.298,79
18-10-2018	2.298,77	18-10-2018	2.298,74	18-10-2018	2.298,72	18-10-2018	2.298,79
18-11-2018	2.298,77	18-11-2018	2.298,74	18-11-2018	2.298,72	18-11-2018	2.298,80
18-12-2018	2.298,76	18-12-2018	2.298,73	18-12-2018	2.298,71	18-12-2018	2.298,79
L2-20		2021					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
18-07-2018	2.298,73	15-07-2018	2.298,86				
18-08-2018	2.298,72	15-08-2018	2.298,85				
18-09-2018	2.298,72	15-09-2018	2.298,85				
18-10-2018	2.298,73	15-10-2018	2.298,85				
18-11-2018	2.298,72	15-11-2018	2.298,85				
18-12-2018	2.298,72	15-12-2018	2.298,85				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-20: Nivel observado (m.s.n.m.) para los pozos de Salmuera para el segundo 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 5-16 muestra los resultados de las mediciones manuales efectuadas durante el segundo semestre de 2018 en las reglillas monitoreadas⁴⁴.

Tabla 5-16: Registro de Niveles en Reglillas para el segundo semestre de 2018 (WGS-84)

L1-G4		L7-G1		L7-G2		L11-G1	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-07-2018	2.299,27	18-07-2018	2.300,30	17-07-2018	2.301,20	21-07-2018	2.315,18
20-07-2018	2.299,27	18-08-2018	2.300,29	17-08-2018	S/I ⁴⁵	17-08-2018	2.315,18
05-08-2018	2.299,27	18-09-2018	2.300,23	17-09-2018	S/I ⁴⁶	17-09-2018	2.315,17
20-08-2018	2.299,26	18-10-2018	2.300,15	17-10-2018	2.301,20	25-10-2018	2.315,17
05-09-2018	2.299,26	18-11-2018	2.300,13	17-11-2018	S/I ⁴⁷	17-11-2018	2.315,16
20-09-2018	2.299,25	18-12-2018	2.300,11	17-12-2018	S/I ⁴⁸	17-12-2018	2.315,00
05-10-2018	2.299,25						
20-10-2018	2.299,25						
05-11-2018	2.299,25						
20-11-2018	2.299,24						
05-12-2018	2.299,24						
20-12-2018	2.299,24						

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los monitoreos, efectuados tanto en forma manual como continua entre julio y diciembre de 2018, se presentan en la Figura 5-21. Se incluyen también las mediciones diarias efectuadas a partir de diciembre y la medición de la auditoría de Golder para la reglilla L1-G4, la que es coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período.

Para una correcta apreciación, los resultados han sido diferenciados en 3 grupos: el primero de ellos contiene el registro de niveles de las reglillas L1-G4, L7-G1, L7-G2; el segundo de ellos el de L11-G1; y el tercero a las reglillas de Burro Muerto y Puente San Luis. El primer grupo presenta niveles dentro del rango 2.299,24 y 2.301,31 msnm. La reglilla L11-G1 presenta niveles cerca de 15 metros por sobre el resto de los puntos de control, estando

⁴⁴ 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. Para el punto L1-G4, perteneciente al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

⁴⁵ Sin información por prohibición de ingreso de CONAF por actividad reproductiva de flamencos.

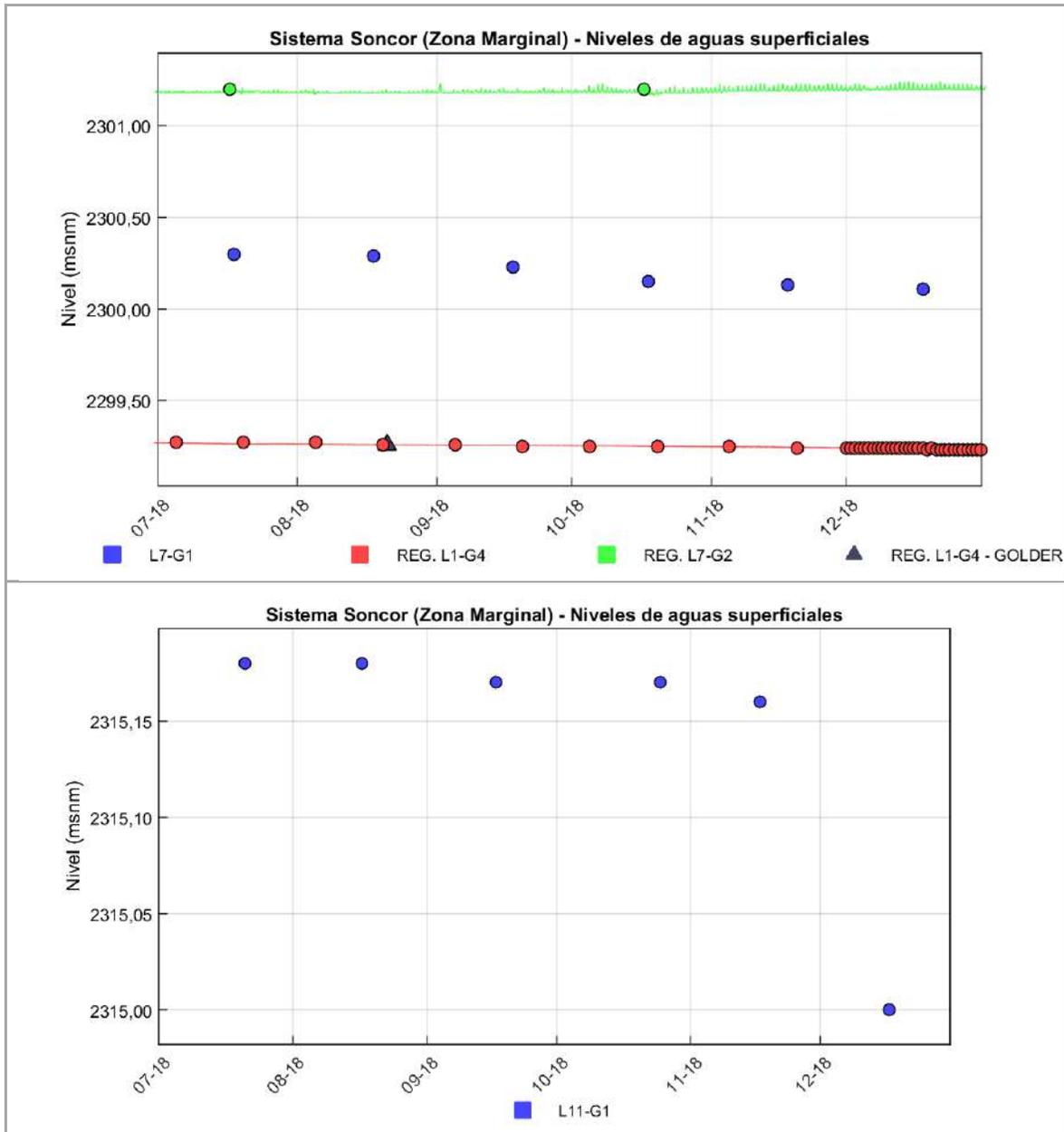
⁴⁶ Sin información por prohibición de ingreso de CONAF por actividad reproductiva de flamencos.

⁴⁷ Sin información por prohibición de ingreso de CONAF por actividad reproductiva de flamencos.

⁴⁸ Sin información por prohibición de ingreso de CONAF por actividad reproductiva de flamencos.

está ubicada alrededor de 20 km aguas arriba del punto L7-G1, en las nacientes del Canal Burro Muerto. 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 anterior, los resultados deben ser analizados en forma independiente y no comparados entre sí.

Figura 5-21: Nivel observado (m.s.n.m.) en Reglilla para el segundo semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.5 Nivel sector de aforo Puente San Luis

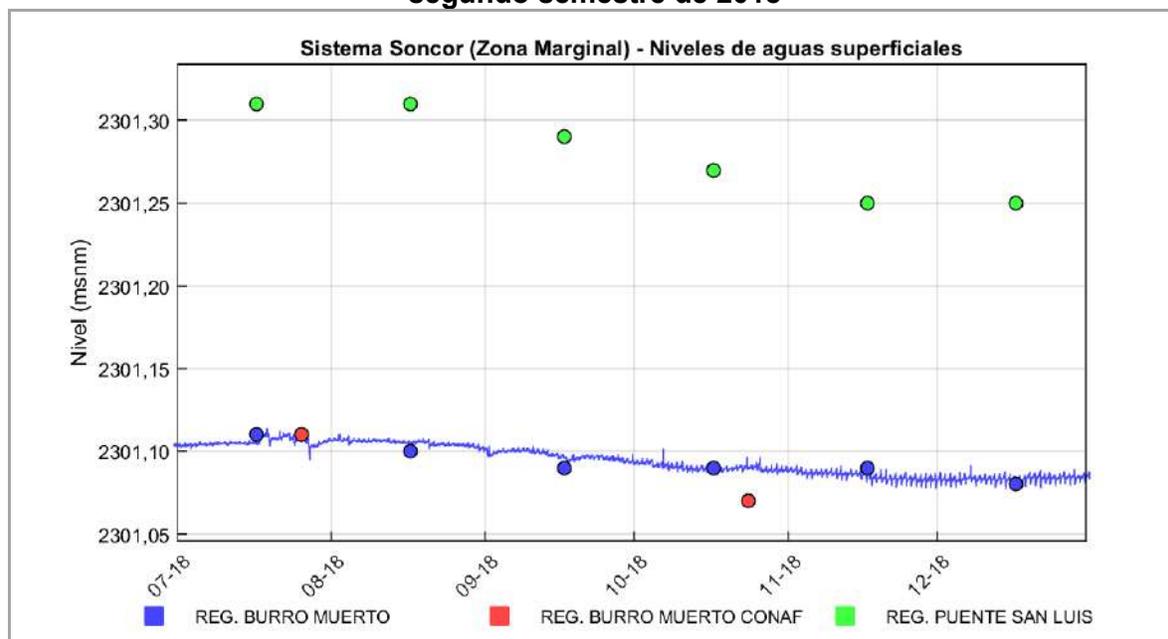
En la Tabla 5-17 se presentan los resultados de los monitoreos efectuados en el segundo semestre del año 2018 en las reglillas existentes en el sector de aforo del Puente San Luis. Los resultados gráficos de nivel, incluyendo las mediciones continuas efectuadas en Burro Muerto, se observan en la Figura 5-22. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.301,08 y los 2.301,31 msnm. Cabe señalar que para el caso de Burro Muerto se presentan las mediciones trimestrales efectuadas en reglillas instaladas por CONAF.

Tabla 5-17: Registro de Niveles sector de aforo Puente san Luis para el segundo semestre de 2018 (WGS-84)

Puente San Luis		Burro Muerto	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
17-07-2018	2.301,31	17-07-2018	2.301,11
17-08-2018	2.301,31	17-08-2018	2.301,10
17-09-2018	2.301,29	17-09-2018	2.301,09
17-10-2018	2.301,27	17-10-2018	2.301,09
17-11-2018	2.301,25	17-11-2018	2.301,09
17-12-2018	2.301,25	17-12-2018	2.301,08

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-22: Nivel observado (m.s.n.m) sector de aforo Puente San Luis para el segundo semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.6 Nivel lacustre

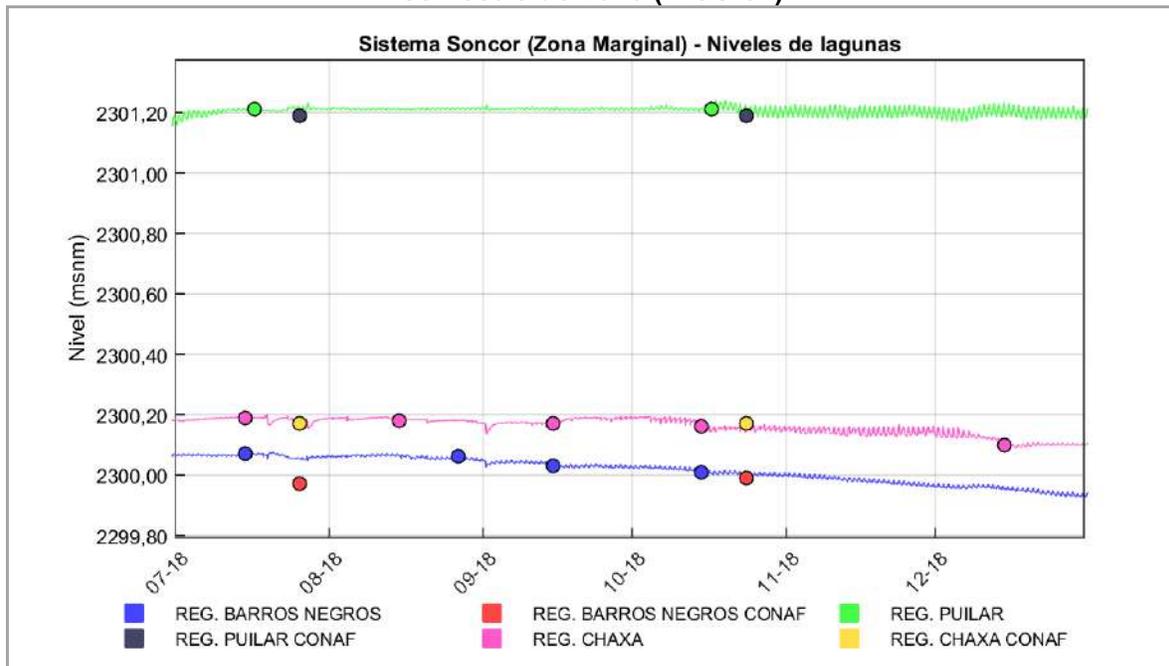
Respecto a la medición del nivel lacustre mediante reglillas, cabe señalar que cada una de las tres lagunas existentes en el Sistema Soncor cuenta con tres mediciones de nivel:

- 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 5-23 se presentan los registros continuos y manuales efectuados por SQM durante el segundo 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 5-18 se presentan los niveles medidos mensualmente por SQM en las lagunas Barros Negros, Puilar y Chaxa. Los niveles en los sistemas lagunares oscilan alrededor de entre los 2.300,0 y los 2.301,2 msnm

Figura 5-23: Nivel observado (m.s.n.m.) para el nivel lacustre durante el segundo semestre de 2018 (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18: Registro de Niveles para el nivel lacustre durante el segundo semestre de 2018 (WGS-84).

BARROS NEGROS		PUILAR		CHAXA	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
15-07-2018	2.300,07	17-07-2018	2.301,21	15-07-2018	2.300,19
27-08-2018	2.300,06	17-08-2018	S/I ⁴⁹	15-08-2018	2.300,18
15-09-2018	2.300,03	17-09-2018	S/I ⁵⁰	15-09-2018	2.300,17
15-10-2018	2.300,01	17-10-2018	2.301,21	15-10-2018	2.300,16
15-11-2018	S/I ⁵¹	17-11-2018	S/I ⁵²	15-11-2018	S/I ⁵³
15-12-2018	S/I ⁵⁴	17-12-2018	S/I ⁵⁵	15-12-2018	2.300,10

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Meteorología

En la Tabla 5-19 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 julio y diciembre 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 1,2 mm/día registrado el 18-07-2018. La evaporación presentó una tasa potencial promedio de 8,34 mm/día con un máximo de 13,20 mm/día registrada los días 7-11, 12-12 y 14-12 de 2018. Por su parte, la velocidad del viento presentó un promedio de 2,67 m/s, con valores mínimos y máximos de 0,99 y 5,88 m/s. Finalmente, la temperatura presenta un rango que va desde los 6,61°C registrados el día 21-07-2018 hasta los 21,72°C ocurridos el día 12-12-2018. Los resultados gráficos se exponen en la Figura 5-24.

Tabla 5-19: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el segundo semestre de 2018.

Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación	mm/día	0,00	1,20	0,02	0,12
Evaporación	mm/día	2,20	13,20	8,34	3,08
Velocidad del viento	m/s	0,99	5,88	2,67	0,75
Temperatura media diaria	°C	6,61	21,72	14,34	3,88

Fuente: Elaboración propia.

⁴⁹ Flamencos del sector se encontraban en período de apareamiento.

⁵⁰ Flamencos del sector se encontraban en período de apareamiento.

⁵¹ Prohibición de ingreso de CONAF por proceso reproductivo de flamencos. Se intenta volver a visitar el 25-11-2018, sin lograr la medición por la misma causa.

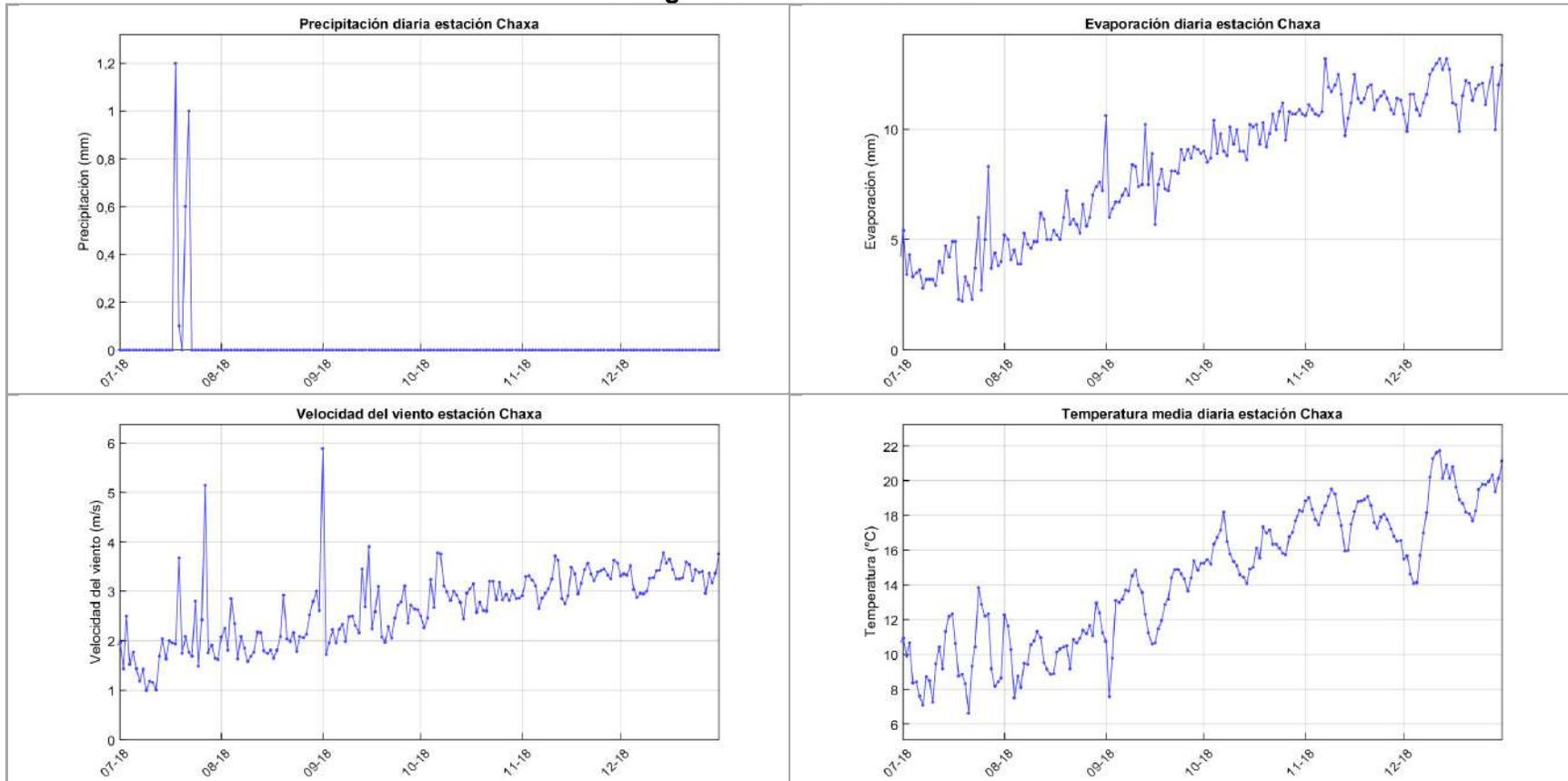
⁵² Prohibición de ingreso de CONAF por proceso reproductivo de flamencos. Se intenta volver a visitar el 25-11-2018, sin lograr la medición por la misma causa.

⁵³ Prohibición de ingreso de CONAF por proceso reproductivo de flamencos. Se intenta volver a visitar el 25-11-2018, sin lograr la medición por la misma causa.

⁵⁴ CONAF mantuvo cerrado el acceso al lugar durante las fechas de monitoreo debido a actividades reproductivas de flamencos.

⁵⁵ CONAF mantuvo cerrado el acceso al lugar durante las fechas de monitoreo debido a actividades reproductivas de flamencos.

Figura 5-24: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de Chaxa para el segundo semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Para mayor 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 de reporte.

5.2.1.3 Caudal bombeado

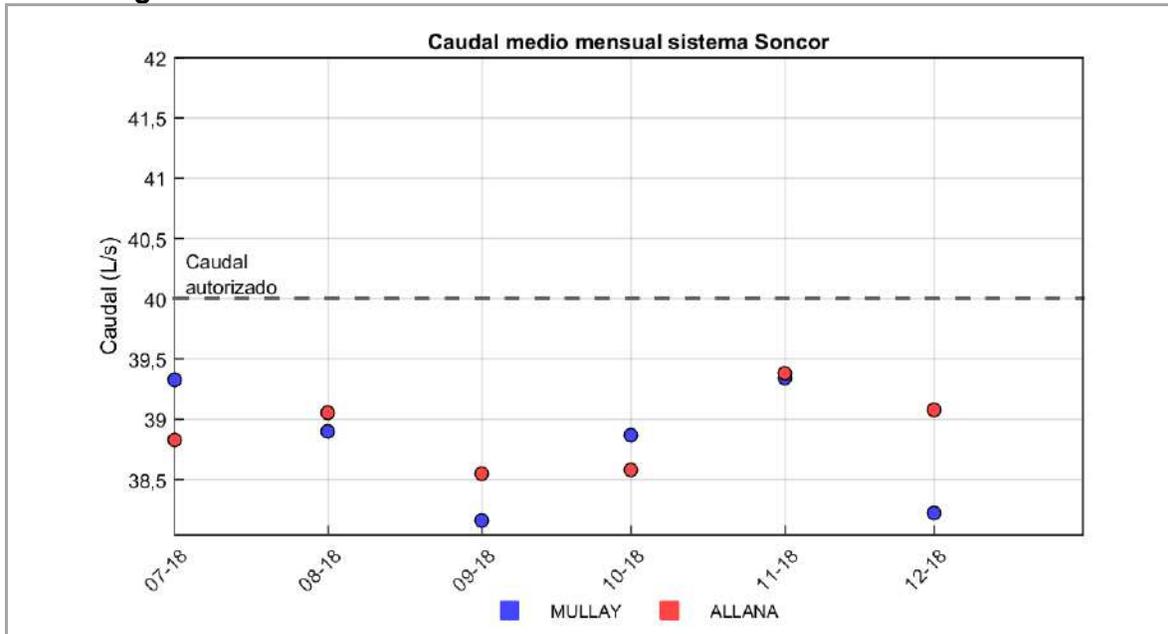
Los pozos de extracción ubicados en el Sistema Soncor corresponden a los denominados Mullay-1 y Allana. A continuación, en la Tabla 5-20 se presentan los caudales de extracción registrados en cada uno de ellos, como flujo medio mensual durante el período julio a diciembre de 2018. Por su parte, en la Figura 5-25 se muestran los resultados en forma gráfica. Como se observa, los flujos de extracción se mantuvieron por debajo del máximo establecido en la autorización ambiental para cada uno de los pozos, el cual es de 40 L/s.

Tabla 5-20: Caudal medio mensual bombeado Sistema Soncor para el segundo semestre de 2018

Mullay -1		Allana	
Mes	Caudal medio mensual (L/s)	Mes	Caudal medio mensual (L/s)
jul-18	39,33	jul-18	38,83
ago-18	38,9	ago-18	39,05
sept-18	38,16	sept-18	38,55
oct-18	38,87	oct-18	38,58
nov-18	39,34	nov-18	39,38
dic-18	38,22	dic-18	39,08

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-25: 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

En esta sección 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 segundo 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 4-5 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 los cuerpos lacustres monitoreados, parte de los análisis requeridos (coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, hidrocarburos totales y detergentes en las lagunas de Chaxa y Barros Negros) fueron efectuados por SGS Chile Ltda. y por CESMEC S.A., en julio y octubre, respectivamente. CONAF, como parte del convenio de monitoreo que posee 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 semestre⁵⁶. En el Anexo 6 se presentan los certificados de autorización de SGS Chile Ltda. y de CESMEC S.A. como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

5.2.1.4.1 Muestreo de aguas de responsabilidad de SQM (ETFA)

En la Tabla 5-21 se presentan los resultados del análisis físico-químico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por los laboratorios SGS Chile Ltda. y CESMEC S.A., a los pozos de monitoreo en el segundo 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 5-26 para la campaña del mes de julio y en la Figura 5-27 para la campaña efectuada en octubre. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

⁵⁶ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Tabla 5-21: Resultados calidad del agua Sistema Soncor segundo semestre de 2018⁵⁷

Parámetro	Unidad	L1-4		L1-5		L1-6		L1-G4 ⁵⁸		L2-3		L2-4	
		25-07-18	24-10-18	25-07-18	24-10-18	25-07-18	24-10-18	25-07-18	26-10-18	26-07-18	25-10-18	26-07-18	25-10-18
Conductividad	µS/cm	226.000	>200.000	185.000	>200.000	188.500	197.200	201.100	6.690	3.820	3.510	8.690	9.270
Conductividad Terreno	µS/cm	234.000	228.000	193.600	191.500	196.800	189.000	215.000	208.000	3.750	3.410	9.230	9.310
Densidad	g/ml	1,220	1,220	1,140	1,130	1,140	1,140	1,170	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Densidad Terreno	g/ml	1,225	1,215	1,140	1,132	1,140	1,132	1,180	1,170	1,000	1,000	1,015	1,015
pH	-	7,30	7,40	7,40	7,60	7,40	7,60	7,20	7,30	7,40	7,60	7,80	7,90
pH Terreno	-	7,27	7,25	7,46	7,41	7,42	7,42	7,23	7,16	6,89	7,13	7,65	7,55
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	209.710	302.080	162.740	205.600	181.840	217.100	122.715	4.130	2.810	2.512	4.850	5.460
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	559	322	301	147	175	194	2.050	1.090	33	17	5.212	14.700
Sólidos Totales	mg/L	210.230	337.920	163.030	215.900	182.010	223.500	125.805	5.330	2.830	2.596	11.855	27.900
Temperatura Terreno	°C	17,4	24,3	14,9	16,6	17,7	21,5	13,7	24,1	25,5	27,0	16,3	21,9

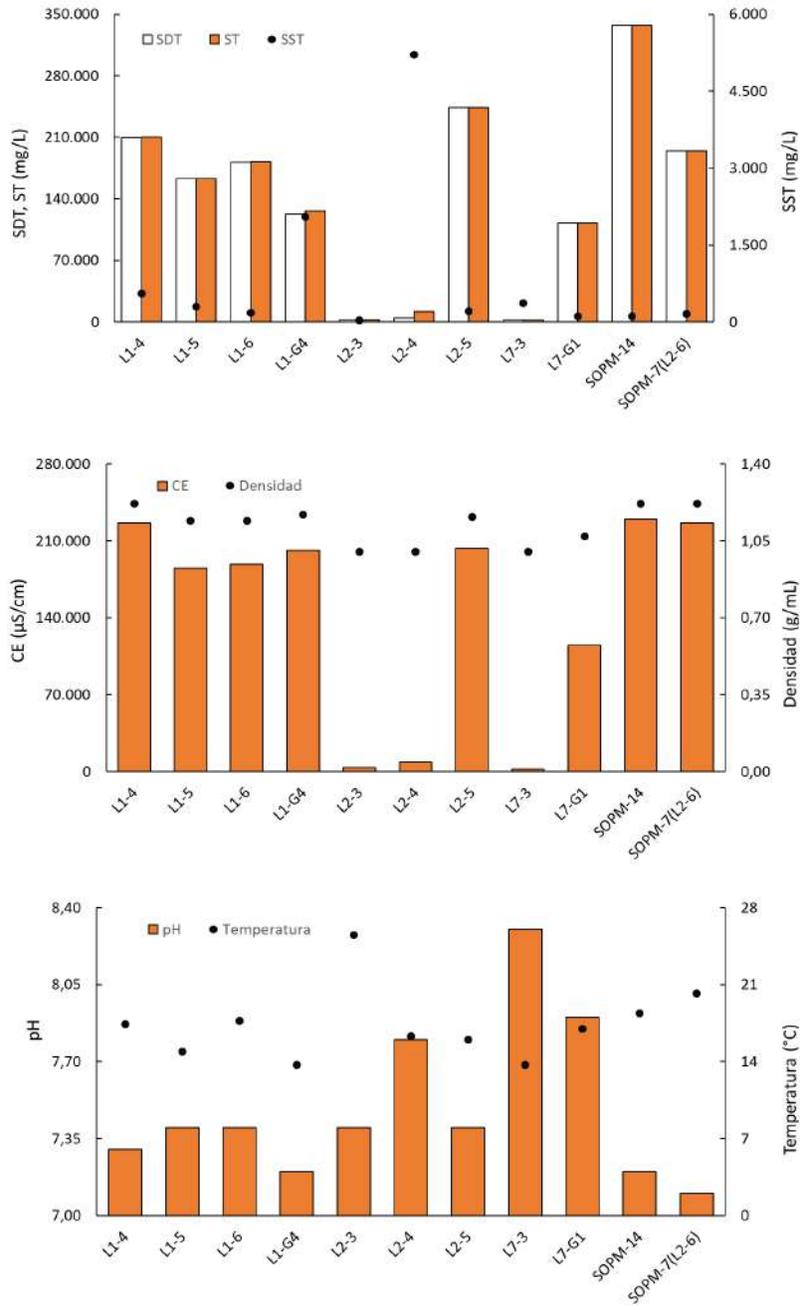
Parámetro	Unidad	L2-5		L7-3		L7-G1		SOPM-14		SOPM-7(L2-6)	
		25-07-18	24-10-18	26-07-18	25-10-18	27-07-18	26-10-18	25-07-18	24-10-18	25-07-18	24-10-18
Conductividad	µS/cm	203.300	>200.000	2.240	2.330	115.100	>200.000	230.000	>200.000	226.000	>200.000
Conductividad Terreno	µS/cm	211.000	208.000	2.830	2.630	121.100	245.800	235.000	232.000	234.000	229.000
Densidad	g/ml	1,160	1,160	1,000	1,000	1,070	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
Densidad Terreno	g/ml	1,165	1,167	1,015	1,005	1,065	1,245	1,220	1,220	1,225	1,220
pH	-	7,40	7,60	8,30	8,10	7,90	7,10	7,20	7,40	7,10	7,30
pH Terreno	-	7,40	7,35	8,00	7,95	7,90	6,85	7,19	7,16	7,05	7,05
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	243.450	220.120	1.705	1.501	112.210	305.720	337.190	262.600	194.450	345.840
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	216	184	371	8.153	108	19.530	109	208	156	275
Sólidos Totales	mg/L	243.660	252.040	2.070	10.240	112.310	365.200	337.290	344.480	194.590	347.920
Temperatura Terreno	°C	16,0	20,8	13,7	19,1	17,0	25,6	18,4	21,8	20,2	23,1

Fuente: Elaboración propia.

⁵⁷ Para todos los resultados de análisis químicos expuestos en el presente informe, en el caso de parámetros cuantificados mediante mediciones de terreno y análisis de laboratorio en forma conjunta, se identifican los parámetros medidos directamente en terreno mediante el sufijo Terreno, correspondiendo el resto a análisis de laboratorio.

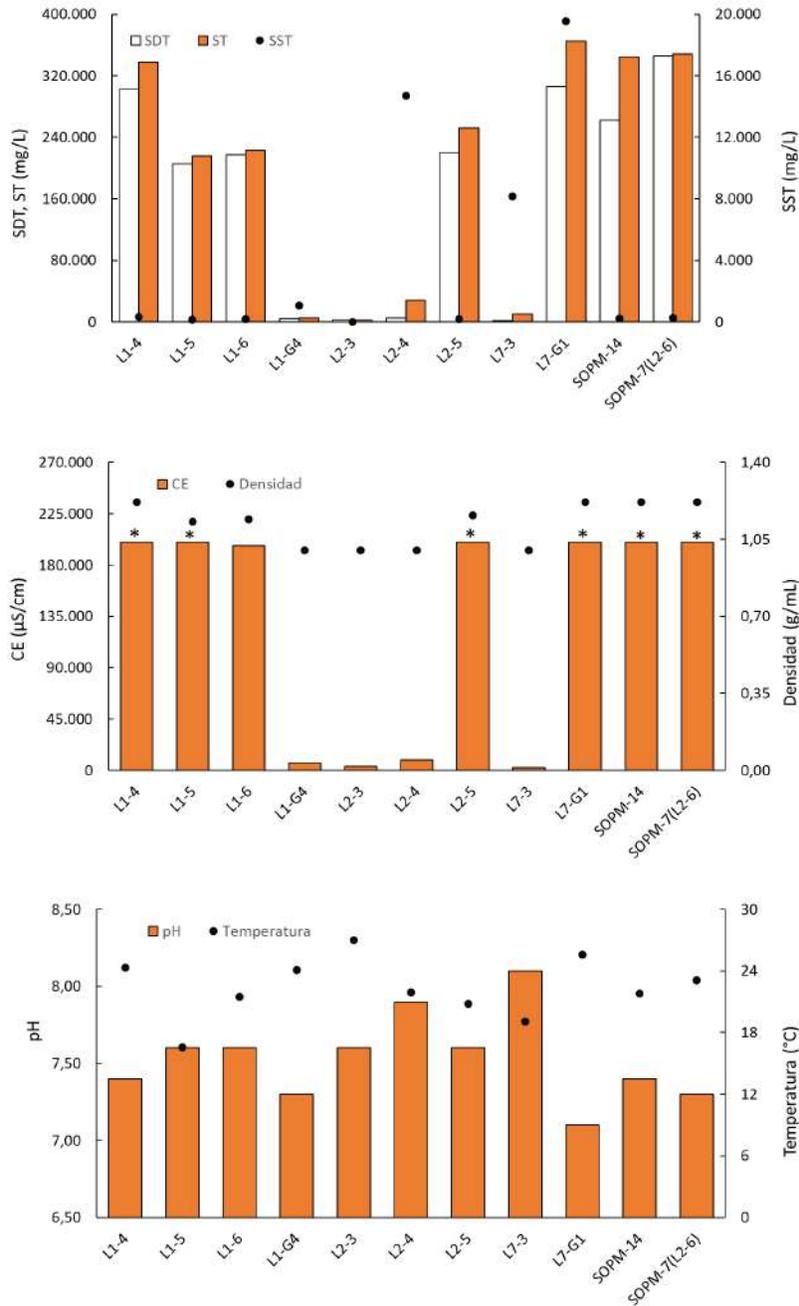
⁵⁸ Se detectan inconsistencias en resultados de octubre para punto L1-G4; diferencias entre mediciones de CE y densidad en terreno y laboratorio, en adición a resultados de laboratorio lejanos a valores históricos del punto. Se solicita verificación a laboratorio, pero se señala que no se cuenta con volumen mínimo de muestra para reanalizar.

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



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-27: Resultados calidad del agua Sistema Soncor campaña octubre 2018



Fuente: Elaboración propia. * Los valores de CE reportados como mayores al límite de lectura del equipo se presentan en el gráfico como iguales al mismo (200 mS/cm).

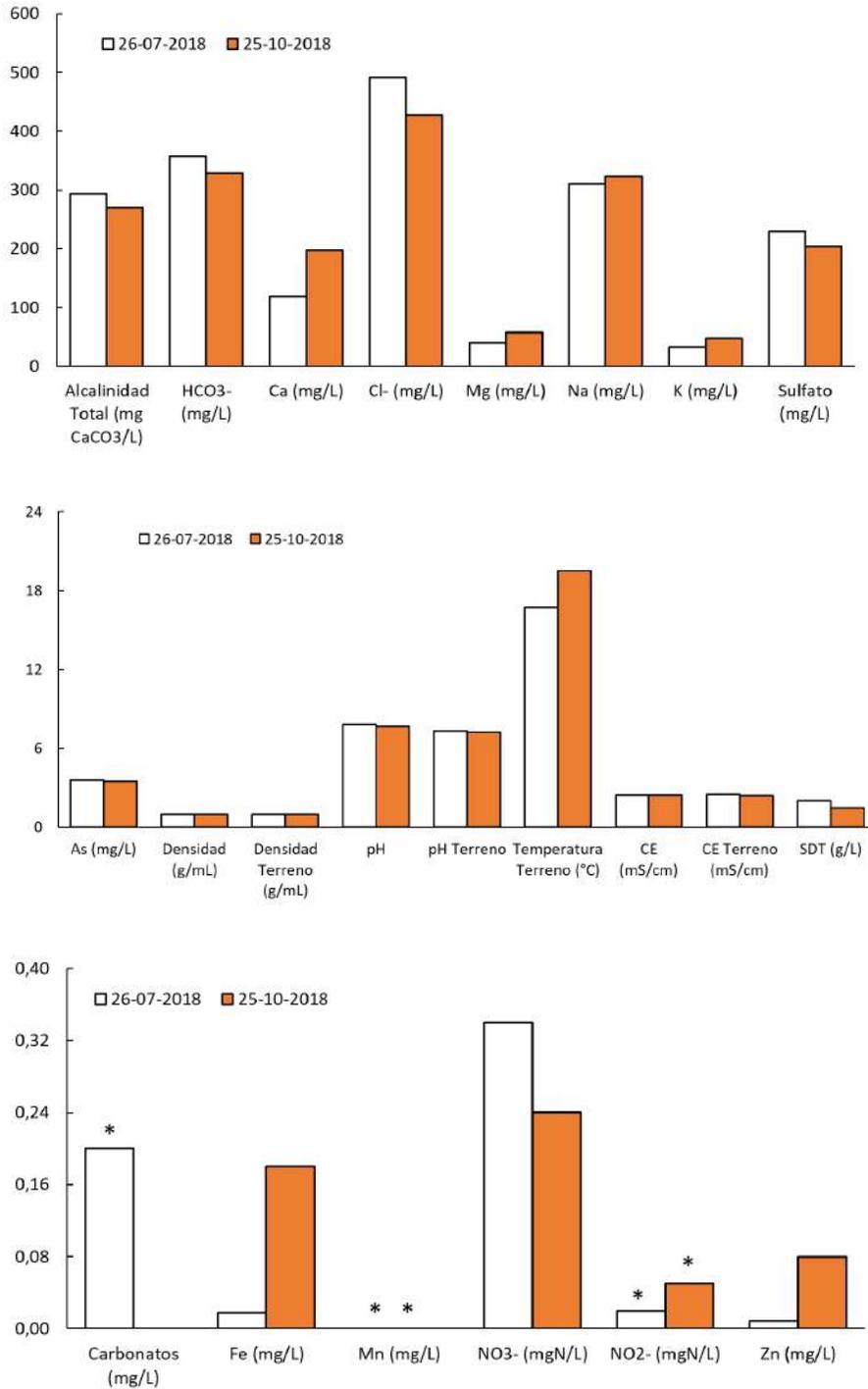
En la Tabla 5-22 se presentan los resultados del monitoreo trimestral de calidad efectuado a los pozos de bombeo Mullay y Allana durante el segundo semestre del 2018. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-28 y Figura 5-29, respectivamente.

Tabla 5-22: Resultados calidad pozos de extracción para el segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	Mullay		Allana	
		26-07-18	25-10-18	26-07-18	25-10-18
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	293,3	270,0	168,8	195,0
Arsénico	mg/L	3,590	3,500	0,052	0,064
Bicarbonatos	mg/L	357,5	329,0	205,8	238,0
Calcio	mg/L	117,9	197,0	315,8	425,0
Carbonatos	mg/L	<0,2	0	<0,2	0
Cloruro	mg/L	492	428	395	380
Conductividad	μS/cm	2.430	2.440	4.060	4.240
Conductividad Terreno	μS/cm	2.470	2.410	4.250	4.130
Densidad	g/ml	1,000	1,000	1,010	1,000
Densidad Terreno	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,000
Hierro	mg/L	0,01763	0,18	0,16932	1,09
Magnesio	mg/L	39,36	57,00	284,49	237
Manganeso	mg/L	<0,0025	<0,01	<0,0025	0,016
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,340	0,240	0,480	0,350
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,02	<0,05	<0,02	<0,05
pH	-	7,80	7,70	7,80	7,70
pH Terreno	-	7,31	7,24	7,25	7,34
Potasio	mg/L	31,65	47,0	27,87	41,0
Sodio	mg/L	310,2	323,0	395,4	351,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1.992	1.486	3.414	3.410
Sulfato	mg/L	229	204	1.730	1.700
Temperatura Terreno	°C	16,7	19,5	24,2	26,1
Zinc	mg/L	0,0086	0,08	0,0067	<0,05

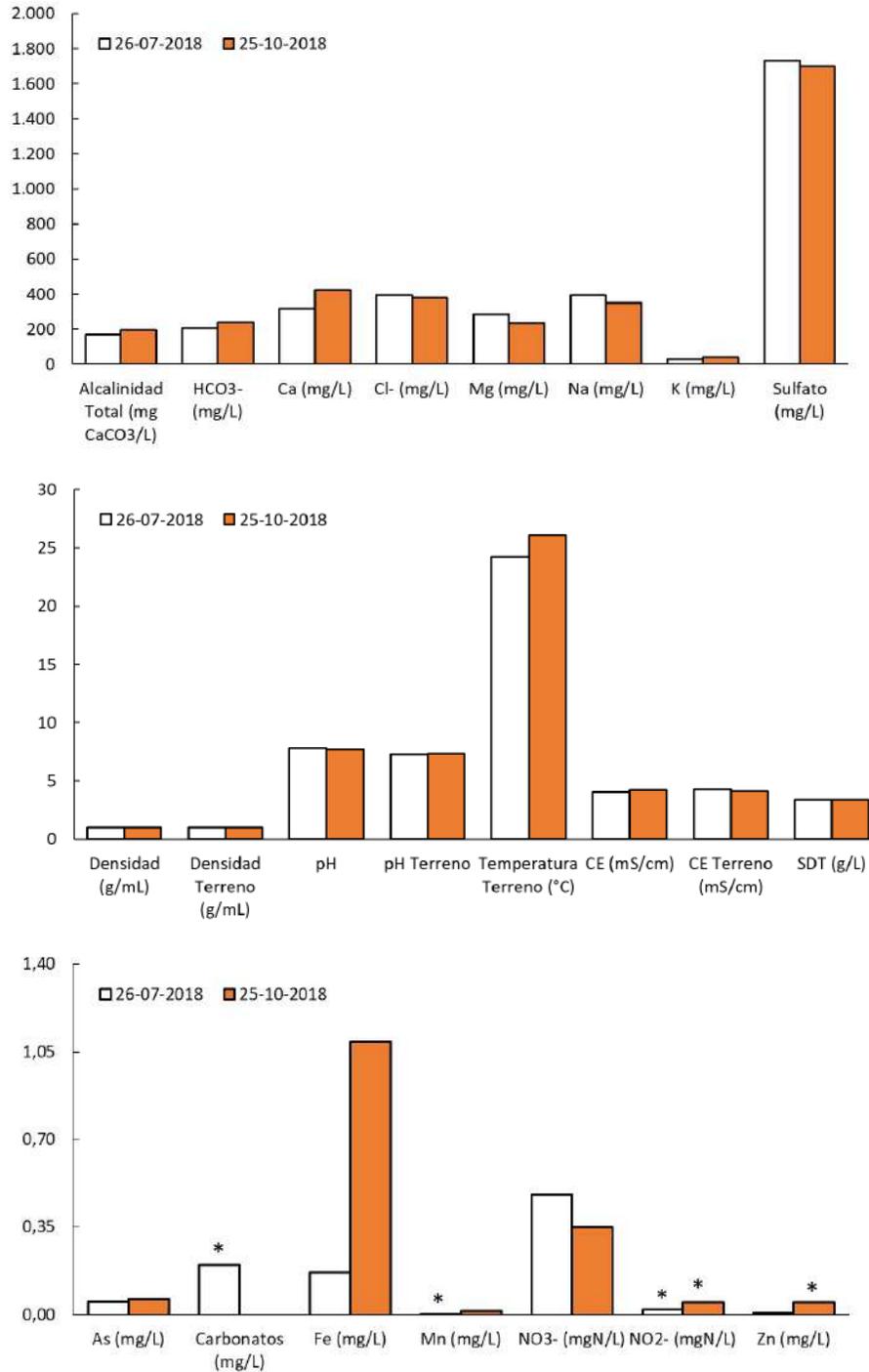
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-28: Resultados de análisis físico-químico en pozos de extracción - Mullay



Fuente: Elaboración propia. * Los valores < LD se presentan como = LD.

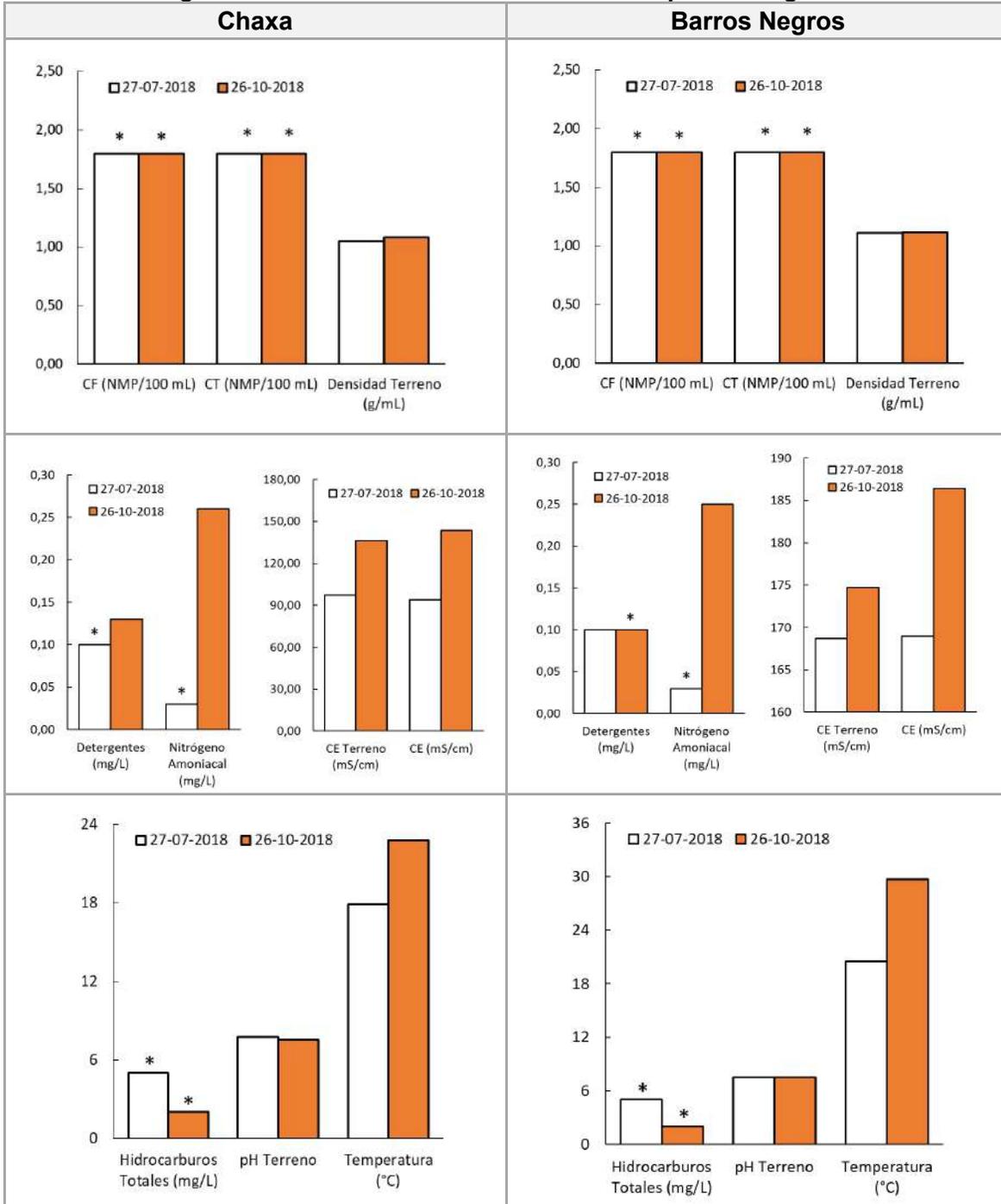
Figura 5-29: Resultados de análisis físico-químico en pozos de extracción - Allana



Fuente: Elaboración propia. * Los valores < LD se presentan como = LD.

En la Tabla 5-23 se presentan los resultados del monitoreo efectuado por SGS Chile Ltda. y CESMEC S.A. en los sistemas lacustres de Chaxa y Barros Negros durante el segundo semestre del 2018. Los resultados gráficos para ambos sistemas se muestran en la Figura 5-30.

Figura 5-30: Resultados de análisis físico-químico lagunas



Fuente: Elaboración propia. * Los valores < LD se presentan como = LD.

Tabla 5-23: Resultados calidad lagunas para el segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	Chaxa		Barros Negros	
		27-07-18	26-10-18	27-07-18	26-10-18
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Coliformes Totales	NMP/100 mL	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Conductividad	μS/cm	94.000	143.500	169.000	186.400
Conductividad Terreno	μS/cm	97.100	136.300	168.700	174.700
Densidad Terreno	g/ml	1,050	1,080	1,110	1,115
Detergentes	mg/L	<0,100	0,130	0,100	<0,100
Hidrocarburos Totales	mg/L	<5,0	<2,0	<5,0	<2,0
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,03	0,260	<0,03	0,250
pH Terreno	-	7,780	7,523	7,531	7,493
Temperatura Terreno	°C	17,9	22,8	20,5	29,7

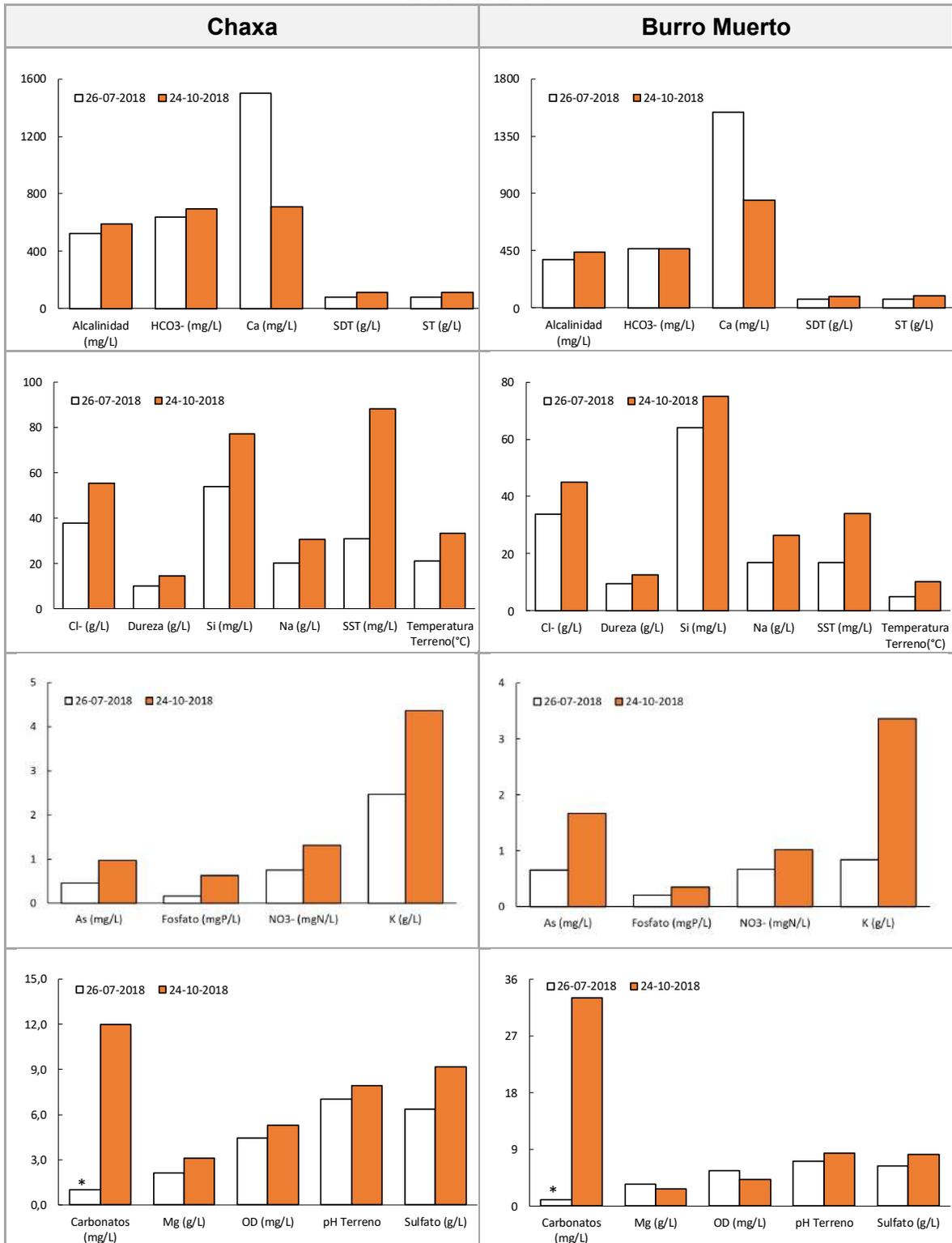
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4.2 Mediciones realizadas por CONAF

En esta sección se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua tomadas en terreno por CONAF, en los puntos de control lacustre de Chaxa, Barros Negros, Burro Muerto y Puilar.

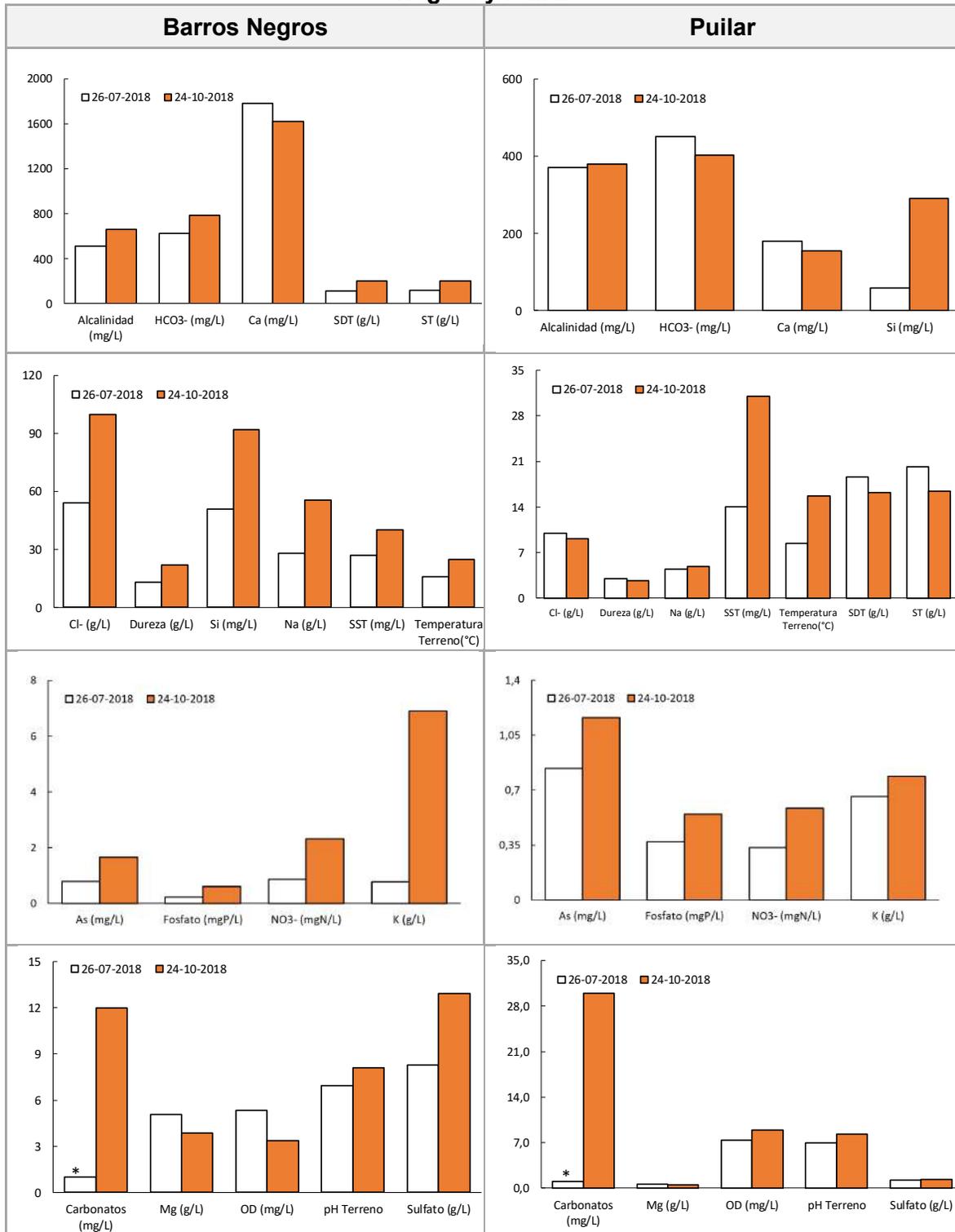
En la Figura 5-31 se presentan de manera gráfica los resultados de las mediciones efectuadas en julio y octubre para los sistemas lacustres de Chaxa y Burro Muerto. Lo propio se reporta en la Figura 5-32 para los sistemas de Barros Negros y Puilar. Por otra parte, en la Tabla 5-24 se detallan los resultados numéricos del seguimiento ambiental en los cuatro sistemas. Como se observa, durante el periodo semestral se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Figura 5-31: Resultados de análisis físico-químico CONAF de las lagunas Chaxa y Burro Muerto



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-32: Resultados de análisis físico-químico CONAF de las lagunas Barros Negros y Puilar



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-24: Resultados del análisis físico-químico efectuado por CONAF de las lagunas del Sistema Soncor para el segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	Chaxa		Burro Muerto		Barros Negros		Puilar	
		26-07-18	24-10-18	26-07-18	24-10-18	26-07-18	24-10-18	26-07-18	24-10-18
Alcalinidad	mg/L	524	590	381	438	513	663	371	380
Arsénico	mg/L	0,457	0,972	0,654	1,670	0,792	1,660	0,839	1,160
Bicarbonatos	mg/L	638	695	465	467	626	784	452	403
Calcio	mg/L	1500	711	1538	846	1779	1618	180	155
Carbonatos	mg/L	<1	12	<1	33	<1	12	<1	30
Cloruro	g/L	37,938	55,302	33,867	45,022	53,907	99,969	10,002	9,106
Dureza	g/L	10,10	14,50	9,56	12,60	12,90	22,00	2,95	2,70
Fosfato	mgP/L	0,159	0,633	0,204	0,347	0,221	0,609	0,372	0,548
Magnesio	g/L	2,094	3,104	3,484	2,666	5,048	3,868	0,604	0,483
Nitrato	mgN/L	0,751	1,310	0,670	1,020	0,861	2,320	0,334	0,585
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	4,42	5,30	5,58	4,18	5,35	3,36	7,40	8,92
pH Terreno	-	7,03	7,90	7,16	8,45	6,93	8,10	6,95	8,27
Potasio	g/L	2,467	4,359	0,836	3,361	0,781	6,910	0,660	0,789
Sílice	mg/L	54	77	64	75	51	92	58	290
Sodio	g/L	20,300	30,655	16,980	26,450	28,030	55,500	4,422	4,816
Sólidos disueltos totales	g/L	80,15	111,74	70,85	92,08	110,75	203,36	18,65	16,24
Sólidos suspendidos	mg/L	31	88	17	34	27	40	14	31
Sólidos totales	g/L	81,61	111,94	71,59	94,36	118,21	204,12	20,14	16,44
Sulfato	g/L	6,378	9,181	6,389	8,160	8,271	12,917	1,229	1,304
Temperatura Terreno	°C	21,1	33,3	4,9	10,3	16,0	24,7	8,4	15,7

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 segundo 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 5-25 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 5-33, en conjunto con los resultados del monitoreo continuo comprometido para el Puente San Luis.

Tabla 5-25: Resultados Estación Barros Negros y Puente San Luis para el segundo semestre de 2018

Laguna Barros Negros						
Fecha medición	27-07-2018	27-08-2018	27-09-2018	27-10-2018	27-11-2018	27-12-2018
Caudal (L/s)	282,7	200	192,5	137,3	S/I ⁵⁹	S/I ⁶⁰
Puente San Luis						
Fecha medición	17-07-2018	17-08-2018	17-09-2018	17-10-2018	17-11-2018	17-12-2018
Caudal (L/s)	175,50	166,29	147,17	136,54	120,96	118,12

Fuente: Elaboración propia.

Los principales estadígrafos obtenidos del monitoreo continuo efectuado al Puente San Luis se presentan en la Tabla 5-26. En Anexo digital se incluyen los resultados de detalle del monitoreo continuo.

Tabla 5-26: Estadígrafos caudal Puente San Luis segundo semestre de 2018

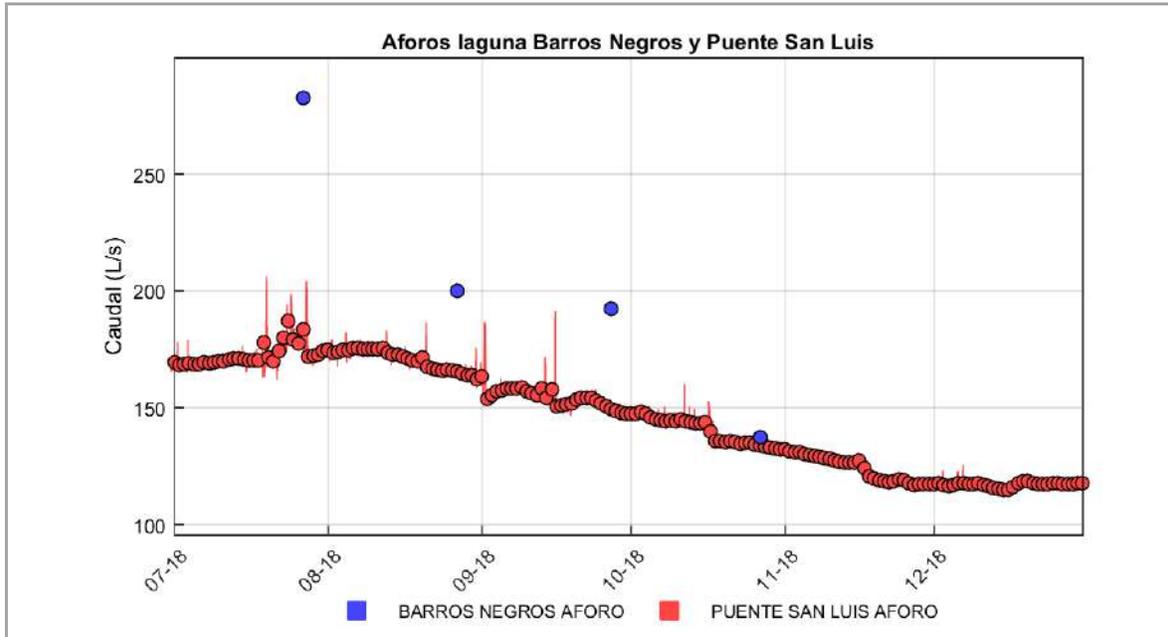
Variable	Unidades	Max	Min	Promedio	Des. Estándar
Caudal	L/s	206,36	112,44	146,53	21,88

Fuente: Elaboración propia.

⁵⁹ Prohibición de ingreso al lugar por actividad reproductiva de flamencos.

⁶⁰ Prohibición de ingreso al lugar por actividad reproductiva de flamencos.

Figura 5-33: Resultados Aforos mensuales Laguna Barros Negros y Puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.6 Superficie Lacustre

A continuación, se presenta la superficie lacustre de los cuerpos de agua del sistema Soncor para el segundo semestre de 2018. Estas mediciones son realizadas por CONAF en forma trimestral a través de estacas perimetrales. Los valores obtenidos de superficie lacustre se presentan en la Tabla 5-27 y en la Figura 5-34.

Cabe señalar que en julio de 2018, en la laguna de Barros Negros se observaron flamencos chilenos en proceso de nidificación. Por tal motivo, no se ingresó a la laguna a realizar las mediciones de estacas perimetrales, evitando provocar disturbios hacia los ejemplares nidificantes. Durante octubre de 2018, sólo se realizó la medición de las estacas perimetrales en la laguna de Chaxa. Lo anterior debido a que no fue posible realizar la medición en el resto de las lagunas por actividad reproductiva de los flamencos, según indicado por guardaparque de CONAF.

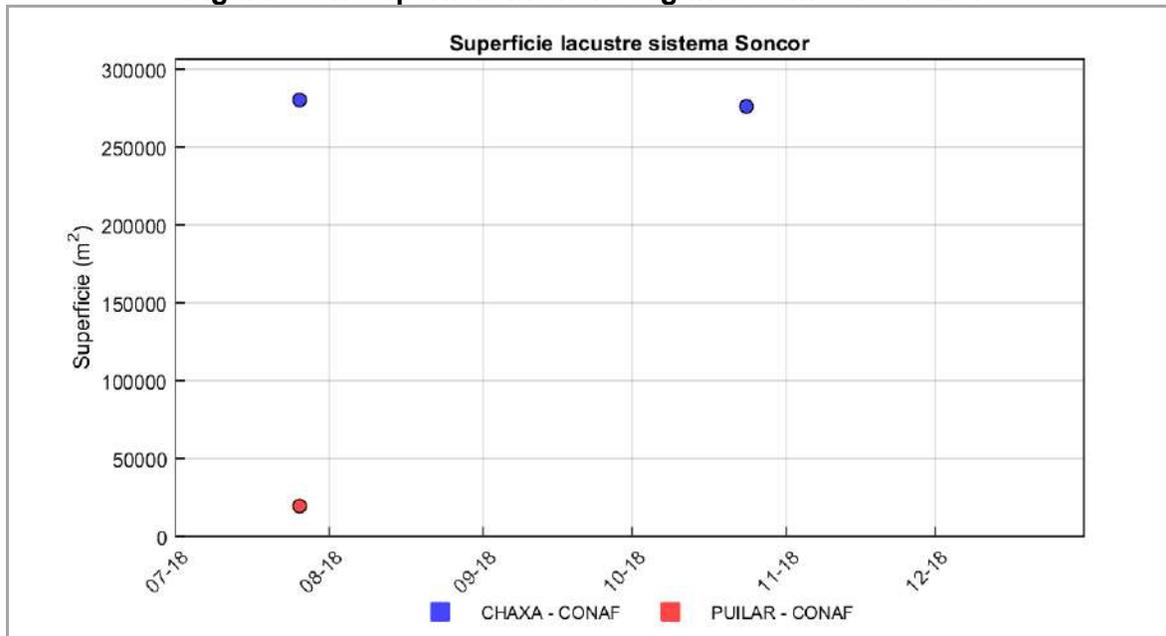
Cabe recordar que las mediciones de superficie mediante topografía sólo se realizaron hasta el año 2010 con frecuencia anual, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que las mediciones de topografía se realizaran cada 5 años siendo la última medición la que se realizó en abril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

Tabla 5-27: Superficie lacustre segundo semestre de 2018

Periodo	Fecha medición	Responsable	Superficie (m ²)		
			Chaxa	B. Negros	Puilar
jul-18	26-07-2018	CONAF	280.454,00	S/I	19.842,40
oct-18	24-10-2018	CONAF	276.201,00	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-34: Superficie lacustre segundo semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

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

5.2.2 Sistema Aguas de Quelana

De acuerdo a lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Aguas de Quelana considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (61 puntos), caudal bombeado (2 puntos) y calidad química (9 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 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 4-7 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 una mayor claridad de su presentación, ellos sólo serán mostrados en esta sección. Por otra parte, el pozo L3-4 (también denominado SOPM-8) es parte del monitoreo de niveles del Sistema Aguas de Quelana y del sector Núcleo del Salar de Atacama; el pozo sólo se presentará en la actual sección.

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

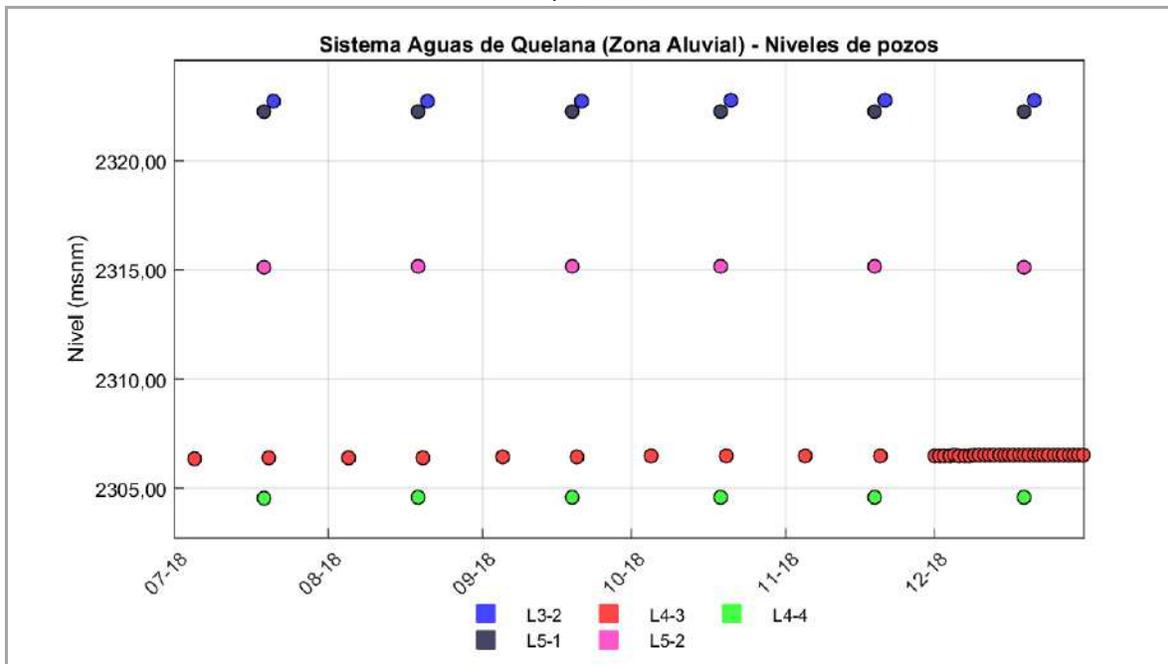
todos los monitoreos efectuados para el período semestral objeto del presente informe. Se incluye la cota del punto de referencia de cada pozo (msnm) y la profundidad medida en cada punto de control, expresada en metros bajo el punto de referencia (mbpr). Ambos parámetros permiten determinar la cota del nivel del agua presentada a continuación.

5.2.2.1.1 Pozos en zona aluvial

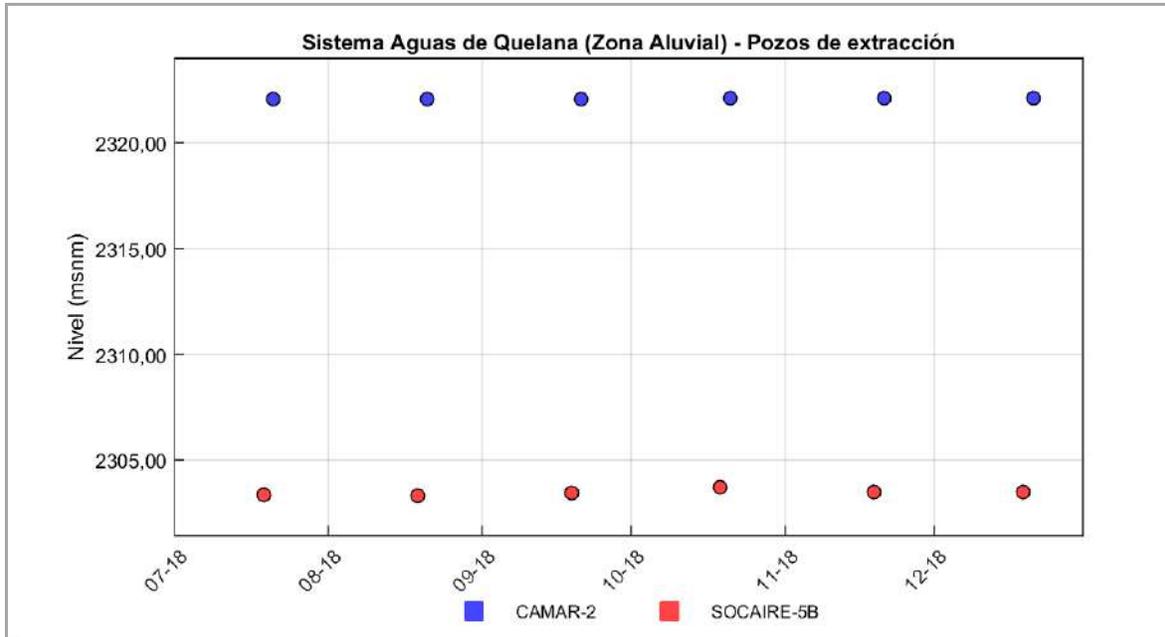
La zona aluvial cuenta con 7 puntos de control comprometidos para el Sistema Aguas de Quelana, correspondiendo a 5 pozos de monitoreo y dos pozos de extracción. Los puntos de control se monitorearon durante el segundo semestre de 2018 de acuerdo a la frecuencia establecida. En la Tabla 5-28 se muestran los resultados del monitoreo efectuado⁶¹. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo. Los niveles oscilan entre los 2.303 msnm observados en el pozo Socaire 5B y los 2.323 msnm (L3-2).

La visualización gráfica se presenta en la Figura 5-35, la que ha sido dividida en dos grupos de pozos: el primero de ellos contiene a los puntos de monitoreo del acuífero (incorporando las mediciones diarias efectuadas en el pozo L4-3), mientras que el segundo agrupa a los pozos de extracción de agua industrial.

Figura 5-35: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial de Sistema de Aguas de Quelana



⁶¹ Para el caso del pozo L4-3, perteneciente al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-28: Registro de Niveles para los pozos en la zona aluvial, segundo semestre 2018

L4-3		L3-2		L4-4		L5-1	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-07-2018	2.306,35	21-07-2018	2.322,74	19-07-2018	2.304,53	19-07-2018	2.322,25
20-07-2018	2.306,37	21-08-2018	2.322,75	19-08-2018	2.304,57	19-08-2018	2.322,25
05-08-2018	2.306,37	21-09-2018	2.322,76	19-09-2018	2.304,57	19-09-2018	2.322,25
20-08-2018	2.306,40	21-10-2018	2.322,77	19-10-2018	2.304,57	19-10-2018	2.322,26
05-09-2018	2.306,43	21-11-2018	2.322,77	19-11-2018	2.304,58	19-11-2018	2.322,25
20-09-2018	2.306,44	21-12-2018	2.322,79	19-12-2018	2.304,59	19-12-2018	2.322,25
05-10-2018	2.306,46						
20-10-2018	2.306,48						
05-11-2018	2.306,46						
20-11-2018	2.306,48						
01-12-2018	2.306,49						
31-12-2018	2.306,53						
L5-2		CAMAR-2		SOCAIRE-5B			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
19-07-2018	2.315,13	21-07-2018	2.322,06	19-07-2018	2.303,34		
19-08-2018	2.315,15	21-08-2018	2.322,06	19-08-2018	2.303,31		
19-09-2018	2.315,15	21-09-2018	2.322,07	19-09-2018	2.303,44		
19-10-2018	2.315,15	21-10-2018	2.322,10	19-10-2018	2.303,71		
19-11-2018	2.315,15	21-11-2018	2.322,11	19-11-2018	2.303,49		
19-12-2018	2.315,14	21-12-2018	2.322,10	19-12-2018	2.303,47		

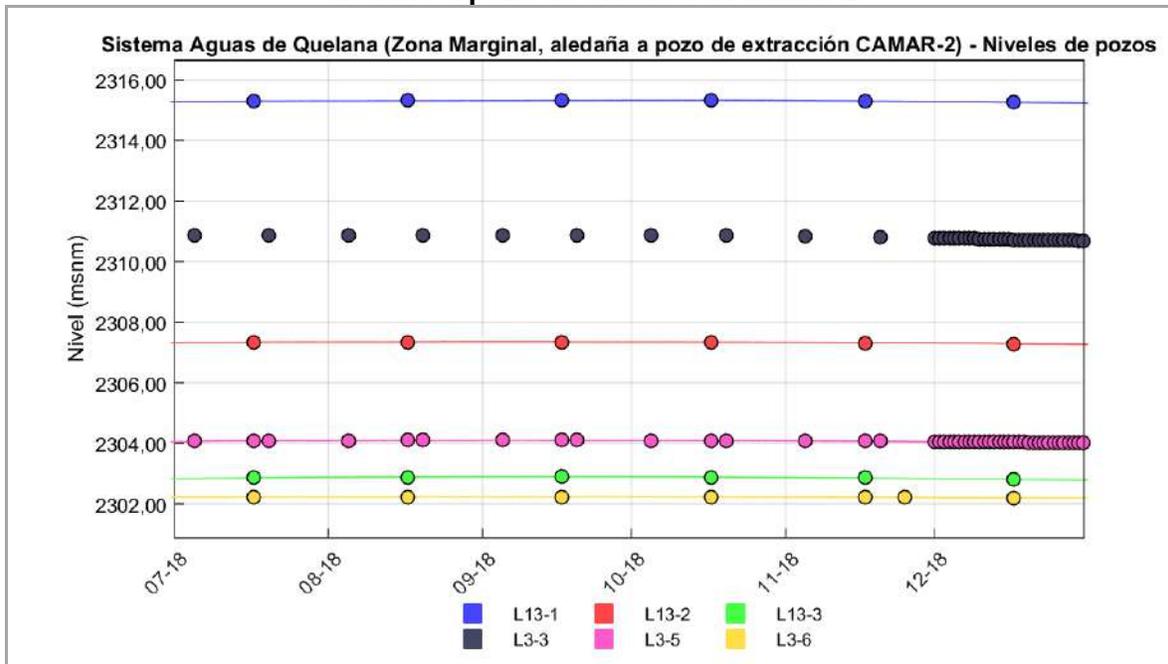
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.2 Pozos en zona marginal

En esta sección se exponen los resultados del monitoreo efectuado durante el segundo semestre del año 2018, en 43 pozos de control de nivel ubicados en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana. De los pozos anteriores, 19 poseen medición continua de nivel. Para facilitar el análisis, se agruparon en 4 grupos asociados a 4 sectores; a) Aledaño a pozo de extracción Camar-2; b) Aledaño a pozo de extracción Socaire-5B; c) 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.

En la Tabla 5-29 se muestran las mediciones del segundo semestre de 2018 para el subsector aledaño al pozo de extracción Camar-2, compuesto por 6 puntos de control⁶². Su representación gráfica se muestra en la Figura 5-36, donde se incluyen las mediciones continuas de los 5 pozos comprometidos, en adición a los registros diarios efectuados a contar del mes de diciembre en los pozos L3-3 y L3-5. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.302,20 y los 2.315,33 msnm.

Figura 5-36: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Camar-2



Fuente: Elaboración propia

⁶² Para el caso de los pozos L3-3 y L3-5, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas

Tabla 5-29: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana aledaño a pozo de Extracción Camar-2

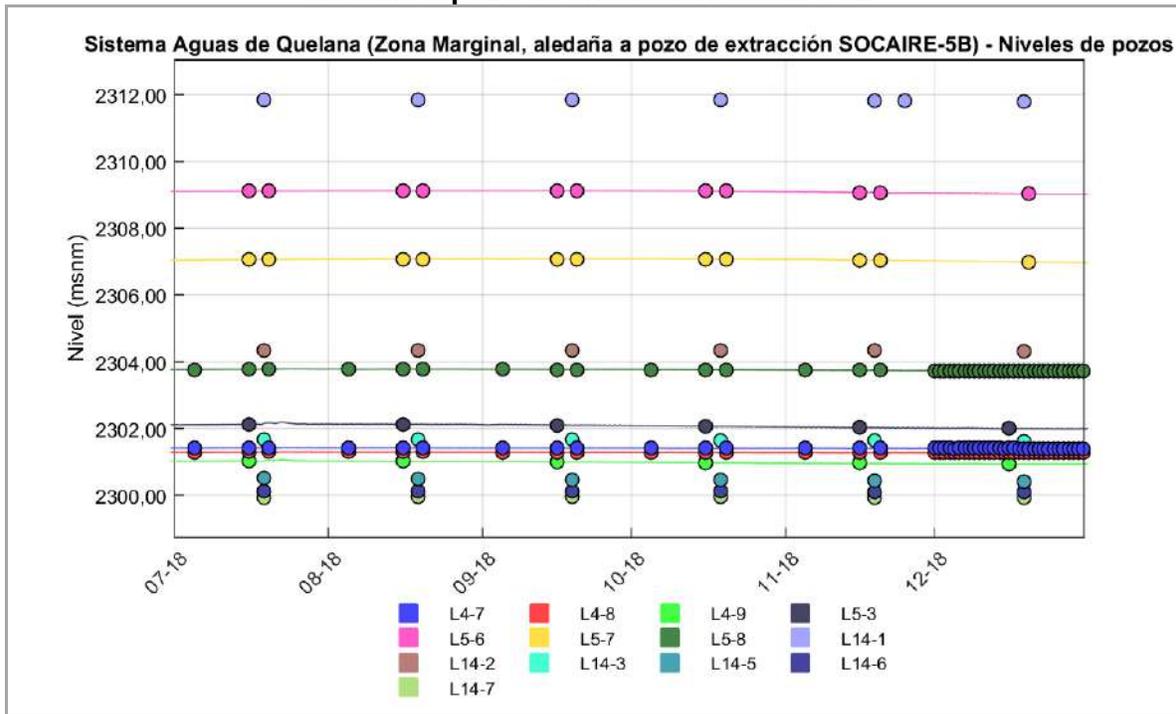
L13-1		L13-2		L13-3		L3-6	
Fecha	Nivel (msnm)						
17-07-2018	2.315,30	17-07-2018	2.307,34	17-07-2018	2.302,87	17-07-2018	2.302,23
17-08-2018	2.315,32	17-08-2018	2.307,35	17-08-2018	2.302,89	17-08-2018	2.302,23
17-09-2018	2.315,33	17-09-2018	2.307,34	17-09-2018	2.302,90	17-09-2018	2.302,23
17-10-2018	2.315,33	17-10-2018	2.307,34	17-10-2018	2.302,89	17-10-2018	2.302,23
17-11-2018	2.315,31	17-11-2018	2.307,32	17-11-2018	2.302,86	17-11-2018	2.302,21
17-12-2018	2.315,27	17-12-2018	2.307,29	17-12-2018	2.302,81	25-11-2018	2.302,21
						17-12-2018	2.302,20
L3-3		L3-5					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
05-07-2018	2.310,86	05-07-2018	2.304,07				
20-07-2018	2.310,87	17-07-2018	2.304,08				
05-08-2018	2.310,87	20-07-2018	2.304,08				
20-08-2018	2.310,87	05-08-2018	2.304,09				
05-09-2018	2.310,88	17-08-2018	2.304,10				
20-09-2018	2.310,88	20-08-2018	2.304,10				
05-10-2018	2.310,88	05-09-2018	2.304,10				
20-10-2018	2.310,87	17-09-2018	2.304,10				
05-11-2018	2.310,84	20-09-2018	2.304,10				
20-11-2018	2.310,81	05-10-2018	2.304,09				
01-12-2018	2.310,78	17-10-2018	2.304,09				
31-12-2018	2.310,69	20-10-2018	2.304,09				
		05-11-2018	2.304,09				
		17-11-2018	2.304,08				
		20-11-2018	2.304,07				
		01-12-2018	2.304,06				
		31-12-2018	2.304,02				

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-30 se muestran las mediciones del segundo semestre de 2018 para el subsector aledaño al pozo de extracción Socaire-5B, compuesto por 13 puntos de control⁶³, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-37. En la figura se incluyen también las mediciones continuas de los 7 pozos comprometidos y las mediciones diarias efectuadas a partir de diciembre de 2018 en los pozos L4-7, L4-8 y L5-8. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo reportado, con niveles que oscilan entre 2.299,92 (L14-7) y 2.311,85 msnm (L14-1).

