

Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH)

Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”

Informe Anual N° 2

Período Enero – Diciembre 2017



Región de Antofagasta

Marzo 2018

INDICE GENERAL

1	RESUMEN.....	1
2	INTRODUCCIÓN.....	16
3	OBJETIVOS.....	26
4	MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1	Área de Estudio	27
4.2	Variables Ambientales, Parámetros y Ubicación de los Puntos de medición y muestreo	32
4.2.1	Implementación del Plan de Monitoreo	35
4.2.2	Red de Monitoreo Variables Meteorológicas	39
4.2.3	Red de Monitoreo de Evapotranspiración	41
4.2.4	Red de Monitoreo Superficie Cubierta por Lagunas	43
4.2.5	Red de Monitoreo Niveles, Posición de la Interfase Salina, Aforos y Calidad Química	45
4.2.6	Red de Monitoreo Pozos de Bombeo de Salmuera y de Agua dulce-salobre.....	66
4.2.7	Red del Plan de Alerta Temprana	68
4.3	Metodología y Materiales/Equipos de Muestreo, Medición y Análisis	76
4.3.1	Medición de Variables Meteorológicas.....	76
4.3.2	Medición de Evapotranspiración	77
4.3.3	Medición de la Superficie Cubierta por Lagunas	83
4.3.4	Medición del Nivel Limnimétrico de las Lagunas	87
4.3.5	Aforo de Caudales Superficiales	88
4.3.6	Medición de Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre.....	91
4.3.7	Medición de Posición de la Interfase Salina	92
4.3.8	Muestreo y Análisis de la Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea	94
4.3.9	Medición de los Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre.....	101
4.4	Fechas de medición, muestreo y/o análisis	102
5	RESULTADOS Y ANÁLISIS POR VARIABLE	104
5.1	Variables Meteorológicas	105
5.2	Evapotranspiración.....	119
5.3	Superficie Cubierta por Lagunas.....	128
5.3.1	Sistema La Punta-La Brava	129
5.3.2	Sistema Peine	134
5.3.3	Sistema Aguas de Quelana.....	140
5.3.4	Sistema Soncor	146
5.4	Nivel limnimétrico de las Lagunas.....	152
5.4.1	Sector La Punta-La Brava	152
5.4.2	Sector Peine	155
5.4.3	Sector Norte y Borde Este.....	160

5.5	Caudales Superficiales.....	163
5.6	Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre	168
5.6.1	Sector La Punta-La Brava	168
5.6.2	Sector Peine	186
5.6.3	Sector Norte y Borde Este.....	196
5.6.4	Sector Núcleo	197
5.7	Posición de la Interfase Salina	218
5.7.1	Sector La Punta-La Brava	219
5.7.2	Sector Peine	246
5.7.3	Sector Norte y Borde Este.....	275
5.8	Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea	280
5.8.1	Sector La Punta – La Brava	300
5.8.2	Sector Peine	341
5.8.3	Sector Norte y Borde Este.....	384
5.8.4	Química de los Pozos de Extracción.....	421
5.9	Caudales bombeados de salmuera y agua dulce-salobre	426
5.9.1	Caudales Bombeados de Salmuera.....	426
5.9.2	Caudales Bombeados de Agua Dulce-Salobre.....	431
5.10	Red del Plan de Alerta Temprana	435
5.10.1	Sector de alerta Núcleo	435
5.10.2	Sector de alerta Acuífero.....	438
5.10.3	Sector de alerta Norte	441
6	DISCUSIONES.....	443
6.1	Análisis en relación a límites establecidos en RCA N° 21/2016	443
6.1.1	Superficie Cubierta por Lagunas	443
6.1.2	Nivel Limnimétrico de las Lagunas.....	444
6.1.3	Aforos de Caudales Superficiales	444
6.1.4	Niveles Freáticos en Salmuera y en agua dulce-salobre.....	445
6.1.5	Posición de la Interfase Salina	449
6.1.6	Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea.....	450
6.1.7	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	450
6.2	Análisis del año hidrológico	452
6.3	Análisis de la evolución de la evapotranspiración.....	455
6.4	Análisis integrado de la información por sectores.....	456
6.4.1	Sector La Punta – La Brava	456
6.4.2	Sector Peine	467
6.4.3	Sector Norte y Borde Este.....	476
6.4.4	Sector Núcleo	487
6.5	Discusión y Revisión del Estado del PAT	490

7	CONCLUSIONES.....	492
8	REFERENCIAS.....	497
9	LISTADO DE ANEXOS	498

INDICE FIGURAS

Figura 4-1	Ubicación General del Salar de Atacama.....	28
Figura 4-2	Zonas en el Salar de Atacama	30
Figura 4-3	Sectores del PSAH	31
Figura 4-4	Programa de Implementación de Plan de Monitoreo	36
Figura 4-5	Red de Monitoreo PSAH.....	38
Figura 4-6	Estaciones Meteorológicas	40
Figura 4-7	Red Monitoreo Evapotranspiración	42
Figura 4-8	Red Superficie cubierta por Lagunas	44
Figura 4-9	Puntos de Monitoreo Sector La Punta-La Brava	47
Figura 4-10	Puntos de Monitoreo Sector Peine	52
Figura 4-11	Puntos de Monitoreo Sector Norte y Borde Este.....	57
Figura 4-12	Puntos de Monitoreo Sector Núcleo	60
Figura 4-13	Ubicación Puntos de Bombeo Salmuera	68
Figura 4-14	Ubicación Puntos PAT	70
Figura 4-15	Ubicación Puntos PAT – Sector de alerta Núcleo	72
Figura 4-16	Ubicación Puntos PAT – Sector de alerta Acuífero	73
Figura 4-17	Ubicación Puntos PAT – Sector de alerta Norte	75
Figura 4-18	Esquema de la cámara semiesférica dispuesta en terreno, con ventiladores y psicrómetro instalados	77
Figura 4-19	Preparación del terreno e instalación del domo	80
Figura 4-20	Densidad de vapor de agua al interior de la cámara semiesférica	81
Figura 4-21	Ejemplo de cálculo de evaporación diaria	83
Figura 4-22	Medición de nivel en reglilla.....	88
Figura 4-23	Esquema de medición de caudal de aforo	89
Figura 4-24	Aforo con molinete	90
Figura 4-25	Medición de Nivel de Agua/Salmuera en Piezómetros	92
Figura 4-26	Sonda SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3.....	93
Figura 5-1	Precipitación Diaria Histórica, 2009-2017.....	111
Figura 5-2	Precipitación Mensual Histórica, 2002-2017	112
Figura 5-3	Precipitación Anual Histórica, 2002-2017	113
Figura 5-4	Temperaturas Extremas Diarias, 2009 – 2017	115
Figura 5-5	Presión Atmosférica Diaria, 2016 - 2017	116
Figura 5-6	Evaporación Diaria, 2009-2017	117
Figura 5-7	Temperaturas Extremas v/s Evaporación, 2009 – 2017	118
Figura 5-8	Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector La Punta – La Brava	121
Figura 5-9	Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector Peine	123
Figura 5-10	Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector Norte y Borde Este.....	125
Figura 5-11	Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector Núcleo ...	127
Figura 5-12	Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta-La Brava	129
Figura 5-13	Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta-La Brava, Agosto – Diciembre 2017.....	130
Figura 5-14	Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8.....	132

Figura 5-15 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8.....	133
Figura 5-16 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine	135
Figura 5-17 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, Agosto – Diciembre 2017.....	136
Figura 5-18 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8.....	138
Figura 5-19 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8	139
Figura 5-20 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Aguas de Quelana	141
Figura 5-21 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Aguas de Quelana, Agosto – Diciembre 2017.....	142
Figura 5-22 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8.....	144
Figura 5-23 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8.....	145
Figura 5-24 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Soncor	147
Figura 5-25 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Soncor, Agosto – Diciembre 2017	148
Figura 5-26 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8	150
Figura 5-27 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8	151
Figura 5-28 Puntos de monitoreo de Niveles Limnimétricos, Sector La Punta-La Brava.....	152
Figura 5-29 Variación Temporal de Niveles Limnímetros, Sector La Punta-La Brava	153
Figura 5-30 Detalle Niveles Limnimétricos en Lagunas La Punta-La Brava	154
Figura 5-31 Puntos de monitoreo de Niveles Limnimétricos, Sector Peine.....	155
Figura 5-32 Variación Temporal de Nivel Limnímetros y Estacas, Lagunas Peine	157
Figura 5-33 Detalle Niveles Limnimétricos y Estacas en Lagunas Peine.....	158
Figura 5-34 Puntos de monitoreo de Niveles Limnimétricos, Sector Norte y Borde Este	160
Figura 5-35 Variación Temporal de Niveles Limnímetros, Sector Norte y Borde Este	161
Figura 5-36 Ubicación Puntos de Aforo	163
Figura 5-37 Variación Espacial y Diagrama de Cajas Caudales Aforados.....	165
Figura 5-38 Variación Temporal de Caudales superficiales Aforados.....	166
Figura 5-39 Puntos de medición de Nivel freático en la Sector Punta-La Brava	169
Figura 5-40 Variación Temporal General de Niveles en Sector La Punta-La Brava	175
Figura 5-41 Zona Borde Sur – Sector La Punta-La Brava.....	176
Figura 5-42 Variación Temporal Niveles en Pozos del Borde Sur.....	177
Figura 5-43 Zona Norte y Sur de las Lagunas – Sector La Punta-La Brava	180
Figura 5-44 Variación Temporal de Niveles en Norte y Sur de las Lagunas	182
Figura 5-45 Variación Temporal de Niveles – Sur de las Lagunas.....	183
Figura 5-46 Variación Temporal de Niveles en BA-27– Este Lagunas	185
Figura 5-47 Puntos de medición de Nivel freático en el Sector Peine	186
Figura 5-48 Variación Temporal General de Niveles en Sector Peine	190
Figura 5-49 Variación Temporal Niveles en Borde Sur y Este– Sector Peine.....	192
Figura 5-50 Variación Temporal de Niveles en Zona Inicio laguna Salada.....	193
Figura 5-51 Variación Temporal de Niveles en Zona media Lagunas.....	194
Figura 5-52 Variación Temporal de Niveles Zona Laguna Interna	195
Figura 5-53 Variación Temporal de Niveles de MP-12A y MP-12C.....	197
Figura 5-54 Variación Temporal de Niveles de BA-31 (ex LM-15)	197
Figura 5-55 Puntos de medición de Nivel en el Núcleo	198
Figura 5-56 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo Oeste: Zanja Cordillera de la Sal, CS-01, Sample 4 y, Sample 4A.....	207

Figura 5-57 Zona de Producción – Sector Núcleo	208
Figura 5-58 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-14, CL-14-1, CL-26, CL-26-1 y CL-30	209
Figura 5-59 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-17 y CL-18	209
Figura 5-60 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-31, CL-32, EXP-2 y EXP-2-1	210
Figura 5-61 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-11, CL-12 y First Well	210
Figura 5-62 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-33, CL-34, CL-34-1, Well-IK y Well-IK-1	211
Figura 5-63 Variación Temporal Niveles Sector Núcleo: CL-10, CL-13, CL-16 y CL-16-1.....	212
Figura 5-64 Variación Temporal Niveles Sector Núcleo: CL-2, CL-2-1, CL-27, CL-28 y CL-29.....	212
Figura 5-65 Zona Núcleo Este – Sector Núcleo.....	213
Figura 5-66 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo, Zona Núcleo Este	214
Figura 5-67 Variación Temporal Niveles en Zona Núcleo Este (2013-2017)	215
Figura 5-68 Zona Núcleo Centro Norte – Sector Núcleo	216
Figura 5-69 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo Centro Norte	217
Figura 5-70 Mapa Ubicación Puntos de medición de Posición Interfase Salina en Sector La Punta-La Brava	219
Figura 5-71 Perfiles de C.E. en el punto MP-01C, 2017.....	237
Figura 5-72 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-01C, 2013-2017	237
Figura 5-73 Perfiles de C.E. en el punto MP-03C, 2017.....	238
Figura 5-74 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-03C, 2013-2017	239
Figura 5-75 Perfiles de C.E. en el punto MP-04C, 2017.....	240
Figura 5-76 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-04C, 2013-2017	240
Figura 5-77 Perfiles de C.E. en el punto MP-05C, 2017.....	241
Figura 5-78 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-05C, 2013-2017	242
Figura 5-79 Perfiles de C.E. en el punto MP-06C, 2017.....	243
Figura 5-80 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-06C, 2013-2017	243
Figura 5-81 Perfiles de C.E. en el punto MP-09C, 2017.....	244
Figura 5-82 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-09C, 2016-2017	245
Figura 5-83 Mapa Ubicación Puntos de medición de Posición Interfase Salina en Sector Peine.....	246
Figura 5-84 Perfiles de C.E. en el punto MP-07C-1, 2017	266
Figura 5-85 Perfiles de C.E. en el punto MPS-AC, 2017.....	267
Figura 5-86 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-AC, 2013-2017.....	268
Figura 5-87 Perfiles de C.E. en el punto MPS-CC, 2017.....	269
Figura 5-88 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-CC, 2013-2017	269
Figura 5-89 Perfiles de C.E. en el punto PP-01, 2017	270
Figura 5-90 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-01, 2016-2017.....	271
Figura 5-91 Perfiles de C.E. en el punto PP-02, 2017	272
Figura 5-92 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-02, 2013-2017.....	272
Figura 5-93 Perfiles de C.E. en el punto PP-03, 2017	273
Figura 5-94 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-03,2016-2017.....	274
Figura 5-95 Mapa Ubicación Puntos de medición de Posición Interfase Salina en Sector Norte y Borde Este	275
Figura 5-96 Perfiles de C.E. en el punto MP-12C, 2017.....	278
Figura 5-97 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-12C, 2017.....	279
Figura 5-98 Localización puntos de monitoreo Sector La Punta – La Brava.....	300
Figura 5-99 Diagrama de Caja, pH <i>in situ</i> histórico (UpH), Sector La Punta-La Brava	301
Figura 5-100 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica <i>in situ</i> histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector La Punta-La Brava	303
Figura 5-101 Diagrama de Caja, STD <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava	305
Figura 5-102 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava	307
Figura 5-103 Diagrama de Caja, Temperatura <i>in situ</i> histórico (T°C), Sector La Punta-La Brava.....	309
Figura 5-104 Variación Temporal, Parámetros <i>in situ</i> (mg/L), Sector La Punta-La Brava	311
Figura 5-105 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector La Punta-La Brava	312

Figura 5-106 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector La Punta-La Brava.....	314
Figura 5-107 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava.....	317
Figura 5-108 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector La Punta-La Brava.....	319
Figura 5-109 Variación Temporal, Fisicoquímicos en Laboratorio, Sector LP-LB.....	321
Figura 5-110 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector LP-LB Aniones (mg/L)	325
Figura 5-111 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector LP-LB Cationes (mg/L)	326
Figura 5-112 Diagrama de Piper, campaña Febrero 2017, Sector LP-LB.....	327
Figura 5-113 Diagrama de Piper, campaña Mayo 2017, Sector LP-LB.....	328
Figura 5-114 Diagrama de Piper, campaña Agosto 2017, Sector LP-LB.....	329
Figura 5-115 Diagrama de Piper, campaña Noviembre 2017, Sector LP-LB.....	330
Figura 5-116 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Totales, Sector LP-LB.....	332
Figura 5-117 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Disueltos, Sector LP-LB.....	335
Figura 5-118 Variación Temporal, Elementos Minoritarios y Trazas Totales, Sector LP-LB.....	338
Figura 5-119 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector LP-LB.....	340
Figura 5-120 Localización puntos de monitoreo Sector Peine.....	341
Figura 5-121 Diagrama de Caja, pH <i>in situ</i> histórico (UpH), Sector Peine.....	342
Figura 5-122 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica <i>in situ</i> histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine.....	345
Figura 5-123 Diagrama de Caja, STD <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Peine.....	348
Figura 5-124 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Peine.....	351
Figura 5-125 Diagrama de Caja, Temperatura <i>in situ</i> histórico ($^{\circ}\text{C}$), Sector Peine.....	353
Figura 5-126 Variación Temporal, Parámetros in Situ (mg/L), Sector Peine (2013-2017).....	356
Figura 5-127 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Peine.....	357
Figura 5-128 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine.....	359
Figura 5-129 Diagrama de Caja, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Peine.....	361
Figura 5-130 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Peine.....	363
Figura 5-131 Variación Temporal, Fisicoquímicos Laboratorio, Sector Peine.....	366
Figura 5-132 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Peine Aniones (mg/L).	370
Figura 5-133 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Peine Cationes (mg/L)	371
Figura 5-134 Diagrama de Piper, Campaña Febrero 2017, Sector Peine.....	372
Figura 5-135 Diagrama de Piper, Campaña Mayo 2017, Sector Peine.....	373
Figura 5-136 Diagrama de Piper, Agosto 2017, Sector Peine.....	374
Figura 5-137 Diagrama de Piper, Noviembre 2017, Sector Peine.....	375
Figura 5-138 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Totales, Sector Peine (2013-2016).....	377
Figura 5-139 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Disueltos, Sector Peine.....	379
Figura 5-140 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Peine.....	382
Figura 5-141 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Peine.....	383
Figura 5-142 Localización puntos de monitoreo Sector Norte y Borde Este.....	384
Figura 5-143 Diagrama de Caja, pH <i>in situ</i> histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este.....	385
Figura 5-144 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica <i>in situ</i> histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Norte y Borde Este.....	387
Figura 5-145 Diagrama de Caja, STD <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este.....	389
Figura 5-146 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este.....	391
Figura 5-147 Diagrama de Caja, Temperatura <i>in Situ</i> histórico ($^{\circ}\text{C}$), Sector Norte y Borde Este.....	393
Figura 5-148 Variación Temporal, Parámetros in Situ (mg/L), Sector Norte y Borde Este.....	395
Figura 5-149 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este.....	396
Figura 5-150 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Norte y Borde Este.....	398
Figura 5-151 Diagrama de Caja, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este.....	400
Figura 5-152 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Norte y Borde Este.....	402
Figura 5-153 Variación Temporal, Fisicoquímicos Laboratorio, Sector Norte y Borde Este.....	403
Figura 5-154 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Norte y Borde Este Aniones (mg/L).....	407

Figura 5-155 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Norte y Borde Este Cationes (mg/L).....	408
Figura 5-156 Diagrama de Piper, Campaña Febrero 2017, Sector Norte y Borde Este	409
Figura 5-157 Diagrama de Piper, Campaña Mayo 2017, Sector Norte y Borde Este	410
Figura 5-158 Diagrama de Piper, Campaña Agosto 2017, Sector Norte y Borde Este.....	411
Figura 5-159 Diagrama de Piper, Campaña Noviembre 2017, Sector Norte y Borde Este	412
Figura 5-160 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Totales, Sector Borde y Borde Este	414
Figura 5-161 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Disueltos, Sector Norte y Borde Este	416
Figura 5-162 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Norte y Borde Este	419
Figura 5-163 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Norte y Borde Este	420
Figura 5-164 Variación temporal de Calidad Química en pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro.....	424
Figura 5-165 Áreas de Extracción A1 y A2 de Albemarle.....	426
Figura 5-166 Caudales Promedios Mensuales en Salmuera de Albemarle por Zona (año 2017)	429
Figura 5-167 Extracción Promedio Mensual de Salmuera de Albemarle, entre 1983 y 2017. (Extracción Zonas A1 + A2)	430
Figura 5-168 Volumen Anual en Salmuera de Albemarle, entre 1983 y 2017	431
Figura 5-169 Caudales Mensuales Históricos Bombeados en Tilopozo (L/s).....	433
Figura 5-170 Caudales Mensuales Históricos Bombeados en Tucúcaro (L/s).....	433
Figura 5-171 Caudales Mensuales Históricos Bombeados en Peine (L/s)	434
Figura 5-172 Caudal Extraído desde Tilopozo y Tucúcaro durante el año 2017	434
Figura 5-173 Niveles de punto PN-05B	436
Figura 5-174 Niveles de punto PN-08A	436
Figura 5-175 Niveles de punto PN-14B	437
Figura 5-176 Niveles de punto PN-16B	437
Figura 5-177 Niveles de BA-05	439
Figura 5-178 Niveles de BA-07	439
Figura 5-179 Niveles de BA-16	440
Figura 5-180 Niveles de BA-28	440
Figura 5-181 Niveles de BA-30	441
Figura 6-1 Comparación niveles simulados versus observados en pozos PAT	447
Figura 6-2 Evolución de nivel en relación a la evaporación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava	457
Figura 6-3 Evolución de nivel en relación a la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava	457
Figura 6-4 Evolución de niveles profundos en relación a la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava	458
Figura 6-5 Evolución de niveles profundos en relación a la precipitación en la zona de transición, puntos cercanos a pozos de agua industrial. Sistema La Punta – La Brava.....	459
Figura 6-6 Evolución niveles piezómetros habilitados por debajo interfase salina próximos a pozo Tucúcaro. Sistema La Punta-La Brava	460
Figura 6-7 Evolución niveles piezómetros habilitados por debajo interfase salina próximos a pozo Tilopozo. Sistema La Punta-La Brava.....	460
Figura 6-8 Evolución niveles piezómetros someros próximos a pozo Tucúcaro. Sistema La Punta-La Brava	461
Figura 6-9 Evolución niveles piezómetro somero próximo a pozo Tilopozo. Sistema La Punta-La Brava	462
Figura 6-10 Evolución de niveles en las lagunas del sistema La Punta-La Brava	463
Figura 6-11 Evolución histórica de superficie lagunar sistema La Punta- La Brava.....	464
Figura 6-12 Evolución de nivel frente conductividad eléctrica en lagunas sistema La Punta-La Brava	465
Figura 6-13 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre en el borde Este. Sistema Peine.	467
Figura 6-14 Evolución de niveles en relación a la precipitación. Sistema Lagunar Peine.	468
Figura 6-15 Evolución de niveles en relación a la evaporación. Sistema Lagunar Peine	469
Figura 6-16 Evolución de niveles en el sector de la laguna Interna. Sector Peine.....	470
Figura 6-17 Evolución de niveles en el acuífero profundo de salmuera. Sector Peine	471

Figura 6-18 Evolución de los niveles de las lagunas. Sistema Peine.....	472
Figura 6-19 Evolución histórica de Caudales Aforados Sistema Peine.....	473
Figura 6-20 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Peine.....	474
Figura 6-21 Evolución de niveles de pozos del acuífero salobre al Sur del Sistema Aguas de Quelana.....	477
Figura 6-22 Evolución de niveles de aguas superficiales frente precipitación. Sistema Aguas de Quelana.....	478
Figura 6-23 Evolución de niveles de aguas superficiales frente evaporación. Sistema Aguas de Quelana.....	478
Figura 6-24 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Aguas de Quelana.....	480
Figura 6-25 Evolución de nivel en piezómetros de salmuera próximos al Sistema Soncor.....	483
Figura 6-26 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor.....	484
Figura 6-27 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Soncor.....	485
Figura 6-28 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo.....	487

INDICE TABLAS

Tabla 2-1 Proyectos y RCA consideradas en el Informe.....	16
Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales que se reportan.....	18
Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCAs.....	20
Tabla 2-4 Variables Ambientales comprometidas en el PSAH del Anexo 3 de Adenda 5.....	23
Tabla 2-5 Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis.....	25
Tabla 4-1 Resumen Variables Ambientales y Parámetros.....	32
Tabla 4-2 Estaciones Meteorológicas.....	39
Tabla 4-3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración.....	41
Tabla 4-4 Vértices de los polígonos usados para evaluar superficie lagunar.....	43
Tabla 4-5 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava.....	48
Tabla 4-6 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine.....	53
Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Norte y Borde Este.....	58
Tabla 4-8 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo.....	61
Tabla 4-9 Pozos de Bombeo actuales.....	66
Tabla 4-10 Umbrales de activación año calendario 2017.....	71
Tabla 4-11 Niveles de activación hídrico en el sector de alerta Acuífero.....	73
Tabla 4-12 Cotas de Activación de SQM.....	74
Tabla 4-13 Equipos de Estación Meteorológica.....	76
Tabla 4-14 Características domos para la medición de la EVT.....	78
Tabla 4-15 Equipos y materiales complementarios al uso de domos.....	78
Tabla 4-16 Factor de corrección por forma.....	82
Tabla 4-17 Materiales y Equipos para la medición de parámetros <i>in situ</i>	94
Tabla 4-18 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98194.....	95
Tabla 4-19 Materiales y Equipos para la Toma de Muestras.....	95
Tabla 4-20 Materiales y Equipos para almacenamiento y Traslado de muestras.....	96
Tabla 4-21 Características de preservación de muestras.....	96
Tabla 4-22 Criterio estabilización de parámetros <i>in situ</i> para el muestreo de aguas.....	98
Tabla 4-23 Métodos de análisis en laboratorio.....	98
Tabla 4-24 Materiales y Equipos para la medición de Volúmenes Bombeados.....	101
Tabla 4-25 Fechas de Muestreo y Medición durante el año 2017.....	103
Tabla 5-1 Precipitación Diaria PP (mm) en Estación EM-Rockwood, año 2017.....	106
Tabla 5-2 Presión Atmosférica Diaria (mbar) en Estación EM-Rockwood, año 2017.....	107
Tabla 5-3 Temperatura Máxima Diaria (°C) en Estación EM-Rockwood, año 2017.....	108
Tabla 5-4 Temperatura Mínima Diaria (°C) en Estación EM-Rockwood, año 2017.....	109
Tabla 5-5 Evaporación Diaria (mm), en Estación EM-Rockwood, año 2017.....	110
Tabla 5-6 Estaciones meteorológicas y Precipitaciones Medias (mm).....	114
Tabla 5-7 Resultados de Evapotranspiración (mm/d) – Año 2017.....	119

Tabla 5-8 Resultados de Superficies cubiertas por lagunas estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades-1A y Landsat 8) y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5, 2015)	128
Tabla 5-9 Resultados de Niveles Limnimétricos, Sector La Punta-La Brava	153
Tabla 5-10 Resultados de Niveles Limnimétricos, Sector Peine	156
Tabla 5-11 Resultados de Niveles Limnimétricos, Sector Norte y Borde Este	161
Tabla 5-12 Caudales aforados, año 2017	164
Tabla 5-13 Pozos por zonas en Sector La Punta-La Brava.....	169
Tabla 5-14 Resultados de Niveles en Sector La Punta-La Brava.....	170
Tabla 5-15 Resultados de Niveles en Sector Peine.....	187
Tabla 5-16 Pozos por zonas en Sector Peine.....	191
Tabla 5-17 Resultados de niveles en Sector Norte y Borde Este.....	196
Tabla 5-18 Resultados de Niveles en Sector Núcleo	199
Tabla 5-19 Pozos por zona en Sector Núcleo	206
Tabla 5-20 Puntos que miden Cuña Salina	218
Tabla 5-21 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-01C, Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	220
Tabla 5-22 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-03C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	222
Tabla 5-23 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-04C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	224
Tabla 5-24 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-05C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	230
Tabla 5-25 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-06C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	232
Tabla 5-26 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-09C. Campañas Julio y Octubre 2017	235
Tabla 5-27 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-07C-1. Campañas Julio y Diciembre 2017	247
Tabla 5-28 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-AC. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017.....	249
Tabla 5-29 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-CC. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017.....	251
Tabla 5-30 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-01. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	253
Tabla 5-31 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-02. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	257
Tabla 5-32 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-03. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017	261
Tabla 5-33 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-12C. Campañas Julio y Octubre 2017	276
Tabla 5-34 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Febrero 2017- (1/4) .	282
Tabla 5-35 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Mayo 2017 – (1/4) ...	286
Tabla 5-36 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Agosto 2017 – (1/4) .	290
Tabla 5-37 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Noviembre 2017 – (1/4)	294
Tabla 5-38 Clasificación de los tipos de agua.....	298
Tabla 5-39 Estadígrafos, pH <i>in situ</i> histórico, Sector La Punta-La Brava.....	302
Tabla 5-40 Estadígrafos CE <i>in situ</i> histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava.....	304
Tabla 5-41 Estadígrafos STD <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava.....	306
Tabla 5-42 Estadígrafos Oxígeno Disuelto O.D. <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava..	308
Tabla 5-43 Estadígrafos Temperatura <i>in situ</i> histórico (T°C), Sector La Punta-La Brava	310
Tabla 5-44 Estadígrafos para pH de laboratorio histórico (UpH), Sector La Punta-La Brava	313
Tabla 5-45 Estadígrafos para CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava.....	315
Tabla 5-46 Estadígrafos SDT de laboratorio histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava	318
Tabla 5-47 Estadígrafos Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector La Punta-La Brava	320
Tabla 5-48 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector La Punta-La Brava.....	325
Tabla 5-49 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector La Punta-La Brava.....	326

Tabla 5-50 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Totales, Sector La Punta-La Brava.....	332
Tabla 5-51 Estadígrafos Elementos Minoritarios Disueltos - Sector La Punta-La Brava	335
Tabla 5-52 Estadígrafos Elementos Minoritarios y Trazas Totales – Sector La Punta-La Brava.....	338
Tabla 5-53 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector La Punta-La Brava	340
Tabla 5-54 Estadígrafos, pH <i>in situ</i> histórico (UpH), Sector Peine	343
Tabla 5-55 Estadígrafos, CE <i>in situ</i> histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine	346
Tabla 5-56 Estadígrafos, STD <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Peine.....	349
Tabla 5-57 Estadígrafos, Oxígeno Disuelto O.D. <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Peine.....	352
Tabla 5-58 Estadígrafos, Temperatura <i>in situ</i> histórico (T°C), Sector Peine	354
Tabla 5-59 Estadígrafos, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Peine	358
Tabla 5-60 Estadígrafos, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine.....	360
Tabla 5-61 Estadígrafos, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Peine	362
Tabla 5-62 Estadígrafos, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Peine.....	364
Tabla 5-63 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Peine	370
Tabla 5-64 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Peine	371
Tabla 5-65 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Totales - Sector Peine (2013-2016).....	377
Tabla 5-66 Estadígrafos Elementos Minoritarios Disueltos - Sector Peine	379
Tabla 5-67 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Peine	382
Tabla 5-68 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Peine	383
Tabla 5-69 Estadígrafos, pH <i>in situ</i> histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este.....	386
Tabla 5-70 Estadígrafos, CE <i>in situ</i> histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Norte y Borde Este	388
Tabla 5-71 Estadígrafos, STD <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este	390
Tabla 5-72 Estadígrafos, Oxígeno Disuelto O.D. <i>in situ</i> histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este	392
Tabla 5-73 Estadígrafos, Temperatura <i>in Situ</i> histórico (T°C), Sector Norte y Borde Este	393
Tabla 5-74 Estadígrafos, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este	397
Tabla 5-75 Estadígrafos, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Norte y Borde Este	398
Tabla 5-76 Estadígrafos, SDT de laboratorio histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este.....	400
Tabla 5-77 Estadígrafos, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Norte y Borde Este	402
Tabla 5-78 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Norte y Borde Este	407
Tabla 5-79 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Norte y Borde Este	408
Tabla 5-80 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Totales - Sector Norte y Borde Este	414
Tabla 5-81 Estadígrafos Elementos Minoritarios Disueltos - Sector Norte y Borde Este	416
Tabla 5-82 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Norte y Borde Este	419
Tabla 5-83 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Norte y Borde Este	420
Tabla 5-84 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2017	422
Tabla 5-85 Resultados Calidad Química de pozo Tilopozo año 2017.....	422
Tabla 5-86 Resultados Calidad Química de pozo Tucúcaro año 2017	423
Tabla 5-87 Estadígrafos, Calidad Química de pozos de bombeo agua dulce-salobre (ppm)	423
Tabla 5-88 Caudales y volúmenes bombeados en Pozos de Salmuera año 2017	427
Tabla 5-89 Caudales y Volúmenes Bombeados Pozos de Agua dulce-salobre, año 2017	432
Tabla 5-90 Umbrales de activación hídrico 2º año calendario de explotación.....	435
Tabla 5-91 Umbrales de activación del Sector de alerta Acuífero.....	438
Tabla 5-92 Cotas de Activación de SQM	442
Tabla 6-1 Superficie cubiertas por Lagunas	443
Tabla 6-2 Regla de extracción aprobada, RCA N° 21/2016	451
Tabla 6-3 Series de Precipitaciones Anuales (mm)	452
Tabla 6-4 Precipitación Anual para diferentes probabilidades de excedencia	454
Tabla 6-5 Precipitación Anual Año 2017 (mm)	454

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Variables Meteorológicas

Registro Anexo A Variables Meteorológicas (1970-2017)

Anexo A-1: Datos en escala diaria estación meteorológica de Albemarle (2009-2017)

Anexo A-2: Datos en escala mensual estación meteorológica de Albemarle (2002-2016)

Anexo A-3: Datos en escala mensual de estaciones DGA (PP mensuales 1970-2017)

Anexo A-4: Datos en escala mensual de estaciones de terceros (PP mensuales 1970-2016)

Planilla Anexo A Variables Meteorológicas (1970-2017)

Anexo B: Evapotranspiración

Registro Anexo B Evapotranspiración (2013-2017)

Planilla Anexo B Evapotranspiración (2013-2017)

Anexo C: Superficie cubierta por Lagunas

Anexo C: Informe “Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama”

Registro Anexo C Superficie cubierta por Lagunas (1985-2017)

Planilla Anexo C Superficie cubierta por Lagunas (1985-2017)

Anexo D: Nivel Limnimétrico de las Lagunas

Registro Anexo D Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2017)

Anexo D-1: Registro Limnímetros (2016-2017)

Anexo D-2: Registro Estacas (2016-2017)

Planilla Anexo D Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2017)

Anexo E: Caudales Superficiales

Registro Anexo E Caudales Superficiales (2014-2017)

Planilla Anexo E Caudales Superficiales (2014-2017)

Anexo F: Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre

Registro Anexo F Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre (1985-2017)

Planilla Anexo F Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre (1985-2017)

Anexo G: Posición de la Interfase Salina

Registro Anexo G Posición de la Interfase Salina (2013-2017)

Planilla Anexo G Posición de la Interfase Salina (2013-2017)

Anexo H: Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea

Registro Anexo H: Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea (2013-2017)

Anexo H-1: Calidad Química In-situ (2013-2017)

Anexo H-2: Calidad Química Laboratorio (2013-2017)

Anexo H-3: Certificados emitidos por ETFA

Anexo H-4: Registros de Calibración diaria del equipo multiparamétrico

Anexo H-5: Registros Estabilización de parámetros In-situ

Anexo H-6: Cadena de custodia

Planilla Anexo H Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea (2013-2017)

Anexo I: Respaldo Resoluciones y Ordinarios

Anexo J: Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre

Registro Anexo J Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre (2003-2017)

Planilla Anexo J Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre (2003-2017)
Anexo K: Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce-salobre
 Registro Anexo K Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce (1983-2017)
 Planilla Anexo K Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce-salobre (1983-2017)
Anexo L: Libreta de terreno
Anexo M: Registro de Permiso de Tercero
Anexo N: Responsables y Participantes del Informe Anual de Seguimiento Ambiental

1 RESUMEN

El presente documento corresponde al **Informe Anual N° 2 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (en adelante PSAH)**, el cual forma parte de las obligaciones ambientales del titular Albemarle (en adelante ALB), derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental N° 21 de fecha 20 de enero del 2016 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta, en adelante RCA N° 21/2016, que calificó favorablemente el Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”.

Específicamente, el PSAH da cumplimiento a lo establecido en el Considerando N° 7 de la RCA N° 21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua); Considerando N° 10.19 de la misma resolución, el que a su vez remite al Capítulo 3 del Anexo 3 de la Adenda 5; y a los compromisos vinculados a la componente hídrica de otras RCA como aquellos establecidos en el Considerando 2.3.1.3. de la R.E. N° 165 de fecha 14 de octubre del 2003 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, que modificó la R.E. N° 092 de fecha 31 de mayo del 2000 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta que aprobó el proyecto “Construcción de Pozas de Evaporación Solar”, y lo establecido en el Resuelvo 4 de la R.E. N° 3132 de fecha 28 de noviembre del 2006 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, correspondiente a la autorización ambiental que aprobó el proyecto “Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar”.

El PSAH es un compromiso ambiental aplicable para las Fases de Operación y Cierre del Proyecto, iniciando la fase de operación con fecha 28 de septiembre de 2016¹, razón por la cual se genera el presente Informe N° 2 de PSAH, el que entrega información de monitoreo del año calendario 2017.

En este informe se recopilan los resultados del monitoreo de 9 variables ambientales, donde cada una de éstas tiene uno o más de los siguientes objetivo de medición:

- Monitorear el sistema hidrológico e hidrogeológico general.
- Realizar un análisis histórico de las variables monitoreadas, enfatizando en el comportamiento de éstas durante el año 2017 con respecto a la data histórica existente.
- Realizar un análisis integrado de las variables que corresponda, de manera de prever el comportamiento en el sistema, tanto del núcleo, zona marginal, como acuífero y principalmente en los objetos de protección.

¹ El inicio de la fase de operación fue informado con una semana de anticipación a la SMA con Carta MA 012.2016, recepcionada con fecha 21.09.2016, SMA Cod.50067.

- Verificar el comportamiento previsto del sistema hídrico como respuesta tanto a las condiciones hidrológicas y meteorológicas como a los efectos de la explotación del Proyecto en los puntos del PAT.
- Realizar un seguimiento sobre variables de referencia ubicados en sectores vecinos no influenciados, lejanos al área de explotación de Albemarle.
- Facilitar la fiscalización del Proyecto entregando la información levantada en terreno y analizada, proporcionando una herramienta durante la fase de operación del Proyecto y los 5 primeros años de la fase de cierre.

Las variables monitoreadas son:

1. Variables Meteorológicas
2. Evapotranspiración
3. Superficie Cubierta por Lagunas
4. Nivel Limnimétrico de las Lagunas
5. Caudales superficiales
6. Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre
7. Posición de la Interfase Salina
8. Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea
9. Caudales bombeados de salmuera y de agua dulce-salobre

Las variables ambientales indicadas anteriormente, se presentan agrupadas en cuatro sectores de la cuenca, con ello se busca facilitar la interpretación de los valores, denominados:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este
- Sector Núcleo

Adicional a lo anterior, se destaca que el presente PSAH incluye el reporte de los puntos de activación del Plan de Alerta Temprana (PAT) con respecto a los umbrales establecidos en el Considerando N° 10.18 de la RCA N° 21/2016, el que a su vez remite al Capítulo 4 del Anexo 3 de la Adenda 5; el cual permite detectar anticipadamente, en el tiempo y el espacio, desviaciones del nulo efecto pronosticado sobre los objetos de protección (sistemas lagunares).

Del PSAH, y de cada variable ambiental comprometida, se puede resumir lo siguiente:

En relación a las **Variables Meteorológicas**, la “EM-Rockwood” perteneciente a Albemarle registró durante el 2017 datos de precipitación [mm], presión atmosférica [mbar], temperatura atmosférica extremas (°C), máximas y mínimas; y evaporación en lámina libre (mm).

En cuanto a los registros monitoreados de la precipitación diaria, se observa que, la estación meteorológica EM-Rockwood registró en el año 2017 una precipitación de 65,7 mm/año y considerando su análisis de frecuencia, es posible indicar que la precipitación registrada se encuentra alrededor de un 10% de probabilidad de excedencia del registro histórico, lo que permite concluir que fue un año muy húmedo. Se observa además en la data histórica (2002-2017) que, los eventos de mayor magnitud ocurren durante los meses de verano (Enero – Marzo). Lo anterior, tiene su origen en el invierno altiplánico.

El registro histórico de presión atmosférica diaria, variable que comenzó a ser medida en Mayo de 2016, es corto, sin embargo se puede observar que esta variable presenta un comportamiento estacional, en el cual los valores máximos se registran en torno al mes de Julio y los mínimos en torno al mes de Diciembre.

En cuanto a las temperaturas extremas diarias, presentan variación estacional, siendo las máximas temperaturas en temporada de verano (Diciembre a Marzo), con valores cercanos a los 35°C, y las mínimas en invierno (Junio y Agosto) cercanas a los -5°C en el mes de Julio.

Respecto al registro de evaporación en lámina libre, se aprecia una variación estacional, donde las mayores tasas de evaporación se midieron entre los meses de Diciembre a Febrero (verano) y los valores mínimos, entre los meses de Junio y Agosto (invierno). Estos resultados son acordes con las variaciones de temperatura entre las distintas estaciones del año. En el año 2017 se observa que los valores máximos de evaporación diaria son considerablemente mayores en comparación a los registros de años anteriores, específicamente en los meses de Enero y Diciembre, donde las tasas alcanzaron hasta los 19,03 mm/d, específicamente el día 19 de diciembre. Lo anterior, podría ser atribuible a la estandarización de la instalación y condiciones del tanque de evaporación que se realizó con el cambio de estación meteorológica.

La RCA N° 21/2016 en su Considerando N° 7, no indica nivel o límite comprometido para esta variable.

En relación a la variable **Evaporación y Evapotranspiración**, durante el año 2017 fue medida con frecuencia trimestral en 22 puntos instalados en el área del Salar, y cuya metodología es a través de domo. Actualmente, el titular se encuentra en etapa de coordinación de trabajos de instalación de lisímetros, cuya ubicación fue validada en Ord DGA N° 875/2017 según exigencia 10.5 de RCA N° 21/2016.

Los resultados obtenidos para el Sector La Punta-La Brava se encuentran dentro de su rango histórico, siendo además superiores en sus respectivos periodos de medición al año 2016.

Para el sector Peine, la EVT registrada el año 2017 es superior al año 2016 en todos los meses de registro, pero dentro del rango histórico. La única excepción ocurre en el punto EVT-23, que el año 2016 sólo fue medido en marzo y su valor de 2016 es superior al de 2017 (1,22 mm/d versus 0,79 mm/d).

Respecto a los resultados del sector Norte y Borde Este, se observa un rango de valores similar en todas las estaciones y dentro de su rango histórico, con excepción de EVT-5, la cual se ubica cercana a laguna Tebinquiche, que en Septiembre y Diciembre presenta valores mayores al resto de las estaciones.

La RCA N° 21/2016 en su Considerando N° 7, no indica nivel o límite comprometido para esta variable.

En relación al monitoreo de **Superficie Cubierta por Lagunas**, correspondiente a los sistemas lagunares La Punta-La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana, éstos fueron monitoreados en temporada de invierno (Agosto) y en temporada de verano (Diciembre).

Para ambas campañas de invierno y de verano se cuenta con dos resultados para cada laguna, obtenidos de distintas fuentes: (1) Sensor Landsat 8 de media resolución, lo cual tiene como objetivo generar una correlación y continuidad con las imágenes históricas Landsat disponibles de la zona y (2) Sensor Pleiades de alta resolución.

Al contrastar los resultados anuales de 2017, la mayor cobertura lagunar se verifica en invierno 2017 en el sistema lagunar Soncor con 336,3 ha desde la imagen Pleiades-1A y 393,3 ha desde Landsat 8; en contraparte, La Punta-La Brava presentó la menor superficie en invierno de 2017 con 48,1 ha desde la imagen Pleiades-1A y 38,2 ha desde Landsat 8.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA N° 21/2016 es *“Mantener superficie sobre mínimo histórico”*, se indica que para todos los sistemas lagunares, ya sea utilizando imágenes de alta o media resolución, las áreas cubiertas por lagunas se encuentran sobre los mínimos históricos, tanto en la campaña de invierno (agosto) como de verano (diciembre). En particular, los resultados de imágenes de alta resolución, se tiene que las menores áreas por sistema lagunar son: La Punta y La Brava, 48,1 ha (mín. histórico 31,6 ha), Peine, 74,1 ha (mín. histórico 48,9 ha), Aguas de Quelana, 27,8 ha (mín. histórico 11,3 ha) y Soncor, 220,3 ha (mín. histórico 192,4 ha).

En relación a las mediciones del **Nivel limnimétrico de las Lagunas**, se cuenta con una red de monitoreo mensual corresponde a 16 limnímetros, y a 4 estacas instaladas en Junio 2016.

Como comportamiento histórico, los puntos de medición presentan oscilaciones suaves en sus niveles, con máximos en los meses de invierno y mínimos en los meses de verano con una diferencia máxima de hasta 25 cm.

En particular, las variaciones anuales del nivel durante el 2017 en el sector La Punta-La Brava fueron menores a los 20 cm en todos sus puntos; los descensos ocurridos en verano se recuperaron en invierno, por lo que la oscilación anual observada se atribuye a la variación estacional.

Por su parte, en el sistema Peine durante el 2017 se observó un comportamiento más heterogéneo en los puntos de medición, algunos registrando una variación prácticamente nula y en otros, con mayor oscilación, alrededor de 5 cm de variación. El punto que presentó la amplitud máxima corresponde a LM-17, en el cual se registró 25 cm que se encuentra dentro del rango histórico. Asimismo, no se observa una disminución en los valores, solamente oscilaciones con máximos en invierno y mínimos en verano, lo que se atribuye a la variación estacional.

Finalmente, el sector Norte y Borde Este registra un comportamiento similar en todos sus puntos de monitoreo, además de poca variabilidad a lo largo del año.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural*”, según lo previamente mencionado: destaca que no se observa una disminución o aumento sostenido en los valores de niveles limnimétricos de las lagunas, sino que las variaciones se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural.

En relación a los aforos trimestrales de **Caudales Superficiales**, los puntos de medición se ubican principalmente en el sistema lagunar Peine, conformado por las lagunas Salada, Saladita e Interna, monitoreado mediante aforos de caudales superficiales en 4 puntos, desde AFP-01 hasta AFP-04, ubicados a lo largo del sistema lagunar desde aguas arriba a aguas abajo en el sentido Sur Este – Nor Oeste. Además, en este sector también se monitorean los caudales en dos puntos ubicados en vertientes provenientes de la cordillera, denominados Antepresa Tilomonte y Vertiente Peine.

Los mayores caudales aforados se presentan en la entrada del sistema lagunar Peine, siendo los caudales promedio para el punto AFP-01 de 52 L/s y disminuyendo hacia el punto AFP-03 con promedio de 26 L/s.

En el punto AFP-04 los caudales aforados aumentan en algunas ocasiones, evidenciando ciertas recuperaciones o afloramientos entre AFP-03 y AFP-04. El Punto AFP-01 y Anterepresa Tilomonte, presentan las mayores variaciones, siendo la mediana de este último punto del orden de los 40 L/s. Para el año 2017, el punto Vertiente Peine presenta valores de caudales por sobre el percentil 75.

En cuanto a la variación temporal de los caudales aforados, durante el año 2017 se observa un aumento general respecto al año 2016; en las lagunas del sistema Peine, las estaciones de aforo AFP-01, AFP-02 y AFP-04 muestran un aumento en todas sus mediciones respecto a la medición registrada el mismo periodo del año anterior. El punto AFP-03, también perteneciente a la red de monitoreo de las lagunas, se observan resultados similares a los del año anterior, manteniéndose con valores bajos, atribuibles a pérdidas ocurridas principalmente por evaporación, tanto en la superficie de la laguna Salada como a lo largo del canal natural de entrada a la misma laguna.

Respecto a las mediciones realizadas en las vertientes cordilleranas, ambas (Acequia Tilomonte y Vertiente Peine) presentaron caudales superiores en los distintos periodos respecto a lo registrado el año 2016. En el caso del punto de aforo Anterepresa Tilomonte, los resultados del año 2017 se mantienen en la tendencia histórica, mientras que los aforos en la Vertiente Peine presentaron los mayores valores históricos medidos, superando en el tercer trimestre los 20 L/s, atribuibles a que el año 2017 fue un año húmedo o lluvioso.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener los caudales dentro de su variación histórica*”; conforme a lo anterior, puede concluirse que las variaciones en los valores de caudales superficiales se mantienen dentro de su variación histórica.

En relación a los **Niveles Freáticos en Salmuera y/o en Agua dulce-salobre**, se cuenta con una red de monitoreo formada por 125 pozos de medición mensual de niveles.

Para el Sector La Punta-La Brava, en particular en la zona de las lagunas, los niveles se han mantenido dentro de los rangos de oscilación natural registrada históricamente. En el Borde Sur, los piezómetros profundos MP-04B y MP-05B, ubicados cerca de los pozos de agua industrial Tilopozo y Tucúcaro respectivamente, muestran tendencia a la baja. Mientras que los pozos que miden aguas someras no muestran descensos, sino más bien tendencias a la estabilidad de sus niveles. Además, el piezómetro MP-06A, ubicado aledaño al borde Tucúcaro, muestra fluctuaciones entre el máximo y el mínimo de 40 cm, y para la salmuera (pozo MP-06B) fluctuaciones del orden de 4 m. Lo anterior, es concordante con la posición relativa de ellos, por cuanto se ubican en una zona aledaña al cordón de Lila, muy sensible a las recargas y extracciones que puedan existir. Por otra parte, los niveles de los piezómetros someros situados en la zona Norte y Este de las lagunas muestran un salto con incremento

de niveles en el primer trimestre de 2017, cuyo ascenso estaría asociado a las lluvias acontecidas en el primer trimestre del año.

Los niveles del Sector Peine, presentan en la zona de las cotas altas, entre la zona marginal y quebradas aportantes, niveles estables con influencia estacional por lluvias. Los niveles de aguas subterráneas someras, y pozos someros, presentan mayor variabilidad de niveles en la zona más cercana al núcleo y con rápidas respuestas a las precipitaciones (ascensos hasta 51 cm). Los niveles en la zona media de las lagunas, presentan un poco menos de variabilidad, de hasta 20 cm, y con tendencia a la estabilización de sus niveles. Los niveles someros de las aguas subterráneas, en la zona de la entrada de las lagunas, presentan una variabilidad cíclica estacional, de un máximo de 18 cm, aproximadamente. Para todos los puntos en la zona de las lagunas de Peine, se observa que los niveles de aguas subterráneas registrados en 2017 se han mantenido dentro de los rangos de oscilación natural registrada históricamente, incluyendo evento de precipitaciones en febrero.

Destaca que los niveles freáticos presentan mayor variabilidad de niveles y mayor respuesta a las precipitaciones mientras más cercano es el punto de monitoreo al Núcleo, para los niveles de los piezómetros someros situados en la zona Norte y Este del sistema lagunar La Punta-La Brava y para el sistema lagunar Peine, que presentaron un salto con incremento de niveles en el primer trimestre de 2017, relacionado con los eventos de precipitaciones acontecidas durante dicho período del año.

Para el Sector de Norte y Borde Este, se presentan sólo 2 pozos con niveles registrados disponibles, pozos MP-12A y MP-12C, y un piezómetro somero BA-31 (ex LM-15). Estos son pozos nuevos, los cuales no tienen larga data, y por lo tanto no es posible aún realizar un análisis temporal de sus evoluciones.

Para el Sector del Núcleo, se puede indicar que los pozos ubicados cerca de la zona de extracción de salmuera, son los que presentan las mayores tasas de descensos en el tiempo. En cambio, los pozos de monitoreo de niveles que se ubican cercanos a condiciones de borde, como el cordón de Lila, presentan variaciones, descensos y recuperaciones marcadas, sujetas a las recargas del sistema. Además, los pozos de monitoreo de niveles, ubicados en zonas más alejadas del campo de extracción de salmuera, muestran descensos en sus niveles para el año 2017. El pozo que presenta las cotas más bajas a Diciembre 2017, en la zona del Núcleo Este, considerando la zona sur desde la zona de extracción de salmuera de Albemarle, corresponde al pozo PN-03, con cotas que fluctúan alrededor de 2.297,5 m s.n.m. Los pozos que presentan las cotas más bajas, considerando la zona Este y Norte del núcleo, desde el campo de explotación de Albemarle, corresponden a los pozos PN-18, PN-19 y ES-02, los que se ubican más cercanos a las instalaciones de SQM (cotas entre 2.297,4 a 2.298,0 m s.n.m).

El nivel o límite comprometido para esta variable para el caso de niveles freáticos en salmuera en la RCA es “*Descenso según modelo*”, por lo que se comparan los valores de niveles freáticos registrados en el año 2017, con los niveles modelados en el escenario de caso base con Proyecto (Esc1-CP) y de recarga reducida (Esc2-CP). Los niveles observados muestran un comportamiento que mantiene las tendencias de lo modelado, sin embargo, se destaca que los eventos de lluvia registrados han sido más frecuentes respecto a lo escenarios modelados.

Por otra parte, el nivel o límite comprometido para esta variable para el caso de niveles freáticos en agua dulce-salobre en la RCA es “*Mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural*”, según lo previamente mencionado, no se observa una disminución o aumento en los valores de niveles freáticos en agua dulce salobre, sino que las variaciones se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural.

En relación a la **Posición de la Interfase Salina**, el monitoreo trimestral se realiza a través de la medición de 13 puntos con perfilajes de conductividad eléctrica versus profundidad. Además, durante el monitoreo se registra la temperatura en los distintos puntos de monitoreo a sus profundidades respectivas.

En relación al comportamiento histórico, se indica que la interfase salina se ubica a profundidades que van desde los 3-5 metros en los pozos del sector Peine, que son los más cercanos al núcleo, mientras que en aquellos más alejados se ubica a profundidades entre los 50 y 90 m, es decir, la posición de la interfase salina se va profundizando a medida que los puntos se alejan del núcleo.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener posición de la interfase salina*”, y se indica que para el año 2017, todos los puntos de monitoreo se ha mantenido la profundidad a la que se observa la variación de conductividad eléctrica que indica la posición de la interfase salina respecto a los valores históricos. Es decir, según lo previamente mencionado, se ha mantenido la posición de la interfase salina.

En relación a la **Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea**, el monitoreo trimestral se realiza a través de la medición en 40 puntos incluyendo puntos en aguas superficiales (vertientes y lagunas) y pozos.

Cabe señalar que, al corresponder estas actividades al muestreo, medición y análisis por cumplimiento de una RCA, éstas fueron realizadas en el 2017 por el laboratorio Hidrolab, certificado como ETFA (Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental) por la SMA.

Se puede señalar que respecto a los parámetros fisicoquímicos que los pH son más neutros en las aguas superficiales, y en las aguas subterráneas profundas pH más ácidas. El alto

contenido de sales en las aguas subterráneas profundas, hacen que las CE sean mayores que las CE registradas en las aguas superficiales. Asimismo el oxígeno se hace muy escaso en las aguas profundas, con valores cercanos a condiciones anóxicas. La densidad ratifica las condiciones de aguas salobres y tipo salmueras ($\approx 1,2$ gr/mL), a diferencia de las aguas menos densas como las superficiales del sistema (1,0 gr/mL).

Los resultados por sector muestran que los elementos analizados se ajustan a los rangos y variabilidad natural histórica, no presentando tendencias al cambio durante el año 2017.

Además, al analizar los diagramas de piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene, siendo en general del tipo cloruradas sódicas. Esta composición exceptúa a las vertientes o escurrimientos superficiales, como son Quebrada Camar, que se clasifica como un agua de composición intermedia sulfatada sódica, y Vertiente Peine, que corresponden a aguas cloruradas sódico-cálcicas.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener parámetros dentro de variabilidad natural*”, según lo previamente mencionado, es posible afirmar que se han mantenido los parámetros físico-químicos de las muestras y sus composiciones dentro de la variabilidad natural de calidad química del agua.

Junto con los resultados de calidad química de los puntos asociados al PSAH, se presentan los resultados de la calidad química de los pozos de extracción de agua dulce-salobre; Peine, Tilopozo y Tucúcaro; que tienen compromiso de análisis químico en el marco de la RCA N° 92/2000, siendo los elementos monitoreados reportados en unidades de ppm (partes por millón). Lo anterior, en consideración a la resolución de solicitud de interpretación de la RCA N° 21/2016, resuelta mediante la R.E. N° 1.472 de fecha 27 de diciembre 2017 del SEA Dirección Ejecutiva, es que no se presentan resultados asociados a química de los pozos de extracción de salmuera en el año 2017.

Considerando la química de los pozos de agua dulce-salobre, los rangos de concentración presentado en ppm para cada elemento son distintos para los 3 pozos, exceptuando el Calcio y Sulfato, en donde para Tilopozo y Tucúcaro son rangos similares de un promedio entre 100 ppm y 150 ppm para el caso del Calcio y de 379,7 ppm y 487,8 ppm para Sulfato. Asimismo, para el caso del Sodio, los pozos Tilopozo y Peine presentan valores de rango similar con medianas de 576,4 ppm y 662,6 ppm, respectivamente

En relación a los **Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre**, durante el año 2017 se bombearon 35 pozos de extracción de Salmuera y 3 pozos de explotación de agua dulce-salobre correspondiente a Tilopozo, Tucúcaro y Peine.

La extracción de salmuera se realiza en el interior de dos polígonos denominados A1 y A2, considerando que la operación minera requiere extraer proporcionalmente menos salmuera en invierno que en verano producto de la menor evaporación solar de este período, ya que las pozas de evaporación se vacían más lentamente.

El nivel o límite comprometido para estas variables en la RCA es “*Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente*”, por lo que se han comparado caudales bombeados durante el año 2017 con los valores autorizados ambientalmente, tomando en cuenta que el Proyecto inició su fase de operación el 28 de septiembre de 2016.

Así, en cuanto a la extracción de salmuera de la operación durante el año 2017, que supone períodos con límites de extracción distintos (escalones del proyecto), se hace necesario determinar el caudal medio ponderado anual tomando en cuenta los límites para el período Enero-Marzo de 202 L/s (142 L/s+1 escalón de 60 L/s), de Abril-Septiembre de 262 L/s (142 L/s+2 escalones de 60 L/s cada uno) y de Octubre-Diciembre de 322 L/s (142 L/s+3 escalones de 60 L/s cada uno), lo que significa un caudal medio anual de 263,15 L/s. Para el año 2017 el caudal promedio anual extraído de la zona A1 y A2 fue de 261,26 L/s, equivale a un volumen de 8.238.949 m³. Al compararlo con el caudal medio anual autorizado se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

En cuanto a la extracción de agua dulce-salobre, ésta se encuentra autorizada ambientalmente de manera conjunta por un total del 10,9 L/s entre los pozos Tilopozo y Tucúcaro, según RCA N° 403/2003, más 6 L/s autorizados mediante RCA N° 21/2016. Sobre la base de estas autorizaciones ambientales, se cuenta con un caudal máximo para extracción conjunta de 16,9 L/s, y considerando que durante el año 2017 el caudal máximo extraído fue de 7 L/s, se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Adicional a lo presentado para las 9 variables ambientales, se destaca que el presente PSAH incluye el reporte de los puntos de activación del **Plan de Alerta Temprana (PAT)** con respecto a los umbrales establecidos en el Considerando N° 10.18 de la RCA N° 21/2016, el que a su vez remite al Capítulo 4 del Anexo 3 de la Adenda 5; el cual permite detectar anticipadamente, en el tiempo y el espacio, desviaciones del nulo efecto pronosticado sobre los objetos de protección (sistemas lagunares). Para ello, el PAT utiliza un subconjunto de 9 puntos de monitoreo del PSAH y 5 puntos de SQM, denominados “puntos de activación”, y establece variables de estado indicadoras del comportamiento del Proyecto y de los objetos de protección, con “niveles de activación” (umbrales) que permiten anticiparse a la generación de efectos no previstos de la operación del Proyecto o del efecto sinérgico de los proyectos en el Salar. Estos puntos de activación, corresponden a 3 Sectores de Alerta, cada uno de ellos con medidas de acción diferentes (Fases I y II), que dicen relación con el

comportamiento esperado de cada sector durante la fase de operación del Proyecto, que se describen a continuación:

- Sector de alerta Núcleo: corresponde al área ubicada entre la explotación del titular y los sistemas lagunares de La Punta-La Brava y de Peine. En este sector se prevén descensos del nivel freático en la salmuera, los que no alcanzarían a causar efectos al otro lado de la interfase, lo que ha sido validado mediante el uso de los modelos numéricos desarrollados. El PAT presenta 4 puntos de alerta correspondientes a los pozos PN-05B, PN-08A, PN-14B y PN-16B, con umbrales diferentes para cada una de las dos fases contempladas y para cada año según los descensos previstos. En función de los registros del año 2017, es posible indicar que no se ha activado ninguna alerta del PAT en el sector de alerta núcleo.
- Sector de alerta Acuífero: corresponde al acuífero de agua dulce-salobre alrededor de los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava, más cercanos al Proyecto. En este sector no se prevén descensos de nivel. El PAT presenta 5 puntos de activación que consideran un umbral fijo para cada punto a lo largo de todo el Proyecto. Estos puntos corresponden a BA-05, BA-07, BA-16, BA-28 y BA-30. En función de los registros del año 2017, es posible indicar que las fluctuaciones que muestran los niveles en dichos piezómetros someros, sigue un comportamiento estacional y que el umbral no ha sido sobrepasado, por lo que no se ha activado ninguna alerta del PAT en el sector de alerta acuífero.
- Sector de alerta Norte: corresponde al sector del núcleo del Salar frente los sistemas lagunares de Soncor y Aguas de Quelana, y donde SQM tiene 5 puntos de activación de su Plan de Contingencia, que consideran los niveles de salmuera como indicadores de estado. En el proceso de evaluación ambiental del Proyecto que da origen al presente informe quedaron establecidas las condiciones de activación y desactivación de las Fases I y II, siendo ésta cuando Albemarle reciba notificación por parte de la autoridad ambiental, de que SQM ha activado una de las Fases, o cuando esta información sea pública. En consideración a que no se dispone de la información actualizada al año 2017 de los niveles en los pozos de SQM, así como tampoco se ha recibido notificación por parte de la autoridad ambiental se concluye que no ha habido activación del PAT de SQM y por consiguiente tampoco del Sector de alerta Norte del PAT de Albemarle.

En el presente informe, se realiza un análisis integrado de la información en el capítulo de discusiones, cuyas principales conclusiones se resume como sigue:

- La estación meteorológica Rockwood registró en el año 2017 una precipitación de 65,7 mm/año, y considerando su análisis de frecuencia, es posible indicar que la

precipitación registrada se encuentra alrededor de un 10% de probabilidad de excedencia del registro histórico, lo que permite concluir que clasifica como un año muy húmedo.

- Los resultados de evapotranspiración presentan gran variabilidad, tanto a nivel temporal como espacial. El comportamiento histórico, en general, presenta los mayores valores en los monitoreos de verano, aunque también hay estaciones que han registrado sus máximos en los meses invernales. Asimismo, a nivel espacial se destaca que aquellas estaciones ubicadas cercanas a alguna de las lagunas presentan registros comparativamente mayores, pudiendo eso influir en la tasa de evaporación, mientras que en el Núcleo se han registrado los valores mínimos, diferencia concordante con los resultados históricos y con el hecho que la salmuera, más densa que el agua salobre, tiene un potencial de evaporación menor, así como a la profundidad del nivel, tipo de suelo, etc.
- El monitoreo realizado el año 2017 confirma el modelo conceptual del funcionamiento del sistema lagunar La Punta-La Brava establecido en la Adenda 5 de la evaluación ambiental del Proyecto. Las zonas de recarga se ubican en el sector Sur y las aguas correspondientes al tipo cloruradas-sódicas fluyen hacia el Noroeste, incrementando la CE hasta encontrarse con la interfase salina que se dispone perpendicular al flujo y que fuerza al agua subterránea a ascender aflorando a la superficie, dando origen a las lagunas. Los niveles de aguas subterráneas y superficiales evolucionan siguiendo la tendencia histórica. La superficie lagunar La Punta-La Brava ocupada en invierno y verano son similares. Esta superficie estaría influenciada por fenómenos de recarga del sistema inducidos por las precipitaciones ocurridas el primer semestre del año. Por otra parte, no se registran cambios en la calidad química del agua de las lagunas y del acuífero salobre, y la posición de la interfase salina permanece estable.
- Para el sistema lagunar Peine, a partir del monitoreo efectuado durante el 2017 se confirma el modelo conceptual de funcionamiento del mismo, es decir, las zonas de recarga se ubican al Sureste y las aguas corresponden al tipo clorurada-sulfatada sódico-cálcica, las cuales por precipitación directa o por escorrentía sub-superficial se infiltran al acuífero. Una vez en el acuífero, estas aguas fluyen hacia el Noroeste hasta interceptar con la superficie de terreno generando manantiales que dan origen a las lagunas. Los niveles del acuífero salobre y de las aguas superficiales permanecen estables, siguiendo la tendencia histórica, con variaciones estacionales en respuesta a la evaporación. Los niveles de salmuera mantienen la tendencia al descenso con ascenso puntuales asociados a la precipitación. Por otra parte, no existen cambios en el quimismo del agua ni en lagunas ni en el acuífero salobre, la posición de la interfase salina permanece estable durante el año 2017 y la superficie lagunar sigue la tendencia histórica, presentando su máxima extensión en invierno.

- Lo anterior, fue corroborado con los aforos efectuados durante el monitoreo 2017, a partir de los cuales se reporta caudales de entrada a la laguna Salada (AFP-01 y AFP-02) mayores a los registrados en la salida de ésta y entrada a la laguna Saladita (AFP-03) debido a pérdidas ocurridas principalmente por evaporación, tanto en la superficie de la laguna Salada como a lo largo del canal natural de entrada a la misma. Al analizar la variación histórica de los caudales, se constata este comportamiento, si bien, en el caso del punto de aforo AFP-04 (también en la entrada de la laguna Saladita, pero situada después de AFP-03, en el sentido del flujo de agua), los caudales registrados son variables, lo que se explica a través de recargas menores procedentes de afloramientos cercanos a ese punto.
- El modelo conceptual del sistema Aguas de Quelana, es consistente con los resultados obtenidos del monitoreo de las distintas variables para el año 2017, pese a que el registro disponible (desde 2016) aún no es suficiente para establecer tendencias históricas claramente definidas. Las aguas de las lagunas provenientes del acuífero aluvial del borde Este, son alimentadas, a su vez, por aguas de distintas quebradas, entre ellas la quebrada de Camar. Estas aguas poco mineralizadas corresponden a aguas intermedias sulfatadas-sódicas, de baja salinidad, que se disponen al Este del sistema en la zona de las vertientes. Durante su recorrido hacia el Oeste, por efecto de la disolución de sedimentos evaporíticos, las aguas aumentan su CE y cambian su composición a cloruradas-sódicas, hasta llegar a la Zona Marginal. En la zona de las lagunas, debido a la magnitud del flujo subterráneo procedente del Este, el agua salobre se ve forzada a ascender al encontrarse con la salmuera del Núcleo (interfase salina), aflorando en superficie y dando origen a las Lagunas del Sistema Aguas de Quelana. Los niveles medidos en el acuífero de agua salobre, como así también los niveles de agua superficial y la superficie lagunar presentan una tendencia estable, con variaciones estacionales asociadas a la evaporación. Asimismo, durante el año 2017 no se han detectado cambios en la posición de la interfase salina.
- A partir de los resultados del monitoreo efectuado durante el año 2017, se confirma el modelo conceptual establecido para el sistema Soncor, es decir, el flujo subterráneo que alimenta a las lagunas proviene del Este (según los explicado en Adenda 5 también proceden del Norte, pero a partir del monitoreo efectuado no se tienen datos del sector Norte) y conforme fluye hacia el Oeste, va incrementando su CE debido a la disolución de sedimentos evaporíticos. En la zona donde la interfase salina intercepta la superficie topográfica, se generan manantiales. El agua procedente de estos manantiales, fluye de manera superficial – subsuperficial generando canales naturales en dirección Sur y comienza a sufrir procesos de evaporación alimentando las lagunas, primeramente Chaxa y finalmente Barros Negros. Los niveles en el acuífero de salmuera, presentan una tendencia al descenso, con ascensos de nivel en respuesta a los eventos de

precipitación. Junto a los niveles lagunares y la superficie lagunar, los niveles de salmuera presentan una cierta oscilación estacional que podría ser influencia de la evaporación. En general, se puede decir que los niveles en las lagunas son estables en el tiempo.

- Los niveles en el núcleo presentan una tendencia al descenso, como respuestas a las extracciones de salmuera, y registran ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación y recarga del sistema, siguiendo la evolución de niveles esperada para este sector. Desde el segundo semestre del 2016 cuando inicia la operación del Proyecto y se incrementa la extracción de salmuera en la zona de producción, se evidencia en un incremento en el descenso de niveles en algunos pozos, pero no en todos. Por otra parte en la zona Oeste, los niveles siguen el comportamiento del registro histórico, con una tendencia a la baja en el nivel sin presentar una respuesta a los eventos de precipitación.
- En relación con la Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea se tiene que los resultados por sector muestran que los elementos analizados se ajustan a los rangos y variabilidad natural histórica, no presentando tendencias al cambio durante el año 2017. Además, al analizar los diagramas de piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene, siendo en general del tipo cloruradas sódicas. Esta composición exceptúa a las vertientes o escurrimientos superficiales, como son Quebrada Camar, que se clasifica como un agua de composición intermedia sulfatada sódica, y Vertiente Peine, que corresponden a aguas cloruradas sódico-cálcicas.
- Respecto a la calidad química de los pozos de extracción de agua dulce-salobre; Peine, Tilopozo y Tucúcaro; los rangos de concentración presentado en ppm para cada elemento son distintos para los 3 pozos, exceptuando el Calcio y Sulfato, en donde para Tilopozo y Tucúcaro son rangos similares de un promedio entre 100 ppm y 150 ppm para el caso del Calcio y de 379,7 ppm y 487,8 ppm para Sulfato. Asimismo, para el caso del Sodio, los pozos Tilopozo y Peine presentan valores de rango similar con medianas de 576,4 ppm y 662,6 ppm, respectivamente
- En cuanto a la extracción de salmuera, en relación a la operación del año 2017, se indica que el Proyecto inició su fase de operación el 28 de Septiembre de 2016, y considerando que el año 2017 supone períodos con límites de extracción distintos, se hace necesario determinar el caudal medio ponderado anual tomando en cuenta los límites para el período Enero-Marzo de 202 L/s, de Abril-Septiembre de 262 L/s y de Octubre-Diciembre de 322 L/s, lo que significa un caudal medio anual de 263,15 L/s. Para el año 2017 el caudal promedio anual extraído de la zona A1 y A2 fue de 261,26 L/s, equivale a un volumen de 8.238.949 m³, al compararlo con el caudal medio anual autorizado se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

-
- En cuanto a la extracción de agua dulce-salobre, esta se encuentra autorizada ambientalmente de manera conjunta por un total del 10,9 L/s entre los pozos Tilopozo y Tucúcaro, según RCA N° 403/2003; y se adicionan 6 L/s autorizados mediante RCA N° 21/2016. Sobre la base de estas autorizaciones ambientales, se cuenta con un caudal máximo para extracción conjunta de 16,9 L/s, y considerando que durante el año 2017 el caudal máximo extraído fue de 7 L/s, se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Finalmente, se indica que todas las variables monitoreadas a través del PSAH, cumplen a diciembre del 2017, con los límites establecidos en la evaluación ambiental indicados en la RCA N° 21/2016, lo cual da cuenta del mantenimiento del sistema, bajo las condiciones frente a las cuales se ve sometido.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al **Informe Anual N° 2 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (en adelante PSAH)**, el cual forma parte de las obligaciones ambientales del titular Albemarle² (en adelante ALB), derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental N° 21 de fecha 20 de enero del 2016 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta, en adelante RCA N° 21/2016, que calificó favorablemente el Proyecto “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”.

Conjuntamente, el presente informe incluye también los puntos de monitoreo comprometidos en el Considerando 2.3.1.3. de la R.E. N° 165 de fecha 14 de octubre del 2003 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, que modificó la R.E. N° 092 de fecha 31 de Mayo del 2000 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta que aprobó el proyecto “Construcción de Pozas de Evaporación Solar”, y lo establecido en el Resuelvo 4 de la R.E. N° 3132 de fecha 28 de noviembre del 2006 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, correspondiente a la autorización ambiental que aprobó el proyecto “Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar”.

En la Tabla 2-1 se identifican las Resoluciones de Calificación Ambiental que son consideradas en el presente informe.

Tabla 2-1 Proyectos y RCA consideradas en el Informe

Proyecto	Resoluciones
Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RCA N° 92/2000 modificada por R.E. N° 165/2003
Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RCA N° 64/2005 modificada por RCA N° 3132/2006
Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama	RCA N° 21/2016 modificada por R.E. N° 1472/2017

Fuente: Elaboración propia.

² Rockwood Litio Limitada a partir del día 01 de noviembre de 2017 modificó su razón social a “Albemarle Limitada”.

El PSAH da cumplimiento a lo establecido en el Considerando N° 7 de la RCA N° 21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua); Considerando N° 10.19 de la misma resolución, el que a su vez remite al Capítulo 3 del Anexo 3 de la Adenda 5; y a los compromisos vinculados a la componente hídrica de las otras dos RCA indicadas en la Tabla 2-1.

Específicamente, el Considerando N° 7 de la RCA N° 21/2016, establece los compromisos de seguimiento de variables físicas y bióticas. Los informes del PSAH dan cuenta de las variables físicas relacionadas con recursos hídricos, mientras que los informes del Plan de Manejo Biótico (PMB) cuyo último informe fue entregado con fecha 29 de Junio de 2017, dan cuenta de las variables bióticas. Al respecto cabe indicar que el Considerando N° 7 de la RCA N°21/2016 establece que la frecuencia de entrega del informe del PSAH es anual y se debe informar durante toda la fase de operación y los primeros 5 años de la fase de cierre del Proyecto (sólo para algunas de las variables ambientales), mientras que el PMB comienza en la fase de construcción y se entrega con frecuencia anual. Asimismo, se indica que la información bruta de resultados es entregada a la SMA con frecuencia trimestral, para el caso de seguimiento de variables físicas relacionadas a recursos hídricos, y en forma semestral, para seguimiento de variables bióticas.

De esta manera, el PSAH entrega el reporte y análisis de resultados del monitoreo de las variables ambientales que se indican en la Tabla 2-2, las que reflejan el comportamiento meteorológico, hidrológico, hidrogeológico e hidroquímico del área de estudio del Proyecto. Cabe indicar que para efectos del presente informe se ha privilegiado el uso de la nomenclatura utilizada en la RCA N° 21/2016 (Considerando 7), en cuanto a la definición de componentes ambientales y variables ambientales, que difiere a las definiciones establecidas en las consideraciones generales de la R.E. N° 223/2015 de la SMA.

Asimismo, las variables ambientales indicadas en la Tabla 2-2 serán agrupadas en cuatro sectores, determinados según sus características hidrológicas e hidrogeológicas, a saber:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este
- Sector Núcleo

Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales que se reportan

Componente Ambiental	Variable Ambiental
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas
	Aforo de Caudales superficiales
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce - salobre
	Posición de la Interfase Salina
	Caudales bombeado de Salmuera y de Agua dulce-salobre
FISICO Calidad del Agua	Calidad química del agua en agua superficial y subterránea

Fuente: Elaboración propia en base a Considerando N° 7 de RCA N° 21/2016.

Adicional a lo anterior, se destaca que el presente PSAH incluye el reporte de los puntos de activación del Plan de Alerta Temprana (PAT) con respecto a los umbrales establecidos en el Considerando N° 10.18 de la RCA N° 21/2016, el que a su vez remite al Capítulo 4 del Anexo 3 de la Adenda 5; el cual permite detectar anticipadamente, en el tiempo y en el espacio, desviaciones del nulo efecto pronosticado sobre los objetos de protección (sistemas lagunares).

El PSAH es un compromiso ambiental aplicable para las Fases de Operación y Cierre del Proyecto, iniciando la fase de operación con fecha 28 de septiembre de 2016³, razón por la cual se genera el presente Informe N° 2 de PSAH, el que entrega información de monitoreo del año calendario 2017. En relación al periodo informado cabe indicar que en el numeral 3.5.2 del Anexo 3 de la Adenda 5 se señaló que: *“El informe será entregado dentro del plazo de tres meses siguientes al término de cada año calendario”*.

De acuerdo a lo anteriormente señalado, se considera relevante indicar que los monitoreos de todas las variables que se encuentran dentro de los alcances específicos autorizados⁴ por

³ El inicio de la fase de operación fue informado con una semana de anticipación a la SMA con Carta MA 012.2016, recepcionada con fecha 21.09.2016, SMA Cod.50067.

⁴ De acuerdo a lo indicado por la SMA, aquellas actividades que no estén incluidos en los alcances de las ETFA autorizadas, podrán continuar desarrollándose de manera transitoria por empresas que cumplan con la Resolución Exenta N° 37/2013 de la Superintendencia del Medio Ambiente, que “Dicta e instruye normas de carácter general sobre Entidades de Inspección Ambiental y validez de reportes” (disponible en <http://entidadestecnicas.sma.gob.cl/Home/Documentos>), hasta que la SMA autorice a ETFA en dichos alcances. Respecto de aquellos alcances que involucren actividades muestreo, medición y/o análisis, para los que no existan empresas acreditadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN), ni autorizadas por organismos de la administración del Estado (Res. Ex. N° 37/2013 SMA), podrán seguir siendo ejecutados por las empresas que lo han realizado hasta ahora.

la SMA fueron realizados con Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental, en adelante ETFA, cumpliendo así con lo señalado por la autoridad ambiental.

En la misma línea de trabajo, la elaboración de este informe considera las instrucciones generales sobre la elaboración de informes de seguimiento ambiental dictado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) en su R.E. N° 223/2015.

Dicho lo anterior, en la Tabla 2-3 se presentan los considerandos y/o resueltos de las Resoluciones de Calificación Ambiental reportadas en este informe y en la Tabla 2-4 aquellos compromisos que se desprenden del Anexo 3 de Adenda 5 del proceso de evaluación ambiental (vinculado al numeral 10.19 de la RCA N° 21/2016).

Tabla 2-3 Identificación de Considerandos en las RCAs

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
RCA N° 92/2000	Considerando 9. Primer Bullet	Realizar el monitoreo de la calidad química del acuífero de salmuera y entrega de dichos resultados a la COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.
	Considerando 9. Segundo Bullet	Realizar el monitoreo del nivel freático de las aguas subterráneas, y entrega de dichos resultados a la COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.
	Considerando 9. Cuarto Bullet	Entregar al Secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de salmuera extraídos desde cada uno de los 12 pozos de producción.
	Considerando 9. Quinto Bullet	Entregar al Secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección regional de Aguas, los volúmenes mensuales de agua extraídos desde los puntos de captación con derechos de aprovechamiento de agua.
R.E. N° 165/2003 que modifica RCA N° 92/2000	Resuelvo 2.3.1.3.a	Instalación de al menos 4 estacas perimetrales numeradas, en el borde Norte y Este de la mayor porción anegada de la laguna Interna.
	Resuelvo 2.3.1.3.b	Instalación de una regla limnimétrica en la desembocadura de la laguna Interna, del canal aportante proveniente de la laguna Saladita.
RCA N° 3132/2006 que modifica a la RCA N° 64/2005	Resuelvo 4. Primer Bullet	Ejecución de monitoreo de la calidad química del acuífero de salmuera y entrega de dichos resultados a la COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.
	Resuelvo 4. Segundo Bullet	Ejecución de monitoreo del nivel freático de las aguas subterráneas, y entrega de dichos resultados a COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas.
	Resuelvo 4. Cuarto Bullet	Entrega al Secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de salmuera extraídos desde cada uno de los 3 pozos de producción, correspondientes al proyecto que se resuelve en el presente acto
	Resuelvo 4. Quinto Bullet	Entrega al Secretario de COREMA II Región con copia a la Dirección Regional de Aguas, los volúmenes mensuales de agua extraídos para el proyecto desde los puntos de captación con derechos de aprovechamiento de agua
RCA N° 21/2016	Considerando 7. FISICO Hidrogeología	Profundidad Nivel en salmuera en m s.n.m. Con procedimiento de medición manual de profundidad con pozómetro, con frecuencia mensual y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Niveles o límites comprometidos: Descenso según modelo.
		Profundidad Nivel en agua dulce-salobre en m s.n.m. Con procedimiento de medición manual de profundidad con pozómetro, con frecuencia mensual y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Niveles o límites comprometidos: Mantener los niveles dentro de los rangos de oscilación natural.

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
		<p>Conductividad Eléctrica vs Profundidad (Posición de Interfase Salina). Con procedimiento de medición de conductividad eléctrica vs. profundidad en piezómetros, con frecuencia trimestral y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Niveles o límites comprometidos: Mantener la posición de la interfase salina.</p> <p>Flujo de Evaporación en mm/día Evapotranspiración. Con procedimiento de medición continua mediante lisímetros u otros equipos acordados con la DGA del flujo de evaporación en mm/día, con frecuencia continua (diaria) y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. No aplica niveles o límites comprometidos.</p> <p>Caudales bombeados de salmuera en cada pozo en l/s. Con procedimiento de medición en l/s mediante caudalímetros certificados por DGA, con frecuencia mensual y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Además de datos disponibles en tiempo real en plataforma online. Niveles o límites comprometidos son mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente.</p> <p>Caudales bombeados de agua dulce-salobre en cada pozo en l/s. Con procedimiento de medición en l/s mediante caudalímetros certificados por DGA, con frecuencia mensual y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Además de datos disponibles en tiempo real en plataforma online. Niveles o límites comprometidos son mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente.</p> <p>Plan de Alerta Temprana (PAT). Entrega de información a SMA y DGA Región de Antofagasta.</p>
	Considerando 7. FISICO Hidrología	<p>Aforo de Caudales superficiales en l/s. Con procedimiento de medición de aforo manual en l/s, con frecuencia trimestral y reporte digital trimestral y reporte anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Niveles o límites comprometidos son mantener los caudales dentro de su variación histórica.</p> <p>Nivel limnimétrico de las Lagunas en m s.n.m. Procedimiento de medición de campo en m s.n.m., con frecuencia mensual y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. Niveles o límites comprometidos son mantener los niveles dentro de los rangos de oscilación natural.</p> <p>Superficie cubierta por lagunas en m². Procedimiento de medición en m² de imágenes satelitales de alta definición y apoyo en terreno, con frecuencia semestral y reporte digital semestral e informe anual. Niveles o límites comprometidos son mantener la superficie sobre mínimo histórico.</p>

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
	Considerando 7. FISICO Clima y Meteorología	Variables meteorológicas. Precipitación diaria en mm, Evaporación en lámina libre en mm, Presión atmosférica en mbar Se recopilarán los datos de las estaciones disponibles de la cuenca. Procedimiento de medición de toma de datos en estación meteorológica EM-Rockwood y recopilación de datos en estaciones de la cuenca, de frecuencia continua (diaria) y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA Región de Antofagasta. No aplica niveles o límites comprometidos.
	Considerando 7. FISICO Calidad del Agua	Parámetros Físicos <i>in situ</i>: pH, C.E., Ta, TDS y Oxígeno Disuelto. Parámetros físico-químicos laboratorio: pH, C.E., TDS y Densidad. Elementos mayoritarios: Cl ⁻ , SO ₄ ⁼ , HCO ₃ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , y K ⁺ . Elementos minoritarios y trazas: B, Li, Sr, Al, As, Fe, Si. Procedimiento de medición mediante mediciones de campo y análisis de laboratorio, frecuencia trimestral y reporte digital trimestral e informe anual a SMA y DGA región de Antofagasta. Niveles o límites comprometidos son mantener dentro de variabilidad natural.
R.E. N° 1472/2017 que modifica RCA N° 21/2016 ⁵	Resuelvo 1 Primer bullet	El alcance del Plan de Seguimiento Ambiental, expuesto en el considerando 7 de la RCA, respecto del componente ambiental "Físico Hidrogeología", para el monitoreo "Niveles freáticos de agua dulce -salobre" y "Posición de interfase salina", debe citar únicamente la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7 del Anexo 3 de la Adenda N° 5 del proceso de evaluación de Proyecto, en atención a lo expuesto en el considerando 10.1 de esta Resolución.
	Resuelvo 1 Segundo bullet	El alcance del Plan de Seguimiento Ambiental, expuesto en el considerando 7 de la RCA, respecto del componente ambiental "Físico Calidad del Agua", para el monitoreo "calidad química del agua superficial y subterránea", debe citar únicamente la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7 del Anexo 3 de la Adenda N° 5 del proceso de evaluación de Proyecto, en atención a lo expuesto en el considerando 10.2 de esta Resolución.
	Resuelvo 1 Tercer bullet	El objeto de protección asociado al Plan de Seguimiento Ambiental, corresponde a las aguas del Salar de Atacama, y el acuífero de la zona marginal que alimenta estas aguas, por lo que los puntos de monitoreo asociados al componente "calidad del agua", recae sobre las aguas que alimentan los sistemas lagunares y, por lo tanto, la calidad química de salmuera que se extrae de los pozos de producción, no es una variable relevante para los fines ambientales que sustenta la RCA.

Fuente: Elaboración propia en base a las RCAs señaladas.

⁵ Resolución adjunta en el Anexo I.

Tabla 2-4 Variables Ambientales comprometidas en el PSAH del Anexo 3 de Adenda 5

Documento	Numeral	Transcripción
Adenda 5, Anexo 3 "Plan de Seguimiento Ambiental y Plan de Alerta Temprana de los Recursos Hídricos"	Numeral 3.2.1.	El nivel freático o piezométrico se reportará en m s.n.m. pero se medirá como profundidad del agua en unidades de longitud en pozos y piezómetros ubicados en el Núcleo, la Zona Marginal y borde del Salar. Para ello se contará con la topografía de la cota collar o de referencia para cada uno de los puntos de monitoreo. Este parámetro se medirá de forma manual, con periodicidad mensual, a un total de 124 puntos que se representan en el punto 3.3.4.
	Numeral 3.2.2.	El monitoreo de la posición de la interfase salina se realizará a través de la medición manual de perfiles de conductividad eléctrica en piezómetros habilitados con tubería ranurada en toda su extensión. Los resultados se reportarán como gráficos de profundidad versus conductividad eléctrica. Para conocer la cota altimétrica (m s.n.m.) de la posición de la interfase se contará con la topografía de la cota collar o de referencia para cada uno de los puntos de monitoreo Esta variable se medirá con una periodicidad trimestral, en un total de 14 puntos y se presentan en el punto 3.3.4.
	Numeral 3.2.3.	La medición de caudales , se realizará mediante aforos por vadeo con la utilización de un aforador de hélice o molinete. La medida se realizará con frecuencia trimestral en un total de 6 puntos ubicados en los sectores de Peine (5) y Borde Este (1). La ubicación de estos puntos se representa en el punto 3.3.4.
	Numeral 3.2.4.	La calidad del agua superficial de las vertientes, lagunas, y aguas subterráneas de los acuíferos del borde del Salar se determinará a partir de la medición de parámetros <i>in situ</i> y del muestreo de aguas para su análisis en laboratorio. Estos análisis se realizarán en un laboratorio certificado siguiendo los protocolos y recomendaciones de la norma NCh 411 para el muestreo de aguas y las que indique el laboratorio según sus propios requerimientos. Esta variable se medirá con una periodicidad trimestral, a un total de 40 puntos, y su ubicación se presenta en el punto 3.3.4.
	Numeral 3.2.5.	El nivel de agua de las lagunas se medirá como cota topográfica del espejo de agua en m s.n.m. por lo tanto se dispondrá de la cota topográfica de referencia del punto de monitoreo. Esta medida se realizará mediante la instalación de una regla limnimétrica (limnómetro), adherida a una estaca. Este parámetro se medirá de forma manual con una frecuencia mensual, en un total de 17 puntos. La ubicación de estos puntos se presenta en el punto 3.3.4.

Documento	Numeral	Transcripción
	Numeral 3.2.6.	La superficie cubierta por las lagunas (área inundada) se medirá en los sistemas Peine, La Punta-La Brava, Soncor y Quelana donde esta variable se considera además de referencia ubicada en sectores vecinos no influenciados. Esta variable se medirá a partir del análisis de imágenes satelitales por resultar la opción menos invasiva. Se utilizarán imágenes de satelitales multiespectrales con un tamaño de pixel de máximo 4 metros que incluirán los sistemas lagunares de La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor. Las imágenes de alta resolución se focalizarán en aquellas áreas de mayor interés y se realizará la toma de dos imágenes al año, en Julio y Diciembre, con un margen de más o menos un mes para asegurar la disponibilidad de imágenes despejadas y sin nubes que pudieran perjudicar el análisis de la misma. Además, con el objetivo de generar una correlación de estas imágenes de alta resolución con la serie histórica disponible de imágenes satelitales LANDSAT, de menor resolución, se realizará en forma simultánea un análisis y correlación con una imagen de baja resolución disponible del satélite LANDSAT8 o similar, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición. Para la determinación de la superficie cubierta por lagunas, en la imagen de alta resolución se utilizará metodología Modificación del Índice Normalizado de diferencias de agua (MNDWI), que determina la presencia de agua mediante la respuesta espectral del infrarrojo medio. Esta variable se medirá con una frecuencia semestral para permitir comprender la dinámica estacional, en los cuatro polígonos que se describen en la sección 3.3.3.
	Numeral 3.2.7.	Las variables meteorológicas se medirán a partir de la estación meteorológica denominada EM-Rockwood, en el Salar de Atacama, siendo los siguientes parámetros meteorológicos: Precipitación diaria [mm], Evaporación en lámina libre [mm], Temperatura atmosférica [°C] y Presión Atmosférica [mbar]. Estos parámetros se medirán en forma continua.
	Numeral 3.2.8.	El parámetro de la evapotranspiración se medirá en forma continua a través de lisímetros del tipo “carga constante” u otros equipos que permitan medir la evaporación real en forma continua, y que deberán ser propuestos a la DGA en un plazo máximo de 60 días después de aprobada la RCA del Proyecto. Para ello, estos equipos contarán con la instrumentación e infraestructura necesaria incluyendo, si corresponde, un pequeño piezómetro con un sensor de medición de nivel continuo. Este parámetro se medirá en forma continua en un total de 10 puntos en el Núcleo y Zona Marginal del Salar.
	Numeral 3.2.9	Los volúmenes bombeados de salmuera en el Núcleo y de agua dulce-salobre en los acuíferos del borde del Salar constituyen una salida del recurso hídrico y minero de la cuenca. Estos caudales son considerados en los modelos numéricos para determinar el efecto de esta explotación sobre los niveles freáticos del Núcleo, Zona Marginal o borde del Salar. Se medirá el volumen mensual bombeado, en m ³ , desde cada uno de los pozos que extraen salmuera o agua del acuífero para el presente proyecto, mediante el uso de caudalímetros o flujómetros certificados. La información estará disponible a tiempo real en línea y se remitirá de forma trimestral

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, y dando cumplimiento a lo establecido en la R.E. N° 223/2015 de la SMA, en la Tabla 2-5 se identifican las instituciones que llevaron a cabo las labores de medición, muestreo y análisis según corresponda a las variables ambientales durante el año 2017.

Tabla 2-5 Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Medición	Muestreo	Análisis
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas	Albemarle	No aplica	No aplica
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas	Cedrem Consultores y Apogeos	No aplica	No aplica
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas	SGA	No aplica	No aplica
	Aforo de Caudales superficiales	SGA	No aplica	No aplica
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	SGA	No aplica	No aplica
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	SGA	No aplica	No aplica
	Posición de la Interfase Salina	SGA	No aplica	No aplica
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Albemarle	No aplica	No aplica
FISICO Calidad del Agua	Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab

Fuente: Elaboración propia.

3 OBJETIVOS

El Plan de Seguimiento Ambiental de los Recursos Hídricos es concebido como una herramienta de gestión para monitorear en forma periódica el componente hídrico de la cuenca del Salar de Atacama en cuanto a sus variables físicas y químicas más importantes, las cuales reflejan y permiten analizar el comportamiento del sistema y de paso permiten la actualización de la modelación numérica. Asimismo, tiene por objeto dar cumplimiento a los considerandos correspondientes a la componente hídrica, asociado al Considerando N° 7, 10.18 y 10.19 de la RCA N° 21/2016.

El monitoreo periódico permite tener información actualizada y trazable a lo largo del tiempo de las variables del sistema hidrológico e hidrogeológico, las cuales permiten analizar el comportamiento del sistema.

Los objetivos específicos de las variables que se monitorean en el presente plan de seguimiento ambiental son los siguientes:

- Monitorear el sistema hidrológico e hidrogeológico general.
- Realizar un análisis histórico de las variables monitoreadas, enfatizando en el comportamiento de éstas durante el año 2017 con respecto a la data histórica existente.
- Realizar un seguimiento sobre variables de referencia ubicados en sectores vecinos no influenciados, lejanos al área de explotación de Albemarle.
- Realizar un análisis integrado de las variables que corresponda, de manera de prever el comportamiento en el sistema, tanto del núcleo, zona marginal, como acuífero y principalmente en los objetos de protección.
- Verificar el comportamiento previsto del sistema hídrico como respuesta tanto a las condiciones hidrológicas y meteorológicas (estadísticamente calculadas) como a los efectos de la explotación del Proyecto en los puntos del PAT.
- Facilitar la fiscalización del Proyecto entregando la información levantada en terreno y analizada, proporcionando una herramienta de gestión y control durante la fase de operación del Proyecto y los 5 primeros años de la fase de cierre.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

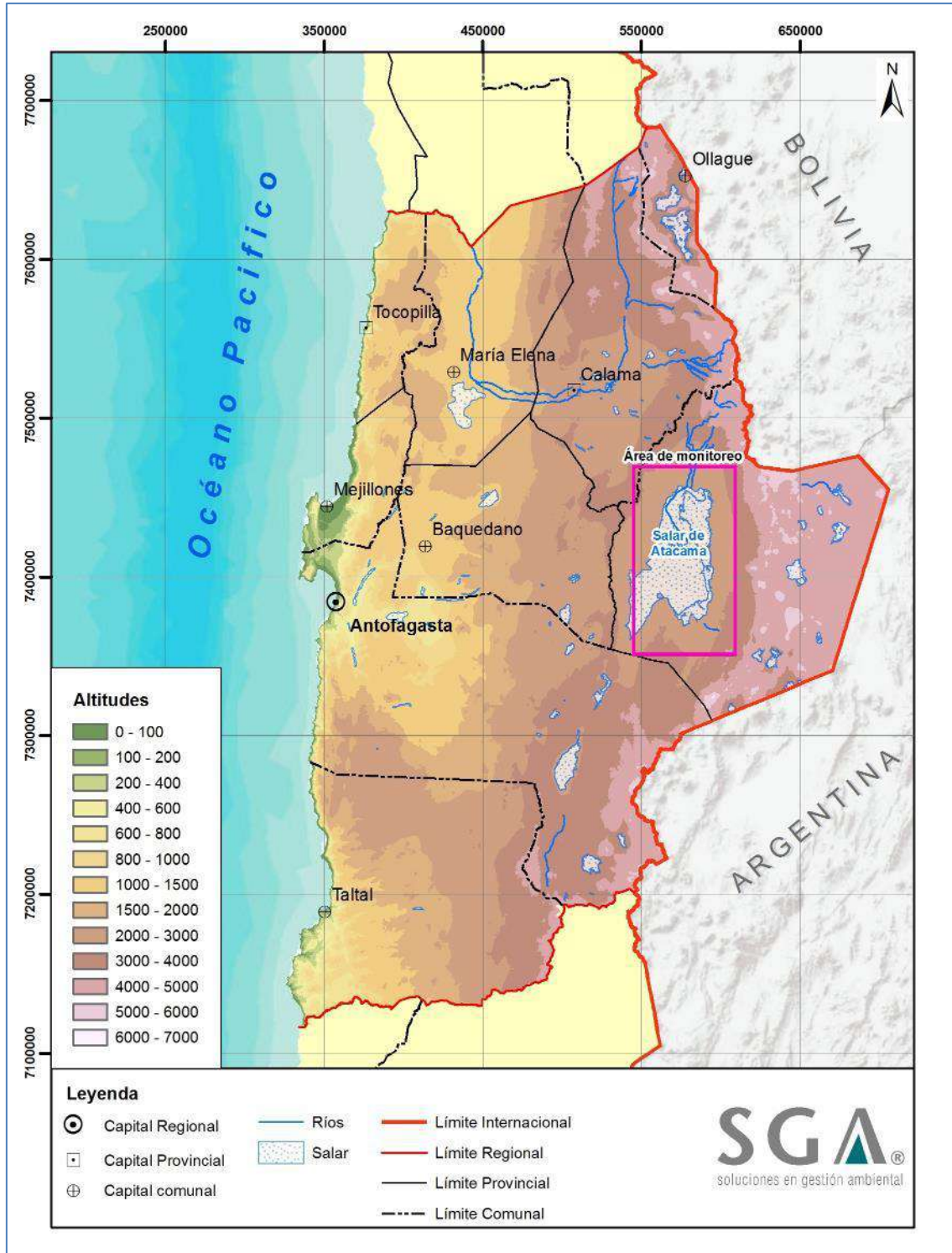
4.1 Área de Estudio

El área de estudio se enmarca en la cuenca hidrológica del Salar de Atacama, la cual se encuentra administrativamente en la comuna de San Pedro de Atacama, en el extremo oriente de la Región de Antofagasta y muy cercana al límite internacional con las repúblicas de Argentina y Bolivia, como se muestra en la Figura 4-1. El Salar de Atacama se sitúa en una zona plana con una altitud promedio de 2.300 m s.n.m. y se ubica geográficamente dentro de la denominada “Gran Fosa” donde concurren aportes fluviales que desembocan en el borde norte del salar por los ríos San Pedro y Vilama, además de los aportes de vertientes transversales que provienen de las lluvias estivales, y rodeada al Oeste por la Cordillera de Domeyko y al Este por la Cordillera Prealtiplánica.

La cuenca del Salar de Atacama corresponde a una cuenca endorreica, en el depocentro de la cual se encuentra el Salar de Atacama. El Salar de Atacama está compuesto mayoritariamente por depósitos evaporíticos (cloruros, sulfatos y carbonatos) con intercalaciones menores de materiales detríticos (arcillas, limos, cenizas de origen volcánico, y arenas). A su vez, el núcleo del salar está compuesto principalmente por halita con un espesor que puede superar los 1.800 m., y en superficie se encuentra una costra de este material. La formación del núcleo y de la costra se interpreta por efecto de la evaporación de salmuera desde una profundidad muy somera, inferior a 1 m. En el depósito de halita del núcleo del Salar se encuentra un acuífero de salmuera, el cual presenta en general, en sus primeros 50 metros, valores de porosidad y la conductividad hidráulica mayores que en el resto del acuífero en profundidad.

En los límites Norte, Sur y Este del Núcleo, se sitúa una banda de sedimentos evaporíticos de color más claro, lo que se denomina Zona Marginal. En la Zona Marginal Este y Sur, se sitúa la interfase salina, que separa las aguas dulces-salobres, de densidad menor ($\approx 1 \text{ g/cm}^3$) procedentes de los acuíferos de estos bordes, de la salmuera más densa ($\approx 1,22 \text{ g/cm}^3$) presente en el Núcleo. En el Norte, donde la zona Marginal es mucho más amplia, no se ha observado la presencia de una interfase salina brusca, sino una gran zona de transición, o interfase difusa, de más de 30 km de ancho, en la que las aguas procedentes de las subcuencas aportantes del Norte, así como de la infiltración de los cauces de los ríos Vilama y San Pedro, se van salinizando progresivamente, hasta convertirse en salmuera, ingresando al Núcleo por el Norte.

Figura 4-1 Ubicación General del Salar de Atacama

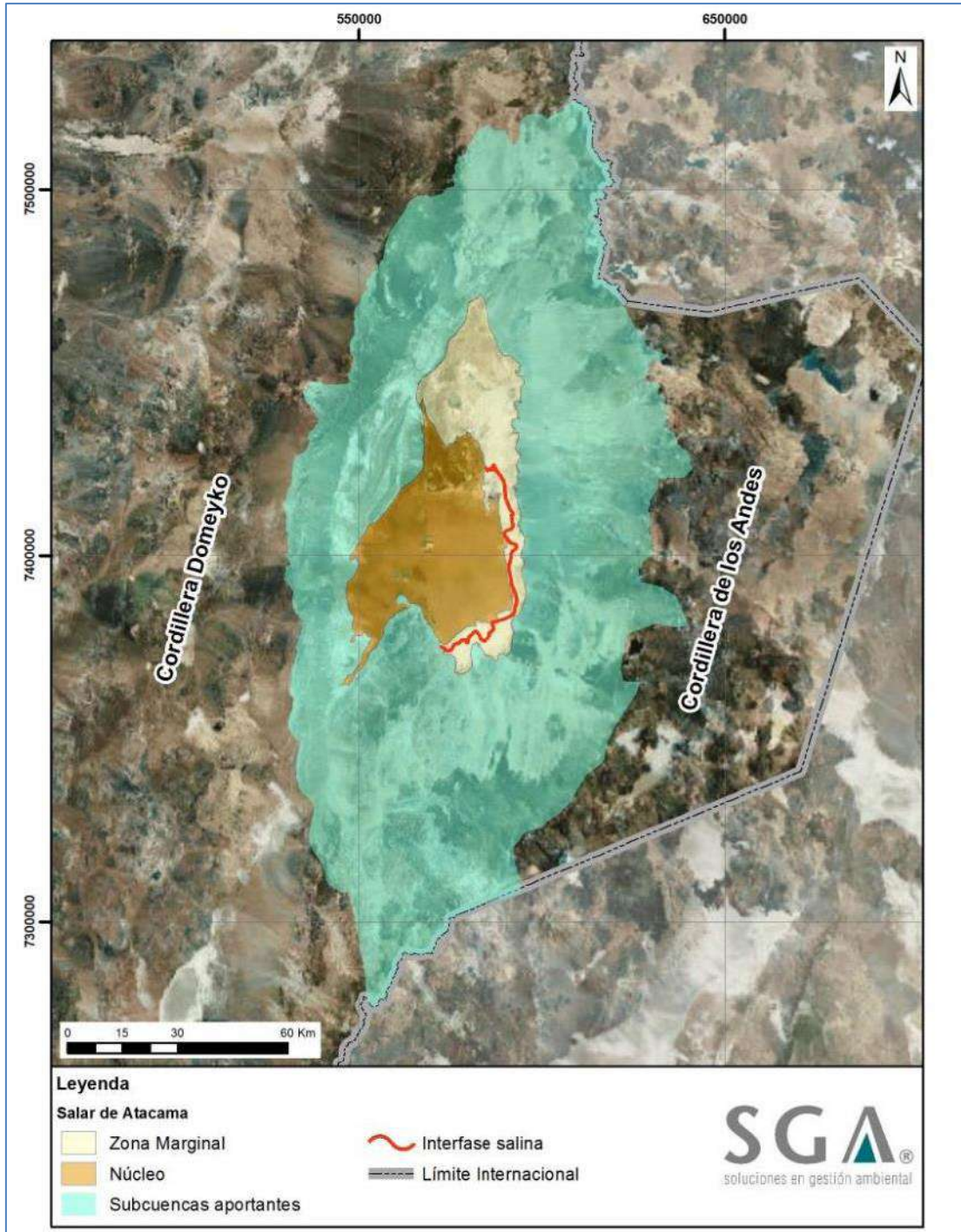


Fuente: Elaboración propia.

La interfase salina en los bordes Este y Sur supone una separación hidráulica subterránea, de tal manera que el flujo procedente desde los acuíferos de las subcuencas aportantes se ve forzado a ascender, alcanzando la superficie y formando los Sistemas Lagunares permanentes, como es el caso de los sistemas de La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor.

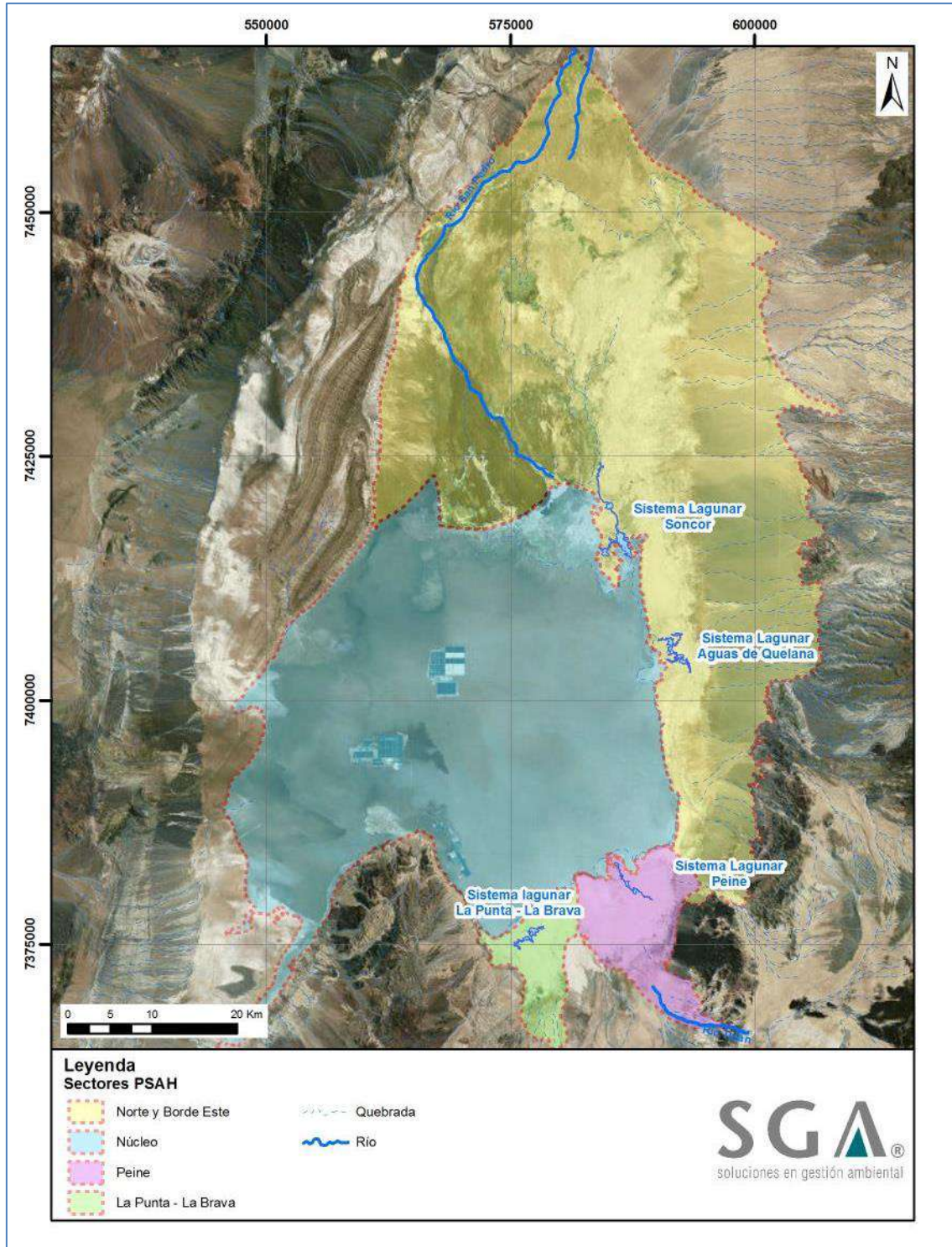
Los monitoreos que se realizan en el marco de este PSAH se circunscriben al Núcleo y a la Zona Marginal del Salar de Atacama, áreas que se presentan en la Figura 4-2. Dichas áreas son divididas para el análisis del PSAH en los sectores denominados “La Punta – La Brava”, “Peine”, “Norte y Borde Este” y “Núcleo”, tal y como se muestra en la Figura 4-3.

Figura 4-2 Zonas en el Salar de Atacama



Fuente: Figura 2-1 del Anexo 3 PSA y PAT de la Adenda 5.

Figura 4-3 Sectores del PSAH



Fuente: Elaboración propia.

4.2 Variables Ambientales, Parámetros y Ubicación de los Puntos de medición y muestreo

En la Tabla 4-1 se resumen las 9 variables ambientales que se monitorean periódicamente en el área de estudio, los parámetros utilizados para caracterizar el estado y evolución de las variables, el número de puntos de monitoreo para cada variable y su frecuencia de monitoreo.

Tabla 4-1 Resumen Variables Ambientales y Parámetros

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Parámetros	N° de mediciones	Frecuencia de Medición
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas	Precipitación diaria en [mm], Temperatura atmosférica en [°C], Evaporación en lámina libre en [mm], Presión atmosférica en [mbar]	1	Diaria (Continuo)
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas	Superficie en [m ²] de sistemas lagunares	4	Semestral
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Nivel en [m s.n.m.]	17	Mensual
	Aforo de Caudales superficiales	Caudal en [l/s]	6	Trimestral
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	Flujo de evaporación en [mm/día]	22	Trimestral (Domos)
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Profundidad Nivel en [m s.n.m.]	124	Mensual
	Posición de la Interfase Salina	Conductividad Eléctrica [μS/cm] v/s Profundidad [m s.n.m.]	14	Trimestral
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Caudal de salmuera en [l/s]	19 y puntos de nueva construcción	Mensual
		Caudal de agua industrial en [l/s]	2 y pozo Peine	Mensual
FISICO Calidad del Agua	Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros Físicos in situ: pH, C.E., T°, TDS y Oxígeno Disuelto. - Parámetros físico-químicos laboratorio: pH, C.E., TDS y Densidad. - Elementos mayoritarios: Cl-, SO4=, HCO3-, NO3-, Ca2+, Mg2+, Na+, y K+. - Elementos minoritarios y trazas disueltos: Al, As, B, Fe, Li, Si, Sr. 	40	Trimestral

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la variable evapotranspiración la instalación prevista de lisímetros en la cuenca para la medición continua de esta variable aún no se ha realizado, en atención a las gestiones que están en marcha para el acuerdo de sus características y ubicaciones con la Dirección General de Aguas. A continuación, se entrega el contexto de la instalación de estos equipos y las razones por la cual aún no se encuentran construidos.

- El Anexo 3 (numeral 3.3.2) de la Adenda 5 del EIA señala que *“La evapotranspiración real se medirá a partir de lisímetros u otros equipos que se instalarán en 10 puntos de medición distribuidos en el Núcleo y la Zona Marginal del Salar. Los equipos que se instalarán y sus características serán acordados con la DGA en dos reuniones técnicas que se realizarán en hasta 60 días después de la aprobación del Proyecto. Estos equipos podrán ser calibrados o ajustados, si corresponde, con las mediciones realizadas con domos.”*
- En el punto 3.4 del Anexo 3 de la Adenda 5 se indicó además que *“Posteriormente a estas reuniones se procederá a la habilitación de los puntos de control de la evaporación lo cual finalizará en un plazo máximo de 12 meses desde la aprobación del proyecto”*.
- En ORD N° 15 de pronunciamiento la DGA sobre el ICSARA 5 del Proyecto este servicio sugirió (“aclara”) que *“dicho plazo deberá contabilizarse a partir del Oficio que DGA envíe a la SMA, pronunciándose sobre los equipos y sus características”*.
- Los puntos anteriores fueron recogidos en la RCA con la condición específica 10.4, que indica *“Los equipos que se instalarán y sus características para las mediciones para el PSA y PAT en el Salar de Atacama, deberán ser propuestos a través de un informe escrito a presentar a la SMA, con copia a la DGA”*, la condición específica 10.5, que dice *“La ubicación de los lisímetros a instalar –u otros equipos- para el PSA y PAT en el Salar de Atacama, deberá ser propuesta por el titular con un informe escrito a presentar a la SMA (...)”*, y la condición específica 10.6, que dice *“La distribución del instrumental destinado a medir evaporación para el PSA y PAT en el Salar de Atacama deberá ser representativa de la heterogeneidad del Salar. Por ello, se pide agregar un lisímetro en el borde Oeste del Salar.”*

Con respecto a las condiciones 10.5 y 10.6, se realizaron dos reuniones técnicas con la DGA con fecha 25 de febrero 2016 y 17 de marzo 2016 para tratar el tema. Posteriormente, con fecha 23 de junio de 2016, se ingresó a la DGA el informe con la propuesta de ubicación de los 10 lisímetros contemplados en la RCA, mediante carta GG499/2016. Más adelante, con fecha 24 de octubre 2016 se recibieron observaciones al informe⁶ las cuales fueron respondidas mediante el informe de respuestas ingresado a la DGA el 17 de Marzo 2017, mediante carta MA017/2016. Después de esto, con fecha de 09 de Junio de 2017, se

⁶ Ord DGA N° 597 de 24.10.2016.

recibieron más observaciones a dicho informe de respuestas⁷. Con el fin de aclarar principalmente el requerimiento de la DGA de instalar un lisímetro en el borde Oeste, el 07 de Julio de 2017 se realizó otra reunión técnica y con fecha 01 de Diciembre de 2017 se ingresó formalmente el informe de respuestas a las observaciones del último oficio ordinario, con carta MA104/2017, atendiendo lo conversado en la última reunión técnica con respecto a la ubicación de los lisímetros y contemplando la instalación de un onceavo lisímetro en el borde Oeste del Salar de Atacama. Con fecha de 20 de diciembre de 2017 la DGA se pronunció⁸ validando la ubicación de los 11 lisímetros. Los respaldo de los ordinarios DGA citados se adjuntan en el Anexo I.

A la fecha del presente informe Albemarle está coordinando la instalación de los 11 lisímetros en las ubicaciones acordadas, los cuales se tiene planificado instalar antes del 20 de diciembre del 2018.

Sin perjuicio de lo anterior, según lo acordado en la RCA N° 21/2016 y para dar continuidad a las mediciones mientras no se instalan los lisímetros, se han realizado campañas trimestrales de medición de evapotranspiración con domos⁹, las cuales se mantendrán en el tiempo hasta la fecha que disponga la Autoridad Ambiental, por cuanto permitirán calibrar las mediciones con los lisímetros.

Para el caso de las variables meteorológicas la medición de los parámetros se realizará de manera continua para cada una de ellas. Sin embargo para efectos de entregar los resultados, esta información continua se integra a un valor por día.

Asimismo, es necesario señalar que en el caso de la información proveniente de caudales bombeados, se realiza un monitoreo en línea y en tiempo real.

A efectos de entregar los resultados de los análisis respectivos, las variables niveles freáticos, niveles limnimétricos de lagunas, posición de la interfase salina, aforo de caudales superficiales y calidades químicas de aguas superficiales y subterráneas, se presentan agrupadas en cuatro sectores de la cuenca mostrados en la Figura 4-3, determinados según sus características hidrológicas e hidrogeológicas, a saber:

- Sector La Punta-La Brava
- Sector Peine
- Sector Norte y Borde Este
- Sector Núcleo

⁷ Ord DGA N° 348 de 09.06.2017.

⁸ Ord DGA N° 875 de 21.12.2017.

⁹ El método de los domos permite obtener información puntual de la evapotranspiración.

Para el caso de las variables meteorológicas, evapotranspiración y superficie lagunar, el análisis de la información se realiza a nivel de cuenca.

En cuanto a los bombeos de salmuera, éstos son analizados por área de bombeo.

Es importante señalar que todos los monitoreos realizados en torno a las lagunas, han cumplido con el protocolo de acceso a zonas sensibles, presentado en el Apéndice B, Anexo 3 de la Adenda 5 de manera de no generar perturbación sobre las lagunas en la época de reproducción de flamencos y otras aves del lugar, ni de transgredir los procedimientos de las comunidades administradoras de estos sectores de la cuenca, en particular las comunidades de Coyo, Toconao y Peine. De este modo, y de acuerdo a los permisos otorgados, habrá ciertas variables, como por ejemplo altura limnimétrica y evapotranspiración, que no fueron medidas siempre con la periodicidad deseada, con el fin de respetar los protocolos.

4.2.1 Implementación del Plan de Monitoreo

El Plan de Seguimiento Ambiental contempla un total de 150 puntos de monitoreo u observación. Al momento de aprobarse la RCA en enero del 2016, se encontraban implementados 97 puntos; la implementación total de la red de monitoreo quedó establecida en la evaluación ambiental de acuerdo al programa que se entrega en la Figura 4-4, donde los meses se contabilizan desde la fecha de inicio del Proyecto (28.09.2016), que fue informada con una semana de anticipación a la SMA con Carta MA 012.2016, recepcionada con fecha 21.09.2016, SMA Cod.50067.

Asimismo, en la Figura 4-4 se presenta el estado actual de la red de monitoreo.

Figura 4-4 Programa de Implementación de Plan de Monitoreo

Etapa	Puntos PSA ¹	Meses desde Inicio del Proyecto																								Estado	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Etapa 1	17 Limnímetros	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
Etapa 2	10 Lisímetros	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Por construir
Etapa 1	CS-01	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	ES-09	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	ES-10	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	PN-02	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	PN-15	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	PN-18	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	PN-19	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	PP-01	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	PP-03	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
	Sample 4A	■	■	■	■	■	■	■																			Operativo
Etapa 2	ES-04							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	ES-05							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	MP-08A							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	MP-08C							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Sellado por presentar surgencia, por construir reemplazo MP-08C-1	
	PN-03							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	PN-06							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	PN-09							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	PN-13							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
Etapa 3	PP-02							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Operativo	
	ES-01																									Operativo	
	ES-03																									Operativo	
	ES-11																									Operativo	
	MP-07A																									Operativo	
	MP-07C																									No intercepto cuña salina, se reemplazó por MP-07C-1, el cual se encuentra operativo	
	MP-09A																									Operativo	
	MP-09C																									Operativo	
Etapa 4	MP-12A																									Operativo	
	MP-12C																									Operativo	
	ES-02																									Operativo	
	ES-06																									Operativo	
	ES-07																									Operativo	
	ES-08																									Operativo	
	PN-04																									Operativo	
	PN-07																									Operativo	
PN-10																									Operativo		
PN-11																									Operativo		
	Trabajos de perforación	■	■	■	■	■	■	■																			
	Levantamiento topográfico	■	■	■	■	■	■	■																			

(1) Los puntos donde no sea posible el acceso sin que esto suponga una perturbación en los ecosistemas, destacando la nidificación de los flamencos u otras aves, serán construidos una vez pueda accederse al área

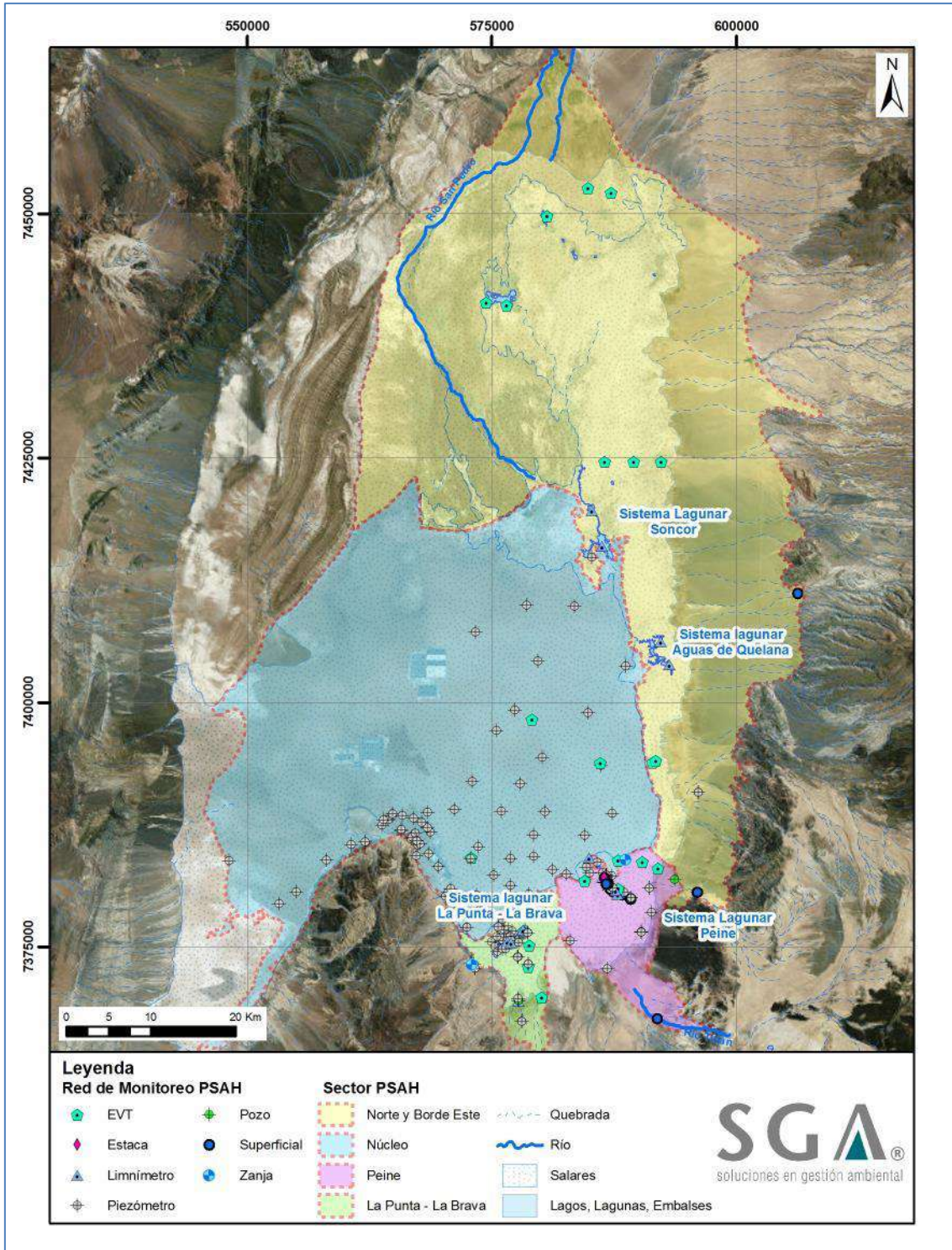
Fuente: Adaptado de Figura 3-10 Anexo 3 Adenda 5 EIA.

Como es posible apreciar en la Figura 4-4, el programa de implementación de la infraestructura de la red de monitoreo ha sido concebido en cuatro etapas sucesivas de 6 meses cada una. A la fecha del presente documento se ha informado la implementación de las cuatro etapas a la SMA mediante carta MA 02/2017 (Etapa 1), MA 035/2017 (Etapa 2), MA 064/2017 (Etapa 3) y MA 087/2017 (Etapa 4), excluyendo lo relacionado con los lisímetros por las razones que se han indicado anteriormente.

En la Figura 4-5 se muestra de manera general la ubicación de los puntos que componen la red de monitoreo en los distintos sectores, señalando el tipo de medición asociada y grilla coordenadas UTM WGS 84 Huso 19 Sur.

Las coordenadas y elevaciones de los nuevos puntos implementados en la red se determinaron con un levantamiento topográfico. El informe de nivelación de precisión de la red es solicitado por la condición específica 10.3 de la RCA 21/2016 y se entregará al término de la implementación de toda la red de monitoreo del PSAH, lo cual se encuentra superditado a la construcción de los lisímetros. Específicamente, para las cotas altimétricas, es importante resaltar que, dado que los métodos geodésicos -tanto los que trabajan con arrastre de coordenadas y elevaciones desde vértices IGM, como los que realizan nivelaciones geométricas y trigonométricas-, utilizan distintos números de puntos de control que permiten determinar la precisión de las medidas y de la campaña en particular, se hace necesario realizar al final una homologación de toda la red de puntos para asegurar una precisión homogénea calculada estadísticamente a través de todas las mediciones levantadas en las diferentes campañas.

Figura 4-5 Red de Monitoreo PSAH



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Red de Monitoreo Variables Meteorológicas

La medición de las variables meteorológicas se realiza actualmente en la estación denominada “EM-Rockwood”, la cual está ubicada en las instalaciones que tiene Albemarle en el Núcleo del salar. Al respecto, cabe recordar que esta estación comenzó su funcionamiento el 28 de Abril de 2016, y que reemplaza la antigua estación denominada EM-SCL (también denominada “Planta SCL” en la Adenda 5), sustentada en la necesidad de incluir la medición de la variable de presión atmosférica comprometida en la RCA N° 21/2016 y además a la incorporación de mejoras tecnológicas.

En la Tabla 4-2 y en la Figura 4-6 se indica la ubicación de las estaciones meteorológicas instaladas en la cuenca, las que son de propiedad de la DGA y de terceros, cuya información debe ser integrada al PSAH a medida que se encuentre disponible, tal como fue indicado en el Anexo 3 de la Adenda 5.

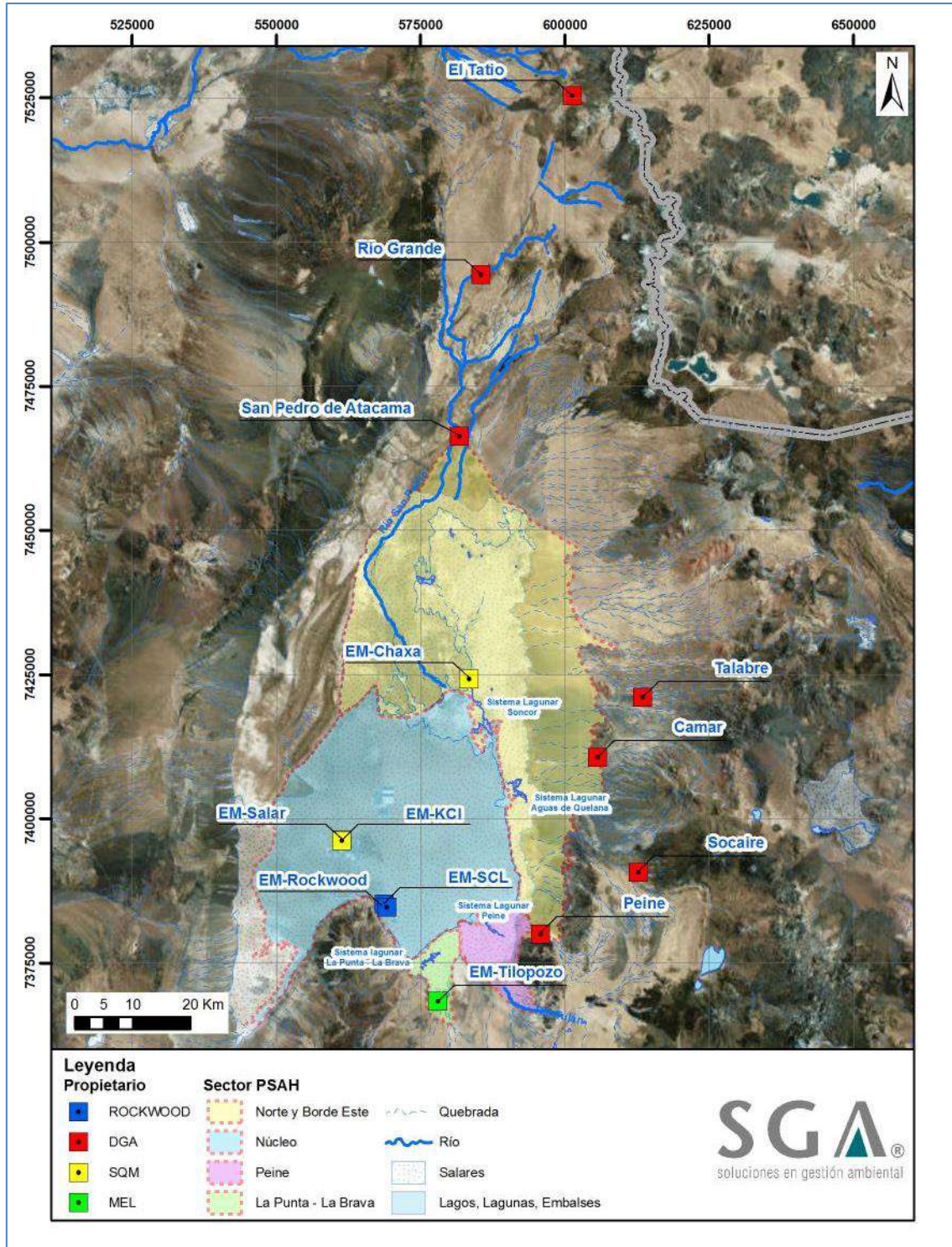
Tabla 4-2 Estaciones Meteorológicas

Nombre	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Referencia [m s.n.m.]	Propietario
	Este (m)	Norte (m)		
EM-SCL	569.244	7.384.662	2.300	ALBEMARLE
EM-Rockwood	568.772	7.385.236	2.300	ALBEMARLE
Camar	605.746	7.410.665	2.700	DGA
El Tatio	601.377	7.525.377	4.370	DGA
Peine	595.837	7.380.038	2.460	DGA
Río Grande	585.501	7.494.353	3.250	DGA
San Pedro de Atacama	581.811	7.466.358	2.450	DGA
Socaire	612.802	7.390.681	3.251	DGA
Talabre	613.518	7.421.064	3.300	DGA
EM-Chaxa	583.508	7.424.264	2.304	SQM
EM-Salar	561.348	7.396.266	2.300	SQM
EM-KCI ¹⁰	561.376	7.396.241	2.300	SQM
EM-Tilopozo	578.068	7.368.320	2.313	MEL

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ EM-KCL reemplazó EM-Salar en el año 2015.

Figura 4-6 Estaciones Meteorológicas



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración

Como ha sido mencionado, se ha comprometido que las tasas de evapotranspiración se medirán de forma continua con lisímetros, sin embargo y según lo expuesto en el capítulo 4.2, estos equipos aún no se han instalado. Con el propósito de dar cumplimiento a lo establecido en la RCA y dar continuidad a las mediciones se han realizado campañas trimestrales de medición con domos, que entregan información puntual de la evapotranspiración. En la Tabla 4-3 se presenta la información de los puntos de medición incluyendo su ubicación, concordancia con los futuros lisímetros, sector al cual se asocia la medición y la nomenclatura utilizada.

Tabla 4-3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración

Punto de Monitoreo 2017	Red de Monitoreo Lisímetros	Sector	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota referencia [m s.n.m.]
			Este (m)	Norte (m)	
EVT-1	-	Norte y Borde Este	584.844	7.452.662	2.354,00
EVT-2	-	Norte y Borde Este	587.174	7.452.186	2.353,00
EVT-3	LS-01	Norte y Borde Este	580.655	7.449.818	2.340,00
EVT-4	LS-02	Norte y Borde Este	574.421	7.440.912	2.319,00
EVT-5	-	Norte y Borde Este	576.531	7.440.666	2.315,00
EVT-6	LS-03	Norte y Borde Este	586.521	7.424.624	2.305,00
EVT-7	-	Norte y Borde Este	589.510	7.424.633	2.310,00
EVT-8	-	Norte y Borde Este	592.323	7.424.633	2.323,00
EVT-9	LS-05	Núcleo	579.095	7.398.299	2.300,00
EVT-10	LS-06	Núcleo	586.123	7.393.805	2.300,00
EVT-11	-	Norte y Borde Este	591.423	7.393.882	2.303,00
EVT-12	-	Norte y Borde Este	591.748	7.394.054	2.305,00
EVT-13	-	Núcleo	572.869	7.384.102	2.300,00
EVT-15	-	Peine	590.373	7.383.699	2.300,36
EVT-16	-	Peine	591.963	7.383.004	2.303,04
EVT-17	LS-07	Peine	584.498	7.381.744	2.302,00
EVT-18	-	Peine	586.590	7.382.164	2.300,00
EVT-19	-	La Punta-La Brava	578.228	7.376.559	2.301,00
EVT-20	LS-10	La Punta-La Brava	578.855	7.375.174	2.304,00
EVT-21	-	La Punta-La Brava	578.733	7.372.927	2.306,00
EVT-22	LS-09	La Punta-La Brava	580.073	7.369.821	2.310,30
EVT-23	LS-08	Peine	587.897	7.380.946	2.304,00
-	LS-04*	Norte y Borde Este	593.358	7.406.165	2.300,19

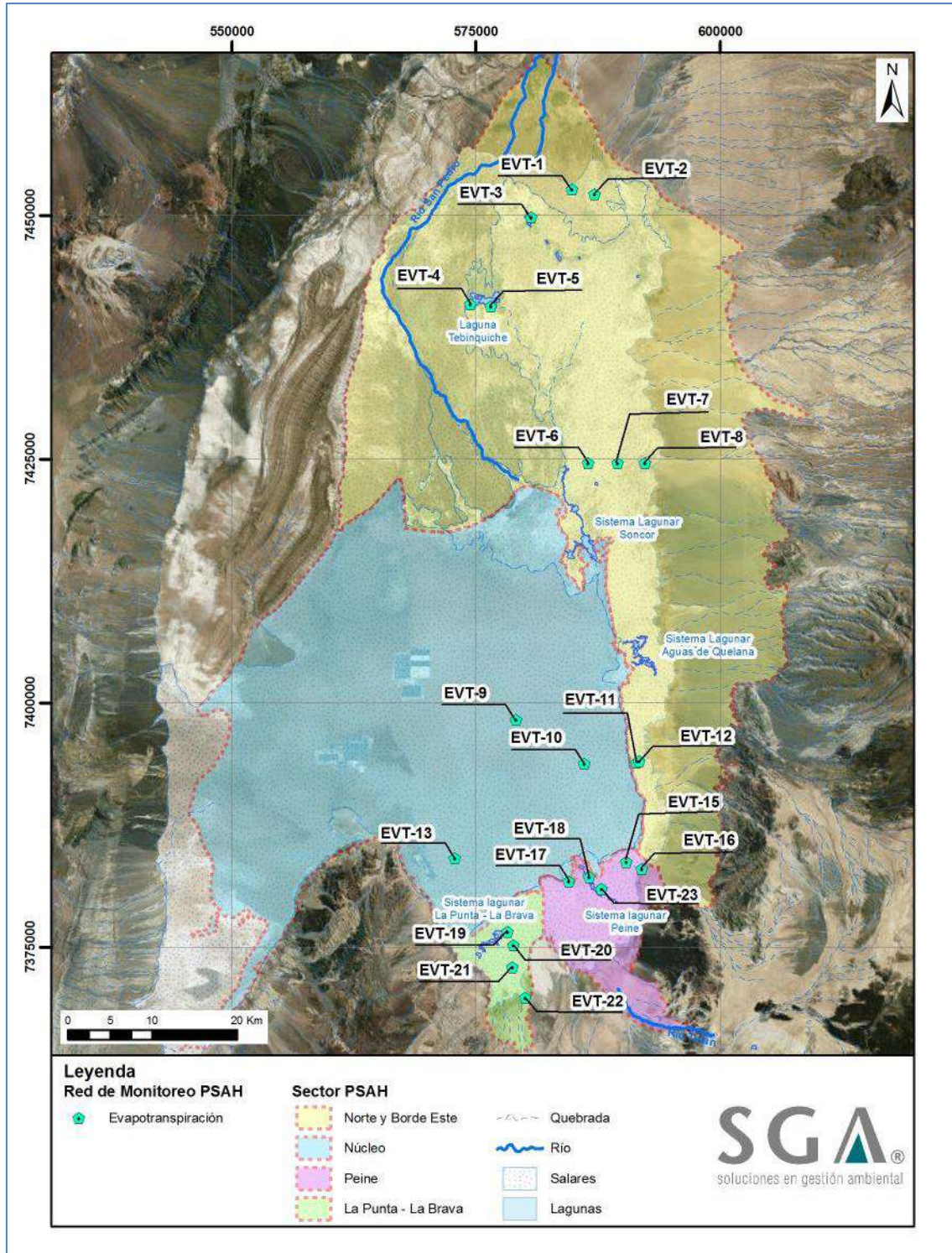
Nota: Cota Referencia y coordenadas UTM, corresponden a las presentadas en la Adenda 5.

* El punto LS-04 no se midió con domo durante el 2017, ya que aun cuando en este punto se tiene previsto instalar un lisímetro, no tiene un punto equivalente de medición con domo (EVT-XX) y, según se indica en el Anexo 3 del Adenda 5, "Mientras se instala la nueva red de medición el titular deberá continuar con la red de monitoreo de evaporación y metodología del domo utilizada para los trabajos de la Adenda 5, con una frecuencia trimestral".

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4-7 se muestran la ubicación de los puntos en donde actualmente se mide la evapotranspiración a través de domo.

Figura 4-7 Red Monitoreo Evapotranspiración



Fuente: Elaboración propia.

4.2.4 Red de Monitoreo Superficie Cubierta por Lagunas

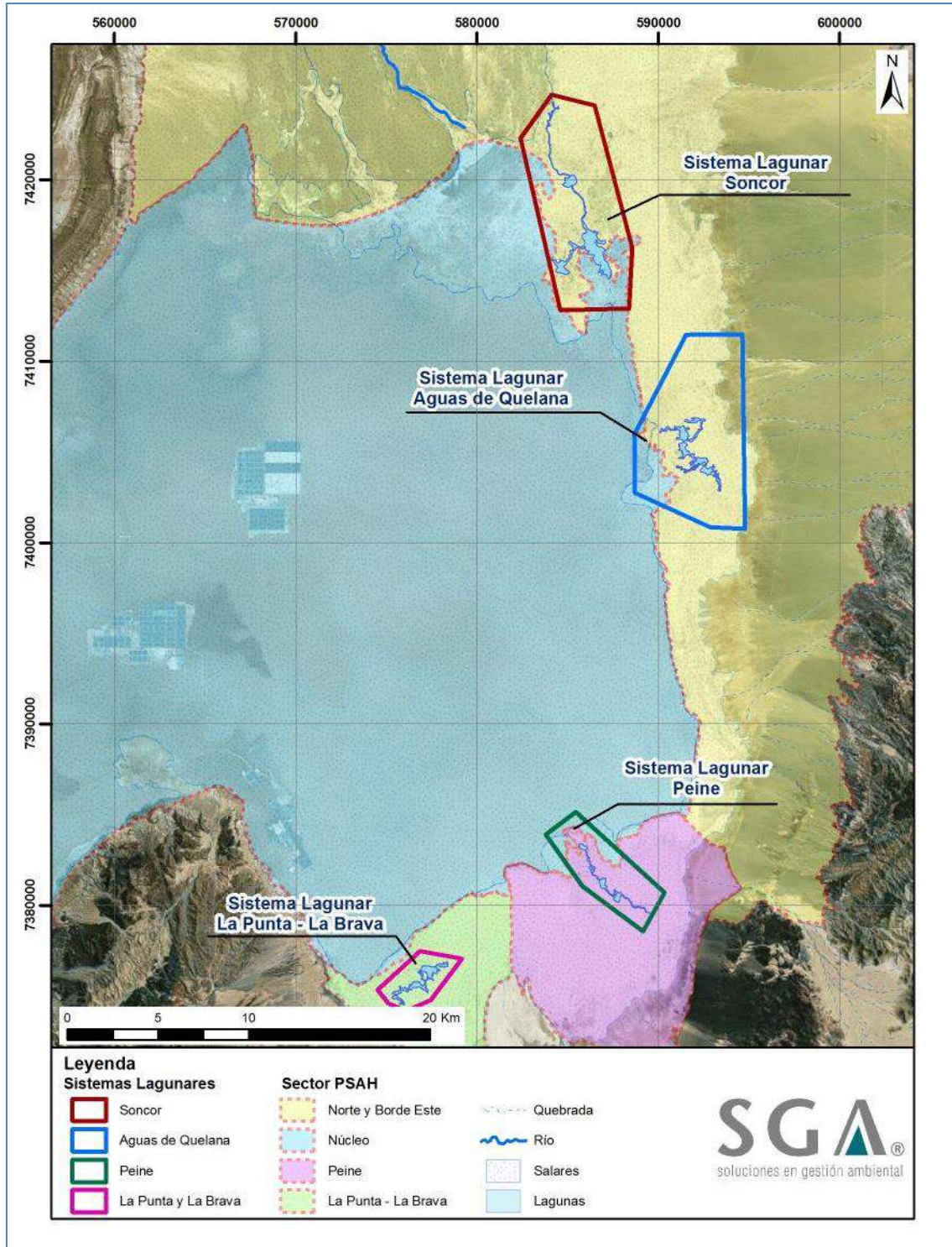
El área inundada por la superficie lagunar se mide a través de imágenes satelitales de alta resolución y apoyo en terreno, considerando cuatro polígonos de evaluación, uno para cada sistema lagunar objeto de protección del Proyecto. Los vértices de los polígonos se indican en la Tabla 4-4, y su ubicación espacial en la Figura 4-8.

Tabla 4-4 Vértices de los polígonos usados para evaluar superficie lagunar

Sistema Lagunar	Nombre del Nodo	Coordenadas UTM (Datum WGS84/Huso 19S)	
		Este (m)	Norte (m)
Sistema La Punta - La Brava	Nodo 1	574.483	7.375.332
Sistema La Punta - La Brava	Nodo 2	576.811	7.377.422
Sistema La Punta - La Brava	Nodo 3	579.192	7.377.051
Sistema La Punta - La Brava	Nodo 4	577.261	7.374.855
Sistema La Punta - La Brava	Nodo 5	575.171	7.374.617
Sistema La Punta - La Brava	Nodo 6	574.483	7.375.332
Sistema Peine	Nodo 1	583.770	7.383.878
Sistema Peine	Nodo 2	585.410	7.385.068
Sistema Peine	Nodo 3	590.358	7.380.729
Sistema Peine	Nodo 4	589.035	7.378.480
Sistema Peine	Nodo 5	585.648	7.381.285
Sistema Peine	Nodo 6	585.675	7.381.311
Sistema Peine	Nodo 7	583.770	7.383.878
Sistema Soncor	Nodo 1	588.234	7.412.889
Sistema Soncor	Nodo 2	585.093	7.412.988
Sistema Soncor	Nodo 3	582.447	7.422.414
Sistema Soncor	Nodo 4	584.200	7.424.366
Sistema Soncor	Nodo 5	586.482	7.424.101
Sistema Soncor	Nodo 6	588.631	7.416.164
Sistema Soncor	Nodo 7	588.234	7.412.889
Sistema Aguas de Quelana	Nodo 1	591.549	7.411.420
Sistema Aguas de Quelana	Nodo 2	594.658	7.411.519
Sistema Aguas de Quelana	Nodo 3	594.823	7.400.770
Sistema Aguas de Quelana	Nodo 4	592.872	7.400.869
Sistema Aguas de Quelana	Nodo 5	588.738	7.402.754
Sistema Aguas de Quelana	Nodo 6	588.672	7.405.896

Fuente: Adenda 5 del Proyecto.

Figura 4-8 Red Superficie cubierta por Lagunas



Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Red de Monitoreo Niveles, Posición de la Interfase Salina, Aforos y Calidad Química

Las variables niveles (superficiales y piezométricos), posición de la interfase salina, aforos y calidad química del agua superficial y subterránea, se abordan de manera conjunta en este numeral tal y como propone el Anexo 3 de la Adenda 5 que aprobó el Proyecto. Esto, porque en varios de los puntos de monitoreo se mide más de una variable e hidrogeológicamente se relacionan entre sí. Para facilitar el seguimiento de resultados, cada uno de los puntos se presenta asociado a los sectores que han sido indicados previamente, a saber La Punta-La Brava, Peine, Norte y Borde Este y Núcleo.

La red de puntos de monitoreo se encuentra compuesta por:

- Piezómetros someros: también denominados como barrenos, cuya sigla corresponde a BA-XX¹¹. Son piezómetros de poca profundidad, hasta 2 m, realizado por métodos manuales o con ayuda de maquinaria ligera también de pequeño diámetro (2-3 pulgadas) que permite medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas.
- Piezómetros: perforaciones de pequeño diámetro (2-5 pulgadas), realizada con maquinaria de perforación generalmente pesada, de profundidad variable, que sirven para medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas en un punto específico.
- Multipiezómetros: se define de esta forma al conjunto constituido por dos o tres piezómetros independientes, perforados y habilitados a diferentes profundidades. El nombre de cada multipiezómetro comienza con las iniciales MP, seguidas de un número correlativo y finaliza con una letra; A, B o C, cuyo significado es el siguiente:
 - MP-XXA: piezómetro perforado y habilitado sobre la posición de la interfase salina, es por tanto el menos profundo de los tres y sirve para la medición del nivel de agua y muestrear el acuífero de agua salobre.
 - MP-XXB: piezómetro habilitado únicamente por debajo de la posición de la interfase salina, destinado a la toma de muestras de salmuera.
 - MP-XXC: piezómetro perforado por debajo de la interfase y a habilitado en su totalidad, se destina a la realización de perfiles de conductividad y temperatura.
- Pozos de extracción: perforaciones de mayor diámetro (20 a 60 pulgadas), realizados con generalmente con maquinaria de perforación pesada, destinados a la extracción tanto de agua industrial como de salmuera.
- Zanjas: son excavaciones realizadas en el terreno mediante maquinaria tipo retroexcavadora, con profundidad en torno a los 5 metros, que permite medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas.

¹¹ Se indica que “XX” corresponde a una denominación para abreviar números correlativos que indican nombre de punto de monitoreo.

Sector La Punta- La Brava

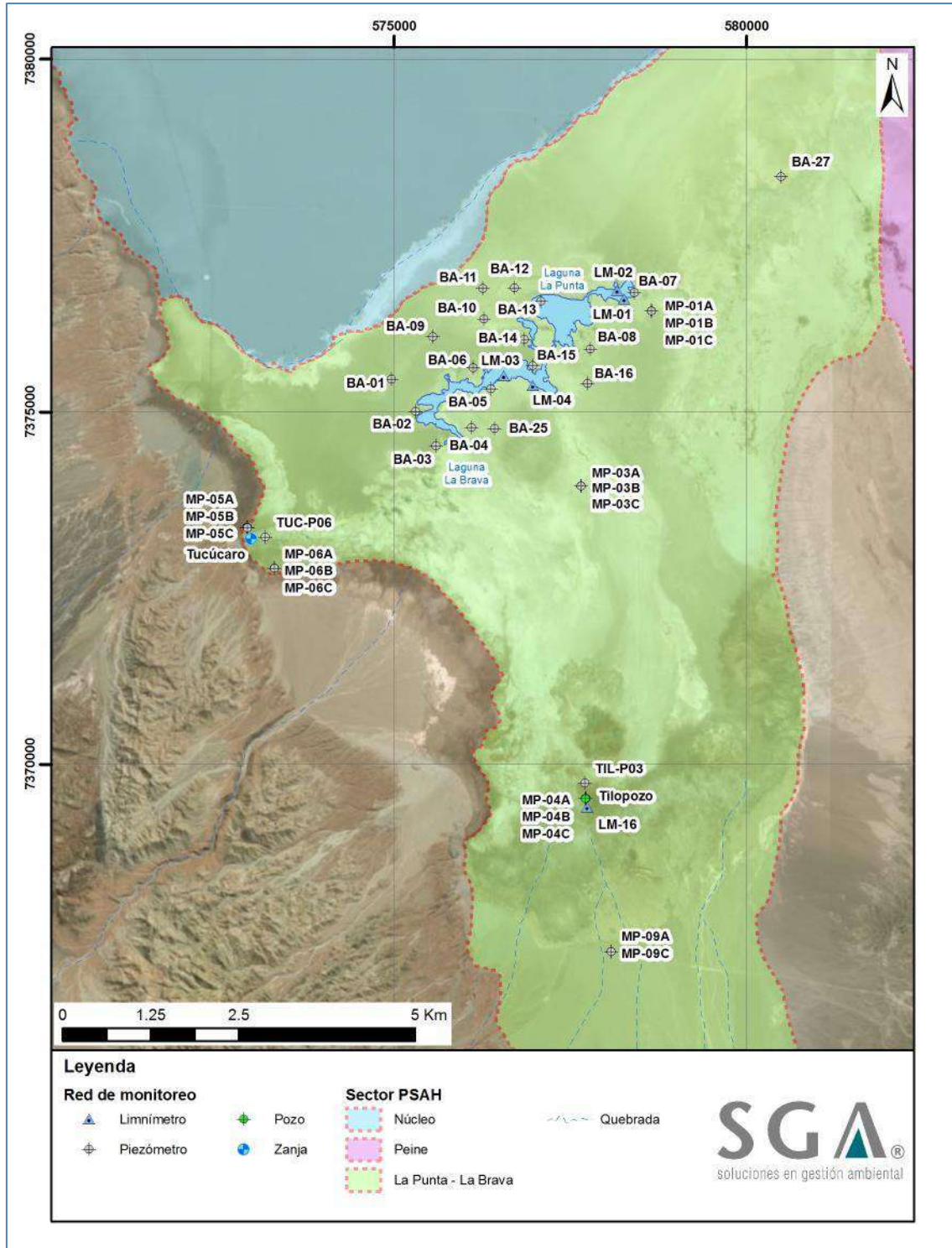
Este sector abarca el área de la Zona Marginal alrededor del sistema lagunar La Punta-La Brava y el área del Borde Sur de la cuenca frente a estas lagunas. La Figura 4-9 muestra la distribución de estos puntos según su tipología y la Tabla 4-5 presenta los 44 puntos de monitoreo considerados en este sector indicando las variables que deben ser medidas en cada punto, mediante una “X”.

Además, en la Tabla 4-5 se indica el estado de implementación de los puntos de monitoreo, de acuerdo al programa de implementación del PSAH, el cual se encuentra finalizando según se indicó en sección 4.2.1.

En relación a la topografía comprometida cabe indicar que las coordenadas y elevaciones son preliminares. Las coordenadas y elevaciones definitivas sólo se podrán obtener luego del levantamiento topográfico final que abarque y/o homologue las coordenadas y cotas de todos los puntos del PSAH al mismo tiempo, y que se realizará al término de las 4 etapas de implementación del PSAH.

Respecto de la nomenclatura, cabe señalar que se utiliza la notación “BA” para representar barrenos o piezómetros someros, “LM” corresponde a limnímetros y “MP” a multi-piezómetros. Otros puntos de monitoreos preexistentes al desarrollo de esta red de monitoreo mantienen otra nomenclatura, pero se identifica claramente su tipología en la figura mediante la simbología que se indica en la leyenda.

Figura 4-9 Puntos de Monitoreo Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-5 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Etapa de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
1	BA-01	574.964	7.375.461	2.300,92	P. somero			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
2	BA-02	575.305	7.375.003	2.301,37	P. somero			x			
3	BA-03	575.594	7.374.516	2301,46	P. somero			x			
4	BA-04	576.096	7.374.776	2.301,35	P. somero			x			
5	BA-05	576.373	7.375.324	2.301,09	P. somero			x			
6	BA-06	576.120	7.375.626	2.301,41	P. somero			x			
7	BA-07	578.406	7.376.692	2.300,88	P. somero			x			
8	BA-08	577.783	7.375.887	2.301,15	P. somero			x			
9	BA-09	575.545	7.376.062	2.300,79	P. somero			x			
10	BA-10	576.268	7.376.317	2.300,79	P. somero			x			
11	BA-11	576.254	7.376.750	2.300,93	P. somero			x			
12	BA-12	576.707	7.376.759	2.301,00	P. somero			x			
13	BA-13	577.081	7.376.565	2.301,08	P. somero			x			
14	BA-14	576.842	7.376.029	2.301,38	P. somero			x			
15	BA-15	576.968	7.375.650	2.301,13	P. somero			x			
16	BA-16	577.746	7.375.405	2.301,78	P. somero			x			
17	BA-25	576.424	7.374.761	2.301,47	P. somero			x			
18	BA-27	580.485	7.378.338	2.301,48	P. somero			x		Construido a la fecha de presentación de Adenda 5 Se actualizan coordenadas y cota en Informe Topográfico de Javier Romo y CIA Ltda – Informe Octubre 2015 (campana Agosto 2015).	
19	LM-01	578.259	7.376.599	2.300,33	Limnómetro		x			x	Etapa 1 – Instalado 04/2016 Levantamiento topográfico preliminar realizado en Agosto – 2016 (GMT Precision Engineering).
20	LM-02	578.162	7.376.719	2.300,80	Limnómetro		x			x	
21	LM-03	576.553	7.375.507	2.300,58	Limnómetro		x			x	

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Etapa de Implementación		
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química			
22	LM-04	576.992	7.375.404	2.300,93	Limnómetro		x				x	Etapa 1 – Instalado 07/2016 Levantamiento topográfico preliminar realizado en Agosto – 2016 (GMT Precision Engineering).	
23	LM-16	577.756	7.369.364	2.307,84	Limnómetro		x				x	Etapa 1 – Instalado 04/2016 Levantamiento topográfico preliminar realizado en Julio – 2016 (GMT Precision Engineering).	
24	MP-01A	578.647	7.376.429	2.301,23	Piezómetro			x			x	Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.	
25	MP-01B	578.650	7.376.430	2.301,19	Piezómetro			x			x		
26	MP-01C	578.646	7.376.429	2.301,23	Piezómetro			x	x				
27	MP-03A	577.651	7.373.947	2.302,64	Piezómetro			x			x		
28	MP-03B	577.653	7.373.947	2.302,63	Piezómetro			x			x		
29	MP-03C	577.650	7.373.947	2.302,64	Piezómetro			x	x				
30	MP-04A	577.716	7.369.509	2.308,65	Piezómetro			x			x		
31	MP-04B	577.717	7.369.513	2.308,53	Piezómetro			x			x		
32	MP-04C	577.713	7.369.510	2.308,61	Piezómetro			x	x				
33	MP-05A	572.915	7.373.356	2.303,24	Piezómetro			x			x		
34	MP-05B	572.913	7.373.356	2.303,24	Piezómetro			x			x		
35	MP-05C	572.916	7.373.355	2.303,22	Piezómetro			x	x				
36	MP-06A	573.298	7.372.778	2.305,26	Piezómetro			x			x		
37	MP-06B	573.296	7.372.777	2.305,24	Piezómetro			x			x		
38	MP-06C	573.299	7.372.779	2.305,28	Piezómetro			x	x				
39	MP-09A	578.077	7.367.346	2.318,43	Piezómetro			x			x		Etapa 3 – Instalado 06/2016 Levantamiento topográfico preliminar realizado en Septiembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
40	MP-09C	578.099	7.367.353	2.318,26	Piezómetro			x	x				

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Etapa de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
41	TIL-P03	577.703	7.369.729	2306,53	P. somero			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5 Se actualizan coordenadas y cota en Informe Topográfico de Javier Romo y CIA Ltda – Informe Octubre 2015 (campana Agosto 2015).
42	Tilopozo	577.715	7.369.511	2.308,10	Pozo			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
43	TUC-P06	573.171	7.373.219	2.302,42	P. somero			x			
44	Tucúcaro	572.970	7.373.199	2.303,13	Zanja			x			
Total Puntos de Monitoreo						0	5	39	6	16	

Fuente: Elaboración propia.