⁶³ Para el caso de los pozos L4-7, L4-8 y L5-8, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas

Figura 5-37: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector aledaño a pozo de extracción Socaire-5B



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-30: 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)						
05-07-2018	2.301,41	05-07-2018	2.301,28	16-07-2018	2.301,02	16-07-2018	2.302,12
16-07-2018	2.301,41	16-07-2018	2.301,29	16-08-2018	2.301,01	16-08-2018	2.302,11
20-07-2018	2.301,41	20-07-2018	2.301,29	16-09-2018	2.300,99	16-09-2018	2.302,09
05-08-2018	2.301,41	05-08-2018	2.301,29	16-10-2018	2.300,96	16-10-2018	2.302,06
16-08-2018	2.301,41	16-08-2018	2.301,29	16-11-2018	2.300,95	16-11-2018	2.302,03
20-08-2018	2.301,41	20-08-2018	2.301,29	16-12-2018	2.300,93	16-12-2018	2.301,99
05-09-2018	2.301,41	05-09-2018	2.301,28				
16-09-2018	2.301,41	16-09-2018	2.301,28				
20-09-2018	2.301,41	20-09-2018	2.301,28				
05-10-2018	2.301,40	05-10-2018	2.301,28				
16-10-2018	2.301,40	16-10-2018	2.301,28				
20-10-2018	2.301,40	20-10-2018	2.301,28				
05-11-2018	2.301,40	05-11-2018	2.301,27				
16-11-2018	2.301,40	16-11-2018	2.301,27				
20-11-2018	2.301,40	20-11-2018	2.301,27				
01-12-2018	2.301,40	01-12-2018	2.301,27				
31-12-2018	2.301,39	31-12-2018	2.301,27				
L5-6		L5-7		L5-8		L14-1	
Fecha	Nivel (msnm)						

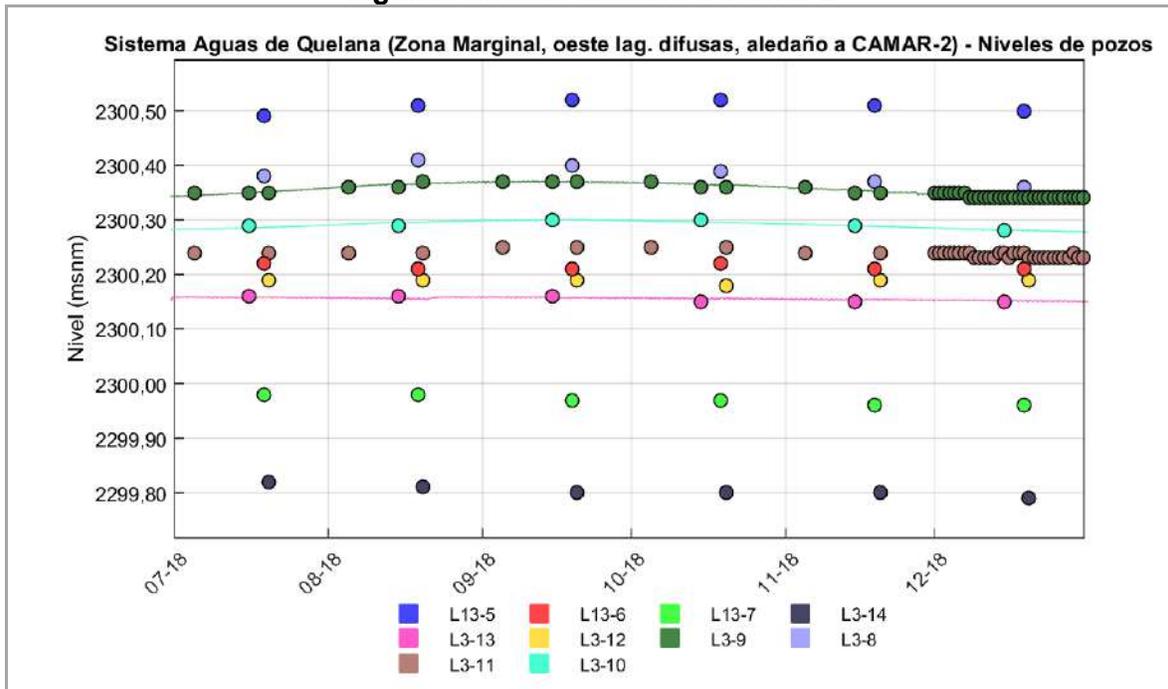
16-07-2018	2.309,11	16-07-2018	2.307,06	05-07-2018	2.303,76	19-07-2018	2.311,84
20-07-2018	2.309,11	20-07-2018	2.307,06	16-07-2018	2.303,77	19-08-2018	2.311,85
16-08-2018	2.309,11	16-08-2018	2.307,07	20-07-2018	2.303,77	19-09-2018	2.311,85
20-08-2018	2.309,11	20-08-2018	2.307,07	05-08-2018	2.303,78	19-10-2018	2.311,85
16-09-2018	2.309,12	16-09-2018	2.307,08	16-08-2018	2.303,77	19-11-2018	2.311,81
20-09-2018	2.309,12	20-09-2018	2.307,08	20-08-2018	2.303,77	25-11-2018	2.311,81
16-10-2018	2.309,11	16-10-2018	2.307,07	05-09-2018	2.303,77	19-12-2018	2.311,78
20-10-2018	2.309,11	20-10-2018	2.307,07	16-09-2018	2.303,76		
16-11-2018	2.309,07	16-11-2018	2.307,05	20-09-2018	2.303,76		
20-11-2018	2.309,07	20-11-2018	2.307,03	05-10-2018	2.303,76		
20-12-2018	2.309,03	20-12-2018	2.306,98	16-10-2018	2.303,76		
				20-10-2018	2.303,75		
				05-11-2018	2.303,74		
				16-11-2018	2.303,74		
				20-11-2018	2.303,74		
				01-12-2018	2.303,73		
				31-12-2018	2.303,71		
L14-2		L14-3		L14-5		L14-6	
Fecha	Nivel (msnm)						
19-07-2018	2.304,33	19-07-2018	2.301,67	19-07-2018	2.300,50	19-07-2018	2.300,12
19-08-2018	2.304,34	19-08-2018	2.301,66	19-08-2018	2.300,49	19-08-2018	2.300,13
19-09-2018	2.304,35	19-09-2018	2.301,66	19-09-2018	2.300,47	19-09-2018	2.300,12
19-10-2018	2.304,35	19-10-2018	2.301,65	19-10-2018	2.300,45	19-10-2018	2.300,11
19-11-2018	2.304,34	19-11-2018	2.301,63	19-11-2018	2.300,43	19-11-2018	2.300,09
19-12-2018	2.304,31	19-12-2018	2.301,62	19-12-2018	2.300,41	19-12-2018	2.300,08
L14-7							
Fecha	Nivel (msnm)						
19-07-2018	2.299,93						
19-08-2018	2.299,94						
19-09-2018	2.299,94						
19-10-2018	2.299,94						
19-11-2018	2.299,93						
19-12-2018	2.299,92						

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-31 se muestran las mediciones del segundo semestre de 2018 para el subsector Oeste lagunas difusas aledaño a Camar-2, compuesto por 10 puntos de control⁶⁴. Su representación gráfica se muestra en la Figura 5-38, donde se incluyen además las mediciones continuas de los 3 pozos comprometidos y las mediciones diarias efectuadas a contar del mes de diciembre en los pozos L3-9 y L3-11. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre 2.299,79 (L3-14) y los 2.300,52 msnm (L13-5).

⁶⁴ Para el caso de los pozos L3-9 y L3-11, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas

Figura 5-38: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño a Camar-2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-31: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño a Camar-2

L3-8		L3-9		L3-10		L3-11	
Fecha	Nivel (msnm)						
19-07-2018	2.300,38	05-07-2018	2.300,35	16-07-2018	2.300,29	05-07-2018	2.300,24
19-08-2018	2.300,41	16-07-2018	2.300,35	15-08-2018	2.300,29	20-07-2018	2.300,24
19-09-2018	2.300,40	20-07-2018	2.300,35	15-09-2018	2.300,30	05-08-2018	2.300,24
19-10-2018	2.300,39	05-08-2018	2.300,36	15-10-2018	2.300,30	20-08-2018	2.300,24
19-11-2018	2.300,37	15-08-2018	2.300,36	15-11-2018	2.300,29	05-09-2018	2.300,25
19-12-2018	2.300,36	20-08-2018	2.300,37	15-12-2018	2.300,28	20-09-2018	2.300,25
		05-09-2018	2.300,37			05-10-2018	2.300,25
		15-09-2018	2.300,37			20-10-2018	2.300,25
		20-09-2018	2.300,37			05-11-2018	2.300,24
		05-10-2018	2.300,37			20-11-2018	2.300,24
		15-10-2018	2.300,36			05-12-2018	2.300,24
		20-10-2018	2.300,36			20-12-2018	2.300,23
		05-11-2018	2.300,36				
		15-11-2018	2.300,35				
		20-11-2018	2.300,35				
		01-12-2018	2.300,35				
		31-12-2018	2.300,34				
L3-12		L3-13		L3-14		L3-5	
Fecha	Nivel (msnm)						
20-07-2018	2.300,19	16-07-2018	2.300,16	20-07-2018	2.299,82	19-07-2018	2.300,49

20-08-2018	2.300,19	15-08-2018	2.300,16	20-08-2018	2.299,81	19-08-2018	2.300,51
20-09-2018	2.300,19	15-09-2018	2.300,16	20-09-2018	2.299,80	19-09-2018	2.300,52
20-10-2018	2.300,18	15-10-2018	2.300,15	20-10-2018	2.299,80	19-10-2018	2.300,52
20-11-2018	2.300,19	15-11-2018	2.300,15	20-11-2018	2.299,80	19-11-2018	2.300,51
20-12-2018	2.300,19	15-12-2018	2.300,15	20-12-2018	2.299,79	19-12-2018	2.300,50
L13-6				L13-7			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
19-07-2018	2.300,22	19-07-2018	2.299,98				
19-08-2018	2.300,21	19-08-2018	2.299,98				
19-09-2018	2.300,21	19-09-2018	2.299,97				
19-10-2018	2.300,22	19-10-2018	2.299,97				
19-11-2018	2.300,21	19-11-2018	2.299,96				
19-12-2018	2.300,21	19-12-2018	2.299,96				

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-32 se muestran las mediciones del segundo semestre para el subsector Oeste Lagunas difusas aledaño a Socaire-5B, compuesto por 14 puntos de control⁶⁵. Su representación gráfica se muestra en la Figura 5-39, donde se incluyen las mediciones continuas comprometidas y las mediciones diarias efectuadas a contar de diciembre en los pozos L4-12 y L5-10. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo.

Tabla 5-32: Registro de Niveles para pozos en la zona marginal del Sistema de Aguas Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño a Socaire-5B

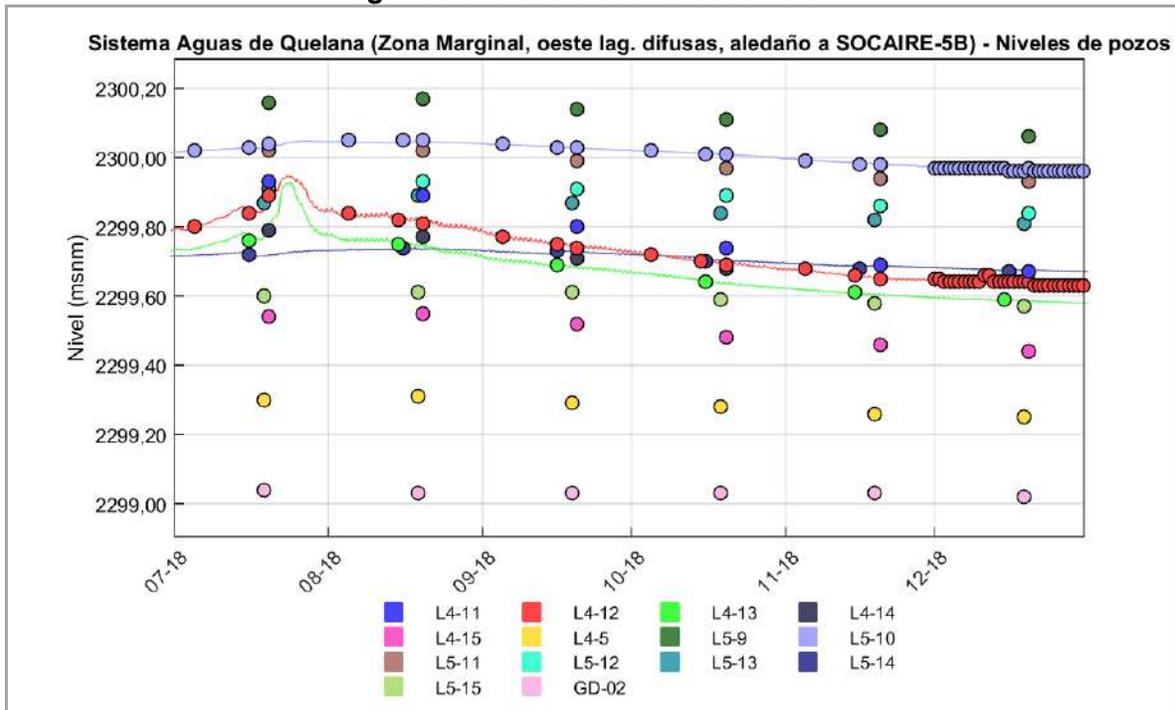
L4-12		L5-10		GD-02		L4-5	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-07-2018	2.299,80	05-07-2018	2.300,02	19-07-2018	2.299,04	19-07-2018	2.299,30
16-07-2018	2.299,84	16-07-2018	2.300,03	19-08-2018	2.299,03	19-08-2018	2.299,31
20-07-2018	2.299,89	20-07-2018	2.300,04	19-09-2018	2.299,03	19-09-2018	2.299,29
05-08-2018	2.299,84	05-08-2018	2.300,05	19-10-2018	2.299,03	19-10-2018	2.299,28
15-08-2018	2.299,82	16-08-2018	2.300,05	19-11-2018	2.299,03	19-11-2018	2.299,26
20-08-2018	2.299,81	20-08-2018	2.300,05	19-12-2018	2.299,02	19-12-2018	2.299,25
05-09-2018	2.299,77	05-09-2018	2.300,04				
16-09-2018	2.299,75	16-09-2018	2.300,03				
20-09-2018	2.299,74	20-09-2018	2.300,03				
05-10-2018	2.299,72	05-10-2018	2.300,02				
15-10-2018	2.299,70	16-10-2018	2.300,01				
20-10-2018	2.299,69	20-10-2018	2.300,01				
05-11-2018	2.299,68	05-11-2018	2.299,99				
15-11-2018	2.299,66	16-11-2018	2.299,98				
20-11-2018	2.299,65	20-11-2018	2.299,98				
11-12-2018	2.299,66	01-12-2018	2.299,97				
31-12-2018	2.299,63	31-12-2018	2.299,96				
L4-11		L4-13		L4-14		L4-15	
Fecha	Nivel (msnm)						

⁶⁵ Para el caso de los pozos L4-12 y L5-10, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas

20-07-2018	2.299,93	16-07-2018	2.299,76	20-07-2018	2.299,79	20-07-2018	2.299,54
20-08-2018	2.299,89	15-08-2018	2.299,75	20-08-2018	2.299,77	20-08-2018	2.299,55
20-09-2018	2.299,80	16-09-2018	2.299,69	20-09-2018	2.299,71	20-09-2018	2.299,52
20-10-2018	2.299,74	16-10-2018	2.299,64	20-10-2018	2.299,68	20-10-2018	2.299,48
20-11-2018	2.299,69	15-11-2018	2.299,61	20-11-2018	2.299,65	20-11-2018	2.299,46
20-12-2018	2.299,67	15-12-2018	2.299,59	20-12-2018	2.299,67	20-12-2018	2.299,44
L5-9		L5-11		L5-12		L5-13	
Fecha	Nivel (msnm)						
20-07-2018	2.300,16	20-07-2018	2.300,02	20-07-2018	2.299,91	19-07-2018	2.299,87
20-08-2018	2.300,17	20-08-2018	2.300,02	20-08-2018	2.299,93	19-08-2018	2.299,89
20-09-2018	2.300,14	20-09-2018	2.299,99	20-09-2018	2.299,91	19-09-2018	2.299,87
20-10-2018	2.300,11	20-10-2018	2.299,97	20-10-2018	2.299,89	19-10-2018	2.299,84
20-11-2018	2.300,08	20-11-2018	2.299,94	20-11-2018	2.299,86	19-11-2018	2.299,82
20-12-2018	2.300,06	20-12-2018	2.299,93	20-12-2018	2.299,84	19-12-2018	2.299,81
L5-14		L5-15					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
16-07-2018	2.299,72	19-07-2018	2.299,60				
16-08-2018	2.299,74	19-08-2018	2.299,61				
16-09-2018	2.299,73	19-09-2018	2.299,61				
16-10-2018	2.299,70	19-10-2018	2.299,59				
16-11-2018	2.299,68	19-11-2018	2.299,58				
16-12-2018	2.299,67	19-12-2018	2.299,57				

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-39: Nivel observado (m.s.n.m.) Sistema Aguas de Quelana en sector Oeste lagunas difusas aledaño Socaire-5B

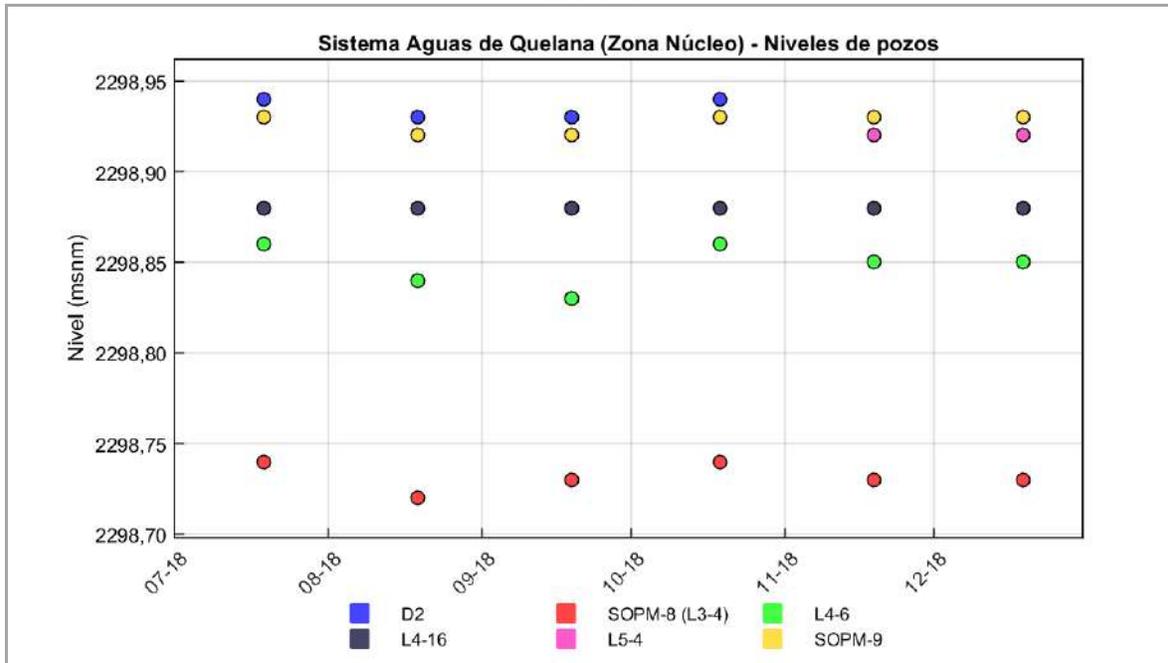


Fuente: Elaboración propia.

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 5-33, cuya representación gráfica se expone en la Figura 5-40, 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. Los niveles en el sector oscilan entre 2.298,72 (SOPM-8) y los 2.298,94 msnm (D2).

Figura 5-40: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos de Salmuera en Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-33: Registro de Niveles para pozos de Salmuera del Sistema Aguas de Quelana, segundo 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)
19-07-2018	2.298,94	19-07-2018	2.298,74	19-07-2018	2.298,86	19-07-2018	2.298,88
19-08-2018	2.298,93	19-08-2018	2.298,72	19-08-2018	2.298,84	19-08-2018	2.298,88
19-09-2018	2.298,93	19-09-2018	2.298,73	19-09-2018	2.298,83	19-09-2018	2.298,88
19-10-2018	2.298,94	19-10-2018	2.298,74	19-10-2018	2.298,86	19-10-2018	2.298,88
19-11-2018	2.298,93	19-11-2018	2.298,73	19-11-2018	2.298,85	19-11-2018	2.298,88
19-12-2018	2.298,93	19-12-2018	2.298,73	19-12-2018	2.298,85	19-12-2018	2.298,88
L5-4		SOPM-9					
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)				
19-07-2018	2.298,93	19-07-2018	2.298,93				
19-08-2018	2.298,92	19-08-2018	2.298,92				
19-09-2018	2.298,92	19-09-2018	2.298,92				

19-10-2018	2.298,93	19-10-2018	2.298,93
19-11-2018	2.298,92	19-11-2018	2.298,93
19-12-2018	2.298,92	19-12-2018	2.298,93

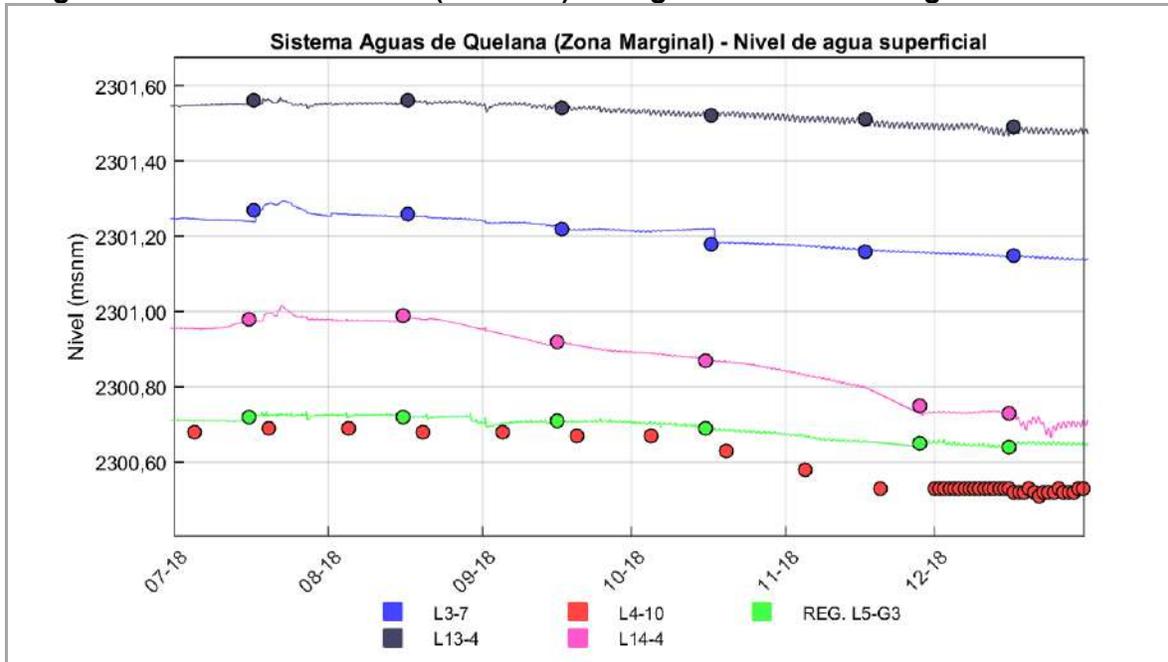
Fuente: Elaboración propia.

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 julio y diciembre de 2018 en las 5 reglillas ubicadas en el sector de Aguas de Quelana.

En la Tabla 5-34 se muestra los resultados de las mediciones manuales efectuadas mensualmente durante el segundo semestre de 2018⁶⁶. Cabe señalar que se dispone de registros de acuerdo con la frecuencia establecida en todos ellos. Por su parte, en la Figura 5-41 se presentan los resultados gráficos de los monitoreos efectuados tanto en forma manual, como continua, en adición a las mediciones diarias efectuadas a contar de diciembre de 2018 en el punto L4-10. Los niveles en el grupo de reglillas del Sistema Aguas de Quelana oscilan entre 2.300,51 (L4-10) y 2.301,56 msnm (reglilla L13-4).

Figura 5-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en reglillas de Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

⁶⁶ 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. Para el caso de la reglilla L4-10, perteneciente al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas

Tabla 5-34: Registro de Niveles para la reglilla del Sistema de Aguas Quelana

L4-10		L5-G3		L14-4		L13-4	
Fecha	Nivel (msnm)						
05-07-2018	2.300,68	16-07-2018	2.300,72	16-07-2018	2.300,98	17-07-2018	2.301,56
20-07-2018	2.300,69	16-08-2018	2.300,72	16-08-2018	2.300,99	17-08-2018	2.301,56
05-08-2018	2.300,69	16-09-2018	2.300,71	16-09-2018	2.300,92	17-09-2018	2.301,54
20-08-2018	2.300,68	16-10-2018	2.300,69	16-10-2018	2.300,87	17-10-2018	2.301,52
05-09-2018	2.300,68	28-11-2018	2.300,65	28-11-2018	2.300,75	17-11-2018	2.301,51
20-09-2018	2.300,67	16-12-2018	2.300,64	16-12-2018	2.300,73	17-12-2018	2.301,49
05-10-2018	2.300,67						
20-10-2018	2.300,63						
05-11-2018	2.300,58						
20-11-2018	2.300,53						
01-12-2018	2.300,53						
22-12-2018	2.300,51						
L3-7							
Fecha	Nivel (msnm)						
17-07-2018	2.301,27						
17-08-2018	2.301,26						
17-09-2018	2.301,22						
17-10-2018	2.301,18						
17-11-2018	2.301,16						
17-12-2018	2.301,15						

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. Sus caudales medios mensuales extraídos durante el período julio a diciembre de 2018 se presentan en la Figura 5-42 y en la Tabla 5-35.

Como se observa, los flujos de extracción se mantuvieron por debajo de los máximos establecidos en la autorización ambiental, esto es, 60 y 65 L/s para los pozos Camar-2 y Socaire-5B, respectivamente.

Es importante señalar que a partir del día 11 de enero de 2018, y como parte de las acciones propuestas en el Programa de Cumplimiento, el pozo Camar-2 se encuentra detenido y sólo se operó puntualmente para la toma de muestras de calidad comprometidas.

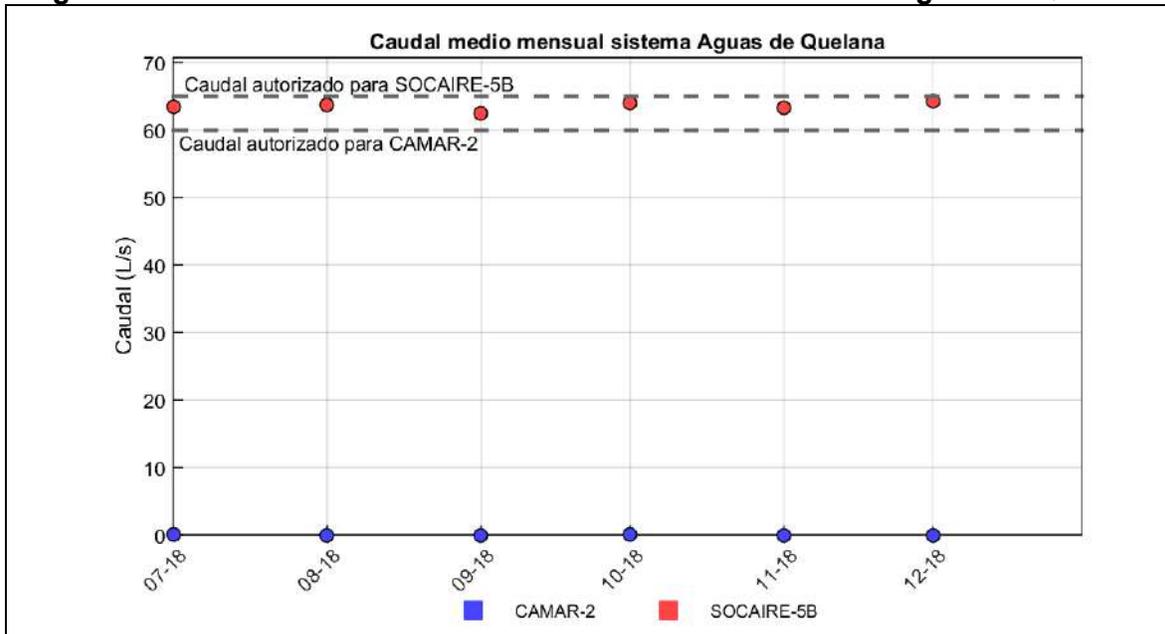
En Anexo 5 se presentan los certificados de calibración de los flujómetros instalados en los pozos de bombeo de agua industrial (L/s) pertenecientes al Sistema Aguas de Quelana.

Tabla 5-35: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana para el segundo semestre de 2018

Camar-2		Socaire-5B	
Mes	Caudal medio mensual (L/s)	Mes	Caudal medio mensual (L/s)
jul-18	0,01	jul-18	63,41
ago-18	0	ago-18	63,68
sept-18	0	sept-18	62,44
oct-18	0,02	oct-18	63,98
nov-18	0	nov-18	63,29
dic-18	0	dic-18	64,33

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Aguas de Quelana.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.3 Calidad química

En esta sección 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 Aguas de Quelana durante el segundo 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 sólo en esta sección.

En la Figura 4-7 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 semestre⁶⁷. En el Anexo 6 se muestran los certificados de autorización de SGS Chile Ltda. y de CESMEC S.A. como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

En la Tabla 5-36 se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por los laboratorios SGS Chile Ltda. (julio) y CESMEC S.A. (octubre), 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 segundo semestre de 2018. Por su parte, los resultados de los análisis efectuados se presentan en la Figura 5-43 para la campaña del mes de julio y en la Figura 5-44 para la campaña de octubre. Como se observa durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

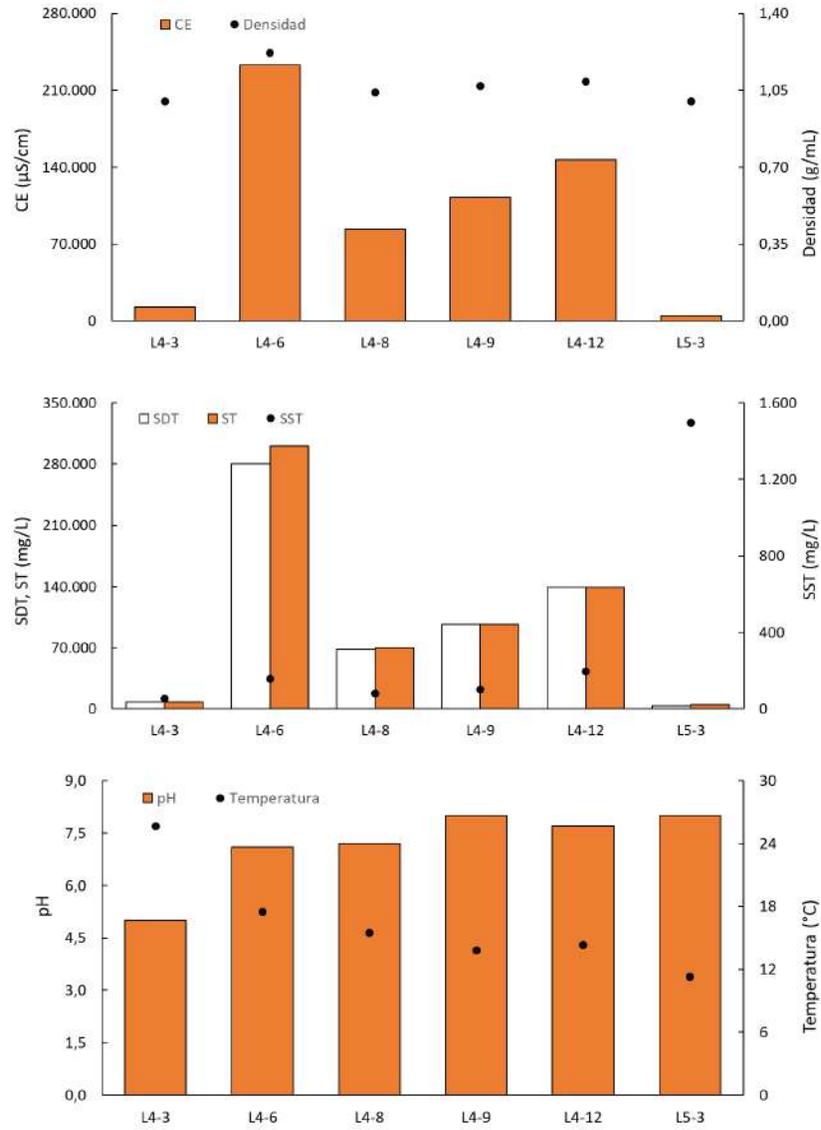
Tabla 5-36: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	L4-3		L4-6		L4-8	
		26-07-18	25-10-18	25-07-18	24-10-18	26-07-18	25-10-18
Conductividad	μS/cm	12.940	13.970	233.000	>200.000	83.200	90.700
Conductividad Terreno	μS/cm	13.810	13.760	239.000	236.000	86.700	88.700
Densidad	g/ml	1,000	1,000	1,220	1,210	1,040	1,040
Densidad Terreno	g/ml	1,000	1,000	1,215	1,220	1,040	1,045
pH	-	5,0	4,5	7,1	7,6	7,2	7,4
pH Terreno	-	5,939	6,136	7,228	7,172	7,231	7,130
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	8.236	8.250	280.200	220.120	68.270	69.250
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	56	81	157	362	82	234
Sólidos Totales	mg/L	8.290	8.365	300.650	252.040	70.340	73.650
Temperatura Terreno	°C	25,7	24,9	17,5	25,0	15,5	20,4
Parámetro	Unidad	L4-9		L4-12		L5-3	
		26-07-18	25-10-18	25-07-18	24-10-18	26-07-18	25-10-18
Conductividad	μS/cm	112.700	126.800	146.900	156.900	4.880	4.700
Conductividad Terreno	μS/cm	120.600	123.200	154.700	152.400	6.230	4.460
Densidad	g/ml	1,070	1,060	1,090	1,100	1,000	1,010
Densidad Terreno	g/ml	1,065	1,070	1,095	1,100	1,010	1,000
pH	-	8,0	8,0	7,7	7,9	8,0	7,9
pH Terreno	-	7,959	7,790	7,711	7,675	7,817	7,612
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	96.310	112.500	139.410	154.200	3.330	2.674
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	102	82	195	84	1.496	7.660
Sólidos Totales	mg/L	96.400	113.500	139.590	160.200	4.820	12.140
Temperatura Terreno	°C	13,8	19,7	14,3	17,4	11,3	15,9

Fuente: Elaboración propia.

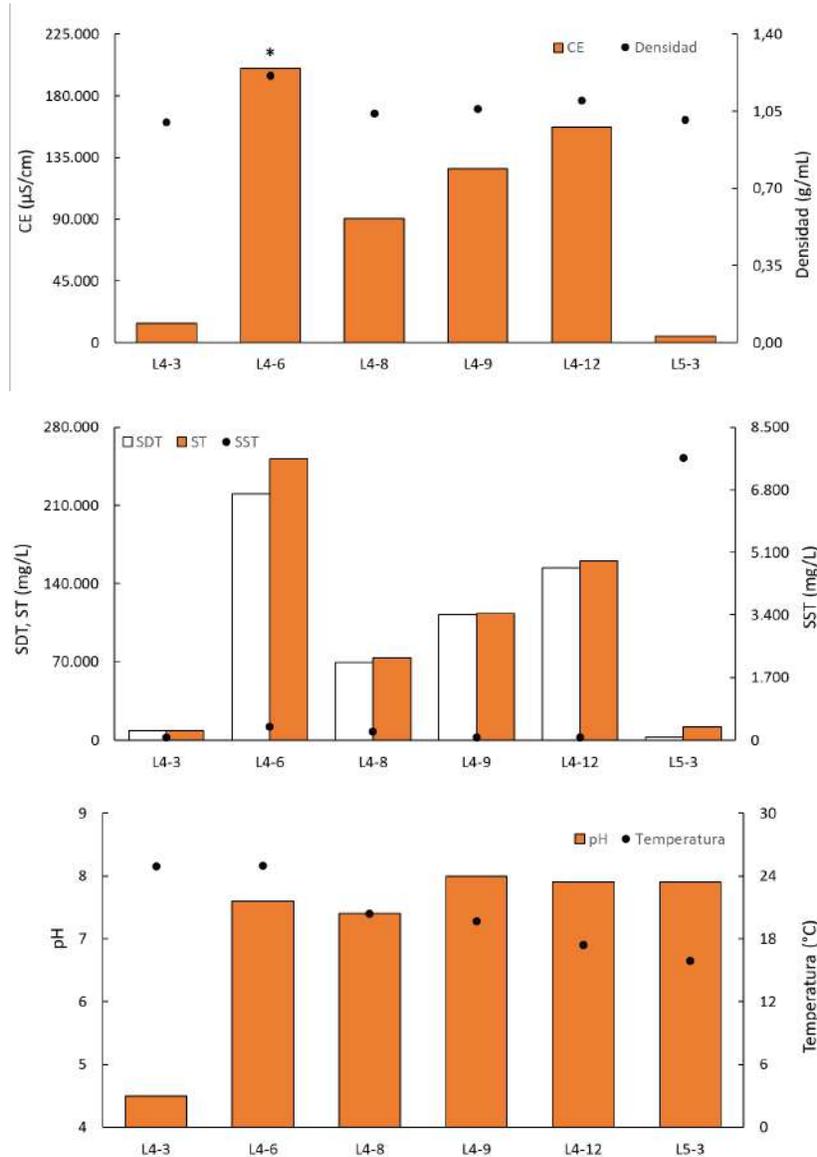
⁶⁷ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los informes semestrales del PSAH correspondientes.

Figura 5-43: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña julio 2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-44: Resultados calidad del agua Sistema Aguas de Quelana campaña octubre 2018



Fuente: Elaboración propia. * Los valores de CE reportados como mayores al límite de lectura del equipo se presentan en el gráfico como iguales al mismo (200 mS/cm).

A continuación, en la Tabla 5-37 se presentan los resultados obtenidos del monitoreo trimestral de calidad efectuado por los laboratorios SGS Chile Ltda. (julio) y CESMEC S.A. (octubre) a los pozos de bombeo Camar-2, Socaire-5B y en la reglilla L4-10, durante el segundo semestre de 2018, para los parámetros de control comprometidos en cada punto. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 5-45 para los pozos de extracción de agua industrial y en la Figura 5-46 para la reglilla L4-10.

Tabla 5-37: Resultados del pozo CAMAR-2, SOCAIRE – 5B y reglilla L4-10 para el segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	CAMAR-2		SOCAIRE-5B		L4-10 ⁶⁸	
		26-07-18	25-10-18	26-07-18	25-10-18	26-07-18	25-10-18
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /L	500,8	482,0	437,3	467,0	378,9	594,0
Arsénico	mg/L	0,250	0,042	1,905	0,062	0,970	4,090
Bicarbonatos	mg/L	610,5	588,0	533,1	569,0	390,8	725,0
Calcio	mg/L	173,5	299,0	125,8	206,0	285,5	279,0
Carbonatos	mg/L	<0,2	0,0	<0,2	0,0	34,9	0,0
Cloruro	mg/L	1.070	1.050	436	402	20.885	44.620
Conductividad	μS/cm	4.450	4.990	2.780	2.880	-	-
Conductividad Terreno	μS/cm	8.560 ⁶⁹	4.860	3.340	2.880	59.600	104.400
Densidad	g/ml	1,010	1,000	1,000	1,000	-	-
Densidad Terreno	g/ml	1,000	1,000	1,000	1,000	1,030	1,057
Dureza Total	mg/L	-	-	-	-	5.380	10.208
Fosfato (Como P)	mg/L	-	-	-	-	<0,2	424
Hierro	mg/L	0,497	0,130	0,028	<0,05	-	-
Magnesio	mg/L	153,44	178,00	56,71	83,00	1.132,50	399,00
Manganeso	mg/L	0,003	0,121	<0,0025	<0,01	-	-
Nitrógeno Nitrateo	mg/L	0,57	0,35	0,52	0,35	<0,05	0,68
Nitrógeno Nitrosito	mg/L	<0,02	<0,05	<0,02	<0,05	-	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	-	-	-	5,20	_70
pH	-	8,00	7,40	7,70	7,30	8,40	8,30
pH Terreno	-	6,970	6,977	6,925	6,914	8,285	8,032
Potasio	mg/L	23,25	46,00	31,13	49,00	2.037	1.171
Salinidad	‰	-	-	-	-	143,0	80,60
Sodio	mg/L	558,33	505,00	405,43	391,00	9.244	2.060
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.960	2.923	1.798	1.815	35.660	89.300
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	-	-	35	106
Sólidos Totales	mg/L	-	-	-	-	35.690	91.200
Sulfato	mg/L	377	380	389	360	3.126	5.230
Temperatura Terreno	°C	24,6	29,6	24,8	27,1	19,4	22,7
Zinc	mg/L	0,0072	0,1700	0,0062	<0,05	-	-

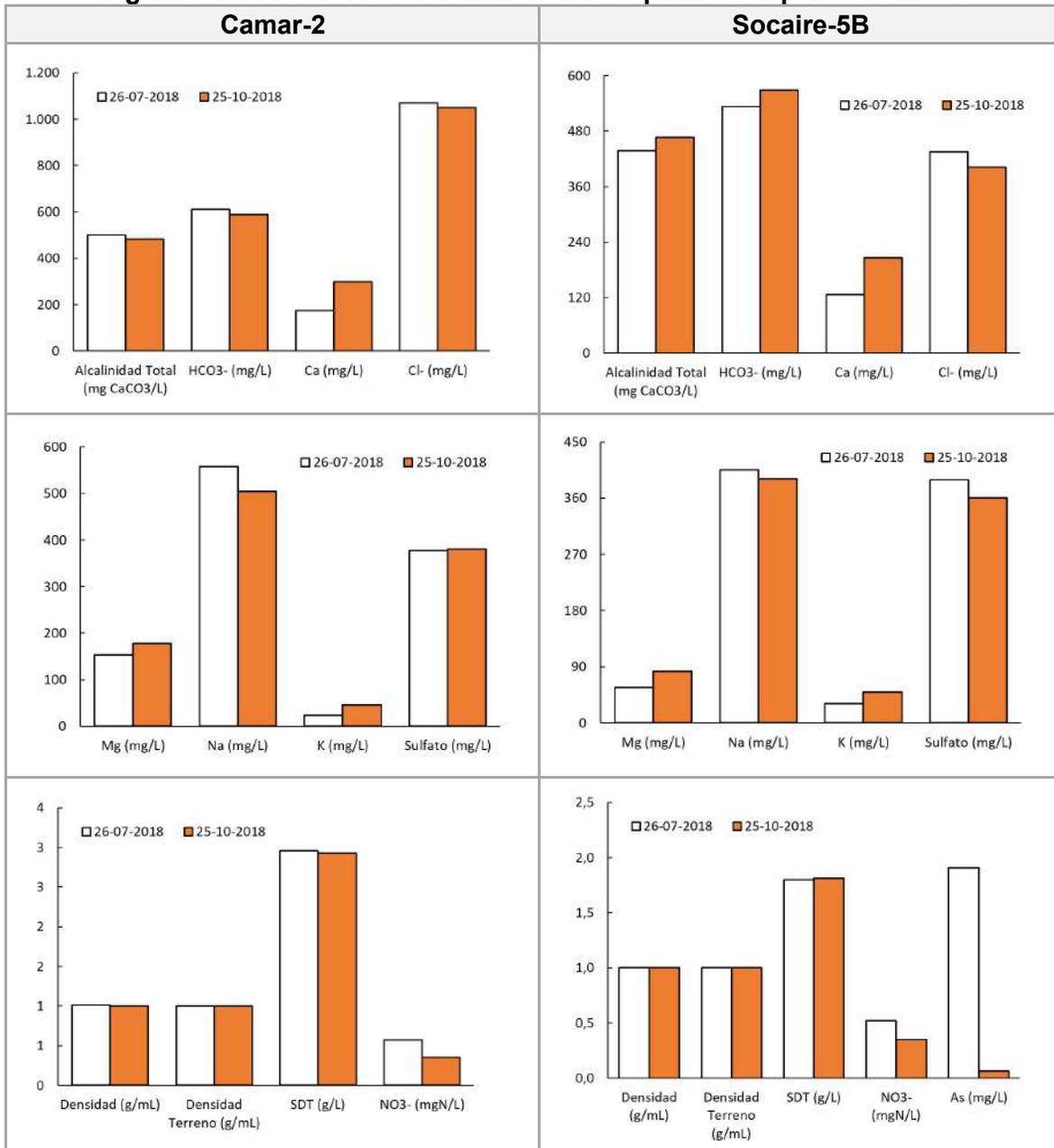
Fuente: Elaboración propia.

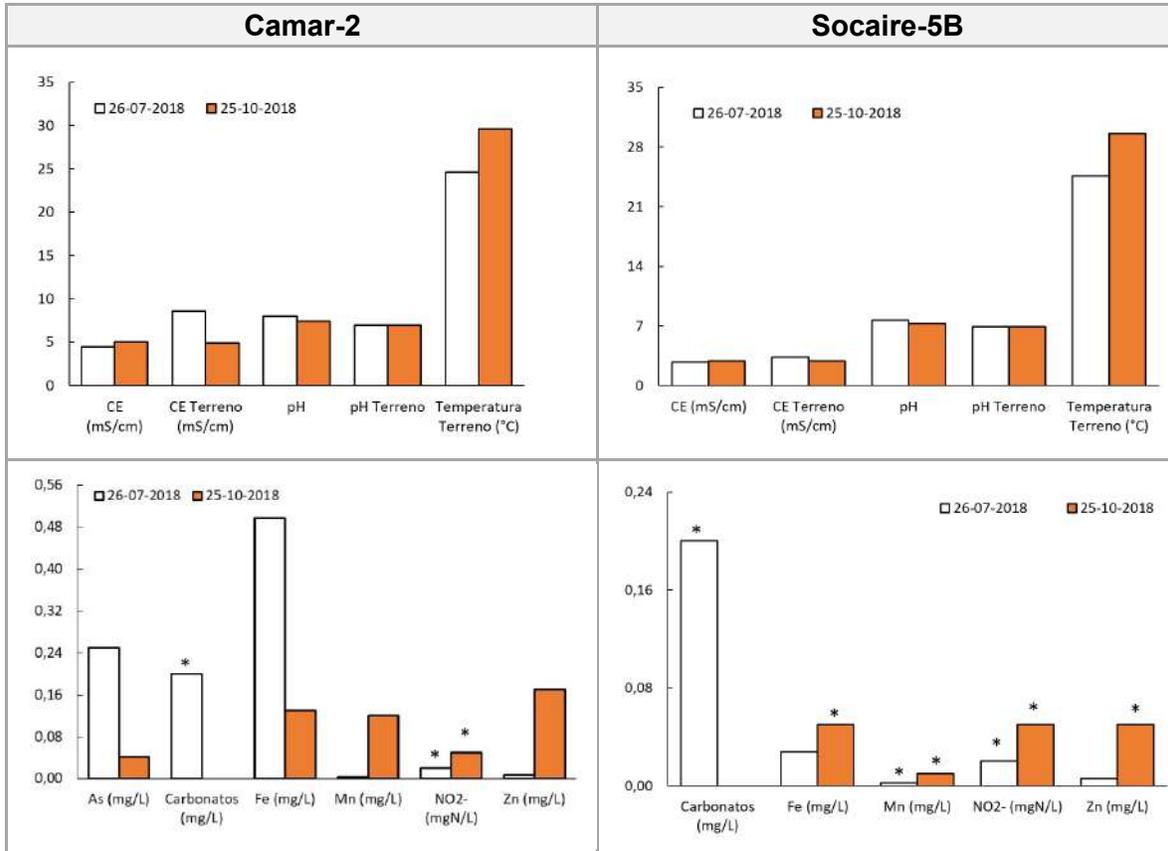
⁶⁸ Existen valores anómalos para la muestra de octubre correspondiente al punto L4-10. Se solicita verificación a laboratorio, pero se señala que no se cuenta con volumen mínimo de muestra para reanalizar.

⁶⁹ Medición en terreno efectuada directamente por SQM se encuentra por sobre los registros históricos del punto, lo que correspondería a un valor outlier. La medición efectuada por el laboratorio SGS en la misma fecha (ver Anexo 12), entrega una conductividad de 4,513 uS/cm, valor dentro de lo esperado.

⁷⁰ Se adjunta carta de laboratorio CESMEC, justificando imposibilidad de ejecutar medición de OD por falla en equipo de terreno.

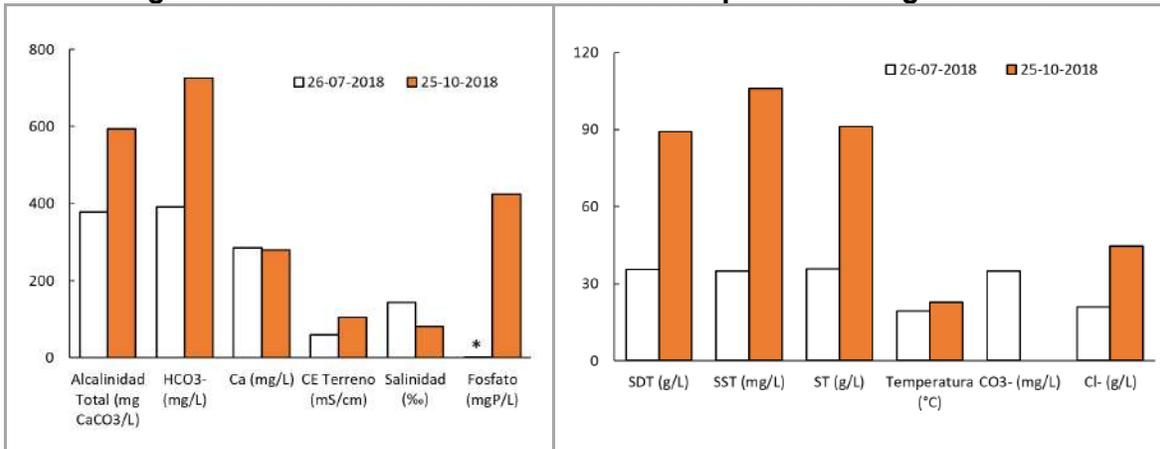
Figura 5-45: Resultados del análisis físico-químico en pozos bombeo

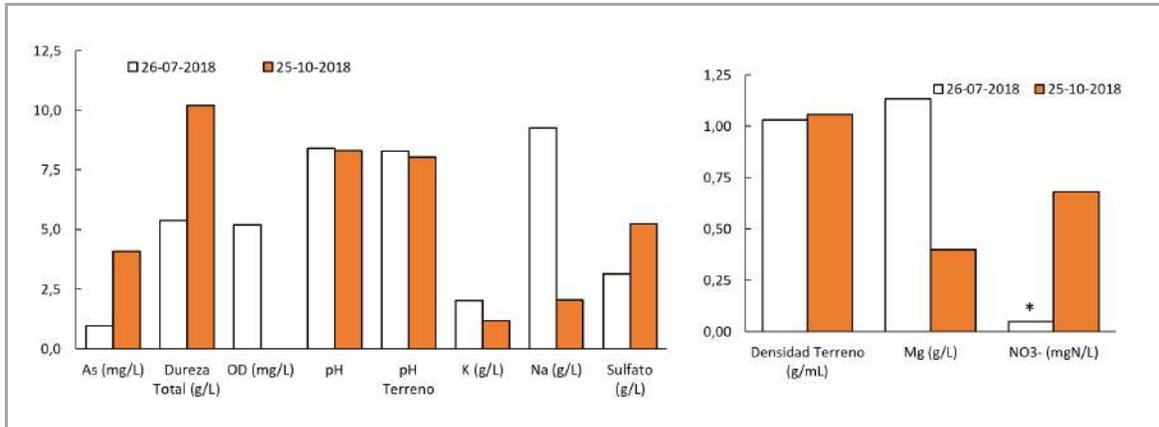




Fuente: Elaboración propia. * Los valores <LD se presentan como = LD.

Figura 5-46: Resultados del análisis físico-químico en reglilla L4-10





Fuente: Elaboración propia. * Los valores <LD se presentan como = LD.

5.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

De acuerdo a lo indicado en la Sección 4, el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del Sistema Vegetación Borde Este considera el monitoreo de las siguientes variables: nivel del agua (21 puntos), caudal bombeado (1 punto) y calidad química (4 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 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 4-8 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 tanto a la red de monitoreo del Sistema Soncor como al sistema Vegetación Borde Este. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron expuestos en el Sistema Soncor, no se incluyen en el presente apartado.

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

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 objeto del presente informe. En éste se incluye 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

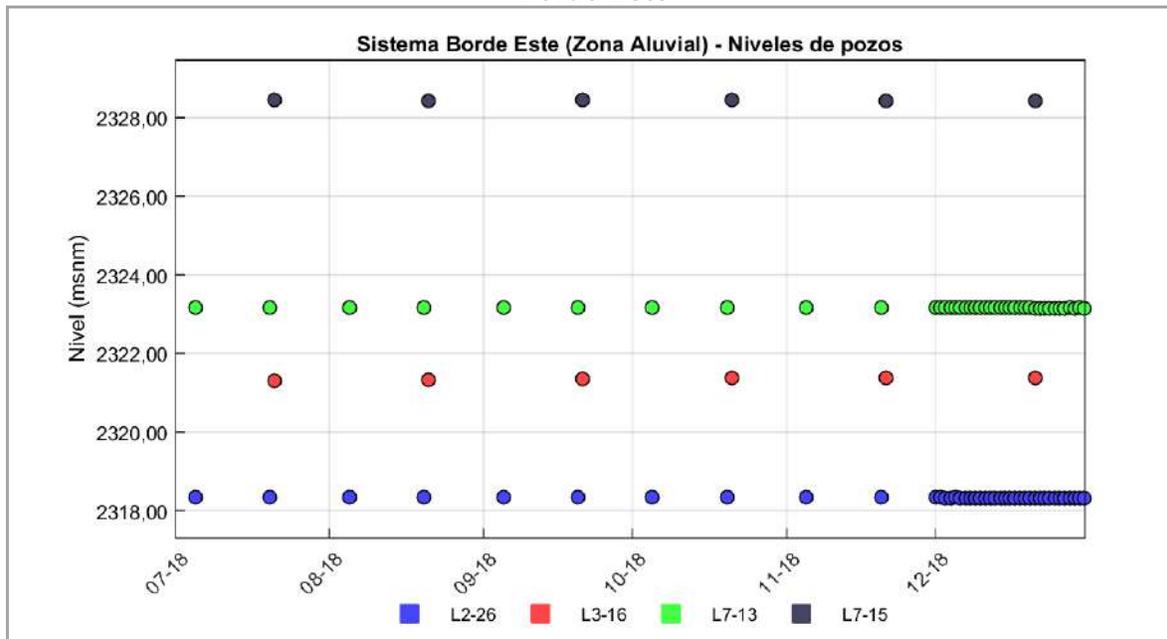
En adición a los pozos pertenecientes al Sistema de Vegetación Borde Este que fueron presentados como parte de los sistemas de Soncor y Aguas de Quelana, la zona aluvial cuenta con 7 puntos de control de nivel comprometidos, correspondiendo a 6 pozos de monitoreo y 1 pozo de extracción. Los puntos de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

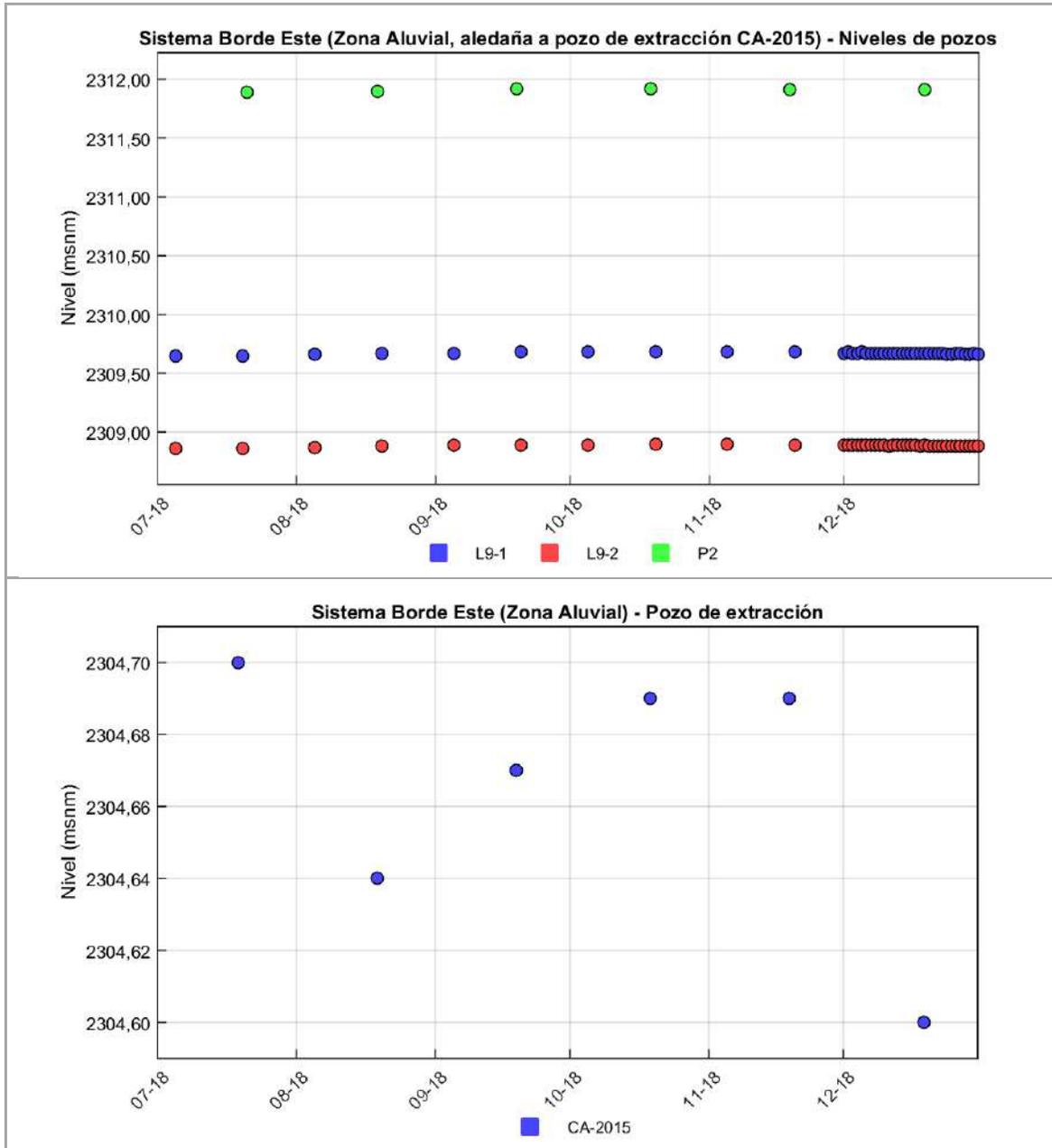
En la Tabla 5-38 se exponen los niveles de agua subterránea en los pozos pertenecientes a la zona aluvial del Sistema Vegetación Borde Este⁷¹. Además, se muestran los resultados gráficamente en la Figura 5-47, los que han sido divididos en 3 grupos de pozos de acuerdo a su ubicación y propósito: a) pozos de monitoreo en zona aluvial, b) pozos de monitoreo en zona aluvial cercanos a pozos de extracción y c) pozo de extracción. En dichos gráficos se incluyen adicionalmente las mediciones diarias efectuadas a contar de diciembre en los pozos L2-26, L7-13, L9-1 y L9-2.

No se identifican situaciones anómalas durante el periodo bajo análisis, con niveles que oscilan entre los 2.318,31 (L2-26) y los 2.328,45 msnm (L7-15) para el primer grupo y entre los 2.308,86 (L9-2) y los 2.311,92 msnm (P2) para el segundo grupo. Por su parte, el pozo de extracción CA-2015 presenta un nivel inferior, dentro del rango 2.304,64 y 2.304,70 msnm.

Figura 5-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona aluvial del Sistema de Vegetación Borde Este



⁷¹ Para el caso de los pozos L2-26, L7-13, L9-1 y L9-2, pertenecientes al Plan de Contingencias, durante el mes de diciembre en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-38: 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)						
05-07-2018	2.318,33	05-07-2018	2.323,17	21-07-2018	2.321,31	21-07-2018	2.328,45
20-07-2018	2.318,34	20-07-2018	2.323,17	21-08-2018	2.321,33	21-08-2018	2.328,43
05-08-2018	2.318,34	05-08-2018	2.323,17	21-09-2018	2.321,34	21-09-2018	2.328,44
20-08-2018	2.318,34	20-08-2018	2.323,17	21-10-2018	2.321,37	21-10-2018	2.328,44
05-09-2018	2.318,34	05-09-2018	2.323,17	21-11-2018	2.321,38	21-11-2018	2.328,43

20-09-2018	2.318,34	20-09-2018	2.323,17	21-12-2018	2.321,38	21-12-2018	2.328,42
05-10-2018	2.318,34	05-10-2018	2.323,17				
20-10-2018	2.318,34	20-10-2018	2.323,17				
05-11-2018	2.318,33	05-11-2018	2.323,16				
20-11-2018	2.318,33	20-11-2018	2.323,17				
01-12-2018	2.318,33	01-12-2018	2.323,16				
22-12-2018	2.318,31	31-12-2018	2.323,15				
L9-1		L9-2		CA-2015		P2	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-07-2018	2.309,65	05-07-2018	2.308,86	19-07-2018	2.304,70	21-07-2018	2.311,89
20-07-2018	2.309,65	20-07-2018	2.308,86	19-08-2018	2.304,64	19-08-2018	2.311,90
05-08-2018	2.309,66	05-08-2018	2.308,87	19-09-2018	2.304,67	19-09-2018	2.311,92
20-08-2018	2.309,67	20-08-2018	2.308,88	19-10-2018	2.304,69	19-10-2018	2.311,92
05-09-2018	2.309,67	05-09-2018	2.308,89	19-11-2018	2.304,69	19-11-2018	2.311,91
20-09-2018	2.309,68	20-09-2018	2.308,89	19-12-2018	2.304,60	19-12-2018	2.311,91
05-10-2018	2.309,68	05-10-2018	2.308,89				
20-10-2018	2.309,68	20-10-2018	2.308,90				
05-11-2018	2.309,68	05-11-2018	2.308,90				
20-11-2018	2.309,68	20-11-2018	2.308,89				
02-12-2018	2.309,68	01-12-2018	2.308,89				
31-12-2018	2.309,66	31-12-2018	2.308,88				

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 5-39 se presentan los resultados de los pozos ubicados dentro de la zona marginal del Sistema Vegetación Borde Este⁷², cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-48, incluyendo los monitoreos diarios efectuados a partir de diciembre. En términos generales no se identifican situaciones anómalas durante el periodo evaluado. Los niveles en el sector oscilaron entre 2.306,22 (L4-17) y 2.316,37 (L2-28).

Tabla 5-39: 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)						
05-07-2018	2.306,70	05-07-2018	2.308,81	05-07-2018	2.315,64	05-07-2018	2.310,92
20-07-2018	2.306,75	20-07-2018	2.308,82	20-07-2018	2.315,65	20-07-2018	2.310,96
05-08-2018	2.306,76	05-08-2018	2.308,82	05-08-2018	2.315,66	05-08-2018	2.310,98
20-08-2018	2.306,77	20-08-2018	2.308,82	20-08-2018	2.315,67	20-08-2018	2.310,99

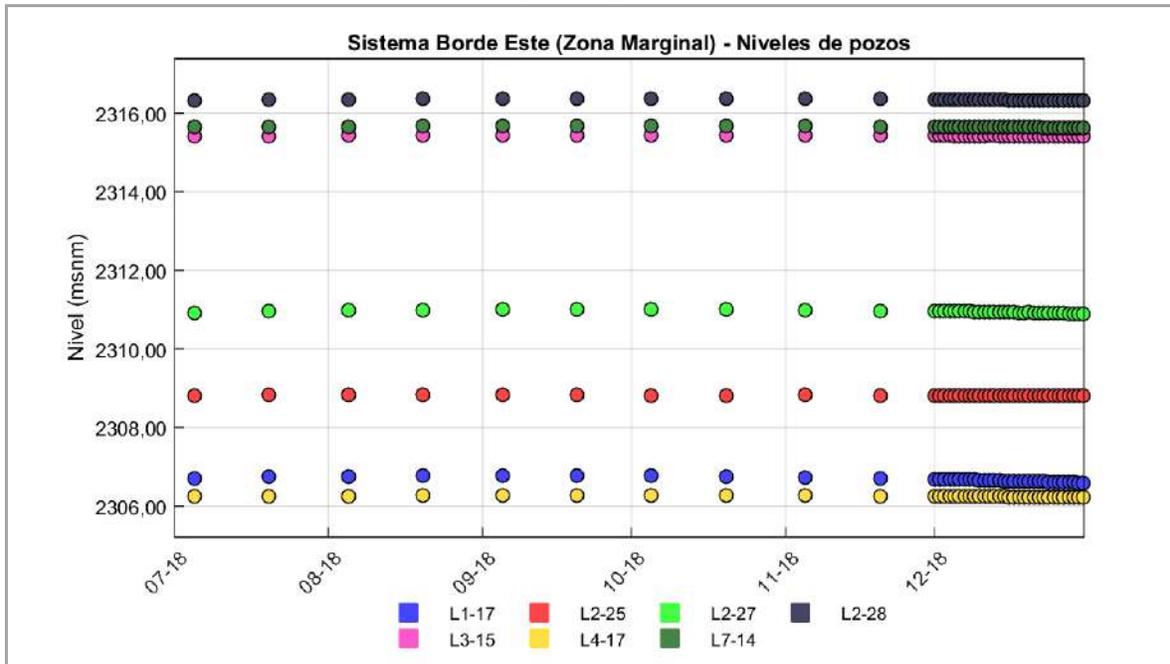
⁷² La totalidad de los pozos del sector pertenecen al Plan de Contingencias. Por lo anterior, durante el mes de diciembre se efectuaron mediciones diarias de nivel. Sin embargo, en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de dichas mediciones diarias.

05-09-2018	2.306,78	05-09-2018	2.308,82	05-09-2018	2.315,68	05-09-2018	2.311,00
20-09-2018	2.306,78	20-09-2018	2.308,82	20-09-2018	2.315,68	20-09-2018	2.311,00
05-10-2018	2.306,77	05-10-2018	2.308,81	05-10-2018	2.315,68	05-10-2018	2.311,01
20-10-2018	2.306,76	20-10-2018	2.308,81	20-10-2018	2.315,68	20-10-2018	2.311,00
05-11-2018	2.306,73	05-11-2018	2.308,82	05-11-2018	2.315,67	05-11-2018	2.310,99
20-11-2018	2.306,71	20-11-2018	2.308,81	20-11-2018	2.315,66	20-11-2018	2.310,97
01-12-2018	2.306,68	01-12-2018	2.308,81	01-12-2018	2.315,66	01-12-2018	2.310,96
31-12-2018	2.306,59	31-12-2018	2.308,80	31-12-2018	2.315,63	31-12-2018	2.310,89

L2-28		L3-15		L4-17	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
05-07-2018	2.316,33	05-07-2018	2.315,42	05-07-2018	2.306,24
20-07-2018	2.316,34	20-07-2018	2.315,42	20-07-2018	2.306,25
05-08-2018	2.316,35	05-08-2018	2.315,43	05-08-2018	2.306,25
20-08-2018	2.316,36	20-08-2018	2.315,43	20-08-2018	2.306,26
05-09-2018	2.316,36	05-09-2018	2.315,44	05-09-2018	2.306,26
20-09-2018	2.316,37	20-09-2018	2.315,44	20-09-2018	2.306,27
05-10-2018	2.316,37	05-10-2018	2.315,44	05-10-2018	2.306,27
20-10-2018	2.316,37	20-10-2018	2.315,44	20-10-2018	2.306,27
05-11-2018	2.316,37	05-11-2018	2.315,44	05-11-2018	2.306,27
20-11-2018	2.316,36	20-11-2018	2.315,43	20-11-2018	2.306,25
01-12-2018	2.316,35	01-12-2018	2.315,43	01-12-2018	2.306,25
31-12-2018	2.316,31	31-12-2018	2.315,41	31-12-2018	2.306,22

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-48: 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. Su caudal medio mensual extraído durante el período julio a diciembre de 2018 se presenta en la Tabla 5-40 y gráficamente en la Figura 5-49 . Durante el periodo que se reporta, los caudales bombeados se ajustan correctamente a lo autorizado, esto es, inferior a 35 L/s.

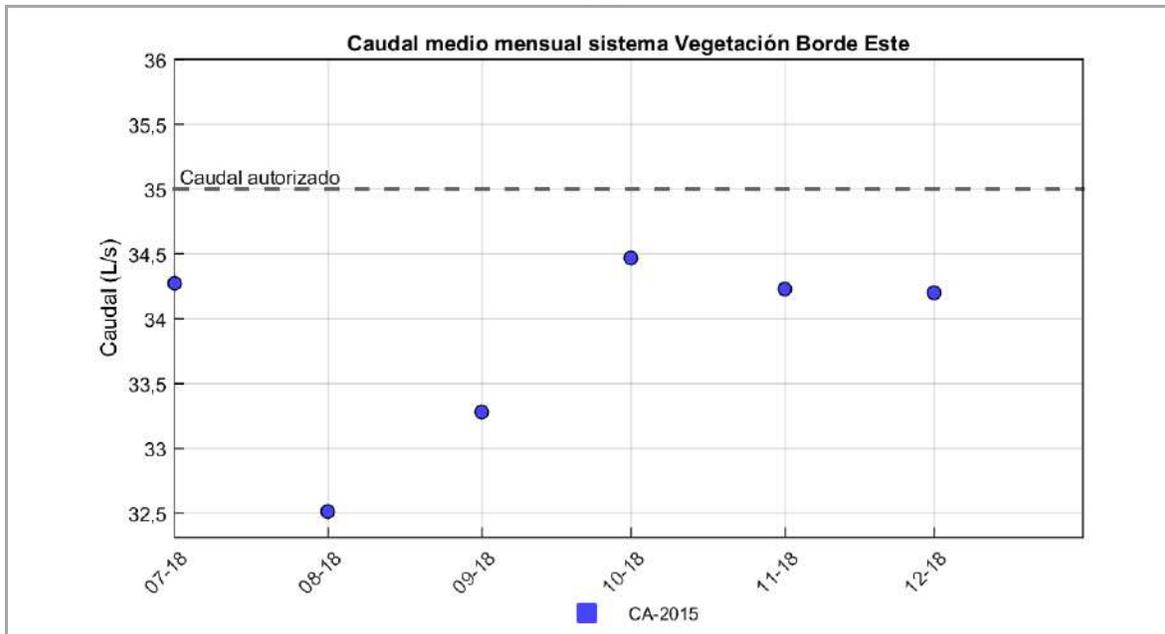
En Anexo 5 se presentan los certificados de calibración del flujómetro instalado en el pozo de agua industrial (L/s) perteneciente al Sistema Vegetación Borde Este.

Tabla 5-40: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este para el segundo semestre de 2018

CA-2015	
Mes	Caudal medio mensual (L/s)
jul-18	34,27
ago-18	32,51
sept-18	33,28
oct-18	34,47
nov-18	34,23
dic-18	34,20

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-49: Caudal medio mensual bombeado desde Sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.3 Calidad química

En esta sección 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 segundo 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 al Sistema Soncor, no se incluyen en el presente acápite.

De la misma forma, y como fue 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 como parte del Sistema Aguas de Quelana, no se incluyen en el presente acápite.

En la Figura 4-8 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.

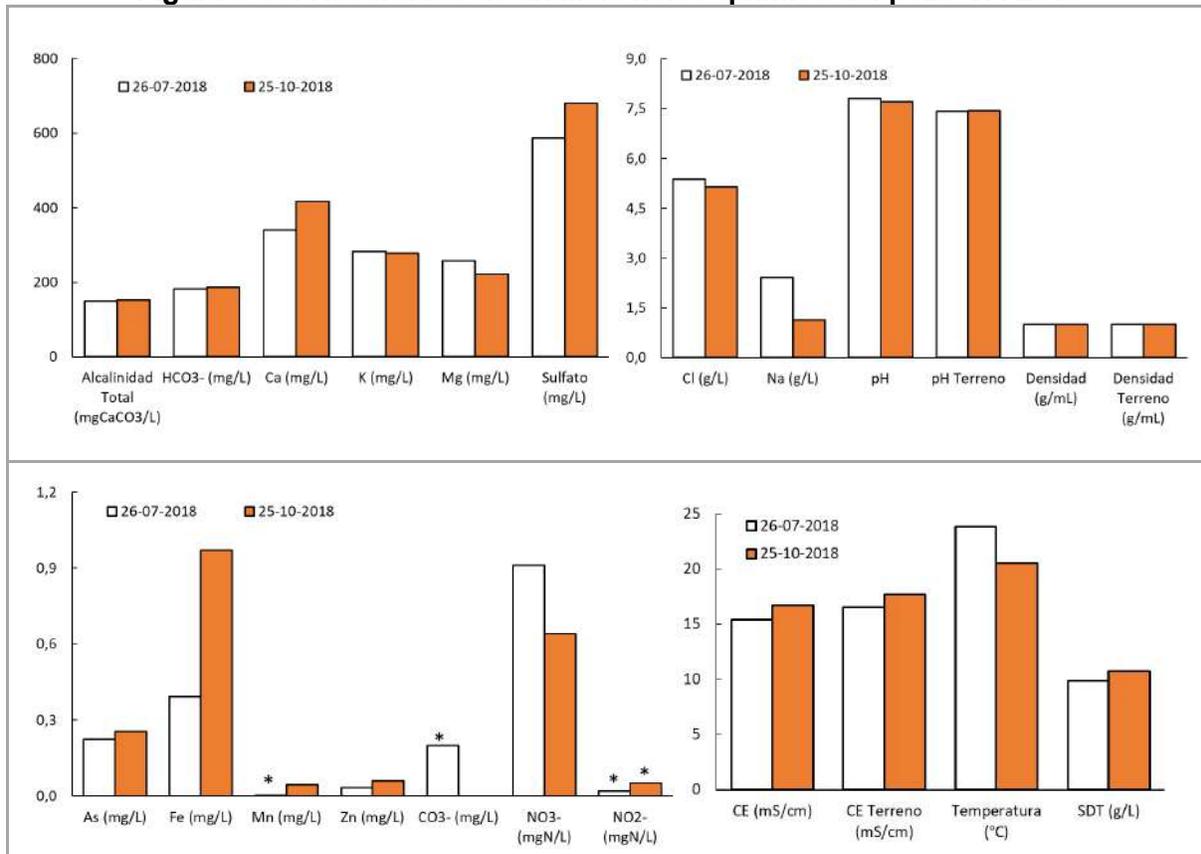
Cabe señalar que no existen límites establecidos para la calidad físico-química de los distintos parámetros monitoreados, por lo anterior, en esta sección se presentan los resultados gráficos y numéricos del monitoreo de calidad química del agua, sin contrastarse con límites o umbrales de control. Por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

En el Anexo 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre⁷³. En el Anexo 6 se muestran los certificados de autorización de SGS Chile Ltda. y de CESMEC S.A. como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

A continuación, en la Tabla 5-41 se presentan los resultados del análisis físico-químico de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por los laboratorios SGS Chile Ltda. (monitoreo mes de julio) y CESMEC S.A. (monitoreo mes de octubre), al pozo de bombeo CA-2015 en el segundo semestre de 2018. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-50. Como se observa durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

⁷³ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

Figura 5-50: Resultados de análisis físico-químico del pozo CA-2015



Fuente: Elaboración propia. * Los valores < LD se presentan como = LD.

Tabla 5-41: Resultados de análisis físico-químico para el pozo CA-2015 para el segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	CA-2015	
		26-07-18	25-10-18
Alcalinidad Total	mgCaCO3/L	149,4	153,0
Arsénico	mg/L	0,224	0,254
Bicarbonatos	mg/L	182,1	186,0
Calcio	mg/L	340,82	417,00
Carbonatos	mg/L	<0,2	0
Conductividad	µS/cm	15.390	16.720
Conductividad Terreno	µS/cm	16.480	17.700
Cloruro	mg/L	5.374	5.140
Densidad	g/ml	1,010	1,010
Densidad Terreno	g/ml	1,000	1,000
Hierro	mg/L	0,3925	0,97
Potasio	mg/L	282,44	279
Magnesio	mg/L	257,57	222
Manganeso	mg/L	<0,0025	0,044
Sodio	mg/L	2.422,1	1.132

Parámetro	Unidad	CA-2015	
		26-07-18	25-10-18
Nitrógeno Nitrato	mg/L	0,91	0,64
Nitrógeno Nitritos	mg/L	<0,02	<0,05
pH	-	7,80	7,70
pH Terreno	-	7,428	7,440
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	9.835	10.750
Sulfato	mg/L	587	680
Temperatura Terreno	°C	23,8	20,5
Zinc	mg/L	0,0323	0,060

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Sistema Peine

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

Es importante señalar que durante el segundo semestre de 2018 no fue posible realizar en forma satisfactoria la totalidad de los monitoreos contemplados para el sistema Peine (tanto aquellos efectuados directamente por SQM, como aquellos realizados por CONAF), ya que en reiteradas oportunidades no se permitió el ingreso al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine (para mayor detalle ver Anexo 7). Por lo anterior, y como forma de complementar la información disponible del sistema, en la sección 6 se ha tenido en consideración los monitoreos efectuados por el titular de la RCA N°21/16, de la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta en el semestre, de acuerdo con su autorización ambiental.

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 a la distribución señalada en la Figura 4-9 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 y aquellos específicamente definidos en el Programa de Cumplimiento para el Sistema Peine, 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 una mejor claridad de su presentación, sólo será expuesto 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. Se incluye 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.

En la Tabla 5-42 se exponen los resultados de todos los pozos de monitoreo ubicados en el sector marginal del Sistema Peine⁷⁴. Cabe destacar que no fue posible realizar mediciones en los pozos L10-2, L10-9 y L10-10 puesto que el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de SQM (ver Anexo 7).

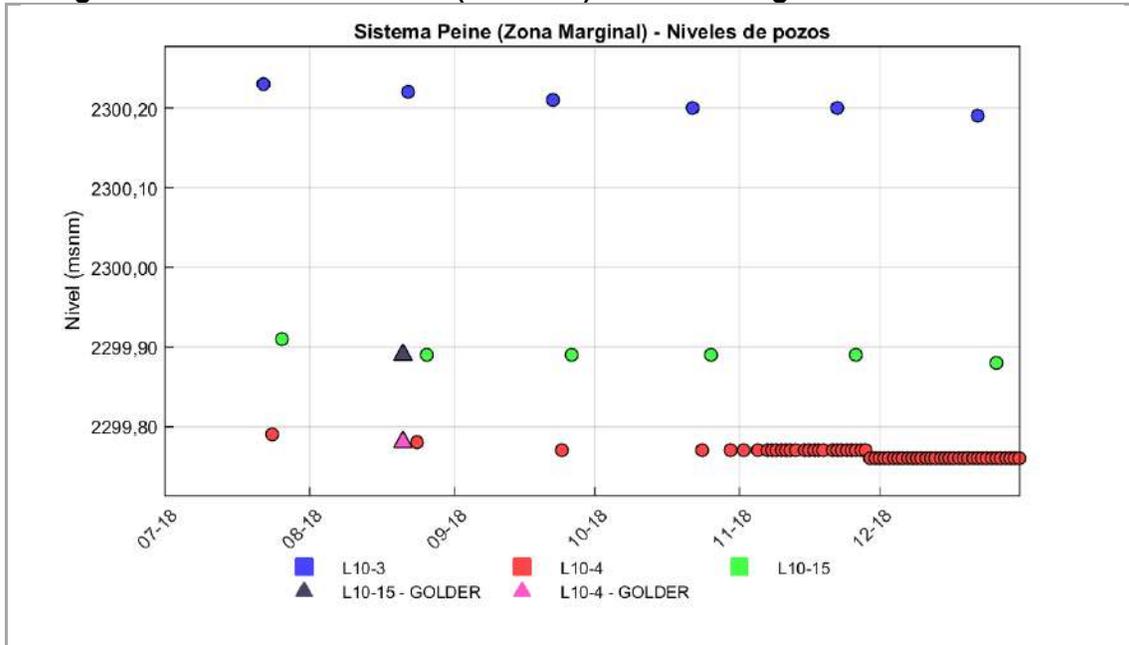
Para facilitar el análisis gráfico, los resultados se dividieron en 2 grupos, según su ubicación y comportamiento (ver Figura 5-51 y Figura 5-52). Se incorpora en la representación gráfica los resultados obtenidos producto del incremento en la frecuencia de la medición a partir de noviembre y en forma diaria a contar de diciembre de 2018 en el pozo L10-4.

Cabe señalar que las mediciones realizadas por Golder a los pozos L10-4 y L10-15 durante el mes de agosto de 2018, son coherente con los valores de las mediciones realizadas durante el período (ver Figura 5-51)

No se identifican situaciones anómalas durante el periodo bajo análisis, con niveles que oscilan entre 2.299,76 (L10-4) y 2.300,23 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 en el rango 2.305,53 a 2.305,63 msnm, con descensos que serían respuesta a los incrementos registrados en el semestre anterior.

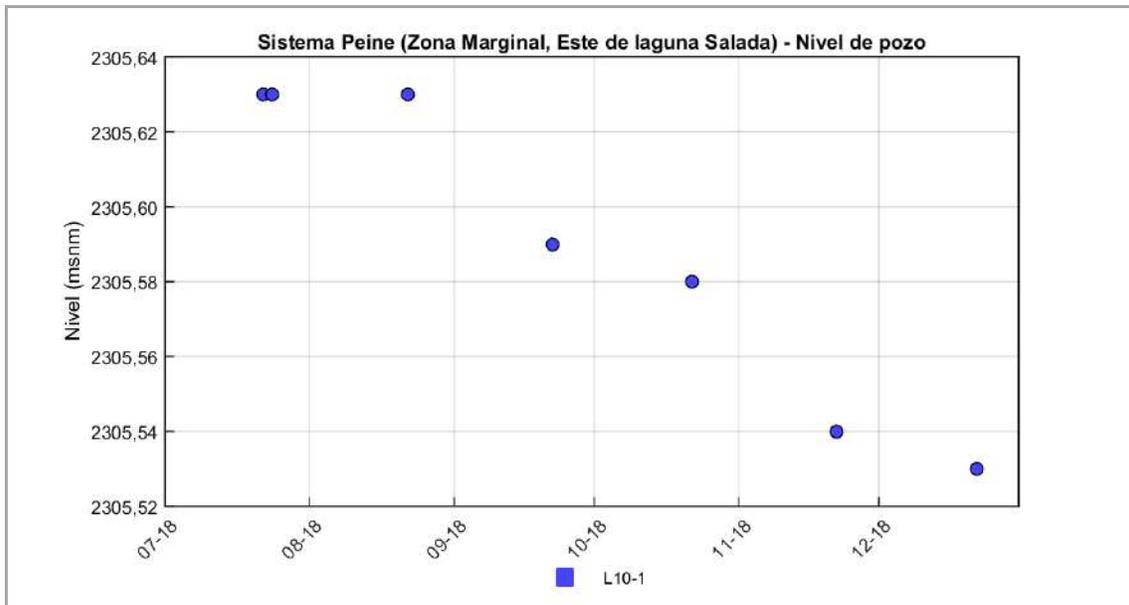
⁷⁴ Para el caso del pozo L10-4, identificado como indicador de estado para el Sistema de Peine, durante los meses de noviembre y diciembre, en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

Figura 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-52: Nivel observado (m.s.n.m.) en zona marginal al Este de la Laguna Salada del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-42: Registro de Niveles para los pozos en zona marginal del Sistema Peine⁷⁵

L10-1		L10-2		L10-3		L10-4	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-07-2018	2.305,63	26-07-2018	S/I	22-07-2018	2.300,23	24-07-2018	2.299,79
24-07-2018	2.305,63	26-08-2018	S/I	22-08-2018	2.300,22	24-08-2018	2.299,78
22-08-2018	2.305,63	26-09-2018	S/I	22-09-2018	2.300,21	24-09-2018	2.299,77
22-09-2018	2.305,59	26-10-2018	S/I	22-10-2018	2.300,20	24-10-2018	2.299,77
22-10-2018	2.305,58	26-11-2018	S/I	22-11-2018	2.300,20	02-11-2018	2.299,77
22-11-2018	2.305,54	26-12-2018	S/I	22-12-2018	2.300,19	30-11-2018	2.299,76
22-12-2018	2.305,53					01-12-2018	2.299,76
						31-12-2018	2.299,76
L10-9		L10-10		L10-15			
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)		
26-07-2018	S/I	26-07-2018	S/I	26-07-2018	2.299,91		
26-08-2018	S/I	26-08-2018	S/I	26-08-2018	2.299,89		
26-09-2018	S/I	26-09-2018	S/I	26-09-2018	2.299,89		
26-10-2018	S/I	26-10-2018	S/I	26-10-2018	2.299,89		
26-11-2018	S/I	26-11-2018	S/I	26-11-2018	2.299,89		
26-12-2018	S/I	26-12-2018	S/I	26-12-2018	2.299,88		

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1.2 Pozos en zona núcleo

En esta sección se exponen los resultados del monitoreo efectuado durante el segundo semestre del año 2018 en los pozos que se encuentran en el núcleo del Salar en el sector del Sistema Peine. Cabe destacar que no fue posible realizar mediciones en los pozos L10-6, L10-7 y L10-8, GD-03 y GD-04 puesto que el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de SQM.

En la Tabla 5-43 se exponen los resultados de todos los pozos de monitoreo ubicados en la zona núcleo del Sistema Peine⁷⁶. La visualización gráfica se presenta en la Figura 5-53 (Se incorpora en la representación gráfica los resultados obtenidos producto del incremento en la frecuencia de la medición a partir de noviembre y en forma diaria a contar de diciembre de 2018 en los pozos L10-11 y 1028). No se identifican situaciones anómalas durante el periodo bajo análisis. Adicionalmente, en el área existen dos pozos incluidos en la auditoría de Golder (1028 y L10-11), cuyas mediciones fueron coincidentes con las ejecutadas por SQM.

⁷⁵ No fue posible monitorear los pozos L10-2, L10-9 y L10-10 puesto que la Comunidad de Peine no autorizó el acceso al lugar.

⁷⁶ Para el caso de los pozos L10-11 y 1028, identificados como indicadores de estado para el Sistema de Peine, durante los meses de noviembre y diciembre, en la tabla sólo se presentan los niveles máximos y mínimos registrados sobre la base de las mediciones diarias efectuadas.

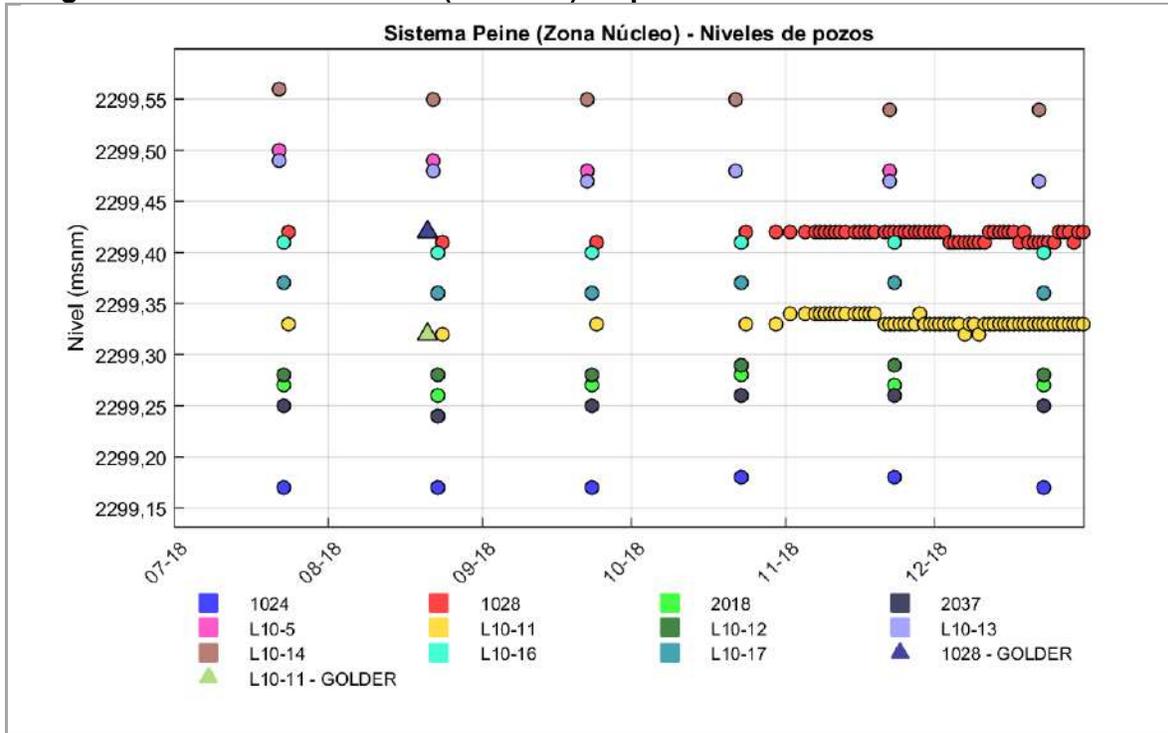
Tabla 5-43: Registro de Niveles para los pozos de salmuera del Sistema Peine⁷⁷

L10-5		L10-6		L10-7		L10-8	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-07-2018	2.299,50	26-07-2018	S/I	26-07-2018	S/I	26-07-2018	S/I
22-08-2018	2.299,49	26-08-2018	S/I	26-08-2018	S/I	26-08-2018	S/I
22-09-2018	2.299,48	26-09-2018	S/I	26-09-2018	S/I	26-09-2018	S/I
22-10-2018	2.299,48	26-10-2018	S/I	26-10-2018	S/I	26-10-2018	S/I
22-11-2018	2.299,48	26-11-2018	S/I	26-11-2018	S/I	26-11-2018	S/I
22-12-2018	2.299,47	26-12-2018	S/I	26-12-2018	S/I	26-12-2018	S/I
1024		1028		2018		2037	
Fecha	Nivel (msnm)						
23-07-2018	2.299,17	24-07-2018	2.299,42	23-07-2018	2.299,27	23-07-2018	2.299,25
23-08-2018	2.299,17	24-08-2018	2.299,41	23-08-2018	2.299,26	23-08-2018	2.299,24
23-09-2018	2.299,17	24-09-2018	2.299,41	23-09-2018	2.299,27	23-09-2018	2.299,25
23-10-2018	2.299,18	24-10-2018	2.299,42	23-10-2018	2.299,28	23-10-2018	2.299,26
23-11-2018	2.299,18	02-11-2018	2.299,42	23-11-2018	2.299,27	23-11-2018	2.299,26
23-12-2018	2.299,17	30-11-2018	2.299,42	23-12-2018	2.299,27	23-12-2018	2.299,25
		04-12-2018	2.299,41				
		31-12-2018	2.299,42				
GD-03		GD-04		L10-11		L10-12	
Fecha	Nivel (msnm)						
26-07-2018	S/I	26-07-2018	S/I	24-07-2018	2.299,33	23-07-2018	2.299,28
26-08-2018	S/I	26-08-2018	S/I	24-08-2018	2.299,32	23-08-2018	2.299,28
26-09-2018	S/I	26-09-2018	S/I	24-09-2018	2.299,33	23-09-2018	2.299,28
26-10-2018	S/I	26-10-2018	S/I	24-10-2018	2.299,33	23-10-2018	2.299,29
26-11-2018	S/I	26-11-2018	S/I	02-11-2018	2.299,34	23-11-2018	2.299,29
26-12-2018	S/I	26-12-2018	S/I	30-11-2018	2.299,33	23-12-2018	2.299,28
				07-12-2018	2.299,32		
				31-12-2018	2.299,33		
L10-13		L10-14		L10-16		L10-17	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-07-2018	2.299,49	22-07-2018	2.299,56	23-07-2018	2.299,41	23-07-2018	2.299,37
22-08-2018	2.299,48	22-08-2018	2.299,55	23-08-2018	2.299,40	23-08-2018	2.299,36
22-09-2018	2.299,47	22-09-2018	2.299,55	23-09-2018	2.299,40	23-09-2018	2.299,36
22-10-2018	2.299,48	22-10-2018	2.299,55	23-10-2018	2.299,41	23-10-2018	2.299,37
22-11-2018	2.299,47	22-11-2018	2.299,54	23-11-2018	2.299,41	23-11-2018	2.299,37
22-12-2018	2.299,47	22-12-2018	2.299,54	23-12-2018	2.299,40	23-12-2018	2.299,36

Fuente: Elaboración propia.

⁷⁷ No fue posible monitorear los pozos L10-6, L10-7, L10-8, GD-03 Y GD-04 puesto que la Comunidad de Peine no autorizó el acceso al lugar.

Figura 5-53: 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 5-44 se presentan los niveles medidos por CONAF en octubre de 2018 en las lagunas Salada, Saladita e Interna, cuyos resultados gráficos se exponen en la Figura 5-54. Cabe señalar que por parte de CONAF no se informan registros de nivel de Laguna Interna, debido a que el lugar donde está ubicada la reglilla se encuentra seco. 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. De este modo, pueden aparecer y desaparecer nuevas zonas inundadas de un año a otro, dependiendo de las precipitaciones. 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.

Tabla 5-44: Registro de Niveles lacustres del Sistema Peine

Salada		Saladita		Interna	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
25-10-2018	2.301,16	25-10-2018	2.300,92	25-10-2018	_ ⁷⁸

Fuente: Elaboración propia.

⁷⁸ La reglilla se encuentra en un lugar seco de acuerdo al reporte de CONAF.

Figura 5-54: Nivel observado (m.s.n.m.) en Aguas Superficiales del Sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.2 Calidad química

En esta sección 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 segundo semestre del año 2018. Si bien el pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina, sólo será presentado en esta sección para efectos de orden.

En la Figura 4-9 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 6 del presente informe.

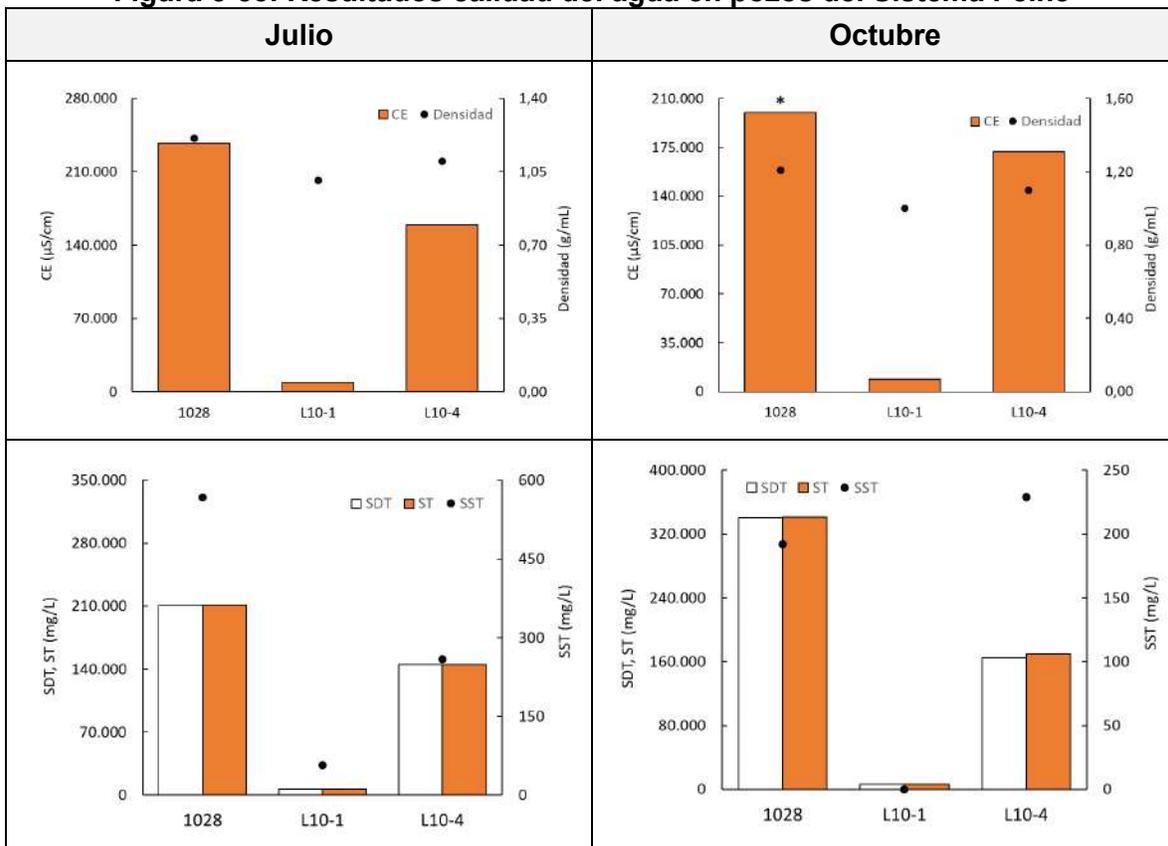
Respecto a los parámetros de calidad del agua de las lagunas del sistema Peine, CONAF realiza el muestreo y análisis en el marco del convenio que actualmente posee con SQM. Por su parte, el monitoreo de los pozos de control con compromiso de monitoreo de calidad fue efectuado por SGS Chile Ltda. y CESMEC S.A.

En el Anexo 12 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre⁷⁹. En el Anexo 6 se muestran los certificados de autorización de SGS Chile Ltda. y de CESMEC S.A. como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

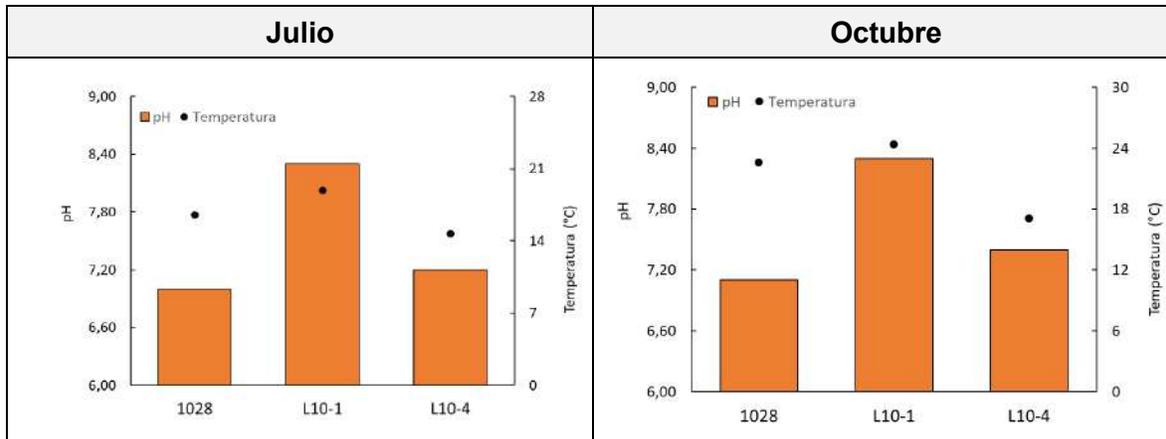
5.2.4.2.1 Muestreo de aguas de responsabilidad de SQM (ETFA)

En la Tabla 5-45 se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por los laboratorios SGS Chile Ltda. (monitoreo de julio) y CESMEC S.A. (monitoreo de octubre), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre del año 2018. Estos resultados se presentan de manera gráfica en la Figura 5-55. Como se observa durante el periodo se efectuaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Figura 5-55: Resultados calidad del agua en pozos del Sistema Peine



⁷⁹ Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-45: Resultados calidad del agua Sistema Peine segundo semestre de 2018

Parámetro	Unidad	1028		L10-1		L10-4	
		26-07-18	24-10-18	26-07-18	25-10-18	26-07-18	24-10-18
Conductividad	μS/cm	237.000	>200.000	8.960	8.810	159.300	171.700
Conductividad Terreno	μS/cm	243.000	237.000	14.780 ⁸⁰	8.620	168.000	165.100
Densidad	g/ml	1,210	1,210	1,010	1,000	1,100	1,100
Densidad Terreno	g/ml	1,215	1,215	1,000	1,000	1,100	1,100
pH	-	7,00	7,10	8,30	8,30	7,20	7,40
pH Terreno	-	7,016	6,858	8,274	8,101	7,445	7,412
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	210.310	340.320	6.690	6.480	145.210	164.300
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	567	192	57	<10	259	229
Sólidos Totales	mg/L	210.870	341.080	6.750	6.735	145.470	169.600
Temperatura Terreno	°C	16,5	22,6	18,9	24,4	14,7	17,1

Fuente: Elaboración propia.

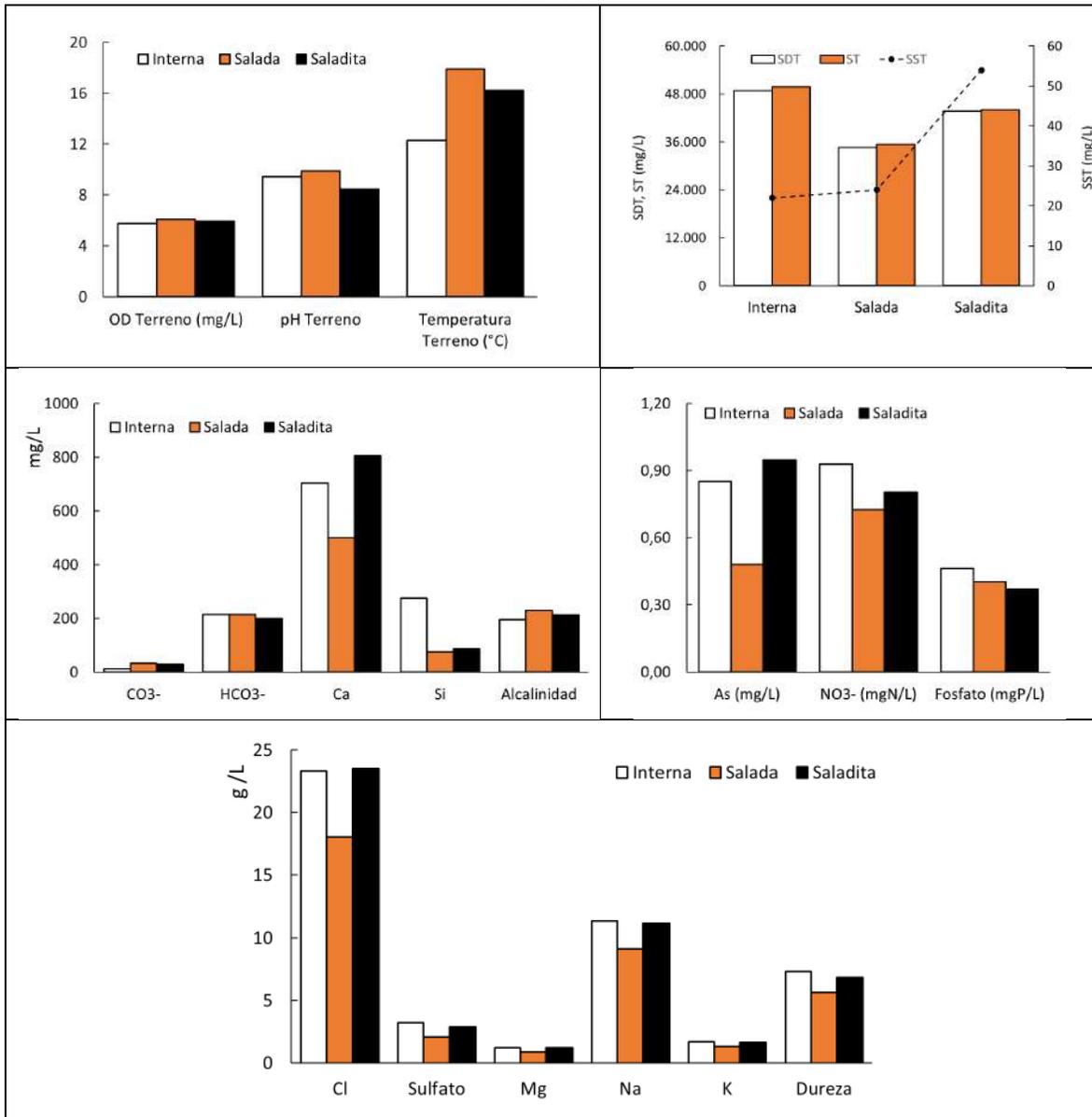
5.2.4.2.2 Muestreo realizado por CONAF

En la presente sección se entregan los resultados de los análisis físico-químicos de muestras de agua tomadas por CONAF en los puntos de control lacustre denominados Interna, Salada y Saladita. En la campaña de monitoreo de julio 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 donde se emplazan esos puntos (ver Anexo 7).

En la Tabla 5-46 se detallan los resultados numéricos del seguimiento ambiental efectuado por CONAF en octubre de 2018 en los tres sistemas lacustres objeto de monitoreo. En la Figura 5-56 se presentan estos resultados de manera gráfica.

⁸⁰ Medición en terreno efectuada directamente por SQM se encuentra por sobre los registros históricos del punto, por lo que correspondería a un valor outlier. La medición efectuada por el laboratorio en la misma fecha (ver Anexo 12), entrega una conductividad de 8,647 uS/cm, valor dentro de lo esperado.

Figura 5-56: Resultados de análisis físico-químico CONAF a Lagunas del Sistema Peine.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-46: Resultados de los análisis físico-químicos de Lagunas Sistema Peine segundo semestre de 2018 realizados por CONAF

Parámetro	Unidad	Interna	Salada	Saladita
		25-10-18	25-10-18	25-10-18
Oxígeno disuelto Terreno	mg/L	5,75	6,11	5,94
pH Terreno	-	9,45	9,90	8,45
Temperatura Terreno	(°C)	12,3	17,9	16,2
Sólidos totales	(g/L)	49,8	35,4	44,1
Sólidos disueltos totales	(g/L)	49,80	35,36	44,08
Sólidos suspendidos	(mg/L)	48,76	34,60	43,75
Dureza	(g/L)	7,31	5,65	6,86
Sodio	(g/L)	11,360	9,105	11,180
Arsénico	(mg/L)	0,851	0,481	0,948
Potasio	(g/L)	1,680	1,297	1,644
Calcio	(mg/L)	704	499	805
Magnesio	(g/L)	1,232	0,879	1,207
Cloruro	(g/L)	23,326	18,044	23,539
Sulfato	(g/L)	3,226	2,094	2,897
Bicarbonatos	(mg/L)	214	214	198
Carbonatos	(mg/L)	12	33	30
Nitrato	(mgN/L)	0,928	0,726	0,802
Fosfato	(mgP/L)	0,462	0,402	0,370
Sílice	(mg/L)	275	75	86
Alcalinidad	(mg/L)	195	230	213

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.3 Aforos de caudal

Durante el semestre objeto del presente reporte no fue posible la realización de los aforos mensuales de caudal en las estaciones Salada y Saladita debido a no contar con el permiso de la comunidad para ingresar al sector, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de SQM. Por lo anterior, no se cuenta con mediciones para el período julio-diciembre de 2018.

5.2.4.4 Superficie lacustre

Para el segundo semestre de 2018, corresponde la estimación de superficie lacustre de los dos cuerpos de agua del sistema Peine realizada trimestralmente por CONAF sobre la base de mediciones en estacas perimetrales instaladas en el contorno de las lagunas Salada y Saladita. Al respecto, cabe señalar que debido a que la comunidad de Peine no autorizó el acceso a la autoridad a los sectores donde se emplazan esos puntos (campaña julio) y a actividad reproductiva de Flamencos (campaña octubre, ver anexo 11), las mediciones no pudieron ser realizadas, por lo que no se cuenta con resultados específicos para el semestre objeto del presente informe.

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 segundo 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 4-10 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. Así, 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.

5.2.5.1.1 Pozos Zona Marginal

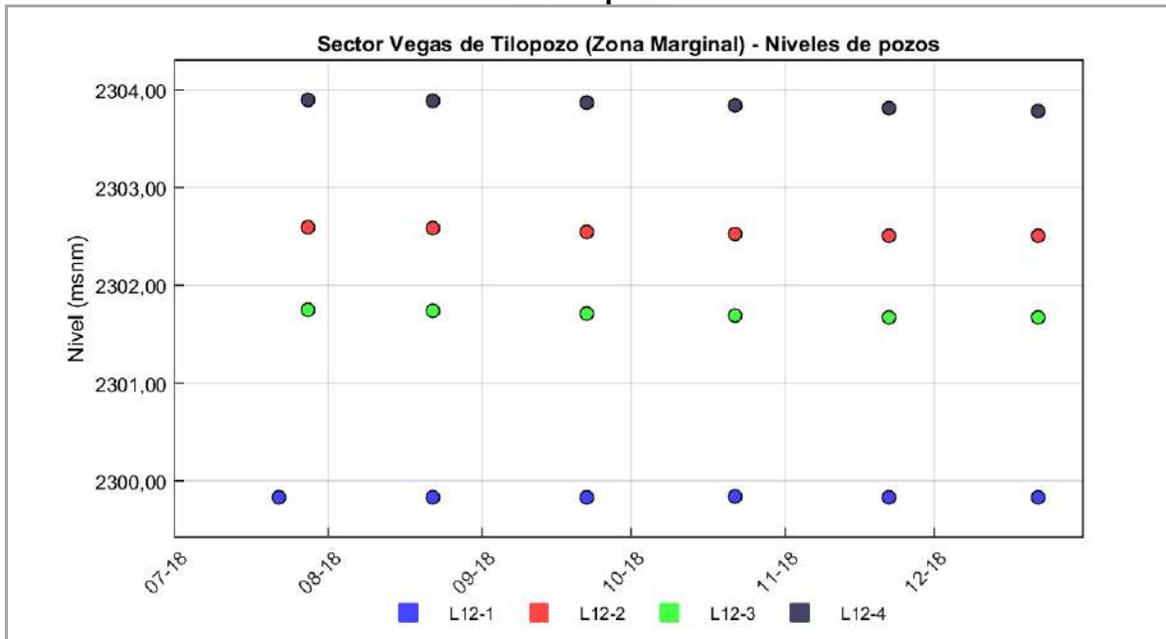
En la Tabla 5-47 se exponen los resultados de los cuatro pozos de control que se ubican en este sector para el segundo semestre de 2018, los cuales fueron monitoreados manualmente de acuerdo a la frecuencia establecida. En la Figura 5-57 se presenta en forma gráfica la evolución de estos niveles. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.299,83 (L12-1) y los 2.303,90 msnm (L12-4).

Tabla 5-47: Registro de Niveles del agua subterránea del Sistema Vegas de Tilopozo

L12-1		L12-2		L12-3		L12-4	
Fecha	Nivel (msnm)						
22-07-2018	2.299,83	28-07-2018	2.302,59	28-07-2018	2.301,75	28-07-2018	2.303,90
22-08-2018	2.299,83	22-08-2018	2.302,58	22-08-2018	2.301,74	22-08-2018	2.303,89
22-09-2018	2.299,83	22-09-2018	2.302,55	22-09-2018	2.301,71	22-09-2018	2.303,87
22-10-2018	2.299,84	22-10-2018	2.302,53	22-10-2018	2.301,69	22-10-2018	2.303,84
22-11-2018	2.299,83	22-11-2018	2.302,51	22-11-2018	2.301,67	22-11-2018	2.303,81
22-12-2018	2.299,83	22-12-2018	2.302,51	22-12-2018	2.301,67	22-12-2018	2.303,78

Fuente: Elaboración propia.

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



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 julio y diciembre de 2018.

En la Tabla 5-48 se muestra los resultados de las mediciones manuales de nivel⁸¹, cuyos resultados gráficos se exponen en la Figura 5-58. Se observa que los niveles oscilan entorno a los 2.309,3 msnm. Cabe señalar que se dispone de registros de acuerdo con la frecuencia establecida, con valores consistentes a lo observado en periodos anteriores.

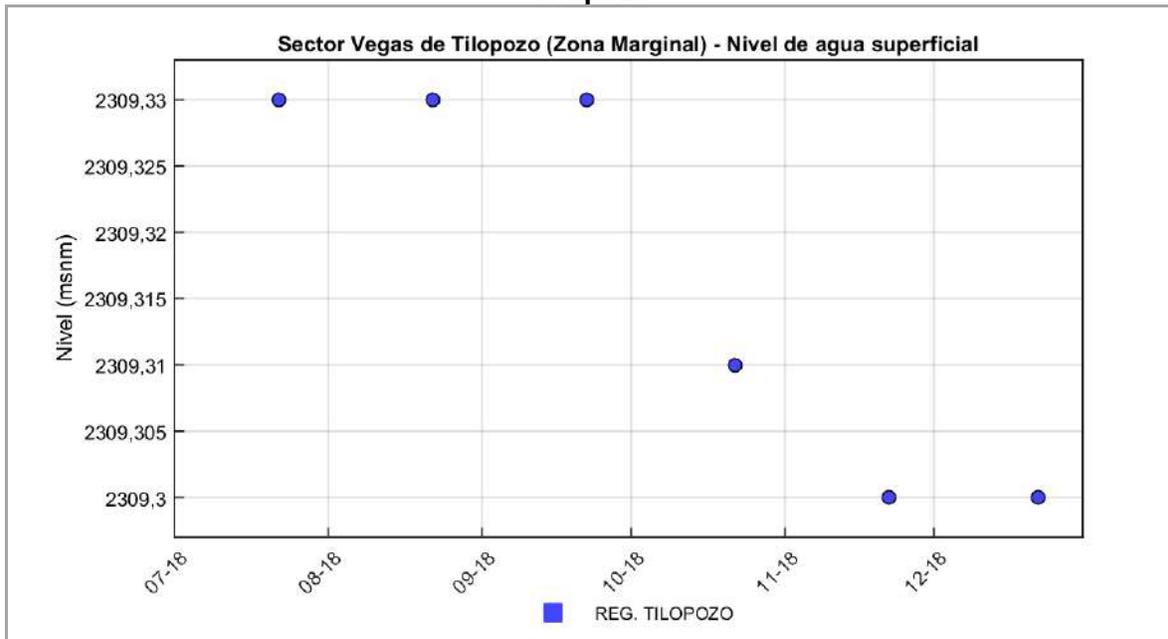
Tabla 5-48: Registro de Niveles del agua superficial del Sistema Vegas de Tilopozo

Reglilla Tilopozo	
Fecha	Nivel (msnm)
22-07-2018	2.309,33
22-08-2018	2.309,33
22-09-2018	2.309,33
22-10-2018	2.309,31
22-11-2018	2.309,30
22-12-2018	2.309,30

Fuente: Elaboración propia.

⁸¹ 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.

Figura 5-58: 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 variables: nivel del agua (21 puntos), meteorología (1 estación) y calidad química (2 puntos). Los resultados obtenidos para el segundo semestre de 2018 se presentan a continuación.

5.2.6.1 Nivel de salmuera

En esta sección se exponen los niveles de los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Núcleo del Salar de Atacama para el segundo semestre de 2018, de acuerdo a la distribución señalada en la Figura 4-11 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 específicos 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 tanto a la red de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana como al del Sistema Núcleo del Salar de Atacama. Por lo anterior, y dado que los resultados del monitoreo efectuado en dichos puntos fueron expuestos en el 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. Se incluye 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.

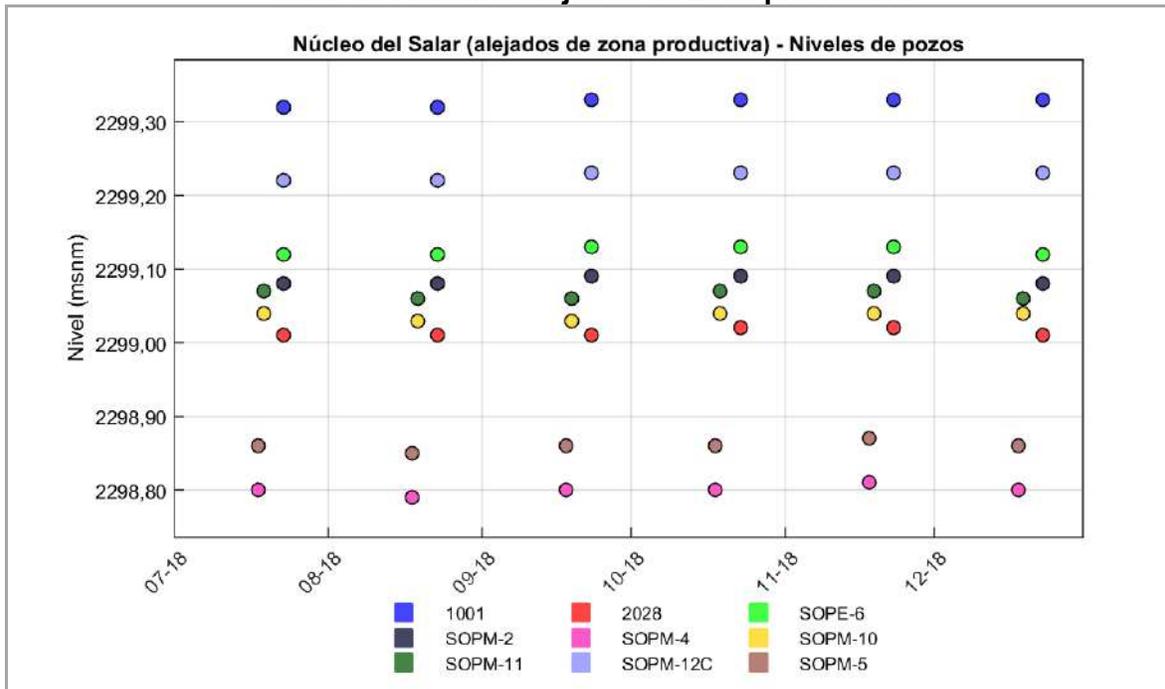
En la Tabla 5-49 se muestran los niveles observados en los pozos ubicados a mayor distancia de la zona de producción, compuesto por 9 puntos de control, cuya representación gráfica se presenta en la Figura 5-59. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre 2.298,79 y 2.299,32 msnm.

Tabla 5-49: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector alejado de zona productiva

1001		2028		SOPE-6		SOPM-2	
Fecha	Nivel (msnm)						
23-07-2018	2.299,32	23-07-2018	2.299,01	23-07-2018	2.299,12	23-07-2018	2.299,08
23-08-2018	2.299,32	23-08-2018	2.299,01	23-08-2018	2.299,12	23-08-2018	2.299,08
23-09-2018	2.299,33	23-09-2018	2.299,01	23-09-2018	2.299,13	23-09-2018	2.299,09
23-10-2018	2.299,33	23-10-2018	2.299,02	23-10-2018	2.299,13	23-10-2018	2.299,09
23-11-2018	2.299,33	23-11-2018	2.299,02	23-11-2018	2.299,13	23-11-2018	2.299,09
23-12-2018	2.299,33	23-12-2018	2.299,01	23-12-2018	2.299,12	23-12-2018	2.299,08
SOPM-04		SOPM-10		SOPM-11		SOPM-12C	
Fecha	Nivel (msnm)						
18-07-2018	2.298,80	19-07-2018	2.299,04	19-07-2018	2.299,07	23-07-2018	2.299,22
18-08-2018	2.298,79	19-08-2018	2.299,03	19-08-2018	2.299,06	23-08-2018	2.299,22
18-09-2018	2.298,80	19-09-2018	2.299,03	19-09-2018	2.299,06	23-09-2018	2.299,23
18-10-2018	2.298,80	19-10-2018	2.299,04	19-10-2018	2.299,07	23-10-2018	2.299,23
18-11-2018	2.298,81	19-11-2018	2.299,04	19-11-2018	2.299,07	23-11-2018	2.299,23
18-12-2018	2.298,80	19-12-2018	2.299,04	19-12-2018	2.299,06	23-12-2018	2.299,23
SOPM-05							
Fecha	Nivel (msnm)						
18-07-2018	2.298,86						
18-08-2018	2.298,85						
18-09-2018	2.298,86						
18-10-2018	2.298,86						
18-11-2018	2.298,87						
18-12-2018	2.298,86						

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-59: 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 5-50 se muestran los niveles observados en los pozos de monitoreo ubicados en las proximidades de la zona de producción, agrupación compuesta por 8 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 2.292,37 (M2-C) y los 2.299,34 msnm (2040).

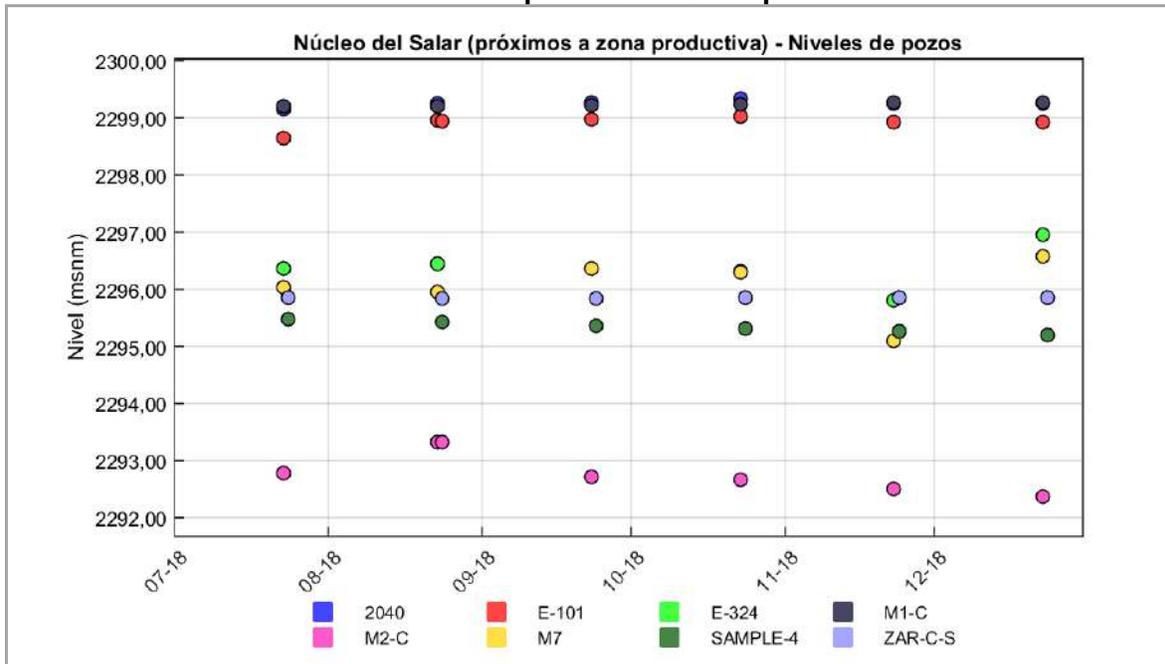
Tabla 5-50: Registro de Niveles del Sistema Núcleo del Salar de Atacama sector próximo a zona productiva

2040		E-101		E-324		M1-C	
Fecha	Nivel (msnm)						
23-07-2018	2.299,16	23-07-2018	2.298,65	23-07-2018	2.296,37	23-07-2018	2.299,21
23-08-2018	2.299,25	23-08-2018	2.298,96	23-08-2018	2.296,44	23-08-2018	2.299,21
23-09-2018	2.299,28	24-08-2018	2.298,95	23-09-2018	2.296,36	23-09-2018	2.299,23
23-10-2018	2.299,34	23-09-2018	2.298,97	23-10-2018	2.296,32	23-10-2018	2.299,24
23-11-2018	2.299,25	23-10-2018	2.299,03	23-11-2018	2.295,81	23-11-2018	2.299,28
23-12-2018	2.299,25	23-11-2018	2.298,92	23-12-2018	2.296,96	23-12-2018	2.299,27
		23-12-2018	2.298,92				
M2-C		M7		SAMPLE-4		ZAR-C-S	
Fecha	Nivel (msnm)						
23-07-2018	2.292,79	23-07-2018	2.296,03	24-07-2018	2.295,47	24-07-2018	2.295,85
23-08-2018	2.293,32	23-08-2018	2.295,95	24-08-2018	2.295,42	24-08-2018	2.295,84
24-08-2018	2.293,32	23-09-2018	2.296,36	24-09-2018	2.295,37	24-09-2018	2.295,84

23-09-2018	2.292,72	23-10-2018	2.296,30	24-10-2018	2.295,32	24-10-2018	2.295,85
23-10-2018	2.292,67	23-11-2018	2.295,10	24-11-2018	2.295,26	24-11-2018	2.295,86
23-11-2018	2.292,50	23-12-2018	2.296,58	24-12-2018	2.295,20	24-12-2018	2.295,85
23-12-2018	2.292,37						

Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

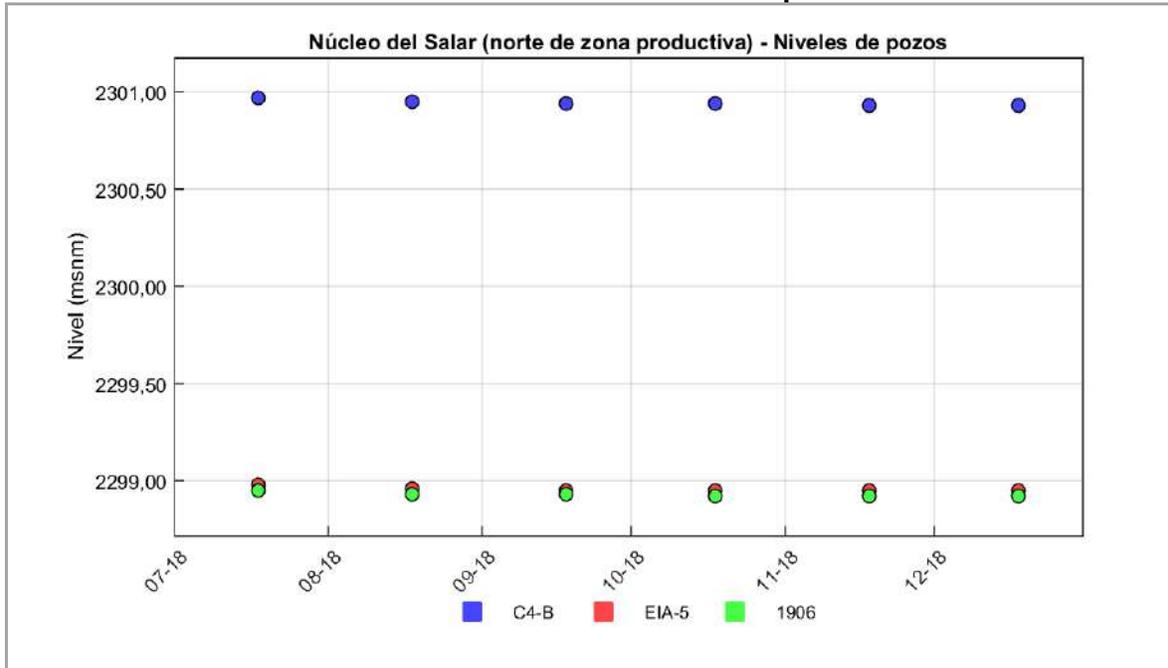
Finalmente, en la Tabla 5-51 se muestran los niveles observados en los pozos ubicados en al norte de la zona de producción, compuesto por 3 puntos de control. Su representación gráfica se muestra en la Figura 5-61. No se identifican situaciones anómalas durante el periodo, con niveles que oscilan entre los 2.298,92 (pozo 1906) y los 2.300,97 msnm (C4-B).

Tabla 5-51: 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)
18-07-2018	2.300,97	18-07-2018	2.298,98	18-07-2018	2.298,95
18-08-2018	2.300,95	18-08-2018	2.298,96	18-08-2018	2.298,93
18-09-2018	2.300,94	18-09-2018	2.298,95	18-09-2018	2.298,93
18-10-2018	2.300,94	18-10-2018	2.298,95	18-10-2018	2.298,92
18-11-2018	2.300,93	18-11-2018	2.298,95	18-11-2018	2.298,92
18-12-2018	2.300,93	18-12-2018	2.298,95	18-12-2018	2.298,92

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-61: 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

Para el período comprendido entre julio y diciembre de 2018, en la Figura 5-62 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica KCL, y que forman parte del PSAH: precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura a nivel diario.

En la Tabla 5-52 se presenta un resumen con los principales estadígrafos de las variables meteorológicas medidas. Respecto a la precipitación, el mínimo correspondió a 0 mm/día, con un máximo el día 19 de julio de 2,00 mm/día. La evaporación presentó una tasa potencial media de 9,17 mm/día con un máximo de 15,8 mm/día (12 de diciembre). La velocidad del viento presentó máximos y mínimos de 1,25 y 6,11 m/s. Finalmente, la temperatura promedio osciló en el rango 8,34°C y 23,26°C, (19 de julio y 12 de diciembre).

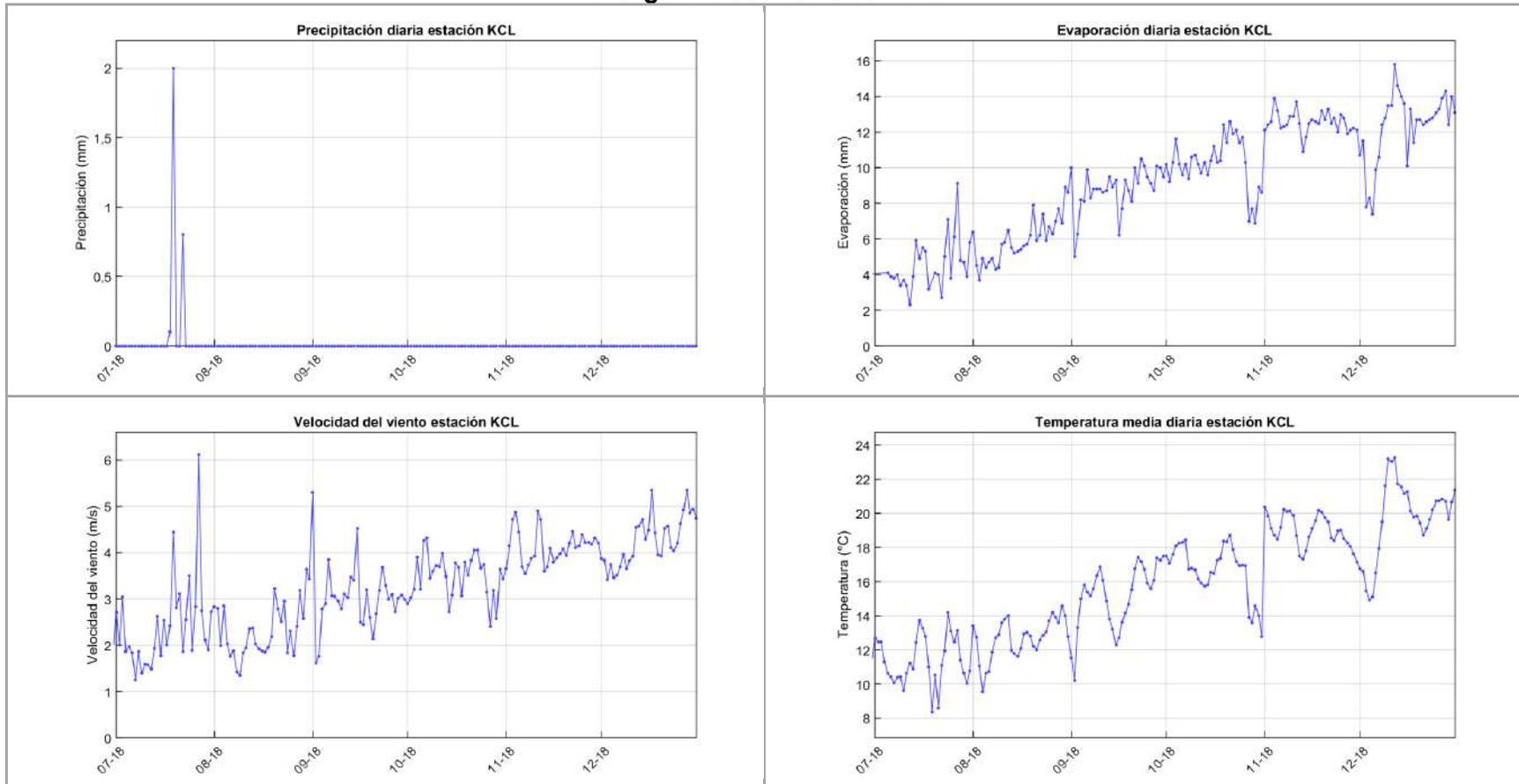
Para mayor información sobre las series de datos meteorológicos de la estación KCL, ver el Anexo 10, donde se presentan en forma tabulada los registros obtenidos para el período semestral objeto del presente reporte.

Tabla 5-52: Estadígrafos series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2018

Variable	Unidades	Min	Max	Promedio	Des. Estándar
Precipitación	mm/día	0,00	2,00	0,02	0,16
Evaporación	mm/día	2,30	15,80	9,17	3,26
Velocidad del viento	m/s	1,25	6,11	3,26	0,99
Temperatura media diaria	°C	8,34	23,26	15,74	3,45

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-62: Series de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura Estación Meteorológica de KCL para el segundo semestre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6.3 Calidad química

En esta sección 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 segundo semestre del año 2018.

En la Figura 4-11 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 semestre⁸². En el Anexo 6 se muestran los certificados de autorización de SGS Chile Ltda. y de CESMEC S.A. como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFAs).

A continuación, en la Tabla 5-53 se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de muestras de agua tomadas en terreno y analizadas por el laboratorio SGS Chile Ltda. (muestreo de julio) y CESMEC S.A. (muestreo de octubre), a los pozos de monitoreo en el segundo semestre de 2018. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 5-63. Como se observa, durante el periodo se realizaron los dos monitoreos trimestrales comprometidos.

Tabla 5-53: Resultados calidad del agua sector Núcleo segundo semestre de 2018

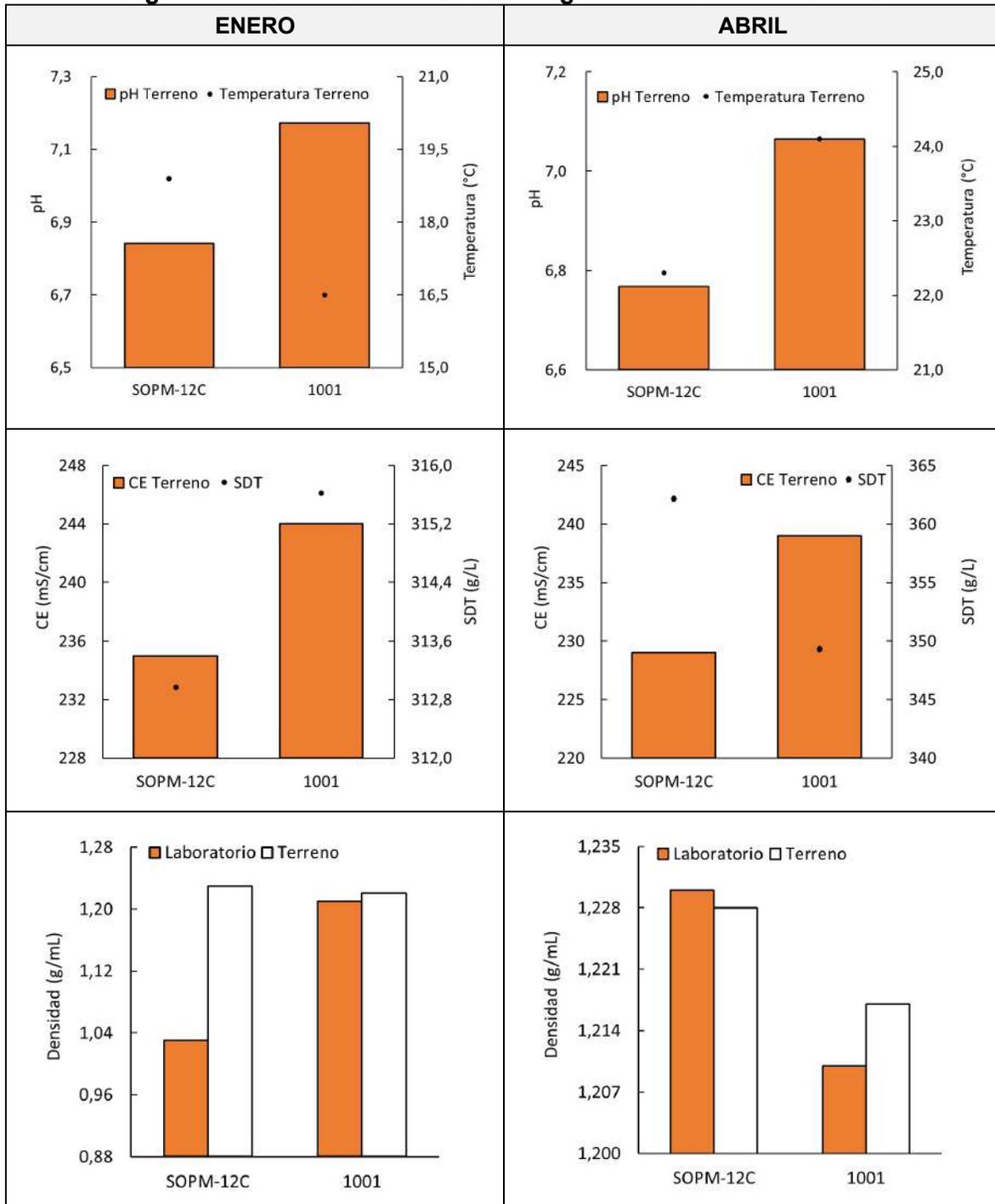
Parámetro	Unidad	SOPM-12C		1001	
		25-07-18	24-10-18	25-07-18	24-10-18
Conductividad Terreno	μS/cm	235.000	229.000	244.000	239.000
Densidad	g/ml	1,03 ⁸³	1,23	1,21	1,21
Densidad Terreno	g/ml	1,230	1,228	1,220	1,217
pH Terreno	-	6,841	6,768	7,172	7,065
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	312.970	362.160	315.620	349.320
Temperatura Terreno	°C	18,9	22,3	16,5	24,1

Fuente: Elaboración propia.

⁸² Los valores históricos y sus respectivos informes de laboratorio fueron presentados en los respectivos informes semestrales del PSAH.

⁸³ Valor se encuentra por debajo del rango esperado y del resultado obtenido en terreno. Se solicita verificación a laboratorio, pero se señala que no se cuenta con volumen mínimo de muestra para reanalizar.

Figura 5-63: Resultados calidad del agua sector Núcleo del Salar



Fuente: Elaboración propia.

5.2.7 Cuña Salina

De acuerdo a lo indicado en 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 segundo 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, es también parte del monitoreo del Sistema Peine. Debido a ello, los niveles y resultados del monitoreo de calidad de dicho pozo no se presentan en esta sección, y pueden ser consultados 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 (CE) no se establece la necesidad de cuantificar el nivel freático, SQM realiza el monitoreo mensual a modo de complemento. En la Tabla 5-54 se presenta el detalle de los niveles de 6 de los 8 puntos de control establecidos, ya que las mediciones de nivel del pozo L4-3 se presentaron como parte del Sistema Aguas de Quelana (ver sección 5.2.2) mientras que no se cuenta con mediciones del punto de control Cuña 7 debido a que no fue posible realizar las mediciones dado 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). Por otra parte, se debe señalar que el pozo Cuña 4 se encontró en estado de surgencia durante la mayoría del periodo, por lo que durante los monitoreos su nivel no pudo ser cuantificado. En los distintos pozos del sector, los niveles variaron entre 2.299,9 msnm y 2318,9 msnm (Figura 5-64).

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 en la Tabla 5-54.

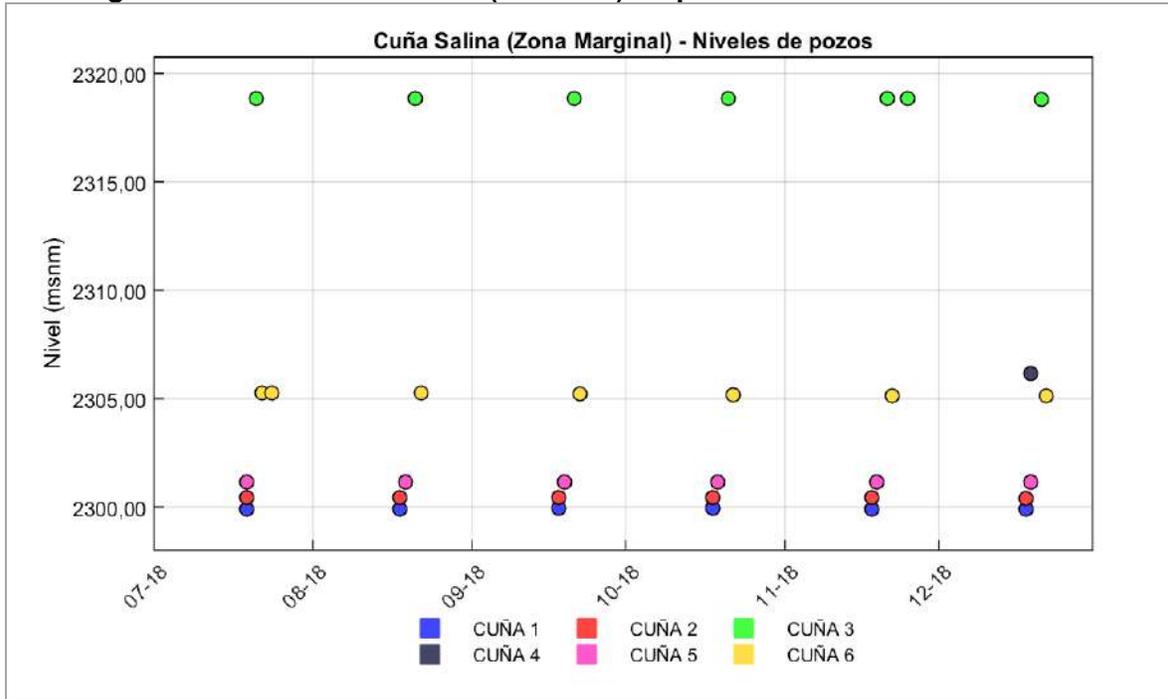
Tabla 5-54: Registro de niveles en pozos de la zona marginal del Sistema Cuña Salina

Cuña 1		Cuña 2		Cuña 3	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
19-07-2018	2.299,93	19-07-2018	2.300,45	21-07-2018	2.318,84
18-08-2018	2.299,93	18-08-2018	2.300,46	21-08-2018	2.318,85
18-09-2018	2.299,94	18-09-2018	2.300,47	21-09-2018	2.318,85
18-10-2018	2.299,94	18-10-2018	2.300,47	21-10-2018	2.318,84
18-11-2018	2.299,93	18-11-2018	2.300,44	21-11-2018	2.318,83
18-12-2018	2.299,91	18-12-2018	2.300,40	25-11-2018	2.318,83
				21-12-2018	2.318,81
Cuña 4		Cuña 5		Cuña 6	
Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)	Fecha	Nivel (msnm)
19-07-2018	Surgente	19-07-2018	2.301,17	22-07-2018	2.305,26
19-08-2018	Surgente	19-08-2018	2.301,17	24-07-2018	2.305,26
19-09-2018	Surgente	19-09-2018	2.301,17	22-08-2018	2.305,25

19-10-2018	Surgente	19-10-2018	2.301,16	22-09-2018	2.305,22
19-11-2018	Surgente	19-11-2018	2.301,16	22-10-2018	2.305,19
19-12-2018	2.306,17	19-12-2018	2.301,16	22-11-2018	2.305,16
				22-12-2018	2.305,13

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-64: Nivel observado (m.s.n.m.) en pozos del sistema Cuña Salina



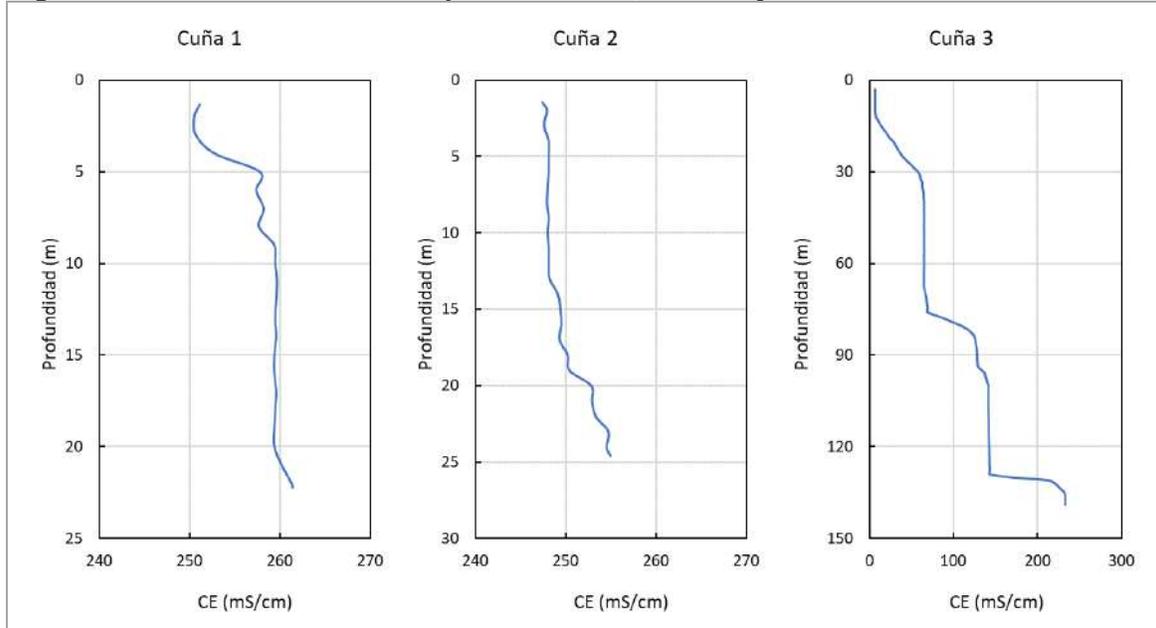
Fuente: Elaboración propia.

El perfil de CE fue medido en 7 de los 8 pozos comprometidos. Los pozos Cuña 7 y L10-1 (medición complementaria efectuada por SQM) no presentan registros para el periodo reportado. Esto se debe 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).

Las mediciones del perfil de CE en los 7 pozos monitoreados se presentan en la Figura 5-65, Figura 5-66 y Figura 5-67, ordenados de norte a sur para cada perfil cuña. La Figura 5-65 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3; la Figura 5-66 presenta los perfiles de CE para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3; y la Figura 5-67 presenta el perfil de CE del pozo Cuña 6.

La información tabulada de estos resultados se presenta en la Tabla 5-55, Tabla 5-56, Tabla 5-57, Tabla 5-58, Tabla 5-59 y Tabla 5-60.

Figura 5-65: Perfil de CE en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-55: Registro de CE para los pozos Cuña 1 y Cuña 2 a diciembre de 2018

Cuña 1		Cuña 2	
Profundidad (m)	CE (mS/cm)	Profundidad (m)	CE (mS/cm)
1,323	251,1	1,472	247,4
2	250,5	2	247,9
3	250,7	3	247,6
4	252,8	4	248,1
5	257,8	5	248,1
6	257,4	6	248,1
7	258,2	7	248
8	257,7	8	247,9
9	259,4	9	248,1
10	259,5	10	248
11	259,7	11	248,1
12	259,6	12	248,1
13	259,5	13	248,2
14	259,6	14	249,1
15	259,4	15	249,4
16	259,4	16	249,5
17	259,6	17	249,3
18	259,5	18	250,2
19	259,4	19	250,4
20	259,4	20	252,8
21	260,2	21	252,9
22	261,3	22	253,3
22,229	261,4	23	254,7

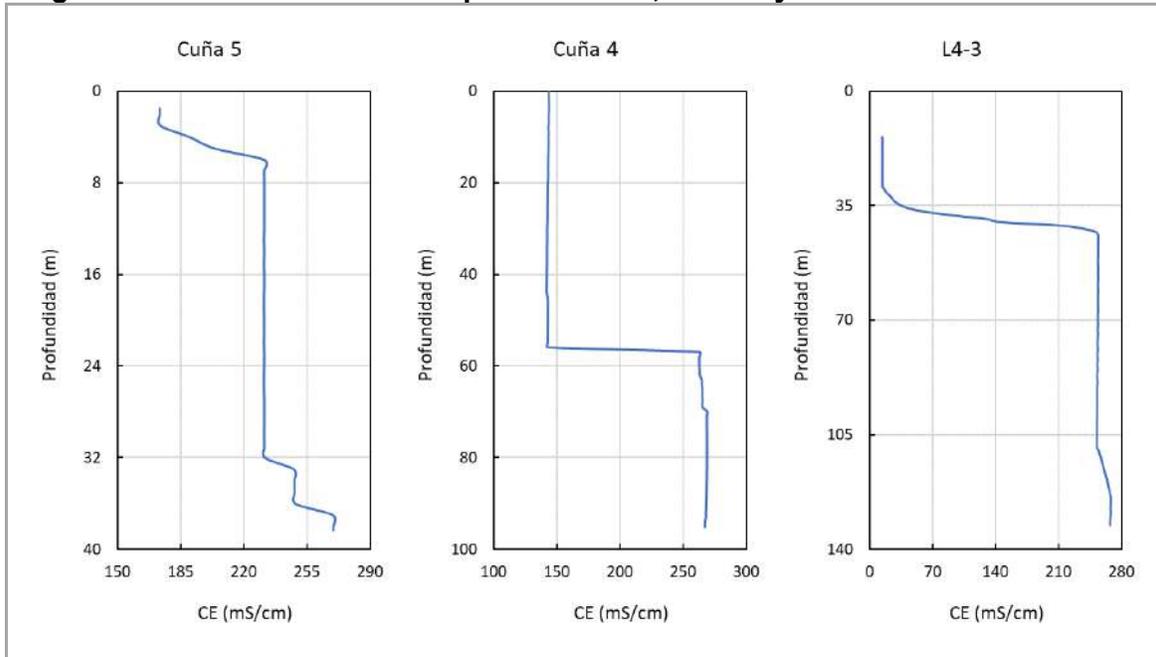
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-56: Registro de CE para el pozo Cuña 3 a diciembre de 2018

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
2,996	6,66	37	64,45	72	67,99	107	141,5
3	6,68	38	64,53	73	68,37	108	141,5
4	6,66	39	64,69	74	69,2	109	141,6
5	6,65	40	64,94	75	69,24	110	141,7
6	6,65	41	64,98	76	69,31	111	141,8
7	6,65	42	64,91	77	78,83	112	141,9
8	6,65	43	64,91	78	88,71	113	142
9	6,65	44	64,95	79	97,3	114	142
10	6,79	45	64,96	80	106	115	142
11	7,07	46	64,95	81	113,4	116	142,1
12	7,83	47	64,92	82	118,7	117	142,2
13	9,88	48	64,9	83	122,5	118	142,3
14	11,78	49	64,96	84	124,9	119	142,4
15	14,1	50	64,92	85	125,9	120	142,4
16	16,57	51	64,97	86	126,4	121	142,5
17	19,42	52	64,96	87	127,1	122	142,5
18	21,92	53	64,94	88	127,5	123	142,6
19	24,31	54	64,93	89	127,7	124	142,8
20	28,27	55	64,91	90	127,9	125	142,8
21	30,61	56	64,95	91	128,1	126	142,8
22	32,4	57	64,98	92	128,3	127	143
23	34,52	58	64,88	93	128,7	128	143
24	37,12	59	64,93	94	129,8	129	143,1
25	39,49	60	64,94	95	133,7	130	167,1
26	43,14	61	64,95	96	137,5	131	213
27	47,06	62	64,92	97	137,8	132	220,4
28	50,51	63	64,92	98	139,2	133	224,5
29	54,33	64	64,9	99	140,3	134	228,3
30	57,76	65	64,89	100	141,6	135	231,6
31	59,93	66	64,9	101	141,5	136	233
32	60,51	67	64,92	102	141,4	137	233
33	62,13	68	64,91	103	141,4	138	233
34	62,59	69	66,11	104	141,5	139	233
35	62,69	70	66,59	105	141,5	139,09	233
36	63,67	71	67,39	106	141,5		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-66: Perfil de CE en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a diciembre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-57: Registro de CE para el pozo Cuña 4 a diciembre de 2018

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
0	143,5	25	142,7	50	142,9	75	268,9
1	143,5	26	142,5	51	142,9	76	269
2	143,6	27	142,7	52	142,8	77	269
3	143,7	28	142,5	53	142,9	78	269
4	143,8	29	142,5	54	142,8	79	269
5	143,5	30	142,2	55	142,8	80	268,9
6	143,4	31	142,2	56	142,8	81	269
7	143,5	32	142,3	57	262,9	82	269
8	143,2	33	142,2	58	262,9	83	268,8
9	143,4	34	142,1	59	262,9	84	268,8
10	143,3	35	142,1	60	262,9	85	268,7
11	143,4	36	142	61	263	86	268,6
12	143,3	37	142,1	62	263,1	87	268,5
13	143,3	38	142	63	264,8	88	268,5
14	143,2	39	141,9	64	264,9	89	268,3
15	143,2	40	141,9	65	265,3	90	268,2
16	143,2	41	141,8	66	265,2	91	268,2
17	143	42	141,7	67	265,4	92	268
18	143,2	43	141,7	68	265,4	93	268,1
19	143,1	44	141,7	69	265,4	94	267,6
20	142,9	45	142,6	70	269	95	267,5
21	142,8	46	143	71	268,8	95,23	267,5
22	142,8	47	142,9	72	268,8		
23	142,8	48	142,9	73	268,8		
24	142,6	49	142,9	74	268,9		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-58: Registro de CE para el pozo Cuña 5 a diciembre de 2018

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
1,49	173,5	11	231,5	21	231,4	31	231,5
2	173,5	12	231,5	22	231,3	32	232
3	173,8	13	231,3	23	231,5	33	247,8
4	190	14	231,5	24	231,4	34	248,2
5	204	15	231,3	25	231,3	35	248,3
6	231,6	16	231,5	26	231,3	36	248,8
7	231,4	17	231,5	27	231,5	37	269,6
8	231,5	18	231,3	28	231,5	38	269,8
9	231,5	19	231,3	29	231,5	38,313	269,8
10	231,5	20	231,4	30	231,4		

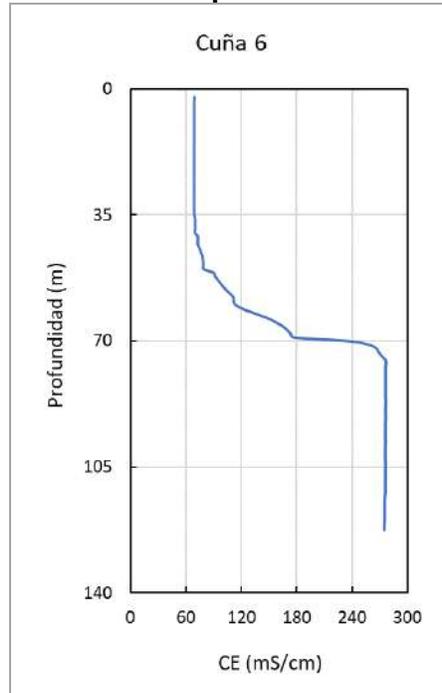
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-59: Registro de CE para el pozo L4-3 a diciembre de 2018

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
14,011	13,68	45	254,2	75	253,9	105	252,9
15	13,95	46	254,4	76	253,7	106	252,9
16	13,95	47	254,2	77	253,7	107	252,9
17	13,95	48	254,2	78	253,7	108	252,8
18	13,95	49	254,2	79	253,9	109	253,2
19	13,96	50	254,4	80	253,6	110	255,1
20	13,95	51	254,1	81	253,6	111	256,2
21	13,95	52	254	82	253,8	112	257,2
22	13,95	53	254,1	83	253,5	113	258,4
23	13,95	54	254,3	84	253,5	114	259,3
24	13,95	55	254,2	85	253,8	115	260,3
26	13,95	56	254,1	86	253,4	116	261,1
27	13,95	57	254,4	87	253,4	117	262,4
28	13,95	58	254,1	88	253,4	118	263,4
29	13,94	59	254,1	89	253,7	119	264,3
30	15,91	60	254	90	253,3	120	265,1
31	18,4	61	254,2	91	253,2	121	265,9
32	22,33	62	254	92	253,2	122	266,9
33	25,31	63	254	93	253,3	123	267,4
34	28,87	64	254	94	253,3	124	268,4
35	35,44	65	254	95	253,2	125	268,2
36	46,19	66	254	96	253,4	126	268,3
37	65,9	67	254,2	97	253,3	127	268,1
38	94,32	68	253,9	98	253,1	128	268
39	129,7	69	253,9	99	253,1	129	268,3
40	145,1	70	253,9	100	253,2	130	268
41	211,1	71	254,1	101	253	131	267,8
42	237,8	72	253,9	102	252,9	132	267,7
43	251,5	73	253,8	103	253,1	132,69	267,7
44	254,2	74	254	104	252,9		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-67: Perfil de CE en el pozo Cuña 6 a diciembre de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-60: Registro de CE para el pozo Cuña 6 a diciembre de 2018

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
2,157	69,51	34	69,14	66	165,6	98	276,3
3	69,29	35	69,44	67	170,4	99	276
4	69,21	36	70,27	68	173,4	100	276
5	69,26	37	70,28	69	176,6	101	275,9
6	69,23	38	70,22	70	238,1	102	276
7	69,26	39	70,28	71	258,5	103	276
8	69,2	40	70,24	72	266,2	104	276,2
9	69,21	41	73,02	73	268,6	105	276,2
10	69,18	42	73,01	74	271,9	106	276,1
11	69,23	43	73,01	75	275,7	107	276,1
12	69,21	44	74,31	76	277	108	276,1
13	69,16	45	75,77	77	276,4	109	276,1
14	69,21	46	77,2	78	276,4	110	276
15	69,17	47	78,12	79	276,4	111	276,1
16	69,2	48	78,8	80	276,4	112	276,2
17	69,17	49	78,94	81	276,4	113	275,5
18	69,19	50	79,08	82	276,4	114	275,5
19	69,21	51	89,72	83	276,4	115	275,3
20	69,16	52	91,67	84	276,4	116	275,4
21	69,2	53	94,59	85	276,3	117	275,4
22	69,16	54	97,54	86	276,4	118	275,3
23	69,18	55	101,1	87	276,6	119	275,4
24	69,13	56	104,3	88	276,4	120	275,3
25	69,19	57	108,5	89	276,4	121	275
26	69,13	58	111,8	90	276,3	122	275,1

Prof. (m)	CE (mS/cm)						
27	69,13	59	112,1	91	276,5	122,4	275,1
28	69,16	60	114,1	92	276,3		
29	69,14	61	121	93	276		
30	69,14	62	131,5	94	276,2		
31	69,12	63	142,2	95	276,1		
32	69,15	64	152,1	96	276		
33	69,13	65	159	97	276,1		

Fuente: Elaboración propia.

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

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

Primero, se analizará el estado de los indicadores asociados al Plan de Contingencia del Proyecto y de los puntos de control definidos para el Sistema Peine de acuerdo a las acciones 19, 20 y 21 del Programa de Cumplimiento aprobado mediante Res. Ex. N°24 de 2019, en relación a los umbrales establecidos para su control y, posteriormente, se analizarán todas las variables que componen el PSAH.

6.1 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

De los 44 indicadores de estado evaluados como parte del Plan de Contingencia, durante el segundo semestre del año 2018 se presentaron los siguientes estados de activación:

Sistema Soncor: el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4 se encontraron en estado de Fase II durante todo el período de evaluación semestral, situación observada en reportes previamente entregados a la autoridad (activación de Fase II el día 20 de mayo de 2018).

Sistema Aguas de Quelana: activación de Fase I durante diciembre de 2018 en el pozo L5-10. Respecto al pozo L4-12, se evidenciaron superaciones puntuales de Fase I en los registros continuos durante el mes de diciembre, situación que no se vio reflejada en los monitoreos manuales efectuados en forma diaria⁸⁴.

Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex: superación de umbral Fase I durante diciembre de 2018 en pozos L2-7 y L1-3. Adicionalmente, el indicador L7-6 se mantiene en la condición de Fase I evidenciada en los períodos semestrales anteriores⁸⁵. Finalmente, los pozos L3-3 y L2-28 activan Fase I en diciembre de 2018, en forma consistente con las superaciones de los umbrales registradas esporádicamente en períodos previos⁸⁶.

Cabe señalar que los sistemas Soncor y Sistema Borde Este – Vegetación Brea Atriplex 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 julio de 2018 en todos los indicadores de estado. Por su parte, para el caso del Sistema Aguas de Quelana, la activación se verificó en diciembre de 2018, es decir en

⁸⁴ Los datos de monitoreo continuo son descargados mensualmente desde el sensor de presión durante el mes siguiente al término de registro, en este caso en enero de 2019, período no comprendido en el presente reporte. Adicionalmente, y de acuerdo a lo descrito en la sección de metodología, el sensor permite cuantificar en forma continua la presión de la columna de agua en el pozo, valor que debe ser complementado con la densidad del agua de tal forma de obtener la altura de la columna (mca), variable que es ingresada al equipo en forma manual, con una frecuencia mensual. Debido a lo anterior, es posible que registros obtenidos mediante los sensores continuos difieran de las mediciones manuales efectuadas con pozómetro, ya que, de existir variaciones de la densidad del agua, estas no serían reconocidas por el equipo continuo hasta el nuevo seteo mensual del mismo. De esta forma, se considera la medición manual como aquella representativa de la profundidad del nivel. No obstante, cabe señalar que durante el mes de enero se dio aviso a la autoridad de la activación de Fase I en dicho pozo, debido a superaciones registradas mediante el monitoreo manual (Comprobante Cod. RIA4418, de 09 de enero de 2019).

⁸⁵ Cod. RIA1715

⁸⁶ Cod. RIA1944 y Cod. RIA3227

forma posterior al inicio del monitoreo diario de todos los indicadores de estado de acuerdo a lo comprometido en la acción 6 del Programa de Cumplimiento.

En la sección 6.1.7 se presenta el contraste entre los niveles medidos desde octubre de 2018 en los puntos de control definidos para el Sistema Peine de acuerdo a las acciones 19, 20 y 21 del PdC. Durante el segundo semestre del año 2018 se presentaron los siguientes estados de activación:

Sistema Peine: Activación de Fase I en pozos 1028 y L10-11 desde el inicio del período de registro.

En el Anexo 8 se muestran los respaldos de los reportes de activación de Fase I para el segundo semestre de 2018.

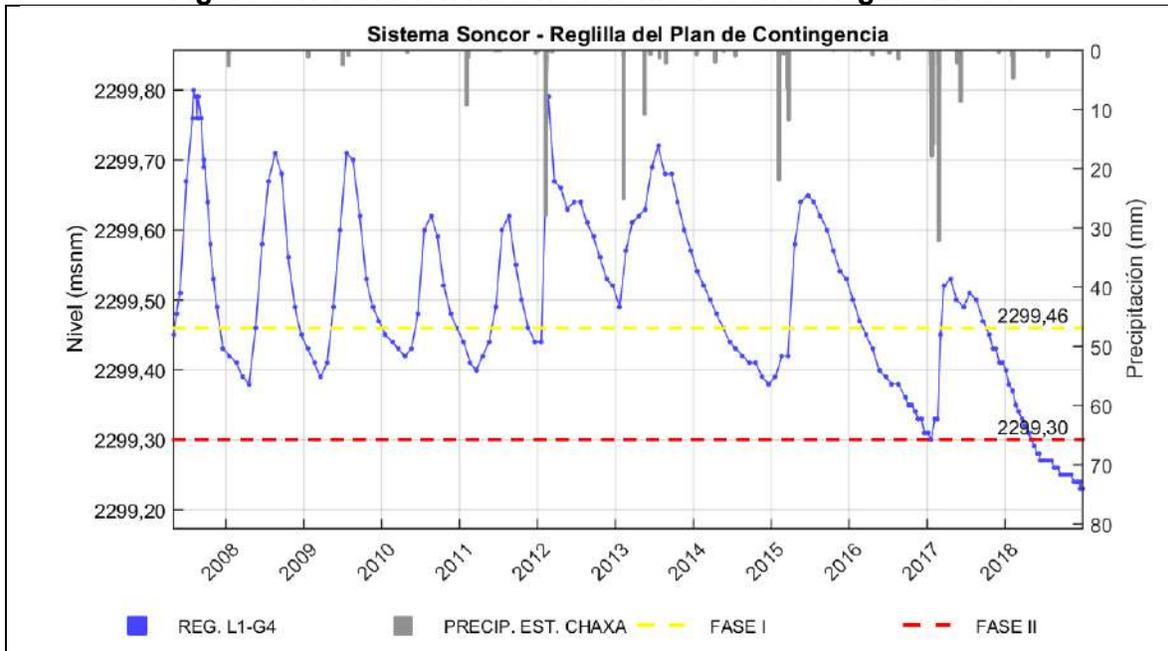
6.1.1 Sistema Soncor

El Plan de Contingencia de Soncor tiene por objeto advertir, anticipar y evitar posibles afectaciones sobre los objetos de protección del sistema, producto de las actividades que desarrolla SQM en la cuenca. En particular, de acuerdo a la RCA N°226/2006 (considerandos 11.2.1 y 11.2.3), la Reglilla L1-G4 y el pozo L1-5 son los indicadores de estado para la Laguna Barros Negros por el bombeo de salmuera desde el núcleo del salar, mientras que el pozo L1-4 es el indicador de estado para la misma laguna, pero por el posible efecto generado por los pozos de agua industrial Mullay y Allana. El pozo L7-4 es el indicador de estado para la Laguna Puillar 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 fuera evidenciado en el informe del PSAH N°23, situación que se ha mantenido durante el segundo semestre del año.

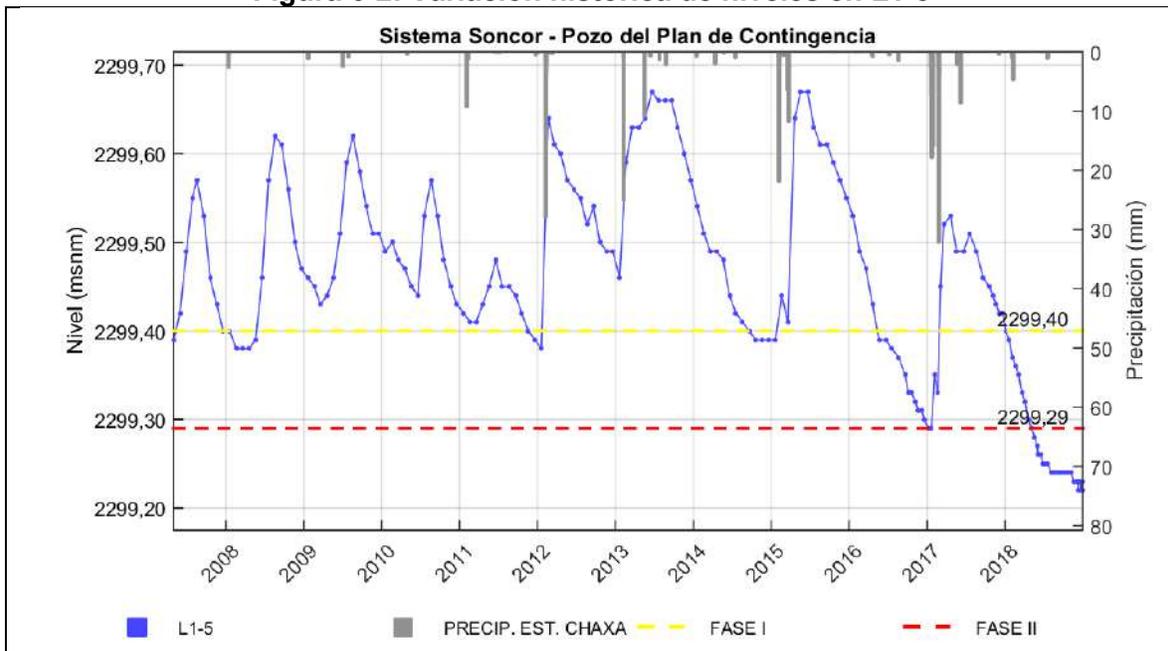
Tal como se establece en la RCA, SQM dio aviso de la situación a la Superintendencia del Medio Ambiente, redujo el caudal de extracción de salmuera al escalón anteriormente vigente (escalones definidos en Tabla 2 RCA N°226/2006), e inició una etapa de investigación orientada a determinar las causas de 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).

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

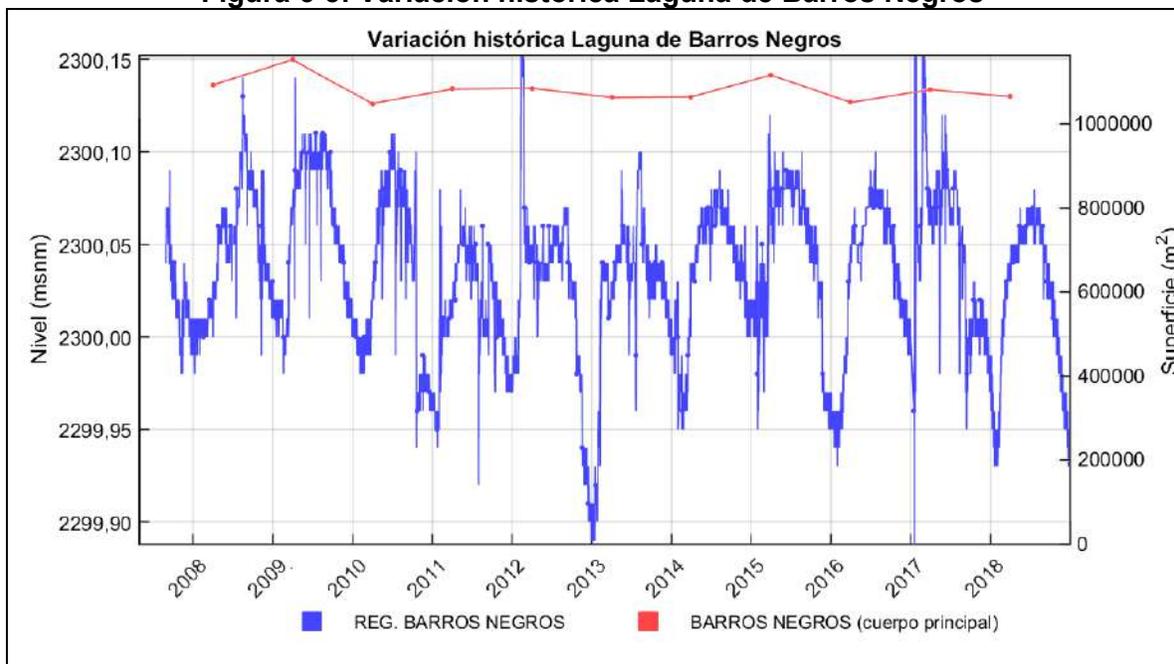
Los resultados de los análisis y simulaciones implementadas durante la etapa de investigación permitieron concluir que la causa principal de activación de Fase II corresponde al cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros y no al efecto de las extracciones de salmuera efectuado 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).

De acuerdo a las conclusiones obtenidas de los estudios realizados, es posible evidenciar que los actuales indicadores de estado, L1-5 y L1-G4, no son eficaces para anticipar potenciales efectos sobre el sistema objeto de protección producto de las extracciones de salmuera en el núcleo, lo que impide fijar un umbral único que dé cuenta de forma exclusiva del efecto de la extracción de salmuera sobre los niveles que se observan a través de estos puntos, siendo recomendable establecer una optimización de los indicadores de estado considerando puntos más idóneos para estos efectos.

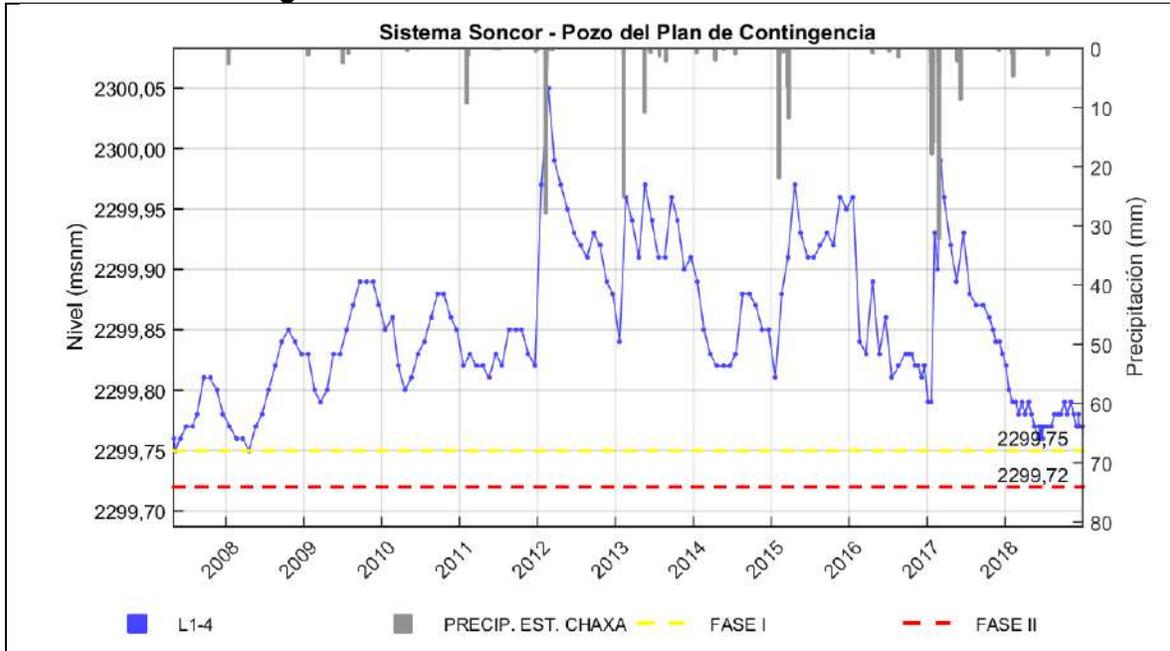
Como se observa en la Figura 6-4 y la Figura 6-5, los indicadores de estado L1-4 y L7-4 no han superado los umbrales de fases durante todo el periodo de observación. Respecto al punto L1-4 es posible observar que su comportamiento también ha experimentado un cambio a partir de 2012; no muestra oscilación 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 6-3: Variación histórica Laguna de Barros Negros



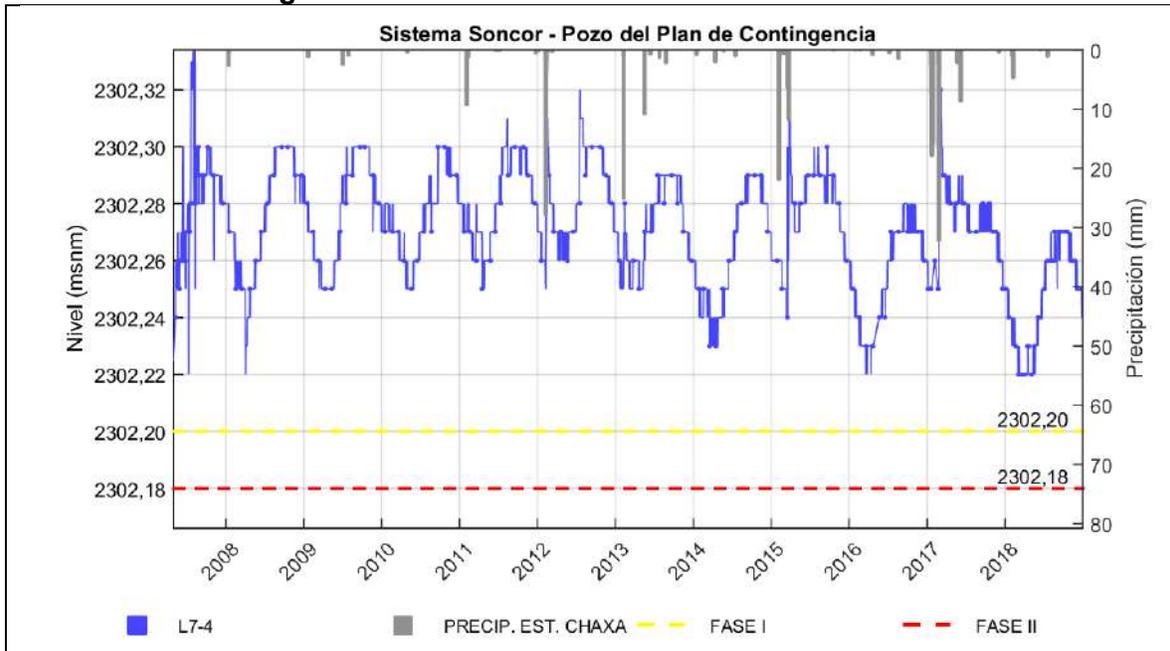
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-5: Variación histórica de niveles en 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 afectaciones sobre los objetos de protección del sistema producto de las actividades que desarrolla SQM en la cuenca. Para este sistema, los objetos de protección corresponden al 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 de estado del sistema. Estos indicadores buscan alertar sobre posibles afectaciones provenientes desde dos fuentes: extracciones de salmuera desde el núcleo del salar y bombeo de agua industrial desde Camar-2 y Socaire-5B. Como indicadores de la influencia de las extracciones del núcleo, se monitorea el nivel de los pozos L3-9, L4-12 y L5-10. Como indicadores del bombeo en Camar-2 y Socaire-5B, se monitorea el nivel de los pozos L3-5, L4-8 y L5-8.