Sector Peine

Este sector abarca el área de la Zona Marginal, Núcleo y Borde Sur alrededor del sistema lagunar de Peine, donde se encuentran las lagunas Salada, Saladita e Interna. En este sector el número de puntos de monitoreo es 38 los cuales se muestran espacialmente en la Figura 4-10, haciendo la distinción en cuanto a las variables que se miden en cada uno de ellos.

En la Tabla 4-6 se presentan todos los puntos de monitoreo considerados en este sector indicando sus coordenadas y las variables que se miden en cada uno de ellos. Además, se indica el estado de implementación de los puntos de monitoreo, de acuerdo al programa de implementación del PSAH, el cual se encuentra finalizando según se indicó en sección 4.2.1.

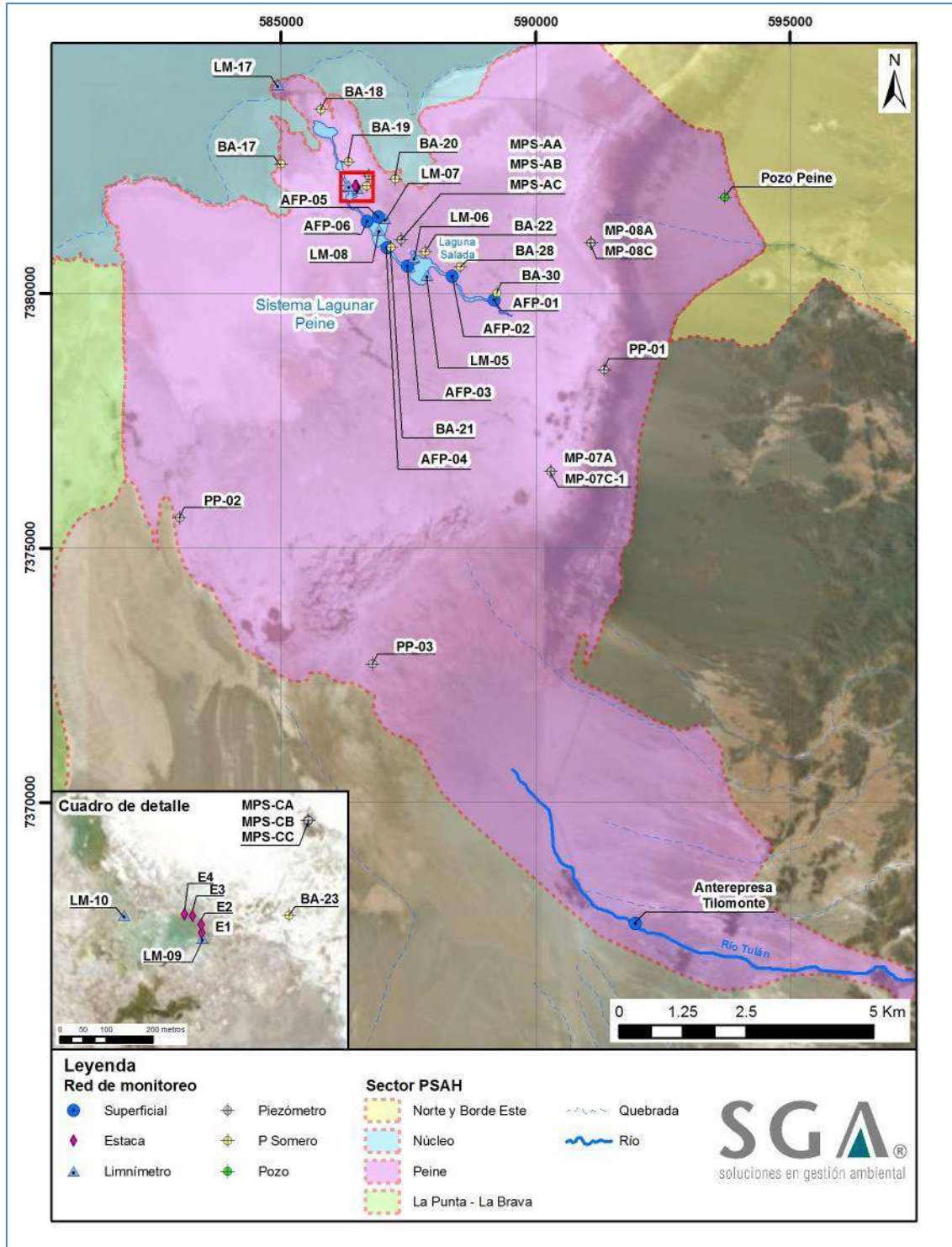
En particular, se tiene:

- Piezómetro MP-07C: fue informado a la SMA mediante carta MA 064/2017 que notifica la implementación de la Etapa 3, que el piezómetro MP-07C instalado en Agosto del 2016 no intercepto la cuña salina, por lo que fue reemplazado por piezómetro MP-07C-1.
- Piezómetro MP-08C: fue sellado por presentar surgencia, lo cual fue informado a la SMA mediante carta MA 007/2016. Asimismo, mediante carta MA 036/2017 se propone construcción de pozo equivalente MP-08C-1.

Además, se reitera que una vez se haya finalizado la totalidad del programa de implementación se realizará una topografía final y entregará un Informe general de nivelación de precisión para todo el PSAH.

Respecto de la nomenclatura, cabe señalar que se utiliza la notación “AFP” para representar aforos, “PP” corresponde a piezómetros, “MPS” corresponde a multi-piezómetros y “E” a estacas. Otros puntos de monitoreos preexistentes al desarrollo de esta red de monitoreo mantienen otra nomenclatura, pero se identifica claramente su tipología en la figura mediante la simbología que se indica en la leyenda.

Figura 4-10 Puntos de Monitoreo Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-6 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Etapa de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
1	AFP-01	589.191	7.379.864	2.301,02	Superficial	x					Construido a la fecha de presentación de Adenda 5. Se actualizan coordenadas y cota en Julio 2016 (GMT Precision Engineering, levantamiento preliminar).
2	AFP-02	588.361	7.380.335	2.300,22	Superficial	x					
3	AFP-03	587.490	7.380.535	2.300,05	Superficial	x					
4	AFP-04	587.084	7.380.894	2.299,90	Superficial	x					
5	Anterrepresa Tilomonte	591.959	7.367.623	2.425,10	Superficial	x				x	
6	BA-17	584.997	7.382.542	2.300,95	P. somero			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
7	BA-18	585.778	7.383.610	2.300,30	P. somero			x			
8	BA-19	586.321	7.382.592	2.300,50	P. somero			x			
9	BA-20	587.247	7.382.250	2.300,54	P. somero			x			
10	BA-21	587.159	7.380.905	2.301,39	P. somero			x			
11	BA-22	587.837	7.380.817	2.301,12	P. somero			x			
12	BA-23	586.684	7.382.108	2.300,51	P. somero			x			
13	BA-28	588.525	7.380.523	2301,31	P. somero			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5. Se actualizan coordenadas y cota en Informe Topográfico de Javier Romo y CIA Ltda – Informe Octubre 2015.
14	BA-30	589.239	7.380.003	2302,28	P. somero			x			
15	LM-05	587.871	7.380.354	2.300,58	Limnómetro		x			x	Etapa 1 – Instalado 04/2016 Levantamiento topográfico preliminar realizado en Agosto - 2016 (GMT Precision Engineering).
16	LM-06	587.618	7.380.701	2.300,78	Limnómetro		x			x	
17	LM-07	587.038	7.381.462	2.300,45	Limnómetro		x			x	
18	LM-08	586.928	7.381.249	2.300,54	Limnómetro		x			x	
19	LM-09	586.497	7.382.059	2.299,73	Limnómetro		x			x	
20	LM-10	586.329	7.382.108	2.299,69	Limnómetro		x			x	
21	LM-17	584.939	7.384.094	2.299,61	Limnómetro		x			x	

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Etapa de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
22	MP-07A	590.305	7.376.507	2.305,63	Piezómetro			x		x	Etapa 3 – Instalado 08/2016. Levantamiento topográfico realizado en Septiembre 2016 (GMT Precision Engineering).
23	MP-07C	590.300	7.376.499	2.306,63	Piezómetro			x	x		Etapa 3 – Informado que piezómetro MP-07C instalado en 08/2016 no intercepto cuña salina, por lo que se reemplazó por MP-07C-1. Levantamiento topográfico realizado en Mayo 2017.
	MP-07C-1	590.302	7.376.494	2.306,68							
24	MP-08A	591.099	7.380.993	2.303,90	Piezómetro			x		x	Etapa 2 – Instalado 07/2016. Levantamiento topográfico realizado en Septiembre-2016 (GMT Precision Engineering).
25	MP-08C	591.088	7.380.990	2.303,48	Piezómetro						Sellado por presentar surgencia. ¹²
26	MPS-AA	587.361	7.381.053	2.300,25	Piezómetro			x		x	Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
27	MPS-AB	587.360	7.381.056	2.300,19	Piezómetro			x		x	
28	MPS-AC	587.361	7.381.052	2.300,27	Piezómetro			x	x		
29	MPS-CA	586.725	7.382.313	2.299,60	Piezómetro			x			
30	MPS-CB	586.723	7.382.312	2.299,66	Piezómetro			x		x	
31	MPS-CC	586.726	7.382.313	2.299,62	Piezómetro			x	x		

¹² Informado mediante carta MA 007/2016 a la SMA. Asimismo, mediante carta MA 036/2017 se propone construcción de pozo equivalente MP-08C-1.

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Etapa de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
32	PP-01	591.348	7.378.507	2.305,56	Piezómetro			x	x	x	Etapa 1 – Instalado 07/2016. Levantamiento topográfico preliminar en Agosto 2016 (GMT Precision Engineering).
33	PP-02	583.007	7.375.594	2.303,98*	Piezómetro			x	x	x	Etapa 2 – Instalado 08/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Septiembre- 2016 (GMT Precision Engineering).
34	PP-03	586.803	7.372.719	2.309,09	Piezómetro			x	x	x	Etapa 1 – Instalado 07/2016. Levantamiento topográfico preliminar en Agosto 2016 (GMT Precision Engineering).
35	E1	586.496	7.382.071	2.299,47	Estaca		x				Instalado Junio 2016. Levantamiento topográfico preliminar en Diciembre 2016 (GMT Precision Engineering).
36	E2	586.495	7.382.088	2.299,45	Estaca		x				
37	E3	586.476	7.382.107	2.299,37	Estaca		x				
38	E4	586.459	7.382.110	2.299,50	Estaca		x				
Total Puntos de Monitoreo						5	11	21	6	16	

(*) Fue corregida cota collar (m s.n.m.)

Fuente: Elaboración propia.

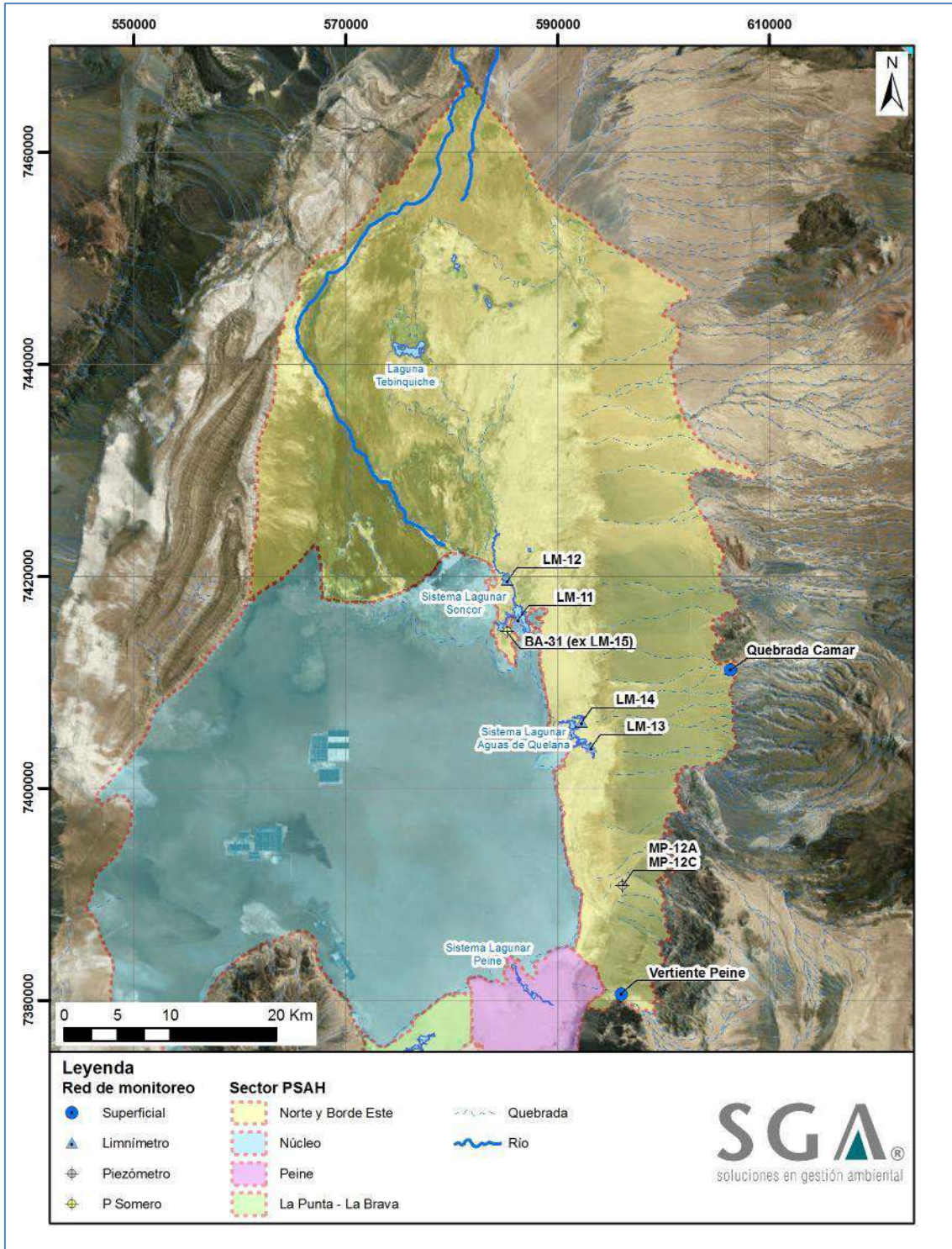
Sector Norte y Borde Este

Este sector abarca el área de la Zona Marginal, parte del Núcleo y Borde Este de la cuenca alrededor de los sistemas lagunares Soncor y Aguas de Quelana, que son áreas protegidas por formar parte del Parque Nacional Los Flamencos y estar incluidas en la convención Ramsar. Además del análisis de la superficie lagunar que se realiza sobre estos sistemas, se instalaron 5 limnímetros en las coordenadas que se indican en la Tabla 4-7 para la medición del nivel de las lagunas. En los mismos puntos también se toman muestras de agua para su caracterización físico-química. La ubicación de los 9 puntos de monitoreo de este sector, se muestran en la Figura 4-11.

En la Tabla 4-7 se indica el estado de implementación de los puntos de monitoreo, de acuerdo al programa de implementación del PSAH, el cual se encuentra finalizando según se indicó en sección 4.2.1.

En este sector, se indica también que las coordenadas y elevaciones presentadas en el presente informe son preliminares; una vez se haya finalizado la totalidad del programa de implementación se realizará una topografía final y completa en una única campaña que abarque y/o homologue las coordenadas y cotas de todos los puntos del PSAH al mismo tiempo, y que se realizará al término de las 4 etapas de implementación del PSAH.

Figura 4-11 Puntos de Monitoreo Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Norte y Borde Este

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Estado de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
1	LM-11	586.259	7.415.937	2.299,87	Limnómetro		x			x	Etapa 1 – Instalado 07/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Agosto - 2016 (GMT Precision Engineering).
2	LM-12	585.236	7.419.626	2.299,73	Limnómetro		x			x	
3	LM-13	593.159	7.403.846	2.300,38	Limnómetro		x			x	
4	LM-14	592.251	7.406.216	2.300,50	Limnómetro		x			x	
5	BA-31 * (ex LM-15)	585.222	7.414.817	2.298,80	P. somero			x		x	Etapa 1 – Instalado 10/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Agosto - 2016 (GMT Precision Engineering).
6	MP-12A	596.113	7.390.802	2.316,23	Piezómetro			x		x	Etapa 3 – Instalado 08/2016. Levantamiento topográfico realizado en Septiembre 2016 (GMT Precision Engineering).
7	MP-12C	596.123	7.390.799	2.316,62	Piezómetro			x	x		
8	Quebrada Camar	606.314	7.411.194	2.729,00	Superficial					x	Construido a la fecha de Adenda 5.
9	Vertiente Peine	596.008	7.380.544	2.445,48	Superficial	x				x	Construido a la fecha de presentación de Adenda 5. Se actualizan coordenadas y cota preliminar en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
Total Puntos de Monitoreo						1	4	3	1	8	

* BA-31 corresponde a un piezómetro somero, que previamente fue erróneamente denominado como limnómetro LM-15.

Fuente: Elaboración propia.

Sector Núcleo

El sector Núcleo constituye el núcleo del salar desde donde se extrae la salmuera. La red de monitoreo de este sector considera un total de 61 puntos para la medición mensual solamente de niveles piezométricos. En la Figura 4-12 se muestra la ubicación de cada uno de ellos.

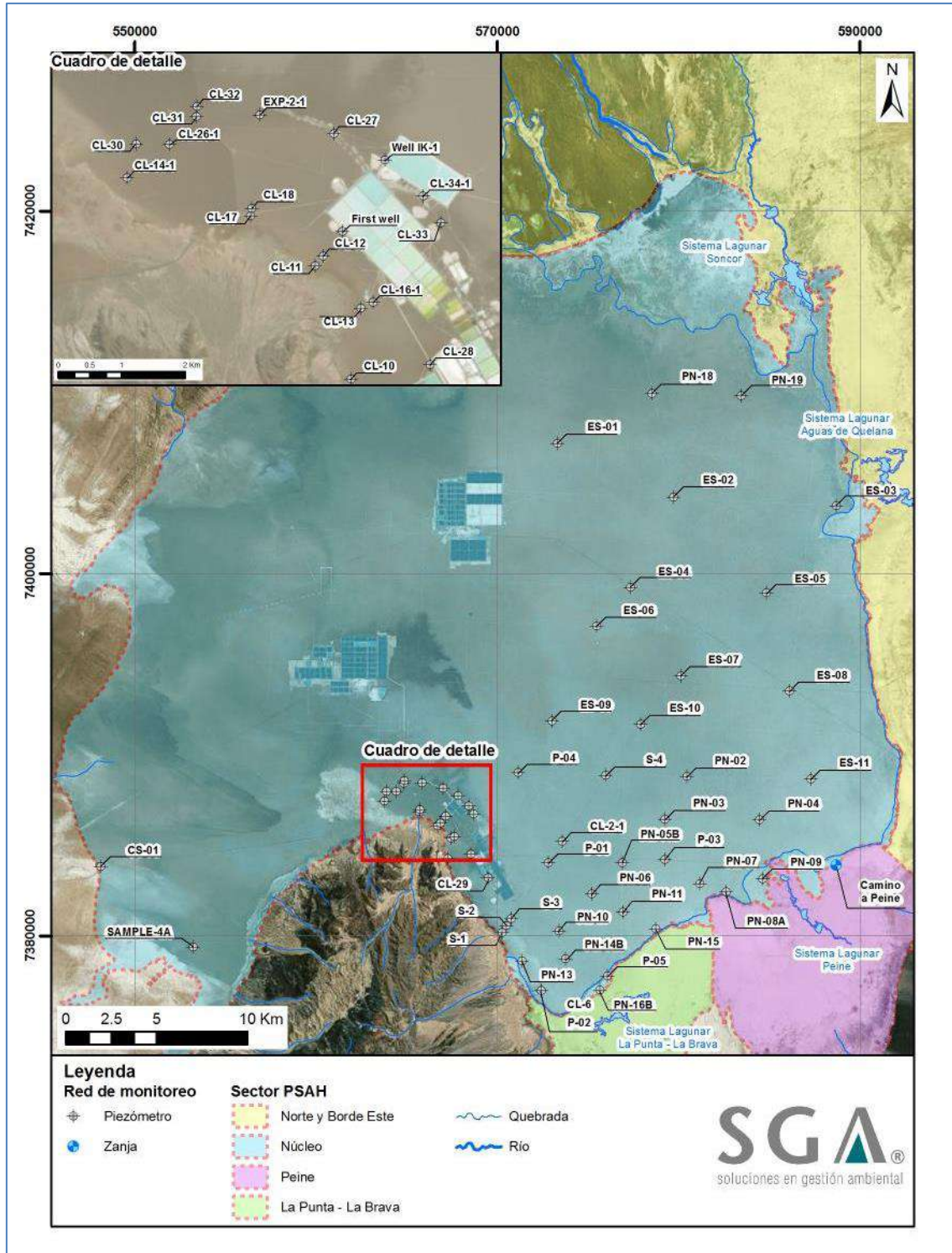
La Tabla 4-8 muestra la información de estos puntos. Los primeros 29 piezómetros, corresponden a puntos que ya eran monitoreados y reportados a la autoridad en cumplimiento de autorizaciones ambientales anteriores existentes (R.E. N° 092/00 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la II Región de Antofagasta, y R.E. N° 3132/06 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente), y actualmente forman parte también de las obligaciones de la RCA N° 21/2016.

En la Tabla 4-8 también se indica el estado de implementación de los puntos de monitoreo, de acuerdo al programa de implementación del PSAH, el cual se encuentra finalizando según se indicó en sección 4.2.1.

En este sector al igual que en todos los anteriores, se indica también que una vez se haya finalizado la totalidad del programa de implementación se realizará una topografía final y completa en una única campaña.

Respecto de la nomenclatura, cabe señalar que se utiliza la notación “PN” para representar a los piezómetros del núcleo y “ES”, para identificar a los puntos que forman parte de la herramienta de verificación del Efecto Sinérgico de las extracciones en el Núcleo.

Figura 4-12 Puntos de Monitoreo Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-8 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Estado de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
1	CL-2	573.582	7.385.213	2.300,95	Piezómetro			x			El Pozo CL-2-1 utilizado desde Julio 2016, en reemplazo de CL-2. Se levantan coordenadas y cota preliminar en Julio 2016 por (GMT Precision Engineering).
	CL-2-1	573.591	7.385.223	2.300,49							
2	CL-6	572.422	7.376.975	2.300,12	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
3	CL-10	567.294	7.384.280	2.300,28	Piezómetro			x			
4	CL-11	566.728	7.386.065	2.300,57	Piezómetro			x			
5	CL-12	566.856	7.386.218	2.300,16	Piezómetro			x			
6	CL-13	567.451	7.385.392	2.300,66	Piezómetro			x			
7	CL-14	563.624	7.387.299	2.300,24	Piezómetro			x			
	CL-14-1	563.769	7.387.448	2.300,75							
8	CL-16	567.641	7.385.485	2.300,30	Piezómetro			x			Pozo CL-16-1 utilizado desde Julio 2016, en reemplazo de CL-16. Se levantan coordenadas y cota preliminar en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
	CL-16-1	567.614	7.385.472	2.301,26							
9	CL-17	565.711	7.386.853	2.300,26	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
10	CL-18	565.732	7.386.970	2.300,23	Piezómetro			x			
11	CL-26	564.419	7.387.956	2.300,63	Piezómetro			x			Pozo CL-26-1 utilizado desde Julio 2016, en reemplazo de CL-26. Se levantan coordenadas y cota preliminar en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
	CL-26-1	564.435	7.387.975	2.300,51							
12	CL-27	567.043	7.388.162	2.300,04	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
13	CL-28	568.539	7.384.505	2.300,88	Piezómetro			x			
14	CL-29	569.513	7.383.212	2.300,85	Piezómetro			x			

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Estado de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
15	CL-30	563.915	7.387.985	2.300,30	Piezómetro			x			
16	CL-31	564.860	7.388.412	2.300,28	Piezómetro			x			
17	CL-32	564.868	7.388.580	2.300,18	Piezómetro			x			
18	CL-33	568.710	7.386.741	2300,33	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5. Se actualiza cota en Julio 2016 (GMT Precision Engineering), por cambio de brocal.
19	CL-34	568.431	7.387.167	2.300,07	Piezómetro			x			Pozo CL-34-1 utilizado desde Julio 2016, en reemplazo de CL-34. Se levantan coordenadas y cota preliminar en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
	CL-34-1	568.432	7.387.160	2.300,31							
20	CS-01	548.122	7.383.820	2.300,86	Piezómetro			x			Etapas 1 – Instalado 08/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Agosto 2016 (GMT Precision Engineering).
21	ES-01	573.316	7.407.190	2.299,93	Piezómetro			x			Etapas 3 – Instalado 10/2016. Levantamiento topográfico realizado en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
22	ES-02	579.742	7.404.217	2.299,77	Piezómetro			x			Etapas 4 – Instalado 10/2016
23	ES-03	588.711	7.403.738	2.299,54	Piezómetro			x			Etapas 3 – Instalado 10/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
24	ES-04	577.358	7.399.233	2.299,87	Piezómetro			x			Etapas 2 – Instalado 10/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
25	ES-05	584.854	7.398.928	2.299,76	Piezómetro			x			Etapas 4 – Instalado 10/2016
26	ES-06	575.483	7.397.097	2.300,00	Piezómetro			x			
27	ES-07	580.131	7.394.358	2.300,02	Piezómetro			x			

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Estado de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
28	ES-08	586.136	7.393.521	2.299,90	Piezómetro			x			
29	ES-09	573.027	7.391.861	2.300,21	Piezómetro			x			Etapa 1 – Instalado 05/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Julio - 2016 (GMT Precision Engineering).
30	ES-10	577.911	7.391.666	2.300,02	Piezómetro			x			
31	ES-11	587.315	7.388.648	2.299,59	Piezómetro			x			Etapa 3 – Instalado 05/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Septiembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
32	EXP-2	565.861	7.388.442	2.299,87	Piezómetro			x			Pozo EXP-2-1 utilizado desde Julio 2016, en reemplazo de EXP-2. Se levantan coordenadas y cota preliminar en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
	EXP-2-1	565.777	7.388.513	2.300,60							
33	First well	567.158	7.386.604	2.300,08	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
34	P-01	572.834	7.384.032	2.300,63	Piezómetro			x			
35	P-02	572.433	7.376.977	2.300,44	Piezómetro			x			
36	P-03	579.260	7.384.212	2.300,71	Piezómetro			x			
37	P-04	571.158	7.389.005	2.300,55	Piezómetro			x			
38	P-05	576.091	7.377.780	2.299,84	Piezómetro			x			
39	PN-02	580.458	7.388.790	2.300,09	Piezómetro			x			Etapa 1 – Instalado 05/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
40	PN-03	579.258	7.386.428	2.299,52	Piezómetro			x			Etapa 2 – Instalado 05/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Septiembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
41	PN-04	584.483	7.386.395	2.300,13	Piezómetro			x			Etapa 4 – Instalado 05/2016
42	PN-05B	576.901	7.384.044	2.300,81	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Estado de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
43	PN-06	575.214	7.382.305	2.300,49	Piezómetro			x			Etapa 2 – Instalado 04/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Septiembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
44	PN-07	581.187	7.382.874	2.300,32	Piezómetro			x			Etapa 4 – Instalado 05/2016
45	PN-08A	582.633	7.382.424	2.300,72	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
46	PN-09	584.650	7.383.143	2.299,65	Piezómetro			x			Etapa 2 – Instalado 05/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Septiembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
47	PN-10	573.416	7.380.256	2.300,22	Piezómetro			x			Etapa 4 – Instalado 04/2016.
48	PN-11	576.928	7.381.292	2.300,41	Piezómetro			x			
49	PN-13	571.361	7.378.597	2.300,36	Piezómetro			x			Etapa 2 – Instalado 05/2016. Levantamiento topográfico preliminar realizado en Septiembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
50	PN-14B	573.777	7.378.721	2.300,44	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
51	PN-15	578.762	7.380.378	2.300,37	Piezómetro			x			Etapa 1 – Instalado 05/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Julio - 2016 (GMT Precision Engineering).
52	PN-16B	575.663	7.377.001	2.300,42	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
53	PN-18	578.554	7.409.920	2.299,71	Piezómetro			x			Etapa 1 – Instalado 10/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
54	PN-19	583.463	7.409.811	2.299,45	Piezómetro			x			Etapa 1 – Instalado 10/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering).
55	S-1	570.270	7.380.179	2.300,51	Piezómetro			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
56	S-2	570.521	7.380.563	2.300,33	Piezómetro			x			
57	S-3	570.775	7.380.949	2.300,49	Piezómetro			x			

N°	Punto de Medición	Coordenadas UTM (WGS 84 Huso 19S)		Cota Collar (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición					Estado de Implementación
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química	
58	S-4	575.984	7.388.860	2.300,21	Piezómetro			x			
59	Sample-4A	553.228	7.379.389	2.301,19	Piezómetro			x			Etapa 1 – Instalado 06/2016. Se realiza levantamiento topográfico preliminar en Julio - 2016 (GMT Precision Engineering).
60	Well IK	567.801	7.387.700	2.299,88	Piezómetro			x			Pozo utilizado desde Octubre 2016, en reemplazo de Well-IK. Se levantan coordenadas y cota en Diciembre - 2016 (GMT Precision Engineering). Punto fue pasado a llevar por maquinaria, imposible de medir. Se avisa a SMA como aviso/contingencia/ incidente. Deja de ser operativo en el mes de Septiembre 2017 y en el mes de Octubre 2017 se reperfora y se levantan coordenadas topográficas en Noviembre 2017.
	Well-IK-1	567.802	7.387.699	2.300,53							
61	Zanja camino a Peine	588.696	7.383.905	2.300,26	Zanja			x			Construido a la fecha de presentación de Adenda 5.
Total Puntos de Monitoreo						0	0	61	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.6 Red de Monitoreo Pozos de Bombeo de Salmuera y de Agua dulce-salobre

En la Tabla 4-9 se presentan los pozos de extracción tanto de salmuera como de agua dulce-salobre, que Albemarle ha operado durante el año 2017, asimismo se entregan sus coordenadas y el estado actual de cada uno de ellos. En la Figura 4-13 se presenta su ubicación.

Respecto a esta variable ambiental, se indica que la campaña de topografía que se realizará al término del programa de implementación del PSAH, incluirá todos los pozos de bombeo.

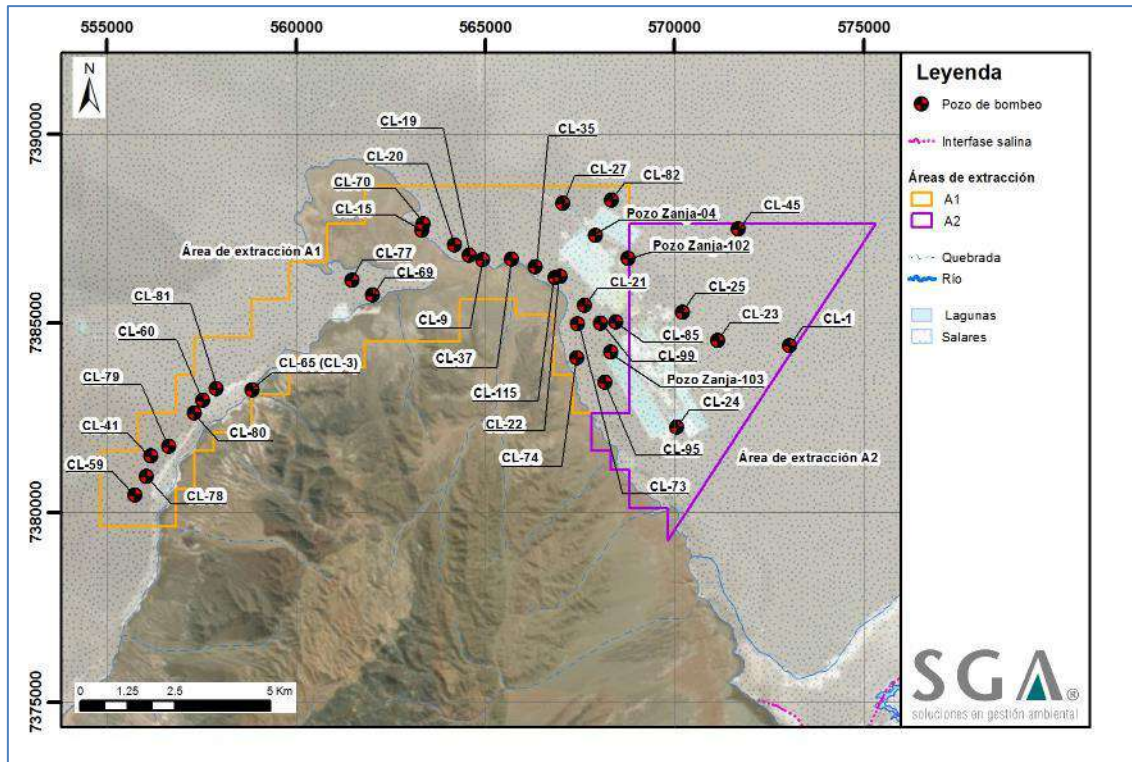
Tabla 4-9 Pozos de Bombeo actuales

Punto	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción	Estado
	Este (m)	Norte (m)			
CL-1	573.049	7.384.403	Salmuera	A2	Pozo de bombeo actualmente.
CL-9	564.577	7.386.801	Salmuera	A1	
CL-15	563.329	7.387.453	Salmuera	A1	
CL-19	563.132	7.386.157	Salmuera	A1	
CL-20	564.190	7.387.063	Salmuera	A1	
CL-21	567.589	7.385.565	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se actualizan coordenadas y cota en Agosto 2016 (GMT Precision Engineering).
CL-22	566.843	7.386.203	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente.
CL-23	571.141	7.384.543	Salmuera	A2	
CL-24	570.070	7.382.264	Salmuera	A2	
CL-25	570.207	7.385.290	Salmuera	A2	
CL-27	567.043	7.388.162	Salmuera	A1	
CL-35	566.323	7.386.495	Salmuera	A1	
CL-37	565.679	7.386.693	Salmuera	A1	
CL-41	556.151	7.381.492	Salmuera	A1	
CL-45	571.689	7.387.482	Salmuera	A2	
CL-59	555.731	7.380.459	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Septiembre 2016 (GMT Precision Engineering).
CL-60	557.539	7.382.960	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente.
CL-65 (CL-3)	558.828	7.383.840	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Octubre 2017.
CL-69	562.025	7.385.746	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Septiembre 2016 (GMT Precision Engineering).
CL-70	563.359	7.387.632	Salmuera	A1	Pozo ya no utilizado para bombeo.
CL-73	567.428	7.384.987	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota

Punto	Coordenadas UTM (Datum WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción	Estado
	Este (m)	Norte (m)			
					en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
CL-74	567.424	7.384.090	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Octubre 2017.
CL-77	561.483	7.386.129	Salmuera	A1	Pozo ya no utilizado para bombeo.
CL-78	556.046	7.380.948	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Julio 2016 (GMT Precision Engineering).
CL-79	556.639	7.381.750	Salmuera	A1	
CL-80	557.315	7.382.635	Salmuera	A1	
CL-81	557.889	7.383.270	Salmuera	A1	
CL-82	568.327	7.388.254	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Enero 2018 (GMT Precision Engineering).
CL-85	568.448	7.385.039	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Octubre 2017.
CL-95	568.164	7.383.446	Salmuera	A1	
CL-99	568.043	7.384.955	Salmuera	A1	
CL-115	566.977	7.386.241	Salmuera	A1	
Pozo Zanja - 04	567.914	7.387.327	Salmuera	A1	Pozo de bombeo actualmente. Se levantan coordenadas y cota en Diciembre 2017.
Pozo Zanja - 102	568.778	7.386.716	Salmuera	A1	
Pozo Zanja - 103	568.319	7.384.237	Salmuera	A1	
Peine	593.721	7.381.894	Agua dulce-salobre		
Tilopozo	577.715	7.369.511	Agua dulce-salobre		
Tucúcaro	572.970	7.373.199	Agua dulce-salobre		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-13 Ubicación Puntos de Bombeo Salmuera



Fuente: Elaboración propia.

4.2.7 Red del Plan de Alerta Temprana

El objetivo del Plan de Alerta Temprana (PAT) es detectar anticipadamente (en el tiempo y en el espacio) desviaciones respecto de los pronósticos del comportamiento del componente hídrico que pudieren llegar a afectar los sistemas objeto de protección y, activar las medidas preventivas necesarias para evitar efectos no previstos. Estas medidas pueden ser preventivas intermedias, para entender el origen del desvío de los pronósticos o finales, pero anticipadas, como por ejemplo la disminución o cese de la extracción para revertir un comportamiento no esperado del sistema antes de que pudiera generarse un efecto adverso.

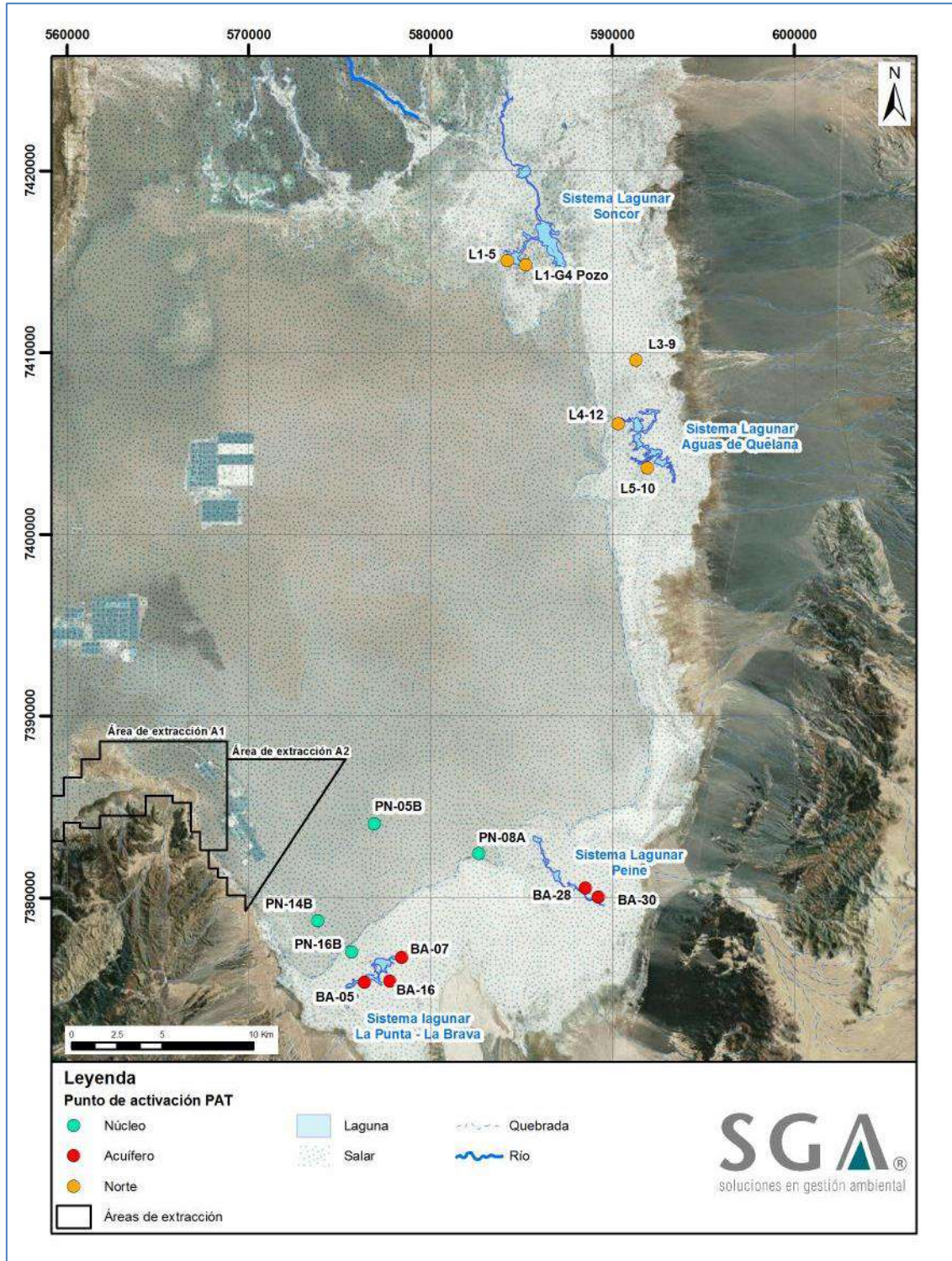
Para ello, el PAT utiliza un subconjunto de puntos de monitoreo del PSAH (ver Figura 4-14), denominados “puntos de activación”, y establece variables de estado indicadoras del comportamiento del Proyecto y de los objetos de protección, con “niveles de activación” (umbrales) que permiten anticiparse a la generación de efectos no previstos de la operación del Proyecto o del efecto sinérgico de los proyectos en el Salar.

El Plan de Alerta Temprana considera 3 Sectores de Alerta (Sector de alerta Núcleo, Sector de alerta Acuífero y Sector de alerta Norte), cada uno de ellos con sus puntos de activación, umbrales y medidas de acción diferentes, que dicen relación con el comportamiento esperado de cada sector durante la fase de operación del Proyecto.

Respecto los umbrales de activación debe destacarse que para el Sector de alerta Acuífero se indicó en el Apéndice A del Anexo 3 de la Adenda 5 que *“considerando que los puntos de activación son los que presentan los registros históricos más cortos, se propone que los umbrales de los pozos del acuífero sean recalculados con la información monitoreada en el propio pozo después de la 2ª actualización del modelo (4 años); donde se revisarán y realizarán todos los cálculos antes descritos usando la misma metodología. Esto, previa revisión y autorización de la Autoridad Ambiental”*.

Este punto fue recogido en la RCA N° 21/2016 en la condición 10.15 donde se indicó *“Respecto del cálculo de los umbrales para el sistema La Punta-La Brava, el titular deberá recalcular los umbrales indicados en la Tabla 3-5, pero restando sólo una desviación estándar y no dos desviaciones estándar como está propuesto”*. Sin embargo, es importante destacar que la Tabla 3-5 mencionada corresponde al cálculo de los umbrales en el sistema Peine, y no La Punta-La Brava. Y es efectivamente en Peine donde la estadística de registros que se utilizó para el cálculo de umbrales es más corta, y que corresponde actualizar con un período mayor de datos.

Figura 4-14 Ubicación Puntos PAT



Fuente: Elaboración propia.

En relación a los umbrales de activación del Sector de alerta Núcleo se indicó en el Apéndice A del Anexo 3 del Adenda 5 que *“Debido a que las cotas expresadas en las tablas depende del mes en el que se inicie el proyecto, se hará entrega a la autoridad la actualización de los umbrales expresados como nivel freático en cota una vez conocido el inicio real del proyecto”*.

Al respecto, Albemarle está trabajando en extender los datos estadísticos del modelo en cuanto a meteorología, y a explotaciones en la cuenca, para entregar los umbrales que corresponden considerando como fecha de inicio del Proyecto el 28 septiembre del 2016. La metodología de cálculo de estos umbrales será la misma expuesta en el Apéndice A de metodología de cálculo de umbrales del Plan de Alerta Temprana.

Sector de alerta Núcleo

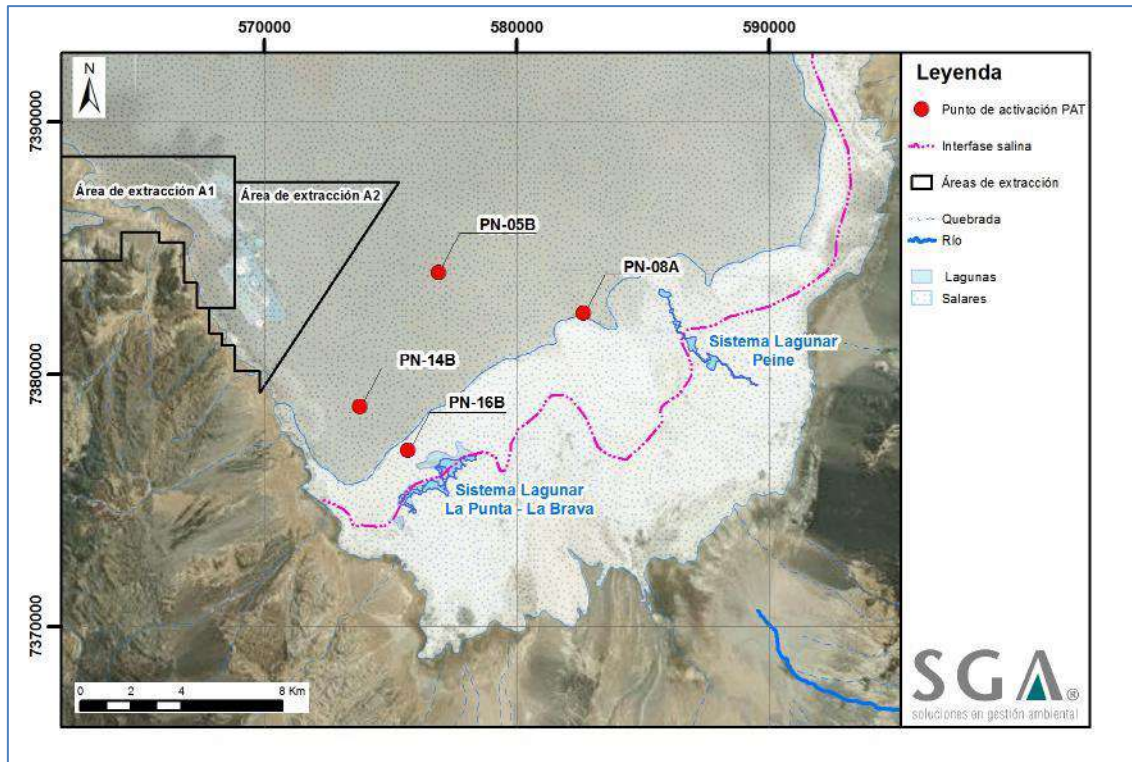
Este sector de Alerta se ubica en el Núcleo del Salar entre la explotación del titular y los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava. En este sector se prevén descensos del nivel freático en la salmuera pero sin alcanzar a causar efectos al otro lado de la interfase. Por lo tanto, de acuerdo a los descensos previstos en la evaluación ambiental se establecieron 4 puntos de activación con sus valores de los niveles de salmuera a respetar (umbrales anuales) para los 25 años de explotación. Considerando que el año 2017 corresponde al segundo año calendario de operación del Proyecto, en la Tabla 4-10, se presentan los valores de los umbrales 2017 para los pozos asociados al PAT y en la Figura 4-15 se presenta un detalle de la ubicación de los mismos.

Tabla 4-10 Umbrales de activación año calendario 2017

Pozo	Coordenadas UTM (Datum WGS84/Huso 19S)		Umbral Fase I (m s.n.m.)	Umbral Fase II (m s.n.m.)	Umbral Final (m s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)			
PN-05B	576.901	7.384.044	2.298,51	2.298,42	2.297,74
PN-08A	582.633	7.382.424	2.298,52	2.298,43	2.297,82
PN-14B	573.777	7.378.721	2.298,07	2.297,98	2.297,27
PN-16B	575.663	7.377.001	2.298,54	2.298,45	2.297,99

Fuente: Elaboración propia en base a base a Tabla 4-3, Tabla 4-4, Tabla 4-5 y Tabla 4-6 de Anexo 3 Adenda 5.

Figura 4-15 Ubicación Puntos PAT – Sector de alerta Núcleo



Fuente: Elaboración propia.

Sector de alerta Acuífero

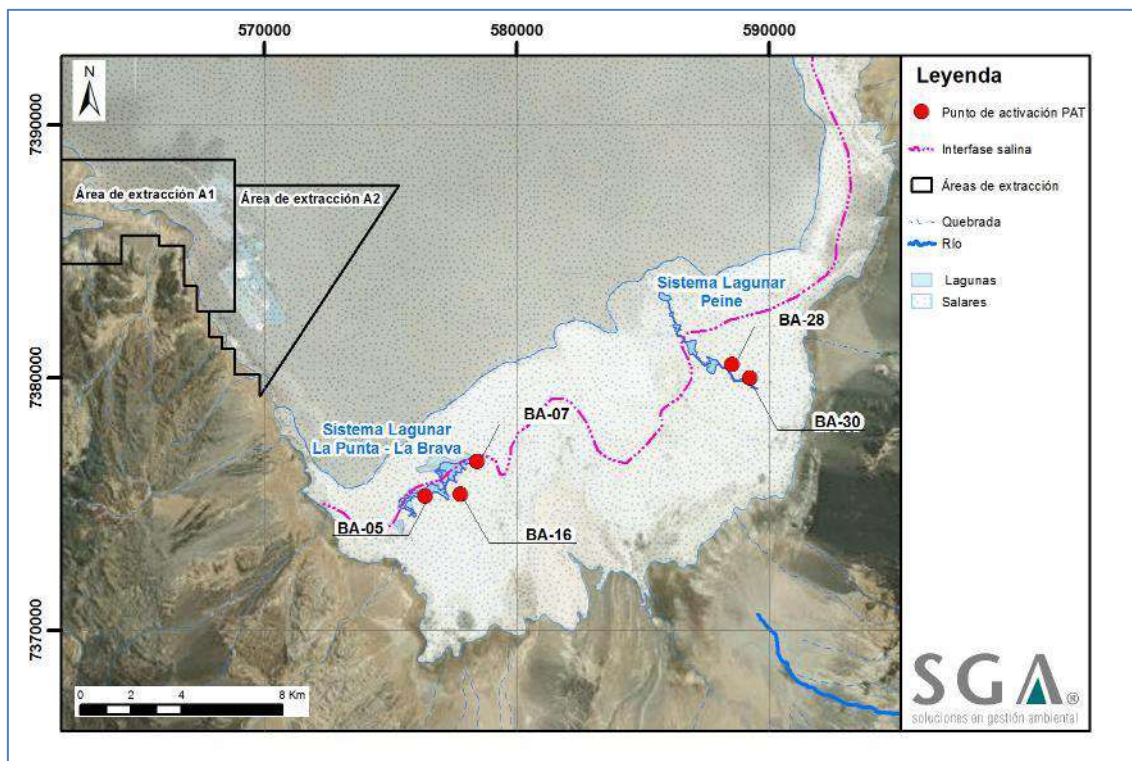
Este sector de Alerta se ubica en el acuífero de agua dulce-salobre alrededor de los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava donde no se contemplan descensos de nivel producto del Proyecto. Así, en este sector los indicadores de estado son los niveles piezométricos del acuífero, en 5 puntos de activación para los que se definió un umbral fijo para cada punto a lo largo de todo el Proyecto. Estos umbrales corresponden a niveles freáticos mínimos relacionados con la dinámica natural del sistema, donde los niveles más bajos se presentan en la época de verano producto de la mayor evaporación en el área. Tabla 4-11, se presentan los valores de los umbrales para los pozos asociados al PAT y en la Figura 4-16 se presenta un detalle de la ubicación de los mismos.

Tabla 4-11 Niveles de activación hídrico en el sector de alerta Acuífero

Pozo	Coordenadas UTM (Datum WGS84/Huso 19S)		Sistema lagunar	Umbral (m s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)		
BA-05	576.373	7.375.324	La Punta – La Brava	2.300,11
BA-07	578.406	7.376.692	La Punta – La Brava	2.299,97
BA-16	577.746	7.375.405	La Punta – La Brava	2.300,80
BA-28	588.525	7.380.523	Peine	2.300,59
BA-30	589.239	7.380.003	Peine	2.301,42

Fuente: Tabla 4-10 Anexo 3 Adenda 5.

Figura 4-16 Ubicación Puntos PAT – Sector de alerta Acuífero



Fuente: Elaboración propia.

Sector de alerta Norte

El Sector de alerta Norte, considera el sector del Núcleo frente los sistemas lagunares de Soncor y Aguas de Quelana, donde el Proyecto no prevé descensos adicionales en esta área y donde SQM tiene 5 puntos de activación de su Plan de Contingencias. Es por ello que para este sector de Alerta, en el proceso de evaluación ambiental se establecieron los umbrales y puntos de activación de SQM también para el Proyecto Albemarle. Las dos fases de alerta consideradas se activan de manera secuencial, en el caso de que Albemarle reciba notificación por parte de la autoridad ambiental, de que SQM ha activado una de las Fases. Se destaca que en caso de que en algún momento la información sea pública y accesible será responsabilidad de Rockwood informarse de la activación del PAT de SQM.

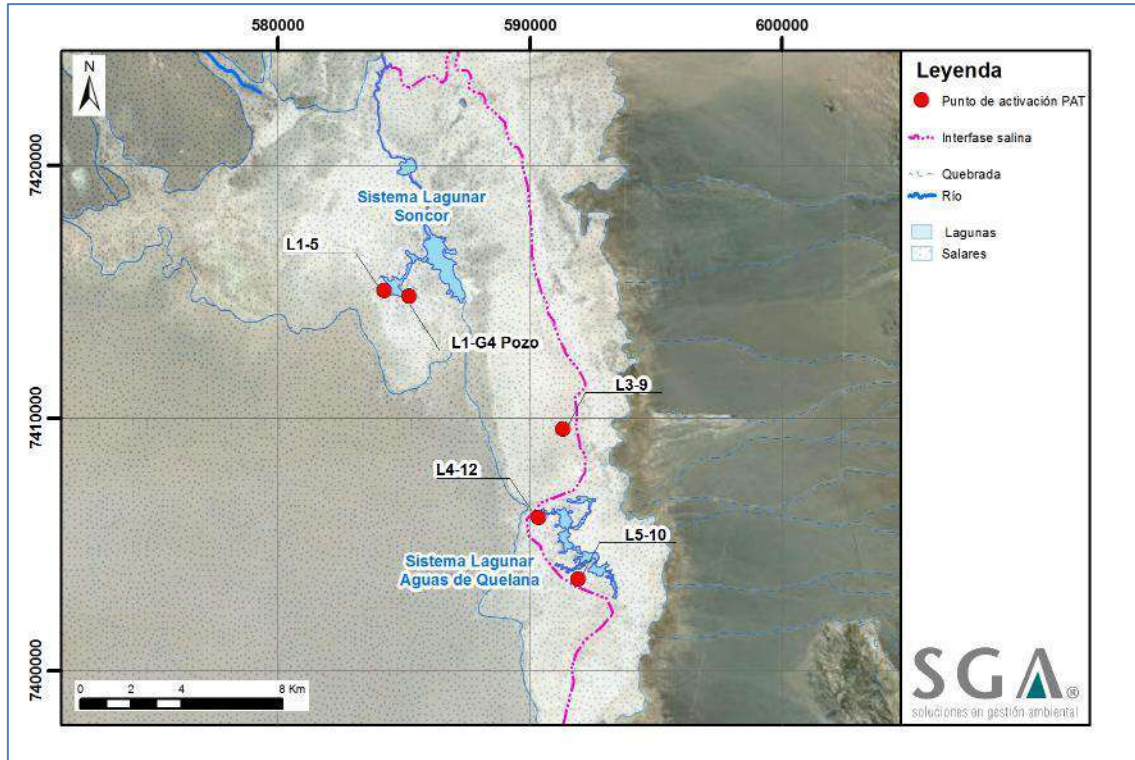
Dicho lo anterior en la Figura 4-12 se presentan las cotas de activación del PAT de SQM según lo indicado en el Anexo 3 Adenda 5, que reseñan al Informe N° 15 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” de SQM y en la Figura 4-17 se presenta un detalle de la ubicación de los mismos.

Tabla 4-12 Cotas de Activación de SQM.

Punto de monitoreo	Umbral Fase I (m s.n.m.)	Umbral Fase II (m s.n.m.)
L1-G4 Pozo	2.298,51	2.298,35
L1-5	2.298,51	2.298,35
L3-9	2.299,37	2.299,34
L4-12	2.298,72	2.298,69
L5-10	2.299,05	2.299,02

Fuente: Tabla 4-12 Anexo 3 Adenda 5.

Figura 4-17 Ubicación Puntos PAT – Sector de alerta Norte



Fuente: Elaboración propia.

4.3 Metodología y Materiales/Equipos de Muestreo, Medición y Análisis

A continuación, se señalan los materiales y equipos que son utilizados en las mediciones para cada una de las variables ambientales, y se describen las metodologías de medición. En aquellos casos en los cuales deben realizarse cálculos para determinar el valor de la variable, también se describe la metodología de cálculo utilizada.

Además, se señala que las variables relacionadas con la caracterización de la calidad química del agua se realizan procesos de medición, muestreo y análisis, por lo que se describen cada uno de los métodos y equipos utilizados.

4.3.1 Medición de Variables Meteorológicas

4.3.1.1 Materiales y/o Equipos

La medición de las variables meteorológicas se realiza mediante la estación meteorológica denominada EM-Rockwood, la cual se encuentra ubicada en las instalaciones que tiene la empresa en el núcleo del Salar a 2.300 m s.n.m. Los equipos que conforman esta estación meteorológica se describen en la Tabla 4-13.

Tabla 4-13 Equipos de Estación Meteorológica

Variable	Equipo	Marca	Modelo	Fecha de Instalación
Precipitación	Pluviómetro	Texas	TE525MM	Abril 2016
Presión Atmosférica	Barómetro	Vaisala	CS 106	Abril 2016
Evaporación	Evaporímetro y Bandeja	Novalynx	255-100	Abril 2016
Temperatura	Sensor de Temperatura	Vaisala	HMP155	Abril 2016

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2 Metodología de Medición

Las variables meteorológicas que mide la estación meteorológica instalada corresponden a: precipitación diaria [mm]; evaporación en lámina libre o de bandeja [mm], temperatura atmosférica [°C] y presión atmosférica [mbar]. Los valores son registrados directamente por el instrumental de la estación no existiendo ni muestreo ni análisis, en el entendido de un procesamiento de una muestra, por lo que no aplica señalar metodologías, porque no existen. Sin embargo cabe indicar que la información recopilada y almacenada en el instrumental es recolectada mediante una transmisión electrónica a la sala de control, desde donde se accede a ella a través de un computador y es descargada.

El instrumental instalado permite la medición de estas variables de manera continua, sin embargo para efectos de reportabilidad los datos se integran a nivel diario, mediante una planilla Excel.

4.3.2 Medición de Evapotranspiración

4.3.2.1 Materiales y/o Equipos

La medición trimestral de evapotranspiración fue realizada en el 2017 a través de domos, método que consiste en instalar una semiesfera, o domo, de acrílico transparente de volumen conocido (de espesor igual o menor a 5 mm) sobre suelo con vegetación (para medición de evapotranspiración) o raso (para medición de evaporación), dependiendo de las características específicas del lugar a monitorear. En el interior de esta semiesfera, se instala un sistema de aireación constituido por dos ventiladores, y un sensor de humedad relativa y temperatura (psicrómetro) según la configuración que se muestra en la Figura 4-18.

Figura 4-18 Esquema de la cámara semiesférica dispuesta en terreno, con ventiladores y psicrómetro instalados



Fuente: Elaboración propia.

Las características de los domos utilizados en las mediciones trimestrales se presentan en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14 Características domos para la medición de la EVT

Domo	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Espesor aproximado	Campaña Marzo	Campaña Junio	Campaña Septiembre	Campaña Diciembre
Domo A	101,4	46,4	5 mm	x	x	x	
Domo B	101,7	46,0	5 mm	x	x	x	
Domo C	101,5	48,0	5 mm		x	x	
Domo 3	101,4	46,4	5 mm			x	
Domo 4	101,7	46,0	5 mm			x	
ALB-01	102,0	46,5	5 mm				x
ALB-02	101,3	46	5 mm				x
ALB-03	101,5	46,5	5 mm				x

Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes equipos y materiales complementan el uso de domos para realizar las mediciones:

Tabla 4-15 Equipos y materiales complementarios al uso de domos

Equipos y materiales	Parametro de medición
Ventiladores de 5 Volts	N/A
Baterías portátiles de 5.000 miliamperios para alimentar los ventiladores	N/A
2 Psicrómetros (Vaisala MI70)	Grado de humedad en el aire
Pozómetro para medición de niveles (Solinst Level 101 o Geotech ET WLM)	Profundidad del nivel de agua subterráneas

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.2 Metodología de Medición

El procedimiento de medición en terreno se describe a continuación:

- 1) Una vez se llega al punto de monitoreo, se escoge el mejor sitio de medición, teniendo en cuenta que debe representar el área que se pretende caracterizar (suelo desnudo, suelo con vegetación o lámina libre de agua) y que la superficie del terreno tiene que estar lo menos alterada posible.
- 2) Se prepara la superficie para que el contacto entre el perímetro del domo y la superficie quede sellado, es decir que el aire acumulado al interior del domo no pueda escapar a la atmosfera libre durante la medición. Idealmente y siempre que se pueda, se debe ocupar material suelto del lugar para aislar los espacios entre el suelo y el domo, en el caso de no existir material suelto en el área, se deberá transportar de otro lugar (ver Figura 4-19).

- 3) En el caso de los puntos donde se mide la evaporación en lámina libre de agua, es suficiente que las paredes laterales del domo queden sumergidas alrededor de 5 cm en el agua, considerando que el agua que queda “encerrada” el interior del domo disminuye el volumen de atmósfera que queda al interior del mismo.
- 4) El psicrómetro se pre-configura para que tome un dato cada 5 segundos durante 5 minutos, tomando un total de 300 registros, tiempo suficiente para medir zonas ya sean con vegetación o suelos secos. Antes de empezar con los registros en cada punto y mientras se preparan el domo y los ventiladores, el psicrómetro se deja encendido, al aire y a la sombra para ambientarlo, de manera que se estabilizan las mediciones de temperatura y humedad relativa ambiente.
- 5) Se instalan los ventiladores correspondientes en el terreno antes de situar el domo en la superficie de medición. Es importante que éstos queden opuestos entre sí y que no estén direccionados directamente al sensor del psicrómetro, tal como se muestra en la Figura 4-19.
- 6) Con la cámara aún no instalada en la superficie de medición, se encienden los ventiladores, acto seguido se instala el domo en el terreno e inmediatamente se parte con el registro de datos con el psicrómetro, asegurando de que no quedan espacios entre la base del domo y el terreno.
- 7) Una vez terminada la medición, se apaga el psicrómetro, se retira del domo, se apagan los ventiladores y se levanta el domo permitiendo que la atmósfera contenida al interior del mismo sea liberada, se limpia y se preparan los equipos para la siguiente medición, ya sea en el mismo punto o en otro.
- 8) Antes y después de cada medición se limpia el domo de polvo y humedad, con un paño suave y seco, esto con el fin de que la suciedad no interfiera la acción de la radiación solar, ni tampoco exista humedad en el domo que pueda interferir en la medición.
- 9) Para cada día de medición se registra, siempre que se pueda, el nivel freático más cercano al punto de monitoreo de evaporación.
- 10) Todos los registros de nivel, horas de medición, variables atmosféricas relevantes y otras observaciones son anotados en la correspondiente ficha de terreno.

Figura 4-19 Preparación del terreno e instalación del domo



Fuente: Elaboración propia.

Todos los puntos de monitoreo se miden durante dos días consecutivos (bajornada), en horario diurno, con una frecuencia de medición de una a dos horas, dependiendo de las distancias que se encuentran los puntos de medición y las condiciones de los caminos, considerando ambas jornadas (esto significa de 5 a 8 mediciones al día por punto). Entre los dos días de medición, en la medida de lo posible, no se repite el mismo horario de medidas en un mismo punto de manera que al final de la campaña de terreno se cuenta con 10 a 16 mediciones en diferente horario y así contar con una mejor cobertura horaria por punto.

4.3.2.3 Metodología de Cálculo de tasa de evaporación diaria

Las mediciones del psicrómetro reflejan el aumento de la densidad de vapor de agua en el interior del domo, cuya tasa de incremento es proporcional a la evapotranspiración o evaporación, según corresponda. El ajuste de una recta en la sección de mayor pendiente entrega un valor puntual de evapotranspiración a la hora de la medición (Figura 4-20) que es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$ET(mm/d) = \frac{86,4 * M * V}{A * C}$$

Dónde:

ET= Tasa de evaporación instantánea

M = Tasa de cambio de la densidad de vapor de agua en el Domo, calculado como la pendiente máxima de la curva de la Figura 4-20 (g/m³*s)

V = Volumen del domo (m³)

A = Área superficial cubierta por el domo (m^2)

C = Factor de calibración por hidrofilia del domo (adimensional)*

86,4 = Factor de conversión a mm/d.

Como Factor de calibración C se utilizó un valor de 1,0.

El factor 86,4 es un factor de conversión de unidades, que convierte gramos de agua por metro cúbico por segundo a milímetros por día. Las dimensiones de los domos utilizados para el monitoreo son las que se indicaron precedentemente.

El cálculo del volumen para los domos se realizó según la siguiente formulación:

$$Area\ basal_{Domo} = A_{Domo} = \pi \cdot \left(\frac{Diámetro_{Domo}}{2}\right)^2$$

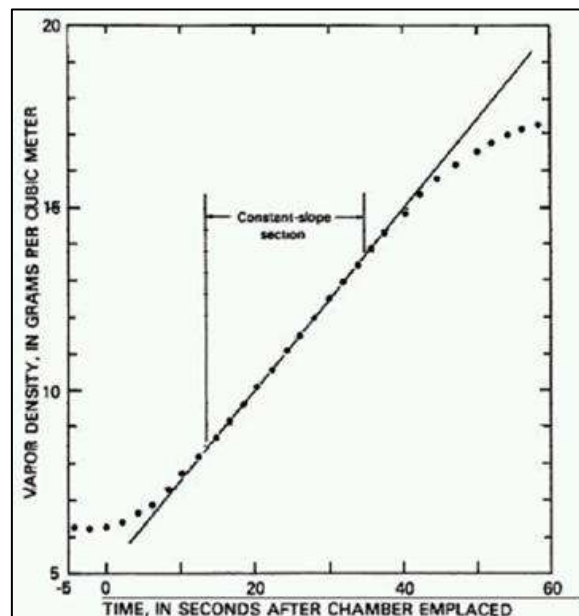
$$Volúmen\ interior_{Domo} = V_{Domo} = \frac{4}{3} \pi \cdot h_{Domo} \left(\frac{Diámetro_{Domo}}{2}\right)^2 \cdot 0,5$$

Dónde:

h_{Domo} : Altura del Domo [m]

$Diámetro_{Domo}$: Diámetro del domo [m]

Figura 4-20 Densidad de vapor de agua al interior de la cámara semiesférica



Fuente: Stannard (1988).

La tasa de evaporación calculada con la metodología anterior, debe ser multiplicada por un factor de corrección que depende de las dimensiones del domo ya que la plataforma de cálculo considera las dimensiones de un domo estándar ($\text{Diámetro}_{\text{Domo}} = 100 \text{ cm}$ y $h_{\text{Domo}} = 50 \text{ cm}$), y estas pueden variar levemente dependiendo del domo utilizado. El cálculo de este factor se realizó tal y como se indica en el numeral 4.5.1 del Apéndice J. de la Adenda 5. Para los domos utilizados, los factores de corrección por forma utilizados se muestran en la Tabla 4-16.

Tabla 4-16 Factor de corrección por forma

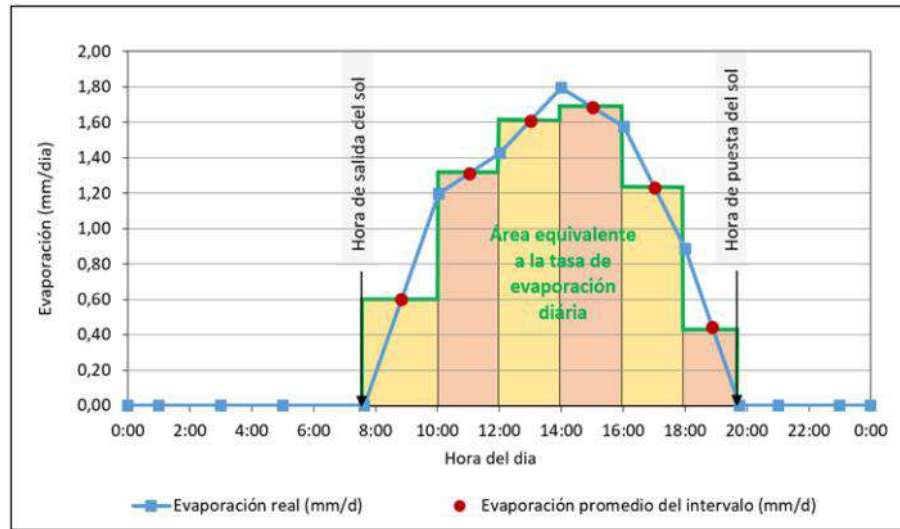
Domo	Área basal (m ²)	Volumen interior (m ³)	Factor de corrección
Domo A	0,99	0,29	0,88
Domo B	0,95	0,30	0,97
Domo C	0,95	0,29	0,91
Domo 3	0,81	0,24	0,90
Domo 4	0,81	0,24	0,90

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2.4 Metodología de Cálculo de evaporación diaria

Debido a que la evaporación depende de la radiación solar, se define una tasa igual a 0 mm/día desde la hora en la que se pone el sol y hasta la hora que amanece, estas horas varían en función de la época del año en que se realizan las medidas. Luego, con el fin de obtener el área bajo la curva, se calcula el promedio de la tasa de evaporación entre cada par de medidas consecutivas de ambos días de medición y se multiplica este valor por el intervalo de tiempo transcurrido entre las dos medidas. De esta manera, se obtiene un valor de evaporación para cada intervalo de tiempo, tal y como se muestra en la Figura 4-21, cuyo ejemplo se presenta para las mediciones de un solo día. Finalmente, y para obtener la tasa diaria de evaporación, se suma todos los valores promedios obtenidos.

Figura 4-21 Ejemplo de cálculo de evaporación diaria



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Medición de la Superficie Cubierta por Lagunas

4.3.3.1 Materiales y/o Equipos

La variable ambiental superficie cubierta por las lagunas se mide a partir del análisis de imágenes satelitales multiespectrales de alta y mediana resolución con validación en terreno.

Las imágenes de alta resolución se obtuvieron del sensor Pleiades-1A (pixel de 2 x 2 m de resolución, resolución pancromática de 50 cm), mientras que las imágenes de mediana resolución se obtuvieron del sensor público Landsat 8 (pixel de 30 x 30 m de resolución).

Para la validación en terreno se utilizaron receptores geodésicos Full GNSS/GPS, un sistema de dron tipo ala fija y una estación de control. El sistema de dron que se utilizó para la georreferenciación del mosaico, correspondió a una aeronave de referencia E382, cuyas dimensiones son 1.720 mm x 1.180 mm y un peso de 2.267 g.

La aeronave portó una cámara fotográfica Canon Powershot X230. La estación de control estuvo constituida por un computador portátil con software Mission Planner; conectado mediante radio modem para recepción telemétrica de datos. Para el procesamiento de las imágenes se utilizó el software GIS Arcmap 10.0.

4.3.3.2 Metodología de Medición

Las imágenes de alta resolución se focalizan en aquellas áreas de mayor interés y se adquieren en Julio y Diciembre, tal como quedase establecido en la RCA N° 21/2016. Además, con el objetivo de generar una correlación de estas imágenes de alta resolución con la serie histórica disponible de imágenes satelitales Landsat, de menor resolución, se realiza en forma simultánea un análisis y correlación con una imagen de baja resolución disponible del sensor Landsat 8, de la fecha más próxima a las de las imágenes de alta definición.

Las etapas metodológicas empleadas durante la medición y análisis correspondieron a:

- i. Trabajo en terreno para validación del tipo de recubrimiento de suelo existente, como “cuerpo de agua” u “otro recubrimiento”, para cada punto de validación y por sistema lagunar de estudio. Para esta validación se utilizaron 305 puntos en La Punta y La Brava, 191 puntos en Peine, 84 puntos en Aguas de Quelana y 256 puntos en Soncor para sensor Pleiades-1A, mientras que para sensor Landsat 8 se utilizaron 97 puntos en La Punta y La Brava, 182 puntos en Peine, 84 puntos en Aguas de Quelana y 233 puntos en Soncor.
- ii. Obtención de las imágenes satelitales en forma paralela a la campaña de terreno y su procesamiento digital, considerando correcciones radiométricas y atmosféricas.
- iii. Desarrollo y validación del modelo de clasificación supervisada de imágenes satelitales en base a la metodología “Modificada del Índice Normalizado de Diferencia de Agua” (NDWI por su sigla en inglés), la cual fue empleada en el estudio desarrollado en la Adenda 5 del Proyecto.

La clasificación supervisada de imágenes satelitales, se empleó para la identificación y delimitación de los cuerpos de agua. El método se inicia con el establecimiento, mediante criterio de experto, de los umbrales de clasificación para cada uno de los parámetros espectrales de evaluación que tienen una respuesta determinada ante la presencia de un cuerpo de agua.

Posteriormente, en un modelo de árbol de decisiones se estiman los cuerpos de agua, utilizando la combinación de los criterios definidos en el paso anterior y se evalúa el ajuste mediante la validación con los datos de terreno. Los parámetros evaluados durante la clasificación supervisada en el presente estudio fueron cinco y se indican en el siguiente Acápite (“Metodología de cálculo”).

- iv. Finalmente, se realizó una depuración cartográfica, con lo cual se obtuvieron las coberturas de lagunas por sector.

Mayor detalle de cada una de las metodologías señaladas, se presenta en el Anexo C del presente informe, con el Informe: “Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama”

4.3.3.3 Metodología de Cálculo

Para el cálculo de los parámetros espectrales del modelo de clasificación se utilizaron las siguientes metodologías:

- i) Índice de Diferencia Normalizada de Agua –NDWI

El índice NDWI (por su sigla en inglés, Normalized Difference Water Index) varía entre -1 y 1, asociando los valores positivos para las superficies con agua o húmedas y cero o negativo para el suelo y la vegetación terrestre estresada. El cálculo de este índice se realizó siguiendo la fórmula:

$$\text{NDWI} = (\text{V-NIR}) / (\text{V+NIR})$$

Donde: **V** es la reflectancia en el verde

NIR es la reflectancia en la banda del infrarrojo cercano

El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

- ii) Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación – NDVI

El Índice NDVI (por su sigla en inglés, Normalized Difference Vegetation Index), consiste en la comparación entre las bandas roja e infrarroja cercana, mediante la siguiente expresión:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR-R}) / (\text{NIR+R})$$

Donde: **R** es la reflectancia en la banda roja.

El NDVI varía entre -1 y 1 y resalta en valores positivos las áreas con presencia de vegetación, mientras que en el rango de los valores negativos, este índice detecta superficies que generalmente corresponden a nubes o cuerpos de agua. El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

- iii) NIR – Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano

La Banda NIR (Banda 5 en Landsat 8 y Banda 4 en Pleiades-1A), posee características espectrales útiles para la detección de cuerpos de agua. Dadas las propiedades del agua de

absorción de la radiación electromagnética; esta baja reflectividad en el infrarrojo resulta útil en la distinción de áreas de tierra o suelos desnudos y agua.

Para el cálculo de este parámetro, se realizó la reclasificación de esta Banda, en valores por debajo del percentil 30% en las capturas espectrales de Agosto 2017, y valores por debajo del percentil 50% en las capturas espectrales de Diciembre 2017, para la categorización de cuerpos de agua en las áreas de estudio (ver acápite 4.6.6, Anexo C Informe “Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama”). El cálculo de este parámetro se realizó tanto en las imágenes Landsat 8 como en las imágenes de alta resolución Pleiades-1A.

iv) Reclasificación de bandas espectrales

Este parámetro consistió en un procedimiento de clasificación binaria de los píxeles en las imágenes espectrales Pleiades-1A, en que los píxeles de las bandas espectrales de las imágenes se enfrentaron a la condición lógica de la presencia de cuerpos de agua versus otros recubrimientos, en base al segmento de longitud de onda que refleja cada banda. Para este caso se procedió el cumplimiento de la condición:

$$(B1 < B2) \text{ y } (B3 > B4)$$

Donde las bandas corresponden a: B1 azul, B2 verde, B3 rojo y B4 infrarrojo cercano.

v) Transformación “Tasseled Cap”

La transformación “Tasseled Cap” (TCT) fue desarrollada para optimizar la visualización de la vegetación en imágenes multispectrales (Hernández, 2005). Esta transformación produce tres nuevas bandas a partir de las originales de la imagen: Brillo (*Brightness*), Verdor (*Greenness*) y Humedad (*Wetness*).

En el caso de la componente de humedad es un contraste entre la reflectancia en el infrarrojo de onda corta (SWIR) y el visible/infrarrojo cercano (VNIR), proporcionando una medida del contenido de humedad del suelo. En estas bandas, el agua absorbe la radiación (con coeficientes de ponderación negativos) respecto al resto de las bandas menos afectadas por la humedad (coeficiente bajo y positivo) (Crist & Cicone, 1984; Crist, *et al.*, 1986).

Este parámetro se utilizó sólo en el caso de Landsat 8 y para su cálculo se utilizaron coeficientes que derivan estadísticamente a partir de estas imágenes y de observaciones empíricas que son específicos para cada sensor (Crist, *et al.* 1986).

4.3.4 Medición del Nivel Limnimétrico de las Lagunas

4.3.4.1 *Materiales y/o Equipos*

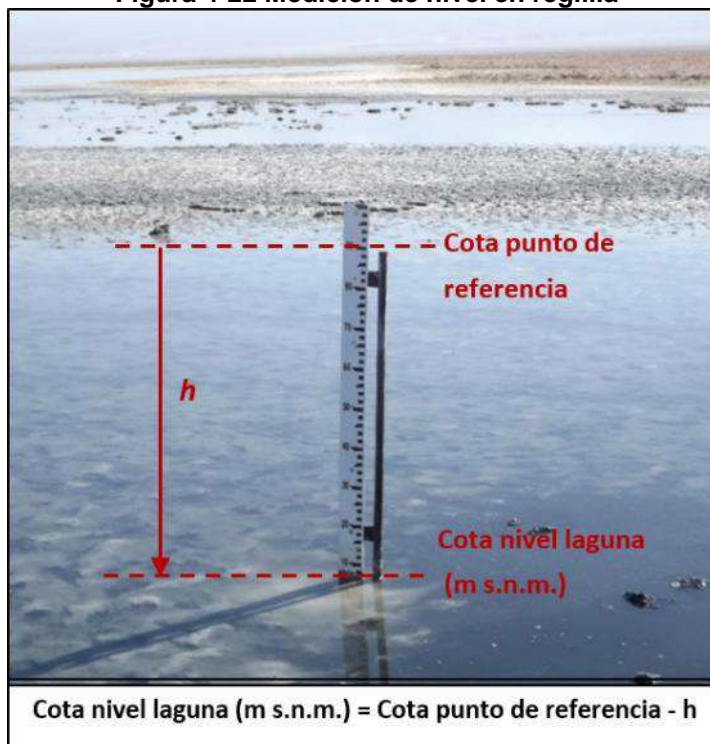
La variable de nivel de las Lagunas se mide a través de las reglas limnimétricas o estacas instaladas en los puntos de medición. Las reglas limnimétricas instaladas por Albemarle son de 1 cm de precisión, y la medición para la obtención de la elevación de la lámina de agua o altura limnimétrica se realiza con el uso de una cinta métrica, de precisión 1 mm.

4.3.4.2 *Metodología de Medición*

La medición se realiza midiendo la distancia (h) desde el punto de referencia (punta de la estaca donde va amarrada la reglilla) hasta el espejo de agua (ver Figura 4-22). Esta medida (h) se mide al menos tres veces, registrando la medida definitiva en la libreta de terreno luego de verificar que entre cada medida no exista una diferencia mayor a 1 cm. Se destaca que producto del viento y el pequeño movimiento que éste genera en los niveles superficiales de agua, el error de medición de esta variable, es efectivamente mayor a la del instrumento de medición (cinta métrica).

Posteriormente durante el procesamiento de los datos en gabinete, se calcula la elevación del nivel del espejo de agua en m s.n.m. para cada medición restando a la cota del punto de referencia la altura o distancia h (en metros) medida con la cinta métrica. Cabe indicar que para todos los puntos medidos se dispone de la elevación del punto de referencia en m s.n.m. (cota de referencia) obtenida mediante levantamiento topográfico de precisión.

Figura 4-22 Medición de nivel en reglilla



Fuente: Elaboración propia.

4.3.5 Aforo de Caudales Superficiales

4.3.5.1 Materiales y/o Equipos

Para el cálculo de caudales superficiales se realizan mediciones de la velocidad de agua en L/s en una sección del cauce, para ello se utiliza un aforador de hélice o molinete, de marca Gurley Precision Instruments y modelo "Gurley Meter Manual 625D Pigmy-Digital" que tiene un rango de lectura de 0,02 a 0,9 m/s, con una precisión del 2%.

Cuando la altura de escurrimiento del agua en una sección es menor a 5 cm, no se puede medir la velocidad del flujo con el molinete. En estos casos se hace la prueba con la técnica del flotador, para determinar si existe flujo.

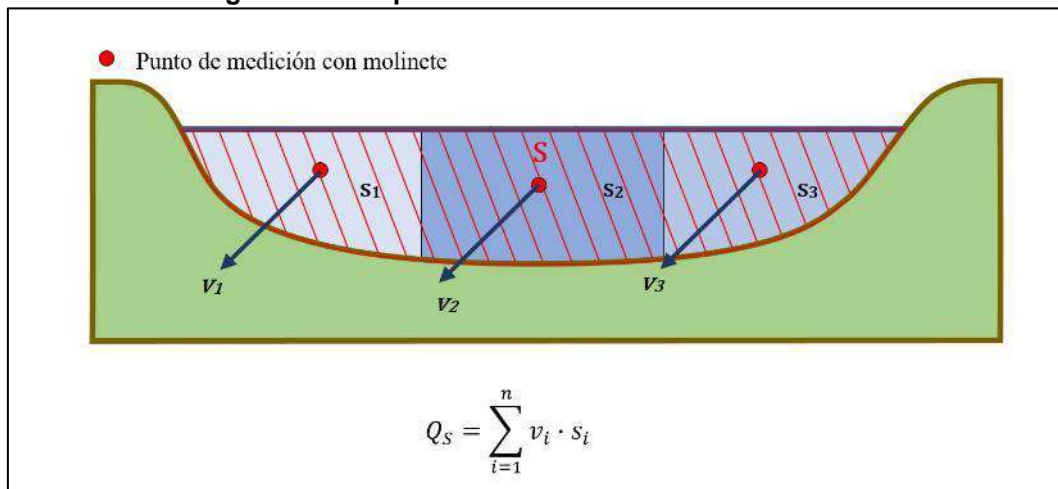
4.3.5.2 Metodología de Medición

Para realizar la medida del aforo del caudal superficial, se divide el cauce en dos, tres o más áreas transversales o secciones, dependiendo de la geometría y ancho de éste, de manera de medir velocidades en diferentes secciones de escurrimiento con velocidades uniformes en ellas.

Las secciones se miden a través de su componente vertical, que es la altura promedio total de escurrimiento comprendida desde el lecho hasta el nivel superficial del agua y su componente horizontal que corresponde a la longitud distancia entre dos puntos que dividen las secciones, a veces marcados con estacas en terreno. En el caso de las estaciones Antrepresa Tilomonte y Vertiente Peine, se considera una única sección debido a que la velocidad de escurrimiento en toda su área es suficientemente uniforme por lo que no se considera necesario subdividir la sección.

La medición y registro de velocidades de escurrimiento se ejecuta colocando el molinete al 60% de profundidad y al centro, en la horizontal, de cada sección asignada (Figura 4-23 y Figura 4-24). El *logger* del molinete informa las mediciones de velocidad cada 4 segundos, las que se van anotando en la libreta de terreno. El profesional verifica que estas medidas sean relativamente uniformes, y que se mantengan dentro de un mismo rango de magnitud. Si esto ocurre, el dato de velocidad que se toma como característico de la sección medida es aquél que se repite al menos tres veces dentro del tamaño de muestra representativo de cada sección, que puede variar generalmente entre 6 y 9 mediciones consecutivas anotadas en la libreta.

Figura 4-23 Esquema de medición de caudal de aforo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4-24 Aforo con molinete



Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.3 Metodología de Cálculo

El caudal total de escurrimiento de cada punto de aforo se calcula como la sumatoria de los caudales de cada sub-sección establecida en terreno. El caudal de cada sección (q_i) se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$q_i = \text{velocidad}_i \text{ (m/s)} \times \text{área sección}_i \text{ (m}^2\text{)}$$

En el caso de secciones rectangulares, el área de la sección i es comprendida como la altura de la profundidad de escurrimiento por la longitud horizontal del flujo de agua en la misma:

$$\text{área sección}_i \text{ (m}^2\text{)} = \text{Longitud horizontal}_i \text{ (m)} \times \text{Altura profundidad de escurrimiento}_i \text{ (m)}$$

En el caso de secciones triangulares, el área se calculará de la siguiente manera:

$$\text{área sección}_i \text{ (m}^2\text{)} = \frac{1}{2} \times \text{Longitud horizontal}_i \text{ (m)} \times \text{Altura profundidad máxima de escurrimiento}_i \text{ (m)}$$

Cuando la altura de escurrimiento del agua en una sección es menor a 5 cm, no se puede medir la velocidad del flujo con el molinete. En estos casos se hace la prueba con la técnica del flotador, y si existe flujo, se le asigna a la sección la mínima velocidad de escurrimiento, de 0,04 m/s, que es la velocidad mínima que puede cuantificar el equipo. En caso que no se detecte flujo, se asigna una velocidad de 0 m/s a la sección.

4.3.6 Medición de Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre

4.3.6.1 *Materiales y/o Equipos*

La medición de la profundidad del nivel del agua en pozos, piezómetros, piezómetros someros (barrenos) y zanjas fue realizada manualmente con un pozómetro marca Solinst Modelo 101 o marca Geotech, dependiendo de la disponibilidad.

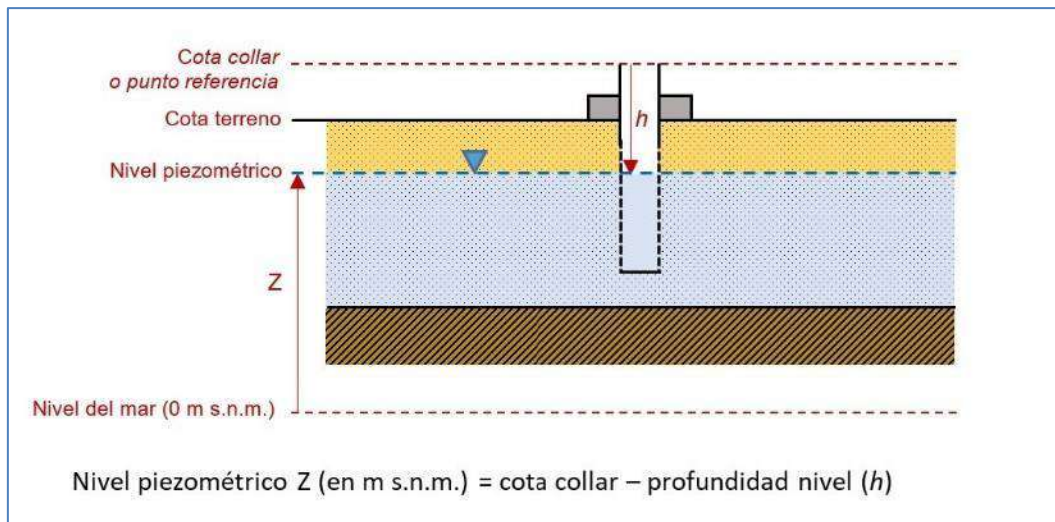
Adicional a lo anterior, 31 piezómetros de la red de monitoreo tienen instalados transductores de presión Keller y Van Essen para la medición continua de niveles piezométricos. Estos equipos registran con frecuencia horaria presiones hidrostáticas y temperatura del agua, además de la conductividad eléctrica en algunos de los equipos instalados.

La información de presión hidrostática, junto con la profundidad a la que está instalado cada equipo, la densidad del agua/salmuera y los datos de presión barométrica que se obtienen de una red de transductores, permiten realizar la compensación de los datos registrados y cálculos necesarios para obtener los resultados de la variable nivel piezométrico horario en cada punto con equipo instalado.

4.3.6.2 *Metodología de Medición*

Previo a cada campaña de monitoreo, se verifica el correcto funcionamiento del equipo, para esto se comprueba que el equipo emite una señal sonora y/o luminosa al entrar en contacto con el agua.

La medición de profundidad de nivel de agua se realiza desde un punto de referencia prefijado para cada piezómetro/pozo que normalmente es el collar de su brocal (Figura 4-25). En algunos casos, debido a que la perforación no tiene brocal o al hecho de que se trata de pozos con bomba y línea instalada, la medición se toma desde otro punto de referencia, pudiendo ser ésta la cota terreno u otro punto predefinido. Así pues, las medidas de profundidad del nivel registradas en la libreta de terreno representan la profundidad de la lámina de agua/salmuera medida desde el punto de referencia que denominamos cota de referencia o cota collar. Para el caso de las zanjas, éstas tienen una tabla de madera con una marca que corresponde a la cota de referencia desde donde se mide la profundidad del nivel.

Figura 4-25 Medición de Nivel de Agua/Salmuera en Piezómetros

Fuente: Elaboración propia.

La profundidad del nivel del agua (h) se mide al menos tres veces, registrando la última medición como medida definitiva en la libreta de terreno luego de verificar que entre cada medida no exista una diferencia mayor a 1 cm. En particular los pozómetros cuentan con una precisión de 1 a 2 milímetros, por lo tanto su variabilidad es menor al 0,1% de dispersión de datos. Es importante destacar, que cada vez que se utiliza el pozómetro, éste se lava con agua destilada y se seca con toalla de papel antes y después de efectuar cada medición.

Posteriormente durante el procesamiento de los datos en gabinete, se calcula la elevación del nivel de agua en m s.n.m. para cada medición, restando la profundidad medida del nivel de agua (h) a la cota de referencia. Cabe indicar que para todos los puntos medidos se dispone de la elevación del punto de referencia en m s.n.m. obtenida mediante levantamiento topográfico de precisión.

4.3.7 Medición de Posición de la Interfase Salina

4.3.7.1 Materiales y/o Equipos

La variable de la posición de la interfase salina se mide a través de perfiles de conductividad y temperatura en pozos y/o piezómetros ranurados en toda su longitud. Los equipos utilizados durante el año fueron sonda marca SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3, de 250 m de largo, y marca SOLINST, modelo TLC-107, de 150 m de largo. El rango de medición de este equipo es de 0 hasta 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con una exactitud de 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para valores menores a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y del 0,5% para valores mayores. La temperatura opera en un rango entre los -5 y 50°C con una precisión de $0,1^\circ\text{C}$.

4.3.7.2 Metodología de Medición

El monitoreo de la posición de la interfase salina se realiza a través de la medición manual de perfiles de conductividad eléctrica con la sonda (ver Figura 4-26) en piezómetros habilitados con tubería ranurada en toda su extensión. Los resultados se reportan como datos y gráficos de profundidad versus conductividad eléctrica. Para conocer la cota altimétrica [m s.n.m.] de la posición de la interfase, se cuenta con la cota collar o de referencia para cada uno de los puntos de monitoreo.

Figura 4-26 Sonda SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3



Fuente: SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG.

Previo al inicio de los trabajos en terreno, se realiza la calibración de la sonda y antes de iniciar la toma de las mediciones en cada punto, se verifica su correcto funcionamiento.

En el punto de medición se inicia el descenso de la sonda por el pozo, hasta que la sonda detecta el nivel del agua dentro de la perforación. Desde esa profundidad se registran las lecturas de conductividad (en mS/cm) y temperatura (en °C) durante el descenso de la sonda por la columna de agua/salmuera, en intervalos definidos, esperando que estas medidas se estabilicen y se muestren en el mismo valor de la pantalla durante 30 segundos.

Los intervalos de medición están sujetos a la variación de la conductividad. Cuando se detectan valores por sobre 100.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicativo de que se está cerca de la zona de

interfase entre agua salobre y salmuera, la medición se realiza cada 0,2 m. Luego que los registros de conductividad se estabilizan en torno al valor característico de la salmuera durante al menos tres intervalos, se pasa de nuevo a registrar la conductividad eléctrica cada 1 o 2 metros.

Las lecturas realizadas por la sonda se observan en una pantalla al costado del tambor del equipo; para cada profundidad de medición, una vez estabilizadas, son anotadas inmediatamente en la libreta de terreno por el supervisor encargado del monitoreo.

Una vez finalizado el perfil de conductividad y temperatura de la columna de agua del punto, se extrae la sonda y se lava el instrumento con agua dulce o destilada.

4.3.8 Muestreo y Análisis de la Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea

La calidad química de las aguas se mide a través de la medición de parámetros físico-químicos *in situ* y de la toma de muestras que son analizadas posteriormente en un laboratorio químico. Al corresponder estas actividades al muestreo, medición y análisis por cumplimiento de una RCA, éstas se realizan con un laboratorio certificado como ETFA (Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental) por la SMA. Durante el año 2017, la ETFA encargada del muestreo de aguas superficiales y subterráneas fue Hidrolab, y fue asistida y acompañada en terreno por personal de SGA. A continuación, se presenta la metodología utilizada por la ETFA, la cual se rige por normativas NCh 411 para el muestreo y medición en terreno de las muestras.

4.3.8.1 Materiales y/o Equipos

Para la variable de calidad físico química de las aguas, se realiza a) medición de parámetros *in situ*, b) toma de muestras de agua, para envío a laboratorio; y c) análisis en laboratorio, que en el año 2017 fue realizado por Hidrolab.

a) Materiales y equipos para la medición *in situ*

En la Tabla 4-17 se indican los materiales necesarios para la medición *in situ*.

Tabla 4-17 Materiales y Equipos para la medición de parámetros *in situ*

Equipo	Parámetros
Multiparámetro Hanna HI98194	Temperatura pH Conductividad eléctrica Sólidos disueltos totales Oxígeno disuelto
Pozómetro marca Solinst Modelo 101 o marca Geotech	Nivel piezométrico
Bomba Waterra	No hay parámetro asociado

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4-18 presenta las especificaciones técnicas (resolución y rangos de medición) del fabricante del equipo multiparámetro utilizado por la ETFA en el monitoreo físico-químico *in situ*.

Tabla 4-18 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98194

Parámetro	Rango medición	Resolución	Precisión
pH	0,00 a 14,00	0,01 ; 0,1 mV	± 0,02 ; ± 0,5mV
Conductividad eléctrica (CE)	0 a 200 mS/cm	0,01 mS/cm a 0,1 mS/cm	± 1% de la lectura; ± 1 µS/cm
Temperatura	-5,00 a 55,00 °C	0,01°C	± 0,15 °C
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	0 a 9999 (mg/L)	1 ppm (mg/L)	± 1% de la lectura; ± 1 (mg/L)
Oxígeno Disuelto (O.D.)	0,00 a 50,0 (mg/L) (O.D. real L _{max} 14,6 mg/L)*	0,1% 0,01 (mg/L)	0,00 a 30 mg/L ± 1,5% de la lectura

*O.D. Límite máximo en aguas naturales (14,6 mg/L)

Fuente: Manual de instrucciones del equipo.

Los datos de conductividad eléctrica en terreno que superan los 200.000 µS/cm, quedan fuera del rango de medición del equipo, por lo que su conductividad eléctrica se calcula a partir del valor de conductividad absoluta aplicándole un factor de corrección que es función de la temperatura de la muestra.

Los registros de calibración diaria del equipo multiparamétrico utilizado por la ETFA para el monitoreo *in situ* se presentan en el Anexo H-4 de este informe.

b) Materiales y equipos para la toma de muestras

En la Tabla 4-19 se indican los materiales necesarios para la toma de muestras.

Tabla 4-19 Materiales y Equipos para la Toma de Muestras

Material/Equipo	Parámetros
Envases de Laboratorio	Analitos comprometidos para muestras de aguas superficiales y subterráneas.
Bomba peristáltica para filtrado Geotech	Para muestras de agua subterránea / superficial
Pozómetro marca Solinst Modelo 101 o marca Geotech	Para muestras de agua subterránea
Bomba "Wattera"	Para muestras de agua subterránea
Bailer simple	Para muestras de agua subterránea.
Kit filtrado Millipore	No hay parámetro asociado

Fuente: Elaboración propia.

c) Materiales y equipos para análisis de laboratorio

En la Tabla 4-20 se indican los materiales necesarios para el almacenamiento y traslado de muestras.

Tabla 4-20 Materiales y Equipos para almacenamiento y Traslado de muestras

Equipo	Parámetros
Envases de plástico de 1 l	Cloruros Nitrato Sulfato pH Conductividad Densidad Bicarbonato Sólidos Disueltos Totales
Envases de plástico de 500 ml	Metales totales Metales disueltos
Preservantes HNO ₃	Metales totales y disueltos

Fuente: Laboratorio Hidrolab.

Todos los envases son conservados en un cooler a una temperatura de 4 ± 2 °C hasta el momento de su análisis, mediante el uso de acumuladores de frío.

En función del analito o parámetro a determinar, algunos envases reservorios de muestras contienen agente preservante. En la Tabla 4-21 se indica las características de preservación de las muestras en caso que corresponda.

Tabla 4-21 Características de preservación de muestras

Analito(s) de interés	Preservación	Filtrado de muestra
Cationes mayoritarios disueltos (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ y K ⁺)	pH<2 Ácido Nítrico 2% (después de filtrar)	Sí
Aniones mayoritarios disueltos (Cl ⁻ , SO ₄ ⁼ , HCO ₃ ⁻ y NO ₃ ⁻)	Sin preservación	Sí
Elementos mayoritarios totales (Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ y K ⁺)	pH<2 Ácido Nítrico 2%	No
Elementos minoritarios y trazas disueltos (B, Li y Sr)	pH<2 Ácido Nítrico 2% (después de filtrar)	Sí
Elementos minoritarios y trazas totales (Al, As, B, Fe, Li, Si y Sr)	pH<2 Ácido Nítrico 2%	No
Parámetros Fisicoquímicos de laboratorio (pH, C.E., STD y Densidad)	Sin preservación	No

Fuente: Laboratorio Hidrolab.

Los registros de las cadenas de custodia de las muestras tomadas se presentan en el Anexo H-6 de este informe.

4.3.8.2 Metodología de toma de muestras

- Aguas superficiales: En el caso de las muestras de aguas naturales superficiales, su procedencia puede ser lagunar y de canal o vertiente, las que se obtienen directamente del punto de muestreo. Los envases reservorios de las muestras sin preservantes se ambientan 3 veces con el agua del mismo punto de muestreo y luego se toma la muestra. Es relevante indicar que al momento de tomar la muestra, se procura no levantar sedimentos del lecho, para no alterar la representatividad de la muestra, evitando así la sobreestimación de la química presente en los cuerpos de aguas monitoreados. Para las muestras con preservantes se llenan con agua a partir de recipientes ambientados, con precaución de no derramar muestra y preservante.
- Aguas subterráneas: El muestreo de aguas subterráneas en pozos y piezómetros se realiza mediante extracción con una bomba *Waterra*. Para asegurar la representatividad de la muestra se utilizó el método de estabilización de parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica, pH y temperatura), para de esta manera asegurar que la muestra obtenida es representativa del acuífero y no del almacenamiento en el propio piezómetro. Los criterios de estabilización de parámetros adoptados por Hidrolab en terreno son los indicados en la Tabla 4-22 y los registros de la estabilización de parámetros físico-químicos para cada muestreo se presentan en el Anexo H-5 de este informe.

El día de muestreo y medición, en el punto de monitoreo, se introduce la bomba *Waterra* y se comienza la purga, una vez los parámetros se estabilizan, se procede a registrar la medida de parámetros *in situ* en la libreta de terreno tomada desde un recipiente ambientado 3 veces con el agua del mismo punto de muestreo y se realiza el muestreo.

4.3.8.3 Metodologías de medición y análisis

a) Metodología para la medición de parámetros *in situ*

Los parámetros físico-químicos *in situ* de pH, Conductividad eléctrica, Sólidos disueltos totales, Oxígeno disuelto y Temperatura se miden con un equipo multiparamétrico (Hanna, Modelo HI 98194) propiedad de la ETFA. Se destaca además, que al inicio de cada jornada de trabajo, personal de SGA chequea que las mediciones de este equipo son concordantes con las mediciones realizadas con el equipo multiparamétrico propiedad de ALBEMARLE LTDA. (Hanna, Modelo HI 9829). Luego, durante las mediciones de parámetros físico-químicos, SGA contrasta cada medición realizada por Hidrolab con mediciones propias realizadas con el equipo multiparamétrico propiedad del titular.

Para el caso de aguas superficiales, los parámetros se miden en muestras extraídas directamente de los cuerpos de agua, desde recipientes sin preservantes ambientados tres

veces con el agua del mismo punto de muestreo. Para el caso de aguas subterráneas, estas mediciones se registran una vez se detecta que los valores de los parámetros físico-químicos *in situ* se estabilizan dentro de los rangos ilustrados en la Tabla 4-22 en recipiente de muestreo.

Tabla 4-22 Criterio estabilización de parámetros *in situ* para el muestreo de aguas

Parámetro	Rango estabilización
pH	± 5%
Conductividad eléctrica (CE)	± 5%
Temperatura	± 0,2%
Oxígeno Disuelto (O.D.)	± 10%

Fuente: Laboratorio Hidrolab.

b) Metodologías de análisis de aguas en Laboratorio

Los métodos analíticos y características de éstos utilizados por el laboratorio para la medición de parámetros físico-químicos y concentración de analitos se indican Tabla 4-23.

Asimismo, para los analitos disueltos se realiza un post-proceso de filtrado.

Tabla 4-23 Métodos de análisis en laboratorio

Parámetro/analito	Método analítico (Standard Method)	Cód. Método	Unidades	Límite de detección
Conductividad Eléctrica	Conductividad Eléctrica	SM-2510 B	µS/cm	1
Densidad	Densímetro	SM-2710 F	g/mL	0,9
pH	Método Electrométrico	SM-4500HB	---	---
Bicarbonato (HCO ₃)	Método de la Titulación	SM-2320 B	mg/L	1,00
Sólidos Disueltos Totales	Método Sólidos Disueltos Totales secados a 180°C	SM-2540 C	mg/L	3,00
Aluminio (Al)	Cromatografía iónica	SM-4110 B	mg/L	0,01
Arsénico (As)	Absorción atómica (generación de hidruros)	SM-3114 C	mg/L	0,001
Boro (B)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,002
Boro Disuelto (B)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,002
Calcio (Ca)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,20
Calcio Disuelto (Ca)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,20
Cloruros (Cl)	Cromatografía iónica	SM-4110 B	mg/L	0,50
Estroncio (Sr)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,001
Estroncio Disuelto (Sr)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,001
Hierro (Fe)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,002

Parámetro/analito	Método analítico (Standard Method)	Cód. Método	Unidades	Límite de detección
Litio (Li)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,003
Litio Disuelto (Li)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,003
Magnesio (Mg)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,2
Magnesio Disuelto (Mg)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,2
N-NO3, Nitrato	Cromatografía iónica	SM-4110 B	mg/L	0,2
Potasio (K)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,2
Potasio Disuelto (K)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,2
Silicio (Si)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,02
Sulfato (SO4)	Cromatografía iónica	SM-4110 B	mg/L	1
Sodio (Na)	Metal Total ICP	SM-3120 B	mg/L	0,2
Sodio Disuelto (Na)	Metales Disueltos ICP	SM-3120 B	mg/L	0,2

Fuente: Laboratorio Hidrolab.

4.3.8.4 Validación de resultados, cálculo del Balance Iónico y otras verificaciones

Si bien el muestreo, las mediciones y los análisis químicos los ha realizado un laboratorio certificado como ETFA por la SMA (Hidrolab), una vez se reciben los certificados de laboratorio se revisan los valores entregados para cada muestra y parámetro con el objetivo de validar los resultados.

Una de las verificaciones más importantes para el control de calidad de los resultados de laboratorio es el cálculo del error de balance iónico a partir de la siguiente expresión, para la que comúnmente se consideran solamente los cationes y aniones mayoritarios (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , HCO_3^{2-} , SO_4^{2-} y NO_3^-), pero que también pueden considerarse otras especies disueltas si éstas se encuentran en concentraciones destacadas:

$$\text{error de balance (\%)} = 100 \times \frac{\text{suma de cationes} - \text{suma de aniones}}{\text{suma de cationes} + \text{suma de aniones}} \text{ (en meq/L)}$$

Este cálculo mide la calidad global de los análisis de laboratorio ya que las aguas subterráneas y superficiales deben mostrar siempre un equilibrio entre las cargas eléctricas de sus especies disueltas. Los errores admitidos (en valor absoluto) son en general hasta un máximo de un 5%, aunque en ocasiones para aguas muy dulces, con conductividades menores a 200 $\mu\text{S/cm}$, pueden aceptarse errores un poco mayores, así como también para aguas muy salinas, en que el análisis de laboratorio es más complejo por las interferencias que se generan entre los diferentes parámetros disueltos y/o en suspensión.

Los errores de balance negativos indican que la concentración de alguna (o algunas) de sus especies aniónicas ha sido sobreestimada, o bien que los análisis de las especies catiónicas han subestimado alguna de sus concentraciones. El error de balance positivo, indica lo contrario.

En relación al cálculo del balance iónico (B.I.) de las muestras, en el considerando 10.8 de la RCA N° 21/2016, se indica textual: *“10.8. Monitoreo físico- químico de las aguas: en los respectivos Informes de Seguimiento se deberán presentar los resultados de los balances iónicos de los muestras ejecutados. Al respecto, se deberán considerar los lineamientos de la “Guía del Servicio de Evaluación Ambiental para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA” (SEA, 2012), para efectos de contar con referencias vigentes sobre los valores de errores admisibles para diferentes conductividades eléctricas del agua. Además, deberán cumplirse los lineamientos que dicte la SMA respecto al organismo que analice las muestras (laboratorio).”*

Al respecto, y como ya se ha mencionado, el organismo que analizó las muestras durante el 2017 fue el laboratorio Hidrolab, que cumple con los lineamientos de la SMA y está certificado como ETFA. Respecto a la fórmula de cálculo del error de balance iónico que indica la *“Guía del Servicio de Evaluación Ambiental para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA” (SEA, 2012)*, en su acápite A3.4.1.1, ésta es la misma mencionada anteriormente, pero se indica de utilizar los 8 iones mayoritarios Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , HCO_3^{2-} , SO_4^{2-} y NO_3^- . Sobre este punto, y considerando las características químicas generales de la mayor parte de las aguas salobres y salmueras de la cuenca del Salar es que para este Proyecto, al igual que lo realizado en su tramitación de Adenda 5, se han utilizado en el cálculo del error de balance las concentraciones disueltas de los cationes Estroncio (Sr^{2+}), Litio (Li^+) y Boro (B^+). Esto, dado que en determinadas muestras, los miliequivalentes por litro de estas especies son importantes, y contribuyen al equilibrio eléctrico de las muestras.

En relación a los errores de balance iónico admisibles para diferentes conductividades eléctricas del agua, debe destacarse que la Guía, de *“carácter indicativo y referencial”* (Guía SEA 2012, pág. 14), presenta una tabla, modificada de Custodio y Llamas, aplicable para aguas dulces de 0 a 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando los errores de balance admisibles cada vez menores para los rangos de conductividad de 50 a 199 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de 200 a 499 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 500 a 1.999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y $>2.000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

En la cuenca sin embargo, todas las muestras que forman parte del PSAH son aguas salobres y salmueras (ver clasificación en Tabla 5-5) con conductividades mayores y mucho mayores a 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; con el 75% de las muestras con conductividades por encima los 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una gran proporción con valores mayores a los 100.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que la

referencia anterior, no se considera adecuada para las aguas de altas conductividades del Salar de Atacama. En los análisis de muestras salobres y salmueras, las dificultades técnicas de los laboratorios en conseguir errores de balance bajos recae en las interferencias que se producen entre las concentraciones de cada elemento durante su análisis, así como en la purga de los equipos entre cada una de las muestras, siendo muy difícil cumplir sistemáticamente, y para todas las muestras, con errores menores al 5% en error absoluto.

Es por ello que la verificación y validación de los resultados del laboratorio consistió en calcular el error de balance iónico de cada muestra, y verificar las tendencias históricas de cada parámetro, muestra por muestra, solicitando realizar las repeticiones necesarias al laboratorio para conseguir que el 70-90% de muestras cumpla con el error de balance inferior al 5%, y todas con un error inferior al 10%. Las estadísticas de cumplimiento se describen en el capítulo 5 de resultados en la sección 5.8 Calidad Química del agua superficial y subterránea.

4.3.9 Medición de los Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre

Materiales y/o Equipos

Los equipos instalados en cada pozo para la medición del caudal extraído por las bombas instaladas corresponden a los caudalímetros o flujómetros que se indican en la Tabla 4-24. Estos equipos miden el flujo que pasa a través de la tubería en unidades de m³/h.

Tabla 4-24 Materiales y Equipos para la medición de Volúmenes Bombeados

Equipo	Parámetros
Caudalímetro o Flujómetro Arkon, modelo MAG X2	Caudal

Fuente: Elaboración propia.

Metodología de Medición

Tal como se indicó en el Anexo 3 de la Adenda 5, los caudales de extracción están disponibles en línea en tiempo real desde seis meses después de la aprobación del Proyecto. A la fecha del presente informe se ha remitido a la autoridad el link para el acceso a la información.

La información se presenta en línea, a través de la plataforma “Dezem”, donde aparecen los pozos de extracción (salmuera y agua industrial), sus coordenadas, flujo y volumen en tiempo real. El usuario y clave de acceso se le entregó a la autoridad ambiental en Julio del año 2016.

4.4 Fechas de medición, muestreo y/o análisis

Las fechas de muestreo y/o medición que se reportan en este Informe Anual PSAH son las que se indican en la Tabla 4-25 como meses en los cuales se realizaron las campañas, y cuyas fechas exactas se presentan en las tablas de Resultados de cada una de las variables en el Capítulo 5 Resultados y Análisis por variable.

Tabla 4-25 Fechas de Muestreo y Medición durante el año 2017

Variable Ambiental	Frecuencia Medición	Mes de Campaña realizada											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Variables Meteorológicas	Continuo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evapotranspiración	Trimestral			X			X			X			X
Superficie Cubierta por lagunas	Semestral								X				X
Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aforos de Caudales superficiales	Trimestral			X		X				X			X
Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Posición de la Interfase Salina	Trimestral	X			X			X			X		
Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	Trimestral		X			X			X			X	
Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Mensual	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS POR VARIABLE

A continuación, se presenta para cada una de las variables ambientales comprometidas y monitoreadas en el marco del PSAH, para el período Enero-Diciembre 2017, los resultados de manera tanto numérica como gráfica. En este último caso los datos levantados en el año 2017 se presentan de forma integrada con la información histórica, cuando corresponda, mostrando su evolución temporal.

Para las variables meteorológicas, evapotranspiración, superficie cubierta por lagunas y caudales bombeados de salmuera y agua dulce-salobre, los datos y su descripción se presenta a nivel de cuenca, mientras que para niveles de lagunas, aforo de caudales superficiales, niveles freáticos, posición de la interfase salina y calidad química, los datos y su descripción se presentan agrupados en cuatro sectores (Sector La Punta - La Brava, Sector Peine, Sector Norte y Borde Este; y Sector Núcleo) de manera de facilitar la descripción e interpretación en la siguiente sección de discusión de este documento.

De esta manera, en el siguiente capítulo de Discusiones se presenta el análisis integrado de la información, considerando más de una variable y los sistemas que son objeto de protección.

Los registros históricos para cada variable se reportan en cada uno de los Anexos respectivos y se indican en las secciones siguientes de este capítulo.

5.1 Variables Meteorológicas

Los datos diarios obtenidos de las variables de precipitación (mm), presión atmosférica (mbar), temperatura atmosférica extremas (°C), máximas y mínimas; y evaporación en lámina libre (mm), registradas por la estación meteorológica “EM – Rockwood”, instalada en Planta Salar, se presentan desde la Tabla 5-1 a Tabla 5-5.

En el Anexo A-1 y Anexo A-2, se entregan los datos históricos a escala diaria y mensual de las estaciones de Albemarle, respectivamente; y en Anexo A-3 y Anexo A-4 se presentan los datos históricos a escala mensual de las estaciones DGA y de terceros, respectivamente.

La estación “EM-Rockwood” reemplazó la estación “EM-SCL” a partir de Mayo de 2016, para cumplir con los parámetros de medición comprometidos en la RCA N° 21/2016. Esta nueva estación se ubicó a una distancia de 750 m de donde se emplazaba la anterior. De esta manera, el registro histórico de variables meteorológicas de la estaciones de Albemarle considera la integración de los datos registrados por la EM-SCL desde Enero de 2009 hasta Abril de 2016 con los datos registrados por la EM-Rockwood desde Mayo de 2016 hasta Diciembre de 2017.

Respecto a los datos de terceros, para la estación EM-Tilopozo de Minera Escondida Ltda. no fue posible encontrar datos del año 2017 que permitieran hacer el análisis requerido, ya que no se encuentra reportado en sus informes anuales del “Plan de Alerta Temprana para el Acuífero Monturaqui – Negrillar - Tilopozo”. Asimismo, para las estaciones de SQM, se señala que la estación EM-Salar reemplaza a estación EM-KCL desde 2015.

La ubicación de las estaciones meteorológicas fue presentada en la Tabla 4-2 y Figura 4-6 del presente informe.

Tabla 5-1 Precipitación Diaria PP (mm) en Estación EM-Rockwood, año 2017

Día \ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
24	0,0	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25	0,1	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
26	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
29	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
30	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
31	0,0		0,0		0,0		0,0	0,0		0,0		0,0	PP total anual
PP total mensual	12,3	38,4	0	0	2,2	12,8	0	0	0	0	0	0	65,7

Fuente: Datos estación Meteorológica "EM-Rockwood".

Tabla 5-2 Presión Atmosférica Diaria (mbar) en Estación EM-Rockwood, año 2017

Día \ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	774,2	773,7	772,3	776,0	777,0	776,4	776,5	777,4	775,2	773,5	775,6	774,1
2	773,5	774,0	773,6	773,7	775,9	775,4	777,3	776,7	775,8	775,3	774,9	774,9
3	772,0	774,6	774,0	773,9	774,4	774,0	776,4	777,3	776,8	774,8	775,8	772,3
4	771,5	773,0	771,8	775,8	774,9	773,4	776,5	777,0	777,0	775,8	773,9	773,2
5	773,1	772,3	772,5	774,2	774,6	773,8	777,0	776,0	774,8	775,5	774,1	774,6
6	774,8	772,6	772,2	775,1	775,4	772,7	777,2	775,6	774,6	775,5	773,9	774,5
7	774,5	772,7	773,0	773,7	776,6	779,0	777,4	775,8	775,1	776,1	774,1	774,2
8	774,0	774,4	773,5	774,0	774,4	781,1	777,7	774,8	774,1	774,6	773,3	774,2
9	773,3	773,1	772,8	774,4	774,6	779,0	776,4	776,5	771,7	773,2	772,3	774,8
10	773,2	774,3	774,1	774,2	776,4	776,2	776,5	773,4	776,8	772,5	771,4	775,3
11	772,4	773,9	774,9	774,5	775,7	776,7	776,6	772,1	776,1	773,3	771,4	774,5
12	774,1	772,4	773,8	774,1	775,3	777,2	777,3	778,2	775,4	774,9	773,3	774,2
13	774,3	772,1	774,5	774,2	778,0	778,0	777,9	775,9	776,8	774,8	773,5	774,4
14	772,1	774,8	773,9	774,6	776,7	779,6	777,6	776,1	776,1	774,6	774,1	772,9
15	772,5	775,3	774,9	774,5	776,3	778,4	776,9	775,4	776,2	773,6	773,5	771,7
16	773,5	774,3	776,6	774,3	775,8	777,1	775,5	776,2	776,9	775,4	773,2	772,2
17	774,1	775,2	774,0	773,3	773,7	775,3	777,5	775,6	776,9	775,1	773,3	774,0
18	775,0	774,7	774,0	772,7	773,5	775,7	778,4	776,4	777,5	775,1	774,9	773,7
19	775,0	774,6	774,7	778,2	773,3	775,3	776,6	776,6	776,1	773,7	775,2	773,5
20	775,3	775,4	774,0	776,3	776,2	776,9	776,0	775,8	773,9	774,0	776,0	772,3
21	776,4	775,4	775,1	775,5	775,9	776,6	775,8	776,2	774,2	774,5	774,6	774,3
22	774,4	774,7	775,3	774,5	778,5	775,2	777,3	776,1	774,1	774,0	773,4	774,6
23	776,3	775,0	776,1	774,5	774,1	776,2	778,0	773,0	775,0	775,1	774,6	774,1
24	773,8	775,0	774,2	773,7	775,7	777,3	776,2	774,5	775,8	773,7	774,6	774,0
25	774,8	775,7	774,9	775,2	777,0	775,1	777,2	775,9	774,6	774,6	773,6	774,5
26	778,1	774,5	774,7	775,1	777,0	776,1	775,9	775,7	773,7	774,2	773,6	774,7
27	775,1	775,4	773,6	776,1	777,4	776,4	775,4	775,1	774,7	774,0	772,3	774,1
28	773,1	772,8	775,3	775,9	777,8	777,1	775,2	776,7	776,5	774,5	775,3	775,0
29	773,7		773,8	777,0	777,5	777,3	776,6	776,4	775,5	775,7	773,1	774,5
30	774,6		773,0	777,0	778,6	776,2	776,9	775,0	772,5	776,6	772,6	773,5
31	773,9		775,9		777,1		776,5	774,8		775,4		775,0
Presión atmosférica Media Mensual	774,1	774,1	774,1	774,9	776,0	776,5	776,8	775,7	775,3	774,6	773,8	774,0

Fuente: Datos estación Meteorológica "EM-Rockwood".

Tabla 5-3 Temperatura Máxima Diaria (°C) en Estación EM-Rockwood, año 2017

Día \ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	32,9	29,4	27,3	27,2	23,7	21,8	18,7	21,6	27,9	19,6	25,2	28,1
2	33,1	28,1	25,4	27,8	23,8	21,7	23,3	21,2	27,7	21,2	26,4	28,0
3	31,6	27,6	28,0	27,5	24,6	22,1	21,6	22,7	26,9	24,5	26,1	27,1
4	31,5	29,1	29,6	25,4	24,7	20,6	19,8	21,9	26,3	27,0	27,4	27,3
5	29,9	31,8	29,9	26,7	24,9	21,0	20,3	24,0	25,1	24,9	28,7	28,8
6	29,3	30,8	30,5	28,3	24,7	19,3	19,8	24,3	25,6	27,4	29,4	28,3
7	30,5	30,3	31,2	26,9	23,4	13,4	21,3	23,0	23,8	27,0	27,1	29,3
8	31,0	30,3	30,5	25,5	23,3	11,2	20,7	24,1	22,5	26,8	28,2	28,8
9	30,4	30,7	28,9	25,1	24,2	13,6	20,2	23,2	22,0	26,9	29,4	30,7
10	29,0	29,2	29,3	26,1	22,5	16,2	20,7	21,9	21,0	27,0	30,3	29,4
11	30,1	27,3	30,0	27,5	21,9	17,8	20,6	16,7	23,5	27,6	30,6	30,2
12	32,3	29,5	31,0	28,7	21,7	19,0	22,1	11,9	22,5	26,4	30,6	29,4
13	30,9	29,0	31,2	28,4	21,8	19,5	23,6	16,6	20,3	27,4	28,8	30,5
14	30,3	28,7	29,7	27,8	23,8	19,2	21,7	20,2	22,9	28,0	30,4	34,1
15	28,6	30,1	26,9	27,9	23,3	19,0	20,9	20,5	24,2	31,1	30,0	32,8
16	29,8	29,6	25,5	28,3	22,0	20,3	19,4	20,5	25,7	29,8	29,99	31,36
17	32,5	26,8	25,9	26,7	20,6	22,2	20,4	21,1	26,4	29,3	27,7	31,8
18	31,2	27,4	27,6	22,6	18,6	21,1	21,0	21,1	26,6	29,2	25,2	31,0
19	32,8	28,8	28,3	19,0	19,7	20,0	21,6	20,8	27,8	29,5	24,7	31,0
20	34,2	31,5	27,4	22,6	18,8	19,9	19,5	22,9	27,6	28,5	26,1	31,3
21	32,4	30,9	27,4	24,7	17,8	18,4	20,5	25,1	27,5	28,7	27,7	28,9
22	27,8	30,7	27,9	26,2	15,0	19,7	21,3	23,9	26,1	29,2	28,8	28,1
23	23,3	29,3	28,5	26,4	17,5	20,2	20,9	22,6	26,3	29,3	29,1	28,4
24	27,4	29,4	27,7	24,7	19,1	21,7	21,9	22,9	26,6	28,24	29,47	28,52
25	32,5	27,0	26,9	23,0	20,5	21,5	24,0	22,5	27,9	27,9	30,5	28,7
26	32,8	26,0	26,8	23,2	19,6	20,7	23,0	22,3	28,4	28,0	28,4	29,4
27	32,3	24,6	28,0	23,3	22,1	21,5	22,7	22,9	27,1	28,4	30,7	30,2
28	34,8	26,4	28,7	24,2	21,9	19,7	23,5	23,1	25,6	26,4	31,2	29,6
29	34,2		28,1	24,9	22,3	20,4	24,6	25,3	26,7	25,3	29,5	31,3
30	29,9		28,5	24,4	21,3	21,0	23,8	27,3	28,2	23,6	28,6	30,6
31	30,1		28,0		21,2		23,7	28,6		24,4		28,6
T° MAX mensual	34,8	31,8	31,2	28,7	24,9	22,2	24,6	28,6	28,4	31,1	31,2	34,1

Fuente: Datos estación Meteorológica "EM-Rockwood".

Tabla 5-4 Temperatura Mínima Diaria (°C) en Estación EM-Rockwood, año 2017

Día \ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	11,9	14,1	13,9	11,6	5,2	1,9	4,8	2,2	5,8	6,27	6,4	9,3
2	14,3	12,3	14,1	12,5	5,6	2,3	3,0	1,0	6,2	1,2	6,5	9,2
3	13,8	12,6	14,2	10,2	5,2	1,5	3,8	1,5	7,3	2,9	7,6	8,7
4	13,9	13,2	13,6	9,1	4,3	7,4	3,8	2,1	9,3	5,1	5,1	11,1
5	15,6	13,0	13,5	8,9	6,0	10,3	2,3	3,2	2,7	5,5	7,7	12,3
6	14,4	12,7	14,1	9,3	5,6	12,4	1,5	1,6	2,6	6,6	8,6	10,2
7	13,8	12,4	14,7	8,2	5,7	0,3	0,1	2,2	4,8	5,5	9,6	11,4
8	13,9	13,8	14,7	8,1	5,0	-1,4	1,4	2,6	3,5	6,0	9,8	8,8
9	13,0	13,8	13,5	8,3	5,6	-0,5	1,4	1,2	3,8	5,2	10,6	9,6
10	13,2	12,5	12,7	7,5	9,1	-0,4	0,4	1,5	6,0	5,5	11,2	9,6
11	14,5	11,9	13,0	8,4	5,0	1,2	-0,4	5,0	2,7	6,5	9,8	10,9
12	15,3	13,1	13,5	8,5	5,5	1,7	1,3	0,5	5,5	5,6	12,2	10,1
13	14,9	12,6	13,7	8,7	7,4	1,8	3,5	-3,1	9,0	9,1	12,8	10,0
14	17,0	13,0	13,5	8,8	5,3	-0,1	2,1	-0,1	3,5	8,2	15,0	11,1
15	15,5	13,3	12,3	9,4	4,8	0,9	3,3	0,4	3,5	9,0	11,3	11,7
16	16,9	13,6	13,6	9,0	4,4	1,8	1,1	0,3	5,6	11,1	11,1	11,6
17	15,0	12,4	12,6	7,2	3,3	2,5	1,7	0,0	7,6	10,4	10,0	11,8
18	15,9	13,7	13,2	9,1	4,6	3,4	1,2	1,3	7,1	9,1	8,4	14,4
19	17,1	13,7	12,7	8,1	1,3	1,6	2,2	1,6	8,6	9,0	7,8	15,0
20	15,5	14,9	11,9	5,8	-0,1	0,3	1,1	1,5	8,1	7,8	7,9	12,9
21	16,6	17,3	10,4	6,7	0,6	1,8	1,6	2,2	9,4	8,2	8,0	12,2
22	16,8	16,1	9,9	7,7	6,6	0,3	0,2	1,8	6,3	8,9	7,6	11,3
23	15,1	16,4	11,3	7,6	3,5	1,4	1,4	3,2	5,7	8,4	7,7	9,6
24	12,5	13,3	11,7	7,8	7,3	2,4	3,9	2,1	9,3	7,6	9,3	10,1
25	14,6	13,7	12,9	8,0	10,1	3,3	1,8	2,5	6,9	7,5	9,2	9,3
26	16,1	13,8	10,7	6,0	10,3	5,1	3,2	3,8	6,8	6,3	9,3	10,5
27	14,0	15,6	10,4	6,0	4,3	3,5	1,9	2,6	7,1	7,2	9,0	11,2
28	14,9	14,1	11,0	5,5	9,9	2,5	0,9	3,0	5,8	6,4	10,7	11,5
29	15,5		12,3	5,0	6,5	2,8	1,4	5,0	5,8	6,9	9,3	12,4
30	15,5		13,5	8,3	8,6	2,7	1,8	6,0	7,3	5,7	9,2	12,5
31	14,9		12,0		3,5		2,9	7,2		5,4		11,8
T° MIN mensual	11,9	11,9	9,9	5,0	-0,1	-1,4	-0,4	-3,1	2,6	1,2	5,1	8,7

Fuente: Datos estación Meteorológica "EM-Rockwood".

Tabla 5-5 Evaporación Diaria (mm), en Estación EM-Rockwood, año 2017

Día \ Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	-	14,4	10,6	11,4	-	5,0	5,0	10,5	10,4	14,7	13,2	15,5
2	17,9	15,2	9,1	10,6	8,3	5,2	4,9	5,3	10,5	9,2	11,9	13,9
3	17,4	12,7	-	-	7,4	4,9	-	5,7	10,2	-	13,5	12,3
4	15,3	13,6	14,6	16,1	7,2	5,9	5,6	6,2	-	13,4	13,5	-
5	15,2	-	14,1	9,3	7,2	-	5,2	5,8	8,6	10,9	13,2	16,1
6	14,5	15,2	12,4	11,7	8,0	5,3	4,2	5,7	12,9	11,2	-	14,0
7	14,7	14,0	12,8	10,1	7,9	-	4,7	5,8	12,7	11,7	15,0	14,3
8	-	14,8	14,3	10,0	-	2,8	4,9	-	10,1	12,0	13,3	14,6
9	16,1	14,7	12,9	-	8,3	3,2	4,4	7,1	13,9	-	13,8	15,03
10	14,3	14,1	12,9	14,0	8,8	3,4	-	8,3	14,9	13,5	12,4	15,6
11	14,1	12,3	12,2	10,1	8,3	4,7	4,6	13,8	-	13,5	8,3	-
12	16,7	-	-	10,5	10,1	5,0	5,6	9,6	12,8	11,5	12,9	16,2
13	12,6	15,4	16,3	9,9	6,2	4,2	6,3	4,0	17,6	12,3	-	15,3
14	8,5	13,9	14,5	9,1	6,8	4,0	7,1	-	9,8	13,0	16,0	17,0
15	-	13,5	11,6	9,7	6,7	3,5	7,7	6,1	9,6	14,7	14,6	16,8
16	15,1	13,7	10,9	10,5	7,3	4,0	8,5	7,8	10,7	14,1	16,1	15,0
17	13,2	13,2	10,1	-	7,3	4,8	4,6	6,0	11,2	-	14,9	15,2
18	12,4	11,9	11,0	-	8,9	6,1	4,9	7,8	-	13,7	12,2	-
19	13,7	-	-	9,2	6,7	-	-	7,3	11,0	17,2	12,4	19,0
20	11,9	14,5	13,8	7,3	5,9	4,3	5,2	6,2	11,4	14,5	-	17,3
21	12,6	12,4	11,9	7,2	3,2	4,9	5,2	6,4	11,4	12,9	16,1	15,6
22	-	10,8	11,0	8,7	0,9	4,9	7,3	-	10,5	14,4	15,8	15,8
23	10,1	9,6	11,9	8,9	-	4,9	6,4	8,6	10,3	-	14,7	14,7
24	10,4	-	11,6	-	6,4	5,3	5,2	8,5	10,8	14,9	15,0	14,9
25	13,3	-	11,6	9,9	6,5	6,4	5,1	9,3	-	14,8	15,5	-
26	15,6	6,3	-	7,9	6,0	7,2	4,6	8,1	14,8	13,2	14,9	18,0
27	13,4	7,9	10,3	8,6	7,0	-	4,6	7,9	14,5	14,7	-	17,9
28	15,0	10,1	17,5	7,3	7,2	4,5	4,7	-	12,5	13,6	17,9	15,9
29	-		11,2	8,9	1,3	5,2	5,5	8,5	11,9	13,6	15,5	16,0
30	16,3		11,6	8,3	8,0	5,2	5,3	9,6	12,9	-	14,4	16,4
31	16,2		10,7		4,5		-	10,3		14,0		15,3
EV total Mensual	366,2	294,1	333,2	245,2	188,4	124,9	146,9	206,1	307,8	347,1	366,7	423,6

Fuente: Datos estación Meteorológica en "EM-Rockwood".

Cabe indicar que en la Tabla 5-5, hay días en los que no se registraron valores de evaporación diaria, ya que corresponden a los días en que se realiza limpieza de bateas.

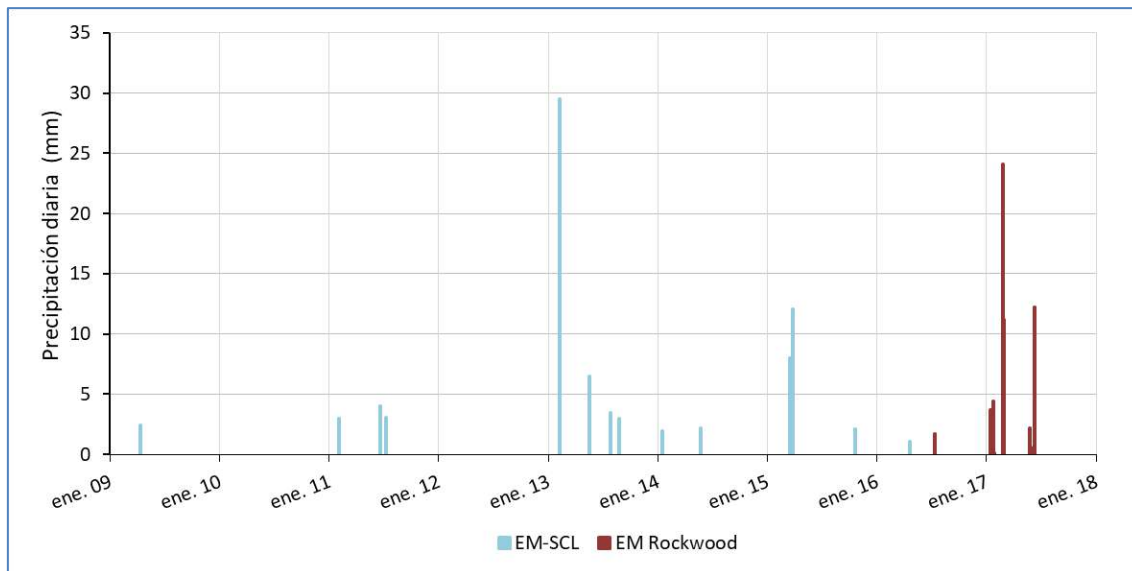
A continuación, se realiza la descripción de los resultados del registro de variables meteorológicas de las estaciones de propiedad de Albemarle.

Precipitación

En la Figura 5-1 se presentan los registros de precipitación diaria histórica desde enero del año 2009, donde se observa que, y comparando con años anteriores, el año 2017 fue particularmente lluvioso. En el primer trimestre del año 2017 se registraron varios eventos de alta precipitación diaria con respecto al registro histórico, que se repitieron en el segundo trimestre del año (07 de junio 12,2 mm) y que incluso superó a nivel diario precipitaciones ocurridas en Enero. Se observa que estos eventos de precipitación en el 2017, así como en el 2013, registraron precipitaciones diarias superiores a los 20 mm, y el año 2015 se registró una precipitación diaria mayor a los 10 mm.

Estos eventos de precipitación, entre Enero y Febrero, se deben principalmente al fenómeno climático conocido como invierno andino (o altiplánico o boliviano), el cual se da entre los meses de Diciembre a Marzo (paradójicamente durante el verano austral), y que consiste en que masas de aire caliente que provienen de la región del Amazonas traspasan la Cordillera de los Andes, lo que puede originar intensas lluvias en el norte de Chile.

Figura 5-1 Precipitación Diaria Histórica, 2009-2017

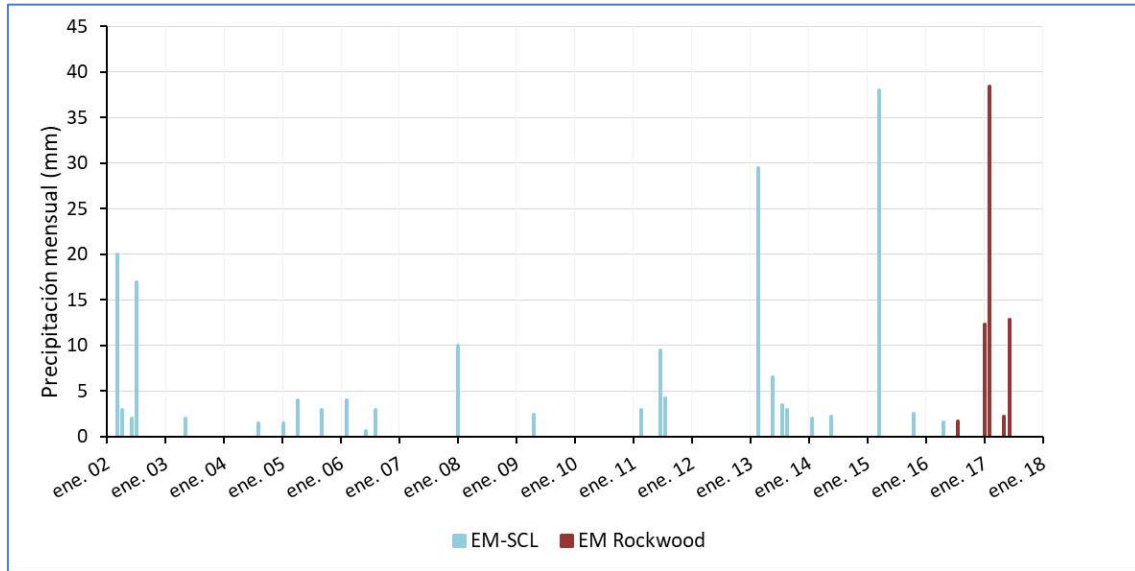


Fuente: Datos estación Meteorológica en Planta RWL “EM-SCL” y “EM-Rockwood”

En la Figura 5-2 se presenta los registros de precipitación mensual histórica desde el año 2002, donde se ratifica que los meses más lluviosos ocurren durante la temporada de verano (invierno andino), particularmente entre Enero y Marzo. Además, se puede observar que desde enero de 2013 se han concentrado varios registros con elevada precipitación mensual (2013, 2015 y 2017) durante este periodo del año. En particular, es relevante el evento de precipitación registrado a mediados del 2017.

Cabe indicar que el registro de precipitación mensual parte en enero de 2002, mientras que el registro de precipitación diaria lo hace en enero de 2009

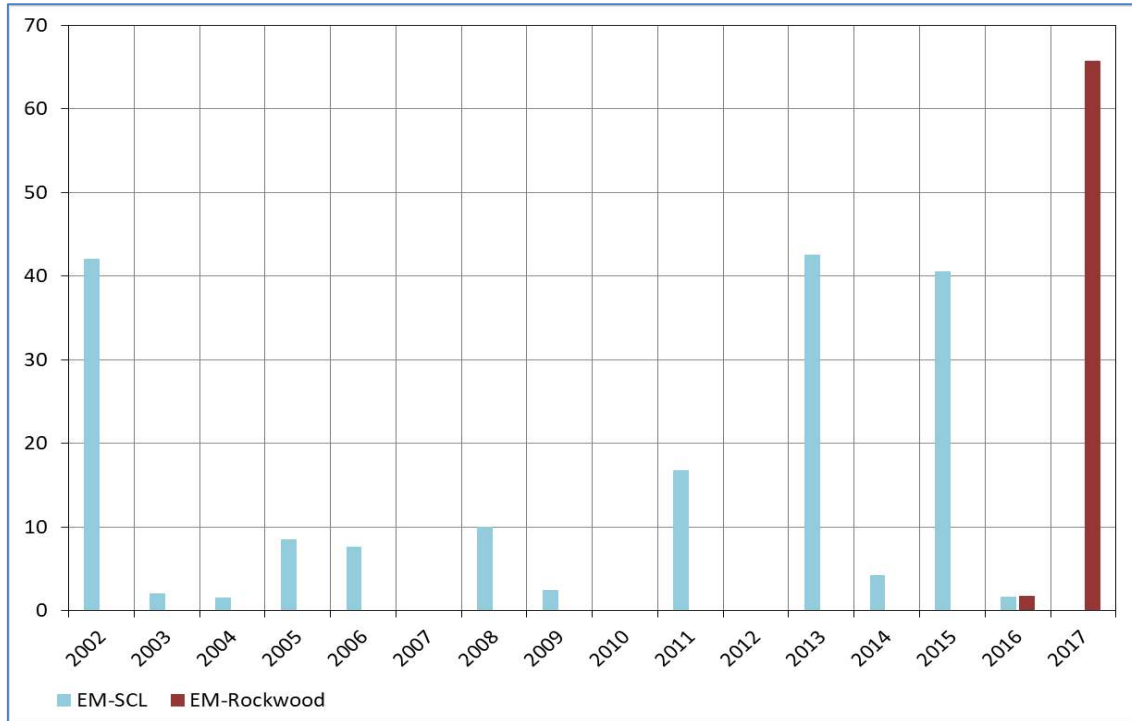
Figura 5-2 Precipitación Mensual Histórica, 2002-2017



Fuente: Datos estación Meteorológica en Planta RWL "EM-SCL" y "EM-Rockwood".

En la Figura 5-3 se presentan los registros de precipitación anual, donde se observa que el año 2017 registró la mayor precipitación anual desde el 2002, con 65,7 mm.

Figura 5-3 Precipitación Anual Histórica, 2002-2017



Fuente: Datos estación Meteorológica en Planta RWL "EM-SCL" y "EM-Rockwood".

La Tabla 5-6 presenta un resumen anual y mensual de las precipitaciones medias durante los periodos de registro pluviométrico de las estaciones meteorológicas que se encuentran en el salar, ya sean propias, de terceros o pertenecientes a la Dirección General de Aguas (DGA), para sus respectivos períodos de información.

Tabla 5-6 Estaciones meteorológicas y Precipitaciones Medias (mm)

Estación	Propietario	Período Registro Pluviométrico	PP media Mensual (mm)												PP anual
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
EM-SCL/Rockwood	Albemarle	2002-2017	1,5	4,3	8,0	0,5	0,8	1,4	1,3	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	18,6
Camar	DGA	1979-2017	7,9	14,5	8,2	0,6	1,2	3,4	0,3	0,9	0,5	0,1	0,2	0,6	38,2
El Tatio	DGA	1978-2017	43,5	45,9	28,6	1,0	3,3	2,7	1,0	1,6	1,6	0,4	0,6	6,6	130,7
Peine	DGA	1974-2017	2,2	7,2	6,0	0,5	1,4	1,6	0,5	0,6	0,5	0,1	0,0	0,2	20,6
Río Grande	DGA	1977-2017	21,3	29,8	13,7	0,8	1,2	3,5	0,9	1,1	0,7	0,1	0,2	1,7	74,9
San Pedro de Atacama*	DGA	1970-2017	6,0	18,1	4,5	0,0	0,9	1,9	0,2	0,3	0,8	0,4	0,5	0,1	31,1
Socaire	DGA	1974-2017	10,6	13,8	8,0	1,2	2,4	2,5	0,9	0,8	0,8	0,2	0,3	0,7	40,3
Talabre	DGA	1995-2017	13,3	26,6	19,1	2,1	3,6	1,6	3,3	3,2	0,5	0	0	0,2	70,3
EM-Chaxa	SQM	1990-2016	3,4	4,1	1,9	1,6	0,3	0,5	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,6	13,0
EM-Salar/KCL**	SQM	2000-2016	1,5	1,3	0,9	0,5	0,0	1,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	6,6

(*) Estación San Pedro de Atacama no cuenta con información desde Abril 1989 hasta Enero 2011.

(**) Estación EM KCL reemplaza a estación EM-Salar desde 2015

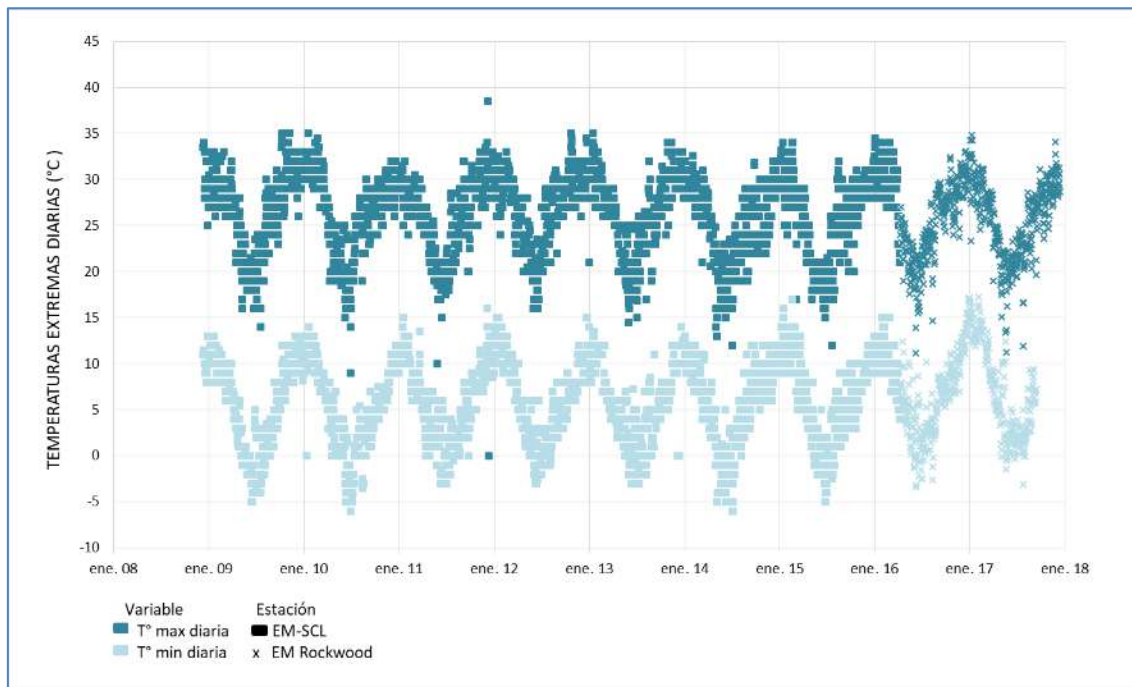
Estaciones DGA se tiene el registro incompleto para el año 2017, el detalle se presenta en el Anexo A-3.

Fuente: Elaboración propia.

Temperatura

En la Figura 5-4 se presenta el registro histórico de temperaturas extremas diarias, mostrando una variación estacional, donde las máximas temperaturas se pueden observar en los meses de Diciembre a Marzo, coincidiendo con la estación de verano, y las mínimas se ven en invierno, entre los meses de Junio y Agosto. Las temperaturas más altas llegan a valores cercanos a los 35°C, mientras que las temperaturas mínimas llegan en algunos casos a valores próximos a -5°C. La diferencia promedio entre las temperaturas mínimas y máximas se observa constante a lo largo de la serie histórica de temperatura, teniendo un valor de aproximadamente 20°C entre el día y la noche.

Figura 5-4 Temperaturas Extremas Diarias, 2009 – 2017

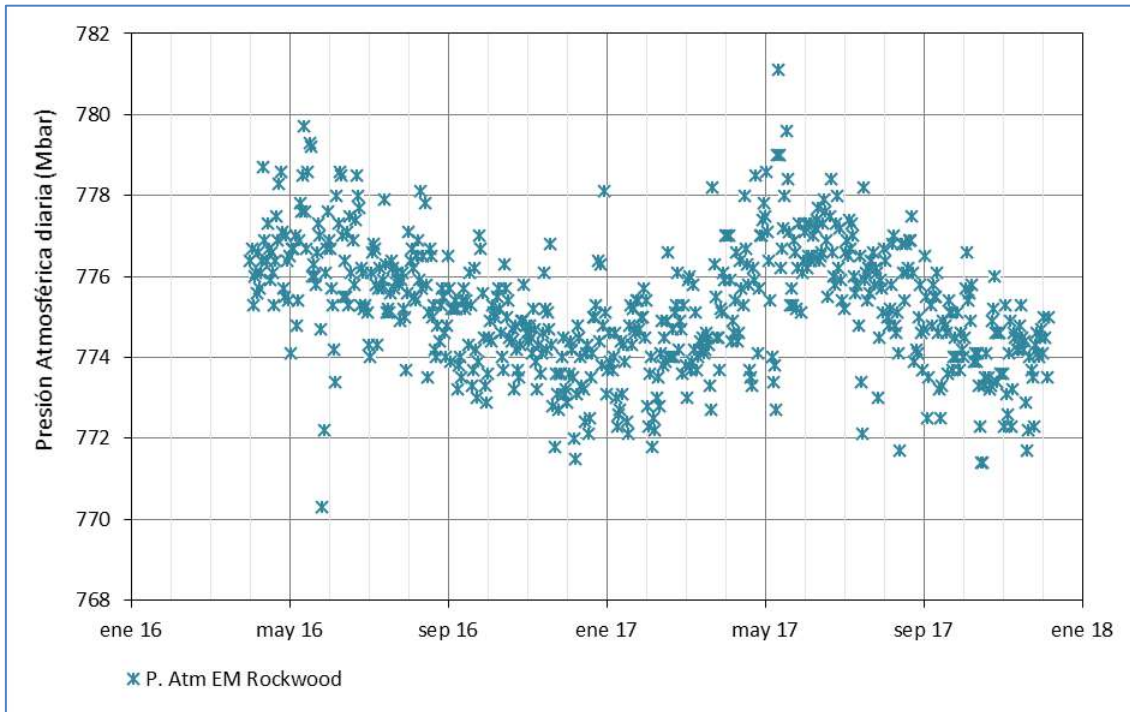


Fuente: Datos estación Meteorológica en Planta RWL “EM-SCL” y “EM-Rockwood”.

Presión atmosférica

En la Figura 5-5 se observa el registro histórico de presión atmosférica diaria, variable que comenzó a ser medida en Mayo de 2016, cuando se instaló la nueva estación EM-Rockwood. Si bien el registro disponible es corto, se puede observar que para este lapso de tiempo esta variable también presenta un comportamiento estacional, en el cual los valores máximos se registran en torno al mes de Julio y los mínimos en torno al mes de Diciembre.

Figura 5-5 Presión Atmosférica Diaria, 2016 - 2017



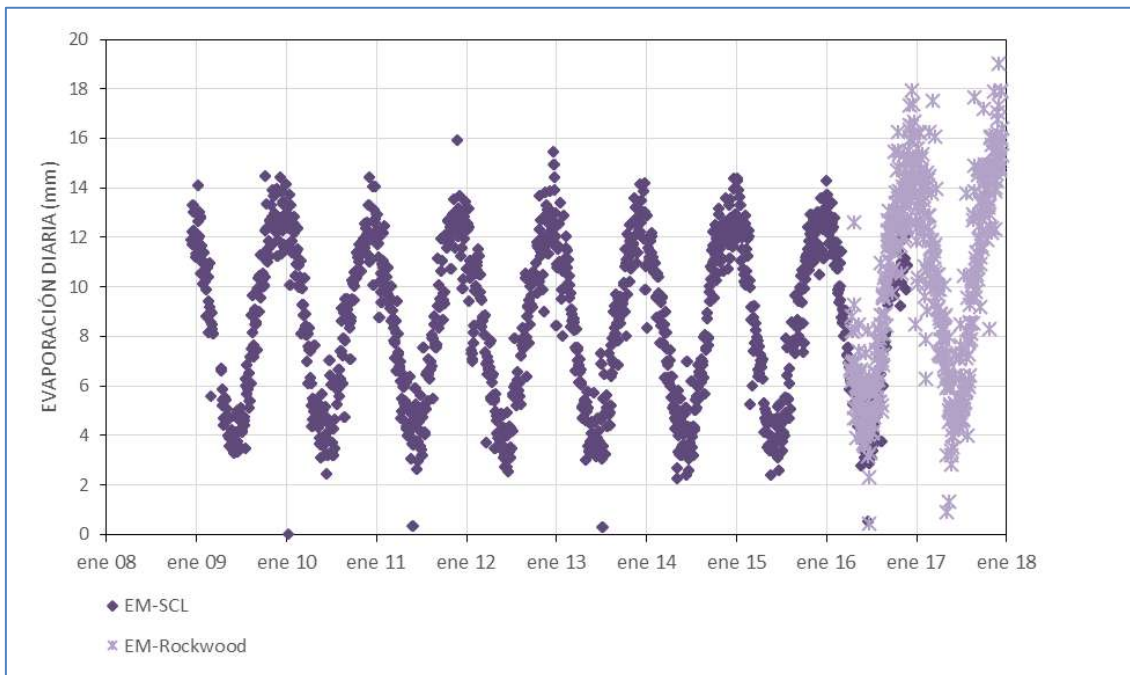
Fuente: Datos estación Meteorológica "EM-Rockwood".

Evaporación diaria

En la Figura 5-6 se muestra el registro de evaporación de agua diaria, en la cual se aprecia también una variación estacional, donde las mayores tasas de evaporación se midieron en los meses desde Diciembre hasta Febrero (verano) y los valores mínimos, entre los meses de Junio y Agosto (invierno). Estos resultados son acordes con las variaciones de temperatura entre las distintas estaciones del año.

En el año 2017 se observa que los valores máximos de evaporación diaria son considerablemente mayores en comparación a los registros de años anteriores, específicamente en los meses de Enero y Diciembre, donde las tasas alcanzaron hasta los 19,03 mm/d, específicamente el día 19 de diciembre.

Figura 5-6 Evaporación Diaria, 2009-2017

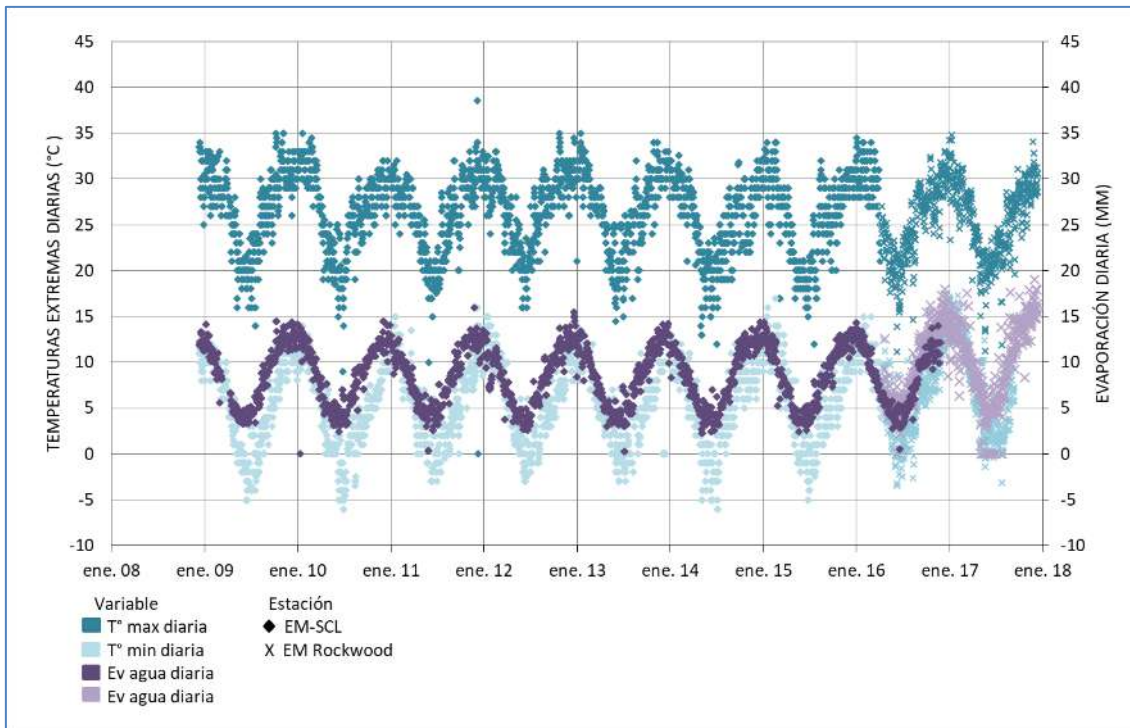


Fuente: Datos estación Meteorológica en Planta RWL “EM-SCL” y “EM-Rockwood”.

Por último, en la Figura 5-7 se presenta el registro histórico de la tasa de evaporación diaria versus temperatura máxima y mínima de las estaciones EM-SCL y EM-Rockwood, donde se observa claramente la correlación entre la evolución de ambas variables, presentando el mismo comportamiento estacional.

Las tendencias en las tasas de evaporación se mantienen al comparar la EM-SCL y EM-Rockwood, pero se detecta que los máximos que ocurren en el verano difieren en su amplitud entre las estaciones mencionadas. Lo anterior, podría ser atribuible a la estandarización de la instalación y condiciones del tanque de evaporación que se realizó con el cambio de estación meteorológica, por lo cual para el informe PSAH del año 2018, contando con un mayor registro de datos, se realizará una revisión de las posibles causas de esta diferencia.

Figura 5-7 Temperaturas Extremas v/s Evaporación, 2009 – 2017



Fuente: Datos estación Meteorológica en Planta RWL “EM-SCL” y “EM-Rockwood”.

5.2 Evapotranspiración

En la Tabla 5-7 se presentan los resultados de la medición de EVT realizadas en las campañas del año 2017, y la información sobre la ubicación de cada punto de monitoreo fue presenta en la Tabla 4-3 y Figura 4-7 del presente informe. Como se describió en el Capítulo 4 y tal como fue comprometido en el Anexo 3 de la Adenda 5, mientras no se hayan instalado los lisímetros comprometidos, estas mediciones deben realizarse con frecuencia trimestral mediante la metodología del Domo. Actualmente Albemarle Limitada se encuentra en etapa de coordinación de trabajos de instalación de dichos lisímetros, cuya ubicación fue validada en Ord DGA N° 875/2017, adjunto en el Anexo I.

Tabla 5-7 Resultados de Evapotranspiración (mm/d) – Año 2017

Punto de Monitoreo	Equivalencia futura Red de Monitoreo Lisímetros	Sector	Tasa Promedio EVT [mm/d]			
			1er trimestre	2º trimestre	3er trimestre	4º trimestre
			Marzo 2017	Junio 2017	Septiembre 2017	Diciembre 2017
EVT-1	-	Norte y Borde Este	0,718	0,198	0,098	0,408
EVT-2	-	Norte y Borde Este	0,961	0,556	0,236	0,665
EVT-3	LS-01	Norte y Borde Este	1,006	0,275	0,101	0,237
EVT-4	LS-02	Norte y Borde Este	s/i	s/i	0,093	1,041
EVT-5	-	Norte y Borde Este	s/i	s/i	2,007	4,058
EVT-6	LS-03	Norte y Borde Este	0,980	0,420	0,203	0,374
EVT-7	-	Norte y Borde Este	0,829	0,593	0,345	0,916
EVT-8	-	Norte y Borde Este	0,762	0,269	0,144	0,654
EVT-9	LS-05	Núcleo	0,346	0,131	0,047	0,175
EVT-10	LS-06	Núcleo	0,153	0,115	0,038	0,254
EVT-11	-	Norte y Borde Este	0,364	0,324	0,082	0,216
EVT-12	-	Norte y Borde Este	0,516	0,726	0,559	0,660
EVT-13	-	Núcleo	0,305	0,166	0,098	0,081
EVT-15	-	Peine	0,364	0,482	0,077	0,227
EVT-16	-	Peine	0,736	0,513	0,079	1,208
EVT-17	LS-07	Peine	0,334	0,357	0,105	0,112
EVT-18	-	Peine	3,734	1,212	1,556	3,789
EVT-19	-	La Punta-La Brava	2,551	s/i	0,909	4,277
EVT-20	LS-10	La Punta-La Brava	0,712	s/i	0,477	0,945
EVT-21	-	La Punta-La Brava	0,336	s/i	0,438	0,369
EVT-22	LS-09	La Punta-La Brava	1,179	s/i	0,134	0,806
EVT-23	LS-08	Peine	0,792	0,819	0,608	0,602

s/i : Sin Información

Fuente: Elaboración propia

De los datos que se reportan, existen meses en los cuales no hay información, indicados como “s/i”, por las razones que se exponen a continuación:

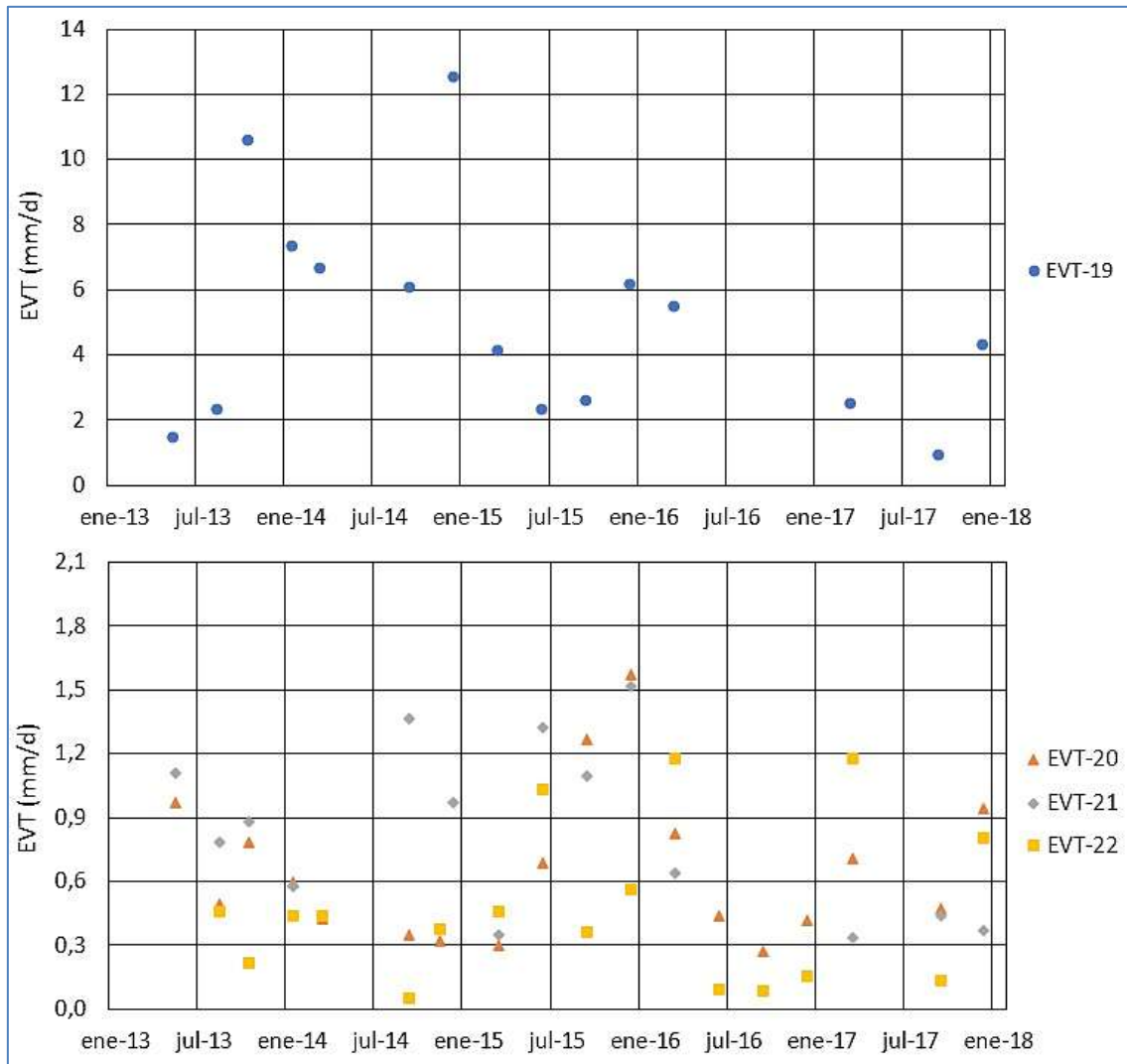
- En las campañas de Marzo y Junio, los puntos EVT-04 y EVT-05 no pudieron ser medidos, porque la comunidad de Coyo no dio su autorización para su ingreso y medición. Lo anterior tiene relación con cumplir con el protocolo de acceso a las comunidades, el cual fue presentado en la Adenda 5, Anexo 3, Apéndice B. Protocolo Ingreso Áreas Sensibles.
- En la campaña de Junio, los puntos EVT-19, EVT-20, EVT-21 y EVT-22 no pudieron ser medidos ya que, producto de lluvias, los caminos de acceso al sector quedaron en muy malas condiciones y no fue posible acceder a dichos puntos durante el mes.

A continuación, se presenta la evolución histórica de los valores de evapotranspiración medidos para cada uno de los puntos comprometidos en el PSAH, separados según el sector de estudio.

Sector La Punta-La Brava:

En la Figura 5-8 se presenta la evolución histórica (2013 - 2017) que ha tenido las mediciones de EVT (Tasa de EVT en mm/d) para los puntos del sector La Punta-La Brava.

Figura 5-8 Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector La Punta – La Brava



Fuente: Elaboración propia.

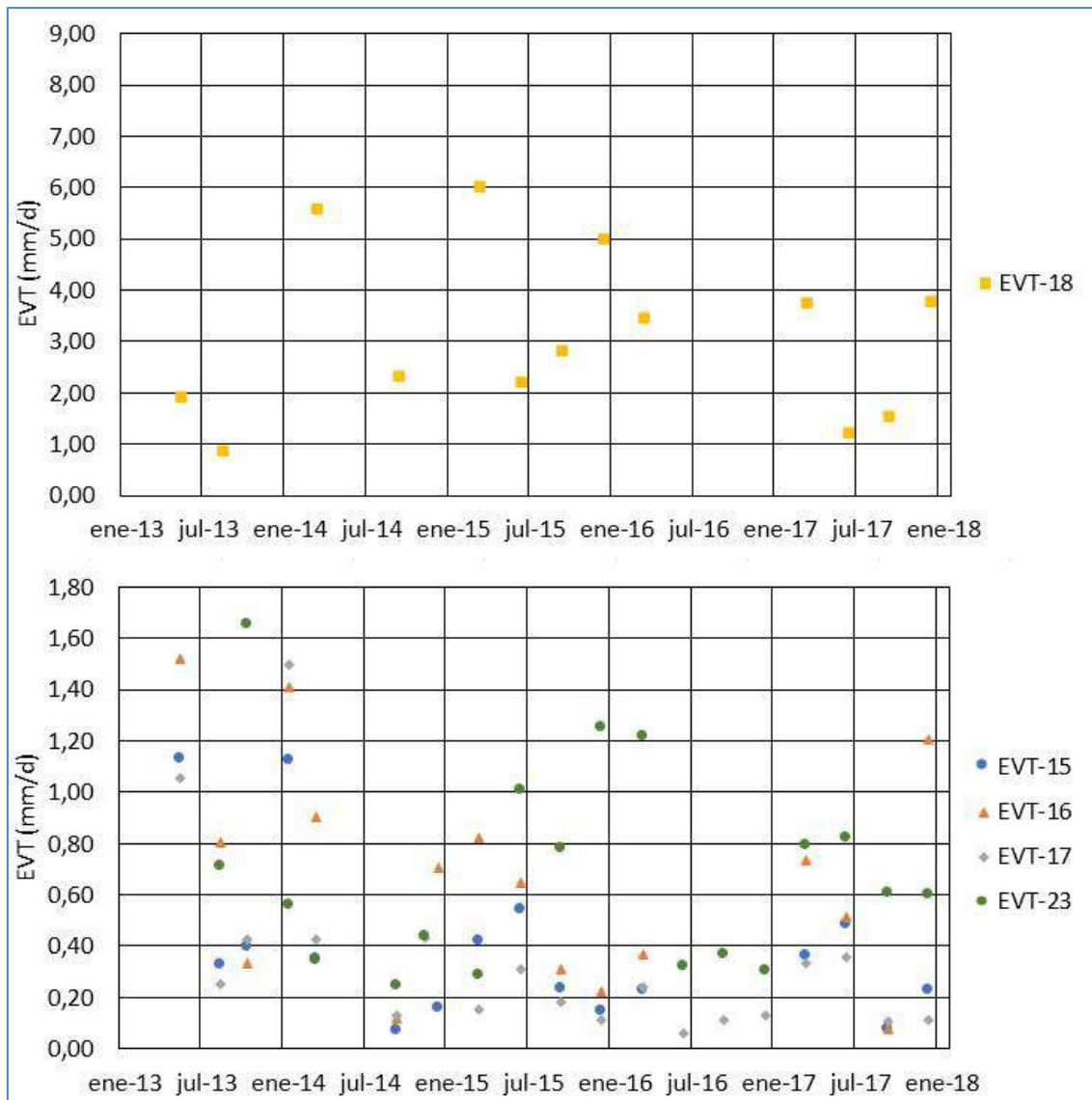
El gráfico anterior muestra que los resultados de EVT registrados durante el año 2017 para las estaciones EVT-20, EVT-21 y EVT-22 se encuentran dentro de su rango histórico de registros, siendo además superiores en sus respectivos periodos de medición al año 2016. Por su parte, la estación EVT-19, más cercana al núcleo (ver Figura 4-7) que se ubica al norte del sector La Punta-La Brava, presenta mayores valores de evaporación, en comparación a las restantes estaciones del sector, observándose la misma situación el año 2017. Sin embargo, se observa una importante disminución en la EVT registrada en la estación al comparar sus registros; el año 2013 y 2014 el máximo registro superó los 10 mm/d, mientras que el año 2017 alcanzó, en Diciembre, los 4,28 mm/d.

En general, las estaciones de este sector presentan un comportamiento estacional con ciertas diferencias interanuales: los máximos registrados en cada año ocurren principalmente en verano, en los meses de Diciembre, Marzo o incluso en alguna oportunidad Junio. Los valores mínimos presentan una tendencia a ocurrir en la medición de Septiembre.

Sector de Peine:

En la Figura 5-9 se presenta la evolución histórica (2013 – 2017) que han tenido las mediciones de EVT (Tasa de EVT en mm/d) para los puntos del sector Peine.

Figura 5-9 Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

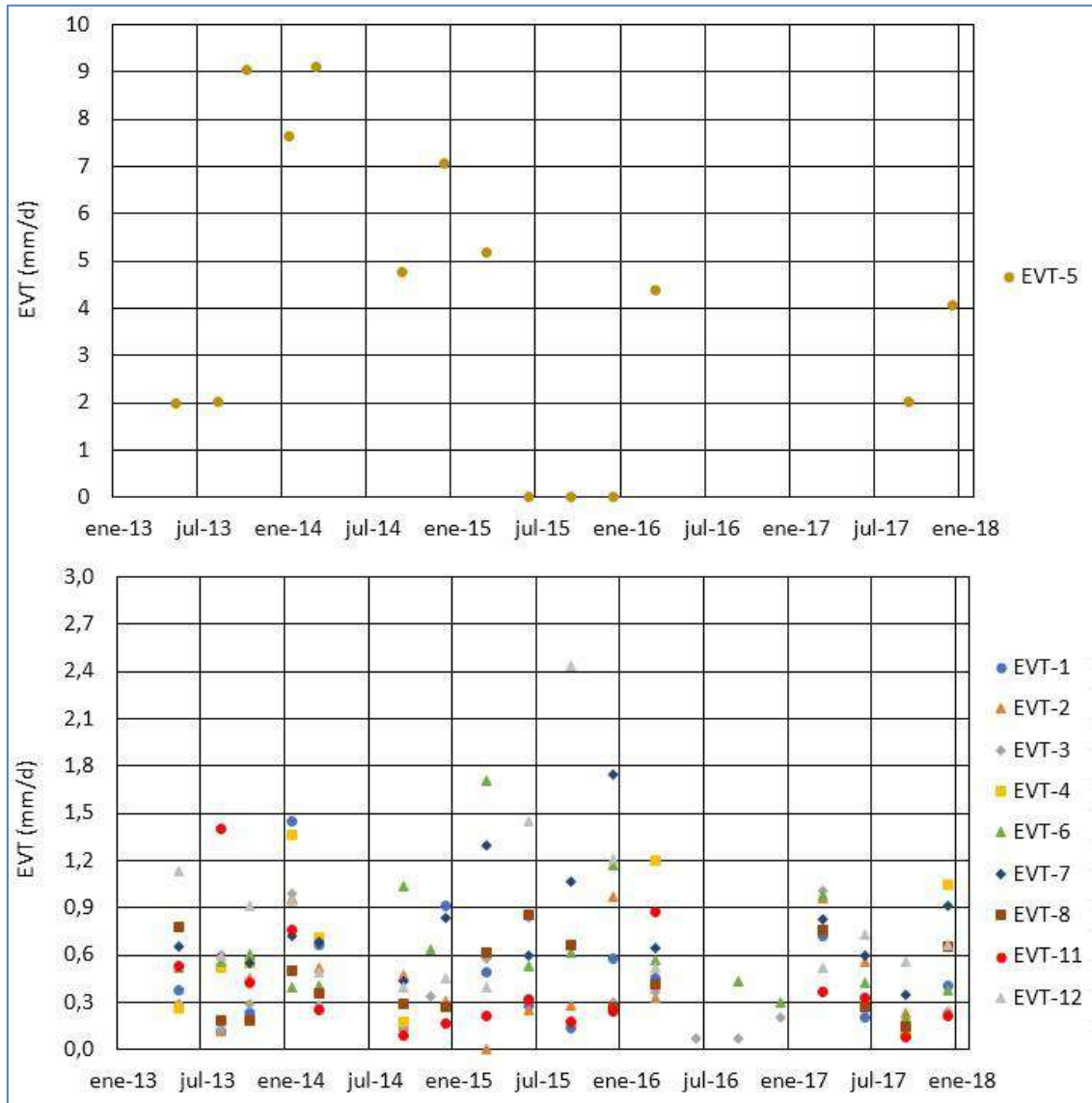
En general, el gráfico anterior muestra que la EVT registrada el año 2017 es superior al año 2016 en todos los meses de registro. La única excepción ocurre en el punto EVT-23, que el año 2016 solo fue medido en Marzo, que su valor de Marzo 2016 es superior al de Marzo 2017 (1,22 mm/d versus 0,79 mm/d). Los valores medidos para cada estación, se encuentran dentro del rango histórico de sus respectivos registros. Asimismo, se observa que los valores de EVT-18 son mayores, que tendría relación a que se encuentra más cerca a la laguna Saladita (ver Figura 4-7), comportamiento que resulta consistente con su ubicación relativa.

Las mediciones de EVT del año 2017 no presentan una tendencia clara respecto a los meses de mayor índice esperado: los puntos de monitoreo EVT-15, EVT-17 y EVT-23 registraron su máximo en el mes de Junio, mientras que EVT-16 y EVT-18 en el mes de Diciembre. Al analizar la data histórica, el año 2016 los máximos ocurrieron en el mes de Enero (para las estaciones EVT-17 y EVT-23, únicas con registro completo), y los años anteriores se distribuyen entre Junio y Enero. Similar ocurre al analizar anualmente los valores mínimos de EVT en cada estación, aunque se puede apreciar que suelen ocurrir en Septiembre de cada año.

Sector Norte y Borde Este:

En la Figura 5-10 se presenta la evolución histórica (2013 – 2017) que han tenido las mediciones de EVT (Tasa de EVT en mm/d) para los 10 puntos de monitoreo del sector Norte y Borde Este.

Figura 5-10 Variación Temporal de la Evapotranspiración en Puntos de Medición, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los resultados de las mediciones el año 2017, se observa un rango de valores similar en todas las estaciones y dentro de su rango histórico, con excepción de EVT-5, la cual se ubica cercana a laguna Tebinquiche (ver Figura 4-7), que en Septiembre y Diciembre presenta valores mayores al resto de las estaciones alcanzando el mes de Diciembre un valor máximo de 4,06 mm/d lo cual resulta consistente con su ubicación relativa.

El comportamiento anual corresponde en general valores más altos en los meses de Marzo y Diciembre y valores mínimos en el mes de Septiembre.

5.3 Superficie Cubierta por Lagunas

La superficie cubierta por las lagunas de los sistemas La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor fue monitoreada en temporada de invierno (Agosto) y en temporada de verano (Diciembre).

Los resultados de los monitoreos realizados en el año 2017 se muestran en la Tabla 5-8, mientras que en el Anexo C se presenta el informe “Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama”, con el detalle de las mediciones realizadas en invierno y verano.

En la Tabla 5-8, junto con los resultados de las superficies de los cuerpos de agua que fueron determinadas para el 2017, se presentan el área promedio, mínima y máxima histórica de cada sistema lagunar según los registros de línea de base presentada en la Adenda 5. Al contrastar los resultados anuales de 2017 con el promedio histórico y mínimos históricos, la mayor cobertura lagunar se verifica en invierno 2017 en el sistema lagunar Soncor con 336,3 ha desde la imagen Pleiades-1A y 393,3 ha desde Landsat 8; en contraparte, La Punta-La Brava presentó la menor superficie en invierno de 2017 con 48,1 ha desde la imagen Pleiades-1A y 38,2 ha desde Landsat 8. Asimismo, se destaca que todas las superficies del 2017 se encuentran por sobre el mínimo histórico para cada sistema lagunar.

A continuación, se presentan los resultados para cada sistema lagunar.

Tabla 5-8 Resultados de Superficies cubiertas por lagunas estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades-1A y Landsat 8) y datos obtenidos en el monitoreo 2017 (invierno y verano), respecto de los registros de línea de base (Adenda 5, 2015)

Sistema Lagunar	Superficies (ha) de registros históricos (Adenda 5, 2015)			Superficies (ha) Pleiades-1A de alta resolución 2017			Superficies (ha) Landsat 8 de media resolución 2017		
	Promedio	Máx.	Mín.	Invierno	Verano	Promedio anual	Invierno	Verano	Promedio anual
La Punta-La Brava	33,8	35,0	31,6	48,1	48,6	48,4	38,2	39,3	38,7
Peine	64,8	73,6	48,9	74,6	74,1	74,3	104,6	75,3	90,0
Aguas de Quelana	22,2	33,1	11,3	122,9	27,8	75,4	263,8	103,7	183,7
Soncor	217,4	234,2	192,4	336,3	220,3	278,3	393,3	189,7	291,5

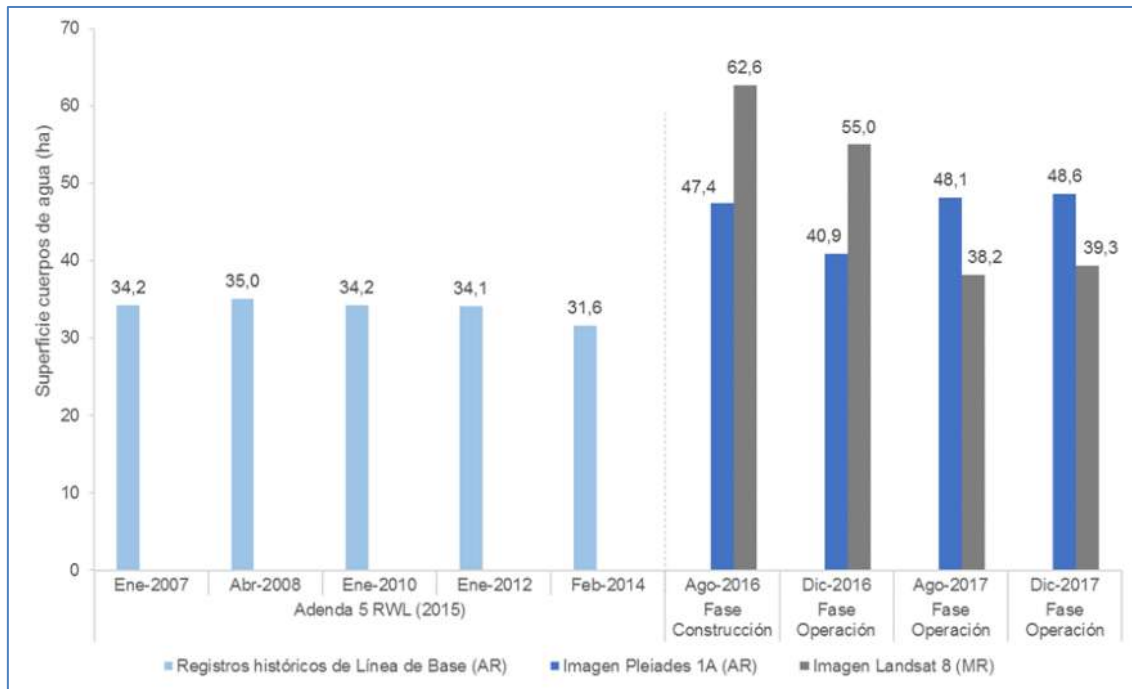
Fuente: Cedrem Consultores.

5.3.1 Sistema La Punta-La Brava

En el sistema lagunar La Punta-La Brava, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades-1A en Agosto de 2017 es de 48,1 ha y en Diciembre 2017, abarca una superficie de 48,6 ha (Tabla 5-8 y Figura 5-12). La comparación con los registros históricos (Adenda 5), indica que la cobertura de Agosto de 2017 aumentó en 16,5 ha (52,2%) y la de Diciembre 2017 aumentó en 17,0 ha (53,9%) respecto al mínimo histórico de 31,6 ha.

Por otra parte, desde las imágenes Landsat 8 se calculó que la cobertura de cuerpos de agua abarca una superficie de 38,2 ha en Agosto de 2017 y 39,3 en Diciembre de 2017. Al comparar estos valores con los verificados para Pleiades-1A, se observa que son menores en 9,9 ha (-26,0%) para invierno de 2017 y en un 9,3 ha (-23,6%) para verano de 2017. En la Figura 5-13 se presenta una comparación gráfica de las superficies lagunares calculadas con imágenes de Pleiades-1A y Landsat 8 para el año 2017.

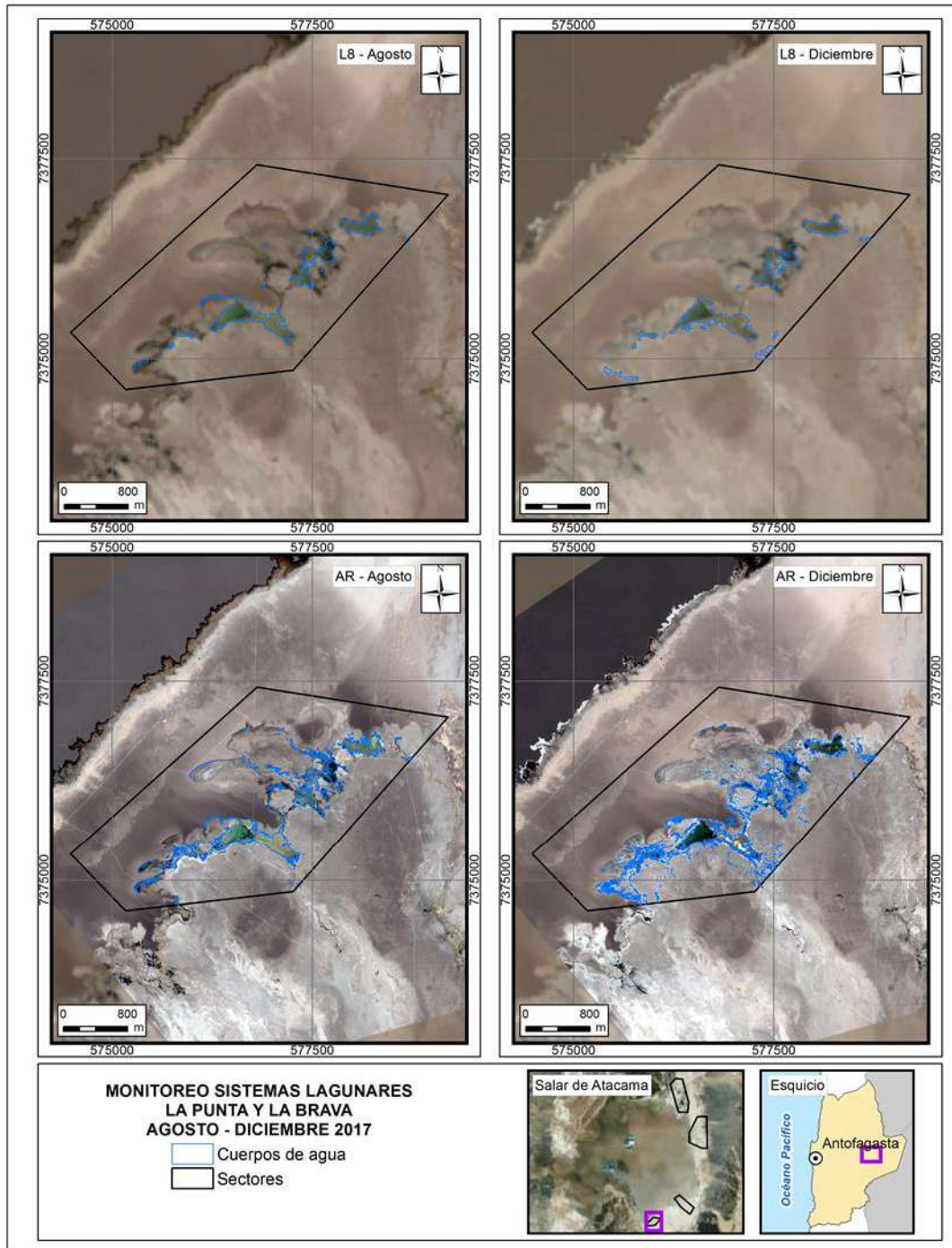
Figura 5-12 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta-La Brava



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Cedrem Consultores.

Figura 5-13 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta-La Brava, Agosto – Diciembre 2017

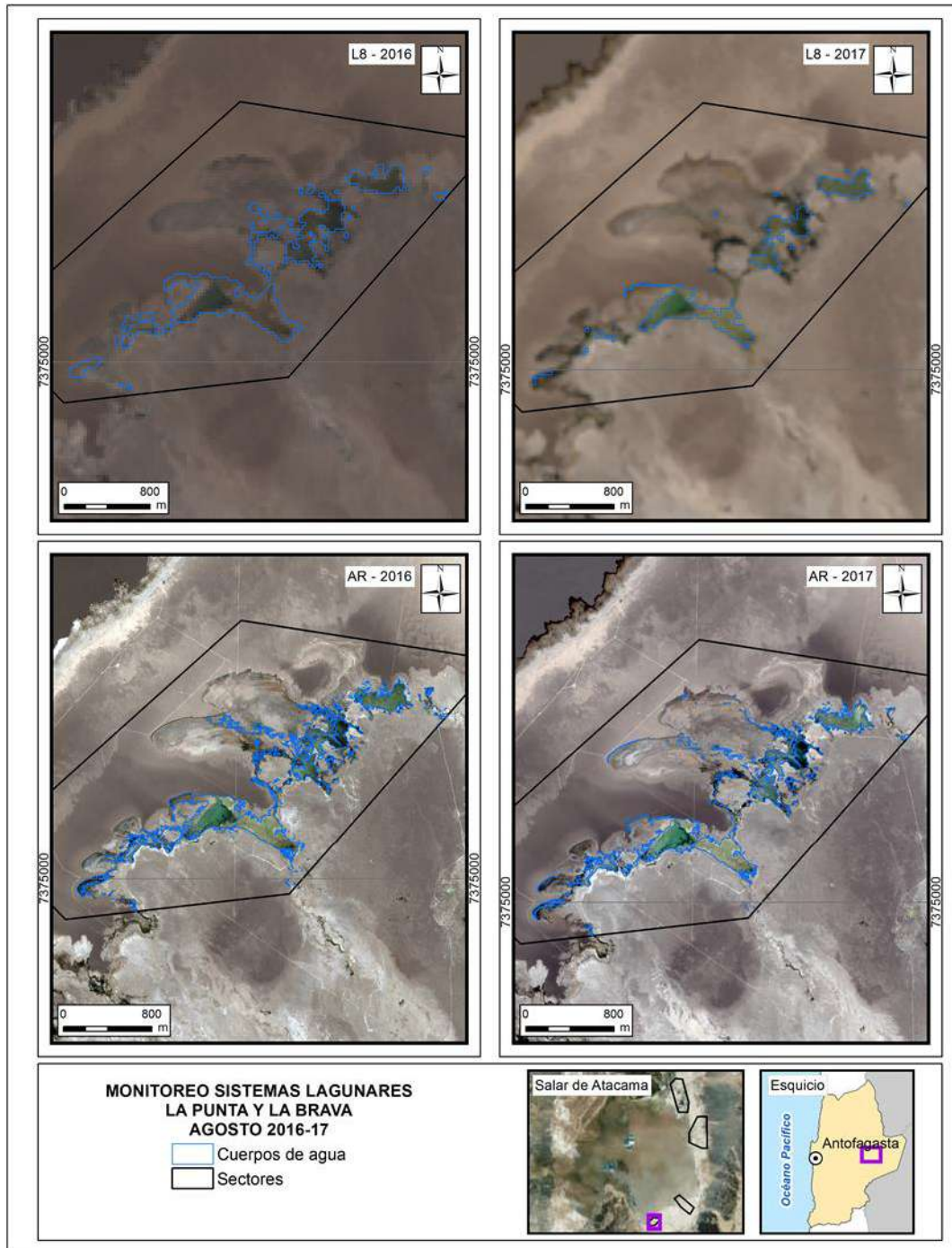


Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto y Diciembre de 2017.

En la Figura 5-14 y Figura 5-15 se presenta la comparación del año 2017 respecto al año 2016 para Agosto y Diciembre, respectivamente. Se tiene que las superficies de Agosto de 2017 representan un aumento de 0,7 ha (1,4%), y las de Diciembre 2017 representan un aumento de 7,8 ha (19,0%) con respecto a las imágenes Pleiades-1A del año 2016. En cambio, para el caso de las imágenes Landsat 8 existe una disminución de las superficies con respecto al año 2016, para Agosto de 2017 de 24,4 ha (-39,0%) y en Diciembre de 2017 de 15,6 ha (-28,5%).

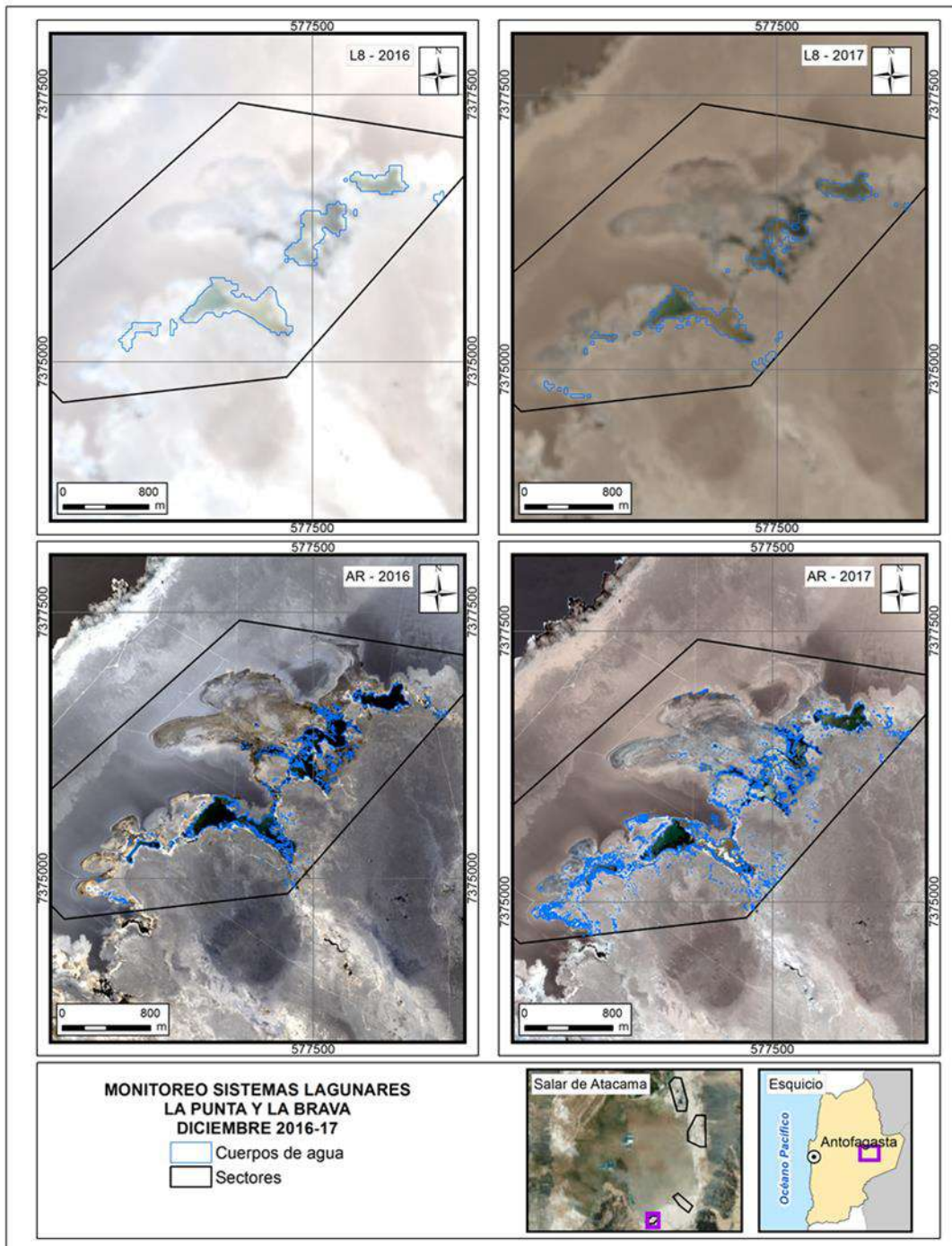
Si bien existe una disminución de las superficies para el caso de las imágenes Landsat 8, esto solo se traduce por el ajuste del modelo (determinación de umbrales estandarizados y validación de campo), que evita la sobrestimación, sobre todo en periodos complejos como el de invierno donde la incorporación de precipitaciones y derrames al sistema, alteran los valores finales.

Figura 5-14 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto 2016 y 2017.

Figura 5-15 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



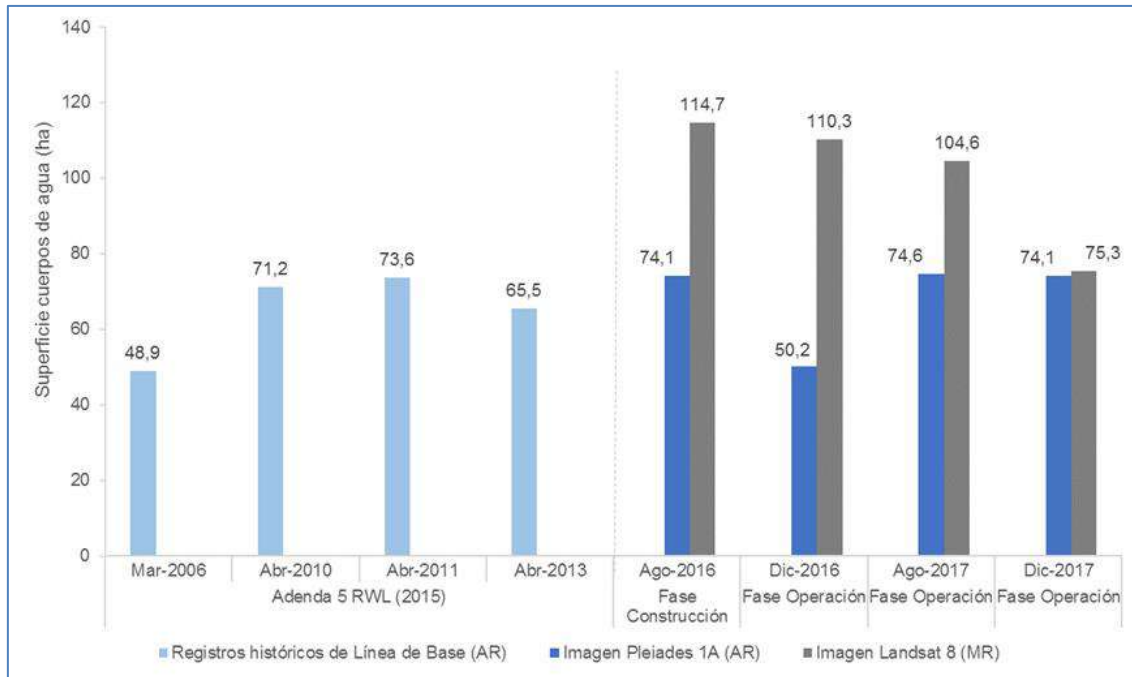
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Diciembre 2016 y 2017.

5.3.2 Sistema Peine

En el sistema lagunar Peine, los resultados del modelo de clasificación con imágenes de alta resolución Pleiades-1A, arrojaron una superficie de cuerpos de agua de 74,6 ha en Agosto de 2017 y de 74,1 ha para Diciembre del mismo año (Tabla 5-8 y Figura 5-16). La comparación con las coberturas históricas (Adenda 5), indica que para Agosto de 2017 aumenta en 25,7 ha (52,6%), y para Diciembre de 2017 aumenta en 25,2 ha (51,5%), ambas con respecto del mínimo histórico de 48,9 ha. Se destaca que aunque los registros históricos fueron determinados usando imágenes del periodo Marzo-Abril, mientras que el área determinada en el presente estudio corresponde a una condición de invierno (Agosto) y verano (Diciembre), los valores se encuentran sobre los rangos mínimos y corresponderían a condiciones estacionales.

Con respecto a las imágenes de Landsat 8, la cobertura de cuerpos de agua calculada abarca una superficie de 104,6 ha en Agosto de 2017 y de 75,3 ha para Diciembre de 2017. Al comparar estos valores con los verificados para Pleiades-1A, se observa que son mayores en 30,0 ha (28,7%) para invierno de 2017 y en 1,3 ha (1,7%) para verano de 2017. El aumento de la superficie estimada en el caso de Landsat 8 se debe principalmente a su menor resolución respecto a las imágenes Pleiades-1A, conllevando con ello la incorporación de zonas húmedas, que no corresponderían estrictamente a zonas inundadas (cuerpos de agua) en el sistema lagunar. Sin embargo, para Diciembre de 2017 esta diferencia se reduce, producto del robustecimiento del modelo y la validación en terreno. En la Figura 5-17 se presenta una comparación gráfica de las superficies lagunares calculadas con imágenes de Pleiades-1A y Landsat 8 para el año 2017.

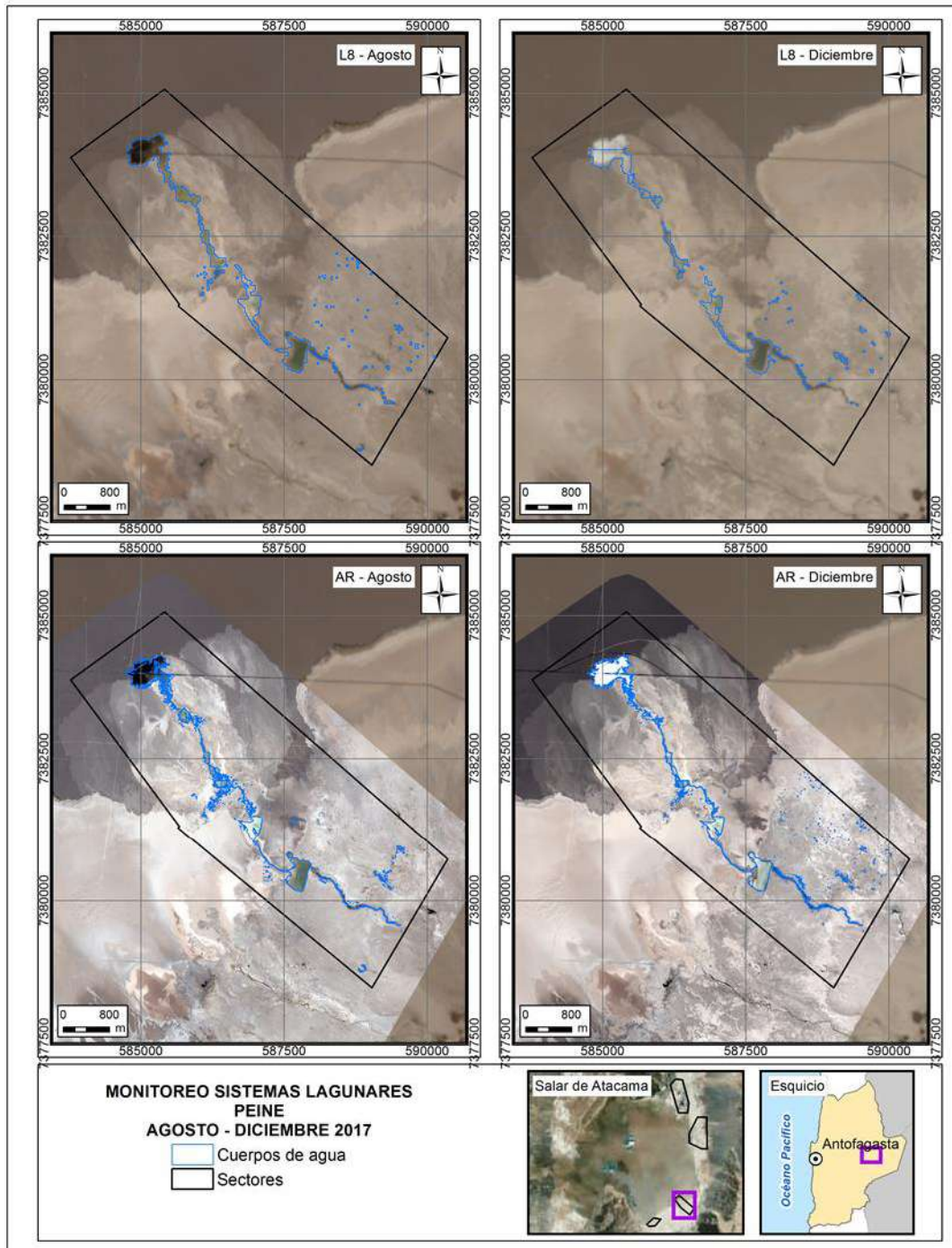
Figura 5-16 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Cedrem Consultores.

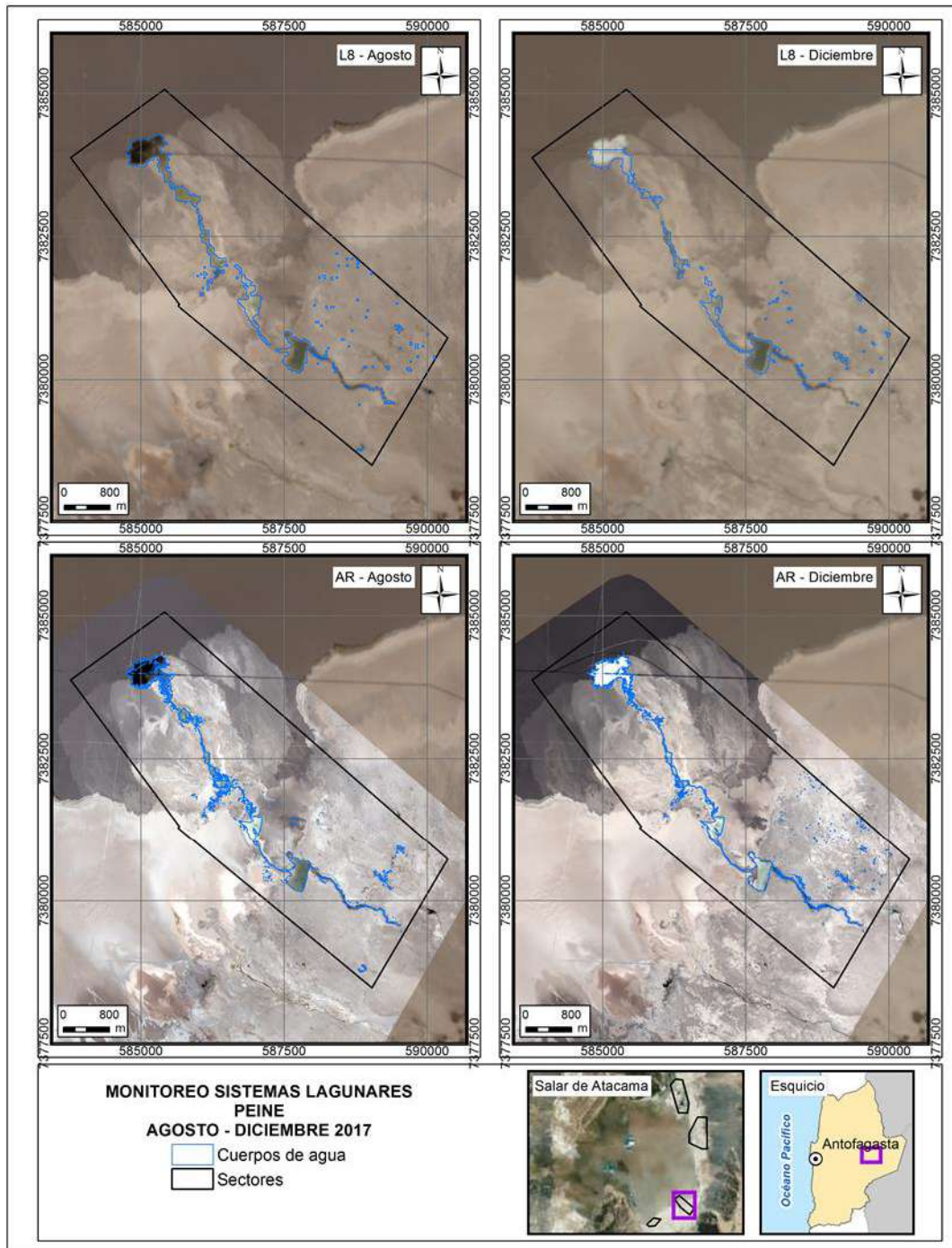
Figura 5-17 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, Agosto – Diciembre 2017



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto y Diciembre de 2017.

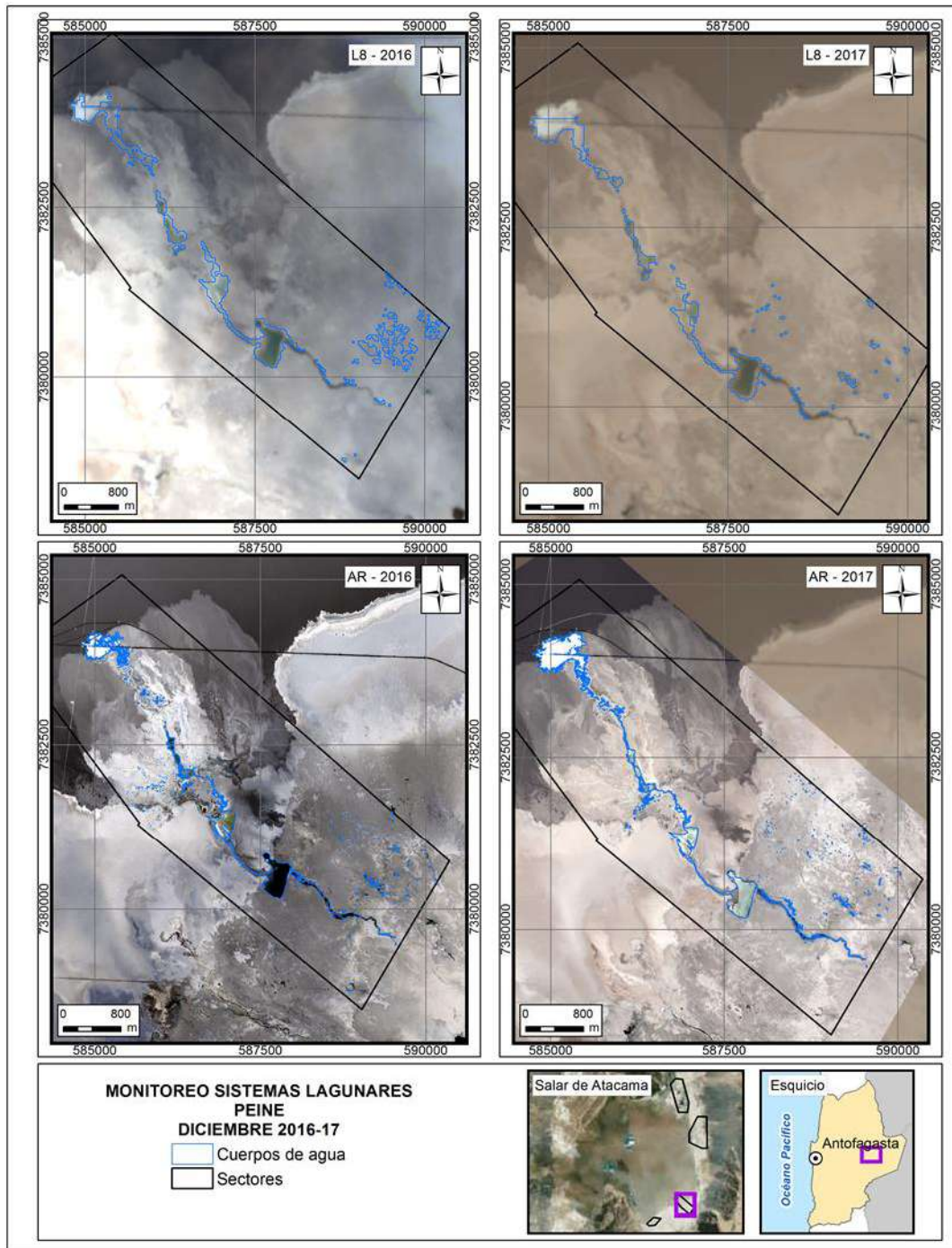
En la Figura 5-18 y Figura 5-19 se presenta la comparación del año 2017 respecto al año 2016 para Agosto y Diciembre, respectivamente. Se tiene que la superficie de Agosto de 2017 con respecto a la registrada en Agosto de 2016 presentan un aumento de 0,5 ha (0,7%), y en Diciembre de 2017 con respecto a la registrada en Diciembre de 2016 presentan un aumento de 23,9 ha (47,6%), ambos casos en imágenes Pleiades-1A. En cambio para el caso de las imágenes Landsat 8 existe una disminución de las superficies con respecto al año 2016, para Agosto de 2017 en 10,2 ha (-8,8%) y Diciembre de 2017 en 34,9 ha (-31,7%).

Figura 5-18 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto 2016 y 2017.

Figura 5-19 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Diciembre 2016 y 2017.

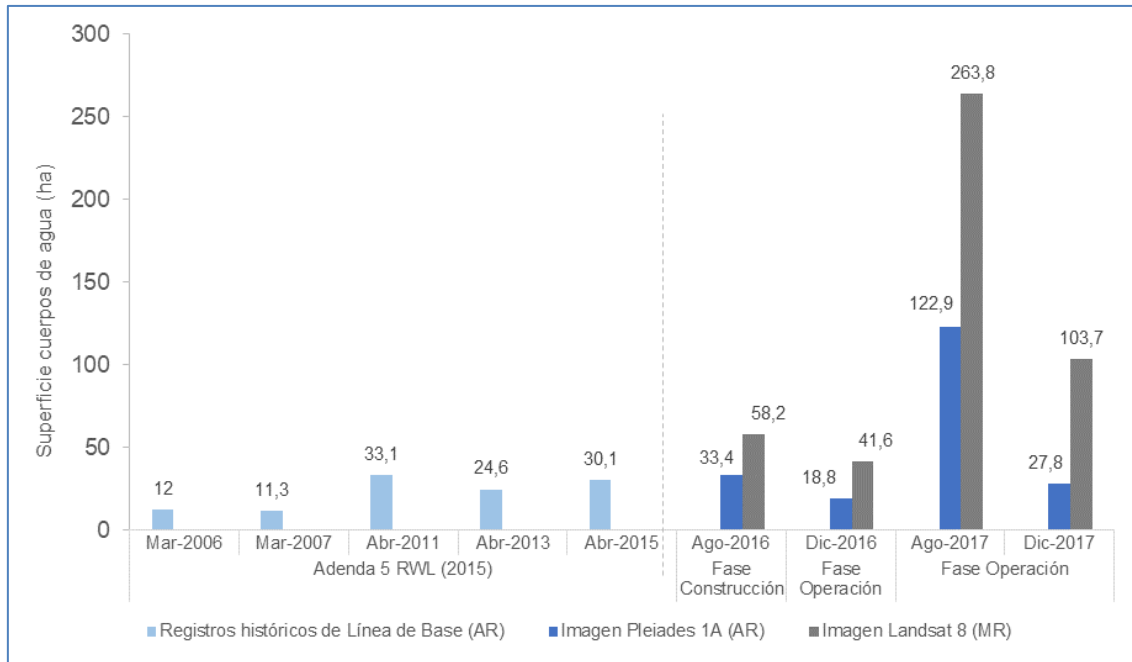
5.3.3 Sistema Aguas de Quelana

En el sistema lagunar Aguas de Quelana, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de Pleiades-1A, abarca una superficie de 122,9 ha para Agosto de 2017 y alcanza 27,8 ha para Diciembre de 2017 (Tabla 5-8 y Figura 5-20). La comparación con los registros históricos (Adenda 5), indica que la cobertura de agosto de 2017 aumento en 111,6 ha (987%) y la de Diciembre 2017 aumentó en 16,5 ha (146%) respecto al mínimo histórico de 11,3 ha.

Por otra lado, utilizando las imágenes Landsat 8 se calculó que la cobertura de los cuerpos de agua tiene una superficie que fluctúa entre 263,8 ha en agosto 2017 y 103,7 ha en Diciembre 2017. Estos valores en comparación con los verificados para Pleiades-1A, muestran una diferencia de 140,9 ha (53,4%) de Landsat 8 sobre Pleiades-1A para el periodo de invierno 2017 y de 75,9 ha (73,2%) para el periodo verano 2017. El aumento de la superficie estimada por Landsat 8 es esperable, y se debe principalmente a la diferencia de resolución entre ambas imágenes, así como también a la incorporación de zonas de transición y enlace entre los cuerpos de agua que presentaban nula o parcial delimitación en los resultados con imágenes de alta resolución. En la Figura 5-21 se presenta una comparación gráfica de las superficies lagunares calculadas con imágenes de Pleiades-1A y Landsat 8 para el año 2017.

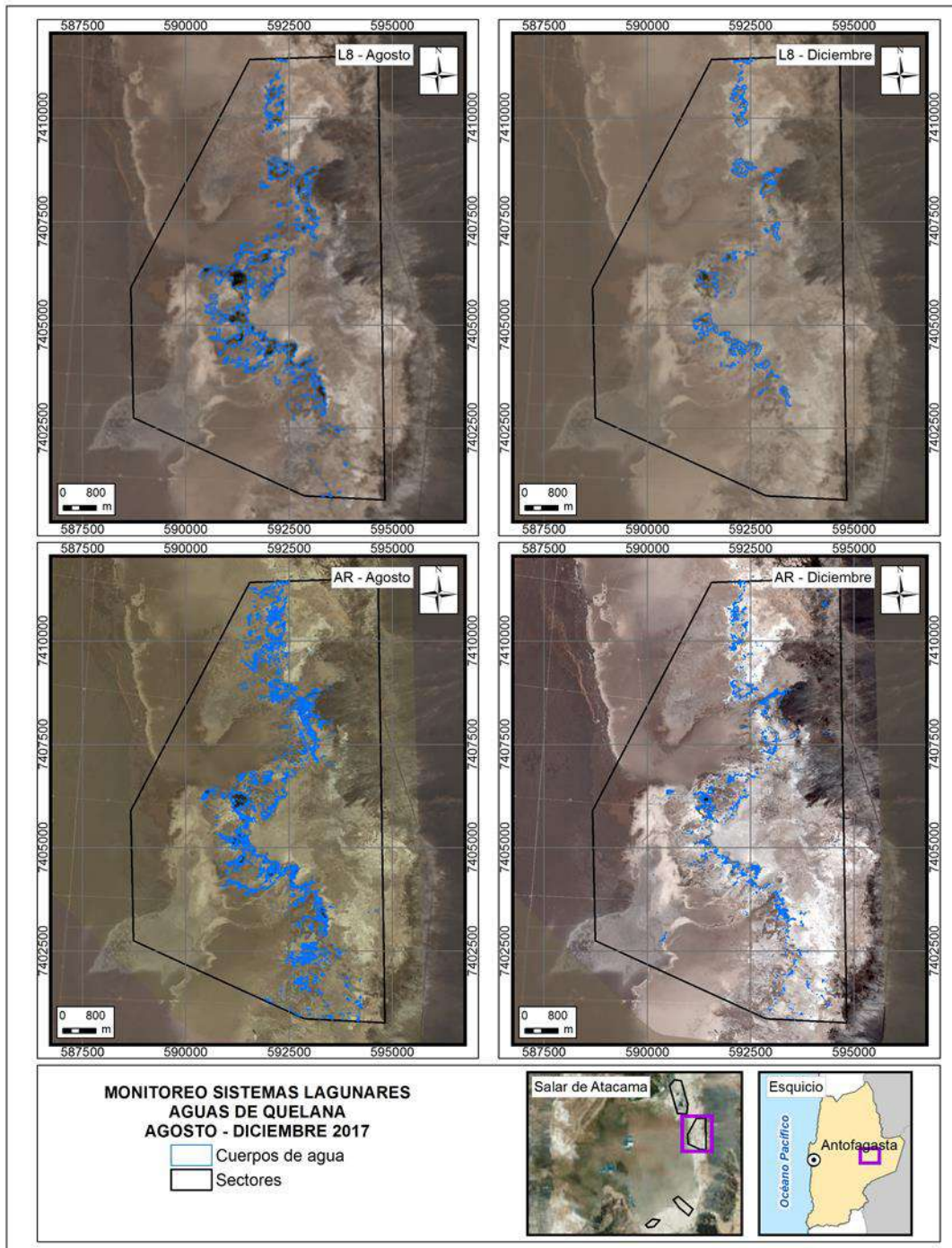
Si bien la resolución de las imágenes Landsat 8 puede sobrestimar los cuerpos de agua, los puntos de validación en terreno confirmaron que la superficie mayor determinada por dichas imágenes, corresponde a la fisonomía de la zona.

Figura 5-20 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Aguas de Quelana



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).
 Fuente: Cedrem Consultores.

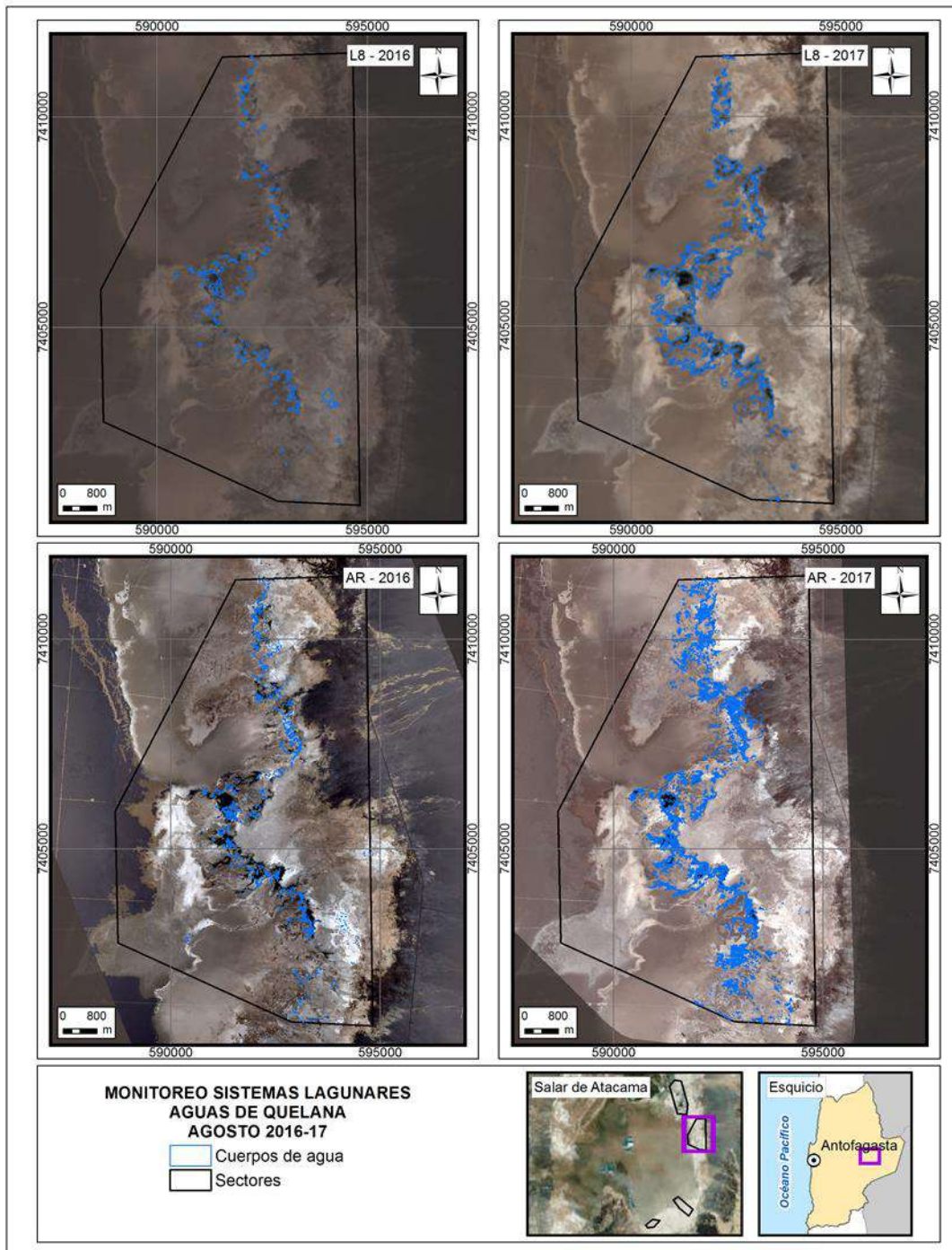
Figura 5-21 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Aguas de Quelana, Agosto – Diciembre 2017



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto y Diciembre de 2017.

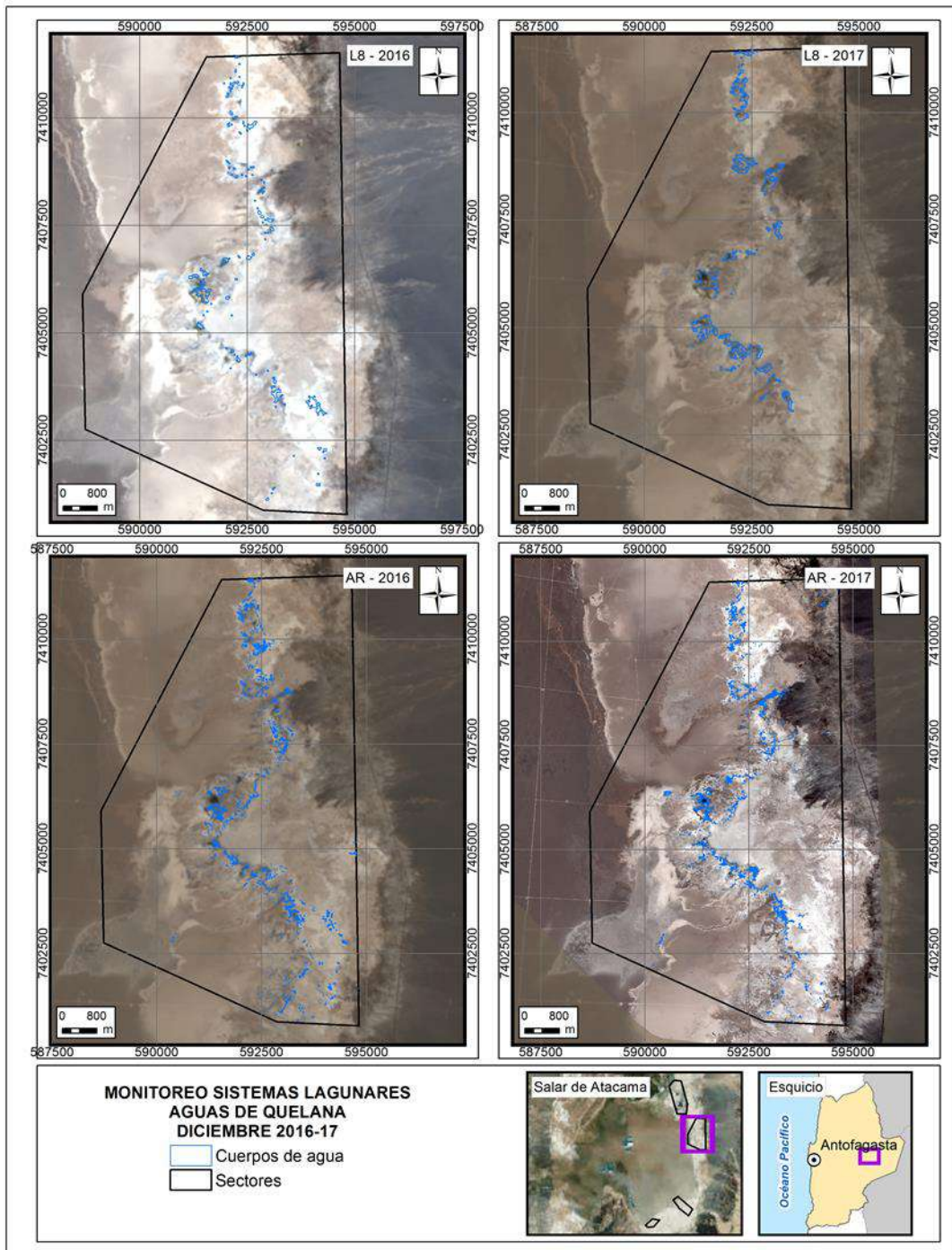
En la Figura 5-22 y Figura 5-23 se presenta la comparación del año 2017 respecto al año 2016 para Agosto y Diciembre, respectivamente. Las superficies de Agosto de 2017 con respecto a las registradas para Agosto de 2016, presentan un aumento en sus valores tanto en imágenes de Pleiades-1A como en Landsat 8 siendo de 89,5 ha (268 %) y de 205,6 ha (353 %), respectivamente. Asimismo, las superficies de las coberturas lagunares de Diciembre de 2017, también presentan un aumento en sus valores con respecto a las de igual temporada en 2016, para las imágenes de Pleiades-1A se tiene un aumento de 9,0 ha (47,9 %), mientras que para Landsat 8 el aumento es de 62,1 ha (149%).

Figura 5-22 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto 2016 y 2017.

Figura 5-23 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Diciembre 2016 y 2017.

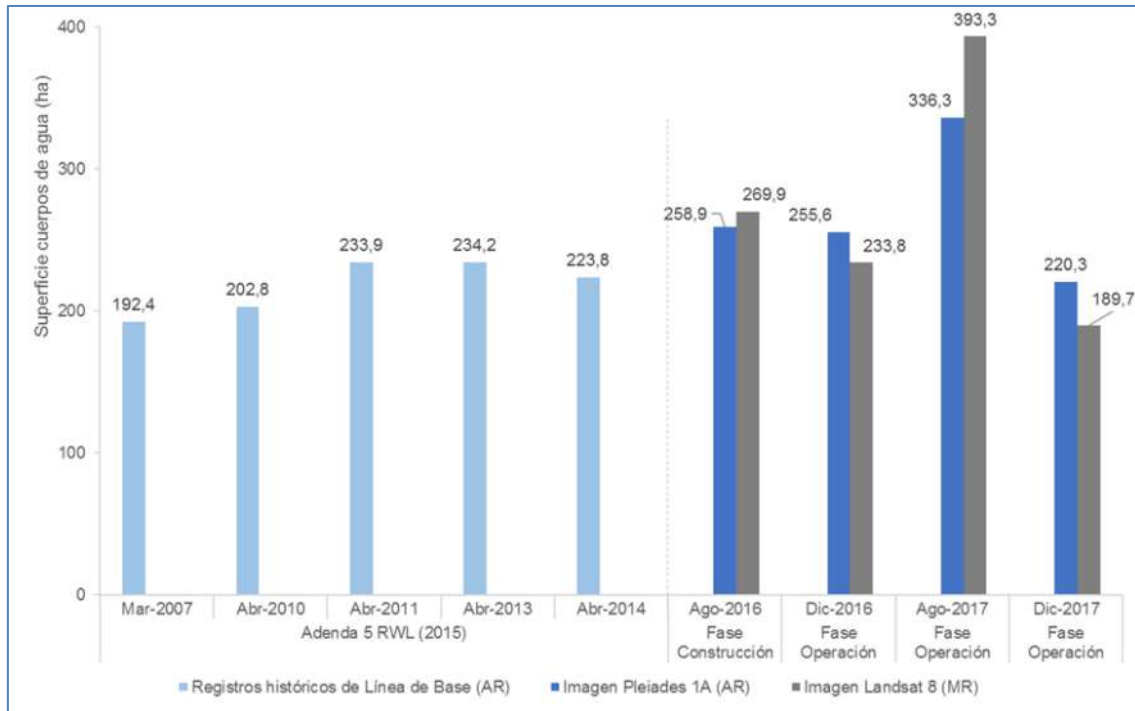
5.3.4 Sistema Soncor

En el sistema lagunar Soncor, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de Pleiades-1A, abarca una superficie de 336,3 ha para Agosto de 2017 y alcanza 220,3 ha para Diciembre de 2017 (Tabla 5-8 y Figura 5-24). La comparación con los registros históricos (Adenda 5), indica que la cobertura de Agosto de 2017 aumentó en 143,9 ha (74,8%) y la de Diciembre 2017 aumentó en 27,9 ha (14,5%) respecto al mínimo histórico de 192,4 ha. Cabe señalar que los registros históricos fueron determinados usando únicamente imágenes del periodo Marzo-Abril, mientras que el área determinada en el presente informe corresponde a una condición de invierno (Agosto) y verano (Diciembre) de periodos consecutivos.

Por otra lado, utilizando las imágenes Landsat 8 se calculó que la cobertura de los cuerpos de agua tiene una superficie que fluctúa entre 393,3 ha en Agosto 2017 y 189,7 ha en Diciembre 2017. Estos valores en comparación con los verificados para Pleiades-1A, muestran una diferencia de 57,0 ha (14,5%) de Landsat 8 sobre Pleiades-1A para el periodo de invierno 2017 y una disminución de 30,6 ha (-16,1%) para el periodo verano 2017. En la Figura 5-25 se presenta una comparación gráfica de las superficies lagunares calculadas con imágenes de Pleiades-1A y Landsat 8 para el año 2017.

Las diferencias observadas para este sector, en que la fisonomía del lugar otorga una definición más clara de los cuerpos de agua, se debe principalmente a las resoluciones de las imágenes satelitales y a que el acceso a este sistema lagunar se encuentra restringido por CONAF, por lo que no se pueden obtener los datos necesarios de áreas sensibles ya detectadas en todas las temporadas.

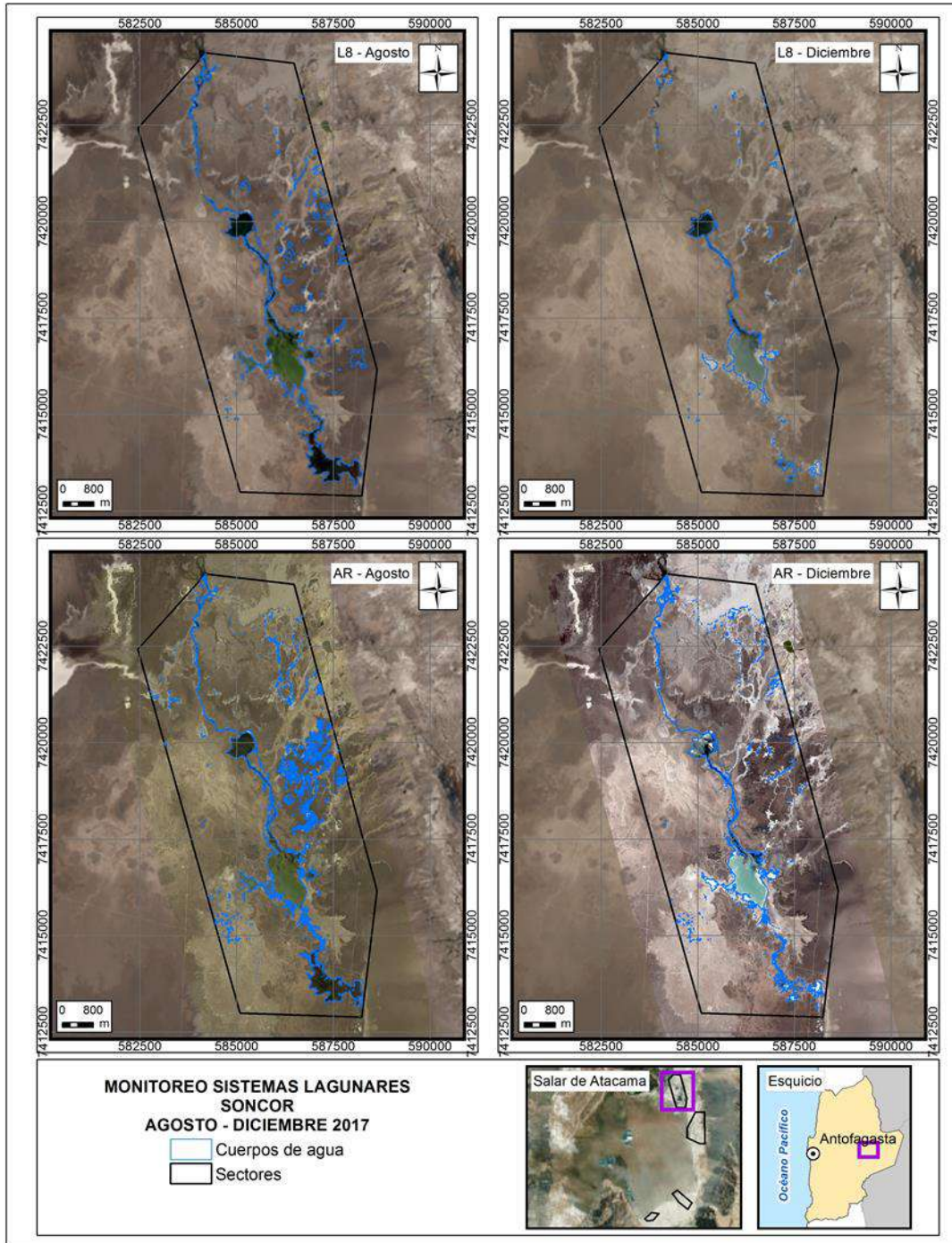
Figura 5-24 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Soncor



Dónde; **MR**: Imagen de Mediana Resolución (pixel 30m); **AR**: Imágenes de alta resolución (pixel menor a 4m).

Fuente: Cedrem Consultores.

Figura 5-25 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Soncor, Agosto – Diciembre 2017

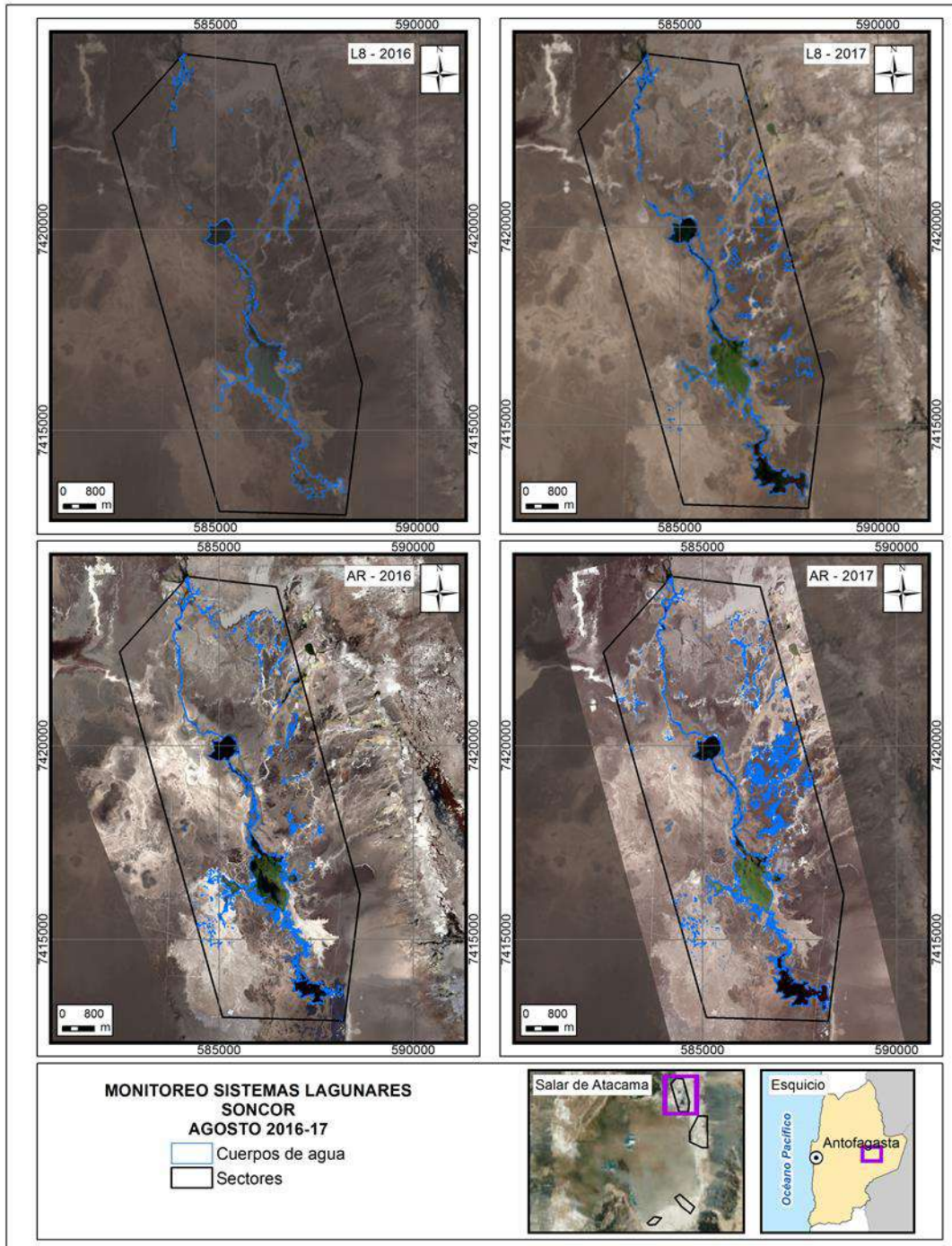


Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto y Diciembre de 2017.

En la Figura 5-26 y la Figura 5-27 se presenta la comparación del año 2017 respecto al año 2016 para Agosto y Diciembre, respectivamente. Con respecto a las imágenes satelitales Pleiades-1A, se produjo un aumento de las superficies lagunares respecto al invierno de 2016 de 77,4 ha (29,9%), mientras que en comparación al verano de 2016 se tiene una disminución de 35,3 ha (-13,8%). Asimismo, en el caso de las imágenes Landsat 8 se produjo un aumento de las superficies lagunares respecto al invierno de 2016 de 123,4 ha (45,7%), mientras que en comparación al verano de 2016 se tiene una disminución de 44,2 ha (-18,9%).

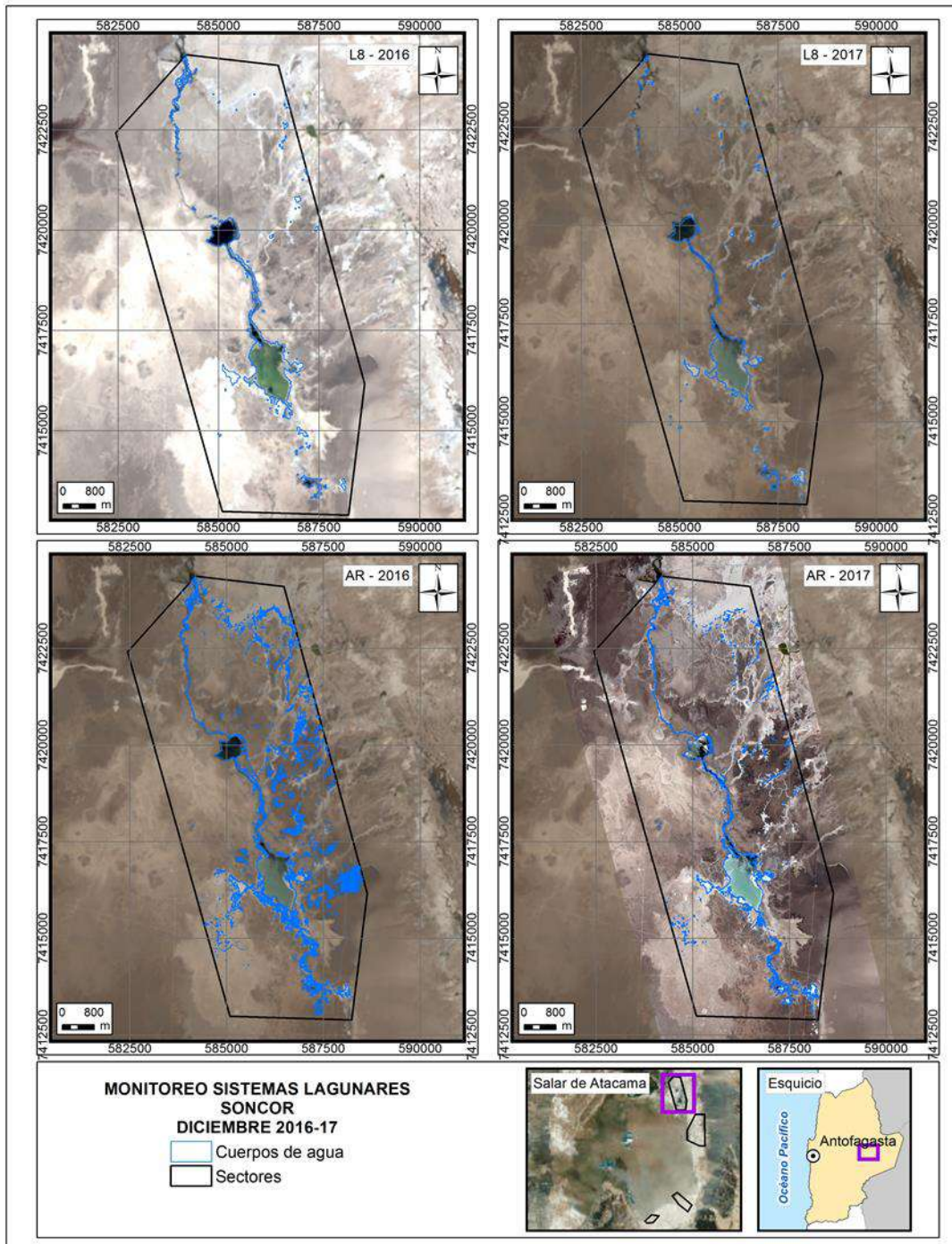
Aunque esta dinámica se presenta en un contexto característico del comportamiento estacional, dado por el efecto de evaporación y por el aumento de flujos subsuperficiales y subterráneos en época invernal (DGA, 2014), los aumentos en las superficies en este sector, tan característico en su fisonomía, se deben principalmente al aumento de derrames ocurridos durante el año en el sector Sur del sistema lagunar Soncor.

Figura 5-26 Registros de superficies lagunares de Agosto 2016 - 2017, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Agosto 2016 y Agosto 2017.

Figura 5-27 Registros de superficies lagunares de Diciembre 2016 - 2017, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A y Landsat 8



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de Diciembre 2016 y Diciembre 2017.

5.4 Nivel limnimétrico de las Lagunas

El nivel limnimétrico de las lagunas se mide desde la cota de referencia (limnímetro o estaca) hasta el espejo de agua (indicado como profundidad en metros) de cada uno de los puntos de monitoreo y se reporta como cota topográfica del espejo de agua en [m s.n.m.].

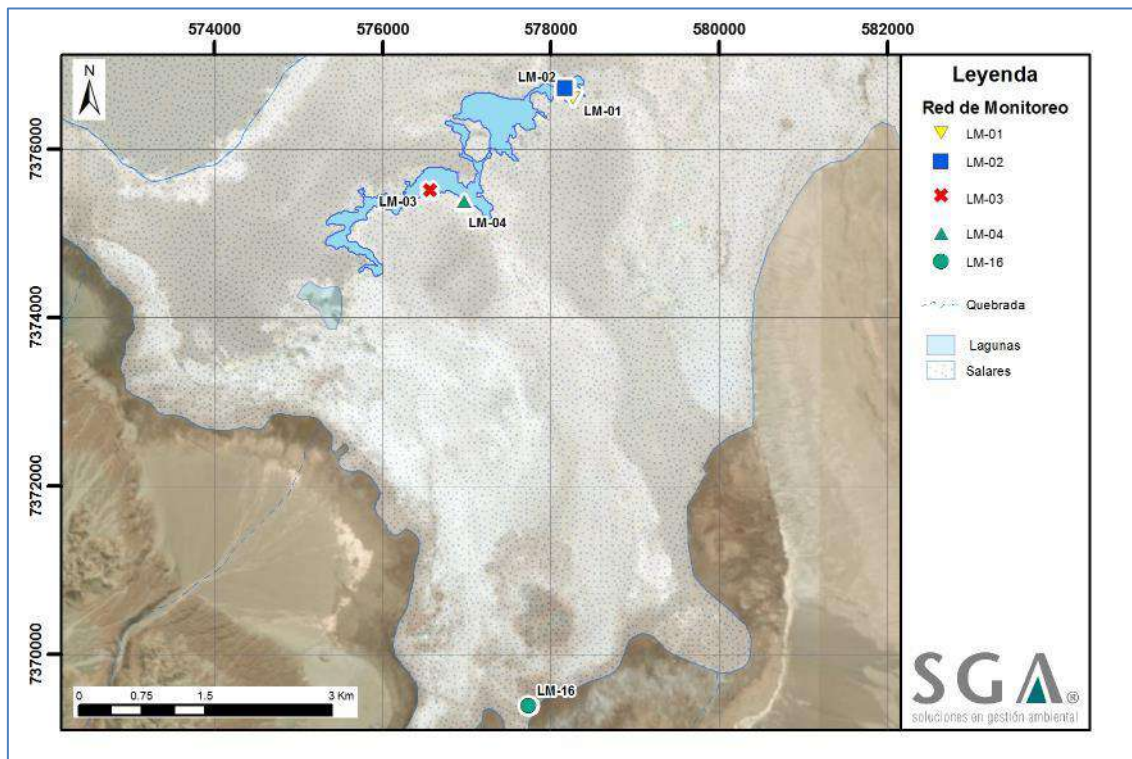
Además, en el Anexo D de este Informe, se presenta la base de datos histórica con los registros medidos para la variable Nivel de las lagunas.

5.4.1 Sector La Punta-La Brava

En la Figura 5-28 se presenta el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de la variable nivel limnimétrico en el sector La Punta-La Brava.

En la Tabla 5-9 se muestran las profundidades y niveles (cotas) limnimétrico medidos, y en la Figura 5-29 se representa gráficamente el registro histórico de las mediciones, donde se puede observar la diferencia de cota existente entre LM-16 (que se encuentra en Tilopozo) y el resto de los limnímetros del sector. En la Figura 5-30 se presentan los mismos datos en diferentes gráficos, que permiten apreciar mejor su variabilidad en el tiempo.

Figura 5-28 Puntos de monitoreo de Niveles Limnimétricos, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

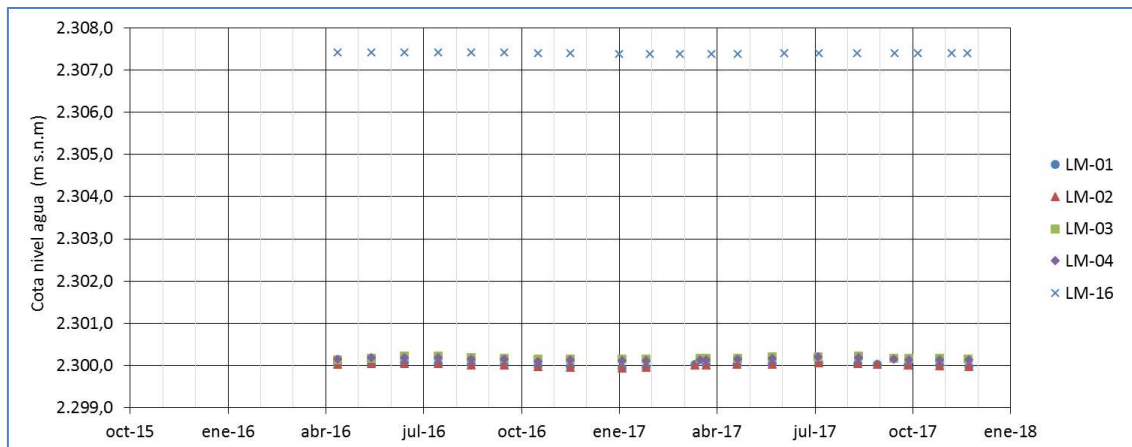
Tabla 5-9 Resultados de Niveles Limnométricos, Sector La Punta-La Brava

LM-01			LM-02			LM-03		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
17/01/2017	0,399	2.299,931	17/01/2017	0,864	2.299,931	17/01/2017	0,435	2.300,141
08/02/2017	0,376	2.299,954	08/02/2017	0,841	2.299,954	08/02/2017	0,428	2.300,148
25/03/2017	0,315	2.300,015	25/03/2017	0,790	2.300,005	30/03/2017	0,412	2.300,164
04/04/2017	0,315	2.300,015	04/04/2017	0,783	2.300,012	04/04/2017	0,410	2.300,166
03/05/2017	0,305	2.300,025	03/05/2017	0,770	2.300,025	03/05/2017	0,410	2.300,166
04/06/2017	0,296	2.300,034	04/06/2017	0,766	2.300,029	04/06/2017	0,382	2.300,194
17/07/2017	0,276	2.300,054	17/07/2017	0,742	2.300,053	16/07/2017	0,370	2.300,206
22/08/2017	0,284	2.300,046	22/08/2017	0,750	2.300,045	22/08/2017	0,365	2.300,211
09/09/2017	0,300	2.300,030	09/09/2017	0,769	2.300,026	24/09/2017	0,401	2.300,175
07/10/2017	0,316	2.300,014	07/10/2017	0,788	2.300,007	08/10/2017	0,409	2.300,167
05/11/2017	0,333	2.299,997	05/11/2017	0,803	2.299,992	05/11/2017	0,413	2.300,163
02/12/2017	0,352	2.299,978	02/12/2017	0,821	2.299,974	01/12/2017	0,419	2.300,157

LM-04			LM-16		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
17/01/2017	0,820	2.300,114	14/01/2017	0,452	2.307,384
08/02/2017	0,816	2.300,118	11/02/2017	0,460	2.307,376
30/03/2017	0,796	2.300,138	11/03/2017	0,460	2.307,376
04/04/2017	0,796	2.300,138	09/04/2017	0,452	2.307,384
03/05/2017	0,790	2.300,144	03/05/2017	0,455	2.307,381
04/06/2017	0,768	2.300,166	15/06/2017	0,435	2.307,401
16/07/2017	0,740	2.300,194	17/07/2017	0,428	2.307,408
22/08/2017	0,750	2.300,184	21/08/2017	0,429	2.307,407
24/09/2017	0,788	2.300,146	25/09/2017	0,436	2.307,400
08/10/2017	0,798	2.300,136	16/10/2017	0,435	2.307,401
05/11/2017	0,802	2.300,132	16/11/2017	0,440	2.307,396
02/12/2017	0,808	2.300,126	01/12/2017	0,441	2.307,395

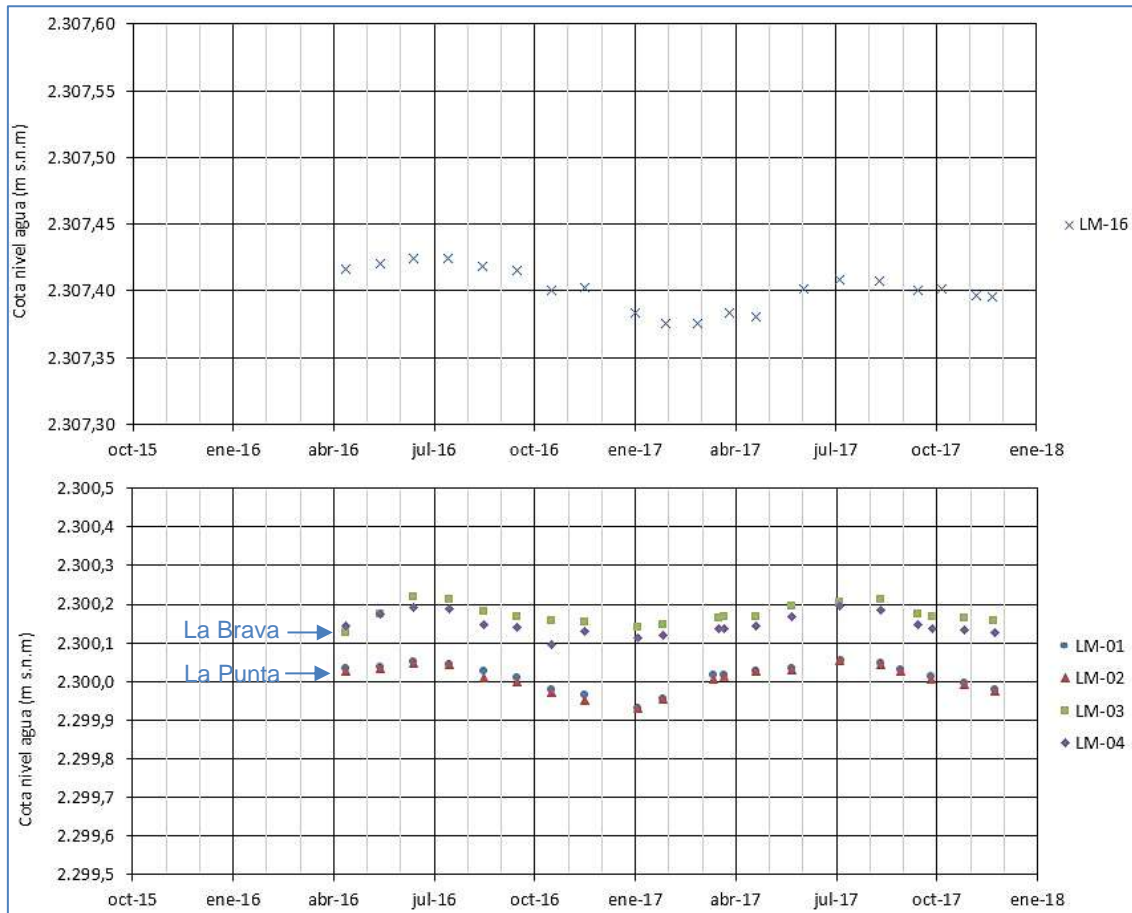
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-29 Variación Temporal de Niveles Limnómetros, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-30 Detalle Niveles Limnimétricos en Lagunas La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-30 se observa que los puntos LM-01 y LM-02 ubicados en la misma laguna (La Punta) tienen cotas de nivel de agua semejantes en cada medición. Lo mismo sucede con los puntos LM-03 y LM-04, ubicados en otra laguna de La Brava. En general, para estos puntos se reconoce una oscilación natural de los niveles asociados a un ascenso de los niveles en invierno y un descenso en verano, con una amplitud de unos 10 cm.

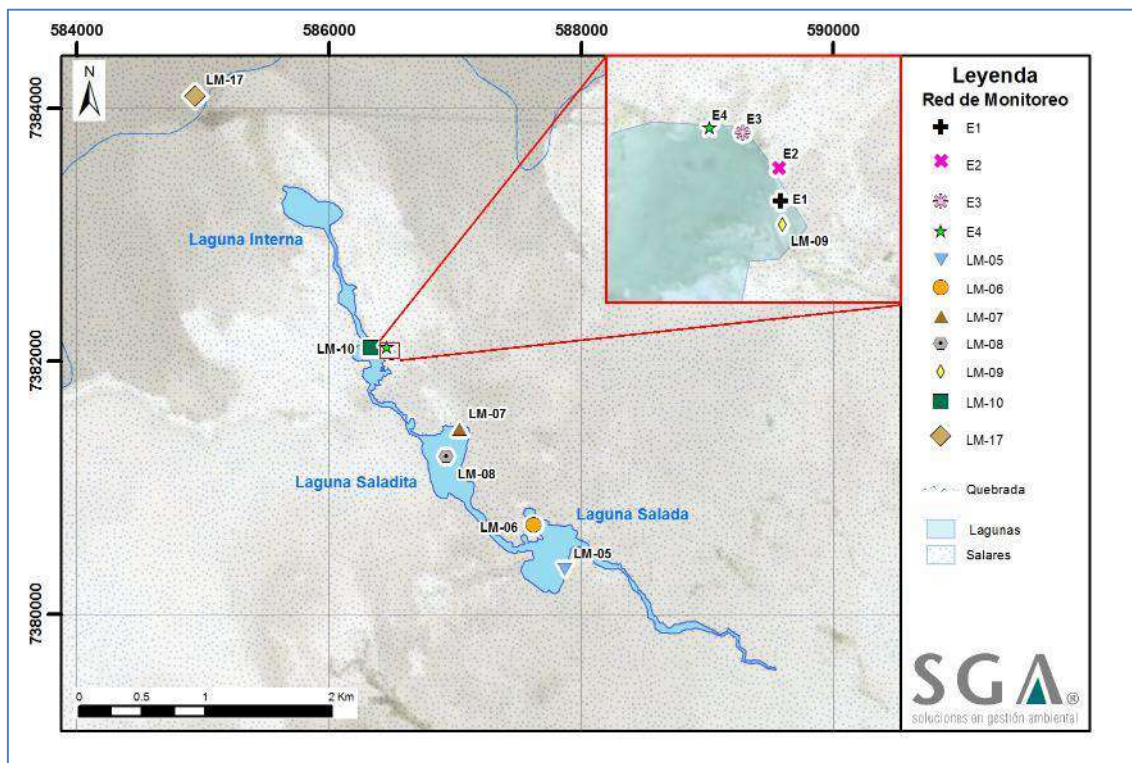
En el caso del limnómetro LM-16, éste también presenta la misma oscilación natural, con amplitud de 4 cm aproximadamente, pero con una diferencia de unos 7 m en valor absoluto de la cota del espejo de agua con respecto a los otros limnómetros, producto de que se encuentra aguas arriba del Sector Lagunar.

5.4.2 Sector Peine

En la Figura 5-31 se presenta el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de la variable nivel limnimétrico en el sector Peine, las profundidades y niveles limnimétricos medidos (cotas) se muestran en la Tabla 5-10, mientras que en la Figura 5-32 se presenta gráficamente las mediciones realizadas durante 2017 en este sector integrando los datos históricos de cada punto. En este gráfico se puede observar que los puntos ubicados en la misma laguna tienen cotas del nivel de agua similares, como es el caso de LM-05 y LM-06 ubicados en la laguna Salada; LM-07 y LM-08 ubicados en la laguna Saladita; y LM-09, LM-10 y estacas E1 a E4, ubicados en la Laguna Interna. Las cotas más bajas del nivel de agua registradas en el sector corresponden a las del punto LM-17, debido a que este limnómetro se sitúa un kilómetro al noroeste de la Laguna Interna, en la zona de avance de ésta y más cercano a la zona del núcleo.

Cabe indicar que el limnómetro LM-05 no pudo ser medido durante 6 meses del año por presencia de flamencos, en época de cortejo (Agosto-Diciembre) y de puesta (Enero), hecho que también se dio para el limnómetro LM-06 en el mes de Noviembre de 2017. Asimismo, el punto LM-17 no dispone de registro en Enero, Febrero y Diciembre ya que el sector se encontraba seco.

Figura 5-31 Puntos de monitoreo de Niveles Limnimétricos, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-10 Resultados de Niveles Limnimétricos, Sector Peine

LM-05			LM-06			LM-07		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
16/01/2017	(*)		16/01/2017	0,860	2.299,916	16/01/2017	0,609	2.299,838
09/02/2017	0,655	2.299,928	09/02/2017	0,859	2.299,917	09/02/2017	0,763	2.299,684
16/03/2017	0,648	2.299,935	16/03/2017	0,858	2.299,918	16/03/2017	0,755	2.299,692
08/04/2017	0,647	2.299,936	08/04/2017	0,859	2.299,917	08/04/2017	0,751	2.299,696
23/05/2017	0,636	2.299,947	23/05/2017	0,860	2.299,916	23/05/2017	0,756	2.299,691
17/06/2017	0,628	2.299,955	17/06/2017	0,846	2.299,930	17/06/2017	0,745	2.299,702
26/07/2017	0,631	2.299,952	26/07/2017	0,850	2.299,926	26/07/2017	0,747	2.299,700
24/08/2017	(*)		24/08/2017	0,855	2.299,921	24/08/2017	0,750	2.299,697
27/09/2017	(*)		27/09/2017	0,855	2.299,921	27/09/2017	0,755	2.299,692
21/10/2017	(*)		21/10/2017	0,856	2.299,920	22/10/2017	0,755	2.299,692
14/11/2017	(*)		14/11/2017	(*)		15/11/2017	0,758	2.299,689
14/12/2017	(*)		14/12/2017	0,860	2.299,916	14/12/2017	0,760	2.299,687
LM-08			LM-09			LM-10		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
16/01/2017	0,760	2.299,782	16/01/2017	0,827	2.298,899	16/01/2017	0,800	2.298,891
09/02/2017	0,672	2.299,870	09/02/2017	0,619	2.299,107	09/02/2017	0,709	2.298,982
16/03/2017	0,665	2.299,877	16/03/2017	0,765	2.298,961	16/03/2017	0,790	2.298,901
08/04/2017	0,672	2.299,870	07/04/2017	0,773	2.298,953	07/04/2017	0,800	2.298,891
23/05/2017	0,670	2.299,872	23/05/2017	0,774	2.298,952	23/05/2017	0,765	2.298,926
17/06/2017	0,663	2.299,879	17/06/2017	0,783	2.298,943	17/06/2017	0,764	2.298,927
26/07/2017	0,660	2.299,882	26/07/2017	0,789	2.298,937	26/07/2017	0,769	2.298,922
24/08/2017	0,664	2.299,878	24/08/2017	0,782	2.298,944	24/08/2017	0,771	2.298,920
27/09/2017	0,664	2.299,878	27/09/2017	0,811	2.298,915	27/09/2017	0,791	2.298,900
22/10/2017	0,667	2.299,875	22/10/2017	0,813	2.298,913	23/10/2017	0,793	2.298,898
15/11/2017	0,672	2.299,870	29/11/2017	0,819	2.298,907	15/11/2017	0,798	2.298,893
14/12/2017	0,668	2.299,874	14/12/2017	0,815	2.298,911	14/12/2017	0,792	2.298,899
LM-17			E1			E2		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	(**)		16/01/2017	0,609	2.298,863	16/01/2017	0,607	2.298,846
15/02/2017	(**)		09/02/2017	0,595	2.298,877	09/02/2017	0,595	2.298,858
22/03/2017	0,922	2.298,684	29/03/2017	0,572	2.298,900	29/03/2017	0,574	2.298,879
08/04/2017	0,990	2.298,616	08/04/2017	0,579	2.298,893	08/04/2017	0,579	2.298,874
23/05/2017	1,069	2.298,537	11/05/2017	0,580	2.298,892	11/05/2017	0,575	2.298,878
15/06/2017	0,954	2.298,652	17/06/2017	0,565	2.298,907	17/06/2017	0,566	2.298,887
26/07/2017	1,026	2.298,580	26/07/2017	0,569	2.298,903	26/07/2017	0,574	2.298,879
21/08/2017	1,060	2.298,546	24/08/2017	0,570	2.298,902	24/08/2017	0,574	2.298,879
06/09/2017	1,080	2.298,526	27/09/2017	0,584	2.298,888	27/09/2017	0,586	2.298,867
23/10/2017	1,144	2.298,462	22/10/2017	0,590	2.298,882	22/10/2017	0,591	2.298,862
15/11/2017	1,155	2.298,451	29/11/2017	0,596	2.298,876	29/11/2017	0,597	2.298,856
18/12/2017	(**)		14/12/2017	0,590	2.298,882	14/12/2017	0,595	2.298,858

Tabla 5-10 (Cont.) Resultados de Niveles Limnimétricos, Sector Peine

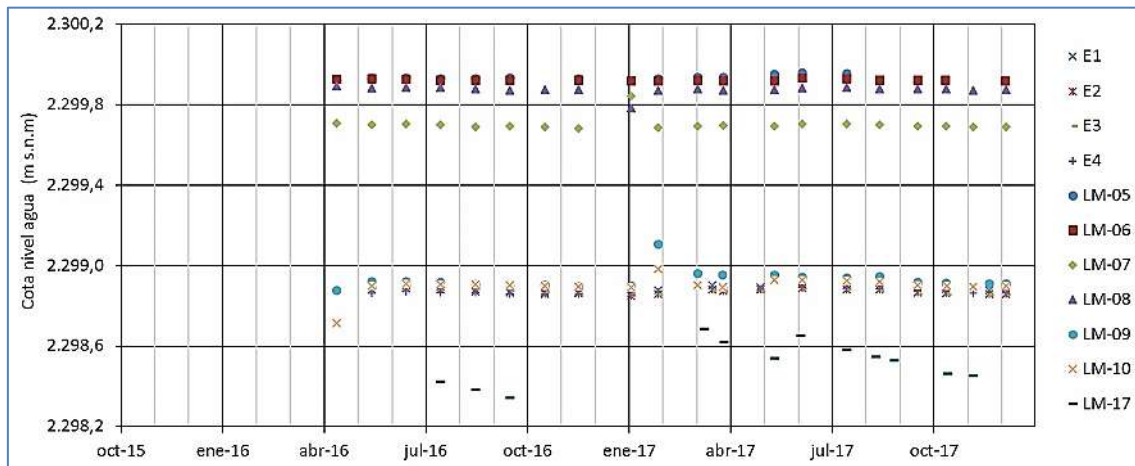
E3			E4		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
16/01/2017	0,520	2.298,849	16/01/2017	0,653	2.298,850
09/02/2017	0,515	2.298,854	09/02/2017	0,635	2.298,868
29/03/2017	0,494	2.298,875	29/03/2017	0,618	2.298,885
08/04/2017	0,499	2.298,870	08/04/2017	0,623	2.298,880
11/05/2017	0,500	2.298,869	11/05/2017	0,620	2.298,883
17/06/2017	0,486	2.298,883	17/06/2017	0,612	2.298,891
26/07/2017	0,489	2.298,880	26/07/2017	0,618	2.298,885
24/08/2017	0,495	2.298,874	24/08/2017	0,621	2.298,882
27/09/2017	0,510	2.298,859	27/09/2017	0,630	2.298,873
23/10/2017	0,514	2.298,855	22/10/2017	0,634	2.298,869
29/11/2017	0,520	2.298,849	15/11/2017	0,640	2.298,863
14/12/2017	0,515	2.298,854	14/12/2017	0,640	2.298,863

(*) No se midió nivel debido a la presencia de flamencos.

(**) Limnómetro seco.

Fuente: Elaboración propia.

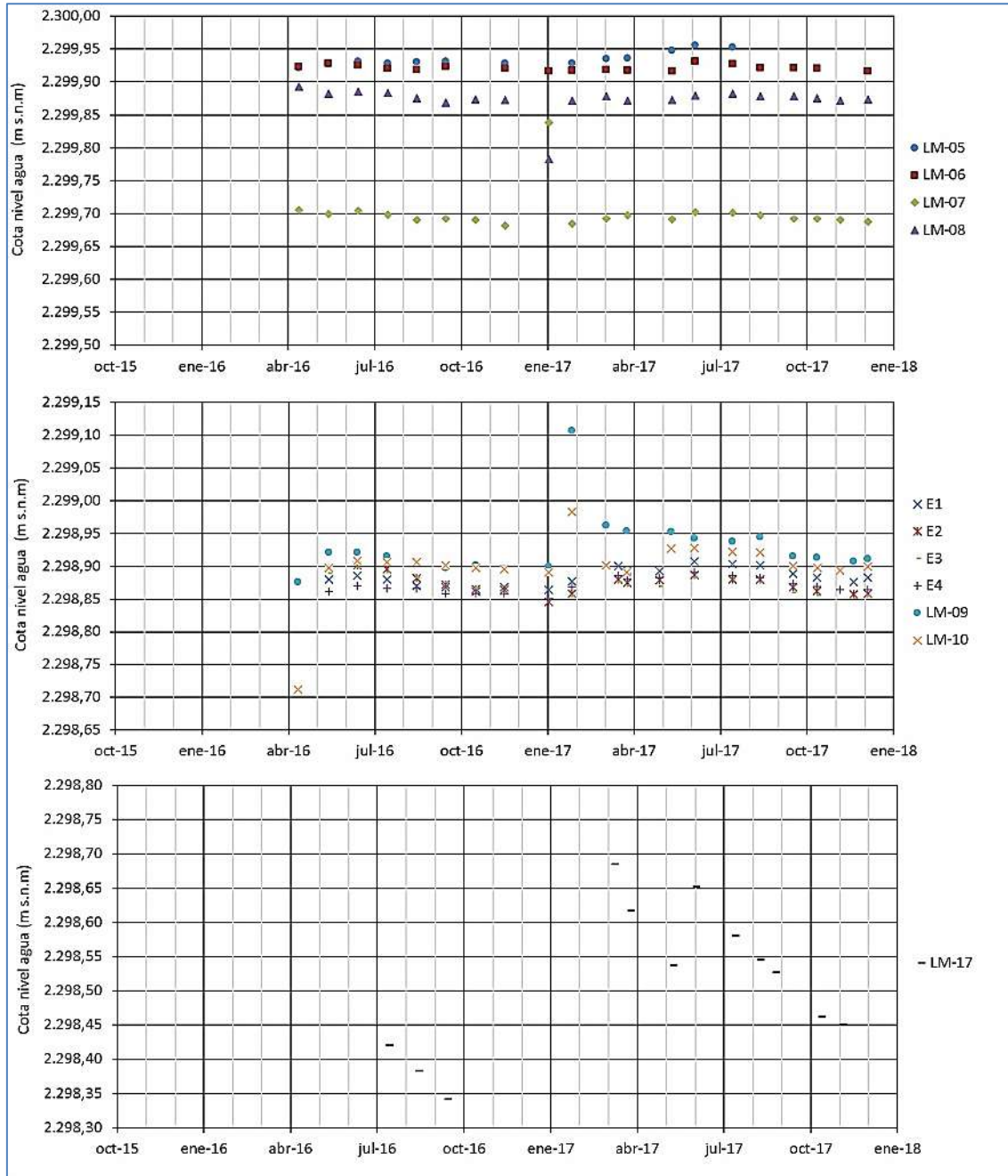
Figura 5-32 Variación Temporal de Nivel Limnimetros y Estacas, Lagunas Peine



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-33 se presentan con mayor detalle las cotas limnimétricas del sector.

Figura 5-33 Detalle Niveles Limnimétricos y Estacas en Lagunas Peine



Fuente: Elaboración propia.

En los gráficos anteriores se observa que los limnímetros LM-05 y LM-06, ubicados en la Laguna Salada, presentan la misma evolución y niveles muy parejos, con una leve oscilación estacional con niveles mayores en invierno y menores en verano.

En el caso de LM-07 y LM-08, situados en la Laguna Saladita, también se detecta la misma evolución estacional, pero en este caso se observa una diferencia de cota del nivel de unos 20 cm, que podría deberse al efecto embalse de la laguna o a efectos de la topografía, ya que entre las dos reglillas se encuentra una barra o línea de terreno menos profundo, que eventualmente queda por encima del nivel de la laguna. Para estos dos puntos se detecta dos datos anómalos en enero de 2017, que parecen erróneos y por lo tanto deben considerarse estadísticamente como *outliers*.

En el caso de los limnímetros LM-09 y LM-10, ubicados en la Laguna Interna, éstos también presentan oscilaciones sincrónicas con leves variaciones estacionales de amplitud centimétrica. Además, para estos dos puntos se detecta en Febrero de 2017 un aumento de los niveles, que se interpreta producto de las precipitaciones registradas en Enero.

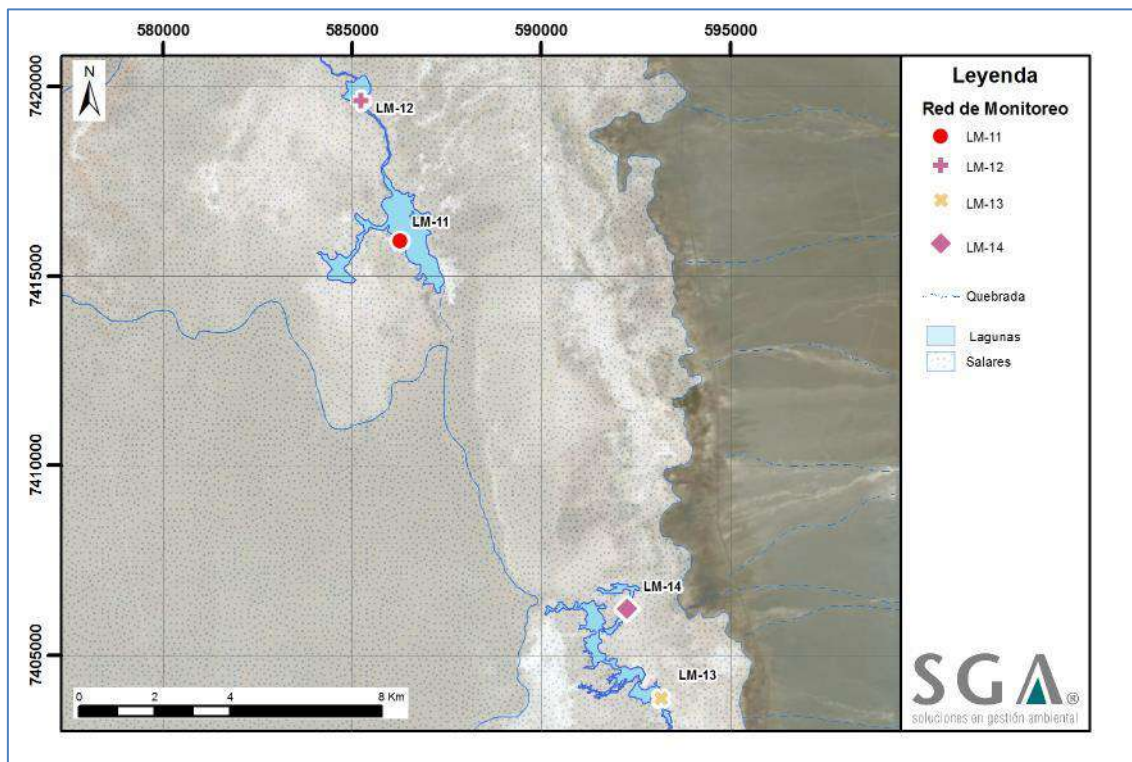
En la misma laguna hay instaladas cuatro estacas (E1 a E4), que presentan la misma variación estacional de niveles que los puntos anteriores, pero en este caso no se detecta un aumento de niveles asociados a la precipitación de Enero.

Respecto al limnómetro LM-17, punto que se sitúa en el sector de avance de la Laguna Interna, para este punto también se observa un comportamiento estacional de su nivel de agua. Si bien este punto tiene un registro que no es continuo, ya que estacionalmente está seco, presenta la mayor variabilidad anual de niveles.

5.4.3 Sector Norte y Borde Este

En la Figura 5-34 se presenta el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de la variable nivel limnimétrico en el sector Norte y Borde Este. En la Tabla 5-11 se muestran las profundidades medidas y niveles limnimétricos (cotas), mientras que en la Figura 5-35 se presenta gráficamente las mediciones realizadas en este sector durante 2017 integrando los datos históricos de cada punto. Cabe indicar que en tres ocasiones no se pudo acceder al punto LM-11 para realizar la medición, ya que Conaf no autorizó dicho acceso debido a la presencia de flamencos en época de cortejo (Octubre-Diciembre) y de puesta (Enero).

Figura 5-34 Puntos de monitoreo de Niveles Limnimétricos, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

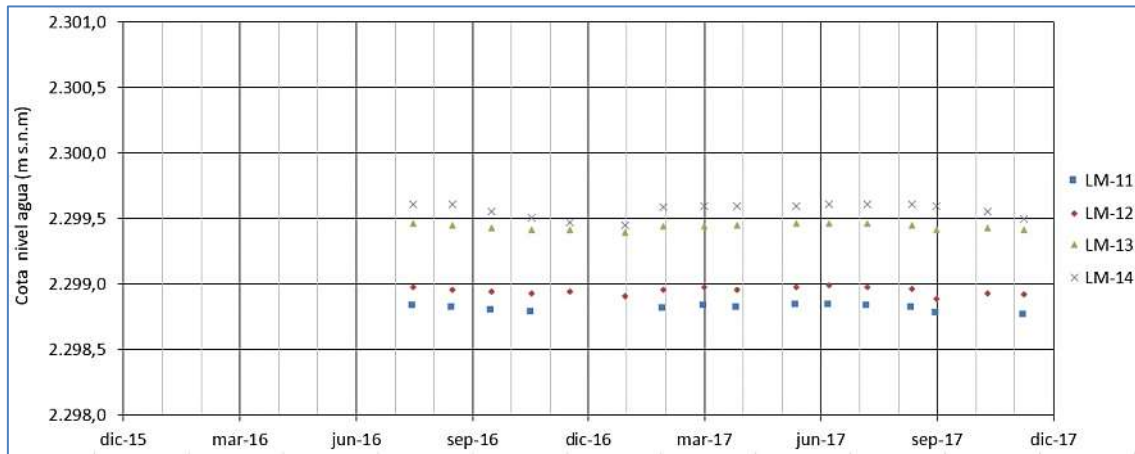
Tabla 5-11 Resultados de Niveles Limnimétricos, Sector Norte y Borde Este

LM-11			LM-12			LM-13		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	(*)		13/01/2017	0,822	2.298,910	13/01/2017	0,985	2.299,391
11/02/2017	1,060	2.298,805	11/02/2017	0,779	2.298,953	11/02/2017	0,940	2.299,436
15/03/2017	1,035	2.298,830	15/03/2017	0,757	2.298,975	15/03/2017	0,935	2.299,441
10/04/2017	1,049	2.298,816	10/04/2017	0,784	2.298,948	10/04/2017	0,929	2.299,447
25/05/2017	1,028	2.298,837	25/05/2017	0,762	2.298,970	25/05/2017	0,919	2.299,457
20/06/2017	1,024	2.298,841	20/06/2017	0,749	2.298,983	20/06/2017	0,918	2.299,458
19/07/2017	1,034	2.298,831	19/07/2017	0,760	2.298,972	19/07/2017	0,921	2.299,455
23/08/2017	1,050	2.298,815	23/08/2017	0,770	2.298,962	23/08/2017	0,925	2.299,451
11/09/2017	1,091	2.298,774	11/09/2017	0,847	2.298,885	11/09/2017	0,958	2.299,418
20/10/2017	(*)		20/10/2017	0,804	2.298,928	20/10/2017	0,949	2.299,427
17/11/2017	1,110	2.298,755	17/11/2017	0,810	2.298,922	17/11/2017	0,960	2.299,416
20/12/2017	(*)		20/12/2017	0,825	2.298,907	20/12/2017	0,986	2.299,390

LM-14		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	1,046	2.299,450
11/02/2017	0,914	2.299,582
15/03/2017	0,897	2.299,599
10/04/2017	0,896	2.299,600
25/05/2017	0,898	2.299,598
20/06/2017	0,886	2.299,610
19/07/2017	0,890	2.299,606
23/08/2017	0,890	2.299,606
11/09/2017	0,897	2.299,599
20/10/2017	0,946	2.299,550
17/11/2017	1,008	2.299,488
20/12/2017	1,040	2.299,456

(*) No se contó con autorización de CONAF para realizar medición, debido a la presencia de Flamencos.
 Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-35 Variación Temporal de Niveles Limnímetros, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

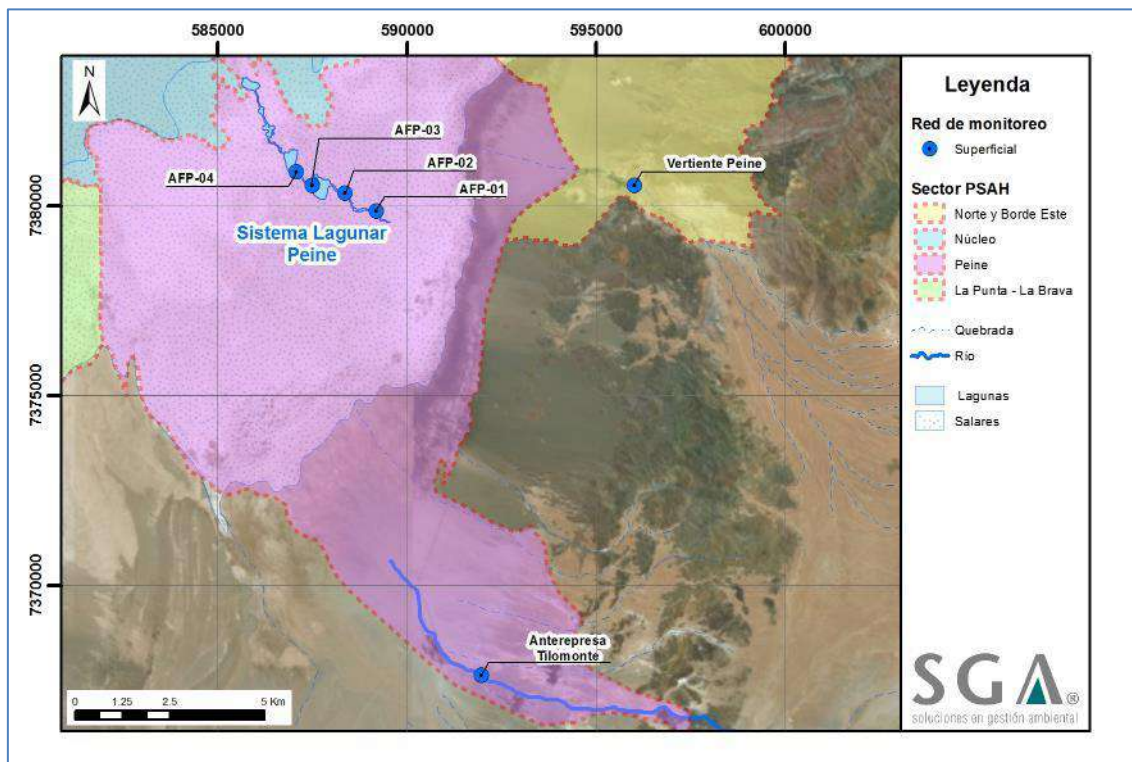
Los puntos LM-11 y LM-12 se encuentran en el sistema lagunar Soncor, en Barros Negros y Chaxas, respectivamente, mientras que los puntos LM-13 y LM-14 se encuentran en el sistema lagunar Aguas de Quelana.

Se observa sincronía en los descensos y aumentos de niveles en los puntos ubicados en cada sistema lagunar, con descensos en verano y recuperación en invierno.

5.5 Caudales Superficiales

El Sistema Lagunar de Peine, conformado por las lagunas Salada, Saladita e Interna, es monitoreado mediante aforos de caudales superficiales en cuatro puntos, desde AFP-01 hasta AFP-04, ubicados a lo largo del sistema lagunar desde aguas arriba a aguas abajo en el sentido Sur Este – Nor Oeste. Además, en este sector también se monitorean los caudales en dos puntos ubicados en vertientes provenientes de la cordillera, denominados Antepresa Tilomonte y Vertiente Peine. En la Figura 5-36 se muestra la ubicación de los puntos de aforo comprometidos.

Figura 5-36 Ubicación Puntos de Aforo



Fuente: Elaboración propia.

Al respecto cabe indicar que en el EIA el punto “Vertiente Peine” fue llamado “AFP-00”, por lo tanto, corresponden al mismo punto, lo que se debe tener en consideración al momento del análisis integrado de la información.

Los caudales aforados en las campañas realizadas durante el 2017, para los distintos puntos de monitoreo se muestran en la Tabla 5-12.

Tabla 5-12 Caudales aforados, año 2017

Puntos	Sector	Marzo		Mayo		Septiembre		Diciembre	
		Día	Caudal L/s	Día	Caudal L/s	Día	Caudal L/s	Día	Caudal L/s
AFP-01	Peine	16	57,11	10	41,89	27	35,4	16	57,93
AFP-02	Peine	16	31,44	10	32,80	27	44,0	16	29,58
AFP-03	Peine	16	20,78	10	22,96	27	(*)	14	19,42
AFP-04	Peine	29	42,11	10	46,76	27	17,8	14	26,47
Anterepresa Tilomonte	Peine	8	44,82	7	36,48	25	40,1**	28	29,23
Vertiente Peine	Norte y Borde Este	10	8,82	7	11,75	25	22,7**	16	10,78

(*) No se realiza aforo por presencia de flamencos en cortejo.

(**) Reporte Trimestral PSAH (Julio, Agosto y Septiembre 2017), ingresado mediante carta MA 103/2017 reportó erróneamente los valores que se indican intercambiados.

Fuente: Elaboración propia.

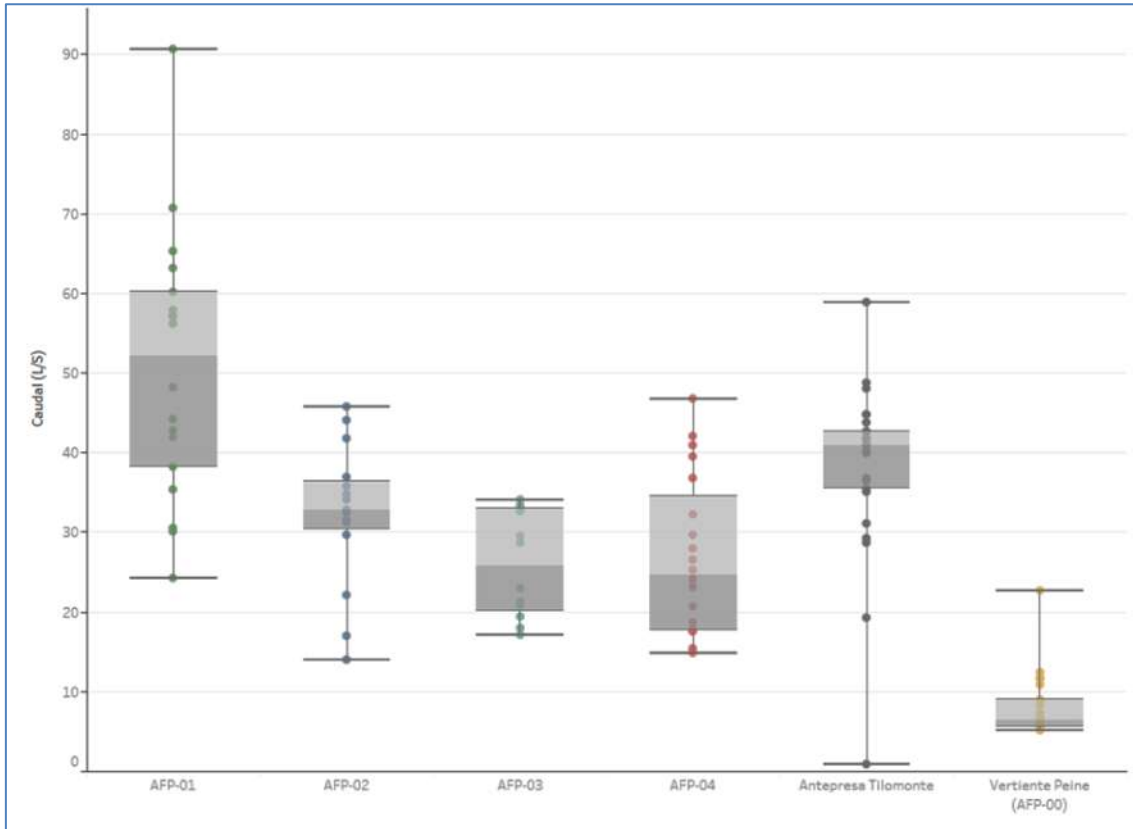
En la Figura 5-37 se muestran los resultados de aforos a través de gráficos de caja, incluyendo los caudales históricos aforados (2014-2017).

En ellos se presentan en los extremos los máximos y mínimos, y dentro de las cajas los percentiles 25 y 75%, respectivamente. El punto medio de la caja en colores grises, representa el valor de la mediana del caudal aforado.

Los mayores caudales aforados se presentan en la entrada del sistema lagunar Peine, siendo los caudales promedio para el punto AFP-01 de 52 L/s y disminuyendo hacia el punto AFP-03 con promedio de 26 L/s.

En el punto AFP-04 los caudales aforados aumentan en algunas ocasiones, evidenciando ciertas recuperaciones o afloramientos entre AFP-03 y AFP-04. El Punto AFP-01 y Anterepresa Tilomonte, presentan las mayores variaciones, siendo la mediana de este último punto del orden de los 40 L/s. Para el año 2017, el punto Vertiente Peine presenta valores de caudales por sobre el percentil 75.

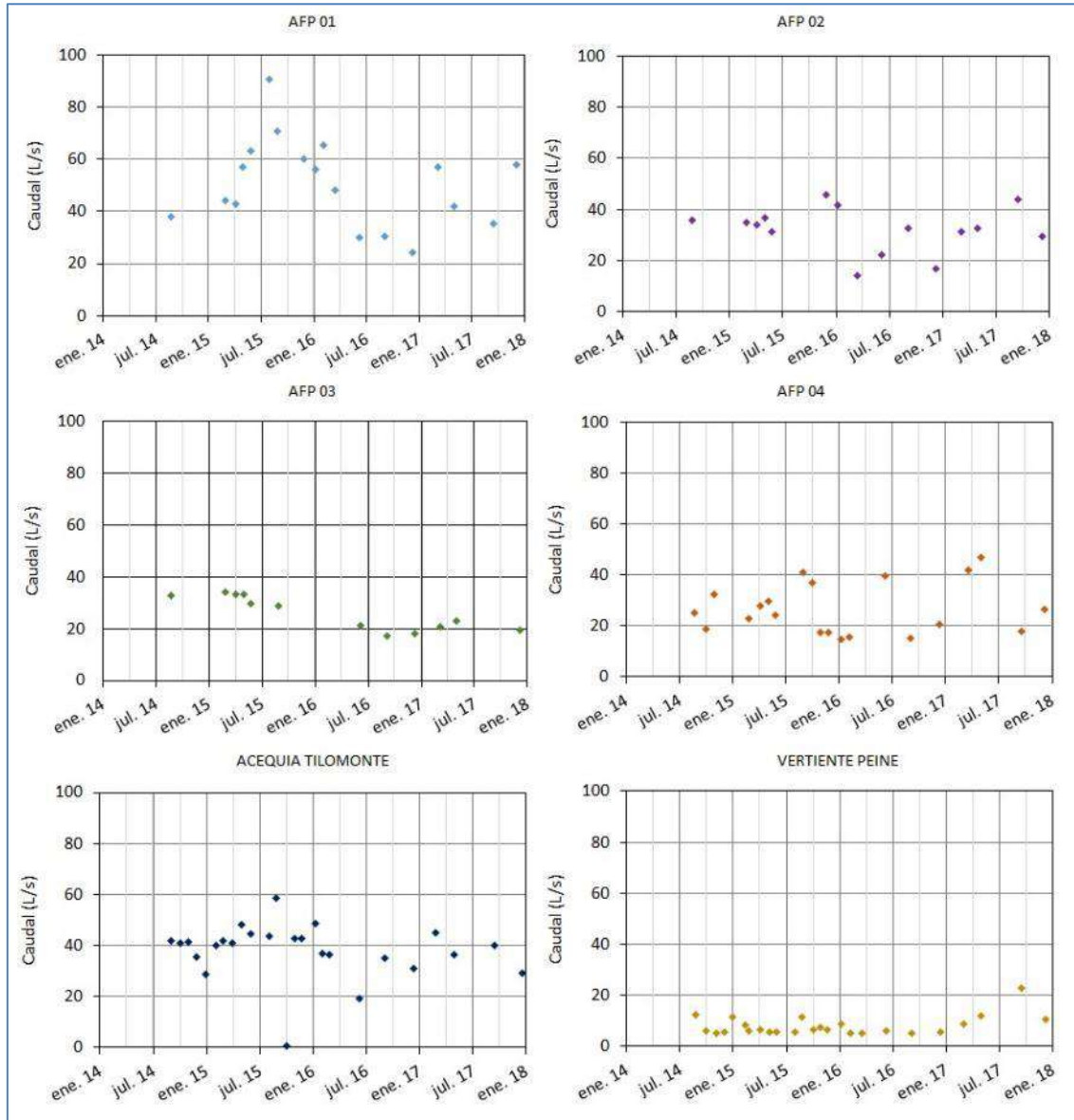
Figura 5-37 Variación Espacial y Diagrama de Cajas Caudales Aforados



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-38, se presentan las gráficas con la evolución histórica (2014-2017) de los caudales aforados en cada punto de monitoreo, mientras que el detalle completo de los registros históricos se presenta en el Anexo E de este Informe Anual.

Figura 5-38 Variación Temporal de Caudales superficiales Aforados



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la variación temporal de los caudales aforados, durante el año 2017 se observa un aumento general respecto al año 2016; en las lagunas del sistema Peine, las estaciones de aforo AFP-01, AFP-02 y AFP-04 muestran un aumento en todas sus mediciones respecto a la medición registrada el mismo periodo del año anterior. En cambio, en el punto AFP-03, también perteneciente a la red de monitoreo de las lagunas, se observan resultados similares a los del año anterior, manteniéndose cierta tendencia a la baja.

Respecto a las mediciones realizadas en las vertientes cordilleranas, ambas (Acequia Tilomonte y Vertiente Peine) presentaron caudales superiores en los distintos periodos respecto a lo registrado el año 2016. En el caso del punto de aforo Anterepresa Tilomonte, los resultados del año 2017 se mantienen en la tendencia histórica, mientras que los aforos en la Vertiente Peine presentaron los mayores valores históricos medidos, superando el tercer trimestre los 20 L/s.

5.6 Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre

El análisis de los resultados de la variable niveles freáticos, tanto para el acuífero como para el núcleo, se realiza en base a los datos levantados con frecuencia de monitoreo mensual, abordando los resultados y su análisis por sectores: La Punta-La Brava, Peine, Norte y Borde Este y Núcleo.

En los capítulos 5.6.1 a 5.6.4, se presentan para cada Sector, los resultados de las profundidades de agua medidas en cada punto y la cota respectiva del nivel de agua subterránea, en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m), para el año 2017.

Las profundidades medidas son siempre desde la cota collar (o punto de referencia) hasta el nivel de agua.

El registro histórico hasta Diciembre de 2017 de la variable nivel freático de todos los puntos de medición del PSAH se presentan en el Anexo F de este Informe.

5.6.1 Sector La Punta-La Brava

En el Sector la Punta-La Brava se disponen 39 puntos de monitoreo de niveles freáticos, los que se presentan en la Figura 5-39.

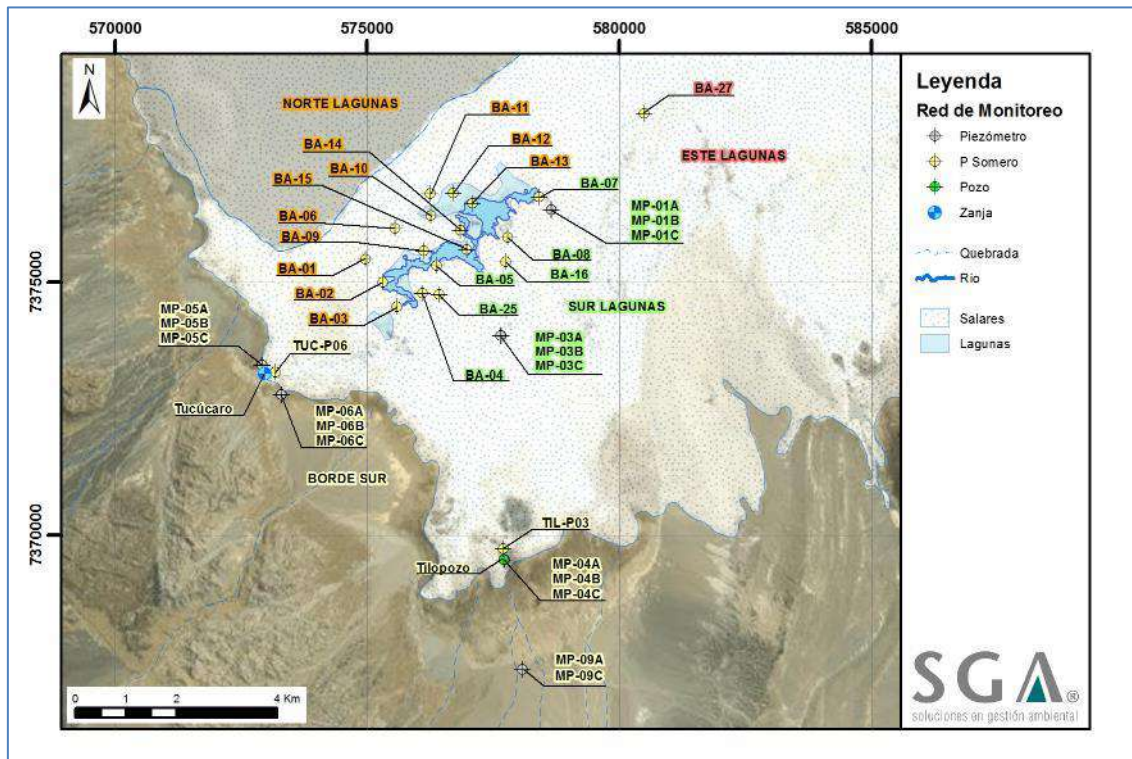
Para facilitar la comprensión de los resultados gráficos y el análisis del Sector La Punta-La Brava, se agrupan los puntos en zonas, tal y como se muestra en la Tabla 5-13 y a los diferentes colores de las etiquetas de la Figura 5-39.

Tabla 5-13 Pozos por zonas en Sector La Punta-La Brava

Zonas del Sector			
Borde Sur	Norte de las Lagunas	Sur de las Lagunas	Este Lagunas
MP-04A	BA-01	BA-04	BA-27
MP-04B	BA-02	BA-05	
MP-04C	BA-03	BA-07	
MP-05A	BA-06	BA-08	
MP-05B	BA-09	BA-16	
MP-05C	BA-10	BA-25	
MP-06A	BA-11	MP-01A	
MP-06B	BA-12	MP-01B	
MP-06C	BA-13	MP-01C	
MP-09A	BA-14	MP-03A	
MP-09C	BA-15	MP-03B	
TIL-P03		MP-03C	
Tilopozo			
TUC-P06			
Tucúcaro			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-39 Puntos de medición de Nivel freático en la Sector Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-14 se presentan los niveles freáticos medidos en este Sector en el año 2017, en profundidades medidas en cada pozo (referencia desde la cota collar hasta el nivel de agua) y la cota topográfica respectiva de nivel de aguas subterráneas.