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 zona⁸⁷. 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/año⁸⁸). En el resto de los pozos, las tasas de descenso son despreciables, e incluso, se observa una leve tendencia al ascenso en el pozo L4-8 (0,6 cm/año). De este modo, los niveles generales del sector se encuentran estables.

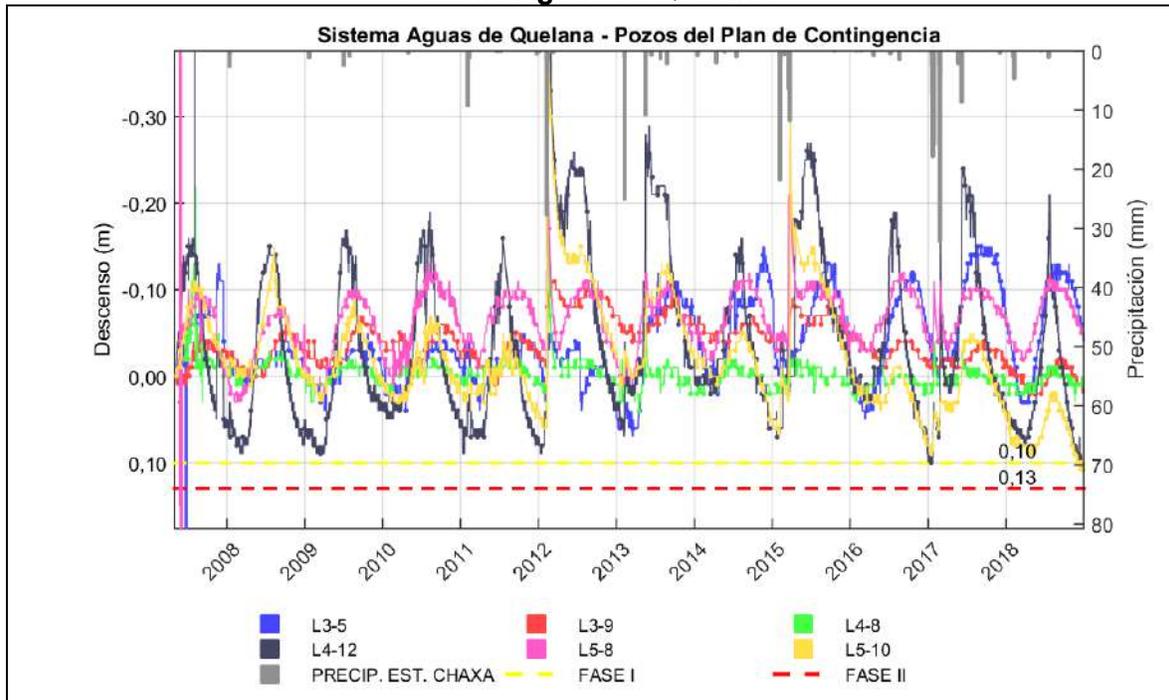
Durante el período reportado, el pozo L5-10 alcanzó la Fase I en el mes de diciembre. Tal como se establece en la RCA, SQM dio aviso de la situación a la Superintendencia del Medio Ambiente (ver Anexo 8).

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

⁸⁷ Un análisis de Fourier muestra que, en casi todos los pozos, el período dominante es cercano al año. Sólo los pozos L3-9 y L5-10 muestra una periodicidad anual con dominancia secundaria.

⁸⁸ La evaluación de los descensos en la presente sección fue realizada mediante regresión lineal desde el segundo semestre del 2007 (II/2007).

Figura 6-6: Variación histórica de niveles de los Pozos del Plan de Contingencia del Sistema Aguas de Quelana⁸⁹



Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa

El sistema Vegetación Borde Este cuenta con 3 subsistemas: Vegetación Hidromorfa, Brea-Atriplex y Alerta Temprana. El Plan de Contingencia del subsistema Vegetación Hidromorfa busca advertir, anticipar y evitar posibles afecciones que pueden producir las extracciones de agua industrial. Para ello, se tiene como indicadores de estado los pozos: L1-17, L2-4, L2-27, L3-5, L7-3 y la Reglilla L4-10.

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 1,9 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 o iguales a 0,7 cm/año⁹⁰.

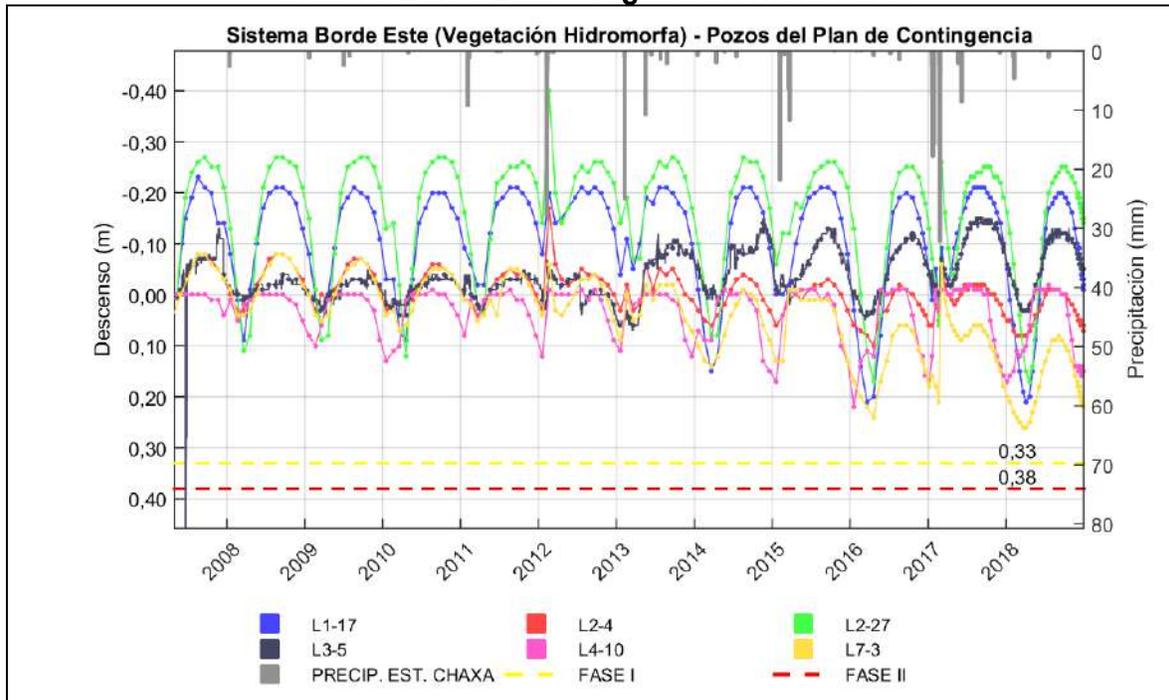
Se puede observar que todos los pozos presentan oscilaciones estacionales, lo que muestra su dependencia con los ciclos de evaporación u otras variables meteorológicas⁹¹. También se observó en algunos indicadores (e.g. L2-27) una rápida respuesta ante fuertes precipitaciones, volviendo luego al comportamiento oscilatorio comúnmente registrado.

⁸⁹ 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.

⁹⁰ Las tasas de descenso fueron obtenidas por regresión lineal desde II/2007.

⁹¹ Un análisis de Fourier muestra en todos los pozos un período dominante cercano al anual.

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



Fuente: Elaboración propia.

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 él corresponde a L7-3, alcanzando un descenso máximo, respecto a su primer registro del 2007, de 0,26 m durante marzo de 2018, 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 del presente informe.

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 han 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 subsistema 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 (tasas de descenso $\leq 0,7$ cm/año⁹²). 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

⁹² Las tasas de descenso fueron obtenidas por regresión lineal desde III/2007.

oportunidades, la primera de ellas durante el año 2017, la segunda a comienzos del año 2018 y la tercera en diciembre de 2018. El pozo L2-28 lo hizo adicionalmente en marzo de 2016. Durante el segundo semestre de 2018, adicionalmente, se superaron los umbrales de Fase I en los pozos L2-7 y L1-3, ambos en el mes de diciembre. En el Anexo 8 se presentan los registros de aviso a la autoridad correspondiente. 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 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 54 cm/año, situación que se ha mantenido hasta el presente periodo, lo que podría deberse a un aumento en la recarga local.

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 2013⁹⁷, 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 0,7 cm/año, mientras que la tasa de descenso del segundo ha sido de 0,4 cm/año (ambos desde II/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/año⁹⁸.

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 L9-1 fue de 0,12 m, valor alcanzado el 20 de febrero del 2015. Por su parte, para L3-11, el mayor descenso fue de 0,03 m, valor alcanzado en diciembre⁹⁹.

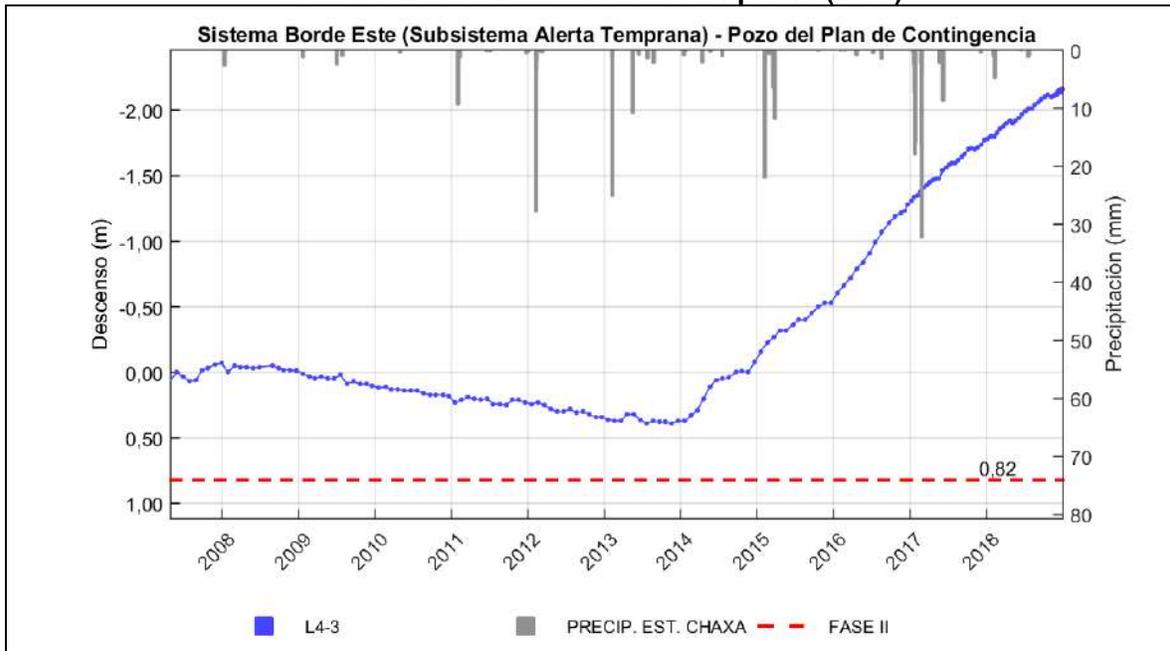
Este - Brea Atriplex. Sin embargo, cuando se ejecutó se verificó que su ubicación no era idónea para el objetivo planteado, manteniéndose su monitoreo como parte del PSAH, pero siendo reemplazado como indicador de contingencia por otros pozos existentes de mayor representatividad (L7-14, L4-17, L9-2 y L2-25). En el marco del proceso sancionatorio iniciado por la SMA mediante Res. Ex. N°1/Rol F-041-2016, SQM retoma el monitoreo de dicho pozo como parte del Plan de Contingencia del Sistema Vegetación Borde Este, dando aviso a la autoridad de la activación de Fase I.

⁹⁷ Fecha de acuerdo a medición manual.

⁹⁸ Valores obtenidos por regresión lineal.

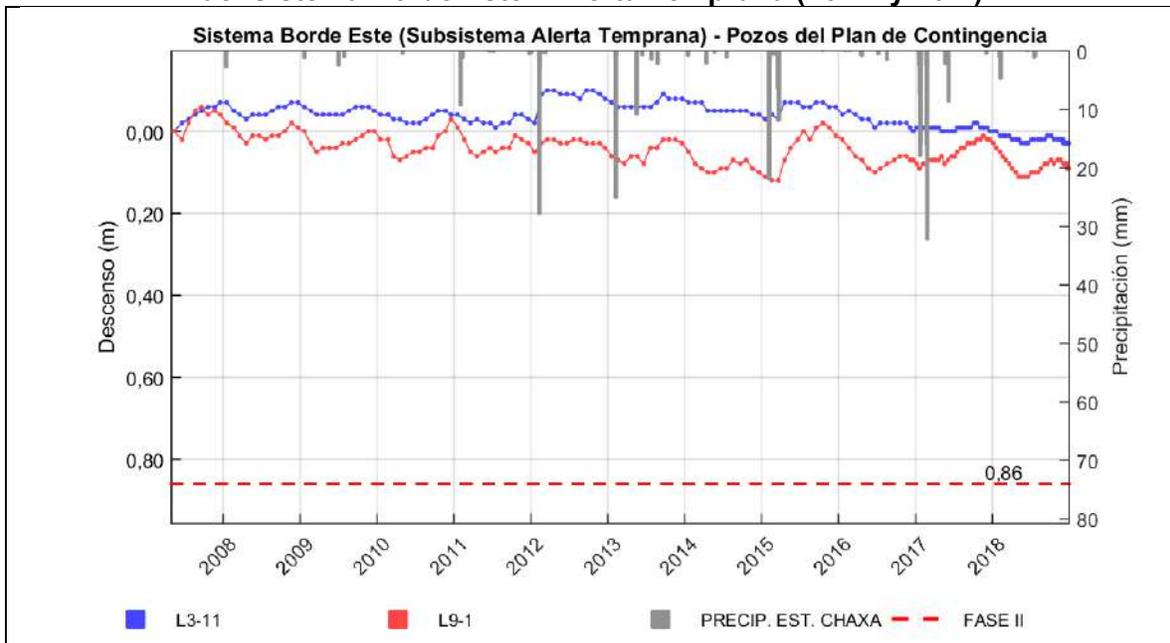
⁹⁹ Fecha de acuerdo a medición manual.

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



Fuente: Elaboración propia.

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

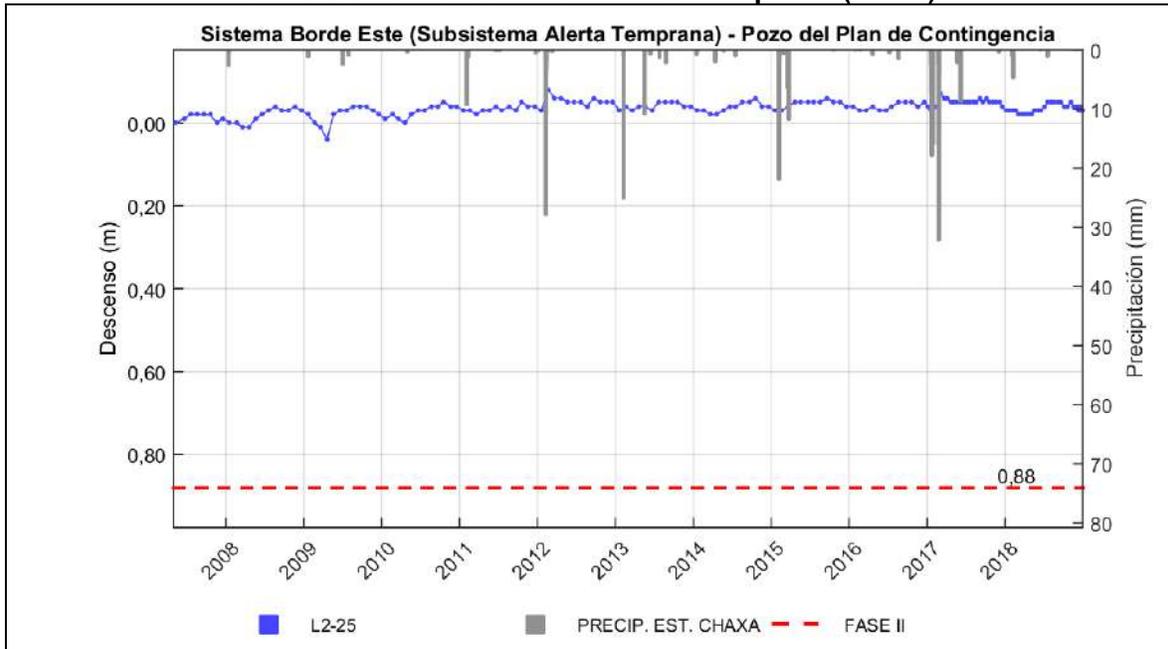


Fuente: Elaboración propia.

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 absoluto de los bombeos de agua industrial sobre el nivel en el pozo, observándose una oscilación

estacional que podría deberse a los ciclos de evaporación¹⁰⁰. 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 2009¹⁰¹.

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 0,52 m, valor alcanzado en diciembre de 2018¹⁰².

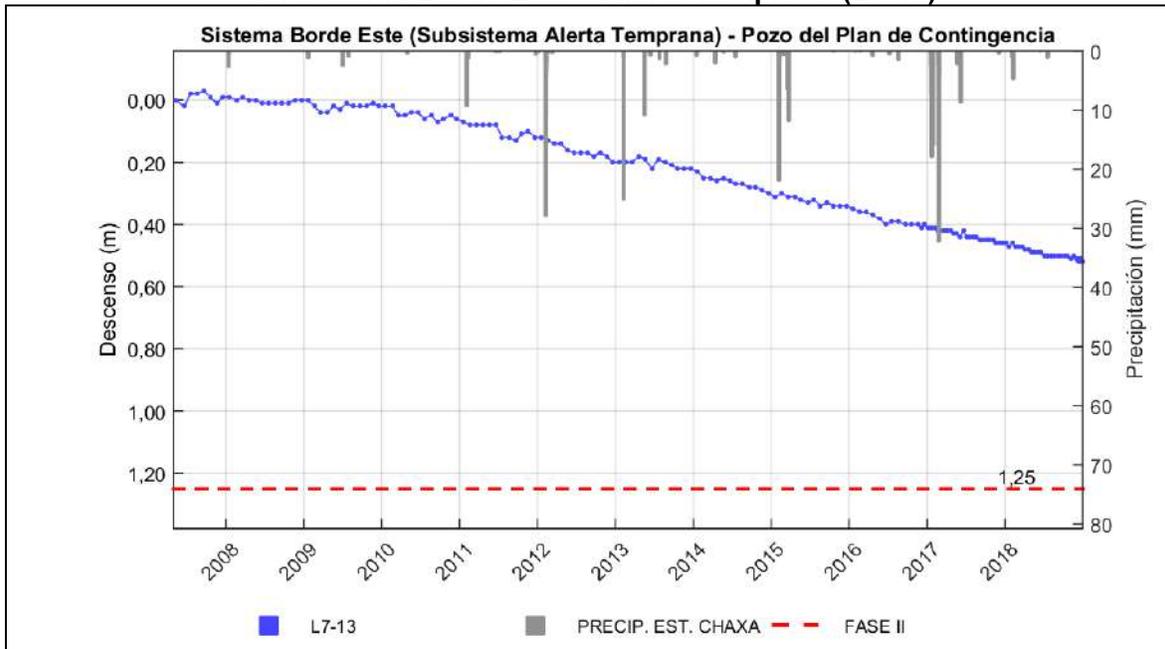
Un análisis del comportamiento de los indicadores del subsector de Borde Este – Alerta Temprana en relación a otros pozos cercanos se incluye en la sección 6.2.

¹⁰⁰ Un análisis de Fourier muestra que el segundo período dominante es cercano al anual.

¹⁰¹ Fecha de acuerdo a medición manual.

¹⁰² 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

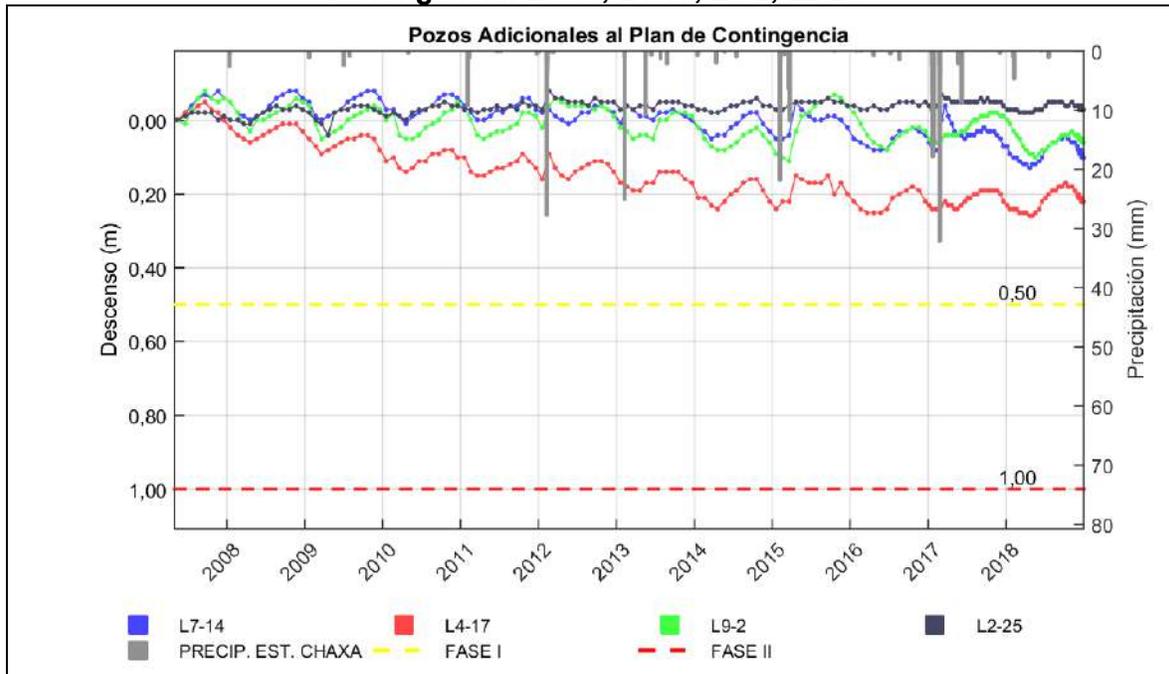
Tal como se mencionó en la sección 5.1.6, con el fin de incrementar los resguardos sobre el Sistema Borde Este, SQM ha incluido en forma complementaria al Plan de Contingencia, mediante la misma metodología utilizada en la definición del resto de los pozos que conforman el PC, seis pozos de monitoreo que forman parte del PSAH, como indicadores adicionales a los establecidos en la RCA N°226/2006. Estos pozos son: L7-14, L4-17, L9-2, L2-25 (asociados al Subsistema Borde Este – Vegetación Brea-Atriplex) y L2-26 y L3-15 (asociados al Subsistema Borde Este – Alerta Temprana).

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, 2,0 cm/año y 0,6 cm/año (desde el II/2007), respectivamente y oscilaciones anuales que se explicarían por la influencia de la evaporación u otros variables meteorológicas estacionales. 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 2018¹⁰³. 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.

¹⁰³ Fecha de acuerdo a medición manual.

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 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/año¹⁰⁴. Dada su ubicación, esto podría explicarse por la extracción de agua industrial efectuada en los pozos de Allana y Camar-2. Adicionalmente, existen oscilaciones anuales debido a las variaciones meteorológicas estacionales. Para el pozo L2-26 se define únicamente el límite para la activación de Fase II. Éste corresponde a un descenso de 0,78 m, el que nunca ha sido superado. El mayor descenso fue de 0,49 m, valor alcanzado el 20 de junio del 2018¹⁰⁵.

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 7,2 cm/año¹⁰⁶, la cual se ha visto atenuada a partir del año 2016. De hecho, durante el II/2018 se observa un ascenso de 4,1 cm al compararlo con el I/2018. Dada su ubicación, los descensos se explicarían por los bombeos de agua industrial (pozo se ubica al oeste de Camar-2). Dado que este pozo de bombeo se ha mantenido detenido desde enero de 2018, esto podría contribuir en parte la recuperación experimentada durante este último semestre. Además, los niveles presentan oscilaciones anuales, mostrando la influencia de la evaporación¹⁰⁷.

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 2018¹⁰⁸.

¹⁰⁴ Las tasas de descenso fueron obtenidas por regresión lineal desde I/2011.

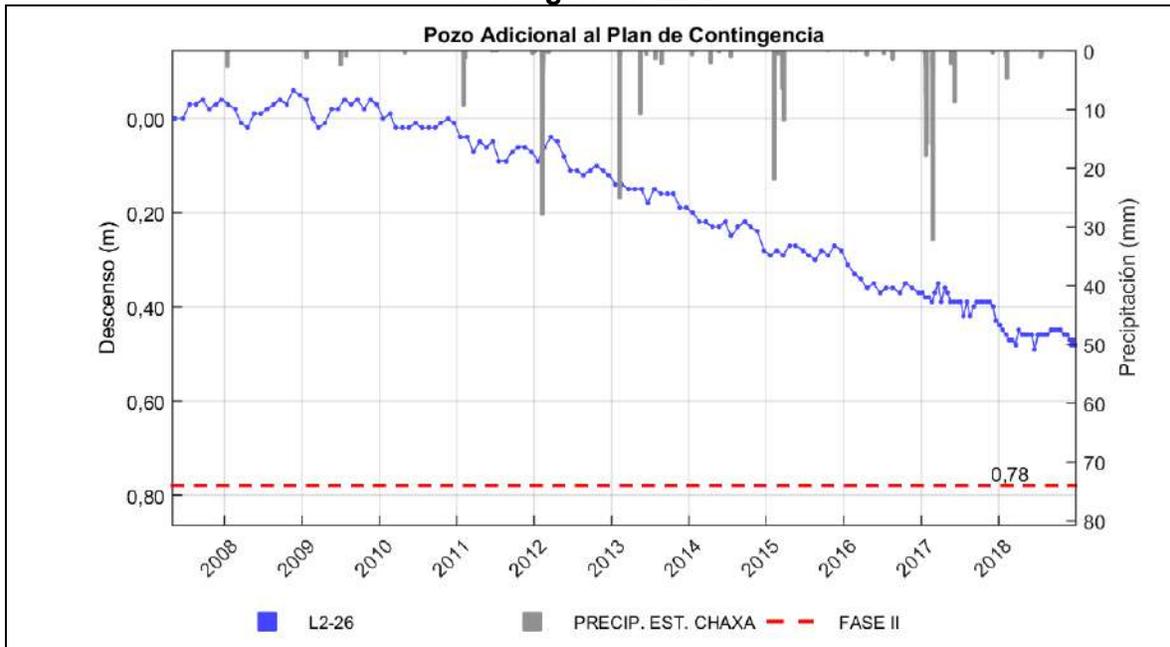
¹⁰⁵ Fecha de acuerdo a medición manual.

¹⁰⁶ Valor obtenido mediante regresión lineal desde el II/2007.

¹⁰⁷ 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.

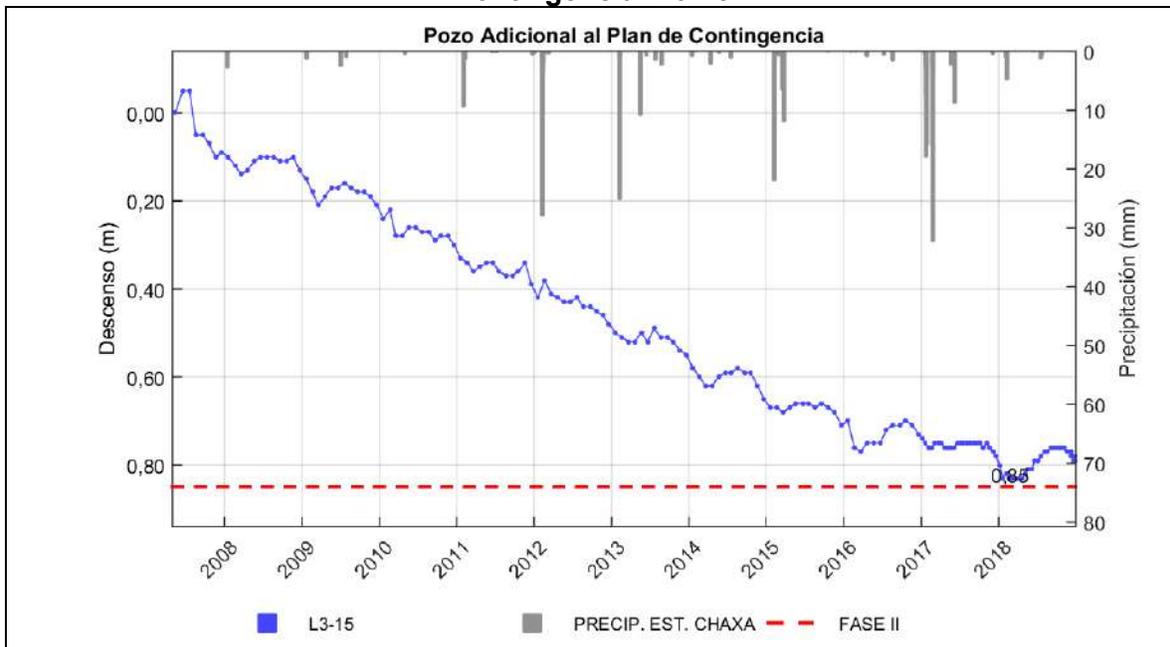
¹⁰⁸ Fecha de acuerdo a medición manual.

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.

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.

6.1.7 Indicadores de estado Sistema Peine

Tal como se mencionó en la sección 5.1.7 la acción 21 del Programa de Cumplimiento comprometió aplicar los umbrales de activación de fase I y/o II definidos para el Sistema Peine, tanto en el seguimiento del proyecto aprobado por la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), como a los pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16.

Para los pozos pertenecientes al plan de seguimiento contemplado en la RCA N°226/2006 (pozos 1028, L10-11 y L10-4), el Programa de Cumplimiento compromete el contraste entre las mediciones efectuadas a partir de octubre de 2018, respecto a los umbrales establecidos. Para el caso de los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA N°21/16, la adopción de medidas de control se condiciona al aviso por parte de la SMA a SQM de la de activación de Fase II.

Debido a que la evaluación del cumplimiento de los umbrales para el Sistema Peine se inició durante el semestre objeto del presente reporte, a la fecha no existen más antecedentes que los presentados en la sección 5.1.7 y los monitoreos de seguimiento expuestos en la sección 6.2.4, por lo que dichos resultados no son reiterados en la presente sección.

Como se señaló, para los pozos 1028 y L10-11 se registran superaciones a los umbrales de Fase I desde el inicio del registro. Las medidas contempladas en el Programa de Cumplimiento fueron adoptadas una vez que éste fue aprobado, esto es, a partir del 7 de enero de 2019, es decir, en forma posterior al período contemplado en el presente reporte (ver anexo 8).

Cabe señalar que durante el segundo semestre de 2018 no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II en los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA N°21/16.

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 del segundo semestre del 2018 en relación con los registros de semestres anteriores. De esta manera, se analizará el comportamiento histórico y se identificarán eventuales cambios de tendencia en la evolución de las distintas variables que conforman el seguimiento ambiental del Proyecto.

Para el caso del seguimiento de niveles, durante la evaluación ambiental se consideraron descensos en el sistema subterráneo producto de las extracciones tanto de salmuera como de agua industrial. De este modo, 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 P2¹⁰⁹. 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 sector¹¹⁰.
- 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 segundo semestre del 2018 en relación al comportamiento histórico, se considerará contrastar con periodos comparables, es decir, con segundos semestres, evaluando periodos en el cual todo el 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 semestral del segundo semestre de 2008¹¹¹:

$$\bar{h}_{\text{Período referencia}}^{\text{Período analizado}} = \bar{N}^{\text{Período analizado}} - \bar{N}^{\text{Período referencia}}$$

donde \bar{N} es el nivel medio semestral y \bar{h} el descenso del nivel medio semestral entre dos períodos comparados. Esto es por rigurosidad matemática, cumpliéndose las precauciones arriba expuestas. Lo anterior no significa que se esté obviando el comportamiento previo a la fecha señalada, 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: 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 segundo semestre del año 2018. Los datos históricos de los monitoreos del seguimiento ambiental anteriores a la fecha mencionada fueron entregados

¹⁰⁹ Pozos aprobados ambientalmente mediante RCA 403/1995.

¹¹⁰ 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

¹¹¹ El descenso del nivel medio del segundo semestre de 2018 ($\bar{h}_{2008/II}^{2018/II}$), tomando como referencia al segundo semestre de 2008, se calcula como el promedio del nivel del segundo semestre del 2018 ($\bar{N}^{2018/II}$) menos el promedio del nivel del segundo semestre de 2008 ($\bar{N}^{2008/II}$). En general, el descenso del nivel medio entre dos semestres consecutivos se calcula como el nivel promedio del semestre en cuestión menos el nivel promedio del semestre anterior. Adicionalmente, el segundo semestre del 2008 es el semestre de referencia 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 periodos de oscilación no se necesita una fecha de referencia. De todos modos, al sólo requerirse series con las mismas condiciones de bombeo durante todo el tiempo, los análisis de oscilación se llevan a cabo también desde el segundo semestre de 2008.

en el Informe N°23 en formato digital y ya 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 segundo semestre del 2018 (en adelante, II/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 ($\bar{h}_{2018/I}^{2018/II}$) estuvo en el rango 2,5 - 6,2 cm. Así, el pozo L2-7 fue el que menos descendió con respecto al nivel medio del semestre anterior. Por el contrario, el pozo L1-2 presentó el mayor descenso con respecto al I/2018.

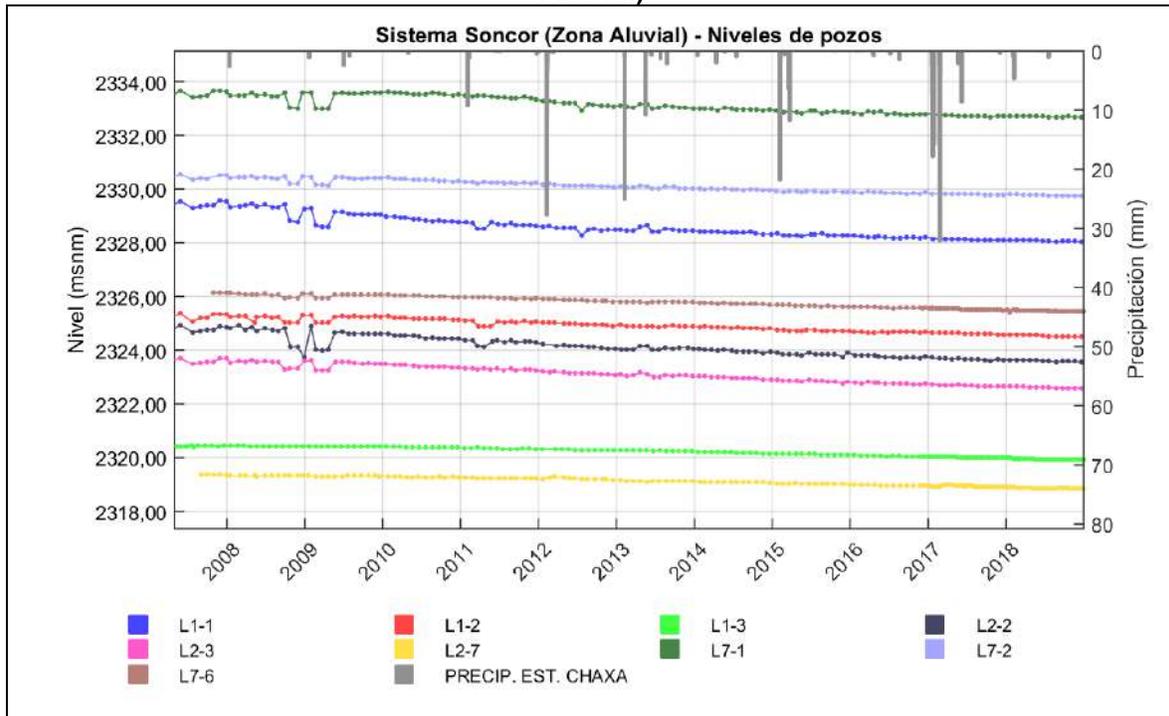
Es relevante notar que el comportamiento histórico no se ha caracterizado por oscilaciones estacionales. La tasa de descenso del nivel medio semestral calculada entre el I/2008 hasta el II/2018 está en el rango 5,1-11,2 cm/año¹¹², evidenciando una posible etapa de estabilización (menores tasas de descenso en los últimos semestres).

Al observar el nivel medio semestral, el mayor descenso acumulado desde el II/2008 (es decir, $\bar{h}_{2008/II}^{2018/II}$) se ha registrado en el pozo L1-1 (111 cm). Considerando la cercanía de los pozos a los puntos de extracción Mullay-1 y Allana, sus descensos pueden ser explicados por dichas extracciones.

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

¹¹² Valores obtenidos por regresión lineal sobre el período indicado.

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 Puillar
- 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 Puillar

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

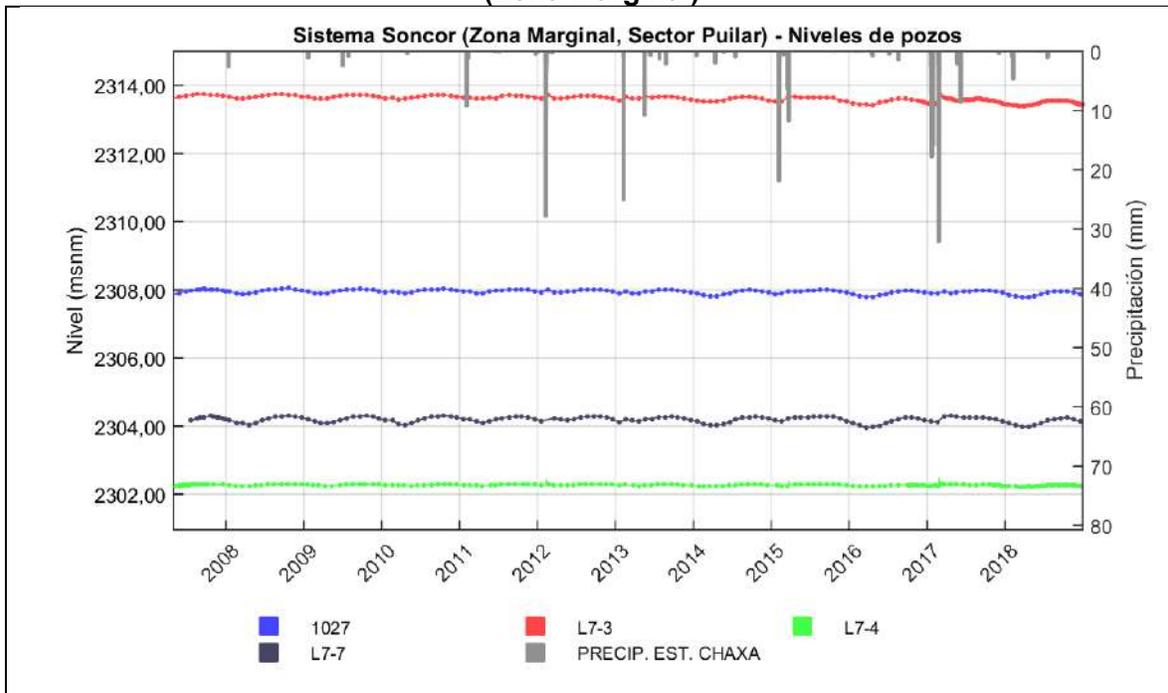
En este subsector los niveles se caracterizan por presentar un comportamiento oscilatorio (Figura 6-17) con una periodicidad anual, sin una marcada tendencia en el largo plazo. Esto significa que los niveles responden a variaciones estacionales como, por ejemplo, los ciclos de evaporación invierno-verano (ya sea como efecto directo o indirecto de la misma)¹¹³. Así,

¹¹³ El efecto de la evaporación puede evidenciarse directamente en el nivel de los flujos subterráneos en aquellos sectores que presentan niveles más someros. Por otra parte, en los pozos de mayor profundidad las oscilaciones corresponderían a un efecto indirecto del descenso ocurrido en los sectores someros.

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 descenso¹¹⁴, siendo el pozo de mayor disminución en su nivel medio respecto al resto de los puntos del sector, $\bar{h}_{2008/II}^{2018/II} = 21,4$ cm, mientras que este valor es de 2,8 – 9,5 cm para el resto de los pozos. Esta tendencia se debe principalmente a que 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 el II/2008 tiene una alta correlación con la distancia a Mullay-1, con un coeficiente de correlación espacial $r = 0,98$ ¹¹⁵. Por el contrario, los descensos semestrales tienen una baja correlación con las precipitaciones acumuladas semestrales de la estación Chaxa.

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



Fuente: Elaboración propia.

¹¹⁴ 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 período dominante es el cercano al año.

¹¹⁵ 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.

En el período a reportar, II/2018, se han observado ascensos de los niveles medios semestrales con respecto al I/2018 (es decir, $\bar{h}_{2018/II}^{2018/I} > 0$). Esto es consecuente con el comportamiento histórico, considerando también que durante los segundos semestres se ha observado que los niveles medios ascienden.

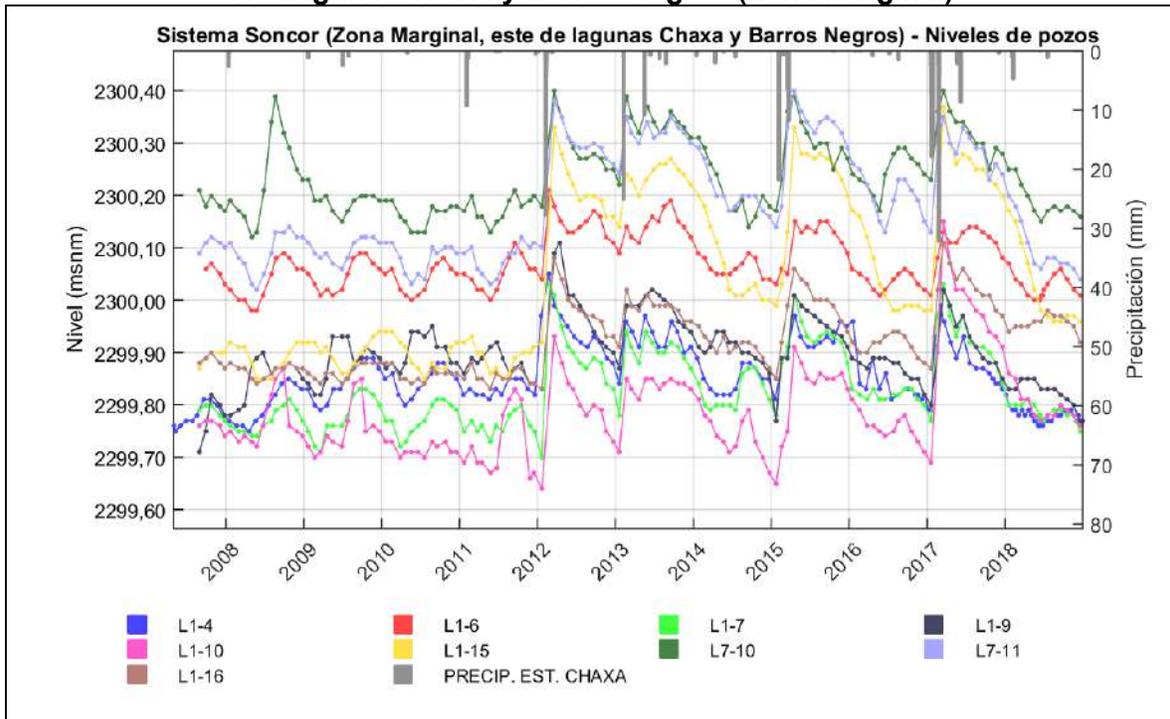
A modo de resumen, en el subsector Puilar los niveles de la zona responden principalmente a agentes climáticos de variación estacional, siendo lo observado en el período II/2018 consecuente con esto.

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 10 mm).

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 II/2018 se ha observado que el nivel medio semestral ha descendido con respecto al semestre anterior en la mayoría de los pozos (7 de 9 pozos). 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

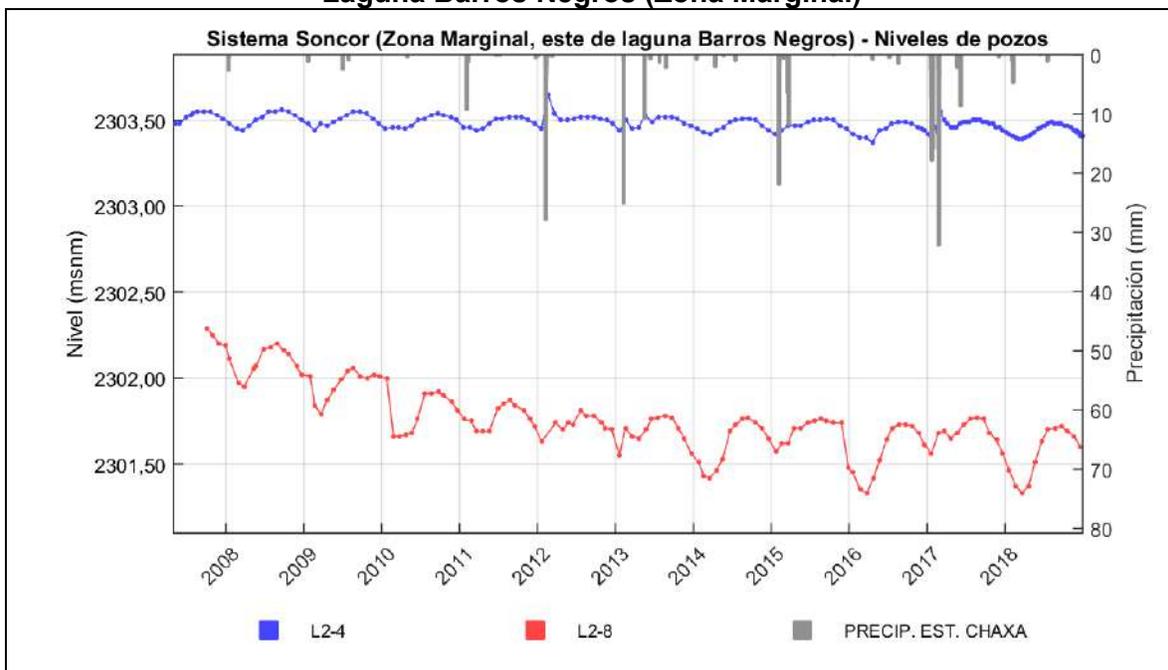
inicio del año 2017, y a la menor cantidad de precipitaciones del período en cuestión, sin registrarse eventos mayores a 10 mm.

En la zona no se observan tendencias a la baja, existiendo en algunos pozos ascensos de nivel: por ejemplo, el pozo L1-15 ha aumentado su nivel a una tasa de 2,6 cm/año¹¹⁶. El resto de los pozos también ha ascendido su nivel, aunque a una tasa inferior. El pozo L1-9 es el único que no ha ascendido su nivel, presentando un valor de $\bar{h}_{2008/II}^{2018/II} = 0$ cm.

A modo de resumen, los niveles de los pozos de este grupo dependen fuertemente de las precipitaciones, no viéndose descensos producto de 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 mayoritariamente por las precipitaciones (Figura 6-19). Ambos pozos presentan niveles marcados por oscilaciones estacionales, como por ejemplo los ciclos de evaporación ya sea como efecto directo o indirecto¹¹⁷. El pozo L2-8 presenta una mayor amplitud de oscilaciones estacionales que el L2-4, pero también presenta una componente a la baja, esto es, desciende de manera oscilatoria. El pozo L2-8 ha mostrado una tasa de descenso de 4,2 cm/año, mientras que el pozo L2-4 posee una tasa inferior, de 0,6 cm/año¹¹⁸. 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.

¹¹⁶ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

¹¹⁷ Un análisis de Fourier muestra períodos dominantes cercanos al año para ambos pozos.

¹¹⁸ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008.

Durante el II/2018, ambos pozos mostraron ascensos en comparación al nivel medio semestral del I/2018 (1,6 cm y 23,5 cm para L2-4 y L2-8, respectivamente). Estos ascensos se explican por el comportamiento cíclico anual de niveles en el sector, donde en 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 por período de descenso el que se encontraría en una fase de estabilización.

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 fue descrito en el informe N° 8 del PSAH.

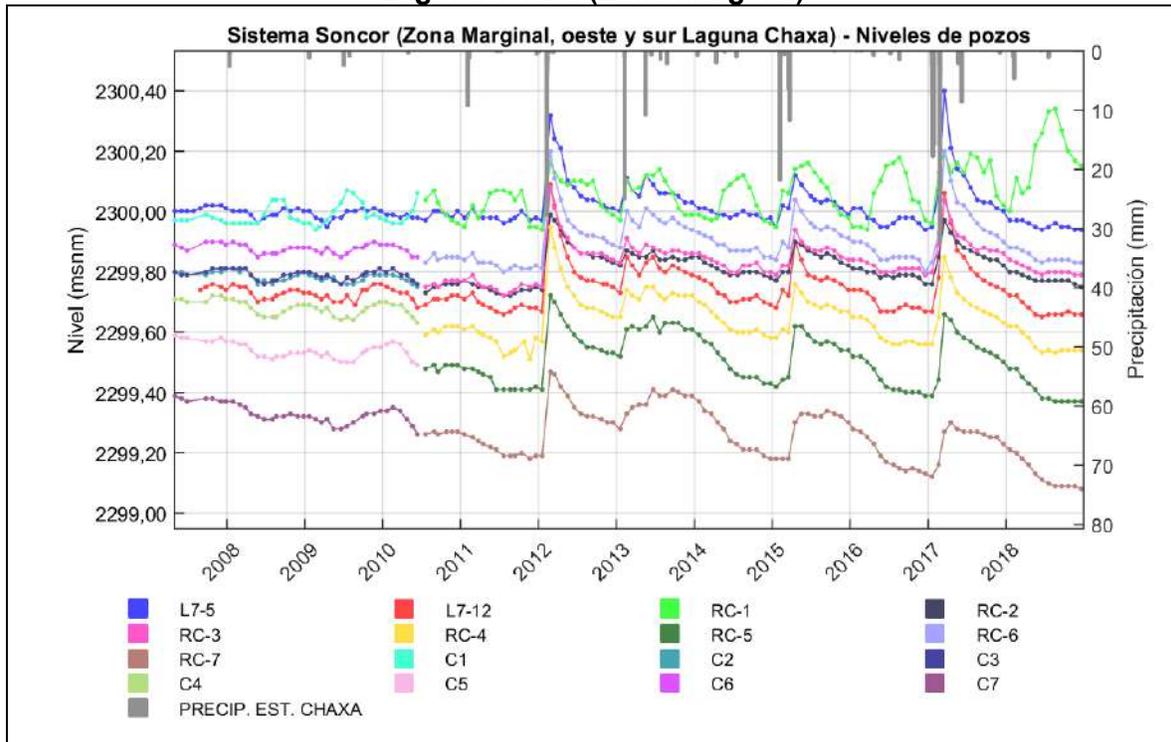
Todos los pozos presentan un comportamiento dependiente de eventos de alta precipitación (Figura 6-20), reflejándose en menor medida en el pozo RC-1 (el cual evidencia adicionalmente un comportamiento oscilatorio). Así, todos los pozos, excepto RC-5 y RC-7, presentan correlaciones estadísticamente significativas entre el ascenso del nivel medio semestral y las precipitaciones acumuladas semestral en estación Chaxa (con $\alpha = 5\%$, correlación hasta $r=0,57^{119}$). Cabe mencionar que 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 también podría verse influenciado por dicho flujo superficial. Por su parte, el pozo RC-7 presenta un comportamiento similar al resto de los pozos del sector, aunque se ubica alrededor de 1,5 km al sur de los mismos. Del grupo de pozos analizados, el denominado como RC-7 es el que presenta mayor comportamiento de tendencia al descenso, con una tasa de 1,4 cm/año (el resto asciende o tiene tasa de descenso cercana a nula). Por su parte, el pozo RC-1 muestra una tendencia ascendente de 1,2 cm/año. Cabe notar que el único pozo que presenta una tendencia estacional dominante, según los resultados del análisis de Fourier, corresponde a este último.

Con respecto al II/2018, en general se observaron descensos del nivel medio semestral comparado con el nivel medio del I/2018, aunque el nivel se mantuvo relativamente estable durante todo el semestre. Los descensos observados pueden ser entendidos por las bajas precipitaciones de los últimos tres 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. El único pozo que no mostró un descenso del nivel medio fue RC-1, el cual presentó un ascenso de 12,2 cm con respecto al semestre anterior. Esto último es consecuente con su comportamiento estacional, dominado por procesos meteorológicos de carácter estacional, como la evaporación.

A modo de resumen, los niveles del subsector responden fuertemente a las altas precipitaciones sin observarse un claro comportamiento de tendencia. Sólo el pozo RC-1 presenta un comportamiento distinto, dominado también por oscilaciones anuales.

¹¹⁹ Coeficientes de correlación calculados desde el II/2008. Para realizar este cálculo se unieron los datos de los pozos RC con los registros de las respectivas calicatas.

Figura 6-20: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor, Oeste y Sur de la Laguna Chaxa (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

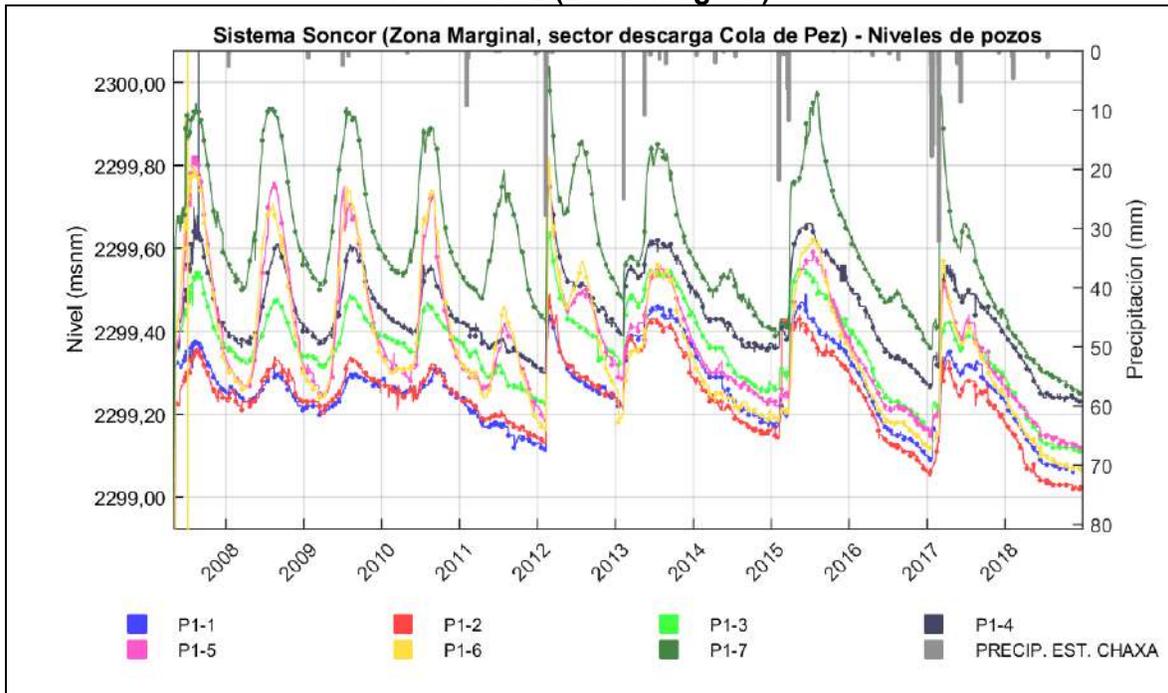
Subsector descarga Cola de Pez

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 eran mayores en tanto se está más cerca al punto de descarga de la laguna. Posterior a febrero de 2012, la periodicidad cambió, ocurriendo ahora oscilaciones dominadas por eventos de precipitación ocurridos en el sector.

Cabe señalar que, de acuerdo con 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 el año 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.

Figura 6-21: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del sector Descarga Cola de Pez (Zona Marginal)¹²⁰



Fuente: Elaboración propia.

Durante el II/2018, los niveles alcanzados en el sector corresponden a los mínimos históricos registrados. En comparación al nivel semestral medio del I/2018, se han experimentado descensos entre 7,5 y 8,7 cm. Estos descensos pueden ser entendidos como una respuesta al cambio en la dinámica de desborde de la laguna de Barros Negros y un proceso de descenso esperado, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del 2017, los que no se han registrado posteriormente.

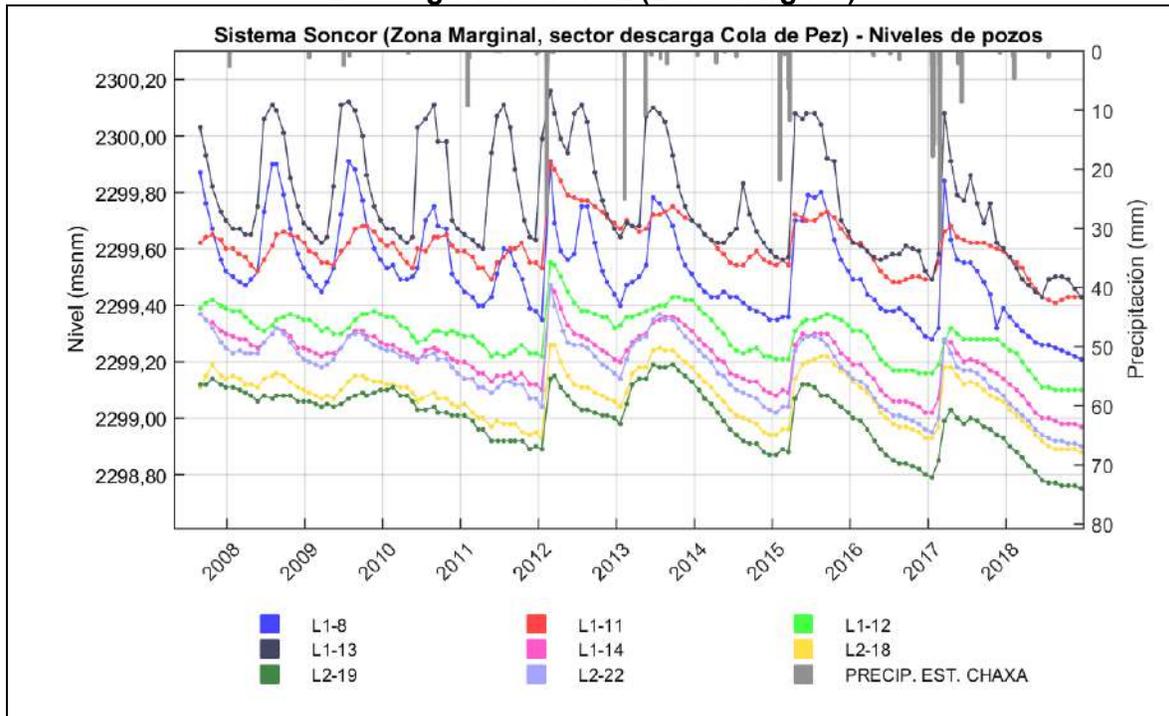
Cabe destacar, que los descensos semestrales observados durante este periodo son menores a aquellos del primer semestre, evidenciándose indicios de un posible proceso de estabilización. Esto también se observa en otros pozos que responden a eventos de altas precipitaciones (ver por ejemplo Figura 6-20).

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 cambia 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.

¹²⁰ 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.

Durante el II/2018, se observa que los niveles alcanzados en el sector corresponden a los mínimos registrados. En comparación al nivel medio del I/2018, se han experimentado descensos de entre 1 y 8,7 cm. 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 los últimos tres semestres. De esta forma, los niveles se encontrarían en un proceso de descenso esperado, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación del año 2017.

Los descensos semestrales observados durante este periodo son menores a aquellos del primer semestre, evidenciándose indicios de un posible proceso de estabilización. En este sentido, los niveles muestran una mayor estabilidad si sólo se observan las mediciones del II/2018.

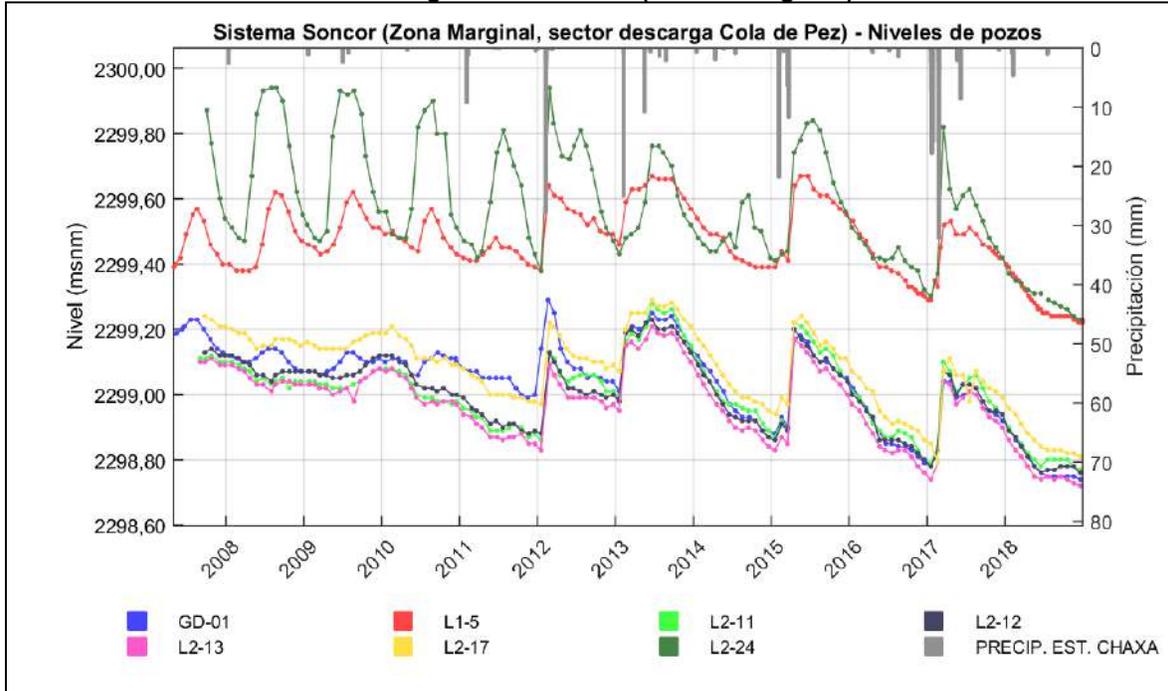
La tercera agrupación del subsector descarga Cola de Pez considera a los pozos GD-01, L1-5, L2-11, L2-12, L2-13, L2-17 y L2-24, ubicados al sur de Cola de Pez (Figura 6-23).

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.

Durante el II/2018, se observa que los niveles alcanzados en el sector corresponden a los mínimos registrados. En comparación al nivel medio del I/2018, se han experimentado descensos entre 4,5 y 7,7 cm. 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 los últimos tres semestres, por lo que los niveles se encontrarían en un proceso de descenso esperado, iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación del año 2017.

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



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que lo observado en todo el sector Cola de Pez, los descensos semestrales observados durante este periodo son menores a aquellos del I/2018, evidenciándose indicios de un posible proceso de estabilización. Adicionalmente, los niveles muestran una mayor estabilidad si sólo se observan las mediciones del II/2018.

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 hacia Cola de Pez fue reemplazado por un desborde que ocurre hacia el sur, generaron una modificación en el comportamiento de los niveles del sector. La oscilación anual observada hasta febrero de 2012 cambió a un comportamiento regido por las precipitaciones.

Subsector descarga Barros Negros sur

De acuerdo con 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

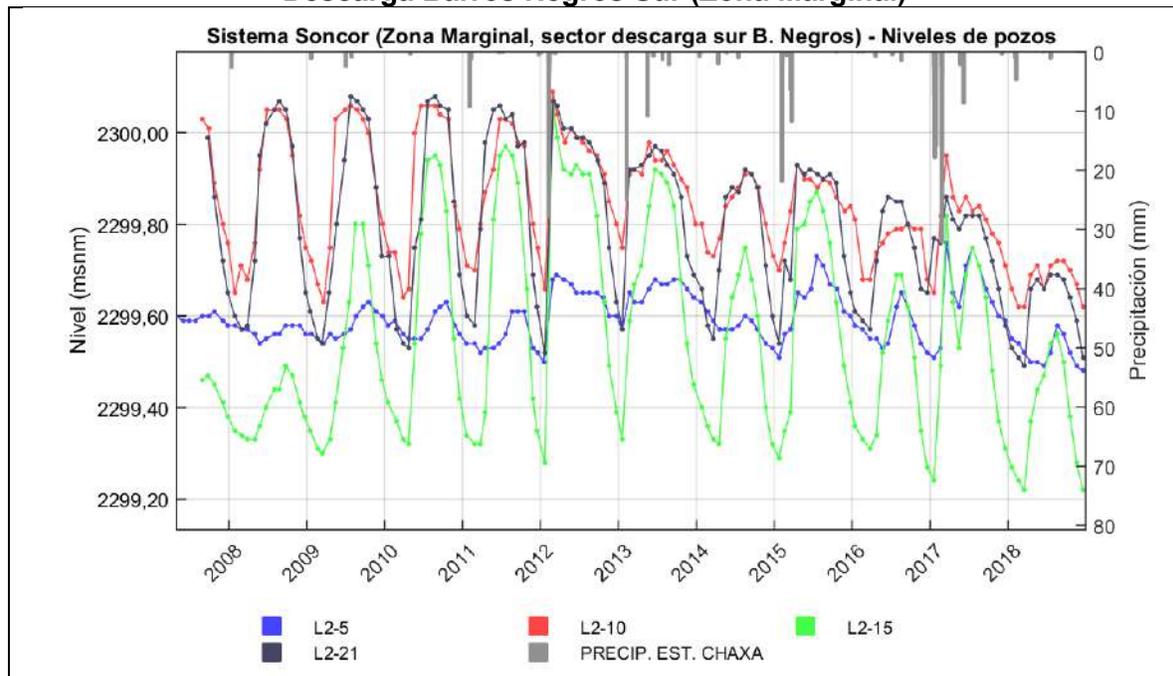
con aumento de flujo de descarga hacia el sur y una disminución hacia el sector Cola de Pez, lo cual ha generado modificaciones en los niveles del sector.

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 una oscilación periódica. El pozo L2-5 también presenta fuertes oscilaciones anuales, aunque su comportamiento se encuentra también influenciado por las precipitaciones¹²¹. 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.

Durante el período II/2018 se han observado ascensos en los niveles medios semestrales comparados con el I/2018, de entre 0,8 y 7,8 cm, lo cual es consecuente con el comportamiento principalmente estacional de este sector y con el comportamiento observado en el sector de descarga Cola de Pez. Con respecto a las tendencias a largo plazo, los pozos L2-10 y L2-21 muestran tasas de descensos de 1,6 cm/año¹²², mientras que el pozo L2-15 de 0,4 cm/año.

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



Fuente: Elaboración propia.

¹²¹ Un análisis de Fourier sobre las series desde el II/2008 en adelante, muestra que los pozos L2-10, L2-15 y L2-21 tienen periodos dominantes entre 345 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.

¹²² Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008.

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, hasta el año 2018 donde vuelve a bajar. 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.

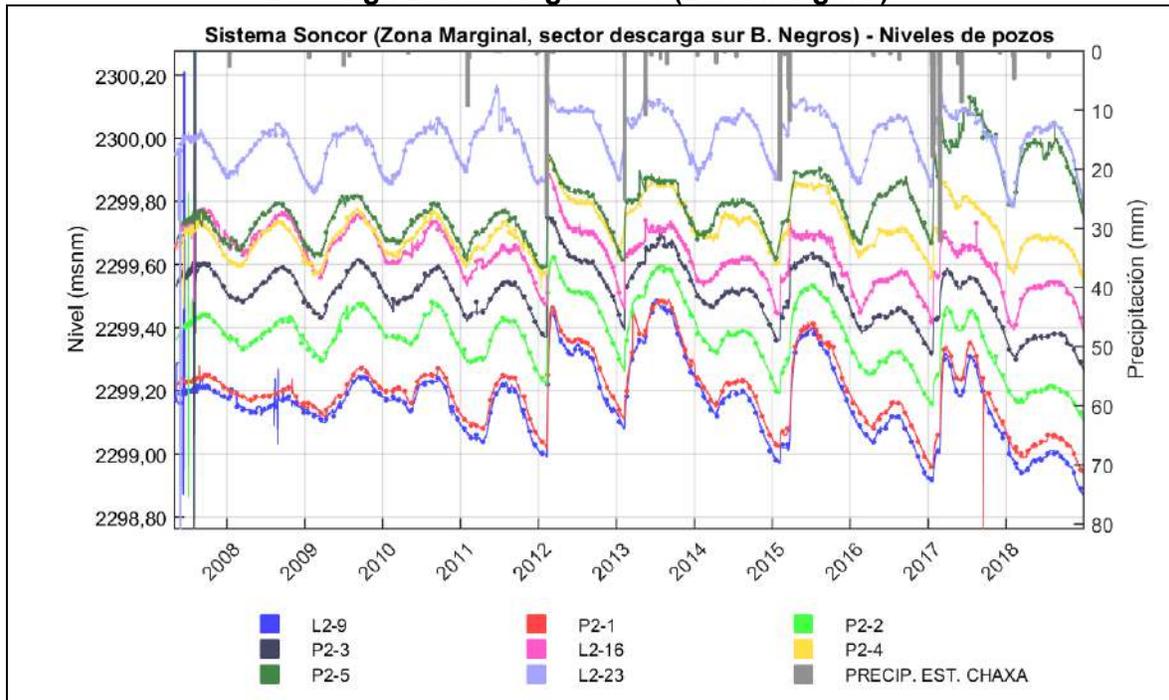
Las tasas de descenso de los niveles son bajas o nulas. Las mayores tasas de descenso se observan en los pozos más alejados de la descarga sur del sistema lagunar: L2-9, P2-1, P2-2, P2-3 y L2-16, siendo estas inferiores a 1,5 cm/año. Por el contrario, el pozo P2-5 presenta un ascenso, con una tasa de 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 II/2018, se observa que los pozos más alejados de la descarga sur, L2-9, P2-1 y P2-2, alcanzaron sus niveles mínimos, con descensos que alcanzan a lo más 0,5 cm respecto al nivel medio del semestre anterior. El nivel medio semestral en el resto de los pozos fue mayor al observado el I/2018, con un aumento de hasta 2,8 cm para el pozo más cercano a la descarga sur (L2-23), lo que también concuerda con su comportamiento regido por oscilaciones estacionales¹²³.

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.

¹²³ Un análisis de Fourier sobre las series desde el II/2008 en adelante, muestra que el pozo L2-23 tiene un periodo dominante cercano al año, lo que no ocurre con el resto de los pozos de este sector, los cuales presentan periodos dominantes distintos al año mientras que su segundo periodo dominante (o tercero en el caso de L2-9) sí se acerca al año.

Figura 6-25: Niveles históricos de los pozos del Sistema Soncor del Sector Descarga Barros Negros Sur (Zona Marginal)¹²⁴



Fuente: Elaboración propia.

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)¹²⁵. Ambos pozos se caracterizan por ser muy estables en el largo plazo. Al II/2018, el pozo L11-1 ha mostrado una tasa casi nula de descenso (0,3 cm/año), mientras que el pozo L11-2 se encuentra ascendiendo, siendo su tasa de ascenso de 1 cm/año.

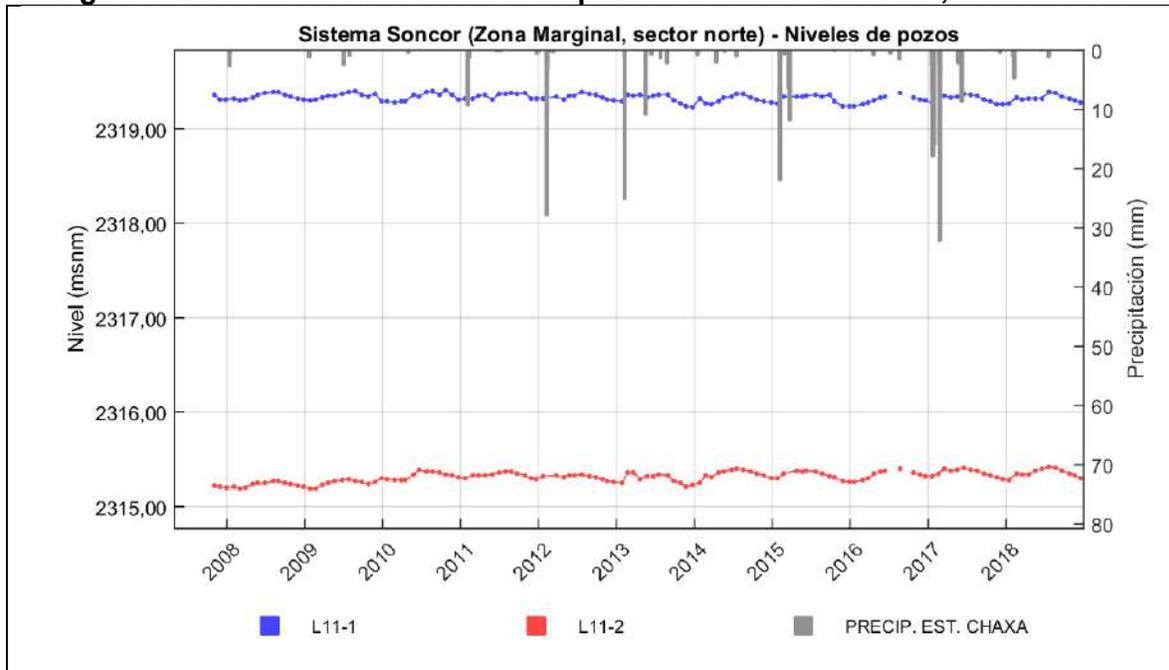
En cuanto a la influencia de las precipitaciones en el nivel de los pozos, esta es nula. En cuanto a las extracciones, no se observa una influencia en esta zona.

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

¹²⁴ 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.

¹²⁵ Un análisis de Fourier muestra que ambos pozos tienen un período dominante cercano al año.

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



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.

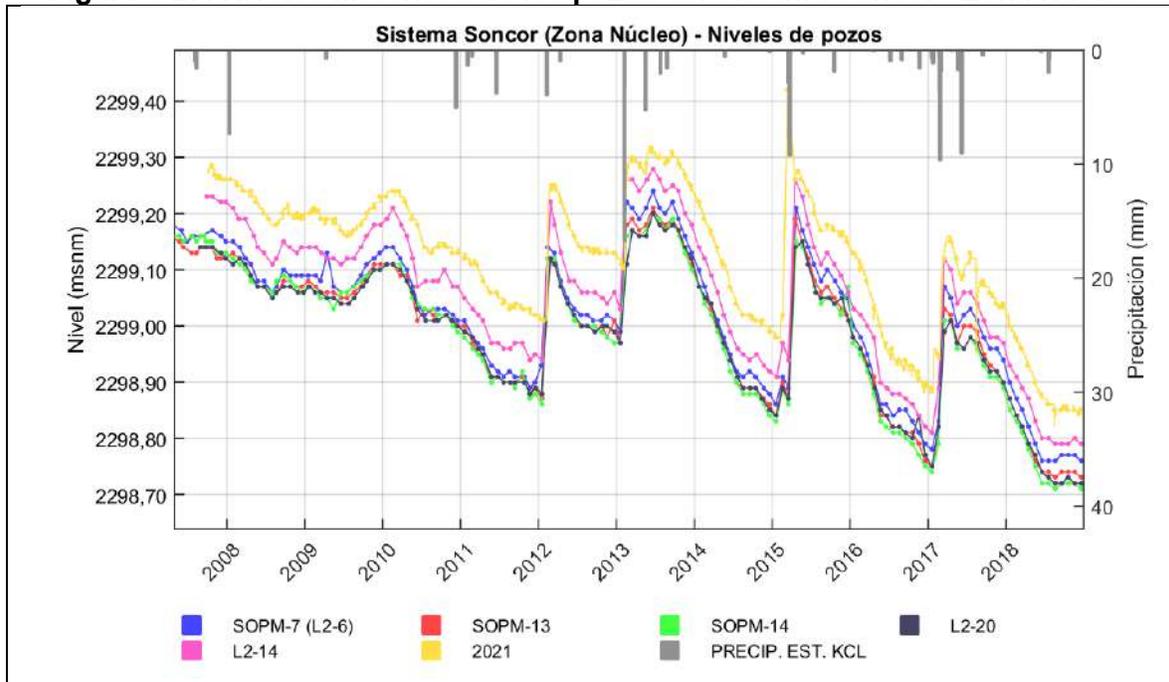
Con respecto a variaciones en el largo plazo, se ha observado un descenso en los niveles con una tasa de 2,2 – 2,5 cm/año aproximadamente en todos los pozos¹²⁶. Este descenso es esperable producto de la influencia de las extracciones de salmuera.

Con respecto al II/2018, se observa que todos los pozos alcanzaron sus niveles mínimos, presentando entre 6,7 y 9 cm de descensos semestrales. No obstante, la tasa de descenso semestral cae abruptamente este último semestre, mostrando indicios de una tendencia, al menos, temporal a la estabilización, que podría responder también al descenso en de las extracciones de salmuera como producto de la activación de Fase II.

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. No obstante, los niveles se observan más estables este último semestre.

¹²⁶ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

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 Puillar, los que, si bien muestran una componente oscilatoria de período anual, ella no es dominante (i.e. las oscilaciones anuales no son las de mayor relevancia en la serie)¹²⁷, diferencias que se explicarían por las características de los sistemas representados. Las observaciones de la laguna Puillar provienen tanto de la reglilla Puillar como de la reglilla L7-G2. Los niveles de las lagunas se mantienen estables en el largo plazo, sin tendencias al descenso.

Lo anterior es consistente con lo observado en L7-G1¹²⁸, 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 largo plazo (1,1 cm/año¹²⁹).

Los niveles de la reglilla L1-G4 (localizada a 1,5 Km hacia el suroeste de la laguna Barros Negros) presentan un comportamiento distinto. Si bien, aún se observa que las oscilaciones estacionales son dominantes, también comienza a evidenciarse una mayor respuesta antes las altas precipitaciones a partir del año 2012 (Figura 6-29). Esto se relacionaría con el cambio en la dinámica natural de desborde de la laguna Barros Negros descrita en el

¹²⁷ Según un análisis de Fourier, las reglillas Barros Negros y Chaxa muestran un período dominante cercano al año, de 374 y 380 días, respectivamente. En la reglilla Puillar el segundo período dominante es el cercano al año.

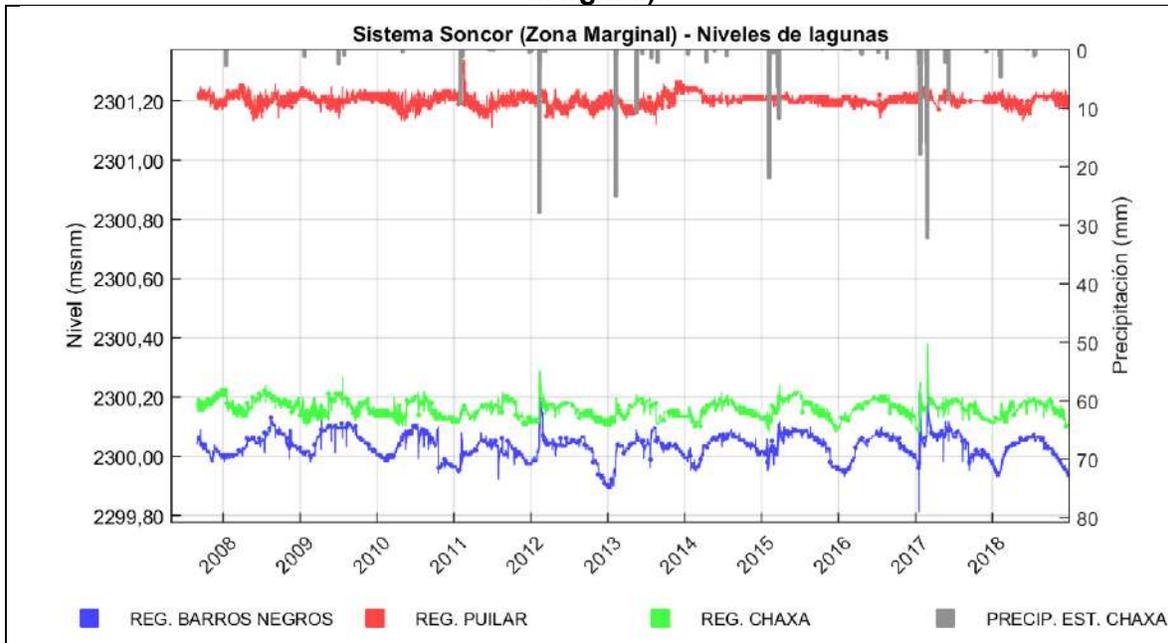
¹²⁸ Según un análisis de Fourier, L7-G1 muestra un período dominante cercano al año, de 379 días.

¹²⁹ Valores obtenidos por regresión lineal desde el 1/2008 en adelante.

informe de investigación de Fase II. En cuanto a lo observado el II/2018, el nivel en esta reglilla alcanzó su mínimo, presentando una tendencia al descenso al largo plazo con una tasa de 1,6 cm/año¹³⁰.

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 dichas reglillas se ubica el punto L11-G1 (Figura 6-31). En esta zona aún se observa un comportamiento oscilatorio dominado por factores cíclicos como la evaporación¹³¹. Respecto a lo observado el II/2018, casi no se evidencian cambios en el nivel medio semestral en comparación con el I/2018, presentándose variaciones entre -0,7 y 0,8 cm. En el largo plazo, los niveles en estos tres puntos de control se mantienen relativamente estables. No se observan tendencias al descenso, e incluso, existe una leve tendencia al ascenso en Puente San Luis, con una tasa de 1 cm/año¹³².

Figura 6-28: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal)



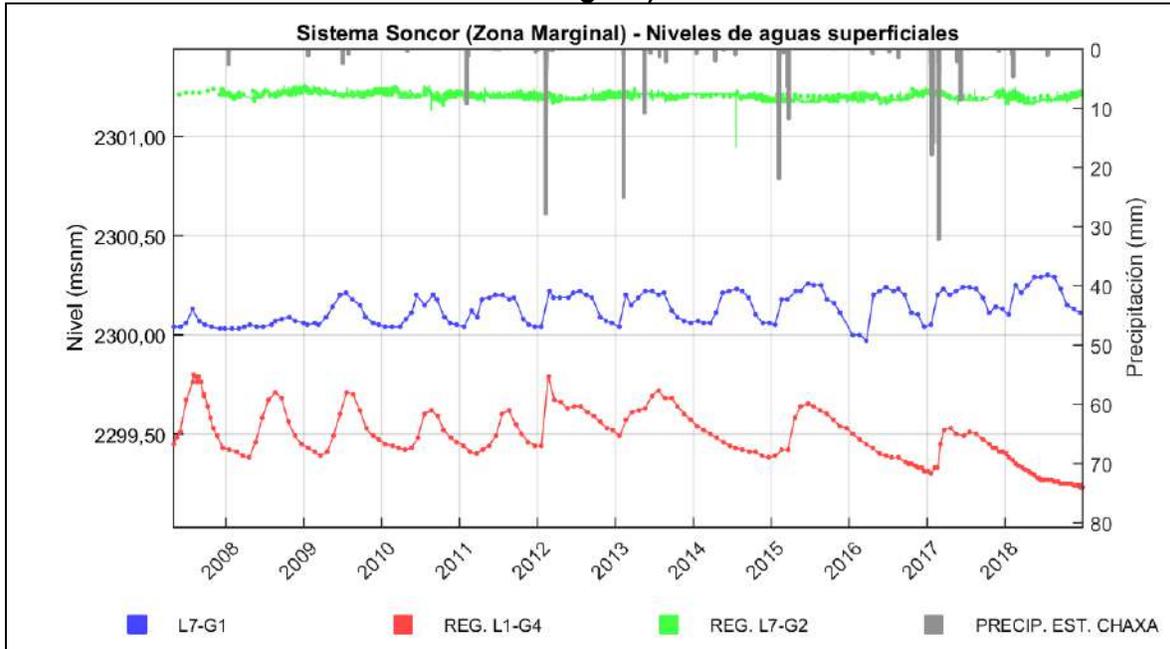
Fuente: Elaboración propia.

¹³⁰ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

¹³¹ Un análisis de Fourier muestra a períodos anuales como los dominantes en las series de la reglilla Burro Muerto y L11-G1.