Tabla 5-14 Resultados de Niveles en Sector La Punta-La Brava

BA-01			BA-02			BA-03		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,667	2.299,257	15/01/2017	1,724	2.299,645	15/01/2017	1,622	2.299,835
10/02/2017	1,685	2.299,239	10/02/2017	1,727	2.299,642	10/02/2017	1,619	2.299,838
26/03/2017	1,608	2.299,316	26/03/2017	1,664	2.299,705	26/03/2017	1,556	2.299,901
05/04/2017	1,596	2.299,328	05/04/2017	1,671	2.299,698	05/04/2017	1,571	2.299,886
02/05/2017	1,607	2.299,317	02/05/2017	1,674	2.299,695	02/05/2017	1,579	2.299,878
04/06/2017	1,600	2.299,324	04/06/2017	1,609	2.299,760	04/06/2017	1,506	2.299,951
15/07/2017	1,505	2.299,419	15/07/2017	1,421	2.299,948	15/07/2017	1,428	2.300,029
11/08/2017	1,487	2.299,437	11/08/2017	1,451	2.299,918	11/08/2017	1,437	2.300,020
24/09/2017	1,515	2.299,409	24/09/2017	1,554	2.299,815	24/09/2017	1,507	2.299,950
05/10/2017	1,527	2.299,397	05/10/2017	1,582	2.299,787	05/10/2017	1,530	2.299,927
04/11/2017	1,559	2.299,365	04/11/2017	1,637	2.299,732	04/11/2017	1,578	2.299,879
03/12/2017	1,588	2.299,336	03/12/2017	1,674	2.299,695	03/12/2017	1,606	2.299,851
BA-04			BA-05			BA-06		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
17/01/2017	1,127	2.300,219	17/01/2017	0,934	2.300,151	17/01/2017	1,659	2.299,746
05/02/2017	1,123	2.300,223	08/02/2017	0,926	2.300,159	05/02/2017	1,647	2.299,758
30/03/2017	1,109	2.300,237	12/03/2017	0,899	2.300,186	30/03/2017	1,531	2.299,874
04/04/2017	1,109	2.300,237	04/04/2017	0,910	2.300,175	05/04/2017	1,530	2.299,875
03/05/2017	1,108	2.300,238	03/05/2017	0,914	2.300,171	03/05/2017	1,473	2.299,932
04/06/2017	1,084	2.300,262	04/06/2017	0,890	2.300,195	04/06/2017	1,427	2.299,978
16/07/2017	1,082	2.300,264	16/07/2017	0,892	2.300,193	16/07/2017	1,390	2.300,015
16/08/2017	1,094	2.300,252	16/08/2017	0,890	2.300,195	11/08/2017	1,401	2.300,004
24/09/2017	1,118	2.300,228	24/09/2017	0,913	2.300,172	24/09/2017	1,435	2.299,970
08/10/2017	1,122	2.300,224	08/10/2017	0,919	2.300,166	08/10/2017	1,462	2.299,943
05/11/2017	1,130	2.300,216	05/11/2017	0,925	2.300,160	05/11/2017	1,544	2.299,861
01/12/2017	1,132	2.300,214	01/12/2017	0,936	2.300,149	01/12/2017	1,593	2.299,812
BA-07			BA-08			BA-09		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
31/01/2017	0,886	2.299,995	17/01/2017	0,763	2.300,386	15/01/2017	1,568	2.299,219
08/02/2017	0,894	2.299,987	04/02/2017	0,748	2.300,401	04/02/2017	1,584	2.299,203
11/03/2017	0,835	2.300,046	11/03/2017	0,713	2.300,436	26/03/2017	1,526	2.299,261
04/04/2017	0,840	2.300,041	04/04/2017	0,730	2.300,419	05/04/2017	1,510	2.299,277
03/05/2017	0,847	2.300,034	03/05/2017	0,725	2.300,424	02/05/2017	1,507	2.299,280
04/06/2017	0,825	2.300,056	04/06/2017	0,710	2.300,439	18/06/2017	1,458	2.299,329
17/07/2017	0,809	2.300,072	17/07/2017	0,716	2.300,433	17/07/2017	1,380	2.299,407
16/08/2017	0,816	2.300,065	16/08/2017	0,711	2.300,438	16/08/2017	1,352	2.299,435
09/09/2017	0,832	2.300,049	10/09/2017	0,725	2.300,424	24/09/2017	1,385	2.299,402
07/10/2017	0,852	2.300,029	07/10/2017	0,738	2.300,411	05/10/2017	1,396	2.299,391
05/11/2017	0,875	2.300,006	05/11/2017	0,771	2.300,378	04/11/2017	1,434	2.299,353
02/12/2017	0,880	2.300,001	02/12/2017	0,763	2.300,386	05/12/2017	1,476	2.299,311

Tabla 5-14 (cont) Resultados de Niveles en Sector La Punta-La Brava

BA-10			BA-11			BA-12		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,355	2.299,436	15/01/2017	1,837	2.299,091	15/01/2017	1,645	2.299,354
05/02/2017	1,370	2.299,421	04/02/2017	1,843	2.299,085	05/02/2017	1,643	2.299,356
13/03/2017	1,293	2.299,498	13/03/2017	1,760	2.299,168	13/03/2017	1,520	2.299,479
05/04/2017	1,270	2.299,521	05/04/2017	1,705	2.299,223	05/04/2017	1,498	2.299,501
02/05/2017	1,250	2.299,541	02/05/2017	1,705	2.299,223	02/05/2017	1,452	2.299,547
18/06/2017	0,963	2.299,828	18/06/2017	1,543	2.299,385	18/06/2017	1,199	2.299,800
15/07/2017	0,977	2.299,814	15/07/2017	1,480	2.299,448	15/07/2017	1,246	2.299,753
11/08/2017	1,010	2.299,781	11/08/2017	1,495	2.299,433	11/08/2017	1,271	2.299,728
24/09/2017	1,130	2.299,661	24/09/2017	1,603	2.299,325	24/09/2017	1,403	2.299,596
05/10/2017	1,155	2.299,636	05/10/2017	1,629	2.299,299	05/10/2017	1,434	2.299,565
04/11/2017	1,218	2.299,573	04/11/2017	1,692	2.299,236	04/11/2017	1,514	2.299,485
05/12/2017	1,275	2.299,516	05/12/2017	1,739	2.299,189	05/12/2017	1,566	2.299,433
BA-13			BA-14			BA-15		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,408	2.299,676	17/01/2017	1,439	2.299,936	17/01/2017	1,185	2.299,947
05/02/2017	1,379	2.299,705	04/02/2017	1,414	2.299,961	04/02/2017	1,153	2.299,979
13/03/2017	1,281	2.299,803	13/03/2017	1,345	2.300,030	11/03/2017	1,123	2.300,009
05/04/2017	1,283	2.299,801	05/04/2017	1,345	2.300,030	04/04/2017	1,122	2.300,010
02/05/2017	1,240	2.299,844	02/05/2017	1,348	2.300,027	03/05/2017	1,138	2.299,994
18/06/2017	1,165	2.299,919	04/06/2017	1,330	2.300,045	04/06/2017	1,106	2.300,026
15/07/2017	1,183	2.299,901	15/07/2017	1,319	2.300,056	16/07/2017	1,099	2.300,033
11/08/2017	1,202	2.299,882	16/08/2017	1,323	2.300,052	16/08/2017	1,102	2.300,030
24/09/2017	1,263	2.299,821	24/09/2017	1,355	2.300,020	24/09/2017	1,134	2.299,998
05/10/2017	1,281	2.299,803	07/10/2017	1,373	2.300,002	07/10/2017	1,146	2.299,986
04/11/2017	1,334	2.299,750	05/11/2017	1,403	2.299,972	05/11/2017	1,157	2.299,975
05/12/2017	1,357	2.299,727	02/12/2017	1,415	2.299,960	02/12/2017	1,261	2.299,871
BA-16			BA-25			BA-27		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
17/01/2017	0,922	2.300,855	17/01/2017	1,194	2.300,278	13/01/2017	1,250	2.300,225
10/02/2017	0,917	2.300,860	05/02/2017	1,178	2.300,294	14/02/2017	1,255	2.300,220
11/03/2017	0,883	2.300,894	11/03/2017	1,170	2.300,302	26/03/2017	1,085	2.300,390
04/04/2017	0,902	2.300,875	04/04/2017	1,173	2.300,299	26/04/2017	1,111	2.300,364
03/05/2017	0,909	2.300,868	03/05/2017	1,188	2.300,284	07/05/2017	1,134	2.300,341
04/06/2017	0,892	2.300,885	04/06/2017	1,082	2.300,390	19/06/2017	1,111	2.300,364
17/07/2017	0,896	2.300,881	16/07/2017	1,182	2.300,290	03/07/2017	1,109	2.300,366
16/08/2017	0,901	2.300,876	16/08/2017	1,184	2.300,288	10/08/2017	1,112	2.300,363
09/09/2017	0,907	2.300,870	24/09/2017	1,188	2.300,284	08/09/2017	1,117	2.300,358
07/10/2017	0,918	2.300,859	07/10/2017	1,189	2.300,283	05/10/2017	1,127	2.300,348
05/11/2017	0,924	2.300,853	05/11/2017	1,190	2.300,282	03/11/2017	1,149	2.300,326
02/12/2017	0,926	2.300,851	02/12/2017	1,191	2.300,281	01/12/2017	1,199	2.300,276

Tabla 5-14 (cont) Resultados de Niveles en Sector La Punta-La Brava

MP-01A			MP-01B			MP-01C		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
17/01/2017	0,536	2.300,690	17/01/2017	0,494	2.300,698	17/01/2017	0,584	2.300,650
04/02/2017	0,516	2.300,710	04/02/2017	0,482	2.300,710	04/02/2017	0,572	2.300,662
25/03/2017	0,484	2.300,742	25/03/2017	0,342	2.300,850	25/03/2017	0,573	2.300,661
04/04/2017	0,485	2.300,741	04/04/2017	0,335	2.300,857	04/04/2017	0,570	2.300,664
03/05/2017	0,490	2.300,736	03/05/2017	0,340	2.300,852	03/05/2017	0,590	2.300,644
04/06/2017	0,464	2.300,762	04/06/2017	0,351	2.300,841	04/06/2017	0,585	2.300,649
17/07/2017	0,469	2.300,757	17/07/2017	0,312	2.300,880	17/07/2017	0,601	2.300,633
22/08/2017	0,457	2.300,769	22/08/2017	0,310	2.300,882	22/08/2017	0,580	2.300,654
10/09/2017	0,474	2.300,752	10/09/2017	0,421	2.300,771	10/09/2017	0,577	2.300,657
07/10/2017	0,488	2.300,738	07/10/2017	0,434	2.300,758	07/10/2017	0,585	2.300,649
06/11/2017	0,500	2.300,726	06/11/2017	0,446	2.300,746	06/11/2017	0,583	2.300,651
03/12/2017	0,503	2.300,723	03/12/2017	0,349	2.300,843	03/12/2017	0,590	2.300,644
MP-03A			MP-03B			MP-03C		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
17/01/2017	0,793	2.301,851	17/01/2017	0,692	2.301,942	17/01/2017	0,647	2.301,997
05/02/2017	0,752	2.301,892	05/02/2017	0,664	2.301,970	05/02/2017	0,621	2.302,023
30/03/2017	0,730	2.301,914	30/03/2017	0,636	2.301,998	30/03/2017	0,598	2.302,046
04/04/2017	0,730	2.301,914	04/04/2017	0,637	2.301,997	04/04/2017	0,600	2.302,044
03/05/2017	0,720	2.301,924	03/05/2017	0,640	2.301,994	03/05/2017	0,610	2.302,034
04/06/2017	0,684	2.301,960	04/06/2017	0,609	2.302,025	04/06/2017	0,570	2.302,074
16/07/2017	0,709	2.301,935	16/07/2017	0,601	2.302,033	16/07/2017	0,566	2.302,078
22/08/2017	0,703	2.301,941	22/08/2017	0,598	2.302,036	22/08/2017	0,575	2.302,069
10/09/2017	0,724	2.301,920	10/09/2017	0,613	2.302,021	10/09/2017	0,581	2.302,063
08/10/2017	0,750	2.301,894	08/10/2017	0,628	2.302,006	08/10/2017	0,605	2.302,039
08/11/2017	0,774	2.301,870	08/11/2017	0,635	2.301,999	08/11/2017	0,614	2.302,030
01/12/2017	0,784	2.301,860	01/12/2017	0,648	2.301,986	01/12/2017	0,619	2.302,025
MP-04A			MP-04B			MP-04C		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
16/01/2017	1,051	2.307,596	16/01/2017	9,495	2.299,034	16/01/2017	1,140	2.307,471
03/02/2017	1,060	2.307,587	03/02/2017	9,435	2.299,094	03/02/2017	1,148	2.307,463
11/03/2017	1,020	2.307,627	11/03/2017	9,530	2.298,999	11/03/2017	1,110	2.307,501
23/04/2017	1,032	2.307,615	23/04/2017	9,411	2.299,118	23/04/2017	1,123	2.307,488
03/05/2017	1,047	2.307,600	03/05/2017	9,399	2.299,130	03/05/2017	1,136	2.307,475
17/06/2017	1,000	2.307,647	17/06/2017	9,748	2.298,781	17/06/2017	1,096	2.307,515
05/07/2017	1,005	2.307,642	05/07/2017	9,708	2.298,821	05/07/2017	1,099	2.307,512
21/08/2017	1,010	2.307,637	21/08/2017	9,607	2.298,922	21/08/2017	1,100	2.307,511
25/09/2017	1,013	2.307,634	25/09/2017	9,654	2.298,875	25/09/2017	1,107	2.307,504
16/10/2017	1,015	2.307,632	16/10/2017	9,615	2.298,914	16/10/2017	1,110	2.307,501
08/11/2017	1,024	2.307,623	08/11/2017	9,586	2.298,943	08/11/2017	1,120	2.307,491
01/12/2017	1,043	2.307,604	01/12/2017	9,766	2.298,763	01/12/2017	1,133	2.307,478

Tabla 5-14 (cont) Resultados de Niveles en Sector La Punta-La Brava

MP-05A			MP-05B			MP-05C		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
14/01/2017	1,540	2.301,702	14/01/2017	3,073	2.300,164	16/01/2017	1,168	2.302,051
28/02/2017	1,253	2.301,989	28/02/2017	3,098	2.300,139	28/02/2017	0,853	2.302,366
11/03/2017	1,310	2.301,932	11/03/2017	3,070	2.300,167	11/03/2017	0,886	2.302,333
23/04/2017	1,325	2.301,917	23/04/2017	3,057	2.300,180	23/04/2017	0,928	2.302,291
05/05/2017	1,322	2.301,920	05/05/2017	3,080	2.300,157	05/05/2017	0,922	2.302,297
16/06/2017	1,321	2.301,921	16/06/2017	3,170	2.300,067	16/06/2017	0,902	2.302,317
03/07/2017	1,319	2.301,923	03/07/2017	3,154	2.300,083	03/07/2017	0,891	2.302,328
21/08/2017	1,292	2.301,950	21/08/2017	3,156	2.300,081	21/08/2017	0,940	2.302,279
25/09/2017	1,303	2.301,939	25/09/2017	3,218	2.300,019	25/09/2017	0,895	2.302,324
10/10/2017	1,297	2.301,945	10/10/2017	3,212	2.300,025	10/10/2017	0,955	2.302,264
08/11/2017	1,352	2.301,890	08/11/2017	3,211	2.300,026	08/11/2017	1,021	2.302,198
03/12/2017	1,404	2.301,838	03/12/2017	3,288	2.299,949	03/12/2017	1,011	2.302,208
MP-06A			MP-06B			MP-06C		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,540	2.303,716	15/01/2017	3,064	2.302,175	15/01/2017	1,545	2.303,734
28/02/2017	1,475	2.303,781	28/02/2017	2,598	2.302,641	28/02/2017	1,485	2.303,794
11/03/2017	1,415	2.303,841	11/03/2017	2,338	2.302,901	11/03/2017	1,425	2.303,854
23/04/2017	1,425	2.303,831	23/04/2017	1,595	2.303,644	23/04/2017	1,436	2.303,843
05/05/2017	1,446	2.303,810	05/05/2017	1,616	2.303,623	05/05/2017	1,454	2.303,825
16/06/2017	1,456	2.303,800	16/06/2017	2,218	2.303,021	16/06/2017	1,469	2.303,810
04/07/2017	1,462	2.303,794	04/07/2017	1,449	2.303,790	04/07/2017	1,475	2.303,804
21/08/2017	1,465	2.303,791	21/08/2017	1,438	2.303,801	21/08/2017	1,478	2.303,801
25/09/2017	1,483	2.303,773	25/09/2017	1,396	2.303,843	25/09/2017	1,493	2.303,786
09/10/2017	1,479	2.303,777	09/10/2017	1,392	2.303,847	09/10/2017	1,492	2.303,787
08/11/2017	1,490	2.303,766	08/11/2017	1,395	2.303,844	19/11/2017	1,510	2.303,769
03/12/2017	1,518	2.303,738	03/12/2017	1,387	2.303,852	03/12/2017	1,526	2.303,753
MP-09A			MP-09C			TIL-P03		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
01/01/2017	(*)		01/01/2017	(*)		18/01/2017	1,027	2.305,506
01/02/2017	(*)		01/02/2017	(*)		03/02/2017	1,038	2.305,495
01/03/2017	(*)		01/03/2017	(*)		31/03/2017	0,918	2.305,615
01/04/2017	(*)		01/04/2017	(*)		09/04/2017	0,925	2.305,608
01/05/2017	(*)		01/05/2017	(*)		03/05/2017	0,931	2.305,602
01/06/2017	(*)		01/06/2017	(*)		17/06/2017	0,707	2.305,826
04/07/2017	9,258	2.309,174	04/07/2017	9,049	2.309,212	17/07/2017	0,705	2.305,828
21/08/2017	9,237	2.309,195	21/08/2017	9,029	2.309,232	16/08/2017	0,754	2.305,779
25/09/2017	9,240	2.309,192	25/09/2017	9,033	2.309,228	25/09/2017	0,805	2.305,728
10/10/2017	9,241	2.309,191	10/10/2017	9,034	2.309,227	16/10/2017	0,810	2.305,723
08/11/2017	9,249	2.309,183	08/11/2017	9,039	2.309,222	16/11/2017	0,937	2.305,596
01/12/2017	9,259	2.309,173	01/12/2017	9,055	2.309,206	01/12/2017	0,970	2.305,563

Tabla 5-14 (cont) Resultados de Niveles en Sector La Punta-La Brava

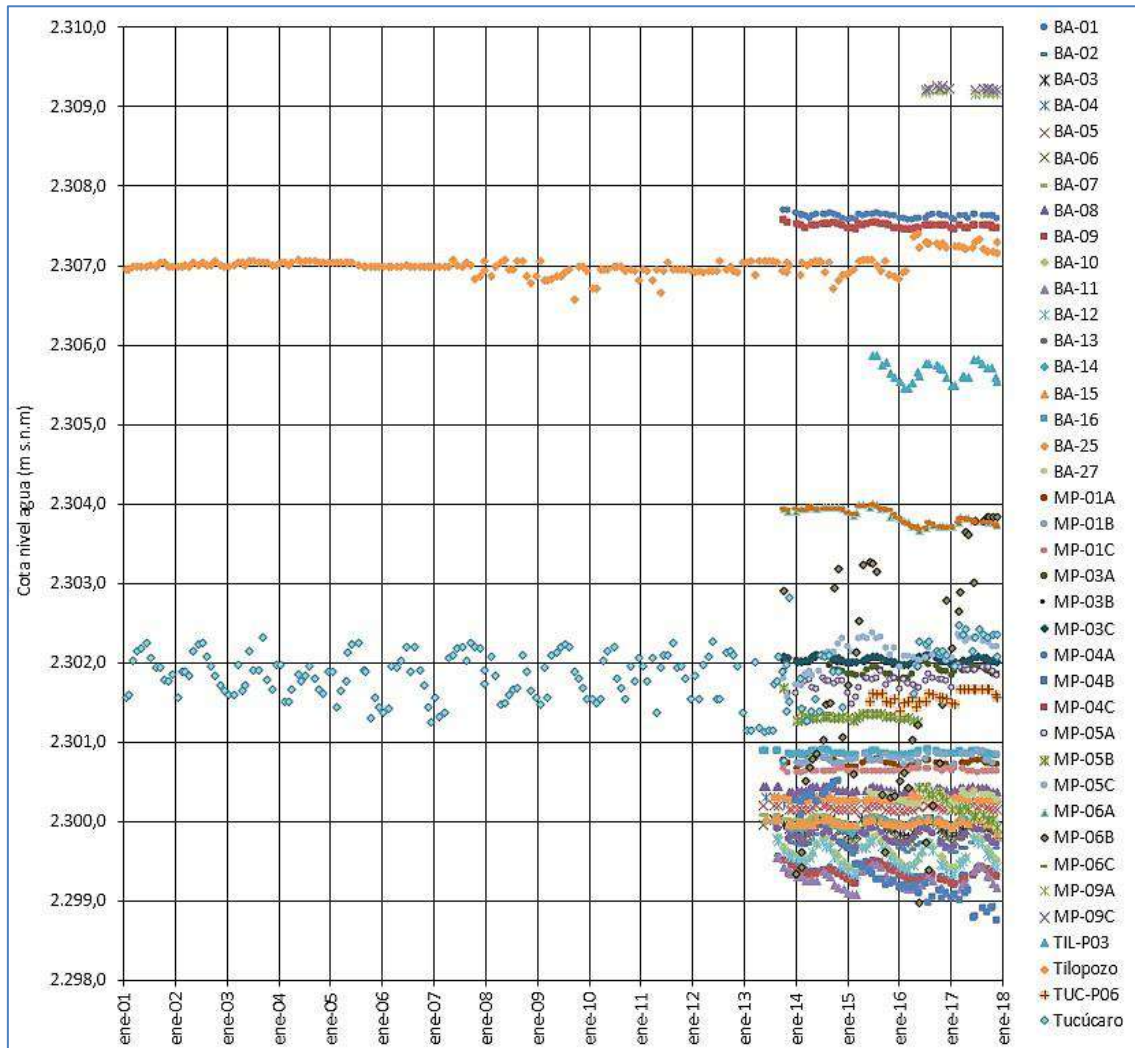
Tilopozo			TUC-P06			Tucúcaro		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
31/01/2017	0,837	2.307,262	18/01/2017	0,910	2.301,505	31/01/2017	1,152	2.301,973
28/02/2017	0,833	2.307,266	03/02/2017	0,929	2.301,486	28/02/2017	0,650	2.302,475
31/03/2017	0,856	2.307,243	11/03/2017	0,743	2.301,672	31/03/2017	0,781	2.302,344
30/04/2017	0,878	2.307,221	09/04/2017	0,755	2.301,660	30/04/2017	0,695	2.302,430
31/05/2017	0,864	2.307,235	05/05/2017	0,744	2.301,671	31/05/2017	0,958	2.302,167
30/06/2017	0,783	2.307,316	17/06/2017	0,747	2.301,668	30/06/2017	0,784	2.302,341
31/07/2017	0,759	2.307,340	03/07/2017	0,749	2.301,666	31/07/2017	0,686	2.302,439
31/08/2017	0,895	2.307,204	16/08/2017	0,754	2.301,661	31/08/2017	0,780	2.302,345
30/09/2017	0,911	2.307,188	25/09/2017	0,742	2.301,673	30/09/2017	0,785	2.302,340
31/10/2017	0,922	2.307,177	09/10/2017	0,743	2.301,672	31/10/2017	0,771	2.302,354
30/11/2017	0,929	2.307,170	21/11/2017	0,811	2.301,604	30/11/2017	0,768	2.302,357
01/12/2017	0,787	2.307,312	03/12/2017	0,837	2.301,578	01/12/2017	1,036	2.302,089

(*) Medición interrumpida, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-40 muestra el registro histórico de las cotas del nivel de agua registradas para todos los puntos de monitoreo de esta variable en el sector, con el objetivo de presentar el registro completo de cotas, su extensión temporal y sus tendencias generales.

Figura 5-40 Variación Temporal General de Niveles en Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

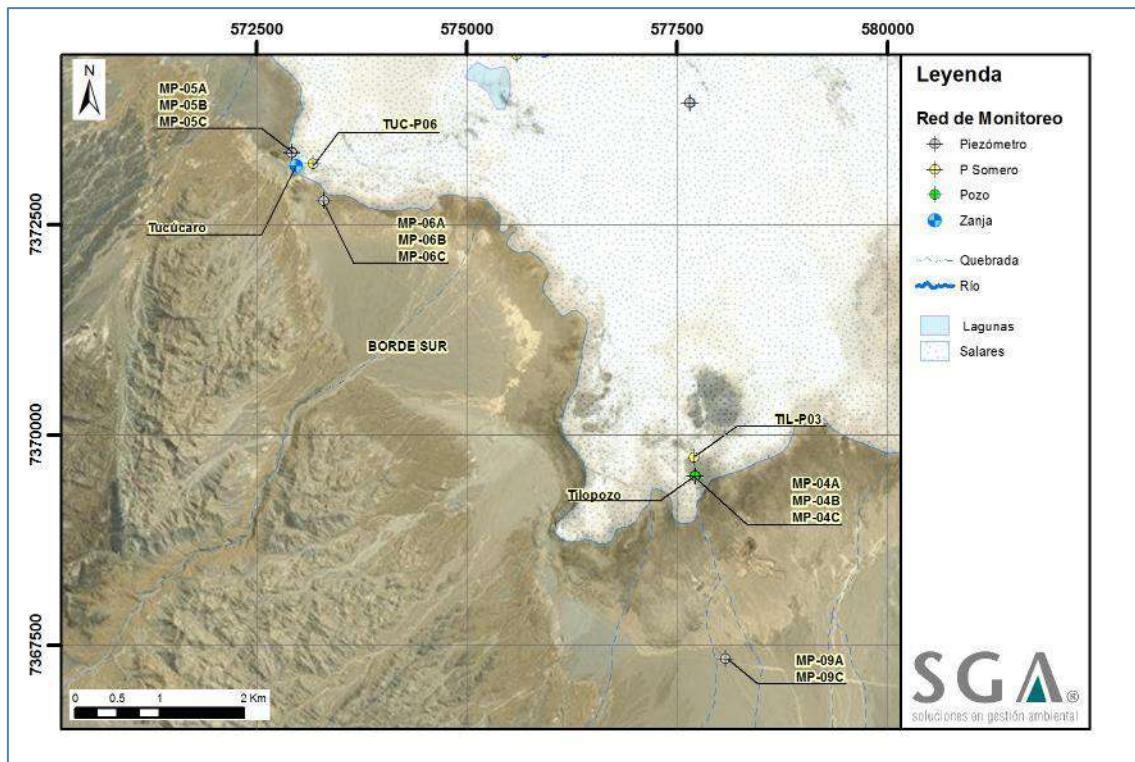
En el gráfico de la Figura 5-40 se puede observar que los puntos que presentan los registros más extensos corresponden a: pozo Tilopozo, con registros desde enero del año 2001 y cota promedio de 2.307,1 m s.n.m.; y pozo Tucúcaro, con registros desde enero 2001, y variación de cota entre 2.300,8 m s.n.m. (Octubre del 2013) y 2.302,8 m s.n.m.(Noviembre de 2013), ambos puntos corresponden a pozos de extracción de agua industrial.

Además, en el sector La Punta-La Brava se observa un amplio rango de variabilidad de cotas de nivel freático, que se asocian a la ubicación relativa de los puntos de monitoreo en diferentes zonas.

Zona Borde Sur

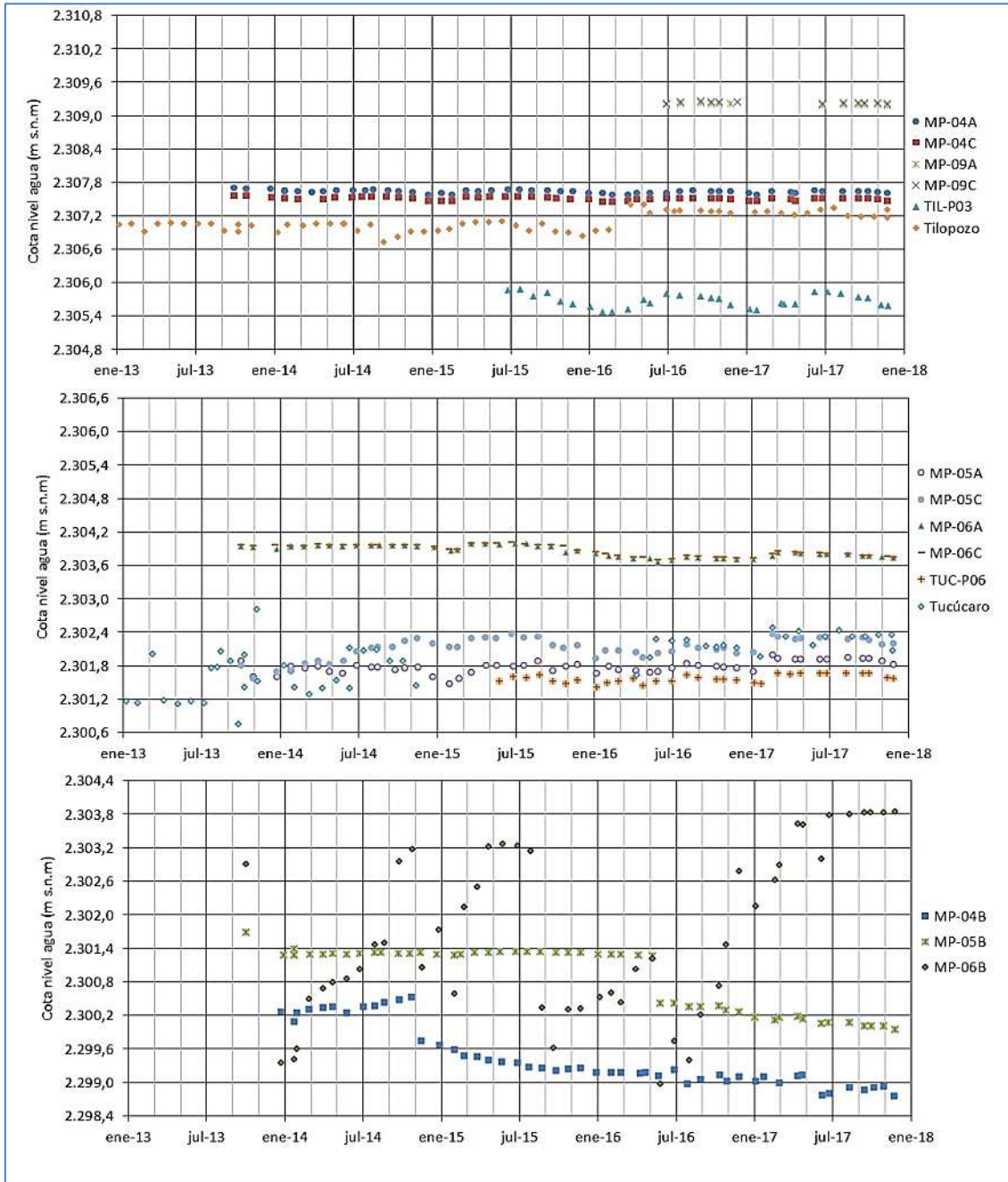
Los puntos ubicados en esta zona se presentan en la Figura 5-41, mientras que en la Figura 5-42 se presentan los gráficos de evolución de nivel para todos ellos desde enero de 2013.

Figura 5-41 Zona Borde Sur – Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42 Variación Temporal Niveles en Pozos del Borde Sur



Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 5-42, se observa que los niveles del pozo Tucúcaro presentan una tendencia cíclica, con disminución en verano y aumento en invierno, lo cual puede estar inducido no solo por la tendencia del acuífero sino también por su propio bombeo, ya que se miden niveles dinámicos y estáticos. De la misma manera, en el pozo Tilopozo también se registran niveles estáticos y dinámicos, pero en este caso se presenta una tendencia estable en el tiempo, considerando su amplitud de variación de los niveles históricos de 80 cm, en todo el período registrado. Asimismo, los registros históricos de este pozo, desde enero 2001, muestran una variabilidad con amplitud de aproximadamente 1,2 m, correspondientes a niveles dinámicos, ya que es un pozo de extracción de agua dulce-salobre de Albemarle.

En la Figura 5-42 se muestra que el multipiezómetro MP-09 aún cuenta con poco datos, lo que imposibilita concluir si existe alguna tendencia, si bien se puede intuir una tendencia estable para los niveles de dicho multipiezómetro. Sin embargo, se observa que el nivel piezométrico del pozo MP-09C es ligeramente superior a MP-09A, por cuanto está a mayor presión por captar el efecto de la columna de agua del sistema completo.

Los pozos MP-04A y MP-04C presentan un comportamiento estable de sus niveles, con cotas del orden de 2.307,6 y 2.307,5 m s.n.m. respectivamente y con una leve estacionalidad, aumentando sus niveles en invierno y disminuyendo en verano. El pozo MP-04B, que registra niveles profundos, acusa niveles más bajos en comparación a las demás cotas del subsector de Tilopozo y con tendencia al descenso, lo cual se vincula a que todos los demás pozos miden aguas someras y el pozo MP-04B aguas más profundas. Si bien, el descenso se presenta en aguas profundas, se indica que el pozo MP-04B se encuentra dentro del radio de influencia descrito para el pozo Tilopozo en el Apéndice D, Anexo 1 de la Adenda 5.

El pozo TIL-P03, pozo somero ubicado un poco más al norte que el multipiezómetro MP-04, muestra una variabilidad estacional, con tendencia estable.

Los puntos MP-06A y MP-06C presentan un nivel somero con poca variabilidad en comparación con las aguas de nivel más profundas, como el pozo MP-06B. Desde Octubre de 2015, se observa para MP-06A y MP-06C una leve tendencia al descenso de los niveles, que se ha mantenido estable durante el año 2017. Los niveles del pozo MP-06B, presentan un comportamiento muy variado, de descenso y recuperación. Adicional a lo anterior, se indica que los pozos MP-06 se encuentran dentro del radio de influencia descrito para el pozo Tucúcaro en el Apéndice D, Anexo 1 de la Adenda 5.

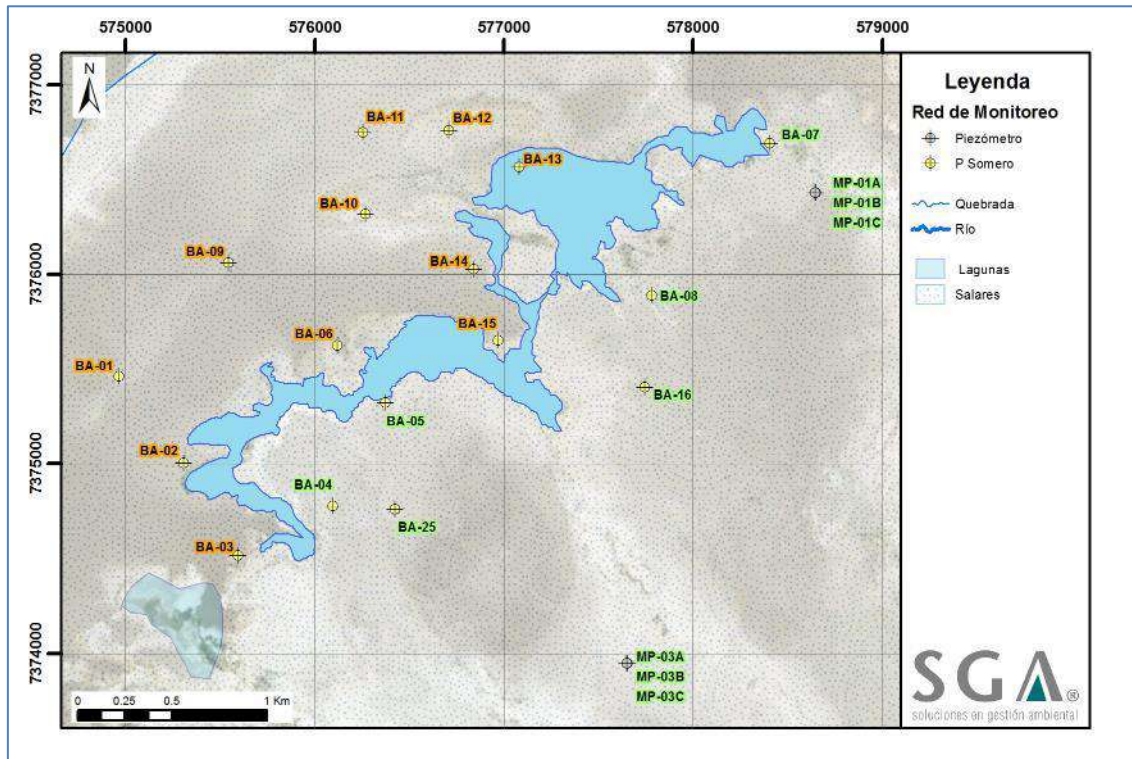
Se observa que el multipiezómetro MP-05 registra cotas menores a MP-06, esto relacionado a su ubicación. Los pozos MP-05A y MP-05C presentan una tendencia estable de sus niveles a lo largo del tiempo y bastante sincrónicos entre sí, y en el año 2017 se ve un ascenso en los niveles. El pozo MP-05B, se observa estable hasta Mayo 2016, presentando un quiebre en sus mediciones en Junio 2016, fecha a partir de la cual se observa una tendencia al descenso. Si bien, los registros de descenso se presenta en el pozo de aguas profundas, se indica que el pozo MP-05B se encuentra dentro del radio de influencia descrito para el pozo Tucúcaro en el Apéndice D, Anexo 1 de la Adenda 5.

En el caso del pozo TUC-P06, este registra niveles estables durante el período registrado, similar a la variabilidad de MP-05A y MP-05C y durante el año 2017 también registra un ascenso en los niveles.

Zona Norte y Sur Lagunas

Los puntos ubicados en esta zona se presentan en el mapa de la Figura 5-43.

Figura 5-43 Zona Norte y Sur de las Lagunas – Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-44 presenta la variación temporal de los puntos ubicados en las zonas Norte y Sur de las lagunas. En esta figura, en la gráfica superior se muestra los resultados asociados a los piezómetros someros del Sur de las lagunas: BA-04, BA-05, BA-08, BA-16 y BA-25. Mientras que en las dos gráficas inferiores se presentan los registros de los barrenos existentes al Norte de las lagunas La Punta – La Brava, identificados como: BA-01, BA-02, BA-03, BA-06, BA-09, BA-10, BA-11, BA-12, BA-13, BA-14 y BA-15.

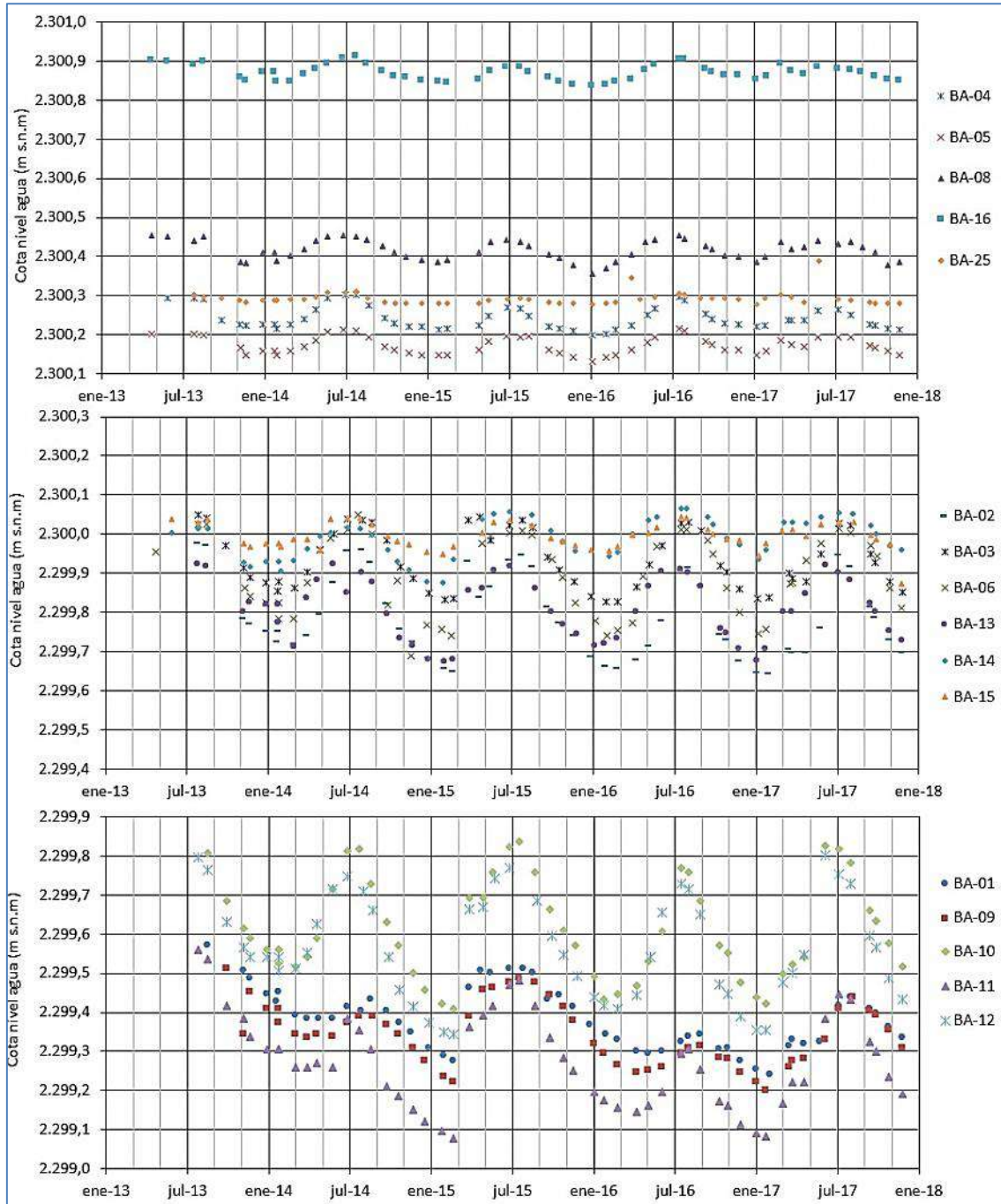
El primer gráfico presenta niveles mucho menos variables, y con amplitudes de variación de sus niveles más pequeñas, siendo en promedio de 10 cm o menores. Las diferencias de cotas se deben a la cota de referencia de ubicación de los barrenos.

En la segunda gráfica, se muestra la evolución de nivel de los piezómetros someros que se encuentran un poco más alejados del núcleo, en la zona misma de las lagunas. En este caso se observa que la variación de los niveles presenta una amplitud más pequeña, que va desde los 10 cm en BA-15 hasta los 30 cm en BA-02. Se aprecia una tendencia general de los niveles estable en el tiempo, y para el año 2017 se aprecia también continuidad respecto a lo registrado históricamente.

En la gráfica inferior se observa que los niveles de las aguas más cercanas al núcleo (al norte de las lagunas), en la zona marginal, presentan una alta variabilidad, con descensos y recuperaciones marcadas, y con amplitudes entre los niveles máximos y mínimos registrados que varían desde 30 cm en BA-09 hasta 45 cm en BA-10 y BA-12. Se puede observar que los datos del año 2017 se enmarcan dentro del registro histórico.

De las dos gráficas anteriores, se observa un salto en los niveles registrados durante el primer trimestre del 2015 y del 2017. Como se verá más adelante en el Capítulo 6 de Discusión, este salto y aumento de los niveles obedecen a las lluvias ocurridas en el verano del 2015 y del 2017, respectivamente, y a ello se debe dicha respuesta del sistema.

Figura 5-44 Variación Temporal de Niveles en Norte y Sur de las Lagunas

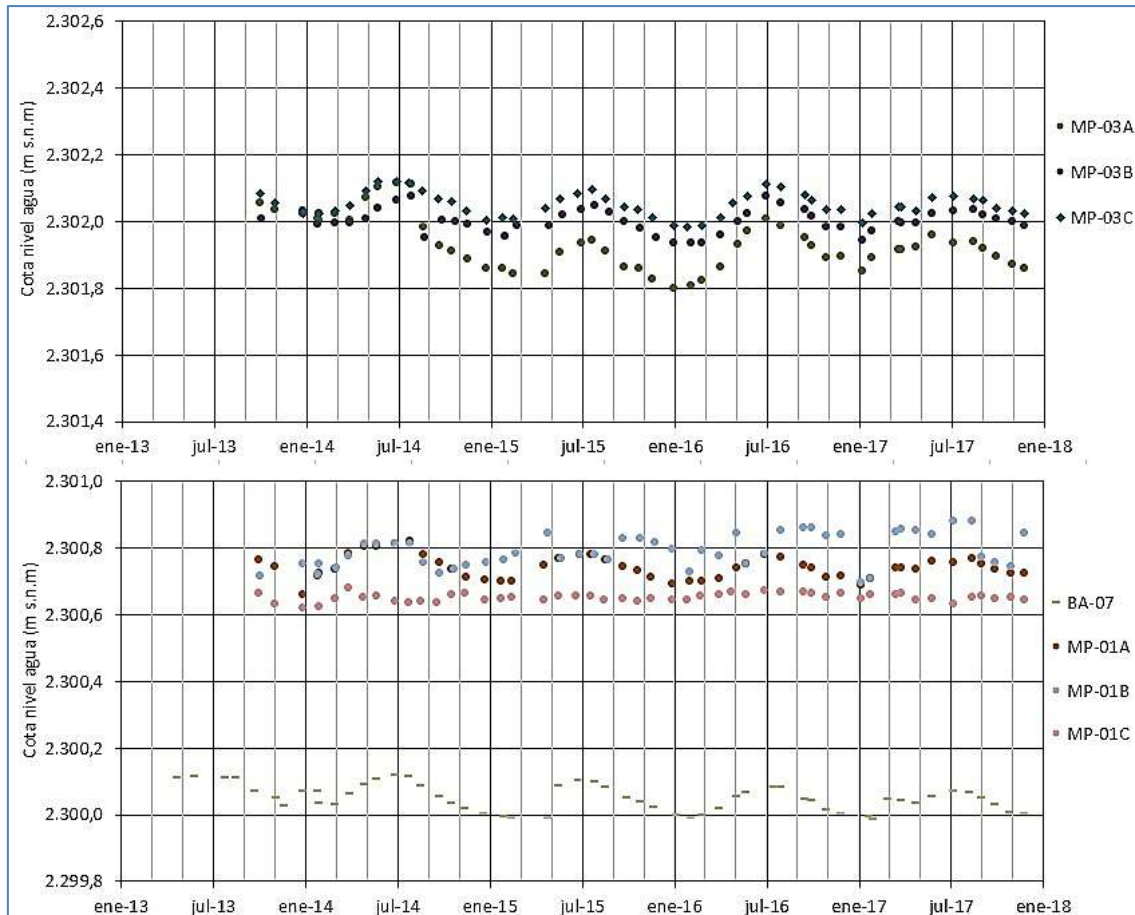


Fuente: Elaboración propia

De esta manera, respecto la variabilidad interanual que presentan los piezómetros someros entorno a las lagunas, se puede indicar que los niveles de las aguas someras presentan mayor variabilidad estacional en la medida que están más cerca del núcleo, al norte de las lagunas; y menor sensibilidad a medida que se alejan del núcleo, en aquellos ubicados al sur de las lagunas. Todos los registros muestran la variabilidad estacional histórica sin tendencias ni al descenso ni al ascenso, lo que también se observa de los datos del año 2017.

Al sur de las lagunas, también se encuentran los multipiezómetros MP-03A, MP-03B, MP-03C, MP-01A, MP-01B, MP-01C y el piezómetro somero BA-07, los cuales se presentan en la Figura 5-45.

Figura 5-45 Variación Temporal de Niveles – Sur de las Lagunas



Fuente: Elaboración propia.

El multipiezómetro MP-03A registra niveles de las aguas somera, el MP-03B los niveles de la salmuera debajo de la interfase y el MP-03C, totalmente ranurado, la interacción de ambos cuerpos de agua. Este pozo se ubica al Sur del sistema Lagunar La Punta-La Brava, y muestra la misma variación estacional donde aumentan los niveles en invierno y bajan en temporada de verano.

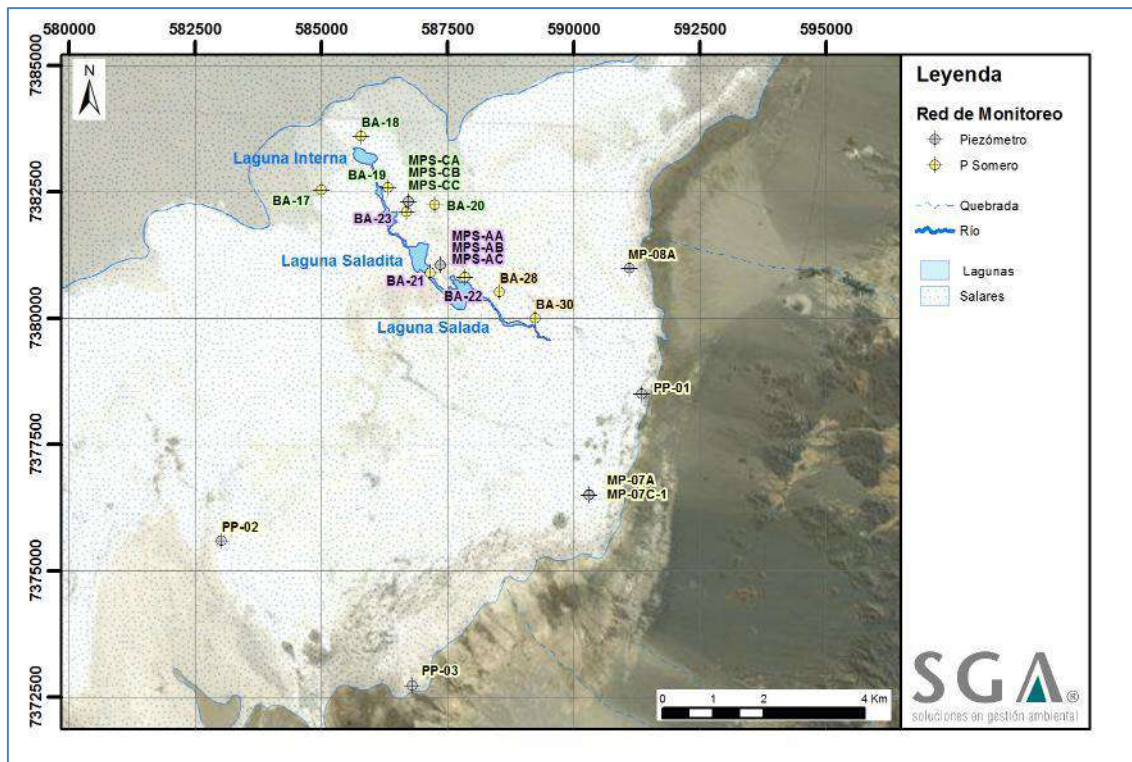
La amplitud de la variación de los niveles de aguas someras es mayor que las de salmuera, con variaciones de hasta 20 cm entre temporadas. La salmuera alcanza sólo una variación de 10 cm. De los registros históricos, se observa una tendencia estable tanto para aguas someras como profundas, lo que se mantiene en el año 2017.

Se observa que la variabilidad de los niveles del barreno BA-07 son muy similares a la que presentan los niveles del pozo MP-01A, en tanto a que aumentan y descienden en las mismas temporadas, como a la amplitud total que presenta dicha variación, de aproximadamente 10 cm para ambos puntos de monitoreo. El nivel de la salmuera, representado por el pozo MP-01B, presenta un poco más de variabilidad mientras el pozo MP-01C es más constante debido a que mide mezcla de aguas. De los registros se observa una tendencia a la estabilidad de los niveles en el tiempo, siendo el año 2017 la continuidad de lo que se viene observando desde el 2013.

5.6.2 Sector Peine

En el Sector Peine se cuenta con 21 puntos de monitoreo de niveles distribuidos en la zona marginal y borde este. La ubicación de estos puntos se presentan en la Figura 5-47.

Figura 5-47 Puntos de medición de Nivel freático en el Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-15 se presentan los resultados de los niveles freáticos medidos en el Sector Peine, tanto en profundidades medidas en cada pozo (desde punto referencia hasta el nivel de agua), como en cota topográfica respectiva de nivel de aguas subterráneas.

Tabla 5-15 Resultados de Niveles en Sector Peine

BA-17			BA-18			BA-19		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	2,318	2.298,630	15/01/2017	1,632	2.298,670	15/01/2017	1,800	2.298,699
05/02/2017	2,295	2.298,653	08/02/2017	1,615	2.298,687	08/02/2017	1,775	2.298,724
07/03/2017	1,885	2.299,063	14/03/2017	1,255	2.299,047	14/03/2017	1,438	2.299,061
08/04/2017	1,987	2.298,961	07/04/2017	1,432	2.298,870	07/04/2017	1,519	2.298,980
02/05/2017	2,051	2.298,897	23/05/2017	1,436	2.298,866	11/05/2017	1,599	2.298,900
15/06/2017	2,000	2.298,948	17/06/2017	1,338	2.298,964	17/06/2017	1,536	2.298,963
03/07/2017	2,023	2.298,925	13/07/2017	1,385	2.298,917	13/07/2017	1,577	2.298,922
10/08/2017	2,105	2.298,843	25/08/2017	1,432	2.298,870	25/08/2017	1,614	2.298,885
06/09/2017	2,130	2.298,818	14/09/2017	1,459	2.298,843	14/09/2017	1,634	2.298,865
04/10/2017	2,159	2.298,789	22/10/2017	1,484	2.298,818	22/10/2017	1,658	2.298,841
03/11/2017	2,186	2.298,762	14/11/2017	1,496	2.298,806	14/11/2017	1,669	2.298,830
13/12/2017	2,177	2.298,771	14/12/2017	1,509	2.298,793	14/12/2017	1,684	2.298,815
BA-20			BA-21			BA-22		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,528	2.299,014	15/01/2017	1,323	2.300,070	16/01/2017	0,853	2.300,271
08/02/2017	1,500	2.299,042	09/02/2017	1,313	2.300,080	09/02/2017	0,838	2.300,286
14/03/2017	1,026	2.299,516	16/03/2017	1,174	2.300,219	16/03/2017	0,798	2.300,326
07/04/2017	1,208	2.299,334	08/04/2017	1,197	2.300,196	08/04/2017	0,821	2.300,303
11/05/2017	1,290	2.299,252	10/05/2017	1,244	2.300,149	10/05/2017	0,830	2.300,294
17/06/2017	1,206	2.299,336	17/06/2017	1,217	2.300,176	16/06/2017	0,807	2.300,317
12/07/2017	1,278	2.299,264	12/07/2017	1,244	2.300,149	12/07/2017	0,824	2.300,300
25/08/2017	1,331	2.299,211	25/08/2017	1,265	2.300,128	26/08/2017	0,845	2.300,279
14/09/2017	1,347	2.299,195	14/09/2017	1,253	2.300,140	27/09/2017	0,846	2.300,278
22/10/2017	1,377	2.299,165	21/10/2017	1,293	2.300,100	21/10/2017	0,852	2.300,272
14/11/2017	1,394	2.299,148	14/11/2017	1,305	2.300,088	14/11/2017	0,855	2.300,269
14/12/2017	1,412	2.299,130	14/12/2017	1,318	2.300,075	14/12/2017	0,861	2.300,263
BA-23			BA-28			BA-30		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,093	2.299,420	15/01/2017	0,712	2.300,601	15/01/2017	0,779	2.301,500
08/02/2017	1,058	2.299,455	09/02/2017	0,690	2.300,623	09/02/2017	0,750	2.301,529
14/03/2017	0,873	2.299,640	16/03/2017	0,571	2.300,742	16/03/2017	0,740	2.301,539
07/04/2017	0,908	2.299,605	08/04/2017	0,631	2.300,682	08/04/2017	0,751	2.301,528
11/05/2017	0,973	2.299,540	10/05/2017	0,644	2.300,669	10/05/2017	0,733	2.301,546
17/06/2017	0,938	2.299,575	16/06/2017	0,613	2.300,700	16/06/2017	0,668	2.301,611
12/07/2017	0,954	2.299,559	12/07/2017	0,613	2.300,700	12/07/2017	0,725	2.301,554
26/08/2017	0,995	2.299,518	26/08/2017	0,610	2.300,703	26/08/2017	0,740	2.301,539
27/09/2017	1,010	2.299,503	14/09/2017	0,608	2.300,705	14/09/2017	0,750	2.301,529
22/10/2017	1,024	2.299,489	21/10/2017	0,636	2.300,677	21/10/2017	0,760	2.301,519
15/11/2017	1,035	2.299,478	14/11/2017	0,662	2.300,651	14/11/2017	0,770	2.301,509
14/12/2017	1,043	2.299,470	16/12/2017	0,688	2.300,625	16/12/2017	0,776	2.301,503

Tabla 5-15 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Peine

MP-07A			MP-07C-1			MP-08A		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
01/01/2017	(*)		01/01/2017	(**)		14/01/2017	1,536	2.302,362
01/02/2017	(*)		01/02/2017	(**)		04/02/2017	1,506	2.302,392
01/03/2017	(*)		01/03/2017	(**)		10/03/2017	1,274	2.302,624
01/04/2017	(*)		01/04/2017	(**)		07/04/2017	1,347	2.302,551
01/05/2017	(*)		01/05/2017	(**)		06/05/2017	1,390	2.302,508
01/06/2017	(*)		01/06/2017	(**)		15/06/2017	1,398	2.302,500
14/07/2017	0,892	2.305,736	14/07/2017	0,550	2.306,127	14/07/2017	1,350	2.302,548
25/08/2017	0,904	2.305,724	25/08/2017	0,568	2.306,109	25/08/2017	1,416	2.302,482
13/09/2017	0,927	2.305,701	13/09/2017	0,580	2.306,097	13/09/2017	1,383	2.302,515
23/10/2017	0,964	2.305,664	23/10/2017	0,616	2.306,061	23/10/2017	1,396	2.302,502
16/11/2017	0,985	2.305,643	16/11/2017	0,640	2.306,037	15/11/2017	1,406	2.302,492
16/12/2017	1,018	2.305,610	16/12/2017	0,660	2.306,017	16/12/2017	1,430	2.302,468
MPS-AA			MPS-AB			MPS-AC		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	0,803	2.299,447	15/01/2017	0,745	2.299,445	15/01/2017	0,805	2.299,465
22/02/2017	0,795	2.299,455	22/02/2017	0,739	2.299,451	22/02/2017	0,806	2.299,464
30/03/2017	0,663	2.299,587	19/03/2017	0,608	2.299,582	30/03/2017	0,684	2.299,586
07/04/2017	0,684	2.299,566	07/04/2017	0,624	2.299,566	26/04/2017	0,735	2.299,535
10/05/2017	0,730	2.299,520	10/05/2017	0,675	2.299,515	10/05/2017	0,741	2.299,529
17/06/2017	0,706	2.299,544	17/06/2017	0,655	2.299,535	17/06/2017	0,717	2.299,553
12/07/2017	0,729	2.299,521	12/07/2017	0,680	2.299,510	12/07/2017	0,745	2.299,525
24/08/2017	0,756	2.299,494	24/08/2017	0,700	2.299,490	24/08/2017	0,760	2.299,510
13/09/2017	0,756	2.299,494	13/09/2017	0,704	2.299,486	13/09/2017	0,766	2.299,504
21/10/2017	0,776	2.299,474	21/10/2017	0,724	2.299,466	21/10/2017	0,786	2.299,484
15/11/2017	0,788	2.299,462	15/11/2017	0,740	2.299,450	15/11/2017	0,799	2.299,471
14/12/2017	0,800	2.299,450	14/12/2017	0,753	2.299,437	14/12/2017	0,808	2.299,462
MPS-CA			MPS-CB			MPS-CC		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
15/01/2017	1,285	2.298,315	15/01/2017	1,345	2.298,315	15/01/2017	1,293	2.298,327
22/02/2017	1,264	2.298,336	22/02/2017	1,314	2.298,346	22/02/2017	1,261	2.298,359
14/03/2017	0,884	2.298,716	14/03/2017	0,933	2.298,727	14/03/2017	0,889	2.298,731
07/04/2017	0,963	2.298,637	07/04/2017	1,010	2.298,650	07/04/2017	0,969	2.298,651
10/05/2017	1,040	2.298,560	10/05/2017	1,088	2.298,572	10/05/2017	1,044	2.298,576
17/06/2017	0,968	2.298,632	17/06/2017	1,017	2.298,643	17/06/2017	0,977	2.298,643
12/07/2017	1,010	2.298,590	12/07/2017	1,055	2.298,605	12/07/2017	1,000	2.298,620
24/08/2017	1,071	2.298,529	24/08/2017	1,102	2.298,558	24/08/2017	1,059	2.298,561
14/09/2017	1,072	2.298,528	14/09/2017	1,133	2.298,527	14/09/2017	1,083	2.298,537
22/10/2017	1,094	2.298,506	22/10/2017	1,153	2.298,507	22/10/2017	1,108	2.298,512
15/11/2017	1,107	2.298,493	15/11/2017	1,162	2.298,498	15/11/2017	1,119	2.298,501
14/12/2017	1,122	2.298,478	14/12/2017	1,187	2.298,473	14/12/2017	1,136	2.298,484

Tabla 5-15 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Peine

PP-01			PP-02			PP-03		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
14/01/2017	1,074	2.304,487	14/01/2017	0,320	2.303,660	14/01/2017	0,559	2.308,534
03/02/2017	1,024	2.304,537	25/02/2017	0,229	2.303,751	03/02/2017	0,554	2.308,539
10/03/2017	0,860	2.304,701	08/03/2017	0,246	2.303,734	08/03/2017	0,365	2.308,728
22/04/2017	0,971	2.304,590	22/04/2017	0,343	2.303,637	22/04/2017	0,423	2.308,670
06/05/2017	0,980	2.304,581	06/05/2017	0,365	2.303,615	06/05/2017	0,450	2.308,643
15/06/2017	0,888	2.304,673	15/06/2017	0,338	2.303,642	15/06/2017	0,423	2.308,670
14/07/2017	0,911	2.304,650	14/07/2017	0,325	2.303,655	14/07/2017	0,405	2.308,688
25/08/2017	0,940	2.304,621	25/08/2017	0,298	2.303,682	25/08/2017	0,420	2.308,673
13/09/2017	0,958	2.304,603	13/09/2017	0,340	2.303,640	13/09/2017	0,445	2.308,648
23/10/2017	1,001	2.304,560	11/10/2017	0,336	2.303,644	11/10/2017	0,455	2.308,638
16/11/2017	1,030	2.304,531	16/11/2017	0,340	2.303,640	16/11/2017	0,470	2.308,623
16/12/2017	1,053	2.304,508	16/12/2017	0,333	2.303,647	16/12/2017	0,487	2.308,606

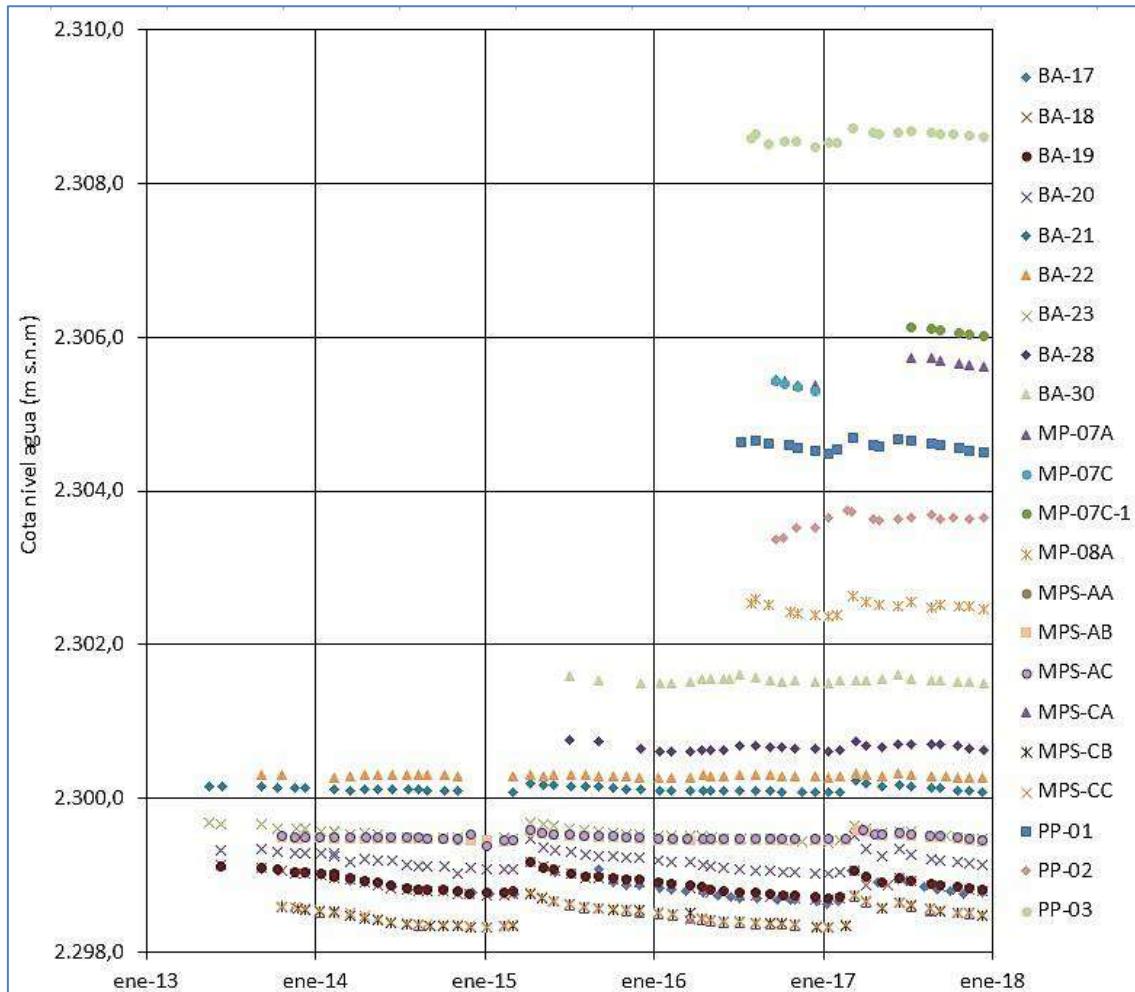
(*) Medición interrumpida, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

(**) Pozo fue implementado en Julio 2017.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-48 se muestra el registro histórico de las cotas del nivel de agua para todos los puntos de monitoreo de esta variable en el sector, con el objetivo de presentar el registro completo de cotas, su extensión temporal y sus tendencias generales.

Figura 5-48 Variación Temporal General de Niveles en Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Los puntos que presentan el registro histórico más extenso corresponden a BA-17, BA-18, BA-19, BA-20, BA-21 y BA-23, con registros desde Mayo 2013 y variación de cota entre 2.298 m s.n.m. a 2.300,2 m s.n.m., aproximadamente. La medición de los puntos BA-28 y BA-30 ubicados en las cercanías de la Laguna Salada, se comenzó en Julio 2015. Los puntos que se empezaron a medir más recientemente son los ubicados en el borde este del sector, que corresponden a los puntos comprometidos en el PSAH asociado a la RCA N° 21/2016; PP-01, PP-02 y PP-03, con registro a partir de Julio 2016; y MP-07A, MP-07C-1 y MP-08A, que se comenzaron a reportar en Julio 2017. Estos últimos se presentan con cotas de nivel de agua entre los 2.301 m s.n.m hasta los 2.309 m s.n.m., aproximadamente.

Como se puede ver en el gráfico de la Figura 5-48, en este sector se observa un amplio rango de variación de cotas del nivel de agua, que se asocian a la ubicación relativa de los puntos en diferentes áreas. Es así como hacia el Sur del Sector Peine, se presentan cotas del nivel freático del orden de los 2.309 m s.n.m. y en las cercanías al núcleo son del orden de 2.298 m s.n.m.

Para facilitar la comprensión de los resultados gráficos y el análisis del Sector Peine, se agrupan los puntos en zonas, tal y como se muestra en la Tabla 5-16 y que corresponden a los diferentes colores de las etiquetas de nombres de pozos de la Figura 5-47.

Tabla 5-16 Pozos por zonas en Sector Peine

Zonas del Sector			
Borde Este y Sur de Peine	Inicio Laguna Salada	Zona Media Lagunas	Zona laguna Interna
MP-07A	BA-28	MPS-AA	MPS-CA
MP-07C-1	BA-30	MPS-AB	MPS-CB
MP-08A		MPS-AC	MPS-CC
PP-01		BA-21	BA-17
PP-02		BA-22	BA-18
PP-03		BA-23	BA-19
		BA-20	

Fuente: Elaboración propia.

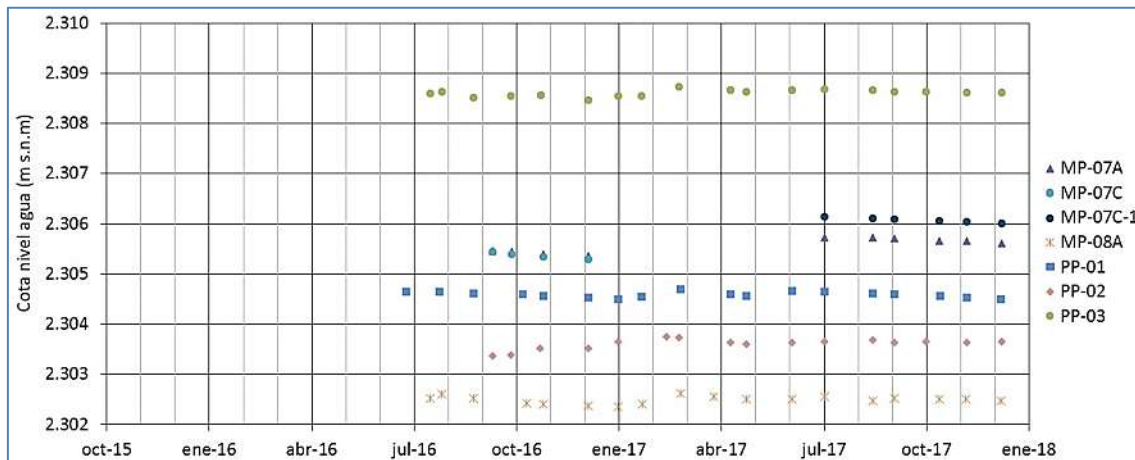
Los resultados y el análisis que se presentan a continuación, se han ordenado por zonas dentro del Sector, comenzando por la zona más alejada de las lagunas de Peine, y que se encuentran a cotas más altas, denominadas Borde Este y Sur Peine; y luego por pozos que miden niveles en las zonas cercanas a las lagunas Salada, Saladita e Interna, hacia las cercanías del núcleo.

Borde Este y Sur de Peine

Los puntos que se agrupan en esta zona son PP-01, PP-02, PP-03, MP-07A, MP-07C-1¹³ y MP-08A, todos piezómetros profundos que se ubican en el borde este del sector de Peine, entre la Zona Marginal y la zona de piedemonte de la cordillera Andina. Por la proximidad al acuífero aluvial existente en ese sector, estos puntos son sensibles a las recargas que puedan recibir desde las cuencas altoandinas cuando se produce precipitación o deshielo, así como de los aluviones asociados a eventos de fuerte precipitación y que descargan en el sector marginal del Salar de Atacama principalmente por vía de las quebradas.

En la Figura 5-49, se presentan el registro histórico de niveles de agua en los puntos ubicados en la zona Borde Este y Sur de Peine.

Figura 5-49 Variación Temporal Niveles en Borde Sur y Este– Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

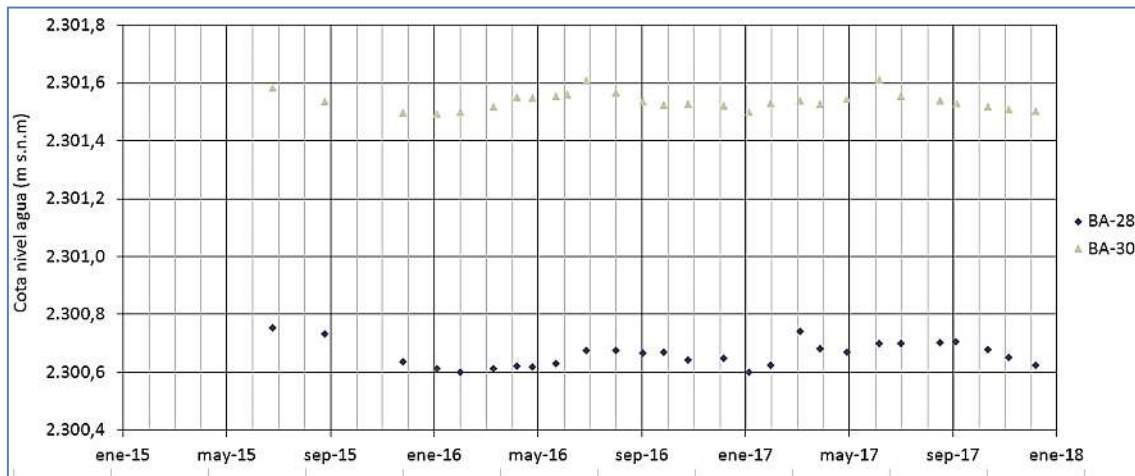
En general todos los puntos presentan niveles estables, experimentando una recuperación de nivel de entre 25 a 35 cm durante el primer trimestre de 2017 producto de las lluvias que se produjeron en el sector en ese período y que generaron importantes aluviones y avenidas de agua por las quebradas así como recarga directa a los acuíferos.

¹³ Reemplazó a MP-07C a partir de Julio 2017.

Inicio Laguna Salada

Esta zona contempla el sector donde nace el sistema lagunar de Peine, en el entorno del canal que descarga en la laguna Salada, donde se encuentran los piezómetros someros BA-28 y BA-30. En la Figura 5-50 se muestra el registro histórico de niveles de estos dos puntos, donde se puede apreciar una tendencia cíclica de amplitud centimétrica con ascensos de nivel en invierno y descensos en temporada de verano. Esta evolución está controlada principalmente por los efectos de la evapotranspiración de los niveles someros del acuífero.

Figura 5-50 Variación Temporal de Niveles en Zona Inicio laguna Salada

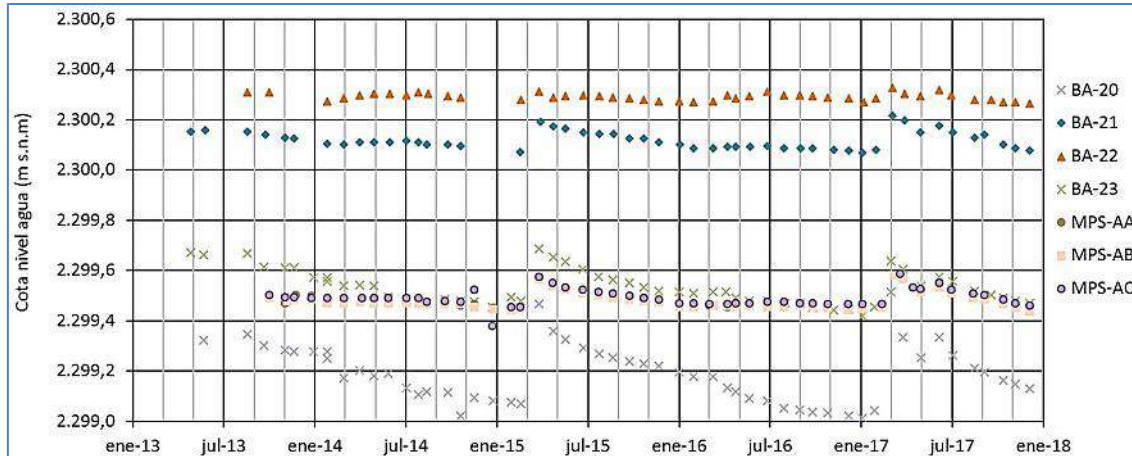


Fuente: Elaboración propia.

Zona media Lagunas

En la zona situada entre las lagunas Salada e Interna se encuentran los multipiezómetros MPS-AA, MPS-AB, MPS-AC, y los piezómetros someros BA-20, BA-21, BA-22 y BA-23. El registro histórico de niveles de estos puntos se presenta en la Figura 5-51.

Figura 5-51 Variación Temporal de Niveles en Zona media Lagunas



Fuente: Elaboración propia.

En general la cota del nivel freático de los puntos situados en esta zona muestran una ciclicidad marcada por los eventos de lluvia importantes, por lo que algunos puntos muestran tendencias a la baja más o menos marcadas de los niveles, con recuperaciones por las lluvias de Abril de 2015 y Marzo de 2017 de hasta 21 cm, y de un evento de menor intensidad en Junio de 2017.

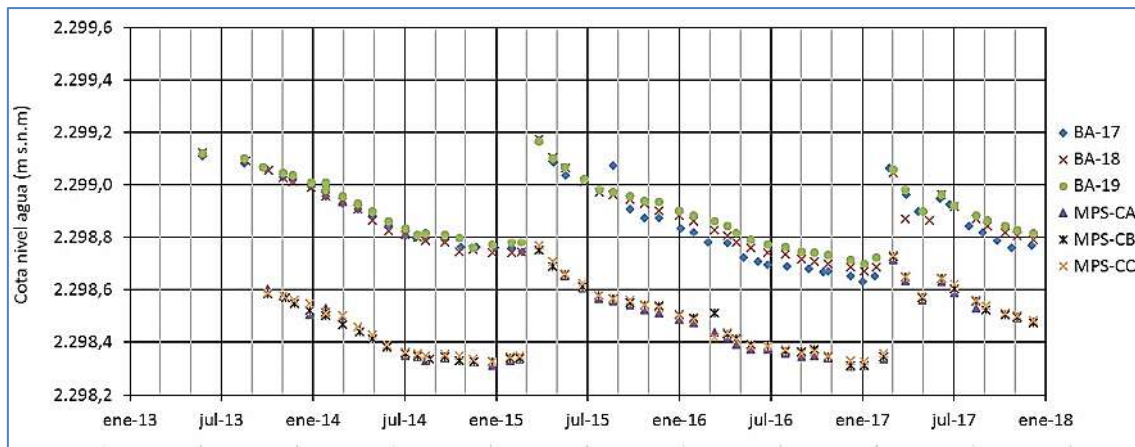
Los piezómetros someros BA-21 y BA-22 presentan una evolución de niveles relativamente estables con respuestas a las precipitaciones menos marcadas, de hasta 15 cm; mientras que los puntos BA-20 y BA-23 presentan una tendencia a la baja más acentuada y una respuesta a las precipitaciones más marcada, de hasta 51 cm.

Los multipiezómetros MPS-AA, MPS-AB y MPS-AC presentan la misma tendencia y valores de cota de nivel freáticos muy parecidos, con baja amplitud de variación y con una respuesta a las precipitaciones parecida a la de los puntos BA-21 y BA-22, lo que se explica por ser puntos bastante cercanos. En este caso no se detecta diferencias relevantes entre los piezómetros que monitorean el acuífero somero con respecto a los que monitorean el acuífero profundo.

Zona laguna Interna

En la Figura 5-52 se presentan el registro histórico de cota de nivel freático de los puntos ubicados en el entorno de la Laguna Interna, la cual se ubica encima del Núcleo del Salar. Esto puntos son BA-17, BA-18, BA-19, MPS-CA, MPS-CB y MPC-CC, y son los que presentan una respuesta más sensible a las perturbaciones del sistema hidrológico en el Sector Peine. Como se puede observar en el registro histórico, todos ellos presentan claras tendencias de descensos de niveles, junto con marcados ascensos de nivel post-lluvia (Marzo 2015, Febrero 2017 y Junio de 2017) de hasta 42 cm. En detalle, los puntos BA-17, BA-18 y BA-19 presentan la misma evolución histórica con cotas de nivel muy parecidas, lo mismo que pasa para los puntos MPS-CA, MPS-CB y MPS-CB.

Figura 5-52 Variación Temporal de Niveles Zona Laguna Interna



Fuente: Elaboración propia.

Considerando todos los registros y análisis presentados, a modo de resumen para este Sector Peine, se puede decir que:

- En la zona de cotas altas, entre la Zona Marginal y las quebradas aportantes, los niveles son estables y presentan una influencia estacional por las lluvias.
- Los niveles de aguas subterráneas someras, y pozos someros, presentan mayor variabilidad de niveles en la zona más cercana al núcleo y rápidas respuestas a las precipitaciones (ascensos hasta 51 cm).
- Los niveles en la zona media de las lagunas, presentan un poco menos de variabilidad, de hasta 20 cm, y con tendencia a la estabilización de sus niveles.
- Los niveles someros de las aguas subterráneas, en la zona de la entrada de las lagunas, se presenta con una variabilidad cíclica estacional, de un máximo de 18 cm, aproximadamente.
- Para todos los puntos en la zona de las lagunas de Peine, se observa que los niveles de aguas subterráneas registrados en 2017 se han mantenido dentro de los rangos de

oscilación natural registrada históricamente, incluyendo evento de precipitaciones en Febrero.

5.6.3 Sector Norte y Borde Este

El Sector Norte y Borde Este se compone de los puntos de monitoreo de niveles de aguas subterráneas, MP-12A y MP-12C, ubicados en la zona sur y el punto BA-31 (ex LM-15) ubicado en el sistema lagunar Soncor.

En la Tabla 4-7 y Figura 4-11 se presenta la ubicación y el detalle de los puntos de monitoreo de niveles de este sector. En la Tabla 5-17, se presentan los resultados de los registros monitoreados para las fechas correspondientes.

Tabla 5-17 Resultados de niveles en Sector Norte y Borde Este

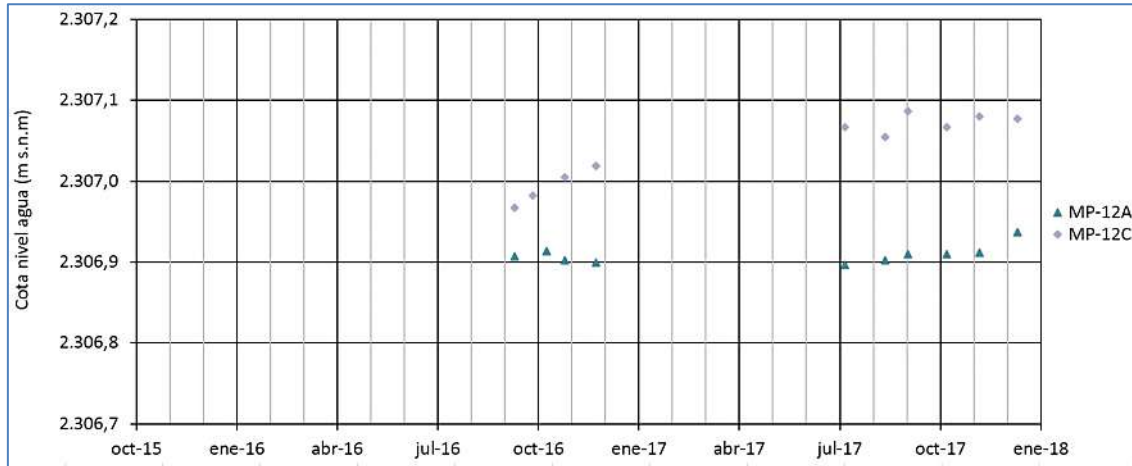
MP-12A			MP-12C			BA-31 (ex LM-15)		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
01/01/2017	(*)		01/01/2017	(*)		18/01/2017	1,019	2.297,776
01/02/2017	(*)		01/02/2017	(*)		11/02/2017	0,964	2.297,831
01/03/2017	(*)		01/03/2017	(*)		15/03/2017	0,781	2.298,014
01/04/2017	(*)		01/04/2017	(*)		06/04/2017	0,758	2.298,037
01/05/2017	(*)		01/05/2017	(*)		25/05/2017	0,813	2.297,982
01/06/2017	(*)		01/06/2017	(*)		20/06/2017	0,815	2.297,980
18/07/2017	9,336	2.306,896	18/07/2017	9,555	2.307,066	19/07/2017	0,798	2.297,997
23/08/2017	9,330	2.306,902	23/08/2017	9,566	2.307,055	23/08/2017	0,809	2.297,986
12/09/2017	9,322	2.306,910	12/09/2017	9,535	2.307,086	11/09/2017	0,828	2.297,967
17/10/2017	9,321	2.306,911	17/10/2017	9,554	2.307,067	20/10/2017	0,864	2.297,931
16/11/2017	9,320	2.306,912	16/11/2017	9,540	2.307,081	17/11/2017	0,885	2.297,910
20/12/2017	9,295	2.306,937	20/12/2017	9,543	2.307,078	20/12/2017	0,908	2.297,887

(*) Medición interrumpida, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-53, se presentan los niveles registrados disponibles para los pozos MP-12A y MP-12C. Estos son pozos nuevos, los cuales tienen un registro histórico corto, y por lo tanto no es posible aún realizar un análisis temporal de sus evoluciones.

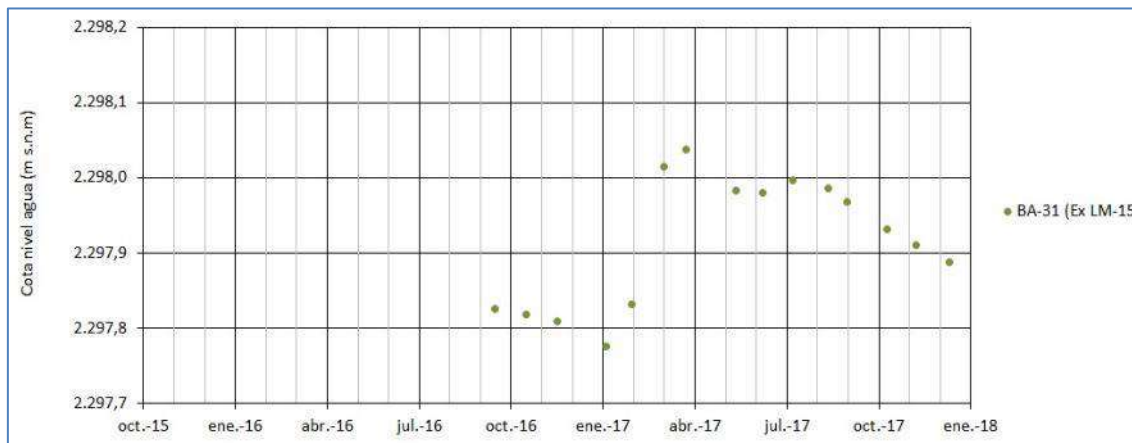
Figura 5-53 Variación Temporal de Niveles de MP-12A y MP-12C



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Figura 5-54 se presenta el piezómetro somero BA-31 (ex LM-15), el cual presenta una mayor amplitud en su variación, de 30 cm, aproximadamente, pero su registro histórico es breve para analizar tendencias.

Figura 5-54 Variación Temporal de Niveles de BA-31 (ex LM-15)

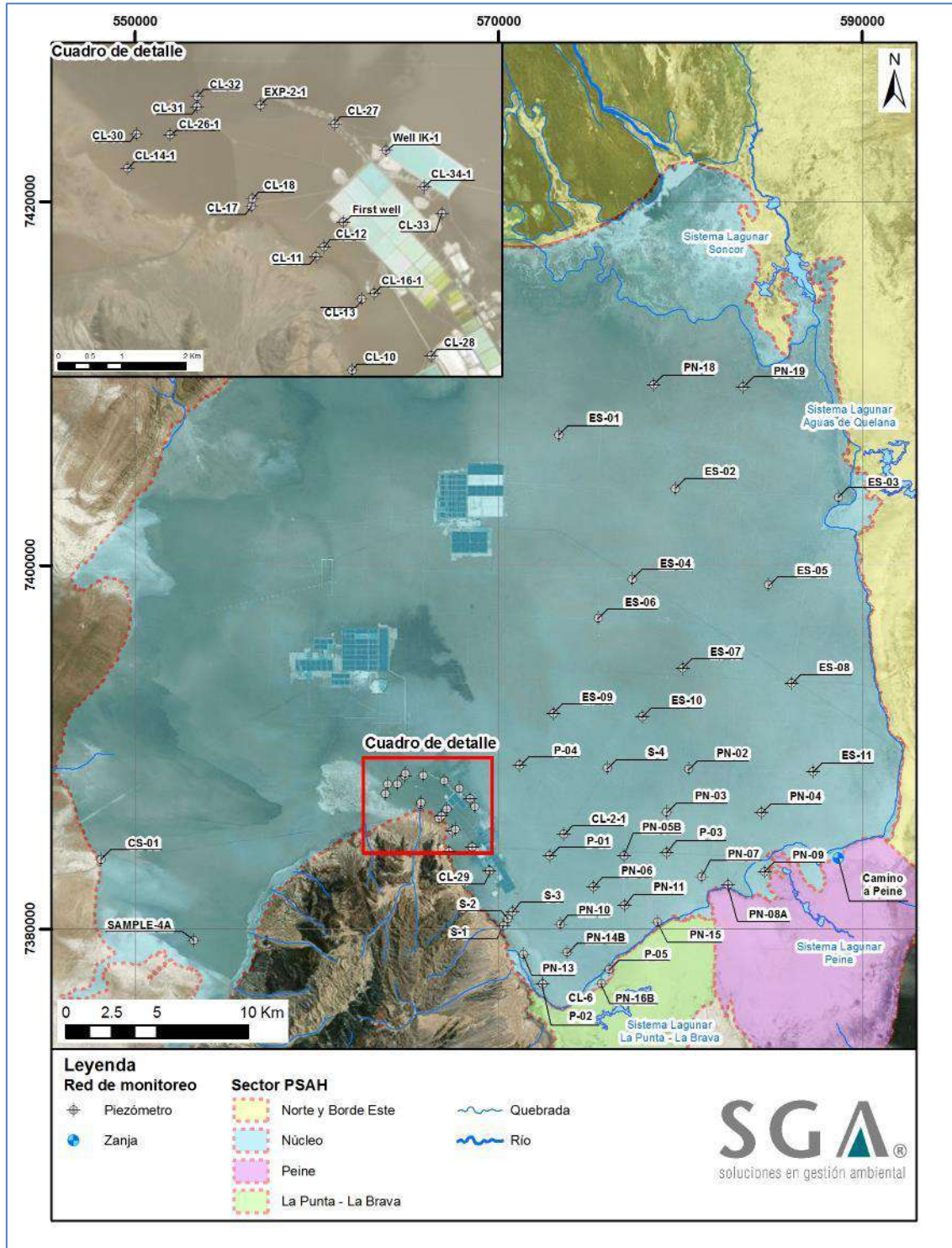


Fuente: Elaboración propia.

5.6.4 Sector Núcleo

En el Sector Núcleo se dispone de 61 pozos de monitoreo de niveles distribuidos en todo el núcleo del Salar de Atacama. En la Figura 5-55 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de este Sector. En la Tabla 5-18 se presentan los resultados de los niveles freáticos en profundidades en cada pozo (referencia desde la cota collar hasta el espejo de agua) y la cota de nivel de agua subterránea respectiva.

Figura 5-55 Puntos de medición de Nivel en el Núcleo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 Resultados de Niveles en Sector Núcleo

CL-2-1			CL-6			CL-10		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	2,034	2.298,458	14/01/2017	1,610	2.298,510	18/01/2017	2,257	2.298,021
02/02/2017	2,004	2.298,488	03/02/2017	1,593	2.298,527	05/02/2017	2,292	2.297,986
07/03/2017	1,640	2.298,852	07/03/2017	1,375	2.298,745	07/03/2017	2,043	2.298,235
09/04/2017	1,757	2.298,735	05/04/2017	1,420	2.298,700	18/04/2017	2,078	2.298,200
04/05/2017	1,816	2.298,676	02/05/2017	1,480	2.298,640	08/05/2017	2,157	2.298,121
02/06/2017	1,860	2.298,632	03/06/2017	1,485	2.298,635	02/06/2017	2,220	2.298,058
01/07/2017	1,775	2.298,717	02/07/2017	1,402	2.298,718	05/07/2017	2,058	2.298,220
08/08/2017	1,832	2.298,660	16/08/2017	1,439	2.298,681	09/08/2017	2,179	2.298,099
05/09/2017	1,852	2.298,640	12/09/2017	1,467	2.298,653	26/09/2017	2,270	2.298,008
07/10/2017	1,883	2.298,609	05/10/2017	1,490	2.298,630	04/10/2017	2,280	2.297,998
02/11/2017	1,893	2.298,599	04/11/2017	1,497	2.298,623	02/11/2017	2,345	2.297,933
13/12/2017	1,909	2.298,583	06/12/2017	1,525	2.298,595	13/12/2017	2,443	2.297,835
CL-11			CL-12			CL-13		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
19/01/2017	3,626	2.296,945	19/01/2017	4,272	2.295,890	19/01/2017	3,332	2.297,331
01/02/2017	3,625	2.296,946	01/02/2017	4,217	2.295,945	01/02/2017	3,348	2.297,315
01/03/2017	3,442	2.297,129	01/03/2017	4,090	2.296,072	02/03/2017	3,142	2.297,521
03/04/2017	3,370	2.297,201	03/04/2017	4,091	2.296,071	03/04/2017	3,023	2.297,640
08/05/2017	3,575	2.296,996	08/05/2017	4,645	2.295,517	08/05/2017	3,236	2.297,427
02/06/2017	3,632	2.296,939	02/06/2017	4,787	2.295,375	02/06/2017	3,284	2.297,379
01/07/2017	3,545	2.297,026	01/07/2017	4,647	2.295,515	01/07/2017	3,174	2.297,489
10/08/2017	3,669	2.296,902	10/08/2017	4,771	2.295,391	10/08/2017	3,318	2.297,345
23/09/2017	3,780	2.296,791	23/09/2017	5,143	2.295,019	23/09/2017	3,406	2.297,257
04/10/2017	3,846	2.296,725	04/10/2017	5,370	2.294,792	04/10/2017	3,446	2.297,217
01/11/2017	3,974	2.296,597	01/11/2017	5,630	2.294,532	01/11/2017	3,530	2.297,133
12/12/2017	4,085	2.296,486	12/12/2017	5,787	2.294,375	12/12/2017	3,624	2.297,039
CL-14-1			CL-16-1			CL-17		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	8,334	2.292,411	19/01/2017	6,109	2.295,148	19/01/2017	5,663	2.294,597
28/02/2017	8,206	2.292,539	15/02/2017	(**)		01/02/2017	5,663	2.294,597
19/03/2017	(**)		02/03/2017	5,467	2.295,790	01/03/2017	5,482	2.294,778
19/04/2017	8,447	2.292,298	27/04/2017	5,153	2.296,104	03/04/2017	5,585	2.294,675
08/05/2017	8,464	2.292,281	08/05/2017	4,530	2.296,727	08/05/2017	5,614	2.294,646
02/06/2017	8,468	2.292,277	01/06/2017	3,535	2.297,722	03/06/2017	5,635	2.294,625
01/07/2017	8,418	2.292,327	01/07/2017	3,622	2.297,635	01/07/2017	5,611	2.294,649
10/08/2017	8,500	2.292,245	10/08/2017	3,754	2.297,503	10/08/2017	5,561	2.294,699
23/09/2017	8,509	2.292,236	23/09/2017	3,912	2.297,345	23/09/2017	5,542	2.294,718
04/10/2017	8,540	2.292,205	04/10/2017	4,005	2.297,252	03/10/2017	5,530	2.294,730
01/11/2017	8,615	2.292,130	01/11/2017	3,927	2.297,330	01/11/2017	5,510	2.294,750
12/12/2017	8,690	2.292,055	12/12/2017	4,255	2.297,002	12/12/2017	5,624	2.294,636

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Núcleo

CL-18			CL-26-1			CL-27		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
19/01/2017	5,477	2.294,757	13/01/2017	6,461	2.294,048	13/01/2017	2,488	2.297,548
01/02/2017	5,482	2.294,752	06/02/2017	6,489	2.294,020	15/02/2017	2,389	2.297,647
01/03/2017	5,355	2.294,879	01/03/2017	6,500	2.294,009	01/03/2017	2,146	2.297,890
03/04/2017	5,391	2.294,843	03/04/2017	6,503	2.294,006	03/04/2017	2,285	2.297,751
08/05/2017	5,410	2.294,824	08/05/2017	6,476	2.294,033	08/05/2017	2,475	2.297,561
03/06/2017	5,435	2.294,799	02/06/2017	6,467	2.294,042	02/06/2017	2,564	2.297,472
01/07/2017	5,416	2.294,818	01/07/2017	6,453	2.294,056	01/07/2017	2,559	2.297,477
10/08/2017	5,372	2.294,862	10/08/2017	6,371	2.294,138	09/08/2017	2,628	2.297,408
23/09/2017	5,360	2.294,874	23/09/2017	6,375	2.294,134	21/09/2017	2,691	2.297,345
03/10/2017	5,375	2.294,859	03/10/2017	6,365	2.294,144	03/10/2017	2,725	2.297,311
01/11/2017	5,357	2.294,877	01/11/2017	6,377	2.294,132	01/11/2017	2,747	2.297,289
12/12/2017	5,460	2.294,774	12/12/2017	6,386	2.294,123	12/12/2017	3,035	2.297,001
CL-28			CL-29			CL-30		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
19/01/2017	1,927	2.298,953	19/01/2017	2,049	2.298,798	13/01/2017	7,189	2.293,114
01/02/2017	1,976	2.298,904	01/02/2017	1,718	2.299,129	15/02/2017	7,234	2.293,069
02/03/2017	1,658	2.299,222	02/03/2017	1,569	2.299,278	01/03/2017	7,247	2.293,056
03/04/2017	1,740	2.299,140	03/04/2017	1,685	2.299,162	03/04/2017	7,276	2.293,027
08/05/2017	1,830	2.299,050	08/05/2017	1,620	2.299,227	08/05/2017	7,319	2.292,984
18/06/2017	1,864	2.299,016	03/06/2017	1,660	2.299,187	02/06/2017	7,324	2.292,979
01/07/2017	1,869	2.299,011	01/07/2017	1,691	2.299,156	01/07/2017	7,291	2.293,012
29/08/2017	1,950	2.298,930	10/08/2017	1,825	2.299,022	10/08/2017	7,260	2.293,043
23/09/2017	1,962	2.298,918	23/09/2017	1,907	2.298,940	23/09/2017	7,269	2.293,034
04/10/2017	2,051	2.298,829	04/10/2017	1,785	2.299,062	03/10/2017	7,275	2.293,028
01/11/2017	2,075	2.298,805	01/11/2017	1,765	2.299,082	01/11/2017	7,292	2.293,011
12/12/2017	2,113	2.298,767	12/12/2017	1,852	2.298,995	12/12/2017	7,320	2.292,983
CL-31			CL-32			CL-33		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	3,839	2.296,441	13/01/2017	3,357	2.296,818	13/01/2017	1,649	2.298,684
15/02/2017	3,850	2.296,430	15/02/2017	3,380	2.296,795	15/02/2017	1,660	2.298,673
01/03/2017	3,849	2.296,431	01/03/2017	3,333	2.296,842	01/03/2017	1,221	2.299,112
03/04/2017	3,730	2.296,550	03/04/2017	3,244	2.296,931	03/04/2017	1,490	2.298,843
08/05/2017	3,746	2.296,534	08/05/2017	3,288	2.296,887	08/05/2017	1,728	2.298,605
18/06/2017	3,725	2.296,555	02/06/2017	3,295	2.296,880	01/06/2017	1,803	2.298,530
01/07/2017	3,685	2.296,595	01/07/2017	3,196	2.296,979	01/07/2017	1,804	2.298,529
10/08/2017	3,616	2.296,664	10/08/2017	3,141	2.297,034	09/08/2017	1,863	2.298,470
21/09/2017	3,586	2.296,694	23/09/2017	3,117	2.297,058	23/09/2017	1,969	2.298,364
03/10/2017	3,570	2.296,710	03/10/2017	3,110	2.297,065	04/10/2017	2,065	2.298,268
01/11/2017	3,565	2.296,715	01/11/2017	3,107	2.297,068	01/11/2017	2,357	2.297,976
12/12/2017	3,565	2.296,715	12/12/2017	3,116	2.297,059	12/12/2017	2,432	2.297,901

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Núcleo

CL-34-1			CS-01			ES-01		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	1,775	2.298,536	18/01/2017	6,895	2.293,969	01/01/2017	(*)	
01/02/2017	1,620	2.298,691	02/02/2017	6,894	2.293,970	01/02/2017	(*)	
01/03/2017	1,893	2.298,418	01/03/2017	6,943	2.293,921	01/03/2017	(*)	
03/04/2017	1,995	2.298,316	18/04/2017	6,972	2.293,892	01/04/2017	(*)	
08/05/2017	2,368	2.297,943	08/05/2017	7,050	2.293,814	01/05/2017	(*)	
01/06/2017	2,506	2.297,805	02/06/2017	7,085	2.293,779	01/06/2017	(*)	
01/07/2017	2,559	2.297,752	05/07/2017	7,083	2.293,781	06/07/2017	1,929	2.297,996
09/08/2017	2,615	2.297,696	09/08/2017	7,090	2.293,774	03/08/2017	1,953	2.297,972
21/09/2017	2,552	2.297,759	23/09/2017	7,095	2.293,769	07/09/2017	1,989	2.297,936
04/10/2017	2,688	2.297,623	03/10/2017	7,114	2.293,750	06/10/2017	2,007	2.297,918
01/11/2017	3,023	2.297,288	02/11/2017	7,122	2.293,742	09/11/2017	2,011	2.297,914
12/12/2017	3,110	2.297,201	13/12/2017	7,150	2.293,714	01/12/2017	2,023	2.297,902
ES-02			ES-03			ES-04		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
01/01/2017	(*)		01/01/2017	(*)		18/01/2017	2,067	2.297,805
01/02/2017	(*)		01/02/2017	(*)		23/02/2017	2,015	2.297,857
01/03/2017	(*)		01/03/2017	(*)		09/03/2017	1,724	2.298,148
01/04/2017	(*)		01/04/2017	(*)		06/04/2017	1,766	2.298,106
01/05/2017	(*)		01/05/2017	(*)		04/05/2017	1,834	2.298,038
01/06/2017	(*)		01/06/2017	(*)		22/06/2017	1,795	2.298,077
01/07/2017	(*)		06/07/2017	1,562	2.297,975	06/07/2017	1,813	2.298,059
01/08/2017	(*)		03/08/2017	1,587	2.297,950	03/08/2017	1,840	2.298,032
01/09/2017	(*)		07/09/2017	1,611	2.297,926	07/09/2017	1,877	2.297,995
06/10/2017	1,920	2.297,854	06/10/2017	1,641	2.297,896	06/10/2017	1,902	2.297,970
09/11/2017	1,921	2.297,853	09/11/2017	1,646	2.297,891	09/11/2017	1,905	2.297,967
07/12/2017	1,934	2.297,840	07/12/2017	1,662	2.297,875	07/12/2017	1,918	2.297,954
ES-05			ES-06			ES-07		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
18/01/2017	1,978	2.297,786	01/01/2017	(*)		01/01/2017	(*)	
23/02/2017	1,904	2.297,860	01/02/2017	(*)		01/02/2017	(*)	
09/03/2017	1,625	2.298,139	01/03/2017	(*)		01/03/2017	(*)	
06/04/2017	1,676	2.298,088	01/04/2017	(*)		01/04/2017	(*)	
04/05/2017	1,744	2.298,020	01/05/2017	(*)		01/05/2017	(*)	
22/06/2017	1,708	2.298,056	01/06/2017	(*)		01/06/2017	(*)	
06/07/2017	1,733	2.298,031	01/07/2017	(*)		01/07/2017	(*)	
03/08/2017	1,757	2.298,007	01/08/2017	(*)		01/08/2017	(*)	
07/09/2017	1,788	2.297,976	01/09/2017	(*)		01/09/2017	(*)	
06/10/2017	1,812	2.297,952	06/10/2017	1,943	2.298,060	06/10/2017	1,887	2.298,129
09/11/2017	1,816	2.297,948	09/11/2017	1,944	2.298,059	09/11/2017	1,891	2.298,125
07/12/2017	1,832	2.297,932	07/12/2017	1,959	2.298,044	07/12/2017	1,902	2.298,114

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Núcleo

ES-08			ES-09			ES-10		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
01/01/2017	(*)		13/01/2017	2,040	2.298,169	13/01/2017	1,932	2.298,083
01/02/2017	(*)		01/02/2017	1,990	2.298,219	01/02/2017	1,886	2.298,129
01/03/2017	(*)		09/03/2017	1,671	2.298,538	09/03/2017	1,559	2.298,456
01/04/2017	(*)		11/04/2017	1,745	2.298,464	11/04/2017	1,640	2.298,375
01/05/2017	(*)		07/05/2017	1,814	2.298,395	07/05/2017	1,710	2.298,305
01/06/2017	(*)		18/06/2017	1,752	2.298,457	18/06/2017	1,645	2.298,370
01/07/2017	(*)		01/07/2017	1,774	2.298,435	01/07/2017	1,664	2.298,351
01/08/2017	(*)		08/08/2017	1,819	2.298,390	08/08/2017	1,710	2.298,305
01/09/2017	(*)		23/09/2017	1,864	2.298,345	23/09/2017	1,761	2.298,254
06/10/2017	1,826	2.298,077	06/10/2017	1,872	2.298,337	06/10/2017	1,768	2.298,247
09/11/2017	1,836	2.298,067	02/11/2017	1,879	2.298,330	02/11/2017	1,776	2.298,239
07/12/2017	1,848	2.298,055	13/12/2017	1,895	2.298,314	13/12/2017	1,793	2.298,222
ES-11			EXP-2-1			First Well		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
01/01/2017	(*)		13/01/2017	3,338	2.297,260	19/01/2017	2,585	2.297,494
01/02/2017	(*)		15/02/2017	3,358	2.297,240	01/02/2017	2,535	2.297,544
01/03/2017	(*)		01/03/2017	3,154	2.297,444	02/03/2017	2,415	2.297,664
01/04/2017	(*)		03/04/2017	3,085	2.297,513	03/04/2017	2,550	2.297,529
01/05/2017	(*)		08/05/2017	3,130	2.297,468	08/05/2017	2,725	2.297,354
01/06/2017	(*)		02/06/2017	3,086	2.297,512	02/06/2017	2,794	2.297,285
06/07/2017	1,594	2.297,992	15/07/2017	3,090	2.297,508	01/07/2017	2,790	2.297,289
03/08/2017	1,633	2.297,953	10/08/2017	3,073	2.297,525	10/08/2017	2,857	2.297,222
07/09/2017	1,661	2.297,925	21/09/2017	3,073	2.297,525	23/09/2017	2,985	2.297,094
06/10/2017	1,691	2.297,895	03/10/2017	3,074	2.297,524	04/10/2017	3,015	2.297,064
09/11/2017	1,702	2.297,884	01/11/2017	3,078	2.297,520	01/11/2017	3,079	2.297,000
07/12/2017	1,710	2.297,876	12/12/2017	3,092	2.297,506	12/12/2017	3,297	2.296,782
P-01			P-02			P-03		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	2,069	2.298,559	14/01/2017	1,835	2.298,600	13/01/2017	2,115	2.298,593
07/02/2017	2,046	2.298,582	03/02/2017	1,823	2.298,612	07/02/2017	2,104	2.298,604
09/03/2017	1,699	2.298,929	07/03/2017	1,591	2.298,844	07/03/2017	1,718	2.298,990
09/04/2017	1,800	2.298,828	05/04/2017	1,635	2.298,800	09/04/2017	1,838	2.298,870
02/05/2017	1,869	2.298,759	02/05/2017	1,710	2.298,725	04/05/2017	1,910	2.298,798
03/06/2017	1,911	2.298,717	03/06/2017	1,727	2.298,708	03/06/2017	1,938	2.298,770
02/07/2017	1,819	2.298,809	02/07/2017	1,634	2.298,801	01/07/2017	1,859	2.298,849
08/08/2017	1,864	2.298,764	16/08/2017	1,664	2.298,771	10/08/2017	1,909	2.298,799
12/09/2017	1,903	2.298,725	12/09/2017	1,697	2.298,738	05/09/2017	1,943	2.298,765
04/10/2017	1,916	2.298,712	05/10/2017	1,720	2.298,715	04/10/2017	1,965	2.298,743
02/11/2017	1,927	2.298,701	04/11/2017	1,727	2.298,708	03/11/2017	1,972	2.298,736
13/12/2017	1,956	2.298,672	06/12/2017	1,752	2.298,683	13/12/2017	1,988	2.298,720

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Núcleo

P-04			P-05			PN-02		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	2,174	2.298,375	15/01/2017	1,260	2.298,584	16/01/2017	1,942	2.298,148
01/02/2017	2,138	2.298,411	05/02/2017	1,259	2.298,585	01/02/2017	1,920	2.298,170
12/03/2017	1,798	2.298,751	13/03/2017	1,030	2.298,814	01/03/2017	1,492	2.298,598
11/04/2017	1,886	2.298,663	05/04/2017	1,054	2.298,790	09/04/2017	1,666	2.298,424
04/05/2017	1,940	2.298,609	02/05/2017	1,105	2.298,739	07/05/2017	1,740	2.298,350
18/06/2017	1,880	2.298,669	18/06/2017	1,053	2.298,791	02/06/2017	1,780	2.298,310
01/07/2017	1,899	2.298,650	15/07/2017	1,059	2.298,785	01/07/2017	1,695	2.298,395
08/08/2017	1,945	2.298,604	29/08/2017	1,099	2.298,745	08/08/2017	1,740	2.298,350
23/09/2017	2,002	2.298,547	24/09/2017	1,125	2.298,719	05/09/2017	1,774	2.298,316
07/10/2017	2,003	2.298,546	05/10/2017	1,137	2.298,707	06/10/2017	1,798	2.298,292
02/11/2017	2,011	2.298,538	28/11/2017	1,145	2.298,699	03/11/2017	1,814	2.298,276
13/12/2017	2,035	2.298,514	05/12/2017	1,182	2.298,662	13/12/2017	1,819	2.298,271
PN-03			PN-04			PN-05B		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
16/01/2017	2,032	2.297,489	01/01/2017	(*)		18/01/2017	2,165	2.298,647
01/02/2017	2,010	2.297,511	01/02/2017	(*)		12/02/2017	2,140	2.298,672
01/03/2017	1,566	2.297,955	01/03/2017	(*)		07/03/2017	1,770	2.299,042
09/04/2017	1,750	2.297,771	01/04/2017	(*)		09/04/2017	1,899	2.298,913
07/05/2017	1,826	2.297,695	01/05/2017	(*)		01/05/2017	1,961	2.298,851
02/06/2017	1,862	2.297,659	01/06/2017	(*)		03/06/2017	2,008	2.298,804
01/07/2017	1,780	2.297,741	01/07/2017	(*)		02/07/2017	1,913	2.298,899
08/08/2017	1,825	2.297,696	01/08/2017	(*)		03/08/2017	1,958	2.298,854
05/09/2017	1,859	2.297,662	01/09/2017	(*)		05/09/2017	1,984	2.298,828
06/10/2017	1,886	2.297,635	06/10/2017	1,818	2.298,308	03/10/2017	2,015	2.298,797
03/11/2017	1,897	2.297,624	03/11/2017	1,834	2.298,292	02/11/2017	2,030	2.298,782
13/12/2017	1,906	2.297,615	13/12/2017	1,842	2.298,284	05/12/2017	2,035	2.298,777
PN-06			PN-07			PN-08A		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	2,081	2.298,409	01/01/2017	(*)		13/01/2017	2,105	2.298,611
02/02/2017	2,055	2.298,435	01/02/2017	(*)		12/02/2017	2,066	2.298,650
09/03/2017	1,695	2.298,795	01/03/2017	(*)		01/03/2017	1,619	2.299,097
09/04/2017	1,807	2.298,683	01/04/2017	(*)		08/04/2017	1,818	2.298,898
07/05/2017	1,881	2.298,609	01/05/2017	(*)		01/05/2017	1,883	2.298,833
03/06/2017	1,913	2.298,577	01/06/2017	(*)		03/06/2017	1,926	2.298,790
02/07/2017	1,826	2.298,664	01/07/2017	(*)		03/07/2017	1,873	2.298,843
08/08/2017	1,879	2.298,611	01/08/2017	(*)		10/08/2017	1,901	2.298,815
05/09/2017	1,899	2.298,591	01/09/2017	(*)		05/09/2017	1,921	2.298,795
03/10/2017	1,928	2.298,562	05/10/2017	1,874	2.298,447	04/10/2017	1,952	2.298,764
03/11/2017	1,943	2.298,547	03/11/2017	1,887	2.298,434	03/11/2017	1,979	2.298,737
13/12/2017	1,952	2.298,538	13/12/2017	1,892	2.298,429	13/12/2017	1,984	2.298,732

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Núcleo

PN-09			PN-10			PN-11		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	1,795	2.297,852	01/01/2017	(*)		01/01/2017	(*)	
05/02/2017	1,713	2.297,934	01/02/2017	(*)		01/02/2017	(*)	
07/03/2017	1,310	2.298,337	01/03/2017	(*)		01/03/2017	(*)	
08/04/2017	1,451	2.298,196	01/04/2017	(*)		01/04/2017	(*)	
02/05/2017	1,512	2.298,135	01/05/2017	(*)		01/05/2017	(*)	
03/06/2017	1,551	2.298,096	01/06/2017	(*)		01/06/2017	(*)	
03/07/2017	1,478	2.298,169	01/07/2017	(*)		01/07/2017	(*)	
10/08/2017	1,526	2.298,121	01/08/2017	(*)		01/08/2017	(*)	
05/09/2017	1,557	2.298,090	01/09/2017	(*)		01/09/2017	(*)	
04/10/2017	1,583	2.298,064	05/10/2017	1,827	2.298,395	03/10/2017	1,806	2.298,604
03/11/2017	1,616	2.298,031	04/11/2017	1,830	2.298,392	03/11/2017	1,824	2.298,586
13/12/2017	1,619	2.298,028	06/12/2017	1,855	2.298,367	13/12/2017	1,825	2.298,585
PN-13			PN-14B			PN-15		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	1,805	2.298,559	16/01/2017	2,170	2.298,272	13/01/2017	1,915	2.298,453
03/02/2017	1,794	2.298,570	12/02/2017	2,155	2.298,287	05/02/2017	1,884	2.298,484
19/03/2017	1,554	2.298,810	07/03/2017	1,844	2.298,598	07/03/2017	1,603	2.298,765
09/04/2017	1,603	2.298,761	05/04/2017	1,922	2.298,520	09/04/2017	1,683	2.298,685
02/05/2017	1,672	2.298,692	02/05/2017	1,992	2.298,450	07/05/2017	1,751	2.298,617
03/06/2017	1,705	2.298,659	18/06/2017	1,902	2.298,540	19/06/2017	1,668	2.298,700
02/07/2017	1,584	2.298,780	02/07/2017	1,939	2.298,503	03/07/2017	1,684	2.298,684
17/08/2017	1,650	2.298,714	17/08/2017	1,992	2.298,450	08/08/2017	1,714	2.298,654
12/09/2017	1,659	2.298,705	12/09/2017	2,016	2.298,426	05/09/2017	1,735	2.298,633
05/10/2017	1,688	2.298,676	05/10/2017	2,031	2.298,411	05/10/2017	1,778	2.298,590
28/11/2017	1,706	2.298,658	04/11/2017	2,046	2.298,396	03/11/2017	1,793	2.298,575
06/12/2017	1,713	2.298,651	06/12/2017	2,067	2.298,375	13/12/2017	1,797	2.298,571
PN-16B			PN-18			PN-19		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
16/01/2017	1,620	2.298,795	18/01/2017	2,060	2.297,653	18/01/2017	1,995	2.297,455
12/02/2017	1,626	2.298,789	23/02/2017	1,988	2.297,725	23/02/2017	1,910	2.297,540
13/03/2017	1,442	2.298,973	09/03/2017	1,739	2.297,974	09/03/2017	1,745	2.297,705
05/04/2017	1,431	2.298,984	06/04/2017	1,750	2.297,963	06/04/2017	1,705	2.297,745
02/05/2017	1,471	2.298,944	04/05/2017	1,813	2.297,900	04/05/2017	1,761	2.297,689
18/06/2017	1,427	2.298,988	22/06/2017	1,843	2.297,870	22/06/2017	1,762	2.297,688
15/07/2017	1,401	2.299,014	06/07/2017	1,828	2.297,885	06/07/2017	1,760	2.297,690
11/08/2017	1,416	2.298,999	03/08/2017	1,837	2.297,876	03/08/2017	1,776	2.297,674
24/09/2017	1,465	2.298,950	07/09/2017	1,855	2.297,858	07/09/2017	1,801	2.297,649
05/10/2017	1,481	2.298,934	06/10/2017	1,884	2.297,829	06/10/2017	1,830	2.297,620
04/11/2017	1,480	2.298,935	09/11/2017	1,896	2.297,817	09/11/2017	1,840	2.297,610
05/12/2017	1,542	2.298,873	07/12/2017	1,907	2.297,806	07/12/2017	1,855	2.297,595

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-18 (Cont.) Resultados de Niveles en Sector Núcleo

S-1			S-2			S-3		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
13/01/2017	1,940	2.298,573	13/01/2017	1,925	2.298,408	18/01/2017	2,030	2.298,461
02/02/2017	1,921	2.298,592	02/02/2017	1,813	2.298,520	06/02/2017	1,987	2.298,504
07/03/2017	1,560	2.298,953	07/03/2017	1,448	2.298,885	07/03/2017	1,635	2.298,856
09/04/2017	1,683	2.298,830	09/04/2017	1,570	2.298,763	09/04/2017	1,758	2.298,733
02/05/2017	1,750	2.298,763	02/05/2017	1,633	2.298,700	02/05/2017	1,819	2.298,672
03/06/2017	1,790	2.298,723	03/06/2017	1,673	2.298,660	03/06/2017	1,858	2.298,633
02/07/2017	1,684	2.298,829	02/07/2017	1,565	2.298,768	02/07/2017	1,753	2.298,738
08/08/2017	1,746	2.298,767	08/08/2017	1,635	2.298,698	08/08/2017	1,824	2.298,667
12/09/2017	1,772	2.298,741	12/09/2017	1,654	2.298,679	12/09/2017	1,838	2.298,653
04/10/2017	1,790	2.298,723	04/10/2017	1,660	2.298,673	04/10/2017	1,845	2.298,646
04/11/2017	1,807	2.298,706	04/11/2017	1,685	2.298,648	04/11/2017	1,873	2.298,618
06/12/2017	1,823	2.298,690	13/12/2017	1,654	2.298,679	06/12/2017	1,845	2.298,646
S-4			Sample-4A			Well IK-1		
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)	Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)
18/01/2017	1,822	2.298,389	18/01/2017	6,312	2.294,876	19/01/2017	1,869	2.298,547
01/02/2017	1,789	2.298,422	02/02/2017	6,317	2.294,871	01/02/2017	1,956	2.298,460
09/03/2017	1,468	2.298,743	01/03/2017	6,346	2.294,842	01/03/2017	1,978	2.298,438
09/04/2017	1,452	2.298,759	18/04/2017	6,347	2.294,841	03/04/2017	2,154	2.298,262
04/05/2017	1,602	2.298,609	08/05/2017	6,380	2.294,808	08/05/2017	2,364	2.298,052
02/06/2017	1,645	2.298,566	02/06/2017	6,398	2.294,790	02/06/2017	2,465	2.297,951
01/07/2017	1,570	2.298,641	05/07/2017	6,422	2.294,766	01/07/2017	2,445	2.297,971
08/08/2017	1,614	2.298,597	09/08/2017	6,445	2.294,743	09/08/2017	2,551	2.297,865
23/09/2017	1,664	2.298,547	23/09/2017	6,503	2.294,685	21/09/2017	(***)	
07/10/2017	1,675	2.298,536	03/10/2017	6,510	2.294,678	31/10/2017	2,764	2.297,769
02/11/2017	1,680	2.298,531	02/11/2017	6,554	2.294,634	01/11/2017	2,887	2.297,646
13/12/2017	1,691	2.298,520	13/12/2017	6,604	2.294,584	12/12/2017	2,925	2.297,608
Zanja Camino a Peine								
Fecha	Prof. Medida (m)	Cota Nivel Agua (m s.n.m.)						
14/01/2017	1,073	2.299,185						
14/02/2017	1,060	2.299,198						
02/03/2017	0,830	2.299,428						
03/04/2017	0,800	2.299,458						
02/05/2017	0,850	2.299,408						
02/06/2017	0,934	2.299,324						
01/07/2017	0,881	2.299,377						
08/08/2017	0,867	2.299,391						
05/09/2017	0,895	2.299,363						
04/10/2017	0,920	2.299,338						
13/11/2017	0,935	2.299,323						
04/12/2017	0,953	2.299,305						

(*) Medición interrumpida, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

(**) Valores descartados por error en la medición.

(***) Piezómetro Well-IK-1 no se pudo medir al encontrarse averiado (brocal, soporte de cemento y tramo de PVC cortado).

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que los demás sectores, el Núcleo se ha analizado por zonas, para facilitar la comprensión de las gráficas y sus análisis. En la Tabla 5-19, se presentan los pozos y zonas del Sector Núcleo que coinciden con los colores de las etiquetas de la Figura 5-55.

Tabla 5-19 Pozos por zona en Sector Núcleo

Zonas del Sector Núcleo			
Zona Núcleo Oeste	Zona de Producción	Zona Núcleo Este	Zona Núcleo Centro Norte
Sample -4	CL-2-1	S-1	ES-01
Sample-4A	CL-2	S-2	ES-02
CS-01	CL-10	S-3	ES-03
Zanja Cordillera de la Sal	CL-11	S-4	ES-04
	CL-12	Zanja Camino a Peine	ES-05
	CL-13	P-01	ES-06
	CL-14	P-02	ES-07
	CL-14-1	P-03	ES-08
	CL-16	P-04	ES-09
	CL-16-1	P-05	ES-10
	CL-17	PN-05B	ES-11
	CL-18	PN-08A	PN-18
	CL-26	PN-14B	PN-19
	CL-26-1	PN-16B	
	CL-27	PN-02	
	CL-28	PN-03	
	CL-29	PN-04	
	CL-30	PN-06	
	CL-31	PN-07	
	CL-32	PN-09	
	CL-33	PN-10	
	CL-34	PN-11	
	CL-34-1	PN-13	
	First Well	PN-15	
	Well-IK	CL-6	
	Well-IK-1		
	EXP-2		
	EXP-2-1		

Fuente: Elaboración propia.

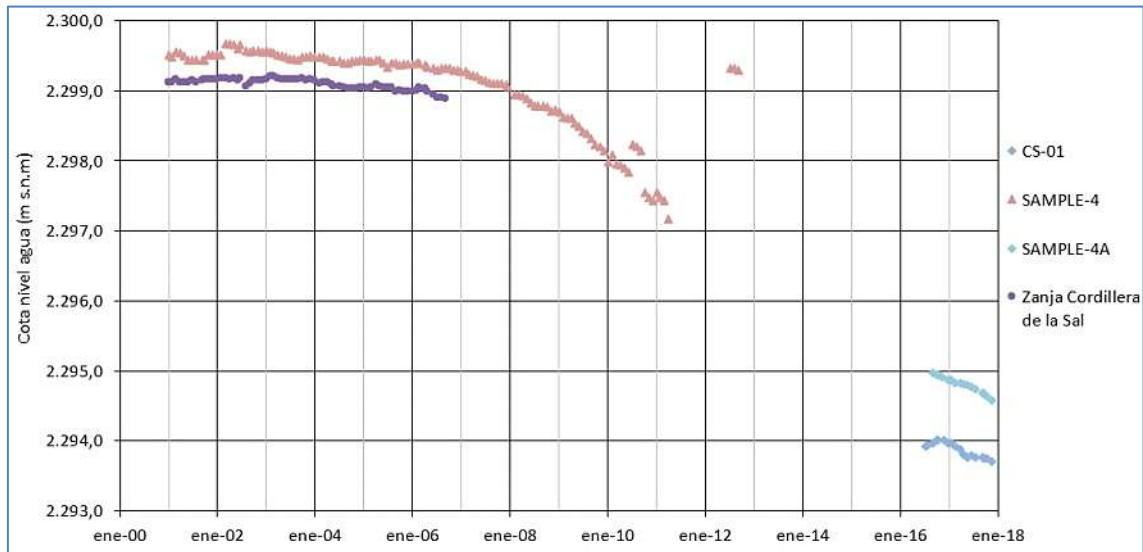
Los resultados que se presentan a continuación, se han ordenado por zonas dentro del Sector Núcleo, comenzando primero por zona Oeste, luego en la zona de los pozos de producción Albemarle, que se ubican en el área de extracción de Salmuera de esta compañía, siguiendo por la zona Este y finalmente abordando la zona plena del Centro Norte del núcleo, en puntos más alejados de la zona de producción (ver Figura 5-55).

Zona Núcleo Oeste

En la Figura 5-56 se presenta la variación de niveles asociado a los puntos en la zona Núcleo Oeste: puntos Zanja Cordillera de la Sal, CS-01, Sample-4 y Sample-4A. Cabe recordar que los pozos CS-01 y Sample-4A reemplazan los antiguos pozos Zanja Cordillera de la Sal y Sample-4, respectivamente, y los registros monitoreados se retomaron en Agosto y Septiembre 2016.

Los registros de estos pozos muestran descensos totales de aproximadamente 5,5 metros en 17 años (2001 al 2017) claramente influenciados por los conos de descenso de niveles de las explotaciones de salmuera en el núcleo del Salar.

Figura 5-56 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo Oeste: Zanja Cordillera de la Sal, CS-01, Sample 4 y, Sample 4A

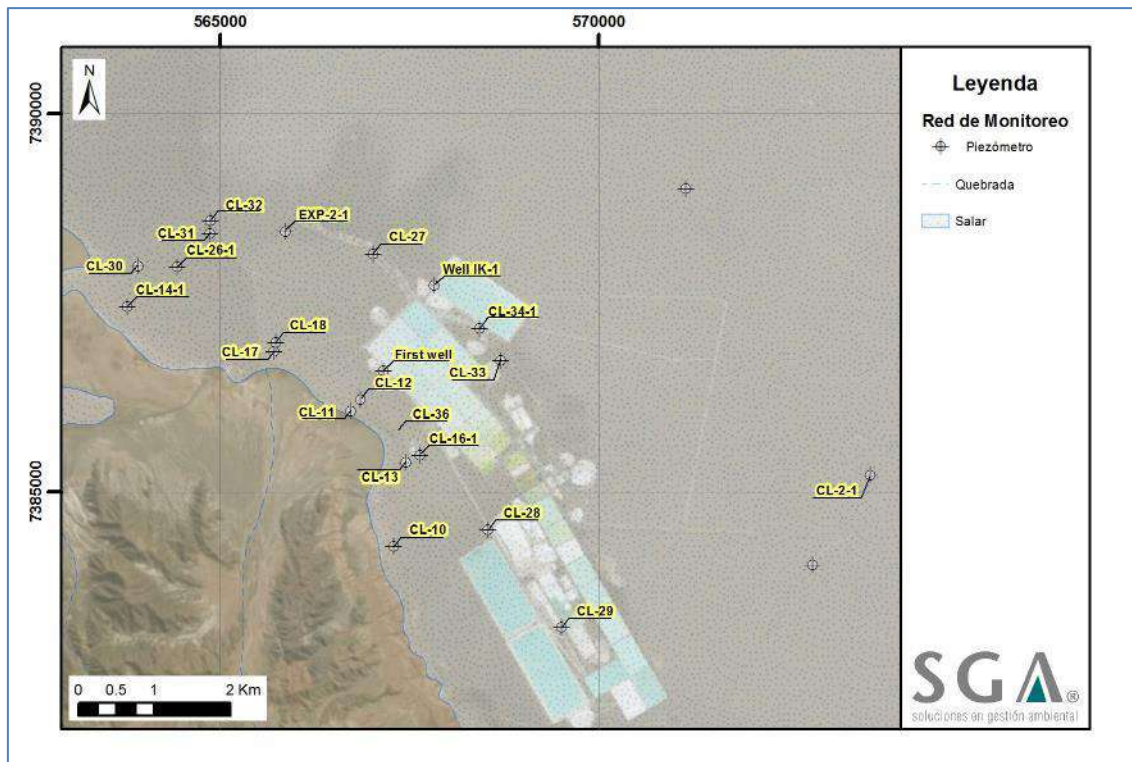


Fuente: Elaboración propia.

Zona de Producción Albemarle

Los puntos ubicados en esa zona se presentan en el mapa de la Figura 5-57. Estos pozos se ubican por sobre el Cordón de Lila, en el entorno de la planta de Albemarle.

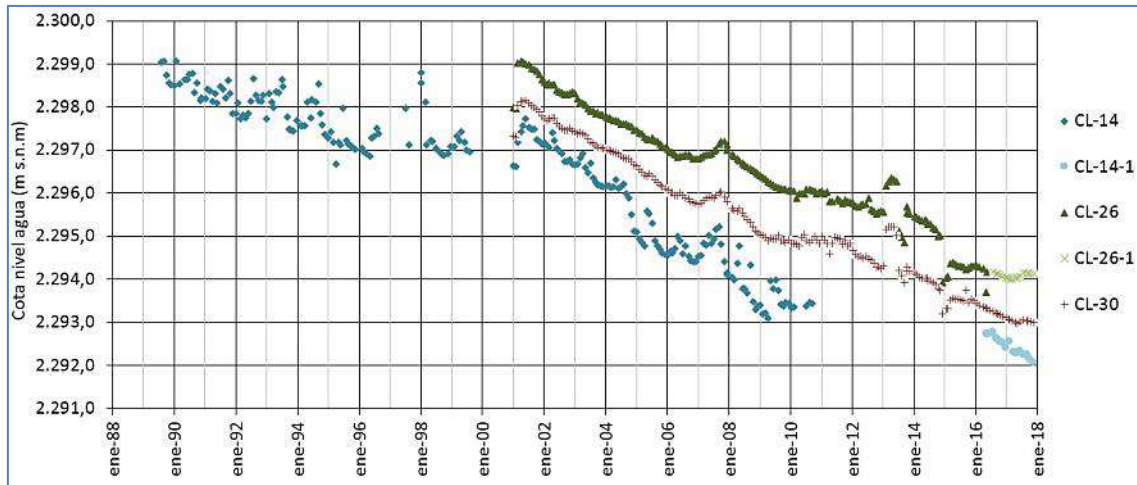
Figura 5-57 Zona de Producción – Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia.

Desde la Figura 5-58 a la Figura 5-64 se presenta la variación temporal de los niveles de los pozos de la denominada zona de producción, donde se muestra que los niveles de los pozos CL-14-1 y CL-30 son los que presentan los registros de cotas más bajas, con mínimos registrados en Diciembre 2017 de 2.292,06 m s.n.m. y 2.292,99 m s.n.m., respectivamente. Todos los pozos han mostrado tendencia al descenso los últimos 17 años, y para los pozos CL-30 y CL-26/CL-26-1 se observa una tasa de descenso similar, sin embargo para CL-26-1 se observa de la gráfica que la tasa habría disminuido haciéndose más suave.

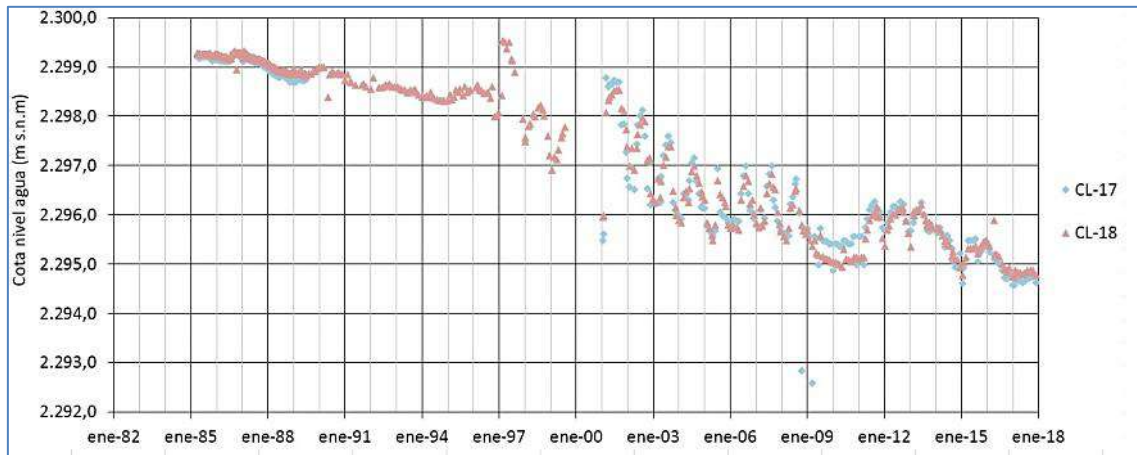
Figura 5-58 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-14, CL-14-1, CL-26, CL-26-1 y CL-30



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-59 se presentan los niveles registrados para los pozos CL-17 y CL-18, con data histórica desde 1985 a Diciembre 2017. Estos pozos se ubican más cerca de las pozas de evaporación, y cercanos a condición de borde de roca. Se observan variaciones anuales, y tendencia al descenso en el tiempo. Para el año 2017 se observa que la tasa de descenso habría disminuido haciéndose más suave.

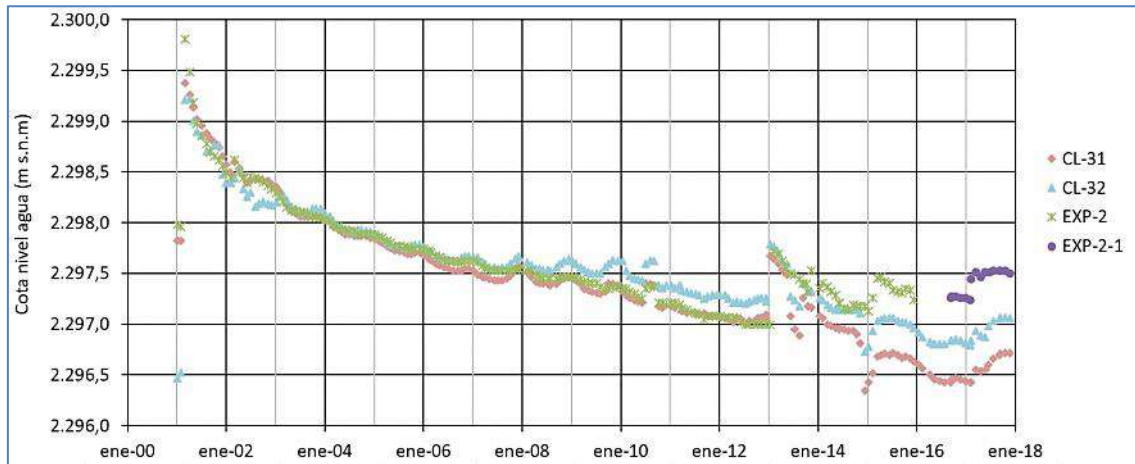
Figura 5-59 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-17 y CL-18



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-60 se presenta las variaciones temporales de los niveles de los pozos CL-31, CL-32, EXP-2 y EXP-2-1. Estos pozos se ubican un poco más al norte de los pozos CL-17 y CL-18 y de la gráfica se observa que presentan la misma tendencia al descenso hasta finales del año 2015, sólo diferenciándose en los valores de sus cotas, mientras que en el año 2016 se registró una estabilización de los descensos para presentar tendencia al aumento de los niveles durante el 2017.

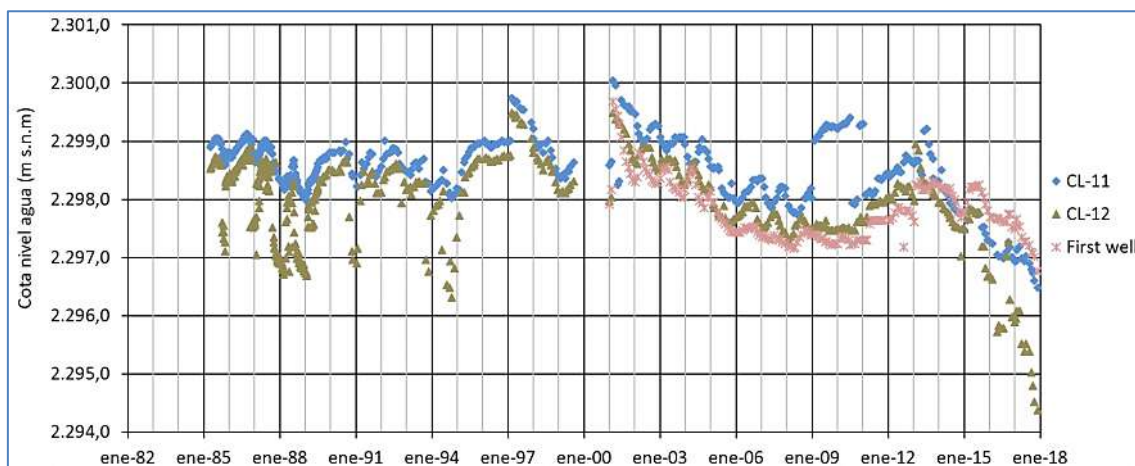
Figura 5-60 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-31, CL-32, EXP-2 y EXP-2-1



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-61 muestra la gráfica para los pozos CL-11, CL-12 y First Well, los cuales son pozos de observación antiguos y aún vigentes, de los cuales CL-11 y CL-12 se ubican cercano a condición de borde, entre las pozas de evaporación y el Cordón de Lila. Se observa en estos pozos grandes variaciones anuales, en respuesta de los bombeos y recuperaciones del sector, como también variaciones estacionales. A partir del año 2001 hasta Febrero del 2010 se observa una tendencia al descenso de los niveles. Después de ello, se observa una clara recuperación de éstos en los 3 pozos, hasta Febrero del 2013, desde donde comienzan nuevamente a registrarse descensos, con una tasa alta en el pozo CL-12 durante el año 2017. Estos pozos, al estar más cercanos a una condición de borde muestran mayor variabilidad que el pozo First Well. Este último no muestra tendencia al descenso como los anteriores.

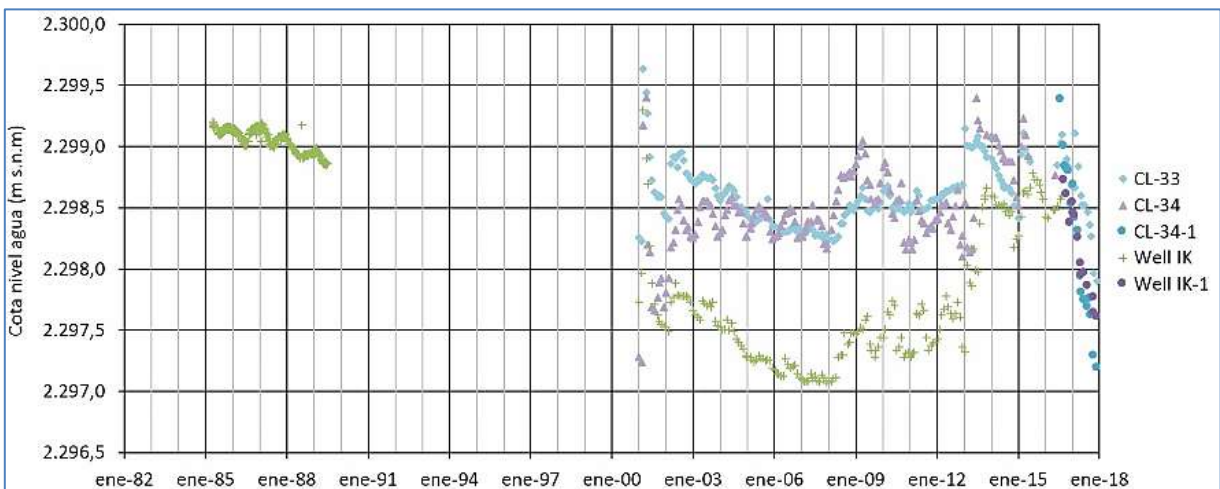
Figura 5-61 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-11, CL-12 y First Well



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-62 muestra la gráfica para los pozos CL-33, CL-34, CL-34-1, Well-IK y Well-IK-1. El pozo Well-IK presenta registros históricos antiguos, desde 1985, y se retomaron sus mediciones en el año 2001. Junto con ello, en el 2016 se vuelve a construir y se denomina Well-IK-1, dándole continuidad a los registros. De la gráfica temporal, se observa que los pozos muestran tendencia a la recuperación de sus niveles, siendo para Well-IK desde el año 2008 una tendencia más fuerte al ascenso de sus niveles hasta el año 2016. Mientras que durante el 2017 registraron un fuerte descenso en los niveles, acumulando aproximadamente 2 m en el transcurso del año relacionado a la explotación de salmuera.

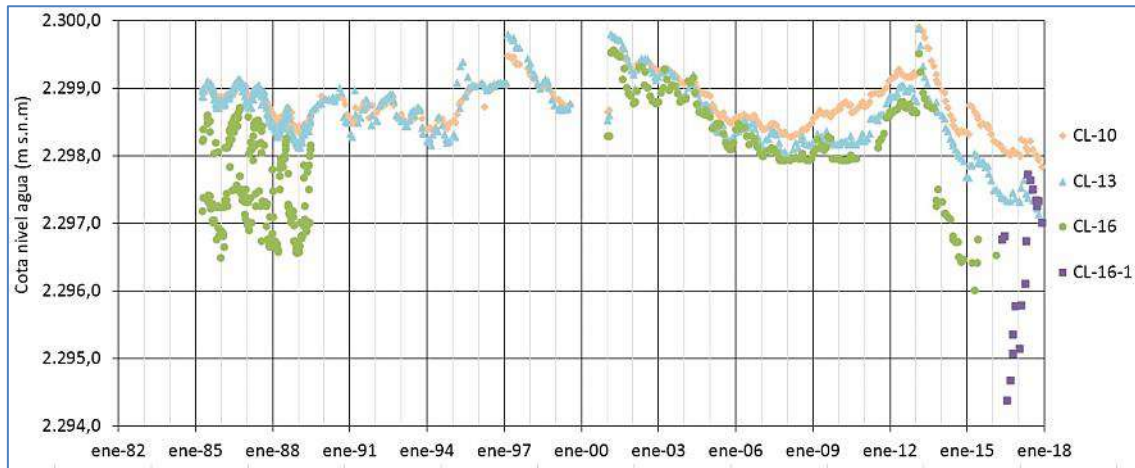
Figura 5-62 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo: CL-33, CL-34, CL-34-1, Well-IK y Well-IK-1



Fuente: Elaboración propia.

Los pozos CL-10, CL-13, CL-16 y CL-16-1 se presentan en la Figura 5-63, lo cuales se ubican entre el Cordón de Lila y las pozas de evaporación de Albemarle. El pozo CL-16, reemplazado por CL-16-1, refleja los regímenes de explotación, por cuanto presenta periodos de descenso sostenido para continuar con un periodo de recuperación. Por otro lado, los pozos CL-10 y CL-13, presentan un comportamiento sincrónico entre ellos y con el pozo CL-16. Se evidencian descensos y recuperaciones, siendo el periodo del año 2017 uno en el cual se presentan aumentos durante el primer semestre y descensos durante la segunda mitad del año.

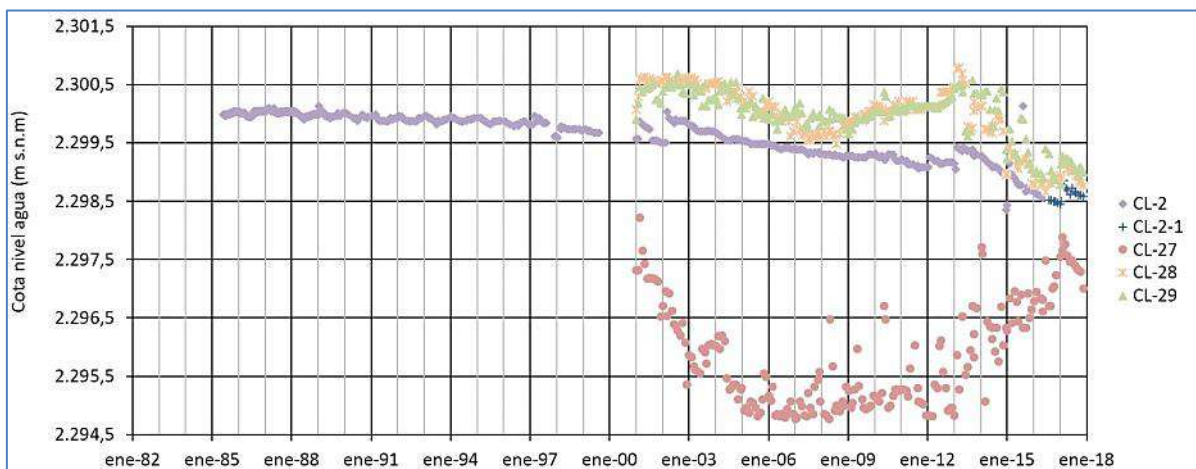
Figura 5-63 Variación Temporal Niveles Sector Núcleo: CL-10, CL-13, CL-16 y CL-16-1



Fuente: Elaboración propia.

Finalizando la zona de producción, en la Figura 5-64, se muestran los niveles de los pozos CL-2, CL-2-1, CL-27, CL-28 y CL-29. Los pozos CL-28 y CL-29 muestran una tendencia a la recuperación marcada a partir de enero 2009 hasta 2013 y a partir de esa fecha un nuevo descenso. El pozo CL-2, reemplazado por CL-2-1, también muestra la recuperación en el 2013, pero en menor magnitud y con menor tendencia a la baja que CL-28 y CL-29. En cuanto al punto CL-27, este corresponde a un nivel dinámico; ya que es un pozo de bombeo.

Figura 5-64 Variación Temporal Niveles Sector Núcleo: CL-2, CL-2-1, CL-27, CL-28 y CL-29

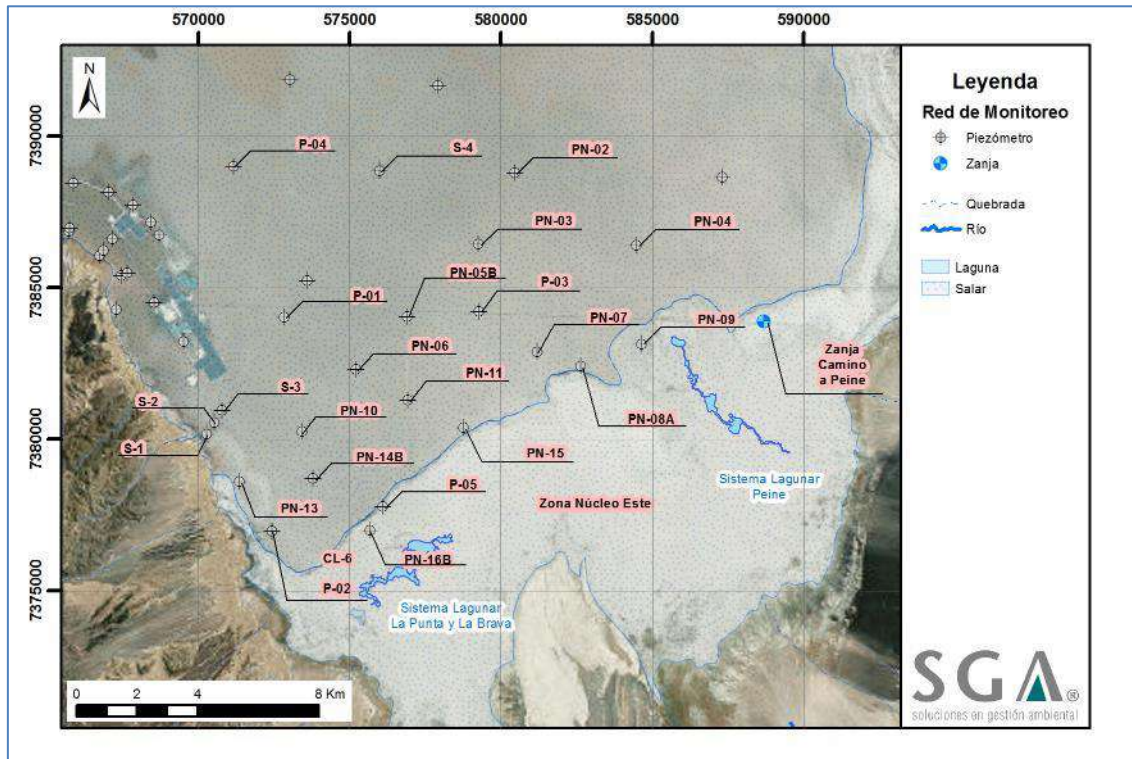


Fuente: Elaboración propia.

Zona Núcleo Este

Los puntos ubicados en esta zona se presentan en el mapa de la Figura 5-65.

Figura 5-65 Zona Núcleo Este – Sector Núcleo

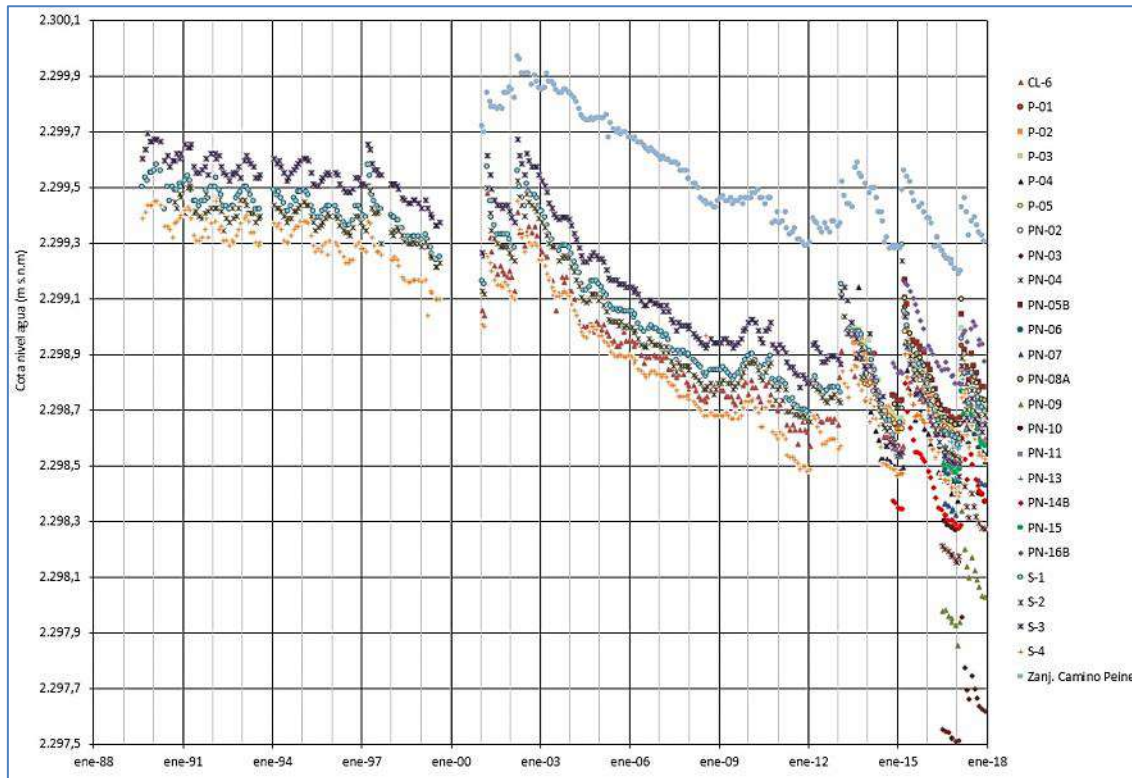


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-66 se presentan las variaciones históricas de nivel para la zona denominada Núcleo Este, donde se encuentran los pozos: Zanja Camino a Peine, S-1, S-2, S-3, S-4, P-01 al P-05, PN-05B, PN-08A, PN-14B, PN-16B, PN-02 al PN-15 y CL-6.

A pesar de estar todos en el Núcleo, se observan diferencias de cotas, con la mayor en punto Zanja Camino a Peine, cercano a la cota 2.300 m s.n.m; y la más baja en puntos PN-03 con cota de 2.297,5.

Figura 5-66 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo, Zona Núcleo Este



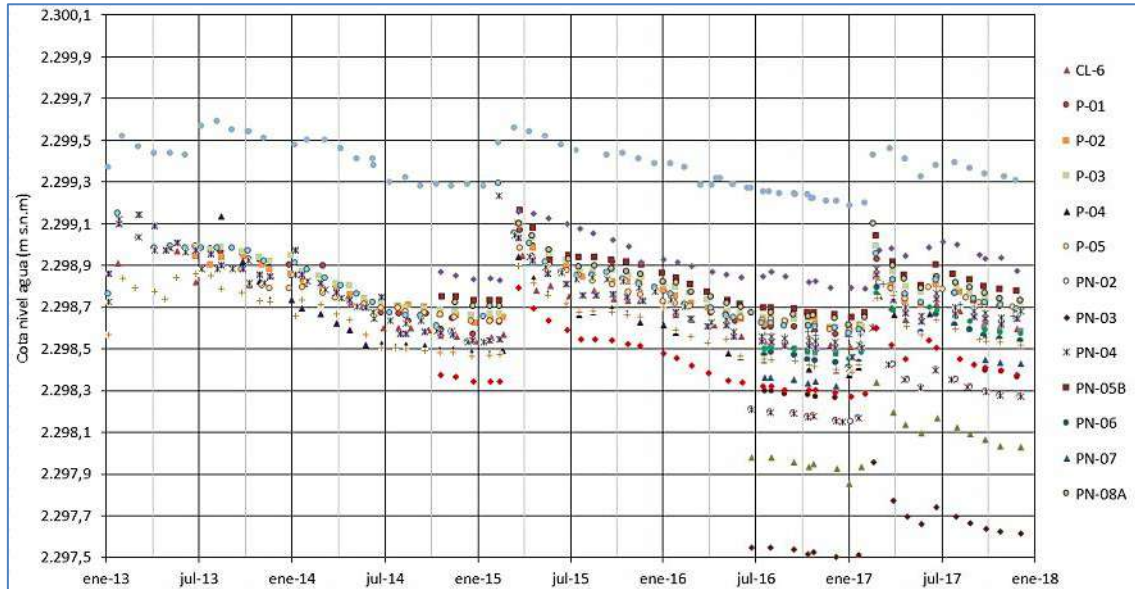
Fuente: Elaboración propia.

De la figura anterior, se tiene que los niveles de los pozos S-1, S-2, S-3, S-4, presentan un comportamiento sincronizado, observándose una tendencia al descenso sostenido, con recuperaciones puntuales, asociados a eventos de precipitación, tales como los saltos que se presentan en el año 2015 y 2017. De esta figura se observa también que el descenso marcado comienza en el año 2001 y en el año 2013 se aprecia un aumento en la tasa de descenso.

Junto con lo anterior se aprecia que el punto Zanja Camino a Peine, se comporta de manera similar a los pozos S-1 al S-4, tendencias de descensos y de recuperaciones, a la vez que se encuentra más alejado de éstos. El pozo CL-6, que es otro de los pozos con mayor data histórica, también se encuentra dentro del rango de las variaciones de los pozos S-1 a S-4.

Para poder visualizar con mayor detalle las variaciones de los pozos que presentan información con data más reciente, desde el 2013 en adelante, se presenta la Figura 5-67.

Figura 5-67 Variación Temporal Niveles en Zona Núcleo Este (2013-2017)



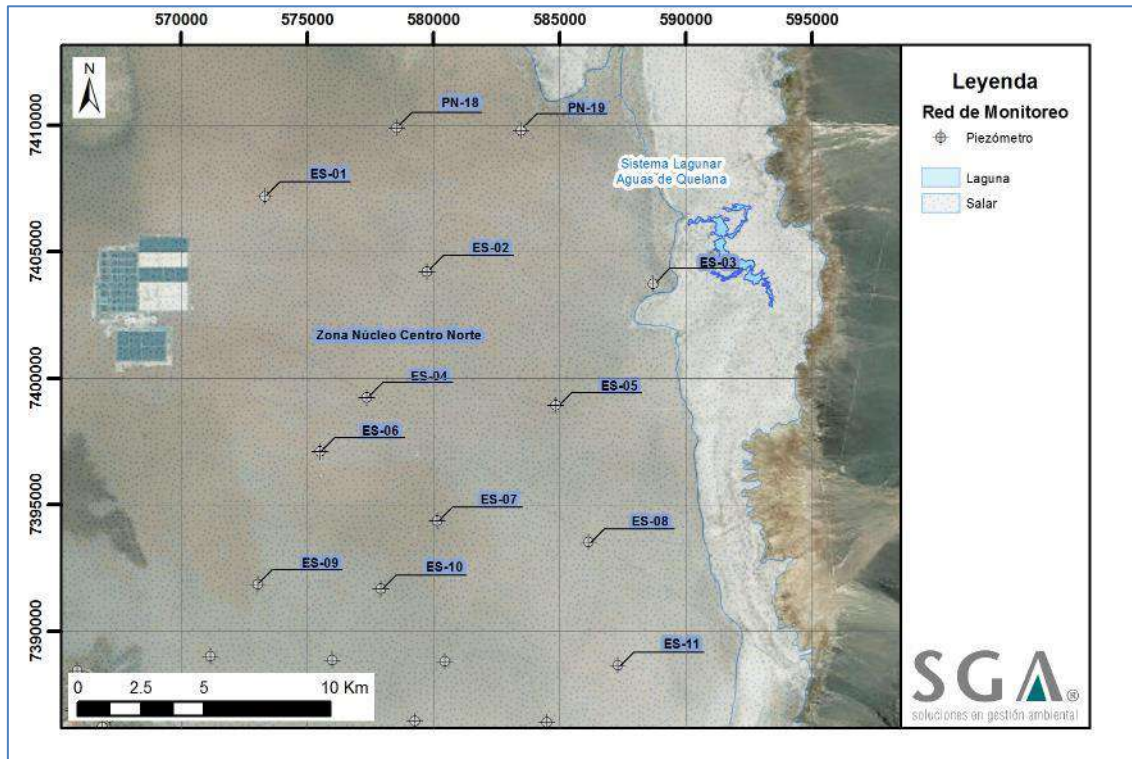
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, los pozos del sector Núcleo Este, muestran un comportamiento sincrónico entre ellos, los cuales indican una tendencia al descenso desde 2001 a la fecha, con respuesta a eventos de precipitación que generan ascensos abruptos y seguidos con el descenso respectivo. También se aprecia que los pozos con pocos registros muestran la misma tendencia que los pozos con mayor número de registros.

Zona Núcleo Centro Norte

Los puntos ubicados en esta zona se presentan en el mapa de la Figura 5-68.

Figura 5-68 Zona Núcleo Centro Norte – Sector Núcleo

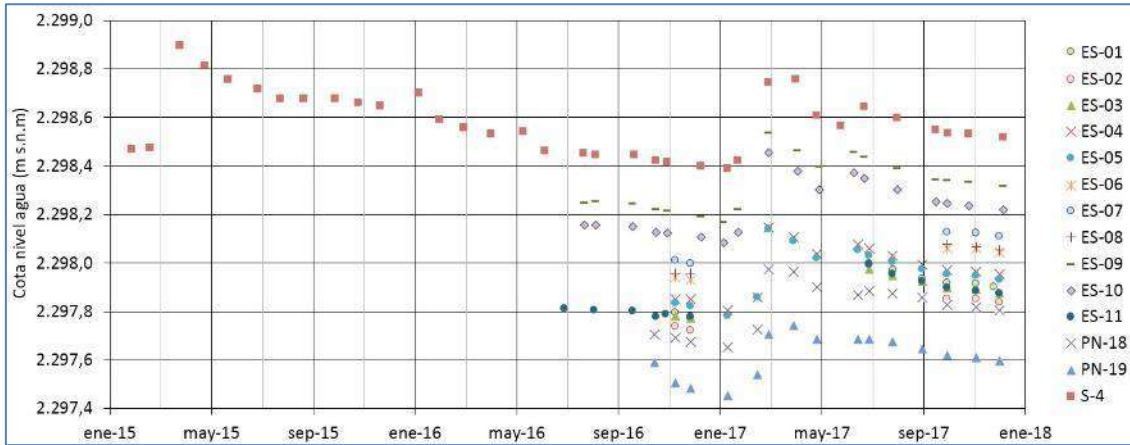


Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de la zona núcleo Centro Norte se presentan en Figura 5-69, con los registros de los pozos ES-06 al ES-11, PN-18, PN-19. En los siguientes gráficos se incluye el pozo S-4 sólo a modo de referencia de manera de apreciar las tendencias de cada sector. Todos los pozos de la zona Núcleo Centro Norte cuentan con datos desde 2016, por lo que no es posible aún hacer un análisis del comportamiento histórico. Sin embargo, es posible mencionar que, en el período de registros se visualiza una tendencia al descenso, similar a la tasa de descenso del del pozo S-4, pero con un ascenso posterior a Enero y Febrero 2017 que se debería a lluvias del 2017.

En este sector los pozos que presentan las cotas más bajas corresponden a PN-18, PN-19 y ES-02, los que se ubican más cercanos a las instalaciones de SQM. Asimismo, el pozo ES-11 es de aquellos que presentan las menores cotas.

Figura 5-69 Variación Temporal Niveles en Sector Núcleo Centro Norte



Fuente: Elaboración propia.

Considerando todos los registros y análisis presentados para la zona del Núcleo, a modo de resumen se puede decir que:

- Los pozos ubicados cerca de la zona de extracción de salmuera, son los que presentan las mayores tasas de descensos en el tiempo.
- Los pozos de monitoreo de niveles que se ubican cercanos a condiciones de borde, como el cordón de Lila, presentan variaciones, descensos y recuperaciones marcadas, sujetas a las recargas del sistema.
- Los pozos de monitoreo de niveles, ubicados en zonas más alejadas del campo de extracción de salmuera, muestran descensos en sus niveles para el año 2017.
- El pozo que presenta las cotas más bajas a Diciembre 2017, en la zona del Núcleo Este, considerando la zona sur desde la zona de extracción de salmuera de Albemarle, corresponde al pozo PN-03, con cotas que fluctúan alrededor de 2.297,5 m s.n.m.
- Los pozos que presentan las cotas más bajas, considerando la zona Este y Norte del núcleo, desde el campo de explotación de Salmuera de Albemarle, corresponden a los pozos PN-18, PN-19 y ES-02, los que se ubican más cercanos a las instalaciones de SQM (cotas entre 2.297,4 a 2.298,0 m s.n.m).

5.7 Posición de la Interfase Salina

Para determinar la posición de la interfase salina se realizan perfiles de conductividad eléctrica en profundidad de la columna de agua de los pozos. Durante las mediciones también se obtiene la temperatura del agua en cada profundidad medida. La posición de la interfase salina corresponde a aquella profundidad en la cual se detecta un cambio importante en la conductividad eléctrica del fluido pasando gradualmente de aguas salobres del acuífero a la salmuera que las subyace. Los resultados de estos perfiles se presentan desde la Tabla 5-21 hasta la Tabla 5-33, mientras que la Tabla 5-20 muestra un resumen de los puntos donde se efectuó el monitoreo de la posición de la interfase salina.

Tabla 5-20 Puntos que miden Cuña Salina

Punto o Estación	Sector PSAH	Fecha de Construcción
MP-01C	La Punta-La Brava	Septiembre 2013
MP-03C	La Punta-La Brava	Septiembre 2013
MP-04C	La Punta-La Brava	Septiembre 2013
MP-05C	La Punta-La Brava	Septiembre 2013
MP-06C	La Punta-La Brava	Agosto 2013
MP-09C	La Punta-La Brava	Agosto 2016
MP-07C	Sector Peine	Agosto 2016
MP-07C-1	Sector Peine	Julio 2017
MPS-AC	Sector Peine	Septiembre 2013
MPS-CC	Sector Peine	Septiembre 2013
PP-01	Sector Peine	Julio 2016
PP-02	Sector Peine	Agosto 2016
PP-03	Sector Peine	Julio 2016
MP-12C	Sector Norte y Borde Este	Agosto 2016

Fuente: Elaboración propia.

En los casos en que los pozos cuenten con datos de años pasados, se realizan gráficas de los perfiles de conductividad eléctrica con los registros históricos y con las campañas realizadas en el 2017.

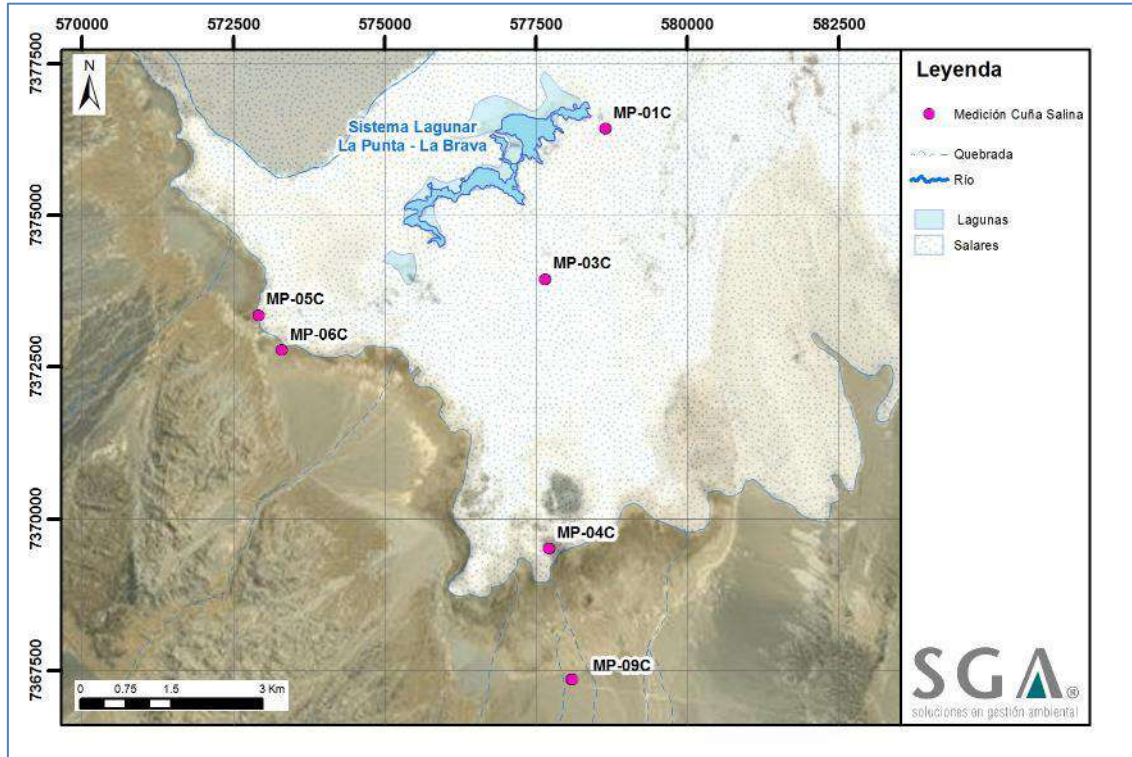
Como fue descrito en la sección 4.2.5 de este informe, el pozo MP-07C fue reemplazado, e informado a la autoridad, por el pozo MP-07C-1 en Julio de 2017, ya que el primero no interceptó la cuña salina.

A continuación, se presentaran los análisis de los datos obtenidos, los cuales serán separados por sector.

5.7.1 Sector La Punta-La Brava

En la Figura 5-70 se muestran los puntos en los que se realizaron mediciones de la posición de la interfase salina correspondientes a este sector, éstos son: MP-01C, MP-03C, MP-04C, MP-05C, MP-06C y MP-09C.

Figura 5-70 Mapa Ubicación Puntos de medición de Posición Interfase Salina en Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los registros de la conductividad eléctrica (C.E.), profundidad y temperatura de los distintos pozos obtenidos en las campañas realizadas en el año 2017, mientras en Anexo G de este Informe se presentan los registros históricos de la medición de esta variable.

Tabla 5-21 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-01C, Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MP-01C											
Fecha Campaña											
17-01-2017			05-04-2017			17-07-2017			07-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
0,7	59.790	15,30	0,6	56.700	15,80	2,0	57.620	15,21	0,7	57.020	15,20
1,0	59.710	15,30	1,0	63.400	15,70	4,0	57.600	15,20	1,0	57.270	15,20
2,0	59.690	15,29	1,5	65.900	15,70	6,0	58.730	15,20	1,5	57.220	15,20
4,0	60.690	15,30	2,0	69.100	15,70	8,0	58.890	15,20	2,0	57.210	15,20
6,0	61.180	15,30	2,5	74.400	15,60	10,0	59.200	15,20	3,0	57.860	15,20
8,0	61.190	15,30	3,0	76.800	15,60	10,5	60.490	15,19	4,0	58.290	15,20
10,0	63.640	15,29	3,5	79.700	15,60	11,0	61.420	15,19	5,0	58.320	15,20
11,0	68.160	15,26	4,0	81.100	15,60	11,5	64.580	15,18	6,0	58.550	15,20
11,5	75.850	15,23	4,5	81.400	15,60	12,0	68.980	15,16	7,0	58.460	15,20
12,0	107.400	15,05	5,0	81.700	15,60	12,5	172.600	14,88	8,0	58.610	15,20
12,2	178.500	14,90	5,5	82.300	15,60	13,0	240.600	15,10	9,0	58.810	15,20
12,4	259.100	15,21	6,0	82.100	15,60	14,0	241.100	15,17	10,0	59.880	15,19
12,6	259.100	15,23	6,5	82.500	15,60	16,0	241.500	15,18	10,5	60.430	15,19
12,8	259.100	15,23	7,0	82.400	15,60	18,0	241.100	15,14	11,0	60.700	15,19
13,0	259.100	15,23	7,5	82.900	15,60	20,0	241.500	15,13	11,5	64.100	15,17
13,5	259.100	15,22	8,0	83.100	15,60	22,0	241.400	15,10	12,0	69.920	15,14
14,0	259.100	15,23	9,0	84.000	15,60	24,0	241.600	15,07	12,2	81.100	15,06
16,0	259.100	15,22	10,0	83.400	15,60	26,0	241.600	15,02	12,4	115.500	14,92
18,0	258.100	15,20	11,0	92.300	15,50	28,0	241.400	15,01	12,6	250.100	15,14
20,0	258.200	15,19	11,5	85.200	15,50	29,5	234.000	15,01	12,8	250.500	15,15
22,0	258.100	15,16	12,0	93.600	15,60				13,0	250.700	15,14
24,0	258.100	15,12	12,2	83.100	15,60				13,5	250.700	15,16
26,0	258.100	15,08	12,4	122.900	15,50				14,0	251.300	15,16
28,0	258.100	15,07	12,6	285.600	15,50				15,0	251.500	15,16
29,5	257.500	15,07	12,8	285.600	15,50				16,0	251.700	15,15
29,72	212.100	15,07	13,0	285.600	15,50				18,0	250.800	15,11
			14,0	285.800	15,50				20,0	250.800	15,11
			16,0	285.800	15,50				22,0	250.900	15,08
			18,0	285.400	15,50				24,0	251.000	15,04
			20,0	285.400	15,50				26,0	251.500	14,99

MP-01C											
Fecha Campaña											
17-01-2017			05-04-2017			17-07-2017			07-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
			22,0	285.300	15,30				28,0	251.100	14,99
			24,0	286.100	15,30				29,75	239.800	14,98
			26,0	286.000	15,30						
			28,0	285.600	15,30						

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-22 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-03C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MP-03C											
Fecha Campaña											
17-01-2017			05-04-2017			17-07-2017			08-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
0,7	8.780	14,35	1,0	7.337	16,10	2,0	7.668	14,47	0,8	7.873	14,26
1,0	8.771	14,39	2,0	7.827	15,00	4,0	7.627	14,46	1,0	7.859	14,29
2,0	8.770	14,33	4,0	7.960	14,80	6,0	7.624	14,46	2,0	7.847	14,38
4,0	8.769	14,30	6,0	8.022	14,70	8,0	7.623	14,46	4,0	7.844	14,41
6,0	8.771	14,30	8,0	8.032	14,70	10,0	7.618	14,49	6,0	7.845	14,41
8,0	8.768	14,30	10,0	8.083	14,70	12,0	7.611	14,51	8,0	7.846	14,41
10,0	8.765	14,38	12,0	8.129	14,70	14,0	7.617	14,53	10,0	7.841	14,46
11,0	8.765	14,37	14,0	8.146	14,70	16,0	7.612	14,64	12,0	7.840	14,48
12,0	8.766	14,38	16,0	8.175	14,80	17,0	29.020	14,90	14,0	7.840	14,48
13,0	8.767	14,38	18,0	36.200	15,30	17,5	33.540	15,02	16,0	7.841	14,51
14,0	8.767	14,38	18,5	129.000	15,30	18,0	34.700	15,06	16,5	7.841	14,54
15,0	8.765	14,41	18,7	191.800	15,30	18,2	39.250	15,07	17,0	7.841	14,57
16,0	8.765	14,44	18,9	204.000	15,30	18,4	67.170	15,06	17,2	7.843	14,57
17,0	8.767	14,50	19,1	210.500	15,30	18,6	133.700	15,07	17,4	33.860	14,89
18,0	38.330	15,07	19,3	212.800	15,30	18,8	138.000	15,08	17,6	34.420	14,96
18,2	43.330	15,10	19,5	214.600	15,30	19,0	139.400	15,07	17,8	34.630	15,01
18,4	68.800	15,11	19,7	215.400	15,30	19,5	139.700	15,07	18,0	34.780	15,03
18,6	132.700	15,11	19,9	220.200	15,30	20,0	139.900	15,07	18,2	39.830	15,05
18,8	148.100	15,12	20,1	221.400	15,30	20,5	143.000	15,06	18,4	66.890	15,05
19,0	152.000	15,12	20,3	222.000	15,30	21,0	191.600	15,05	18,6	136.200	15,05
19,2	152.000	15,11	20,5	222.600	15,30	21,5	229.200	15,06	18,8	144.100	15,05
19,4	152.300	15,12	21,0	269.600	15,30	22,0	236.600	15,04	19,0	145.100	15,06
19,6	152.500	15,11	21,5	284.100	15,30	22,5	242.800	15,05	19,2	145.100	15,05
19,8	152.500	15,11	22,0	285.700	15,30	23,0	243.500	15,01	19,4	145.000	15,05
20,0	152.600	15,11	24,0	286.900	15,30	24,0	245.000	15,02	19,6	145.000	15,05
20,2	152.600	15,10	26,0	286.900	15,30	26,0	245.200	14,99	19,8	145.100	15,05
20,4	152.600	15,11	28,0	286.900	15,30	28,0	247.600	14,96	20,0	145.300	15,04
20,6	160.600	15,10							20,2	145.400	15,04
20,8	183.000	15,10							20,4	145.500	15,04

MP-03C											
Fecha Campaña											
17-01-2017			05-04-2017			17-07-2017			08-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
21,0	208.400	15,09							20,6	153.300	15,03
21,2	232.600	15,09							20,8	175.000	15,03
21,4	243.100	15,09							21,0	200.500	15,03
21,6	247.300	15,09							21,2	226.700	15,03
21,8	248.900	15,09							21,4	237.600	15,02
22,0	250.800	15,09							21,6	242.800	15,02
23,0	258.300	15,08							22,0	247.100	15,01
24,0	259.900	15,06							22,5	253.800	15,00
25,0	260.800	15,06							23,0	255.900	15,00
26,0	261.400	15,05							24,0	257.100	14,99
28,0	262.000	15,04							25,0	257.100	14,99
									27,0	257.500	14,97
									28,0	259.600	14,96

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-23 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-04C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MP-04C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2014			05-07-2017			16-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
1,3	4.390	25,71	1,5	4.334	25,50	1,5	3.319	25,56	1,5	4.284	25,66
1,5	4.397	25,80	2,0	4.364	25,60	2,0	3.309	25,67	2,0	4.250	25,65
2,0	4.388	25,74	4,0	4.350	25,60	4,0	3.279	25,68	2,5	4.245	25,65
4,0	4.388	25,72	6,0	4.349	25,60	6,0	3.268	25,69	3,0	4.247	25,65
6,0	4.387	25,72	8,0	4.365	25,60	8,0	3.285	25,69	3,5	4.245	25,65
8,0	4.405	25,72	10,0	4.374	25,60	10,0	3.284	25,69	4,0	4.244	25,65
10,0	4.419	25,72	12,0	4.373	25,60	12,0	3.285	25,69	4,5	4.241	25,65
12,0	4.421	25,73	14,0	4.450	25,60	14,0	3.287	25,69	5,0	4.242	25,65
14,0	4.516	25,73	16,0	4.881	25,60	16,0	3.828	25,69	5,5	4.242	25,65
16,0	4.995	25,73	18,0	5.516	25,60	18,0	4.113	25,69	6,0	4.242	25,65
18,0	5.514	25,73	20,0	6.541	25,60	20,0	5.320	25,69	6,5	4.241	25,65
20,0	6.875	25,73	22,0	7.392	25,60	22,0	5.554	25,70	7,0	4.243	25,65
22,0	7.636	25,73	24,0	7.715	25,70	24,0	5.818	25,70	7,5	4.246	25,65
24,0	7.987	25,74	26,0	8.060	25,70	26,0	6.051	25,71	8,0	4.252	25,65
26,0	8.263	25,75	28,0	8.064	25,70	28,0	6.125	25,72	8,5	4.256	25,65
28,0	8.272	25,75	30,0	9.275	25,70	30,0	6.815	25,73	9,0	4.259	25,65
30,0	9.332	25,77	32,0	9.519	25,70	32,0	7.108	25,74	9,5	4.258	25,65
32,0	9.801	25,77	34,0	10.160	25,70	34,0	7.562	25,75	10,0	4.258	25,65
34,0	10.690	25,78	36,0	10.920	25,70	36,0	8.108	25,76	10,5	4.257	25,65
36,0	11.180	25,80	38,0	11.160	25,70	38,0	8.397	25,78	11,0	4.261	25,65
38,0	11.550	25,82	40,0	12.990	25,70	40,0	10.610	25,80	11,5	4.263	25,65
40,0	13.690	25,84	42,0	15.880	25,70	42,0	11.960	25,82	12,0	4.261	25,65
41,0	15.730	25,85	44,0	17.750	25,80	44,0	13.310	25,84	12,5	4.262	25,66
42,0	16.050	25,85	46,0	19.150	25,80	46,0	14.050	25,87	13,0	4.261	25,65
42,5	16.150	25,86	48,0	34.760	25,80	48,0	26.540	25,90	13,5	4.263	25,65
43,0	16.890	25,87	49,0	50.950	25,90	48,5	30.360	25,90	14,0	4.263	25,65
43,5	17.570	25,87	50,0	99.430	25,90	49,0	40.800	25,91	14,5	4.295	25,65
44,0	18.200	25,88	50,5	122.300	25,90	49,2	45.620	25,91	15,0	4.488	25,66
44,5	18.510	25,88	51,0	149.000	25,90	49,4	50.960	25,91	15,5	4.768	25,65
45,0	18.720	25,89	51,4	163.400	25,90	49,6	57.390	25,92	16,0	5.082	25,65

MP-04C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2014			05-07-2017			16-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
45,5	19.430	25,90	51,6	172.600	25,90	49,8	67.850	25,92	16,5	5.229	25,66
46,0	19.940	25,90	51,8	183.200	25,90	50,0	75.760	25,92	17,0	5.270	25,66
46,5	20.390	25,91	52,0	193.000	25,90	50,2	84.890	25,93	17,2	5.273	25,65
47,0	21.680	25,92	52,2	203.600	25,90	50,4	92.510	25,93	17,4	5.275	25,66
47,5	29.090	25,93	52,5	214.600	25,90	50,6	98.940	25,93	17,6	5.280	25,66
48,0	37.740	25,94	53,0	225.400	25,90	50,8	106.400	25,93	17,8	5.282	25,66
48,2	38.550	25,94	53,5	235.700	25,90	51,0	115.400	25,94	18,0	5.315	25,66
48,4	39.620	25,94	54,0	244.800	25,90	51,2	123.800	25,94	18,2	5.408	25,66
48,6	43.180	25,95	56,0	262.400	25,90	51,4	130.200	25,95	18,4	5.447	25,66
48,8	47.860	25,95	58,0	267.000	26,00	51,6	137.400	25,95	18,6	5.607	25,65
49,0	52.450	25,95	60,0	268.200	26,00	51,8	145.600	25,95	18,8	5.928	25,65
49,2	56.480	25,96	62,0	268.500	26,00	52,0	155.000	25,95	19,0	6.271	25,66
49,4	64.740	25,96	64,0	268.700	26,10	52,2	163.500	25,95	19,2	6.391	25,66
49,6	76.490	25,96	66,0	268.100	26,10	52,4	168.700	25,96	19,4	6.400	25,66
49,8	87.900	25,96	68,0	267.500	26,20	52,6	174.900	25,96	19,6	6.412	25,66
50,0	97.850	25,96	70,0	266.900	26,20	52,8	179.100	25,96	19,8	6.435	25,66
50,2	106.500	25,96	72,0	266.300	26,30	53,0	182.000	25,97	20,0	7.026	25,66
50,4	115.600	25,97	74,0	265.200	26,30	53,2	186.700	25,97	20,2	7.140	25,66
50,6	124.500	25,97	76,0	265.000	26,30	53,4	189.700	25,97	20,4	7.161	25,66
50,8	133.300	25,97	78,0	264.800	26,40	53,6	193.000	25,97	20,6	7.158	25,66
51,0	143.400	25,98	80,0	264.600	26,40	53,8	196.000	25,98	20,8	7.169	25,66
51,2	152.700	25,98	82,0	264.500	26,40	54,0	198.500	25,99	21,0	7.172	25,66
51,4	160.300	25,98	84,0	264.400	26,40	54,2	201.400	25,98	21,2	7.176	25,66
51,6	169.300	25,99	86,0	264.200	26,50	54,4	203.000	25,99	21,4	7.181	25,66
51,8	179.000	25,99	88,0	265.600	26,50	54,6	205.000	26,00	21,6	7.207	25,66
52,0	188.000	25,99	90,0	263.500	26,60	54,8	206.700	26,00	21,8	7.213	25,66
52,2	196.900	25,99	92,0	263.500	26,60	55,0	208.000	26,00	22,0	7.267	25,66
52,4	206.200	26,00	94,0	263.400	26,60	55,5	211.100	26,00	22,2	7.371	25,66
52,6	212.100	26,00	96,0	263.000	26,70	56,0	213.100	26,02	22,4	7.457	25,67
52,8	215.100	26,01	98,0	260.900	26,70	57,0	215.300	26,03	22,6	7.585	25,66
53,0	219.100	26,01	100,0	260.700	26,80	58,0	216.300	26,03	22,8	7.613	25,67

MP-04C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2014			05-07-2017			16-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
53,2	224.100	26,01	102,0	260.200	26,80	60,0	217.200	26,09	23,0	7.754	25,67
53,4	226.400	26,02	104,0	259.800	26,80	62,0	217.700	26,12	23,2	7.775	25,67
53,6	229.500	26,02	106,0	259.300	26,90	64,0	218.500	26,15	23,4	7.831	25,67
53,8	233.300	26,02	108,0	258.700	26,90	66,0	219.300	26,19	23,6	7.836	25,67
54,0	236.600	26,02	110,0	258.600	26,90	68,0	220.100	26,23	23,8	7.835	25,67
54,5	242.500	26,04	112,0	258.600	27,00	70,0	220.400	26,26	24,0	7.856	25,67
55,0	246.700	26,05	114,0	258.600	27,00	74,0	219.400	26,35	24,2	7.847	25,67
56,0	252.700	26,06	116,0	258.500	27,00	78,0	219.100	26,43	24,4	7.848	25,67
57,0	255.300	26,08	117,0	258.500	27,00	82,0	218.900	26,45	24,6	7.849	25,67
58,0	256.600	26,10				86,0	218.500	26,53	24,8	7.850	25,67
60,0	257.700	26,13				90,0	218.400	26,54	25,0	7.842	25,67
62,0	257.900	26,16				94,0	218.700	26,67	25,5	7.850	25,68
66,0	258.500	26,21				98,0	218.700	26,79	26,0	7.851	25,67
70,0	258.300	26,30				102,0	215.200	26,86	26,5	7.851	25,68
74,0	257.200	26,42				106,0	215.000	26,93	27,0	7.850	25,68
78,0	257.300	26,47				110,0	214.700	27,01	28,0	7.859	25,68
82,0	257.200	26,51				114,0	214.400	27,08	30,0	9.206	25,69
86,0	257.000	26,52							31,0	9.222	25,70
90,0	256.200	26,65							32,0	9.384	25,70
94,0	255.800	26,73							33,0	9.449	25,71
98,0	252.500	26,83							34,0	10.390	25,71
102,0	252.000	26,89							35,0	10.530	25,72
106,0	251.400	26,97							36,0	10.590	25,73
110,0	250.700	27,07							37,0	10.700	25,73
114,0	250.700	27,12							38,0	10.990	25,75
									39,0	11.690	25,75
									40,0	13.060	25,76
									41,0	14.720	25,78
									42,0	15.750	25,79
									43,0	16.480	25,80
									44,0	17.590	25,81

MP-04C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2014			05-07-2017			16-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
									45,0	17.950	25,81
									46,0	19.130	25,83
									47,0	21.510	25,85
									48,0	35.680	25,86
									48,2	38.140	25,87
									48,4	38.670	25,87
									48,6	40.210	25,87
									48,8	45.550	25,88
									49,0	51.300	25,88
									49,2	57.080	25,89
									49,4	65.030	25,89
									49,6	74.770	25,89
									49,8	87.850	25,89
									50,0	99.260	25,89
									50,2	109.200	25,90
									50,4	119.000	25,90
									50,6	128.000	25,91
									50,8	136.800	25,90
									51,0	149.300	25,91
									51,2	160.400	25,91
									51,4	168.300	25,91
									51,6	176.900	25,91
									51,8	187.600	25,92
									52,0	199.200	25,92
									52,2	208.700	25,93
									52,4	217.100	25,93
									52,6	225.100	25,93
									52,8	228.900	25,94
									53,0	233.300	25,94
									53,2	238.100	25,93
									53,4	242.200	25,94

MP-04C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2014			05-07-2017			16-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
									53,6	246.100	25,95
									53,8	250.300	25,95
									54,0	253.400	25,95
									54,2	257.800	25,96
									54,4	259.800	25,95
									54,6	261.700	25,96
									54,8	264.100	25,97
									55,0	265.900	25,97
									55,2	267.300	25,97
									55,4	269.000	25,97
									55,6	270.500	25,98
									55,8	271.600	25,97
									56,0	272.400	25,98
									56,2	273.300	25,99
									56,4	273.900	26,00
									57,0	275.200	26,00
									58,0	276.800	26,01
									59,0	277.400	26,04
									60,0	278.100	26,03
									62,0	278.600	26,09
									64,0	279.500	26,12
									66,0	280.200	26,13
									68,0	280.400	26,16
									70,0	280.800	26,22
									72,0	281.100	26,24
									74,0	280.300	26,27
									76,0	279.800	26,40
									78,0	280.200	26,42
									80,0	280.200	26,43
									82,0	280.900	26,46
									84,0	280.500	26,46

MP-04C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2014			05-07-2017			16-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
									86,0	281.100	26,46
									88,0	280.700	26,54
									90,0	281.300	26,60
									92,0	281.800	26,62
									94,0	282.200	26,65
									96,0	282.500	26,67
									98,0	277.800	26,71
									100,0	277.000	26,77
									102,0	277.800	26,81
									104,0	277.800	26,84
									106,0	277.800	26,89
									108,0	277.300	26,90
									110,0	277.300	27,00
									112,0	277.500	27,01
									114,0	277.600	27,03
									116,0	277.600	27,04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-24 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-05C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MP-05C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2017			03-07-2017			10-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
1,4	84.380	20,74	1,0	82.670	20,30	1,0	66.310	18,13	1,5	89.780	19,35
2,0	84.220	19,15	1,5	82.610	19,60	2,0	66.270	18,23	2,0	89.960	19,02
3,0	84.240	18,88	2,0	82.630	19,30	4,0	66.200	18,76	4,0	89.950	18,88
4,0	84.190	18,85	3,0	82.680	19,20	6,0	66.260	18,94	6,0	89.900	18,92
6,0	84.150	18,84	4,0	82.720	19,00	8,0	66.280	18,92	8,0	90.920	18,83
8,0	84.870	18,84	6,0	82.690	18,80	10,0	66.320	18,91	10,0	90.570	18,83
10,0	85.400	18,83	8,0	82.770	18,80	12,0	66.390	18,91	12,0	90.300	18,83
12,0	86.210	18,83	10,0	82.870	18,80	14,0	66.570	18,90	14,0	90.210	18,83
14,0	87.750	18,83	12,0	82.990	18,80	16,0	66.620	18,90	16,0	90.320	18,81
15,0	88.670	18,82	14,0	83.590	18,80	18,0	66.670	18,89	18,0	90.560	18,80
16,0	89.490	18,82	16,0	83.960	18,80	20,0	66.690	18,88	20,0	90.570	18,78
17,0	90.350	18,82	18,0	84.040	18,80	22,0	66.800	18,85	21,0	90.540	18,77
18,0	91.030	18,82	20,0	84.180	18,80	24,0	72.460	18,81	22,0	90.510	18,76
18,5	91.320	18,81	22,0	86.710	18,80	25,0	81.560	18,79	23,0	90.420	18,74
19,0	91.510	18,81	23,0	93.470	18,70	25,5	99.820	18,78	23,5	90.370	18,73
19,5	92.010	18,81	24,0	98.370	18,70	26,0	125.400	18,77	24,0	90.210	18,72
20,0	93.010	18,81	24,5	101.100	18,70	26,2	146.300	18,81	24,2	90.160	18,72
20,5	93.540	18,81	25,0	111.600	18,70	26,4	160.300	18,88	24,6	90.600	18,71
21,0	93.970	18,80	26,0	167.500	18,70	26,6	178.600	19,01	24,8	93.270	18,70
21,5	95.500	18,79	26,2	208.400	18,70	26,8	180.000	19,07	25,0	96.870	10,69
22,0	97.450	18,79	26,5	218.500	18,80	27,0	182.900	19,08	25,2	101.500	18,68
22,5	100.300	18,78	27,0	228.600	19,00	27,2	183.700	19,12	25,4	110.700	18,67
23,0	108.700	18,76	27,5	233.700	19,00	27,4	184.100	19,13	25,6	123.800	18,66
23,2	111.400	18,75	28,0	233.700	19,00	27,6	186.700	19,14	25,8	140.800	18,66
23,4	112.000	18,75	29,0	248.600	19,10	27,8	190.700	19,15	26,0	155.400	18,67
23,6	112.700	18,75	30,0	257.000	19,20	28,0	192.500	19,17	26,2	182.100	18,73
23,8	113.200	18,74	32,0	258.000	19,20	28,2	198.500	19,18	26,4	199.300	18,80
24,0	114.200	18,74	34,0	258.900	19,40	28,4	199.000	19,18	26,6	215.300	18,92
24,2	115.300	18,73	36,0	258.900	19,40	28,6	199.000	19,19	26,8	216.900	18,95
24,4	115.800	18,73	38,0	258.700	19,40	28,8	199.000	19,20	27,0	218.700	18,96
24,6	116.800	18,73	40,0	258.700	19,40	29,0	199.100	19,18	27,2	220.800	18,98
24,8	122.400	18,73	42,0	258.300	19,40	29,5	200.500	19,18	27,4	221.900	19,00
25,0	126.900	18,72	44,0	258.300	19,40	30,0	205.600	19,21	27,6	224.800	19,02

MP-05C											
Fecha Campaña											
16-01-2017			23-04-2017			03-07-2017			10-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
25,2	133.400	18,71	46,0	258.400	19,50	30,5	206.700	19,26	27,8	230.000	19,04
25,4	143.100	18,71	48,0	258.300	19,60	31,0	207.100	19,24	28,0	232.200	19,05
25,6	161.200	18,73	50,0	258.200	19,60	32,0	207.300	19,29	28,2	239.100	19,05
25,8	180.500	18,77	52,0	258.200	19,70	33,0	208.900	19,32	28,4	239.200	19,06
26,0	184.500	18,78	54,0	258.100	19,70	34,0	209.200	19,33	28,6	239.200	19,06
26,2	202.800	18,85	56,0	258.000	19,70	36,0	209.500	19,44	28,8	239.300	19,07
26,4	221.400	18,98	58,0	257.900	19,70	38,0	209.500	19,47	29,0	239.300	19,06
26,6	229.900	19,09	60,0	257.800	19,70	40,0	209.600	19,46	29,5	240.400	19,06
26,8	230.100	19,14	62,0	257.800	19,80	42,0	209.600	19,47	30,0	244.000	19,10
27,0	231.100	19,15	64,0	257.700	19,90	44,0	209.700	19,45	32,0	247.100	19,18
27,5	237.300	19,20	66,0	257.700	19,90	46,0	209.700	19,47	34,0	251.600	19,23
28,0	239.700	19,24	68,0	257.900	19,90	48,0	209.600	19,77	37,0	252.500	19,43
29,0	246.300	19,28	70,0	257.600	20,10	50,0	209.900	19,77	40,0	252.600	19,49
30,0	250.400	19,38	72,0	257.400	20,10	52,0	210.000	19,80	43,0	252.600	19,52
32,0	250.700	19,45	74,0	257.400	20,20	54,0	209.800	19,85	46,0	252.500	19,53
34,0	250.700	19,47	76,0	257.400	20,30	56,0	209.700	19,87	50,0	252.600	19,57
38,0	250.600	19,48				58,0	209.700	19,88	53,0	252.500	19,56
42,0	250.700	19,50				60,0	209.800	19,87	56,0	252.500	19,57
46,0	251.800	19,62				62,0	209.900	19,88	59,0	252.600	19,58
50,0	251.900	19,70				64,0	209.800	19,97	62,0	252.600	19,61
54,0	251.900	19,81				66,0	209.800	20,03	65,0	252.600	19,83
58,0	251.900	19,85				68,0	209.600	20,16	68,0	252.600	20,00
62,0	252.000	19,87				70,0	209.800	20,22	71,0	252.600	20,21
66,0	251.900	19,98				72,0	209.700	20,30	74,0	252.600	20,32
70,0	251.900	20,12				74,0	209.700	20,37	76,0	252.600	20,38
74,0	251.900	20,25				76,0	209.800	20,40	77,6	251.200	20,43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-25 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-06C. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MP-06C											
Fecha Campaña											
15-01-2017			23-04-2017			04-07-2017			09-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
1,8	24.230	20,80	1,5	22.910	20,80	1,5	19.110	20,02	2,0	21.190	19,28
2,0	24.200	20,58	2,0	22.890	20,70	2,0	19.130	20,08	4,0	21.110	20,04
4,0	24.190	20,33	4,0	22.910	20,30	4,0	19.110	20,30	6,0	21.130	20,22
6,0	24.190	20,29	6,0	22.920	20,20	6,0	19.090	20,29	8,0	21.150	20,23
8,0	24.180	20,28	8,0	22.940	20,20	8,0	19.070	20,29	10,0	21.200	20,23
10,0	24.210	20,28	10,0	22.970	20,20	10,0	19.070	20,29	12,0	21.150	20,23
12,0	24.170	20,27	12,0	22.950	20,20	12,0	19.030	20,29	13,0	24.910	20,23
14,0	33.450	20,28	14,0	32.350	20,20	14,0	24.840	20,29	14,0	27.370	20,23
15,0	34.950	20,28	16,0	35.420	20,20	16,0	26.840	20,29	16,0	29.830	20,23
16,0	36.250	20,28	18,0	35.490	20,20	18,0	26.970	20,29	18,0	29.900	20,23
17,0	36.350	20,28	20,0	55.500	20,20	20,0	26.920	20,29	19,0	29.810	20,23
18,0	36.340	20,29	22,0	55.590	20,20	22,0	88.450	20,30	20,0	29.900	20,23
19,0	36.320	20,29	23,0	123.600	20,20	23,0	91.200	20,29	20,2	30.160	20,23
20,0	36.380	20,29	23,5	128.100	20,20	23,5	91.330	20,30	20,4	30.650	20,23
21,0	43.750	20,29	24,0	129.500	20,30	24,0	91.450	20,28	20,6	39.370	20,23
21,5	49.890	20,30	24,5	133.000	20,30	25,0	92.200	20,28	20,8	40.490	20,23
22,0	103.800	20,30	25,0	139.200	20,30	26,0	102.400	20,29	21,0	41.020	20,23
22,2	105.200	20,29	25,5	158.000	20,30	26,5	122.800	20,31	21,2	41.220	20,23
22,4	110.000	20,29	25,7	163.300	20,30	26,7	144.500	20,40	21,4	45.130	20,24
22,6	120.600	20,29	26,0	177.500	20,30	26,9	144.700	20,43	21,6	112.100	20,23
22,8	126.100	20,30	26,2	177.600	20,30	27,1	144.800	20,43	21,8	112.400	20,24
23,0	132.100	20,31	26,4	177.600	20,30	27,3	144.700	20,43	22,0	112.500	20,23
23,2	132.900	20,32	26,6	177.600	20,30	27,5	144.700	20,44	22,4	113.700	20,24
23,4	133.000	20,32	27,0	177.600	20,30	28,0	144.700	20,44	22,8	116.600	20,25
23,6	133.100	20,33	27,2	177.600	20,30	29,0	144.700	20,44	23,2	116.900	20,25
23,8	133.200	20,33	27,5	177.500	20,30	30,0	144.700	20,44	23,6	117.100	20,25
24,0	133.500	20,33	27,7	177.500	20,30	31,0	144.700	20,44	24,0	117.300	20,25
24,5	134.800	20,34	28,0	177.500	20,30	32,0	144.700	20,44	24,5	117.900	20,24
25,0	138.800	20,34	28,5	177.500	20,30	33,0	145.400	20,47	25,0	119.200	20,23
25,5	152.100	20,35	29,0	177.400	20,30	34,0	153.000	20,50	25,4	121.100	20,21
25,8	154.600	20,36	29,5	177.500	20,30	35,0	156.200	20,51	25,8	135.100	20,23
26,0	176.600	20,40	30,0	177.300	20,30	35,5	160.800	20,51	26,2	150.800	20,25
26,2	176.600	20,40	30,5	177.400	20,30	36,0	172.700	20,53	26,4	164.200	20,29

MP-06C											
Fecha Campaña											
15-01-2017			23-04-2017			04-07-2017			09-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
26,4	176.600	20,41	31,0	177.300	20,30	36,2	174.200	20,54	26,6	170.900	20,36
26,6	176.600	20,40	32,0	177.400	20,30	36,4	174.900	20,54	26,8	171.000	20,36
26,8	176.600	20,40	33,0	178.100	20,40	36,6	175.400	20,55	27,0	171.100	20,36
27,0	176.600	20,41	33,5	184.300	20,40	36,8	175.900	20,56	27,5	171.100	20,36
27,5	176.600	20,41	33,7	185.700	20,40	37,0	176.300	20,55	28,0	171.100	20,37
28,0	176.600	20,41	33,9	185.900	20,40	37,2	176.700	20,55	29,0	171.100	20,38
28,5	176.600	20,42	34,1	186.200	20,40	37,4	179.300	20,56	30,0	171.200	20,37
29,0	176.600	20,43	34,3	186.300	20,40	37,6	187.100	20,57	31,0	171.300	20,39
29,5	176.600	20,43	34,5	186.600	20,40	37,8	190.500	20,57	32,0	171.300	20,40
30,0	176.600	20,44	35,0	189.800	20,40	38,0	194.900	20,57	33,0	172.200	20,40
31,0	176.600	20,45	35,2	192.100	20,40	38,2	200.300	20,59	33,4	178.500	20,42
32,0	176.600	20,46	35,4	193.600	20,40	38,4	202.600	20,59	33,8	180.600	20,42
33,0	177.400	20,48	35,6	196.000	20,40	38,6	204.100	20,60	34,2	181.000	20,42
33,5	183.600	20,50	35,8	202.500	20,40	38,8	204.300	20,61	34,6	181.900	20,43
33,8	185.200	20,50	36,0	206.500	20,40	39,0	206.200	20,60	35,0	184.800	20,42
34,0	185.400	20,50	37,0	212.700	20,50	40,0	208.800	20,62	35,2	186.700	20,42
34,2	185.600	20,50	38,0	236.400	20,50	42,0	209.000	20,64	35,4	188.700	20,43
34,4	185.700	20,50	40,0	255.600	20,50	44,0	209.100	20,70	35,6	191.100	20,44
34,6	186.300	20,50	42,0	255.600	20,40	46,0	211.400	20,73	35,8	197.100	20,44
34,8	188.000	20,50	44,0	256.200	20,60	48,0	212.100	20,76	36,0	203.800	20,45
35,0	188.900	20,51	46,0	258.900	20,60	50,0	212.600	20,80	36,2	205.600	20,46
35,2	191.100	20,51	48,0	258.900	20,70	52,0	212.800	20,84	36,4	206.700	20,47
35,4	192.600	20,51	50,0	260.000	20,70	54,0	213.400	20,97	36,6	207.300	20,47
35,6	195.200	20,51	52,0	260.300	20,70	56,0	213.300	20,98	36,8	208.100	20,47
35,8	201.200	20,52	54,0	260.900	20,80	58,0	213.400	20,99	37,0	208.400	20,48
36,0	207.900	20,54	56,0	260.800	20,80	60,0	213.400	21,02	37,2	209.100	20,48
36,2	209.200	20,54	58,0	260.700	20,90	62,0	213.400	21,05	37,4	212.300	20,49
36,4	209.900	20,55	60,0	260.700	20,90	64,0	213.400	21,12	37,6	222.100	20,49
36,6	210.400	20,55	62,0	260.600	21,00	66,0	213.300	21,17	38,0	230.500	20,51
36,8	211.100	20,55	64,0	260.600	21,00	68,0	213.400	21,21	38,4	238.900	20,51
37,0	211.300	20,55	66,0	260.500	21,10	70,0	213.300	21,28	38,8	240.900	20,52
37,5	220.600	20,56	68,0	260.400	21,10				39,2	244.700	20,53
37,8	228.200	20,57	70,0	260.400	21,20				39,6	245.400	20,53
38,0	233.200	20,58							40,0	246.000	20,54

MP-06C											
Fecha Campaña											
15-01-2017			23-04-2017			04-07-2017			09-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
38,2	239.700	20,58							42,0	246.100	20,57
38,5	243.200	20,60							44,0	246.300	20,61
38,8	243.900	20,60							46,0	248.900	20,64
39,0	246.100	20,61							48,0	249.800	20,68
39,2	247.700	20,61							50,0	250.300	20,71
39,5	247.900	20,61							52,0	250.500	20,75
39,8	248.700	20,61							54,0	251.000	20,86
40,0	248.700	20,61							56,0	251.100	20,88
40,5	248.800	20,61							58,0	251.100	20,91
41,0	248.800	20,62							60,0	251.100	20,95
42,0	248.800	20,64							62,0	251.100	21,01
44,0	249.000	20,68							64,0	251.000	21,06
46,0	251.300	20,72							66,0	251.000	21,12
48,0	251.800	20,76							68,0	251.100	21,19
50,0	252.300	20,80							70,0	251.100	21,22
52,0	252.800	20,84									
54,0	253.300	20,96									
56,0	253.200	20,98									
58,0	253.300	20,99									
60,0	253.300	21,01									
64,0	253.300	21,12									
68,0	253.200	21,24									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-26 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-09C. Campañas Julio y Octubre 2017

MP-09C					
Fecha Campaña *					
04-07-2017			10-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
9,50	3.472	23,0	9,5	4.086	23,7
10,0	3.442	23,8	10,0	4.081	24,0
12,0	3.432	24,1	12,0	4.088	24,1
14,0	3.416	24,1	14,0	4.079	24,1
16,0	3.421	24,1	17,0	4.076	24,1
18,0	3.411	24,1	20,0	4.080	24,1
20,0	3.408	24,1	23,0	4.079	24,1
22,0	3.409	24,1	26,0	4.080	24,2
24,0	3.405	24,2	29,0	4.079	24,2
26,0	3.410	24,2	32,0	4.078	24,3
28,0	3.406	24,2	35,0	4.075	25,1
30,0	3.408	24,2	38,0	4.077	25,3
32,0	3.407	24,3	41,0	4.077	25,3
34,0	3.401	24,7	44,0	4.076	25,3
36,0	3.402	25,2	47,0	4.076	25,4
38,0	3.404	25,3	50,0	4.076	25,4
40,0	3.404	25,3	53,0	4.075	25,4
42,0	3.405	25,3	56,0	4.075	25,5
44,0	3.404	25,3	59,0	4.075	25,7
46,0	3.405	25,4	65,0	4.090	25,7
48,0	3.405	25,4	66,0	4.095	25,8
50,0	3.405	25,4	68,0	4.159	25,8
52,0	3.404	25,4	68,2	5.349	25,8
54,0	3.403	25,4	68,4	7.794	25,8
56,0	3.403	25,6	68,6	10.100	25,8
58,0	3.401	25,7	68,8	13.060	25,8
60,0	3.402	25,7	69,0	15.930	25,8
63,0	3.411	25,8	69,2	18.920	25,8
64,0	3.416	25,8	69,4	22.400	25,8
66,0	3.416	25,8	69,6	26.580	25,8
68,0	3.447	25,8	69,8	31.180	25,8
70,0	34.990	25,8	70,0	35.910	25,8
71,0	89.110	25,8	70,2	48.140	25,8
71,5	129.200	25,9	70,4	57.470	25,8
71,7	145.800	25,9	70,6	70.320	25,8
71,9	163.600	25,9	70,8	85.070	25,8
72,1	179.200	25,9	71,0	102.700	25,8
72,3	190.800	25,9	71,2	123.200	25,8
72,5	200.100	25,9	71,4	143.600	25,8
72,7	206.800	25,9	71,6	167.200	25,8
72,9	211.100	25,9	71,8	190.100	25,8
73,1	213.200	25,9	72,0	209.900	25,8
73,3	214.700	25,9	72,2	225.900	25,8
73,5	215.000	25,9	72,4	237.900	25,8
74,0	215.900	25,9	72,6	244.700	25,8
75,0	216.400	25,9	72,8	249.900	25,8
76,0	216.800	25,9	73,0	252.300	25,8

MP-09C					
Fecha Campaña *					
04-07-2017			10-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
78,0	217.000	26,0	73,5	255.200	25,8
80,0	213.200	26,0	74,0	256.100	25,9
82,0	212.800	26,1	75,0	256.800	25,9
84,0	212.900	26,1	76,0	257.100	25,9
86,0	212.800	26,1	78,0	257.200	25,9
88,0	212.800	26,2	80,0	252.800	26,0
90,0	212.800	26,2	82,0	252.200	26,0
92,0	212.800	26,3	84,0	252.200	26,1
94,0	212.800	26,4	86,0	252.200	26,1
96,0	212.800	26,4	88,0	252.200	26,2
98,0	212.800	26,5	90,0	252.300	26,2
100,0	212.800	26,4	92,0	252.300	26,2
			94,0	252.300	26,3
			96,0	252.300	26,3
			98,0	252.300	26,3
			100,0	252.200	26,4

(*) Medición interrumpida hasta Julio, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

Fuente: Elaboración propia.

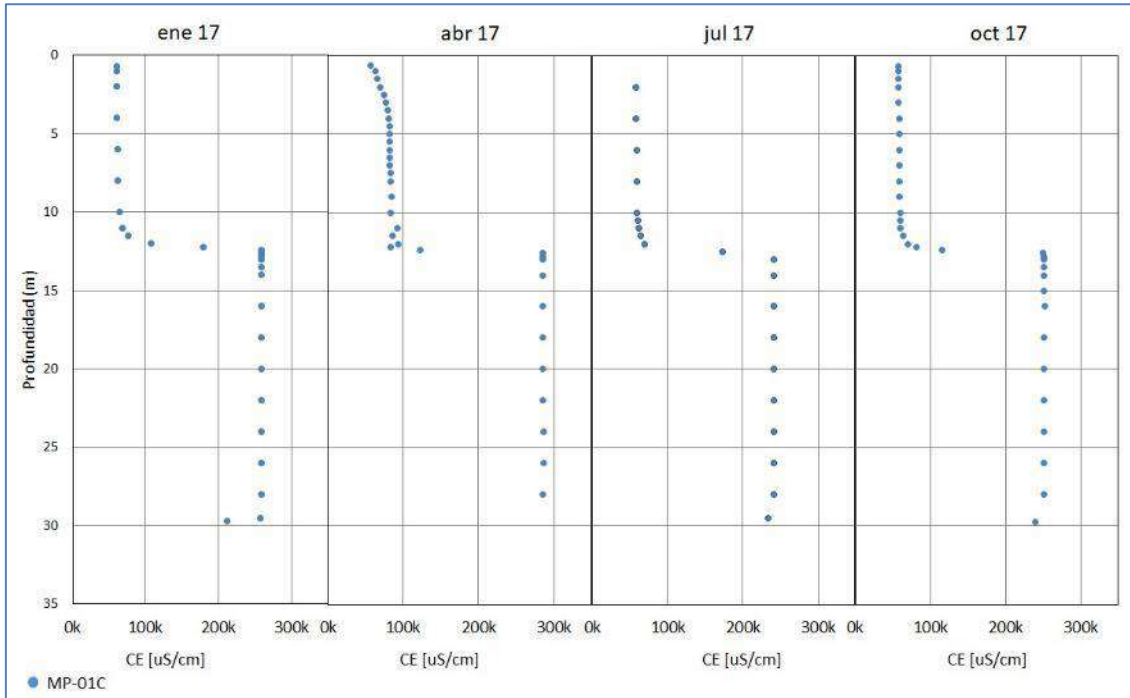
Los datos medidos del sector La Punta-La Brava se muestran a continuación de manera gráfica entregando una descripción de los resultados para cada punto de monitoreo.

Punto MP-01C

En la Figura 5-71 se muestra que durante el año 2017 no se produjo ningún cambio en la posición de la interfase salina en este punto, evidenciado que la profundidad a la que se presenta la variación de la conductividad eléctrica, para todas las campañas, se produjo cerca de los 12 metros.

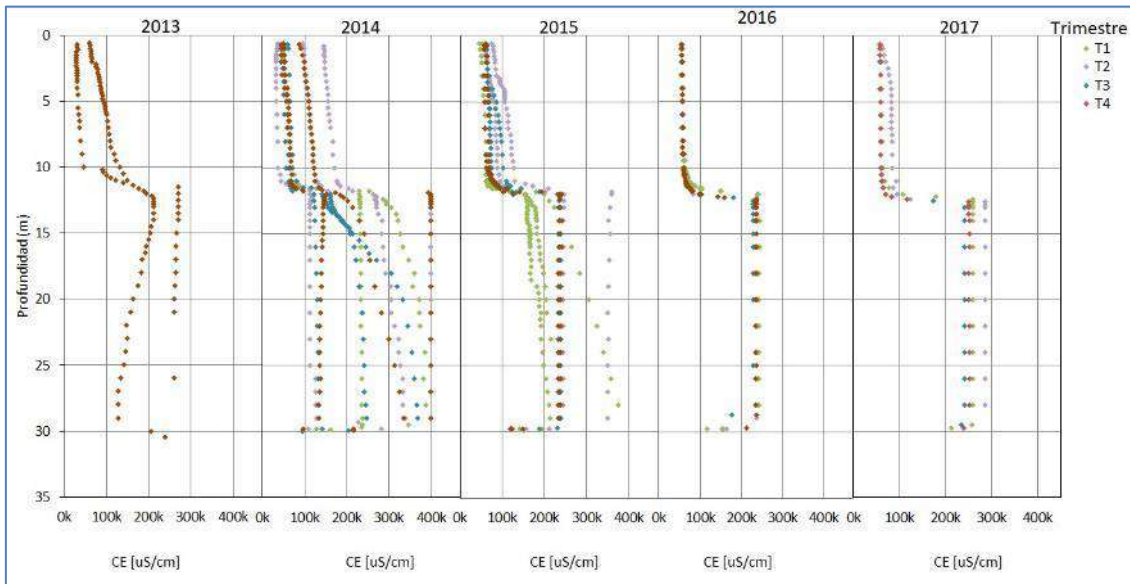
Con respecto a los perfilajes históricos (Figura 5-72), se observa que en los años 2014 y 2015 hay una gran dispersión de los valores de la conductividad por encima los 200.000 µS/cm en comparación con los años siguientes (2016-2017). Esto se debe principalmente al equipo de medición utilizado previo al año 2015, de menor precisión para los valores altos de C.E. por lo que fue reemplazado posteriormente por uno de mayor rango de medición. No obstante lo anterior, todos los resultados históricos son adecuados para identificar la posición de la interfase salina, la cual no ha cambiado su ubicación, encontrándose entre los 11 y 12 metros de profundidad durante todos los años en los que se tiene registro.

Figura 5-71 Perfiles de C.E. en el punto MP-01C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-72 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-01C, 2013-2017



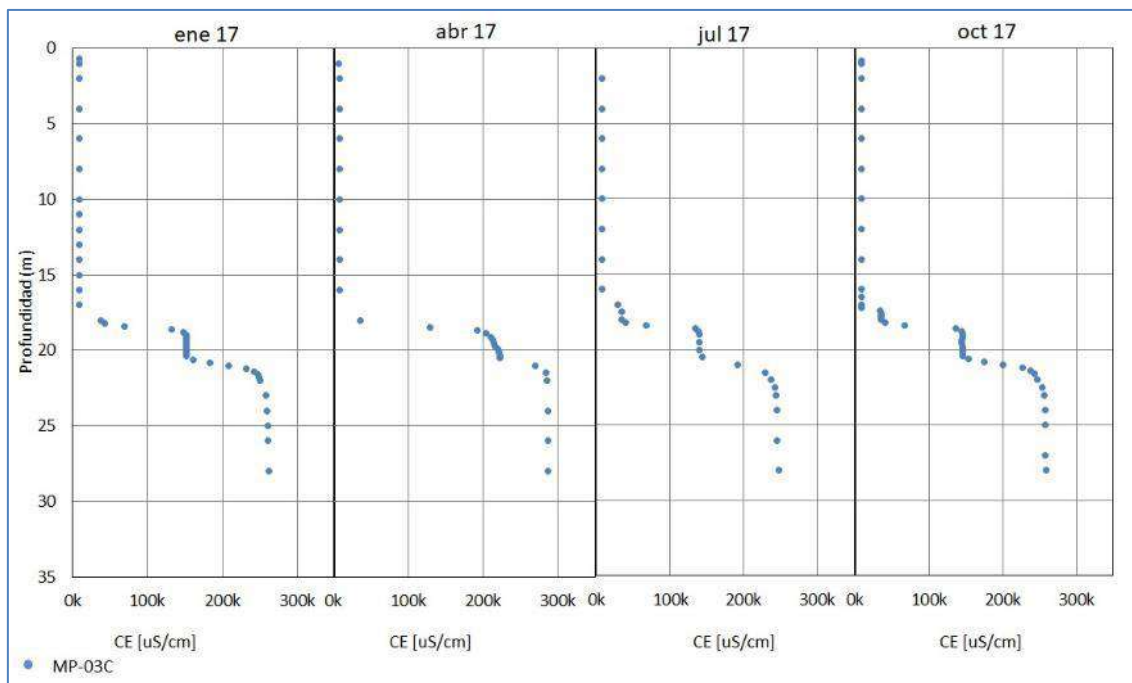
Fuente: Elaboración propia.

Punto MP-03C

En la Figura 5-73 se presentan los gráficos de los valores medidos en las campañas realizadas en el año 2017, donde se aprecia que la interfase salina se encuentra entre los 17 y 20 metros de profundidad, sin mayores variaciones durante el año. Destaca que el cambio de ésta es escalonado para todos los meses de medición.

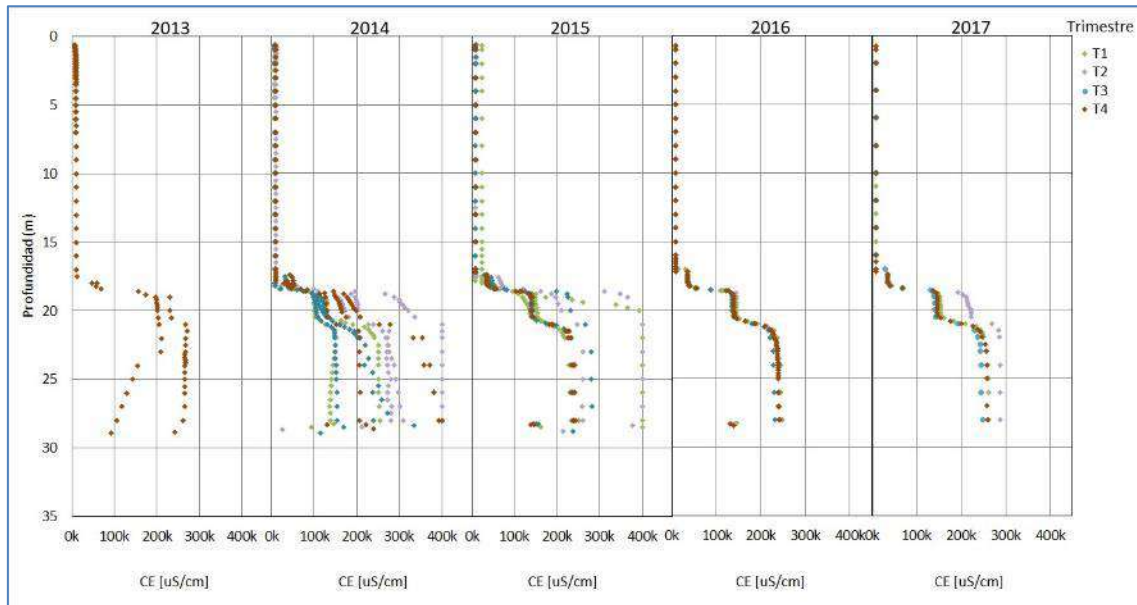
Con respecto a los perfiles históricos (Figura 5-74), y tomando en cuenta que en los años 2014-2015 también se utilizó el equipo de menor resolución para los valores altos de C.E., se puede determinar que en los últimos años la interfase salina no ha tenido mayor variación ya que se ha mantenido entre los 17 y 20 metros de profundidad.

Figura 5-73 Perfiles de C.E. en el punto MP-03C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-74 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-03C, 2013-2017



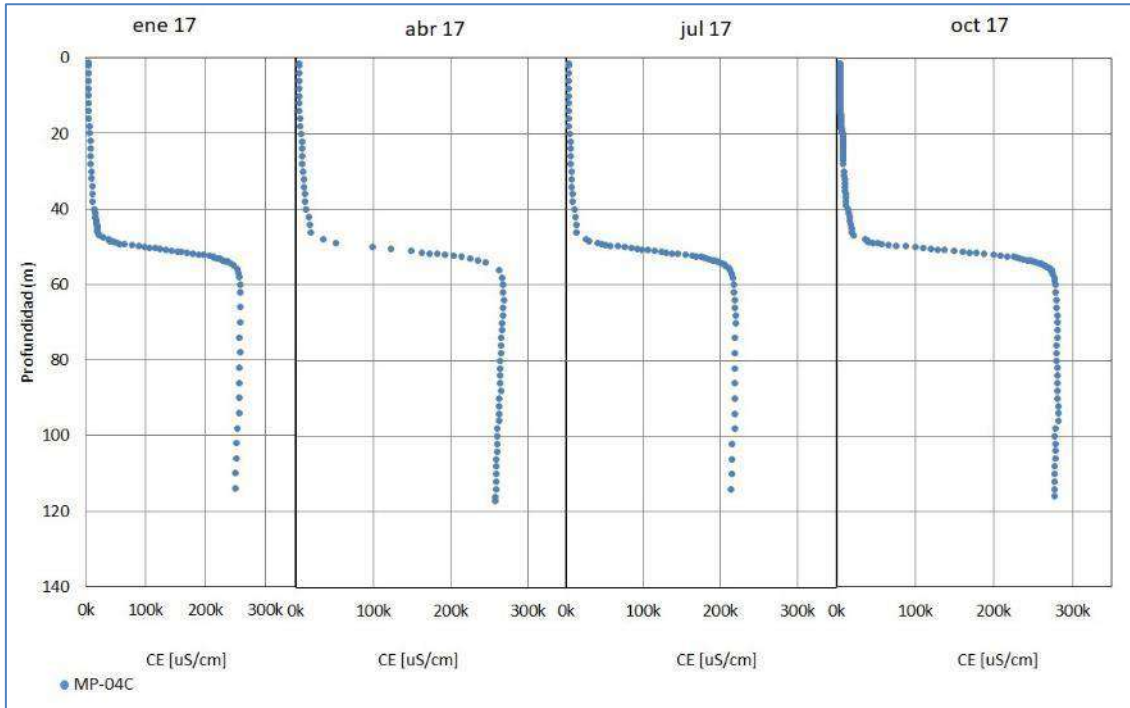
Fuente: Elaboración propia.

Punto MP-04C

A partir de los datos obtenidos en las campañas realizadas para este punto se creó la Figura 5-75, en la cual se observa que la posición de la interfase salina durante todo el 2017 se mantuvo constante, ya que los cambios en la conductividad eléctrica se ven en todas las campañas a partir de los 50-55 metros de profundidad. A diferencia del punto anterior, que tenía un cambio escalonado a medida que aumenta la profundidad, el punto MP-04C cambia su conductividad de manera suave en un tramo de 5 metros, aproximadamente.

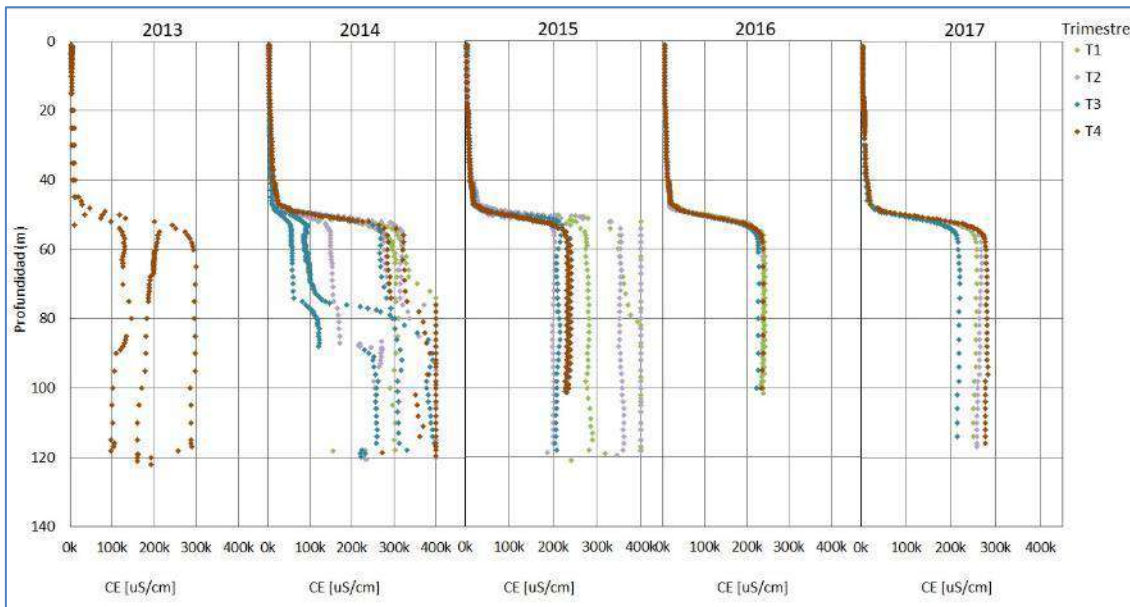
En la Figura 5-76 se muestran los datos históricos donde se ve que la interfase salina no varía su posición durante el transcurso de los años, ubicándose aproximadamente a los 50 metros de profundidad.

Figura 5-75 Perfiles de C.E. en el punto MP-04C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-76 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-04C, 2013-2017



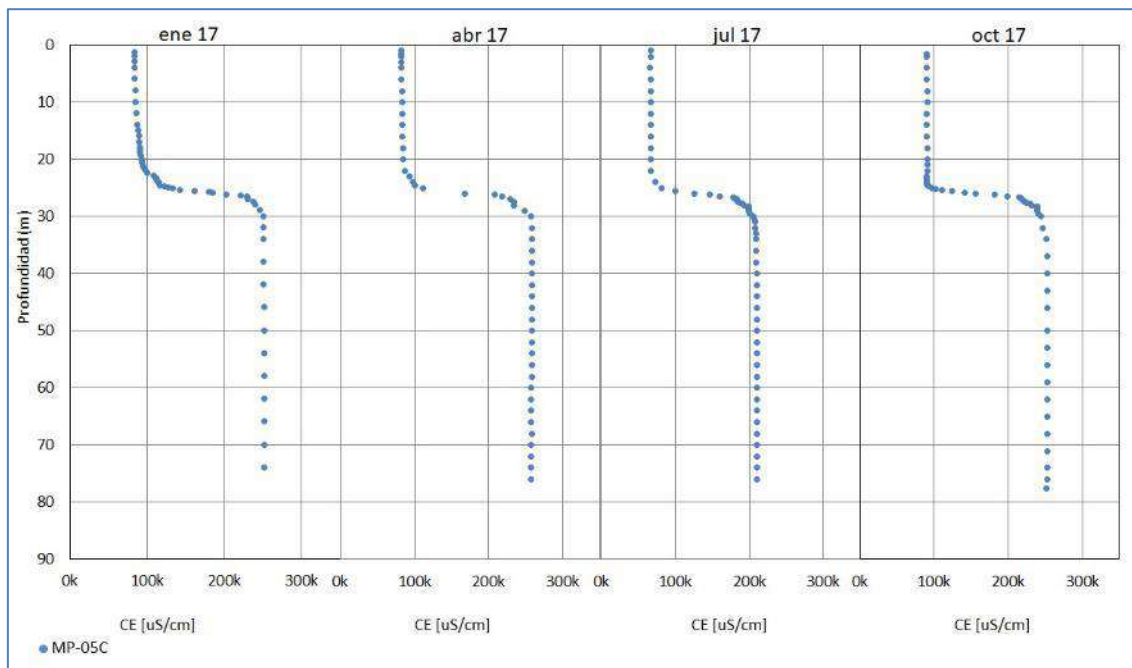
Fuente: Elaboración propia.

Punto MP-05C

De la Figura 5-77, es posible determinar que durante las campañas realizadas en el año 2017 no hubo cambio en la posición de la interfase salina, la cual se encuentra entre los 23 y 30 metros profundidad, donde se identifica un cambio suave en los valores de conductividad.

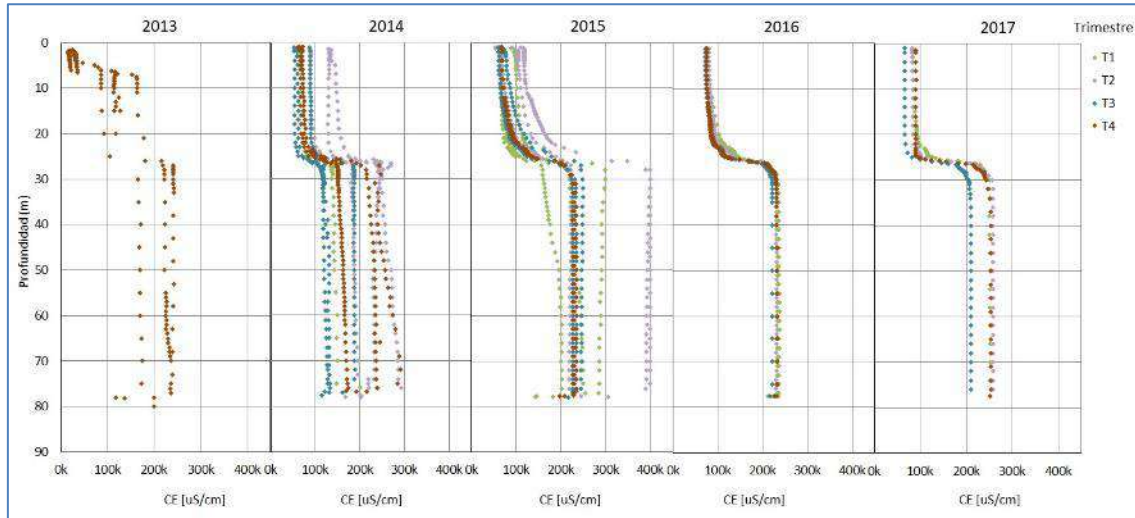
Según los perfilajes históricos observados en la Figura 5-78, la ubicación de la cuña salina no ha sufrido cambios en su posición en el transcurso del tiempo, la cual se ubica a partir de los 25 metros de profundidad.

Figura 5-77 Perfiles de C.E. en el punto MP-05C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-78 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-05C, 2013-2017



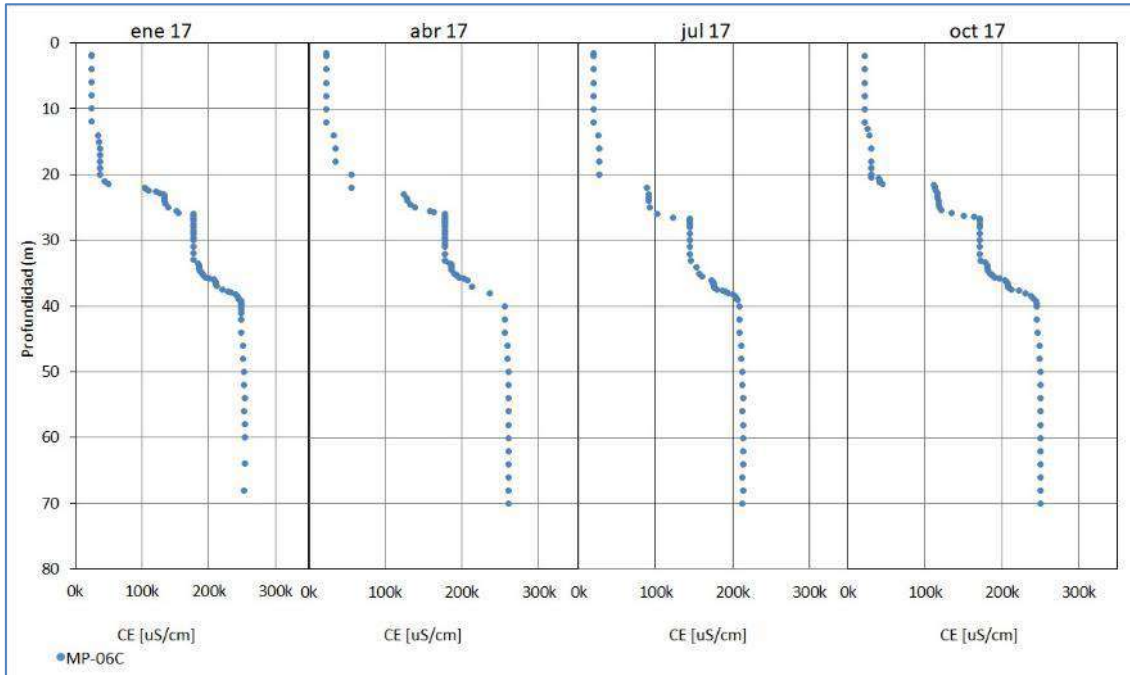
Fuente: Elaboración propia.

Punto MP-06C

De la Figura 5-79, se observa que en el año 2017 la interfase salina no tuvo cambios en su posición. En todas las campañas la conductividad eléctrica presenta su incremento de valores en forma escalonada entre los 20 y 40 metros alcanzando los 250.000 $\mu\text{S/cm}$ característicos de la salmuera.

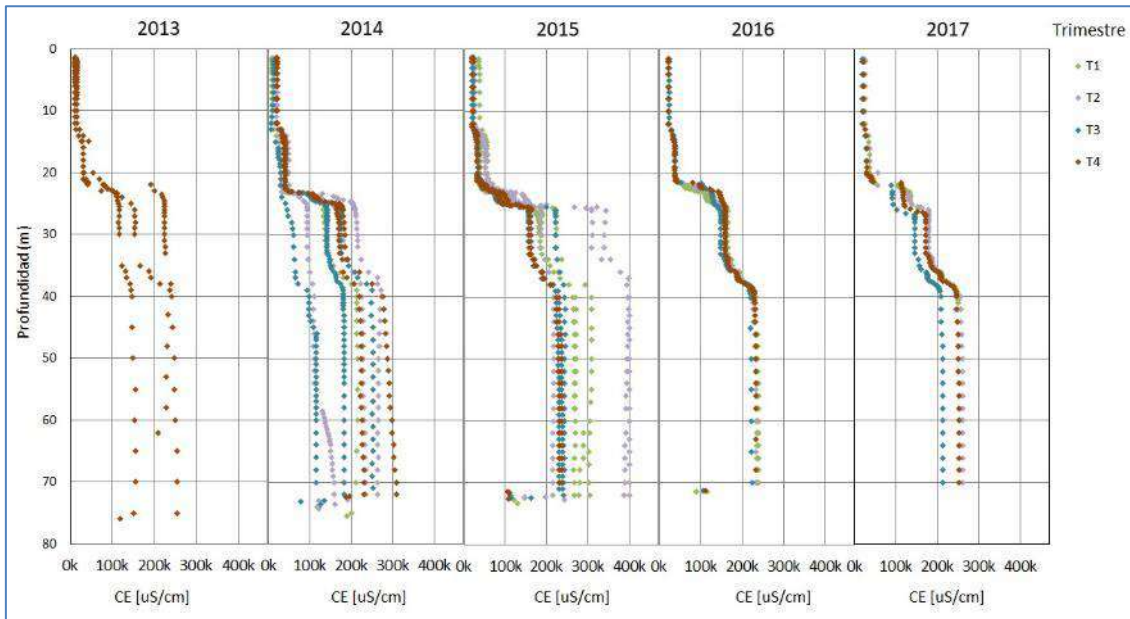
Observando los perfilajes históricos, Figura 5-80, al igual que los puntos anteriores la interfase salina no ha cambiado su posición en los años que se tiene registro, encontrándose entre los 20-40 metros de profundidad.

Figura 5-79 Perfiles de C.E. en el punto MP-06C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-80 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-06C, 2013-2017

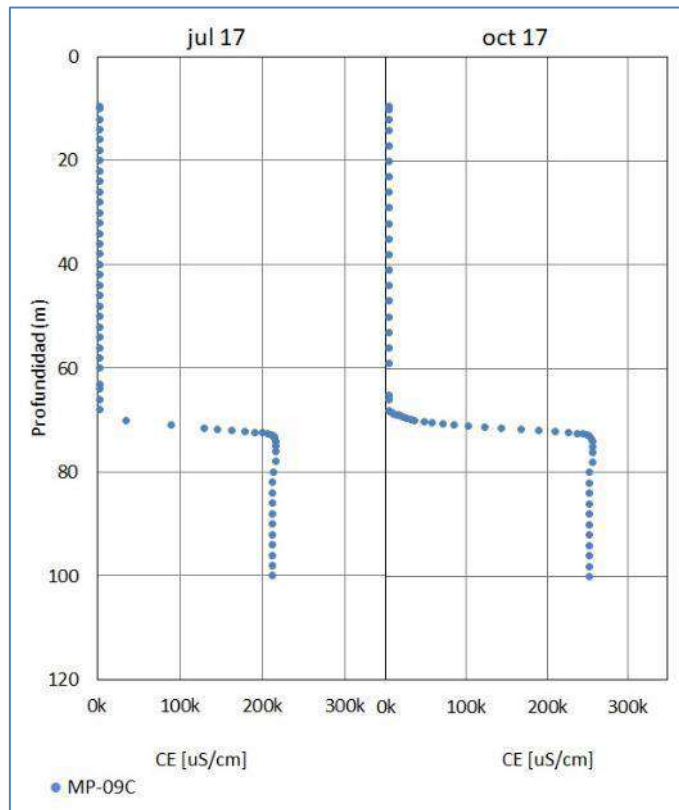


Fuente: Elaboración propia.

Punto MP-09C

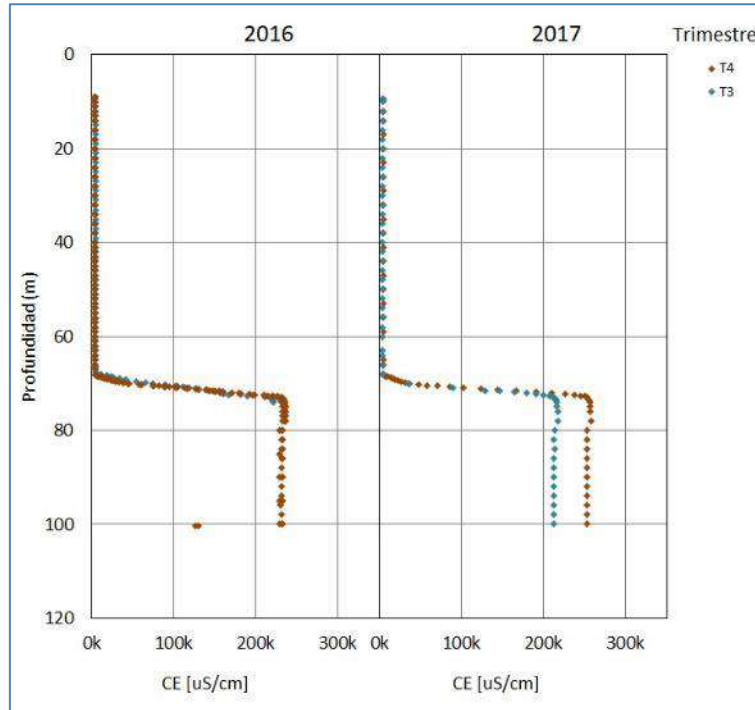
Para este punto se realizaron 2 campañas durante el año 2017, en Julio y Octubre, cuyos perfilajes se muestran en la Figura 5-81, donde se puede determinar que la posición de la interfase salina se encuentra a partir de los 70 metros de profundidad. En relación a lo medido desde Julio de 2016 no se observan mayores cambios en la posición de la interfase salina como se muestra en la Figura 5-82. Ésta se ubica desde los 70 a 74 metros de profundidad.

Figura 5-81 Perfiles de C.E. en el punto MP-09C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-82 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-09C, 2016-2017



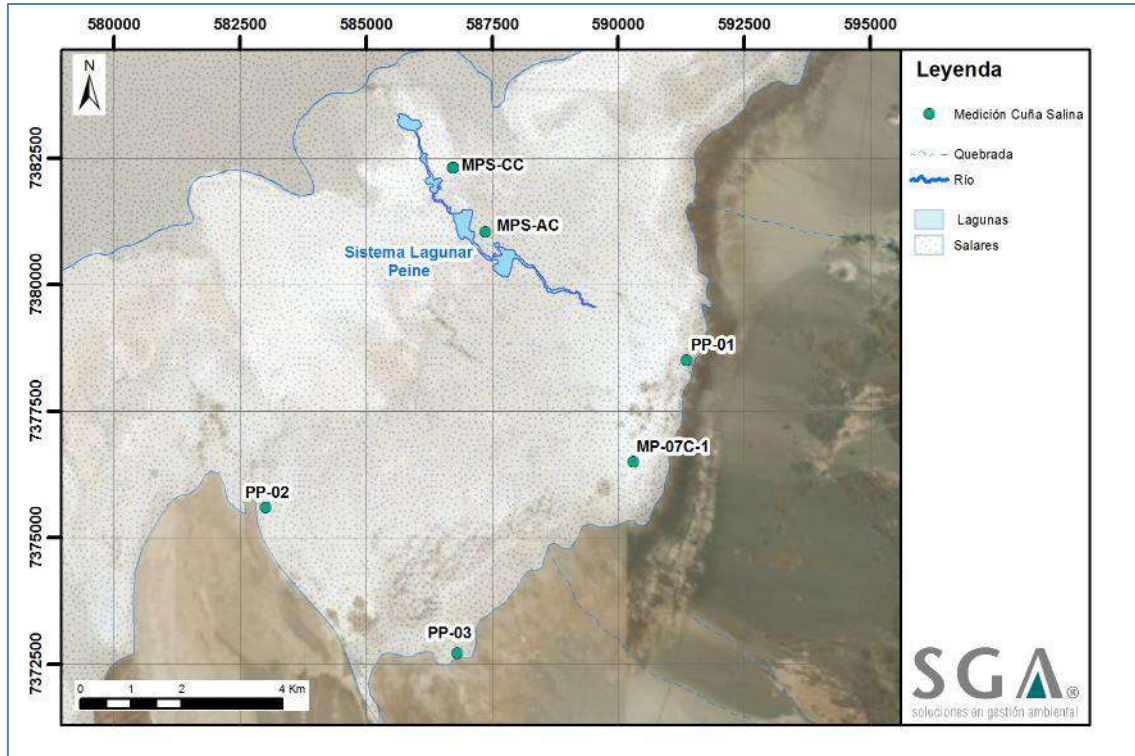
Fuente: Elaboración propia.

Para el sector de la Punta-La Brava se tiene que la cuña salina se encuentra a mayor profundidad a medida que los puntos de monitoreo se van alejando del núcleo, pero la profundidad de la cuña en cada pozo no ha sufrido cambios en el año 2017 con respecto a los registros históricos. Por lo tanto se puede confirmar que la posición de la interfase salina se mantiene en el sector La Punta-La Brava.

5.7.2 Sector Peine

En la Figura 5-83 se muestran los puntos donde se realizaron las mediciones de la cuña salina en este Sector, y que corresponde a 6 puntos: MP-07C-1, PP-01, PP-02, PP-03, MPS-AC y MPS-CC.

Figura 5-83 Mapa Ubicación Puntos de medición de Posición Interfase Salina en Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran las tablas con los registros de conductividad eléctrica (C.E.), profundidad de medición y la temperatura de cada uno de los puntos monitoreados en las campañas de 2017. Asimismo, en el Anexo G de este Informe, se presentan los registros históricos de la medición de esta variable.

Tabla 5-27 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-07C-1. Campañas Julio y Diciembre 2017

MP-07C-1					
Fecha Campaña					
14-07-2017			16-12-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
2,0	12.520	20,26	1,0	14.500	20,91
4,0	12.470	20,51	2,0	14.490	20,80
6,0	12.470	20,65	4,0	14.480	20,86
8,0	12.470	20,65	6,0	14.500	20,85
10,0	12.450	20,65	8,0	14.470	20,84
12,0	12.440	20,65	10,0	14.560	20,88
14,0	12.440	20,65	12,0	14.590	20,85
16,0	12.450	20,65	14,0	14.590	20,96
18,0	12.450	20,65	16,0	14.640	20,84
20,0	12.550	20,66	18,0	14.680	20,83
22,0	12.580	20,67	20,0	14.730	20,93
24,0	12.840	20,69	22,0	14.860	20,92
26,0	13.360	20,73	24,0	15.110	20,89
28,0	23.820	21,70	26,0	15.810	21,01
30,0	26.360	21,99	28,0	28.000	21,97
32,0	27.710	21,81	28,5	28.240	22,01
34,0	29.640	22,20	29,0	28.780	22,16
36,0	29.680	22,29	30,0	30.870	22,32
38,0	29.680	22,30	31,0	31.150	22,30
40,0	29.700	22,29	32,0	32.530	22,39
42,0	29.680	22,29	33,0	32.970	22,42
44,0	29.670	22,30	34,0	34.410	22,49
46,0	29.690	22,30	35,0	34.810	22,56
48,0	29.670	22,30	36,0	34.800	22,58
50,0	29.690	22,29	38,0	34.810	22,59
52,0	29.670	22,30	40,0	34.820	22,57
54,0	29.640	22,30	42,0	34.820	22,57
56,0	29.660	22,30	44,0	34.850	22,57
58,0	29.660	22,30	46,0	34.860	22,54
60,0	36.900	22,44	48,0	34.870	22,53
61,0	37.250	22,48	50,0	34.840	22,64
62,0	37.350	22,49	52,0	34.890	22,53
62,5	37.420	22,49	54,0	34.930	22,50
63,0	37.680	22,51	56,0	34.940	22,49
63,2	37.710	22,51	58,0	34.960	22,49
63,4	37.710	22,51	60,0	38.930	22,58
63,6	37.710	22,51	62,0	45.840	22,77
63,8	139.100	22,63	63,0	46.700	22,80
64,0	139.200	22,62	64,0	153.200	22,83
64,5	139.200	22,63	64,2	153.700	22,82
65,0	139.100	22,63	64,4	154.100	22,80
66,0	139.200	22,62	64,6	154.300	22,81
68,0	139.200	22,62	64,8	154.700	22,78
70,0	139.300	22,63	65,0	154.800	22,81
72,0	139.300	22,63	65,5	155.200	22,76
74,0	139.300	22,63	66,0	155.400	22,75

MP-07C-1					
Fecha Campaña					
14-07-2017			16-12-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
76,0	139.200	22,63	67,0	155.500	22,76
78,0	139.300	22,63	68,0	155.700	22,75
80,0	139.200	22,63	70,0	156.000	22,72
82,0	139.200	22,63	72,0	156.100	22,72
84,0	139.300	22,63	74,0	156.200	22,72
86,0	139.300	22,63	76,0	156.100	22,72
88,0	139.300	22,63	78,0	156.100	22,73
90,0	148.700	22,66	80,0	156.200	22,73
91,0	148.800	22,66	82,0	156.300	22,73
92,0	149.100	22,66	84,0	156.300	22,72
93,0	149.700	22,66	86,0	156.500	22,73
94,0	150.200	22,67	88,0	157.100	22,72
95,0	151.300	22,67	90,0	166.500	22,76
96,0	152.400	22,67	91,0	166.600	22,76
97,0	158.100	22,69	92,0	166.700	22,77
98,0	184.700	22,78	94,0	167.900	22,76
98,5	184.800	22,81	96,0	170.100	22,77
99,0	185.200	22,81	98,0	202.900	22,89
99,5	186.700	22,81	98,5	203.500	22,90
100,0	186.300	22,80	99,0	202.300	22,89
100,5	180.700	22,80	100,0	200.400	22,88
101,0	252.000	23,63	102,0	280.900	23,80
102,0	252.000	23,74	102,5	281.200	23,87
104,0	251.900	23,75	103,0	281.700	23,89
106,0	251.900	23,79	104,0	281.700	23,89
108,0	251.900	23,77	106,0	282.400	23,90
110,0	251.900	23,78	108,0	282.700	23,91
112,0	251.900	23,78	110,0	283.000	23,90
114,0	251.800	23,78	112,0	283.100	23,91
116,0	251.800	23,81	114,0	283.300	23,92
118,0	251.900	23,81	116,0	283.100	23,93
120,0	251.600	23,87	118,0	283.200	23,94
122,0	251.500	23,88	120,0	283.100	23,94
124,0	251.600	23,88	122,0	282.900	24,00
126,0	251.500	23,90	124,0	282.900	24,00
128,0	251.500	23,92	126,0	282.900	24,04
130,0	251.500	23,98	128,0	282.800	24,07
132,0	251.500	23,97	130,0	282.700	24,09
134,0	251.500	23,99	132,0	282.500	24,10
136,0	251.500	24,05	134,0	282.300	24,10
138,0	251.600	24,11	136,0	282.300	24,18
39,0	251.600	24,19	138,0	282.200	24,24

(*) Pozo fue implementado en Julio 2017, como fue indicado en el Capítulo 4, mediante carta MA 064/2017 se notifica a la SMA de la implementación de la Etapa 3, y que el piezómetro MP-07C (instalado en Agosto del 2016) no interceptó la cuña salina, por lo que fue reemplazado por piezómetro MP-07C-1.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-28 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-AC. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MPS-AC											
Fecha Campaña											
15-01-2017			07-04-2017			26-07-2017			21-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
1,0	55.670	22,1	1,0	69.900	20,2	0,8	79.310	10,8	0,8	69.620	19,9
1,2	56.790	21,0	2,0	76.400	18,7	1,0	79.050	10,8	1,0	70.190	17,9
1,4	61.270	19,5	2,5	99.100	19,9	1,2	79.010	10,8	1,2	70.980	17,1
1,6	66.050	18,4	2,7	119.300	17,6	1,4	78.970	10,8	1,4	76.300	15,8
1,8	77.980	17,6	2,9	134.100	17,5	1,6	78.940	10,8	1,6	80.720	15,1
2,0	91.150	17,1	3,1	152.100	17,2	1,8	79.520	11,0	1,8	68.190	14,4
2,2	101.000	16,7	3,3	159.900	17,1	2,0	88.680	12,4	2,0	95.480	14,2
2,4	111.000	16,4	3,5	179.400	16,9	2,2	94.470	13,0	2,2	102.800	14,0
2,6	119.700	16,2	3,7	184.700	16,8	2,4	103.900	13,5	2,4	112.800	13,9
2,8	130.800	16,0	3,9	189.300	16,5	2,6	114.200	13,9	2,6	124.200	13,9
3,0	148.800	15,8	4,1	194.300	16,4	2,8	130.600	14,3	2,8	145.700	13,9
3,2	169.600	15,6	4,3	202.300	16,2	3,0	147.500	14,6	3,0	165.300	13,9
3,4	181.700	15,5	4,5	204.000	16,2	3,2	164.000	14,8	3,2	182.800	14,0
3,6	190.500	15,4	4,7	209.700	16,1	3,4	176.400	15,1	3,4	196.900	14,1
3,8	197.600	15,3	4,9	216.400	16,0	3,6	185.700	15,3	3,6	207.700	14,2
4,0	201.900	15,2	5,1	224.700	15,9	3,8	193.500	15,4	3,8	216.400	14,3
4,2	205.700	15,2	5,3	230.500	15,9	4,0	197.900	15,5	4,0	221.500	14,4
4,4	205.700	15,2	5,5	239.000	15,8	4,2	199.900	15,6	4,2	223.600	14,5
4,6	209.700	15,2	5,7	245.100	15,8	4,4	201.900	15,7	4,4	224.200	14,6
4,8	219.400	15,2	5,9	250.400	15,8	4,6	206.700	15,7	4,6	233.100	14,8
5,0	221.400	15,1	6,1	252.800	15,7	4,8	211.200	15,7	4,8	237.100	14,8
5,2	222.500	15,2	6,3	257.600	15,7	5,0	213.100	15,8	5,0	239.900	14,9
5,5	224.200	15,2	6,5	260.800	15,7	5,2	214.500	15,8	5,2	241.400	15,0
6,0	224.900	15,2	7,0	262.600	15,7	5,4	216.000	15,7	5,4	242.900	15,1
7,0	225.000	15,4	8,0	263.700	15,7	5,6	216.500	15,7	5,6	243.600	15,1
9,0	238.200	15,5	10,0	270.500	15,7	6,0	217.200	15,7	5,8	244.300	15,2
10,0	244.300	15,4	12,0	273.100	15,7	6,5	217.500	15,7	6,0	244.600	15,2
11,0	248.500	15,4	14,0	274.700	15,7	7,0	217.500	15,6	6,5	245.100	15,3
12,0	252.800	15,4	16,0	274.900	15,7	7,5	217.400	15,5	7,0	245.000	15,4
13,0	255.500	15,4	19,0	275.300	15,7	8,0	217.500	15,5	7,5	245.600	15,4
15,0	257.800	15,4	20,0	275.700	15,7	8,5	227.800	15,4	8,0	244.900	15,4
17,0	259.000	15,4	22,0	276.400	15,7	9,0	231.200	15,4	8,5	256.400	15,4
19,0	259.100	15,4	24,0	276.800	15,7	9,5	233.200	15,4	9,0	259.100	15,4
21,0	259.100	15,4	26,0	277.400	15,7	10,0	236.600	15,4	9,5	260.400	15,4
23,0	259.100	15,4	28,0	277.000	15,8	10,5	239.000	15,4	10,0	264.400	15,4

MPS-AC											
Fecha Campaña											
15-01-2017			07-04-2017			26-07-2017			21-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
25,0	259.100	15,5	30,0	277.700	15,8	11,0	240.200	15,4	10,5	266.300	15,4
27,0	259.100	15,5	32,0	277.000	15,9	11,5	241.700	15,4	11,0	267.100	15,3
29,0	259.100	15,5	34,0	277.700	15,9	12,0	244.400	15,4	11,5	267.600	15,3
31,0	259.100	15,6	36,0	277.500	16,0	13,0	246.900	15,4	12,0	269.700	15,3
33,0	259.100	15,6	38,0	276.900	16,1	14,0	248.400	15,3	14,0	271.800	15,3
35,0	259.100	15,7	40,0	277.400	16,1	15,0	249.100	15,3	16,0	273.900	15,3
37,0	259.000	15,8	42,0	276.700	16,1	16,0	249.900	15,3	17,0	273.000	15,3
39,0	259.000	15,9				17,0	250.400	15,4	18,0	273.100	15,3
41,0	258.800	15,9				18,0	250.500	15,4	19,0	272.500	15,3
						19,0	250.500	15,4	20,0	271.800	15,3
						20,0	250.600	15,4	22,0	271.500	15,3
						21,0	250.600	15,4	24,0	270.300	15,4
						22,0	250.600	15,4	26,0	268.400	15,4
						24,0	250.700	15,4	28,0	267.200	15,4
						26,0	250.700	15,4	30,0	265.600	15,5
						28,0	250.700	15,5	32,0	264.600	15,5
						30,0	250.600	15,5	34,0	263.600	15,6
						32,0	250.600	15,6	36,0	262.600	15,7
						34,0	250.600	15,7	38,0	261.400	15,8
						36,0	250.600	15,7	40,0	259.700	15,8
						38,0	250.600	15,8	41,0	258.200	15,8
						40,0	250.700	15,9			
						41,0	250.500	15,9			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-29 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-CC. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

MPS-CC											
Fecha Campaña											
15-01-2017			07-04-2017			26-07-2017			22-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
1,4	151.900	22,3	1,0	132.000	22,4	1,1	145.900	13,1	1,2	147.600	18,8
1,6	152.000	21,4	1,2	149.900	22,1	1,3	145.300	13,1	1,4	146.300	18,2
1,8	152.300	20,7	1,4	172.200	22,9	1,5	145.200	13,2	1,6	145.100	17,6
2,0	152.600	20,6	1,6	182.600	21,7	1,7	145.200	13,2	1,8	143.600	17,0
2,2	153.900	19,6	1,8	190.100	21,5	1,9	145.100	13,2	2,0	142.200	16,6
2,4	156.600	19,1	2,0	196.600	21,1	2,1	145.200	13,6	2,2	141.600	16,2
2,6	163.600	18,7	2,2	207.400	21,0	2,3	146.100	14,5	2,4	141.500	16,0
2,8	167.200	18,3	2,4	212.200	20,9	2,5	154.100	15,1	2,6	145.800	15,9
3,0	169.400	17,9	2,6	219.500	20,6	2,7	156.900	15,5	2,8	150.900	15,7
3,5	179.000	17,3	2,8	230.600	20,3	2,9	157.600	15,8	3,0	152.500	15,7
4,0	240.900	16,6	3,0	233.000	20,0	3,1	157.900	16,1	3,2	153.700	15,6
4,5	260.800	16,4	3,2	234.400	19,7	3,3	160.400	16,3	3,4	159.200	15,7
5,0	260.800	16,2	3,4	238.700	19,3	3,5	166.900	16,5	3,6	164.300	15,7
6,0	257.600	16,3	3,6	245.100	19,0	3,7	171.800	16,8	3,8	172.800	15,8
8,0	257.500	16,4	3,8	246.500	18,6	3,9	182.400	17,0	4,0	207.200	15,9
10,0	257.500	16,4	4,0	256.400	18,4	4,1	252.700	17,1	4,2	243.500	16,0
12,0	257.400	16,5	4,2	267.600	18,2	4,3	252.700	17,2	4,4	243.300	16,0
14,0	257.100	16,6	4,4	266.900	18,1	4,5	252.700	17,2	4,6	243.000	16,0
16,0	257.000	16,6	4,6	267.900	17,9	5,0	252.600	17,3	4,8	242.900	16,1
18,0	256.800	16,7	4,8	268.000	17,8	5,5	250.700	17,3	5,0	242.500	16,1
20,0	256.700	16,7	5,0	268.500	17,7	6,0	249.300	17,3	5,5	240.700	16,3
22,0	256.800	16,8	5,5	272.900	17,3	6,5	249.100	17,2	6,0	238.800	16,5
24,0	256.500	16,8	6,0	273.600	17,3	7,0	249.100	17,1	6,5	238.600	16,5
26,0	256.300	16,9	8,0	276.200	16,9	8,0	249.100	16,8	7,0	238.600	16,5
28,0	256.300	18,9	10,0	277.000	16,8	9,0	249.000	16,6	7,8	238.700	16,6
30,0	256.300	16,9	12,0	277.000	16,8	10,0	248.900	16,5	9,0	238.500	16,6
32,0	256.300	17,0	14,0	277.100	16,9	12,0	248.700	16,5	10,0	238.300	16,6
34,0	256.200	17,1	16,0	276.400	16,9	14,0	247.800	16,6	12,0	238.100	16,5
36,0	256.200	17,1	18,0	276.500	17,0	16,0	247.700	16,6	14,0	237.900	16,5
			20,0	275.700	17,0	18,0	247.400	16,6	16,0	237.800	16,6
			22,0	275.700	17,0	20,0	247.100	16,7	18,0	237.500	16,6
			24,0	275.000	17,1	22,0	246.900	16,8	20,0	237.400	16,7

MPS-CC											
Fecha Campaña											
15-01-2017			07-04-2017			26-07-2017			22-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
			26,0	275.000	17,1	24,0	246.800	16,8	22,0	237.000	16,7
			28,0	274.200	17,2	26,0	276.700	16,8	24,0	237.200	16,8
			30,0	274.200	17,2	28,0	246.600	16,9	26,0	236.900	16,8
			32,0	273.300	17,3	30,0	246.600	17,0	28,0	237.100	16,8
			34,0	273.400	17,3	32,0	246.500	17,0	30,0	236.900	16,9
			36,0	272.500	17,4	34,0	246.600	17,1	32,0	236.900	16,9
						36,0	246.500	17,1	34,0	236.900	17,0
						37,0	246.500	17,1	36,0	236.800	17,1
						37,08	245.900	17,1	37,08	236.400	17,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-30 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-01. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

PP-01											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			23-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
1,1	15.830	24,5	1,0	26.470	21,0	2,0	27.100	20,1	2,0	26.220	20,2
2,0	18.880	21,4	3,0	33.050	20,2	4,0	28.320	20,2	4,0	33.500	20,2
4,0	33.100	20,3	5,0	33.110	20,2	6,0	28.330	20,2	6,0	33.480	20,3
6,0	33.050	20,3	7,0	33.150	20,2	8,0	28.310	20,2	8,0	33.490	20,3
8,0	33.030	20,3	9,0	33.170	20,2	10,0	28.330	20,2	10,0	33.520	20,2
10,0	33.020	20,3	11,0	33.190	20,2	12,0	28.330	20,2	12,0	33.520	20,2
12,0	33.000	20,3	13,0	33.200	20,2	14,0	28.310	20,2	14,0	33.500	20,2
14,0	32.980	20,3	15,0	33.240	20,2	16,0	28.290	20,3	16,0	33.530	20,3
16,0	32.960	20,3	17,0	33.260	20,3	18,0	28.290	20,3	18,0	33.590	20,3
18,0	32.950	20,3	19,0	33.350	20,3	20,0	28.300	20,3	20,0	33.670	20,3
20,0	32.950	20,3	21,0	33.440	20,3	22,0	28.330	20,3	22,0	33.720	20,3
22,0	32.970	20,4	23,0	33.550	20,3	24,0	28.340	20,4	24,0	33.820	20,3
24,0	33.060	20,4	25,0	33.600	20,3	26,0	28.520	20,4	26,0	33.850	20,4
26,0	33.160	20,4	27,0	33.700	20,3	28,0	28.510	20,4	28,0	34.380	20,4
28,0	33.310	20,4	29,0	61.210	20,5	29,0	32.820	20,5	28,5	47.370	20,4
29,0	56.870	20,5	30,0	63.700	20,5	29,5	53.330	20,5	29,0	58.670	20,5
29,5	58.560	20,5	32,0	66.250	20,6	30,0	53.760	20,5	29,5	61.470	20,5
30,0	58.940	20,5	34,0	66.700	20,7	32,0	57.200	20,6	30,0	62.110	20,5
30,5	59.370	20,5	36,0	66.700	20,7	34,0	57.220	20,7	31,0	62.310	20,6
31,0	59.550	20,5	38,0	66.700	20,7	36,0	57.250	20,8	32,0	64.640	20,6
31,5	59.820	20,6	40,0	66.720	20,7	38,0	57.190	20,8	34,0	65.050	20,7
32,0	63.370	20,6	42,0	66.720	20,8	40,0	57.290	20,8	36,0	65.040	20,7
32,5	63.960	20,7	44,0	66.750	20,8	42,0	57.290	20,8	38,0	65.060	20,7
33,0	64.010	20,7	46,0	66.780	20,8	44,0	57.270	20,8	40,0	65.070	20,8
33,5	64.010	20,7	48,0	66.840	20,8	46,0	57.300	20,8	42,0	65.120	20,8
34,0	64.020	20,7	50,0	87.750	20,9	48,0	57.310	20,8	44,0	65.180	20,8
34,5	64.030	20,7	51,0	88.110	21,0	49,0	57.270	20,8	46,0	65.200	20,8
35,0	64.060	20,8	52,0	88.090	21,0	49,5	57.290	20,8	48,0	65.150	20,8
35,5	64.070	20,8	53,0	88.060	21,0	50,0	79.840	21,0	49,0	65.550	20,8
36,0	64.060	20,8	54,0	88.010	21,0	51,0	80.680	21,1	50,0	93.400	20,9
36,5	64.090	20,8	55,0	87.950	21,0	52,0	80.660	21,1	51,0	94.380	21,0
37,0	64.080	20,8	56,0	87.910	21,0	54,0	80.690	21,1	52,0	94.590	21,0
37,5	64.060	20,8	57,0	87.860	21,0	56,0	80.670	21,1	54,0	94.620	21,1
38,0	64.080	20,8	58,0	87.850	21,0	58,0	80.740	21,1	56,0	94.630	21,1
38,5	64.060	20,8	59,0	88.290	21,0	60,0	81.560	21,1	58,0	94.760	21,1

PP-01											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			23-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
39,0	64.080	20,8	60,0	88.550	21,0	61,0	81.600	21,1	60,0	95.800	21,1
40,0	64.070	20,8	60,5	88.530	21,0	61,5	81.740	21,1	61,0	95.890	21,1
41,0	64.070	20,8	61,0	88.460	21,0	62,0	138.900	21,2	61,5	96.170	21,1
42,0	64.080	20,8	61,5	88.590	21,0	63,0	148.900	21,2	62,0	157.100	21,2
43,0	64.080	20,8	62,0	121.500	21,0	64,0	148.800	21,3	62,2	159.800	21,2
44,0	64.080	20,8	62,5	170.600	21,0	66,0	148.900	21,3	62,4	162.400	21,3
45,0	64.090	20,8	62,7	171.300	21,0	68,0	148.800	21,3	62,6	162.500	21,3
46,0	64.100	20,8	62,9	171.300	21,1	70,0	148.900	21,3	62,8	162.400	21,3
47,0	64.110	20,8	63,1	171.200	21,1	72,0	148.900	21,3	63,0	162.500	21,3
48,0	64.150	20,9	63,3	171.200	21,1	74,0	157.800	21,5	64,0	162.400	21,3
49,0	64.160	20,9	63,5	171.100	21,1	74,5	167.400	21,6	65,0	162.600	21,3
50,0	84.540	21,1	63,7	171.400	21,2	75,0	167.700	21,6	66,0	162.500	21,3
50,2	84.640	21,1	63,9	171.400	21,2	75,5	167.800	21,6	68,0	162.200	21,3
50,4	84.640	21,1	64,1	171.300	21,2	76,0	169.100	21,6	70,0	162.600	21,3
50,6	84.640	21,1	64,3	171.200	21,2	76,5	173.600	21,7	72,0	162.200	21,3
50,8	84.640	21,1	64,5	171.500	21,2	77,0	178.200	21,8	74,0	173.700	21,5
51,0	84.640	21,1	64,7	171.000	21,2	77,5	222.400	21,9	74,5	185.200	21,5
51,5	84.640	21,1	64,9	170.900	21,2	77,8	243.900	21,9	75,0	189.400	21,6
52,0	84.660	21,1	65,5	170.800	21,2	78,0	251.400	22,0	75,5	192.000	21,6
52,5	84.660	21,1	65,7	170.800	21,3	80,0	254.800	22,2	76,0	198.400	21,6
53,0	84.670	21,1	66,0	170.700	21,3	82,0	254.800	22,3	76,5	211.600	21,7
53,5	84.670	21,1	66,5	170.600	21,3	84,0	254.900	22,3	77,0	248.800	21,8
54,0	84.670	21,1	66,7	170.600	21,3	86,0	255.000	22,2	77,5	282.400	21,8
54,5	84.680	21,1	66,9	170.500	21,3	88,0	255.000	22,3	77,6	283.200	21,9
55,0	84.680	21,1	67,1	170.400	21,3	90,0	255.200	22,4	77,8	285.100	22,0
56,0	84.690	21,1	67,3	170.300	21,3	92,0	255.200	22,4	78,0	285.800	22,0
57,0	84.700	21,1	67,5	170.300	21,3	94,0	255.100	22,5	78,5	287.500	22,2
58,0	84.760	21,1	68,0	170.200	21,3	96,0	255.200	22,5	79,0	286.400	22,2
58,5	84.790	21,1	69,0	170.100	21,3	98,0	255.000	22,5	80,0	286.200	22,3
59,0	85.330	21,1	70,0	170.400	21,3				82,0	286.300	22,3
59,5	85.500	21,1	71,0	170.000	21,3				84,0	286.400	22,3
60,0	85.520	21,1	72,0	170.000	21,3				86,0	286.500	22,3
60,5	85.550	21,1	73,0	171.100	21,4				88,0	286.500	22,3
61,0	85.550	21,1	73,5	171.200	21,4				90,0	286.500	22,4
61,5	85.660	21,1	74,0	172.300	21,5				92,0	286.500	22,4
62,0	101.200	21,2	74,5	175.500	21,5				94,0	286.400	22,4
62,2	122.800	21,2	75,0	176.000	21,5				96,0	286.500	22,5

PP-01											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			23-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
62,4	131.100	21,2	75,5	176.600	21,6				98,0	286.200	22,5
62,6	161.600	21,2	76,0	178.600	21,6						
62,8	162.100	21,2	76,5	181.500	21,7						
63,0	162.400	21,2	77,0	184.300	21,8						
63,2	162.900	21,2	77,5	189.000	21,9						
63,4	163.100	21,2	77,7	192.900	21,9						
63,6	164.800	21,3	77,9	203.900	22,0						
63,8	167.600	21,4	78,0	203.900	22,0						
64,0	167.700	21,4	78,5	223.000	22,3						
64,2	167.700	21,4	79,0	268.700	22,2						
64,4	167.700	21,4	80,0	268.700	22,2						
64,6	167.700	21,4	82,0	268.700	22,2						
64,8	167.700	21,4	84,0	268.500	22,2						
65,0	167.700	21,4	86,0	268.500	22,2						
65,2	167.700	21,4	88,0	268.500	22,2						
65,4	167.700	21,4	90,0	268.500	22,2						
65,6	167.700	21,4	92,0	268.300	22,2						
66,0	167.700	21,4	94,0	268.100	22,4						
66,5	167.700	21,4	96,0	268.100	22,4						
67,0	167.700	21,4	98,0	267.900	22,5						
67,5	167.700	21,4	99,0	267.900	22,5						
68,0	167.700	21,4	100,0	267.600	22,5						
68,5	167.700	21,4									
69,0	167.700	21,4									
69,5	167.700	21,4									
70,0	167.700	21,4									
70,5	167.700	21,4									
71,0	167.700	21,4									
72,0	167.700	21,4									
73,0	167.700	21,4									
75,0	170.300	21,6									
76,0	172.400	21,7									
77,0	177.300	21,9									
78,0	198.100	22,1									
78,5	257.600	22,4									
79,0	257.600	22,4									
80,0	257.600	22,4									

PP-01											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			23-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
82,0	257.600	22,4									
84,0	257.600	22,4									
86,0	257.600	22,4									
88,0	257.500	22,5									
90,0	257.600	22,5									
92,0	257.500	22,5									
94,0	257.600	22,5									
96,0	257.600	22,5									
98,0	257.400	22,6									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-31 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-02. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

PP-02											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
0,7	33.880	20,7	1,0	36.450	20,5	2,0	34.360	19,8	1,0	33.420	20,6
2,0	33.780	20,5	3,0	37.620	20,5	4,0	34.460	20,6	3,0	33.370	20,5
4,0	33.740	20,5	5,0	37.640	20,5	6,0	34.570	20,6	5,0	35.030	20,6
6,0	33.760	20,5	7,0	37.650	20,5	8,0	34.580	20,6	8,0	35.050	20,6
8,0	33.850	20,5	9,0	37.600	20,5	10,0	34.570	20,6	11,0	34.990	20,6
10,0	34.020	20,5	11,0	38.640	20,5	12,0	34.640	20,6	12,0	34.830	20,6
12,0	34.410	20,5	13,0	44.320	20,6	14,0	39.970	20,6	13,0	35.080	20,6
14,0	34.450	20,5	15,0	57.130	20,7	16,0	40.490	20,7	14,0	37.570	20,6
16,0	34.430	20,6	17,0	57.760	20,7	18,0	60.200	20,9	15,0	42.980	20,7
18,0	34.600	20,6	19,0	65.190	20,8	20,0	62.930	21,1	16,0	43.930	20,7
20,0	62.660	20,8	21,0	69.390	20,9	22,0	63.220	21,1	16,5	44.650	20,7
22,0	67.900	21,0	23,0	70.110	21,0	24,0	65.010	21,2	17,0	59.450	20,8
23,0	67.880	21,0	25,0	74.060	21,3	26,0	67.620	21,5	17,5	63.690	20,9
24,0	69.260	21,1	27,0	74.320	21,4	28,0	67.880	21,6	18,0	64.180	20,9
25,0	73.270	21,3	29,0	74.620	21,4	30,0	68.120	21,6	19,0	64.700	21,0
25,5	73.590	21,4	31,0	75.200	21,7	32,0	69.740	21,9	20,0	65.160	21,0
26,0	73.800	21,5	33,0	78.870	21,9	34,0	83.000	22,3	21,0	65.340	21,0
26,5	73.810	21,5	35,0	90.110	22,3	35,0	83.340	22,4	22,0	65.340	21,1
27,0	73.830	21,5	37,0	90.120	22,3	36,0	83.440	22,4	23,0	65.710	21,1
28,0	73.910	21,5	39,0	90.130	22,3	38,0	83.570	22,4	24,0	66.520	21,2
29,0	74.330	21,6	41,0	90.130	22,3	40,0	83.630	22,4	25,0	68.940	21,3
30,0	74.360	21,7	43,0	90.180	22,3	42,0	83.760	22,4	26,0	69.890	21,5
31,0	74.990	21,8	45,0	90.920	22,3	44,0	83.770	22,4	28,0	70.250	21,5
32,0	76.180	21,9	47,0	91.760	22,3	46,0	85.030	22,3	30,0	70.510	21,6
33,0	78.730	22,1	49,0	92.250	22,2	47,0	85.070	22,3	31,0	70.940	21,7
34,0	89.440	22,4	51,0	92.350	22,1	48,0	85.470	22,3	32,0	72.170	21,8
34,5	89.550	22,4	53,0	101.200	22,0	49,0	85.430	22,3	32,5	72.870	21,9
35,0	89.570	22,4	55,0	104.900	21,9	50,0	85.500	22,3	33,0	74.500	22,0
35,5	89.590	22,4	57,0	106.000	21,9	51,0	85.450	22,2	33,5	85.470	22,3
36,0	89.590	22,4	59,0	112.000	21,9	52,0	92.000	22,1	34,0	85.810	22,3
37,0	89.570	22,4	61,0	143.800	21,9	53,0	94.070	22,0	36,0	85.910	22,4
38,0	89.610	22,4	61,5	155.400	21,9	54,0	96.970	22,0	38,0	85.840	22,3

PP-02											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
39,0	89.600	22,4	62,0	158.200	22,0	55,0	97.850	22,0	40,0	85.950	22,3
40,0	89.620	22,4	63,0	163.700	22,0	56,0	98.690	22,0	42,0	85.970	22,3
42,0	89.630	22,4	63,5	168.700	22,0	57,0	98.770	22,0	44,0	86.020	22,3
44,0	89.670	22,4	64,0	171.500	22,0	58,0	99.430	22,0	46,0	87.270	22,3
46,0	91.960	22,4	64,5	176.200	22,0	59,0	105.300	22,0	48,0	87.830	22,3
48,0	92.230	22,4	65,0	180.400	22,0	59,5	111.400	22,0	50,0	87.880	22,2
50,0	92.320	22,3	65,5	184.800	22,0	60,0	121.300	22,0	51,5	88.000	22,1
51,0	92.330	22,2	66,0	192.900	22,0	60,2	124.400	22,0	52,0	94.910	22,0
52,0	92.580	22,1	66,2	195.800	22,0	60,4	128.700	22,0	53,0	96.620	22,0
53,0	100.400	22,1	66,4	199.500	22,0	60,6	131.300	22,0	54,0	99.700	22,0
53,5	102.200	22,1	66,6	204.700	22,0	60,8	134.000	22,0	55,0	100.600	22,0
54,0	103.400	22,1	67,0	229.500	22,0	61,0	136.500	22,0	56,0	101.500	22,0
54,5	103.700	22,1	69,0	241.000	22,0	61,2	139.400	22,0	57,0	101.700	22,0
55,0	104.200	22,1	71,0	241.600	22,0	61,4	145.000	22,0	58,0	103.000	22,0
55,5	105.100	22,0	73,0	246.000	22,0	61,6	148.400	22,0	59,0	108.300	22,0
56,0	105.300	22,0	73,5	246.000	22,0	61,8	149.200	22,0	60,0	124.600	22,0
56,5	105.400	22,0	74,0	246.100	22,0	62,0	149.300	22,0	61,0	141.100	22,0
57,0	105.400	22,0	79,8	246.100	22,0	62,5	153.400	22,0	62,0	154.200	22,0
57,5	105.600	22,0				63,0	155.200	22,0	63,0	159.800	22,0
58,0	106.200	22,0				63,5	161.100	22,0	64,0	168.500	22,0
58,5	109.700	22,0				64,0	163.300	22,0	65,0	177.400	22,0
59,0	111.100	22,0				64,5	167.900	22,0	66,0	188.500	22,0
59,5	118.100	22,0				65,0	172.100	22,0	67,0	237.600	22,0
60,0	128.300	22,0				65,5	176.300	22,0	68,0	237.800	22,0
60,2	131.000	22,0				66,0	184.300	22,0	69,0	238.200	22,0
60,4	134.600	22,0				66,5	193.900	22,0	70,0	238.300	22,0
60,6	137.100	22,0				66,8	208.100	22,0	71,0	241.000	22,0
60,8	139.200	22,0				67,0	231.200	22,0	72,0	244.800	22,0
61,0	142.100	22,0				67,5	231.700	22,0	73,0	245.100	22,0
61,2	143.700	22,0				68,0	231.800	22,0	74,0	245.200	22,0
61,4	150.800	22,0				69,0	232.400	22,0	75,0	245.100	22,1
61,6	155.400	22,0				70,0	232.500	22,0	76,0	245.400	22,1
61,8	156.900	22,0				72,0	238.100	22,1	77,0	246.300	22,1

PP-02											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
62,0	157.200	22,0				74,0	238.600	22,1	78,0	248.700	22,1
62,2	157.400	22,0				76,0	238.900	22,1	79,0	249.100	22,1
62,4	158.900	22,0				78,0	242.500	22,1			
62,6	160.500	22,0									
62,8	161.600	22,0									
63,0	162.400	22,0									
63,2	162.300	22,0									
63,4	163.700	22,0									
63,6	167.200	22,0									
63,8	168.000	22,0									
64,0	168.300	22,0									
64,4	173.000	22,0									
64,8	174.200	22,0									
65,2	181.300	22,0									
65,6	183.100	22,0									
66,0	191.000	22,1									
66,4	197.200	22,1									
66,8	206.400	22,1									
67,0	215.300	22,1									
67,2	222.000	22,1									
67,4	228.800	22,1									
67,6	230.100	22,1									
67,8	233.700	22,1									
68,0	233.700	22,1									
68,2	233.900	22,1									
68,4	234.400	22,1									
68,6	235.600	22,1									
68,8	236.800	22,1									
69,0	236.800	22,1									
69,4	237.400	22,1									
69,8	237.400	22,1									
70,0	237.500	22,1									
70,5	237.600	22,1									
71,0	237.700	22,1									

PP-02											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
72,0	239.800	22,1									
74,0	240.400	22,1									
76,0	242.100	22,1									
78,0	244.100	22,2									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-32 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-03. Campañas Enero, Abril, Julio y Octubre 2017

PP-03											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
0,7	27.660	25,6	0,5	27.550	25,5	2,0	22.360	25,6	1,0	24.770	25,1
2,0	27.640	25,6	2,0	27.500	25,5	4,0	24.360	25,6	3,0	24.840	25,5
4,0	27.640	25,6	4,0	27.500	25,5	6,0	24.360	25,6	6,0	24.850	25,5
6,0	27.650	25,6	6,0	27.500	25,5	8,0	24.340	25,6	9,0	24.870	25,5
8,0	27.650	25,6	8,0	27.500	25,5	10,0	24.350	25,6	12,0	24.870	25,6
10,0	27.660	25,6	10,0	27.600	25,5	12,0	24.340	25,6	15,0	24.900	25,6
12,0	27.670	25,6	12,0	27.600	25,5	14,0	24.340	25,6	18,0	24.920	25,6
14,0	27.670	25,6	14,0	27.600	25,5	16,0	24.350	25,6	21,0	24.920	25,6
16,0	27.670	25,6	16,0	27.600	25,5	18,0	24.340	25,6	24,0	24.930	25,6
18,0	27.670	25,6	18,0	27.600	25,5	20,0	24.340	25,6	27,0	24.930	25,6
20,0	27.680	25,6	20,0	27.600	25,5	22,0	24.340	25,6	30,0	24.950	25,6
22,0	27.680	25,6	22,0	27.600	25,5	24,0	24.340	25,6	33,0	24.940	25,6
24,0	27.680	25,6	24,0	27.600	25,5	26,0	24.350	25,6	36,0	24.960	25,6
26,0	27.690	25,6	26,0	27.600	25,5	28,0	24.340	25,6	39,0	24.970	25,6
28,0	27.690	25,6	28,0	27.600	25,5	30,0	24.350	25,6	42,0	25.020	25,6
30,0	27.690	25,6	30,0	27.600	25,5	32,0	24.360	25,6	45,0	25.060	25,6
32,0	27.690	25,6	32,0	27.600	25,5	34,0	24.350	25,6	48,0	25.120	25,6
34,0	27.700	25,6	34,0	27.500	25,5	36,0	24.360	25,6	51,0	25.150	25,6
36,0	27.690	25,6	36,0	27.500	25,5	38,0	24.360	25,6	54,0	25.160	25,6
38,0	27.690	25,6	38,0	27.500	25,5	40,0	24.370	25,6	57,0	25.180	25,6
40,0	27.700	25,6	40,0	27.500	25,5	42,0	24.420	25,6	60,0	25.330	25,6
42,0	27.760	25,6	42,0	27.500	25,5	44,0	24.450	25,6	63,0	25.280	25,6
44,0	27.780	25,7	44,0	27.600	25,5	46,0	24.480	25,6	66,0	25.360	25,6
46,0	27.790	25,7	46,0	27.600	25,5	48,0	24.480	25,6	69,0	25.410	25,6
48,0	27.800	25,7	48,0	27.600	25,5	50,0	24.510	25,6	72,0	25.830	25,7
50,0	27.800	25,7	50,0	27.700	26,0	52,0	24.520	25,6	75,0	25.940	25,7
52,0	27.810	25,7	52,0	27.700	26,0	54,0	24.520	25,6	78,0	26.300	25,7
54,0	27.840	25,7	54,0	27.700	26,0	56,0	24.620	25,7	81,0	26.430	25,7
56,0	28.030	25,7	56,0	27.700	26,0	58,0	24.620	25,7	83,0	26.570	25,7
57,0	28.240	25,7	58,0	27.700	26,0	60,0	24.620	25,7	85,0	27.680	25,7
58,0	28.240	25,7	60,0	27.060	26,0	62,0	24.590	25,7	86,0	28.080	25,7
59,0	28.240	25,7	62,0	27.900	25,6	64,0	24.590	25,7	87,0	30.500	25,7

PP-03											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
60,0	28.230	25,7	64,0	27.920	25,6	66,0	24.660	25,7	88,0	30.530	25,7
62,0	28.240	25,7	66,0	28.030	25,6	68,0	24.710	25,7	88,5	30.770	25,7
64,0	28.310	25,7	68,0	28.050	25,6	70,0	24.740	25,7	89,0	30.840	25,7
66,0	28.260	25,7	70,0	28.000	25,6	72,0	25.120	25,7	89,5	31.130	25,7
68,0	28.380	25,7	72,0	28.500	25,6	74,0	25.290	25,7	89,8	31.990	25,7
70,0	28.530	25,7	74,0	28.600	25,6	76,0	25.290	25,7	90,0	42.860	25,7
72,0	28.720	25,7	76,0	28.670	25,6	78,0	25.290	25,7	90,2	71.010	25,8
74,0	28.790	25,7	78,0	28.800	25,6	80,0	25.290	25,7	90,4	71.110	25,8
76,0	28.730	25,8	80,0	29.010	25,6	82,0	25.290	25,7	90,6	71.420	25,8
78,0	29.050	25,8	82,0	29.290	25,6	84,0	25.290	25,7	90,8	71.610	25,8
79,0	29.000	25,8	84,0	29.300	25,7	86,0	27.600	25,7	91,0	71.850	25,8
80,0	28.940	25,8	86,0	30.590	25,7	87,0	29.880	25,8	91,5	72.000	25,8
81,0	29.190	25,8	88,0	33.640	25,7	88,0	29.890	25,8	92,0	72.060	25,8
82,0	29.290	25,8	90,0	45.930	25,7	89,0	30.350	25,8	92,5	72.280	25,9
84,0	29.330	25,8	92,0	76.540	25,8	89,5	30.880	25,8	93,0	75.060	25,9
86,0	30.050	25,8	94,0	81.030	25,8	90,0	69.180	25,8	93,5	76.060	25,9
87,0	32.910	25,8	95,0	82.600	25,8	90,2	69.290	25,8	94,0	76.620	25,9
87,5	23.920	25,8	96,0	89.400	25,8	90,4	69.420	25,8	94,5	74.600	25,9
88,0	31.520	25,8	98,0	96.210	25,9	90,6	69.620	25,8	95,0	78.230	25,9
88,5	33.930	25,8	99,0	100.300	25,9	90,8	69.730	25,9	95,5	79.500	25,9
89,0	34.330	25,8	100,0	104.200	25,9	91,0	69.900	25,9	96,0	85.090	25,9
89,2	34.280	25,8	101,0	134.400	25,9	91,5	69.960	25,9	96,5	87.060	25,9
89,4	35.310	25,8	102,0	134.500	25,9	92,0	69.990	25,9	97,0	90.600	25,9
89,6	35.820	25,8	103,0	134.600	25,9	92,5	70.160	25,9	97,5	91.150	25,9
89,8	37.460	25,8	104,0	155.700	26,0	93,0	72.750	25,9	98,0	95.690	25,9
90,0	73.710	25,9	105,0	181.600	26,0	93,5	73.820	25,9	98,5	93.570	25,9
90,2	74.580	25,9	106,0	212.400	26,0	94,0	74.020	25,9	99,0	95.600	25,9
90,4	74.860	25,9	107,0	222.700	26,0	94,5	75.000	25,9	100,0	99.510	26,0
90,6	75.100	25,9	108,0	233.800	26,0	95,0	75.320	25,9	101,0	129.600	26,0
90,8	75.240	25,9	110,0	238.000	26,0	95,5	76.790	25,9	102,0	130.000	26,0
91,0	75.410	25,9	112,0	240.000	26,1	96,0	81.630	25,9	103,0	130.200	26,0
91,5	75.480	25,9	114,0	240.200	26,2	96,5	84.380	25,9	104,0	150.800	26,0
92,0	75.510	25,9	116,0	240.100	26,2	97,0	87.220	25,9	105,0	178.700	26,0

PP-03											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
92,5	75.680	25,9	118,0	247.400	26,5	97,5	88.220	25,9	105,5	199.400	26,0
93,0	78.470	25,9				98,0	88.670	26,0	106,0	209.300	26,1
93,5	79.500	25,9				98,5	90.420	26,0	106,5	212.700	26,1
94,0	79.990	25,9				99,0	92.380	26,0	107,0	219.500	26,1
94,5	80.790	25,9				99,5	93.430	26,0	107,5	227.900	26,1
95,0	81.500	25,9				100,0	97.330	26,0	108,0	230.200	26,1
95,5	82.780	25,9				100,5	117.400	26,0	108,5	233.300	26,1
96,0	88.490	25,9				101,0	125.200	26,0	109,0	234.100	26,1
96,5	90.570	26,0				101,5	125.400	26,0	109,5	234.200	26,1
97,0	93.770	26,0				102,0	126.100	26,0	110,0	234.900	26,1
97,5	94.420	26,0				102,5	126.300	26,0	110,5	235.150	26,2
98,0	94.870	26,0				103,0	125.700	26,0	111,0	236.700	26,2
98,5	96.870	26,0				103,5	139.900	26,0	111,5	237.100	26,2
99,0	98.750	26,0				104,0	146.200	26,1	112,0	237.400	26,2
99,5	100.100	26,0				104,5	150.400	26,1	113,0	237.500	26,2
100,0	106.900	26,0				105,0	171.800	26,1	114,0	237.700	26,3
100,5	126.400	26,0				105,5	192.100	26,1	115,0	237.600	26,3
100,7	128.500	26,0				106,0	201.100	26,1	116,0	237.600	26,3
100,9	131.500	26,0				106,5	204.900	26,1	117,0	237.500	26,3
101,1	131.700	26,0				107,0	211.500	26,1	118,0	245.000	26,4
101,3	131.800	26,0				108,0	222.000	26,1			
101,5	131.900	26,0				109,0	226.100	26,1			
101,7	131.900	26,0				110,0	226.000	26,2			
101,9	131.900	26,0				112,0	227.500	26,2			
102,1	131.900	26,0				114,0	227.600	26,2			
102,3	131.900	26,0				116,0	227.600	26,3			
102,5	132.000	26,0				118,0	234.200	26,4			
102,7	132.000	26,0									
102,9	132.300	26,0									
103,5	147.900	26,0									
103,7	150.100	26,1									
103,9	151.700	26,1									
104,1	153.800	26,1									

PP-03											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
104,3	154.100	26,1									
104,5	157.800	26,1									
104,7	165.000	26,1									
104,9	174.700	26,1									
105,1	185.800	26,1									
105,3	192.900	26,1									
105,5	201.500	26,1									
105,7	205.800	26,1									
105,9	206.500	26,1									
106,1	207.200	26,1									
106,3	207.600	26,1									
106,5	210.500	26,1									
106,7	213.700	26,1									
106,9	215.900	26,1									
107,1	219.700	26,1									
107,3	222.800	26,1									
107,5	225.800	26,1									
107,7	226.400	26,1									
107,9	227.400	26,1									
108,1	229.600	26,1									
108,3	231.300	26,1									
108,5	231.800	26,1									
109,0	232.000	26,2									
109,5	232.000	26,2									
110,0	232.700	26,2									
110,5	233.900	26,2									
111,0	234.300	26,2									
111,5	234.500	26,2									
112,0	234.600	26,2									
113,0	235.000	26,3									
114,0	235.200	26,3									
115,0	235.100	26,3									
116,0	235.000	26,3									

PP-03											
Fecha Campaña											
14-01-2017			22-04-2017			14-07-2017			11-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (μ S/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (μ S/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (μ S/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (μ S/cm)	Temp. (°C)
117,0	238.400	26,4									

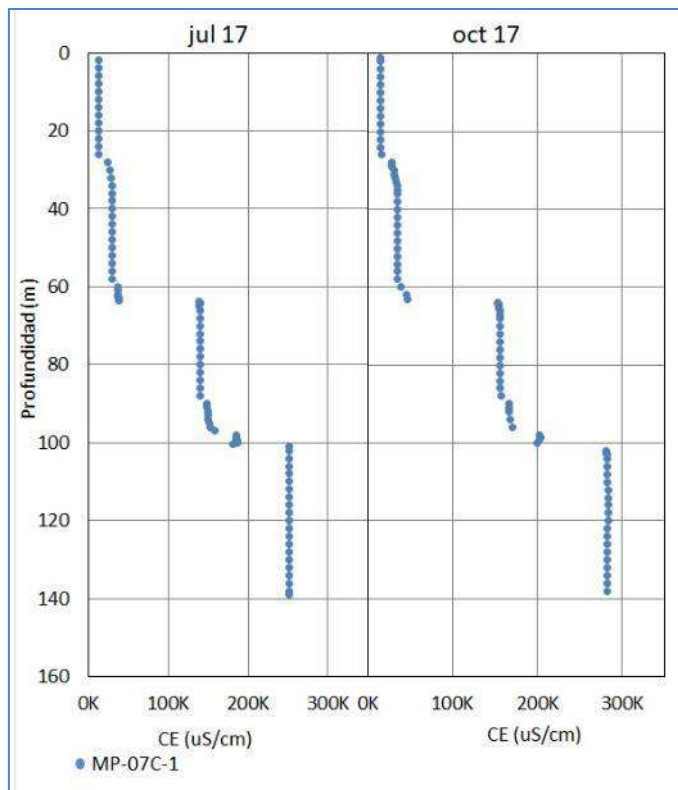
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los gráficos y la descripción de los datos registrados para cada uno de los puntos.

Punto MP-07C-1

Debido a que el punto MP-07C, de 101,5 m de profundidad, fue instalado en el año 2016 y no interceptó la cuña salina, se reemplazó por el punto MP-07C-1, 42,5 m más profundo, el cual permitió determinar que la cuña salina se ubica a partir de los 100 metros de profundidad, tal como se muestra en la Figura 5-84. Asimismo, se observa que a partir de los 65 metros, la conductividad aumenta con valores entre los 100.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y más allá de los 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por aproximadamente 35 metros. Debido a que este punto se implementó durante el año 2017, no se tienen registros históricos.

Figura 5-84 Perfiles de C.E. en el punto MP-07C-1, 2017



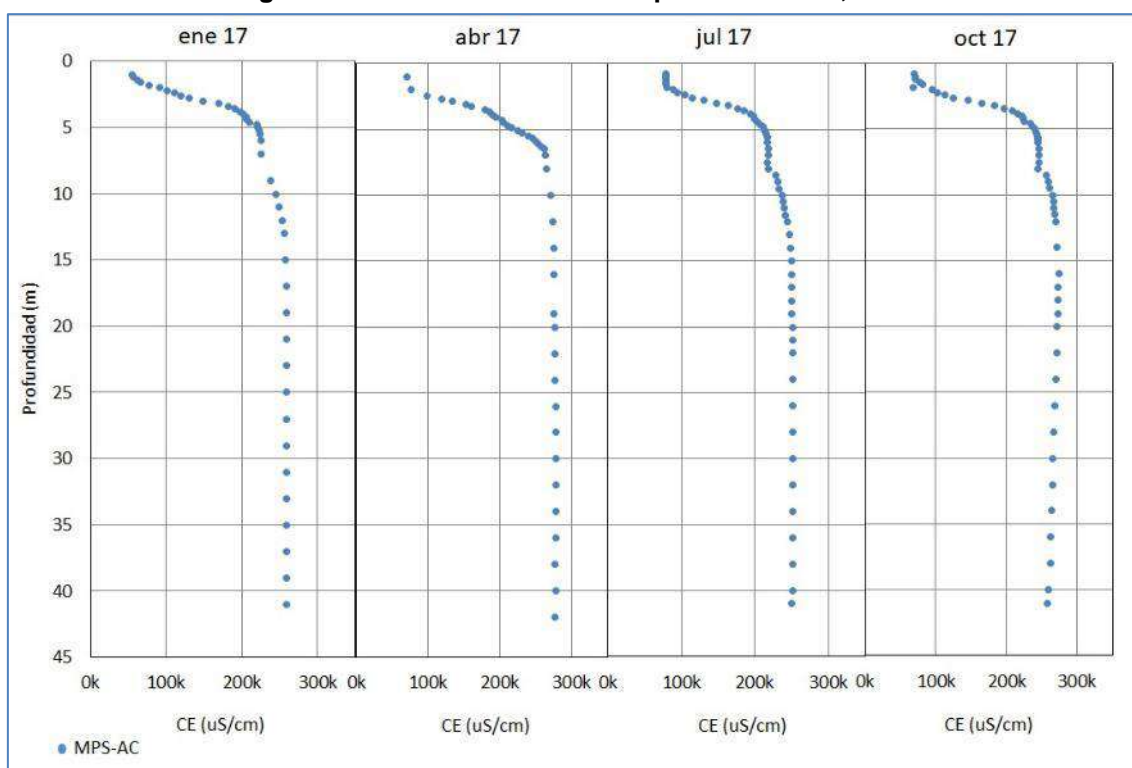
Fuente: Elaboración propia.

Punto MPS-AC

En el punto MPS-AC, ubicado en el entorno del Sistema Peine, el cambio en la conductividad eléctrica se muestra en la Figura 5-85, la cual comienza su incremento entre los 3 y 5 metros de profundidad.

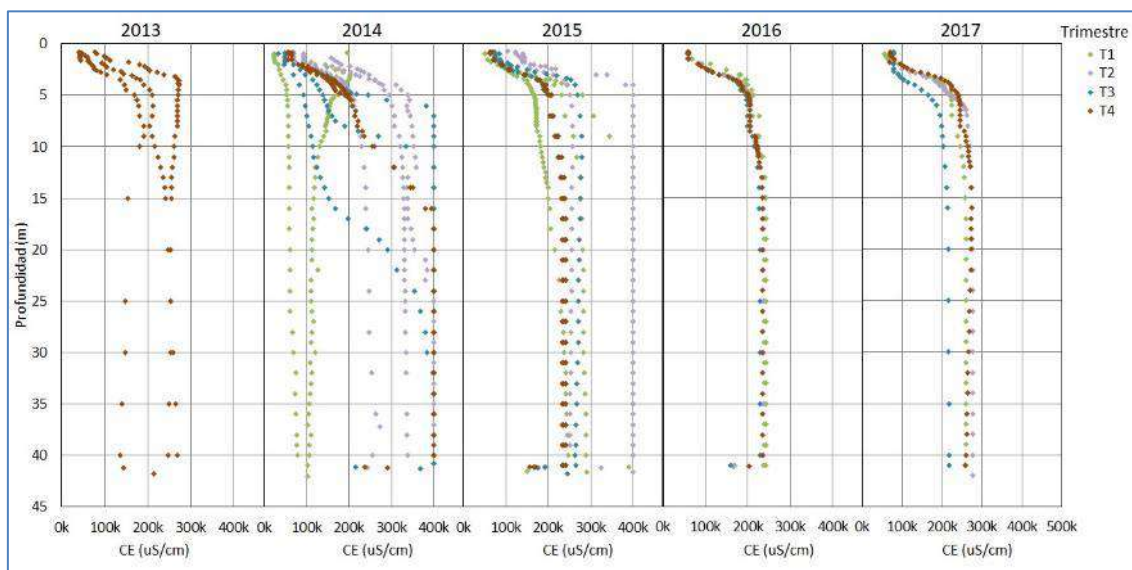
En la Figura 5-86 se observa la profundidad del nivel de la interfase salina no ha variado durante el período de registros manteniéndose alrededor de los 5 metros de profundidad. Los valores más dispersos del año 2014 en profundidad, corresponden a las mediciones realizadas con el equipo de menor resolución para valores altos de este parámetro y que luego fue reemplazado por otro de mayor precisión.

Figura 5-85 Perfiles de C.E. en el punto MPS-AC, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-86 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-AC, 2013-2017

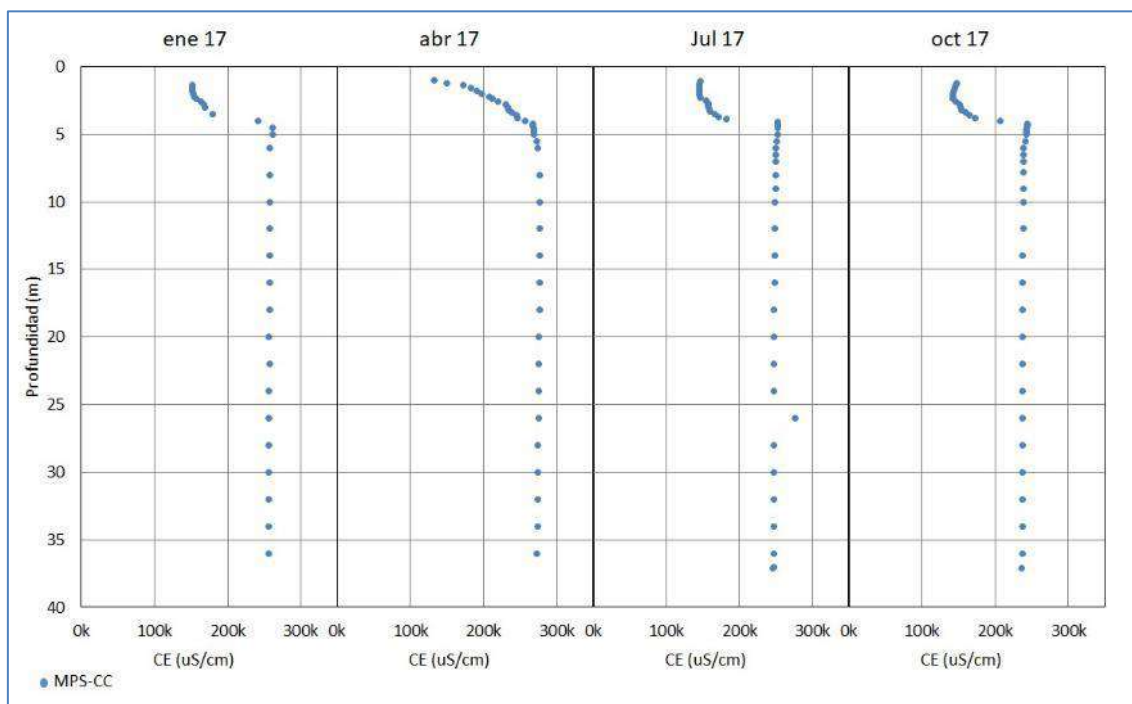


Fuente: Elaboración propia.

Punto MPS-CC

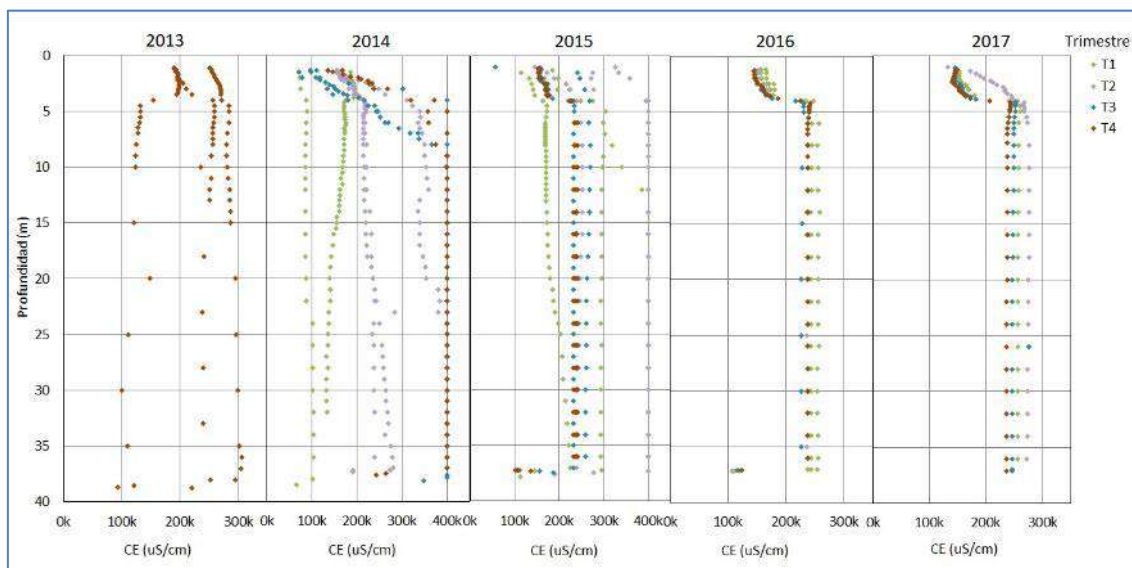
El punto MPS-CC, es similar al punto MPS-AC, mostrando el incremento de conductividad entre los 3 - 4 metros de profundidad como se aprecia en la Figura 5-87. Este punto posee la interfase salina más somera que el punto anterior, consistente con el hecho que el MPS-CC es el punto más cercano al núcleo. La Figura 5-88 muestra los registros históricos, en los que se ve que el nivel de la interfase salina en el año 2017 es constante en comparación con los años anteriores. En este punto también se observan los datos de mayor dispersión en profundidad del año 2014 producto del equipo de medición.

Figura 5-87 Perfiles de C.E. en el punto MPS-CC, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-88 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-CC, 2013-2017

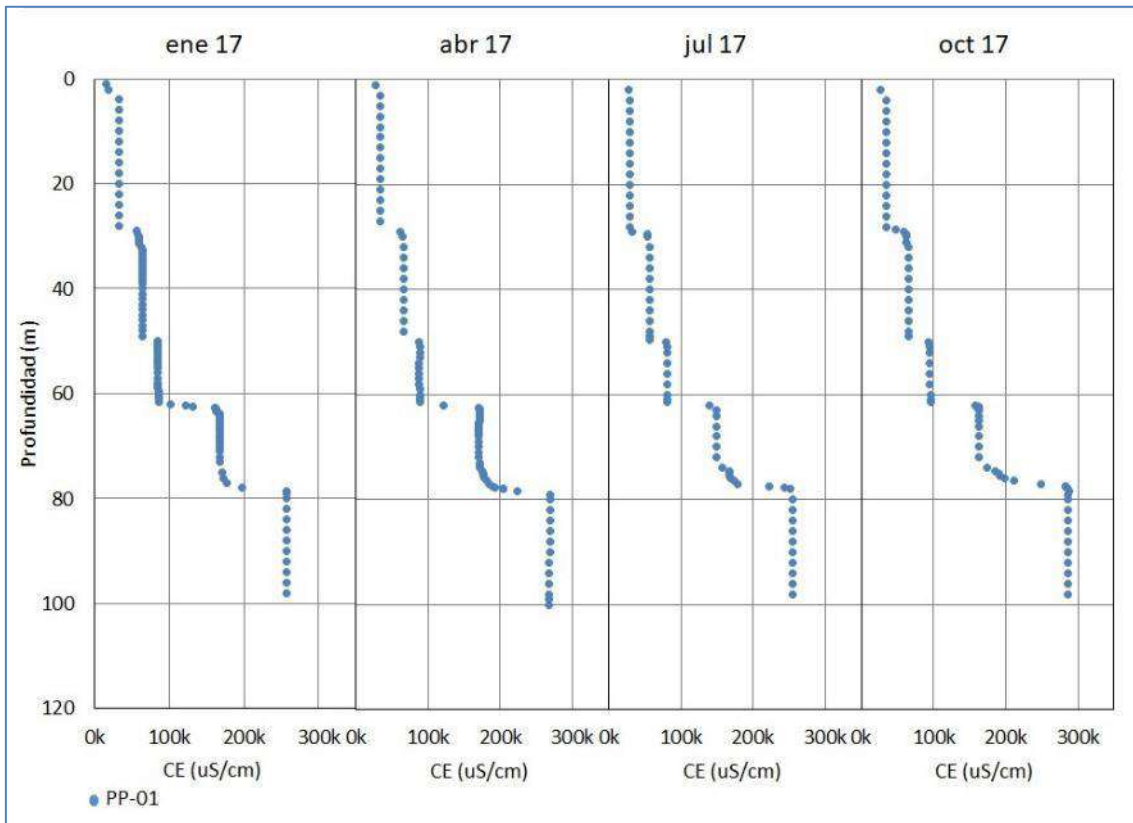


Fuente: Elaboración propia.

Punto PP-01

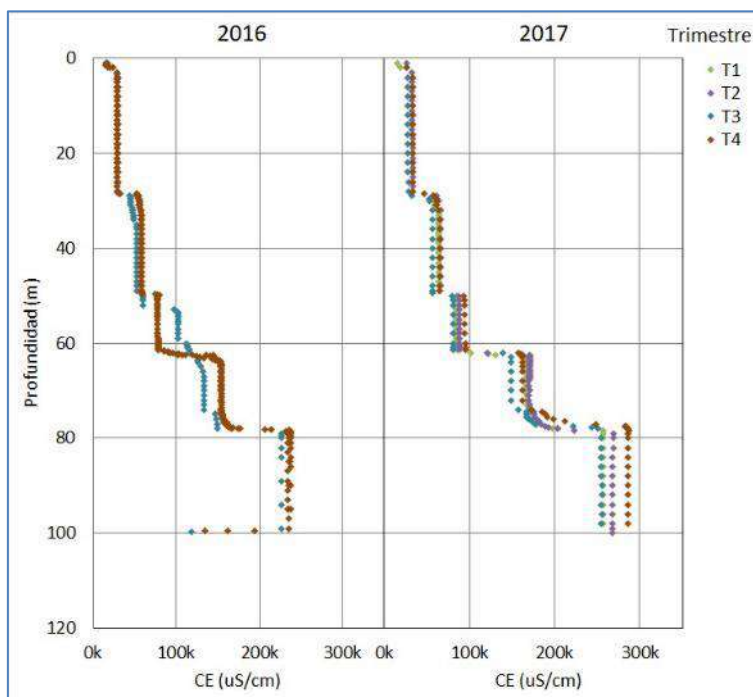
El punto PP-01, como se aprecia en la Figura 5-89, muestra un comportamiento escalonado por varios metros de profundidad, cambiando varias veces el valor de su conductividad. A diferencia de los puntos anteriores el cambio en la conductividad se produce de forma paulatina por aproximadamente 75 metros. El comportamiento de este pozo no ha variado desde su instalación, en Julio de 2016. Esto se ve claramente en la Figura 5-90, la cual compara las campañas realizadas en el año 2016 y 2017.

Figura 5-89 Perfiles de C.E. en el punto PP-01, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-90 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-01, 2016-2017

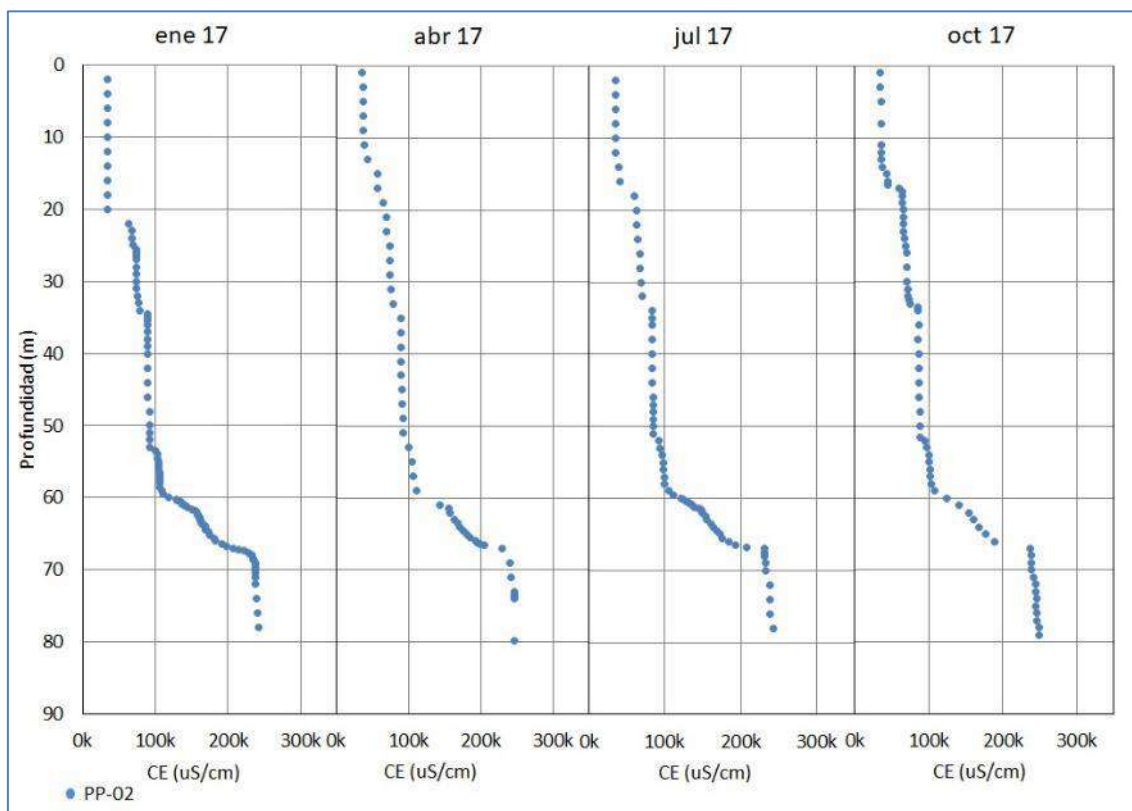


Fuente: Elaboración propia.

Punto PP-02

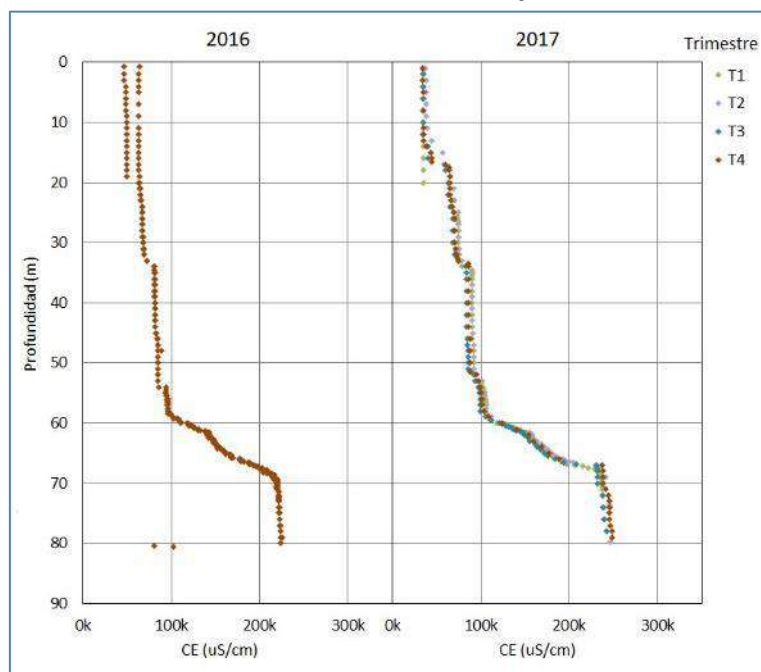
Los resultados del 2017 del punto PP-02, que se encuentra más cercano al núcleo, se muestran en la Figura 5-91 donde la interfase salina se encuentra entre los 60 - 75 metros de profundidad identificada con valores de conductividad superiores a los 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Debido a que este punto fue instalado a fines del año 2016 no cuenta con mayores registros, pero se comparan los valores obtenidos durante los periodos 2016-2017 en la Figura 5-92. En ella se observa que no se ha producido ningún cambio en la posición de la interfase salina, la cual está ubicada a aproximadamente los 60 metros de profundidad.