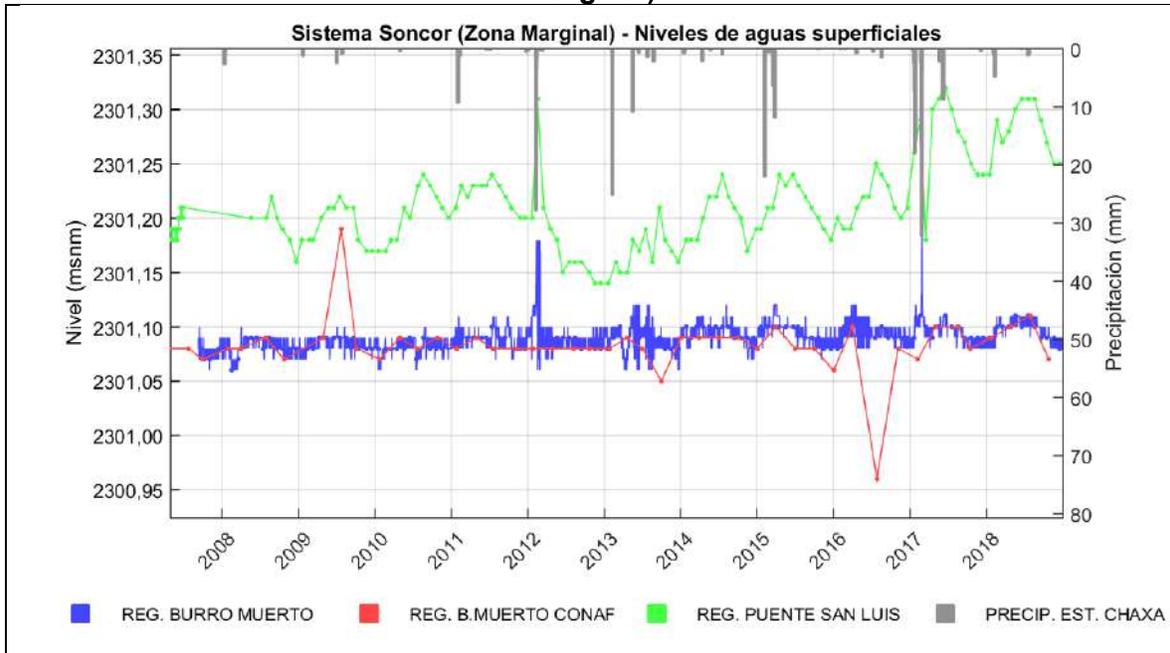
¹³² Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

Figura 6-29: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Soncor (Zona Marginal)



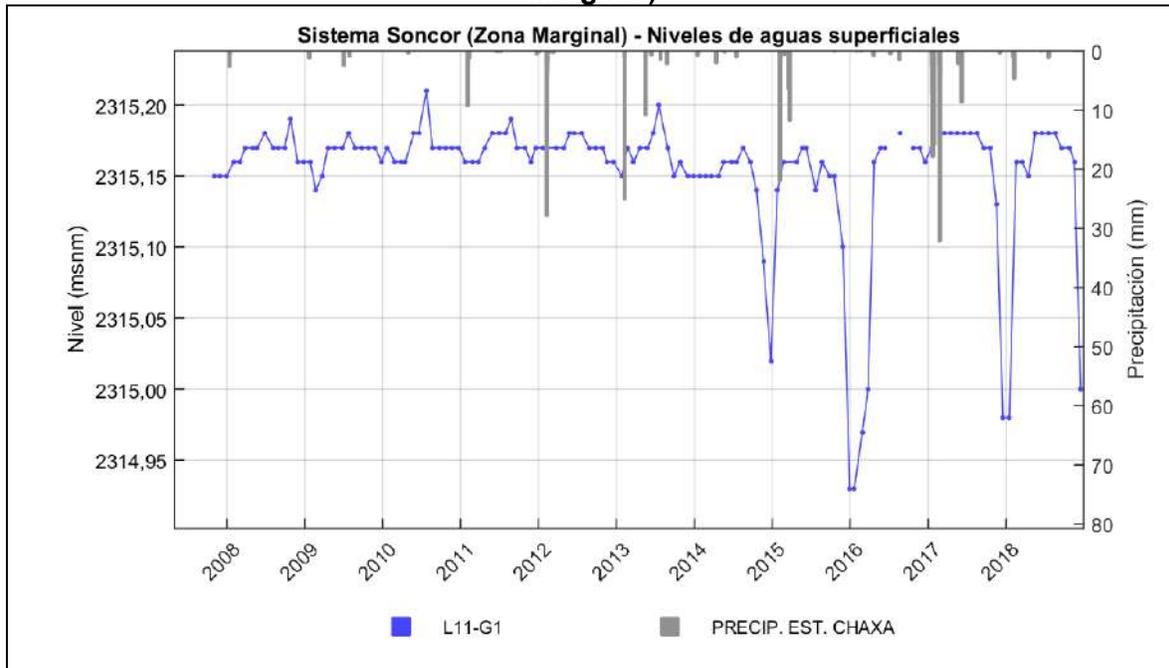
Fuente: Elaboración propia.

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)



A modo de resumen, los niveles en el sector de las lagunas Chaxa y Barros Negros oscilan anualmente producto de la evaporación y de las variaciones en sus flujos aportantes, sin existir tendencias al descenso. En la laguna Puillar los niveles no muestra una oscilación estacional importante producto de la evaporación, así como tampoco un comportamiento de tendencia. De los puntos de control de niveles superficiales, el único que presenta tendencia a la baja corresponde a la reglilla L4-G1, ubicada en el sector Cola de Pez.

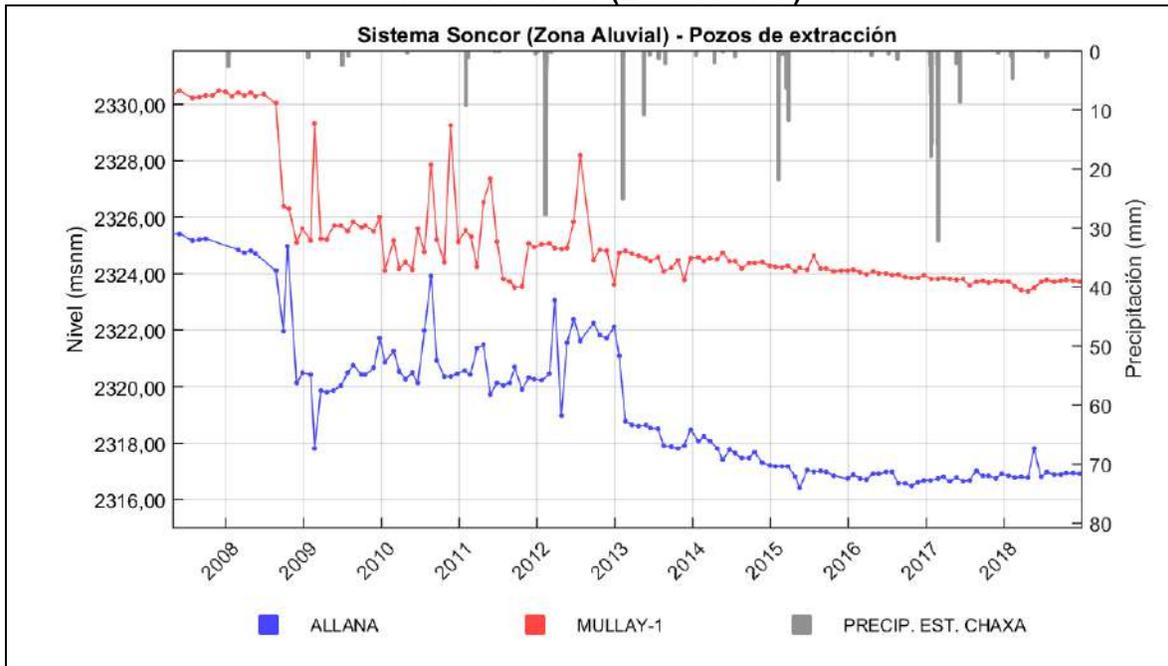
6.2.1.1.5 Niveles en pozos de bombeo de agua industrial

Los puntos de bombeo de agua industrial del sector Soncor están compuesto por los pozos Allana y Mullay-1, cuyo funcionamiento comenzó el 15 de septiembre de 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 la 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 Mullay-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.

En lo referente al II/2018, Allana presentó un descenso de nivel medio semestral de 5 cm, mientras que Mullay-1 un ascenso de 19,3 cm (comparado con el nivel medio del I/2018).

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

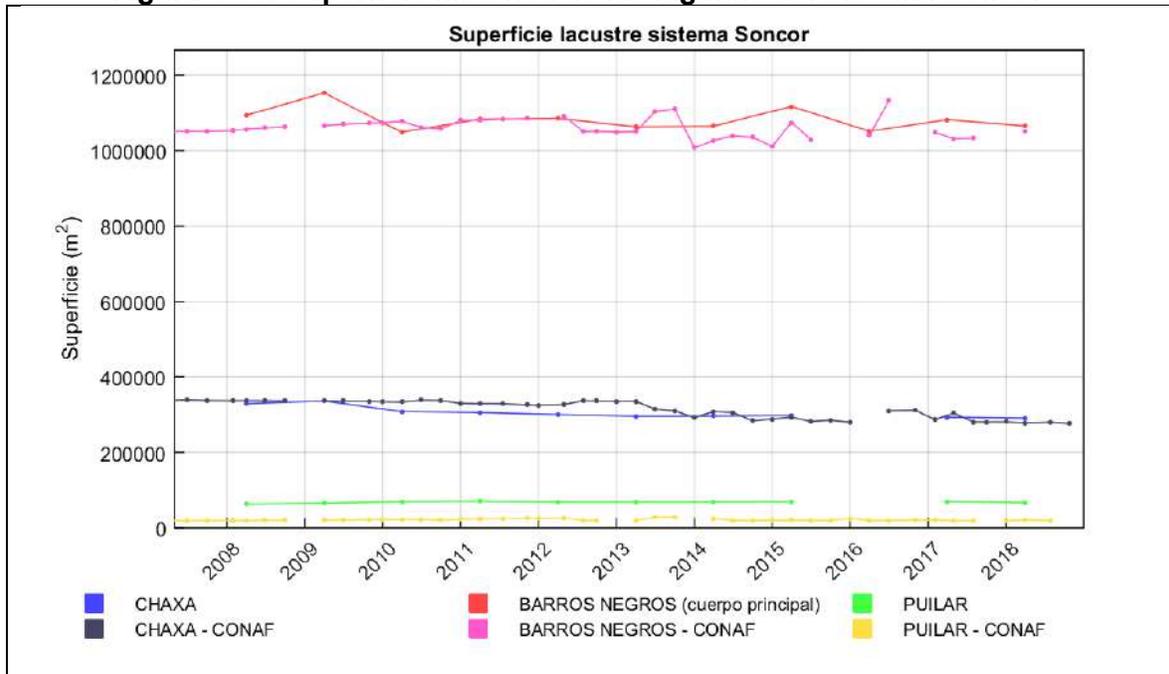
El conjunto lacustre del sistema Soncor está compuesto por las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros. De acuerdo a la frecuencia de medición comprometida, la superficie de estos cuerpos de agua ha sido medida durante el presente semestre a través de estacas perimetrales.

La Figura 6-33 muestra la evolución temporal de la superficie lacustre del sistema Soncor. Durante el II/2018 el monitoreo fue realizado por CONAF. En julio se pudieron efectuar mediciones en las lagunas Puilar y Chaxa, mientras que en octubre únicamente se midió esta última laguna. De esta manera, la laguna Barros Negros no presenta registros para el presente periodo, por lo que no será reanalizado (el análisis histórico hasta el I/2018 se presentó en el informe N°23 del PSAH). Los valores de las superficies lagunares medidas por estacas perimetrales se presentan en el Anexo 11.

En la laguna Puilar, la superficie medida por CONAF en julio de 2018 se encontró dentro del rango histórico (07/2004 – 07/2018). En esta laguna no se observan tendencias al largo plazo.

Por su parte, la superficie medida durante el II/2018 en la laguna Chaxa alcanzó en el semestre un promedio de 278.328 m², representando una disminución cercana al 0,5% respecto al semestre anterior y del 0,9% respecto al mismo período del año 2017, de acuerdo a las mediciones realizadas por CONAF, lo que podría explicarse por las bajas precipitaciones registradas durante el 2018.

Figura 6-33: Superficie histórica de las lagunas del Sistema Soncor¹³³



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). La precipitación, evaporación y temperatura son parámetros condicionantes del comportamiento de los niveles de varios pozos asociado al sistema.

La precipitación histórica muestra un cambio de tendencias, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. El primer periodo, entre mayo 2007 y diciembre 2011, puede considerarse una época seca. Esto dado que se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 9,4 mm en el mes de febrero 2011. Posterior a esta fecha, desde el 2012 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Esto ocurre principalmente en el primer trimestre de los años 2012, 2013, 2015 y 2017, alcanzando un máximo histórico de 32,3 mm el día 25 de febrero de 2017. Durante el periodo a reportar, se han registrado 4 eventos de precipitación, todos durante julio, y con un máximo de 1,2 mm/día. Por esto, puede considerarse al período actual como un período seco en comparación a los años previos.

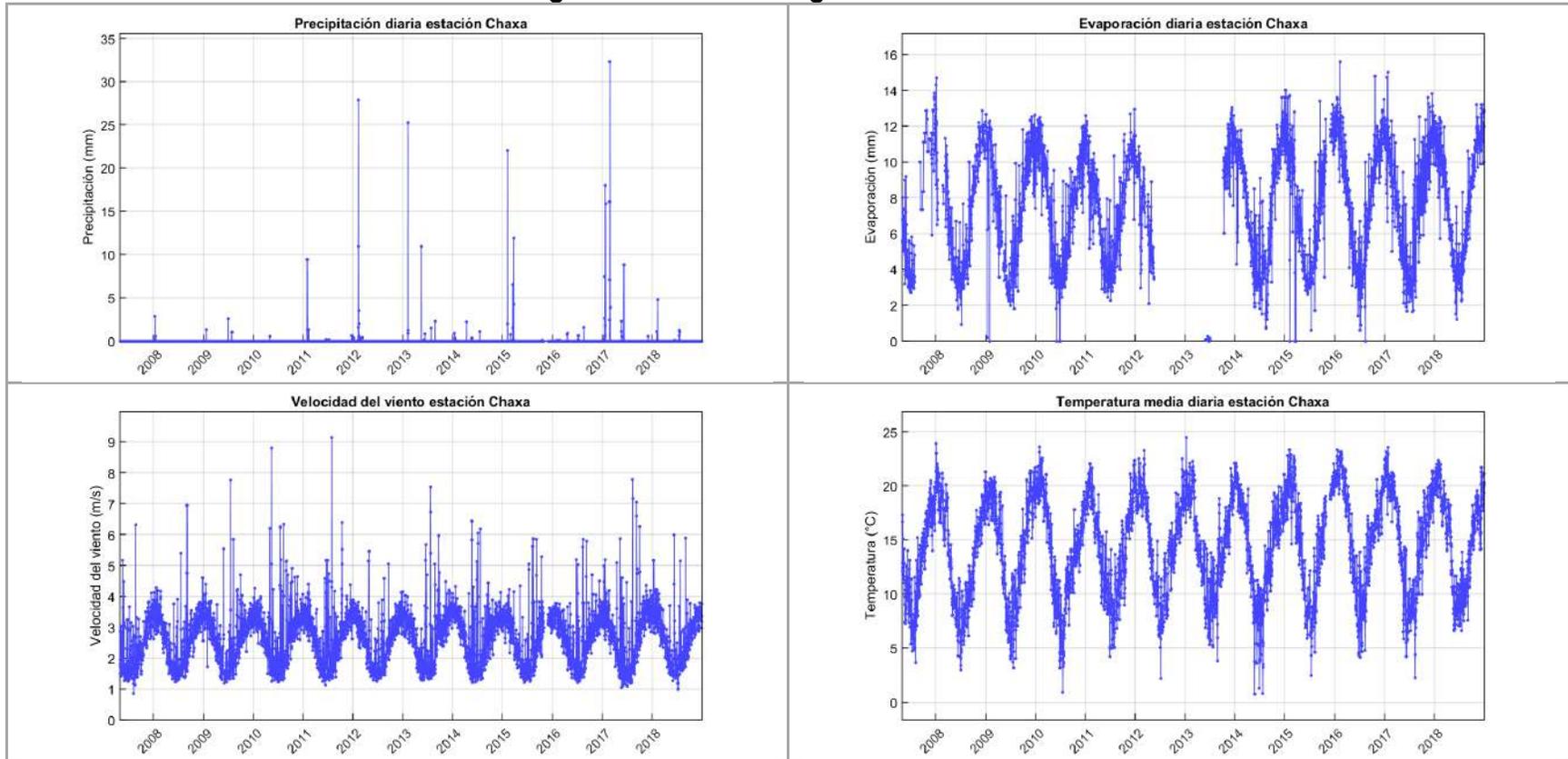
A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos en verano. Cabe señalar que aquellos pozos que tienen una periodicidad anual en sus niveles se encontrarían determinados por la evaporación (directa e indirecta) y la temperatura del sector.

Finalmente, es importante mencionar que la falta de datos entre mediados de mayo 2012 hasta octubre 2013 se reportó en el informe N°10 del Plan de Seguimiento Ambiental

¹³³ Las líneas identificadas como Chaxa, Barros Negros (cuerpo principal) y Puilar corresponden a estimaciones efectuadas a través de imágenes satelitales.

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.

Figura 6-34: Meteorología Estación Chaxa

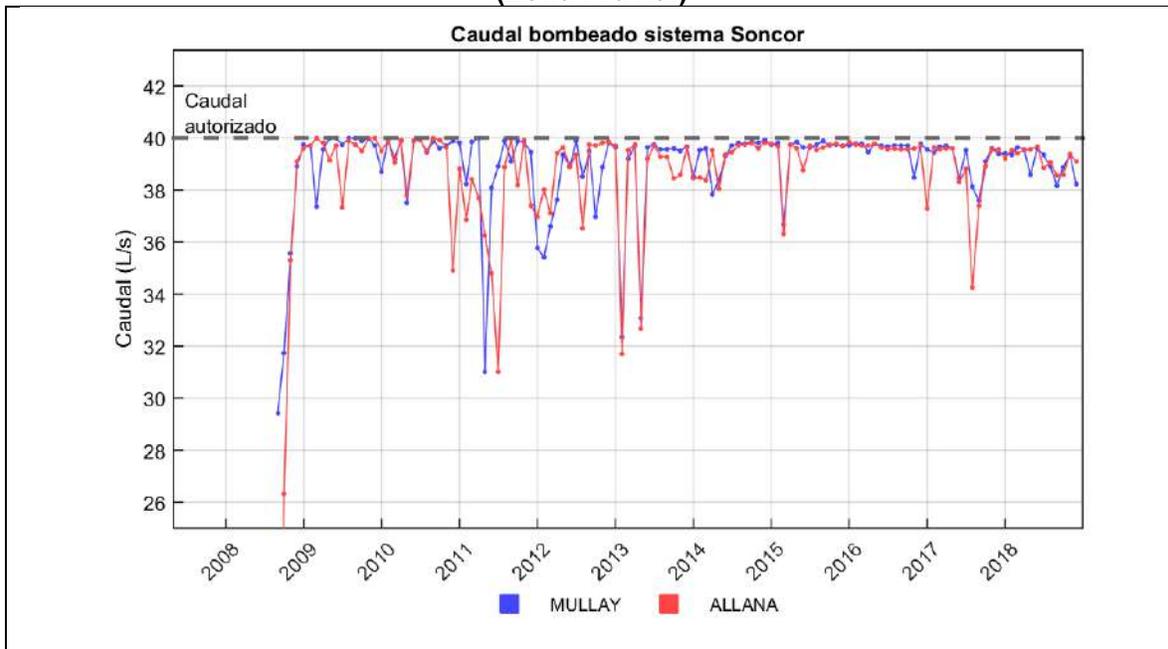


Fuente: Elaboración propia.

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. Desde su puesta en marcha, ambos pozos han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s cada uno), tal como se muestra en la Figura 6-35. Durante el último semestre el régimen de extracciones es consistente con la operación de períodos anteriores.

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 durante el segundo semestre de 2018 en el agua superficial, subterránea y lagunas del Sistema Soncor, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 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, la mayoría de los parámetros monitoreados el segundo semestre del 2018 se encuentra dentro del rango histórico. Además, no se observan tendencias temporales al alza o a la baja en los parámetros medidos en los sistemas lacustres. No obstante, algunos de los pozos de monitoreo ubicados en el sector aldeaño a la Laguna Barros Negros, Cola de Pez y Zona Núcleo, así como el pozo de extracción Mullay-1, evidencian un incremento en la concentración de SDT que podría responder al cambio en el comportamiento de la

dinámica de desborde de la laguna Barros Negros evidenciado a contar del año 2012 y a efectos locales entorno del pozo Mullay-1.

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 (puntos de control L1-4, L1-5, L1-6, L1-G4, L2-3, L2-4, L2-5, L7-3, L7-G1, SOPM-07 y SOPM-14, respectivamente)¹³⁴.

En la mayoría de los pozos y reglillas de monitoreo las mediciones realizadas el segundo semestre del año 2018 se encontraron dentro del rango registrado históricamente. Las excepciones pueden agruparse en tres tipos: errores en las mediciones de laboratorio (reglilla L1-G4 donde se evidencian inconsistencias en los resultados obtenidos en octubre de 2018), variaciones naturales puntuales (L2-4, L2-5 y L7-G1, donde se observan concentraciones levemente por fuera de los rangos históricos, pero en parámetros puntuales y sin un comportamiento de tendencia), y posibles tendencias asociadas, entre otros, al cambio en el comportamiento de la dinámica de desborde de la laguna Barros Negros evidenciado a contar del año 2012 (L1-5 y L1-6)¹³⁵.

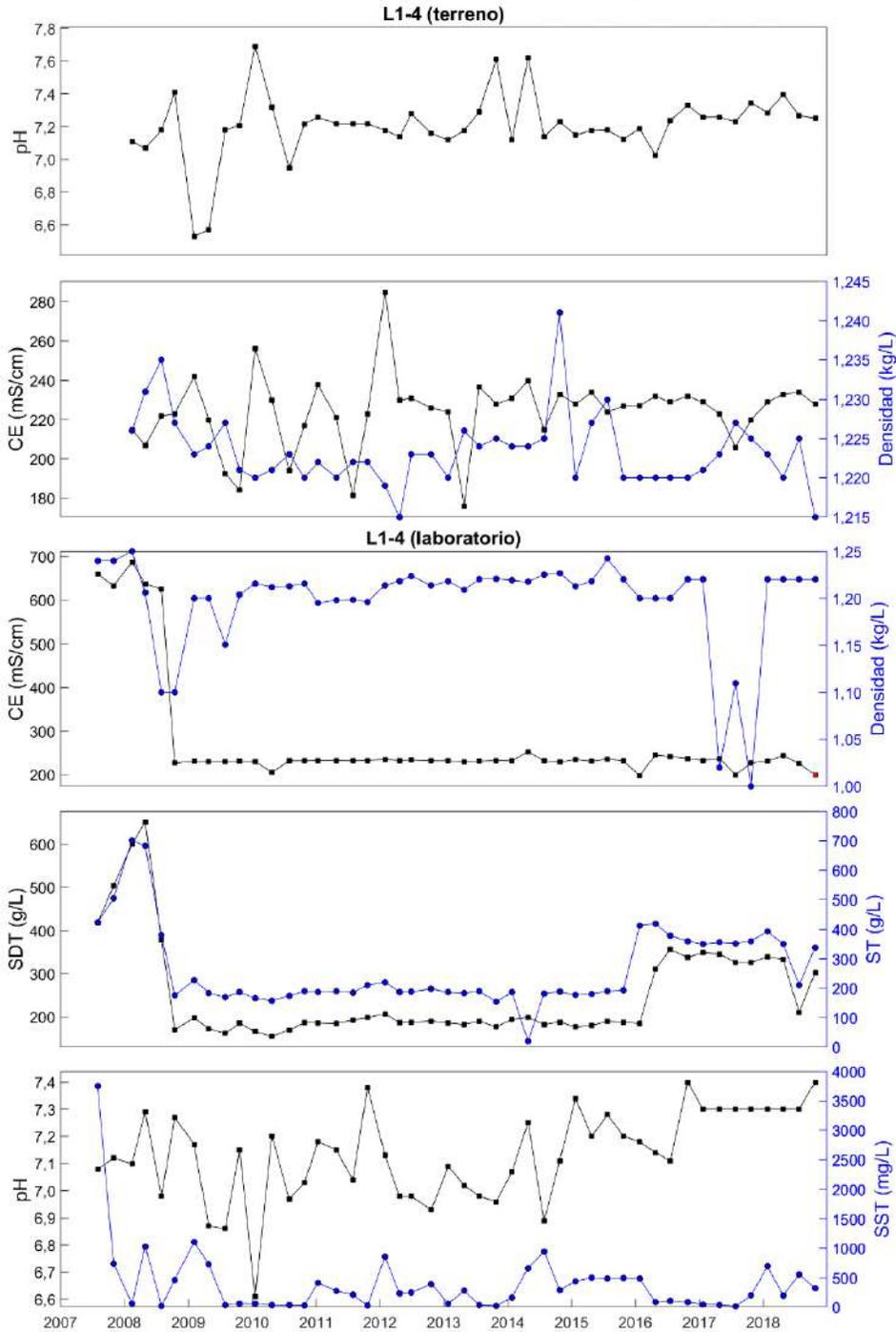
En cuanto a sus características históricas, la mayoría de los pozos y reglillas presentan una alta CE (~200 mS/cm) y SDT (~200 g/L). Los pozos que escapan a este comportamiento corresponden a L2-3, L2-4 y L7-3 (CE < 15 mS/cm y SDT < 10 g/L). Esto último es esperable dada su ubicación: el pozo L2-3 se 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. Para el caso de SDT es posible apreciar en algunos puntos de monitoreo una tendencia al aumento (L1-4, L1-5, L1-6, L2-5, SOPM-7, SOPM-14 y Reglilla L1-G4). Estos 7 puntos se ubican al sur del Sistema Soncor, en el sector de la Laguna Barros Negros, Cola de Pez y Zona Núcleo. Cabe mencionar que el cambio en el comportamiento de la dinámica de desborde de la laguna Barros Negros evidenciado a contar del año 2012 ha originado que, en la actualidad, los aportes al sector de Cola de Pez sean menores, pudiendo explicar este comportamiento. Un detalle de la relación entre el cambio en la dinámica de desbordes Barros Negros y su influencia en la química en los pozos ubicados en los sectores Cola de pez y hacia el sur se expone en el informe de investigación presentado a la autoridad en el marco de la activación de Fase II en el Sistema Soncor.

¹³⁴ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Ambiental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Ambiental, así como un breve análisis. Si bien estos registros se incluyen en los gráficos históricos presentados a lo largo de este capítulo, fueron excluidos del análisis numérico efectuado (no se consideraron para el cálculo de los estadígrafos ni para el análisis de tendencias). Asimismo, si bien se presentan todos los registros de SDT, SST y ST en los gráficos históricos, se excluyeron del análisis numérico aquellos que presentaron errores $\geq 20\%$ en el balance de masa.

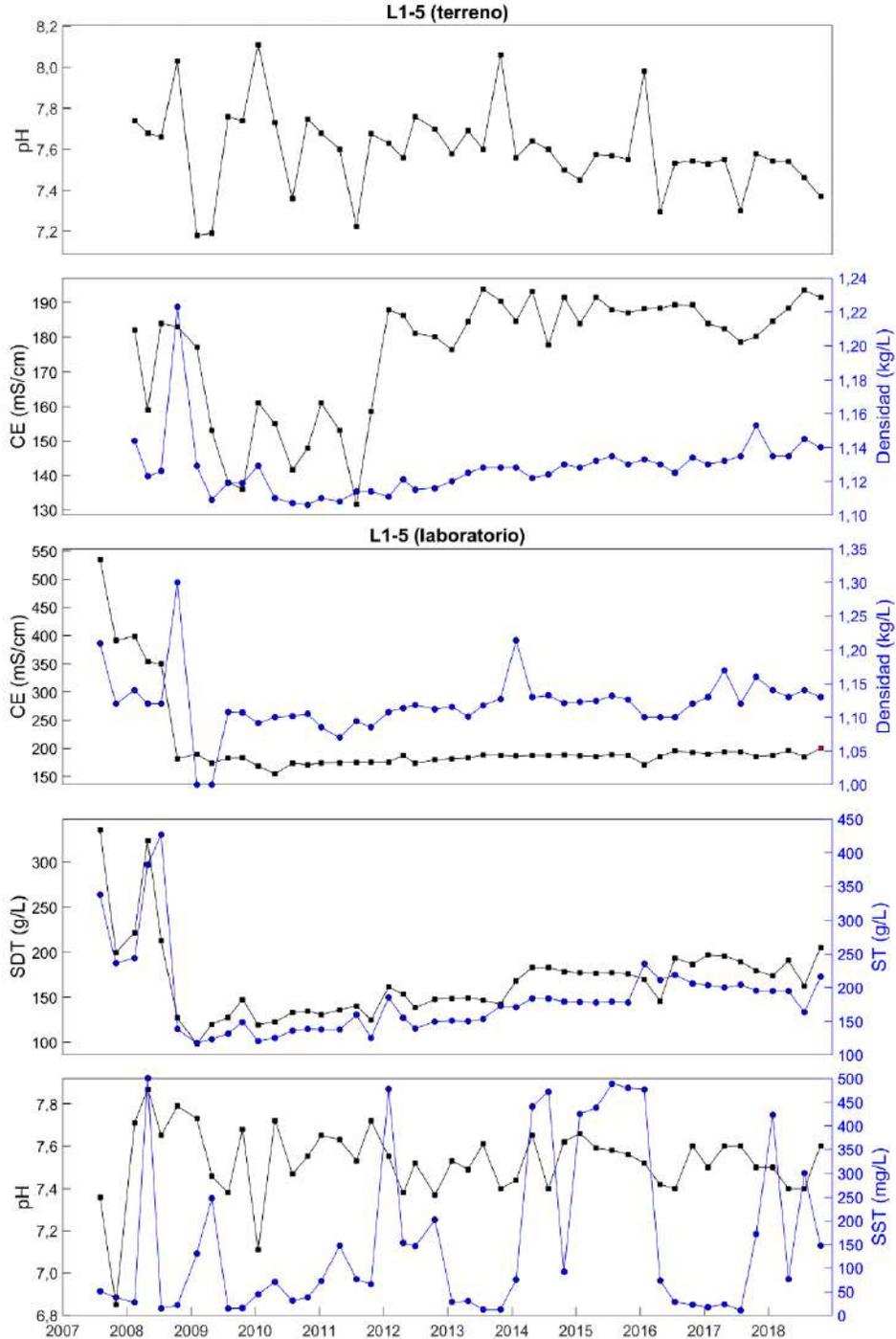
¹³⁵ Es importante mencionar que la concentración de carbonato en octubre fue calculada por CESMEC S.A., motivo que origina que existan valores = 0 mg/L en lugar de < LD.

Figura 6-36: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-4



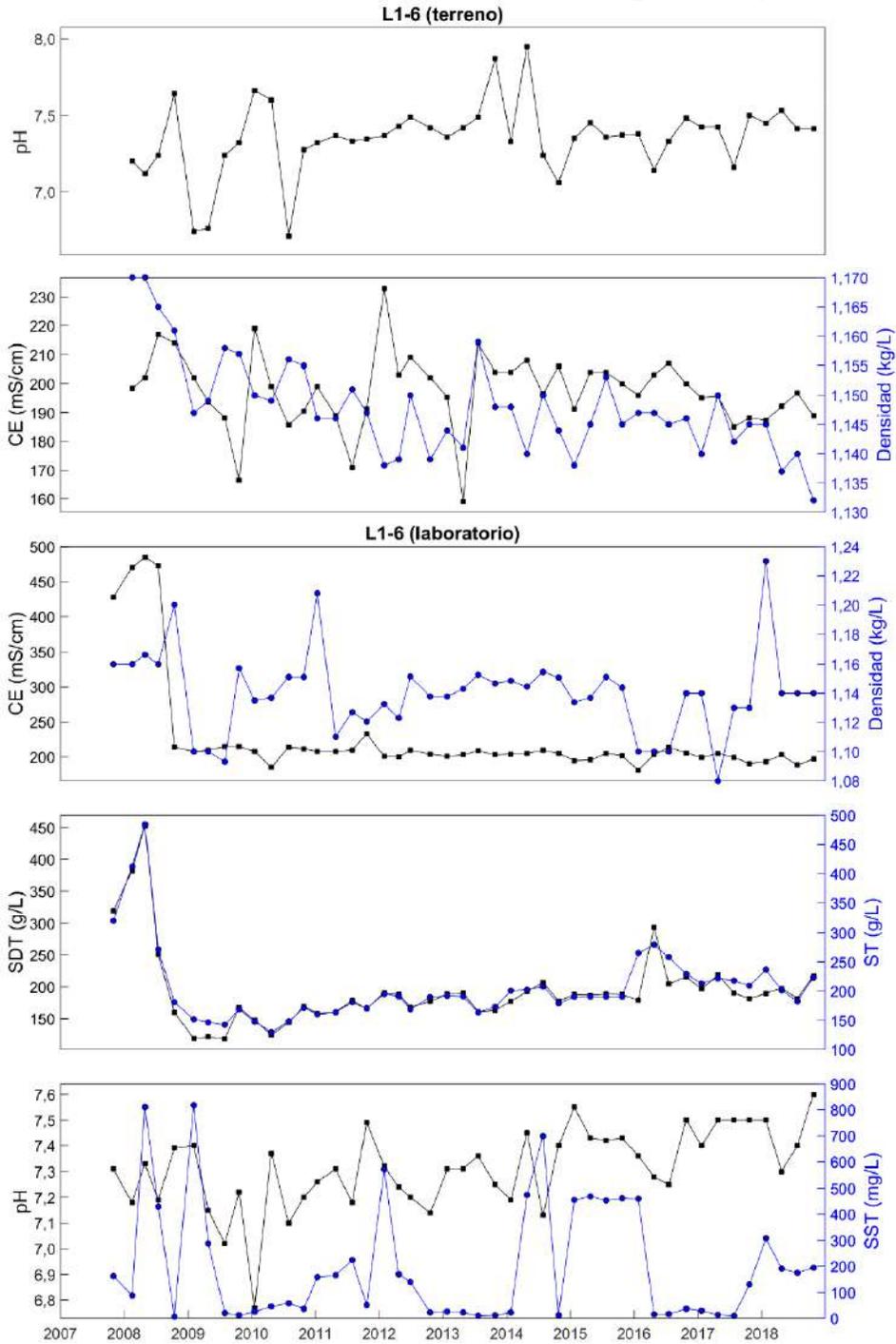
Fuente: Elaboración propia. Los valores > límite superior de medición (LM) se presentan como iguales al mismo y se encuentran destacados en rojo.

Figura 6-37: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-5



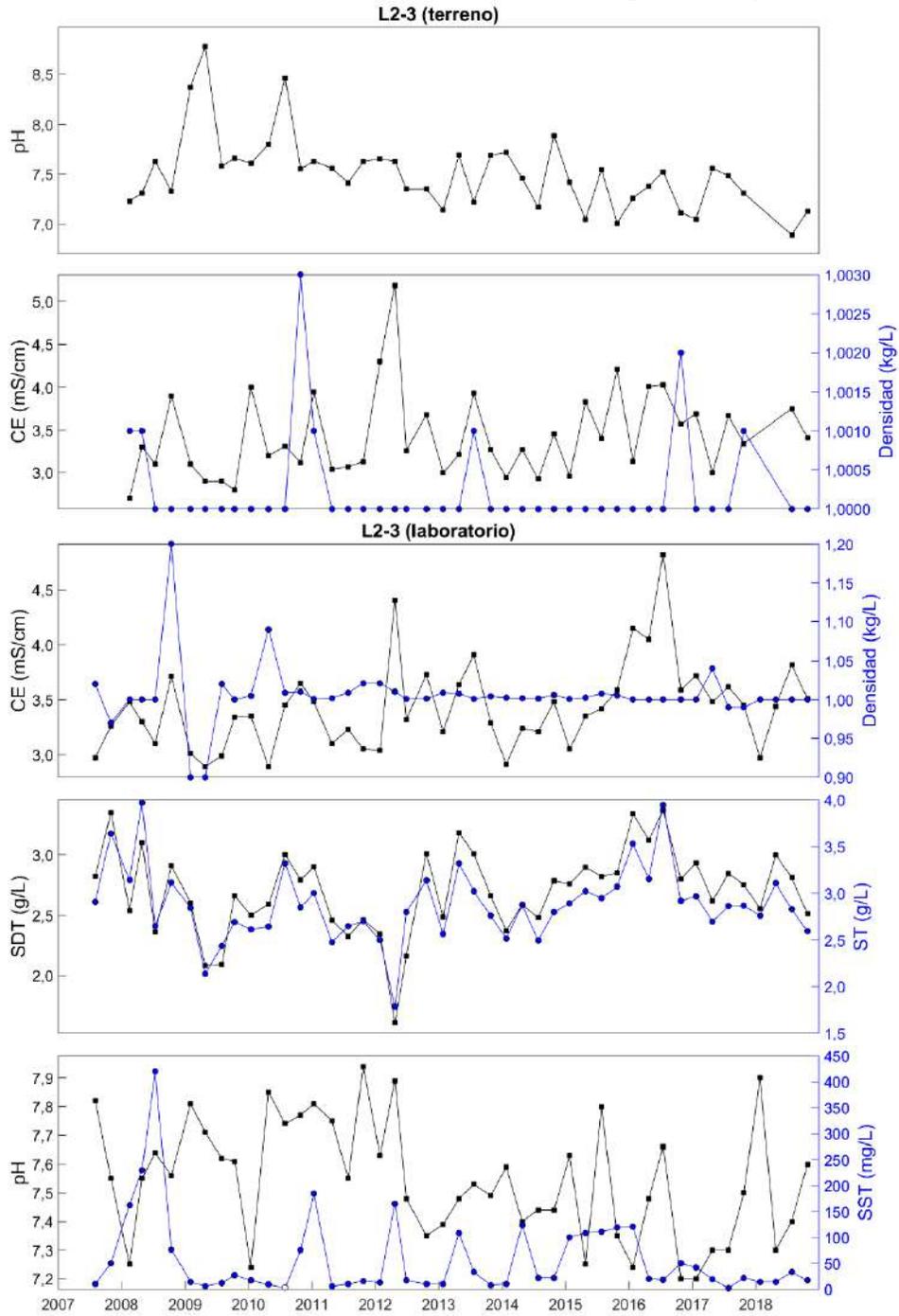
Fuente: Elaboración propia. Los valores > LM se presentan como iguales al mismo y se encuentran destacados en rojo.

Figura 6-38: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L1-6



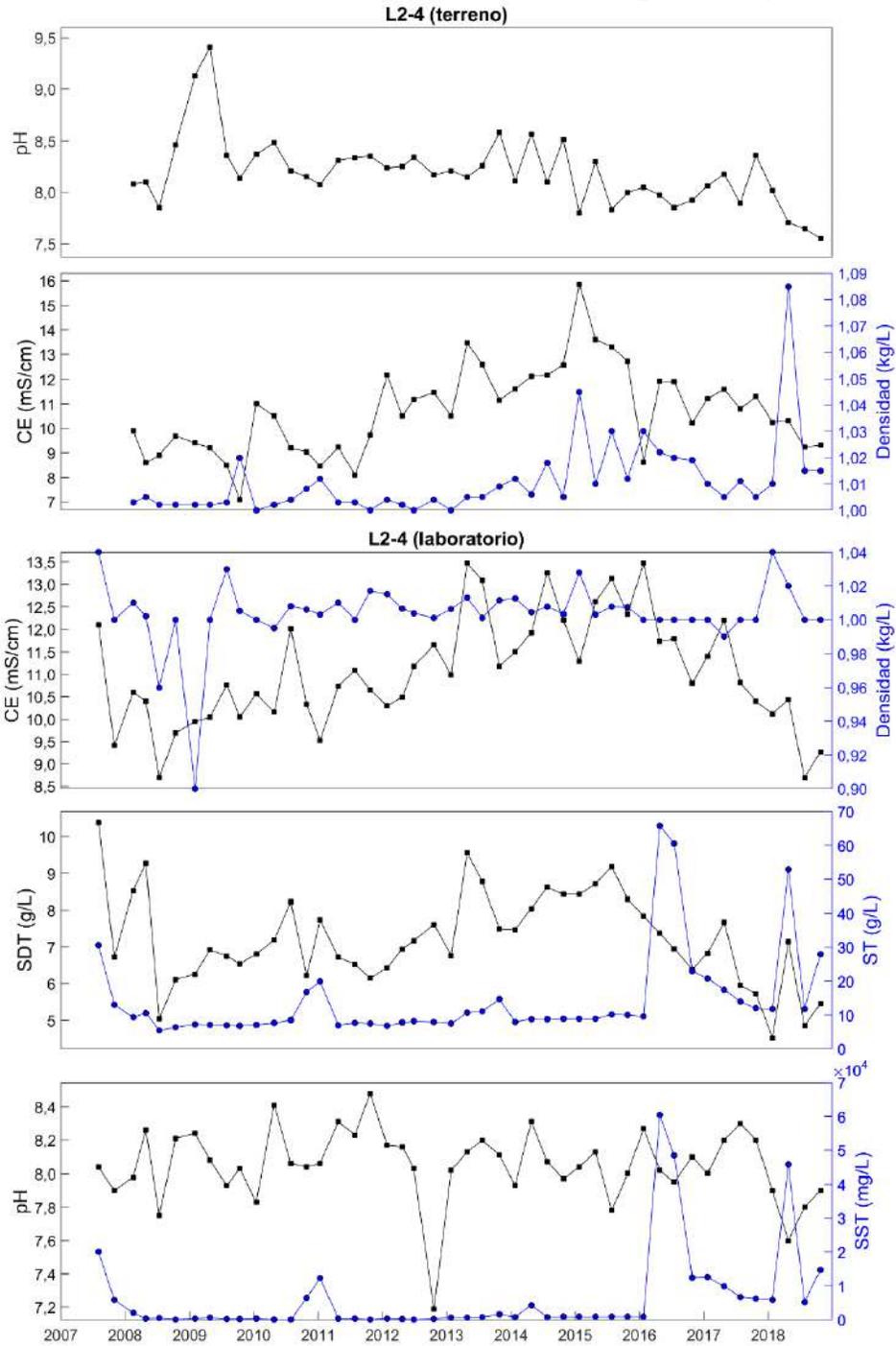
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-39: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-3



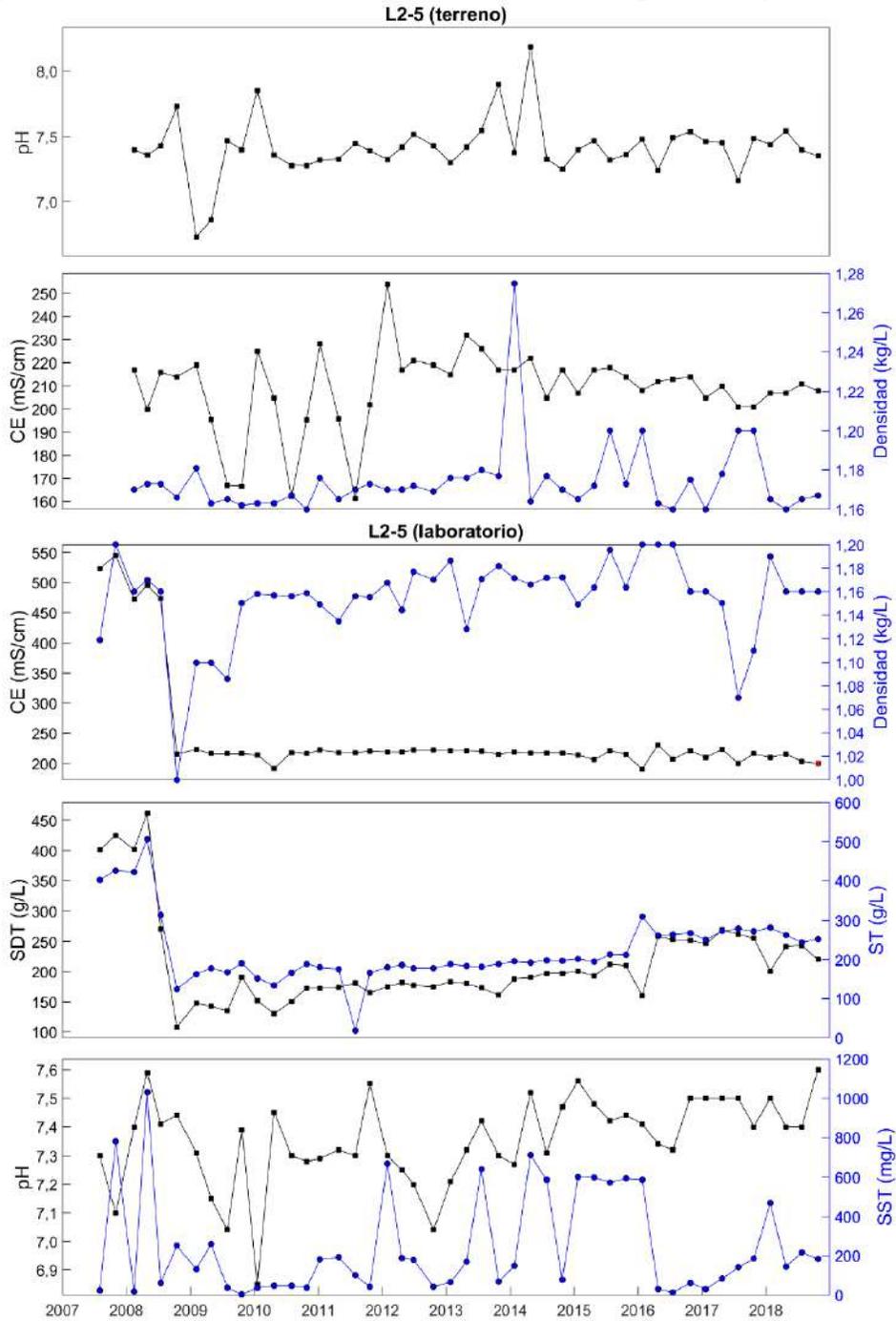
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-40: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-4



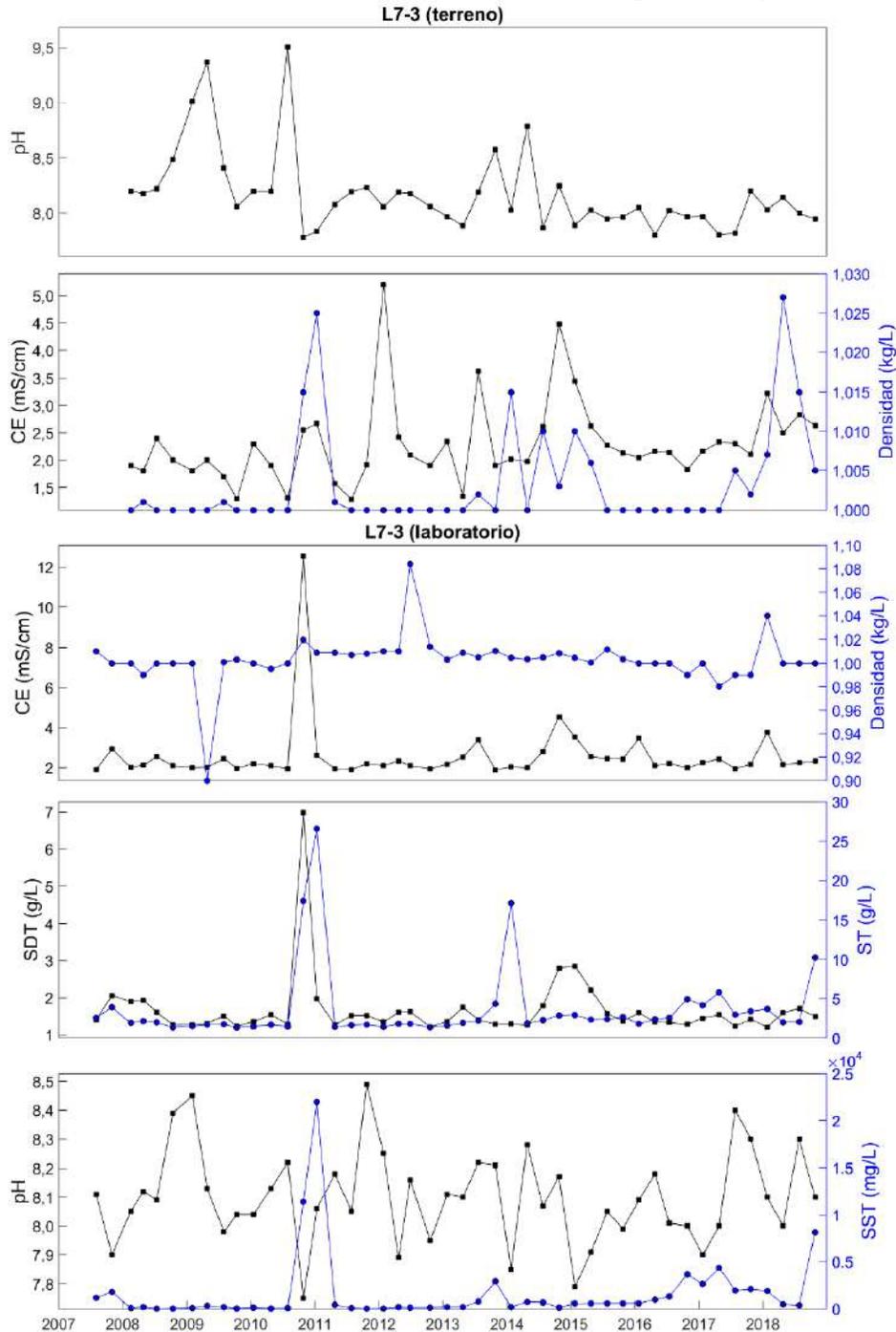
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-41: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L2-5



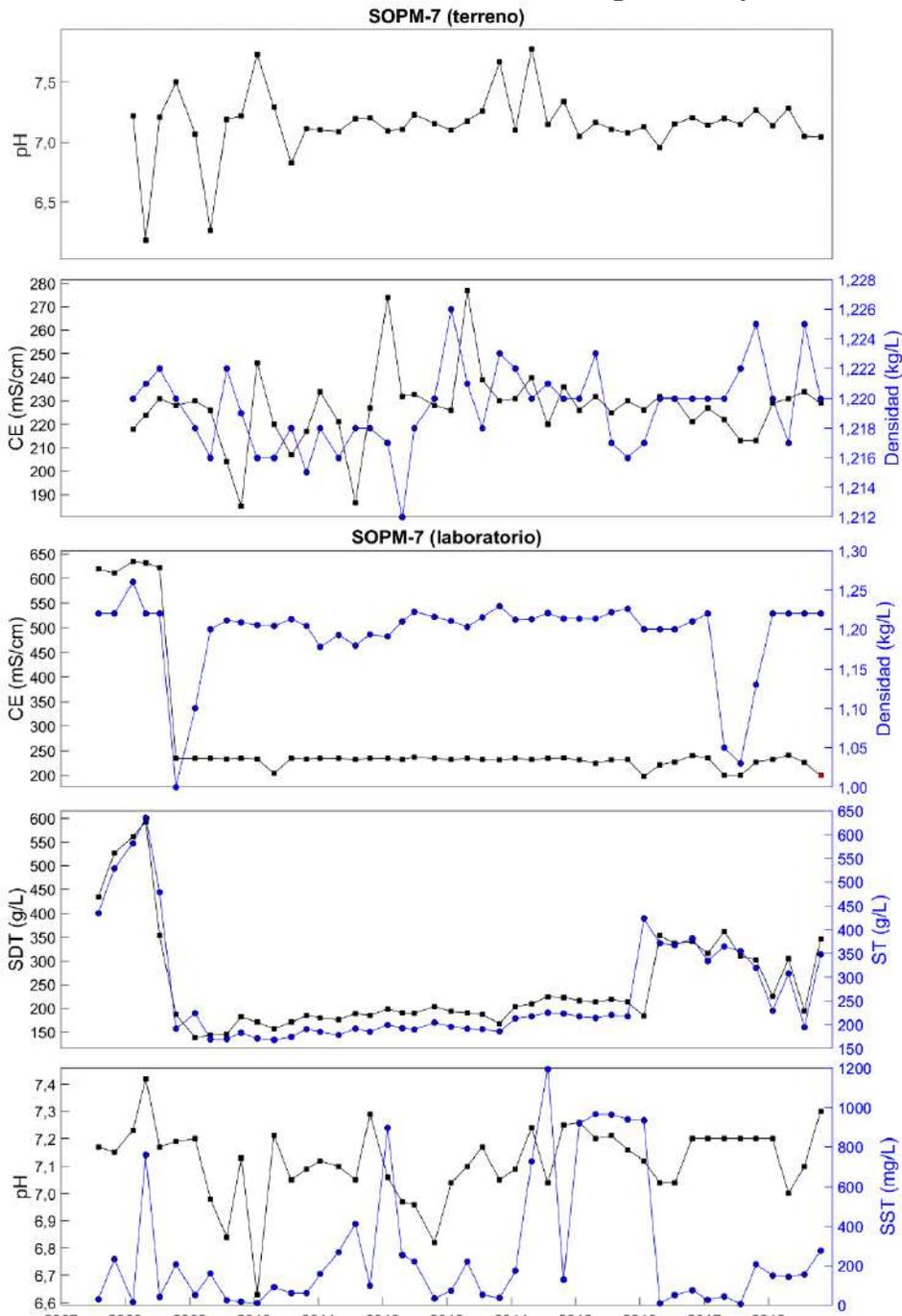
Fuente: Elaboración propia. Los valores > LM se presentan como iguales al mismo y se encuentran destacados en rojo.

Figura 6-42: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L7-3



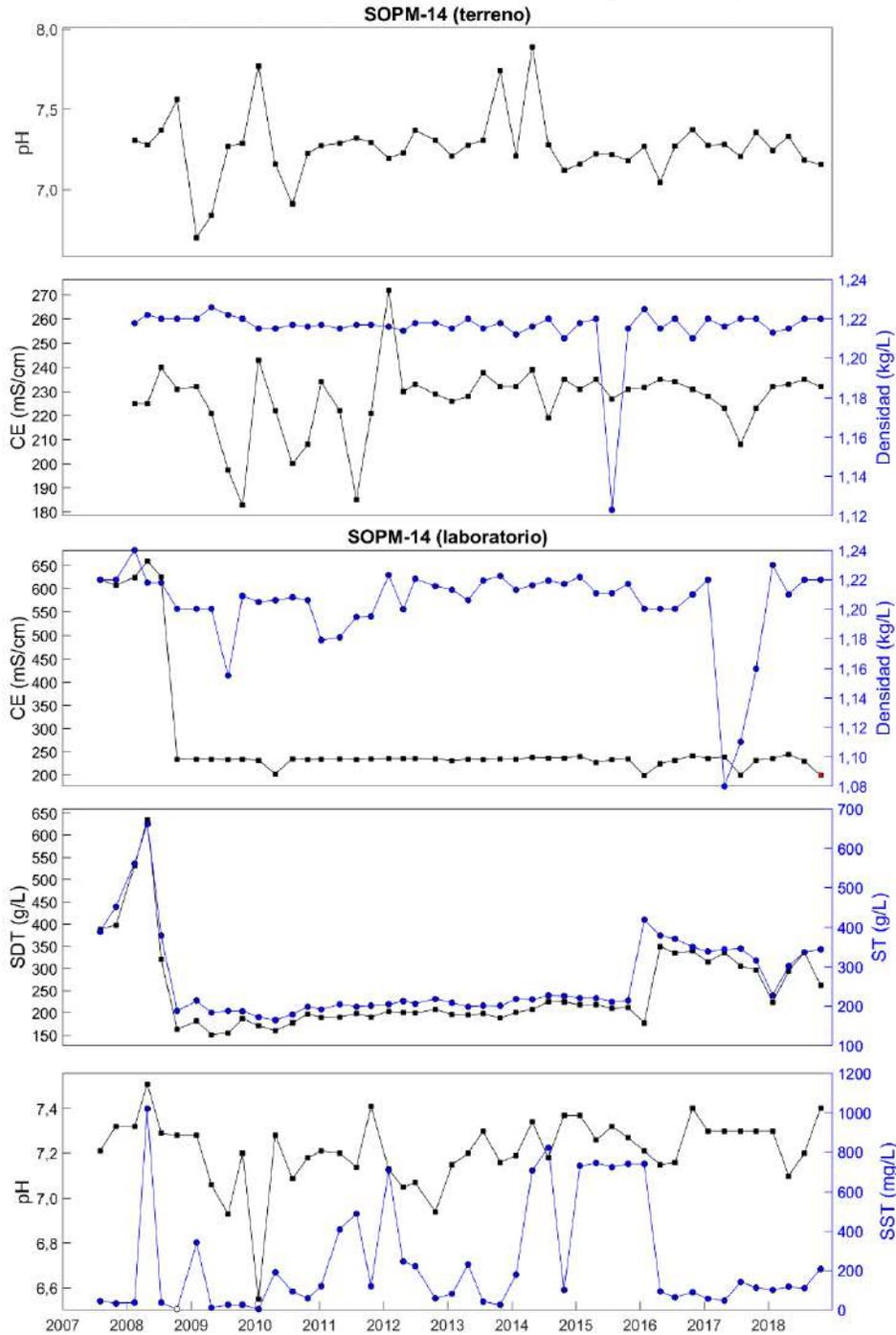
Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, no se presenta la CE ni la concentración de SDT registradas en octubre de 2010 (12,55 mS/cm y 6.990 mg/L, respectivamente).

Figura 6-43: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-7



Fuente: Elaboración propia. Los valores > límite superior de medición LM se presentan como iguales al mismo y se encuentran destacados en rojo.

Figura 6-44: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo SOPM-14



Fuente: Elaboración propia. Los valores > LM se presentan como iguales al mismo y se encuentran destacados en rojo.

Figura 6-45: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L1-G4

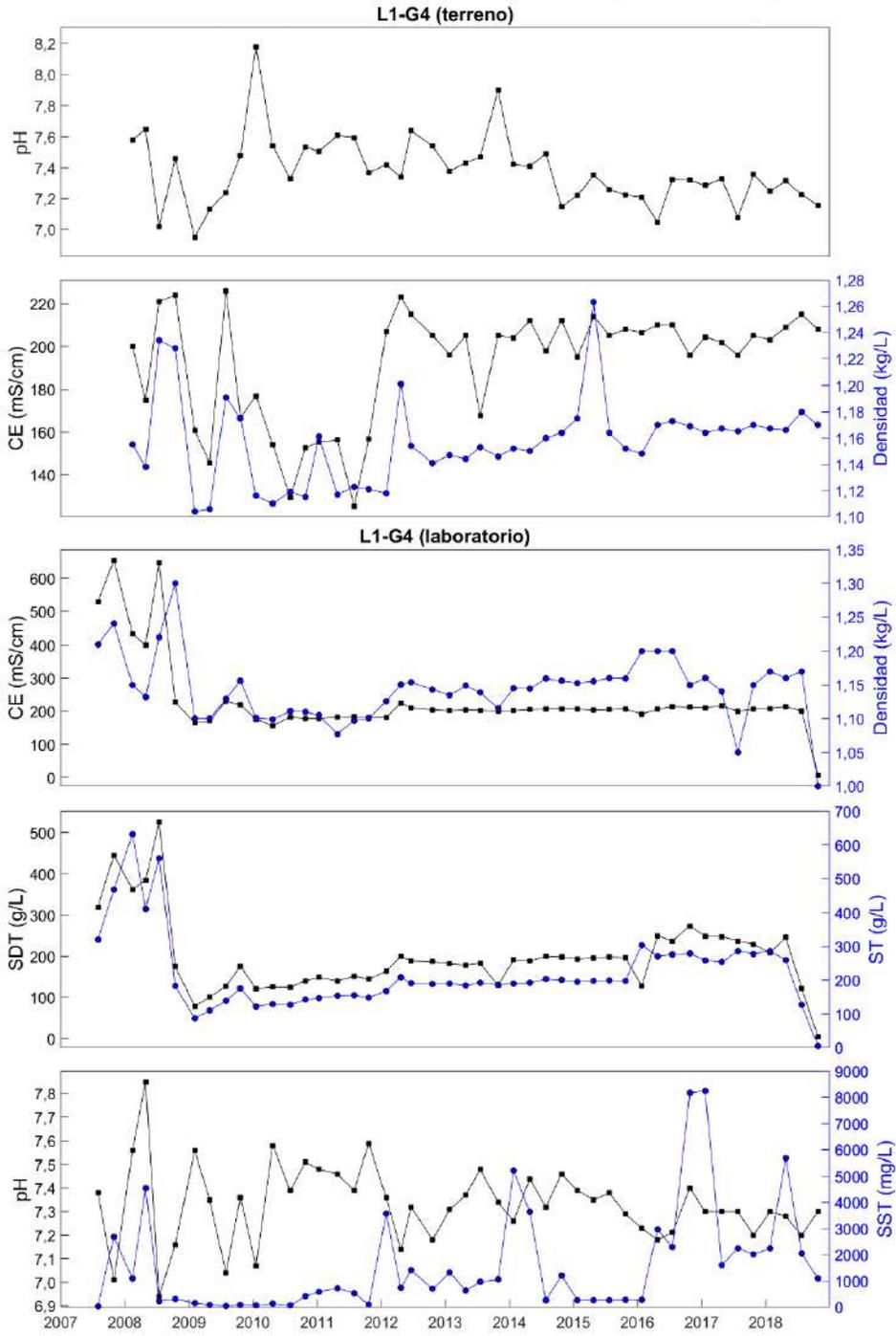
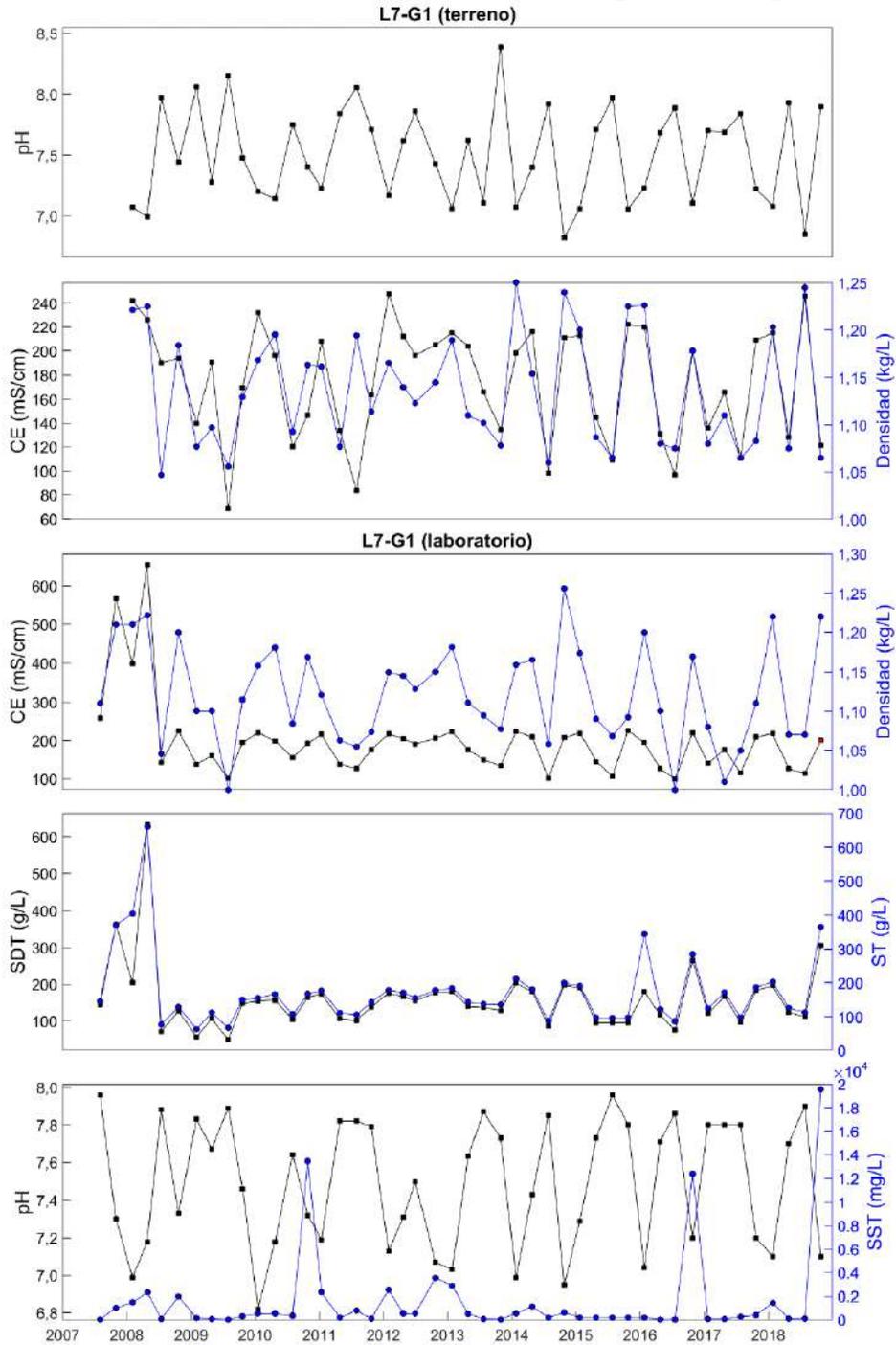


Figura 6-46: Evolución histórica de la calidad del agua en la reglilla L7-G1



Fuente: Elaboración propia. Los valores > LM se presentan como iguales al mismo y se encuentran destacados en rojo.

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.

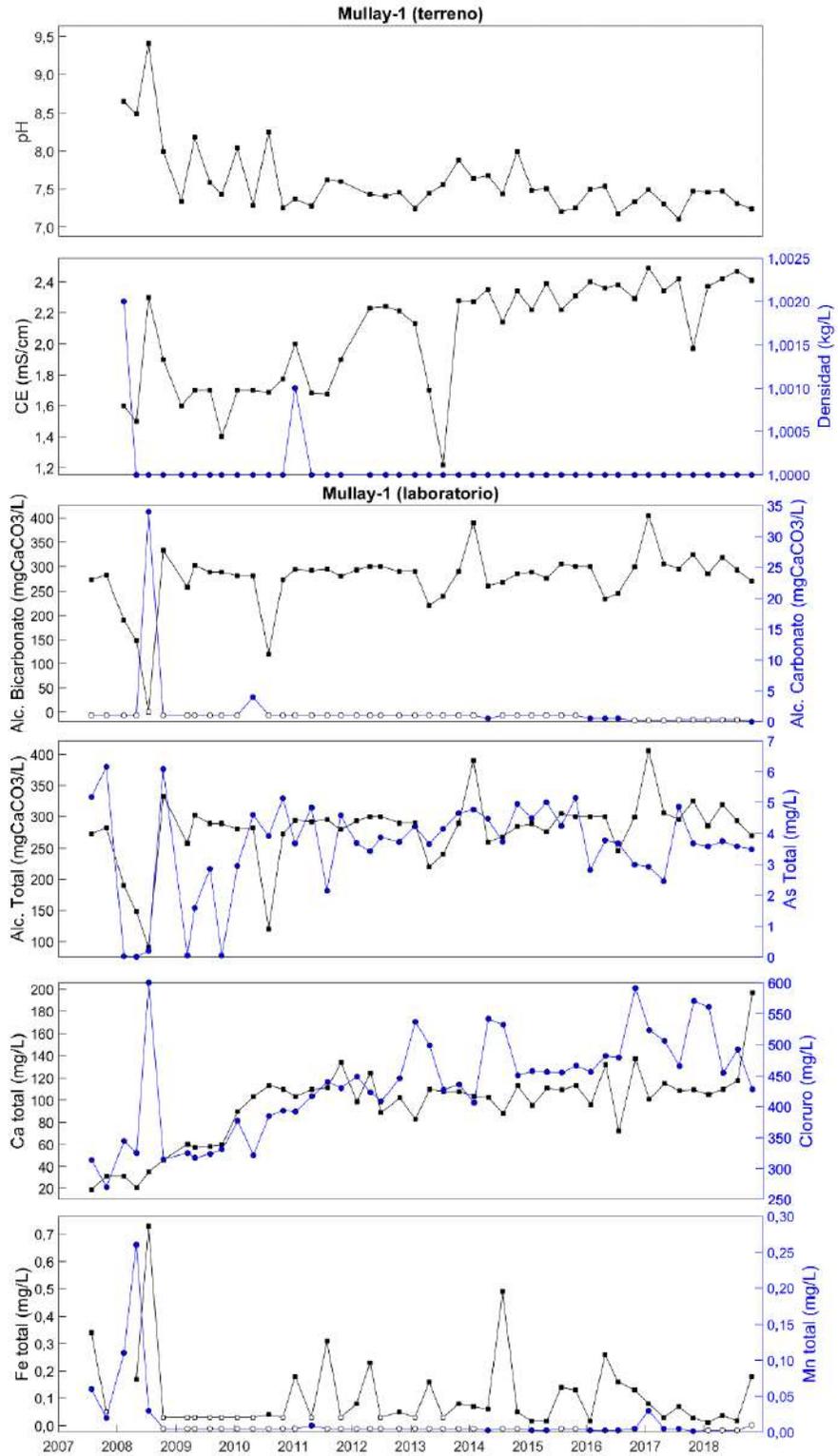
En ambos pozos de extracción la mayoría de las mediciones realizadas el segundo semestre del año 2018 se encuentra dentro del rango histórico, con tres excepciones. En ambos pozos la concentración de calcio y potasio registrada en octubre de 2018 se encontró sobre el máximo, lo que podría explicarse por un error en el análisis de laboratorio¹³⁶ o variaciones naturales. El único parámetro que se encontró sobre el rango que no se explicaría por las causas anteriores, corresponde a los SDT en el pozo Mullay-1, como se discutirá más adelante.

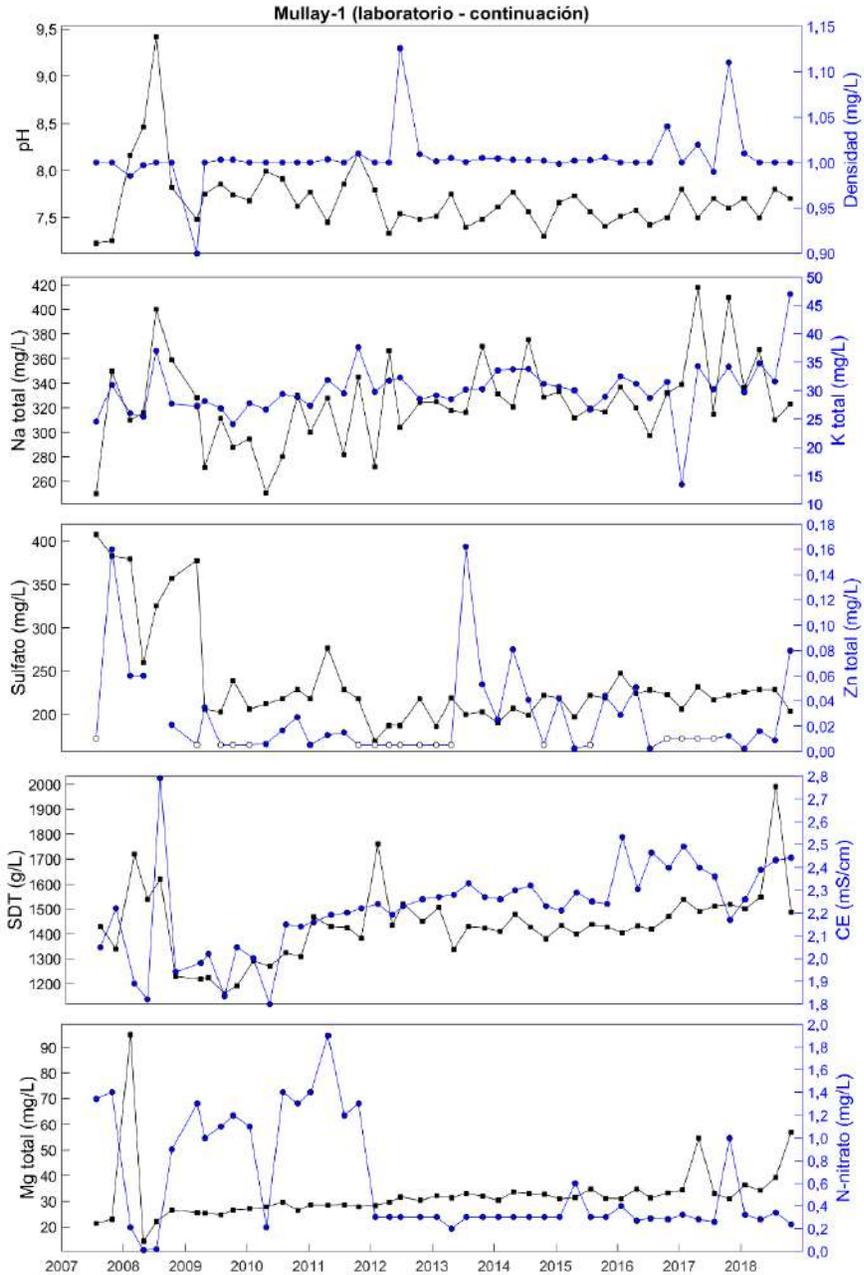
En cuanto al comportamiento histórico de la calidad del agua en los pozos de extracción, ambos se han caracterizado por presentar una CE y concentración de SDT menores a las observadas en los pozos y reglillas de la zona marginal y núcleo (entre 2,0 - 4 mS/cm y 1,4 - 3,5 g SDT/L promedio), en concordancia 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 mayores concentraciones 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 observan tendencias a largo plazo evidentes, sólo la concentración de cloruro y magnesio presentan una leve tendencia al alza. En el pozo Mullay-1 sí pueden observarse tendencias para algunos parámetros, especialmente en el periodo comprendido entre los años 2007 y 2012-2014. Específicamente, desde el año 2007 hasta el año 2012 el pH, si bien oscila, tiende a la disminución y luego pareciera estabilizarse. La concentración de Ca y cloruro aumentan sostenidamente hasta el año 2012, y bajan su tasa de incremento a partir de ese año. Finalmente, la CE y la concentración de SDT se han 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.

¹³⁶ Para validar las mediciones efectuadas en octubre de 2018 se realizó una aproximación al balance iónico (BI) en la cual se consideraron los cationes totales como disueltos. Se encontraron cuatro muestras que no cumplen con el BI, superando un 7,5% de error. Estas corresponden a: CA-2015 (25,9%), Socaire-5B (11,3%), Mullay-1 (15,8%) y L4-10 (78,5%). Por otra parte, la concentración de calcio se encontró sobre lo esperado en algunas muestras. Se solicitó a CESMEC S.A. repetir los análisis, lo que no pudo efectuarse debido a que no contaba con volumen de muestra suficiente.

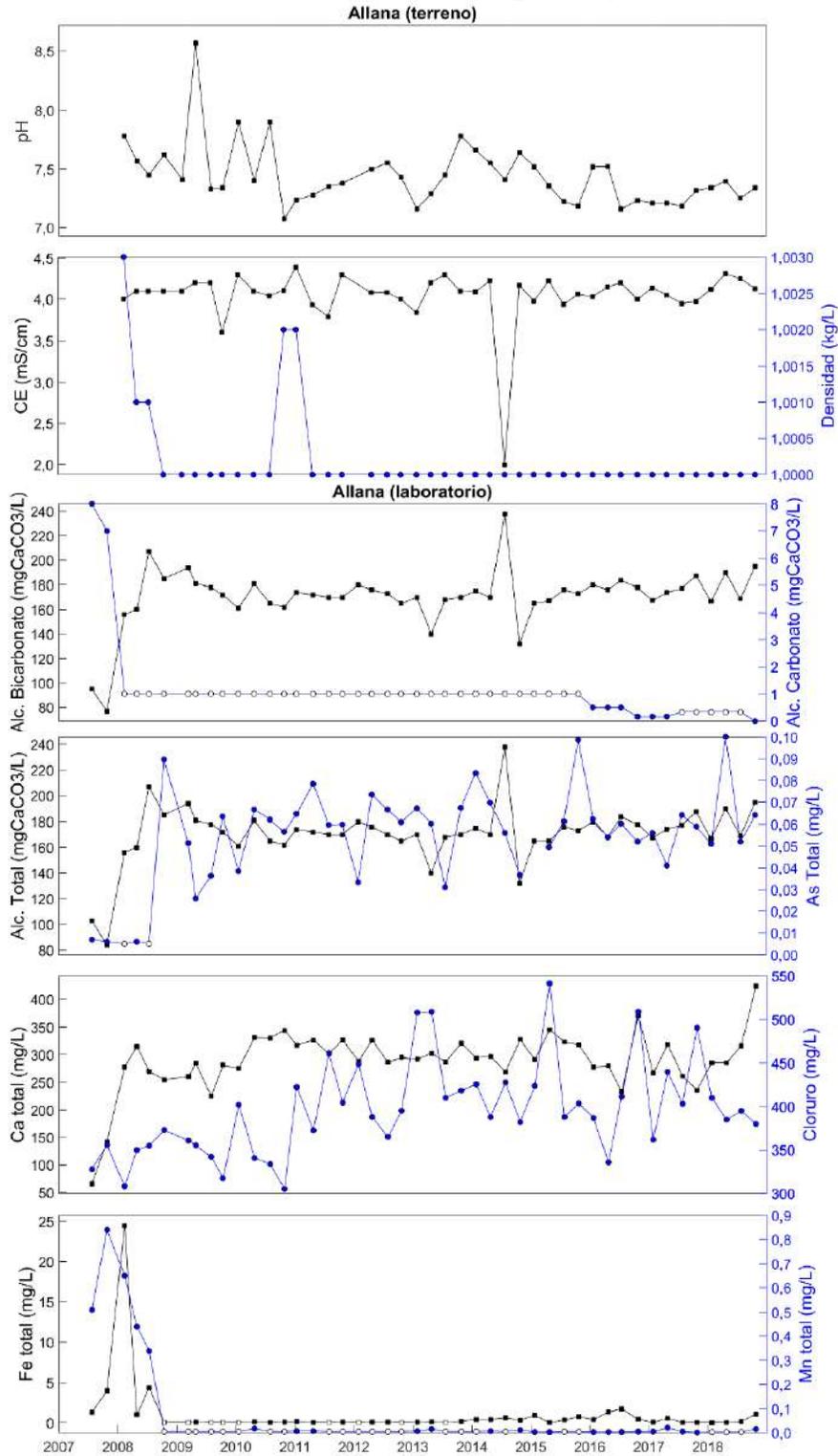
Figura 6-47: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Mullay-1

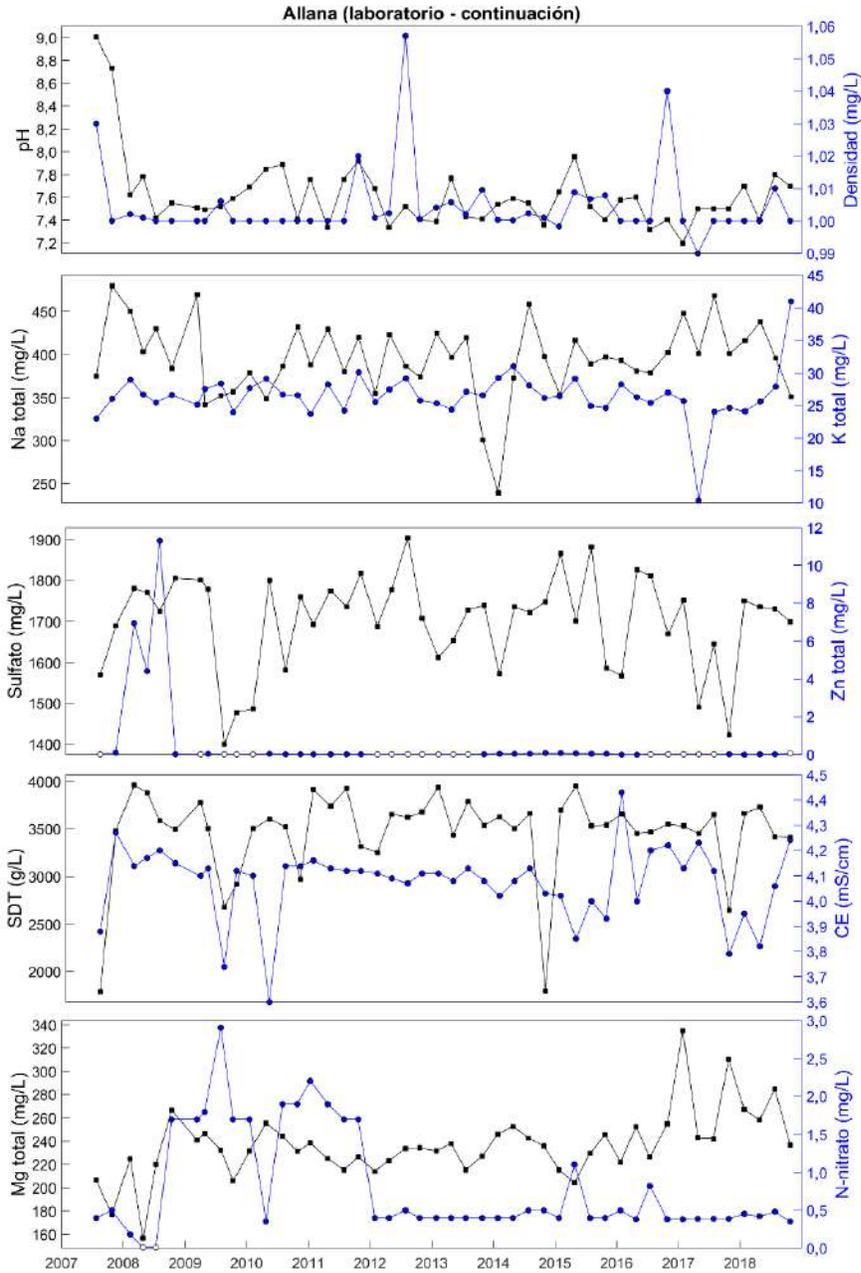




Fuente: Elaboración propia. Por motivos de escala, no se presenta la concentración de hierro medida en febrero de 2008 (88,2 mg/L) ni la concentración de zinc medida en julio de 2008 (0,62 mg/L). Los valores < límite de detección (LD) se presentan como = LD y como símbolos vacíos.

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 en símbolos vacíos.

6.2.1.5.3 Calidad del agua en sistemas lacustres

Como se indicó en la sección 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 las ETFAs SGS Ltda. y, recientemente, CESMEC S.A. 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 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 segundo semestre de 2018, las concentraciones de coliformes fecales y totales, nitrógeno amoniacal, detergentes e hidrocarburos en las lagunas Chaxa y Barros Negros se encontraron cercanas o bajo el límite de detección. Además, todas las mediciones realizadas por CONAF en ambas lagunas se encontraron dentro del rango histórico (Figura 6-49).

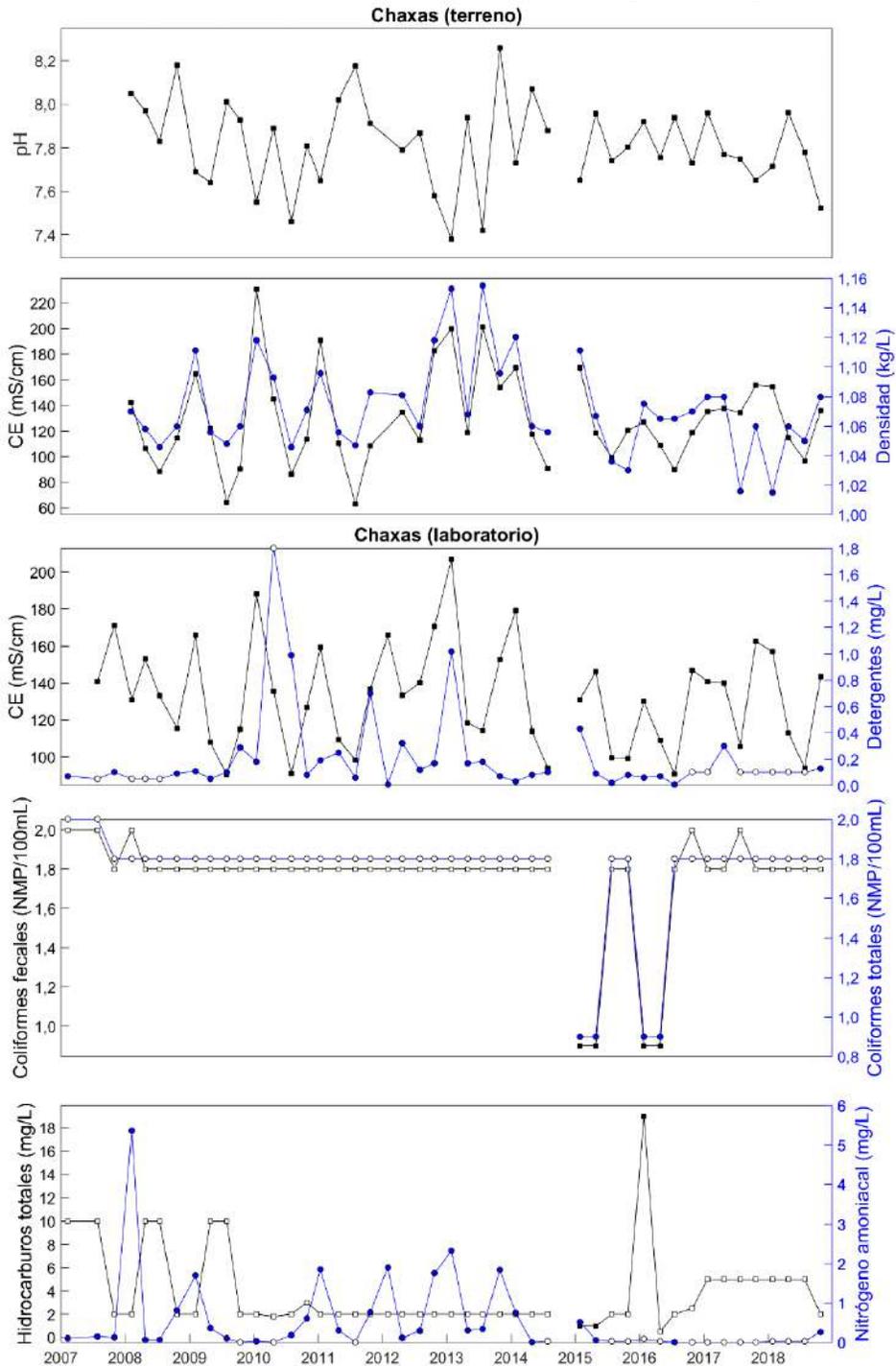
En la laguna Puilar, la gran mayoría de los parámetros medidos por CONAF se encontró dentro de su rango histórico, con dos excepciones. El pH registrado en julio de 2018 fue levemente menor al mínimo histórico (6,95 vs 7,01), aunque nuevamente aumentó en octubre (8,27). Por su parte, la concentración de sílice registrada en octubre de 2018 se encontró sobre su máximo histórico (290 mg/L vs 177 mg/L). Ninguno de estos parámetros evidencia tendencias al largo plazo y tampoco se observan otros parámetros alterados que pudieran sugerir cambios en la calidad del agua, por lo que estas excedencias no indicarían alteraciones en su calidad.