Figura 5-91 Perfiles de C.E. en el punto PP-02, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-92 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-02, 2013-2017

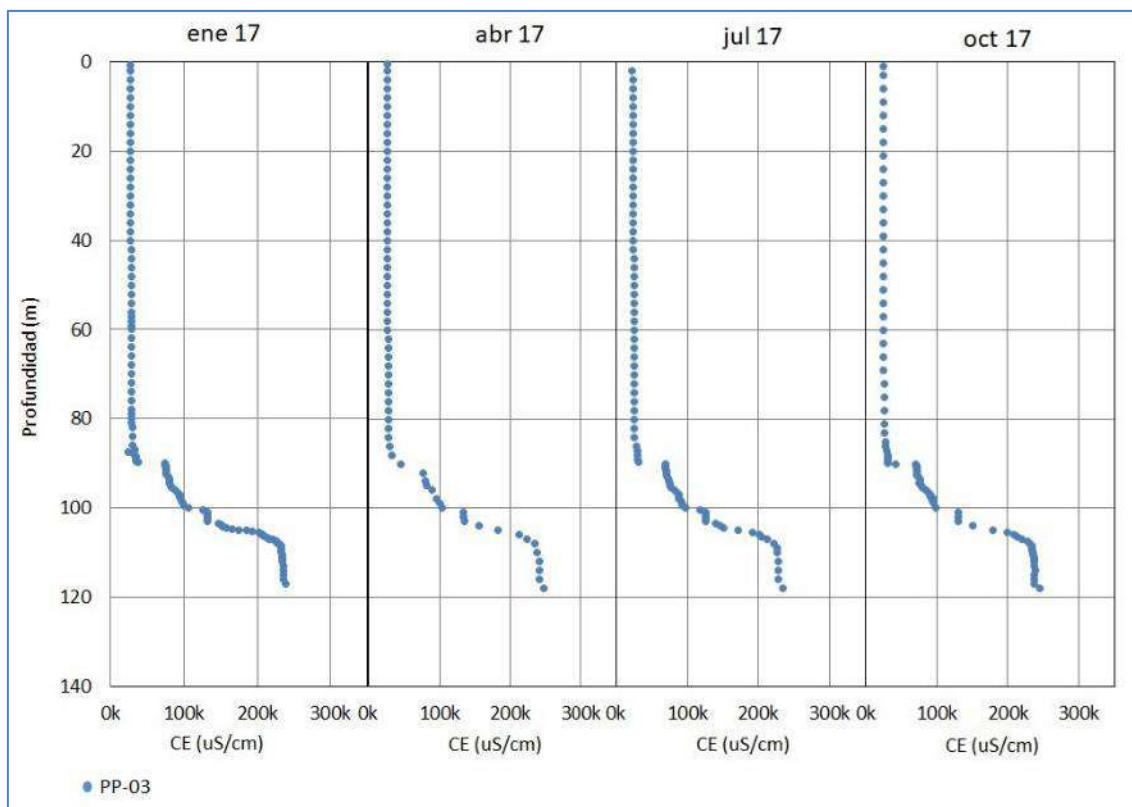


Fuente: Elaboración propia.

Punto PP-03

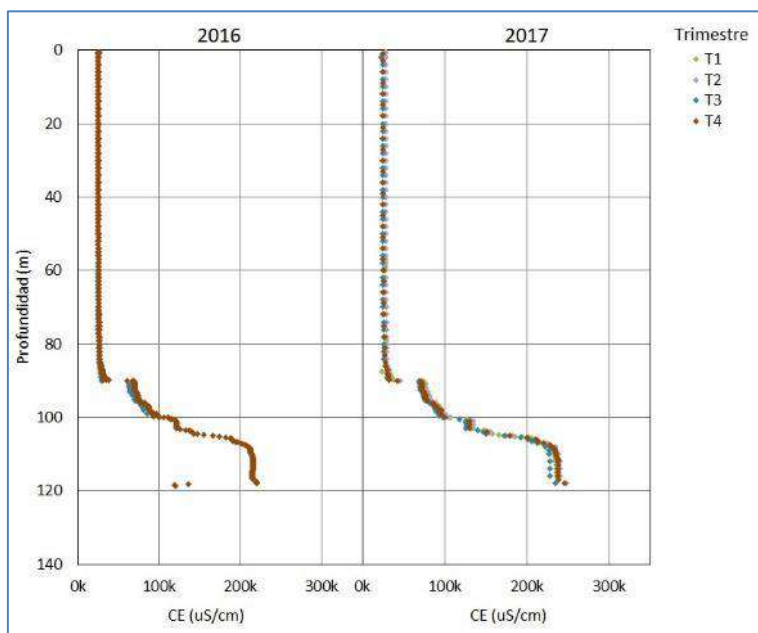
Los resultados de las campañas realizadas en el 2017 para el punto PP-03 se muestran en la Figura 5-93, donde observa que la interfase salina se presenta a partir de los 90 hasta los 110 metros de profundidad, aproximadamente. Este punto fue instalado en Agosto de 2016 por lo tanto no se cuenta con registros anteriores a esa fecha. La Figura 5-94 muestra que durante el año 2016 y 2017 la posición de la interfase salina no presenta cambios.

Figura 5-93 Perfiles de C.E. en el punto PP-03, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-94 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-03,2016-2017



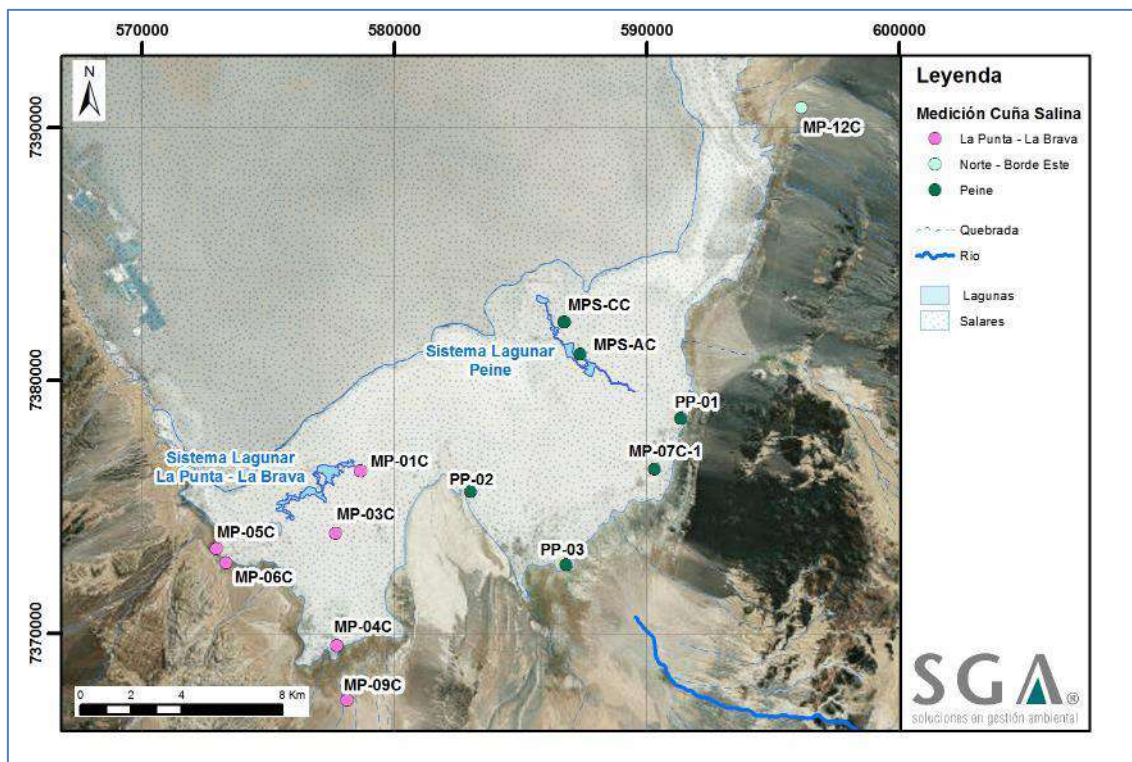
Fuente: Elaboración propia.

Para resumir, la cuña salina en el Sector Peine, al igual que el sector La Punta – La Brava, se encuentra a mayor profundidad a medida que los puntos donde se realiza la medición se alejan del núcleo. También, los registros históricos de los puntos junto con las mediciones realizadas este último año muestran que la posición de la interfase salina no ha variado durante el año 2017.

5.7.3 Sector Norte y Borde Este

En la Figura 5-95 se muestra la ubicación relativa del punto que mide cuña salina en este Sector, y que corresponde al punto MP-12C. Se muestran también los demás puntos de medición en Peine y La Punta – La Brava sólo para referencia de ubicación.

Figura 5-95 Mapa Ubicación Puntos de medición de Posición Interfase Salina en Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-33 se muestran los registros de profundidad, conductividad eléctrica (C.E.) y la temperatura obtenidos durante las campañas realizadas en el año 2017.

Tabla 5-33 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-12C. Campañas Julio y Octubre 2017

MP-12C					
Fecha Campaña *					
19-07-2017			17-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
10,0	8.304	21,8	10,0	8.935	23,7
12,0	8.702	22,6	12,0	10.280	22,6
14,0	10.320	22,7	14,0	11.940	22,6
16,0	10.840	22,7	16,0	12.420	22,7
20,0	12.760	22,7	18,0	12.830	22,7
21,0	16.720	22,8	20,0	14.070	22,7
22,0	21.140	22,8	21,0	19.180	22,7
23,0	21.390	22,8	22,0	22.350	22,8
24,0	24.830	22,8	23,0	22.920	22,8
25,0	26.940	22,9	24,0	26.230	22,8
26,0	29.000	22,9	25,0	29.540	22,8
27,0	30.790	22,9	26,0	31.900	22,8
28,0	31.960	22,9	27,0	34.270	22,9
29,0	32.520	22,9	28,0	36.160	22,9
30,0	34.010	23,0	29,0	36.950	22,9
31,0	34.390	23,0	30,0	38.950	22,9
32,0	35.540	23,0	31,0	39.820	22,9
33,0	42.600	23,0	32,0	41.190	22,9
33,5	50.090	23,1	33,0	47.590	23,0
34,0	50.190	23,1	34,0	56.300	23,0
35,0	52.240	23,1	35,0	58.070	23,0
36,0	55.110	23,1	36,0	61.650	23,1
37,0	57.980	23,1	37,0	65.410	23,1
38,0	61.920	23,1	38,0	69.960	23,1
39,0	65.100	23,2	39,0	74.280	23,1
40,0	66.240	23,2	40,0	77.180	23,2
41,0	67.320	23,2	41,0	77.860	23,2
42,0	68.020	23,2	42,0	78.620	23,2
43,0	68.870	23,3	43,0	79.340	23,2
44,0	69.610	23,3	44,0	80.250	23,3
45,0	70.390	23,3	45,0	81.060	23,3
46,0	71.580	23,4	46,0	82.800	23,3
47,0	72.990	23,4	47,0	84.400	23,3
48,0	75.140	23,4	48,0	87.040	23,4
49,0	76.980	23,4	49,0	89.110	23,4
50,0	79.940	23,5	50,0	92.790	23,4
51,0	82.150	23,5	51,0	94.980	23,4
52,0	83.790	23,5	52,0	96.610	23,5
53,0	85.720	23,5	53,0	97.380	23,5
54,0	97.210	23,5	54,0	111.800	23,5
54,5	107.100	23,6	54,5	122.600	23,5
55,0	112.400	23,6	55,0	130.000	23,5
55,5	117.000	23,6	55,5	135.700	23,6
56,0	119.300	23,6	56,0	138.800	23,6
56,5	122.000	23,6	56,5	142.200	23,6
57,0	124.000	23,6	57,0	144.300	23,6
57,5	126.300	23,6	57,5	146.700	23,6
58,0	129.400	23,7	58,0	150.300	23,6
58,5	132.200	23,7	58,5	153.400	23,6
59,0	138.000	23,7	59,0	158.600	23,6
59,2	140.800	23,7	59,5	167.500	23,7
59,4	143.300	23,7	60,0	183.100	23,7

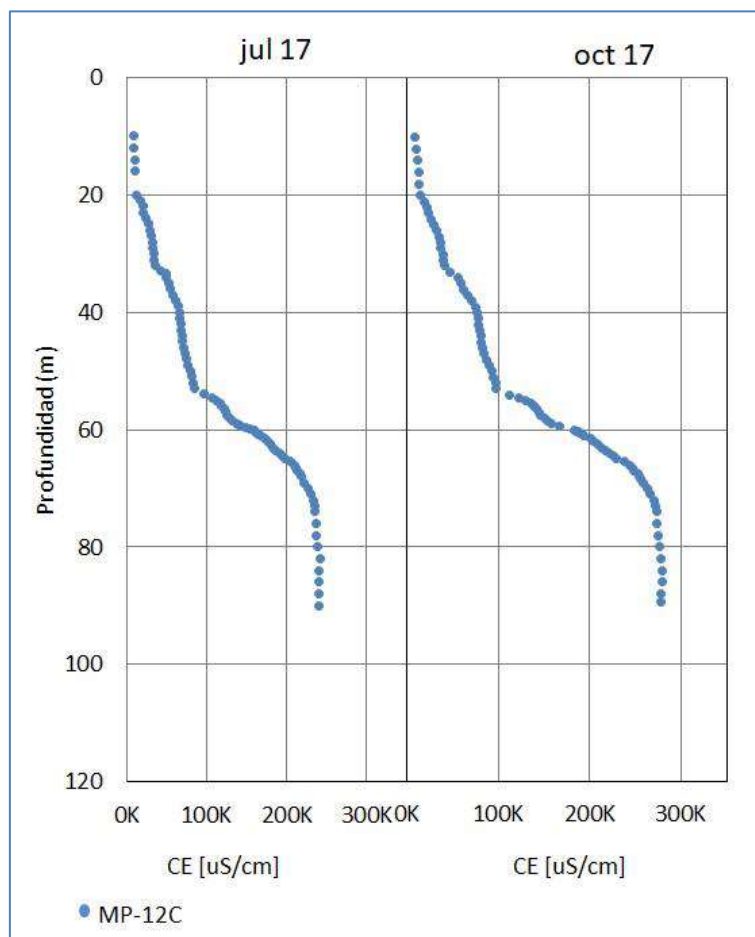
MP-12C					
Fecha Campaña *					
19-07-2017			17-10-2017		
Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)	Prof. (m)	C.E. (µS/cm)	Temp. (°C)
59,6	149.000	23,7	60,2	185.800	23,7
59,8	154.900	23,7	60,4	187.200	23,7
60,0	158.700	23,7	60,6	188.900	23,7
60,2	160.200	23,7	60,8	191.400	23,7
60,4	161.500	23,7	61,0	194.200	23,7
60,6	162.400	23,7	61,5	200.300	23,7
60,8	165.100	23,7	62,0	203.500	23,7
61,0	167.200	23,7	62,5	208.200	23,8
61,5	172.500	23,8	63,0	212.300	23,8
62,0	176.400	23,8	63,5	217.300	23,8
62,5	180.000	23,8	64,0	222.000	23,8
63,0	183.000	23,8	64,5	225.900	23,8
63,5	187.000	23,8	65,0	229.300	23,8
64,0	191.300	23,8	65,5	238.300	23,8
64,5	194.600	23,8	66,0	243.900	23,8
65,0	198.900	23,9	66,5	246.400	23,9
65,5	205.500	23,9	67,0	248.800	23,9
66,0	210.200	23,9	67,5	252.200	23,9
66,5	212.200	23,9	68,0	254.300	23,9
67,0	214.200	23,9	68,5	255.900	23,9
67,5	216.900	23,9	69,0	258.500	23,9
68,0	219.400	23,9	70,0	263.500	23,9
69,0	222.600	24,0	71,0	265.900	24,0
70,0	227.100	24,0	72,0	269.900	24,0
71,0	229.700	24,0	73,0	272.000	24,0
72,0	233.400	24,1	74,0	273.400	24,1
73,0	235.000	24,1	76,0	274.200	24,1
74,0	236.100	24,1	78,0	274.500	24,1
76,0	236.900	24,2	80,0	276.000	24,2
78,0	237.200	24,2	82,0	278.700	24,3
80,0	239.000	24,3	84,0	278.800	24,3
82,0	241.600	24,4	86,0	278.800	24,4
84,0	241.300	24,4	88,0	278.500	24,5
86,0	241.300	24,4	89,3	278.500	24,5
88,0	241.200	24,5			
90,0	241.200	24,5			

(*) Medición interrumpida hasta Julio, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

Fuente: Elaboración propia.

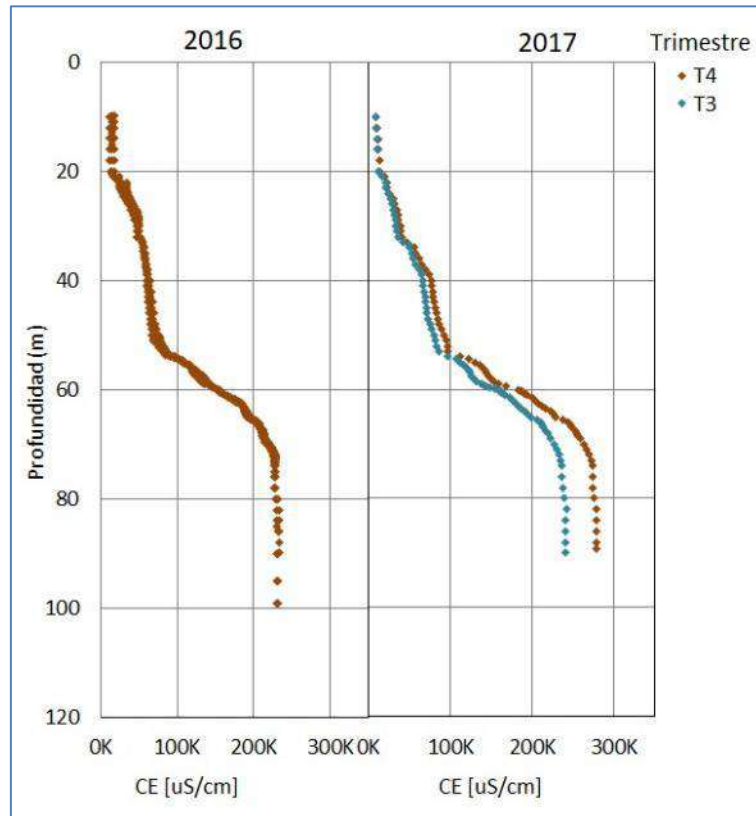
En la Figura 5-96 se observa que en el año 2017 la interfase salina se midió a partir de los 54 metros, determinado por valores de conductividad eléctrica que empiezan a incrementar de manera paulatina llegando a valores superiores a 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ alrededor de los 60 m de profundidad. En la Figura 5-97 se muestra la comparación entre los registros de los años 2016 - 2017 donde se aprecia que la cuña salina no ha tenido cambios en su posición.

Figura 5-96 Perfiles de C.E. en el punto MP-12C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-97 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-12C, 2017



Fuente: Elaboración propia.

5.8 Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea

La descripción de los resultados de la calidad de las aguas en puntos del PSAH, se realiza en base al monitoreo comprometido de frecuencia trimestral, abordando su presentación por los sectores señalados en este documento. La ubicación de los puntos de monitoreo para cada sector se presentan en la Figura 5-98, Figura 5-120 y Figura 5-142.

Como se menciona en el Capítulo 4.3.8., la calidad de las aguas superficiales y subterráneas se obtiene a través de la medición de parámetros *in situ* y del muestreo de aguas para su análisis químico en laboratorio.

El total de puntos que se consideran como parte de esta variable, son 40, incluyendo puntos en aguas superficiales (vertientes y lagunas) y pozos, todos los cuales se encuentran operativos.

Cabe señalar que, el compromiso de muestreo, medición y análisis de calidad físico-química de las aguas, como de todas las variables reportadas, comienza en la fase de operación, es decir a partir de 28 de septiembre del 2016. Al respecto cabe indicar que Albemarle, mantuvo las campañas de calidad de aguas durante el periodo previo al inicio de la operación del Proyecto, con el sólo objetivo de dar continuidad a las mediciones que se venían realizando durante la tramitación del Proyecto.

En el Anexo H de este Informe se presentan todos los certificados e informes emitidos por la ETFA, respaldos de calibraciones, estabilizaciones y cadena de custodia de las campañas que se han realizado en el marco del Proyecto en el año 2017.

Además, en la sección 5.8.4 del presente capítulo, se presentan los resultados asociados a los pozos de extracción de agua dulce-salobre que tienen compromiso de análisis químico de aguas en el marco de la RCA N° 92/2000, siendo los elementos monitoreados: Calcio, Litio, Potasio, Magnesio, Sodio y Sulfato, reportados en unidades de ppm (partes por millón).

A continuación, se presentan los resultados de monitoreo de la calidad química de las aguas, que consideran mediciones, muestreos y análisis trimestrales de los meses de Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre del 2017, según se indica en el Capítulo 4.4 de este Informe. Desde la Tabla 5-34 a la Tabla 5-37 se entregan los resultados y/o registros de las campañas trimestrales 2017, indicando el nombre de cada punto, la fecha de muestreo y medición, los valores de los parámetros *in situ* y resultados de los parámetros analizados en laboratorio comprometidos en el PSAH. A continuación de estas tablas, se presentan los resultados en gráficos, estadígrafos y gráficas de evolución temporal para cada uno de los parámetros por sector de análisis y por tipo de grupo de parámetros.

Respecto a lo anterior, se indica que para hacer uso de los registros en gráficos y estadígrafos de aquellos valores menores al límites de detección, se utilizó el valor asociado a un tercio (1/3) de dicho límite.

Además, cabe destacar que los valores de concentración de Nitrato (NO_3) indicados en dichas tablas fueron calculados a partir de la concentración de $\text{NO}_3\text{-N}$, que es la unidad de reporte del laboratorio, utilizando la relación entre pesos moleculares (PM) para conversión:

$$[\text{NO}_3]=[\text{NO}_3\text{-N}]\times(\text{PM}_{\text{NO}_3}/\text{PM}_{\text{N}})$$

Además, se indica que para la campaña de Febrero de 2017, para varios puntos de monitoreo los valores de Nitrato registrados exceden el rango histórico e indican valores anómalos considerados como *outliers*.

Por otra parte, se tienen valores históricos de conductividad eléctrica $>200.000 \mu\text{S}/\text{cm}$, los cuales no se consideran válidos ya que son datos obtenidos a partir de muestras diluidas a los cuales se les aplica un factor de corrección lineal en función del número de diluciones. Lo anterior, no sería correcto según se indicó en el Anexo 1 de la Adenda 5 *“En las muestras hipersalinas, por sobre $200.000 \mu\text{S}/\text{cm}$, la correlación directa entre ambos parámetros es nula, dado que la conductividad es afectada por la composición específica de iones presentes en el agua (Custodio y Llamas, 2001)”*. Lo anterior, se explica porque a mayor contenido de sólidos disueltos totales en una solución, la conductividad eléctrica no continúa aumentando ya que a partir de cierto grado de saturación por sales, el movimiento de electrones se reduce en el medio, y por ende la correlación entre TDS y CE no se mantiene lineal.

En función de lo anterior, y otros datos fuera de rango que se encuentran en la base de datos utilizada en el presente informe, es que Albemarle declara que durante el año 2018 realizará ajustes a los datos históricos para remover aquellos *outliers* detectados.

Finalmente, se indica que en cuanto a las muestras que por alguna razón no pudieron ser muestreadas, se simbolizan con N/A (“No analizada”). Las razones se indican para cada campaña bajo la tabla respectiva.

Tabla 5-34 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Febrero 2017- (1/4)

Punto	AnteRepresa		LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	
Código Analítico Laboratorio	Tilomonte		367212-01	367213-01	367214-01	367215-01	367135-01	367136-01	367137-01	367138-01	367139-01	
Fecha de Muestreo	11/02/2017		10/02/2017	10/02/2017	10/02/2017	10/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	
Hora de Muestreo	14:50:00		14:20:00	14:05:00	15:45:00	15:25:00	13:10:00	14:00:00	14:45:00	15:05:00	16:00:00	
Laboratorio	Hidrolab		Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	
Sector	Peine		La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	8,36	8,23	8,25	7,92	7,83	8,19	8,22	8,08	8,14	8,05
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	7.446	68.677	70.026	173.474	172.704	45.753	55.096	72.241	56.926	74.553
Temperatura	°C	0,01	21,8	23,4	24,8	24,7	30,2	24,8	31,7	26,8	32,2	30,3
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	3.849	35.499	36.196	89.669	89.271	23.650	28.479	37.341	29.425	38.536
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	4,67	3,45	3,38	2,70	2,42	4,11	4,35	3,71	3,48	3,69
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,35	8,25	8,85	7,99	7,87	8,08	8,60	8,77	8,01	8,79
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	7.730	71.300	72.700	180.100	179.300	47.500	57.200	75.000	59.100	77.400
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	5.275	53.240	54.500	125.490	133.120	32.710	39.610	49.370	39.260	53.830
Densidad	g/mL	0,90	1,01	1,01	1,00	1,07	1,08	1,03	1,02	1,03	1,03	1,03
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.830	23.212	23.401	58.778	74.277	13.912	17.974	24.317	18.186	25.423
Sulfatos	mg/L	1	711	3.810	4.153	8.981	12.062	2.159	2.447	3.366	2.550	3.827
Bicarbonato	mg/L	1	237	610	189	811	781	281	235	168	268	135
Nitrato	mg/L	0,89	19,0	177	17,0	42,8	54,9	60,7	80,6	84,1	59,3	186
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	282	233	177	307	886	445	480	627	524	608
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	138	698	678	993	2.906	501	547	711	602	676
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	702	13.310	13.280	35.830	36.140	7.966	9.617	15.640	11.800	13.810
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	62	1.695	1.638	3.500	5.608	1.031	1.173	1.840	1.412	1.693
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	2,67	4,93	4,28	5,66	4,44	5,38	5,99	8,20	6,87	8,44
Litio Disuelto	mg/L	0,003	1,05	121	125	270	446	87,0	105	172	129	148
Boro Disuelto	mg/L	0,002	10,2	79,3	72,9	142	139	32,9	36,8	54,4	44,7	49,5
Balance Iónico (%)			-7,57	-1,03	-1,81	-0,92	-5,74	1,73	-1,79	6,06	6,96	-2,30
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	343	240	229	346	1.034	486	497	638	540	681
Magnesio Total	mg/L	0,20	165	768	763	1.158	3.101	544	549	729	611	733
Sodio Total	mg/L	0,20	855	15.600	15.960	36.770	39.950	9.144	9.759	15.850	12.130	15.400
Potasio Total	mg/L	0,20	76	1.931	1.983	4.836	5.882	1.193	1.203	1.963	1.451	2.046
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,380	0,892	0,254	0,106	0,205	0,548	0,649	0,087	0,141	0,178
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,083	3,09	2,99	7,78	10,1	0,535	0,624	1,12	0,736	1,20
Boro Total	mg/L	0,002	12,5	83,2	84,4	151	159	39,1	37,0	56,9	45,2	58,9
Estroncio Total	mg/L	0,001	3,18	5,00	5,19	5,85	5,47	6,07	6,05	8,24	6,96	9,58
Hierro Total	mg/L	0,002	0,078	0,264	0,050	<0,002	0,028	0,172	0,703	0,105	0,021	0,065
Litio Total	mg/L	0,003	1,15	144	145	355	446	100	107	178	133	169
Silicio Total	mg/L	0,020	33,3	46,7	47,0	43,8	29,5	40,7	32,0	39,9	38,4	39,2

Tabla 5-34 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Febrero 2017– (2/4)

Punto			LM-10	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	LM-15	LM-16	LM-17	MP-01A	MP-01B
Código Analítico Laboratorio			367140-01	367332-01	367333-01	367334-01	367335-01	367503-01	367336-01	N/A	367204-01	367205-01
Fecha de Muestreo			09/02/2017	11/02/2017	11/02/2017	11/02/2017	11/02/2017	13/02/2017	11/02/2017	N/A	10/02/2017	10/02/2017
Hora de Muestreo			16:10:00	11:00:00	10:00:00	12:20:00	12:50:00	9:30:00	18:16:00	N/A	13:27:00	13:20:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	La Punta-La Brava	Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua subterránea	Agua superficial	Agua superficial	Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	8,02	7,30	7,73	7,06	7,83	7,09	7,11	N/A	7,45	6,26
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	87.460	483.532	163.361	568.295	184.359	243.693	4.864	N/A	20.353	547.500
Temperatura	°C	0,01	31,2	20,1	18,2	25,5	22,3	22,4	25,2	N/A	18,2	17,4
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	45.208	249.938	84.441	293.752	95.295	125.965	2.514	N/A	10.520	340.180
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	3,36	1,43	2,67	1,15	2,27	1,92	3,71	N/A	2,96	1,53
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,02	7,49	7,89	7,17	7,91	7,27	7,75	N/A	7,35	7,22
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	90.800	502.000	169.600	590.000	191.400	253.000	5.050	N/A	21.130	548.000
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	59.210	369.320	111.180	436.710	122.470	160.440	2.920	N/A	12.010	343.680
Densidad	g/mL	0,90	1,04	1,18	1,07	1,21	1,10	1,16	1,00	N/A	1,00	1,20
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	30.799	152.046	73.890	195.338	86.063	119.979	1.028	N/A	7.586	166.929
Sulfatos	mg/L	1	4.697	21.128	11.869	21.552	11.422	17.556	468	N/A	992	7.900
Bicarbonato	mg/L	1	262	1.309	737	1.013	729	1.159	430	N/A	406	397
Nitrato	mg/L	0,89	190	145	260	509	244	39,7	4,92	N/A	68,2	864
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	751	372	795	595	613	602	156	N/A	173	582
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	784	6.021	2.944	7.121	3.347	6.012	81	N/A	299	5.347
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	18.740	79.860	35.620	90.840	40.820	62.260	543	N/A	3.447	79.810
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	2.309	11.260	5.096	17.532	6.497	11.280	71	N/A	676	13.110
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	11,1	9,35	10,1	3,98	3,29	7,70	1,55	N/A	5,23	6,02
Litio Disuelto	mg/L	0,003	204	972	388	1.331	505	761	4,59	N/A	49,8	1.054
Boro Disuelto	mg/L	0,002	65,3	186	125	164	102,0	196,0	9,52	N/A	36,9	186
Balance Iónico (%)			2,56	-3,04	-6,66	-6,45	-6,56	-1,07	-2,88	N/A	-5,24	-4,36
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	765	520	897	598	687	870	179	N/A	184	687
Magnesio Total	mg/L	0,20	790	6.268	3.100	7.169	3.362	6.162	103	N/A	301	5.767
Sodio Total	mg/L	0,20	18.830	80.100	37.090	92.250	41.870	62.860	775	N/A	3.882	88.530
Potasio Total	mg/L	0,20	2.378	11.770	5.260	17.860	6.516	11.320	110	N/A	678	14.400
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,035	0,174	0,122	0,146	0,225	14,0	0,264	N/A	0,128	0,238
Arsénico Total	mg/L	0,001	1,75	3,81	1,83	5,80	4,30	4,40	0,295	N/A	0,867	19,4
Boro Total	mg/L	0,002	68,0	217	127	178	110	230	14,2	N/A	37,5	211
Estroncio Total	mg/L	0,001	11,6	11,3	11,7	4,59	3,37	19,0	1,66	N/A	5,28	6,96
Hierro Total	mg/L	0,002	<0,002	0,044	0,008	<0,002	0,093	5,31	0,136	N/A	0,038	0,306
Litio Total	mg/L	0,003	207	1.017	441	1.475	506	770	7,34	N/A	50,7	1.094
2 Silicio Total	mg/L	0,020	38,2	5,26	19,0	11,2	22,4	1,89	48,7	N/A	40,5	6,63

Tabla 5-34 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Febrero 2017– (3/4)

Punto			MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A	MP-08A
Código Analítico Laboratorio			367206-01	367207-01	367326-01	367330-01	367208-01	367209-01	367210-01	367211-01	367327-01	367328-01
Fecha de Muestreo			10/02/2017	10/02/2017	12/02/2017	11/02/2017	10/02/2017	10/02/2017	10/02/2017	10/02/2017	12/02/2017	12/02/2017
Hora de Muestreo			16:40:00	16:29:00	9:36:00	18:30:00	9:48:00	10:24:00	11:49:00	11:23:00	13:34:00	11:29:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,43	7,55	7,18	5,99	7,25	6,31	7,15	7,42	6,93	6,79
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	9.411	35.639	17.328	582.165	45.464	556.737	26.084	91.987	17.280	10.884
Temperatura	°C	0,01	17,2	17,7	24,6	25,4	19,2	20,4	17,0	21,2	21,0	16,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	4.864	18.422	8.957	300.921	23.500	287.777	13.483	47.548	8.932	5.626
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	3,31	3,07	3,46	1,06	3,24	1,58	3,96	3,17	3,49	3,44
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,73	7,99	7,72	6,26	7,52	7,11	7,60	8,22	7,63	7,77
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	9.770	37.000	17.990	604.000	47.200	578.000	27.080	95.500	17.940	11.300
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	6.810	21.300	11.920	388.230	26.700	385.180	20.670	67.150	13.100	7.880
Densidad	g/mL	0,90	1,01	1,01	1,00	1,21	1,01	1,20	1,00	1,01	1,00	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	2.467	11.157	4.963	204.329	15.356	172.398	7.664	32.176	5.126	2.909
Sulfatos	mg/L	1	596	1.251	874	12.212	1.904	17.874	1.084	3.459	834	954
Bicarbonato	mg/L	1	461	329	470	170	476	453	397	482	305	412
Nitrato	mg/L	0,89	1,51	62,9	11,2	429	14,8	65,5	73,1	96,5	46,1	7,13
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	137	188	190	550	132	357	181	196	352	434
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	150	370	168	6.083	493	7.635	334	922	264	149
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	1.345	7.513	2.262	91.130	8.941	84.240	3.982	16.500	2.459	1.274
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	257	996	348	17.460	1.224	17.150	617	2.586	391	101
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,90	3,65	1,67	2,49	1,70	1,23	1,39	1,44	2,88	4,81
Litio Disuelto	mg/L	0,003	13,5	98,0	27,9	1.361	130	1.309	48,1	190	29,7	8,72
Boro Disuelto	mg/L	0,002	18,2	45,3	22,5	249	43,3	239	25,3	94,3	17,1	13,4
Balance Iónico (%)			1,00	9,41	-8,15	-7,28	1,82	-2,28	-1,38	-3,40	-0,65	-5,67
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	180	194	228	552	142	387	197	213	432	518
Magnesio Total	mg/L	0,20	155	380	204	6.234	514	7.642	350	961	265	178
Sodio Total	mg/L	0,20	1.390	7.562	2.425	92.300	9.091	87.780	4.209	20.700	2.646	1.384
Potasio Total	mg/L	0,20	258	1.038	445	17.630	1.319	17.260	747	3.032	392	125
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,269	0,139	1,23	0,182	0,146	0,514	96,2	5,30	0,147	3,74
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,528	1,46	0,438	3,69	0,617	1,67	0,645	0,659	0,248	0,572
Boro Total	mg/L	0,002	19,6	45,7	28,6	254	50,0	248	34,2	106	18,2	17,2
Estroncio Total	mg/L	0,001	2,35	3,74	2,04	2,54	1,85	1,48	1,46	1,51	2,90	5,66
Hierro Total	mg/L	0,002	0,309	0,039	0,814	0,503	0,321	0,829	79,8	2,95	0,223	5,47
Litio Total	mg/L	0,003	21,6	99,0	34,1	1.373	131	1.309	58,5	221	29,9	10,4
Silicio Total	mg/L	0,020	49,3	35,8	55,0	5,45	35,6	3,50	45,0	32,4	46,3	52,7

Tabla 5-34 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Febrero 2017– (4/4)

Punto	MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Quebrada Camar	Vert Peine		
Código Analítico Laboratorio	367331-01	367329-01	367142-01	367141-01	367143-01	367323-01	367324-01	367325-01	367337-01	367339-01		
Fecha de Muestreo	11/02/2017	12/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	09/02/2017	12/02/2017	12/02/2017	12/02/2017	11/02/2017	11/02/2017		
Hora de Muestreo	17:35:00	10:49:00	12:00:00	11:38:00	17:00:00	12:55:00	16:16:00	15:14:00	13:40:00	15:20:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	Peine	Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua superficial	Agua superficial	
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,14	7,27	7,92	6,79	6,63	6,81	6,94	6,99	7,46	7,50
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	5.654	18.349	64.920	516.282	614.800	39.010	80.139	30.437	2.951	4.721
Temperatura	°C	0,01	24,2	22,5	21,6	16,6	19,6	20,9	21,9	25,7	25,3	24,2
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	2.923	9.485	33.557	266.866	405.150	20.164	41.424	15.733	1.618	2.460
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	3,34	3,36	3,18	1,67	1,64	3,22	2,84	2,83	3,98	4,15
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,40	7,74	7,81	7,52	7,42	7,60	8,28	7,34	8,11	8,04
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	5.870	19.050	67.400	536.000	615.000	40.500	83.200	31.600	3.180	5.000
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	3.790	13.180	45.900	367.500	408.550	29.350	57.500	24.080	1.915	3.460
Densidad	g/mL	0,90	1,00	1,00	1,01	1,20	1,22	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.274	5.761	20.806	176.181	192.189	12.746	30.209	10.122	265	1.046
Sulfatos	mg/L	1	480	2.286	4.611	9.508	15.639	1.506	2.030	914	710	964
Bicarbonato	mg/L	1	415	244	174	503	587	366	262	198	609	587
Nitrato	mg/L	0,89	5,31	29,3	69,5	375	802	12,3	174	45,2	<0,89	3,14
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	135	140	914	687	362	338	313	249	147	333
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	89	193	610	7.923	8.080	427	578	336	129	114
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	638	2.783	13.250	87.610	88.460	6.018	15.820	4.886	274	861
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	103	424	1.444	14.620	20.710	961	2.132	636	20	110
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,40	3,88	10,6	5,54	0,926	1,46	4,45	3,05	0,680	2,87
Litio Disuelto	mg/L	0,003	7,34	30,5	143	1.153	1.669	77,0	182	60,4	0,680	7,03
Boro Disuelto	mg/L	0,002	12,7	10,0	50,2	174	194	29,3	63,6	27,5	5,53	11,1
Balance Iónico (%)												
			-3,64	-13,91	4,03	-0,88	-3,67	-5,17	-2,89	-3,86	-0,30	8,66
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	165	167	992	994	1.075	379	319	250	171	349
Magnesio Total	mg/L	0,20	101	252	666	7.938	8.355	443	596	364	134	118
Sodio Total	mg/L	0,20	716	3.115	13.760	89.120	89.680	6.060	16.830	5.028	281	893
Potasio Total	mg/L	0,20	119	579	1.687	14.990	20.750	988	2.318	674	22	112
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,250	3,36	0,595	0,398	0,132	0,395	0,024	1,56	0,399	0,100
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,253	0,196	1,23	3,17	7,22	0,348	1,46	0,469	0,491	0,077
Boro Total	mg/L	0,002	13,6	14,7	51,5	179	208	32,6	69,8	28,0	6,56	14,1
Estroncio Total	mg/L	0,001	1,68	4,88	11,1	5,57	0,94	1,83	4,52	3,07	0,805	3,02
Hierro Total	mg/L	0,002	0,688	3,24	0,535	0,148	0,028	0,089	0,050	0,020	0,617	0,030
Litio Total	mg/L	0,003	7,50	40,3	145	1.312	1.747	82,0	197	67,6	0,820	7,32
Silicio Total	mg/L	0,020	56,5	36,0	25,0	3,87	1,10	11,5	29,0	36,1	44,3	39,6

N/A: LM-17, punto de monitoreo se encontraba seco.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-35 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Mayo 2017 – (1/4)

Punto			AnteRepresa Tilomonte	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09
Código Analítico Laboratorio			387338-01	386768-01	386769-01	386770-01	386771-01	387010-01	387011-01	387012-01	387013-01	387014-01
Fecha de Muestreo			24/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	23/05/2017
Hora de Muestreo			14:36:00	9:50:00	9:30:00	12:25:00	12:10:00	14:20:00	14:55:00	15:50:00	15:30:00	16:18:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	8,29	8,27	8,32	8,04	8,08	8,10	8,09	8,06	8,10	8,01
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	6.050	52.410	54.050	92.610	94.930	47.780	48.230	47.010	46.340	51.510
Temperatura	°C	0,01	10,9	6,6	6,2	6,9	7,9	16,7	20,4	15,9	19,2	18,6
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	3.020	26.210	27.030	46.290	47.480	23.900	24.150	23.500	23.120	25.740
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	2,79	6,04	4,18	2,99	2,92	2,45	2,97	2,88	2,86	2,75
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,27	7,90	8,20	7,69	7,93	8,15	8,16	8,07	7,82	8,11
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	7.010	60.900	62.700	106.700	110.100	54.800	56.600	56.200	54.300	61.200
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	4.800	40.837	38.620	74.240	79.980	38.220	36.430	35.563	35.673	37.560
Densidad	g/mL	0,90	1,00	1,04	1,03	1,05	1,06	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.579	19.285	18.686	36.057	38.275	17.467	18.293	18.226	17.327	19.449
Sulfatos	mg/L	1	644	2.847	2.755	5.562	6.606	2.166	2.347	2.238	2.152	2.532
Bicarbonato	mg/L	1	244	617	496	511	616	296	268	255	268	286
Nitrato	mg/L	0,89	1,73	7,00	6,82	<0,89	<0,89	<0,89	8,06	<0,89	2,08	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	307	387	396	511	670	685	714	706	668	772
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	149	828	889	1.708	1.937	845	882	879	836	922
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	784	10.320	10.290	19.100	19.280	9.088	10.100	9.046	8.803	10.160
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	67,8	1.648	1.717	3.077	3.304	1.346	1.418	1.411	1.339	1.504
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	2,40	7,24	7,48	7,48	8,94	9,70	9,60	9,40	9,20	11,5
Litio Disuelto	mg/L	0,003	1,14	94,7	115	231	234	94,7	92,6	95,1	90,7	104
Boro Disuelto	mg/L	0,002	10,3	80,1	83,6	157	155	44,4	45,6	44,3	41,4	48,6
Balance Iónico (%)			3,58	0,14	2,66	0,55	-1,37	1,60	3,50	-0,08	0,62	1,48
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	335	473	411	546	680	715	754	707	675	862
Magnesio Total	mg/L	0,20	166	865	920	1.815	1.961	867	882	882	844	1.019
Sodio Total	mg/L	0,20	862	10.490	10.500	19.620	19.410	9.246	10.400	9.361	9.053	10.640
Potasio Total	mg/L	0,20	71	1.675	1.775	3.121	3.427	1.390	1.443	1.430	1.360	1.616
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,420	0,041	0,073	0,036	0,030	1,54	2,16	3,32	2,56	3,21
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,300	2,09	3,00	6,72	7,08	0,470	0,510	0,490	0,450	0,950
Boro Total	mg/L	0,002	11,2	85,4	87,3	160	158	46,4	46,6	45,9	43,1	54,3
Estroncio Total	mg/L	0,001	2,46	8,32	7,76	8,04	9,08	9,90	10,1	9,70	9,50	12,3
Hierro Total	mg/L	0,002	0,475	0,038	0,076	0,040	0,045	0,020	0,054	0,058	0,056	0,030
Litio Total	mg/L	0,003	1,16	116	117	236	236	95,0	95,3	95,8	91,9	111
Silicio Total	mg/L	0,020	33,4	68,9	63,4	61,9	58,5	44,8	32,7	40,8	41,2	42,2

Tabla 5-35 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Mayo 2017 – (2/4)

Punto			LM-10	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	LM-15	LM-16	LM-17	MP-01A	MP-01B
Código Analítico Laboratorio			387015-01	387647-01	387648-01	387649-01	387650-01	387651-01	386778-01	387016-01	386772-01	386773-01
Fecha de Muestreo			23/05/2017	25/05/2017	25/05/2017	25/05/2017	25/05/2017	25/05/2017	22/05/2017	23/05/2017	22/05/2017	22/05/2017
Hora de Muestreo			16:30:00	12:10:00	11:02:00	13:25:00	14:00:00	11:40:00	14:00:00	17:15:00	10:33:00	11:20:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	La Punta-La Brava	Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua subterránea	Agua superficial	Agua superficial	Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,98	7,62	7,67	7,47	8,22	7,21	7,00	7,57	7,30	6,11
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	53.620	186.200	121.100	211.828	98.400	216.410	42.370	184.700	26.130	246.386
Temperatura	°C	0,01	17,6	13,6	14,1	13,8	12,6	17,2	22,5	17,1	14,6	14,9
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	26.830	93.150	60.560	103.900	49.300	106.500	21.400	92.400	11.090	120.980
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	2,81	1,67	1,48	0,99	1,67	0,79	2,52	1,86	1,95	0,77
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,07	7,63	7,70	7,59	8,36	7,37	7,66	7,67	7,30	6,36
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	63.800	212.900	139.800	237.800	113.000	246.100	4.840	208.000	26.130	279.000
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	40.303	192.467	110.400	256.033	85.467	271.000	2.803	197.753	14.297	357.940
Densidad	g/mL	0,90	1,02	1,12	1,07	1,14	1,05	1,16	1,00	1,10	1,01	1,20
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	20.686	97.400	50.091	117.658	39.693	133.846	942	95.099	7.272	191.345
Sulfatos	mg/L	1	2.706	13.994	8.068	10.586	5.084	18.799	431	5.822	957	8.620
Bicarbonato	mg/L	1	264	1.068	641	441	48,2	718	371	292	442	382
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	4,52	5,05	<0,89	<0,89	<0,89	4,12	5,45	<0,89	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	839	1.066	855	1.063	474	733	147	2.164	194	660
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	1.007	4.525	2.422	4.105	2.024	6.599	92,2	1.832	320	6.170
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	10.860	53.490	26.320	61.050	20.490	68.570	632	58.210	3.926	100.600
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	1.645	7.489	4.093	8.950	3.467	11.200	95,9	3.148	668	15.970
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	12,9	25,0	14,0	11,0	4,10	18,0	1,46	25,0	5,18	17,4
Litio Disuelto	mg/L	0,003	112	565	307	698	276	890	4,82	235	52,4	1.178
Boro Disuelto	mg/L	0,002	54,0	391	214	229	113	610	9,90	22,1	34,3	624
Balance Iónico (%)			2,07	1,31	0,18	-1,47	0,67	-0,33	7,43	1,86	1,90	0,82
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	843	1.094	879	1.072	479	738	151	2.510	201	672
Magnesio Total	mg/L	0,20	1.011	4.629	2.456	4.366	2.031	6.660	94,3	1.946	328	6.372
Sodio Total	mg/L	0,20	10.860	54.100	26.660	69.200	20.640	78.160	663	62.200	4.170	102.300
Potasio Total	mg/L	0,20	1.650	7.632	4.152	9.495	3.474	11.340	103	3.372	678	16.300
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	2,26	0,780	0,684	0,384	0,112	0,280	0,061	1,56	0,038	0,049
Arsénico Total	mg/L	0,001	1,67	3,08	1,45	3,66	2,94	10,0	0,560	6,52	0,840	41,0
Boro Total	mg/L	0,002	54,4	392	214	241	118	617	11,3	24,9	34,8	652
Estroncio Total	mg/L	0,001	13,1	26,0	14,2	13,0	4,30	21,0	1,50	27,2	5,34	17,6
Hierro Total	mg/L	0,002	0,060	0,120	0,130	<0,002	<0,002	0,300	0,036	0,030	0,036	0,034
Litio Total	mg/L	0,003	113	578	312	721	278	935	4,86	251	53,1	1.232
Silicio Total	mg/L	0,020	33,1	25,5	24,4	19,5	23,9	12,3	70,9	5,98	50,8	22,4

Tabla 5-35 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Mayo 2017 – (3/4)

Punto	MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A	MP-08A		
Código Analítico Laboratorio	386774-01	386775-01	386776-01	386777-01	387327-01	387328-01	387329-01	387330-01	387331-01	387332-01		
Fecha de Muestreo	22/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	22/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	24/05/2017		
Hora de Muestreo	13:15:00	13:20:00	14:50:00	14:58:00	10:10:00	9:43:00	11:25:00	10:58:00	15:27:00	17:03:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea		
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,48	6,53	7,39	6,05	7,17	6,24	7,04	6,31	7,16	6,94
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	82.300	212.638	12.830	246.305	40.370	239.659	31.210	233.028	13.570	9.320
Temperatura	°C	0,01	13,7	14,5	20,7	21,2	19,1	19,4	20,3	20,9	19,5	14,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	41.170	104.500	6.330	121.500	20.180	118.500	15.630	115.500	6.790	4.670
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	3,35	1,23	3,53	0,89	2,09	0,60	2,02	0,56	2,71	2,41
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,72	6,72	7,31	6,13	7,49	6,35	7,81	6,32	7,44	7,70
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	5.660	241.100	17.090	279.400	47.000	273.000	36.900	266.800	15.820	10.930
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	3.910	264.860	9.760	368.000	28.900	400.533	24.300	356.667	10.533	7.000
Densidad	g/mL	0,90	1,00	1,13	1,01	1,22	1,01	1,21	1,02	1,09	1,01	1,02
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	2.332	104.826	4.383	183.728	13.980	185.026	10.690	162.480	4.219	2.516
Sulfatos	mg/L	1	580	8.438	848	12.379	1.737	18.597	1.375	15.906	725	827
Bicarbonato	mg/L	1	484	348	459	259	414	450	431	407	224	358
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	<0,89	4,56	<0,89	4,96	9,57	6,38	8,90	4,25	5,40
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	142	1.037	207	503	207	374	201	485	260	503
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	130	4.028	207	6.365	793	7.531	583	8.135	225	174
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	1.177	62.200	2.778	100.400	6.999	90.730	6.128	80.730	2.272	1.239
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	223	9.213	406	19.300	1.632	18.410	1.293	17.120	321	123
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,60	45,0	2,00	6,58	2,72	4,76	1,94	2,92	2,82	5,52
Litio Disuelto	mg/L	0,003	13,7	817	30,9	1.638	105	1.362	102	1.307	21,7	8,50
Boro Disuelto	mg/L	0,002	14,9	500	30,2	779	66,8	650	52,4	612	16,7	17,7
Balance Iónico (%)			-2,93	6,66	7,10	3,75	2,09	-1,58	6,90	0,87	3,05	4,42
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	156	1.143	207	550	212	406	264	678	273	675
Magnesio Total	mg/L	0,20	152	4.251	208	7.147	795	8.218	697	8.597	236	237
Sodio Total	mg/L	0,20	1.215	63.390	2.786	101.800	7.230	93.530	6.737	87.450	2.310	1.379
Potasio Total	mg/L	0,20	231	9.396	413	19.440	1.669	19.230	1.541	17.840	346	153
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,050	0,145	0,050	0,049	0,090	0,461	0,400	0,320	0,400	0,300
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,750	28,2	0,730	6,80	0,700	1,60	1,20	1,90	0,400	0,600
Boro Total	mg/L	0,002	15,6	509	32,3	871	68,4	660	63,0	647	19,1	18,8
Estroncio Total	mg/L	0,001	1,94	48,3	2,10	6,60	3,00	5,56	2,08	4,26	2,84	7,09
Hierro Total	mg/L	0,002	0,065	0,067	0,040	0,045	0,150	0,457	0,156	0,458	0,250	0,341
Litio Total	mg/L	0,003	16,9	829	31,3	1.664	107	1.413	112,0	1.349	22,7	11,2
Silicio Total	mg/L	0,020	47,7	33,9	66,6	13,2	47,3	13,3	50,7	25,7	48,1	70,1

Tabla 5-35 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Mayo 2017 – (4/4)

Punto	MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Quebrada Camar	Vert Peine		
Código Analítico Laboratorio	387333-01	387334-01	387018-01	387019-01	387017-01	387335-01	387336-01	387337-01	N/A	387652-01		
Fecha de Muestreo	24/05/2017	24/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	23/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	24/05/2017	N/A	25/05/2017		
Hora de Muestreo	12:00:00	17:50:00	13:35:00	13:16:00	12:30:00	16:20:00	13:08:00	14:04:00	N/A	15:20:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	La Punta-La Brava	Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua superficial	Agua superficial	
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	6,93	7,39	7,84	6,68	6,51	6,80	7,06	7,12	N/A	7,35
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	4.670	16.140	78.660	239.974	243.228	32.380	71.100	27.910	N/A	4.250
Temperatura	°C	0,01	24,6	22,1	16,2	16,0	17,6	20,1	21,5	24,4	N/A	23,1
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	2.360	8.160	39.400	118.200	119.900	16.530	35.610	13.950	N/A	2.170
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	2,48	2,05	2,39	0,94	0,90	1,96	1,45	1,91	N/A	1,69
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,51	8,02	7,97	6,71	8,32	7,30	7,35	7,64	N/A	7,87
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	5.420	19.160	91.500	274.700	276.800	38.700	83.200	32.000	N/A	4.950
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	3.433	13.600	59.207	390.753	440.020	24.567	46.067	21.433	N/A	3.600
Densidad	g/mL	0,90	1,01	1,01	1,04	1,20	1,21	1,01	1,03	1,01	N/A	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.052	5.254	31.639	187.445	214.413	11.248	27.593	9.423	N/A	1.027
Sulfatos	mg/L	1	425	854	5.106	9.210	15.555	1.322	1.688	802	N/A	820
Bicarbonato	mg/L	1	483	221	194	441	112	337	176	199	N/A	161
Nitrato	mg/L	0,89	5,36	4,12	8,90	5,54	6,38	3,72	7,88	3,01	N/A	5,49
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	133	151	1.530	920	440	384	550	242	N/A	313
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	77	203	1.125	7.852	9.324	561	1.224	373	N/A	91,4
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	605	2.772	17.830	102.700	111.500	5.194	13.560	5.116	N/A	489
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	79,8	497	2.234	18.280	26.190	1.126	2.298	787	N/A	34,2
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,26	3,80	21,9	12,5	4,70	5,68	6,66	3,20	N/A	2,70
Litio Disuelto	mg/L	0,003	4,93	29,6	149	1.512	2.125	72,9	190	59,0	N/A	1,05
Boro Disuelto	mg/L	0,002	10,0	13,8	39,6	602	81,9	35,6	97,2	26,6	N/A	12,3
Balance Iónico (%)			-1,81	-1,13	1,65	4,63	2,09	-1,36	0,96	2,71	N/A	0,20
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,20	191	154	1.654	955	479	498	670	269	N/A	325
Magnesio Total	mg/L	0,20	105	230	1.157	8.175	9.515	720	1.468	409	N/A	96,8
Sodio Total	mg/L	0,20	657	2.920	17.940	122.200	119.800	5.461	13.730	5.120	N/A	497
Potasio Total	mg/L	0,20	112	507	2.352	22.020	29.140	1.338	2.415	860	N/A	36,5
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,420	0,380	4,33	2,27	1,56	0,280	0,320	0,280	N/A	0,600
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,600	0,400	0,150	0,650	1,03	0,500	1,90	0,600	N/A	0,100
Boro Total	mg/L	0,002	13,4	15,9	39,9	636	134	44,1	97,9	27,3	N/A	14,2
Estroncio Total	mg/L	0,001	1,59	4,28	23,3	13,5	4,90	7,06	9,10	3,22	N/A	2,75
Hierro Total	mg/L	0,002	0,145	0,250	1,35	0,048	0,018	0,360	0,145	0,458	N/A	<0,002
Litio Total	mg/L	0,003	5,95	32,8	160	1.812	2.299	76,2	192	64,7	N/A	1,25
Silicio Total	mg/L	0,020	55,9	37,1	7,37	2,86	0,987	56,7	44,5	37,1	N/A	35,9

N/A: Quebrada Camar, no fue posible tomar la muestra porque Comunidad Atacameña de Camar no concede permiso de acceso a la zona.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-36 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Agosto 2017 – (1/4)

Punto	AnteRepresa	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09		
Código Analítico Laboratorio	Tilomonte	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09		
Fecha de Muestreo	406347-01	405647-01	405648-01	405649-01	405650-01	N/A	406342-01	406343-01	406344-01	406345-01		
Hora de Muestreo	24/08/2017	22/08/2017	22/08/2017	22/08/2017	22/08/2017	N/A	24/08/2017	24/08/2017	24/08/2017	24/08/2017		
Laboratorio	16:40:00	13:35:00	13:07:00	17:00:00	16:45:00	N/A	12:40:00	13:30:00	13:55:00	14:30:00		
Sector	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
	Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial		
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	8,49	8,12	8,06	8,03	8,06	N/A	8,10	8,17	8,13	8,07
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	6.176	45.510	45.100	87.590	90.090	N/A	49.890	50.920	47.570	55.750
Temperatura	°C	0,01	12,7	13,1	12,9	15,5	20,5	N/A	18,0	15,3	19,3	19,7
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	3.098	22.750	22.930	43.860	45.100	N/A	25.020	25.670	23.780	27.900
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	5,89	4,86	3,42	3,36	3,42	N/A	3,78	4,16	4,21	3,76
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,45	8,30	8,26	8,12	8,11	N/A	8,23	8,21	8,27	8,14
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	6.380	48.100	48.700	93.000	96.400	N/A	54.000	56.200	51.100	58.400
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	4.050	30.110	30.870	62.867	62.133	N/A	31.010	36.900	32.920	39.850
Densidad	g/mL	0,9	1,00	1,01	1,01	1,04	1,04	N/A	1,02	1,02	1,01	1,02
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.459	19.155	19.490	35.195	36.087	N/A	17.895	16.646	16.698	19.163
Sulfatos	mg/L	1	618	2.284	2.420	5.159	6.052	N/A	2.334	2.474	2.153	2.559
Bicarbonato	mg/L	1	182	404	406	442	461	N/A	82,4	219	246	205
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	N/A	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	302	601	572	681	635	N/A	692	742	681	787
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	124	827	810	1.599	1.687	N/A	761	848	765	849
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	777	9.514	10.020	18.658	19.850	N/A	8.585	9.608	8.704	9.898
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	62,5	1.500	1.436	2.882	3.050	N/A	1.121	1.252	1.150	1.252
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	2,50	6,80	7,00	8,20	7,40	N/A	8,50	9,30	8,50	10,6
Litio Disuelto	mg/L	0,003	1,10	98,0	105	219	201	N/A	84,8	95,6	87,0	91,8
Boro Disuelto	mg/L	0,002	8,67	48,1	77,6	93,0	92,0	N/A	47,8	45,5	38,6	36,2
Balance Iónico (%)			5,27	-1,36	-0,13	0,10	0,70	N/A	-2,70	5,36	0,87	-0,11
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	304	620	597	706	935	N/A	702	749	724	834
Magnesio Total	mg/L	0,2	141	876	854	1.687	1.971	N/A	784	858	776	901
Sodio Total	mg/L	0,2	785	10.080	10.250	19.596	20.480	N/A	8.655	9.696	8.804	10.668
Potasio Total	mg/L	0,2	63,3	1.534	1.466	2.982	3.244	N/A	1.162	1.273	1.151	1.362
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,01	0,075	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	N/A	0,060	<0,010	0,071	0,081
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,060	2,86	2,72	6,30	6,70	N/A	0,390	0,560	0,430	0,930
Boro Total	mg/L	0,002	9,22	50,1	79,0	105	106	N/A	49,3	48,4	39,8	41,8
Estroncio Total	mg/L	0,001	2,54	7,80	8,00	8,80	10,6	N/A	8,80	9,40	8,70	11,2
Hierro Total	mg/L	0,002	0,133	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	N/A	0,054	<0,002	0,043	0,049
Litio Total	mg/L	0,003	1,12	104	109	231	239	N/A	87,6	97,1	87,4	99,4
Silicio Total	mg/L	0,02	32,0	60,8	82,0	78,8	49,2	N/A	10,6	29,0	22,1	22,5

Tabla 5 36 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Agosto 2017 – (2/4)

Punto			LM-10	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	LM-15	LM-16	LM-17	MP-01A	MP-01B
Código Analítico Laboratorio			406346-01	406086-01	406087-01	406088-01	406089-01	406090-01	405251-01	406091-01	405651-01	405652-01
Fecha de Muestreo			24/08/2017	23/08/2017	23/08/2017	23/08/2017	23/08/2017	23/08/2017	21/08/2017	23/08/2017	22/08/2017	22/08/2017
Hora de Muestreo			14:50:00	12:10:00	13:30:00	15:15:00	15:45:00	12:45:00	16:15:00	18:10:00	11:30:00	11:55:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	La Punta-La Brava	Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua subterránea	Agua superficial	Agua superficial	Agua subterránea	Agua subterránea
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,96	7,69	7,74	7,78	8,31	7,28	6,97	7,31	7,33	6,28
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	55.260	140.050	112.400	167.700	53.070	216.454	4.297	229.340	22.200	250.374
Temperatura	°C	0,01	19,4	14,4	20,5	23,5	20,9	17,3	24,3	25,1	15,8	16,3
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	28.170	70.100	56.350	83.880	26.570	106.400	2.127	114.800	11.100	123.120
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	3,67	2,58	3,17	2,25	3,58	0,96	3,35	0,96	2,68	0,81
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,11	7,96	7,88	7,81	8,45	7,36	7,53	7,41	7,69	6,29
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	59.800	148.000	118.100	177.400	56.500	226.600	4.640	238.700	24.630	259.800
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	42.170	92.800	73.967	112.533	37.440	296.200	3.060	251.200	16.650	497.350
Densidad	g/mL	0,9	1,02	1,07	1,05	1,100	1,02	1,06	1,00	1,05	1,00	1,20
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	21.285	59.929	44.601	75.695	18.558	130.863	990	139.206	7.460	201.056
Sulfatos	mg/L	1	2.816	9.932	7.127	9.202	2.440	19.683	472	6.291	949	8.386
Bicarbonato	mg/L	1	206	600	555	428	366	675	403	223	411	366
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	815	1.031	700	1.105	231	727	163	1.650	290	706
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	871	2.902	2.152	3.691	1.091	6.907	97,6	2.057	329	7.594
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	10.801	32.520	23.140	44.125	10.432	71.780	603	84.320	4.125	109.960
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	1.625	4.376	3.450	7.420	1.970	11.250	86,3	3.455	678	17.770
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	11,0	54,5	14,4	10,0	2,40	22,0	1,17	27,0	5,15	2,40
Litio Disuelto	mg/L	0,003	94,6	1.427	273	560	141	880	5,14	217	41,9	1.316
Boro Disuelto	mg/L	0,002	32,6	240	182	84,5	3,00	281	8,05	44,6	17,7	316
Balance Iónico (%)			-1,15	4,63	-0,61	4,92	3,90	1,35	3,56	-0,07	2,62	2,75
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	855	1.080	716	1.258	269	756	169	1.789	309	720
Magnesio Total	mg/L	0,2	909	3.208	2.481	3.807	1.158	7.011	98,7	2.136	385	7.610
Sodio Total	mg/L	0,2	10.920	33.224	24.428	44.580	11346	74.920	666	84.460	4.354	137.600
Potasio Total	mg/L	0,2	1.652	4.544	3.508	7.655	1.998	11.510	95,6	3.535	709	20.146
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,01	0,013	<0,010	0,020	<0,010	<0,010	8,05	1,60	<0,010	0,012	0,097
Arsénico Total	mg/L	0,001	1,34	2,40	1,40	3,00	1,70	4,00	0,440	6,00	1,07	9,35
Boro Total	mg/L	0,002	35,0	244	183	96,0	5,60	293	8,24	46,6	26,6	340
Estroncio Total	mg/L	0,001	11,4	80,5	14,8	12,5	3,00	23,0	1,30	29,0	5,25	2,60
Hierro Total	mg/L	0,002	<0,002	0,035	0,182	<0,002	<0,002	3,21	<0,002	<0,002	0,013	<0,002
Litio Total	mg/L	0,003	97,2	1.998	293	593	151	911	6,10	226	55,9	1.664
Silicio Total	mg/L	0,02	28,7	16,8	16,8	12,2	20,3	0,968	60,8	12,0	57,4	12,8

Tabla 5-36 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Agosto 2017 – (3/4)

Punto	MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A	MP-08A		
Código Analítico Laboratorio	405653-01	405654-01	405244-01	405245-01	405246-01	405247-01	405248-01	405249-01	406351-01	406352-01		
Fecha de Muestreo	22/08/2017	22/08/2017	21/08/2017	21/08/2017	21/08/2017	21/08/2017	21/08/2017	21/08/2017	25/08/2017	25/08/2017		
Hora de Muestreo	14:45:00	15:50:00	16:00:00	15:15:00	11:25:00	12:00:00	13:20:00	14:05:00	11:10:00	9:15:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea		
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,29	6,41	7,02	6,06	7,08	6,23	7,05	6,24	7,01	6,81
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	8.430	221.906	12.150	239.060	27.390	241.016	33.130	234.931	13.460	9.026
Temperatura	°C	0,01	15,2	15,1	23,9	25,7	18,6	19,4	20,2	22,1	18,9	12,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	4.226	108.900	6.074	112.800	19.180	148.260	16.740	106.400	6.741	4.722
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	2,68	0,73	3,07	0,43	2,01	0,46	3,14	0,58	3,32	2,96
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,67	6,65	7,44	6,19	7,42	6,32	7,42	6,55	7,73	7,45
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	9.200	227.100	11.920	261.500	32.600	250.900	42.500	246.100	14.230	10.140
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	5.930	252.450	7.800	329.165	21.360	388.250	26.790	303.005	9.570	6.220
Densidad	g/mL	0,9	1,00	1,00	1,01	1,21	1,01	1,21	1,01	1,180	1,00	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	2.314	128.521	3.300	193.646	10.514	185.706	14.035	157.537	3.887	2.507
Sulfatos	mg/L	1	566	8.672	659	13.585	1.481	20.686	1.781	17.230	652	819
Bicarbonato	mg/L	1	386	349	364	246	371	406	550	369	285	385
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	173	1.241	187	590	213	520	411	508	326	525
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	169	4.671	186	7.550	522	9.926	733	8.214	234	174
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	1.344	77.840	1.860	99.360	5.284	99.500	7.265	84.080	1.888	1.335
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	230	9.710	334	19.814	1.034	19.804	1.494	17.090	278	113
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	2,24	40,0	1,17	1,75	1,68	1,06	1,15	0,742	2,75	4,78
Litio Disuelto	mg/L	0,003	15,7	976	23,7	1.498	74,7	1.474	119	1.330	20,2	7,88
Boro Disuelto	mg/L	0,002	10,9	295	17,0	222	32,0	238	32,3	445	6,40	11,2
Balance Iónico (%)												
			5,08	6,12	4,08	0,13	-0,54	2,46	2,18	3,10	0,68	5,93
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	187	1.285	202	616	228	546	438	576	329	534
Magnesio Total	mg/L	0,2	176	4.723	195	8.102	562	10.534	757	8.642	248	181
Sodio Total	mg/L	0,2	1.384	79.800	1.914	105.880	5.762	105.420	7.370	84.970	2.066	1.351
Potasio Total	mg/L	0,2	234	9.902	349	20.040	1.117	20.440	1.498	17.330	304	119
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,01	0,049	<0,010	0,162	0,016	<0,010	0,251	104	2,30	1,16	24,3
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,830	0,002	0,430	0,120	0,680	0,080	1,22	0,200	0,200	0,350
Boro Total	mg/L	0,002	15,9	340	21,0	242	35,8	250	33,3	466	8,40	14,2
Estroncio Total	mg/L	0,001	2,32	45,0	1,28	1,88	1,88	1,27	1,34	0,858	2,85	4,94
Hierro Total	mg/L	0,002	0,205	<0,002	0,266	<0,002	<0,002	0,341	74,0	3,68	1,33	20,9
Litio Total	mg/L	0,003	16,3	1.024	24,4	1.572	81,8	1.566	120	1.383	21,4	7,94
Silicio Total	mg/L	0,02	47,2	82,0	63,4	1,60	39,1	2,67	8,96	10,2	26,5	56,8

Tabla 5-36 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Agosto 2017 – (4/4)

Punto	MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Quebrada Camar	Vert Peine		
Código Analítico Laboratorio	405250-01	406092-01	406348-01	406349-01	406350-01	406353-01	406354-01	406355-01	N/A	406093-01		
Fecha de Muestreo	21/08/2017	23/08/2017	24/08/2017	24/08/2017	24/08/2017	25/08/2017	25/08/2017	25/08/2017	N/A	23/08/2017		
Hora de Muestreo	16:55:00	16:55:00	11:40:00	11:55:00	15:45:00	10:25:00	12:15:00	13:15:00	N/A	17:30:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	La Punta-La Brava	Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua superficial	Agua superficial	
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	6,84	7,36	7,84	6,65	6,37	6,67	6,90	7,01	N/A	7,43
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	4.647	16.420	77.528	245.839	245.483	32.270	71.720	27.750	N/A	3.906
Temperatura	°C	0,01	25,4	22,9	13,4	15,1	17,8	16,4	21,1	24,3	N/A	22,9
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	2.324	8.210	38.780	120.500	121.400	16.280	36.430	13.870	N/A	1.952
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	2,82	3,60	2,78	0,95	0,70	2,89	1,93	2,68	N/A	4,72
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,23	7,89	7,94	6,84	6,68	7,33	7,31	7,63	N/A	6,91
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	4.970	17.820	82.800	256.500	258.400	34.500	76.800	29.700	N/A	4.280
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	3.120	10.160	53.750	353.700	559.000	20.050	51.933	19.110	N/A	2.460
Densidad	g/mL	0,9	1,00	1,00	1,03	1,19	1,220	1,01	1,020	1,00	N/A	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.101	5.160	28.485	175.216	200.269	10.684	27.011	9.144	N/A	809
Sulfatos	mg/L	1	477	509	4.744	9.051	15.830	1.251	1.730	774	N/A	687
Bicarbonato	mg/L	1	438	206	176	456	561	337	199	185	N/A	87
Nitrato	mg/L	0,89	1,37	1,15	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	N/A	2,35
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	159	173	1.441	1.122	1.016	479	483	389	N/A	267
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	87,3	238	1.039	8.497	9.476	514	1.053	410	N/A	91,7
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	620	2.916	15.052	88.800	96.020	5.493	12.678	4.920	N/A	466
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	82,1	516	1.813	15.690	22.440	938	2.070	715	N/A	29,3
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,20	5,05	20,8	19,0	4,00	5,10	5,32	3,60	N/A	2,48
Litio Disuelto	mg/L	0,003	5,20	34,3	119	1.241	1.746	74,5	205	54,6	N/A	5,40
Boro Disuelto	mg/L	0,002	6,78	6,57	29,5	501	326	24,7	92,8	20,0	N/A	5,97
Balance Iónico (%)			-1,37	4,72	-1,11	1,96	-0,48	2,10	-1,89	3,85	N/A	7,04
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	172	178	1.480	1.200	1.028	504	488	406	N/A	285
Magnesio Total	mg/L	0,2	92,8	252	1.078	8.584	9.898	537	1.056	426	N/A	124
Sodio Total	mg/L	0,2	664	2.994	15.808	89.220	100.960	5.630	13.660	5.022	N/A	490
Potasio Total	mg/L	0,2	84,7	520	1.898	15.840	23.460	967	2.174	744	N/A	32,0
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,01	<0,010	1,72	1,19	0,356	0,093	0,076	0,050	<0,010	N/A	<0,010
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,430	0,200	1,24	3,90	8,12	0,270	0,410	0,580	N/A	0,050
Boro Total	mg/L	0,002	8,04	8,58	56,0	550	336	25,4	94,0	21,1	N/A	8,97
Estroncio Total	mg/L	0,001	1,45	5,20	21,6	20,0	8,00	5,40	5,34	3,70	N/A	2,50
Hierro Total	mg/L	0,002	0,007	1,43	0,633	0,071	0,002	0,017	0,204	<0,002	N/A	0,046
Litio Total	mg/L	0,003	5,30	35,7	122	1.249	1.844	76,9	207	58,6	N/A	6,67
Silicio Total	mg/L	0,02	52,8	23,0	14,6	2,21	1,18	62,9	26,6	53,6	N/A	31,0

N/A: LM-05, no fue muestreado debido a la presencia de flamencos. Quebrada Camar, no se pudo monitorear químicamente por no contarse con el permiso de la Comunidad.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5-37 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Noviembre 2017 – (1/4)

Punto	AnteRepresa Tilomonte	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09		
Código Analítico Laboratorio	422920-01	423073-01	423074-01	423075-01	423076-01	N/A	N/A	422711-01	422712-01	422713-01		
Fecha de Muestreo	16/11/2017	18/11/2017	18/11/2017	18/11/2017	18/11/2017	N/A	N/A	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017		
Hora de Muestreo	11:35:00	11:20:00	11:00:00	17:45:00	17:30:00	N/A	N/A	12:30:00	13:00:00	14:05:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial		
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	8,31	8,18	8,27	7,95	7,81	N/A	N/A	8,08	8,07	7,97
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	6.261	63.960	64.560	118.900	142.600	N/A	N/A	80.580	61.120	79.910
Temperatura	°C	0,01	16,8	16,9	16,3	20,2	21,2	N/A	N/A	22,4	28,7	29,1
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	3.132	31.750	32.260	59.510	73.430	N/A	N/A	40.260	30.750	39.880
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	6,56	5,22	5,92	3,42	2,84	N/A	N/A	3,98	3,88	3,28
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,27	8,28	8,30	8,11	8,02	N/A	N/A	7,99	8,04	7,83
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	7.020	71.000	70.800	132.200	148.000	N/A	N/A	87.500	68.500	88.100
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	3.533	31.580	46.060	76.760	128.320	N/A	N/A	63.900	30.200	34.767
Densidad	g/mL	0,9	1,00	1,03	1,04	1,07	1,08	N/A	N/A	1,04	1,03	1,04
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	1.653	26.641	24.558	41.997	60.589	N/A	N/A	22.122	23.240	23.491
Sulfatos	mg/L	1	479	3.690	3.545	6.188	9.558	N/A	N/A	9.093	2.862	4.078
Bicarbonato	mg/L	1	213	496	484	613	592	N/A	N/A	288	287	216
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	N/A	N/A	<0,89	<0,89	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	286	389	396	689	846	N/A	N/A	1.165	928	1.244
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	131	1.013	1.005	2.179	2.607	N/A	N/A	1.301	1.035	1.311
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	618	12.420	12.370	24.900	28.630	N/A	N/A	13.450	10.080	14.050
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	78,5	1.789	1.777	3.661	4.280	N/A	N/A	1.835	1.463	1.887
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	2,46	7,21	7,24	9,20	10,8	N/A	N/A	15,4	12,1	18,1
Litio Disuelto	mg/L	0,003	1,43	151	150	305	349	N/A	N/A	141	108	140
Boro Disuelto	mg/L	0,002	7,95	86,7	82,1	139	168	N/A	N/A	71,2	53,8	77,6
Balance Iónico (%)			-3,10	-6,42	-2,87	5,40	-5,71	N/A	N/A	1,22	-5,96	7,48
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	288	399	399	715	865	N/A	N/A	1.207	959	1.312
Magnesio Total	mg/L	0,2	150	1.043	1.034	2.254	2.648	N/A	N/A	1.351	1.044	1.381
Sodio Total	mg/L	0,2	728	12.670	12.700	25.400	29.300	N/A	N/A	13.740	10.210	14.690
Potasio Total	mg/L	0,2	78,9	1.808	1.783	3.797	4.350	N/A	N/A	1.874	1.478	1.977
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	0,069	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	N/A	N/A	<0,010	<0,010	<0,010
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,050	3,86	3,80	7,44	8,00	N/A	N/A	0,745	0,785	1,83
Boro Total	mg/L	0,002	8,32	86,8	83,7	149	182	N/A	N/A	75,4	60,1	81,3
Estroncio Total	mg/L	0,001	2,55	7,45	7,34	9,80	11,0	N/A	N/A	15,7	12,8	18,7
Hierro Total	mg/L	0,002	0,120	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	N/A	N/A	<0,002	<0,002	<0,002
Litio Total	mg/L	0,003	1,46	153	150	312	357	N/A	N/A	145	108	147
Silicio Total	mg/L	0,020	20,6	41,7	40,8	41,9	40,2	N/A	N/A	23,7	19,5	23,9

Tabla 5 37 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Noviembre 2017 – (2/4)

Punto			LM-10	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	LM-15	LM-16	LM-17	MP-01A	MP-01B
Código Analítico Laboratorio			422714-01	422938-01	422939-01	422940-01	422941-01	422942-01	422919-01	422715-01	423069-01	423070-01
Fecha de Muestreo			15/11/2017	17/11/2017	17/11/2017	17/11/2017	17/11/2017	17/11/2017	16/11/2017	15/11/2017	18/11/2017	18/11/2017
Hora de Muestreo			14:25:00	12:50:00	11:05:00	14:00:00	14:30:00	12:00:00	17:20:00	16:10:00	15:45:00	15:20:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este	La Punta-La Brava	Peine	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Subterránea	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Subterránea	Agua Subterránea
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,85	7,31	7,63	6,69	7,71	7,31	7,06	7,07	7,46	6,11
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	90.160	241.100	155.200	218.374	189.019	224.910	4.317	248.229	22.510	248.562
Temperatura	°C	0,01	29,5	26,3	28,1	29,3	29,8	21,8	24,7	28,6	16,9	17,2
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	45.400	117.600	77.640	109.900	96.770	111.700	2.160	125.100	11.260	120.200
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	2,99	2,27	2,18	0,99	1,97	0,66	4,09	0,51	3,52	0,94
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,89	7,36	7,70	6,75	7,79	7,42	7,25	7,04	7,49	6,38
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	102.000	258.400	169.800	245.000	210.900	240.100	4.900	280.400	25.460	277.000
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	37.267	336.480	152.300	549.500	170.660	239.360	2.167	202.967	14.500	293.380
Densidad	g/mL	0,9	1,03	1,19	1,09	1,25	1,19	1,16	1,00	1,21	1,01	1,20
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	37.601	149.318	75.213	185.202	109.042	138.005	969	180.430	7.810	161.604
Sulfatos	mg/L	1	5.657	24.619	14.883	41.722	18.312	21.931	406	5.748	1.174	7.393
Bicarbonato	mg/L	1	220	1.137	674	2.280	829	857	366	237	362	356
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	1.494	666	1.047	266	848	757	162	1.141	226	686
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	1.649	7.120	3.339	22.040	5.131	6.717	100	3.511	339	6.412
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	17.270	71.470	35.560	62.510	48.150	67.020	541	89.440	3.771	91.220
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	2.286	11.680	6.774	34.360	9.649	11.670	92,3	5.164	497	12.770
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	22,8	32,6	22,7	6,00	11,6	19,0	1,43	44,9	5,02	14,2
Litio Disuelto	mg/L	0,003	177	825	390	3.327	657	802	4,96	396	43,2	1.140
Boro Disuelto	mg/L	0,002	93,3	532	268	1.430	286	553	10,2	223	31,5	603
Balance Iónico (%)			-4,83	-4,92	-5,67	1,44	-7,55	-3,38	4,58	-7,42	-4,03	4,80
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	1.498	749	1.130	272	871	772	163	1.267	229	689
Magnesio Total	mg/L	0,2	1.665	7.781	3.623	22.330	6.977	6.977	101	3.854	394	6.728
Sodio Total	mg/L	0,2	17.430	77.210	37.420	63.800	49.480	67.710	542	96.230	3.843	96.390
Potasio Total	mg/L	0,2	2.299	12.400	7.028	34.990	9.754	11.770	93,7	5.617	518	13.070
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,214	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Arsénico Total	mg/L	0,001	3,42	10,6	2,94	24,0	8,95	7,95	0,460	1,82	1,39	0,250
Boro Total	mg/L	0,002	105	584	284	1.451	299	590	10,4	255	32,5	629
Estroncio Total	mg/L	0,001	25,5	35,5	23,5	6,20	11,7	21,8	1,43	47,1	5,38	14,4
Hierro Total	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Litio Total	mg/L	0,003	179	896	427	3.404	677	829	4,99	431	45,1	1.210
Silicio Total	mg/L	0,020	23,6	34,9	32,9	36,3	33,5	1,90	43,4	9,46	33,7	5,88

Tabla 5 37 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Noviembre 2017 – (3/4)

Punto			MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A	MP-08A
Código Analítico Laboratorio			423071-01	423072-01	422910-01	423065-01	422943-01	422944-01	423066-01	423067-01	422911-01	422717-01
Fecha de Muestreo			18/11/2017	18/11/2017	16/11/2017	19/11/2017	17/11/2017	17/11/2017	19/11/2017	19/11/2017	16/11/2017	15/11/2017
Hora de Muestreo			18:00:00	16:35:00	17:35:00	11:00:00	17:50:00	16:15:00	9:30:00	9:53:00	12:40:00	17:45:00
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava	Peine	Peine
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	7,45	6,09	7,18	6,04	7,22	6,36	6,96	6,28	7,06	7,05
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	8.619	246.027	10.450	241.641	29.420	241.108	31.420	195.100	13.180	8.833
Temperatura	°C	0,01	17,5	17,9	25,4	25,3	19,6	19,7	20,1	19,8	21,4	17,3
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	4.312	121.700	5.231	122.900	14.880	116.100	16.770	108.700	6.621	4.430
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	3,38	0,81	4,18	0,97	3,84	0,84	3,38	1,22	4,55	3,91
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	7,91	6,35	7,63	6,05	7,80	6,33	7,37	6,54	7,55	7,35
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	9.780	271.800	12.120	273.000	33.900	266.600	36.300	215.200	14.600	10.120
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	11.160	282.360	3.333	293.420	23.880	314.020	22.100	216.540	6.067	6.233
Densidad	g/mL	0,9	1,00	1,21	1,00	1,21	1,01	1,21	1,02	1,56	1,00	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	6.418	195.211	3.161	179.905	10.440	157.325	10.253	117.749	4.249	2.609
Sulfatos	mg/L	1	850	10.677	991	12.389	2.097	14.967	355	12.442	671	958
Bicarbonato	mg/L	1	437	416	396	218	392	373	440	357	220	390
Nitrato	mg/L	0,89	<0,89	49,6	7,71	<0,89	<0,89	<0,89	2,26	<0,89	<0,89	25,3
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	133	646	197	698	209	514	200	491	272	492
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	1.455	7.006	149	6.060	599	8.992	569	6.060	371	148
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	1.480	98.490	1.582	81.360	5.248	87.590	5.451	57.390	1.903	1.219
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	199	14.440	223	14.590	1.147	16.960	1.032	11.300	286	104
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,76	10,1	1,92	9,10	1,94	8,90	1,67	0,769	2,88	4,74
Litio Disuelto	mg/L	0,003	17,7	1.412	16,7	1.179	81,9	1.339	88,3	1.044	19,7	7,00
Boro Disuelto	mg/L	0,002	14,5	692	22,6	641	50,3	683	48,5	508	12,7	14,7
Balance Iónico (%)			-0,79	-0,63	-4,95	-5,30	-0,16	6,33	6,62	0,25	1,20	-1,32
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	143	650	203	706	209	515	204	628	282	550
Magnesio Total	mg/L	0,2	1.550	7.579	170	6.238	612	9.061	571	6.075	382	168
Sodio Total	mg/L	0,2	1.489	100.900	1.777	82.350	5.393	90.340	5.496	59.070	2.062	1.314
Potasio Total	mg/L	0,2	200	14.700	274	15.160	1.160	17.050	1.046	11.450	487	136
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,201	<0,010	<0,010	0,572	0,166	<0,010	<0,010
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,330	1,12	0,430	0,007	0,720	0,330	0,013	0,016	0,170	0,245
Boro Total	mg/L	0,002	14,8	718	23,1	660	51,0	686	49,5	519	13,5	17,4
Estroncio Total	mg/L	0,001	2,43	10,3	2,00	9,40	1,96	8,90	1,69	0,829	2,89	4,75
Hierro Total	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,110	<0,002	0,224	0,114	<0,002	<0,002	<0,002
Litio Total	mg/L	0,003	18,1	1.446	21,0	1.185	83,5	1353	88,9	1.052	20,0	10,3
Silicio Total	mg/L	0,020	35,9	5,14	35,8	4,72	47,4	4,40	26,4	6,37	29,3	33,3

Tabla 5 37 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña Noviembre 2017 – (4/4)

Punto	MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Quebrada Camar	Vert Peine		
Código Analítico Laboratorio	423068-01	422912-01	422718-01	422719-01	422720-01	422913-01	422914-01	422915-01	N/A	422716-01		
Fecha de Muestreo	19/11/2017	16/11/2017	15/11/2017	15/11/2017	15/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	16/11/2017	N/A	15/11/2017		
Hora de Muestreo	11:43:00	14:45:00	11:15:00	11:43:00	15:35:00	13:45:00	9:53:00	10:55:00	N/A	16:40:00		
Laboratorio	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab		
Sector	La Punta-La Brava	Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Norte y Borde Este	Norte y Borde Este		
Parámetros	Unidad	Límite de Detección	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Superficial	Agua Superficial	
Parámetros In Situ												
pH	UpH	0,02	6,85	7,35	7,87	6,78	6,57	6,81	7,04	7,09	N/A	7,86
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	4.472	17.130	71.960	242.078	243.052	34.460	72.010	26.960	N/A	4.872
Temperatura	°C	0,01	23,4	24,7	22,1	16,9	19,4	21,6	21,5	25,2	N/A	24,7
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	-	2.261	8.577	35.980	118.400	119.900	17.710	36.070	13.560	N/A	2.435
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	4,23	4,73	2,46	0,57	0,62	3,33	2,29	3,09	N/A	5,62
Físicoquímico Laboratorio												
pH	UpH	-	8,06	7,72	7,85	6,84	6,70	7,14	7,26	7,48	N/A	8,00
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1	5.150	18.390	80.500	269.500	225.100	38.200	78.900	29.410	N/A	4.890
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	3	4.020	5.733	27.600	203.733	285.700	18.267	37.767	19.033	N/A	1.700
Densidad	g/mL	0,9	1,00	1,00	1,04	1,19	1,22	1,01	1,03	1,01	N/A	1,00
Elementos Mayoritarios Disueltos												
Aniones												
Cloruros	mg/L	0,5	810	5.522	23.081	139.416	178.072	11.744	24.385	8.839	N/A	1.128
Sulfatos	mg/L	1	753	492	1.978	6.956	14.127	1.235	1.413	781	N/A	753
Bicarbonato	mg/L	1	353	207	155	453	540	328	195	173	N/A	127
Nitrato	mg/L	0,89	5,76	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	<0,89	14,9	N/A	<0,89
Cationes												
Calcio Disuelto	mg/L	0,2	144	319	1.448	928	507	525	615	449	N/A	387
Magnesio Disuelto	mg/L	0,2	81,3	368	995	7.285	8.168	676	1.080	520	N/A	83,1
Sodio Disuelto	mg/L	0,2	544	2.723	13.660	72.720	80.510	5.563	12.620	4.340	N/A	440
Potasio Disuelto	mg/L	0,2	83,7	659	1.652	13.740	19.110	1.163	2.320	872	N/A	42,0
Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos												
Estroncio Disuelto	mg/L	0,001	1,07	4,57	20,2	21,3	1,15	5,79	6,49	3,40	N/A	2,75
Litio Disuelto	mg/L	0,003	5,24	28,9	124	1.050	1.502	80,0	193	51,3	N/A	0,530
Boro Disuelto	mg/L	0,002	8,81	10,3	64,4	53,3	646	35,7	77,9	26,1	N/A	9,13
Balance Iónico (%)			-1,68	5,43	8,74	2,94	-2,26	1,79	3,86	4,06	N/A	-0,50
Elementos Mayoritarios Totales												
Calcio Total	mg/L	0,2	144	332	1.488	1.026	542	544	623	458	N/A	401
Magnesio Total	mg/L	0,2	83,1	376	1.047	8.009	8.817	697	1.157	525	N/A	84,4
Sodio Total	mg/L	0,2	895	2.755	13.760	82.360	85.280	5.788	13.710	4.388	N/A	470
Potasio Total	mg/L	0,2	90,0	672	1.732	14.960	20.150	1.198	2.494	883	N/A	42,3
Elementos Minoritarios y Trazas Totales												
Aluminio Total	mg/L	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	N/A	<0,010
Arsénico Total	mg/L	0,001	0,015	0,400	1,33	0,080	0,900	0,360	1,59	0,490	N/A	0,075
Boro Total	mg/L	0,002	9,08	10,8	68,9	58,4	682	38,3	78,4	26,2	N/A	9,35
Estroncio Total	mg/L	0,001	1,33	4,77	20,6	21,6	1,18	6,00	6,50	3,43	N/A	2,81
Hierro Total	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	N/A	<0,002
Litio Total	mg/L	0,003	5,69	30,0	125	1.181	1.584	82,4	198	52,8	N/A	1,03
Silicio Total	mg/L	0,020	37,7	20,6	10,1	8,08	3,75	27,2	13,1	23,2	N/A	27,5

N/A: LM-05 y LM-06 no fueron muestreados debido a la presencia de flamencos. Quebrada Camar, no fue posible tomar la muestra porque Comunidad Atacameña de Camar no concede permiso de acceso a la zona.

Fuente: Elaboración Propia

Las campañas anteriores, se presentan en conjunto, con todos los registros de calidad química de aguas histórico, en el Anexo H de este documento.

Conductividad Eléctrica en el Salar de Atacama

La conductividad eléctrica ha sido un parámetro, de clasificación del tipo de agua, utilizado en la evaluación ambiental, para poder hacer la distinción entre aguas que son parte del núcleo (salmuera) y las aguas que se encuentran en las cuencas aportantes (agua dulce - salobre). Para facilitar el entendimiento del análisis que se presenta a continuación, se entrega en la Tabla 5-38, los rangos de conductividad que presentan las muestras, los cuales también fueron utilizados en la evaluación ambiental del Proyecto.

Tabla 5-38 Clasificación de los tipos de agua

Tipo de Agua	SDT (mg/L)	CE (μS/cm)
Dulce	0 – 4.200	0 – 4.500
Salobre	4.200 – 200.000	4.500 – 200.000
Salmuera	> 200.000	>200.000

Fuente: Tabla 7-6 Anexo 1 Adenda 5.

Cumplimiento del error de Balance Iónico

El error de balance iónico se calculó para todas las muestras a partir de la siguiente expresión con los cationes Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Sr²⁺, Li⁺ y B⁺, y aniones Cl⁻, HCO₃²⁻, SO₄²⁻ y NO₃⁻ (ver metodología en Capítulo 4).

$$\text{error de balance (\%)} = 100 \times \frac{\text{suma de cationes} - \text{suma de aniones}}{\text{suma de cationes} + \text{suma de aniones}} (\text{meq/L})$$

Los errores obtenidos se incluyen en las tablas anteriores de resultados químicos. De las 153 muestras analizadas el 2017, el 99,4% de las muestras (152) presenta un error inferior al 10%, 140 muestras (91,5%) cumplen con un error inferior a 7% y 115 (75,2%) cumplen con el error de balance inferior al 5% en valor absoluto.

Estos porcentajes de cumplimiento se consideran adecuados por la tipología de muestras analizadas (mayoritariamente muestras salobres y salmueras), siendo que los lineamientos de la Guía SEA, 2102, “de carácter indicativo y referenciales”, son aplicables para aguas dulces y no consideraría las aguas salobres y salmueras (ver sección 4.3.8.4 Validación de resultados, cálculo del Balance Iónico y otras verificaciones de este documento).

Representación de resultados

A continuación, se presenta la variabilidad histórica de los valores medidos y analizados, a través de diagramas o gráficos de caja para los parámetros físico-químicos, tablas de estadígrafos para éstos y demás parámetros analizados en laboratorio, así como gráficos temporales que permiten ver las tendencias a través del tiempo.

Las tablas de estadígrafos que se presentan, tienen por objetivo mostrar por un lado la cantidad de registros históricos totales (Nº Reg) que se tienen para cada punto, y por otro los valores representativos de los diagramas de caja, vale decir: mínimo (Min), Percentil 25% (P25), mediana, Percentil 75% (P75) y máximo de la serie (Máx.)

Los diagramas de caja que se han generado para cada parámetro físico-químicos y sector de análisis, los puntos del PSAH de aguas superficiales se han representado en color naranja, mientras que los puntos de aguas subterráneas se han representado en color azul. Los bigotes de los diagramas, que corresponden a las líneas iniciales y finales de cada caja, corresponden a los valores mínimos y máximos de toda la serie histórica registrada para la química de aguas (2013 – 2017); y la caja interior en tonos grises, representa los percentiles 25% y 75%, indicado como “P25” y “P75” respectivamente en las tablas de estadígrafos. La línea entre los tonos grises de cada caja, corresponde a la mediana de la serie de datos.

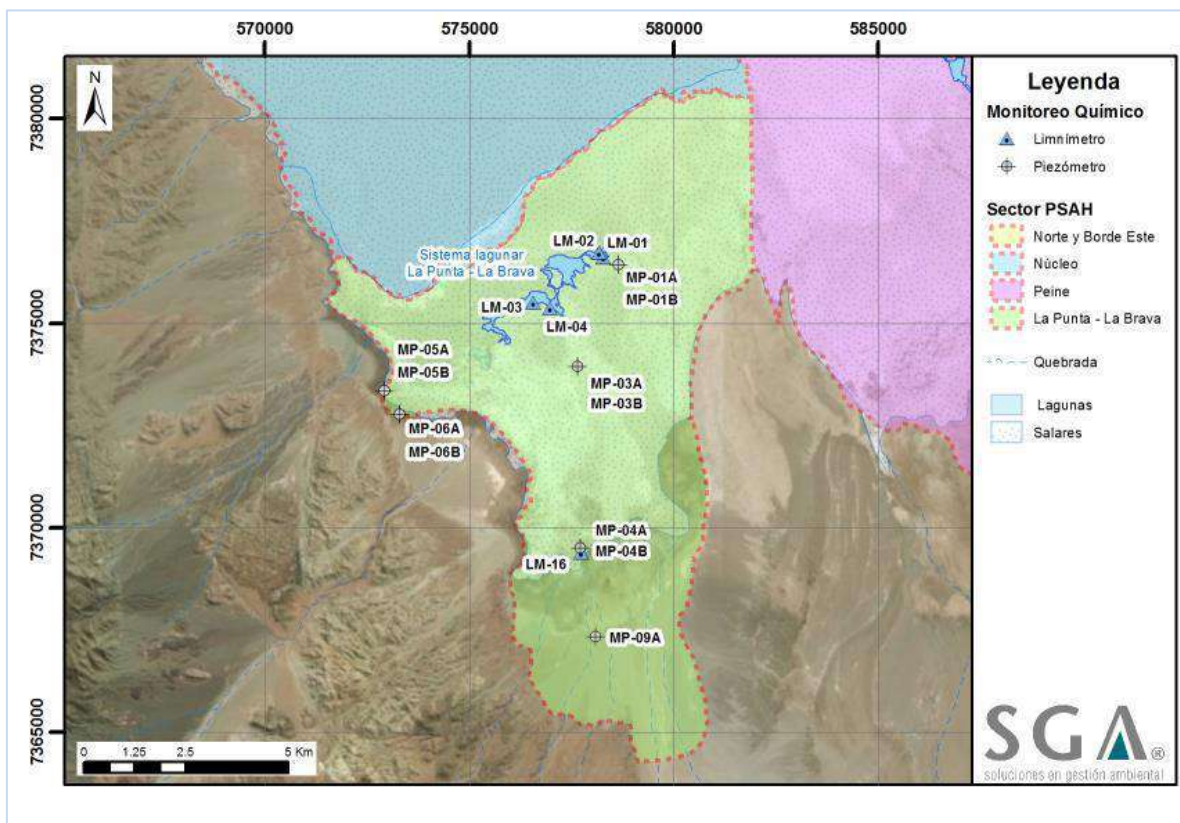
A través de las concentraciones de los elementos mayoritarios (cationes y aniones) se han elaborado los diagramas de Piper, con el objetivo de caracterizar el tipo de aguas, y visualizar si las composiciones químicas han variado respecto a las tendencias naturales o históricas.

A continuación, se presentan los resultados gráficos, estadígrafos, resultados tabulares y gráficas temporales para cada uno de los parámetros por sector de análisis y por tipo de grupo de parámetros, siguiendo el orden de lo indicado en la Tabla 4-1 del Capítulo 4 de este documento.

5.8.1 Sector La Punta – La Brava

La ubicación de los puntos de monitoreo de este sector se presentan en la siguiente figura:

Figura 5-98 Localización puntos de monitoreo Sector La Punta – La Brava



Fuente: Elaboración propia.

5.8.1.1 Parámetros Físico Químicos in situ

pH in situ

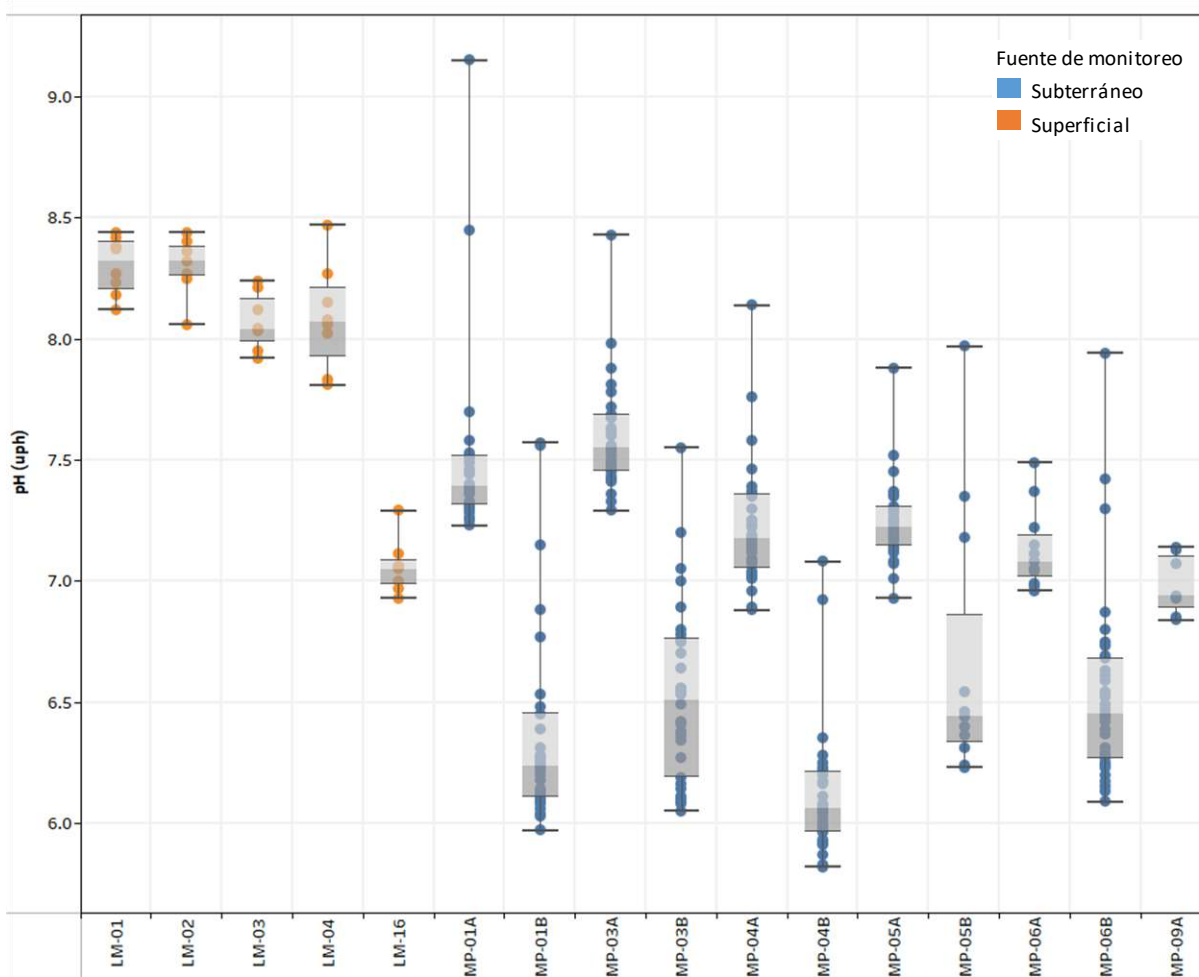
Los resultados históricos de pH para el Sector La Punta-La Brava, se presentan en la Figura 5-99. Con los datos obtenidos durante las campañas realizadas en el año 2017, sumado a los datos de los años anteriores, la variabilidad de éste parámetro se mantiene similar a lo mostrado en el informe del año 2016, en donde los datos se encuentran dentro del rango histórico. Para las aguas superficiales (puntos “LM” color naranja), los valores de pH se encuentran entre 6,93 (LM-16) y 8,5 UpH (LM-04), observando que sus rangos son más estrechos al de las aguas subterráneas.

Para las aguas subterráneas (puntos “MP” color azul), los valores varían entre un mínimo de 5,82 UpH (MP-04B) hasta un máximo de 9,15 UpH (MP-01A).

Según lo anterior, se puede indicar que en aguas más profundas y salobres el valor de pH es menor en relación a los aguas más someras. Para los puntos “MP-XA”¹⁴, que miden el estrato superior, presentan en general valores de pH más neutros y con tendencia básicas que los “MP-XB”, que miden aguas más profundas o más salobres, con medianas que tienden a estar en un valor de pH bajo los 6,5 UpH.

El punto LM-16, se encuentra en el sector denominado Tilopozo, ubicado al sur del resto de los puntos de las lagunas, con un pH de tendencia neutra.

Figura 5-99 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico (UpH), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ Multipiezometro MP seguido de un numero correlativo “X” finalizando en letra A, B o C.

Tabla 5-39 Estadígrafos, pH *in situ* histórico, Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	8,12	8,20	8,32	8,40	8,44
	LM-02	8	8,06	8,26	8,32	8,38	8,44
	LM-03	8	7,92	7,99	8,04	8,17	8,24
	LM-04	8	7,81	7,93	8,07	8,21	8,47
	LM-16	8	6,93	6,99	7,05	7,09	7,29
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-01A	37	7,23	7,32	7,40	7,52	9,20
	MP-03A	37	7,29	7,46	7,55	7,69	8,43
	MP-04A	38	6,88	7,06	7,18	7,36	8,14
	MP-05A	38	6,93	7,15	7,23	7,31	7,88
	MP-06A	12	6,96	7,02	7,08	7,19	7,49
	MP-09A	7	6,84	6,89	6,94	7,10	7,14
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-01B	37	5,97	6,11	6,24	6,45	7,57
	MP-03B	37	6,05	6,19	6,51	6,76	7,55
	MP-04B	38	5,82	5,97	6,06	6,21	7,08
	MP-05B	11	6,23	6,34	6,44	6,86	7,97
	MP-06B	38	6,09	6,27	6,45	6,68	7,94

Fuente: Elaboración propia.

Conductividad Eléctrica *in situ*

Respecto a la Conductividad Eléctrica (CE) del sector La Punta-La Brava, en la Figura 5-100 se aprecia que las aguas subterráneas profundas (registradas por los pozos “MP-XB”) presentan mayor variabilidad en los rangos de C.E que las aguas superficiales (“LM”) y que las aguas subterráneas más someras (registradas por los pozos “MP-XA”).

Para las aguas subterráneas profundas, el rango de la CE varía entre los 16.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (MP-06B, registrado en Octubre del 2013) y los 439.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (para MP-03B, en Marzo de 2014), valores considerados como outliers. Sin embargo, el promedio de las medianas indica un valor de 212.340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor es consistente con la presencia de aguas más salobres a medida que se profundiza la medición, por cuanto se acerca a la interfase salina.

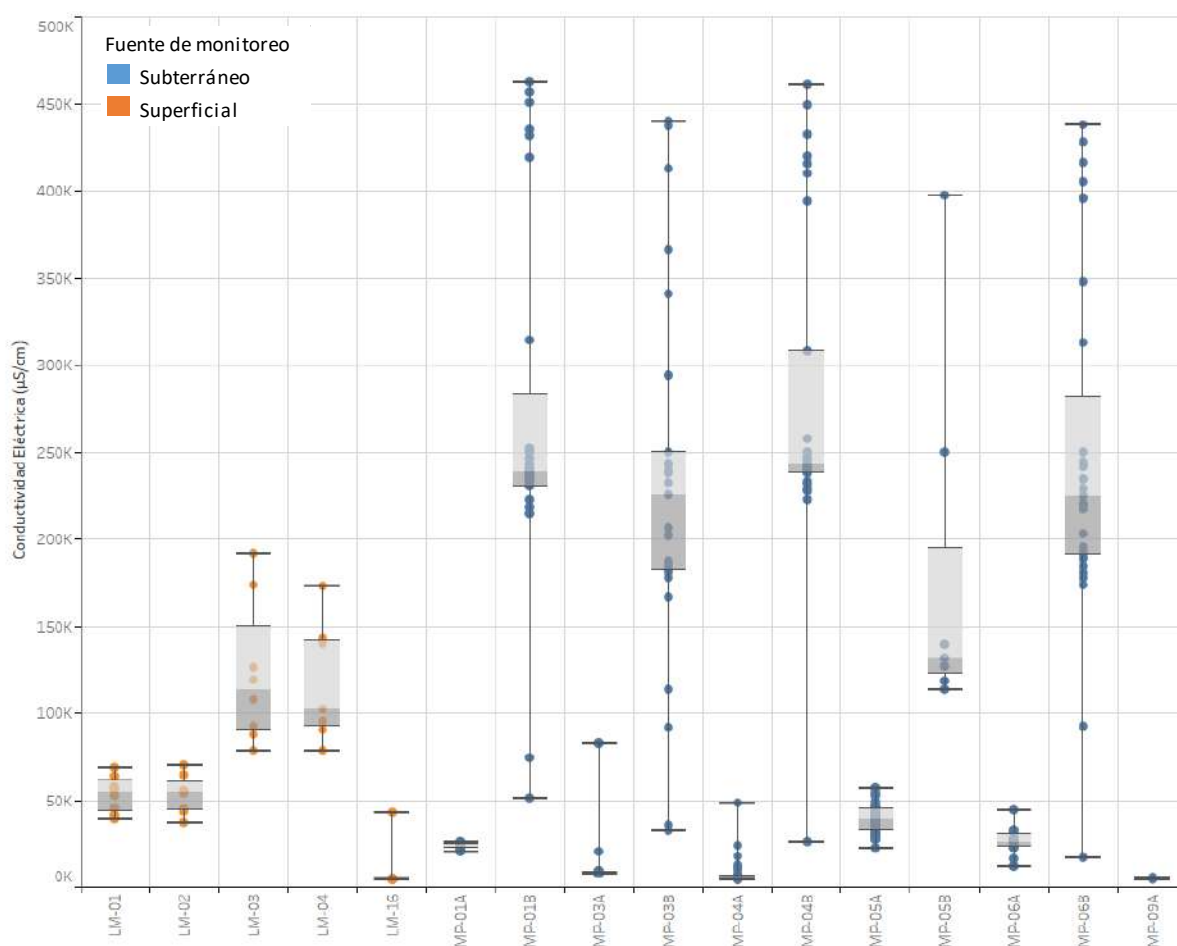
Cabe destacar que, los valores más altos registrados en terreno se interpretan como sobrevalorados debido a los límites de detección máximos del instrumental de terreno que registra hasta un cierto valor, y es muy sensible en aguas con alto contenido de sales, como lo son las aguas profundas, por lo que pueden registrar valores muy altos.

Para el caso de las aguas subterráneas más someras este rango está dado por un mínimo de 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (MP-04A) y un máximo de 82.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (MP-03A); éstas aguas en general, presentan los valores más bajos de CE para este sector.

Todas las aguas de las lagunas La Punta-La Brava, representadas por los puntos LM-01 hasta LM-04, registran valores mayores a 37.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y menores a 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica que son aguas salobres. Los puntos LM-01 y LM-02 presentan conductividades menores, las cuales no superan los valores de 70.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los puntos LM-03 y LM-04 presentan rangos más amplios como se puede observar en la gráfica, alcanzando valores máximos cercanos a los 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para el punto LM-16, ubicado al sur del sector, las conductividades son menores al resto de las lagunas, con valores mínimos de 4.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y máximo de 42.370 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este último valor se encuentra fuera de rango.

Figura 5-100 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica in situ histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-40 Estadígrafos CE *in situ* histórico ($\mu\text{S/cm}$), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	N° Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	39.160	43.480	54.335	60.530	68.677
	LM-02	8	37.220	44.115	54.320	59.930	70.026
	LM-03	8	78.560	90.100	113.250	149.537	191.400
	LM-04	8	78.190	92.510	109.716	141.250	172.704
	LM-16	8	4.200	4.307	4.346	5.032	42.370
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-01A	36	20.353	22.450	23.040	24.140	26.160
	MP-03A	38	7.509	7.949	8.146	8.730	82.560
	MP-04A	37	4.003	4.655	5.682	6.588	48.540
	MP-05A	37	22.150	32.150	39.310	44.950	56.970
	MP-06A	15	11.720	22.755	26.084	29.730	44.300
	MP-09A	7	4.472	4.659	5.009	5.092	5.654
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-01B	36	50.930	230.400	238.300	282.570	462.000
	MP-03B	36	32.220	181.900	225.000	250.000	439.600
	MP-04B	37	26.100	237.700	242.700	307.360	460.800
	MP-05B	15	113.300	122.300	131.400	194.750	396.920
	MP-06B	37	16.630	190.700	224.300	281.220	438.000

Fuente: Elaboración propia.

Sólidos Disueltos Totales *in situ*

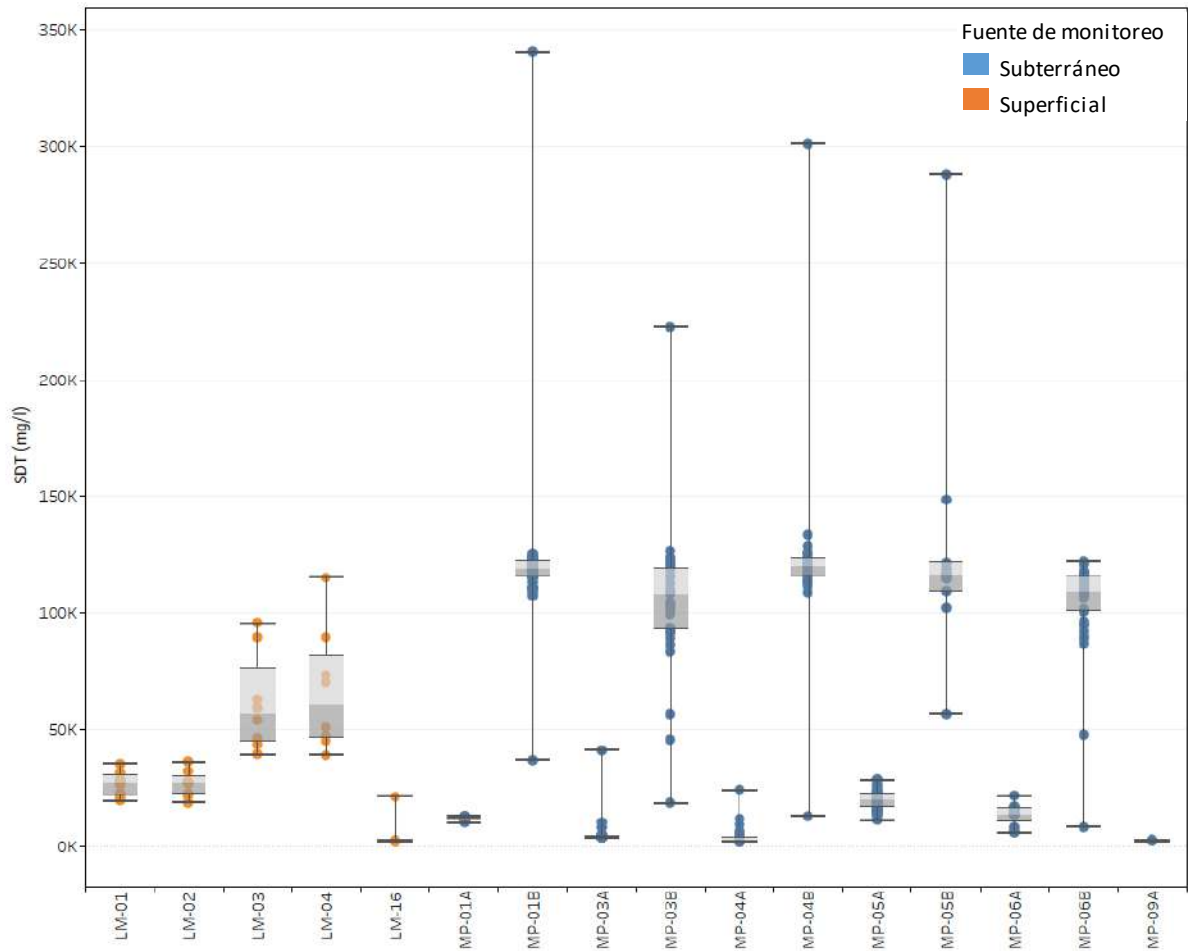
Para los Sólidos Disueltos Totales (STD), Figura 5-101, dada la correlación natural que existe entre los STD y la CE, la situación que se observa para los diferentes puntos, tanto superficiales como subterráneos es la misma.

Para los pozos “MP-XA”, que miden aguas más someras, presenta una concentración de STD más bajos, con valores máximos de 41.000 mg/L (punto MP-03A); los puntos “MP-XB”, presentan valores más altos, cuya mediana sobrepasa los 110.000 mg/L, indicando que son aguas más profundas.

En el caso de los puntos superficiales LM-01 y LM-02, los valores registrados se encuentran entre 18.000 mg/L y 36.000 mg/L, con valores menores que los puntos del otro extremo del sistema lagunar, LM-03 y LM-04, que presentan valores mayores a 39.000 mg/L hasta los 115.000 mg/L.

El LM-16, presenta valores de STD menores al resto de las lagunas, con un rango entre 2.121 mg/L a 21.400 mg/L. Este último valor se encuentra fuera de rango, coincidente con el valor máximo de conductividad para el mismo punto, registrado en la misma campaña (Mayo 2017).

Figura 5-101 Diagrama de Caja, STD *in situ* histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-41 Estadígrafos STD *in situ* histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	N° Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	19.580	21.740	27.170	30.175	35.499
	LM-02	8	18.610	22.250	27.165	29.930	36.196
	LM-03	8	39.280	45.075	56.660	76.235	95.700
	LM-04	8	39.100	46.290	60.575	81.351	115.300
	LM-16	8	2.121	2.144	2.186	2.557	21.400
Aguas subterráneas someras (salobres)	MP-01A	37	10.200	11.100	11.520	12.070	13.090
	MP-03A	37	3.741	3.967	4.093	4.371	41.170
	MP-04A	38	2.005	2.332	2.878	3.646	24.270
	MP-05A	38	11.070	16.615	19.630	22.465	28.480
	MP-06A	11	5.860	10.754	13.680	16.185	21.630
	MP-09A	7	2.261	2.342	2.505	2.544	2.923
Aguas subterráneas profundas (salmueras)	MP-01B	37	37.090	115.250	119.200	122.250	340.180
	MP-03B	37	18.422	92.670	108.100	119.200	222.700
	MP-04B	38	13.040	115.900	120.200	123.000	300.921
	MP-05B	10	56.660	109.100	116.300	121.300	287.777
	MP-06B	38	8.311	100.500	109.300	115.500	121.900

Fuente: Elaboración propia.

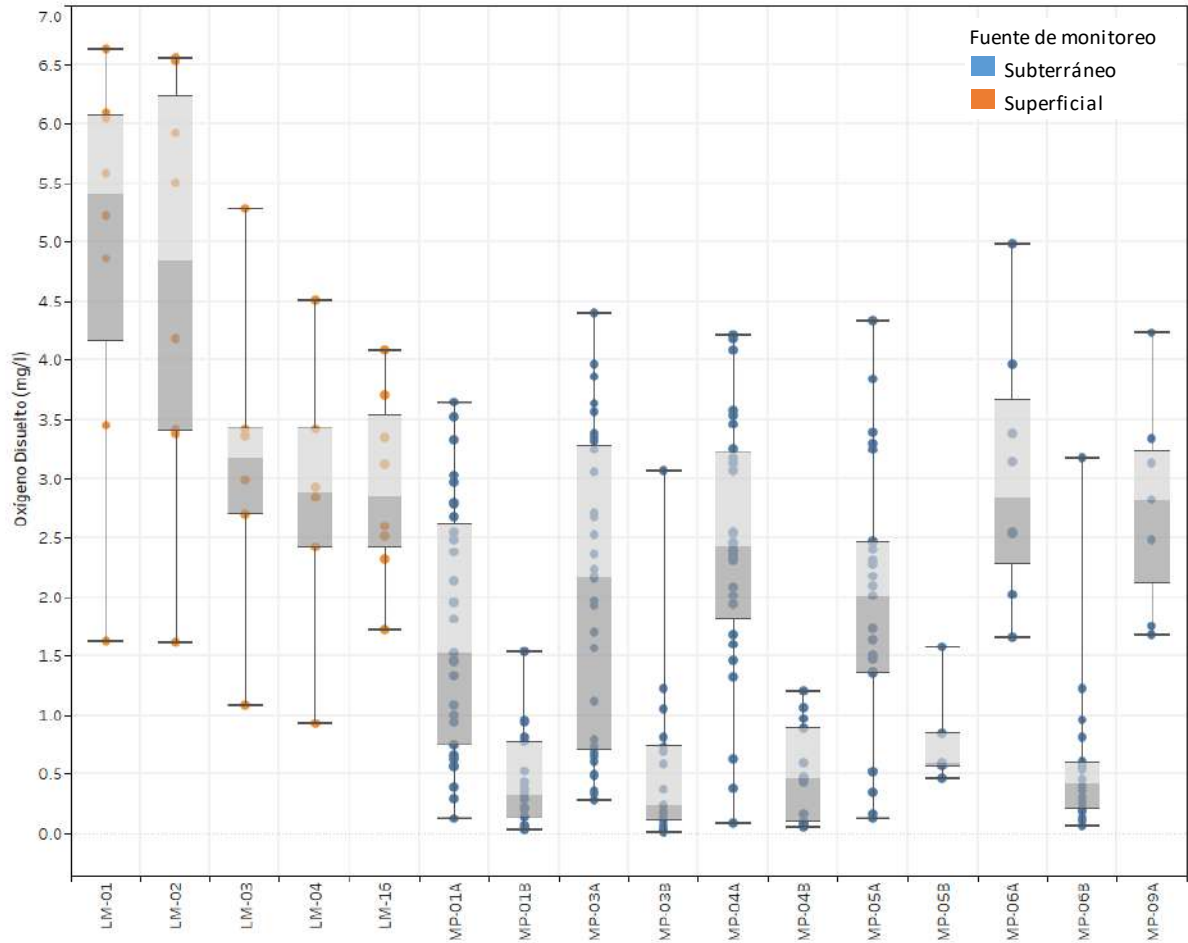
Oxígeno Disuelto *in situ*

El contenido de Oxígeno Disuelto (O.D.), Figura 5-102, es inverso a los contenidos de CE y SDT, mientras más sales se presenta la muestra, menor es la concentración de O.D. que se registra.

Los puntos LM-01 y LM-02, presentan en general medianas del orden de los 5 mg/L, y los puntos LM-03 y LM-04, medianas del orden de 3 mg/L, al igual que el punto LM-16.

Los pozos que miden aguas profundas, presentan menor contenido de O.D., con valores de mediana que se encuentran bajo los 0,6 mg/L, versus que aquellos que monitorean aguas someras, con medianas del orden de los 2,3 mg/L. Este comportamiento es consistente con la condición de poca aireación de las aguas.

Figura 5-102 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-42 Estadígrafos Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	1,63	4,155	5,40	6,07	6,63
	LM-02	8	1,62	3,40	4,84	6,23	6,56
	LM-03	6	1,08	2,70	3,18	3,42	5,28
	LM-04	6	0,93	2,42	2,88	3,42	4,51
	LM-16	8	1,72	2,42	2,86	3,53	4,09
Aguas subterráneas someras (salobres)	MP-01A	32	0,12	0,75	1,52	2,61	3,64
	MP-03A	33	0,28	0,71	2,16	3,28	4,40
	MP-04A	31	0,08	1,81	2,43	3,21	4,21
	MP-05A	28	0,12	1,35	2,01	2,46	4,33
	MP-06A	9	1,66	2,28	2,84	3,67	4,98
	MP-09A	7	1,68	2,12	2,82	3,24	4,23
Aguas subterráneas profundas (salmueras)	MP-01B	19	0,03	0,13	0,31	0,77	1,53
	MP-03B	19	0,10	0,10	0,24	0,73	3,07
	MP-04B	16	0,05	0,09	0,46	0,89	1,20
	MP-05B	5	0,46	0,57	0,60	0,84	1,58
	MP-06B	22	0,60	0,21	0,43	0,59	3,17

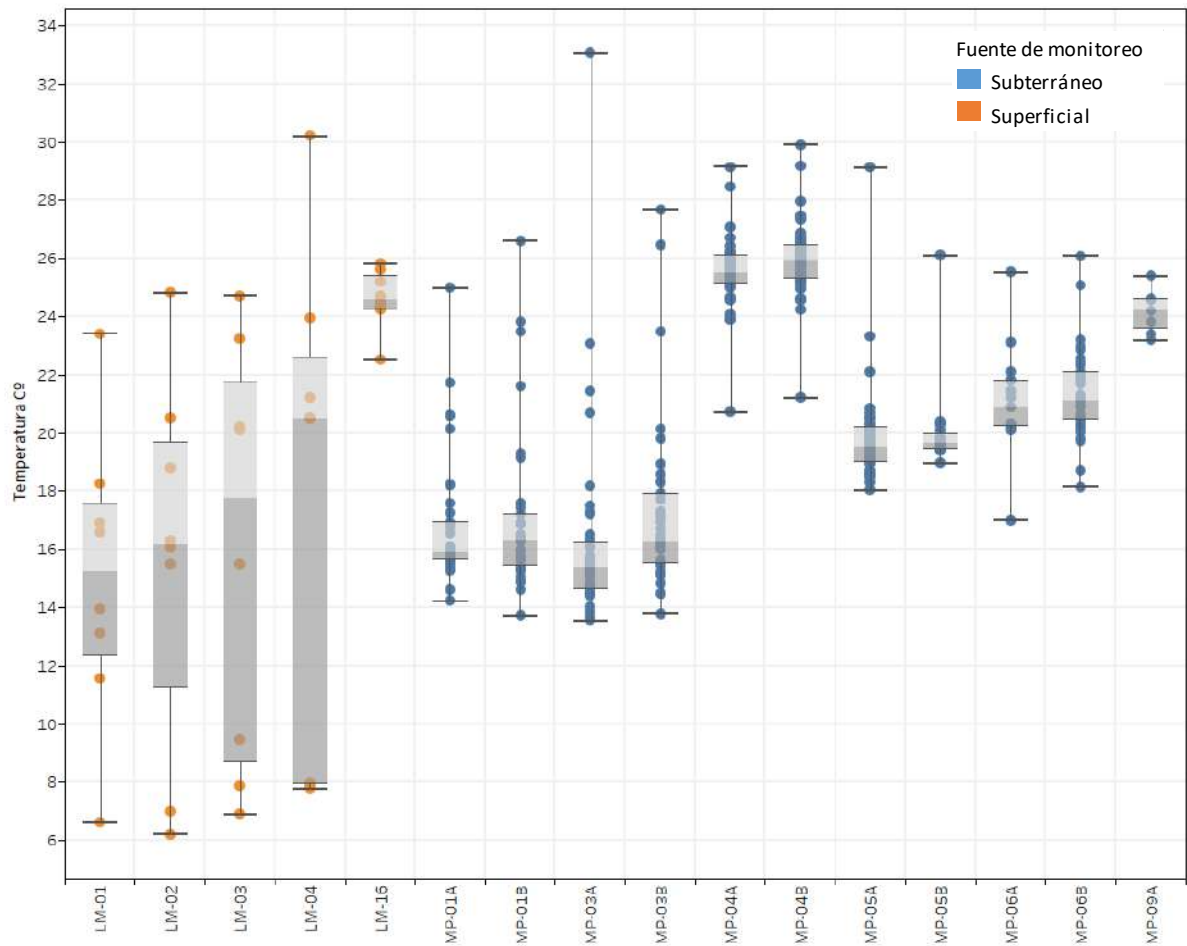
Fuente: Elaboración propia.

Temperatura *in situ*

Para la temperatura del agua (T°C), en el sector de LP-LB, los puntos de aguas subterráneas presentan un amplio rango de T°C, entre 13,5 °C y 33 °C, de los cuales los puntos MP-01A, MP-01B, MP-03A y MP-03B indican medianas de alrededor de los 15 °C (acercándose a los valores de las lagunas) y el resto de los puntos una mediana de alrededor de 22 °C, como se puede observar en la gráfica.

Las aguas superficiales, presentan valores de temperaturas más bajas, con rangos de variación que van desde los 6,2°C hasta 30°C y con medianas promedio de 18°C.

Figura 5-103 Diagrama de Caja, Temperatura *in situ* histórico (T°C), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-43 Estadígrafos Temperatura *in situ* histórico (T°C), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	6,60	12,33	15,26	17,57	23,40
	LM-02	8	6,20	11,25	16,19	19,65	24,80
	LM-03	8	6,90	8,67	17,79	21,71	24,70
	LM-04	8	7,77	7,94	20,50	22,57	30,20
	LM-16	8	22,50	24,28	24,59	25,40	25,82
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-01A	37	14,22	15,64	15,94	16,93	24,97
	MP-03A	39	13,56	14,62	15,38	16,22	33,06
	MP-04A	39	20,70	25,14	25,50	26,10	29,15
	MP-05A	38	18,03	18,99	19,52	20,19	29,12
	MP-06A	15	17,00	20,24	20,88	21,79	25,51
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-09A	7	23,17	23,60	24,20	24,58	25,40
	MP-01B	37	13,71	15,41	16,30	17,20	26,58
	MP-03B	37	13,78	15,50	16,27	17,90	27,67
	MP-04B	38	21,20	25,31	25,94	26,44	29,89
	MP-05B	15	18,94	19,44	19,67	19,94	26,11
MP-06B	38	18,13	20,43	21,13	22,06	26,09	

Fuente: Elaboración propia.

Variación Temporal de los parámetros *in situ*

En esta sección se presentan los resultados del comportamiento temporal de estas variables, vale decir cuál ha sido la variación en el tiempo, para lo que se elaboraron los gráficos representando los datos desde 2013 a 2017.

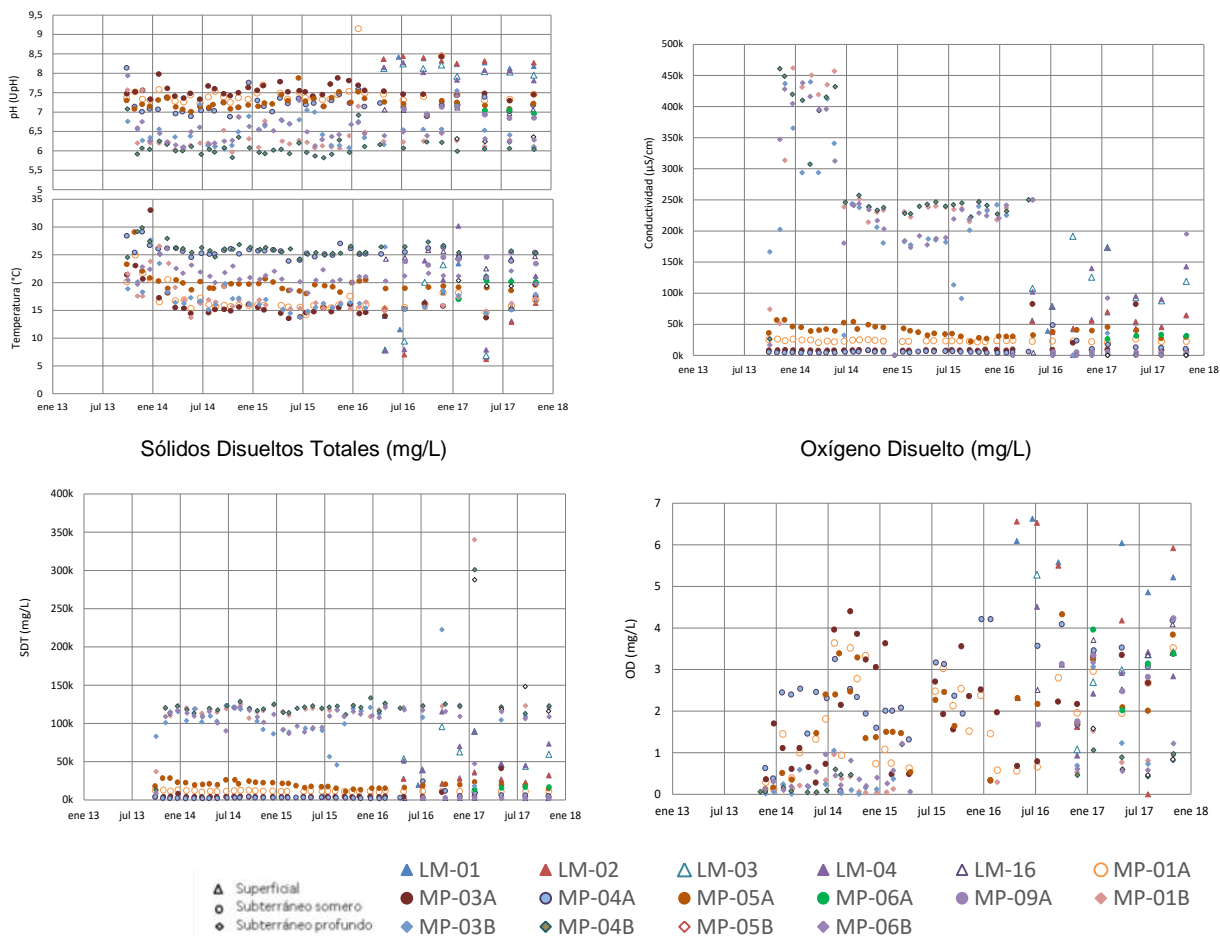
En la Figura 5-104, se presenta la gráfica para los 5 parámetros *in situ* comprometidos: pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Sólidos Disueltos Totales para los puntos del Sector La Punta-La Brava.

La variación temporal de los datos de pozos, permite indicar que para el pH, temperatura, C.E. y SDT, los registros muestran estabilidad en los valores, sin variaciones estacionales destacadas.

Para el caso del O.D. se observa un aumento en la dispersión de los valores a partir de julio del año 2015. Este aumento se mantiene, principalmente, en las lagunas las cuales presentan los valores más altos.

De manera general, el comportamiento de los parámetros analizados durante el año 2017, se mantiene dentro del rango de valores registrados en años anteriores, sin presentar cambios significativos.

Figura 5-104 Variación Temporal, Parámetros *in situ* (mg/L), Sector La Punta-La Brava
 pH (UpH) y Temperatura (°C) Conductividad (µS/cm)



Fuente: Elaboración propia.

5.8.1.2 Parámetros Físico Químicos de laboratorio

A continuación, al igual que para los parámetros comprometidos *in situ*, se presenta un breve análisis junto con diagramas de caja, tablas de estadígrafos y variación temporal de los parámetros físico-químicos comprometidos para análisis en Laboratorio, en el sector de La Punta- La Brava.

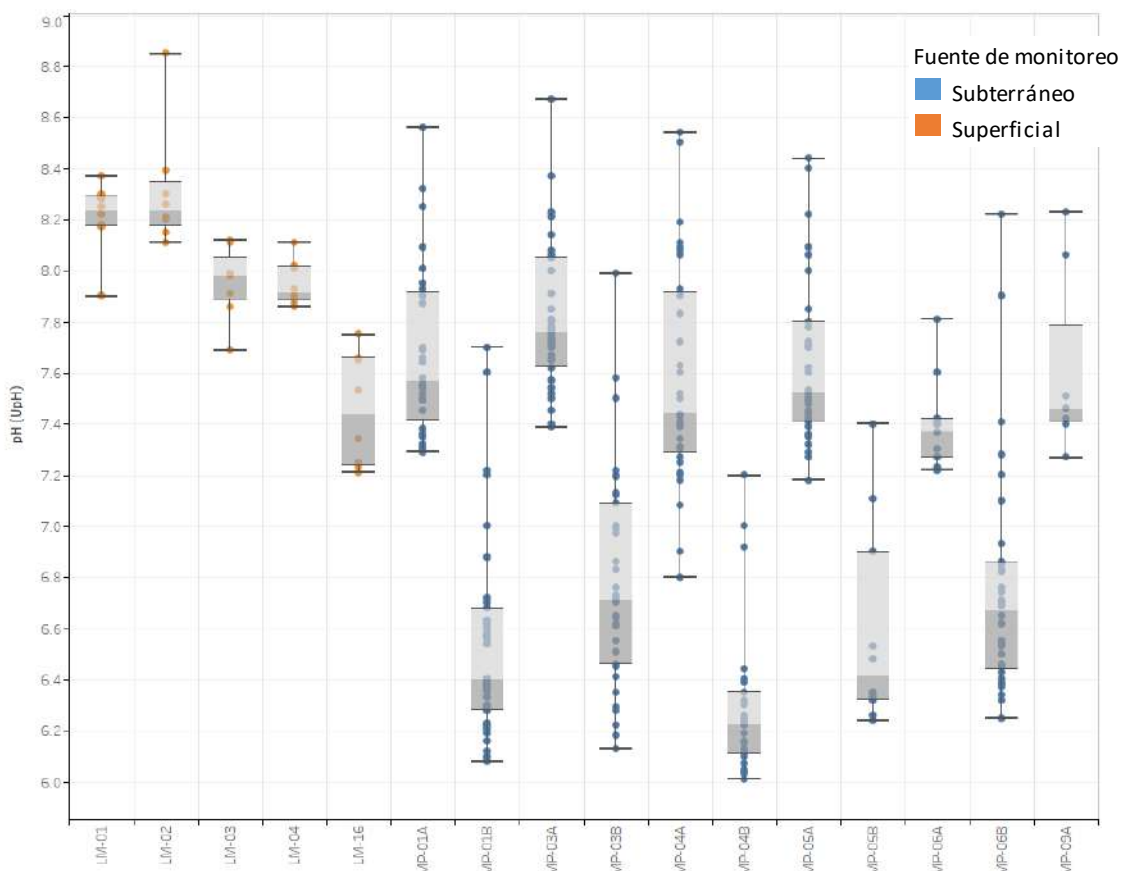
pH Laboratorio

Los resultados de pH medidos en laboratorio, presentados en la Figura 5-105 y en la Tabla 5-44, son un poco mayores en magnitud que los parámetros medidos *in situ*. Lo anterior es debido a que las condiciones del medio, temperatura y otros, hacen que varíen las concentraciones de los parámetros, respecto de los realizados *in situ*, al simular el estado del ambiente en que estaba la muestra al momento de realizar el análisis.

Las concentraciones de pH, varían entre 7,21 (LM-16) y 8,85 UpH (LM-02), para las aguas de las lagunas, mientras que para los pozos someros, varían entre pH 6,8 (para MP-04A) hasta pH 8,67 (MP-03A). En general las aguas superficiales y las del acuífero somero, se presentan neutras a levemente básicas. Para los pozos profundos, en cambio, son aguas levemente más ácidas, con rangos que varían entre pH 6,01 en MP-01B hasta pH 7,9 en MP-06B.

Los resultados presentados para este año, son bastante similares a lo presentado para el año 2016.

Figura 5-105 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-44 Estadígrafos para pH de laboratorio histórico (UpH), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	N° Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	7,90	8,18	8,24	8,29	8,37
	LM-02	8	8,11	8,18	8,21	8,35	8,85
	LM-03	8	7,69	7,89	7,99	8,05	8,12
	LM-04	8	7,86	7,88	7,92	8,02	8,11
	LM-16	8	7,21	7,24	7,44	7,66	7,75
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-01A	37	7,29	7,42	7,57	7,89	8,56
	MP-03A	37	7,39	7,57	7,74	7,96	8,67
	MP-04A	38	6,80	7,29	7,41	7,87	8,54
	MP-05A	38	7,18	7,41	7,51	7,80	8,44
	MP-06A	11	7,22	7,27	7,39	7,42	7,81
	MP-09A	7	7,27	7,41	7,46	7,79	8,23
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-01B	37	6,08	6,29	6,40	6,66	7,70
	MP-03B	37	6,13	6,49	6,72	7,05	7,99
	MP-04B	38	6,01	6,12	6,23	6,35	7,20
	MP-05B	10	6,24	6,32	6,42	6,90	7,40
	MP-06B	38	6,25	6,43	6,69	6,85	8,22

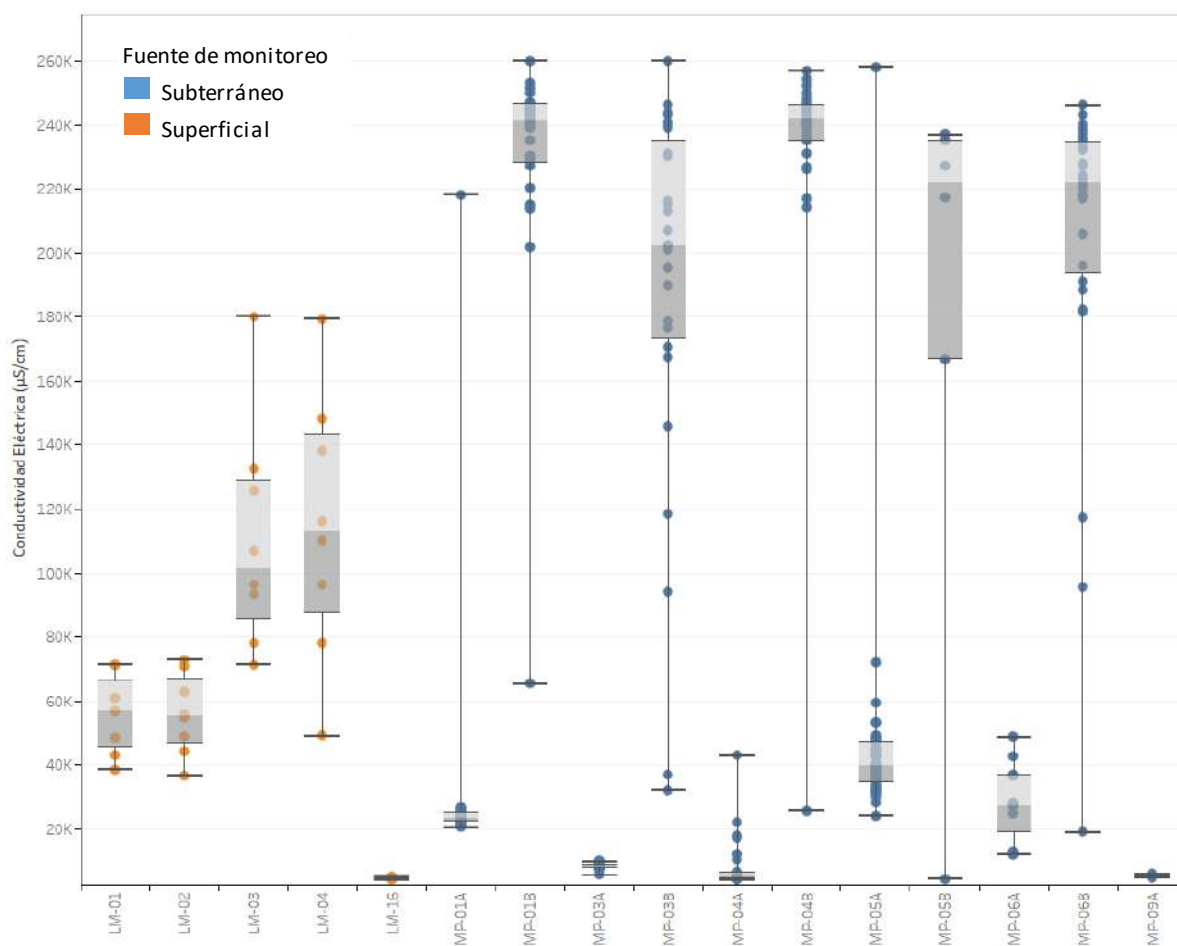
Fuente: Elaboración propia.

Conductividad Eléctrica Laboratorio

En relación a la Conductividad, Figura 5-106 y Tabla 5-45, los resultados de laboratorio entregan valores similares a las CE medidas en terreno (Figura 5-100 y Tabla 5-40) .

La conductividad de las lagunas La Punta y La Brava, presentan valores intermedios, entre los pozos someros y los pozos profundos. Lo anterior, se puede atribuir al proceso de evaporación a las que están expuestas las lagunas, produciendo concentración de elementos y sales aumentando así sus conductividades.

Figura 5-106 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-45 Estadígrafos para CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S/cm}$), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	N° Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	38.400	45.500	56.800	65.950	71.300
	LM-02	8	36.500	46.400	55.200	66.750	72.700
	LM-03	8	71.300	85.400	101.500	128.800	180.100
	LM-04	8	49.000	87.200	113.100	143.050	179.300
	LM-16	8	3.980	4.245	4.480	4.870	5.050
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-01A	37	20.500	22.300	23.300	24.900	218.000
	MP-03A	37	5.660	7.940	8.105	8.380	9.780
	MP-04A	38	4.120	4.400	5.635	6.266	42.900
	MP-05A	38	24.000	34.350	39.650	47.100	258.000
	MP-06A	11	11.780	18.830	27.180	36.600	48.500
	MP-09A	7	4.610	4.910	5.110	5.285	5.870
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-01B	37	65.400	228.000	241.500	246.350	260.000
	MP-03B	37	32.100	177.350	202.200	234.900	260.000
	MP-04B	38	25.600	235.000	242.000	246.000	257.000
	MP-05B	10	4.300	166.800	222.150	235.000	237.000
	MP-06B	38	18.890	193.450	222.000	234.600	246.000

Fuente: Elaboración propia.

Sólidos Disueltos Totales Laboratorio

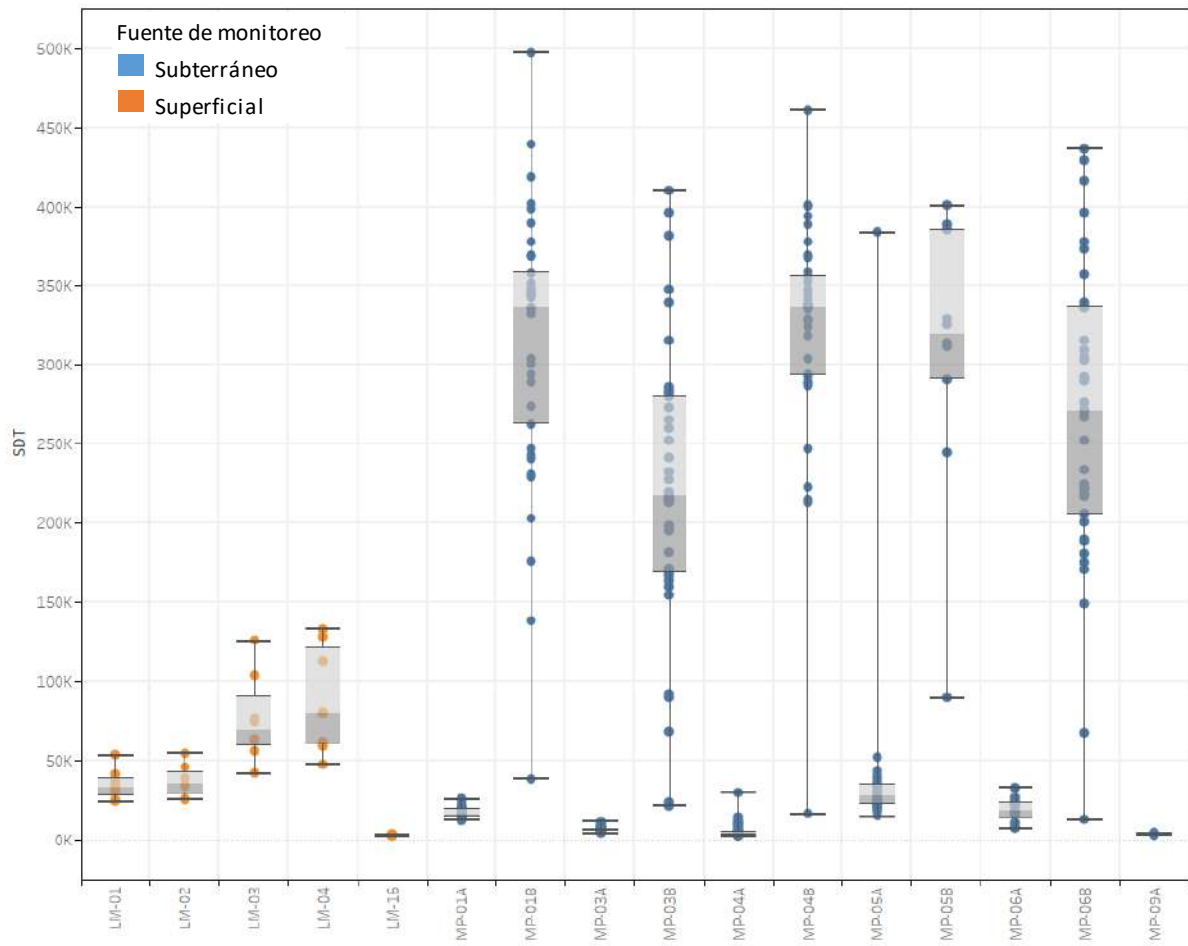
En la Figura 5-107 y la Tabla 5-46, se entregan los datos históricos, y se observa que los análisis de laboratorio muestran concentraciones de SDT mayores en relación a las medidas en terreno. Estos valores se observan más marcados en los pozos profundos.

Para las lagunas se tienen valores de medianas que son en promedio de 54.000 mg/L (LM-01, LM-02, LM-03 y LM-04) y para el el LM-16 alrededor de los 2.500 mg/L; en los pozos someros los valores de las medianas varían entre 3.600 a 27.800 mg/L; y en los pozos profundos son en promedio de 296.000 mg/L, en términos de los valores de las medianas; para éstos últimos, los rangos de valores son bastante amplios, como se observa en la gráfica, desde 12.000 mg/L hasta los 497.000 mg/L. El valor de 12.000 mg/L y cercanos a éste para este tipo de aguas, puede se consideran como fuera de rango.

Es importante destacar que entre los parámetros de sólidos totales disueltos (TDS) y conductividad eléctrica (CE) existe siempre una buena correlación hasta valores en torno a 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad. El conjunto de puntos analizados históricamente en el Salar presenta una línea de tendencia según la siguiente relación $\text{TDS}=0,95*\text{CE}$ (ver sección 7.6.1 del Anexo 1 Adenda 5, que aprobó el Proyecto que da origen al presente PSAH).

En las muestras hipersalinas, por sobre 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la correlación directa entre ambos parámetros es nula, dado que la conductividad es afectada por la composición específica de iones presentes en el agua (Custodio y Llamas, 2001). En dichos ambientes, si bien es posible determinar dos muestras con la misma salinidad, la conductividad puede ser significativamente diferente, dado que las especies iónicas presentan niveles de conductancia específica diferentes.

Figura 5-107 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-46 Estadígrafos SDT de laboratorio histórico (mg/L), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	23.900	27.405	32.953	38.694	53.240
	LM-02	8	24.900	29.463	35.250	42.340	54.500
	LM-03	8	41.550	59.259	68.970	90.130	125.490
	LM-04	8	47.400	60.467	79.740	120.660	133.120
	LM-16	8	2.492	2.518	2.556	2.862	3.060
Aguas subterráneas someras (salbore)	MP-01A	37	12.010	14.297	16.132	18.994	25.450
	MP-03A	37	3.910	4.884	5.147	5.720	11.160
	MP-04A	38	2.320	3.040	3.614	4.396	29.800
	MP-05A	38	14.640	22.540	27.800	34.317	383.640
	MP-06A	11	7.010	12.730	18.100	23.200	32.850
	MP-09A	7	2.768	3.070	3.120	3.612	4.020
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-01B	37	38.210	262.192	336.392	357.940	497.350
	MP-03B	37	21.300	168.800	216.920	279.792	410.192
	MP-04B	38	16.360	293.420	336.540	355.520	461.194
	MP-05B	10	89.530	291.000	319.610	385.180	400.533
	MP-06B	38	12.215	205.594	270.649	336.494	436.392

Fuente: Elaboración propia.

Densidad Laboratorio

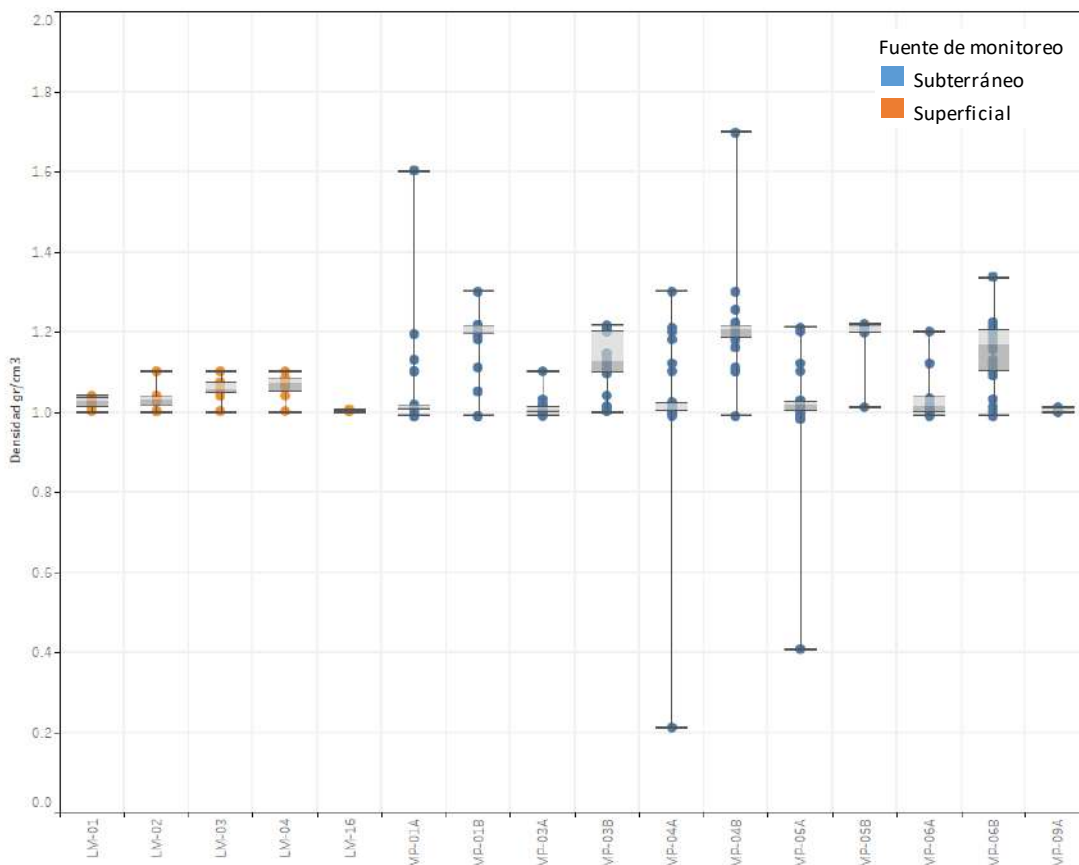
Con respecto a la Densidad, Figura 5-108 y Tabla 5-47, para las lagunas, los valores varían entre mínimos de 1,0 g/mL hasta máximo 1,1 g/mL; y para los pozos, se tiene que, los someros muestran rangos de mínimos y máximos de 0,99 g/mL hasta 1,6 g/mL y los profundos entre 1 g/mL hasta máximos de 1,7 g/mL, por lo que se observa un comportamiento muy similar.

Cabe destacar que los valores de 0,21 gr/ml (MP-04A) y de 0,41 gr/ml (MP-05A) de la serie, son considerados valores fuera de rango (valores históricos), en consecuencia, no se consideran representativos de la serie de datos de densidad.

Las aguas superficiales son más dulces y más livianas en contraste con aguas profundas y más salinas, tipo salmueras.

Los resultados obtenidos en el año 2017 se encuentran dentro del rango evaluado en campañas anteriores.