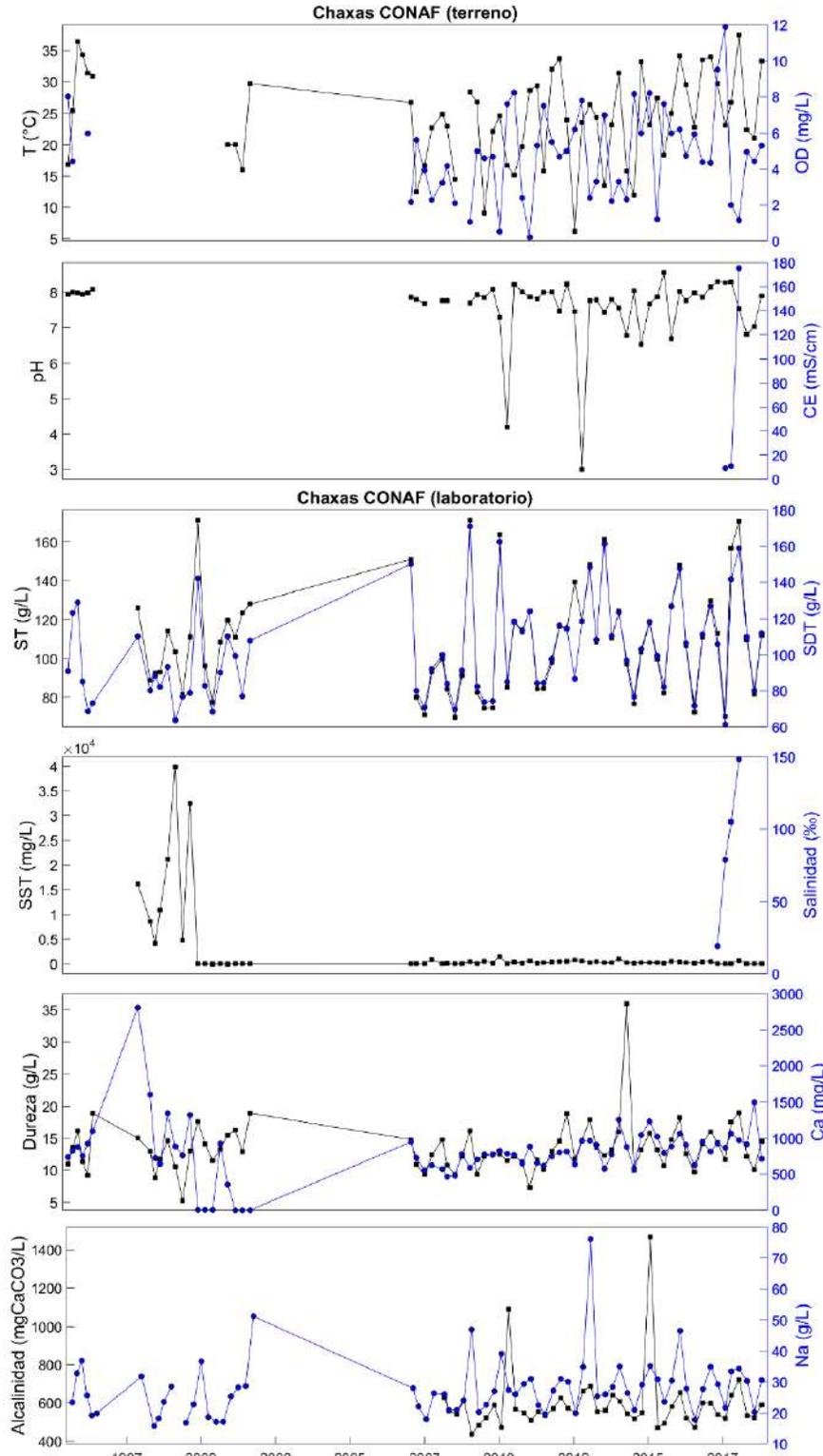
En el canal Burro Muerto, el único registro del segundo semestre de 2018 fuera del rango histórico corresponde a la concentración de potasio medida en julio de 2018. Ella se encontró por debajo del mínimo que se había observado previamente (0,84 g/L vs 1,74 g/L). Dado que no existen tendencias a la baja en este parámetro, así como tampoco se encontraron otros parámetros fuera del rango histórico, este valor puntual no indicaría algún comportamiento anómalo de la calidad del agua.

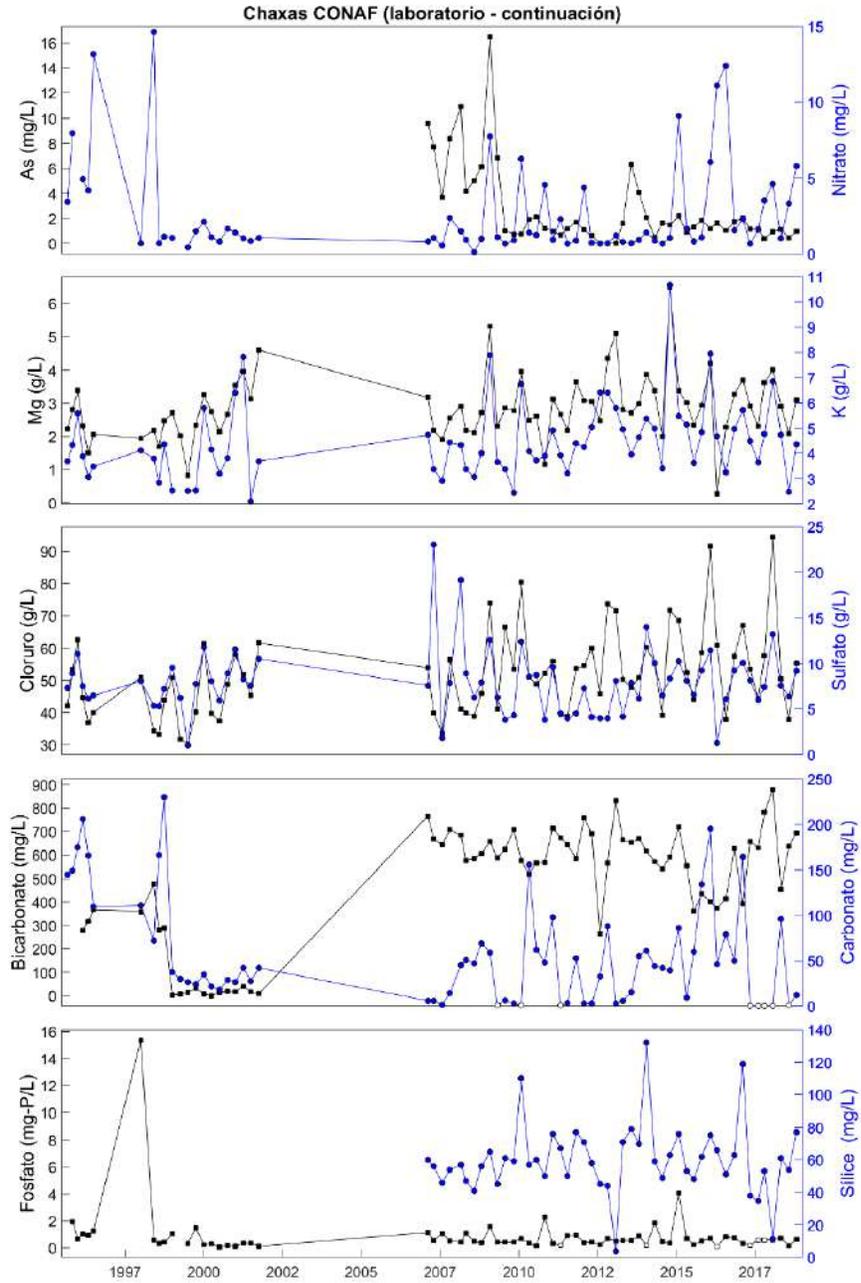
En cuanto al comportamiento general de las lagunas, todas ellas tienen características similares, con valores de pH de neutro a alcalino, alta CE y concentración de SDT dominada por los iones sodio y cloruro. Específicamente, la laguna Chaxa ha presentado históricamente un pH de neutro a alcalino (7,7), altos valores de CE (130 mS/cm) y SDT (104 g/L; Cl ~52 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 concentración de SDT (20 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 en el canal Burro Muerto como en las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar no se observan tendencias temporales para los parámetros monitoreados por SQM y CONAF, presentando un comportamiento oscilante en la mayoría de los casos. La salinidad (SDT) presenta oscilaciones con periodicidad anual y valores máximos en verano en la mayor parte de este sistema (canal Burro Muerto, laguna Chaxa y laguna Barros Negros).

Figura 6-49: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Chaxa

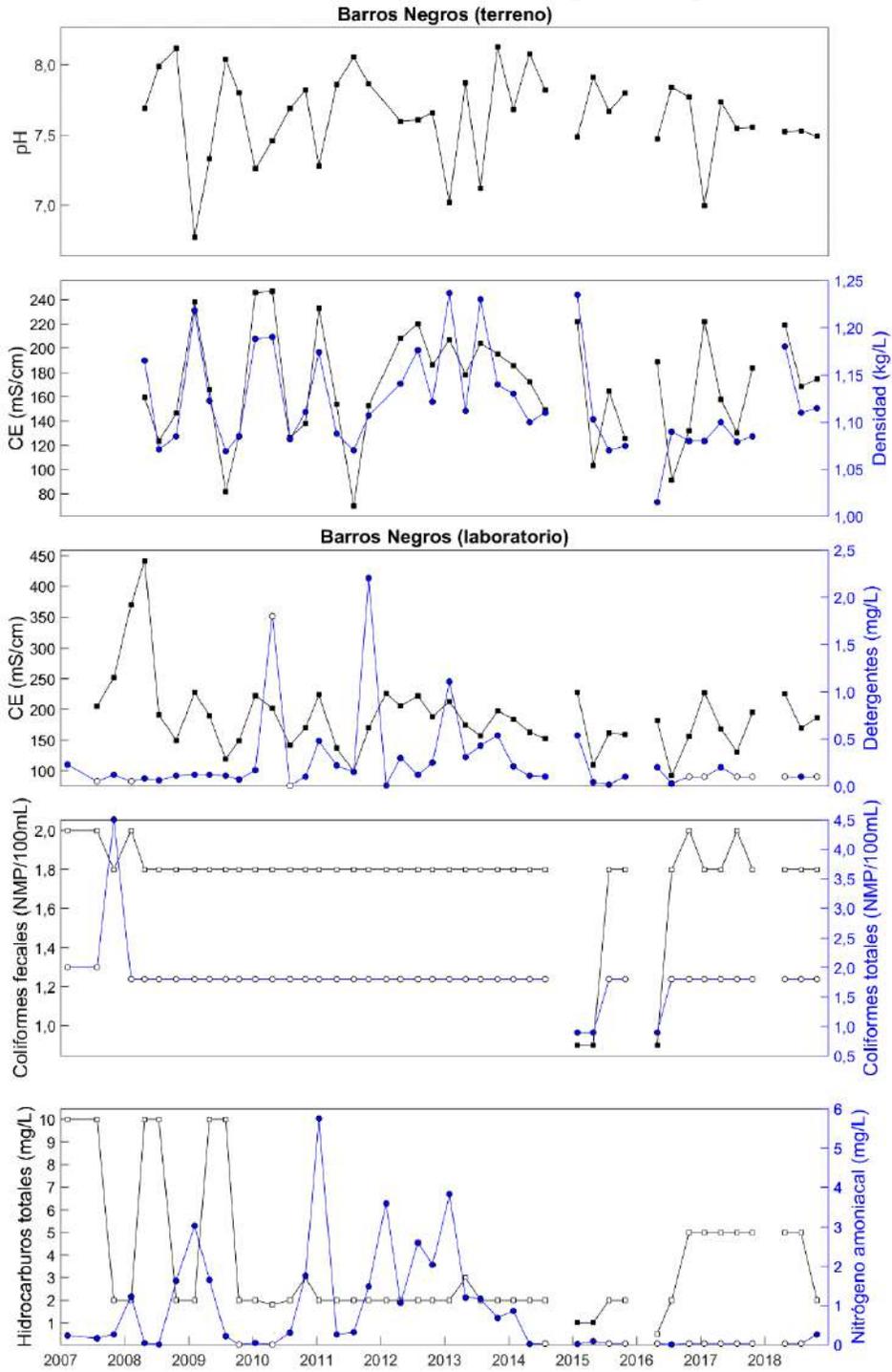


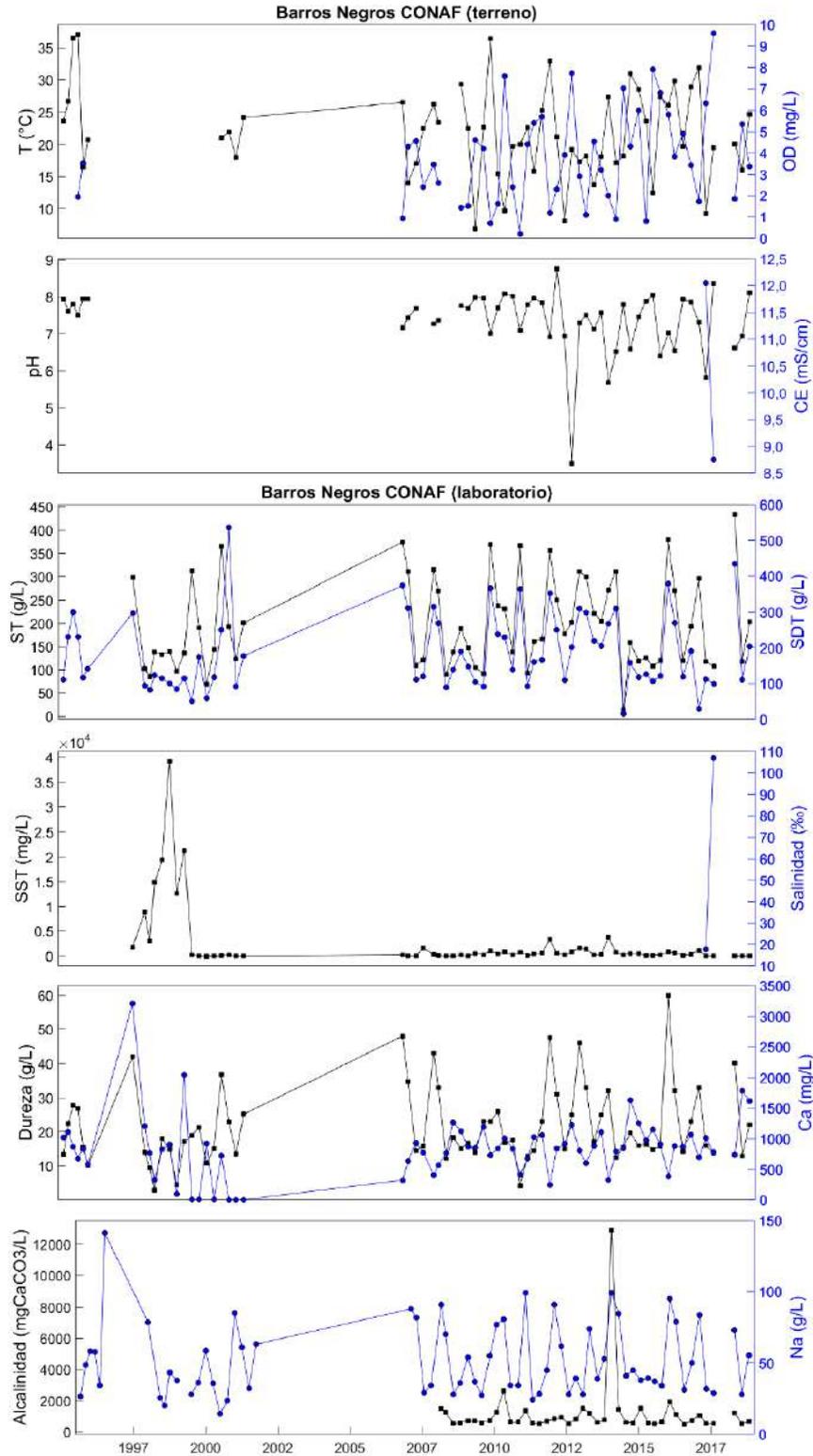


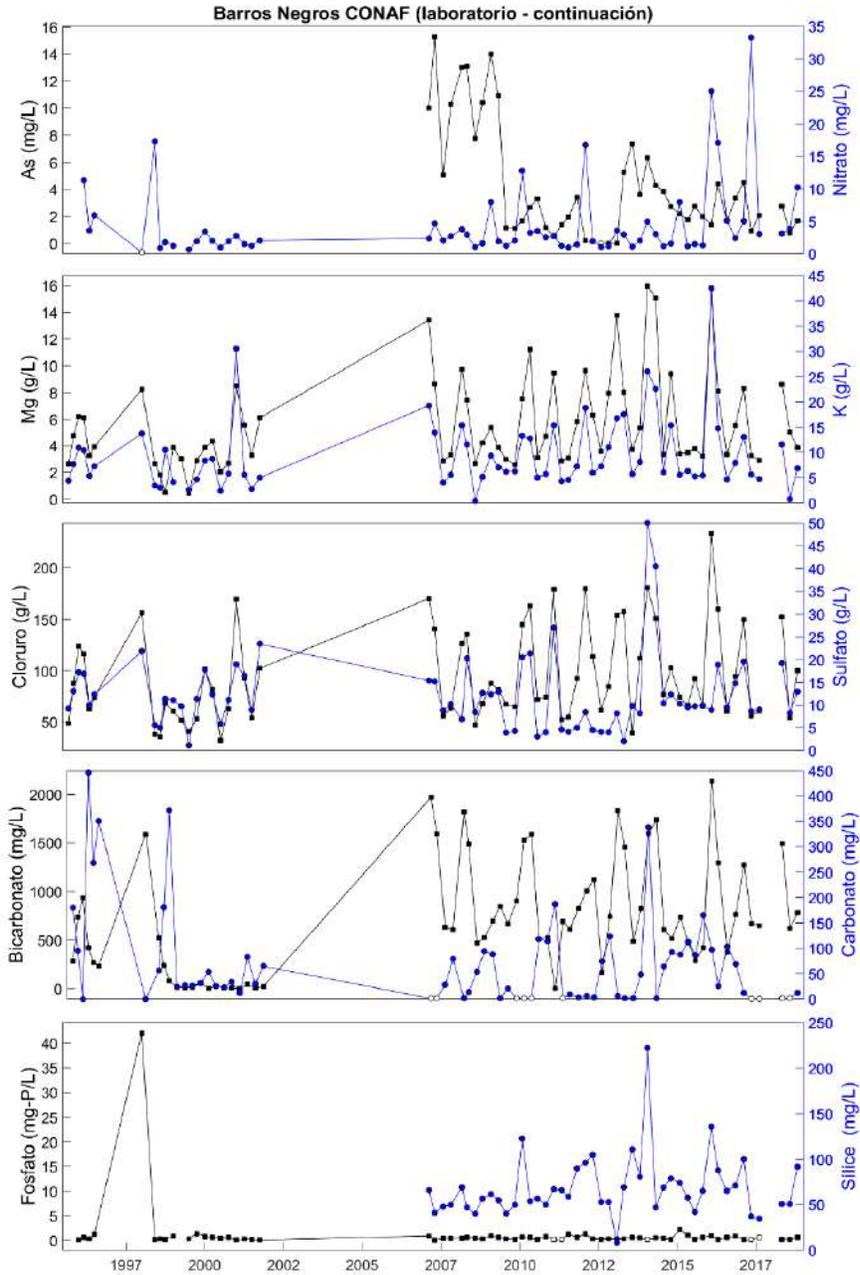


Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD y en símbolos vacíos.

Figura 6-50: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Barros Negros

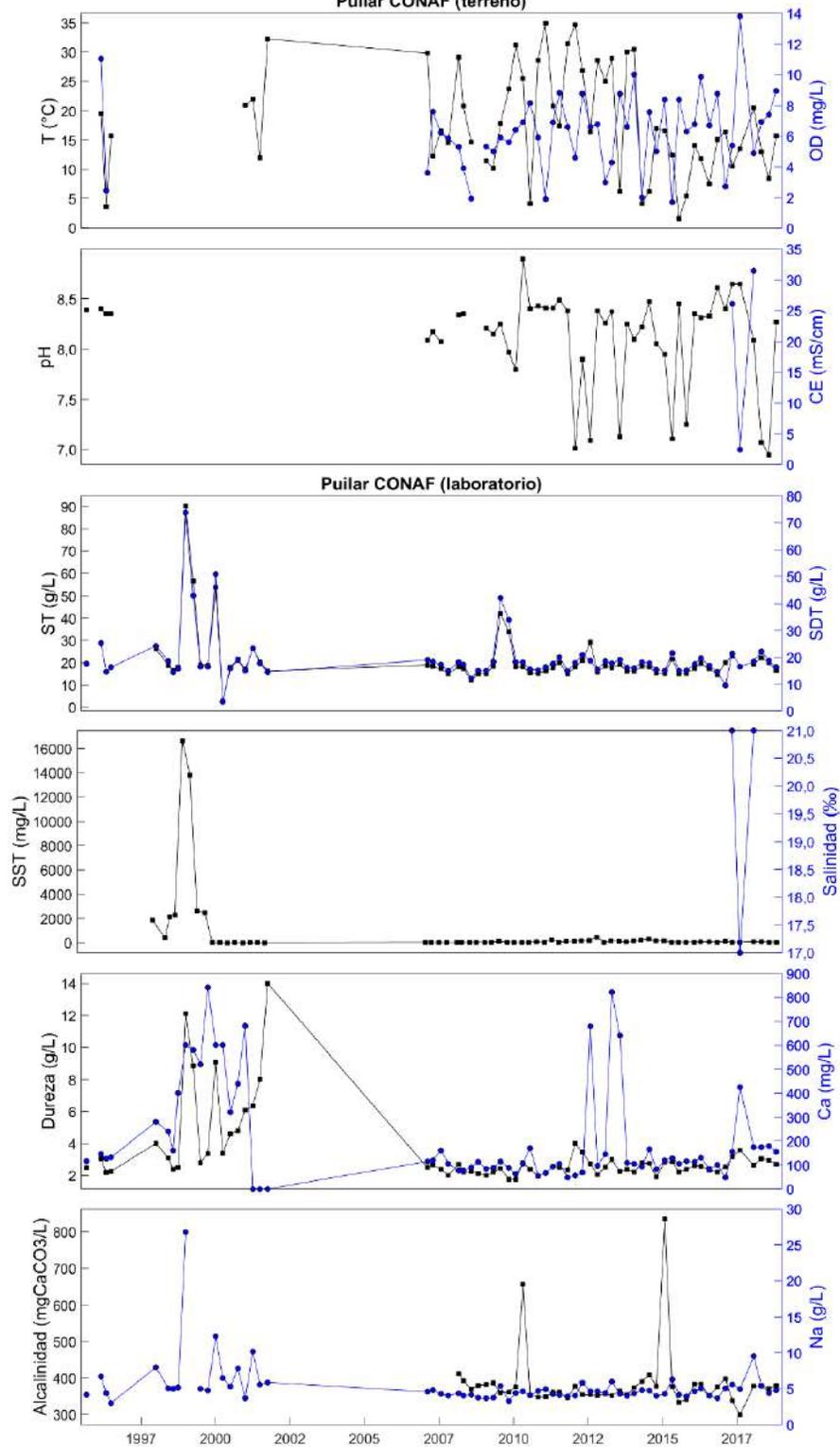


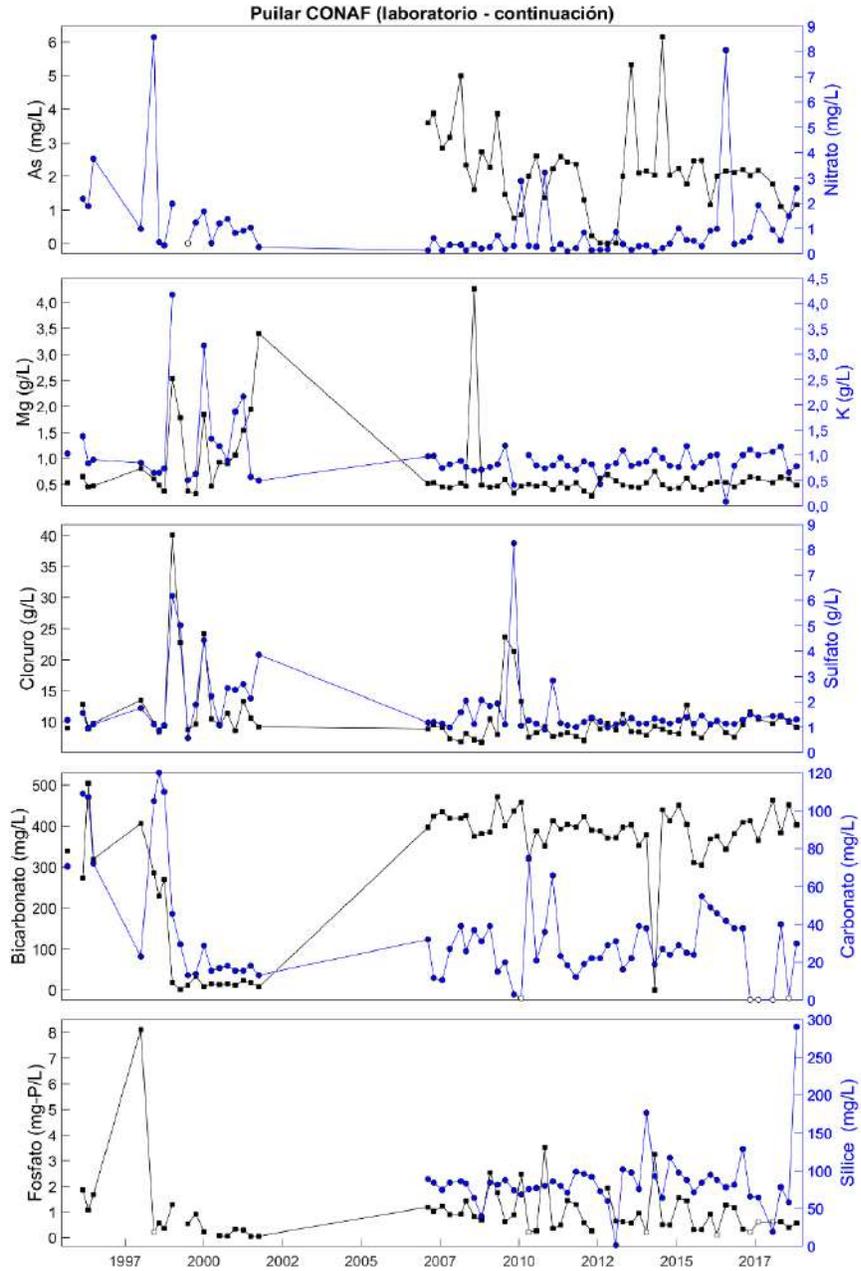




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD y en símbolos vacíos.

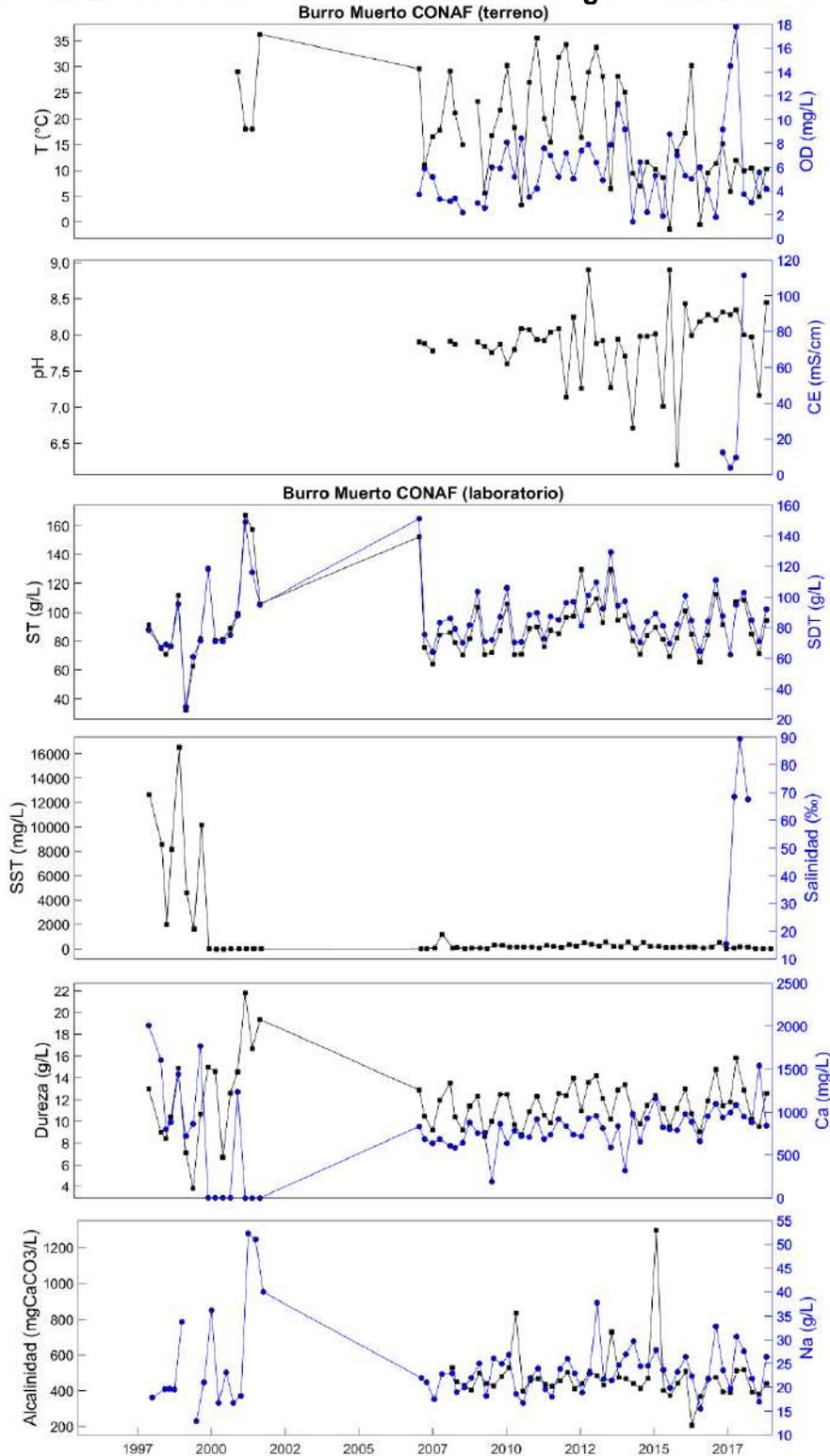
Figura 6-51: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Puilar
Puilar CONAF (terreno)

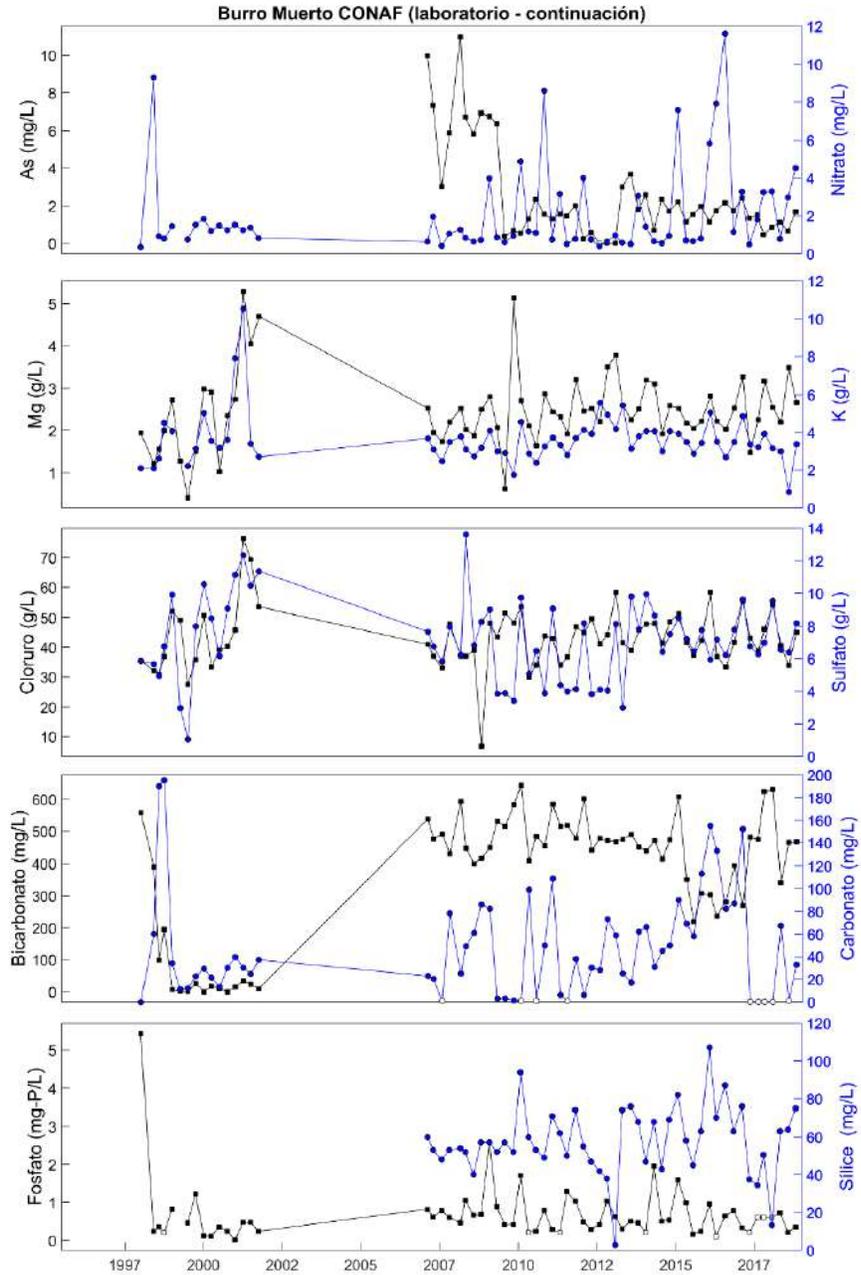




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD y en símbolos vacíos. Por motivos de escala no se presenta la dureza medida en enero de 2011 (38 g/L).

Figura 6-52: Evolución histórica de la calidad del agua canal Burro Muerto





Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD y en símbolos vacíos.

6.2.1.6 Aforos

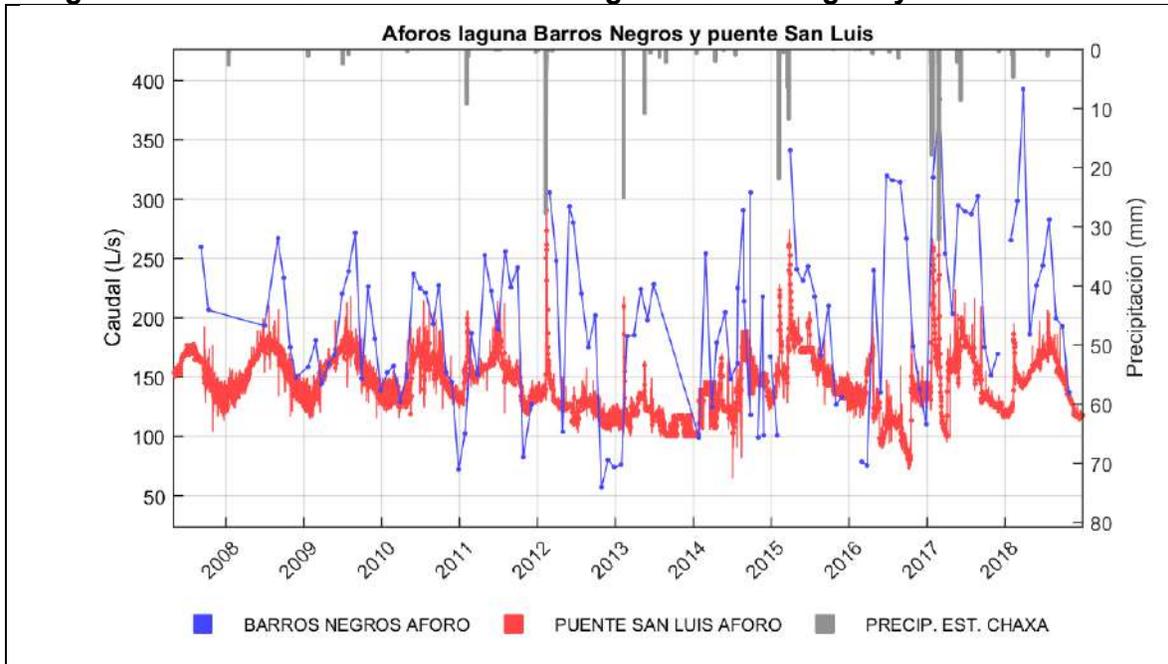
El sistema Soncor está compuesto por los aforos Puente San Luis y Barros Negros. La Figura 6-53 muestra los caudales medidos históricamente en ambos puntos de control. En ésta se puede observar que el incremento brusco de caudal pasante probablemente este asociado a las precipitaciones registradas los años 2011, 2012, 2013, 2015, 2017.

En el aforo en la estación Barros Negros se observa que el mínimo 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. Por su parte, el puente San Luis presentó un mínimo de 64,78 L/s en octubre 2016¹³⁷ y un máximo de 299,27 L/s instantáneo¹³⁸ (290,27 L/s medio diario) en febrero 2012.

En relación al periodo del presente reporte y según mediciones continuas, el punto de aforo Puente San Luis presentó un caudal máximo de 206,36 L/s y un mínimo de 112,44 L/s, en ambos casos dentro del registro histórico disponible. Para el punto de aforo Barros Negros se registró un máximo y mínimo de 282,7 L/s y 137,3 L/s, respectivamente, acorde con los flujos observados en periodos anteriores.

Es importante notar que el caudal medido en el Puente San Luis durante el II/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.

¹³⁷ Según mediciones continuas.

¹³⁸ Según mediciones continuas.

6.2.2 Sistema Aguas de Quelana

6.2.2.1 Niveles de agua subterránea y superficial

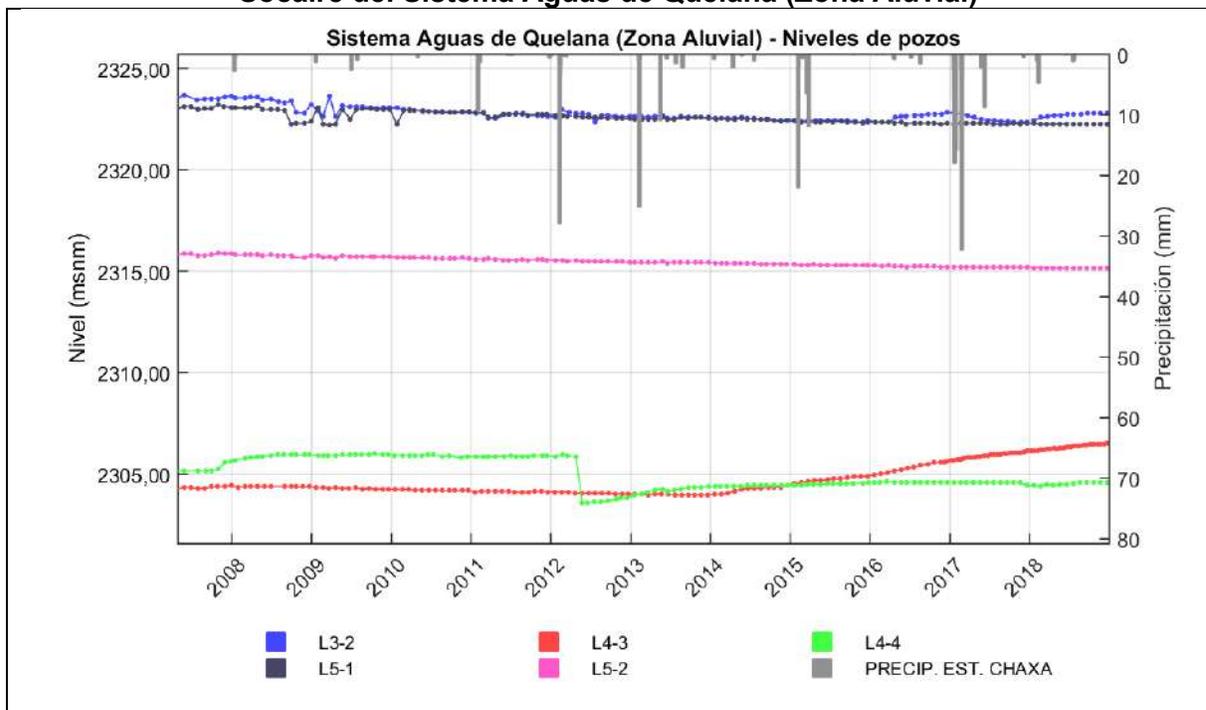
El objetivo principal de los pozos ubicados en el Sistema Aguas de Quelana es observar el eventual efecto de la explotación de salmuera en el núcleo sobre las lagunas difusas y dispersas, así como el efecto de las operaciones de los pozos de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B.

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, las variaciones de nivel evidenciadas 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 6,2 y 6,4 cm/año¹³⁹ respectivamente. 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 II/2018 aún continúa: este pozo ha ascendido su nivel medio en 40, 28, 24, 20 y 25 cm cada semestre durante II/2016, I/2017, II/2017, I/2018 y II/2018 respectivamente (cada ascenso comparado

¹³⁹ Valor obtenido por regresión lineal sobre los niveles desde el I/2008 en adelante.

con el nivel medio del semestre anterior), 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 un descenso, desde el 2016 en adelante ha presentado alternancias de ascenso y descenso. Así, el II/2018 presentó un ascenso de 14,3 cm con respecto al nivel medio del semestre anterior. En este sentido, el pozo se muestra una mayor recuperación del nivel comparado al semestre anterior, en donde tal recuperación se entiende por la detención 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 (por ejemplo, por evaporación, ya sea como efecto directo o indirecto)¹⁴⁰. El resto de los pozos no presenta descensos, oscilando con un período anual¹⁴¹. En general, el descenso que pueda existir en un pozo depende de la cercanía que se esté a las extracciones.

Al II/2018, los pozos L13-1 y L3-3 (los más cercanos a Camar-2) han presentado una tasa de descenso acumulada de 5,4 y 4,5 cm/año¹⁴² respectivamente. En cuanto al nivel medio del II/2018, este refleja un aumento de los niveles con respecto al semestre anterior (I/2018), lo que podría entenderse por la dependencia estacional de las series: desde el II/2008 a la fecha se han registrado descensos durante los primeros semestres y ascensos durante los segundos semestres. Otra causa correspondería a la detención del bombeo de caudal industrial en Camar-2 a comienzos del año 2018. Así, lo observado el II/2018 sigue el comportamiento histórico.

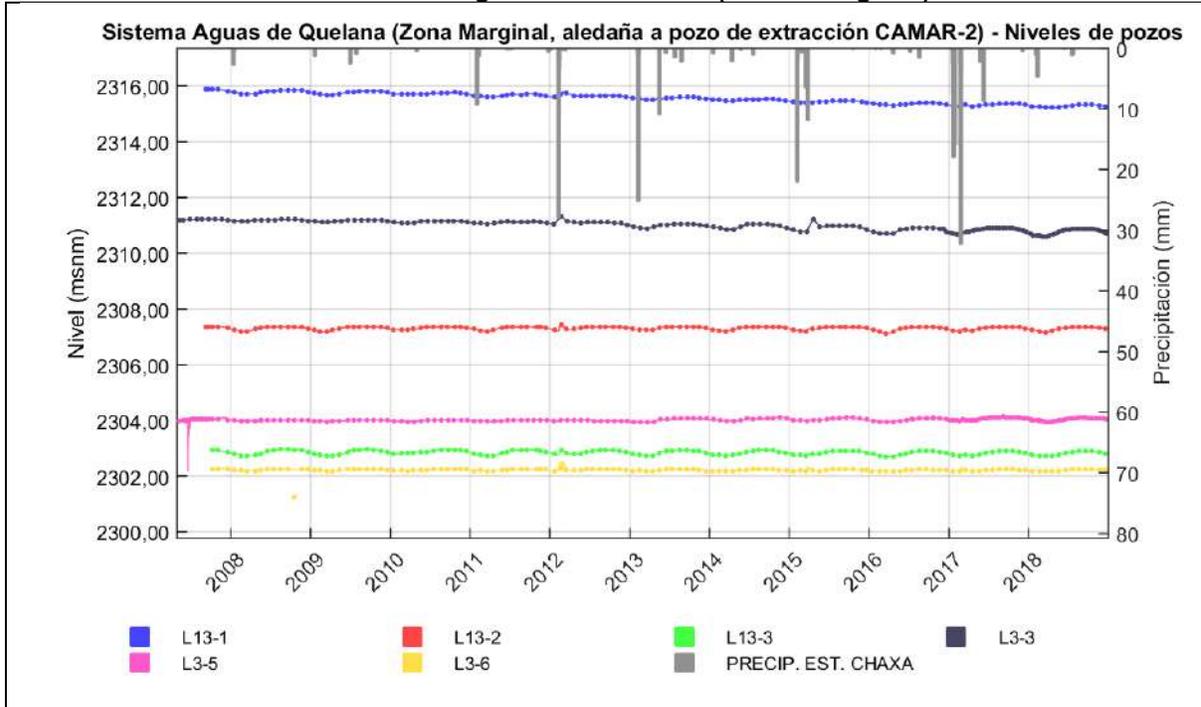
¹⁴⁰ El efecto de la evaporación puede evidenciarse directamente en el nivel de los flujos subterráneos en aquellos sectores que presentan niveles más someros, o como un efecto indirecto del descenso ocurrido en dichos sectores someros, en aquellos casos en que los niveles se encuentran a mayor profundidad

¹⁴¹ 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, se observa un peak local cercano al año, aunque no siendo el valor máximo de todo el espectro. Esto indica que, si bien tienen una componente estacional, están principalmente regidos por alguna otra tendencia.

¹⁴² Valores obtenidos mediante regresión lineal sobre los niveles desde el I/2008 en adelante.

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.

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 condicionadas a las variaciones estacionales climáticas (como evaporación, por efecto directo o indirecto), los descensos serían producto de extracciones efectuadas en el pozo Socaire-5B. Así, las extracciones influyen sobre los pozos más cercanos: las mayores tasas de descenso histórica (desde el I/2008 al II/2018) se observan en los pozos L14-1, L5-6 y L14-2, con tasas de descenso de 8,3; 3,4 y 1,8 cm/año respectivamente¹⁴³).

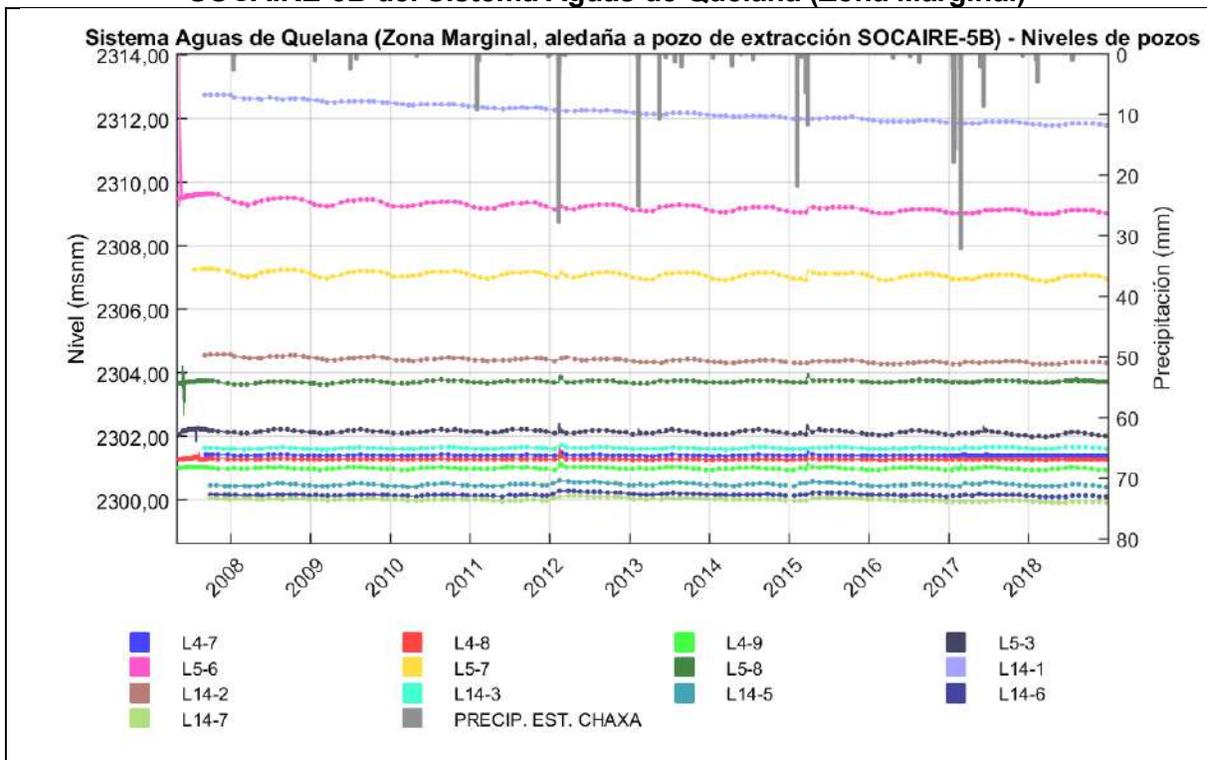
Con respecto al comportamiento oscilatorio, el resto de los pozos está principalmente dominado por oscilaciones anuales, aunque su amplitud baja en cuanto el pozo se ubica más hacia el oeste. Esta baja en las amplitudes ocurre hasta el punto de perder el comportamiento oscilatorio, quedando un nivel con bajas variaciones en comparación a los pozos del este (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: la mayor correlación positiva entre las variaciones del nivel medio desde el II/2008 a la fecha y las precipitaciones en estación Chaxa son de $r = 0,07$.

¹⁴³ Valores obtenidos mediante regresiones lineales.

Con respecto al II/2018, se registraron ascensos del nivel medio comparado con el semestre anterior. Tales ascensos del nivel medio están en el rango 0,5 a 11,6 cm. Este comportamiento es esperable dada las oscilaciones características ya comentadas. A lo anterior, se suma el hecho que usualmente se han registrado 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, por ejemplo, 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 KCL de $r = 0,33$ y $0,34$ respectivamente. Por otra parte, los pozos L13-5 y L3-8 (localizados al extremo este), están dominados por oscilaciones

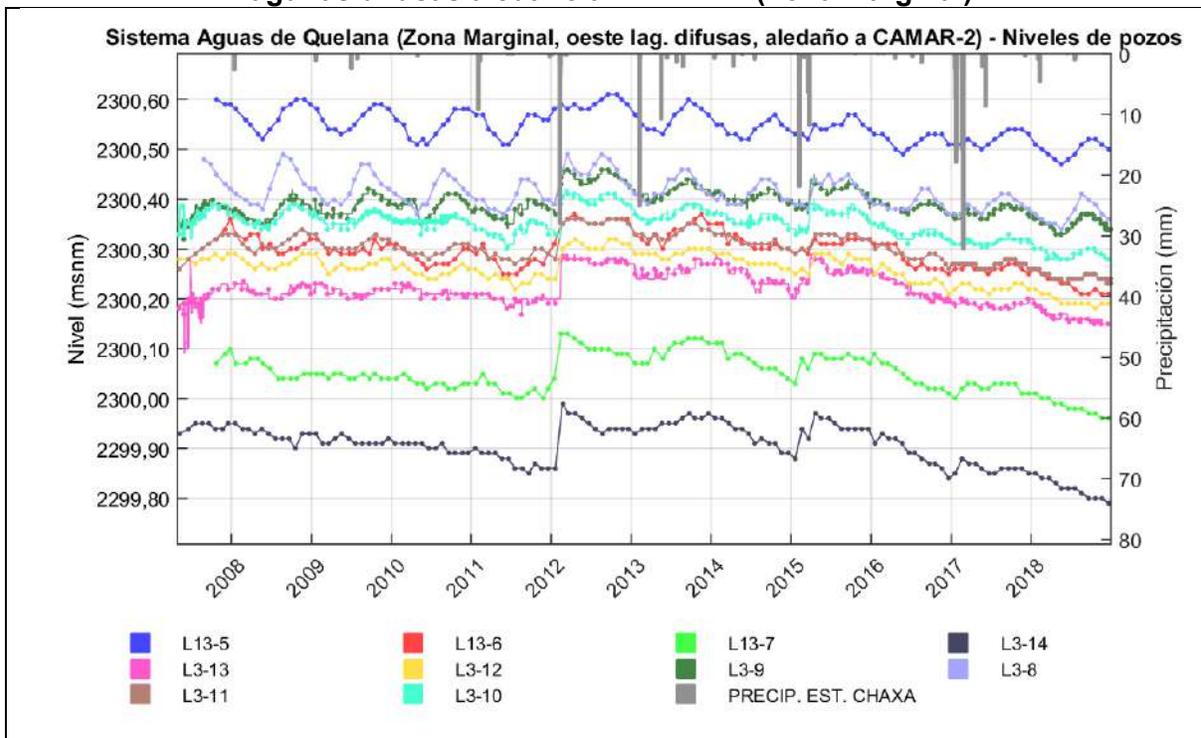
estacionales¹⁴⁴. El resto de los pozos presenta un comportamiento mixto, con mayor o menor grado de respuesta a oscilaciones y precipitaciones dependiendo del lugar.

Con respecto al II/2018, en este semestre se observaron descensos del nivel medio de 1 a 3 cm respecto al nivel medio del I/2018. Sin embargo, también se observó un ascenso: el nivel del pozo L3-8 ascendió 3 cm en comparación al I/2018, aumento entendido por encontrarse en la etapa ascendente de su comportamiento oscilatorio.

Al II/2018, el pozo en el que más ha descendido su nivel medio es el L3-14 (desde II/2008). Dicho pozo es también en el que más descendió su nivel medio comparado con el semestre anterior (I/2008). Es relevante considerar que las tasas de descenso históricas¹⁴⁵ son bajas 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 L4-5¹⁴⁶, 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.

¹⁴⁴ De acuerdo a un análisis de Fourier, los pozos L13-5 y L3-8 poseen una componente de frecuencia anual importante.

¹⁴⁵ Tasas obtenidas mediante regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

¹⁴⁶ El pozo L4-5 contiene un dato *outlier* durante el 27/10/2010. Tal dato se eliminó del análisis, siendo de 2305,83 msnm.

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 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 dominada 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.

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 L4-5¹⁴⁷.

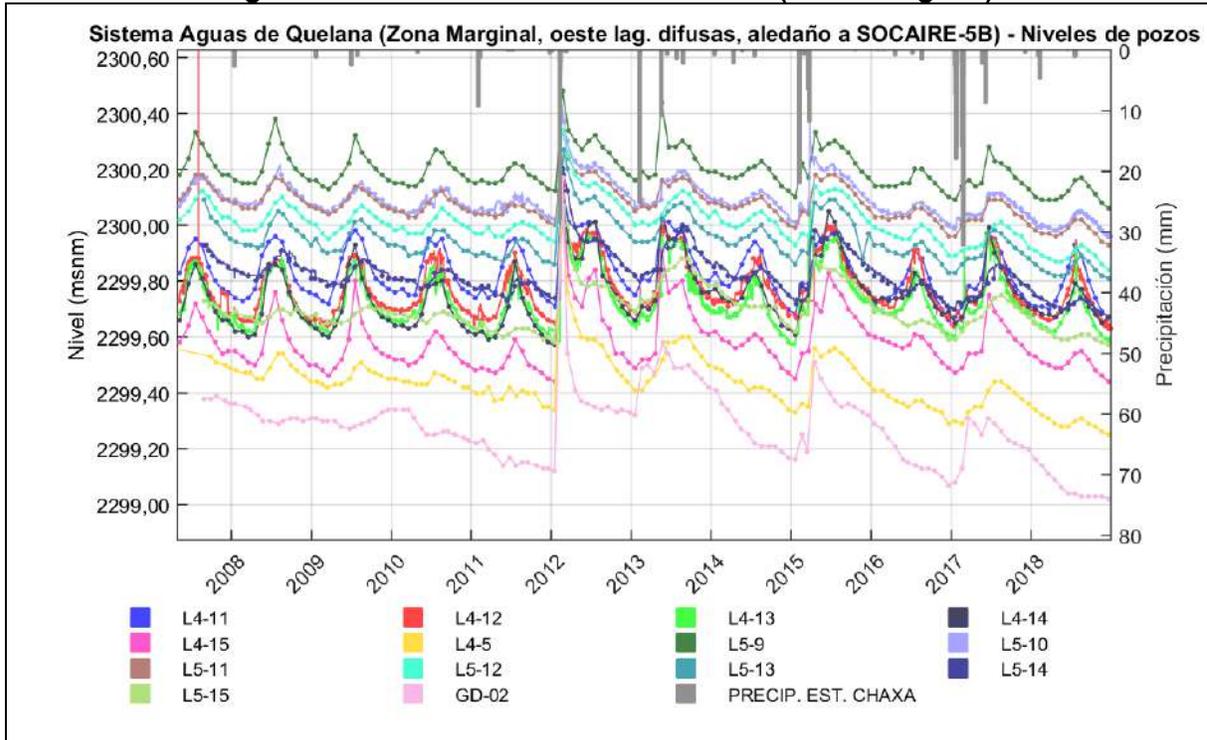
Al II/2018, las mayores tasas de descenso histórica se han observado en los pozos GD-02 y L4-5, siendo éstas de 1,6 y 1,4 cm/año respectivamente. El resto de los pozos ha mantenido una baja tasa (o nula) de descenso en el largo plazo, siendo siempre menor a 0,9 cm/año¹⁴⁸. Los pozos L4-5 y GD-02 son los 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 (o baja tendencia), manifestándose estables. No obstante, de acuerdo a lo previsto, los pozos del oeste muestran signos de descenso que podrían responder a la influencia de las extracciones de salmuera del núcleo.

¹⁴⁷ Según un análisis de Fourier, todos presentan períodos dominantes cercanos al año, excepto el pozo L4-5.

¹⁴⁸ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

Figura 6-58: Niveles históricos del Sistema Aguas de Quelana, margen oeste de lagunas difusas aledaño a SOCAIRE 5B (Zona Marginal)



Fuente: Elaboración propia.

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.

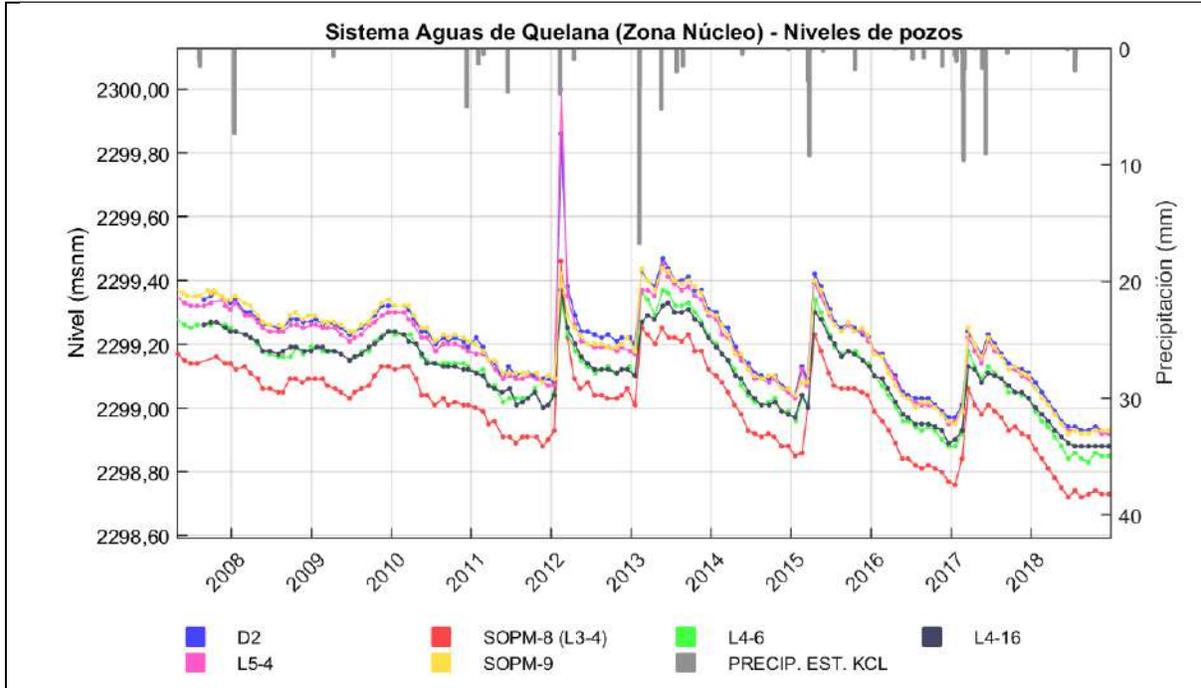
Históricamente, y conforme a lo esperado, este sector ha presentado una tendencia al descenso (Figura 6-59). Todos los pozos han mostrado una tasa de descenso similar, siendo ésta aproximadamente de 2 cm/año¹⁴⁹. El descenso observado se asociaría a las extracciones de salmuera. Adicionalmente, los niveles muestran una alta respuesta ante las precipitaciones (por ejemplo, los pozos L4-16 y L5-4 muestran correlaciones estadísticamente significativas entre los niveles y las precipitaciones en estación KCL, con una significancia de $\alpha = 5\%$).

Con respecto al II/2018, durante este semestre se observaron descensos del nivel medio en relación al semestre anterior, estando éstos dentro del rango 6,3-7,3 cm. De todos modos, si bien existen descensos en comparación al I/2018, los niveles se muestran estables dentro del semestre. Cabe destacar que el comportamiento del II/2018 es similar al de otros semestres con bajas precipitaciones, en el sentido en que no se observan ascensos bruscos del nivel. Adicionalmente, los descensos actuales (con respecto al I/2018) podrían responder a un proceso de estabilización posterior al aumento del nivel producido por las altas precipitaciones del año 2017 y a la disminución de las extracciones de salmuera efectuada como producto de la activación de Fase II.

¹⁴⁹ Valor obtenido por regresión lineal desde I/2008.

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.

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 (Figura 6-60).

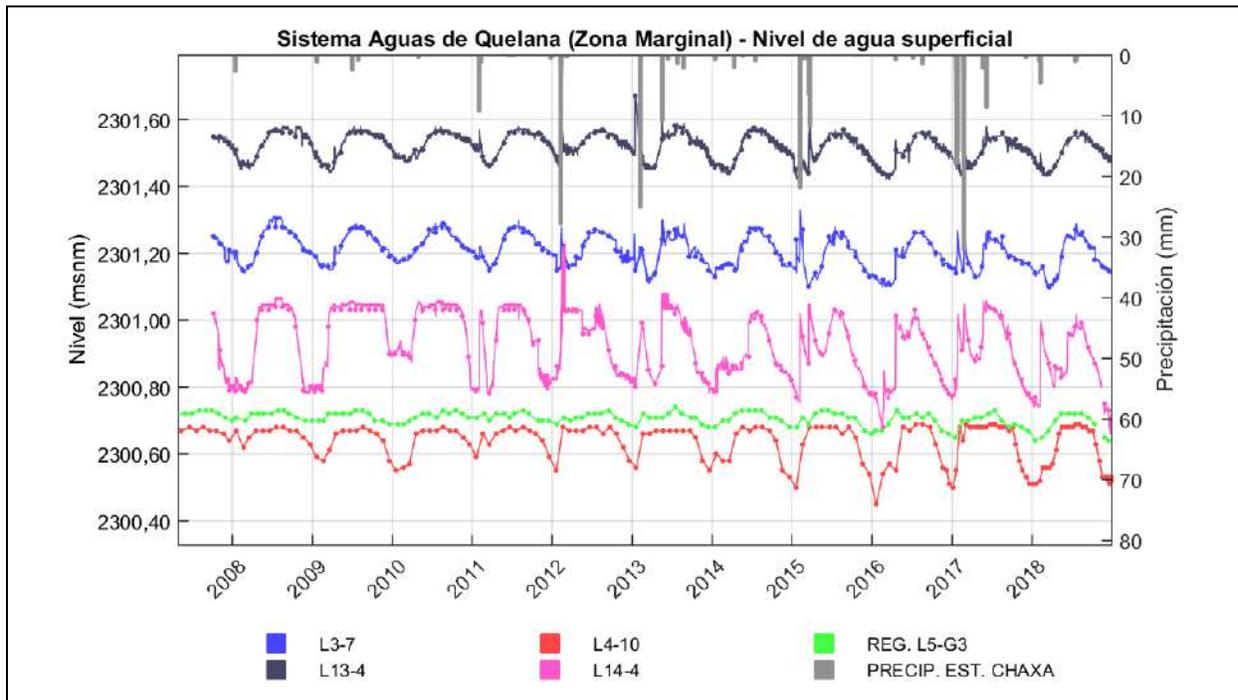
Históricamente, estos puntos han mostrado oscilaciones anuales en sus niveles¹⁵⁰, sin una marcada de tendencia, manifestándose estables en el largo plazo (la tasa de descenso desde II/2018 a la actualidad es muy baja, en el rango de 0,2-0,8 cm/año¹⁵¹).

Con respecto al II/2018, se observaron descensos del nivel medio semestral con respecto al nivel medio del I/2018 en el pozo L4-10 (3,5 cm), mientras que los pozos L3-7 y L13-4 ascendieron (4,7 y 5,4 cm respectivamente). El resto de los pozos se mantuvo sin diferencias significativas del nivel medio (descendieron 0,2 cm con respecto al semestre anterior). Los ascensos del nivel se entienden como una recuperación producto de la fase de oscilación.

¹⁵⁰ Un análisis de Fourier muestra para todos los puntos al período anual como el dominante.

¹⁵¹ Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

Figura 6-60: Niveles históricos de las aguas superficiales del Sistema Aguas de Quelana



6.2.2.1.5 Nivel en pozos de bombeo de agua industrial

En la Figura 6-61 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).

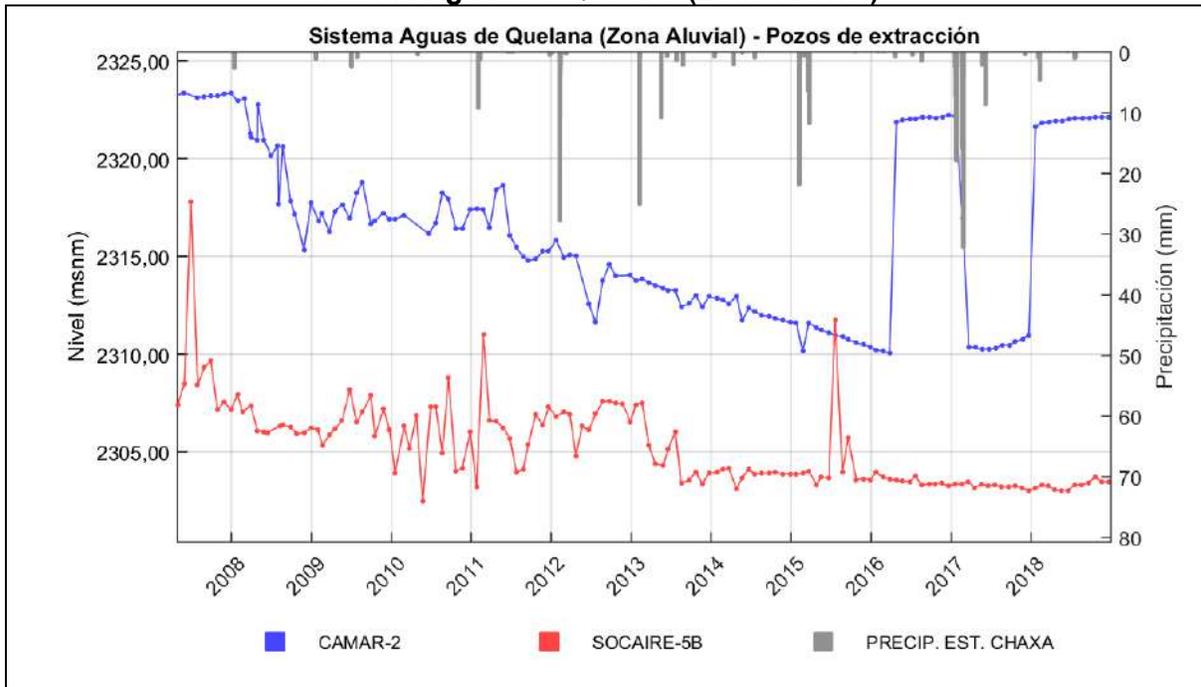
El pozo de extracción Camar-2 muestra una recuperación del nivel entre el año 2016-2017 y desde el I/2018 al II/2018, a consecuencia de la detención temporal de la explotación del pozo. Por su parte, el pozo Socaire-5B muestra una tendencia a la estabilización de sus niveles.

Al II/2018, Socaire-5B presenta un descenso del nivel medio de 3,6 m comparado con el nivel medio del II/2008, mientras que Camar-2 muestra un incremento del nivel medio de 22,3 cm comparado con el nivel medio del II/2008.

Con respecto al periodo del presente informe, Camar-2 presentó un incremento de nivel de 21,8 cm con respecto al nivel medio del I/2018 (incremento debido a la detención temporal de las extracciones¹⁵²); mientras que Socaire-5B registró un incremento de 31,8 cm del nivel medio comparado con el del I/2018.

¹⁵² Detención temporal comprometida a contar del 11 de enero de 2018 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 6-61: Niveles históricos de los pozos de extracción de agua industrial del Sistema Aguas de Quelana (Zona Aluvial)¹⁵³



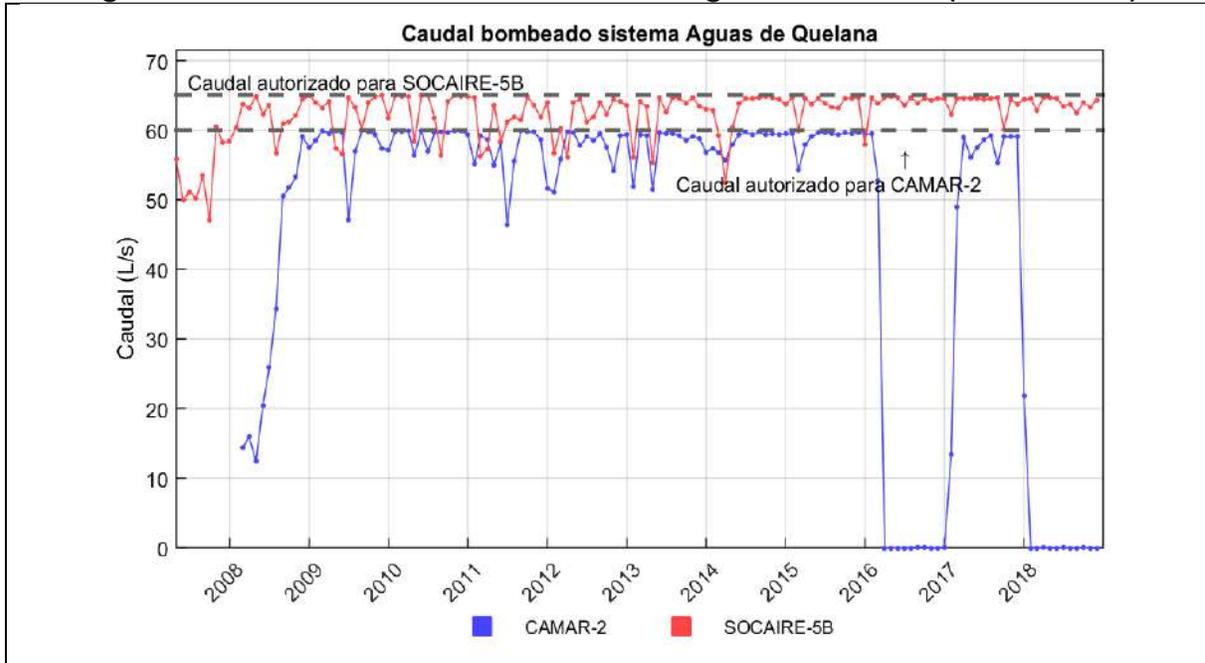
Fuente: Elaboración propia.

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 manteniéndose hasta el día de hoy. Durante el último semestre el régimen de extracciones del pozo Socaire-5B es consistente con la operación de períodos anteriores.

¹⁵³ Para el caso del pozo Camar 2, el gráfico muestra niveles dinámicos y niveles estáticos correspondientes a los períodos de detención de las extracciones (años 2016 y 2018)

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 durante el segundo semestre de 2018 en el agua superficial y subterránea del Sistema Aguas de Quelana, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección, 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 mayoría de los parámetros medidos el segundo semestre de 2018 en este sistema se encuentra dentro del rango histórico y no presenta 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)¹⁵⁴.

En la mayoría de los pozos de monitoreo las mediciones realizadas el segundo semestre de 2018 se encuentran dentro del rango registrado históricamente¹⁵⁵. Sólo hay cuatro excepciones puntuales: la concentración de ST y SST medida en octubre en el pozo L5-3 y la concentración de ST registrada en julio y octubre en el pozo L4-3. Las concentraciones de ST

¹⁵⁴ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis. Si bien estos registros se incluyen en los gráficos históricos presentados a lo largo de este capítulo, fueron excluidos del análisis numérico efectuado (no se consideraron para el cálculo de los estadígrafos ni para el análisis de tendencias). Asimismo, si bien se presentan todos los registros de SDT, SST y ST en los gráficos históricos, se excluyeron del análisis numérico aquellos que presentaron errores $\geq 20\%$ en el balance de masa.

¹⁵⁵ La concentración de carbonato reportada para octubre de 2018 fue calculada por el laboratorio (CESMEC S.A.), por lo cual existen valores = 0 mg/L en lugar de < LD para dicha fecha.

y SST en el pozo L5-3 se encuentran, respectivamente, un 31% y 37% sobre el máximo registrado anteriormente. Esta situación también se observó el primer semestre de 2018, donde los ST excedieron un 18% el máximo histórico en enero. No obstante, 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 ST realizadas en el pozo L4-3 se encuentran entre 3,5% y 4,4% por debajo de los valores mínimos registrados, lo que se debe principalmente a una baja en la concentración de SDT. En este pozo la CE y SDT presentan tendencias a la baja, situación que podría relacionarse con el incremento de nivel observados en dicho punto de control a partir del año 2014.

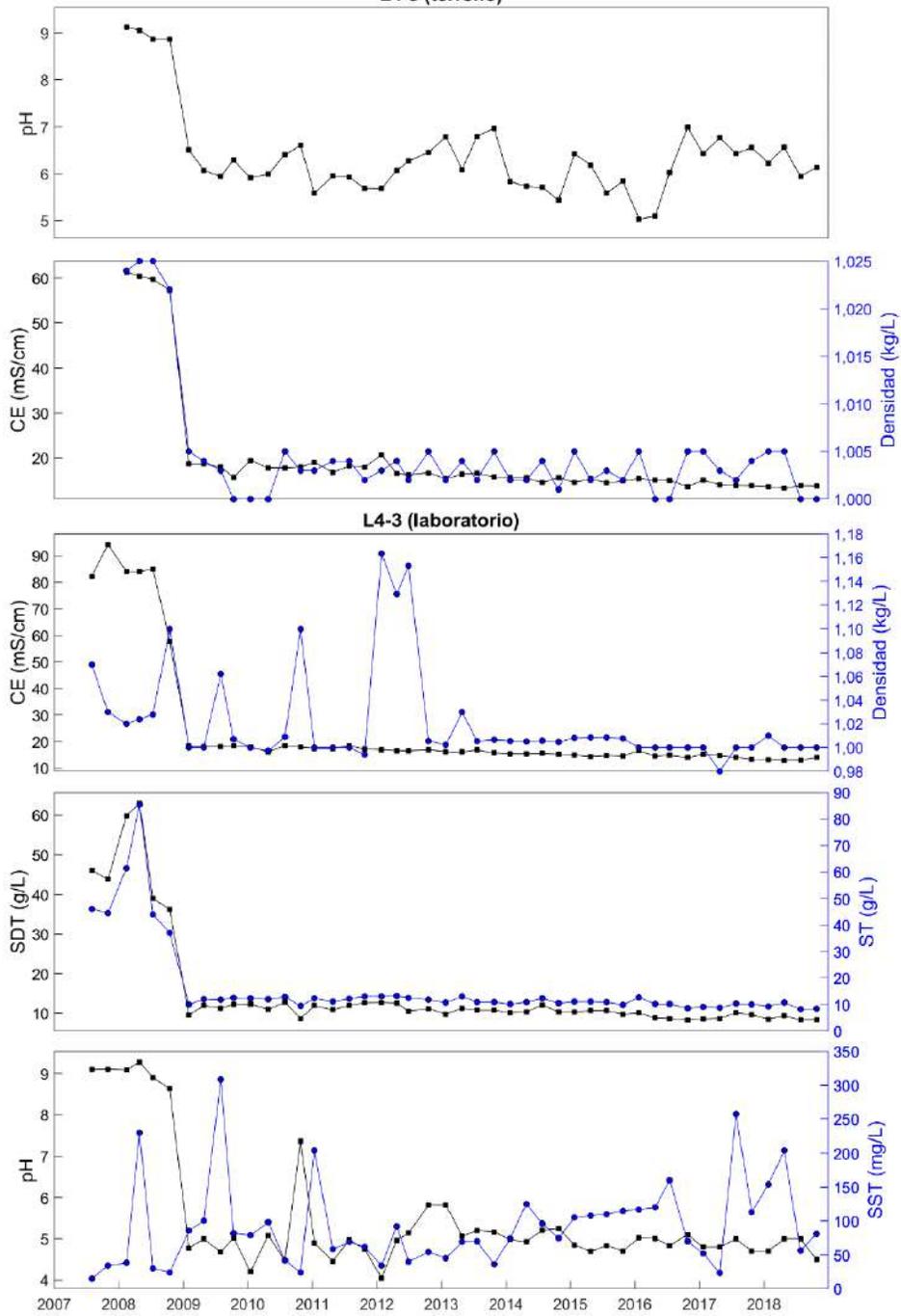
Respecto a la Reglilla L4-10, la mayoría de los parámetros medidos el segundo semestre de 2018 se encuentra dentro del rango de registro. Las excepciones corresponden a mediciones realizadas en octubre y son fosfato (5.450% sobre el máximo) y Na (65% bajo el mínimo). Ambos valores, especialmente el de fosfato, se deberían probablemente a errores de medición¹⁵⁶.

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, 111, 115 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), aunque este último presenta menores oscilaciones estacionales. Por su parte, el pozo L4-3, ubicado en la zona aluvial, presenta un valor comparativamente menor de CE, como es de esperar (promedio de 20,3 mS/cm).

En relación a la evolución temporal, en la mayoría de los pozos de monitoreo 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 afloramientos difusos existentes en el sector. No obstante, el pozo ubicado en la Zona Núcleo (L4-6) a fines del año 2015 – comienzos del año 2016, presentó un incremento abrupto en la concentración de SDT, manteniéndose su concentración elevada con respecto al periodo previo a partir de dicha fecha. De todas formas, en este pozo los SDT presentan tendencia a la baja durante el último año. Por su parte, la calidad del agua en la Reglilla L4-10 presenta oscilaciones anuales con valores máximos de CE y concentración de SDT en verano, debido al efecto de la evaporación (tal como se observa en sus niveles).

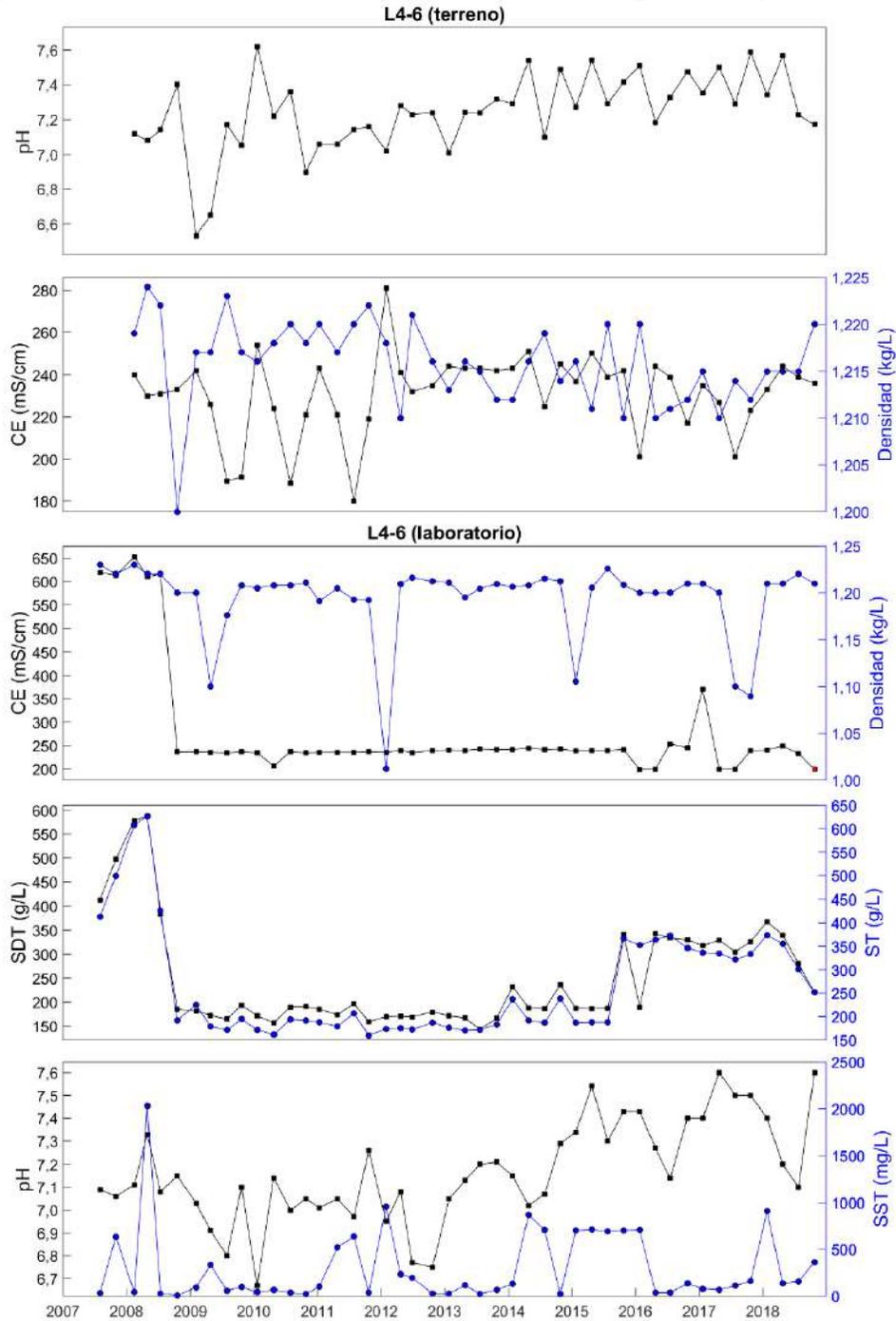
¹⁵⁶ Para validar las mediciones efectuadas en octubre de 2018 se realizó una aproximación al balance iónico (BI) en la cual se consideraron los cationes totales como disueltos. Se encontraron cuatro muestras que no cumplen con el BI, superando un 7,5% de error. Estas corresponden a: CA-2015 (25,9%), Socaire-5B (11,3%), Mullay-1 (15,8%) y L4-10 (78,5%). Se solicitó a CESMEC S.A. repetir los análisis, lo que no pudo efectuar debido a que no contaba con contramuestra.

Figura 6-63: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-3
L4-3 (terreno)



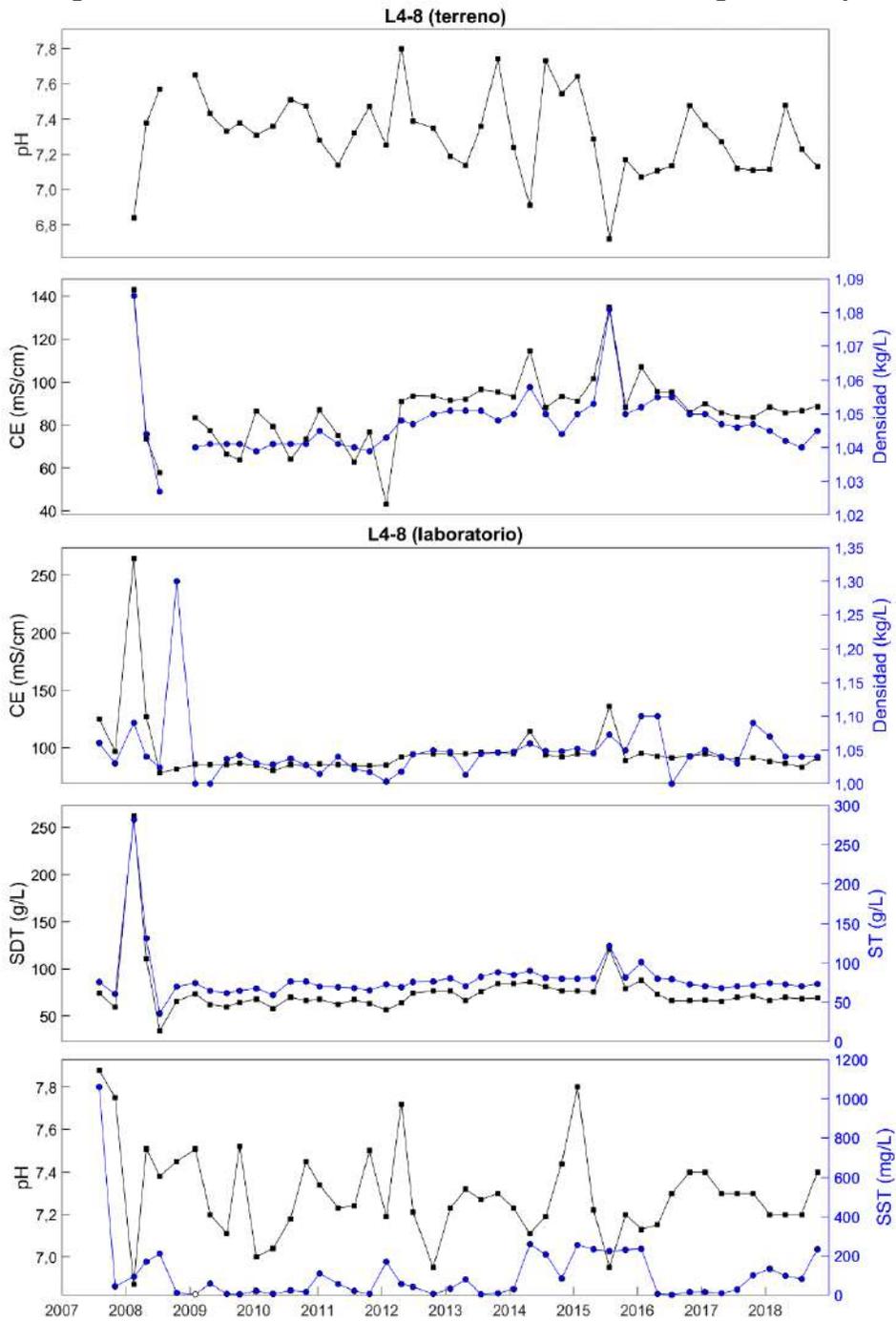
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-64: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-6



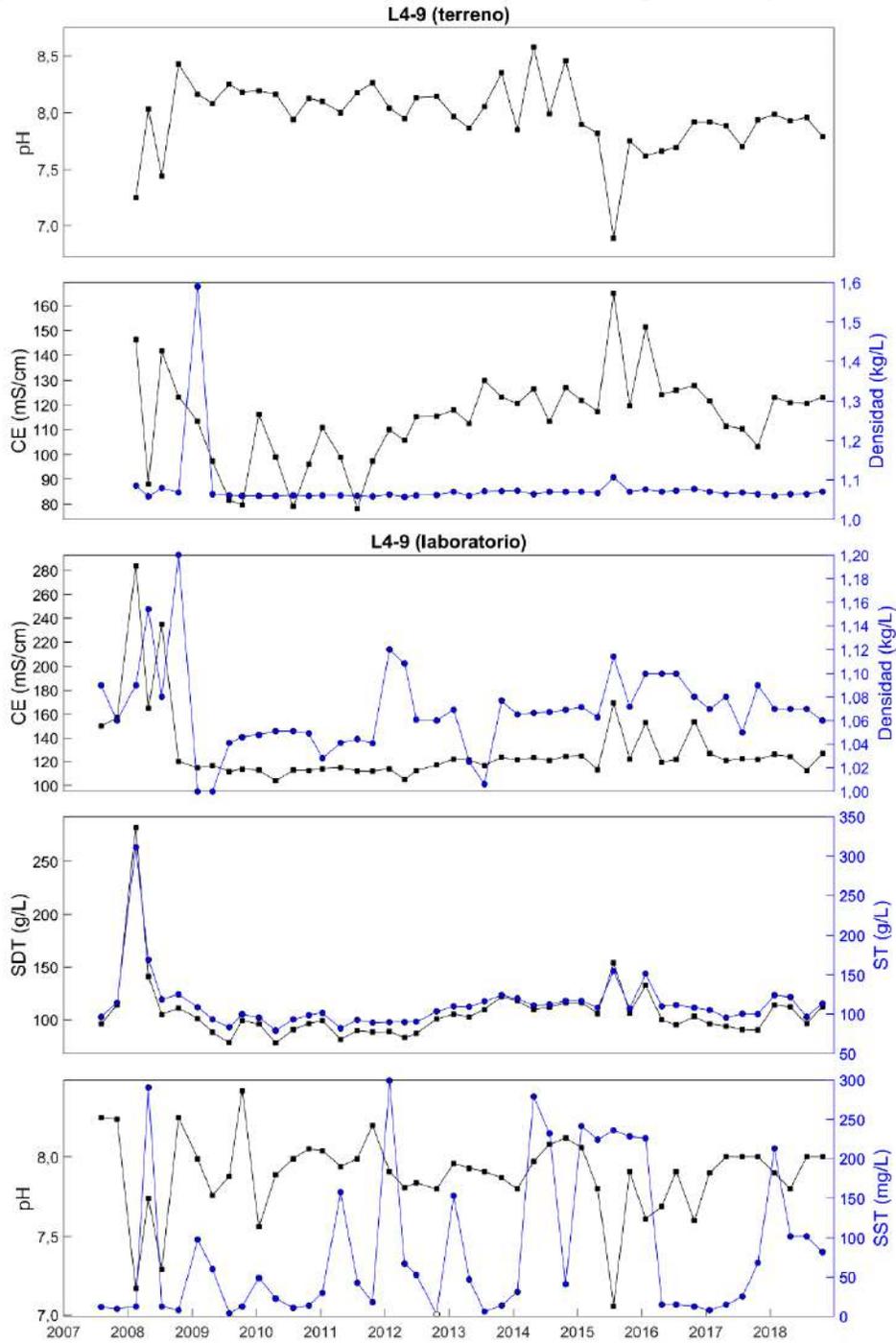
Fuente: Elaboración propia. Los registros > LM se presentan como iguales a él, en símbolos rojos.