Figura 5-108 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-47 Estadígrafos Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector La Punta-La Brava

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-01	8	1,00	1,01	1,03	1,03	1,04
	LM-02	8	1,00	1,01	1,03	1,04	1,10
	LM-03	8	1,00	1,05	1,05	1,07	1,10
	LM-04	8	1,00	1,05	1,07	1,08	1,10
	LM-16	8	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-01A	35	0,99	1,01	1,01	1,02	1,60
	MP-03A	36	0,99	1,00	1,00	1,00	1,10
	MP-04A	38	0,21	1,00	1,00	1,00	1,30
	MP-05A	38	0,41	1,00	1,01	1,03	1,21
	MP-06A	11	0,99	1,00	1,01	1,03	1,20
	MP-09A	7	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MP-01B	36	0,99	1,92	1,20	1,21	1,30
	MP-03B	36	1,00	1,09	1,12	1,20	1,21
	MP-04B	37	0,99	1,18	1,20	1,22	1,69
	MP-05B	10	1,01	1,19	1,20	1,21	1,22
	MP-06B	38	0,99	1,10	1,17	1,20	1,34

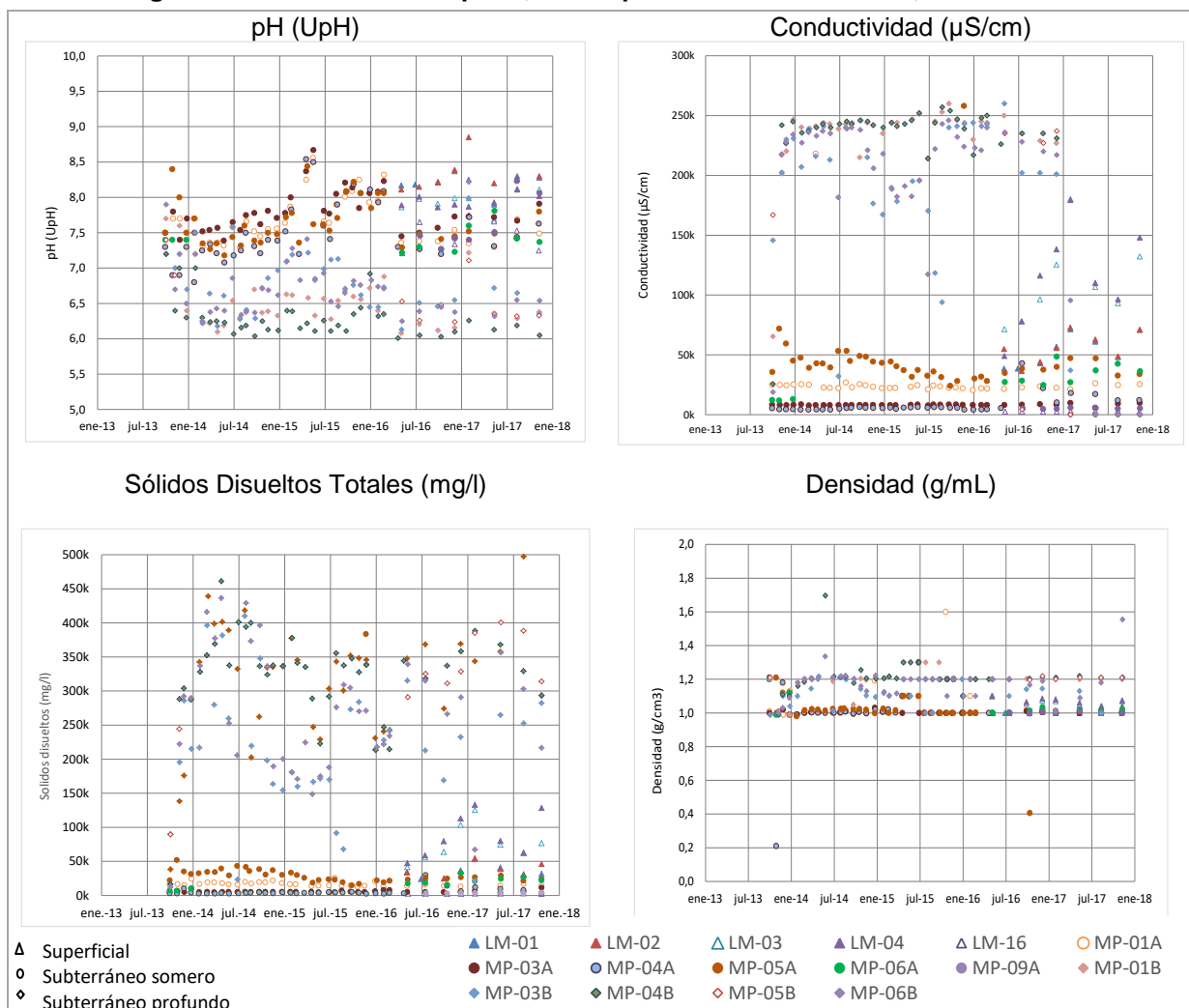
Fuente: Elaboración propia.

Variación Temporal de los parámetros físico-químicos Laboratorio

En la Figura 5-109, se presenta la variación temporal de los valores de los parámetros físico-químicos analizados en laboratorio.

De manera general, el comportamiento de los parámetros analizados durante el año 2017, se mantiene dentro del rango de valores registrados en años anteriores, sin presentar cambios significativos.

Figura 5-109 Variación Temporal, Fisicoquímicos en Laboratorio, Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia

5.8.1.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

Los elementos mayoritarios disueltos se dividen en aniones y cationes para su análisis.

Los aniones que se analizan corresponden a Cloruros (Cl^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Bicarbonatos (HCO_3^-) y Nitratos (NO_3^-), y se presentan gráficamente en la Figura 5-110 y junto a ésta se incluye la Tabla 5-48, la que contiene los estadígrafos representativos de la serie histórica, de manera de facilitar la comprensión de la información, cuyo análisis se presenta a continuación.

Los registros de Cloruros, muestran un comportamiento distinto para las aguas superficiales de las lagunas, para los pozos someros y para los profundos. Las lagunas, representadas por los puntos LM, registran valor entre un mínimo de 14.043 mg/L en LM-01 y máximo de 74.277 mg/L (LM-04). Para el punto LM-16 la concentración de Cloruros es menor a los anteriores, con un mínimo de 900 mg/L y un máximo de 1.366 mg/L. Por otro lado, los pozos someros presentan valores menores a las aguas de las lagunas (LM-01, LM-02, LM-03 y LM-04), con rango entre mínimo 810 mg/L para MP-09A y máximo de 26.799 mg/L en MP-05A. Los pozos profundos por su parte presentan las mayores concentraciones de Cloruros, con valores que van desde los 5.614 mg/L para MP-06B hasta los 215.006 mg/L para MP-04B, lo que resulta ser consistente con la presencia de la salmuera en profundidad. Los valores bajos de Cloruros para aguas profundas, como el 5.614 mg/L, pueden estar fuera de rango, son valores indicados en el registro histórico.

En el caso de los Sulfatos, al igual que en el caso de los Cloruros, también se observa claramente la diferencia de concentración para los pozos someros y para los pozos profundos, con rangos que varían entre 45 mg/L (en MP-04A) hasta 5.120 mg/L (en MP-05A) para el caso de los pozos someros; y entre 761 mg/L (para MP-04B) hasta 20.686 mg/L (en MP-05B) para los profundos. Generalmente los valores de Sulfato para las aguas profundas se presentan en concentraciones mayores a 10.000 mg/L, por lo que valores como el 761 mg/L, están fuera de rango.

En cuanto a las lagunas, los Sulfatos se encuentran en un rango intermedio, donde la mínima concentración de este anión es de 2.010 mg/L en el punto LM-01 y la mayor es de 12.062 mg/L en el LM-04. El punto LM-16 se mantiene con valores más bajos (406 mg/L a 472 mg/L).

De la gráfica del Bicarbonato, se observa un rango similar entre las 3 fuentes de aguas, tanto en las lagunas, como en los pozos someros y profundos. El rango completo de las series de datos, se presenta entre un mínimo de 124 mg/L en MP-05B, hasta el máximo de 1.565 mg/L en LM-03. Los valores de las medianas se encuentran entre 218 mg/L para MP-04B hasta 542 mg/L en LM-04. Cabe indicar que en el punto MP-03B se observa un valor que se

escapa de la serie, y define el valor máximo de la serie, sin embargo puede ser considerado *outlier*.

Por su parte los Nitratos, en el caso de los pozos profundos, presentan dispersión en sus valores más que en las otras fuentes, como se observa en la gráfica. En el caso de las lagunas y los pozos someros los valores son bajos y similares entre ellos. Se presentan valores fuera de rango, especialmente en los pozos profundos, los cuales pueden ser considerados como *outliers*, como por ejemplo en los puntos MP-01B y MP-04B, que los valores se escapan del promedio presentando, con 863,57 mg/L y 429,12 mg/L respectivamente.

En cuanto a la evolución temporal, se observa que para los 4 aniones analizados, los valores medidos en el 2017, en relación a los rangos registrados en años anteriores se mantienen dentro de la variación natural.

De la misma manera que para los aniones analizados, los cationes mayoritarios que se analizan corresponden a: Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Sodio (Na^+) y Potasio (K^+), la Figura 5-111 muestra la variación temporal de estos elementos y la Tabla 5-49 presenta los estadígrafos.

Una característica común a los 4 cationes considerados es que los pozos profundos presentan los mayores contenidos o concentraciones, mientras que los pozos someros presentan valores semejantes a las concentraciones de las lagunas, y en algunos casos éstos son superados por estas últimas.

Las concentraciones de Calcio muestran variaciones, para las lagunas entre 142 mg/L a 886 mg/L; para las aguas someras entre 110 mg/L a 1.382 mg/L; y para las aguas profundas entre 159 a 1.400 mg/L. En promedio, las aguas de los pozos someros son las que tienen las aguas con los menores contenidos de Calcio, con una concentración media de 171 mg/L; luego le siguen las aguas de las lagunas (aguas superficiales), con concentraciones promedio de Ca de 450 mg/L, donde los puntos LM-03 y LM-04 son los que aportan con el mayor contenido de Ca; y finalmente los pozos profundos presentan valores promedio mayores que alcanzan los 560 mg/L.

Las concentraciones de Magnesio presentan un comportamiento muy similar a las de Calcio, con los valores más bajos para los pozos someros, de mínimas de 43 mg/L y máximas de 1.455 mg/L. Este último valor se considera fuera de rango. Las lagunas presentan concentraciones mayores, entre 537 mg/L a 2.906 mg/L. Para el punto LM-16 los valores son menores, de 74 mg/L la mínima a 100 mg/L la máxima. Finalmente los pozos profundos, pueden llegar a 12.495 mg/L, con un promedio de 6.379 mg/L en todo el periodo registrado.

El Sodio es el elemento que se presenta en mayor concentración respecto al resto de cationes mayoritarios. En los pozos someros los rangos varían entre 544 a 17.237 mg/L. Le siguen las lagunas, con variaciones entre 6.152 mg/L hasta 36.140 mg/L, pero el LM-16 sigue manteniendo concentraciones más bajas que las anteriores, desde 495 mg/L a 632 mg/L. Finalmente los pozos profundos, con valores entre 3.563 mg/L hasta llegar a 131.663 mg/L.

El Potasio se presenta estable a lo largo del tiempo de manera similar al Magnesio, con valor promedio de las medianas de 287 mg/L para las aguas someras; las lagunas presentan, por su parte, un promedio de las medianas de 2.312 mg/L (a excepción del LM-16 con una mediana de 76 mg/L) y los pozos profundos de 14.158 mg/L. Los valores máximos de estos últimos, pueden llegar hasta 21.459 mg/L, como en el caso del MP-01B.

De manera general, entre las tres fuentes de aguas, superficiales, someras y profundas, las aguas de las lagunas presentan valores intermedios a los valores de los pozos someros y profundos, debido a que las lagunas se exponen a procesos de evaporación por lo que los elementos tienden a concentrarse. Además, corresponden a la zona de descarga del sistema, razón por la cual se concentran en dirección al flujo hasta descargar en las lagunas. Las aguas profundas son las caracterizadas como salmueras.

De la evolución temporal, se observa que para los 4 cationes analizados, los valores medidos en el 2017, en relación a los rangos registrados en años anteriores, se mantuvieron dentro de la variación natural. A diferencia que para este año se presentan más datos de información para las lagunas, ya que para el año anterior se contaba con pocos valores, ayudando esta vez a observar y/o a verificar la tendencia de éstas aguas.

Figura 5-110 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector LP-LB Aniones (mg/L)

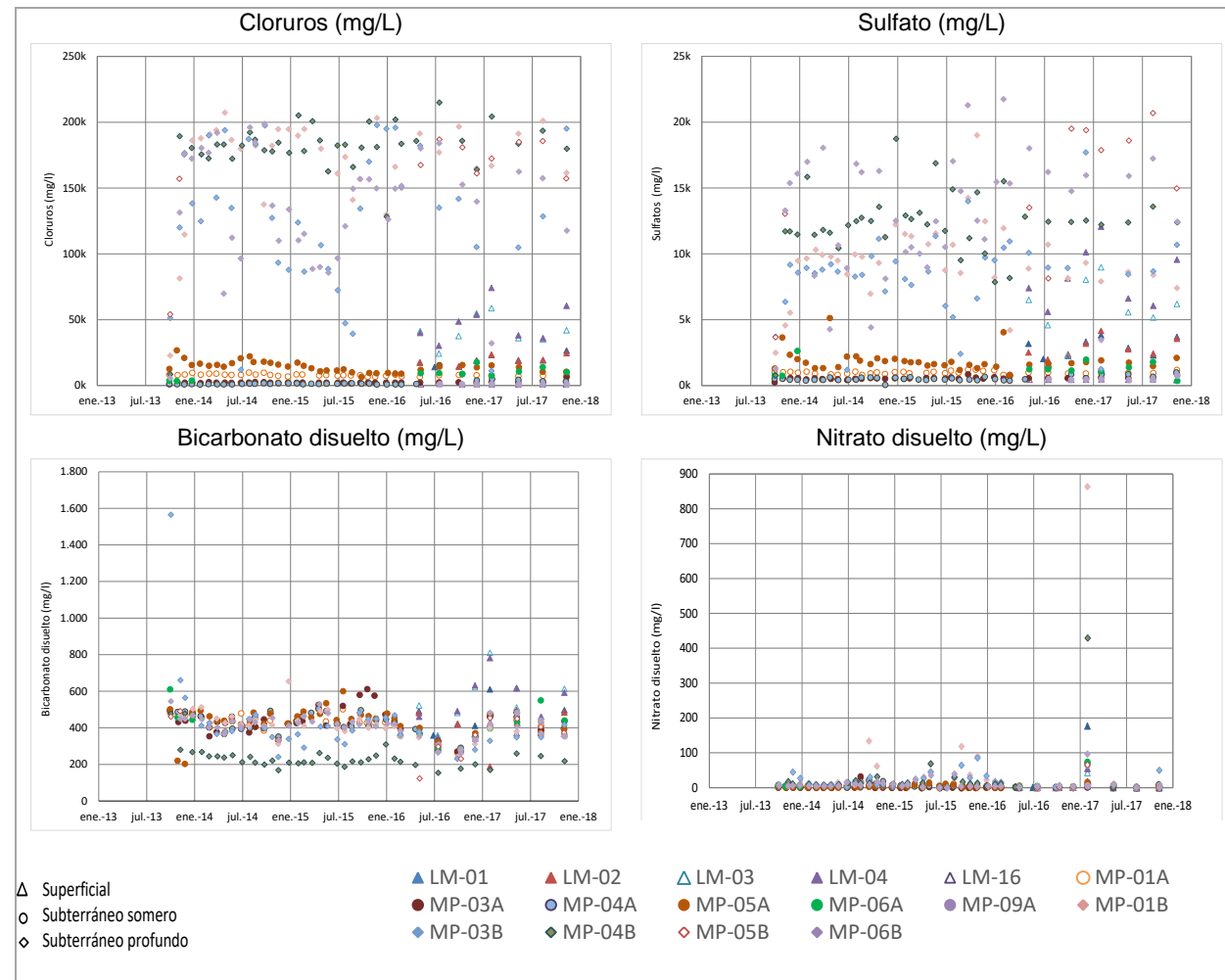


Tabla 5-48 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector La Punta-La Brava

Cloruros (Cl ⁻), (mg/L)					Sulfatos (SO ₄ ²⁻), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	14.043	19.220	26.641	LM-01	8	2.010	2.728	3.810
LM-02	8	14.481	18.928	24.558	LM-02	8	1.960	2.636	4.153
LM-03	8	24.333	39.475	58.778	LM-03	8	2.274	5.875	8.981
LM-04	8	30.265	44.370	74.277	LM-04	8	5.599	7.763	12.062
LM-16	8	900	1.009	1.366	LM-16	8	406	437	472
MP-01A	37	6.608	7.978	9.855	MP-01A	37	453	977	1.219
MP-01B	37	22.784	182.250	207.301	MP-01B	37	2.480	9.483	19.005
MP-03A	37	982	2.231	6.418	MP-03A	37	231	551	850
MP-03B	37	11.157	134.377	197.908	MP-03B	37	1.190	8.672	17.697
MP-04A	38	818	1.404	15.496	MP-04A	38	45	473	1.398
MP-04B	38	8.605	182.645	215.006	MP-04B	38	761	12.384	18.736
MP-05A	38	6.570	14.418	26.799	MP-05A	38	803	1.734	5.120
MP-05B	10	54.152	169.977	186.919	MP-05B	10	3.663	16.421	20.686
MP-06A	12	3.550	9.352	17.762	MP-06A	12	355	1.232	2.621
MP-06B	38	5.614	144.631	198.805	MP-06B	38	1.277	15.344	21.740
MP-09A	7	810	1.101	1.274	MP-09A	7	425	470	753

Bicarbonato disuelto (HCO ₃ ⁻), (mg/L)					Nitrato disuelto (NO ₃ ⁻), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	358	421	617	LM-01	8	0,297	0,800	177
LM-02	8	189	414	496	LM-02	8	0,290	0,620	17
LM-03	8	358	516	811	LM-03	8	0,297	0,775	42,830
LM-04	8	348	542	781	LM-04	8	0,297	0,900	54,900
LM-16	8	281	369	430	LM-16	8	0,297	0,960	4,920
MP-01A	37	261	427	508	MP-01A	37	0,070	0,890	68
MP-01B	37	241	411	654	MP-01B	37	0,070	9,300	863,570
MP-03A	37	271	432	612	MP-03A	37	0,070	0,890	30,990
MP-03B	37	231	386	1.565	MP-03B	37	0,070	8,850	85,430
MP-04A	38	291	423	504	MP-04A	38	0,297	4,410	21,250
MP-04B	38	154	218	478	MP-04B	38	0,07	9,620	429,120
MP-05A	38	203	443	600	MP-05A	38	0,297	2,700	14,790
MP-05B	10	124	390	491	MP-05B	10	0,297	1,630	65,540
MP-06A	12	281	431	610	MP-06A	12	0,297	3,280	73,070
MP-06B	38	261	421	545	MP-06B	38	0,070	5,310	96,540
MP-09A	7	281	353	483	MP-09A	7	0,390	1,370	5,750

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-111 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector LP-LB Cationes (mg/L)

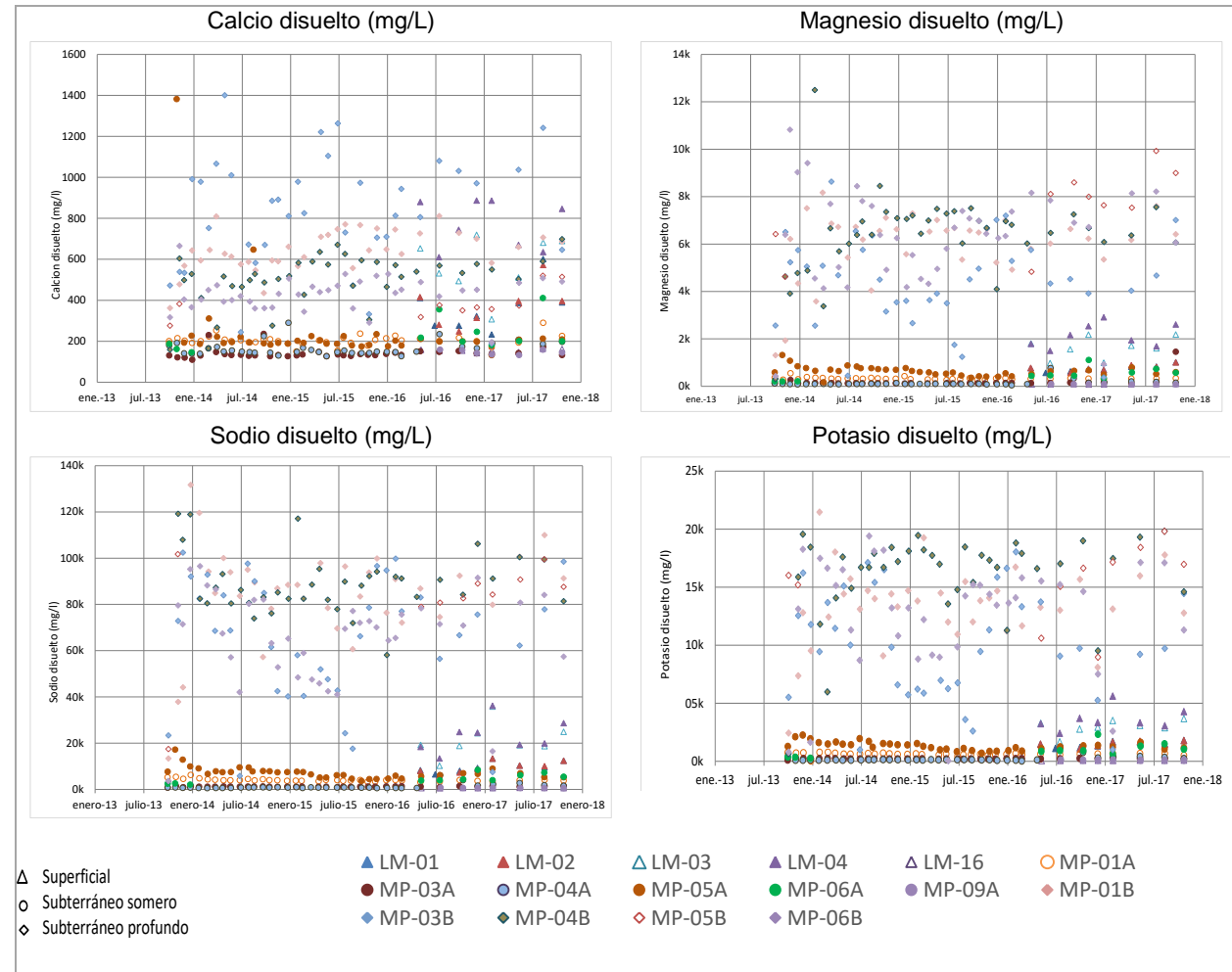


Tabla 5-49 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector La Punta-La Brava

Calcio disuelto (Ca ²⁺), (mg/L)					Magnesio disuelto (Mg ²⁺), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	233	355	601	LM-01	8	564	750	1.013
LM-02	8	177	355	572	LM-02	8	537	745	1.005
LM-03	8	307	592	719	LM-03	8	977	1.654	2.179
LM-04	8	610	795	886	LM-04	8	1.496	2.047	2.906
LM-16	8	142	155	163	LM-16	8	74	87	100
MP-01A	37	150	203	290	MP-01A	37	269	320	549
MP-01B	37	362	644	810	MP-01B	37	1.305	6.487	8.167
MP-03A	37	110	134	236	MP-03A	37	119	135	1.455
MP-03B	37	188	825	1.400	MP-03B	37	370	4.518	8.628
MP-04A	38	127	149	290	MP-04A	38	43	98	770
MP-04B	38	159	523	698	MP-04B	38	313	6.666	12.495
MP-05A	38	132	197	1.382	MP-05A	38	168	635	1.318
MP-05B	10	276	370	520	MP-05B	10	4.620	7.814	9.926
MP-06A	12	146	200	356	MP-06A	12	204	448	1.108
MP-06B	38	196	438	665	MP-06B	38	425	6.413	10.822
MP-09A	7	133	144	159	MP-09A	7	77	87	93

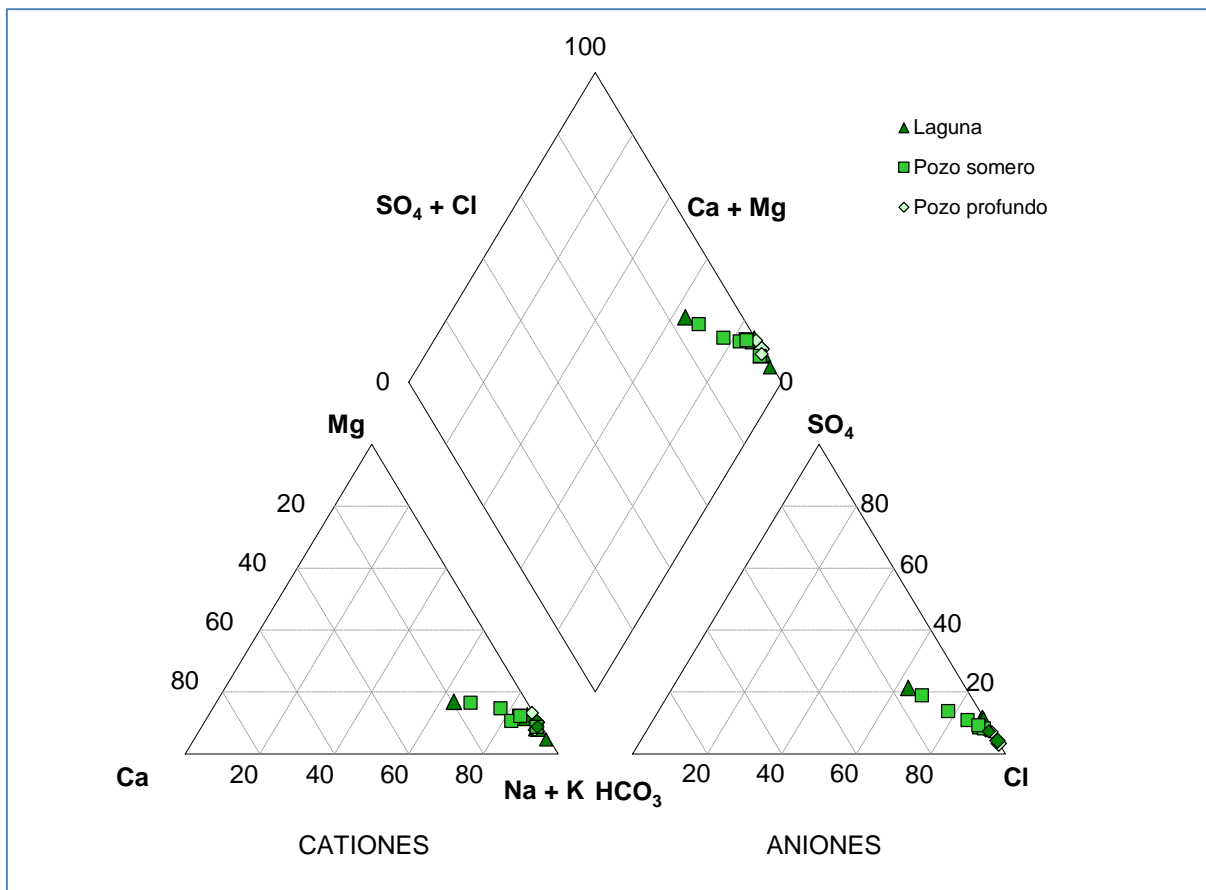
Sodio disuelto (Na ⁺), (mg/L)					Potasio disuelto (K ⁺), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	6.466	9.386	13.310	LM-01	8	1.101	1.480	1.789
LM-02	8	6.152	9.392	13.280	LM-02	8	1.000	1.454	1.777
LM-03	8	10.184	19.136	35.830	LM-03	8	1.670	2.998	3.661
LM-04	8	13.351	22.180	36.140	LM-04	8	2.405	3.317	5.608
LM-16	8	495	542	632	LM-16	8	52,2	76	96
MP-01A	37	3.076	3.960	6.238	MP-01A	37	28,8	614	766
MP-01B	37	13.356	88.400	131.663	MP-01B	37	2417	13.800	21.459
MP-03A	37	777	1.194	1.523	MP-03A	37	97,1	202	257
MP-03B	37	5.820	68.700	102.373	MP-03B	37	974	9.717	18.036
MP-04A	38	552	774	6.072	MP-04A	38	15,8	116	1.180
MP-04B	38	3.563	86.725	119.141	MP-04B	38	647	17.106	19.814
MP-05A	38	3.639	6.997	17.237	MP-05A	38	694,9	1.276	2.255
MP-05B	10	17.470	85.915	101.699	MP-05B	10	8.956	16.316	19.804
MP-06A	12	2.089	3.982	8.485	MP-06A	12	252	906	2.314
MP-06B	38	3.671	70.428	96.488	MP-06B	38	30,7	13.853	19.400
MP-09A	7	544	620	699	MP-09A	7	79,8	95	103

Fuente: Elaboración propia

Desde las Figura 5-112 a la Figura 5-115, se presentan Diagramas de Piper con las composiciones de las aguas, para las campañas de Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre de 2017.

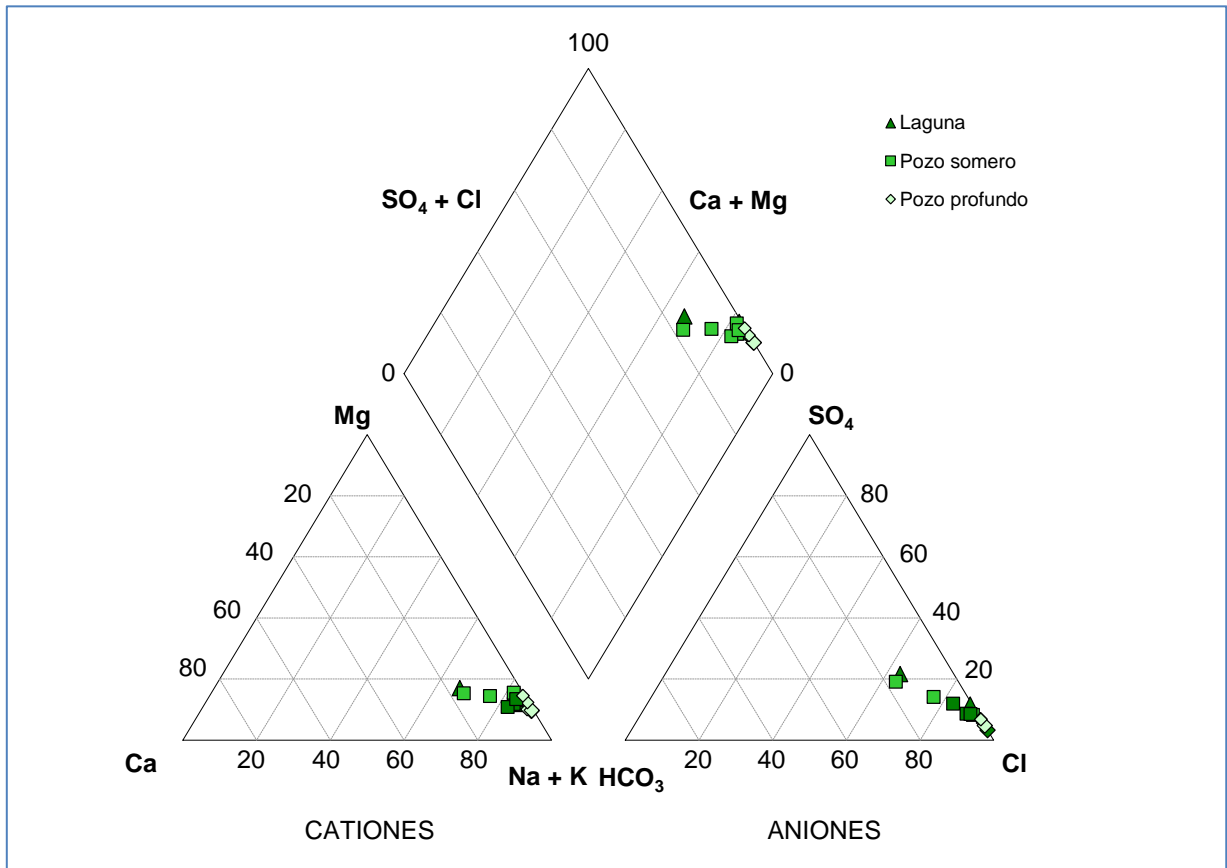
Se puede observar, que para este sector, todas las muestras y todas las aguas son del tipo cloruradas sódicas, misma clasificación otorgada para el año 2016, y la variación de los contenidos porcentuales de los elementos mayoritarios entre una campaña y otra ha sido muy pequeña. Solamente en la campaña de Noviembre, el pozo somero MP-03A presenta una composición clorurada magnésica, que deberá verificarse como se comporta en las siguientes campañas. Esto porque en este mes el Magnesio y el Cloruro presentaron concentraciones significativamente más altas que las de los meses anteriores, dando lugar a esta variación en la composición de la muestra.

Figura 5-112 Diagrama de Piper, campaña Febrero 2017, Sector LP-LB



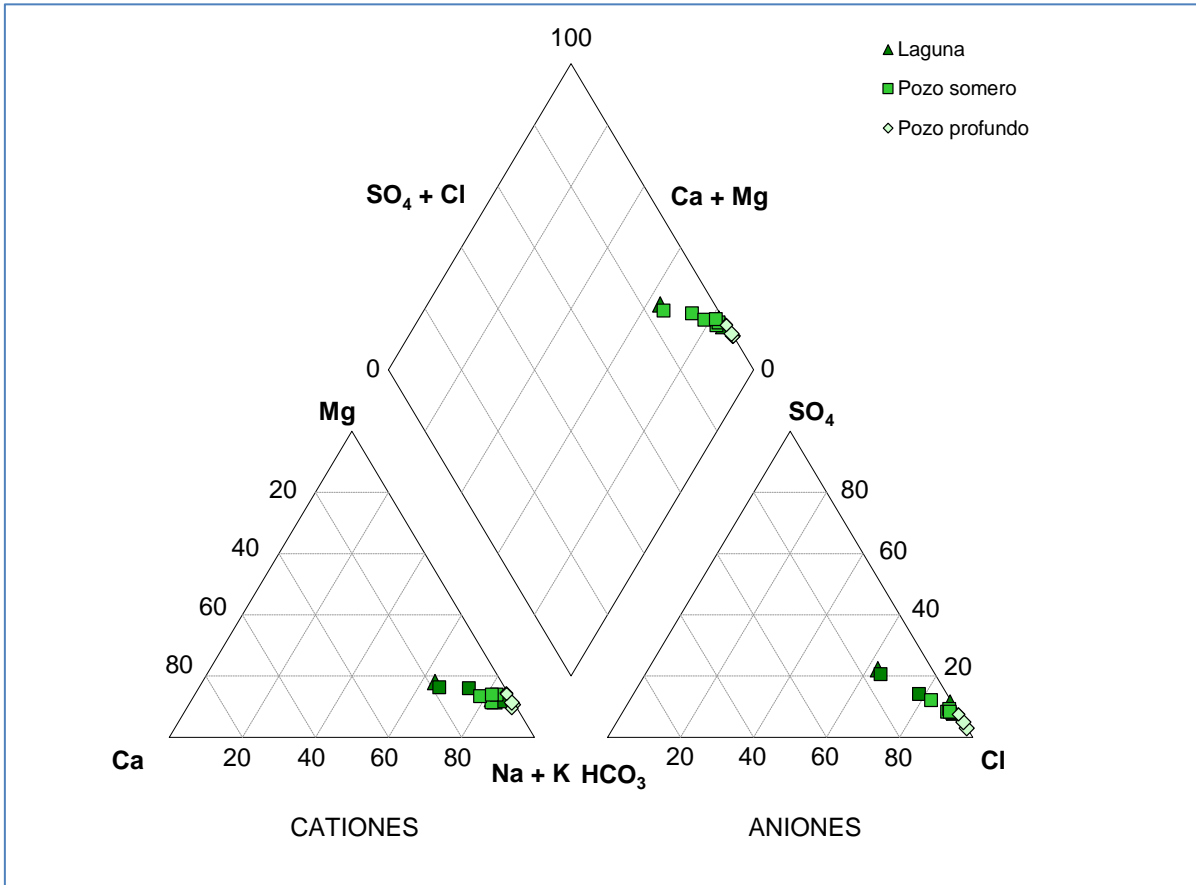
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-113 Diagrama de Piper, campaña Mayo 2017, Sector LP-LB



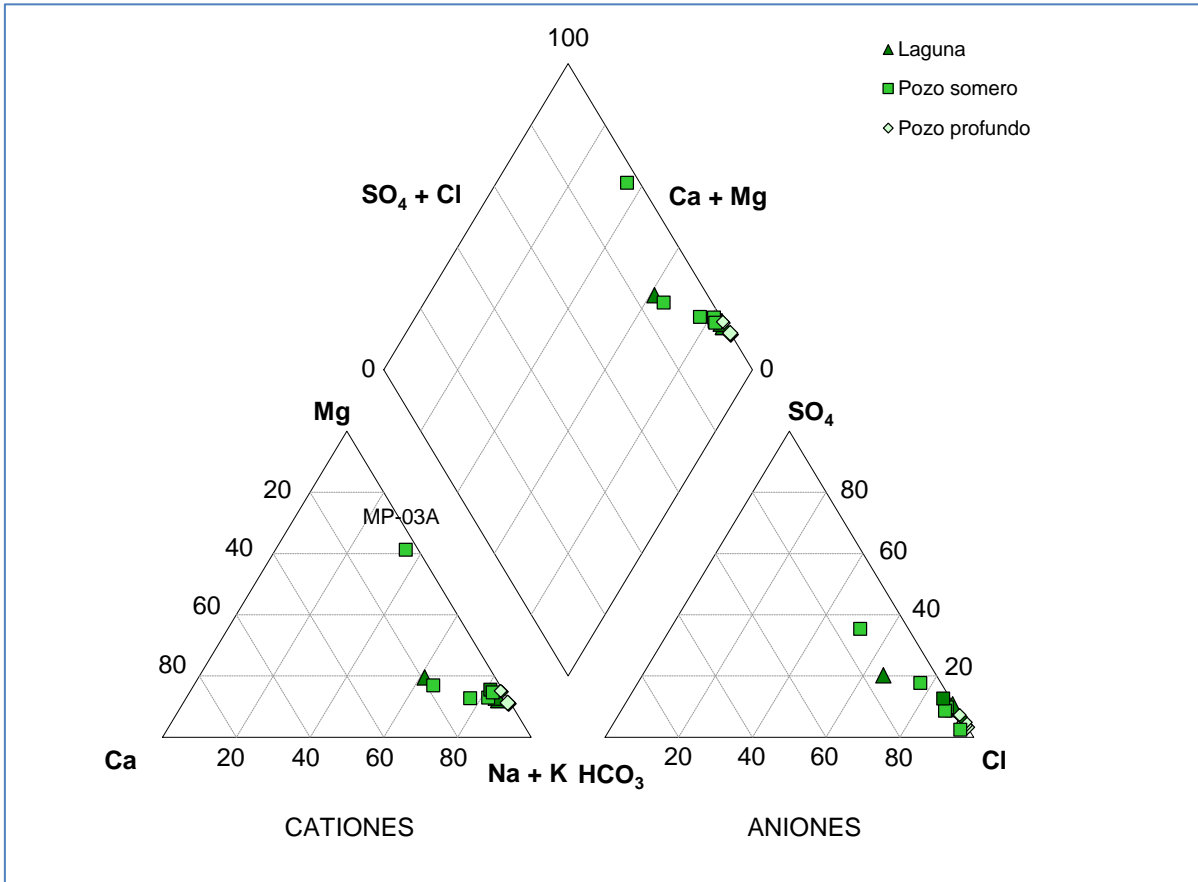
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-114 Diagrama de Piper, campaña Agosto 2017, Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-115 Diagrama de Piper, campaña Noviembre 2017, Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia.

5.8.1.4 Elementos Mayoritarios Totales

Los elementos mayoritarios totales analizados corresponden a Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na) y Potasio (K), y en la Figura 5-116 y Tabla 5-50 se presenta la evolución temporal en el periodo 2013-2017 y los estadígrafos de la serie, respectivamente. En términos generales, se aprecia que el comportamiento de ellos en el periodo con información muestra tendencias muy estables.

Los valores mínimos para el Calcio total para las 3 fuentes de aguas, son muy similares, siendo de 126 mg/L en los pozos someros; 145 mg/L en las lagunas y 167 mg/L en los pozos profundos. Los valores máximos, caracterizan las diferencias, con concentraciones máximas de 1.034 mg/L en las lagunas, 1.511 mg/L en los pozos someros, y 2.038 mg/L en los pozos profundos.

Para el Magnesio total, las menores concentraciones las tienen los pozos someros, con valores mínimos de 49 mg/L y máximos de 1.550 mg/L; y las mayores concentraciones se presentan en los pozos profundos, llegando a presentar concentraciones de hasta 69.400 mg/L (MP-06B). En el caso de las aguas superficiales estas muestran un mínimo de 74 mg/L y máximo de 3.101 mg/L.

Para el caso del Sodio total, ocurre lo mismo que para el Magnesio, esto es que las concentraciones menores se presentan en los pozos someros, con un valor mínimo de 115 mg/L y máximas de 18.759 mg/L; y los valores más altos se registran en los pozos profundos, con valores que llegan hasta los 168.182 mg/L. En el caso de las aguas superficiales éstas muestran un mínimo de 524 mg/L y máximo de 39.950 mg/L.

Para el caso del Potasio total, los valores mínimos se presentan para las aguas someras, con concentraciones de 20 mg/L siendo esta la concentración más baja, la máxima en los pozos someros es de 2.493 mg/L. En el caso de las aguas superficiales éstas muestran un valor máximo de 5.882 mg/L. Mientras que en aguas profundas los valores llegan hasta los 33.251 mg/L.

La tendencia, al igual que en los elementos mayoritarios disueltos, es la que los valores intermedios se atribuyen a las aguas de las lagunas y en general, las de menores concentraciones para las aguas someras y las de mayores concentraciones para las aguas profundas.

Figura 5-116 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Totales, Sector LP-LB

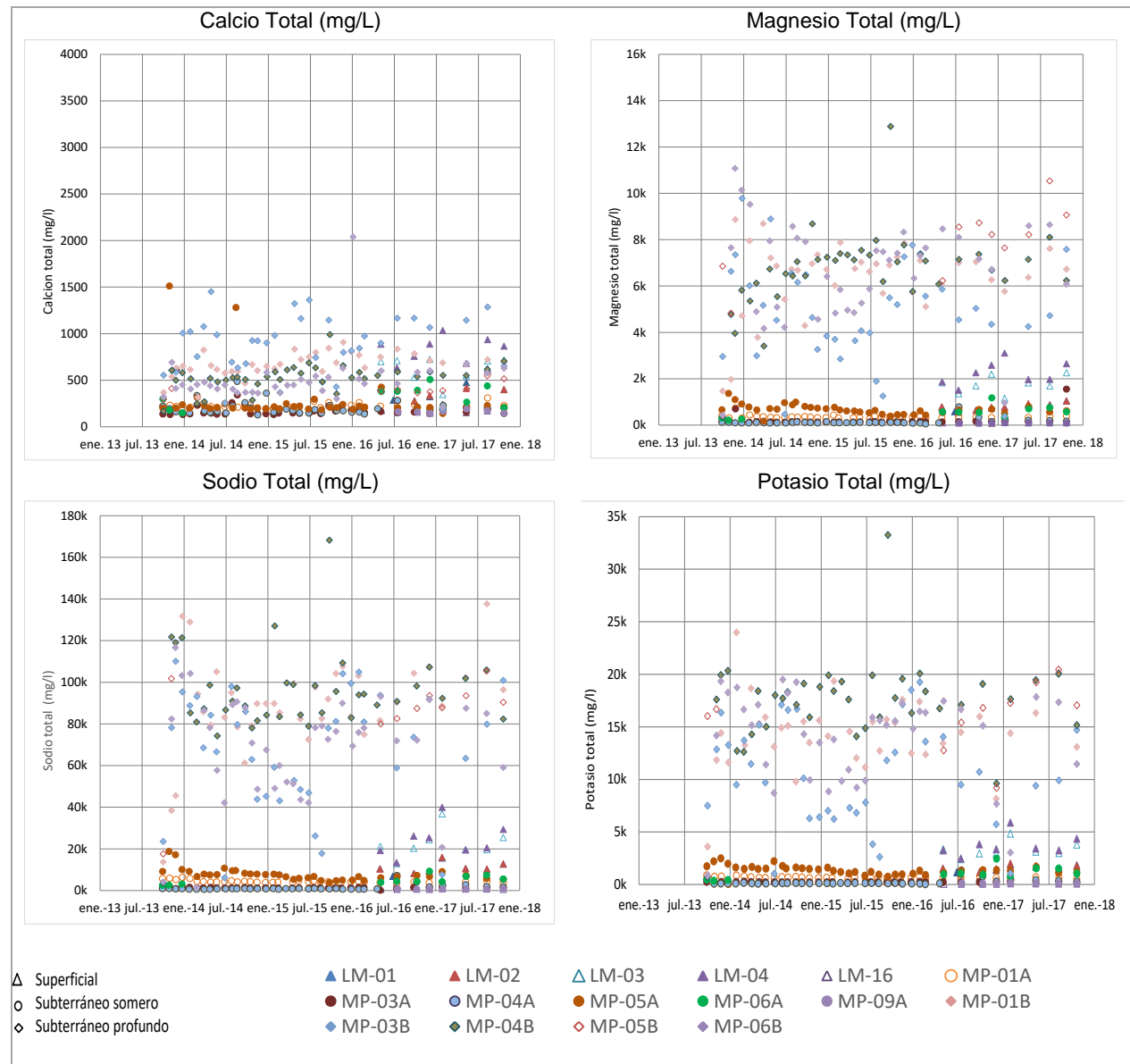


Tabla 5-50 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Totales, Sector La Punta-La Brava

Calcio Total, (mg/L)

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	240	361	620
LM-02	8	229	367	597
LM-03	8	346	703	724
LM-04	8	633	876	1.034
LM-16	8	145	160	179
MP-01A	37	154	211	309
MP-01B	37	315	671	906
MP-03A	37	132	148	615
MP-03B	37	194	900	1.450
MP-04A	38	126	179	486
MP-04B	38	167	537	989
MP-05A	38	142	208	1.511
MP-05B	10	293	393	546
MP-06A	12	149	298	508
MP-06B	38	213	451	2.038
MP-09A	7	143	161	191

Magnesio Total, (mg/L)

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	574	768	1.043
LM-02	8	552	775	1.034
LM-03	8	1.158	1.752	2.254
LM-04	8	1.505	2.113	3.101
LM-16	8	74	92	103
MP-01A	37	269	335	736
MP-01B	37	1.469	6.728	8.867
MP-03A	37	122	142	1.550
MP-03B	37	380	4.723	9.779
MP-04A	38	49	107	785
MP-04B	38	349	7.043	12.882
MP-05A	38	168	653	1.364
MP-05B	10	4.829	8.220	10.534
MP-06A	12	211	555	1.174
MP-06B	38	432	7.236	69.400
MP-09A	7	83	94	105

Sodio Total, (mg/L)

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	6.758	10.236	15.600
LM-02	8	6.276	10.280	15.960
LM-03	8	12.823	20.733	36.770
LM-04	8	13.367	22.886	39.950
LM-16	8	524	584	775
MP-01A	37	3.399	4.090	6.332
MP-01B	37	13.631	89.800	137.600
MP-03A	37	115	1.250	1.779
MP-03B	37	6.110	77.922	110.068
MP-04A	38	542	799	7.196
MP-04B	38	3.700	91.600	168.182
MP-05A	38	3.856	7.207	18.759
MP-05B	10	17.559	89.060	105.420
MP-06A	12	2.492	4.347	9.187
MP-06B	38	1.474	74.222	116.654
MP-09A	7	657	683	895

Potasio Total, (mg/L)

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	1.144	1.516	1.931
LM-02	8	1.007	1.475	1.983
LM-03	8	2.413	3.052	4.836
LM-04	8	2.472	3.395	5.882
LM-16	8	57	86	110
MP-01A	37	36	632	868
MP-01B	37	3.592	14.481	23.978
MP-03A	37	185	213	260
MP-03B	37	1.020	10.100	19.253
MP-04A	38	20	119	1.323
MP-04B	38	697	17.723	33.251
MP-05A	38	727	1.372	2.493
MP-05B	10	9.195	16.743	20.440
MP-06A	12	353	966	2.453
MP-06B	38	858	15.162	19.500
MP-09A	7	85	101	119

Fuente: Elaboración propia

5.8.1.5 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Dentro de los elementos comúnmente denominados como minoritarios, se encuentran los elementos Boro (B), Litio (Li) y Estroncio (Sr), los cuales están comprometidos a ser medidos tanto en su fracción disuelta como total. En esta sección se describen los resultados de su fracción disuelta y que se muestran en la Figura 5-117 y Tabla 5-51. En la figura se presenta la gráfica de la variación temporal de estos elementos, y en la tabla los estadígrafos de la serie registrada.

En relación a los elementos Boro y Litio, destaca que en el Salar de Atacama y en particular en la zona del Proyecto, la hidrogeología de la cuenca y los procesos de evaporación hacen que existan tanto en el acuífero como en la salmuera, contenidos considerables, que juntos, conforman un 5% del total del balance iónico.

Para el Boro disuelto, de la gráfica temporal, se aprecia que los pozos profundos muestran una gran variabilidad histórica de los registros, presentando un rango dado por un mínimo de 6,8 mg/L (MP-09A) y un máximo de 1.097,3 mg/L, en el pozo MP-04B.

Los pozos someros son los que presentan los valores más bajos de Boro, con medianas que varían entre 9 y 50 mg/L. Las lagunas en cambio, presentan rangos intermedios, siendo marcada la diferencia de los puntos LM-01 y LM-02 con valores entre los 48,1 a los 91,9 mg/L; y los LM-03 y LM-04 en cambio, con rangos un poco más altos entre mínimas de 92 mg/L a una máxima de 226,5 mg/L. El LM-16 con valores más bajos que los anteriores 7,9 mg/L a 39,1 mg/L.

En el caso del Litio disuelto, ocurre algo similar a lo del Boro, esto es concentraciones altas para los pozos profundos versus concentraciones menores en los pozos someros y lagunas. Respecto a las concentraciones para los pozos profundos, el rango de valores es bastante amplio, los que varían entre 0,5 mg/L hasta máximas de 2.142,8 mg/L (valores históricos), ambos en el punto MP-04B. Este pozo presenta la mayor variabilidad de todos los del sector, sin embargo no se observa variación estacional. Las lagunas y pozos someros en cambio, presentan concentraciones menores, así por ejemplo en los pozos someros no superan los 720,3 mg/L en toda la serie registrada y con un mínimo de <0,0003 mg/L (por debajo del límite del laboratorio). Para las lagunas, se observa que LM-01 y LM-02 tienen menor contenido de Litio disuelto que LM-03 y LM-04, en donde la mediana de los primeros presentan un promedio de 102 mg/L y los 2 últimos puntos la concentración indican valores de medianas del orden de los 230 mg/L. Para el LM-16 las concentraciones son bajas, de 2,78 mg/L a 5,1 mg/L.

Para el Estroncio disuelto, lo observado de las series histórica de los puntos del sector, es un poco distinta, ya que todos los puntos de los pozos someros y profundos, registran valores

similares, con un promedio de sus medianas entre 2 y 3 mg/L. Se presentan una excepción en los pozos profundos MP-01B y MP-03B, los cuales presentan valores más altos que los demás series, que llegan a alcanzar hasta los 99,3 mg/L en el punto MP-03B. Para las lagunas, los valores tienden a ser un poco mayores a la de los pozos, con un promedio de sus medianas de alrededor de 8 mg/L y para el LM-16 una mediana de 1,4 mg/L.

Figura 5-117 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Disueltos, Sector LP-LB

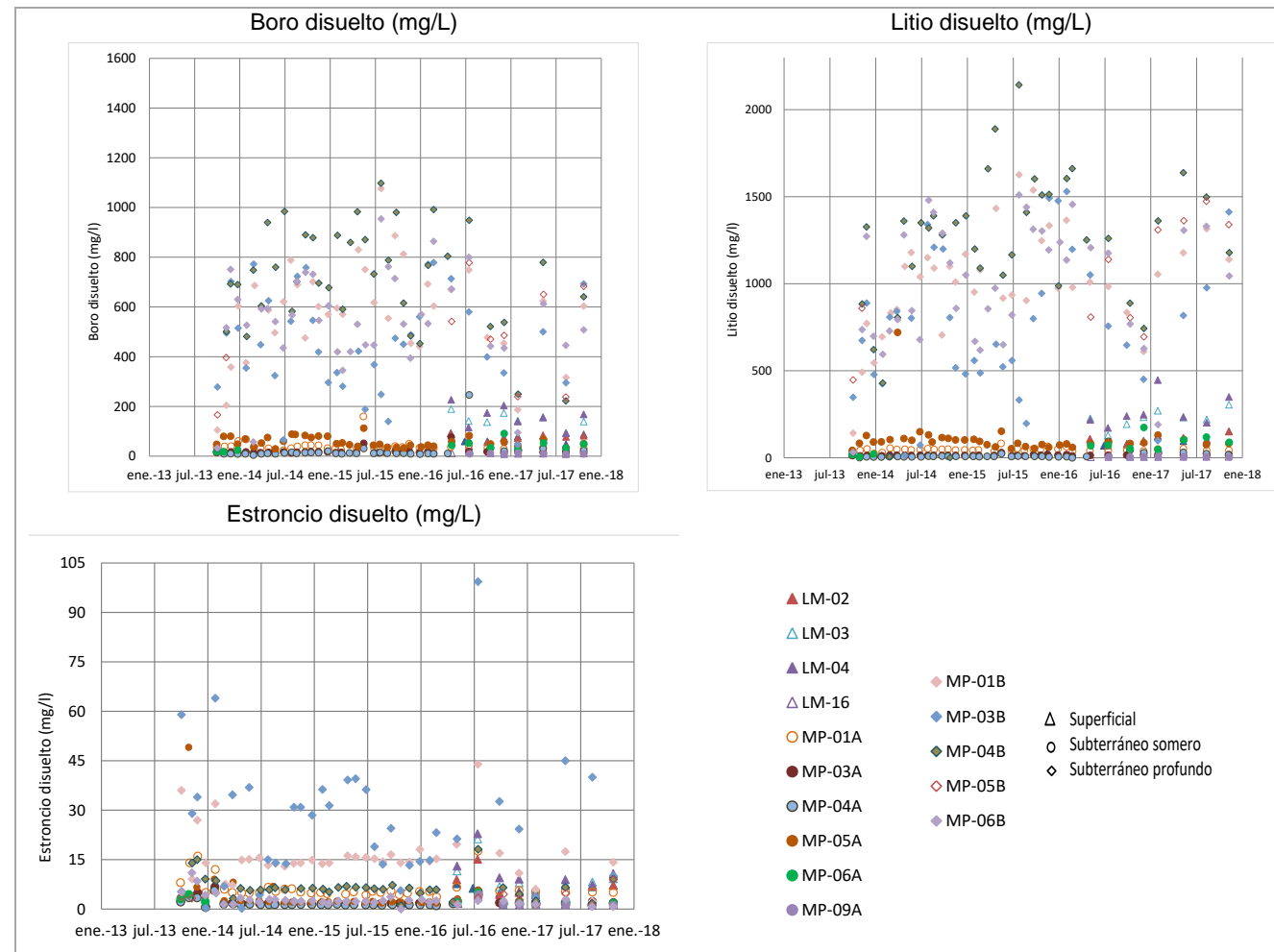


Tabla 5-51 Estadígrafos Elementos Minoritarios Disueltos - Sector La Punta-La Brava

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	48,1	76	91,9
LM-02	8	55,3	75	90,8
LM-03	8	93	141	189,5
LM-04	8	92	162	226,5
LM-16	8	7,9	10,1	39,1
MP-01A	37	17,7	34,3	159,6
MP-01B	37	105	601,1	1.076,2
MP-03A	37	10,6	15,8	75,8
MP-03B	37	45,3	449,5	778,5
MP-04A	38	4,1	11,6	246,3
MP-04B	38	29	717,1	1.097,3
MP-05A	38	28,8	50	112,4
MP-05B	10	166	478	777,5
MP-06A	12	17,3	33,4	90,8
MP-06B	38	32,3	536,8	954,2
MP-09A	7	6,8	9	12,7

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	68,3	97	151
LM-02	8	70,5	106,9	150
LM-03	8	128,9	228,5	305
LM-04	8	171,3	237	446
LM-16	8	2,78	5	5,1
MP-01A	37	23,8	45	82,4
MP-01B	37	141,0	1.010	1.625,8
MP-03A	37	9,3	14	29,7
MP-03B	37	12,2	757	1.529,9
MP-04A	38	<0,0003	7,11	93,6
MP-04B	38	0,5	1.300	2.142,8
MP-05A	38	42,2	90	720,3
MP-05B	10	447,0	1.000	1.474
MP-06A	12	4,7	68	174,2
MP-06B	38	31,6	1.047	1.510,4
MP-09A	7	4,9	5	7,3

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	4,8	7	7,7
LM-02	8	4,3	7	15,1
LM-03	8	5,7	8	21,3
LM-04	8	4,4	9	22,9
LM-16	8	1,2	1,4	3,7
MP-01 ^a	37	3,7	5	17,5
MP-01B	37	2,4	14,5	43,9
MP-03 ^a	37	0,5	1,7	6,7
MP-03B	37	0,2	24,5	99,3
MP-04 ^a	38	0,5	1,3	5,6
MP-04B	38	1	6	18,2
MP-05 ^a	38	1,7	2	49
MP-05B	10	1,1	3,4	8,9
MP-06 ^a	12	1,2	1,9	4,9
MP-06B	38	0,0002	2,5	11,0
MP-09 ^a	7	1,1	1	4,3

Fuente: Elaboración propia

5.8.1.6 Elementos Minoritarios y Trazas Totales

Dentro de los elementos minoritarios y trazas comprometidos a analizar en su concentración total se encuentran: Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro (B), Hierro (Fe), Litio (Li), Silicio (Si) y Estroncio (Sr).

En la Figura 5-118 y Tabla 5-52, se presentan los resultados de los elementos Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro (B) e Hierro (Fe); así como los gráficos mostrando su variación temporal de estos elementos, y las tablas resumiendo los datos en estadígrafos de la serie registrada (2013-2017).

La Figura 5-119 y Tabla 5-53, presentan los mismos resultados, pero para las concentraciones totales de Litio (Li), Silicio (Si), Estroncio (Sr).

Para el Aluminio total, las concentraciones registradas más altas se presentan en los pozos profundos, destacando el pozo MP-06B con una concentración máxima de 886,85 mg/L, valor que no se muestra en la gráfica temporal, por considerarse fuera de rango; y en algunos pozos someros con valores puntuales altos. Sin perjuicio de ello, el pozo MP-06B y en general los pozos que miden el acuífero profundo, registran medianas con valores bajos; y los pozos someros también, lo que respalda que los valores altos corresponden a situaciones puntuales y no a tendencias. La excepción la registra el pozo MP-06A, con una mediana de 80 mg/L, lo que estaría indicando valores de altos contenidos de Al total para el acuífero superior en esta zona, que corresponde al borde en la zona de Tucúcaro, en este punto el valor máximo registrado corresponde a 236 mg/L (Mayo 2016), siendo un valor alto dentro de la serie, que también pudiera considerarse un *outlier*.

La zona de las lagunas, en comparación con las aguas someras de los pozos en este sector, en general presentan bajos contenidos de Aluminio total, con valores máximos de 1,6 mg/L y menores de 0,003 mg/L.

Para el Arsénico total, los pozos profundos son los que presentan las mayores concentraciones, destacando los pozos MP-01B y MP-03B que se encuentran en el área de la zona marginal, más cercanos a las lagunas La Punta – La Brava. Los valores máximos registrados son 60 y 42 mg/L. Cabe destacar la alta concentración en el punto MP-06B de 133 mg/L, que también podría considerarse como *outlier*.

Destaca dentro de los pozos profundos, MP-05B con valores muy bajos, alcanzando máximas de tan sólo 1,7 mg/L. De la gráfica se observa una tendencia estable y no denota variación estacional.

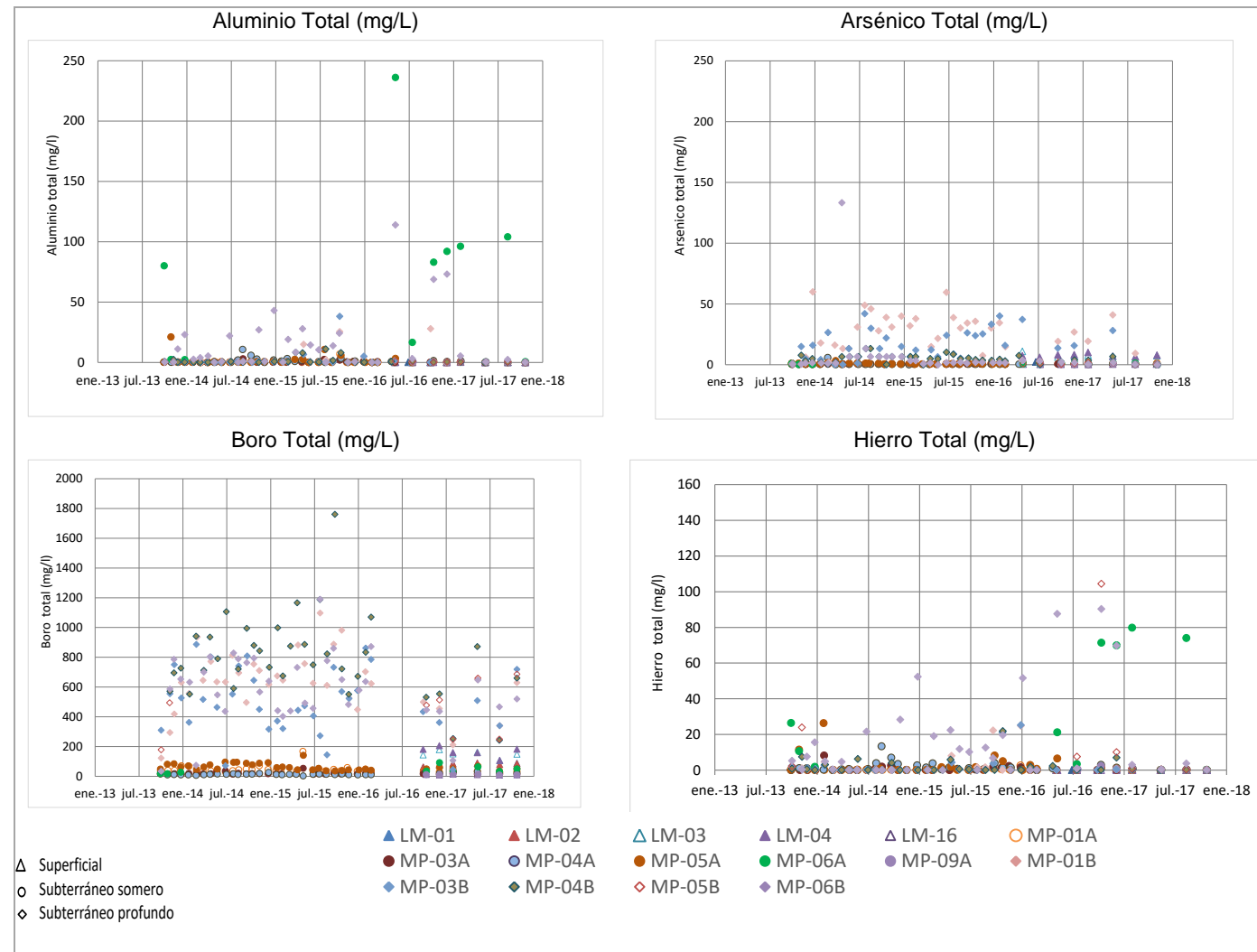
Para el caso de las lagunas, los puntos LM-01 y LM-02 presentan concentraciones medias y máximas del orden de los 3 mg/L, menores que los puntos LM-03 y LM-04 de promedios 7,2 mg/L. El LM-16 con valores bajos alrededor de 0,4 mg/L.

Respecto del Boro total, al igual que para las concentraciones disueltas, este elemento se presenta en concentraciones elevadas en el sector. De la variación temporal de los datos, se observa una alta variabilidad en las concentraciones de los pozos profundos, con mínimos desde 32,5 mg/L en MP-04B y máximos de 1.760,5 mg/L en el mismo pozo, estando todos por sobre los valores de las aguas de los pozos someros y también de las aguas superficiales (lagunas).

Analizando los estadígrafos, en las lagunas, las concentraciones de Boro Total en los puntos LM-01 y LM-02 son menores que los puntos LM-03 y LM-04, presentando estos últimos valores de hasta 205,7 mg/L, más del doble de las concentraciones medidas en los primeros puntos. El punto LM-16 presenta la mediana más baja entre las muestras superficiales con 10,9 mg/L. Las lagunas concentran más contenido de Boro que las aguas someras, debido al proceso de evaporación a la que se ven expuestas. Las aguas someras, MP-01A, con valores de promedios de tan sólo 36,9 mg/L.

En relación a las concentraciones de Hierro total de la serie registrada, el pozo MP-06B es el que presenta las mayores concentraciones la mayoría del tiempo, llegando hasta 90,3 mg/L en los últimos meses. El pozo MP-05B, presenta valores que se escapan de la serie (hasta 332,8 mg/L), sin embargo, el promedio de registros de ese punto presenta valores de tan sólo 4,82 mg/L, lo que indica que dichas máximas son valores puntuales. El resto de los pozos someros muestran concentraciones mucho más bajas, que en promedio varían entre 0,1 mg/L, para MP-03A, hasta 0,7 mg/L en MP-04A. La excepción la presentan las aguas someras del pozo MP-06A, localizado en el sector de Tucúcaro con máximas de 79,8 mg/L, mostrando concentraciones, en general, similares a la del pozo profundo localizado en el mismo sector (MP-06B).

Figura 5-118 Variación Temporal, Elementos Minoritarios y Trazas Totales, Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-52 Estadígrafos Elementos Minoritarios y Trazas Totales – Sector La Punta-La Brava

Aluminio total, (mg/L)					Arsénico total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	0,003	0,020	0,900	LM-01	8	2,1	2,8	3,1
LM-02	8	0,003	0,020	0,300	LM-02	8	2,4	2,7	3,0
LM-03	8	0,003	0,030	0,300	LM-03	8	4,8	6,7	11,0
LM-04	8	0,003	0,017	3,000	LM-04	8	6,2	7,7	10,1
LM-16	8	0,003	0,051	1,600	LM-16	8	0,3	0,4	0,6
MP-01A	37	0,003	0,167	6,900	MP-01A	37	0,3	0,78	2,2
MP-01B	37	0,003	0,98	27,800	MP-01B	36	0,004	27,4	60,0
MP-03A	37	0,003	0,133	2,900	MP-03A	37	0,3	0,6	1,3
MP-03B	37	0,003	0,352	38,200	MP-03B	37	0,0002	13,3	42,0
MP-04A	38	0,003	0,207	10,700	MP-04A	38	0,07	0,42	5,9
MP-04B	38	0,003	0,36	13,300	MP-04B	38	0,0001	4,86	13,3
MP-05A	38	0,003	0,167	21,000	MP-05A	38	0,6	0,746	3,4
MP-05B	10	0,003	0,315	0,920	MP-05B	10	0,08	0,6	1,7
MP-06A	12	0,400	80	236	MP-06A	12	0,01	0,8	1,3
MP-06B	38	0,003	6,670	886,900	MP-06B	38	0,0001	1,78	133
MP-09A	7	0,003	0,092	0,400	MP-09A	7	0,02	0,3	0,6

Boro Total, (mg/L)					Hierro Total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	6	50,1	78,8	86,8	LM-01	8	0,001	0,01	0,5
LM-02	6	61,4	81,0	87,3	LM-02	8	0,002	0,09	0,6
LM-03	6	105,0	150,0	179,1	LM-03	8	0,001	0,006	0,4
LM-04	6	106,0	170,1	205,7	LM-04	8	0,001	0,01	0,3
LM-16	6	8,2	10,9	14,2	LM-16	8	0,001	0,02	0,13
MP-01A	35	26,6	36,9	167,6	MP-01A	37	0,001	0,1	2,6
MP-01B	35	122,0	633,0	1.096,8	MP-01B	37	0,001	0,98	24,8
MP-03A	35	13,3	16,5	53,7	MP-03A	37	0,001	0,095	8,2
MP-03B	35	45,7	509,0	886,0	MP-03B	37	0,001	0,37	25,2
MP-04A	36	2,0	13,1	32,7	MP-04A	38	0,001	0,69	13,3
MP-04B	36	32,5	740,5	1.760,4	MP-04B	38	0,001	0,57	21,8
MP-05A	36	35,7	58,2	140,9	MP-05A	38	0,001	0,12	26,3
MP-05B	8	178,0	495,1	686,0	MP-05B	10	0,224	4,8	332,8
MP-06A	10	17,6	34,2	91,8	MP-06A	12	0,114	21,2	79,8
MP-06B	36	33,9	609,0	1.188,8	MP-06B	38	0,001	4,16	90,3
MP-09A	6	8,0	10,1	13,6	MP-09A	7	0,001	0,33	2,2

Así como el Boro, el Litio total se encuentra presente en la cuenca en concentraciones elevadas. De la variación temporal, se aprecia que son los pozos profundos los que presentan aguas con mayor concentración, que ascienden hasta un máximo de 3.128 mg/L para el punto MP-04B. El valor medio de las concentraciones de Litio total en las aguas profundas, varían entre 770 mg/L hasta los 1.344 mg/L.

Las aguas someras y las aguas de las lagunas, presentan concentraciones muy por debajo de los contenidos de las aguas profundas, con valores promedios entre 5 mg/L en LM-16 hasta de 249 mg/L en LM-04. Las concentraciones de los puntos LM-01 y LM-02 son menores a las concentraciones de LM-03 y L-04.

En el caso del Silicio total, son las aguas someras las que presentan los mayores contenidos de ese elemento, con valores promedio de la serie entre 37,8 mg/L y 51 mg/L. En términos de los valores de las medianas, se observa que son del mismo orden entre aguas someras y lagunas. Las aguas de las lagunas, presentan concentraciones homogéneas entre ellas, con valores máximos que no superan los 95 mg/L. En cuanto a aguas profundas se presentan máximos de 175,5 mg/L en el punto de monitoreo MP-04B.

Para el Estroncio total, se tiene que los pozos MP-03B, y MP-01B, son los que presentan las concentraciones más altas del período registrado, con valores que ascienden hasta los 102,1 mg/L en MP-03B. En promedio los valores de Estroncio total en aguas profundas se mueven entre los 2,6 mg/L y 29 mg/L. Las aguas de los pozos someros, en general presentan concentraciones más bien estables, con promedio total entre los 2,2 mg/L a los 5,4 mg/L. Las lagunas en general presentan un promedio de sus medianas de 8 mg/L.

Figura 5-119 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector LP-LB

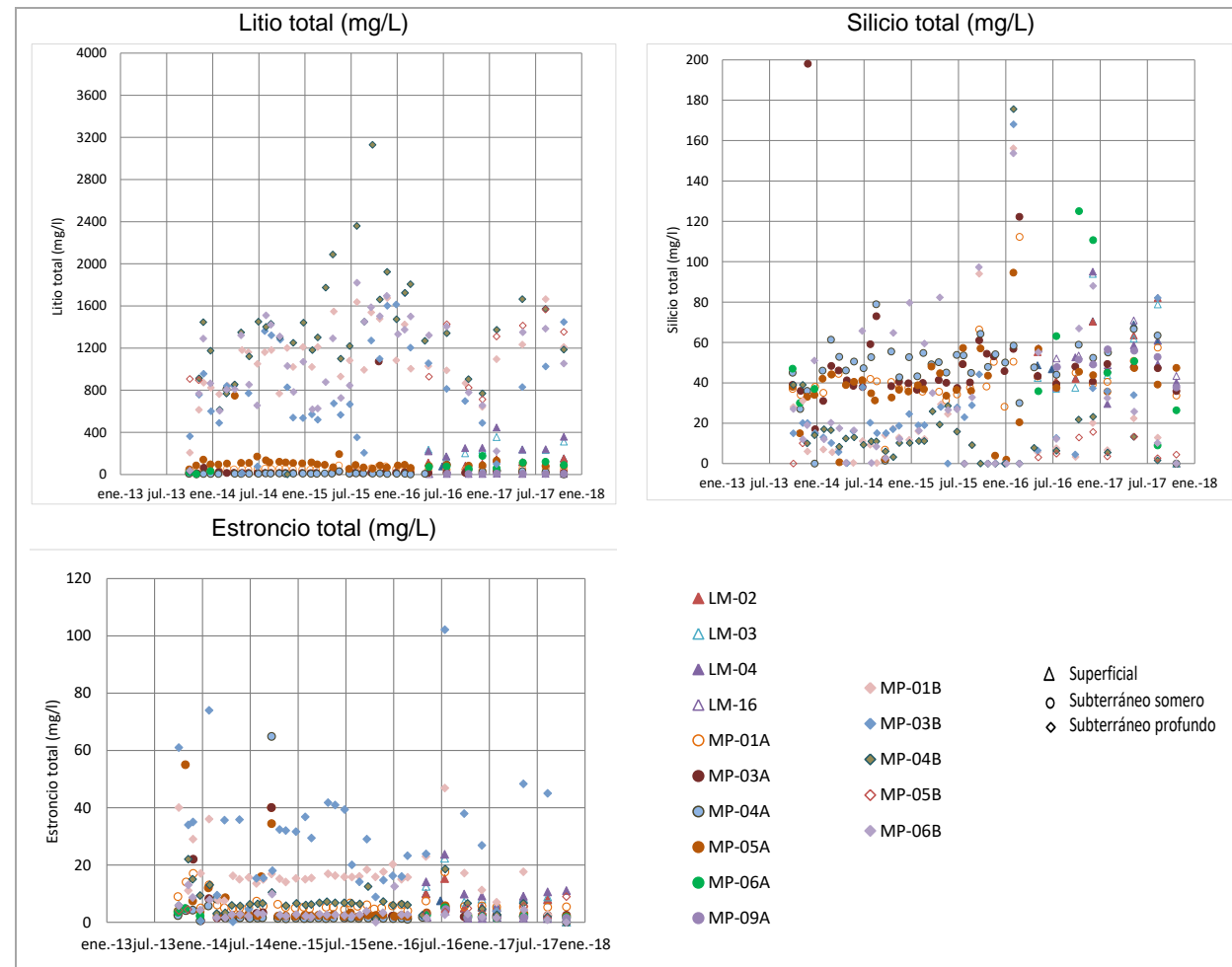


Tabla 5-53 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector La Punta-La Brava

Litio total, (mg/L)					Silicio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	75,0	106,6	153,0	LM-01	8	42,20	48,70	70,50
LM-02	8	78,8	111,2	150,0	LM-02	8	41	55,20	82
LM-03	8	167,6	233,6	355,0	LM-03	8	37	44	93,90
LM-04	8	171,7	249,0	446,0	LM-04	8	29,50	46	95
LM-16	8	3,1	5,0	7,3	LM-16	8	43,40	52,80	70,90
MP-01A	37	28,6	48,0	85,2	MP-01A	37	6,90	39,20	112,20
MP-01B	37	206	1.081,0	1.674,2	MP-01B	37	0,01	9,30	156,10
MP-03A	37	10,5	14,5	1.072,2	MP-03A	37	1,80	41,20	198
MP-03B	37	11,6	770,0	1.720,6	MP-03B	37	0,01	17	168
MP-04A	38	0,0001	7,9	811,1	MP-04A	38	0,01	50,20	78,90
MP-04B	38	0,5	1.344,5	3.128,1	MP-04B	38	0,01	10,60	175,50
MP-05A	38	47,5	93,0	748,0	MP-05A	38	0,60	37,80	94,50
MP-05B	10	711,4	1.119	1.566,0	MP-05B	10	0,66	4,65	15,60
MP-06A	12	5,0	71,0	176,5	MP-06A	12	9	45	125
MP-06B	38	35,4	1.061	1.819,7	MP-06B	38	0,01	23	153,70
MP-09A	7	5,3	6,0	7,5	MP-09A	7	37,70	51	56,50

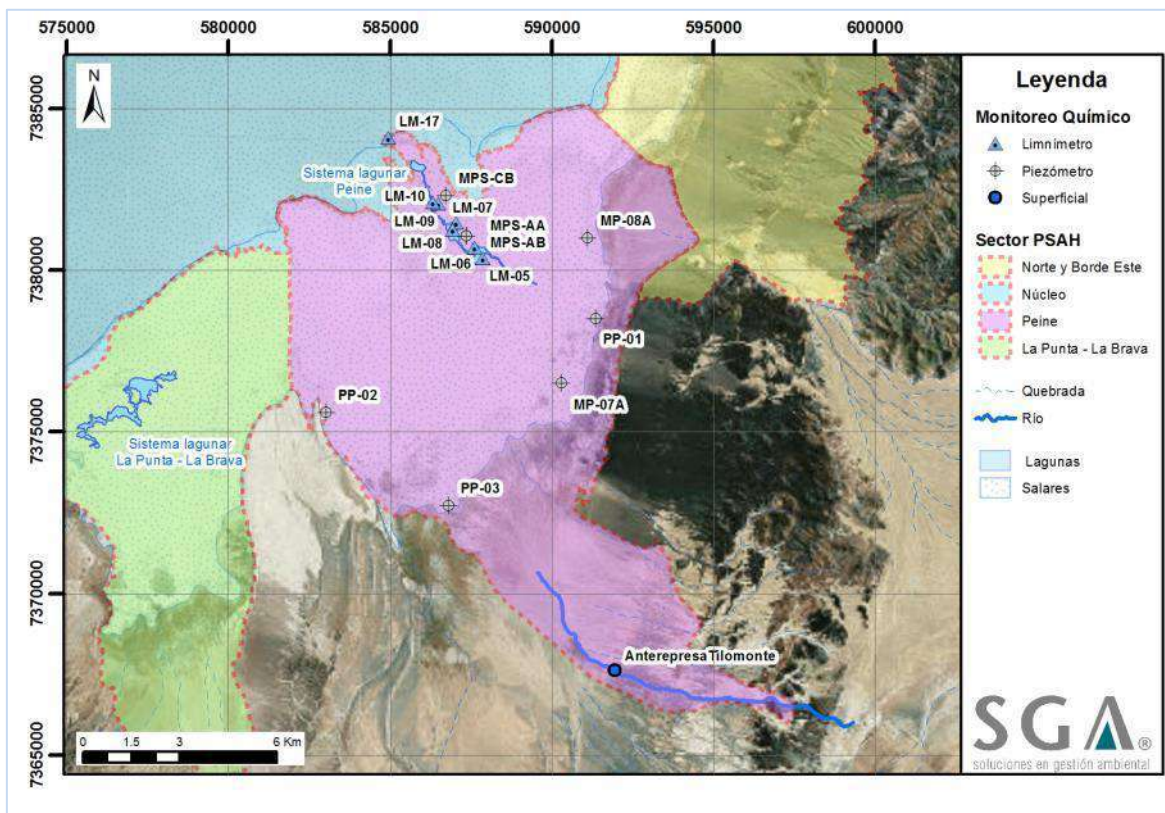
Estroncio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-01	8	4,9	7,0	10,0
LM-02	8	5,0	7,8	15,2
LM-03	8	5,9	8,0	22,3
LM-04	8	5,5	10,0	23,7
LM-16	8	1,3	1,5	3,8
MP-01A	37	3,9	5,4	40,0
MP-01B	37	2,6	15,8	46,8
MP-03A	37	0,5	2,0	40,0
MP-03B	37	0,2	29,0	102,1
MP-04A	38	0,5	1,0	64,9
MP-04B	38	1,2	6,4	22,0
MP-05A	38	1,9	2,0	55,0
MP-05B	10	1,3	3,8	8,9
MP-06A	12	1,3	2,2	5,1
MP-06B	38	0,0002	2,6	13,0
MP-09A	7	1,3	2,0	4,4

Fuente: Elaboración propia

5.8.2 Sector Peine

La distribución de los puntos de monitoreo para el sector, se detalla en la siguiente figura:

Figura 5-120 Localización puntos de monitoreo Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que el punto LM-17, es un limnómetro que se instaló en pleno núcleo, que gran parte del año está seco, y que sólo puede muestrearse cuando hay lluvia o cuando la laguna Interna genera inundación. En el año 2017 pudo medirse y muestrearse en los meses de Mayo, Agosto y Noviembre.

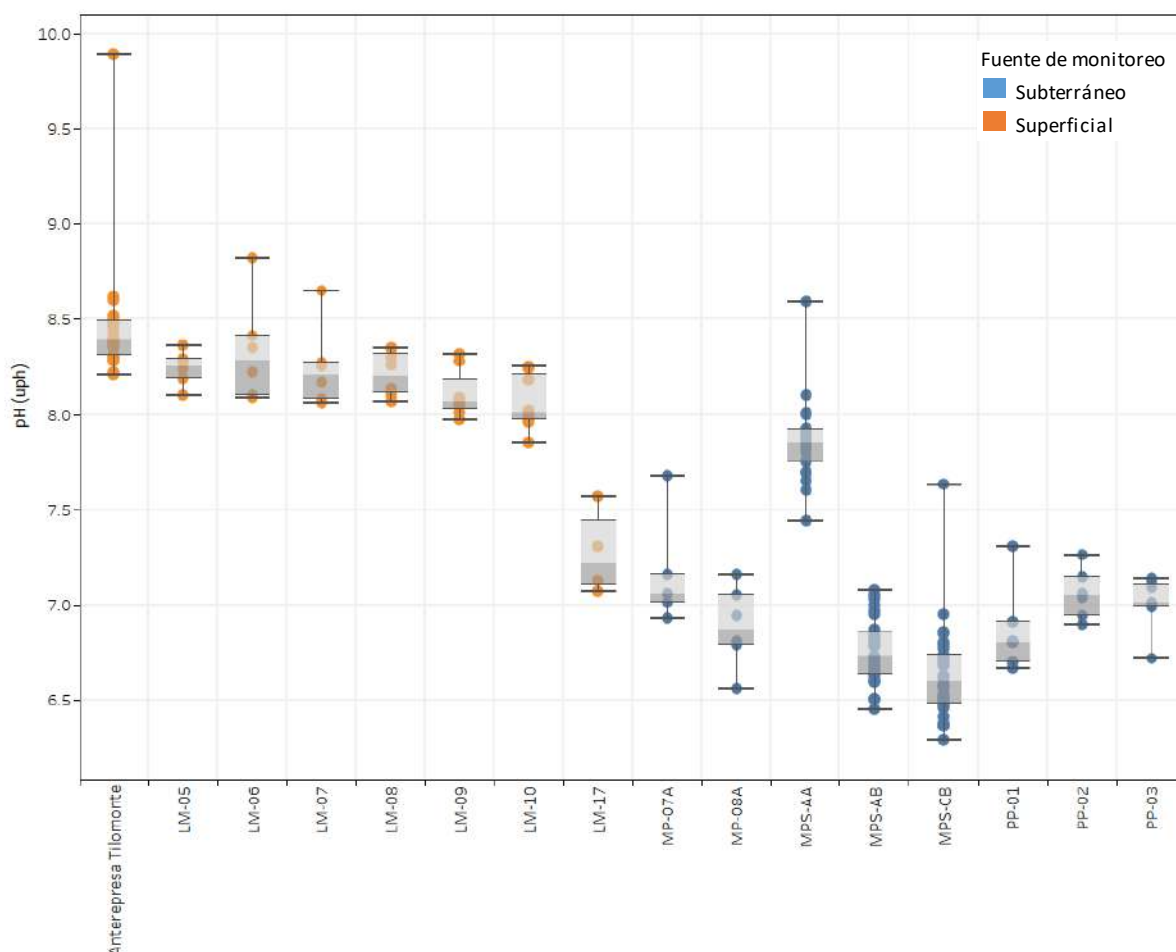
El período de información que se analiza a continuación es desde el año 2013 a Noviembre 2017.

5.8.2.1 *Parámetros Físico Químicos in situ*

pH in situ

Los valores históricos de pH se presentan en diagramas de caja en la Figura 5-121, mientras que en la Tabla 5-54 se muestran los estadígrafos de toda la serie datos, años 2013 a 2017. De la gráfica y datos, se observa que las aguas superficiales (puntos LM y Anterrepresa Tilomonte) presentan valores históricos de pH entre 7 UpH y 9,89 UpH, que corresponde a aguas neutras a básicas; las aguas subterráneas muestran todas valores menores a pH 8,59, llegando hasta pH mínimos de 6,29; y las aguas someras corresponden a aguas neutras.

Figura 5-121 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico (UpH), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-54 Estadígrafos, pH *in situ* histórico (UpH), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antrepresa Tilomonte	27	8,21	8,31	8,40	8,49	9,89
	LM-05	6	8,10	8,19	8,26	8,29	8,36
	LM-06	7	8,09	8,10	8,29	8,41	8,82
	LM-07	8	8,06	8,08	8,21	8,27	8,65
	LM-08	8	8,07	8,16	8,20	8,32	8,35
	LM-09	8	7,97	8,03	8,07	8,19	8,32
	LM-10	8	7,85	7,97	8,01	8,21	8,25
	LM-17	4	7,07	7,10	7,22	7,44	7,57
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	6,93	7,01	7,06	7,16	7,68
	MP-08A	6	6,56	6,79	6,88	7,05	7,16
	MPS-AA	40	7,44	7,75	7,85	7,92	8,59
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	38	6,45	6,64	6,73	6,86	7,08
	MPS-CB	38	6,29	6,48	6,59	6,74	7,63
	PP-01	7	6,67	6,70	6,81	6,91	7,31
	PP-02	6	6,90	6,94	7,05	7,15	7,26
	PP-03	7	6,72	6,99	7,01	7,11	7,14

Fuente: Elaboración propia.

Conductividad Eléctrica *in situ*

La Conductividad Eléctrica (CE) del sector Peine, y de acuerdo a las gráficas que se presentan en la Figura 5-122 y en la Tabla 5-55 con estadígrafos, muestra para las aguas superficiales, en el caso de la Anterrepresa Tilomonte, una conductividad eléctrica con una mediana de 6.115 $\mu\text{S/cm}$, cercano al límite alto considerado como agua dulce. Este punto se ubica al sur del sector Peine, más alejado del núcleo y donde recibe agua de las quebradas proveniente de la precordillera. Para el resto de los puntos superficiales las conductividades registradas evidentemente indican aguas salobres con valores desde 36.310 $\mu\text{S/cm}$ hasta 97.690 $\mu\text{S/cm}$ para los limnómetros, (LM-05 y LM-06, respectivamente). El LM-17, que como se ha informado anteriormente corresponde a un punto ubicado entre la laguna Interna y el núcleo, sus niveles de CE son mayores (184.700 $\mu\text{S/cm}$ de mediana).

Las aguas de las lagunas, presentan mayores CE que para los puntos “MP-XXA”, PP-01, PP-02 y PP-03. Entre los puntos PP-0X¹⁵, presentan leves diferencia en sus valores, esto posiblemente debido a su ubicación en el sector.

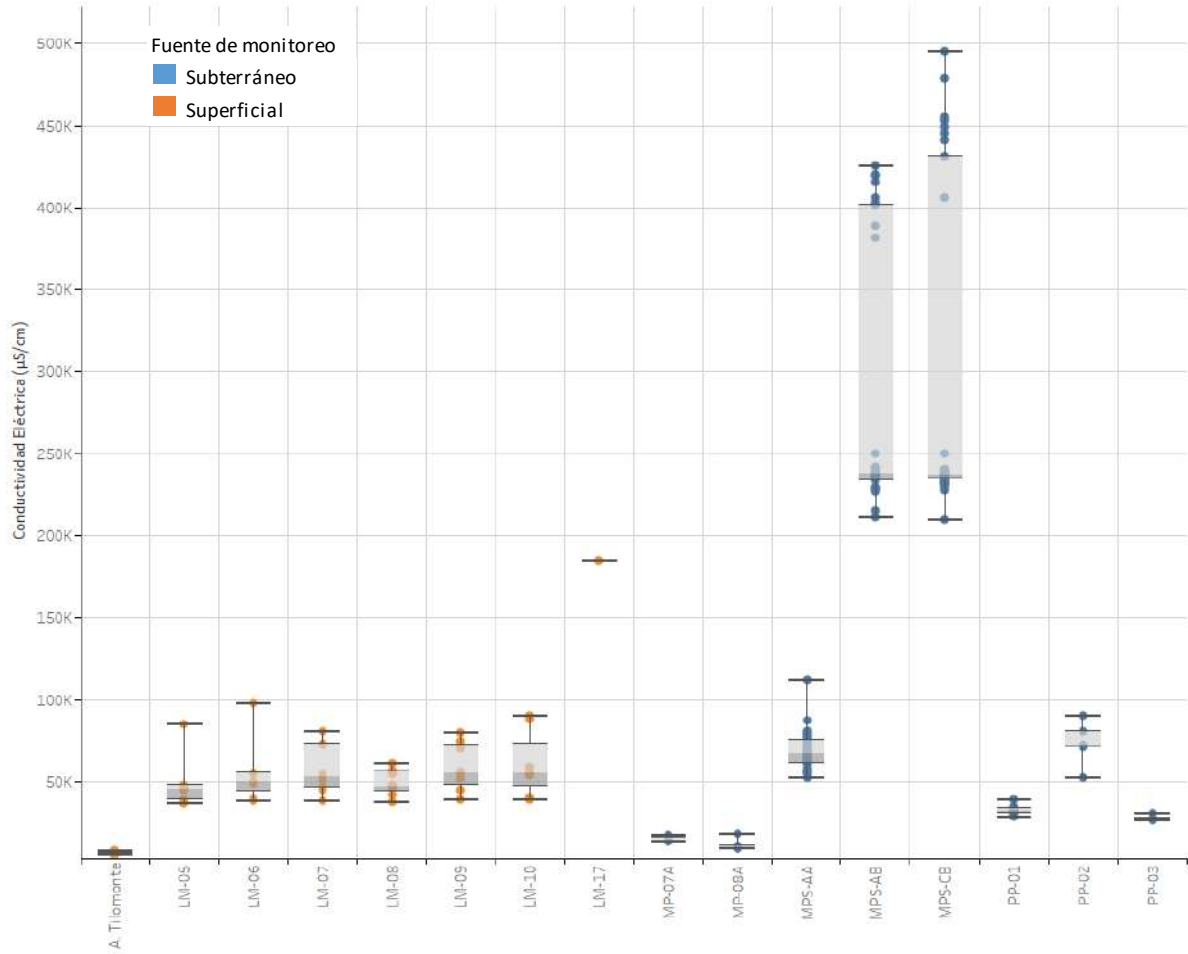
Cabe destacar que la ubicación de los puntos PP-XX se encuentran sobre el borde del salar, alejados del núcleo, por lo que es considerable que los valores de los parámetros medidos sean valores intermedios.

Para el caso de las aguas profundas los valores de conductividades son bastante altos, mayores de 200.000 $\mu\text{S/cm}$, y en el caso de los puntos MPS-AB y MPS-CB los valores máximos superan los 400.000 $\mu\text{S/cm}$; lo anterior se debe a la utilización de instrumental que registra valores muy altos, ya que el instrumento es muy sensible en aguas con alto contenido de sales, como lo son las aguas profundas.

Para las aguas someras los registros de CE son menores, con el valor más alto en el MPS-AA (mediana de 66.780 $\mu\text{S/cm}$), el cual se encuentra al lado de las lagunas y más cercano al núcleo. Los puntos MP-07A y MP-08A, cercanos al borde del salar, presentan valores que tienden a ser más bajos (medianas promedio de 12.000 $\mu\text{S/cm}$).

¹⁵ Pozos profundos, donde la “X” son números correlativos

Figura 5-122 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica *in situ* histórico (µS/cm), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-55 Estadígrafos, CE *in situ* histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antrepresa Tilomonte	26	5.675	5.948	6.115	6.257	7.446
	LM-05	6	36.310	38.700	45.327	47.780	85.070
	LM-06	7	37.680	44.050	49.890	54.898	97.690
	LM-07	8	38.210	45.840	52.680	72.671	80.580
	LM-08	8	37.610	44.210	46.985	55.513	61.120
	LM-09	8	39.130	47.935	55.380	72.227	79.910
	LM-10	7	39.050	47.045	55.260	73.265	90.160
	LM-17	4	184.700	184.700	184.700	184.700	184.700
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	13.180	13.460	14.240	15.980	17.280
	MP-08A	6	8.833	9.026	9.760	10.884	18.340
	MPS-AA	39	52.500	61.330	66.780	74.890	111.600
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	37	211.400	233.500	237.850	401.200	425.200
	MPS-CB	37	210.000	234.300	237.500	430.800	495.200
	PP-01	7	28.400	30.735	32.270	33.420	39.010
	PP-02	6	52.350	71.100	71.865	80.139	90.240
	PP-03	7	25.810	26.730	27.100	27.830	30.437

Fuente: Elaboración propia.

Sólidos Disueltos Totales *in situ*

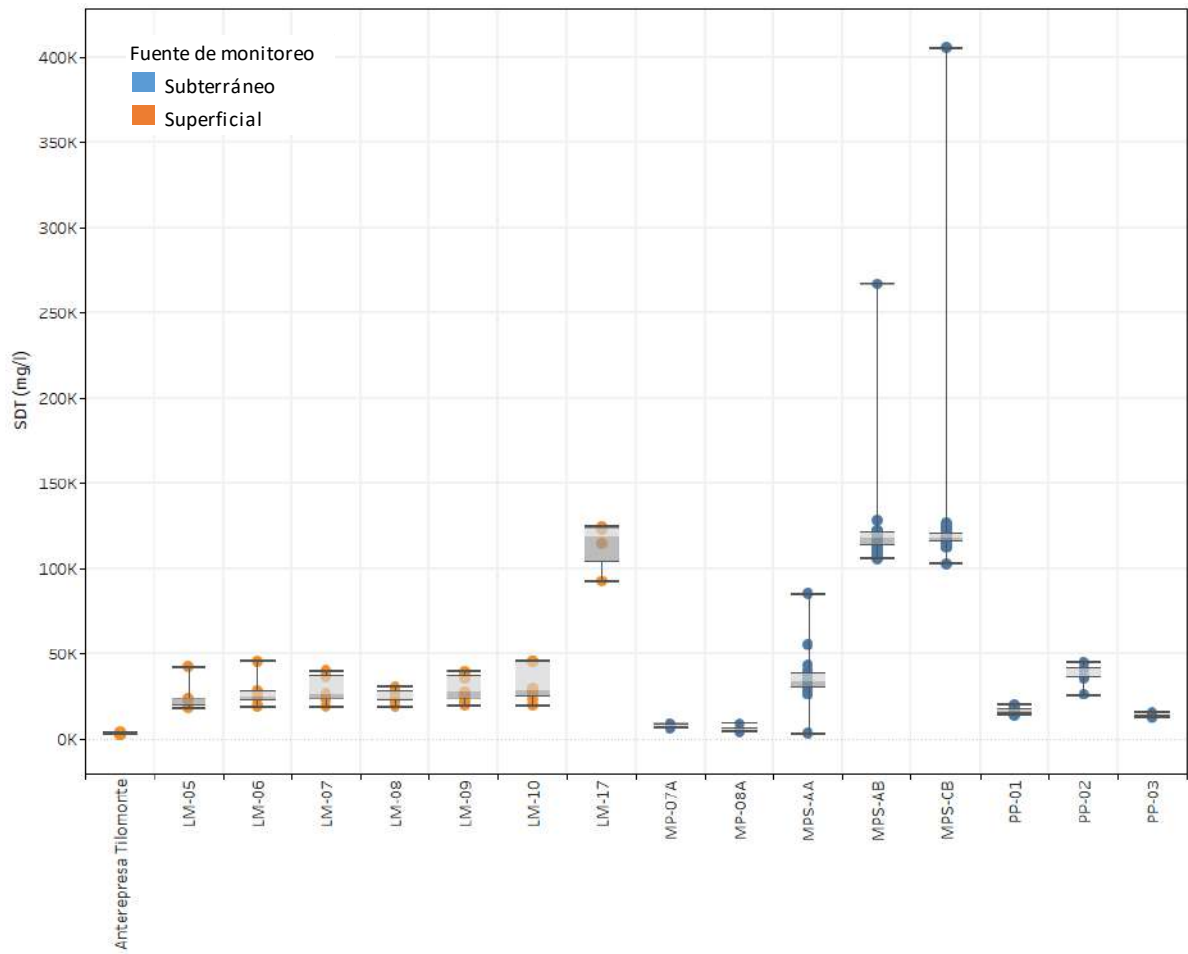
En el caso de los Sólidos Disueltos Totales (STD), se presenta la Figura 5-123 con el diagrama de caja y la Tabla 5-56 con los datos estadígrafos para el sector de Peine. En general, las lagunas (LM-5 a LM-10) tienen valores de STD entre mínimos de 18.160 mg/L hasta máximos de 45.850 mg/L. La muestra Antepresa Tilomonte, al ser agua dulce, presenta valores STD con un máximo de 3.849 mg/L. La muestra superficial de LM-17, que se encuentra en el núcleo, presenta altas concentraciones de sólidos disueltos, con una mediana de 118.800 mg/L.

Las aguas someras presentan en general concentraciones de STD menores que en las lagunas, con un promedio de la mediana de 6.000 mg/L, exceptuando para el punto MPS-AA, más cercano a las lagunas, con una mediana de STD de 33.557 mg/L.

El punto PP-02 presenta los valores más altos entre el resto de los PP-0X, con un máximo de 45.120 mg/L. El PP-01 y el PP-03 presentan valores promedios son de 15.000 mg/L.

Las aguas profundas en cambio, son las que tienen las STD mayores, con valores para este año hasta 405.150 mg/L, que como se mencionó anteriormente, son tomados por un instrumental que registra hasta un cierto valor, muy sensible en aguas con alto contenido de sales, por lo que este valor se encuentra fuera de rango.

Figura 5-123 Diagrama de Caja, STD *in situ* histórico (mg/L), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-56 Estadígrafos, STD *in situ* histórico (mg/L), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antrepresa Tilomonte	27	2.838	2.985	3.061	3.149	3.849
	LM-05	4	18.160	19.350	23.025	23.900	42.540
	LM-06	7	18.840	22.045	25.020	27.965	45.850
	LM-07	8	19.110	22.920	26.445	36.971	40.260
	LM-08	8	18.810	22.080	23.490	28.248	30.750
	LM-09	8	19.570	23.960	27.705	36.918	39.880
	LM-10	8	19.530	25.265	28.855	45.304	45.700
	LM-17	4	92.400	103.600	118.800	123.950	125.100
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	6.621	6.741	7.122	7.991	8.932
	MP-08A	6	4.430	4.670	4.920	5.626	9.171
	MPS-AA	40	3.200	30.330	33.557	37.460	55.800
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	38	105.700	113.900	117.750	120.550	266.866
	MPS-CB	38	102.900	115.950	118.250	120.200	405.150
	PP-01	7	14.200	15.370	16.280	17.120	20.164
	PP-02	6	26.200	35.610	36.250	41.424	45.120
	PP-03	7	12.910	13.410	13.560	13.910	15.733

Fuente: Elaboración propia.

Oxígeno Disuelto *in situ*

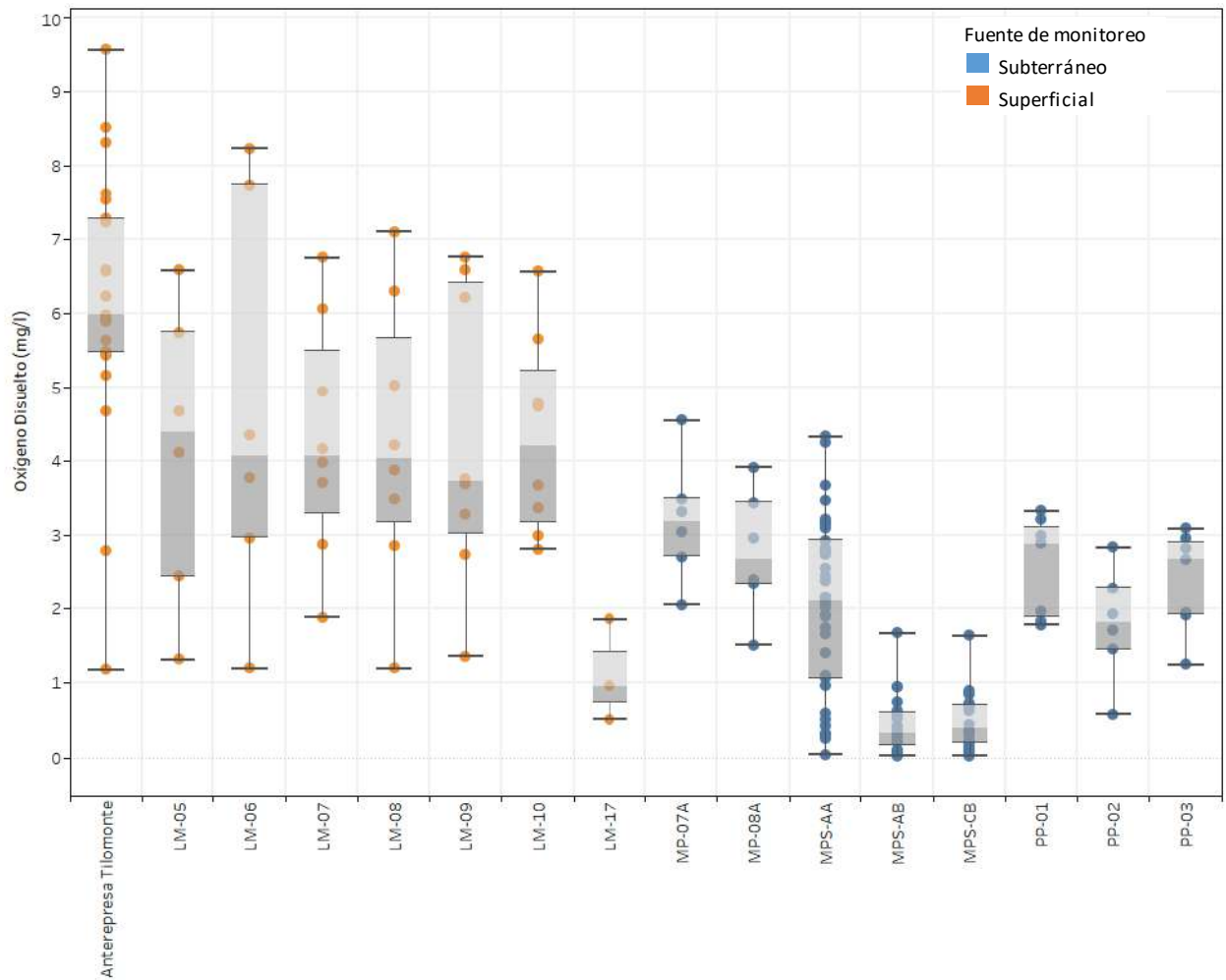
En la Figura 5-124 se presenta la gráfica de cajas para el Oxígeno Disuelto (O.D.) y en la Tabla 5-57 los datos con los estadígrafos de este elemento.

En el gráfico de cajas se puede observar que para los puntos de lagunas y la muestra superficial Anterepresa Tilomonte, las medianas corresponden a los valores de O.D. más altos del sector, con un promedio de 4,36 mg/L, además de presentar un amplio rango entre los 1,18 mg/L y los 9,56 mg/L. Para el punto LM-17, el valor de O.D. es menor al resto, con una mediana de 0,96 mg/L.

Para el caso de las aguas profundas, se presentan contenidos aún menores que los anteriores, con aguas anóxicas dada la alta concentración de sales, con mínimas de O.D. de 0,02 mg/L y máximas de 1,67 mg/L, éste último registrado para Febrero de 2017. Las aguas someras, presentan concentraciones intermedias a las mencionadas anteriormente, con un máximo de 4,55 mg/L para el punto MP-07A y menor de 0,04 mg/L para el punto MPS-AA.

Los puntos PP-XX presentan concentraciones intermedias, con un promedio de la mediana de 2,46 mg/L.

Figura 5-124 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/L), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-57 Estadígrafos, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/L), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antepresa Tilomonte	21	1,18	5,47	5,98	7,27	9,56
	LM-05	6	1,32	2,45	4,39	5,74	6,58
	LM-06	6	1,20	2,97	4,07	7,74	8,23
	LM-07	8	1,88	3,29	4,07	5,50	6,75
	LM-08	8	1,20	3,17	4,05	5,66	7,10
	LM-09	8	1,36	3,02	3,73	6,40	6,76
	LM-10	8	2,81	3,18	4,21	5,22	6,56
	LM-17	3	0,51	0,74	0,96	1,41	1,86
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	2,05	2,71	3,19	3,49	4,55
	MP-08A	6	1,51	2,35	2,69	3,44	3,91
	MPS-AA	35	0,04	1,06	2,10	2,93	4,33
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	21	0,02	0,16	0,33	0,6	1,67
	MPS-CB	19	0,02	0,19	0,40	0,7	1,64
	PP-01	7	1,78	1,89	2,89	3,11	3,33
	PP-02	6	0,58	1,45	1,82	2,29	2,84
	PP-03	7	1,25	1,93	2,68	2,90	3,09

Fuente: Elaboración propia.

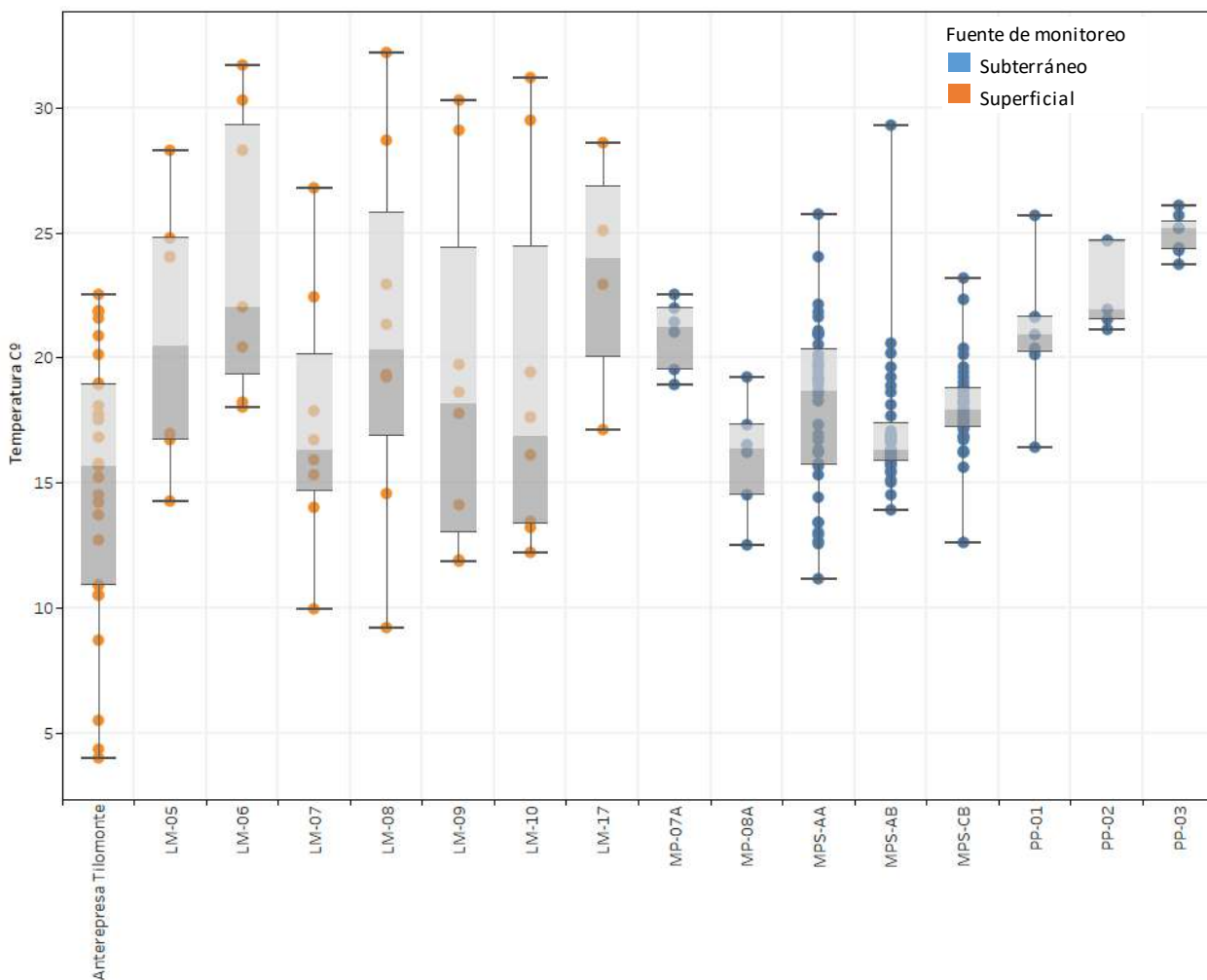
Temperatura *in situ*

Para la temperatura del agua (T°C), en el sector Peine, se presenta la Figura 5-125 con diagrama de cajas y la Tabla 5-58 con los datos estadígrafos.

De la gráfica y registros históricos, se puede señalar que los rangos tanto de las aguas profundas con las aguas superficiales y someras, son del mismo orden y magnitud, con alta variabilidad en el tiempo, con mínimas de 9,2 °C y máximas de 30,3 °C.

La excepción es la estación Anterrepresa Tilomonte, con valores de temperatura mínimas registradas de hasta 4,0 °C y un máximo de 22,5°C.

Figura 5-125 Diagrama de Caja, Temperatura *in situ* histórico (T°C), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-58 Estadígrafos, Temperatura *in situ* histórico (T°C), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Anterepresa Tilomonte	27	3,98	10,91	15,64	18,94	22,50
	LM-05	6	14,26	16,70	20,48	24,80	28,30
	LM-06	7	18	19,32	22,01	29,29	31,70
	LM-07	8	9,94	14,66	16,30	20,14	26,80
	LM-08	8	9,19	16,87	20,32	25,80	32,20
	LM-09	8	11,85	13,01	18,18	24,4	30,30
	LM-10	8	12,20	13,34	16,86	24,45	31,20
	LM-17	4	17,10	20	24	26,85	28,60
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	18,90	19,50	21,20	21,98	22,50
	MP-08A	6	12,50	14,50	16,35	17,30	19,20
	MPS-AA	40	11,14	15,71	18,66	20,32	25,73
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	38	13,93	15,86	16,3	17,37	29,30
	MPS-CB	38	12,62	17,21	17,93	18,78	23,17
	PP-01	7	16,40	20,23	20,90	21,62	25,69
	PP-02	6	21,10	21,50	21,90	24,67	24,70
	PP-03	7	23,75	24,35	25,19	25,45	26,10

Fuente: Elaboración propia.

Variación Temporal de los parámetros

Para los parámetros *in situ* analizados en Sector Peine se presenta en la Figura 5-126 los gráficos con la variación temporal de los valores registrados en el período 2013 a 2017.

El pH muestra en el tiempo una tendencia sin mayores variaciones de los valores registrados en cada punto, tanto para los pozos profundos, como para los someros y lagunas, de los cuales se puede observar que para las muestras de las lagunas predominan aguas básicas, entre 7 y 9 UpH; para las someras la tendencia es neutra a básica y para las profundas más neutras, entre 6 a 7 UpH.

La Temperatura, evidencia un comportamiento con rangos variables para los pozos someros, profundos y superficiales (lagunas y Anterepresa Tilomonte), siendo éstos últimos los que presentan los valores más altos y bajos en temperatura.

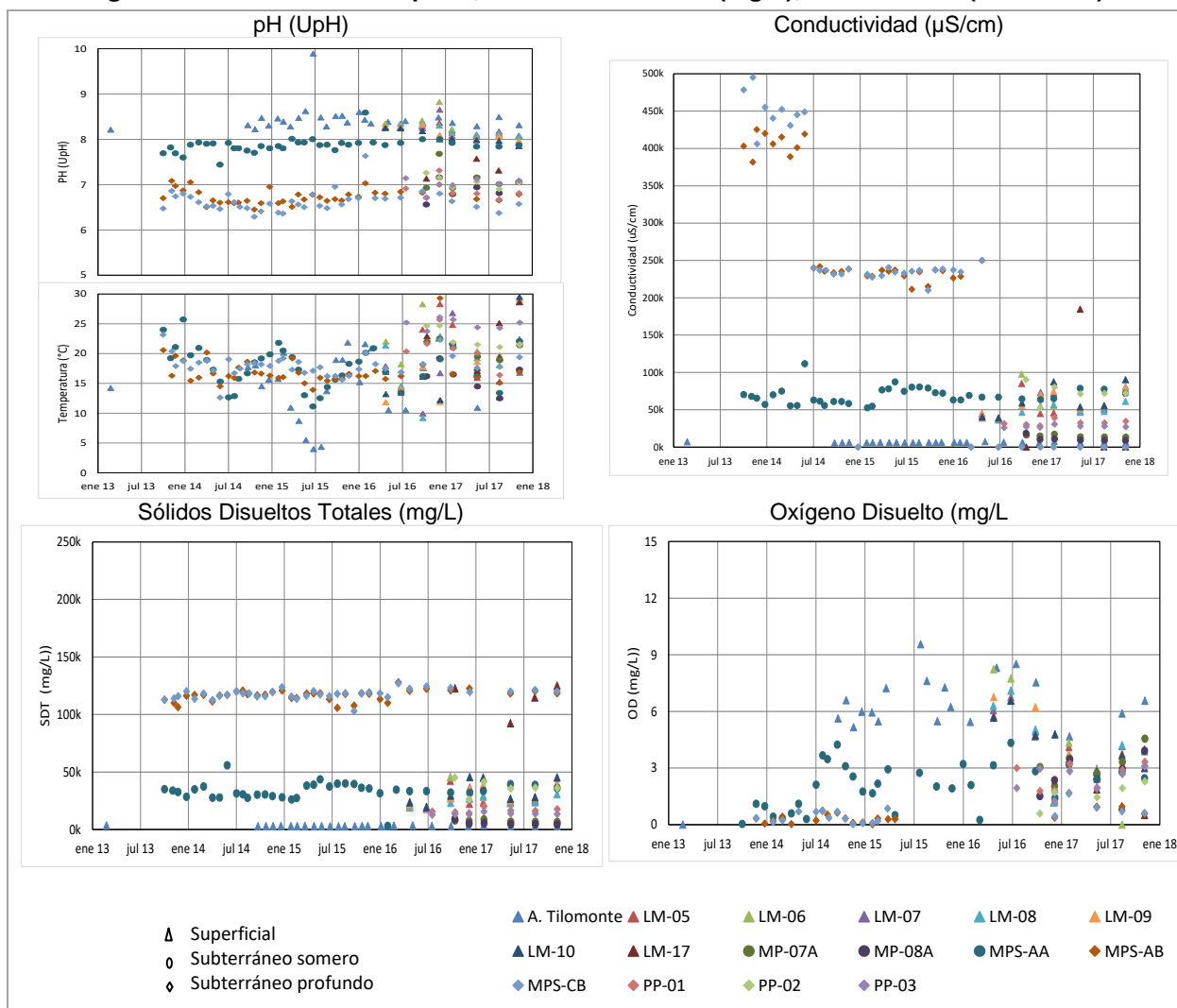
Para la Conductividad Eléctrica (CE), los valores más altos se presentan en los pozos profundos, con valores que superan los 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en registros históricos y en lo registrado para el año 2017; estos valores obedecen a utilización de instrumental que registra hasta un cierto valor, muy sensible en aguas con alto contenido de sales, como lo son las aguas profundas. En el caso de los pozos someros, se observa una cierta variación estacional; para la Anterepresa Tilomonte las conductividades son las más bajas y para las lagunas pueden registrar conductividades bajas como las del punto LM-16, hasta de intermedias a altas, en campañas que registran valores mayores a los 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los STD muestran comportamiento similar a la CE, dada la correlación existente entre estos 2 elementos, y una tendencia estable para cada uno de los puntos analizados.

Finalmente, el O.D. se presenta con mucha dispersión para la estación Tilomonte, al igual que para las lagunas, con la mayor variabilidad de todos los puntos, y una tendencia a aumentar esta dispersión después de julio 2014.

En general, los parámetros *in situ* medidos en el 2017, registran valores que se encuentran dentro del rango de variación natural de ellos. Para este año se incorporaron más datos de los puntos que representan las lagunas, por lo que se puede determinar su tendencia.

Figura 5-126 Variación Temporal, Parámetros in Situ (mg/L), Sector Peine (2013-2017)



5.8.2.2 Parámetros Físico Químicos de laboratorio

A continuación, al igual que para los parámetros comprometidos *in situ*, se presenta un breve análisis junto con diagramas de caja, tablas de estadígrafos y variación temporal de los parámetros físico-químicos medidos en Laboratorio, en el Sector Peine.

El período de información que se analiza es desde el año 2013 a Noviembre 2017.

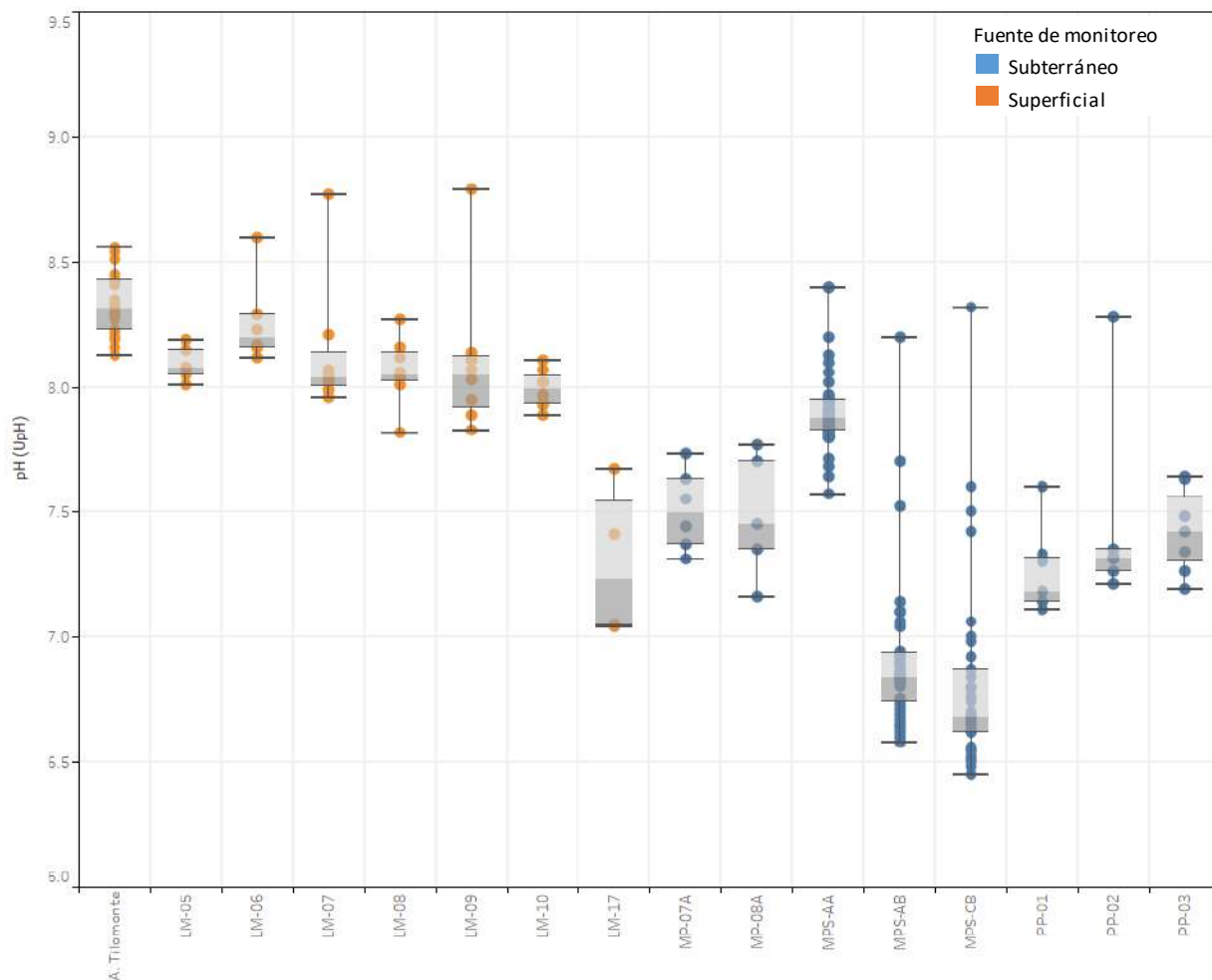
pH Laboratorio

Los resultados de pH medidos en laboratorio para el Sector Peine, Figura 5-127 y Tabla 5-59, en cuanto a las lagunas, son similares a los medidos *in situ*.

Para la muestra Antepresa Tilomonte, se tienen valores de pH más acotados que los mostrados anteriormente, entre 8,13 a 8,54 UpH. El resto de las lagunas presentan rangos entre los 7,8 a 8,8 UpH. El LM-17, presenta pH más bajo dado que está cerca del núcleo, con una mediana de 7,23 UpH.

Los resultados de pH obtenidos en laboratorio para los pozos someros y profundos, se encuentran dentro rangos de los registrados históricamente, cercanos a la neutralidad y aumentando a muestras más básicas.

Figura 5-127 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-59 Estadígrafos, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Anterepresa Tilomonte	27	8,13	8,23	8,32	8,43	8,56
	LM-05	6	8,01	8,05	8,08	8,15	8,19
	LM-06	7	8,12	8,16	8,2	8,29	8,6
	LM-07	8	7,96	8,01	8,04	8,14	8,77
	LM-08	8	7,82	8,03	8,05	8,14	8,27
	LM-09	8	7,83	7,92	8,05	8,13	8,79
	LM-10	8	7,89	7,94	7,99	8,05	8,11
	LM-17	4	7,04	7,05	7,23	7,54	7,67
Aguas subterráneas someras (salobres)	MP-07A	6	7,31	7,37	7,50	7,63	7,73
	MP-08A	6	7,16	7,35	7,45	7,70	7,77
	MPS-AA	40	7,57	7,82	7,90	7,97	8,40
Aguas subterráneas profundas (salmueras)	MPS-AB	38	6,58	6,74	6,84	6,94	8,20
	MPS-CB	38	6,45	6,56	6,70	6,92	8,32
	PP-01	7	7,11	7,14	7,24	7,33	7,60
	PP-02	6	7,21	7,26	7,32	7,35	8,28
	PP-03	7	7,19	7,30	7,42	7,56	7,64

Fuente: Elaboración propia.

Conductividad Eléctrica Laboratorio

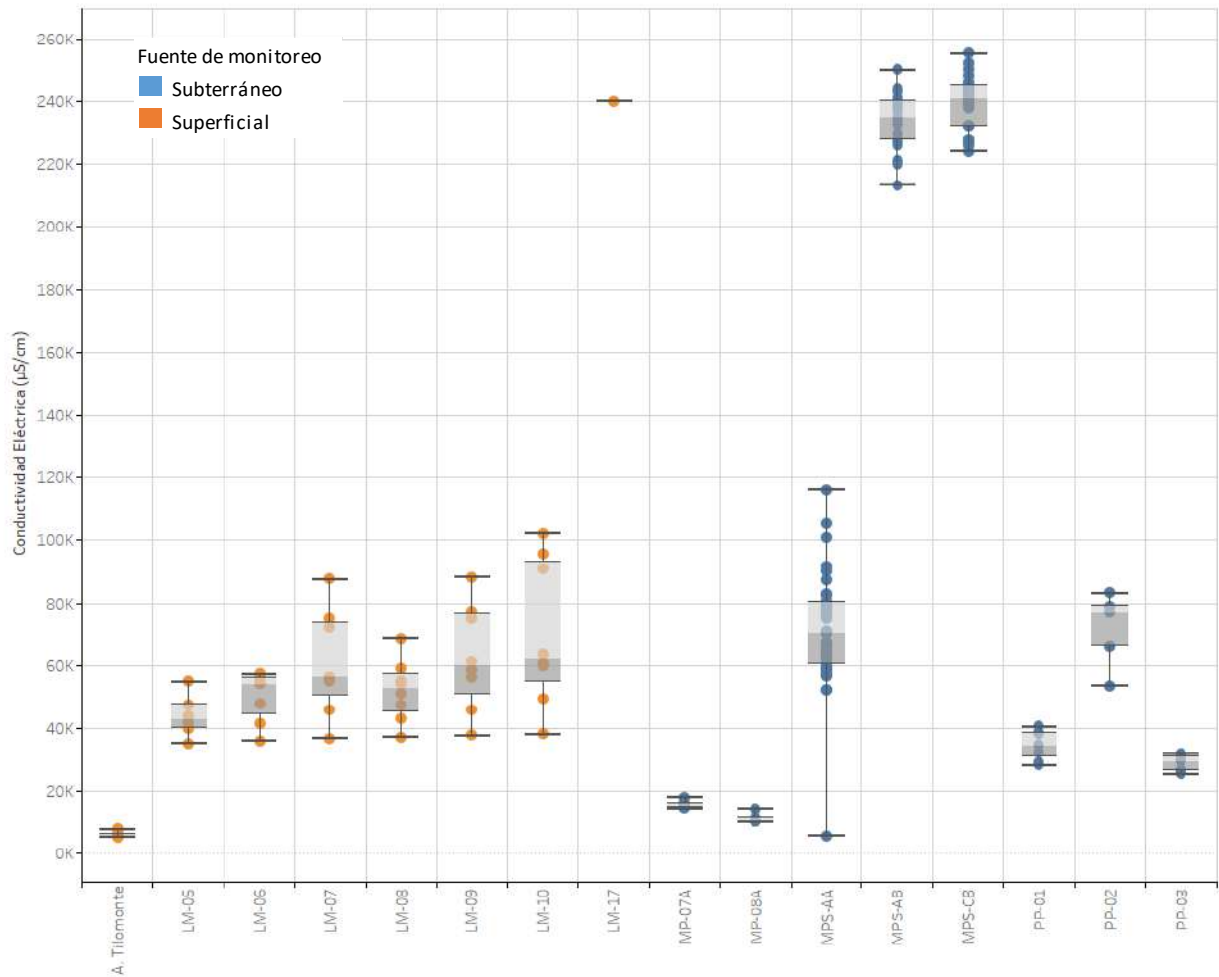
Se presenta en la Figura 5-128 y Tabla 5-60, los datos de CE obtenida tras el análisis de laboratorio. Los valores medidos son más ajustados que los de terreno. Las lagunas presentan medianas promedio de 47.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y cuyos valores son levemente mayores a los registrados en terreno.

La estación Anterepresa Tilomonte es la que presenta las CE más bajas con una mediana de 6.155 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En el caso de la muestra superficial del punto LM-17 se grafica un valor de 240.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, registrado en la campaña de Octubre de 2016; para el año 2017 sólo se registraron valores >200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los pozos profundos, indican máximas históricas de hasta 255.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dado por el pozo MPS-CB. Los pozos someros, pueden presentar conductividades más bajas, alrededor de los 5.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 115.900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como son los valores registrados en el punto MPS-AA.

Los PP-0X, con valores intermedios, desde una mínima de 25.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PP-03) a 83.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PP-02).

Figura 5-128 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-60 Estadígrafos, CE de laboratorio histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antrepresa Tilomonte	27	5.280	5.977	6.155	6.330	7.730
	LM-05	6	35.100	39.800	42.650	47.500	54.800
	LM-06	7	35.900	44.550	54.000	56.100	57.200
	LM-07	8	36.800	50.250	56.200	73.600	87.500
	LM-08	8	37.200	45.150	52.700	57.100	68.500
	LM-09	8	37.800	50.950	59.800	76.200	88.100
	LM-10	7	38.100	54.650	62.250	93.150	102.000
	LM-17	4	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	14.230	14.600	14.995	15.820	17.940
	MP-08A	6	10.120	10.140	10.650	11.300	13.910
	MPS-AA	39	5.580	60.400	70.200	80.350	115.900
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	37	213.200	227.500	235.000	240.100	250.000
	MPS-CB	37	224.000	232.200	241.000	245.000	255.200
	PP-01	7	28.210	30.650	34.500	38.450	40.500
	PP-02	6	53.400	66.100	76.800	78.900	83.200
	PP-03	7	25.300	26.495	29.410	30.650	32.000

Fuente: Elaboración propia.

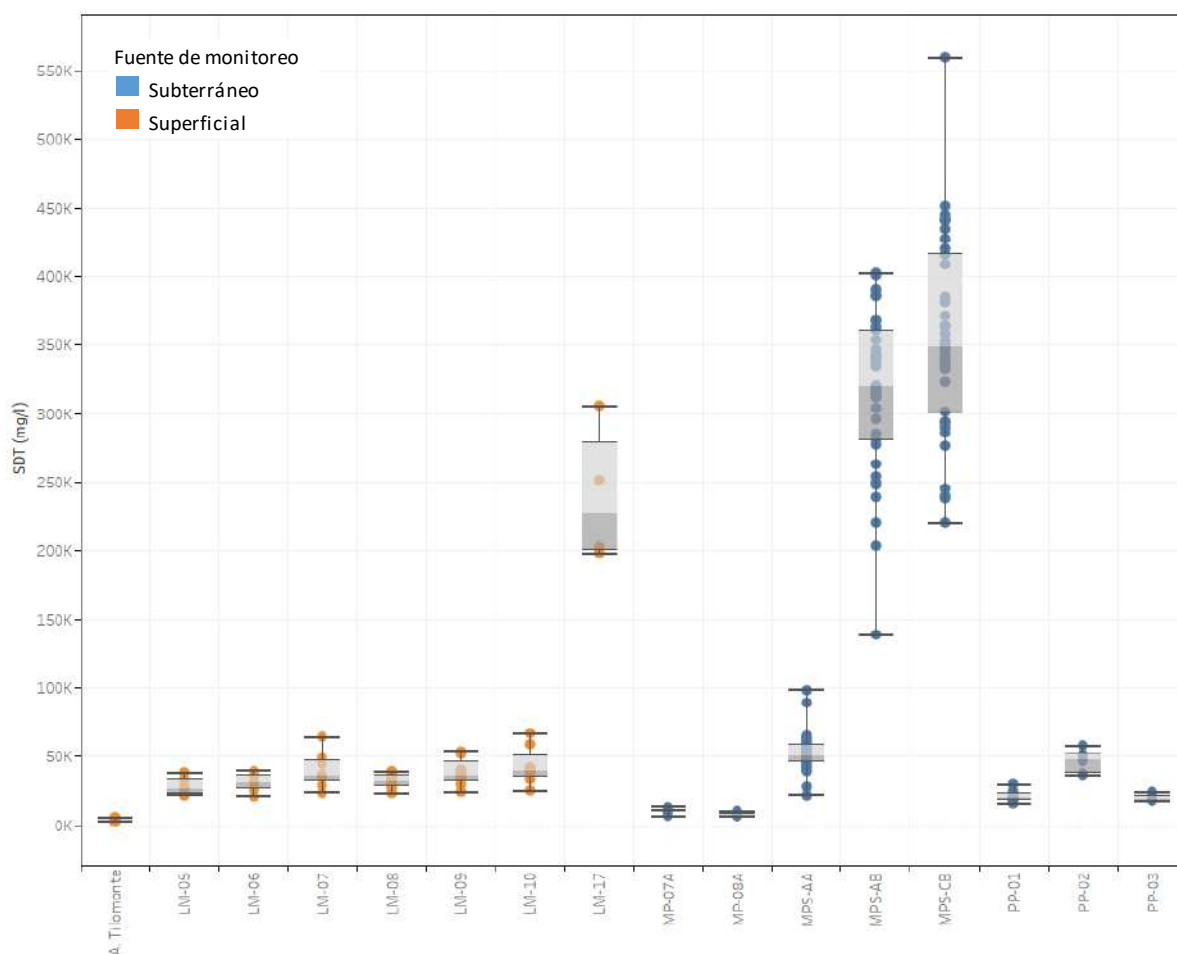
Sólidos Disueltos Totales Laboratorio

Para el caso de los Sólidos Disueltos Totales (STD), Figura 5-129 y Tabla 5-61, se obtienen resultados más acotados y valores menores para el caso de las lagunas y pozos someros, y valores mayores para el caso de LM-17 y pozos profundos.

Las lagunas, representadas por los puntos LM-05 a LM-10, presentan valores de STD por debajo de los 70.000 mg/L. Los pozos profundos presentan registros mayores que los *in situ*, hasta un valor máximo de 559.000 mg/L medido en MPS-CB. El punto LM-17 al estar cerca del núcleo, y ser por lo tanto aguas muy salobres, también presenta STD altos.

Para los puntos PP-0X, los valores mínimos están alrededor de los 14.900 mg/L a los 57.500 mg/L.

Figura 5-129 Diagrama de Caja, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-61 Estadígrafos, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antrepresa Tilomonte	27	2.180	3.914	4.300	4.700	5.275
	LM-05	6	21.750	23.300	26.250	32.710	38.220
	LM-06	7	20.950	26.475	31.010	36.115	39.610
	LM-07	8	23.350	31.525	36.232	47.160	63.900
	LM-08	8	23.300	28.350	31.560	35.937	39.260
	LM-09	8	24.100	31.975	36.164	45.850	53.830
	LM-10	8	24.750	35.134	39.327	50.690	66.400
	LM-17	4	197.753	200.360	227.084	278.200	305.200
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	6	6.067	9.570	9.735	10.533	13.100
	MP-08A	6	6.220	6.233	6.963	7.880	9.860
	MPS-AA	40	21.801	45.520	50.718	58.646	98.280
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	38	138.278	280.184	319.700	359.992	401.992
	MPS-CB	38	220.160	300.650	348.730	415.594	559.000
	PP-01	7	14.980	18.621	20.050	23.059	29.350
	PP-02	6	36.000	37.767	47.559	51.933	57.500
	PP-03	7	16.950	17.775	19.072	21.433	24.080

Fuente: Elaboración propia.

Densidad Laboratorio

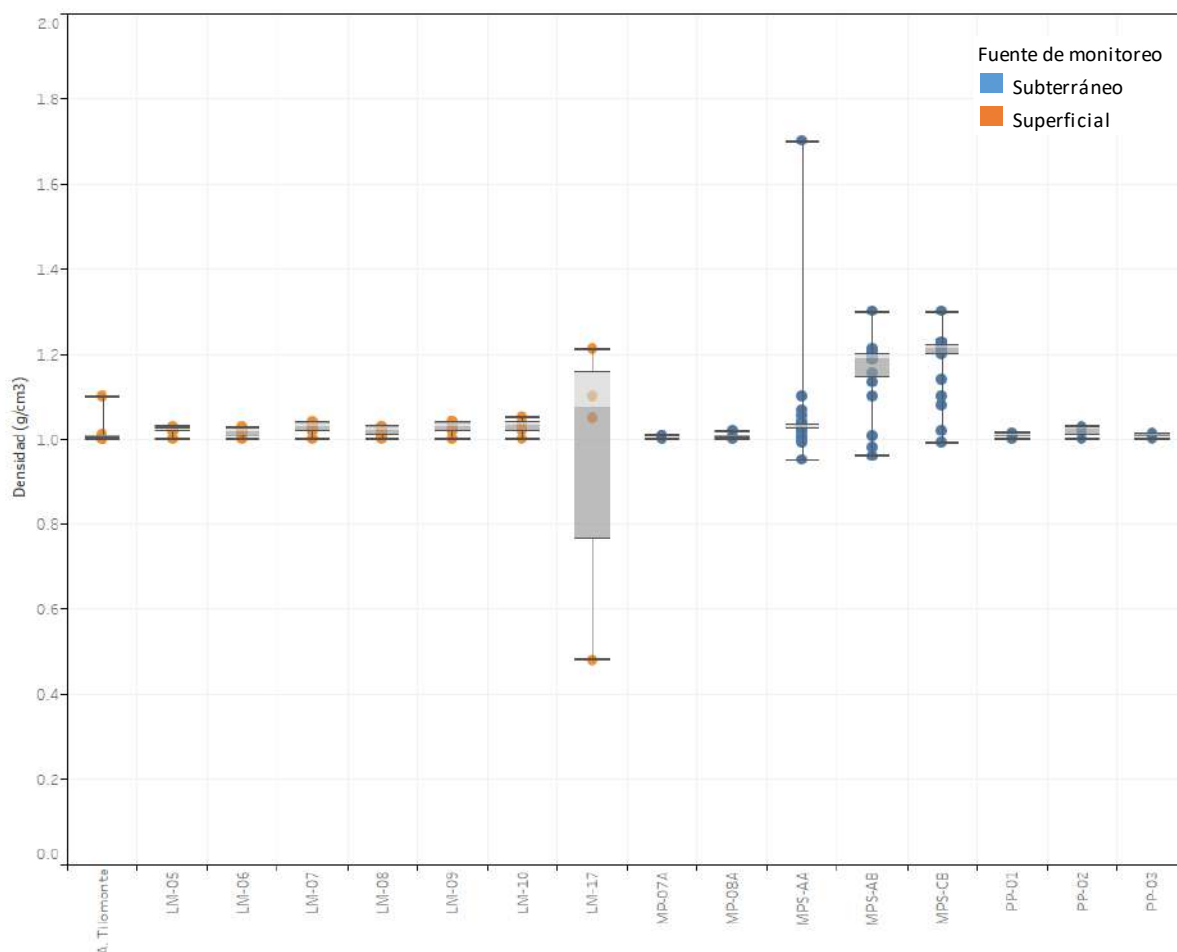
En relación a la densidad para este sector, Figura 5-130 y Tabla 5-62, indican que, tanto la estación Antepresa Tilomonte, como las lagunas, y los pozos someros, tienen menor densidad y rangos muy acotados, entre 1 g/mL y 1,1 g/mL ya que corresponden a aguas dulces y salobres, pero menos densas que las aguas subterráneas profundas, que representan las salmueras.

Las aguas profundas, presentan densidades un poco más altas, entre mínimas de 0,95 g/mL y máximas de 1,7 g/mL representados por el pozo MPS-AA.

El valor analizado por el laboratorio para LM-17 de 0,48 g/mL se considera fuera de rango; la densidad más alta para este punto es de 1,21 g/mL.

Los puntos PP-0X, presentan densidades con registros similares a los de las lagunas, con una mediana de 1 g/mL.

Figura 5-130 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-62 Estadígrafos, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Peine

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	Antepresa Tilomonte	8	1	1	1	1	1,1
	LM-05	8	1	1,02	1,02	1,02	1,03
	LM-06	8	1	1	1,02	1,02	1,03
	LM-07	8	1	1,02	1,03	1,04	1,04
	LM-08	8	1	1,01	1,02	1,03	1,03
	LM-09	35	1	1,02	1,03	1,04	1,04
	LM-10	36	1	1,02	1,03	1,04	1,05
	LM-17	36	0,48	0,77	1,07	1,16	1,20
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-07A	36	1	1	1	1,01	1,01
	MP-08A	38	1	1	1	1,01	1,02
	MPS-AA	37	0,95	1,02	1,02	1,03	1,70
Aguas subterráneas profundas (salmuera)	MPS-AB	38	0,96	1,14	1,19	1,2	1,30
	MPS-CB	10	1	1,20	1,21	1,22	1,30
	PP-01	11	1	1,01	1,01	1,01	1,02
	PP-02	38	1	1,01	1,02	1,03	1,03
	PP-03	7	1	1,01	1,01	1,01	1,01

Fuente: Elaboración propia.

Variación Temporal de los parámetros

Para el análisis temporal de los datos de laboratorio: pH, CE, SDT y Densidad, parámetros comprometidos en el PSAH, se presenta la Figura 5-131, con la variación en el tiempo de éstos, entre los años que se tiene registros 2013 -2017.

El pH, en general presenta valores que oscilan entre el rango neutro a neutro alcalino, con valores de 6,5 y 8,5 UpH. Los valores se mantienen estables, con leves variaciones estacionales, que podrían estar asociadas más a la temperatura de la muestra de agua, que a un cambio en la composición química de éstas.

Para los pozos someros con registros históricos, se encuentran representados por el pozo MPS-AA. La variación temporal de este pozo indica una tendencia pareja o estable en el tiempo, cercana a un promedio de 7,8 de pH. En el caso de las aguas profundas, muestran una variación en general entre los 6,4 a los 7,3 upH, siendo las mediciones del 2017 bajo los 7,0 UpH y sobre los 6,45 UpH, esto es dentro de la variación natural.

La Conductividad Eléctrica, según la serie de datos registrados no presenta una variabilidad estacional marcada. Las aguas profundas presentan una tendencia estable, con rangos entre los 213.000 $\mu\text{S/cm}$ y los 255.200 $\mu\text{S/cm}$. Los valores registrados en el 2017 presentan valores altos, mayores de 200.000 $\mu\text{S/cm}$.

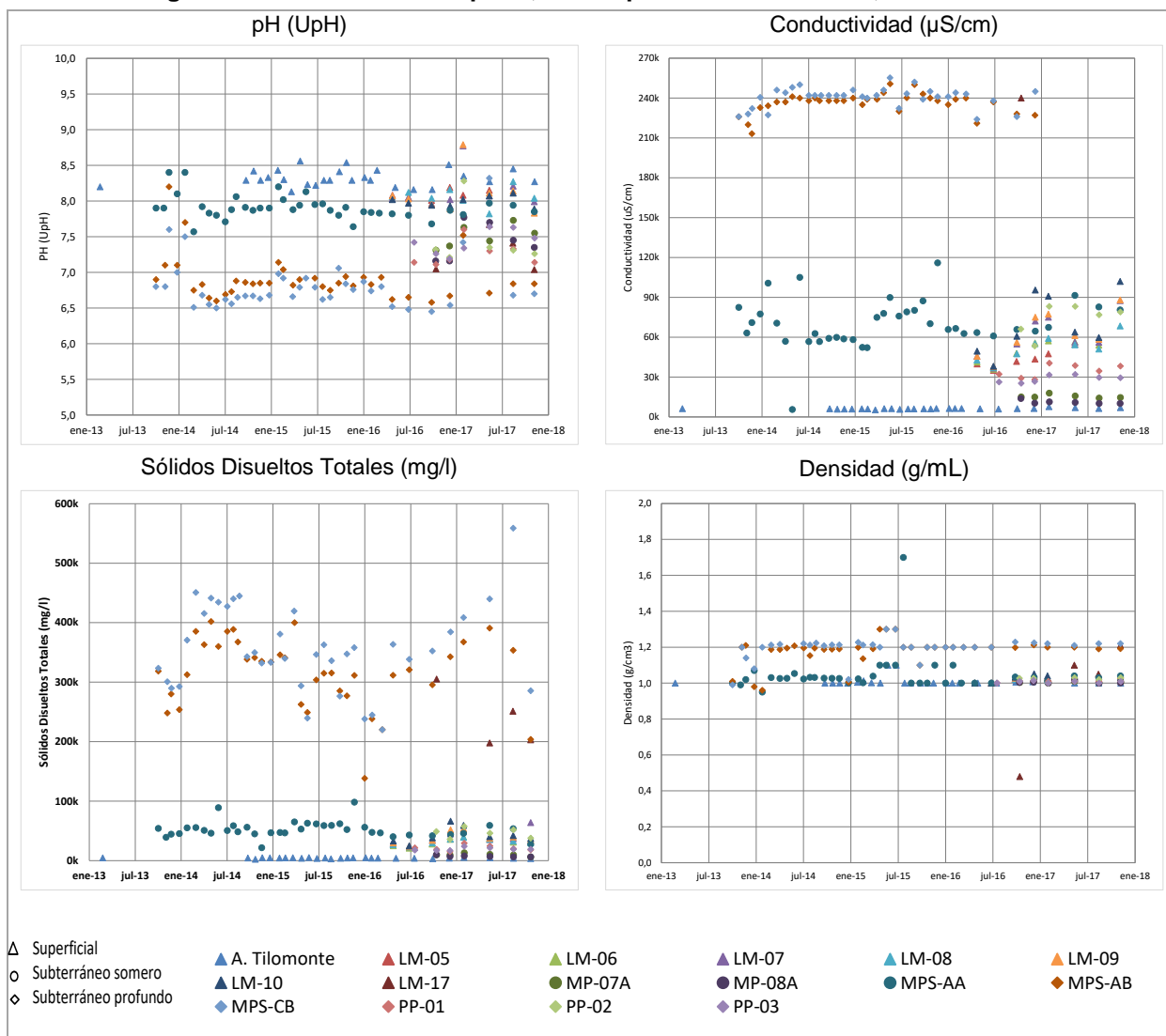
En el caso de las aguas someras, estas presentan mayor dispersión de los datos y rango de valores, entre los 5.000 $\mu\text{S/cm}$ y 115.900 $\mu\text{S/cm}$, aproximadamente. El punto de monitoreo Anterepresa Tilomonte es el que presenta el comportamiento más estable dentro de este parámetro físico-químico.

Los Sólidos Disueltos Totales, en general muestran un comportamiento diferenciado entre aguas profundas y aguas más someras. En el caso de las aguas profundas, estas muestran mayor dispersión en los registros, con variaciones que oscilan entre los 130.000 mg/L y 450.000 mg/L. Lo anterior, podría tener su origen en la variación de las técnicas de análisis usados por el laboratorio.

La variación histórica de aguas someras (MPS-AA), muestra una tendencia muy similar a la CE, en el mismo punto, dada la correlación que existe entre estos dos parámetros. Los puntos de monitoreo incorporados desde el 2016 muestran valores de STD que oscilan entre 6.000 y 66.400 mg/L. Con una tendencia observada a la estabilidad de sus valores, lo mismo ocurre en el caso del punto de monitoreo Anterepresa Tilomonte, con valores que oscilan entre 2.000 mg/L y 6.000 mg/L.

El registro temporal del parámetro Densidad, muestra un comportamiento estable para toda la serie disponible, ésta se presenta con valores con poca variabilidad considerando la fuente de las aguas, aguas profundas con densidad mayor a 1,1 g/mL (más densas y pesadas); y aguas someras y superficiales con densidades menores, bajo los 1,04 g/mL.

Figura 5-131 Variación Temporal, Físicoquímicos Laboratorio, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.8.2.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

Los elementos mayoritarios disueltos divididos en aniones y cationes, se presentan en la Figura 5-132 y Figura 5-133, respectivamente.

Los aniones que se analizan corresponden a Cloruros (Cl^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Bicarbonatos (HCO_3^-) y Nitratos (NO_3^-), se muestran en la Figura 5-132 junto con la Tabla 5-63, que contiene los estadígrafos representativos de la serie histórica, de manera de facilitar la comprensión de las figuras. A continuación, se presenta el análisis de la información para los aniones.

Los registros de Cloruros históricos (2013-2017), permiten evidenciar un comportamiento distinto, con rangos diferenciados en magnitud, para las aguas profundas (MPS-AB y MPS-CB) con concentraciones de Cloruros mayores que 135.000 mg/L, someras (MPS-AA) valores en entre 15.000 mg/L y menores a 50.000 mg/L; y aguas dulces de quebradas como es el caso de estación Anterepresa Tilomonte, con concentraciones menores a 2.000 mg/L, aproximadamente.

En el caso de la vertiente Anterepresa Tilomonte, los Cloruros presentan poca variación en el tiempo, con mínimas registradas de 1.419 mg/L y máximas de 1.888 mg/L, presentando una tendencia estable en el tiempo.

Para el caso de las aguas someras, representado históricamente por el pozo MPS-AA, este presenta una variación mayor, con mínimas de 17.890 mg/L y una máxima de 50.652 mg/L, con un comportamiento estable a través del tiempo. Al observar la Tabla 5-63, los pozos MP-07A, MP-08A, PP-01 y PP-03, presentan variaciones que van desde los 2.507 mg/L como mínima en MP-08A hasta un máximo de 12.746 mg/L en PP-01.

Las mediciones de Cloruros en las lagunas durante el 2017, se encuentran todas bajo los 38.000 mg/L. Lo anterior, excepto LM-17, el cual cabe recordar quedó implementado cercano al núcleo, y es por eso que sus concentraciones son mayores al resto de los puntos LM, con un valor medio de 152.000 mg/L.

Las concentraciones de Sulfatos muestran que existen diferencias de concentración, dependiendo de la ubicación y profundidad de las muestras. Las concentraciones menores se registran en el punto de monitoreo de Tilomonte (Anterepresa Tilomonte), mientras que el punto que presenta mayor cantidad de Sulfatos es MPS-CB. En general las tendencias son estables, sin variaciones significativas que acusen un cambio en la química de las aguas monitoreadas.

Las concentraciones medias de Sulfatos de las aguas correspondiente a las lagunas de Peine oscilan entre 2.041 y 2.900 mg/L en los puntos de monitoreo LM-05 y LM-10

respectivamente, esto permite suponer que de acuerdo al sentido del flujo de estas aguas superficiales estas se van enriqueciendo en sulfatos. Este aumento de sulfatos podría estar relacionado con procesos de evaporación de aguas y/o con aportes de materia orgánica producto de las colonias de flamencos que habitan el sector. Los puntos de monitoreo que representan aguas más profundas tienen concentraciones medias de 15.000 mg/L, en el caso del MPS-CB.

De la gráfica del Bicarbonato, a diferencia de la LP-LB, en donde se observa más bien un rango similar entre las 3 fuentes de aguas, tanto en las lagunas, como en los pozos someros y profundos, en el caso del sector Peine, se presenta claramente una diferenciación en 2 rangos de Bicarbonatos presentes en las aguas del Sector. En primer lugar, un rango para las aguas profundas entre 100 y 3.400 mg/L aproximadamente, y otro rango para las aguas de pozo someros en la zona de las lagunas, similares a los Bicarbonatos que se registran para la estación A. Tilomonte, que varían entre 200 y 412 mg/L. Los puntos LM que representan las aguas superficiales presentan concentraciones medias entre 200 y 235 mg/L.

A diferencia de las concentraciones mencionadas anteriormente los Nitratos no muestran diferencias significativas entre aguas subterráneas, someras y superficiales. Los valores de las concentraciones medias para todos los puntos de monitoreo considerados oscila entre 0,5 y 10 mg/L. Existen excepciones con algunos puntos donde los valores se escapan del rango histórico, los que se consideran como *outliers*.

El valor máximo en el punto A. Tilomonte de 269,13 mg/L, el cual es considerado como un outlier, tomando en cuenta que el valor medio de este punto es de 1,11 mg/L para una serie de 27 registros. Asimismo, en el mes de Febrero de 2017 se reconocen los valores asociados a MPS-AB, LM-10, LM-09 y PP-02 como valores outliers. Para el punto MPS-CB se registró un valor de 801,5 mg/L, el cual queda fuera de la escala de la figura.

En cuanto a la evolución temporal, se observa que para los 4 aniones analizados, los valores medidos en el 2017, en relación a los rangos registrados en años anteriores se mantienen dentro de la variación natural; en este periodo analizado no se observan variaciones significativas que alerten un potencial cambio en la química de las aguas.

De la misma manera que para los aniones analizados, los cationes que se analizan corresponden a: Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Sodio (Na^+) y Potasio (K^+), para ellos se presenta la Figura 5-133 de manera conjunta con la Tabla 5-64 con sus estadígrafos respectivos.

Las concentraciones de Calcio muestran que, el pozo somero MPS-AA presenta un alto contenido de éste elemento, sus concentraciones en general oscilan en un rango que va de

1.200 a 1.600 mg/L. En el resto de los pozos someros los valores son menores, con un promedio de la mediana de 400 mg/L. En las aguas superficiales destaca el punto de monitoreo LM-17 que, de acuerdo a sus 4 registros, muestra una concentración media de 1.396 mg/L. Dentro de los pozos profundos, el punto MPS-AB presenta un valor máximo de 1.741 mg/L, siendo el más alto de todos los registros. De los puntos PP-XX los valores son menores, variando entre 242 mg/L y 615 mg/L.

El Magnesio, Sodio y Potasio disueltos, muestran en los 3 casos, que las aguas profundas son las que tienen mayores concentraciones de estos elementos. Se observan concentraciones diferenciadas entre las aguas profundas y las aguas someras y superficiales.

En el caso del Sodio, las concentraciones de las aguas profundas presentan un rango medio cercano a los 90.000 mg/L. Para las aguas superficiales el valor medio es de 9.000 mg/L, Las concentraciones menores se registran en los puntos MP-08A y MP-07A, con un valor medio de 1.750 mg/L, aproximadamente.