Figura 6-65: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-8



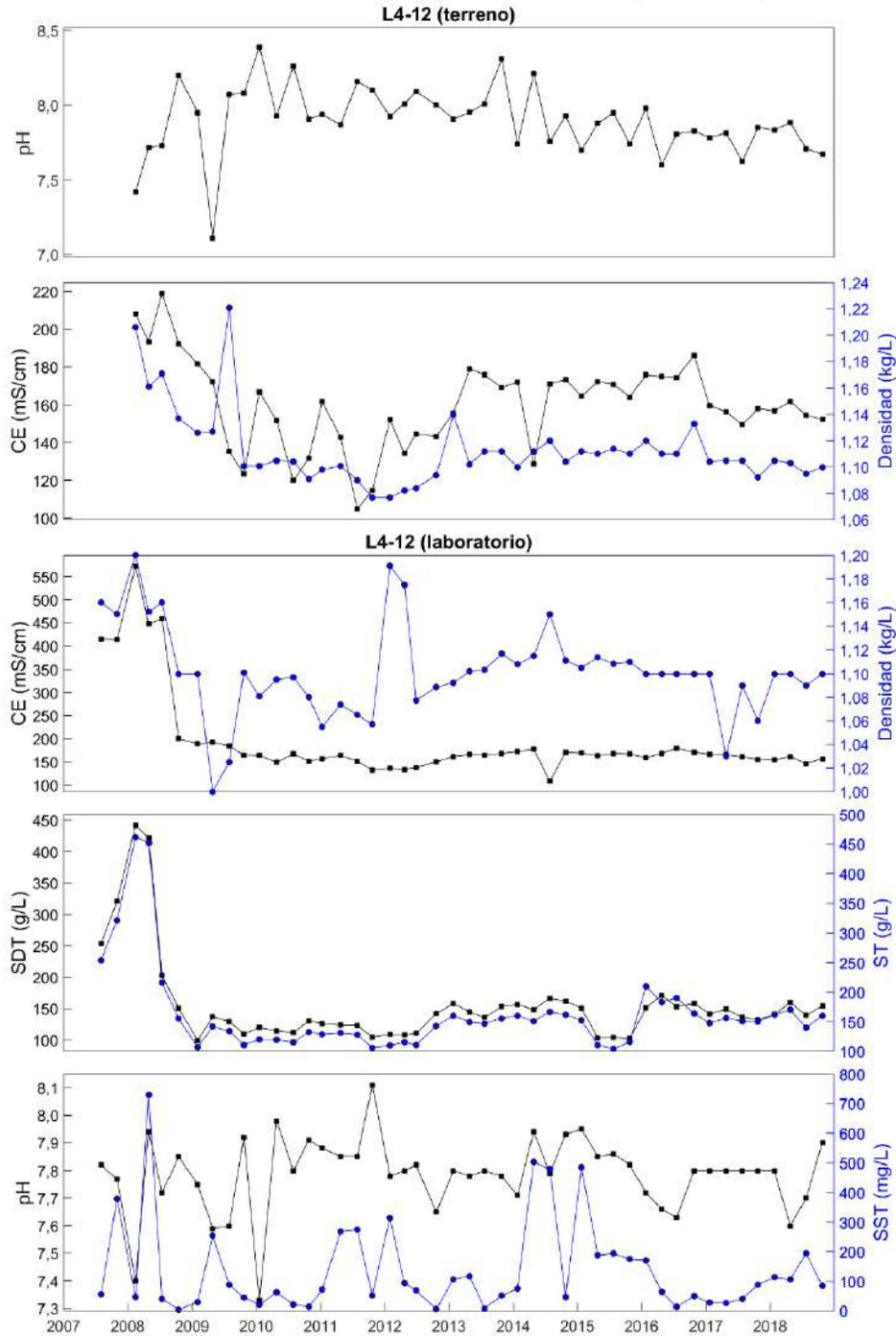
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-66: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-9



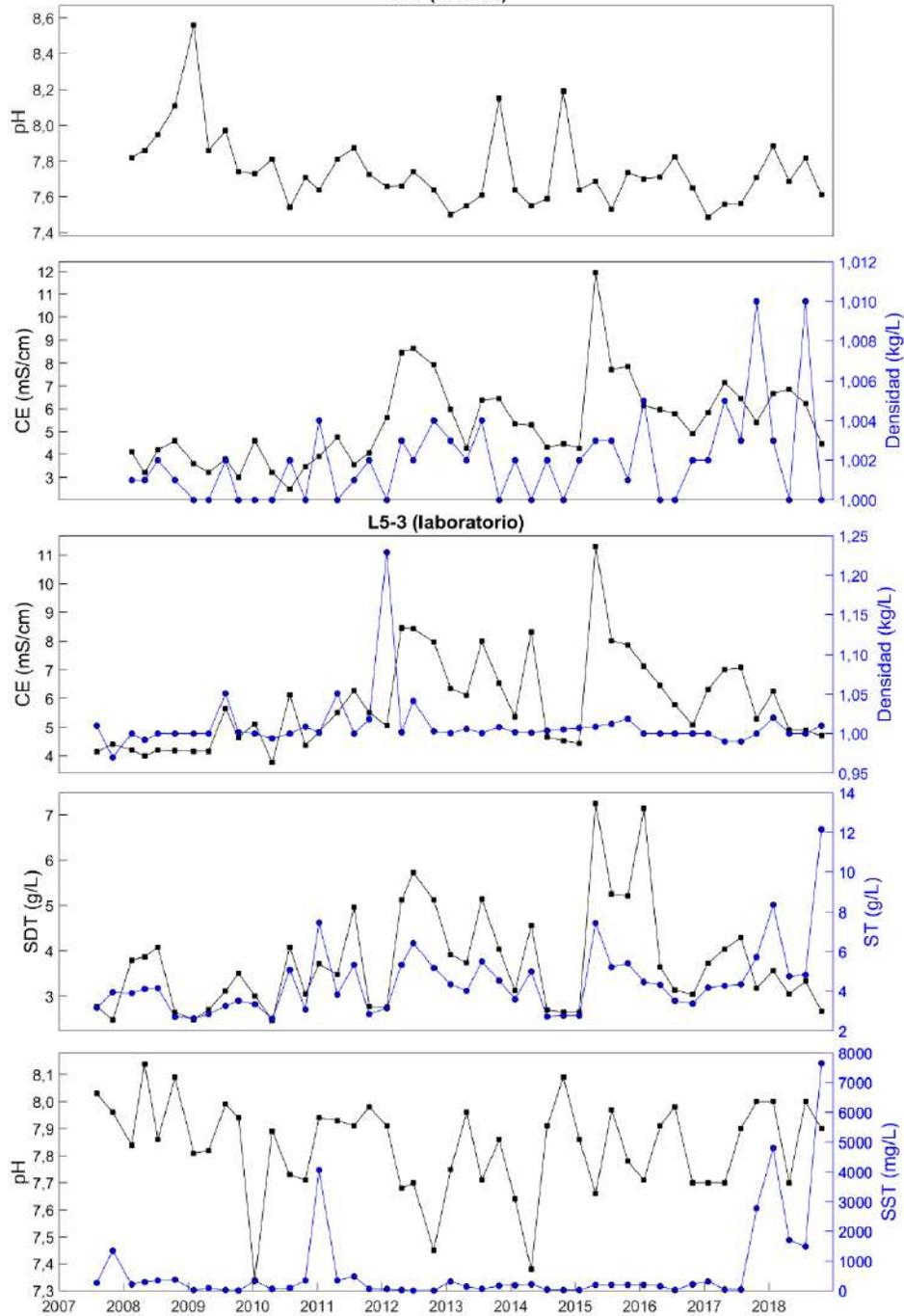
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-67: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L4-12



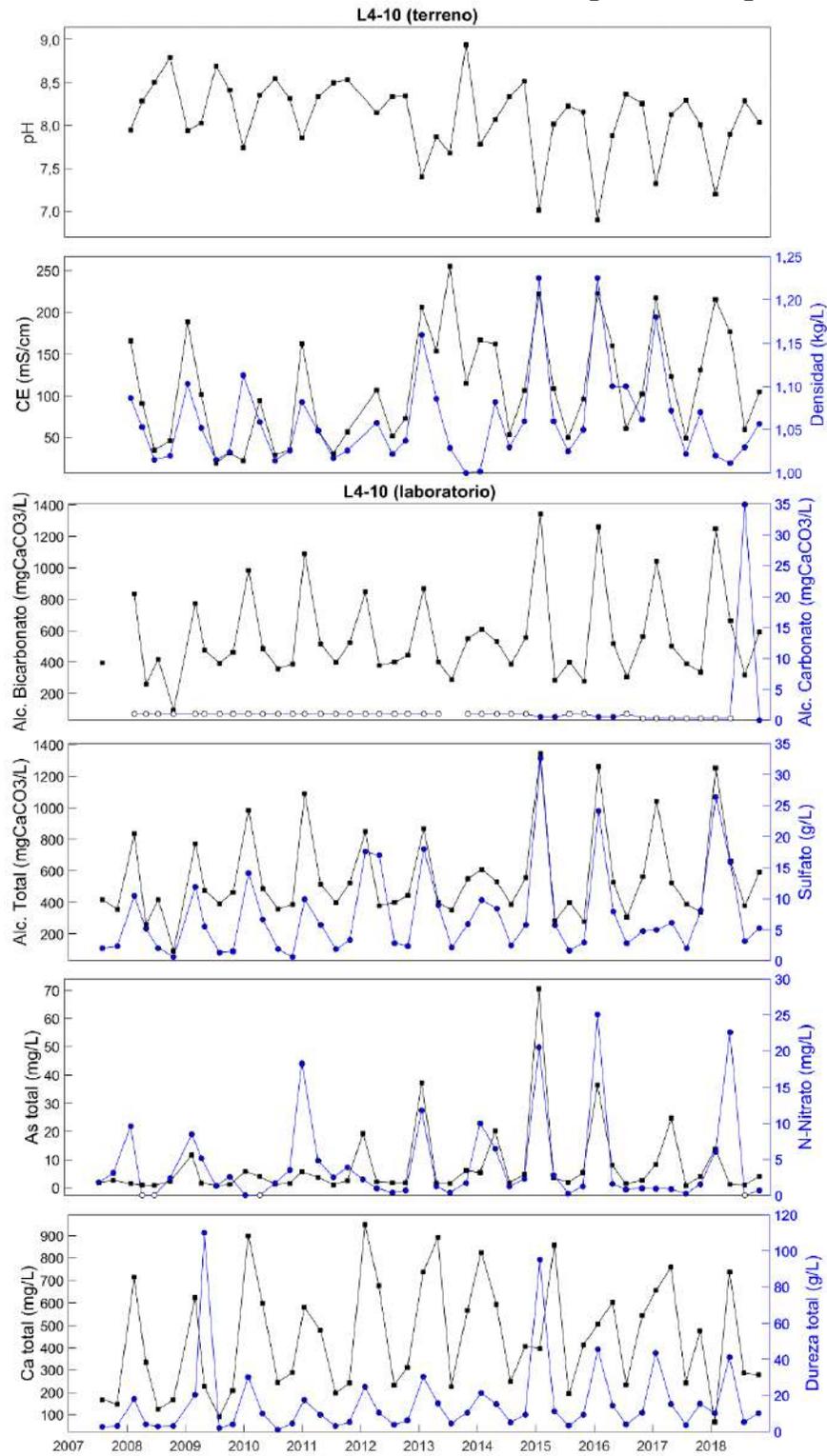
Fuente: Elaboración propia.

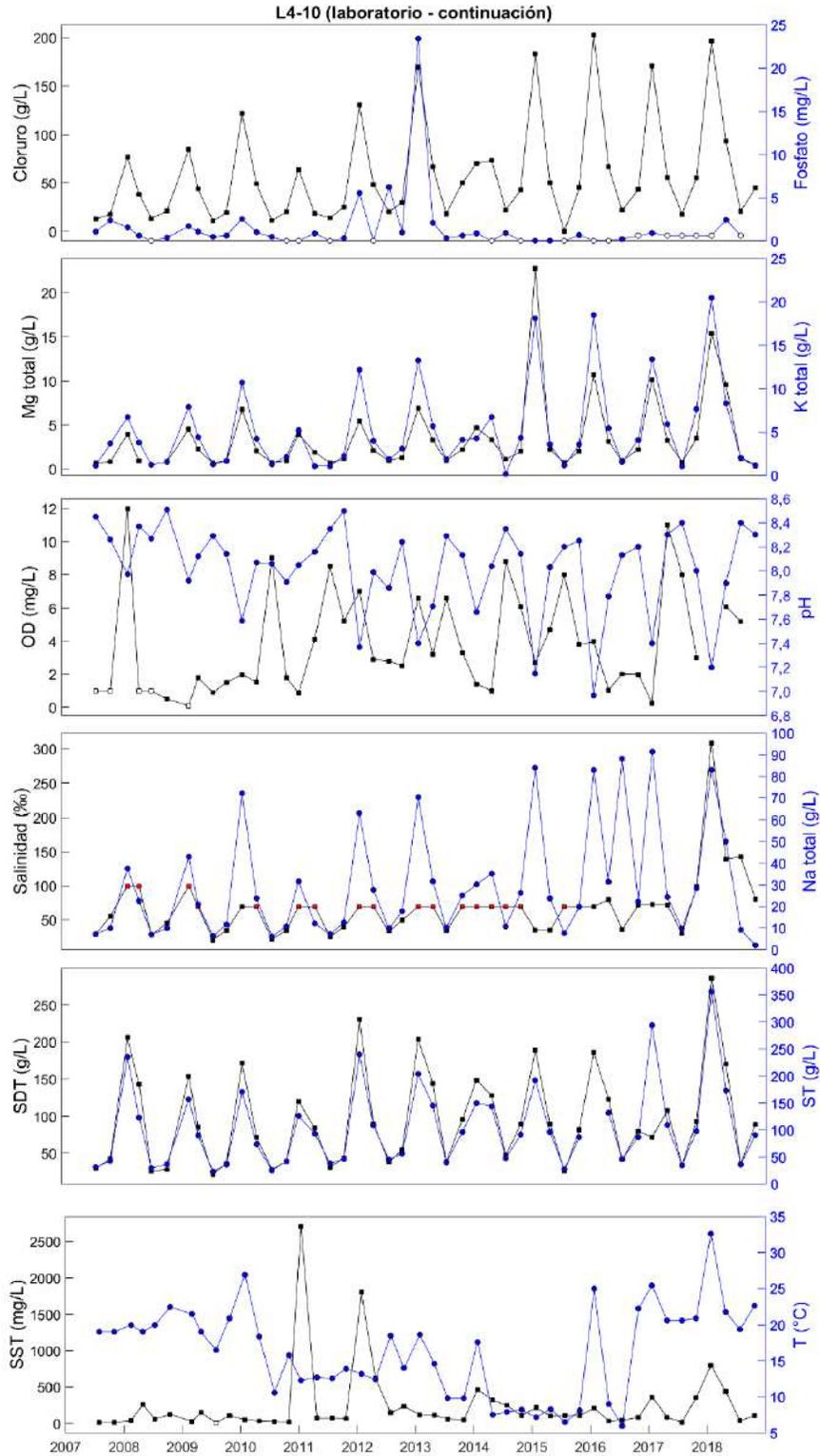
Figura 6-68: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo L5-3
L5-3 (terreno)



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 o LM, en símbolos vacíos y rojos, respectivamente.

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.

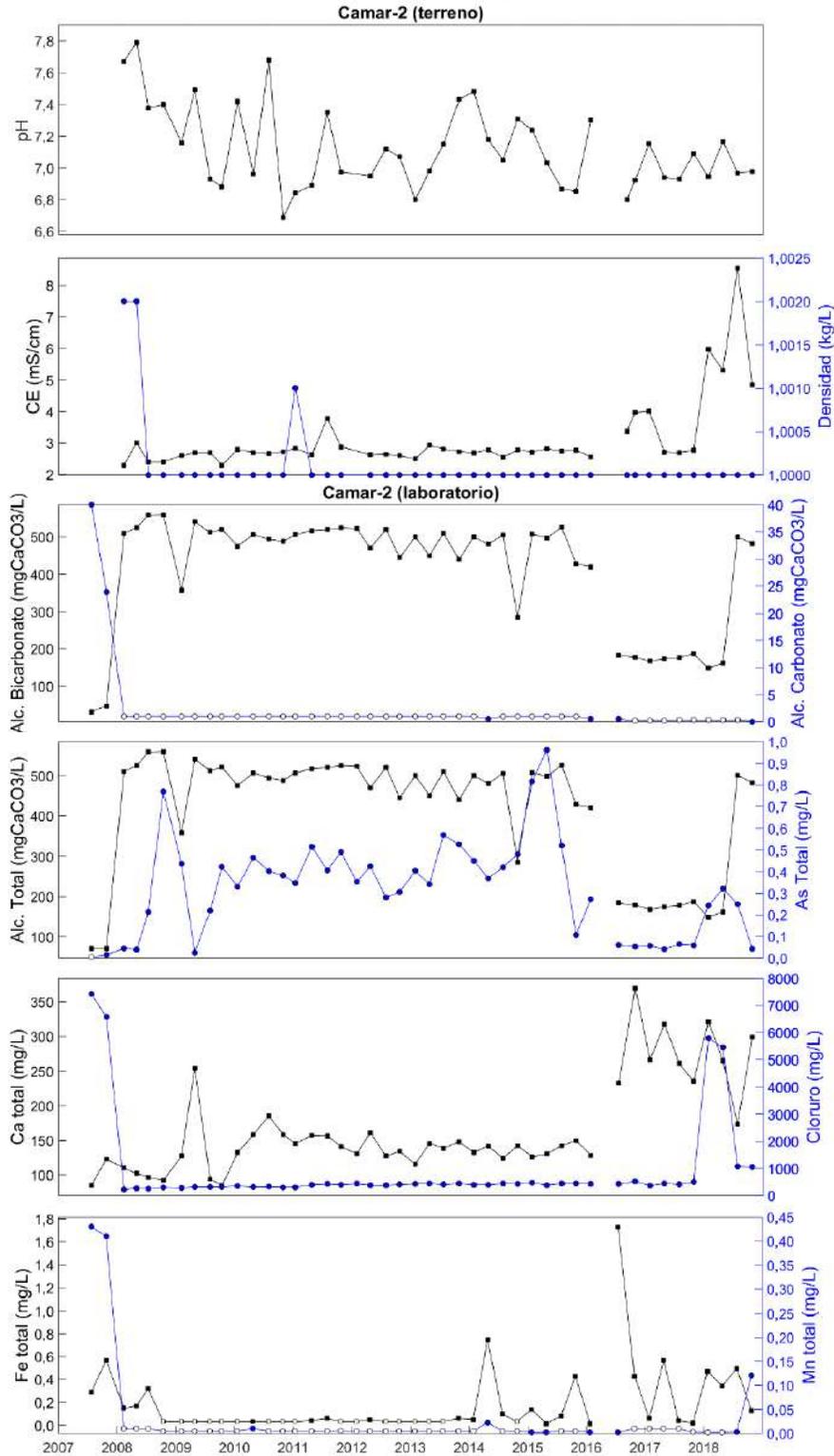
En la Figura 6-70 puede observarse que las mediciones realizadas en Camar-2 durante el segundo semestre de 2018 se encuentran, en su mayoría, dentro del rango histórico¹⁵⁷. En octubre de 2018, el único parámetro fuera del rango histórico corresponde a nitrato, cuya concentración se encontró levemente bajo el mínimo (0,35 vs 0,38 mg/L). Por su parte, en julio de 2018, sólo la CE medida en terreno estuvo sobre el máximo histórico (8,56 vs 5,98 mS/cm). No obstante, para la misma fecha de monitoreo, la CE de laboratorio estuvo dentro del rango histórico (4,45 mS/cm) al igual que la concentración de SDT. Además, el laboratorio SGS Ltda. registró una CE de 4,53 mS/cm en terreno durante ese día en dicho pozo. De esta manera, el valor se explicaría por un error en la medición. De todas formas, se puede notar que el año 2018 ha aumentado la CE en el pozo con respecto al periodo anterior que podría relacionarse con la detención del bombeo.

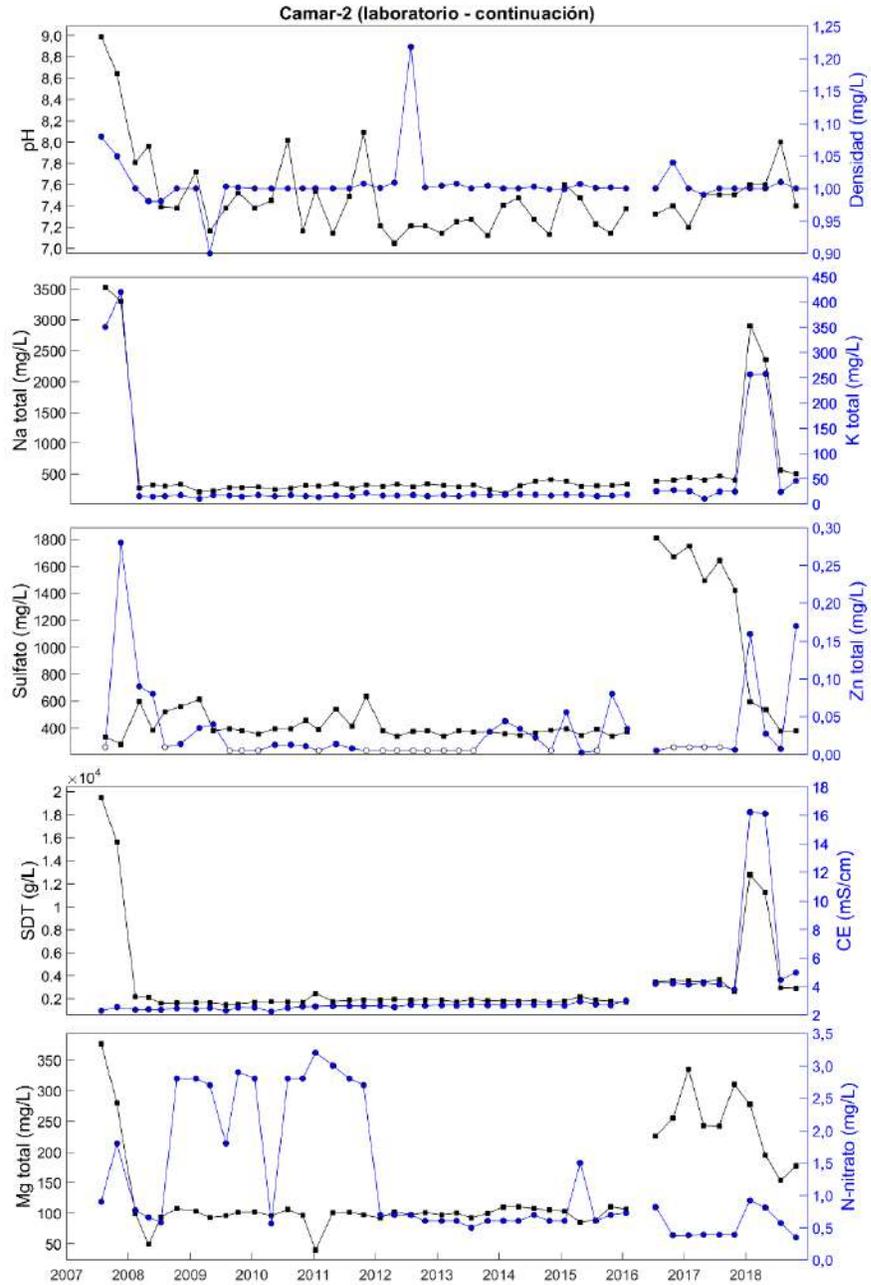
En la Figura 6-71 se observa que las mediciones realizadas el segundo semestre de 2018 en el pozo Socaire-5B se encontraron en su totalidad dentro del rango histórico. Además, no se observan tendencias temporales en los parámetros monitoreados, presentando la mayoría de ellos un comportamiento oscilante.

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/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 localización en la zona aluvial.

¹⁵⁷ De todas formas, se deben considerar con precaución las mediciones realizadas en octubre de 2018 debido a que existe un error del 11,3% en el BI y una posible sobreestimación de la concentración de calcio. Se solicitó a CESMEC S.A. repetir los análisis, lo que no pudo efectuar debido a que no contaba con contramuestra.

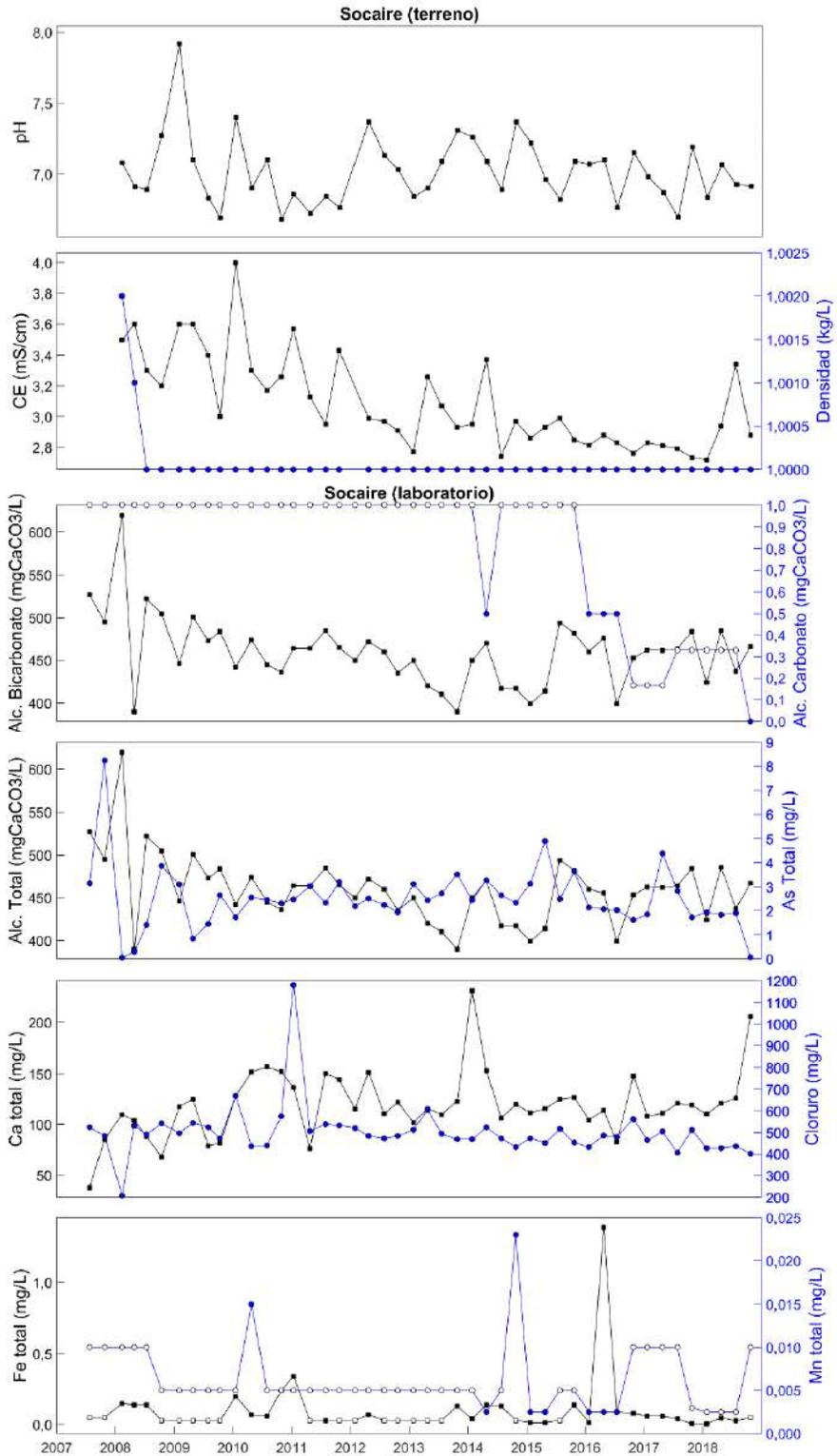
Figura 6-70: Evolución histórica de la calidad del agua en pozo de extracción Camar-2

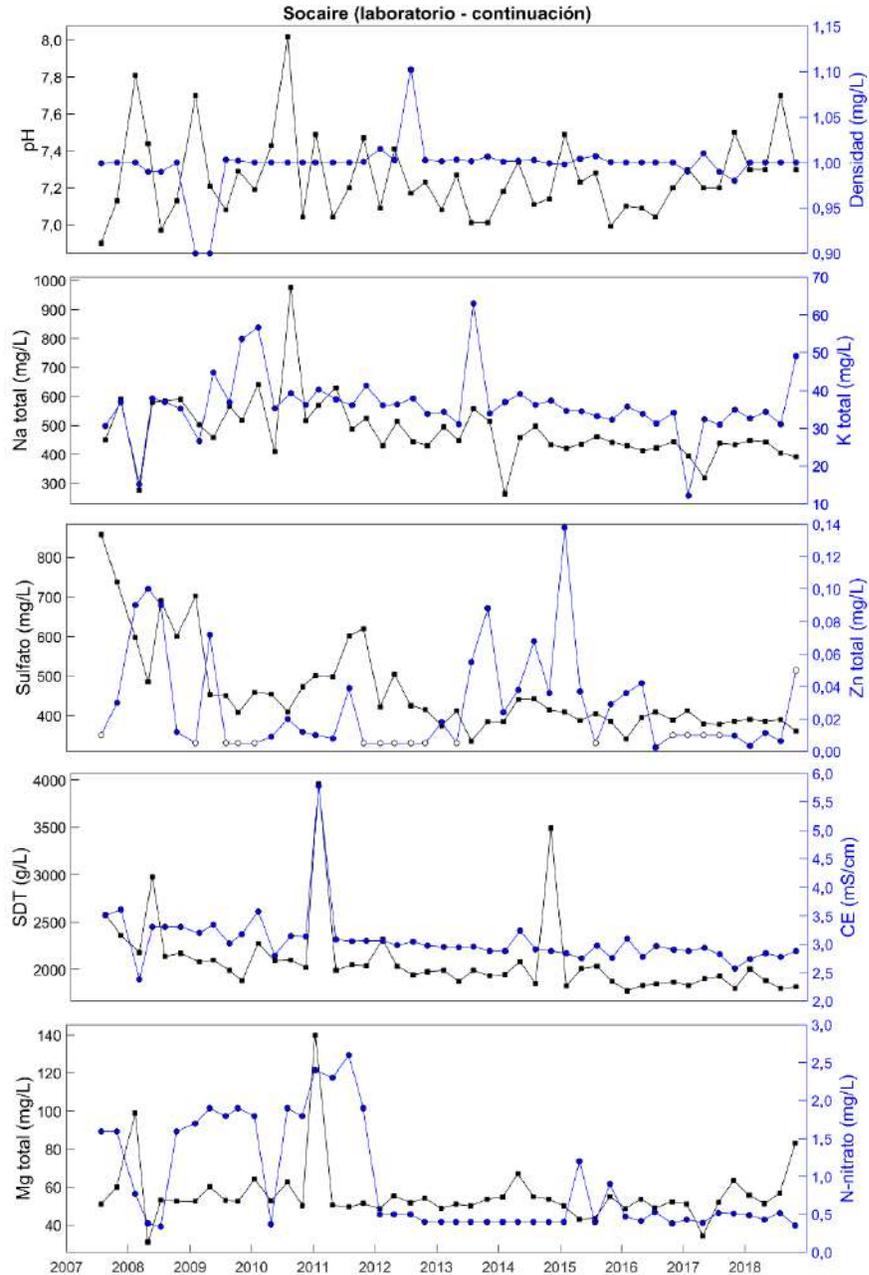




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD en símbolos vacíos.

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 en símbolos vacíos.

6.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

A continuación, se analiza el comportamiento de los niveles de los pozos pertenecientes al Sistema Vegetación 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 (CA-2015).

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 estacionales¹⁵⁸, teniendo ambos un comportamiento similar (Figura 6-72). Tal similitud se explicaría por su cercanía, dado que la distancia entre ambos es menor a 400 metros. Desde el I/2008 al II/2018 se ha registrado un descenso acumulado del nivel medio semestral de 7,7 y 6,7 cm para L9-1 y L9-2 respectivamente, con una tasa de descenso de 0,5-0,6 cm/año. En el II/2018, el nivel medio semestral en el pozo L9-1 se mantuvo estable con respecto al semestre anterior (descenso del nivel medio semestral fue 0,2 cm) y presentó un ascenso de 1,3 cm en el pozo L9-2. 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. En cuanto al pozo P2, este muestra una recuperación de los niveles luego de su reemplazo por CA-2015 (Figura 6-72).

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 (Figura 6-73), 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 10,8 y 12 cm/año, respectivamente, mientras que los pozos L2-26 y L7-13 lo han hecho a una tasa menor, de 5,2 cm/año¹⁵⁹. Las mayores tasas de descenso en L7-15 y L3-16 se deberían a su mayor proximidad con los pozos de bombeo industrial Mullay-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 II/2018 el nivel se presenta en proceso de estabilización¹⁶⁰. En cuanto al pozo L3-16, éste 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 diciembre/2018¹⁶¹. Por esta razón también, en el pozo L3-16 se ha observado un ascenso del nivel medio semestral de 22,8 cm con respecto al nivel medio semestral del I/2018. El nivel de los pozos en este sector no se ven influenciados ni por variaciones estacionales¹⁶² ni por precipitaciones. Los coeficientes de correlación entre los descensos y las precipitaciones semestrales en estación Chaxa son despreciables ($r = -0,04$ a $0,28$).

¹⁵⁸ Un análisis de Fourier muestra en ambos un período dominante aproximadamente de un año.

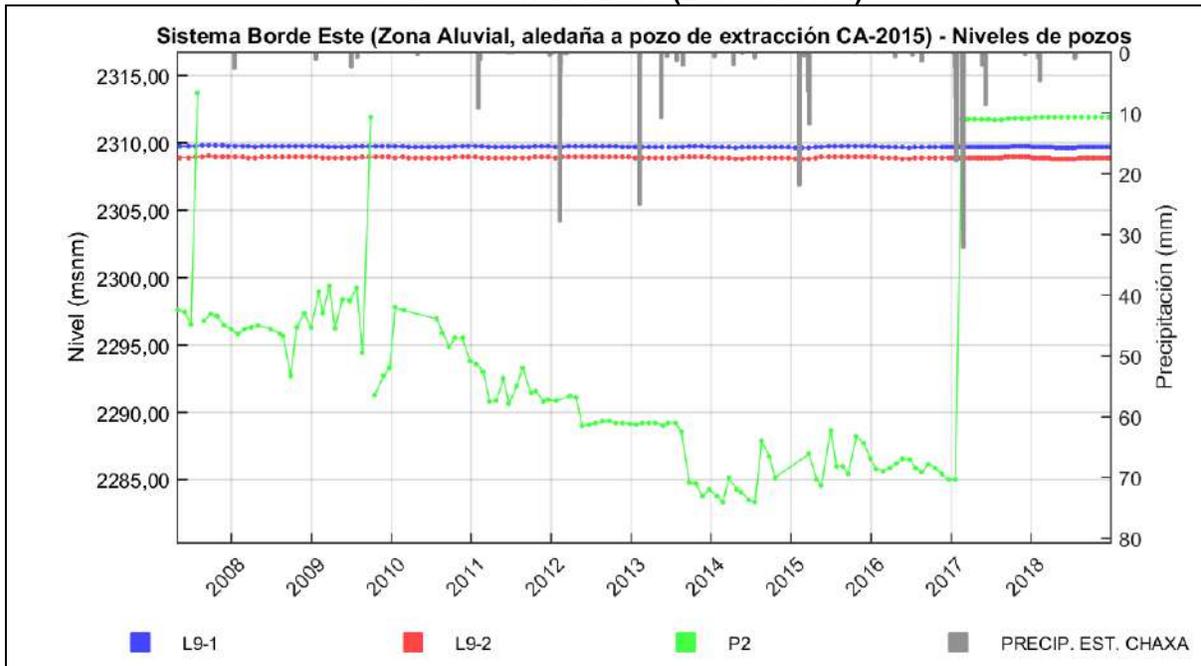
¹⁵⁹ Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

¹⁶⁰ 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 II/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, 0,3 cm/año y 8 cm/año.

¹⁶¹ 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.

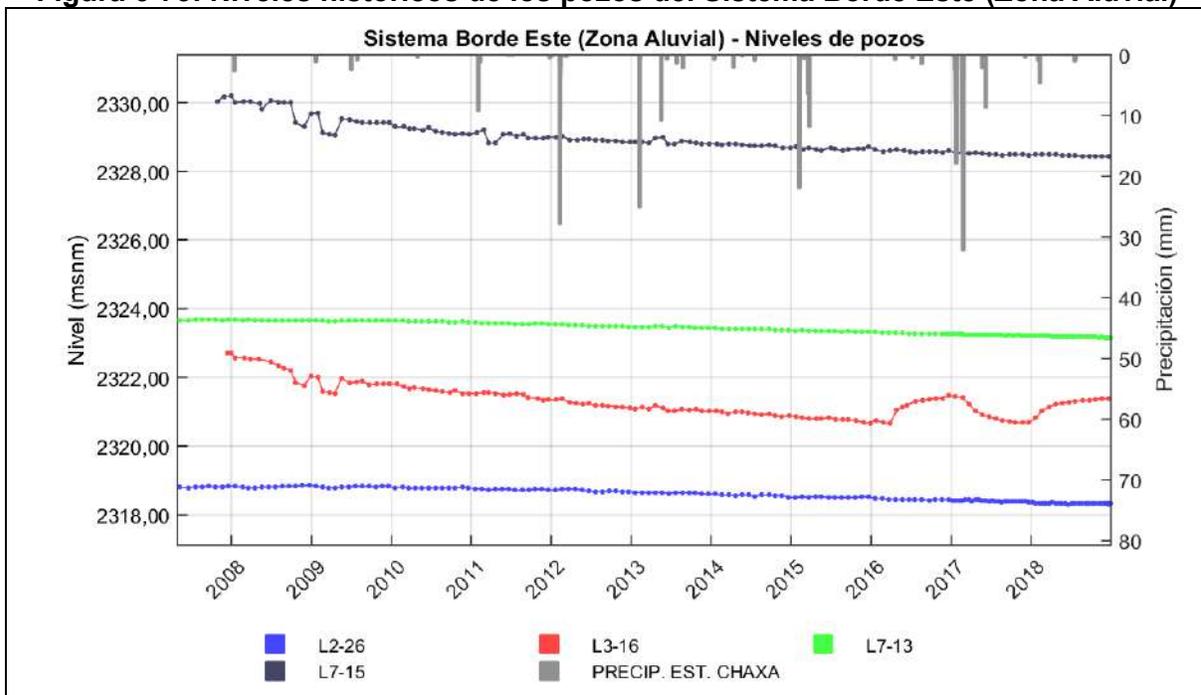
¹⁶² El período anual no se muestra como dominante para ningún pozo según un análisis de Fourier.

Figura 6-72: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este aledaño al pozo de extracción CA-2015 (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-73: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

Como análisis consolidado, los pozos cercanos a las extracciones desde los pozos Mullay-1 y Camar-2 responden a la dinámica de bombeo, evidenciado un proceso de estabilización. Por su parte, los pozos cercanos a CA-2015 muestran bajas tendencias al descenso, encontrándose estables.

6.2.3.1.2 Pozos en zona marginal

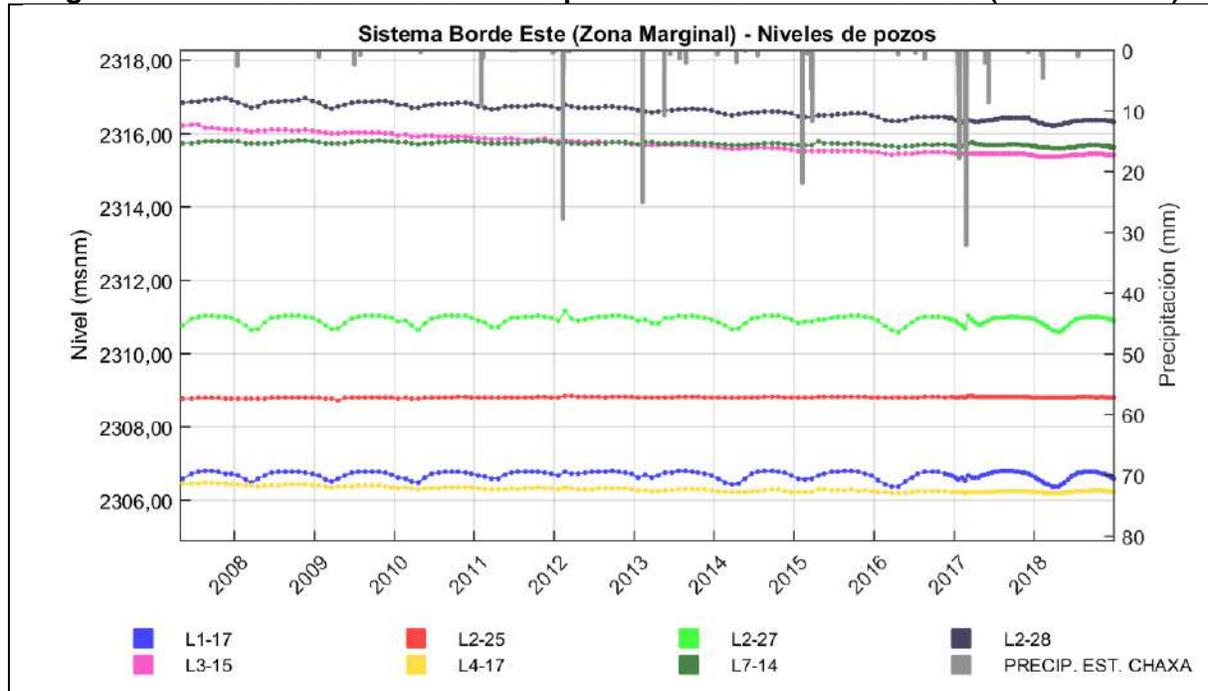
Se encuentran en esta zona los pozos L1-17, L2-25, L2-27, L2-28, L3-15, L4-17 y L7-14.

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 indirecto), son los pozos L1-17 y L2-27¹⁶³.

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 7,1, 5,6 y 1,9 cm/año¹⁶⁴ 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 II/2018, se registraron ascensos del nivel medio semestral comparado con el nivel medio del I/2018, que van entre 1,1 cm y 20,1 cm. 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.

Figura 6-74: Niveles históricos de los pozos del Sistema Borde Este (Zona Aluvial)



Fuente: Elaboración propia.

A modo de conclusión, en general se tiene que los pozos de la zona presentan tanto oscilaciones estacionales como variaciones debido a las extracciones de agua industrial.

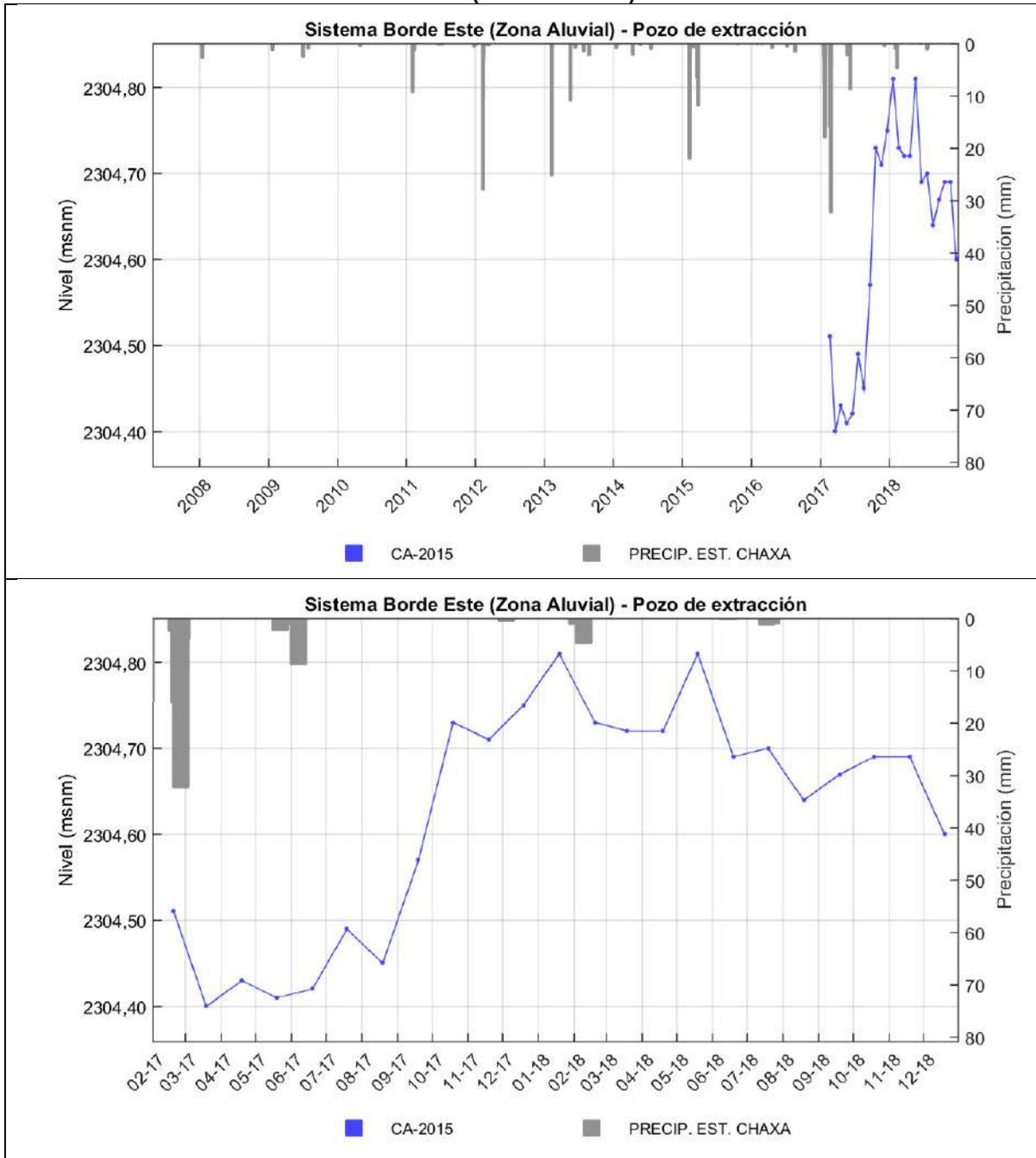
¹⁶³ Un análisis de Fourier muestra que los pozos L1-17 y L2-27 son los únicos que presentan un período anual como período principal. En general, el resto de los pozos también muestra al período anual como parte importante de su espectro de frecuencias, aunque con una relevancia secundaria.

¹⁶⁴ Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

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. En la Figura 6-75 se puede observar el nivel del pozo CA-2015. Como es de esperar, se registra un descenso de nivel medio respecto al nivel del I/2018, con un valor de 8,2 cm.

Figura 6-75: Niveles dinámicos históricos de los pozos de extracción Sistema Borde Este (Zona Aluvial)

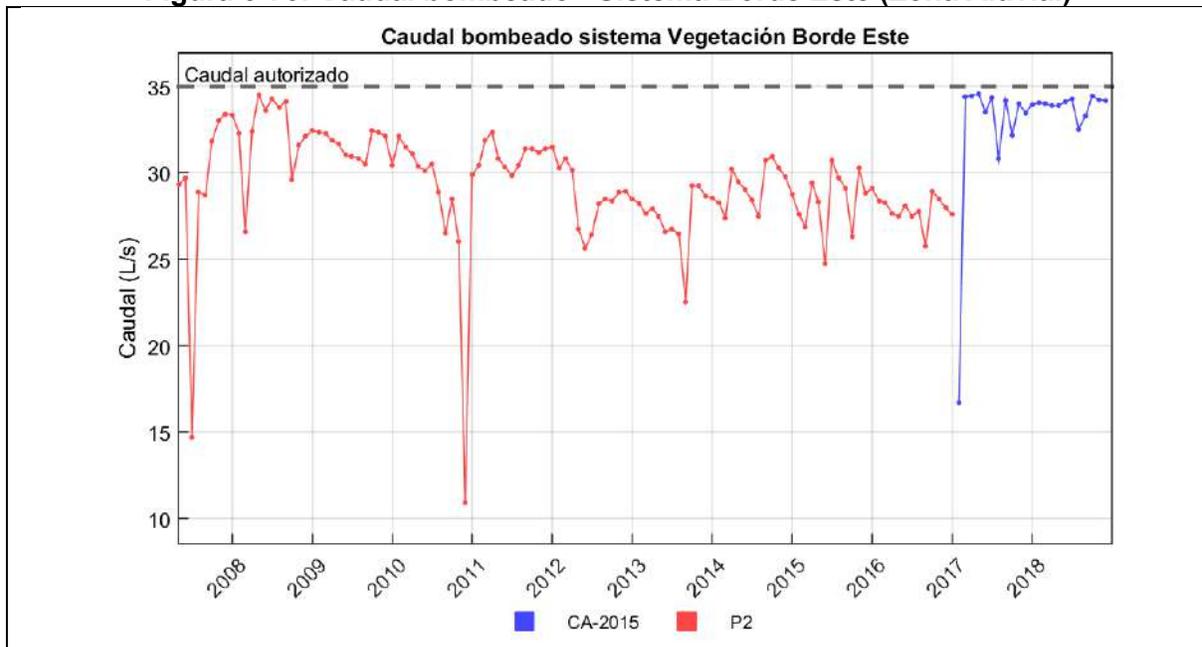


Fuente: Elaboración propia.

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 en el período previo a su reemplazo. Los caudales bombeados durante el II/2018 son cercanos a los extraídos durante el semestre anterior.

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 en el segundo semestre de 2018 en el Sistema Vegetación Borde Este, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base). Por lo anterior, en esta sección sólo se discute su comportamiento y evolución histórica a partir del inicio del periodo de registro.

El monitoreo de este sistema se realiza en los pozos L2-4, L4-3, L7-3 y en el pozo de extracción de agua industrial P2 (actual CA-2015¹⁶⁵). 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).

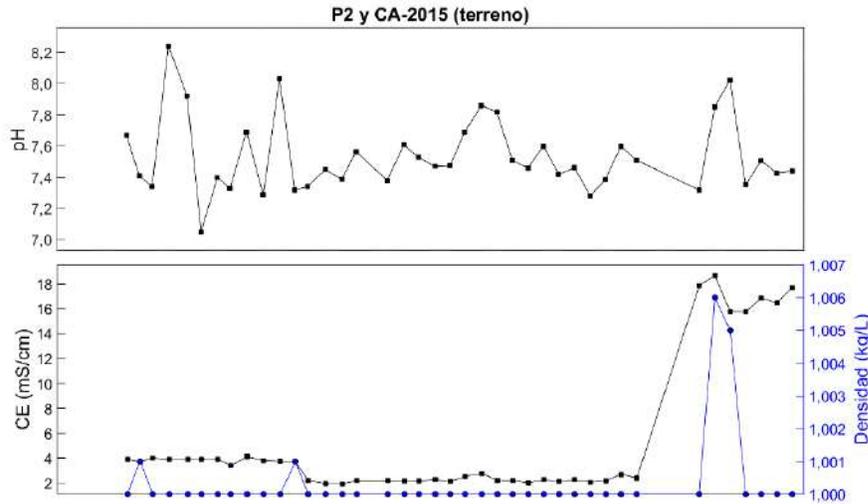
¹⁶⁵ El pozo de bombeo de agua industrial (pozo P2) fue reemplazado por el pozo CA-2015, a partir de febrero de 2017, según Res. 296/2016 de la DGA. De esta manera, las últimas siete mediciones (años 2017 y 2018) se han realizado en este último pozo.

Como puede observarse, todos los parámetros medidos el segundo semestre de 2018 en CA-2015 se encuentran en el orden de magnitud observado en las cinco mediciones que se han realizado hasta el primer semestre¹⁶⁶, a excepción del manganeso en la medición de octubre (0,044 mg/L)¹⁶⁷.

Respecto a tendencias temporales, el análisis se encuentra limitado por el bajo número de observaciones que se ha realizado en el pozo CA-2015 a la fecha (n=7). De todas formas, en general los parámetros se han mantenido en el mismo orden de magnitud¹⁶⁸, aunque es posible observar tendencias a la baja en algunos de ellos (ej. pH, cloruro, sodio, magnesio y potasio).

El cambio observado en el registro del año 2016 al 2017 se debe a que el pozo fue relocalizado, por lo que no son mediciones estrictamente comparables. En 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.

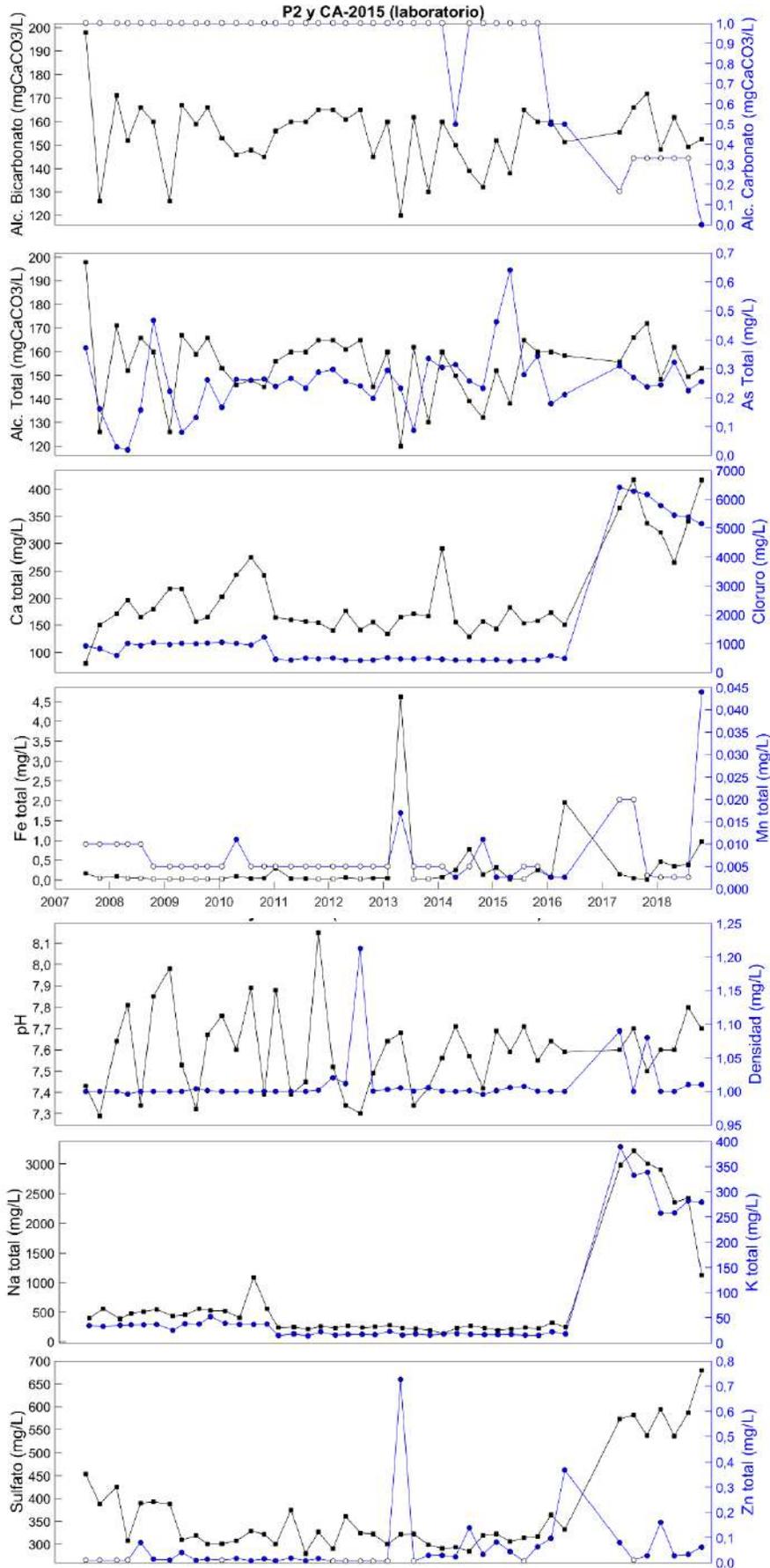
Figura 6-77: Evolución histórica de la calidad del agua en los pozos de extracción P2 y CA-2015 (las últimas siete mediciones corresponden al pozo CA-2015)

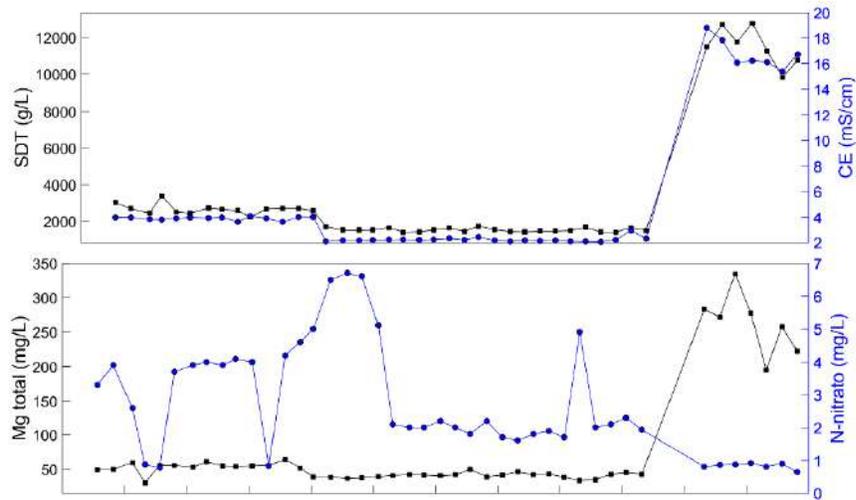


¹⁶⁶ La concentración de carbonato reportada para octubre de 2018 fue calculada por el laboratorio (CESMEC S.A.), por lo cual existen valores = 0 mg/L en lugar de < LD para dicha fecha.

¹⁶⁷ De todas formas, se deben considerar con precaución las mediciones realizadas octubre de 2018 debido a que existe un error del 25,9% en el BI. Se solicitó a CESMEC S.A. repetir los análisis, lo que no pudo efectuarse debido a que no contaba con contramuestra.

¹⁶⁸ En el Informe N°23 del PSAH se indicó que los registros de CE medida *in situ* el año 2017 en el pozo CA-2015 probablemente presentaban algún tipo de error. Para la elaboración de este informe se compararon los registros con los resultados originales de cada período, concluyendo que efectivamente hubo un error de traspaso de datos a la base de datos histórica. En el presente informe se corrigieron estos registros (27/04/2017, 27/07/2017 y 25/10/2017).





Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD y en símbolos vacíos.

6.2.4 Sistema Peine

A continuación, se analiza el comportamiento de los monitoreos asociados a los puntos de control pertenecientes al sistema Peine, es decir aquellos cercanos a las lagunas Salada, Saladita e Interna. Cabe recordar que esta última unidad corresponde al desborde terminal de este sistema de lagunas y, por lo tanto, presenta un comportamiento variable, distinto de un cuerpo lagunar estable.

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.

Tal como se señaló, durante el segundo semestre de 2018 no fue posible realizar en forma satisfactoria la totalidad de los monitoreos contemplados para el sistema Peine (tanto aquellos efectuados directamente por SQM, como aquellos realizados por CONAF), ya que en reiteradas oportunidades no se permitió el ingreso al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine (para mayor detalle ver Anexo 7). Por lo anterior, y como forma de complementar la información disponible del sistema, en la presente sección se ha tenido en consideración los monitoreos efectuados por el titular de la RCA N°21/16, de la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta en el semestre, de acuerdo con su autorización ambiental.

Lo anterior es concordante con el análisis efectuado en el anexo 4.1 del Programa de Cumplimiento aprobado por la autoridad, en el cual se demuestra el comportamiento homogéneo del sistema, con una respuesta en todos los pozos a las recuperaciones producidas por los eventos de precipitación en el núcleo, con amplitudes similares y tiempos de recuperación equivalentes. Más aún, se aprecia que las tendencias globales del sistema se mantienen paralelas, con un desfase vertical de sus cotas prácticamente constante entre ellas, entre pozos a distancias superiores a los 10 kilómetros.

Los registros del período objeto del presente reporte, complementados con los monitoreos efectuados por el titular de la RCA N°21/16, permiten evidenciar un comportamiento estable, con una evolución de los niveles similar a lo observado en períodos anteriores, en adición a caudales y concentraciones que en su gran mayoría se encuentran dentro de lo observado históricamente, sin presentar comportamientos de tendencia.

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 (pozo ubicado más al este que el resto de los puntos de control). Es importante notar que, durante el segundo semestre de 2018, al igual que de 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).

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 cuanto a las tendencias a largo plazo para el periodo I/2008 – II/2018, los pozos L10-3, L10-4 y L10-15 han mostrado leves descensos, con tasas entre 0,4 a 1,9 cm/año¹⁶⁹.

Con respecto al II/2018, los pozos L10-3, L10-4 y L10-15 mostraron descensos entre 8,3 y 10,4 cm del nivel medio semestral al compararlos con el semestre anterior. Estos tres pozos, además, alcanzaron el nivel mínimo registrado. De todas formas, en la Figura 6-78 puede observarse que la tasa de descenso en estos pozos ha ido disminuyendo y que los niveles estarían en un proceso de estabilización. Dicho proceso se habría iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017 que produjeron un incremento abrupto de los niveles.

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)¹⁷⁰. El ascenso es dominante por sobre las oscilaciones, en donde estas últimas tienen un período anual¹⁷¹. En el largo plazo, este pozo presenta una tasa de ascenso de 4,2 cm/año¹⁷². Por otra parte, el nivel del pozo no presenta una respuesta ante las precipitaciones, siendo baja la correlación entre las variaciones del nivel medio semestral y las precipitaciones semestrales medidas en la estación Chaxa ($r = -0,28$). Durante el II/2018, se observó un aumento del nivel medio semestral de 6,3 cm comparado con el nivel medio del I/2018. Este comportamiento está dentro del rango histórico, en donde generalmente han existido mayores niveles durante los segundos semestres.

En cuanto a los pozos L10-2, L10-9, L10-10, estos se encuentran cercanos entre sí (distancia menor a 1 km), mostrando un comportamiento histórico similar entre ellos y respecto al resto de los puntos monitoreados en el sector. Por lo anterior, se esperaría que los niveles en el segundo semestre de 2018 presenten las mismas tendencias que los pozos L10-3, L10-15 y L10-4, con descensos entorno a los 10 cm respecto a I/2018. Cabe señalar que los monitoreos efectuados de acuerdo con la RCA N°21/16 durante el año 2018 (Informe Anual N°3 Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico), no presentan puntos de control lo suficientemente cercanos como para complementar los análisis realizados.

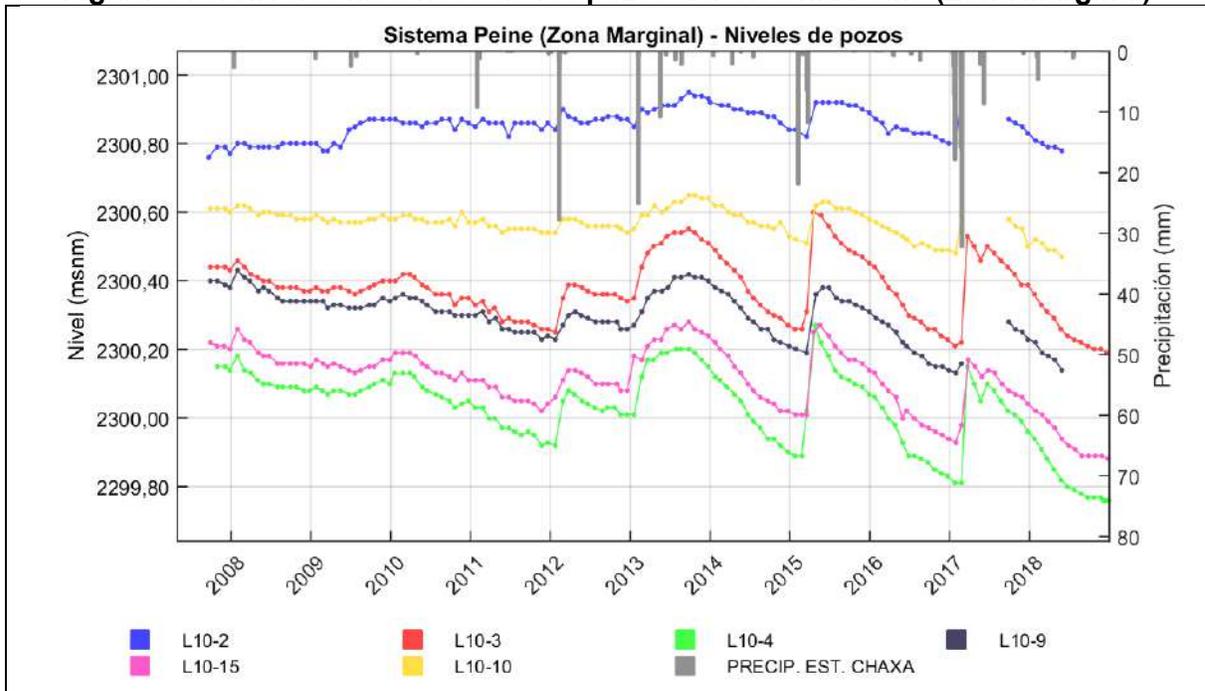
¹⁶⁹ Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

¹⁷⁰ 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.

¹⁷¹ 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.

¹⁷² Valores obtenidos por regresión lineal desde I/2008.

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.

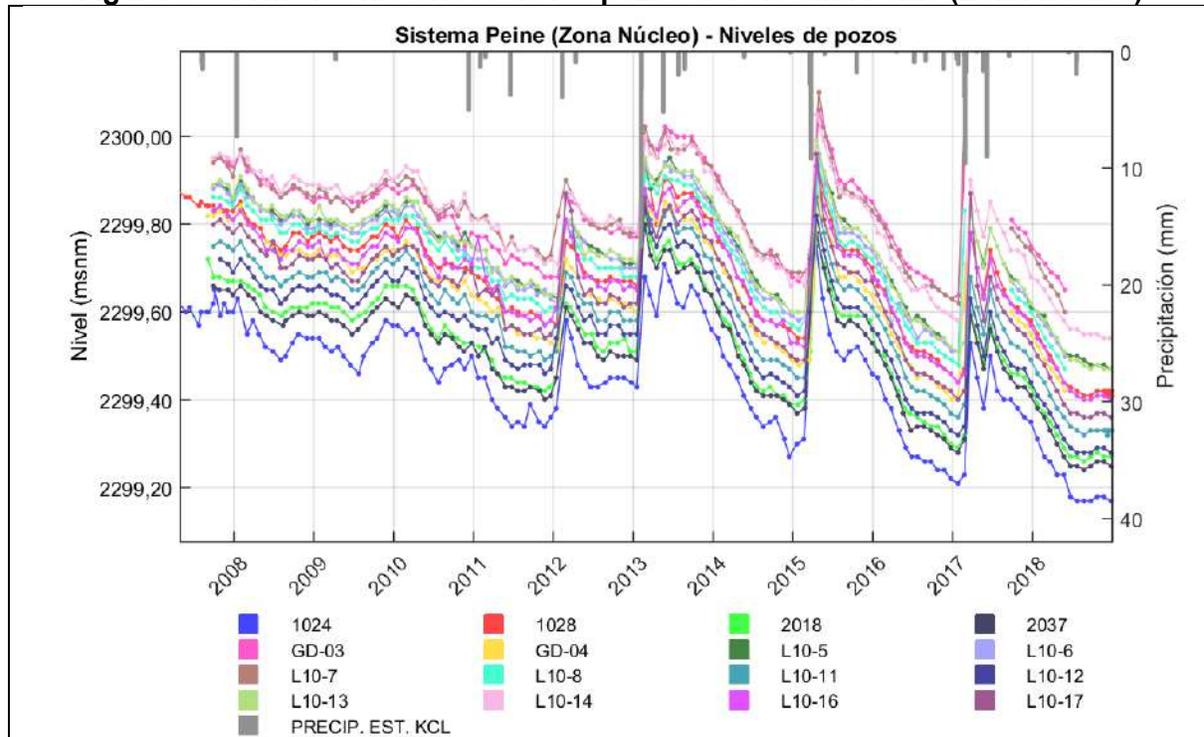
6.2.4.1.2 Pozos en zona núcleo

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. Como se mencionó en la sección 5, no fue posible realizar mediciones en los pozos L10-6, L10-7 y L10-8, GD-03 y GD-04 puesto que el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de SQM (para mayor detalle ver anexo 7).

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 a los incrementos generados (Figura 6-80). La tasa de descenso en todos los pozos ha sido cercana a 2 cm/año¹⁷³. El descenso en la zona se debería, de acuerdo a lo esperado, a las extracciones de salmuera.

Durante el II/2018 y en comparación con el I/2018, los niveles medios semestrales descendieron entre 6,3 y 7,5 cm, lo cual se encuentra dentro del rango histórico de descensos semestrales registrados en períodos previos. De todas formas, en la Figura 6-80 puede observarse que la tasa de descenso en estos pozos ha ido disminuyendo y que los niveles estarían en un proceso de estabilización. Dicho proceso se habría iniciado en forma posterior a los eventos de precipitación evidenciados al inicio del año 2017 que produjeron un incremento de los niveles.

Figura 6-80: Niveles históricos de los pozos del Sistema Peine (Zona Núcleo)



Fuente: Elaboración propia.

¹⁷³ Valor obtenido mediante regresión lineal a partir del I/2008.

Respecto a los pozos L10-6, L10-7 y L10-8, GD-03 y GD-04, es posible observar que estos presentan un comportamiento histórico similar al resto de los puntos de control monitoreados en el sector, por lo que es esperable que los niveles en el segundo semestre de 2018 presenten las mismas tendencias que el resto de los pozos de la zona núcleo, con descensos medios entorno a los 7 cm respecto al semestre anterior. Cabe señalar que los pozos BA-18, BA-19 y BA-20, pertenecientes al monitoreo efectuado de acuerdo con la RCA N°21/16 se encuentran cercanos a los puntos GD-04, GD-03 y L10-7 respectivamente, con distancias entre los 400 y 600 m. Los descensos registrados en II/2018 respecto al primer semestre corresponden a 7,5 cm para los pozos BA-18 y BA-19 y 6,3 cm para BA-20, valores consistentes con los descensos generales evidenciados en el sector.

Como análisis consolidado del sector, se tiene que el nivel de los pozos en la zona descende por las extracciones de salmuera, siendo altamente dependiente de las precipitaciones. El comportamiento en el presente período se mantiene estable respecto a lo observado en semestres anteriores, lo que es consistente con los monitoreos efectuados en el marco de la RCA N°21/16

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.

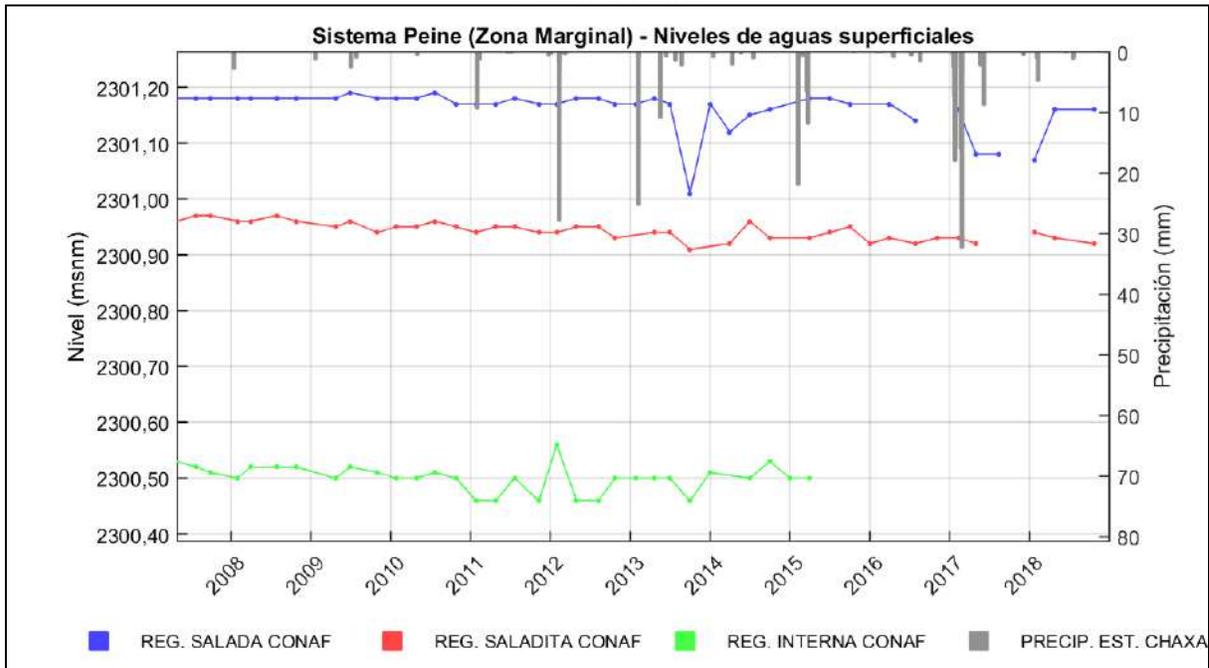
Respecto a la laguna Salada, los registros se presentaron estables hasta el año 2013, evidenciándose una mayor oscilación desde entonces, con niveles levemente menores el 2017 y una recuperación en el primer semestre del año 2018 que se mantuvo en la medición efectuada el segundo semestre. Respecto al periodo anterior, el nivel medio semestral presentó un ascenso de 4,2 cm.

Por su parte la reglilla Saladita presenta un leve descenso entre los años 2009 y 2013, con niveles estables a partir de esa fecha (Figura 6-81). Durante el II/2018, el nivel presentó un descenso de 1,7 cm respecto al nivel medio semestral del I/2018.

Si bien durante el segundo semestre de 2018 sólo se dispone de mediciones efectuadas en el mes de octubre, los monitoreos de nivel efectuados en el marco de la RCA N°21/16, permiten observar que ambos sistemas se mostraron estables en el período, con variaciones máximas que bordean los 0,5 cm para la laguna Salada (reglilla LM-06) y 1,4 cm para la laguna Saladita (reglilla LM-08).

Desde el año 2016, la reglilla Interna no ha mostrado niveles puesto que el área de descarga no ha cubierto la ubicación del punto de monitoreo. 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

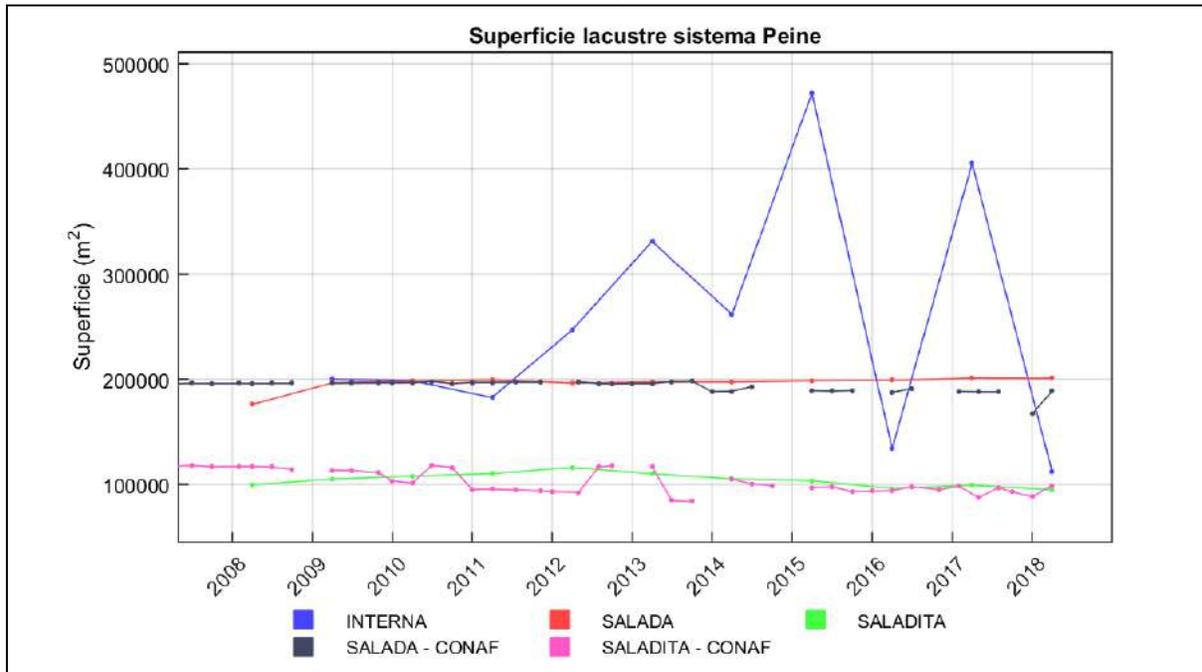
Los sistemas lacustres de Peine son alimentados por un canal que es el resultado de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema. Las lagunas que componen este sistema son Salada, Saladita e Interna. Esta última laguna está formada por los desbordes de la laguna Saladita, y su morfología es muy variable de un año a otro.

En la Figura 6-82 se muestra el registro histórico de la superficie lacustre de este sistema. Cabe notar que no se cuenta con registros para el II/2018 debido a que, como se indicó en la sección 5, el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de SQM y a CONAF.

De acuerdo con las mediciones de superficie lacustre efectuadas mediante imágenes satelitales de alta resolución en el marco de la RCA N°21/16, la superficie total del sistema (suma de lagunas Salada, Saladita e Interna) abarcó los 515.000 m² en agosto de 2018 y los 494.000 m² en diciembre. Dichos valores son superiores, pero del mismo orden de magnitud que la superficie estimada por SQM mediante imágenes satelitales en abril de 2018, la que abarcó un total de 408.243 m² (ver informe PSAH N°23), mostrando una estabilidad en el sistema.

En general, las lagunas Salada y Saladita no muestran grandes variaciones de superficie en los últimos años. 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.

6.2.4.2 Calidad química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado en el segundo semestre de 2018 tanto en el agua superficial, como en el agua subterránea del sistema Peine, en comparación con su evolución histórica. Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los distintos parámetros monitoreados (normativos o de línea de base).

Esta sección se divide en dos subsecciones que agrupan los puntos de monitoreo de acuerdo a su tipo: (i) pozos de monitoreo y (ii) sistemas lacustres.

En general, la gran mayoría de los parámetros monitoreados el segundo semestre del 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, sino que muestran un comportamiento estable, observándose, en algunos puntos una fluctuación 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, laguna 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 6-85¹⁷⁴ presentan la evolución histórica de los parámetros monitoreados en ellos. Como puede observarse, los parámetros monitoreados durante el segundo semestre del año 2018 se encuentran dentro de lo observado históricamente en todos los pozos de monitoreo¹⁷⁵.

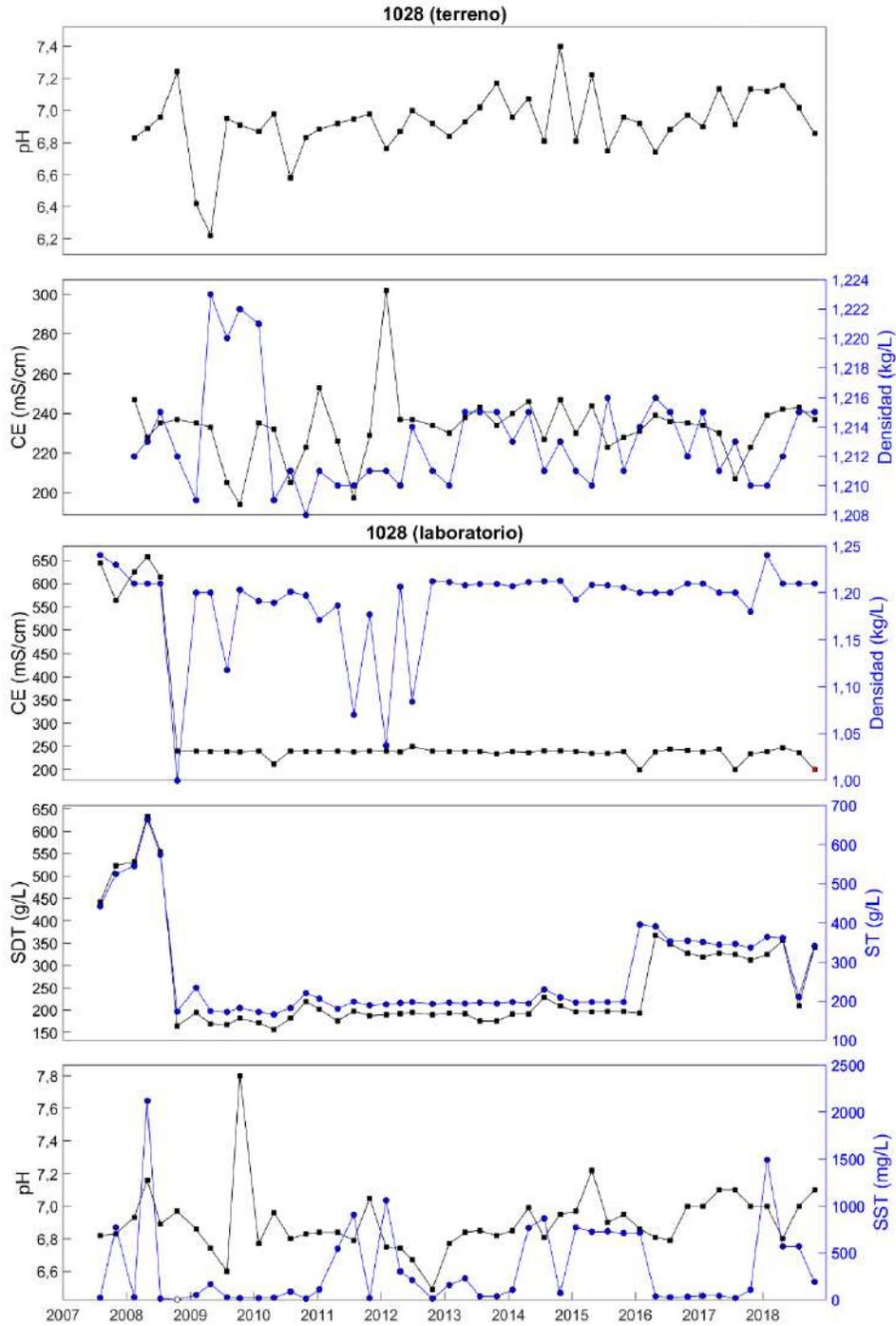
En cuanto al comportamiento histórico general en este sistema, los tres pozos presentan distintas características. El pozo 1028 se caracteriza por un pH menor (~6,9), mayor CE y concentración de SDT (~230 mS/cm y ~220 g/L, respectivamente); característico de aguas de salmueras. En contraste, el pozo L10-1 presenta la menor CE y concentración de SDT (~15,7 mS/cm y ~11,8 g/L, respectivamente) así como el mayor pH (~8,3). El pozo L10-4, por su parte, presenta un comportamiento intermedio, aunque más cercano al del pozo 1028 (CE~140 mS/cm; SDT~126 g/L y pH~7,5). 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 sostenidas al alza o a la baja en la mayoría de los parámetros monitoreados, presentando tendencias oscilantes en el tiempo. Sólo la concentración de SDT en el pozo 1028, ubicado en la Zona Núcleo, tiende al aumento, presentando un incremento el año 2016. Este comportamiento es consistente con lo observado en otros pozos ubicados en dicha zona.

¹⁷⁴ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis. Si bien estos registros se incluyen en los gráficos históricos presentados a lo largo de este capítulo, fueron excluidos del análisis numérico efectuado (no se consideraron para el cálculo de los estadígrafos ni para el análisis de tendencias). Asimismo, si bien se presentan todos los registros de SDT, SST y ST en los gráficos históricos, se excluyeron del análisis numérico aquellos que presentaron errores $\geq 20\%$ en el balance de masa.

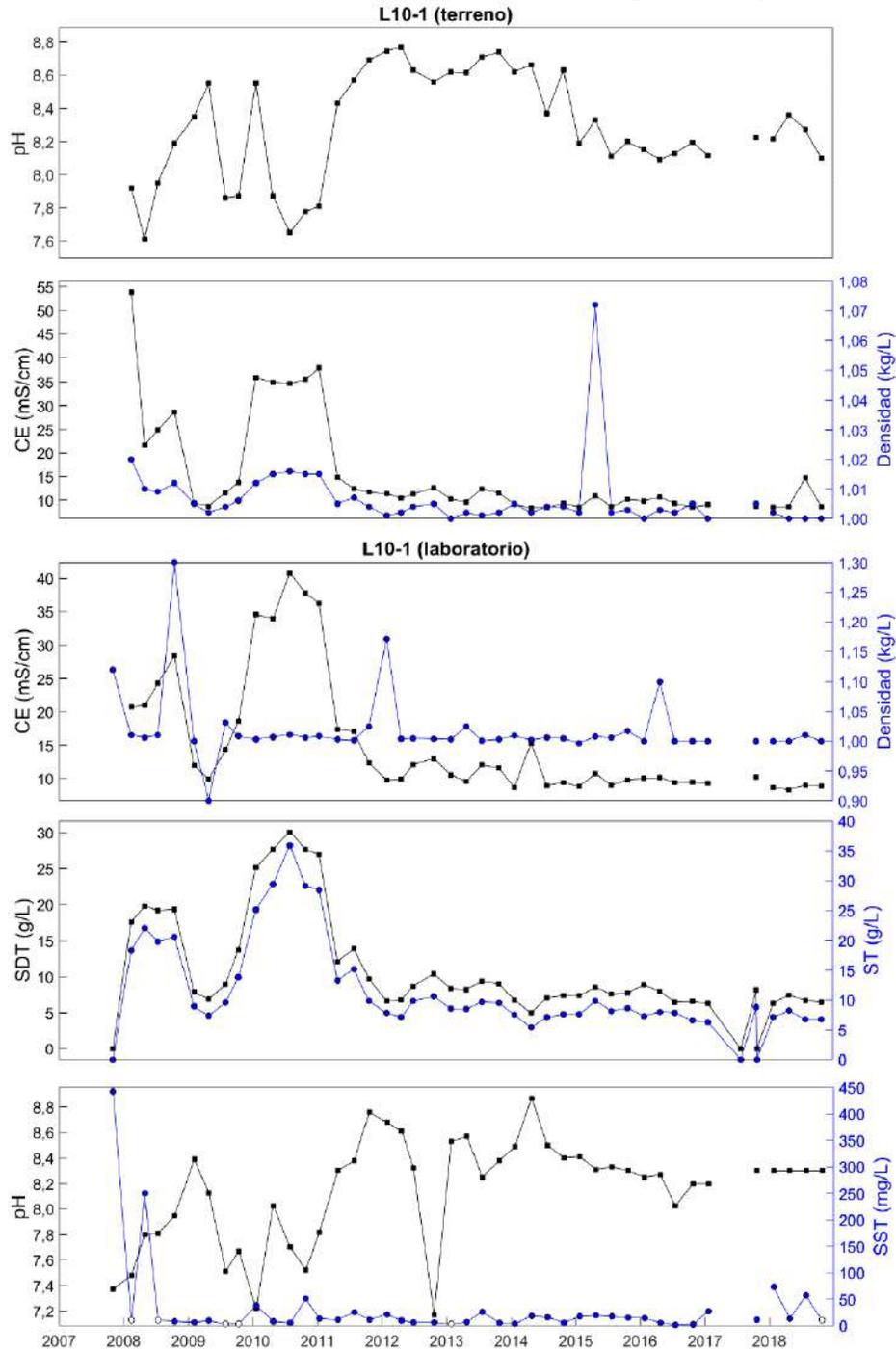
¹⁷⁵ La concentración de carbonato reportada para octubre de 2018 fue calculada por el laboratorio (CESMEC S.A.), por lo cual existen valores = 0 mg/L en lugar de < LD para dicha fecha.

Figura 6-83: Evolución histórica de la calidad del agua en el pozo 1028



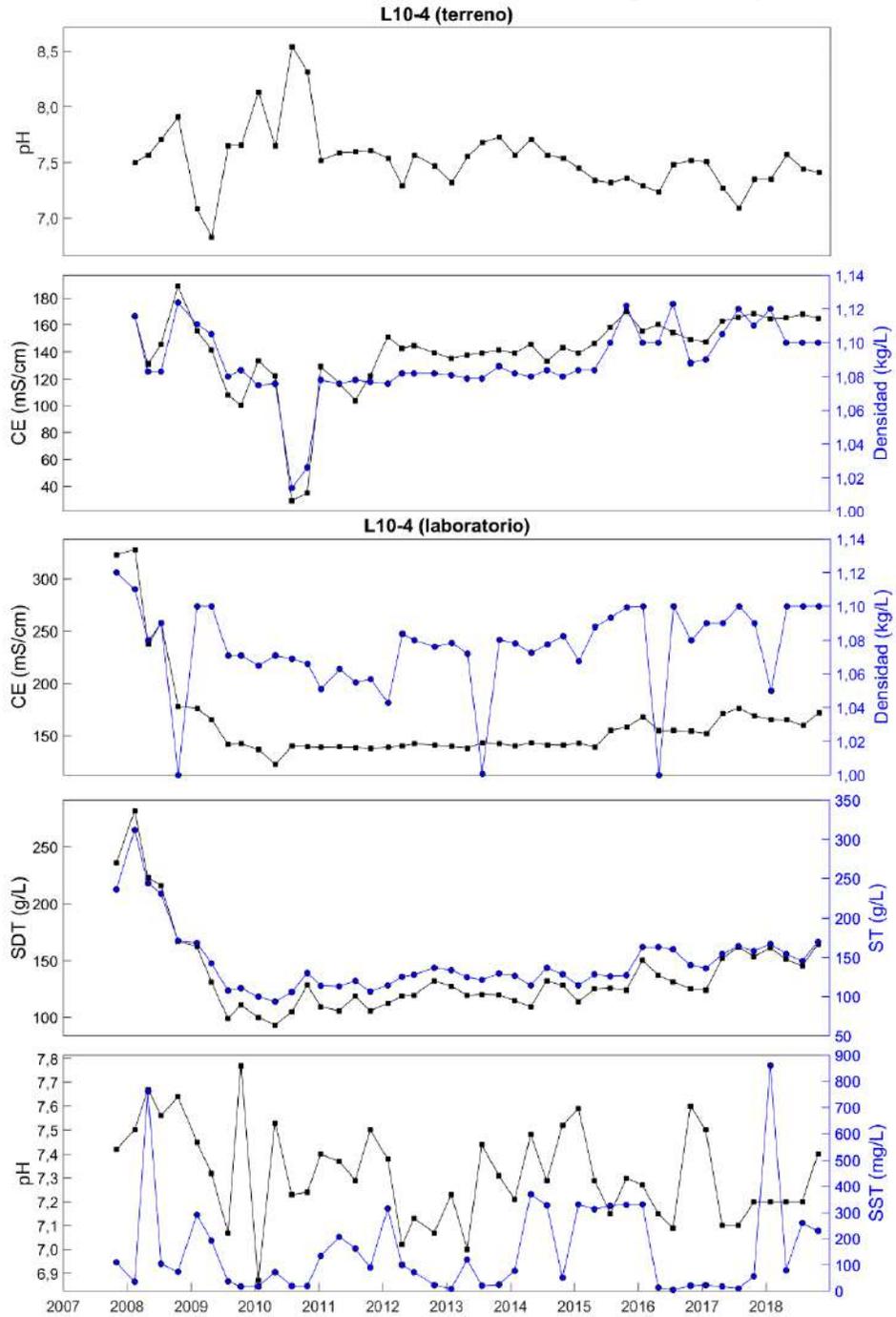
Fuente: Elaboración propia. Los valores > LM se presentan como iguales a él en símbolos rojos.

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 de calidad del agua medidos en 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 (~ 30 - 40 g/L), pH levemente básico (~8 – 8,2), alta dureza (~5,8 - 7,6 g/L), altas concentraciones de cationes y aniones (especialmente sodio y cloruro), características de agua expuesta a procesos de evaporación. En orden creciente de salinidad, se encuentra en primer lugar la laguna Salada, luego la laguna Saladita y finalmente la laguna Interna. Como análisis global, no se observan tendencias en los parámetros monitoreados, los que presentan un comportamiento oscilante.

En particular, los parámetros medidos en octubre de 2018¹⁷⁶ se encontraron, en su gran mayoría, dentro del rango histórico. A continuación, se describe para cada laguna la evolución temporal de los parámetros y la comparación de lo monitoreado en octubre de 2018 con lo registrado históricamente.

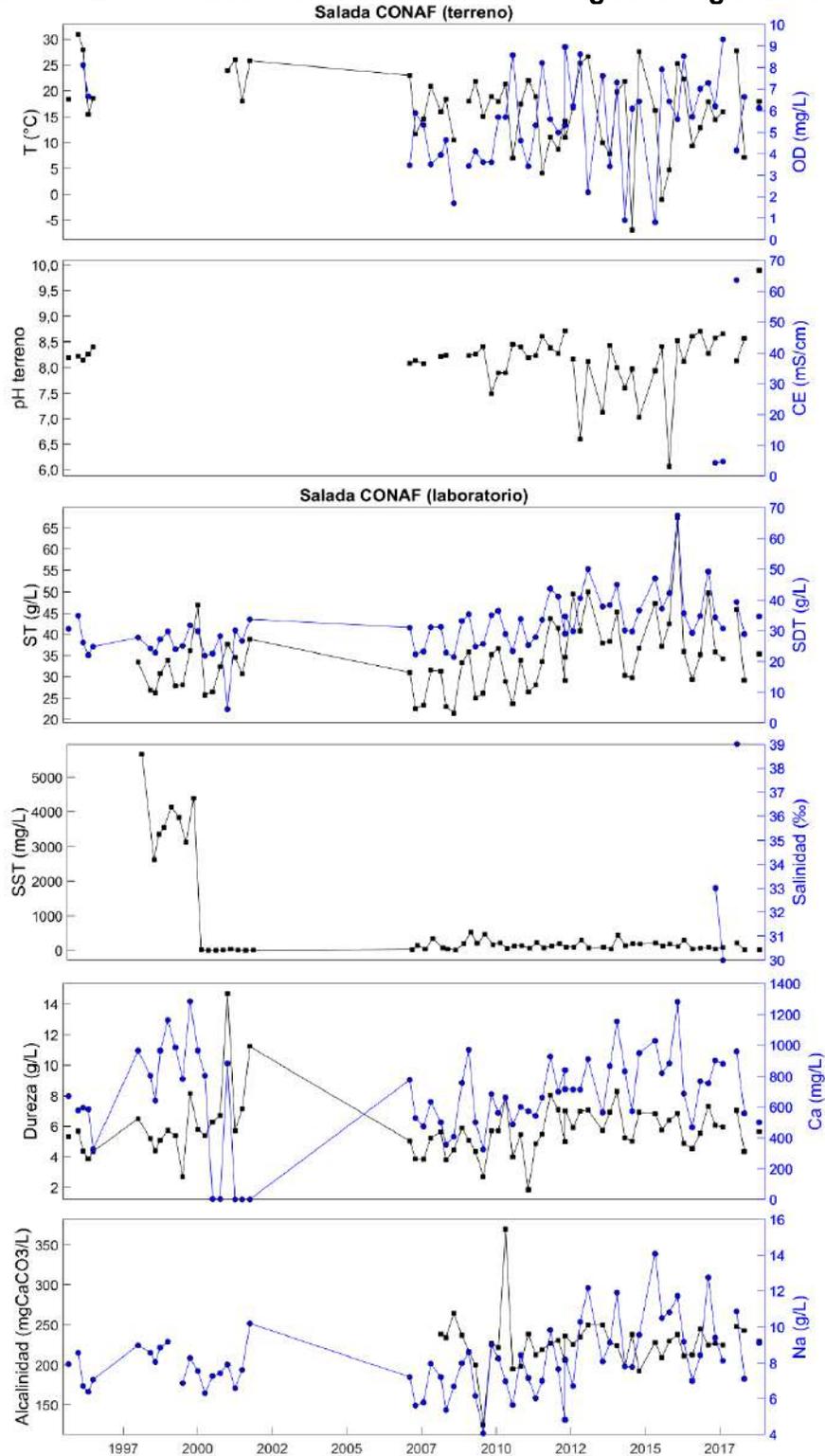
La calidad del agua de la laguna Salada presenta un comportamiento oscilante en el tiempo, con máximos de salinidad (SDT) estacionales (verano y primavera). No se observan tendencias temporales evidentes al alza o a la baja en los parámetros monitoreados. Por otra parte, de las mediciones efectuadas en octubre de 2018 sólo el pH (9,9) se encontró fuera del rango histórico, excediendo el máximo registrado anteriormente (8,7). No obstante, este parámetro no presenta tendencias a largo plazo y tampoco existen otros parámetros que indiquen una alteración en la calidad del agua.

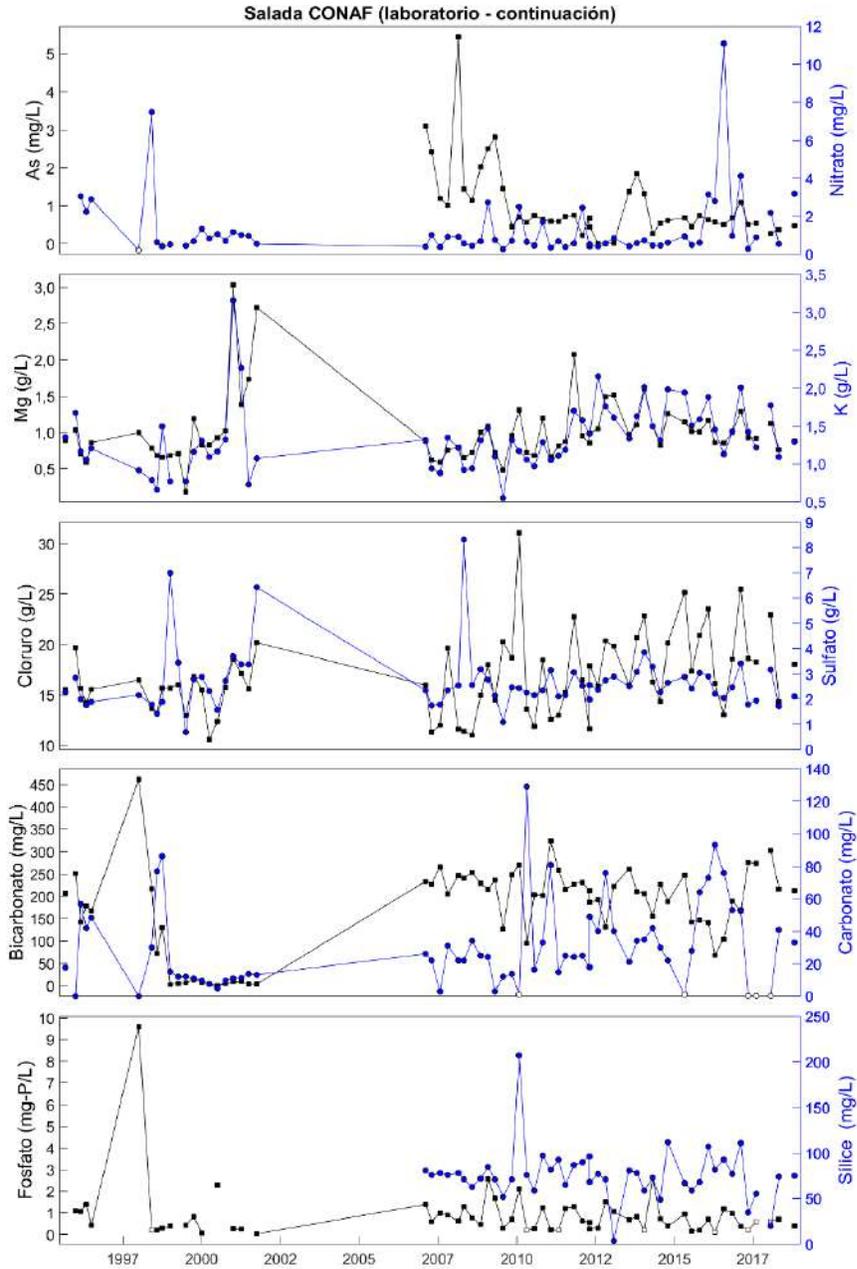
La calidad del agua de la laguna Saladita también presenta un comportamiento oscilante en el tiempo, con máximos de salinidad (SDT) estacionales (verano y primavera). No se observan tendencias evidentes al largo plazo en los parámetros monitoreados y todas las mediciones efectuadas en octubre de 2018 se encuentran dentro de los rangos históricos.

Al igual que los cuerpos anteriores, la calidad del agua de la laguna Interna presenta un comportamiento oscilante en el tiempo con máximos de salinidad (SDT) estacionales (principalmente en verano), sin tendencias evidentes de cambios al largo plazo. Los parámetros monitoreados en octubre de 2018 se encuentran, en su gran mayoría, dentro de los rangos históricos. Las excepciones puntuales corresponden a la concentración de sílice y al pH, que se encontraron sobre los registros máximos (275 mg/L vs 133 mg/L y 9,45 vs 8,7, respectivamente). No obstante, ninguno de estos parámetros presenta tendencias a largo plazo, así como tampoco hay otros parámetros que indiquen una alteración en la calidad del agua.

¹⁷⁶ Como se indicó en la sección 5, no fue posible realizar el monitoreo de julio de 2018 debido a que el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de CONAF.

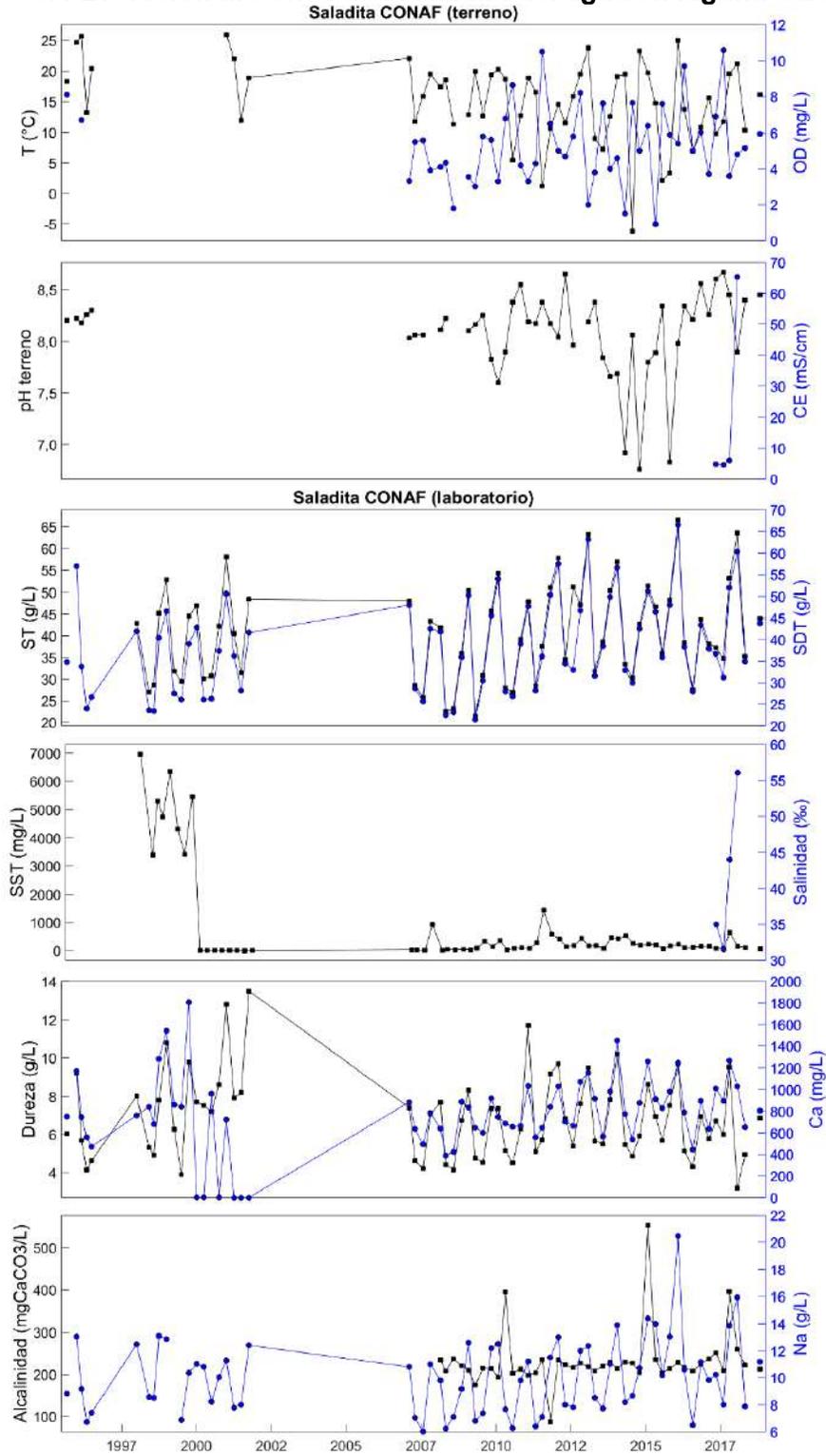
Figura 6-86: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Salada

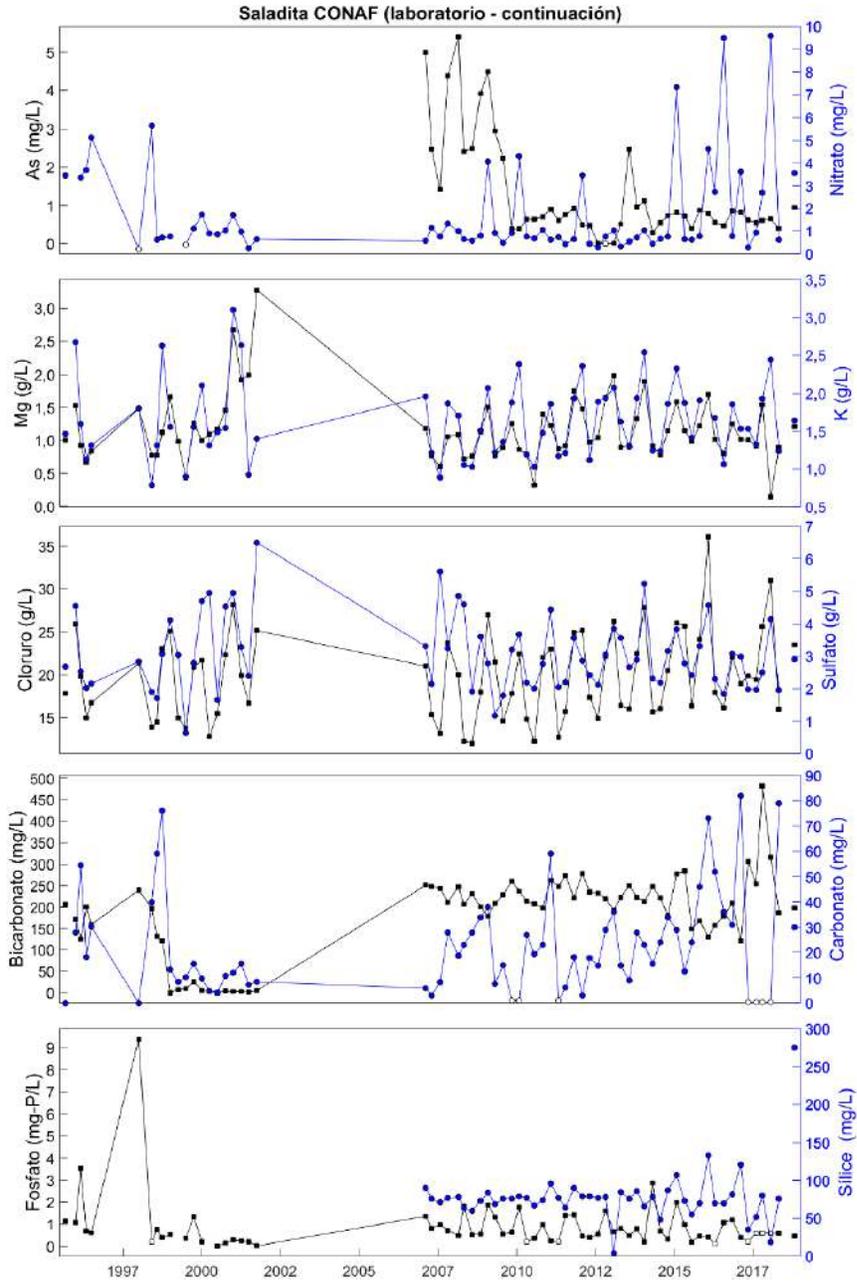




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD en símbolos vacíos. Por motivos de escala no se presenta el pH registrado en abril de 2012 (2,6 unidades de pH).

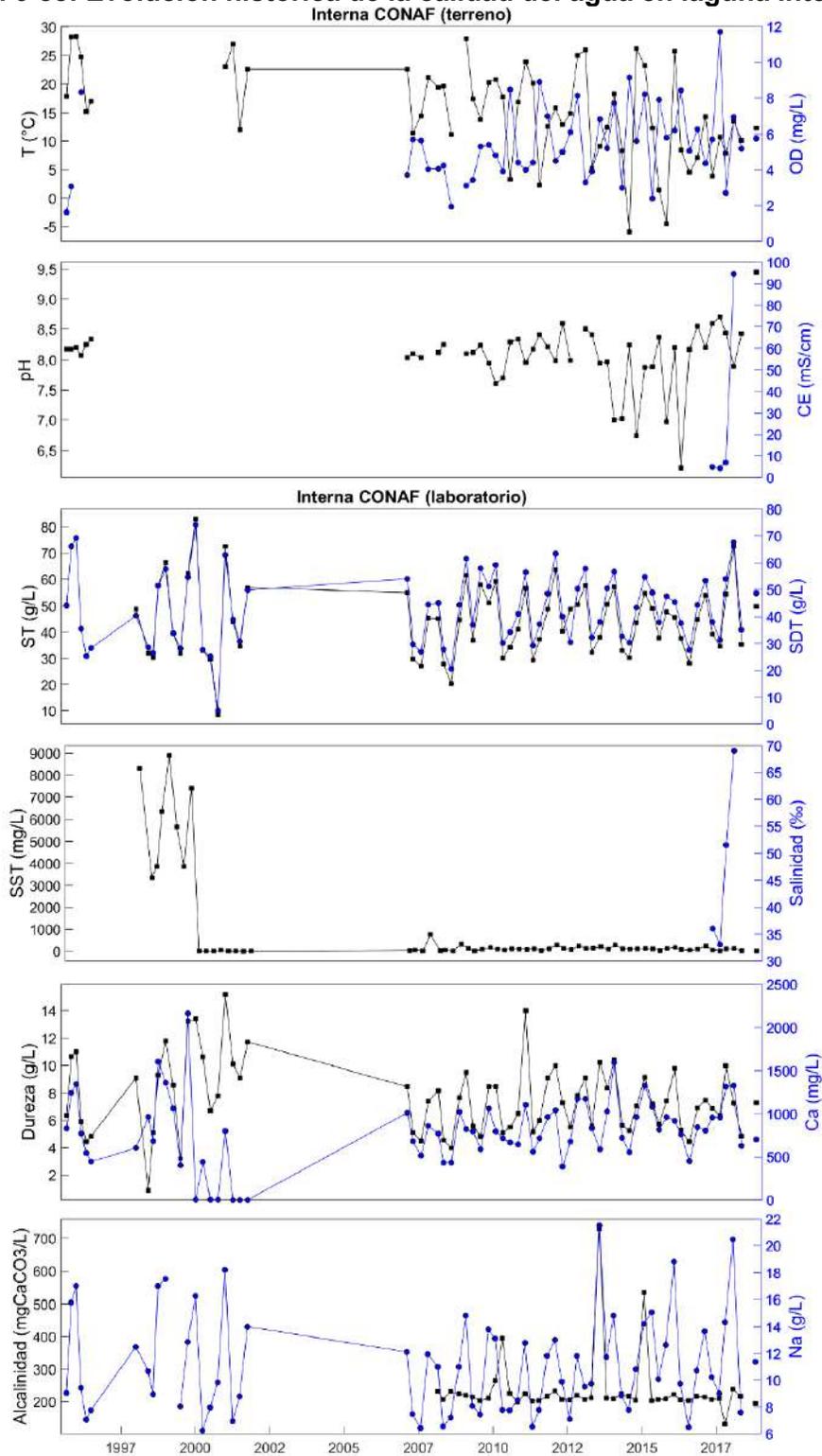
Figura 6-87: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Saladita

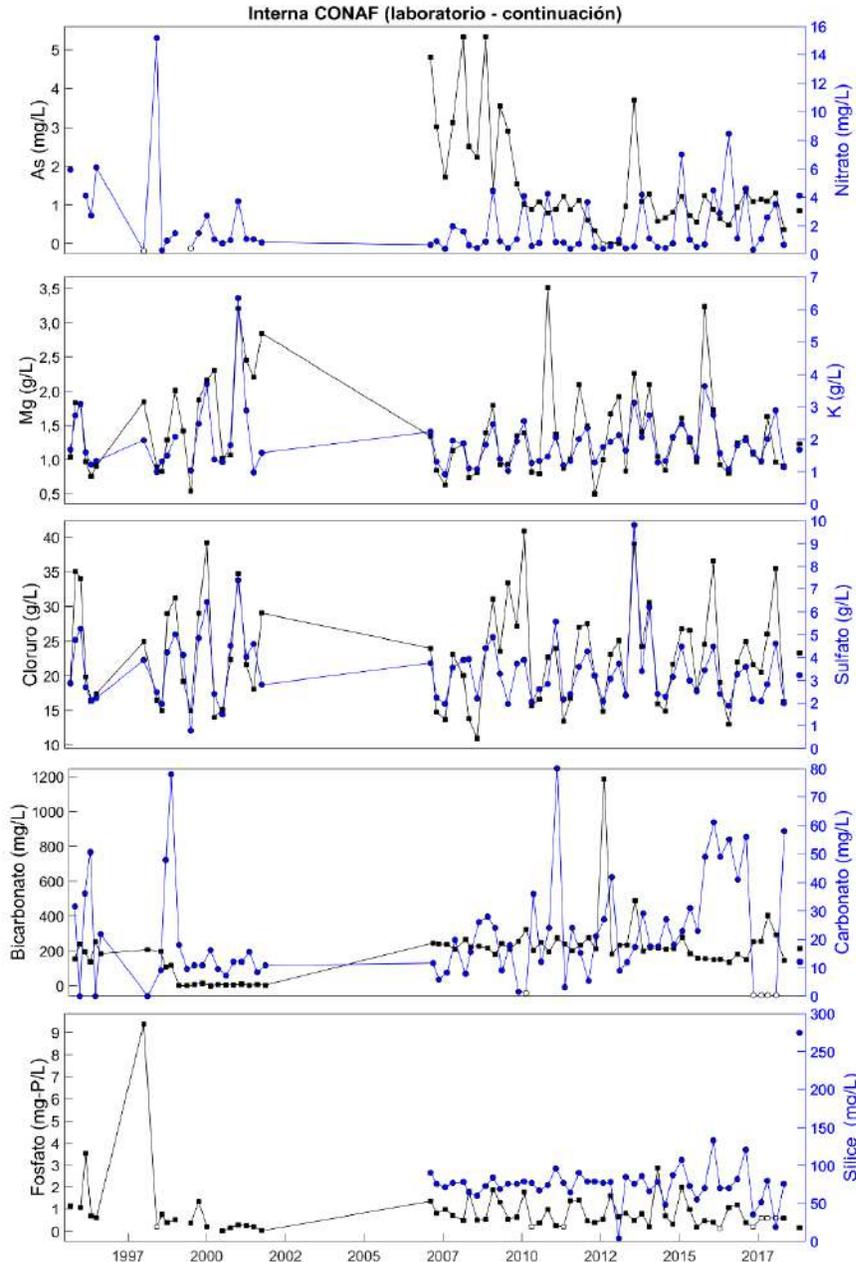




Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD en símbolos vacíos. Por motivos de escala no se presenta el pH registrado en octubre de 2012 (5,1 unidades) ni la concentración de potasio medida en enero de 2016 (27,7 g/L).

Figura 6-88: Evolución histórica de la calidad del agua en laguna Interna





Fuente: Elaboración propia. Los valores < LD se presentan como = LD en símbolos vacíos.

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 durante el periodo 2007-2018. Cabe notar que no se cuenta con registros para el II/2018 debido a que, como se indicó en la sección 5, el acceso al sector es controlado por la Comunidad de Peine, quienes mantuvieron cerrada la barrera de ingreso a personal de SQM.

En cuanto al comportamiento histórico para el periodo con registro, 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

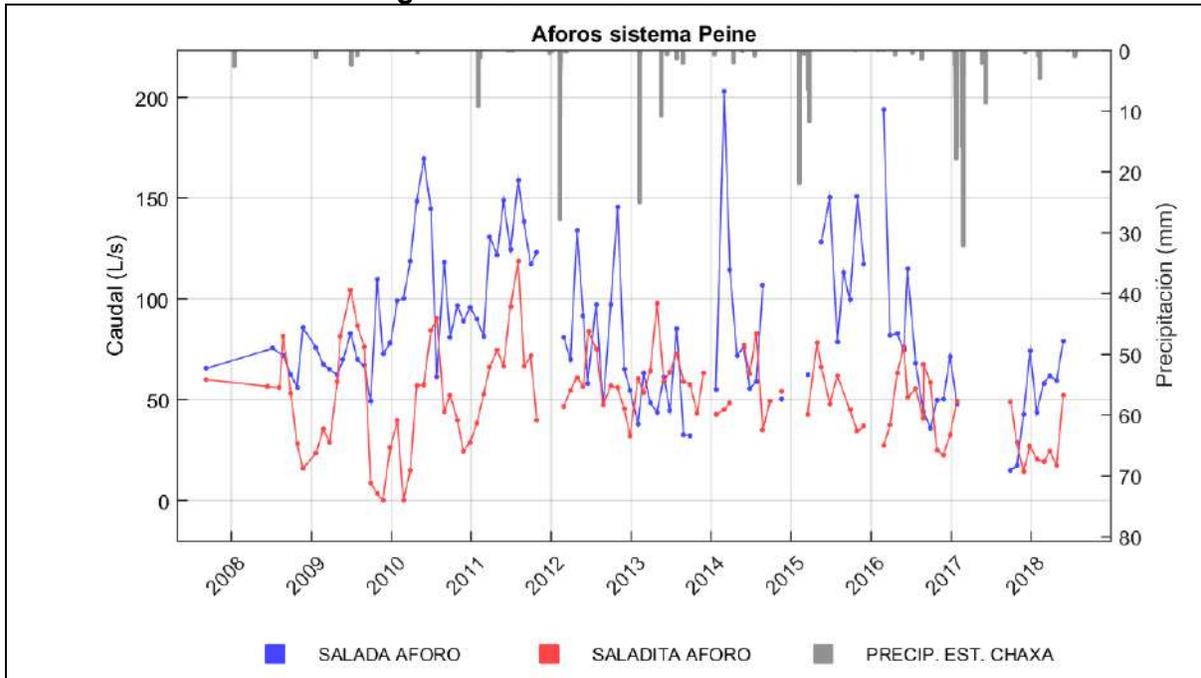
en el mes de febrero de 2014. Los caudales mínimos en Saladita se registraron durante noviembre del 2009 y febrero del 2010, siendo éstos de 0 L/s. Por su parte el caudal máximo fue de 118,6 L/s, registrado en agosto del 2011.

Se puede observar en ambos puntos de control que los aumentos abruptos de caudal no se relacionan con los eventos extremos de precipitación. Cabe destacar que, a partir de febrero de 2017 y hasta agosto del mismo año, tampoco 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 el marco de los aforos realizados de acuerdo a la RCA N°21/16 (Informe Anual N°3 Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico) se cuenta con información de caudal monitoreado en estaciones cercanas a las operadas por SQM. Dichas estaciones se denominan AFP-01 y AFP-03 y se encuentran aproximadamente a 50 m del aforo representativo de la laguna Salada y a 100 m de Saladita respectivamente.

Así, para el caso del punto AFP-01, en septiembre de 2018 se obtuvo un caudal de 35,41 L/s y en diciembre de 33,89 L/s. Para el punto AFP-03, en septiembre de 2018 se registró un caudal de 24,71 L/s. En consecuencia, en ambos puntos de control se evidenciaron caudales en el segundo semestre de 2018 dentro de los rangos históricos monitoreados.

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

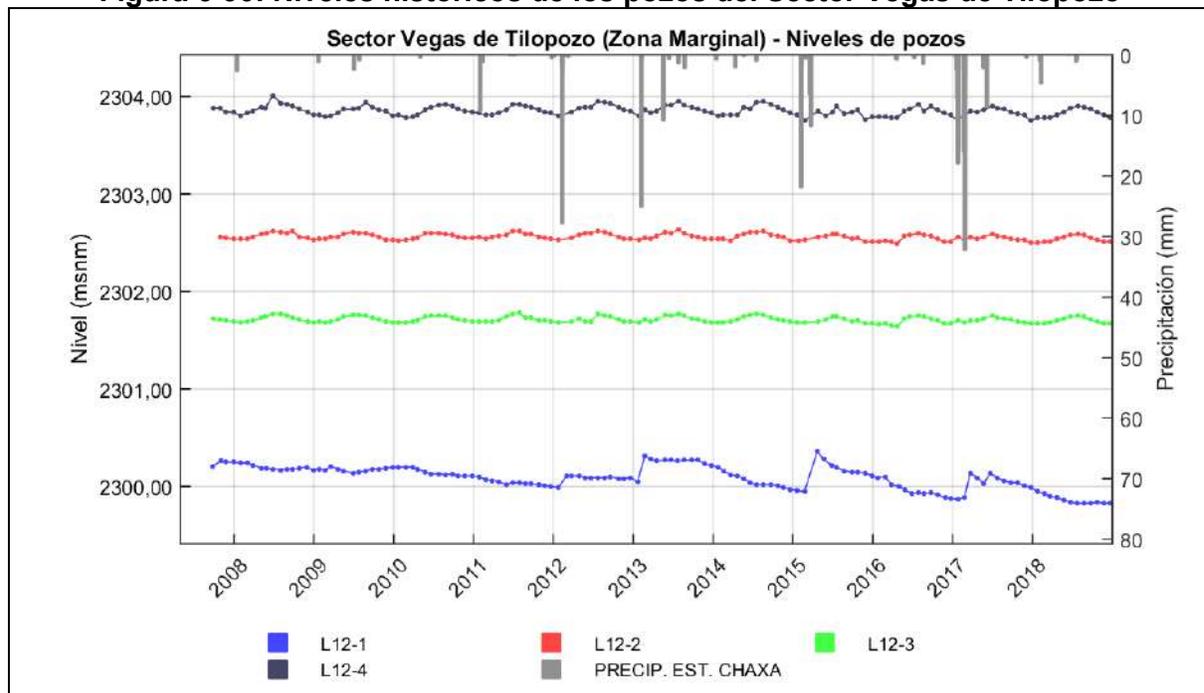
Los pozos pertenecientes a esta zona corresponden a los denominados como L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4.

Históricamente, el nivel del pozo L12-1 ha mostrado un comportamiento dependiente de las precipitaciones con una tasa de descenso de 2,4 cm/año¹⁷⁷ (Figura 6-90).

Por otra parte, el comportamiento de los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 ha sido oscilatorio, respondiendo a variaciones estacionales¹⁷⁸ con período anual (i.e. por evaporación ya sea como efecto directo o indirecto¹⁷⁹) y una leve tendencia al descenso (0,2 – 0,4 cm/año¹⁸⁰, 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.

Figura 6-90: Niveles históricos de los pozos del Sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al II/2018, los pozos L12-2, L12-3 y L2-4 registraron un ascenso de su nivel medio semestral comparado con el nivel medio de I/2018. Este ascenso estuvo entre 0,8 y 3,7 cm y se debería a su comportamiento estacional.

¹⁷⁷ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

¹⁷⁸ 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.

¹⁷⁹ 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

¹⁸⁰ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

Durante el I/2018, el nivel del pozo L12-1 alcanzó su valor mínimo, y mostró un descenso de 6,3 cm comparado con el nivel medio semestral del I/2018, lo que se encuentra dentro del rango histórico de descensos observados. Si bien este descenso se explica por las extracciones salinas en el núcleo, también está dado por las bajas precipitaciones durante los últimos tres semestres.

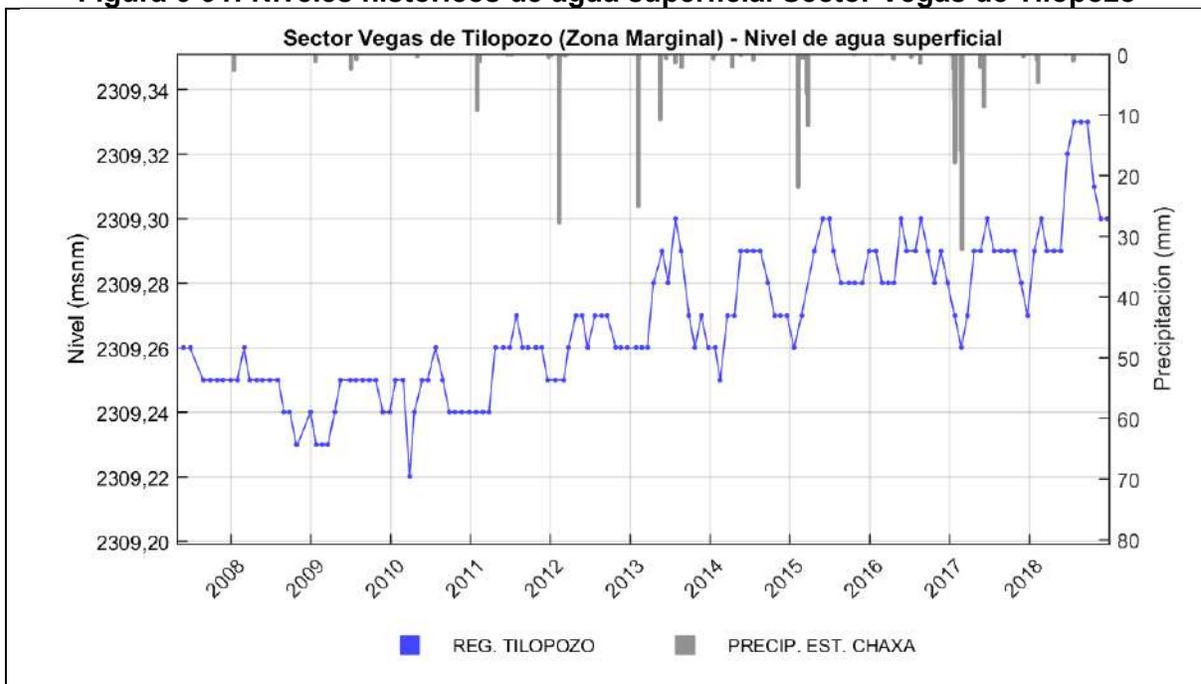
A modo de resumen, se tiene que los niveles de los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 oscilan estacionalmente, mientras que el pozo L12-1 se ve influenciado por las precipitaciones, con un descenso ocasionado por las extracciones de salmuera.

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 0,6 cm/año¹⁸¹. También se ha observado que ocurren pequeñas oscilaciones cíclicas del nivel¹⁸², que responderían a las variaciones estacionales de la evaporación.

Durante el II/2018 el nivel en la reglilla Tilopozo alcanzó su máximo histórico, mostrando un aumento de 2 cm comparado con el nivel medio semestral del I/2018.

Figura 6-91: Niveles históricos de agua superficial Sector Vegas de Tilopozo



Fuente: Elaboración propia.

¹⁸¹ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008 en adelante.

¹⁸² Un análisis de Fourier muestra que el período anual es importante, aunque con una dominancia secundaria.

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:

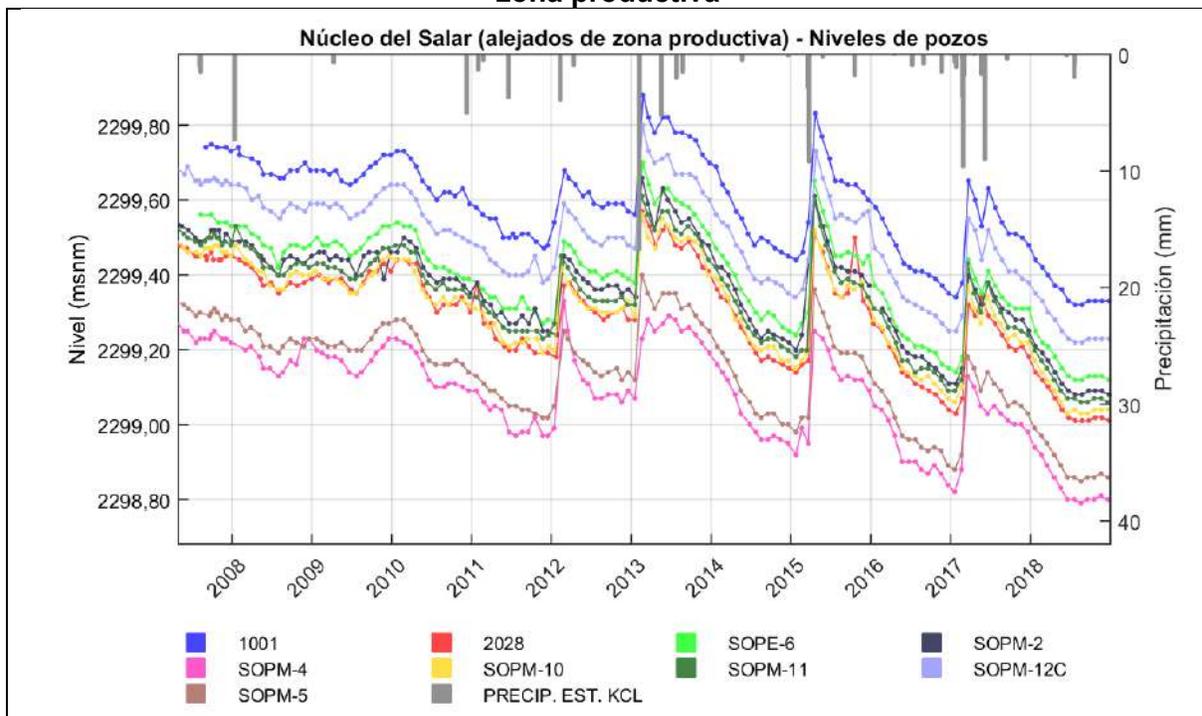
- Pozos alejados de la zona productiva.
- Pozos próximos a la zona productiva.
- Pozos al norte de la zona productiva.

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 2,5-2,7 cm/año¹⁸³, acompañados por una alta reacción ante la presencia de precipitaciones (Figura 6-92). Conforme a lo esperado, el descenso en la zona se debería a las extracciones de salmuera.

Durante el II/2018 el nivel de los pozos en este sector alcanzó su valor mínimo. Se observaron descensos en los niveles medios semestrales con respecto al I/2018, que van de 6 a 7,3 cm, estando dentro del rango histórico de descensos. Adicional al efecto de las extracciones de salmuera, los descensos del II/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 tres semestres.

Figura 6-92: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama lejano a la zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

¹⁸³ Valor obtenido mediante regresión lineal desde el I/2008.

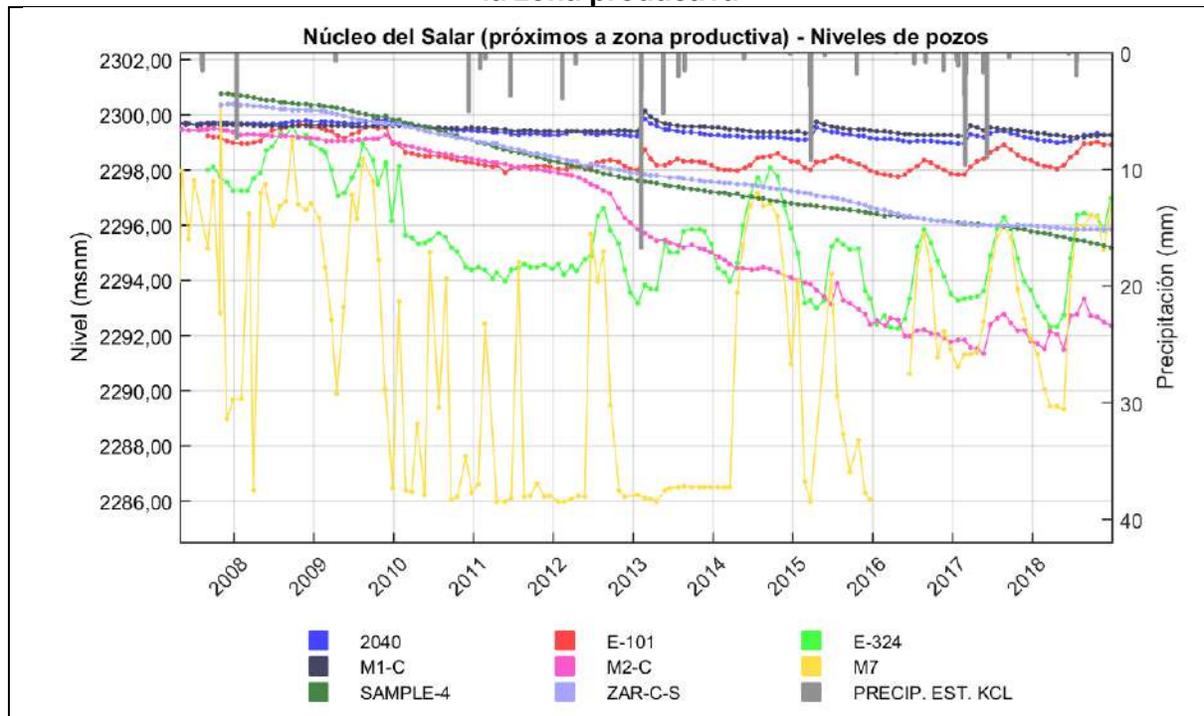
Como análisis consolidado, se tiene que el nivel de los pozos en la zona desciende por las extracciones de salmuera, siendo altamente dependiente de las precipitaciones.

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 entre sí (Figura 6-93). Así, los niveles de los pozos 2040 y M1-C presentan una respuesta a las precipitaciones, 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 2,8 a 85,3 cm/año¹⁸⁴, 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, donde la mayor distancia a la zona de operaciones amortigua las variaciones repentinas del nivel.

Figura 6-93: Niveles históricos de los pozos del Núcleo Salar de Atacama cercanos a la zona productiva



Fuente: Elaboración propia.

¹⁸⁴ Valores obtenidos por regresión lineal desde el I/2008.

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.

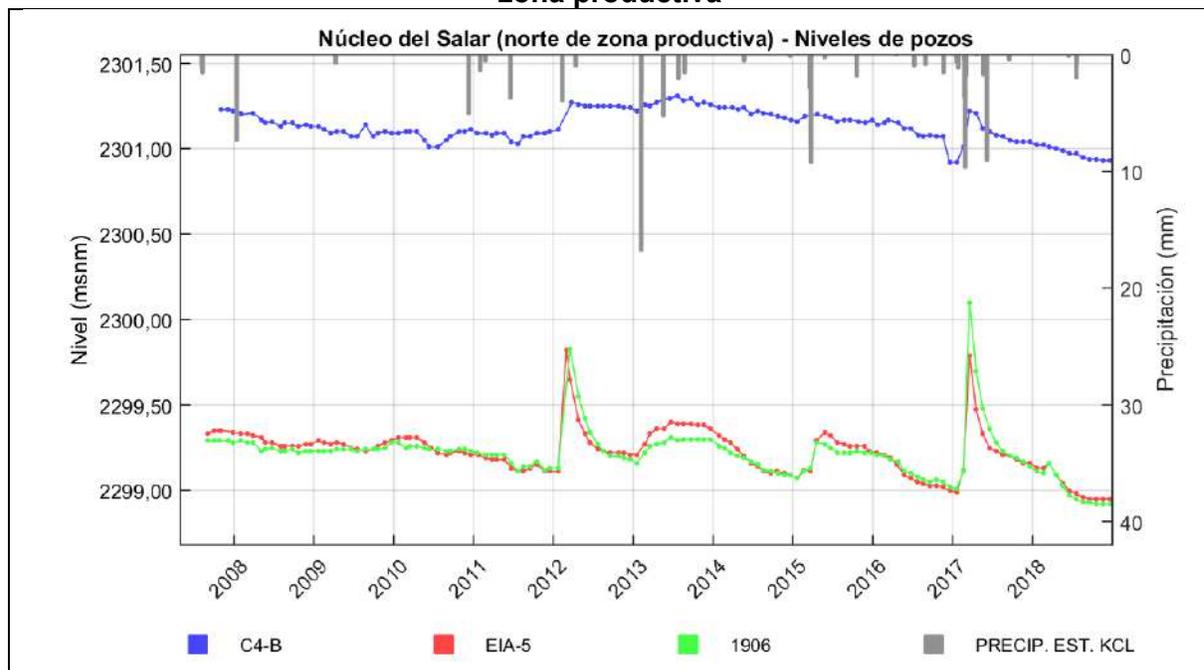
Los pozos que están al norte de la zona productiva corresponden a C4-B, EIA-5 y 1906.

Históricamente, estos pozos han mostrado un comportamiento influenciado por eventos de precipitación, evidenciándose adicionalmente una leve tasa de descenso, con máximos de 1,7 cm/año¹⁸⁵ en el pozo EIA-5, lo que se debería a que este pozo es el más cercano a la zona de extracciones salinas. Como es de esperar, la influencia de las extracciones 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 (Figura 6-94). Los pozos que responden en mayor medida a las precipitaciones corresponden a EIA-5 y 1906, los que a su vez son los más cercanos al núcleo.

Durante el II/2018 el nivel de los pozos en este sector alcanzó su valor mínimo. Se observaron descensos en los niveles medios semestrales, con respecto al I/2018, de 5,8 a 14,8 cm, estando dentro del rango histórico de descensos.

Como conclusión, los pozos de este sector 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.

¹⁸⁵ Valor obtenido por regresión lineal desde I/2008.

6.2.6.2 Meteorología

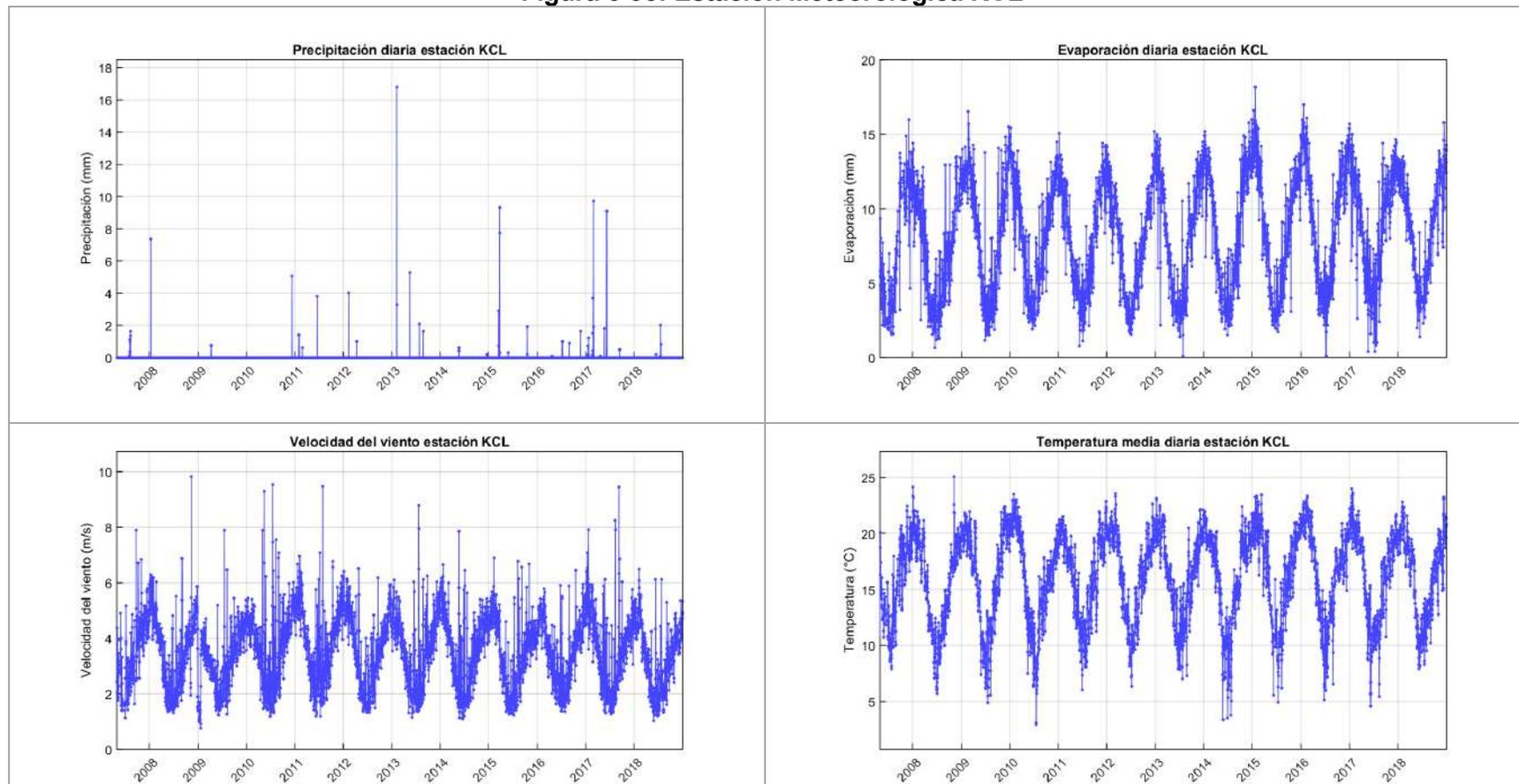
El análisis histórico de meteorología de la Estación KCL considera la medición de precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, desde el inicio del proyecto (Figura 6-34). Es importante mencionar que la precipitación, evaporación y temperatura son variables que condicionan el comportamiento de los niveles de los pozos asociado al sistema del PSAH.

A nivel histórico, la evaporación y la temperatura presentan una oscilación anual, con incrementos de evaporación y temperatura en el verano.

La precipitación histórica por su parte, muestra un cambio de tendencias en el tiempo, diferenciándose en dos épocas según los eventos de precipitación. Durante el primer periodo, entre mayo de 2007 y diciembre de 2012, se registraron pocos eventos de precipitación, con un máximo de 7,4 mm el día 14 de enero del 2008. Posterior a esta fecha, desde enero de 2013 en adelante, se observa un incremento de las precipitaciones. Lo anterior ocurre principalmente en el primer trimestre de los años 2013, 2015, 2017, alcanzando un máximo histórico de 16,8 mm el día 7 de febrero 2013. Durante el II/2018 se registró una precipitación acumulada de 2,9 mm, distribuida entre los días 18, 19 y 22 de julio de 2018, por lo que se puede considerar que actualmente se encuentra en un semestre seco.

Cabe señalar que los niveles de los pozos ubicados en el Sector Núcleo del Salar de Atacama están fuertemente influenciados por las precipitaciones. Esto debido a que la napa freática se encuentra más próxima a la superficie. De este modo, los niveles se recuperan rápidamente con eventos de precipitación.

Figura 6-95: Estación Meteorológica KCL



Fuente: Elaboración propia.

6.2.6.3 Calidad Química

A continuación, se analizan los resultados del monitoreo de calidad del agua realizado durante el segundo semestre de 2018 en el Sistema Núcleo, en comparación con su evolución histórica (pozos SOPM-12C y 1001). Como se mencionó en la sección 5, no existen límites establecidos para los parámetros monitoreados (normativos o de línea de base).

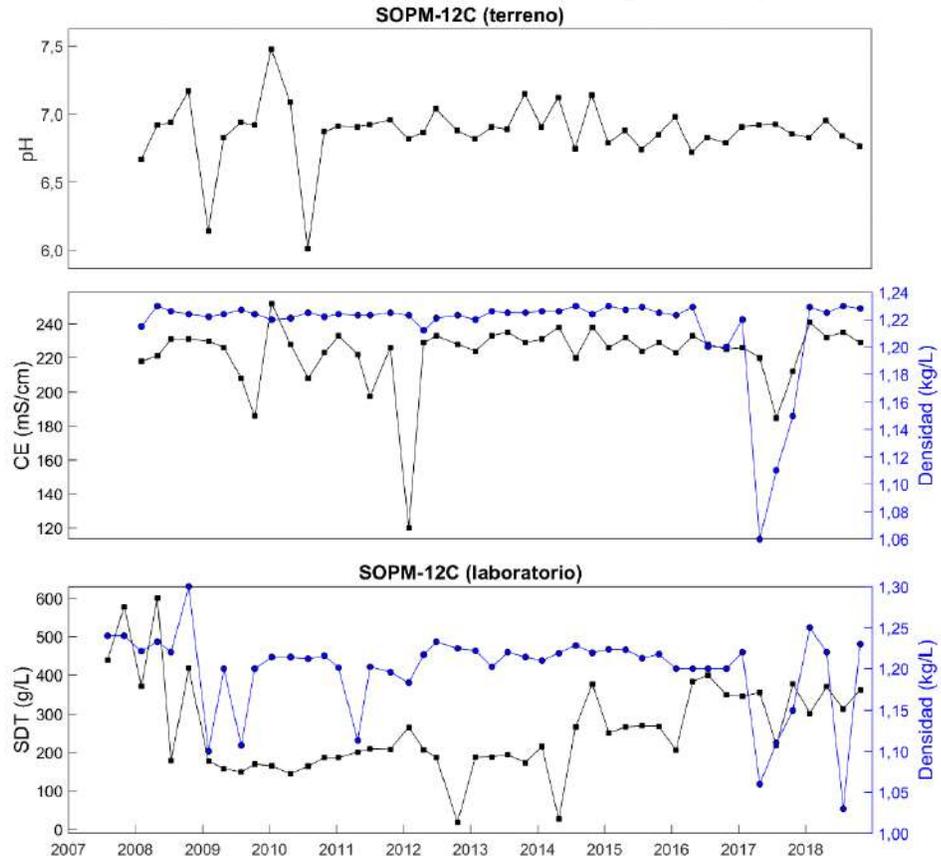
La evolución de los parámetros monitoreados en los pozos SOPM-12C y 1001 se presenta en la Figura 6-96 y Figura 6-97, respectivamente¹⁸⁶. Como puede observarse, todos los registros del segundo semestre del año 2018 se encuentran dentro del rango histórico. La única excepción corresponde a la densidad de laboratorio del pozo SOPM-12C medida en julio de 2018 (1,03 kg/L). Esta medición fuera del rango histórico se debe probablemente a un error analítico, ya que el resto de los parámetros medidos en esta fecha indican que la muestra presenta una alta salinidad¹⁸⁷.

Como es de esperar para el Sistema Núcleo, durante todo el periodo de monitoreo en ambos pozos se ha registrado una alta CE (~220 - 230 mS/cm) y SDT (~230 g/L) (característico de salmueras), y pH neutro (~6,9). Respecto a la evolución temporal, en general se observa un comportamiento oscilante, sin una tendencia al alza o a la baja, la que sólo podría evidenciarse en la concentración de SDT en ambos pozos.

¹⁸⁶ En el informe N°5 del PSAH se detectaron errores en las mediciones de la CE y SDT de las muestras de aguas subterráneas con alta CE, reportadas por el Laboratorio ALS Environmental hasta julio de 2008, adjuntándose carta explicativa emitida por ALS Environmental, así como un breve análisis. Si bien estos registros se incluyen en los gráficos históricos presentados a lo largo de este capítulo, fueron excluidos del análisis numérico efectuado (no se consideraron para el cálculo de los estadígrafos ni para el análisis de tendencias). Asimismo, si bien se presentan todos los registros de SDT, SST y ST en los gráficos históricos, se excluyeron del análisis numérico aquellos que presentaron errores $\geq 20\%$ en el balance de masa.

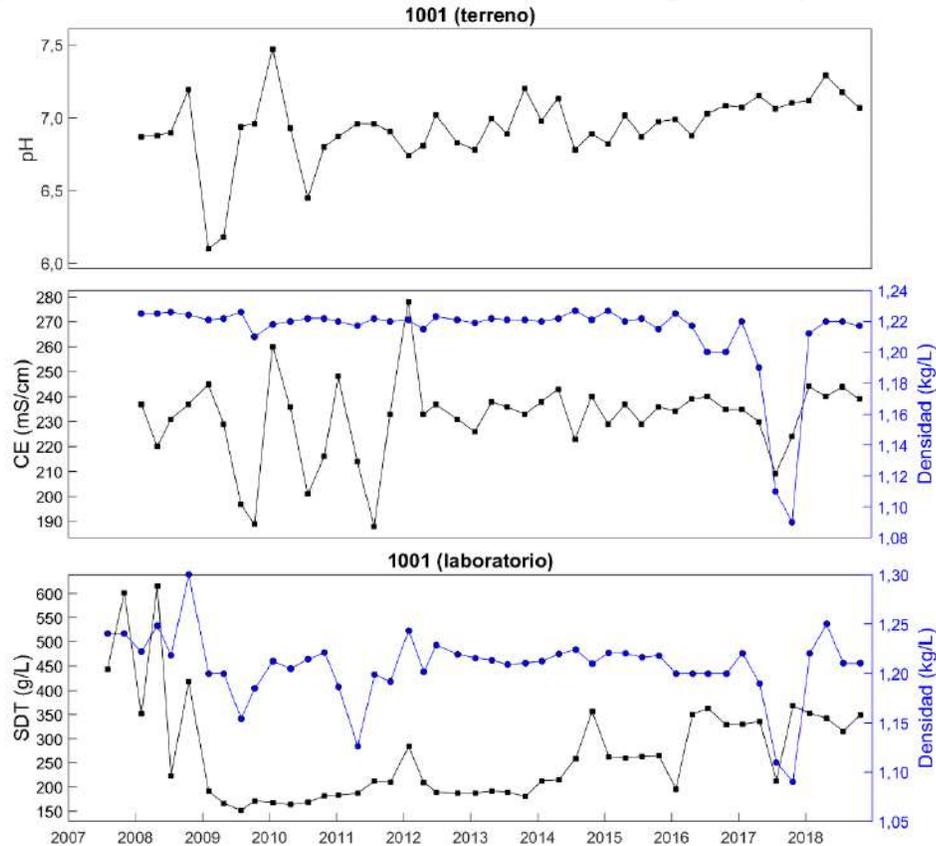
¹⁸⁷ Se solicitó al laboratorio analizar nuevamente la muestra, pero no pudo realizarse debido a la falta de contramuestra.

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. Tal como se indicó en la sección 5, el pozo Cuña 7 no presentan registros para el periodo II/2018. Esto se debe a que no se permitió el ingreso al interior de la barrera por parte de la Comunidad de Peine (para mayor detalle ver Anexo 7).

Históricamente, estos pozos se caracterizan por presentar niveles relativamente estables (Figura 6-98). El único pozo que presenta una mayor tasa de descenso es Cuña 3, con 7,6 cm/año¹⁸⁸. El resto de los pozos muestran tasas de entre 0,5 cm/año de descenso (Cuña 2) y 0,4 cm/año de ascenso (Cuña 5).

El descenso observado en Cuña 3 puede explicarse por su cercanía a la zona de bombeo de agua industrial (pozos Mullay-1 y Allana). En algunos pozos también se registró una dependencia ante oscilaciones estacionales, así, los pozos Cuña 2 y Cuña 6 se mostraron influenciados por dichas variaciones¹⁸⁹. Con respecto a la influencia de las precipitaciones, sólo el pozo cuña 7 ha tenido una respuesta alta ante ellas.

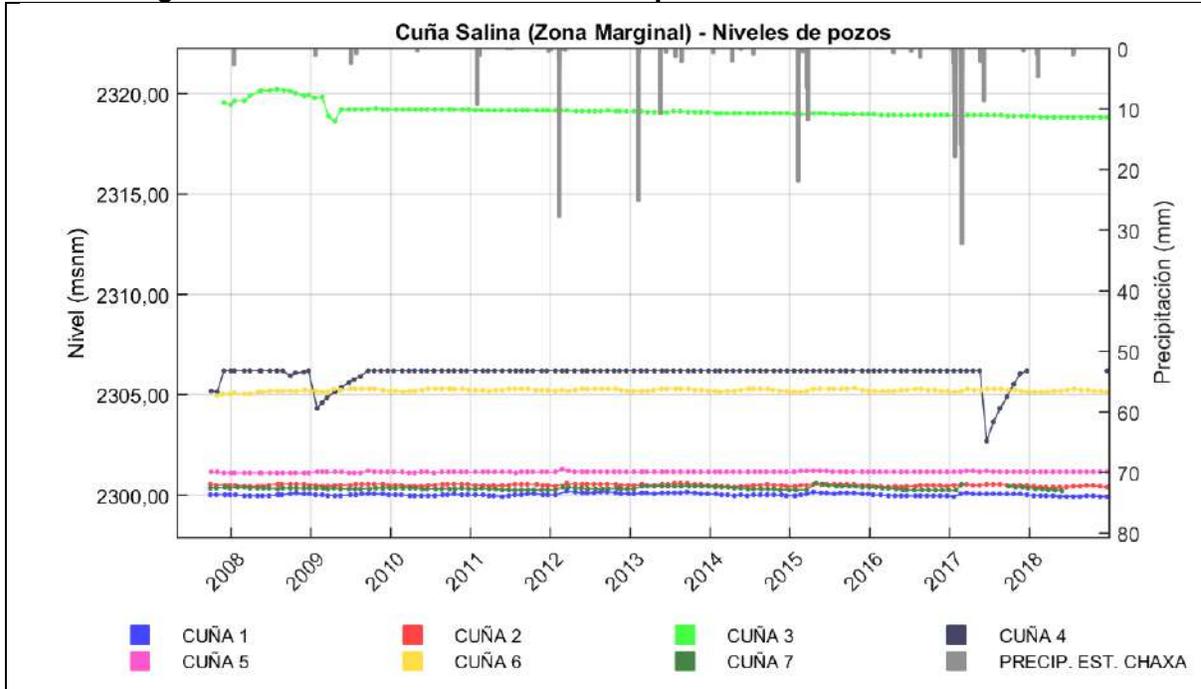
¹⁸⁸ Valor obtenido por regresión lineal desde I/2008.

¹⁸⁹ Un análisis de Fourier mostró que sólo los pozos Cuña 2 y Cuña 6 mostraban periodos dominantes cercanos al año (361 días para ambos casos).

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 la mayoría del II/2018. Desafortunadamente, la causa de este descenso no se pudo determinar, tal como se informó en el informe 21 del PSAH.

A modo de resumen, 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 comentó en la sección 5 en los pozos de la cuña salina se monitorean los perfiles de CE. 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 CE en los pozos L10-1 (del 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 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.

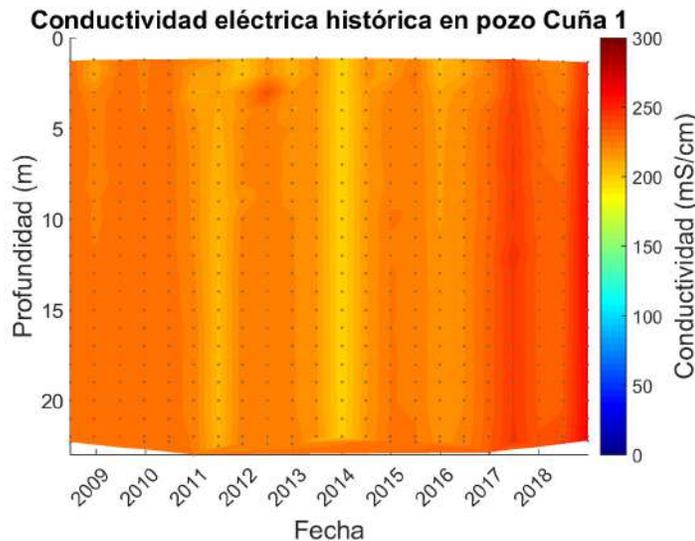
La evolución histórica de los pozos del norte se muestra en la Figura 6-99. En ella se observa que, en la zona de las cuñas 1 y 2, el acuífero de salmuera se mantiene próximo a la superficie (i.e. existen altos valores de CE cerca de la superficie). Esto indicaría que los flujos subterráneos en el área provendrían del núcleo del Salar, no encontrándose aún con el acuífero del margen. En cuanto a su evolución temporal, en ambas cuñas se observa que la

CE presenta oscilaciones con un aumento durante el último año. En la Cuña 3 se observan aguas de baja CE en la superficie, lo que indicaría que el inicio de la interfaz se encuentra en algún punto entre los pozos Cuña 2 y Cuña 3. Respecto a su evolución temporal, no se observan tendencias en el perfil de CE en esta última cuña. Sólo se evidencia un cambio el primer semestre de 2009, donde el estrato de menor CE disminuyó, lo cual se ha mantenido estable hasta el II/2018.

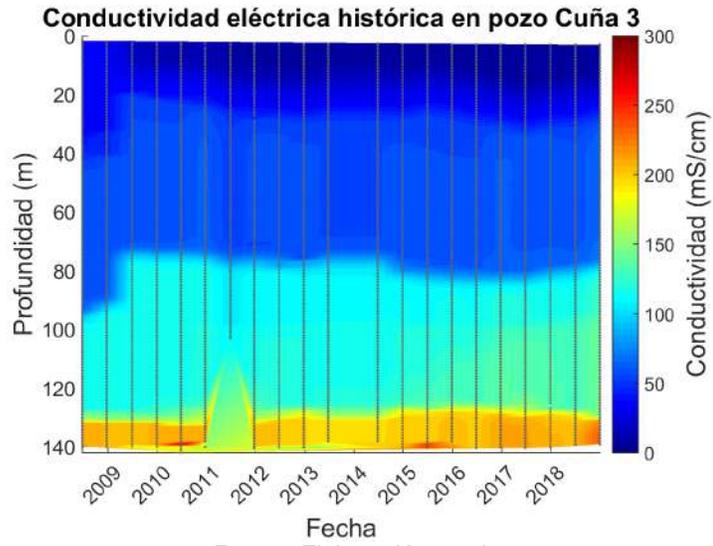
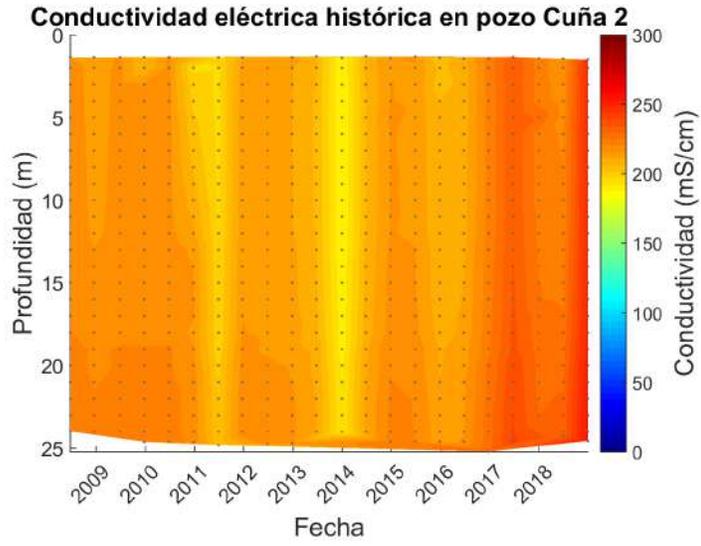
La evolución histórica de los pozos centrales se muestra en la Figura 6-100¹⁹⁰. En ella se observa que en Cuña 5 el agua cercana a la superficie es de menor CE que la más profunda. De todos modos, esta última presenta también altos valores de CE. Al avanzar hacia el este (Cuña 4), se observan descensos de la CE 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 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 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. En Cuña 6 se observa un mayor predominio del acuífero del margen. Aquí la interfaz se sitúa a una mayor profundidad: aproximadamente a 70 m desde la superficie. El equilibrio descrito no ha sufrido cambios en el tiempo, no observándose variaciones significativas en los perfiles de CE.

Figura 6-99: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (de arriba abajo ordenados según dirección noreste)

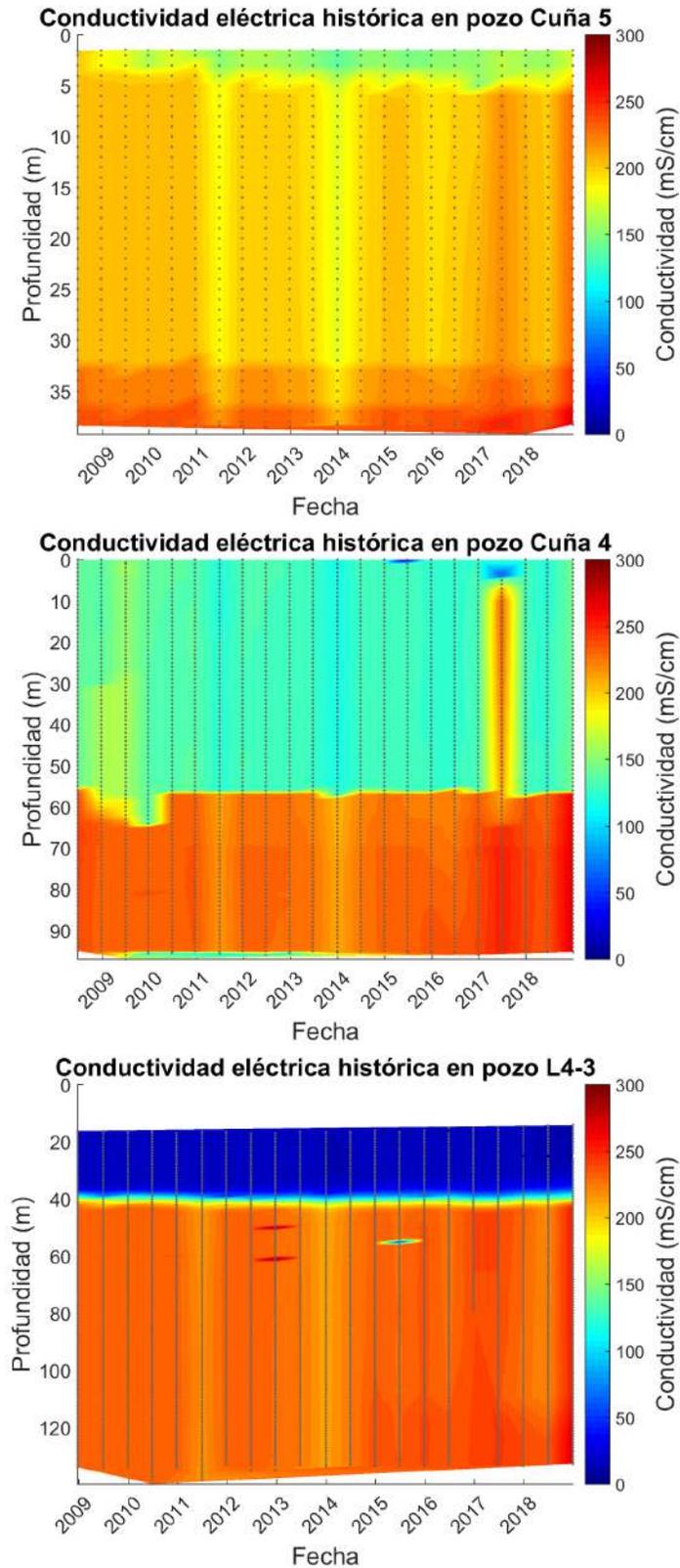


¹⁹⁰ La medición del año 2008 fue eliminada del gráfico del pozo L4-3, ya que corresponde a una medición anómala en relación con comportamiento esperado y evidenciado en el pozo.



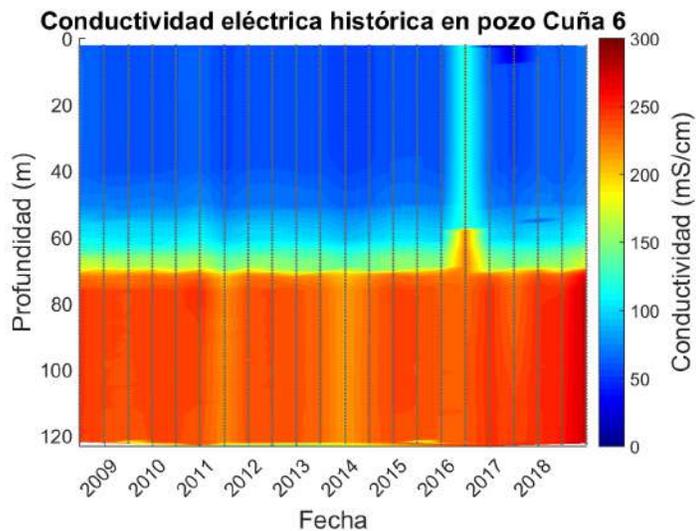
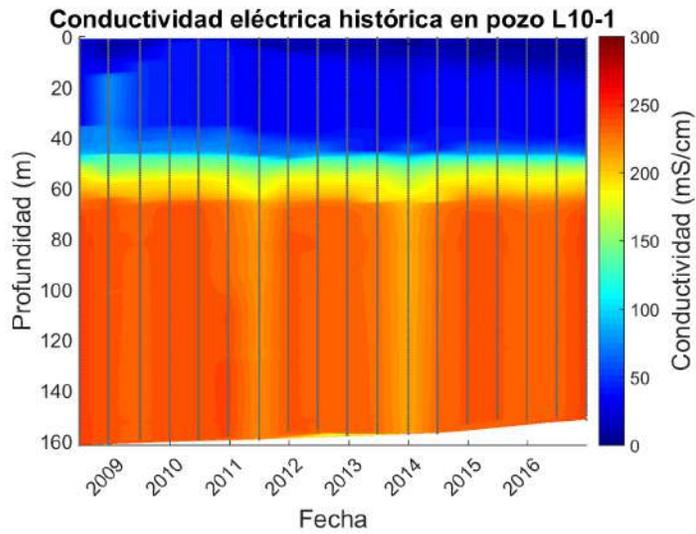
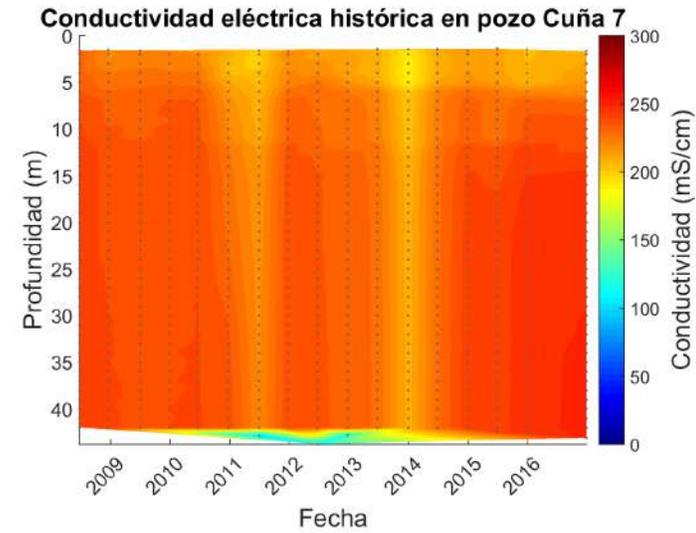
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-100: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 (de arriba abajo ordenados según dirección este)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6-101: Conductividad eléctrica histórica de los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 (de arriba abajo ordenados según dirección sureste)¹⁹¹



Fuente: Elaboración propia.

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.

¹⁹¹ 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 una disminución en la salinidad.

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 julio y el 31 de diciembre 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 (tanto aquellos efectuados directamente por SQM, como aquellos realizados por CONAF), 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. Por lo anterior, y como forma de complementar la información disponible del sistema, en la sección de Análisis y Discusión de Resultados se ha tenido en consideración monitoreos efectuados por el titular de la RCA N°21/16, de la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta en puntos cercanos, de acuerdo con su autorización ambiental.

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 6 de los 44 indicadores de estado en Fase I, 3 de ellos con activaciones gatilladas en periodos anteriores (L7-6, L3-3 y L2-28) y 3 activados en el actual semestre (L5-10, L2-7 y L1-3). Cabe señalar que el Sistema Aguas de Quelana, no ha registrado activaciones de fase I en periodos previos, mientras que el sistema Borde Este ha tenido activación durante semestres recientes, por lo que, para este último caso, 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.

Adicionalmente, durante el segundo semestre del año 2018, los niveles de activación de Fase II para el pozo L1-5 y reglilla L1-G4, evidenciada en mayo de 2018, se mantuvieron durante todo el periodo. Ambos pozos 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 segundo 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.

Adicionalmente, se han incorporado los resultados de la implementación de las acciones consideradas en el Programa de Cumplimiento (PdC) que se encuentran relacionadas con el PSAH cuyo inicio de ejecución se comprometió durante el semestre objeto del presente reporte, las que se detallan a continuación:

- Acción 6: aumento de frecuencia de monitoreo de indicadores de estado de Planes de Contingencia y Sector Peine de mensual a diaria a partir del 1 de diciembre de 2018.
- Acción 21: aplicar los umbrales de activación de Fase I y/o II definidos para el Sistema Peine a partir del 1 de octubre de 2018 (pozos 1028, L10-11 y L10-4 contemplados en la RCA 226/2006 y pozos PN-05B y PN-08A establecidos en el considerando 10.18 de la RCA N°21/16)

De esta forma, a partir del 1 de diciembre se incrementó la frecuencia de monitoreo en todos los puntos de control que forman parte del Plan de Contingencia del Proyecto, así como para los 3 indicadores de estado definidos para el Sistema Peine (pozos 1028, L10-11 y L10-4).

La evaluación efectuada permite concluir que los pozos 1028 y L10-11 registran superaciones a los umbrales de Fase I desde el inicio del registro. No obstante, las medidas contempladas de aviso a la autoridad contempladas en el Programa de Cumplimiento fueron adoptadas una vez que éste fue aprobado, esto es, a partir del 7 de enero de 2019. Cabe señalar que durante el período objeto del presente reporte no se recibieron avisos por parte de la SMA relativos a la activación de Fase II en los pozos PN-05B y PN-08A de la RCA N°21/16.

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 estas. Durante el periodo a reportar, se han registrado 4 eventos de precipitación, todos durante julio, y con un máximo de 1,2 mm/día. Por esto, puede considerarse al período actual como un período seco en comparación a los años previos.

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.

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, complementados por los monitoreos efectuados en el sector en el marco de la RCA N°21/2016, se encuentran dentro de los rangos históricos disponibles, sin observarse comportamientos de tendencia que evidencien una alteración del sistema.

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 segundo 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. Más bien 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: REGISTRO AUDITORÍA GOLDER

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, CESMEC y GP CONSULTORES

**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