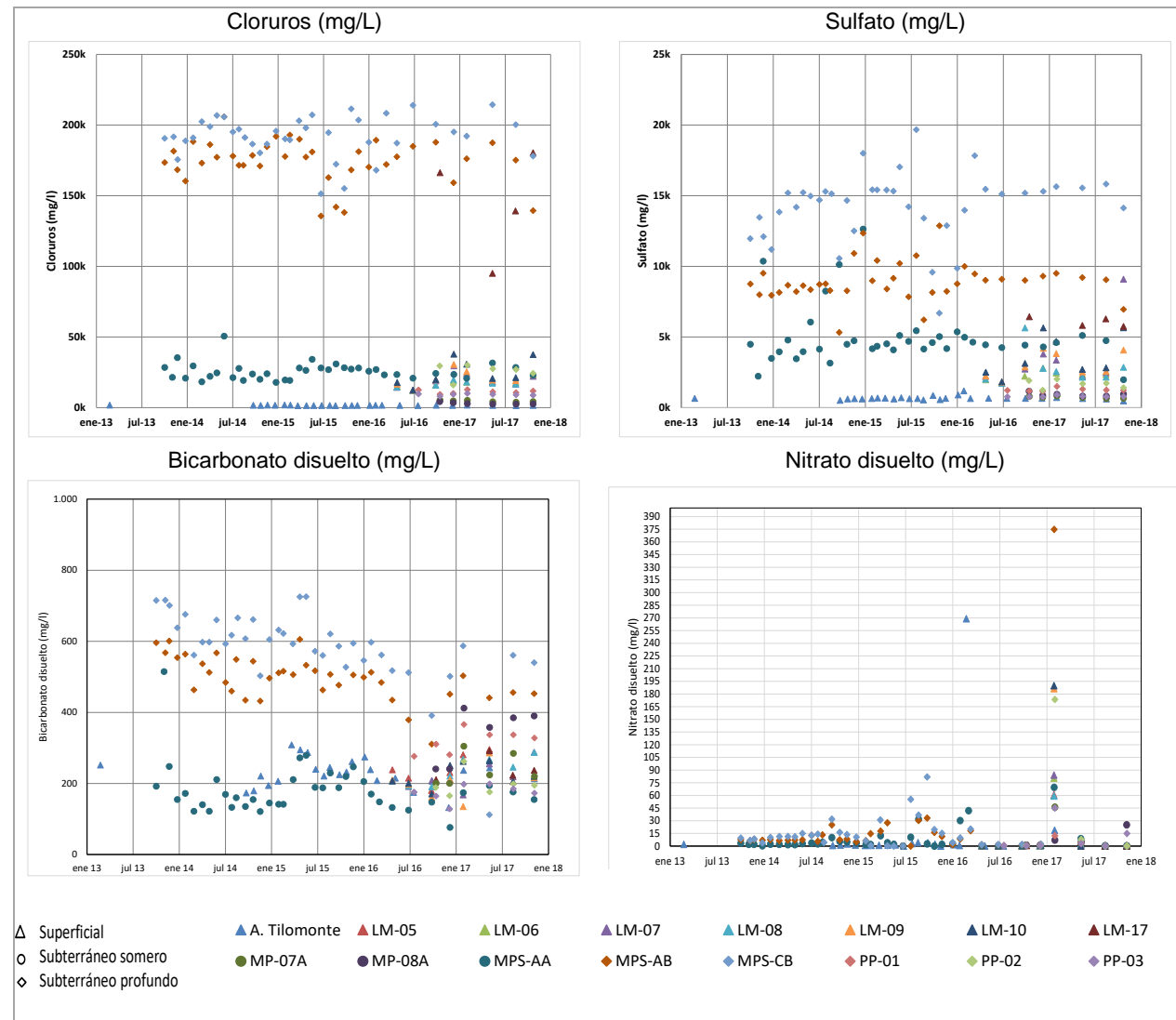
Las concentraciones de Magnesio para las aguas superficiales muestran un valor medio cercano a 780 mg/L, mientras que para las aguas profundas este valor asciende a 8.000 mg/L.

Para el Potasio, en las aguas superficiales presenta un promedio de 1.285 mg/L; para las aguas profundas los valores son más altos, de alrededor de los 17.000 mg/L de media; los pozos someros disminuyen con un promedio de 750 mg/L y para los pozos PP-XX una media de 1300 mg/L.

Para todos los elementos mencionados se observa que LM-17, al estar cercano al núcleo, presenta concentraciones de Calcio, Sodio y Potasio, cercanas al rango de los pozos profundos, es decir, altas concentraciones, más que las lagunas y las aguas someras.

De la evolución temporal, se observa que para los 4 cationes analizados, los valores medidos en el 2017, en relación a los rangos registrados en años anteriores, que se mantuvieron dentro de la variación natural.

Figura 5-132 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Peine Aniones (mg/L)



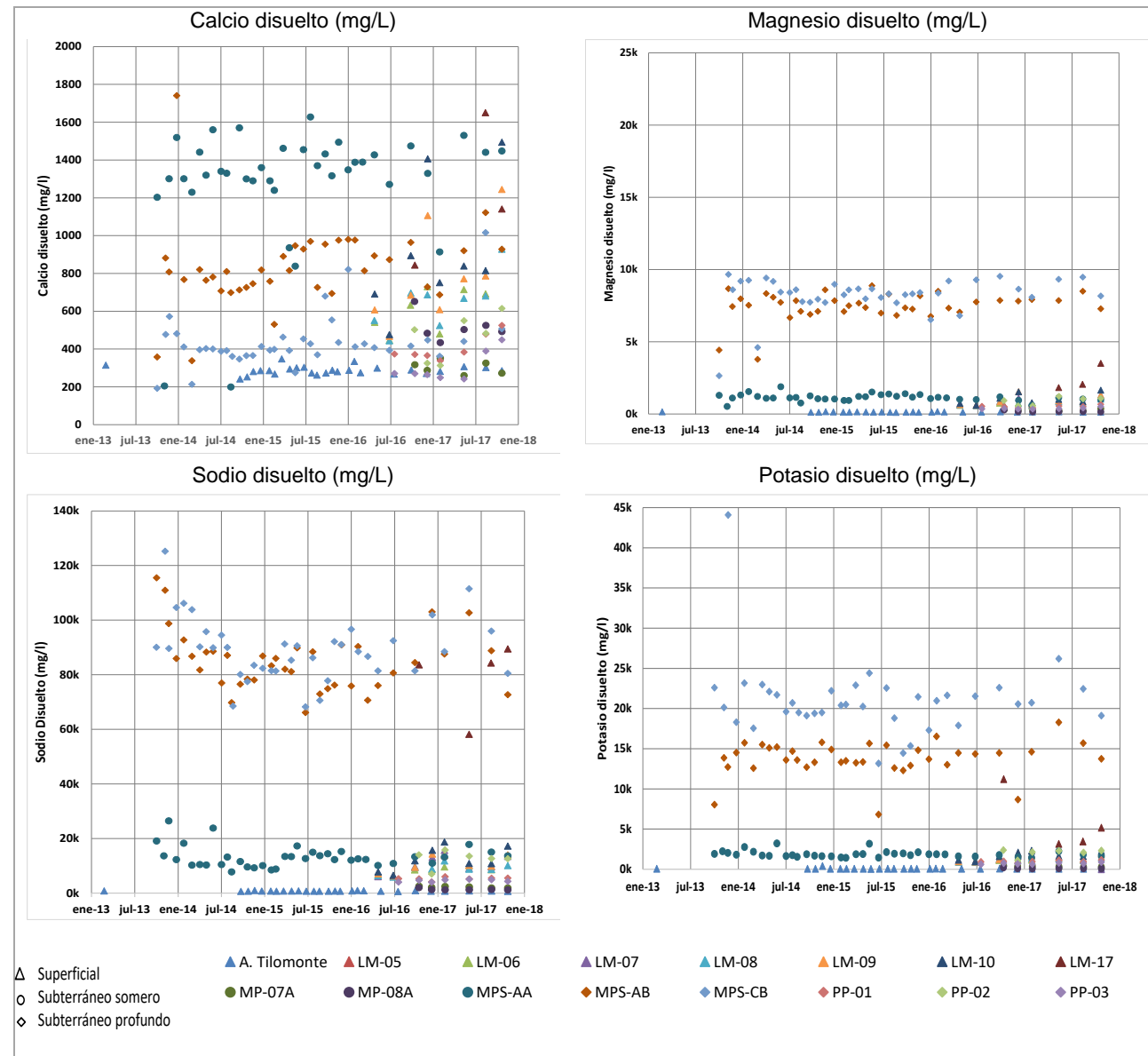
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-63 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Peine

Cloruros (Cl ⁻), (mg/L)					Sulfatos (SO ₄ ²⁻), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	1.419	1.637	1.888	A.Tilom	27	479	650	1.194
LM-05	6	12.106	14.001	17.467	LM-05	6	1.613	2.041	2.166
LM-06	7	12.009	17.895	19.048	LM-06	7	1.721	2.334	2.796
LM-07	8	12.300	18.555	29.604	LM-07	8	1.742	2.603	9.093
LM-08	8	12.009	17.013	23.240	LM-08	8	1.717	2.352	5.645
LM-09	8	12.300	19.558	30.575	LM-09	8	1.810	2.725	4.199
LM-10	8	12.494	20.986	37.854	LM-10	8	1.836	2.975	5.657
LM-17	4	95.099	152.769	180.430	LM-17	4	5.748	6.057	6.438
MP-07A	6	3.887	4.527	5.332	MP-07A	6	652	732	834
MP-08A	6	2.507	2.759	4.305	MP-08A	6	819	909	1.174
MPS-AA	40	17.890	24.442	50.652	MPS-AA	40	1.978	4.502	12.636
MPS-AB	38	135.632	177.310	205.823	MPS-AB	38	5.332	8.766	12.874
MPS-CB	38	151.358	193.415	214.413	MPS-CB	38	6.695	15.048	19.675
PP-01	7	9.393	11.248	12.746	PP-01	7	1.149	1.235	1.506
PP-02	6	16.015	27.302	30.209	PP-02	6	1.240	1.709	2.030
PP-03	7	8.121	9.415	10.122	PP-03	7	762	779	914

Bicarbonato disuelto (HCO ₃ ⁻), (mg/L)					Nitrato disuelto (NO ₃ ⁻), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	132	225	2117	A.Tilom	27	0,07	1,33	269,13
LM-05	6	181	235	296	LM-05	6	0,29	0,455	60,67
LM-06	7	82,4	217	268	LM-06	7	0,29	0,59	80,60
LM-07	8	168	209	288	LM-07	8	0,29	0,49	84,14
LM-08	8	191	233	287	LM-08	8	0,29	0,52	59,34
LM-09	8	135	207	286	LM-09	8	0,29	0,47	186,44
LM-10	8	171	214	264	LM-10	8	0,29	0,51	189,98
LM-17	4	211	230	292	LM-17	4	0,29	0,58	5,44
MP-07A	6	201	222	305	MP-07A	6	0,29	0,94	46,05
MP-08A	6	241	372	412	MP-08A	6	0,29	3,34	25,28
MPS-AA	40	76	170	515	MPS-AA	40	0,07	2,50	69,52
MPS-AB	38	311	506	3.405	MPS-AB	38	0,073	7,52	374,65
MPS-CB	38	112	596	726	MPS-CB	38	0,07	10	801,5
PP-01	7	277	328	366	PP-01	7	0,29	0,77	12,3
PP-02	6	166	195	262	PP-02	6	0,29	0,72	173,6
PP-03	7	129	176	199	PP-03	7	0,29	0,48	45,2

Figura 5-133 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Peine Cationes (mg/L)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-64 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Peine

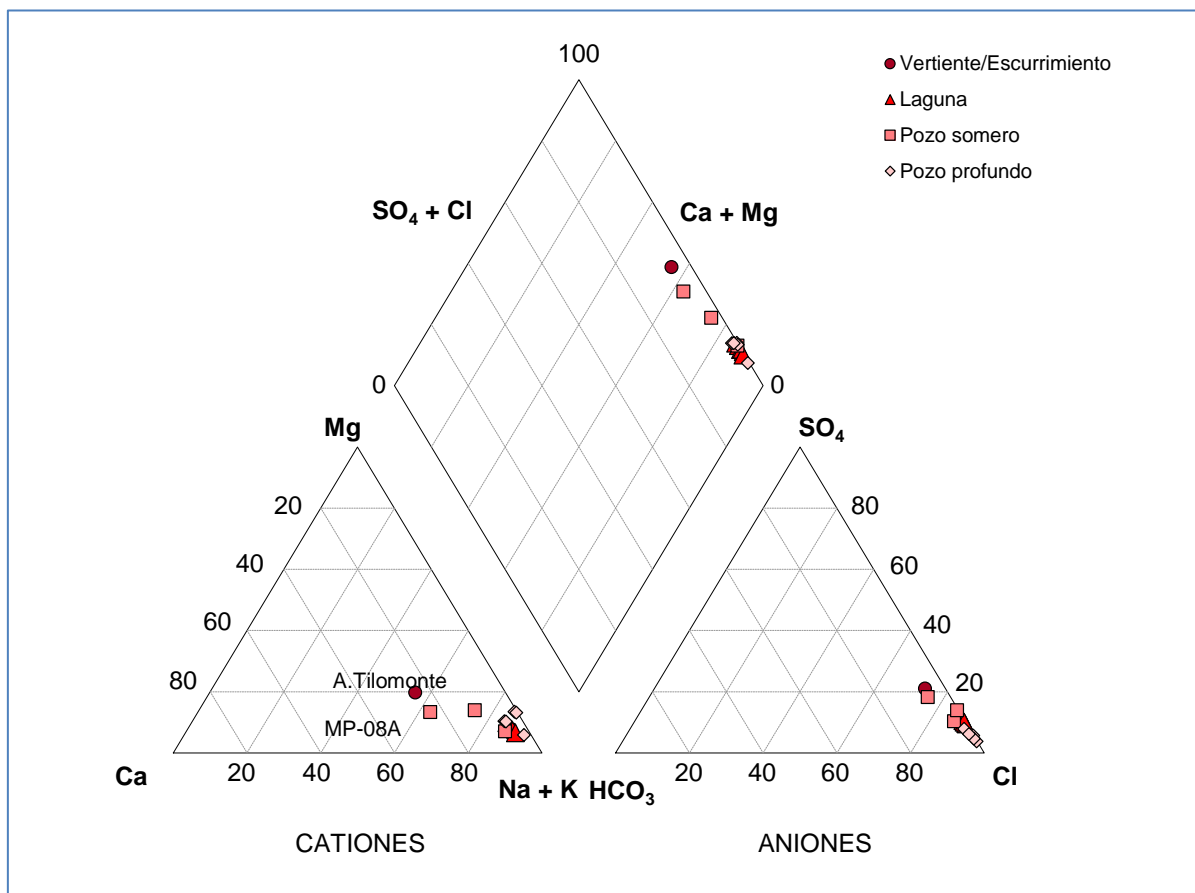
Calcio disuelto (Ca ²⁺), (mg/L)					Magnesio disuelto (Mg ²⁺), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A. Tilom	27	242	286	348	A. Tilom	27	115	135	168
LM-05	6	428	517	685	LM-05	6	501	551	845
LM-06	7	447	632	730	LM-06	7	547	755	882
LM-07	8	460	692	1.165	LM-07	8	602	859	1.301
LM-08	8	443	675	928	LM-08	8	587	741	1.035
LM-09	8	467	728	1.244	LM-09	8	607	847	1.549
LM-10	8	477	827	1.494	LM-10	8	604	939	1.649
LM-17	4	844	1.396	2.164	LM-17	4	568	1.945	3.511
MP-07A	6	260	302	352	MP-07A	6	225	263	371
MP-08A	6	434	498	652	MP-08A	6	148	173	283
MPS-AA	40	199	1.344	1.628	MPS-AA	40	527	1.124	1.890
MPS-AB	38	338	815	1.741	MPS-AB	38	3.784	7.605	8.884
MPS-CB	38	192	407	1.016	MPS-CB	38	2.649	8.408	9.663
PP-01	7	338	373	525	PP-01	7	423	514	676
PP-02	6	313	493	615	PP-02	6	565	994	1.224
PP-03	7	242	270	449	PP-03	7	336	373	520

Sodio disuelto (Na ⁺), (mg/L)					Potasio disuelto (K ⁺), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A. Tilom	27	568	752	959	A. Tilom	27	36,6	58	400
LM-05	6	5.483	7.081	9.088	LM-05	6	900	990	1.346
LM-06	7	6.087	8.585	10.100	LM-06	7	902	1.132	1.418
LM-07	8	6.036	9.653	15.640	LM-07	8	948	1.358	1.840
LM-08	8	5.871	8.831	11.800	LM-08	8	914	1.214	1.463
LM-09	8	6.322	10.029	14.305	LM-09	8	953	1.382	1.947
LM-10	8	6.550	11.351	18.740	LM-10	8	995	1.636	2.309
LM-17	4	58.210	83.992	89.440	LM-17	4	3.148	4.310	11.215
MP-07A	6	1.888	2.200	2.594	MP-07A	6	278	332	402
MP-08A	6	1.219	1.293	2.020	MP-08A	6	101	118	218
MPS-AA	40	7.780	12.646	26.462	MPS-AA	40	143	1.808	3.210
MPS-AB	38	66.159	85.188	115.492	MPS-AB	38	6.809	13.799	18.280
MPS-CB	38	68.254	89.763	125.235	MPS-CB	38	13.175	20.629	44.088
PP-01	7	4.132	5.295	6.018	PP-01	7	764	961	1.163
PP-02	6	7.039	13.119	15.820	PP-02	6	1.094	2.215	2.389
PP-03	7	4.006	4.728	5.116	PP-03	7	612	715	872

Desde la Figura 5-134 a la Figura 5-137, se presentan Diagramas de Piper con la clasificación de las aguas, para las campañas de Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre de 2017, en el Sector Peine. Como se puede observar, la composición de todas las muestras de aguas del sector es del tipo clorurada sódica, sin variaciones a destacar entre las diferentes campañas.

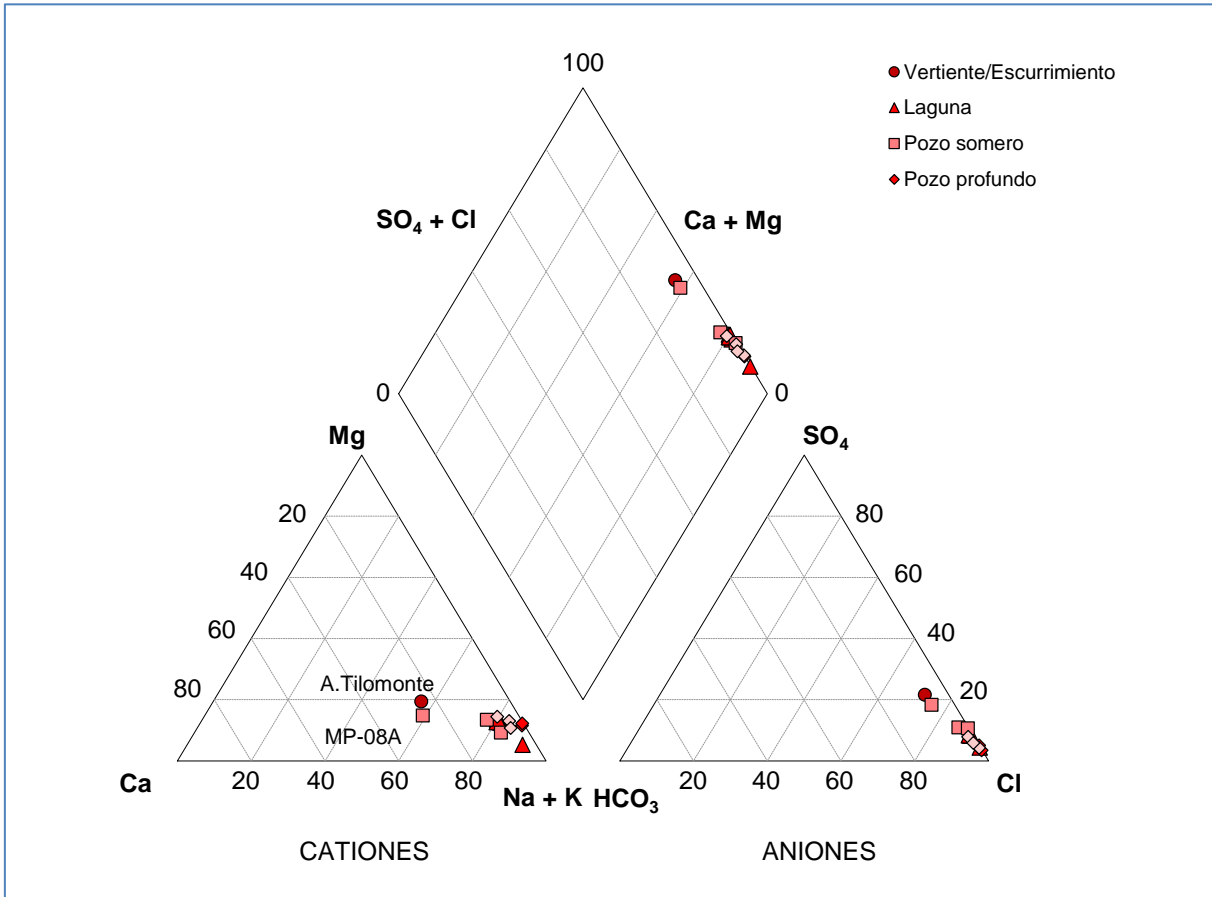
Dentro de esta composición clorurada sódica, las muestras con menores porcentajes de Cloruros y Sodio son la muestra superficial A. Tilomonte y el pozo somero MP-08A, con aguas con una mayor proporción de Calcio y Magnesio, coherente con la menor salinidad de estas dos muestras.

Figura 5-134 Diagrama de Piper, Campaña Febrero 2017, Sector Peine



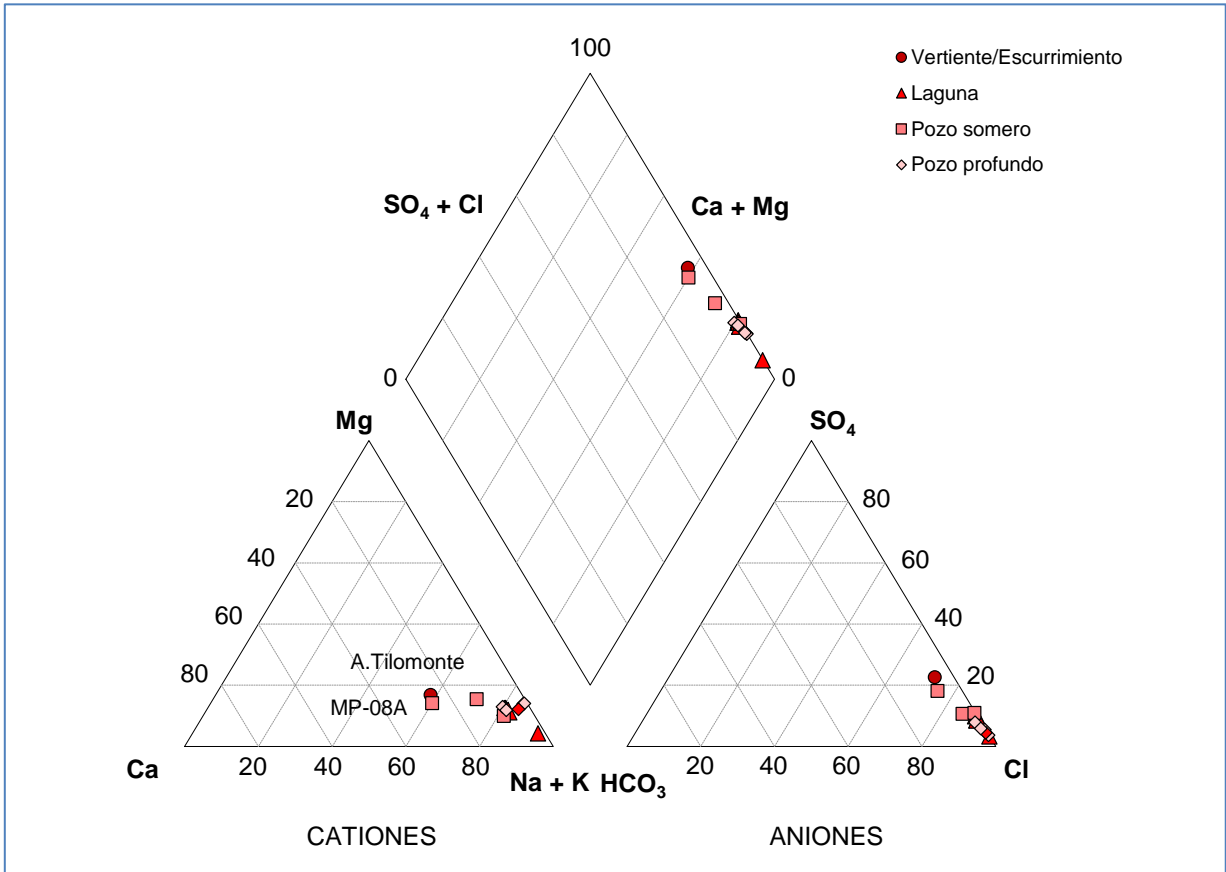
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-135 Diagrama de Piper, Campaña Mayo 2017, Sector Peine



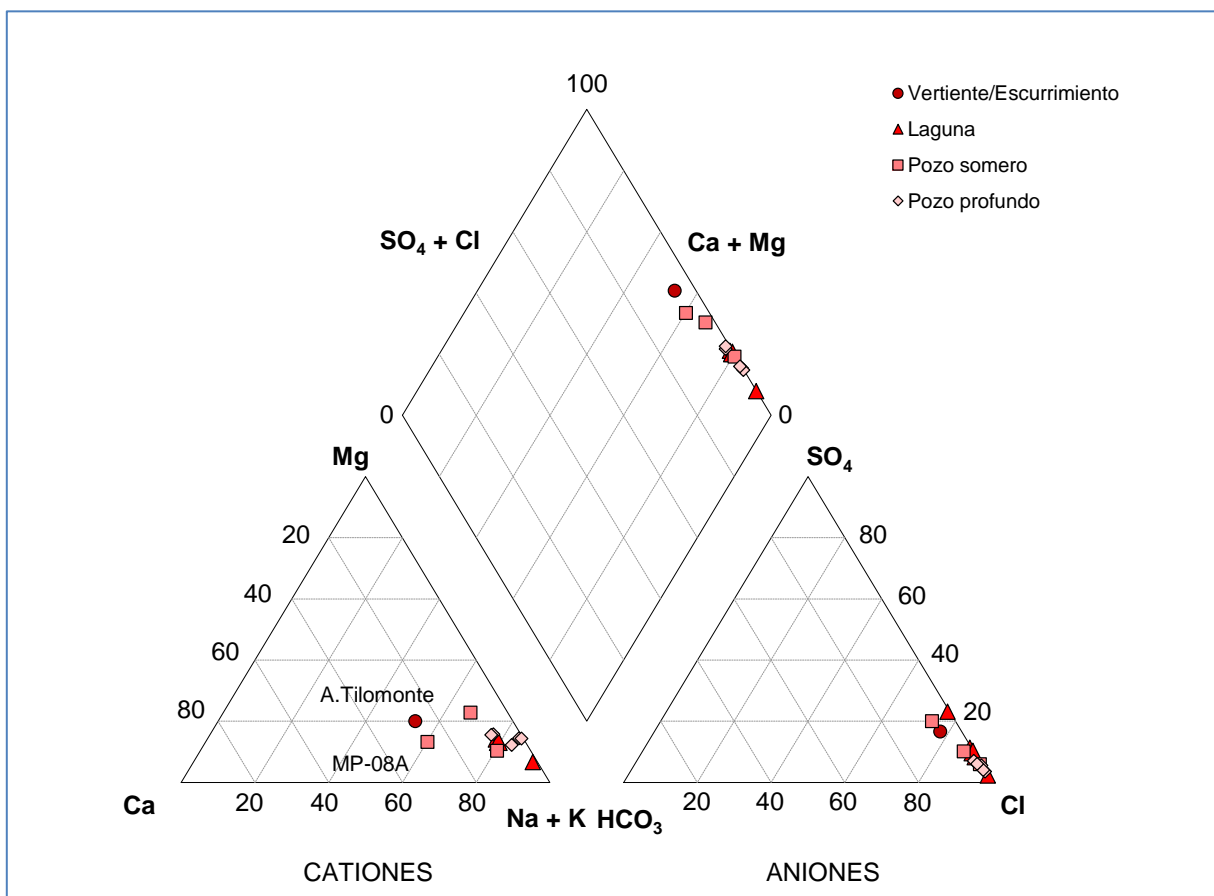
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-136 Diagrama de Piper, Agosto 2017, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-137 Diagrama de Piper, Noviembre 2017, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

5.8.2.4 Elementos Mayoritarios Totales

Los elementos mayoritarios totales analizados corresponden a Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na) y Potasio (K), y en la Figura 5-138 y Tabla 5-65 se presentan la evolución temporal en el período 2013-2017 y los estadígrafos de la serie, respectivamente. En términos generales se aprecia que el comportamiento de ellos en el período con información muestra tendencias estables que no presentan variaciones significativas en el tiempo.

En el caso particular del Calcio, las aguas someras, representado por MPS-AA para los registros históricos, presenta concentraciones promedio de 1.500 mg/L, aproximadamente, llegando a máximas de 3.596 mg/L, valor que se considera *outlier*. Los otros puntos someros, MP-07A y MP-08A, presentan valores menores, con medianas promedio de 440 mg/L. Luego le siguen las aguas profundas, con una mediana de 851 mg/L en el punto MPS-AB. Las lagunas, presentan concentraciones de medianas promedio de 700 mg/L, y A. Tilomonte es la que presenta el contenido más bajo de Calcio total con una mediana de 304

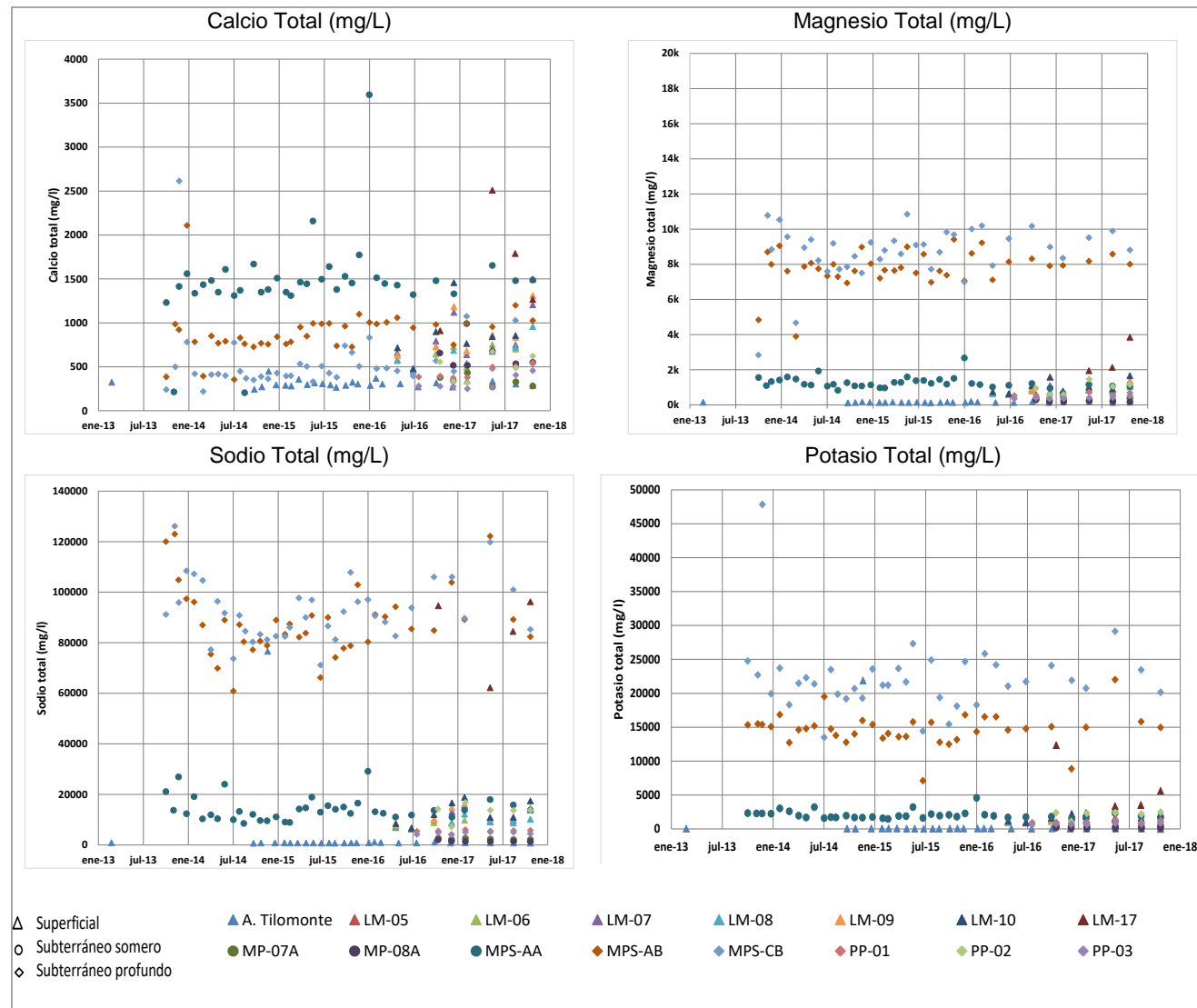
mg/L. Los valores de los puntos PP-XX, son similares a los valores de los pozos someros, con mediana promedio de 400 mg/L.

Para el Magnesio, se presentan concentraciones en dos rangos claramente diferenciado. Uno para los pozos profundos, y otra para los someros y aguas superficiales. Las aguas profundas registran valores en general entre los 2.800 y los 10.800 mg/L. las aguas someras y superficiales, presentan concentraciones mínimas representadas por A. Tilomonte, con medianas de 141 mg/L, y para las aguas someras, representadas por MPS-AA con medianas de 1.177 mg/L. El resto de los puntos de aguas someras, ubicadas al borde del salar presentan valores promedio de 230 mg/L. Durante el 2017 las aguas superficiales oscilan en un rango entre los 615 y los 960 mg/L. Un comportamiento distinto al resto de los puntos de monitoreo de aguas superficiales es el LM-17, el que presenta concentraciones más elevadas que el resto, condición que se observa en todos los elementos analizados.

Las concentraciones de Sodio total para las aguas profundas se encuentran en rangos de entre 60.000 hasta los 126.000 mg/L. El punto LM-17, presenta concentraciones similares a los contenidos de las aguas profundas, con un valor medio de 84.400 mg/L para 4 registros. Las aguas someras y superficiales, varían desde 670 mg/L (A. Tilomonte) hasta los 18.000 mg/L (LM-10). El valor registrado de 76.600 mg/L en el punto A. Tilomonte es considerado como *outlier*.

Las concentraciones de Potasio total se encuentran sobre los 7.000 mg/L para las aguas profundas; y bajo 5.000 para las aguas someras y superficiales, con tendencias estables durante todo el período de monitoreo 2013-2017. El valor medio de menor concentración es de 60 mg/L para el punto A. Tilomonte, mientras que el más alto es de 21.500 mg/L para el MPS-CB. El LM-17 presenta valores altos, con una media de 4.576 mg/L.

Figura 5-138 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Totales, Sector Peine (2013-2016)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-65 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Totales - Sector Peine (2013-2016)

Calcio Total, (mg/L)					Magnesio Total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	244	304	450	A.Tilom	27	118	141	190
LM-05	6	438	520	715	LM-05	6	544	615	867
LM-06	7	450	644	754	LM-06	7	549	755	882
LM-07	8	468	728	1.207	LM-07	8	603	870	1.351
LM-08	8	460	681	959	LM-08	8	593	746	1.044
LM-09	8	478	782	1.312	LM-09	8	609	910	1.576
LM-10	8	480	849	1.498	LM-10	8	646	960	1.665
LM-17	4	910	1.528	2.510	LM-17	4	577	2.041	3.854
MP-07A	6	273	334	432	MP-07A	6	236	270	382
MP-08A	6	517	542	675	MP-08A	6	168	180	286
MPS-AA	40	206	1.447	3.596	MPS-AA	40	666	1.177	2.676
MPS-AB	38	0,00001	851	2.109	MPS-AB	38	3.900	7.892	9.412
MPS-CB	38	220	452	2.615	MPS-CB	38	2.842	8.968	10.849
PP-01	7	373	395	544	PP-01	7	426	537	720
PP-02	6	319	522	670	PP-02	6	566	1.003	1.468
PP-03	7	250	279	458	PP-03	7	354	389	525

Sodio Total, (mg/L)					Potasio Total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	676	788	76.600	A.Tilom	27	37	60	21.900
LM-05	6	6.103	7.305	9.246	LM-05	6	942	1.063	1.390
LM-06	7	6.191	8.655	10.400	LM-06	7	923	1.171	1.443
LM-07	8	6.351	9.887	15.850	LM-07	8	981	1.393	1.963
LM-08	8	6.619	8.956	12.130	LM-08	8	946	1.256	1.478
LM-09	8	6.626	10.654	15.400	LM-09	8	977	1.489	2.046
LM-10	8	6.637	11.446	18.830	LM-10	8	998	1.651	2.378
LM-17	4	62.200	84.460	96.230	LM-17	4	3.372	4.576	12.358
MP-07A	6	2.062	2.253	2.646	MP-07A	6	304	373	487
MP-08A	6	1.314	1.382	2.046	MP-08A	6	119	136	218
MPS-AA	40	8.490	13.189	29.108	MPS-AA	40	1.470	1.909	4.598
MPS-AB	38	60.900	87.076	122.998	MPS-AB	38	7.132	14.883	22.020
MPS-CB	38	71.141	91.003	126.120	MPS-CB	38	13.500	21.598	47.860
PP-01	7	4.132	5.517	6.060	PP-01	7	781	988	1.338
PP-02	6	7.148	13.720	16.830	PP-02	6	1.100	2.351	2.494
PP-03	7	4.117	4.859	5.120	PP-03	7	636	744	883

5.8.2.5 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Dentro de los elementos minoritarios disueltos comprometidos a monitorear, se encuentra el Boro (B), el Litio (Li) y el Estroncio (Sr). En la Figura 5-139 y Tabla 5-66 se presenta la gráfica de la variación temporal de estos elementos, junto con sus estadígrafos de la serie registrada.

El Boro y Litio, en general son considerados elementos minoritarios, ya que en la mayoría de las aguas se encuentran en concentraciones muy pequeñas, sin embargo, en el Salar de Atacama y en particular en la zona del Proyecto, la hidrogeología de la cuenca y los procesos de evaporación hacen que existan tanto en el acuífero como en la salmuera, contenidos considerables de Boro y de Litio (cationes), que juntos, conforman un 5% del total del balance iónico.

Para estos dos elementos, la evolución temporal que se observa es muy similar. Altos contenidos de Boro y Litio disueltos en las aguas profundas, y en menor grado presentes en las aguas someras y superficiales.

Los rangos de Boro disuelto en las aguas profundas van desde los 50 mg/L hasta los 1.200 mg/L aprox. En el caso de las aguas someras y superficiales, estas se encuentran bajo los 160 mg/L. El punto de monitoreo LM-17 se comporta en forma especial, dado que está inserto en el núcleo, con una concentración media de 133,8 mg/L para todas las campañas realizadas.

Las concentraciones de Litio disuelto, en el caso de las aguas profundas, presentan valores medios de 1.280 mg/L, hasta llegar a los 2.621,4 mg/L (existe un mínimo de 0,5 mg/L para MPS-AB en Marzo 2014, considerado *outlier*). En el caso de las aguas someras y superficiales, éstas se presentan en este sector bajo los 300 mg/L, donde las aguas superficiales muestran valores medios de 88 mg/L.

El Estroncio disuelto, se presenta de un comportamiento distinto a los dos elementos anteriores; para el punto MPS-AA presenta mayor contenido de Estroncio disuelto en las aguas, con concentraciones entre los 2,2 a los 78 mg/L. Las aguas profundas presentan un valor medio de 9,4 mg/L y las aguas superficiales de 7,8 mg/L.

El punto LM-17, presenta concentraciones más elevadas, con valor medio de 31 mg/L, siendo éste mayor que el de las aguas profundas monitoreadas en el sector. Esta situación podría responder a la ubicación de este punto de monitoreo que es cercano al núcleo.

Las concentraciones de Boro, Litio y Estroncio disuelto, se presentan durante el 2017 dentro de los rangos históricos de concentración, en general no hay variaciones significativas en el periodo de monitoreo.

Figura 5-139 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Disueltos, Sector Peine

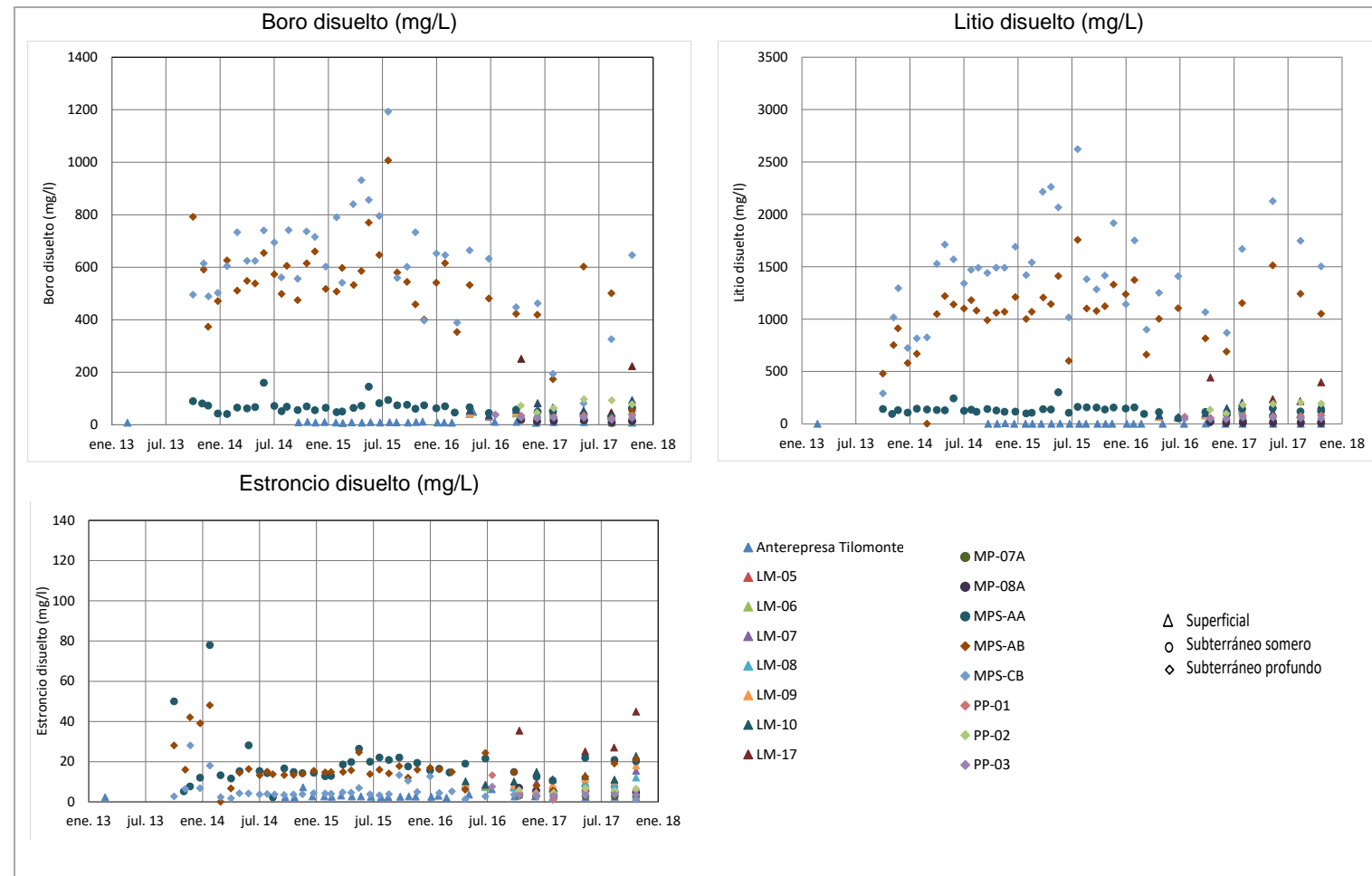


Tabla 5-66 Estadígrafos Elementos Minoritarios Disueltos - Sector Peine

Boro disuelto, (mg/L)					Litio disuelto, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	6,9	9,0	49,5	A.Tilom	27	0,8	1,1	5,4
LM-05	6	31,3	36,8	44,4	LM-05	6	58,5	64,5	94,7
LM-06	7	30,9	42,5	53,8	LM-06	7	61,4	79,7	105,0
LM-07	8	30,9	48,0	71,2	LM-07	8	64,3	95,4	172,0
LM-08	8	34,6	41,3	53,8	LM-08	8	61,7	85,1	129,0
LM-09	8	32,7	46,2	82,2	LM-09	8	62,0	97,9	148,0
LM-10	8	32,6	56,0	93,3	LM-10	8	64,8	107,7	204,0
LM-17	4	22,1	133,8	251,1	LM-17	4	217,0	315,5	442,3
MP-07A	6	6,4	15,3	18,2	MP-07A	6	19,7	23,1	29,7
MP-08A	6	11,2	14,1	19,7	MP-08A	6	7,0	8,6	16,7
MPS-AA	40	29,5	64,6	160,0	MPS-AA	40	52,3	131,2	300,8
MPS-AB	38	53,3	539,5	1.006,3	MPS-AB	38	0,5	1.078,3	1.756,2
MPS-CB	38	81,9	624,0	1.192,6	MPS-CB	38	291	1.455,0	2.621,4
PP-01	7	24,7	34,7	38,6	PP-01	7	47,1	72,9	80,0
PP-02	6	45,4	75,4	97,2	PP-02	6	95,9	186	205,0
PP-03	7	20	27,0	37,6	PP-03	7	45,5	51,3	60,4

Estroncio disuelto, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	2,1	2,6	7,2
LM-05	6	5,4	7,1	9,7
LM-06	7	6,0	7,5	9,6
LM-07	8	7,9	8,8	15,4
LM-08	8	6,8	7,7	12,1
LM-09	8	8,2	9,9	18,1
LM-10	8	8,4	11,1	22,8
LM-17	4	25,0	31,2	44,9
MP-07A	6	2,8	2,9	3,1
MP-08A	6	4,7	5,2	7,0
MPS-AA	40	2,2	16,0	78,0
MPS-AB	38	0,002	14,8	48,0
MPS-CB	38	0,9	4,0	28,0
PP-01	7	1,5	5,1	13,3
PP-02	6	3,7	5,5	6,7
PP-03	7	3,1	3,2	7,6

Fuente: Elaboración propia

5.8.2.6 Elementos Minoritarios y Trazas Totales

Dentro de los elementos minoritarios en trazas totales comprometidos a monitorear, se encuentran Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro (B), Hierro (Fe), Litio (Li), Silicio (Si) y Estroncio (Sr).

En la Figura 5-140 y Tabla 5-67 se presenta la gráfica de la variación temporal de Al, As, B y Fe, junto con sus estadígrafos de la serie registrada. El análisis del Litio, Silicio y Estroncio total, se presenta la Figura 5-141 y la Tabla 5-68.

El Aluminio total, el Arsénico total y el Hierro total, son elementos que se encuentran en bajas concentraciones en comparación con el Boro total y el Litio total. El aluminio total, en general muestran valores medios que se encuentran para los pozos profundos cercanos a 0,5 mg/L. Existen ciertos valores entre julio 2014 a Marzo 2015, que se registran concentraciones de 20 mg/L, y luego de dicha fecha, vuelven a marcar concentraciones bajas, llegando incluso a 0,01 mg/L en el 2015. Lo anterior, podría estar relacionado a cambios de laboratorios ocurridos y a la dilución que se usa para los análisis.

Las aguas someras, presentan concentraciones de mediana promedio de 1,86 mg/L. Las aguas de las lagunas y de la A. Tilomonte, presentan concentraciones máximas de 3,3 mg/L y 13,3 mg/L, respectivamente. Los valores registrados durante el 2017 muestran una tendencia igual a lo anteriormente señalado, no se observan variaciones significativas en la concentración de éste elemento.

Para el Arsénico total, en el caso de las aguas profundas, presentan concentraciones que van desde los 38 mg/l a los 5.875 mg/L. Para las aguas someras, se presentan medianas máximas de 1,64 mg/L, representada por el punto LM-10. Un comportamiento diferente para las aguas superficiales muestra el punto LM-17 su valor medio para los análisis es de 6,5 mg/L, y el valor máximo es de 11,6 mg/L. Esta condición estaría dada por la ubicación de este punto de monitoreo, que es cercana al núcleo, y su agua estaría influenciada por la salmuera.

El Boro total, presenta el mismo comportamiento que el Boro disuelto, se observan concentraciones mayores que en el resto de parámetros analizados. Las aguas profundas tienen un valor medio de 647 mg/L, con máximas que sobrepasan los 1.500 mg/L, como en el caso del MPS-CB.

Las aguas superficiales muestran concentraciones medias de 49 mg/L a excepción del punto A. Tilomonte, que registra una media de 9,78 mg/L para un total de 25 registros. Al igual que en otros analitos el punto LM-17 muestra concentraciones de Boro mayores que el resto de puntos que monitorean aguas superficiales.

El Hierro total, es el elemento que muestra menor concentración en relación a los demás elementos minoritarios analizados para el Sector. La media máxima se registra en el punto MP-08A con 4,75 mg/L, el resto de los valores medios están por debajo de los 0,6 mg/L en media.

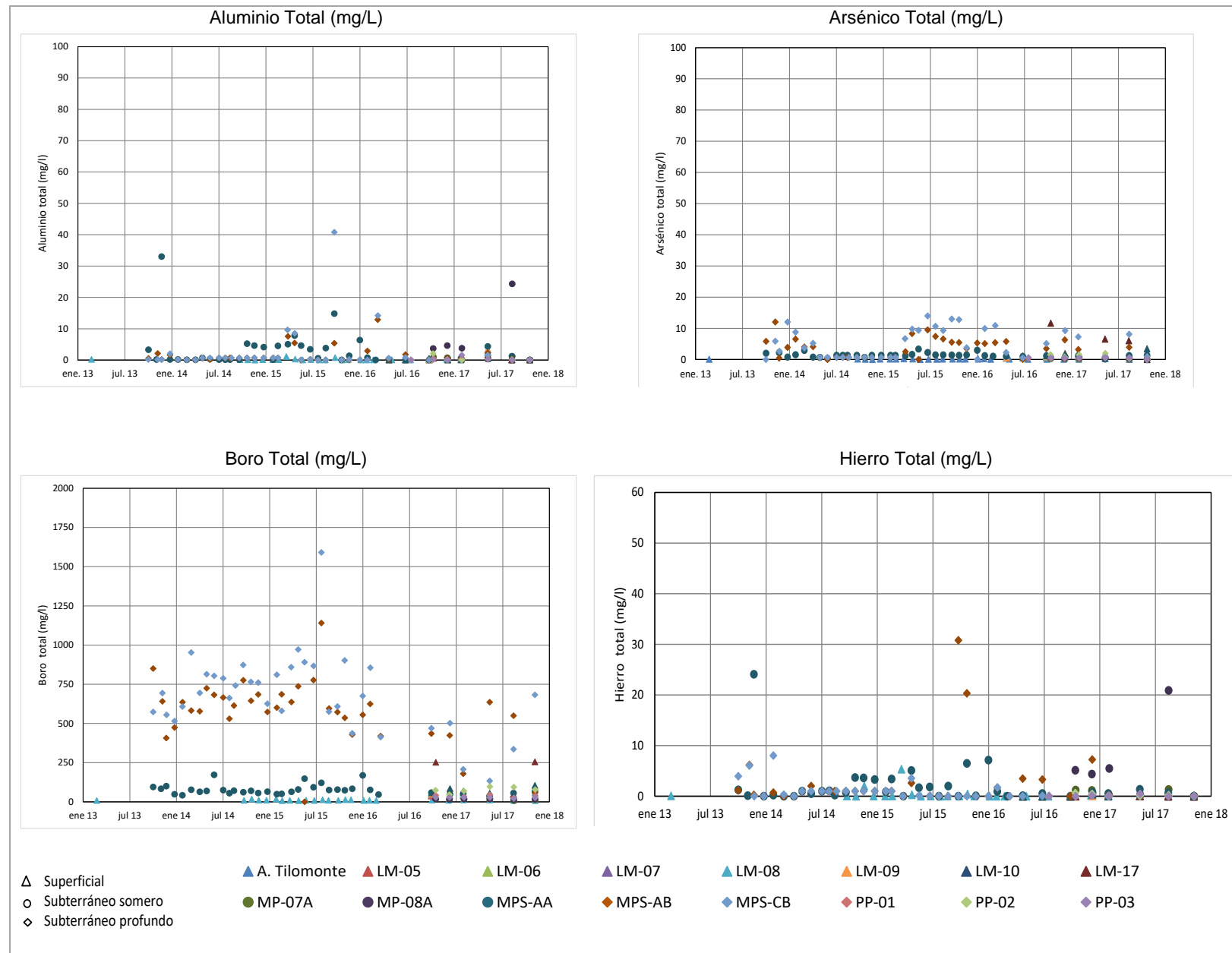
De la variación temporal, en el caso del Litio total, se puede señalar que presenta el mismo comportamiento que el Litio disuelto. Son las aguas profundas las que presentan concentraciones mayores de este elemento, con rangos que varían entre los 489 mg/L hasta los 3.046 mg/L. Las aguas someras, presentan menos dispersión de concentraciones, que van desde los 7,94 mg/L a los 380,56 mg/L. Destaca la concentración del punto A. Tilomonte, la cual es notoriamente más baja que el resto, con un valor medio de 1,19 mg/L y un máximo de 5,3 mg/L. Para los puntos PP-XX los valores van desde los 47,2 mg/L a los 207 mg/L.

Las concentraciones de Silicio total son mayores en aguas someras, con un valor medio de 46 mg/L; en el caso de las aguas superficiales este valor es de 35,7 mg/L. Las aguas profundas, a diferencia de los otros elementos muestran concentraciones más bajas de Silicio, con un valor medio de 2,5 mg/L. De acuerdo al registro histórico las concentraciones medidas en el 2017 se encuentran dentro de los rangos normales, observados anteriormente.

El Estroncio total, al igual que el Silicio total, se presenta en mayores concentraciones en las aguas someras, y en menor presencia en las aguas profundas y lagunas. Las aguas someras se presentan con una mediana de 19,2 mg/L (MPS-AA) y un promedio para los puntos MP-07A y MP-08A de 4,45 mg/L; el valor medio de aguas superficiales es de 9,1 mg/L.

En general se observa para todos los elementos minoritarios totales, tendencias estables durante la data histórica, y los registros correspondientes al año 2017 se encuentran dentro de rangos normales de variación para cada tipo de agua (aguas superficiales, someras y profundas).

Figura 5-140 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Peine



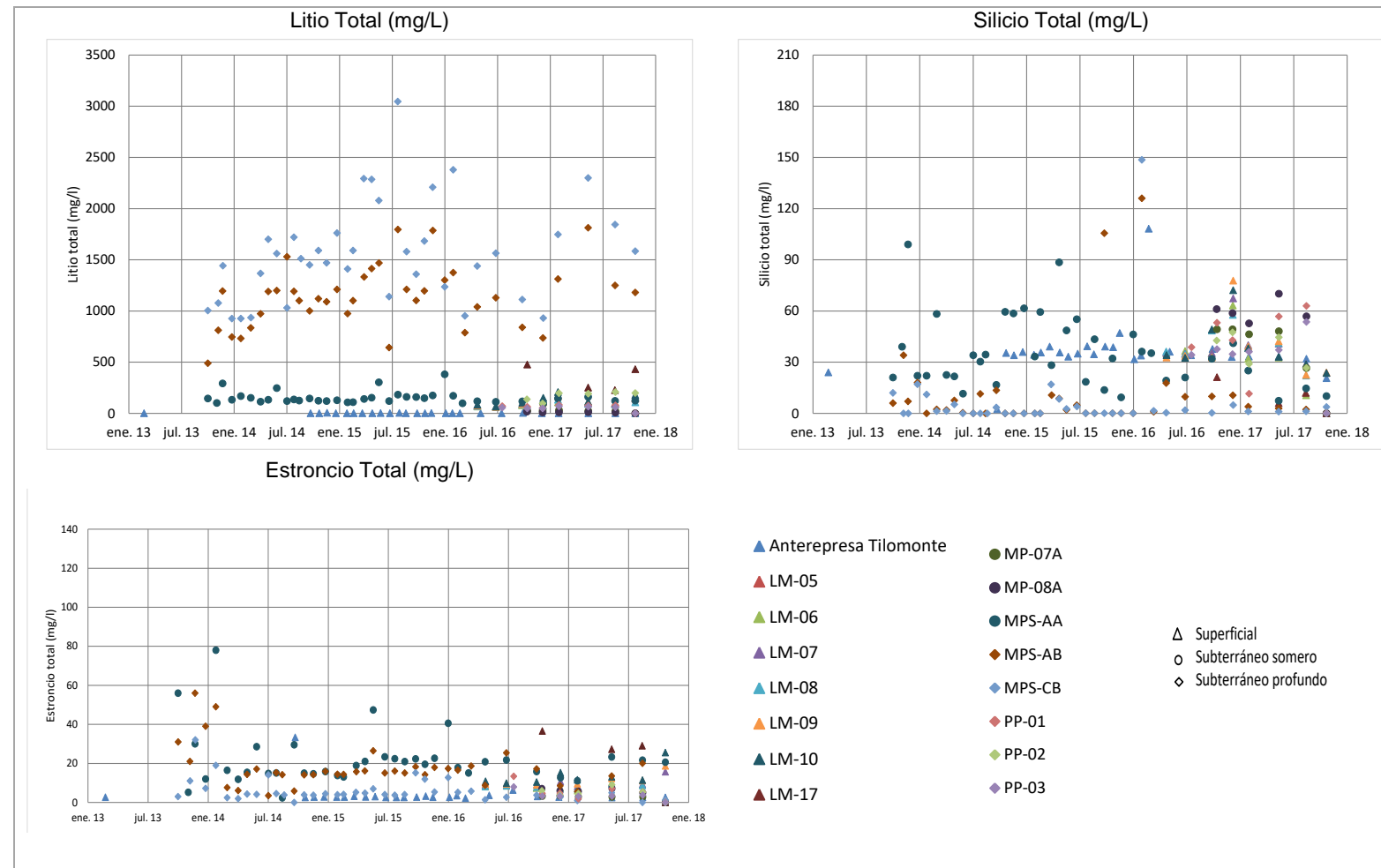
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-67 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Peine

Aluminio total, (mg/L)					Arsénico total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	0,003	0,08	13,3	A.Tilom	27	0,0001	0,12	0,3
LM-05	6	0,003	0,08	1,54	LM-05	6	0,36	0,54	0,66
LM-06	7	0,003	0,06	2,16	LM-06	7	0,39	0,51	0,62
LM-07	8	0,003	0,018	3,32	LM-07	8	0,44	0,63	1,12
LM-08	8	0,003	0,05	2,56	LM-08	8	0,43	0,47	0,73
LM-09	8	0,003	0,03	3,21	LM-09	8	0,51	1,05	1,93
LM-10	8	0,003	0,03	2,26	LM-10	8	1,06	1,64	3,42
LM-17	4	0,003	0,28	1,56	LM-17	4	6	6,52	11,62
MP-07A	6	0,003	0,57	1,16	MP-07A	6	0,2	0,25	0,4
MP-08A	6	0,003	3,7	24,3	MP-08A	6	0,35	0,57	0,63
MPS-AA	40	0,003	1,33	33	MPS-AA	40	0,15	1,33	1,950
MPS-AB	38	0,0002	1,60	13,33	MPS-AB	38	0,0001	5,78	13,33
MPS-CB	38	0,003	0,21	40,77	MPS-CB	38	0,0001	6,67	5,875
PP-01	7	0,003	0,19	0,45	PP-01	7	0,27	0,35	0,5
PP-02	6	0,003	0,04	2,05	PP-02	6	0,41	1,46	1,9
PP-03	7	0,003	0,03	1,56	PP-03	7	0,46	0,54	0,6

Boro Total, (mg/L)					Hierro Total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	25	7,81	9,78	17,49	A.Tilom	27	0,045	0,02	5,32
LM-05	4	36,84	39,64	46,40	LM-05	6	0,002	0,015	0,326
LM-06	5	37	42,46	49,30	LM-06	7	0,002	0,05	0,70
LM-07	6	45,90	52,65	75,40	LM-07	8	0,001	0,01	0,60
LM-08	6	35,50	44,15	60,10	LM-08	8	0,001	0,02	0,33
LM-09	6	41,80	56,60	83,87	LM-09	8	0,001	0,02	0,089
LM-10	6	35	62,77	105	LM-10	8	0,001	0,006	0,38
LM-17	4	24,90	149,51	255	LM-17	4	0,001	0,001	0,03
MP-07A	6	8,40	17,01	19,29	MP-07A	6	0,001	0,71	1,33
MP-08A	6	14,20	17,30	19,72	MP-08A	6	0,001	4,75	20,90
MPS-AA	36	39,90	70,17	172	MPS-AA	40	0,001	0,73	24,10
MPS-AB	38	0,00001	598	1.140,74	MPS-AB	38	0,001	1	30,80
MPS-CB	36	134	688	1.590	MPS-CB	38	0,001	0,20	149,13
PP-01	6	25,40	35,45	44,10	PP-01	7	0,001	0,17	0,36
PP-02	6	45,58	76,33	97,90	PP-02	6	0,001	0,17	0,63
PP-03	6	21,10	27,65	28,53	PP-03	7	0,001	0,02	0,45

Figura 5-141 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-68 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Peine

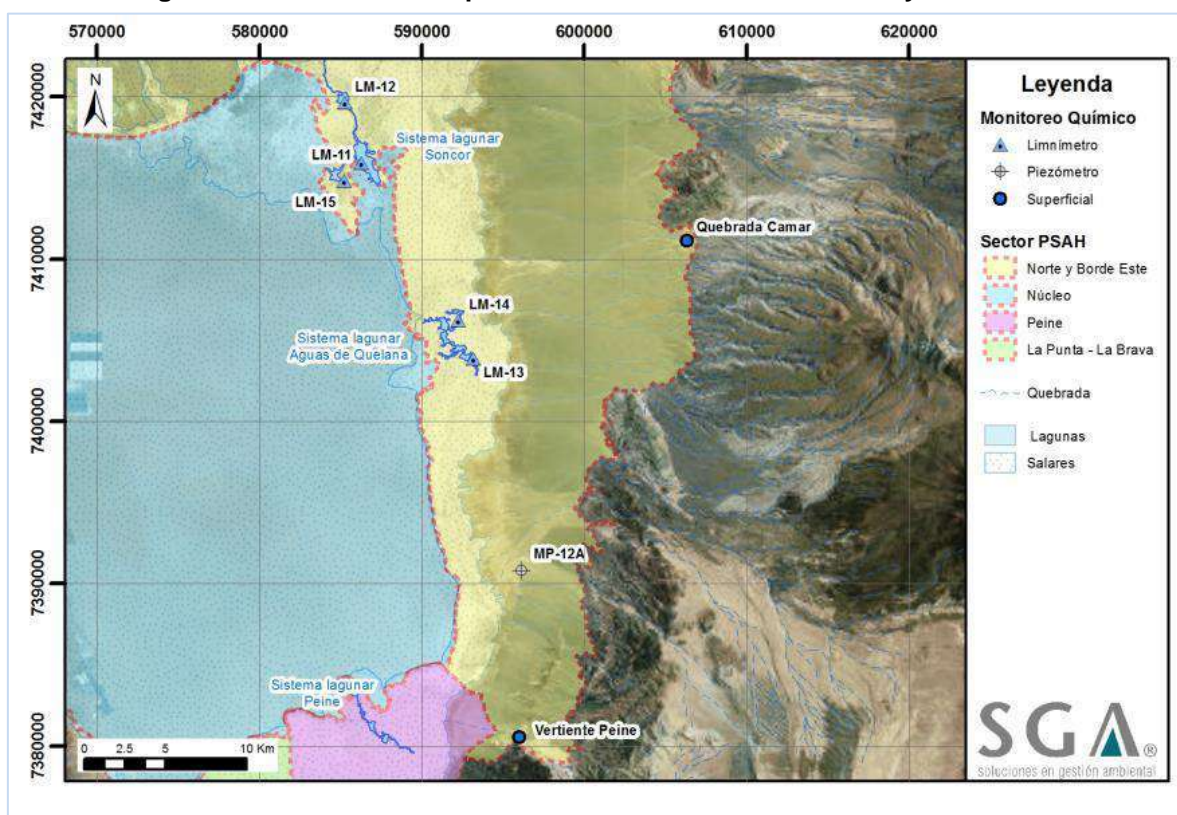
Lito total, (mg/L)					Silicio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	1	1,19	5,30	A.Tilom	27	2,38	34,60	108,15
LM-05	6	61,15	66,84	100	LM-05	6	33,54	38,95	44,8
LM-06	7	61,49	79,75	107	LM-06	7	10,60	35,05	63,19
LM-07	8	64,60	96,45	178	LM-07	8	23,70	35,35	67,34
LM-08	8	66,27	88,07	133	LM-08	8	22,10	38,40	57,69
LM-09	8	63,54	104,46	169	LM-09	8	22,50	33,27	77,77
LM-10	8	65,94	108,49	207	LM-10	8	23,60	33,60	72,11
LM-17	4	226	341	475	LM-17	4	5,98	12	21,13
MP-07A	6	21,40	24,88	29,90	MP-07A	6	26,50	48,10	49,22
MP-08A	6	7,94	10,40	17,0	MP-08A	6	52,70	58,70	70,10
MPS-AA	40	94,59	134	380,56	MPS-AA	40	7,37	32,06	99
MPS-AB	38	489	1154,50	1812	MPS-AB	38	0,01	3,33	126
MPS-CB	38	925	1535	3045	MPS-CB	38	0,01	1,67	148,53
PP-01	7	50,35	73,25	82	PP-01	7	11,50	48,02	62,90
PP-02	6	96,09	194,50	207	PP-02	6	26,60	42,66	47,49
PP-03	7	47,20	56,93	67,60	PP-03	7	34,20	36,60	53,60

Estroncio Total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
A.Tilom	27	2,15	2,71	33,30
LM-05	6	6,07	7,66	9,90
LM-06	7	6,05	8,11	10,10
LM-07	8	8,24	9,18	15,70
LM-08	8	6,75	8,09	9,50
LM-09	8	8,96	10,39	14,35
LM-10	8	9,86	11,50	25,50
LM-17	4	27,20	29	36,56
MP-07A	6	2,84	2,9	3,36
MP-08A	6	4,94	6,01	7,09
MPS-AA	40	2,31	19,23	78
MPS-AB	38	3,49	15,73	56
MPS-CB	38	0,94	4,22	32
PP-01	7	1,83	5,10	13,38
PP-02	6	3,69	5,34	9,10
PP-03	7	3,07	3,25	7,95

5.8.3 Sector Norte y Borde Este

La distribución de los puntos de monitoreo del sector Norte y Borde Este se presenta a continuación:

Figura 5-142 Localización puntos de monitoreo Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.8.3.1 Parámetros Físico Químicos *in situ*

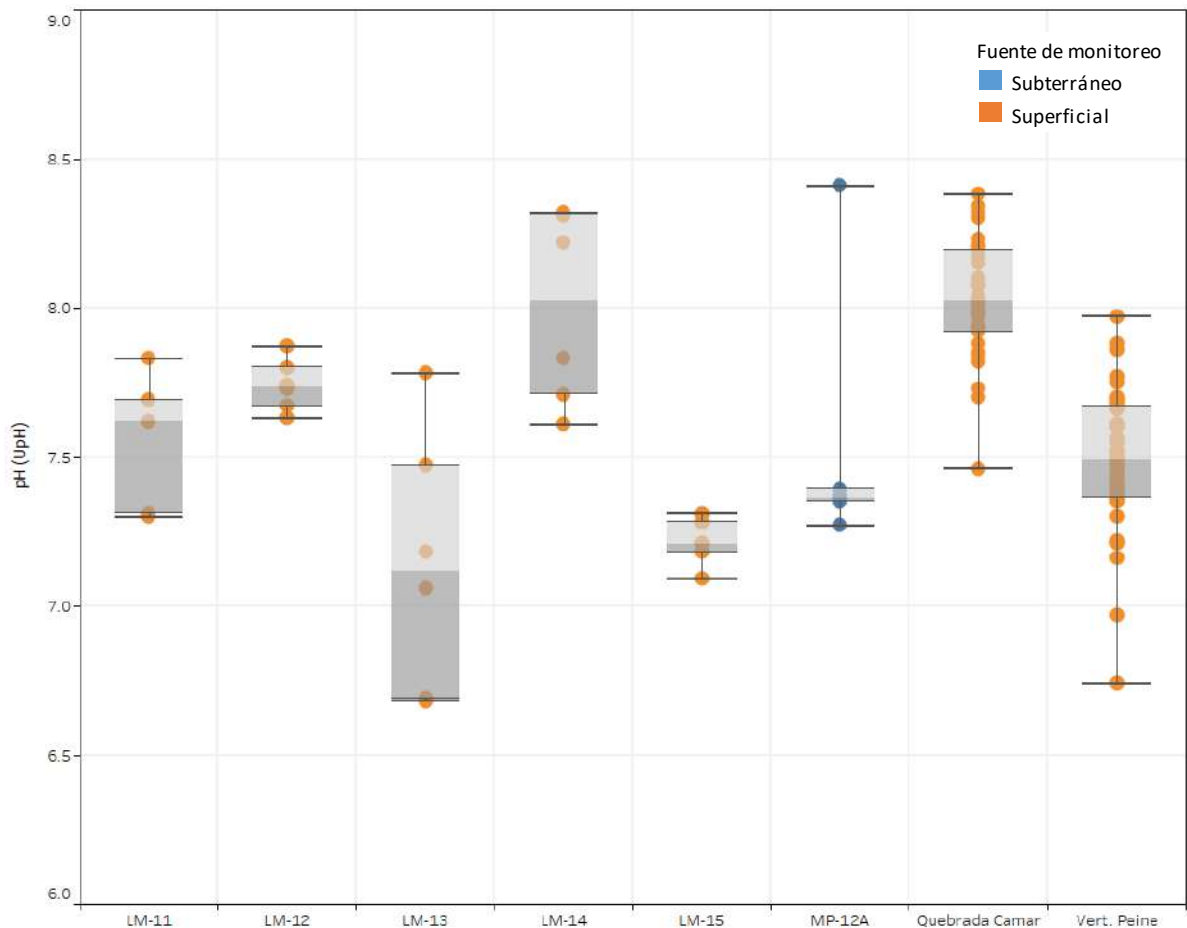
pH *in situ*

En la Figura 5-143 se presenta la variación espacial del pH medido *in situ*, tanto para los puntos que miden aguas superficiales, puntos LM, como para el que mide aguas subterráneas, MP-12A. Cabe recordar que en el caso de LM-15, si bien tiene codificación de agua superficial corresponde a un pozo.

En este sector, al igual que lo indicado en el informe del año 2016, no se aprecia diferencia significativa de pH entre aguas superficiales y subterráneas (ver Tabla 5-69), por cuanto todas se presentan, en términos de las medianas, en el rango entre 7,12 (LM-13) y 8,2 UpH (LM-04), tendiendo a presentar aguas neutras a básicas. En relación a estos registros, se

debe tener en consideración que sólo la Quebrada Camar y la Vertiente Peine son los puntos que cuentan con mayor número de datos. Este comportamiento se verificará en el tiempo con nuevas mediciones.

Figura 5-143 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-69 Estadígrafos, pH *in situ* histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	7,30	7,31	7,62	7,69	7,83
	LM-12	6	7,63	7,67	7,74	7,80	7,87
	LM-13	6	6,68	6,69	7,12	7,47	7,78
	LM-14	6	7,61	7,71	8,20	8,31	8,32
	LM-15	5	7,09	7,18	7,21	7,28	7,31
	Q.Camar	40	7,46	7,92	8,03	8,19	8,38
	Vert.Peine	44	6,74	7,37	7,49	7,67	7,97
Aguas subterráneas someras (salobres)	MP-12A	6	7,27	7,35	7,37	7,39	8,41

Fuente: Elaboración propia.

Conductividad Eléctrica *in situ*

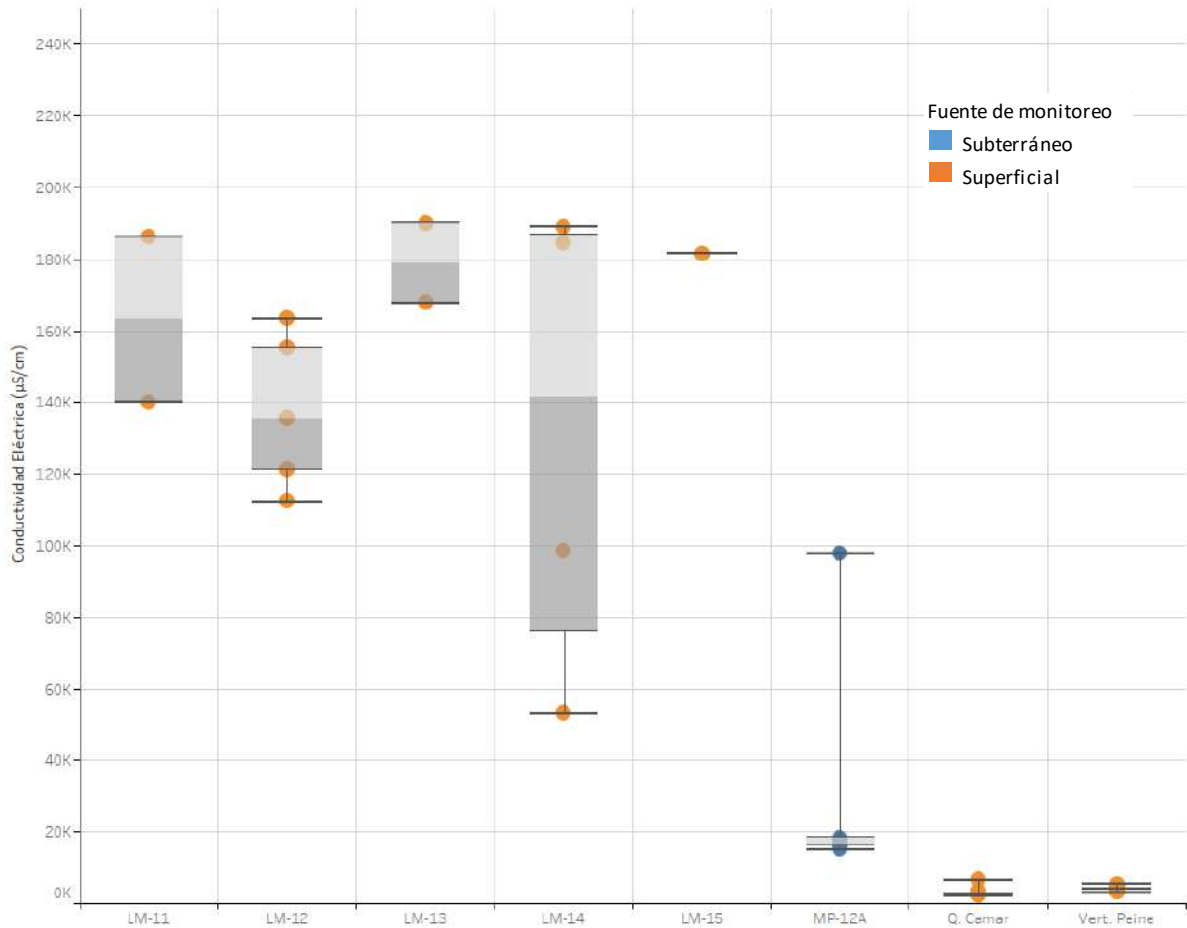
A diferencia del pH, la Conductividad Eléctrica muestra una marcada diferencia entre las aguas de lagunas y de vertientes, e incluso con las aguas subterráneas.

En este caso, los valores altos de conductividad eléctrica fueron registrados en las lagunas y para el año 2017 varios de los puntos registraron valores $>200.000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Estas aguas al presentar conductividad eléctrica más altas en relación a las otras muestras en este sector, indican mayores contenidos de sales, lo que resulta ser concordante con el proceso de evaporación, el cual concentra las sales presentes en el agua, además de indicar que éstos puntos se encuentran muy cerca del núcleo.

Para la Quebrada Camar y la Vertiente Peine, se tienen conductividades mucho menores, donde los registros máximos corresponden a $6.470 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $5.284 \mu\text{S}/\text{cm}$, siendo consistentes con su registro histórico.

En el caso del punto de agua subterránea somera (MP-12A) los valores son intermedios, presentando un valor máximo de $97.690 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 5-144 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica *in situ* histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-70 Estadígrafos, CE *in situ* histórico ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	N° Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	140.050	140.050	163.125	186.200	186.200
	LM-12	6	112.400	121.100	135.400	155.200	163.361
	LM-13	6	167.700	167.700	178.850	190.000	190.000
	LM-14	6	53.070	75.735	141.380	186.689	189.019
	LM-15	5	181.600	181.600	181.600	181.600	181.600
	Q.Camar	39	2.169	2.524	2.578	2.671	6.470
	Vert.Peine	43	3.228	3.860	4.027	4.237	5.284
Aguas subterráneas someras (salobres)	MP-12A	6	15.090	16.140	16.775	18.349	97.690

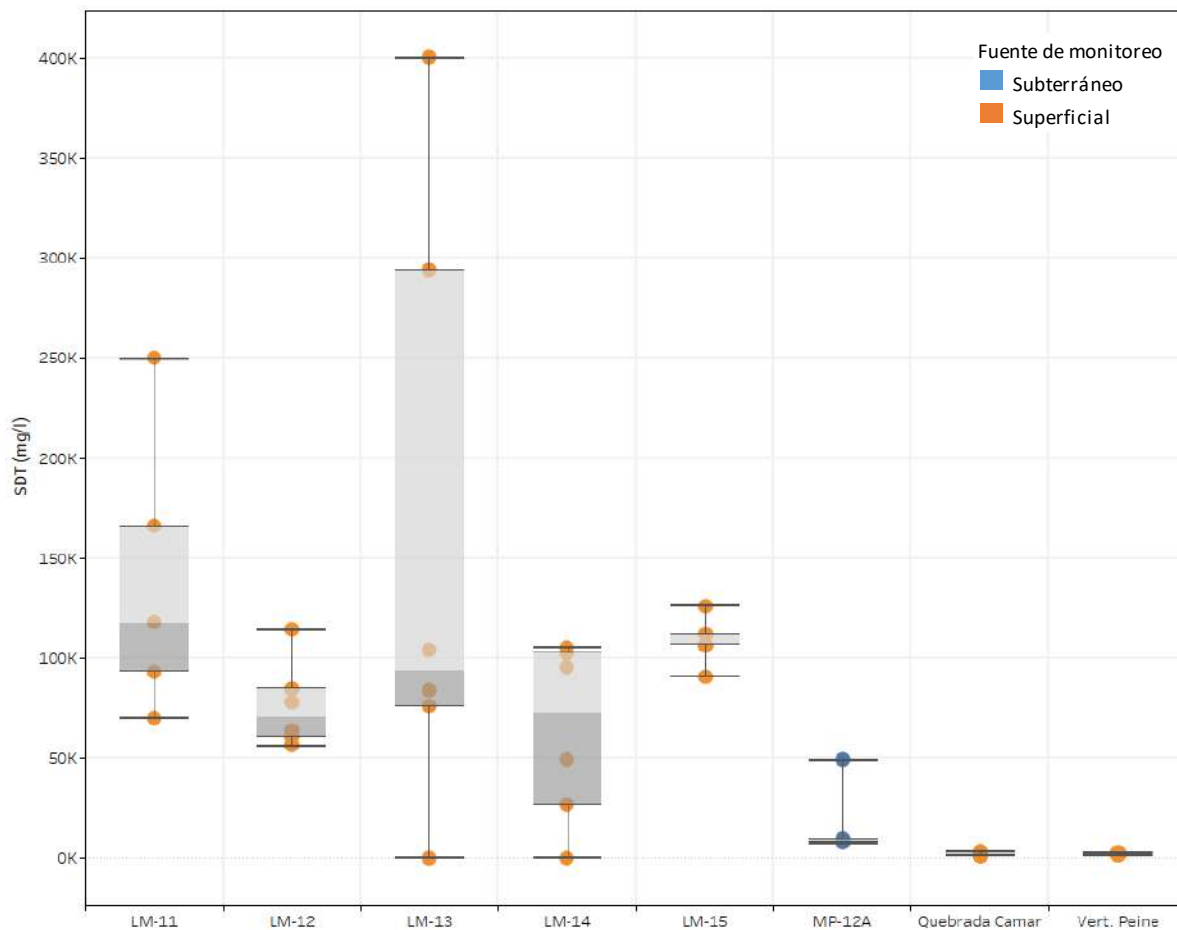
Fuente: Elaboración propia.

Sólidos Disueltos Totales *in situ*

El comportamiento de los sólidos disueltos totales es similar al de la conductividad eléctrica en cuanto a que las aguas de las lagunas presentan valores significativamente más altos que el de la Quebrada Camar y Vertiente Peine. Como se aprecia en la Figura 5-145 y en la Tabla 5-70, el rango de sólidos disueltos totales varía entre 26.570 mg/L (LM-14, valor mínimo) y 400.000 mg/L (LM-13, valor máximo) para las aguas de las lagunas y entre 1.205 mg/L y 3.235 mg/L (ambos en la Quebrada Camar).

Las concentraciones de este elemento en aguas de la Quebrada Camar y Vertiente Peine son bastante constante, no existiendo mayor diferencia entre los valores de los percentiles 25 y 75, lo que en la figura se refleja con el tamaño de las cajas.

Figura 5-145 Diagrama de Caja, STD *in situ* histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-71 Estadígrafos, STD *in situ* histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	70.100	93.150	117.600	165.800	249.938
	LM-12	6	56.350	60.560	70.670	84.441	114.200
	LM-13	6	75.600	83.880	106.900	293.752	400.000
	LM-14	6	26.570	49.300	96.032	102.300	105.300
	LM-15	5	90.800	106.400	106.500	111.700	125.965
	Q.Camar	40	1.205	1.273	1.304	1.340	3.235
	Vert.Peine	42	1.614	1.930	2.010	2.118	2.642
Aguas subterráneas someras (salobres)	MP-12A	6	7.561	8.160	8.394	9.485	48.850

Fuente: Elaboración propia.

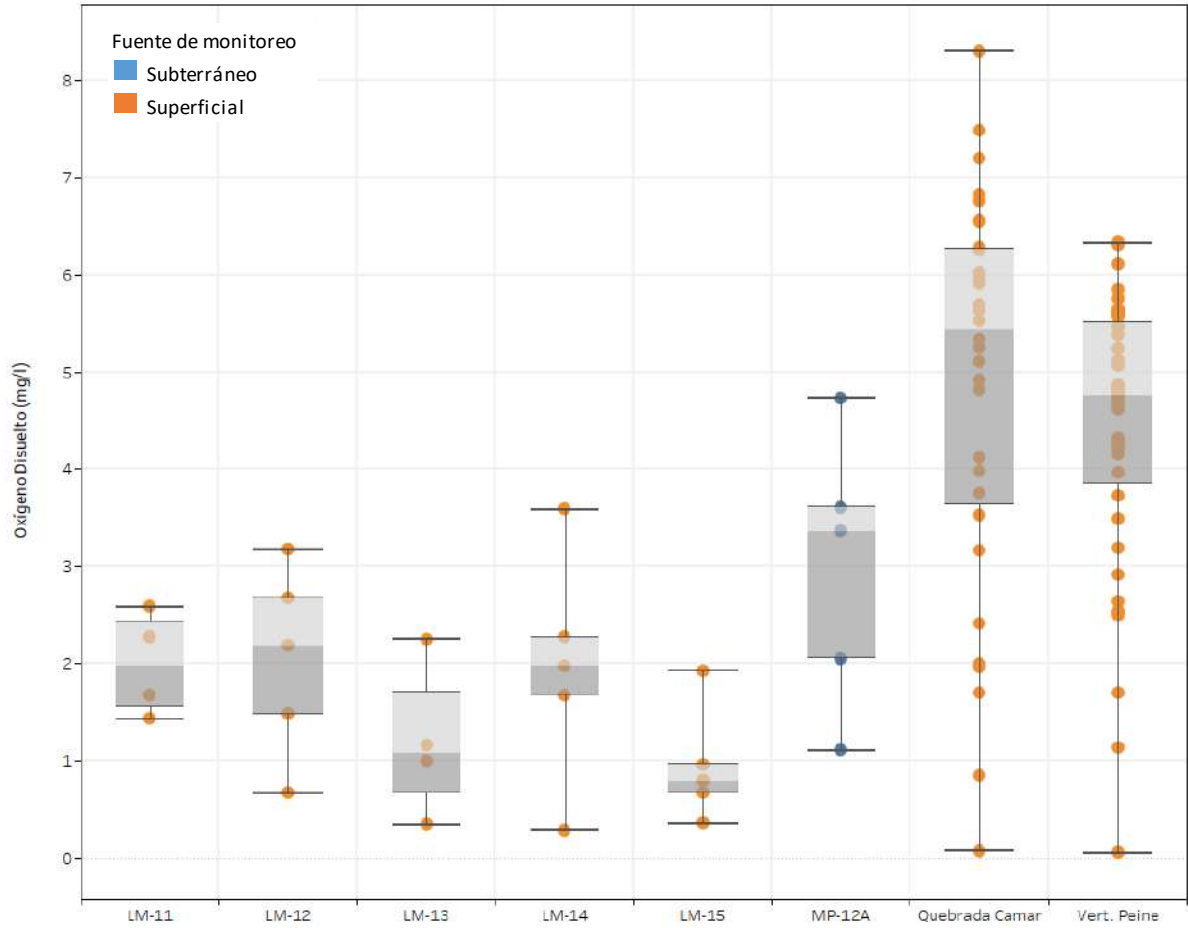
Oxígeno Disuelto *in situ*

Los registros de Oxígeno Disuelto se entregan en la Figura 5-146 y los estadígrafos respectivos en la Tabla 5-72. Respecto de este parámetro cabe indicar que las mediciones se realizan en las lagunas a partir de Diciembre de 2016, y es sumado el de las campañas del 2017, lo mismo sucede con el pozo MP-12A.

Para la Quebrada Camar y Vertiente Peine, que cuentan con mayor cantidad de información, el oxígeno disuelto varía entre 0,05 mg/L (Vert. Peine) y 8,3 mg/L (Qda Camar), mostrando una gran dispersión entre los valores. En términos de los valores de las medianas, estas se encuentran en torno a 5 mg/L, siendo un valor aceptable en relación a los valores de concentración de saturación.

Para el resto de los puntos, las lagunas presentan concentraciones por debajo de los 3,58 mg/L, y para el pozo MP-12A su valor máximo es de 4,73 mg/L.

Figura 5-146 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-72 Estadígrafos, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	4	1,43	1,55	1,97	2,43	2,58
	LM-12	5	0,66	1,48	2,18	2,67	3,17
	LM-13	5	0,34	0,67	1,07	1,70	2,25
	LM-14	5	0,28	1,67	1,97	2,27	3,58
	LM-15	5	0,35	0,66	0,79	0,96	1,92
	Q.Camar	34	0,07	3,64	5,43	6,27	8,30
	Vert.Peine	40	0,05	3,85	4,76	5,58	6,33
Aguas subterráneas someras(salobres)	MP-12A	5	1,10	2,05	3,36	3,6	4,73

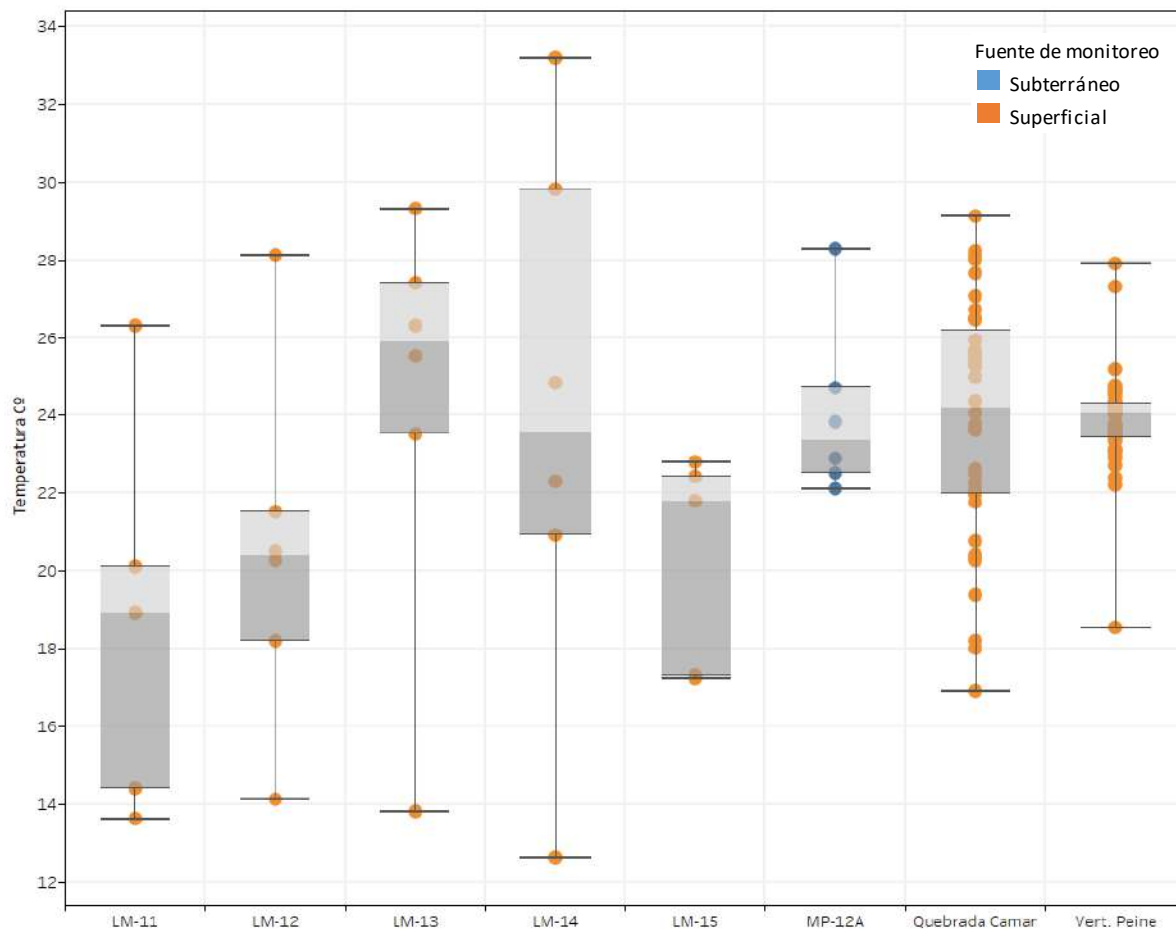
Fuente: Elaboración propia.

Temperatura *in situ*

En cuanto a la temperatura del agua se aprecia en la Figura 5-147 y Tabla 5-73, observando que para este año en las lagunas, las temperaturas mínimas son más bajas y las máximas son más altas, con respecto a lo indicado en el informe del 2016; los valores de las medianas se mantienen. Para el punto LM-14, los valores varían entre 12,6°C y los 33,20 °C; el resto de las lagunas presentan rangos entre los 13,6°C (LM-11) y 29,3°C (LM-13).

Para la Quebrada Camar y la Vertiente Peine los valores van desde 16,9 °C y 29,11°C. Para el pozo MP-12A la mediana corresponde a 23,36°C.

Figura 5-147 Diagrama de Caja, Temperatura *in Situ* histórico (T°C), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-73 Estadígrafos, Temperatura *in Situ* histórico (T°C), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	13,60	14,40	18,92	20,10	26,30
	LM-12	6	14,10	18,20	20,37	21,50	28,10
	LM-13	6	13,80	23,50	25,90	27,40	29,30
	LM-14	6	12,60	20,90	23,57	29,80	33,20
	LM-15	5	17,20	17,30	21,80	22,40	22,80
	Q.Camar	40	16,90	21,98	24,21	26,19	29,11
	Vert.Peine	44	18,54	23,43	24,04	24,30	27,88
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-12A	6	22,10	22,50	23,36	24,70	28,28

Fuente: Elaboración propia.

Variación Temporal de los parámetros

Otra manera de analizar el comportamiento de estas variables, es a través de su desarrollo temporal, vale decir cuál ha sido la variación en el tiempo, para ello a continuación se presentan los gráficos del periodo 2013 a 2017.

En la Figura 5-148 se presenta la gráfica para los 5 parámetros *in situ* comprometidos, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Sólidos Disueltos Totales, y para todos los puntos del Sector Norte y Borde Este.

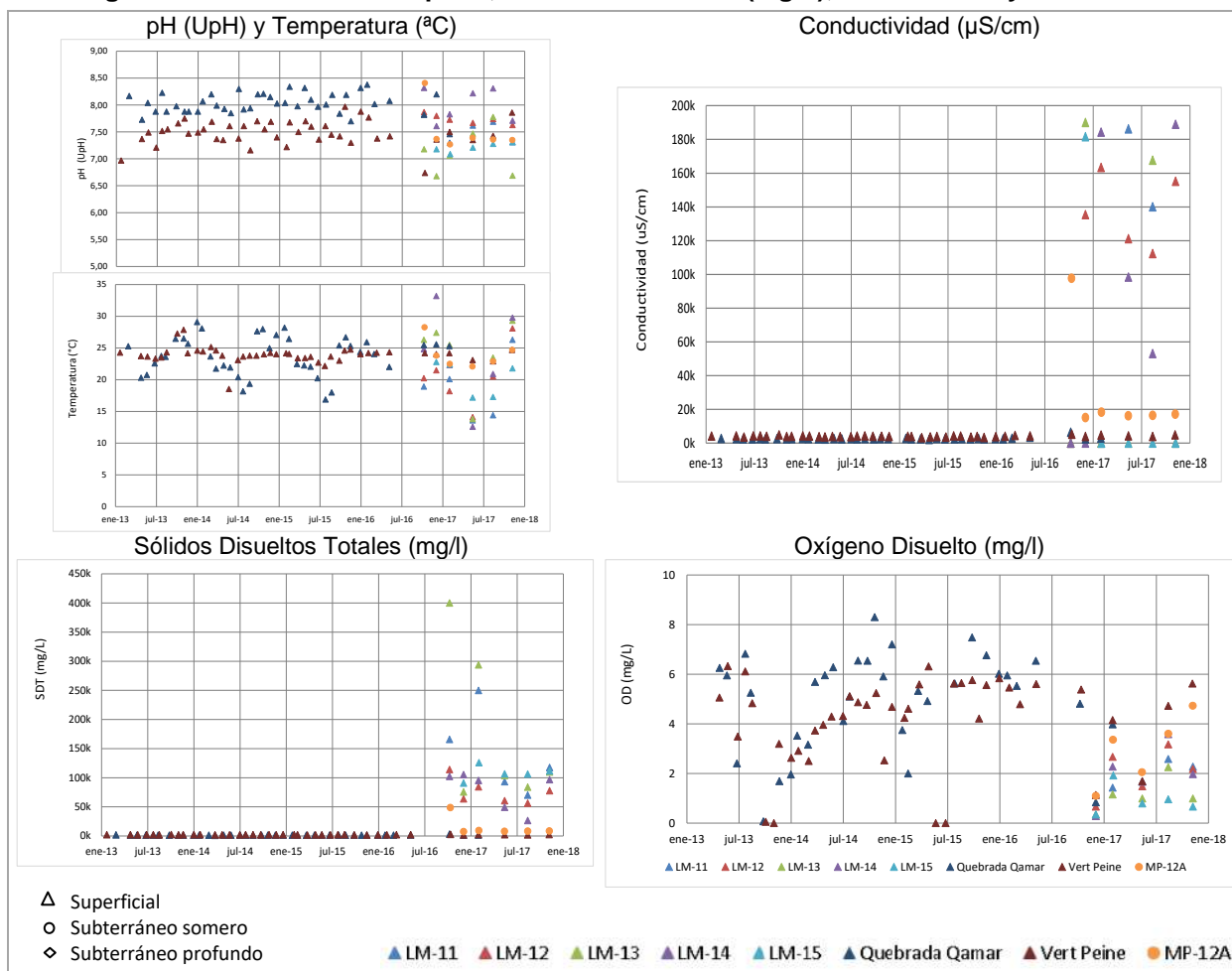
Los datos de las aguas superficiales, LM-11, LM-12, LM-13 y LM-14 presentan una tendencia de aguas neutras a básicas con conductividades intermedias a altas. Los pozos someros, en el caso de MP-12A, presenta en general muestras principalmente neutras y conductividades bajas y para el LM-15, el pH neutro y conductividades altas.

El comportamiento de la Quebrada Camar y la Vertiente Peine son similares, pH con tendencia básica y conductividades bajas, además de presentar un comportamiento estable en el tiempo no observándose ningún tipo de estacionalidad. En el caso de la temperatura, los registros de la Quebrada Camar muestran la estacionalidad con temperaturas máximas en los meses Diciembre-Febrero y mínimas en los meses Junio-Agosto, concordante con las épocas del año.

En relación a los Sólidos Disueltos Totales, estos no muestran estacionalidad en el tiempo, sin embargo los valores máximos de la serie se registran en Octubre 2016, seguido en Febrero de 2107, ambos registrados para el punto LM-13. El resto de las aguas superficiales presentan valores altos concordantes con la conductividad registrada para ellos, al igual que para el punto LM-15. La Quebrada Camar y la Vertiente Peine mantienen su estabilidad durante sus registros históricos, con concentraciones bajas.

Para el caso del O.D. se observan registros dispersos para todos los puntos, no mostrando ningún tipo de tendencia. En este último parámetro, los valores registrados en las lagunas están por debajo de lo registrado en la vertiente y la quebrada, mostrando la poca aireación que tienen.

Figura 5-148 Variación Temporal, Parámetros in Situ (mg/L), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.8.3.2 Parámetros Físico Químicos en laboratorio

A continuación, al igual que para los parámetros registrados in situ, se presenta un breve análisis junto con diagramas de caja, tablas de estadígrafos y variación temporal de los parámetros físico-químicos medidos en Laboratorio, en el sector de Norte y Borde Este.

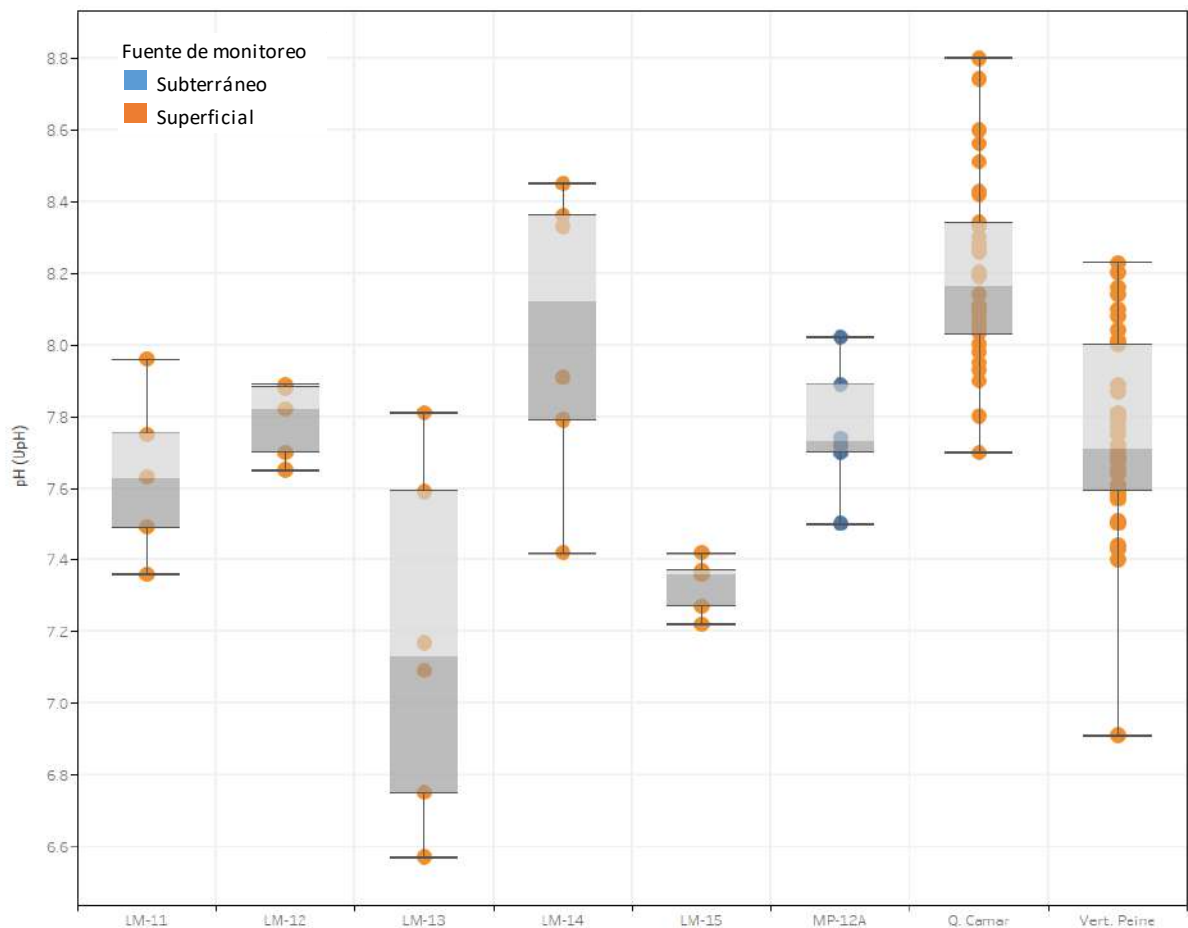
pH Laboratorio

Los resultados de pH medidos en laboratorio, Figura 5-149 y Tabla 5-74, presentan la misma tendencia que los medidos in situ, pero en este caso, levemente mayores en magnitud.

Las concentraciones de pH, varían entre 6,57 y 8,45 UpH, para las aguas de las lagunas, mientras que para las aguas subterráneas someras (LM-15 y MP-12A), varían entre 7,22 y 8,02 UpH, tendiendo a ser aguas de neutras a básicas.

Para los puntos de la Quebrada Camar y Vertiente Peine, el pH de laboratorio es similar a lo registrado *in situ*, aumentando levemente para este año, alcanzando un valor máximo de 8,8 UpH en el punto de la Quebrada.

Figura 5-149 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-74 Estadígrafos, pH de laboratorio histórico (UpH), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	7,36	7,49	7,63	7,75	7,96
	LM-12	6	7,65	7,70	7,82	7,88	7,89
	LM-13	6	6,57	6,75	7,13	7,59	7,81
	LM-14	6	7,42	7,79	8,12	8,36	8,45
	LM-15	5	7,22	7,27	7,36	7,37	7,42
	Q.Camar	40	7,70	8,03	8,17	8,34	8,8
	Vert.Peine	43	6,90	7,60	7,71	8	8,23
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-12A	6	7,50	7,70	7,73	7,89	8,02

Fuente: Elaboración propia.

Conductividad Eléctrica Laboratorio

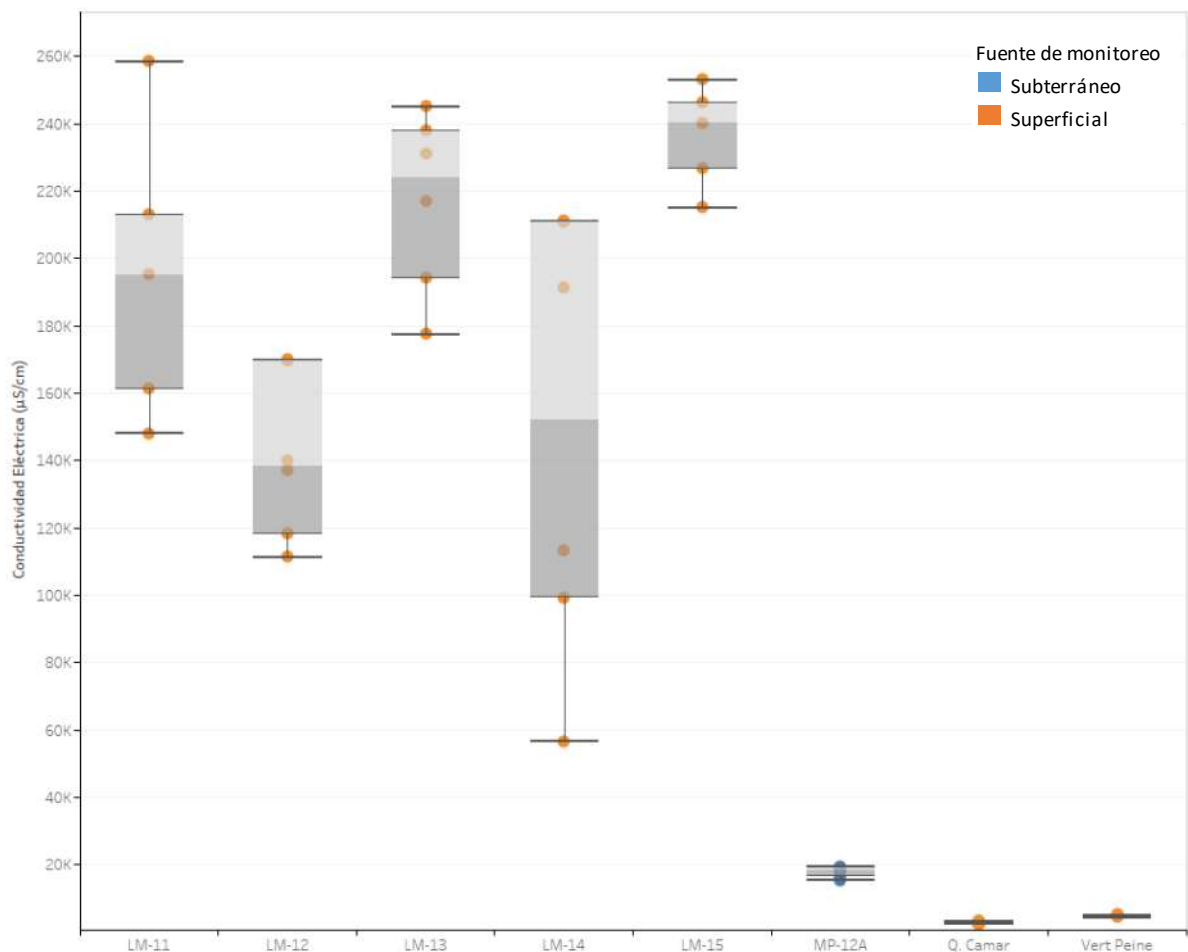
En relación a la Conductividad Eléctrica, la Figura 5-150 y Tabla 5-75 presentan los resultados de laboratorio los cuales en general son más altos que los medidas *in situ*, pero en el mismo orden de magnitud, así como lo muestra los puntos LM-11 y LM-13, en donde los valores *in situ* son de 241.100 $\mu\text{S/cm}$ y de 218.374 respectivamente y los de laboratorio de 258.400 $\mu\text{S/cm}$ y 245.000 $\mu\text{S/cm}$, todos estos registrados en el mes de Noviembre de 2017.

Al igual que las conductividades *in situ*, para algunos valores registrados en el 2016 y 2017, de los puntos LM-11, LM-12, LM-13 y LM-14, solamente para el análisis estadístico y generación de los diagramas de caja, a las muestras con conductividades mayores a 300.000 $\mu\text{S/cm}$ se les asignó el valor de su promedio histórico dado que los valores más altos registrados se interpretan errados ya que el instrumental sensible en alto contenido de sales.

Las aguas de las lagunas muestran mayor variabilidad y altas CE, mientras que el pozo MP-12A presenta menores valores que se encuentran entre 15.000 y 97.000 $\mu\text{S/cm}$.

Lo que se presenta tanto en los datos de laboratorio como en terreno es que las aguas de las lagunas tienen conductividades eléctricas mayores que la de las Quebrada Camar y Vertiente Peine, lo que es concordante con la exposición al proceso de evaporación. Los puntos Quebrada Camar y la Vertiente Peine presentan conductividades que no superan los 6.500 $\mu\text{S/cm}$.

Figura 5-150 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-75 Estadígrafos, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	148.000	148.000	154.600	161.200	161.200
	LM-12	6	111.200	118.100	138.450	169.600	169.800
	LM-13	6	177.400	185.700	194.000	212.500	231.000
	LM-14	6	56.500	99.200	113.000	191.400	211.000
	LM-15	5	215.000	215.000	215.000	215.000	215.000
	Q.Camar	40	2.290	2.535	2.600	2.668	3.180
	Vert.Peine	43	3.650	4.585	4.920	4.975	5.000
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-12A	6	15.220	16.270	18.105	19.050	19.160

Fuente: Elaboración propia.

Sólidos Disueltos Totales Laboratorio

El comportamiento de los sólidos totales disueltos se observan en la gráfica presentada en la Figura 5-151.

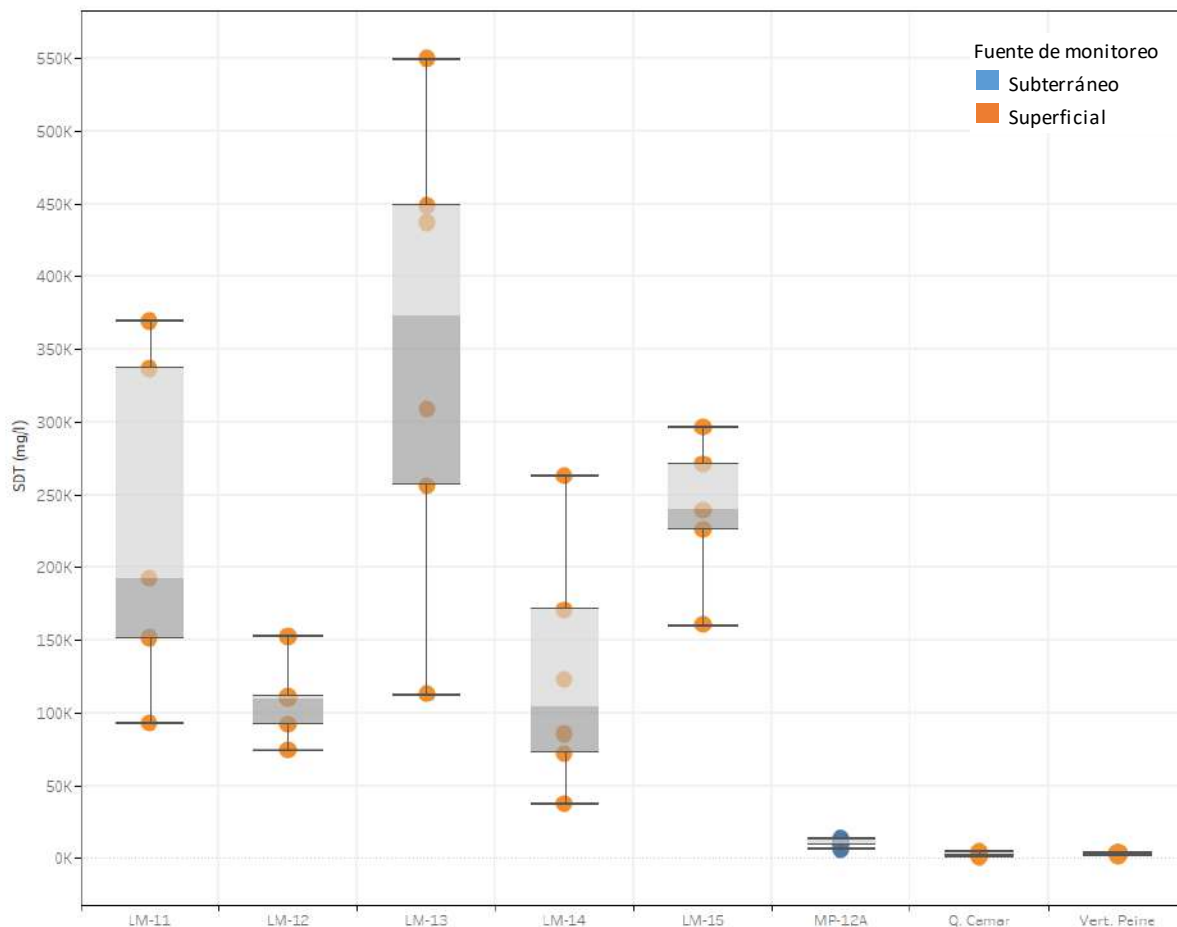
De manera general, se cita lo indicado en el Anexo 1 de la Adenda 5, punto 7.6.1, donde se señala que existe una buena relación entre SDT con la Conductividad Eléctrica, pero lo anterior, hasta valores en torno a los 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Posterior a este valor la correlación directa entre ambos parámetros es nula, dado que la conductividad es afectada por la composición específica de iones presentes en el agua (Custodio y Llamas, 2001). Es posible determinar dos muestras con la misma salinidad, pero la conductividad puede ser significativamente diferente, dado que las especies iónicas presentan niveles de conductancia específica diferentes.

De los resultados obtenidos de SDT para este sector, se observa que el comportamiento de los registros de sólidos disueltos totales, determinados en laboratorio presentan valores más altos que los registrados *in situ*.

Así por ejemplo, el valor más alto registrado en laboratorio para las lagunas es de 549.500 mg/L (LM-13) de la campaña del mes de noviembre de 2017; *in situ* se registró un valor de 400.000 mg/L para el mismo punto y mes.

Más allá de los valores propiamente tales, si se comparan los registros de las aguas de las lagunas en relación a las aguas subterráneas someras y de los puntos Quebrada Camar y la Vertiente Peine, es posible indicar que las primeras presentan valores mayores de STD respecto de las segundas, comportamiento que también se presenta en las mediciones *in situ*.

Figura 5-151 Diagrama de Caja, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-76 Estadígrafos, STD de laboratorio histórico (mg/L), Sector Norte y Borde Este

Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	92.800	151.000	192.146	336.480	369.320
	LM-12	6	73.967	92.200	110.000	111.180	152.300
	LM-13	6	112.533	256.033	372.555	448.800	549.500
	LM-14	6	37.440	72.000	103.969	170.660	262.800
	LM-15	5	160.440	226.000	239.360	271.000	296.200
	Q.Camar	40	928	1.874	1.988	2.130	4.548
	Vert.Peine	43	1.700	2.663	2.840	3.134	3.702
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-12A	6	5.733	9.110	10.390	13.180	13.600

Fuente: Elaboración propia.

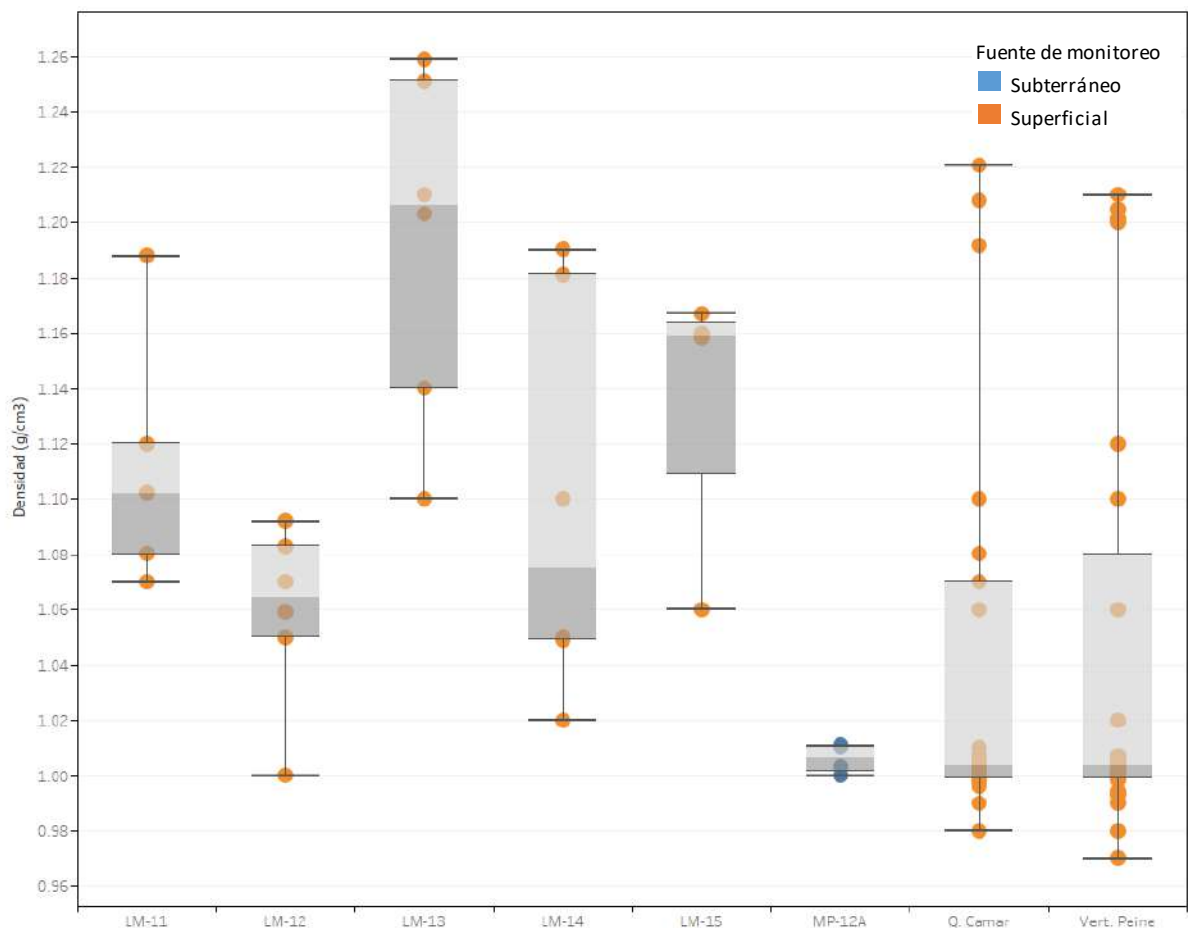
Densidad Laboratorio

La Densidad, parámetro que sólo es medido en laboratorio, se aprecia en la Figura 5-152 y en la Tabla 5-77. Inicialmente se puede observar que para la presente gráfica de densidad de este sector, se presentan rangos más amplios para cada punto representado, comparado con el gráfico del informe del año 2016.

Los rangos varían entre los puntos de las lagunas, pozo MP-12A, quebrada Camar y vertiente Peine. Para estos dos últimos, la variedad de datos es más amplia desde 0,97 g/mL (Vert. Peine) y 1,22 g/mL (Q. Camar). Para las lagunas los valores van desde 1 g/mL (LM-12) hasta 1,26 g/mL (LM-13). Con respecto al pozo MP-12A los valores son más acotados, donde la media presentada es de 1 g/mL.

De manera general, el comportamiento de densidades mayores en las lagunas que en la vertiente y la quebrada, resulta concordante con lo mostrado por la conductividad eléctrica, y con el proceso de evaporación a las cuales se ven expuestas las primeras.

Figura 5-152 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-77 Estadígrafos, Densidad de laboratorio histórico (g/mL), Sector Norte y Borde Este

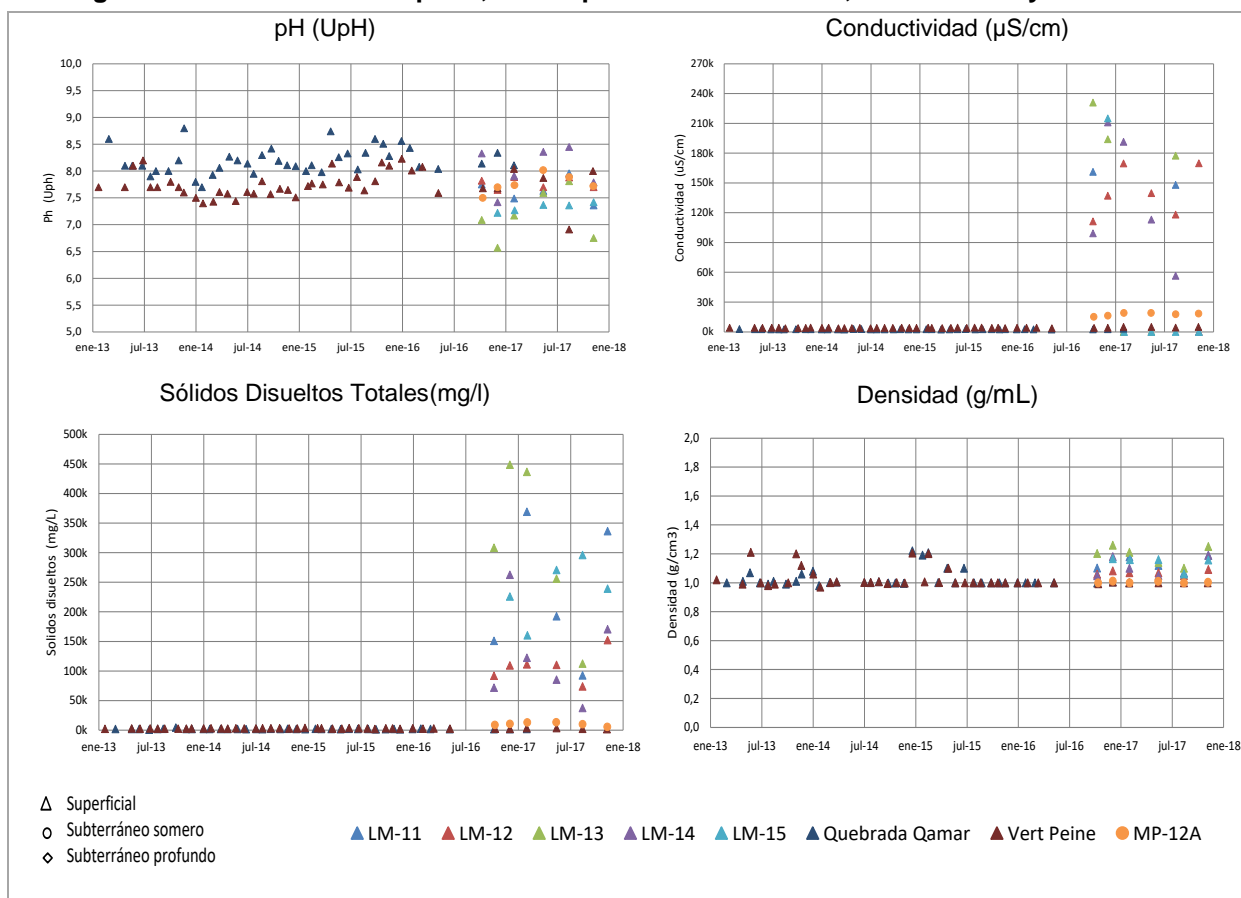
Tipología	Nombre	Nº Reg	Min	P25	Mediana	P75	Máx
Aguas superficiales	LM-11	5	1,07	1,08	1,10	1,18	1,19
	LM-12	6	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09
	LM-13	6	1,10	1,14	1,21	1,25	1,26
	LM-14	6	1,02	1,05	1,08	1,18	1,19
	LM-15	5	1,06	1,11	1,16	1,16	1,17
	Q.Camar	38	0,98	0,99	1	1,07	1,22
	Vert.Peine	41	0,97	0,99	1	1,08	1,21
Aguas subterráneas someras (salobre)	MP-12A	6	1	1	1,01	1,01	1,01

Fuente: Elaboración propia.

Variación Temporal de los parámetros

En la Figura 5-153 se presenta la variación temporal de los valores de los parámetros físico-químicos analizados en laboratorio. A partir de éstos, se observa para los 4 elementos, que los valores medidos en Noviembre de 2017, en relación a los rangos registrados en años anteriores, se mantienen dentro de la variación natural, para aquellos puntos en los cuales se cuenta con datos históricos. Se puede indicar que los valores de las conductividades, en general, aumentaron levemente con respecto a los años anteriores.

Figura 5-153 Variación Temporal, Físicoquímicos Laboratorio, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.8.3.3 Elementos Mayoritarios Disueltos

Los elementos mayoritarios disueltos divididos en aniones y cationes, se presentan en la Figura 5-154 y Figura 5-155, respectivamente.

Los aniones que se analizan corresponden a Cloruros (Cl^-), Sulfatos (SO_4^{2-}), Bicarbonatos (HCO_3^-) y Nitratos (NO_3^-), mostrados en la Figura 5-154 junto con sus estadígrafos históricos en la Tabla 5-78, de manera de facilitar la comprensión de las figuras.

Los registros de Cloruros muestran que las aguas de las lagunas tienen altos contenidos de este anión, respecto las aguas de la quebrada y de la vertiente. Esto resulta ser totalmente concordante con el comportamiento mostrado por la conductividad eléctrica. Si se observan los estadígrafos, las lagunas presentan valores que superan los 40.000 mg/L, siendo que la quebrada y la vertiente superan levemente 1.000 mg/L. Para el punto LM-15, los valores son aún mayores, dentro de un rango entre 119.979 mg/L a 138.005 mg/L, posiblemente debido a su ubicación en el sector, casi sobre el núcleo.

Los registros históricos de Cloruro de la Vertiente Peine y Quebrada Camar presentan valores estables en el tiempo, sin mayor dispersión. En el caso de la Qda. Camar se aprecia que el valor de la mediana (261 mg/L) es similar al mínimo (205 mg/L), lo que se interpreta en que los valores se encuentran cercanos entre sí, y si además se observa el valor máximo, se aprecia una mayor diferencia entre ellos, lo que significa que el valor máximo es un valor puntual (936 mg/L) más que una tendencia. Las concentraciones de Cloruros en las lagunas, muestran mayor dispersión de sus datos, los valores mínimos registrados son de 18.558 mg/L para el LM-14, mientras que el máximo alcanza 195.338 mg/L en el LM-13.

En cuanto al Sulfato, de la misma manera que los Cloruros las lagunas presentan concentraciones más altas (2.440 mg/L de LM-14 a 46.609 mg/L en LM-13), respecto de la quebrada y la vertiente, las que presentan un promedio de sus medianas de 705 mg/L. Las concentraciones medias de MP-12A muestran un valor cercano a los anteriores, de 504 mg/L. El punto LM-15 también presentan valores altos, cuya mediana se registra en 19.683 mg/L. La variación de la concentración de los Sulfatos en el tiempo es mayor en las lagunas que en las aguas de la quebrada y la vertiente.

Respecto a los registros de MP-12A y LM-15, se destaca que aun cuando los dos miden en niveles someros, los registros de sulfatos son diametralmente distintos, mientras que el registro de MP-12A es del orden de magnitud de la quebrada y vertiente, el pozo LM-15 es más cercana a la concentración de sulfatos de las lagunas, siendo el segundo más alto, situación que también se evidencia en los Cloruros. Lo anterior, puede indicar que las aguas que registra LM-15 estarían influenciadas por el proceso de evaporación.

En cuanto a la concentración de Bicarbonatos, se observan diferencias entre las aguas de Quebrada Camar y Vertiente Peine, las primeras muestran una media de 542 mg/L, mientras que la segunda su valor medio es de 144 mg/L, ambas con comportamiento estable en el tiempo. Asimismo, el punto MP-12A presentan valores entre los puntos anteriores, con una mediana de 207 mg/L. Mientras, las concentraciones en las aguas de las lagunas muestran variabilidad en los datos, con rangos que van desde los 48,2 mg/L en el LM-11 (valor mínimo) a los 2.508 mg/L en el LM-13 (valor máximo).

En cuanto a los Nitratos disueltos, es posible indicar que entre los puntos de las lagunas, LM-13 es aquel que presenta el valor medio más alto con 1,37 mg/L. Por otra parte, los valores de Nitratos medidos para las lagunas y en el pozo somero en el mes de Febrero de 2017 se reconocen como error de análisis, y se consideran *outliers*.

De los cuatro aniones mayoritarios analizados, los Cloruros son los predominantes, particularmente en el agua de las lagunas, lo que es totalmente concordante con la ubicación de estos puntos. Los puntos correspondientes a las lagunas muestran, en general, mayor variabilidad, por lo que es necesario contar con una serie de mayor abultamiento de datos para poder determinar las tendencias del comportamiento en función del tiempo de estos aniones.

De la misma manera que para los aniones analizados, para los cationes se presenta la Figura 5-155 de manera conjunta con la Tabla 5-79 de sus estadígrafos. Los cationes que se analizan corresponden a Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Sodio (Na^+) y Potasio (K^+).

Una característica común a los 4 cationes considerados y que también se observa en los aniones es que las lagunas presentan los mayores contenidos o concentraciones, mientras que la vertiente y quebrada presentan valores semejantes a las concentraciones de las aguas subterráneas someras.

Para el caso del Calcio las aguas de las lagunas muestran un rango bastante amplio que va desde 75 mg/L a 1.222 mg/L, en cambio en la quebrada, vertiente y pozo somero esta variación va entre 68 mg/L (valor mínimo de Q.Camar) y 387 mg/L (valor máximo Vert. Peine).

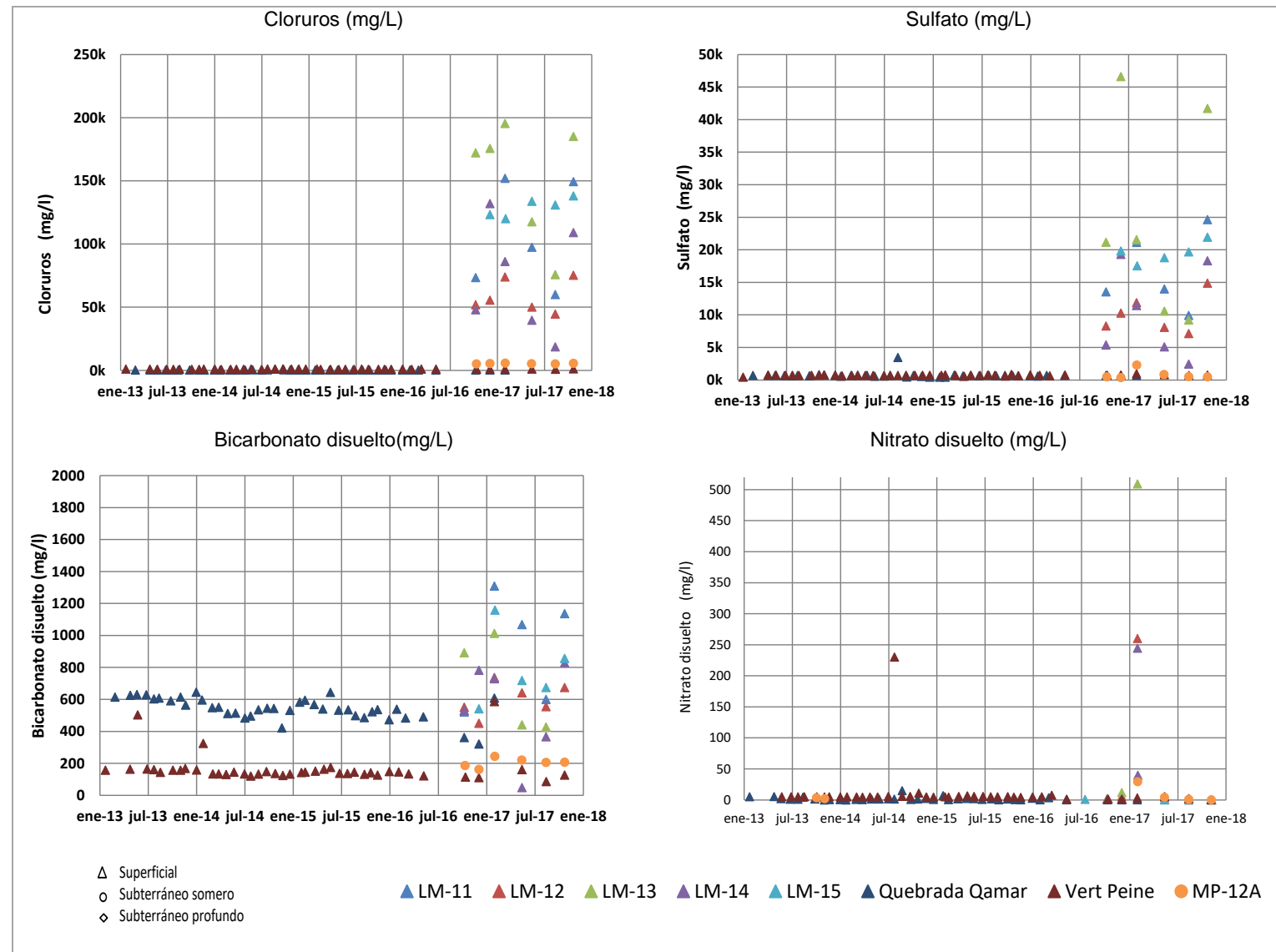
En la Figura 5-155, se aprecia que la variación temporal del Calcio es estable sin evidencia de comportamiento estacional. El pozo MP12-A de aguas someras tiene un registro que lo ubica más cercano a las aguas superficiales de la quebrada y vertiente, de 162 mg/L de mediana, siendo este más estable que las concentraciones observadas en las lagunas. El LM-15 presenta registros un poco más elevados que los anteriores, con una mediana de 727 mg/L.

Las concentraciones de Magnesio demuestran dos grupos de aguas, las correspondientes a la quebrada, vertiente y MP-12A; y las aguas superficiales de las lagunas con el punto LM-15. Las primeras muestran un comportamiento estable en el tiempo, sin variaciones significativas, con un valor medio de 142 mg/L. En cambio las segundas muestran mayor variabilidad, los registros medios oscilan entre los 2.688 mg/L en el LM-12 a 8.333 mg/L en el LM-13.

El comportamiento de las concentraciones de Potasio, Sodio y Magnesio son similares entre sí, estas muestran estabilidad en los registros de la vertiente de Peine, quebrada Camar y MP-12A, que muestrea aguas someras del borde Este del salar. Las aguas de las lagunas tienen mayor variabilidad de concentraciones; éstas últimas presentan una tendencia similar a la presentada en el año 2016, presentando para este año, mayores datos en las gráficas.

En todos los elementos mayoritarios las aguas de las lagunas presentan mayores concentraciones lo que resulta concordante con el proceso de evaporación a la cual se ven expuestas las aguas de dichos cuerpos de agua. De la evolución temporal, se observa que los valores medidos en el 2017, en relación a los rangos registrados en años anteriores, se encuentran en el comportamiento histórico.

Figura 5-154 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Norte y Borde Este Aniones (mg/L)



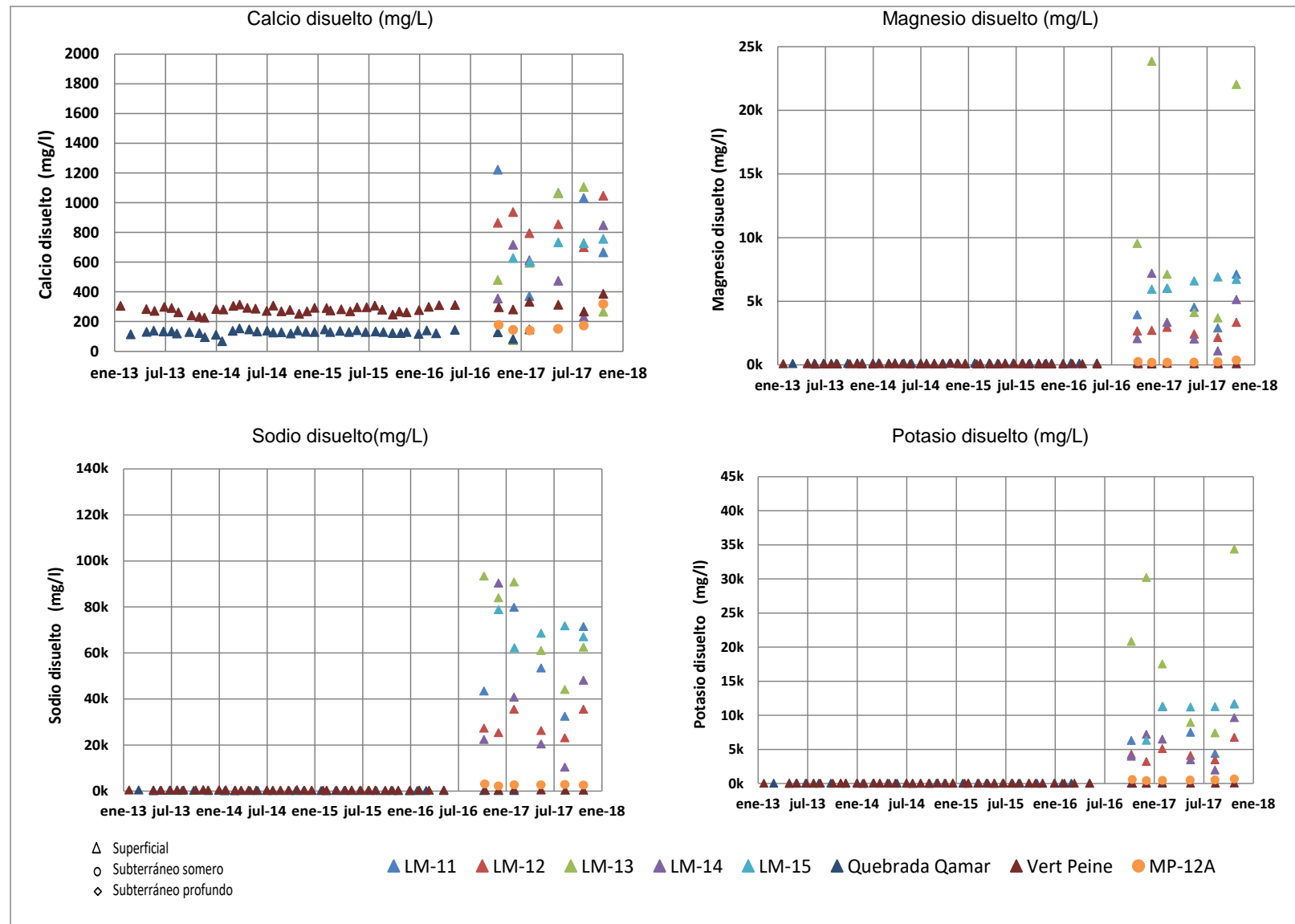
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-78 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Norte y Borde Este

Cloruros (Cl ⁻), (mg/L)					Sulfatos (SO ₄ ²⁻), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	59.929	97.400	152.046	LM-11	5	9.932	13.994	24.619
LM-12	6	44.601	53.712	75.213	LM-12	6	7.127	9.285	14.883
LM-13	6	75.695	173.942	195.338	LM-13	6	9.202	21.362	46.609
LM-14	6	18.558	67.003	132.005	LM-14	6	2.440	8.400	19.304
LM-15	5	119.979	130.863	138.005	LM-15	5	17.556	19.683	21.931
MP-12A	6	5.160	5.345	5.760	MP-12A	6	382	504	2.286
Q.Camar	40	205	261	936	Q.Camar	40	420	684	3.464
Vert.Peine	43	716	916	1.128	Vert.Peine	43	438	727	964

Bicarbonato disuelto (HCO ₃ ⁻), (mg/L)					Nitrate disuelto (NO ₃ ⁻), (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	522	1.068	1.309	LM-11	5	0,29	2,04	145
LM-12	6	451	598	737	LM-12	6	0,29	0,72	260
LM-13	6	428	953	2.508	LM-13	6	0,29	1,37	509
LM-14	6	48,2	630	829	LM-14	6	0,29	0,91	244
LM-15	5	542	718	1.159	LM-15	5	0,29	0,29	39,73
MP-12A	6	163	207	244	MP-12A	6	0,29	1,30	29,30
Q.Camar	40	321	542	645	Q.Camar	40	0,003	1,29	15,10
Vert.Peine	43	87	144	587	Vert.Peine	43	0,29	5,05	230,20

Figura 5-155 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Disueltos, Sector Norte y Borde Este Cationes (mg/L)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-79 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Disueltos - Sector Norte y Borde Este

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	372	1.031	1.222
LM-12	6	700	860	1.047
LM-13	6	75	537	1.105
LM-14	6	231	544	848
LM-15	5	602	727	757
MP-12A	6	140	162	319
Q.Camar	40	68	130	154
Vert.Peine	43	226	284	387

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	2.902	4.525	7.120
LM-12	6	2.152	2.688	3.339
LM-13	6	3.691	8.333	23.859
LM-14	6	1.091	2.704	7.192
LM-15	5	5.946	6.599	6.907
MP-12A	6	193	221	368
Q.Camar	40	111	126	149
Vert.Peine	43	64	80	127

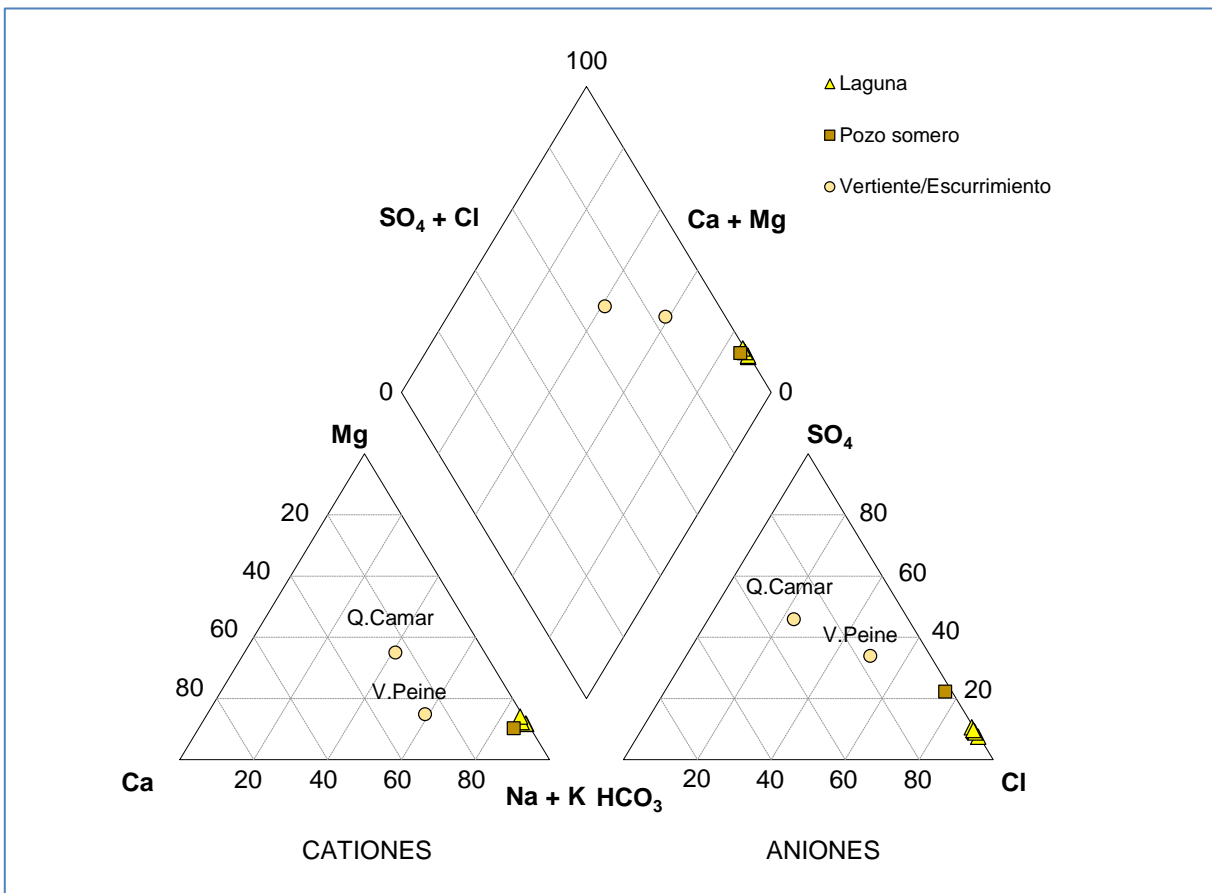
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	32.520	53.490	79.860
LM-12	6	23.140	26.839	35.620
LM-13	6	44.125	73.244	93.410
LM-14	6	10.432	31.617	90.323
LM-15	5	62.260	68.570	78.870
MP-12A	6	2.326	2.778	3.194
Q.Camar	40	183	265	498
Vert.Peine	43	387	453	861

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	4.376	7.489	11.680
LM-12	6	3.219	4.186	6.774
LM-13	6	7.420	19.178	34.360
LM-14	6	1.970	5.237	9.649
LM-15	5	6.335	11.250	11.670
MP-12A	6	410	507	659
Q.Camar	40	12	18	39
Vert.Peine	43	0,3	25	110

Desde las Figura 5-156 a la Figura 5-159, se presentan Diagramas de Piper con la clasificación de las aguas, para las campañas de Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre 2017.

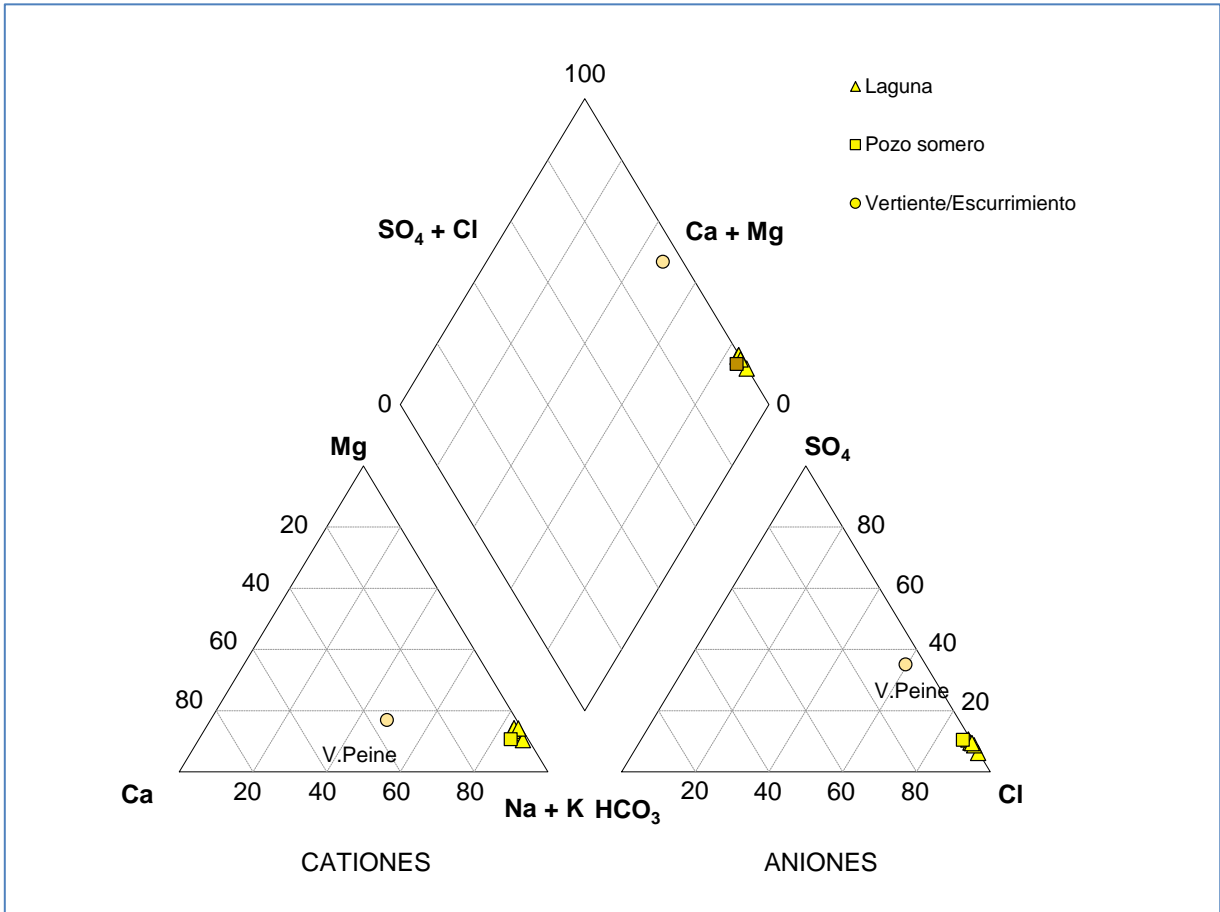
Las aguas más dulces de la Quebrada Camar muestreada solamente en el mes de Febrero 2017 se clasifica como un agua de composición intermedia sulfatada sódica. Las aguas de la vertiente Peine, también dulces, corresponden a aguas cloruradas sódico-cálcicas, mientras que para el resto de los puntos, son claramente definidas como cloruradas-sódicas. Tanto la vertiente Peine como la quebrada Camar, se ubican fuera del área de salares, por lo que tienden a presentar diferencia en la composición comparado con el resto de los puntos que están más cerca del nucleo.

Figura 5-156 Diagrama de Piper, Campaña Febrero 2017, Sector Norte y Borde Este



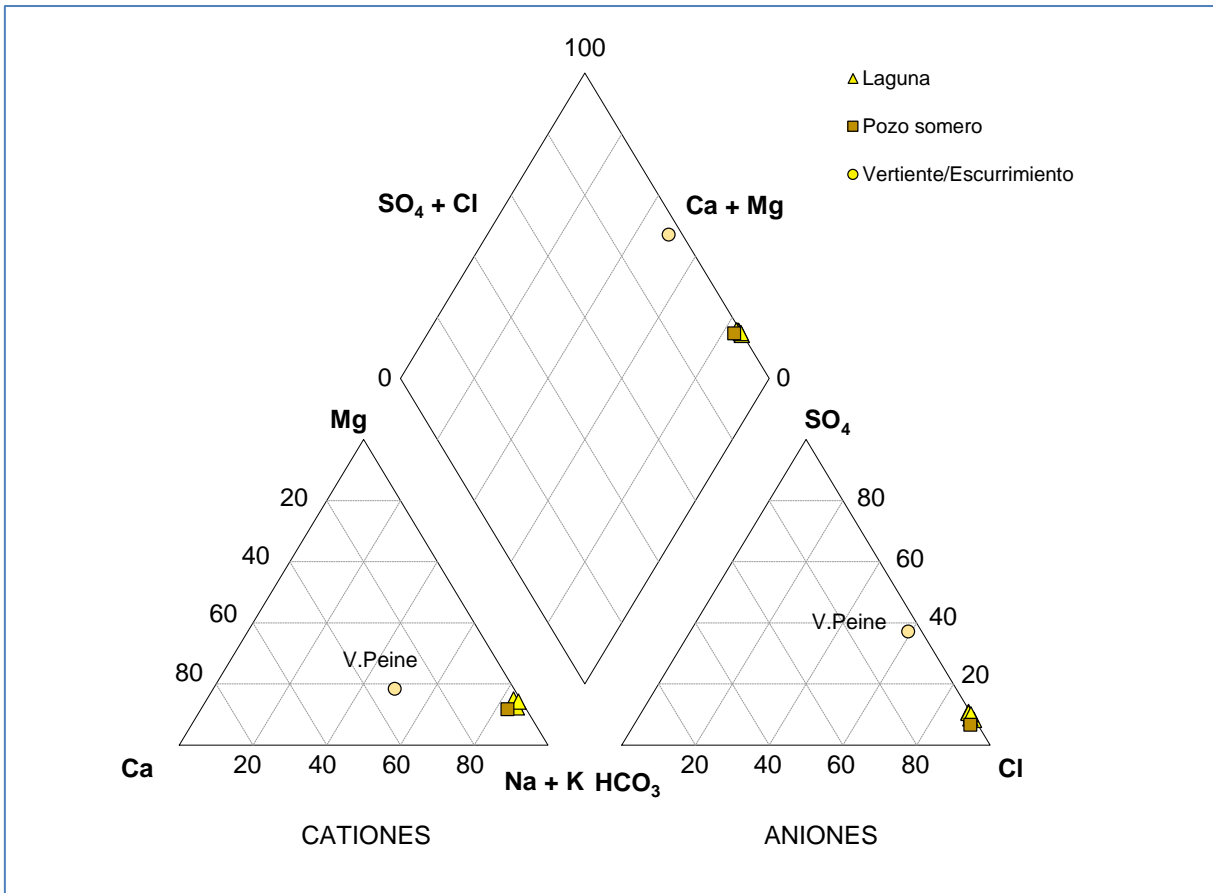
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-157 Diagrama de Piper, Campaña Mayo 2017, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-158 Diagrama de Piper, Campaña Agosto 2017, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

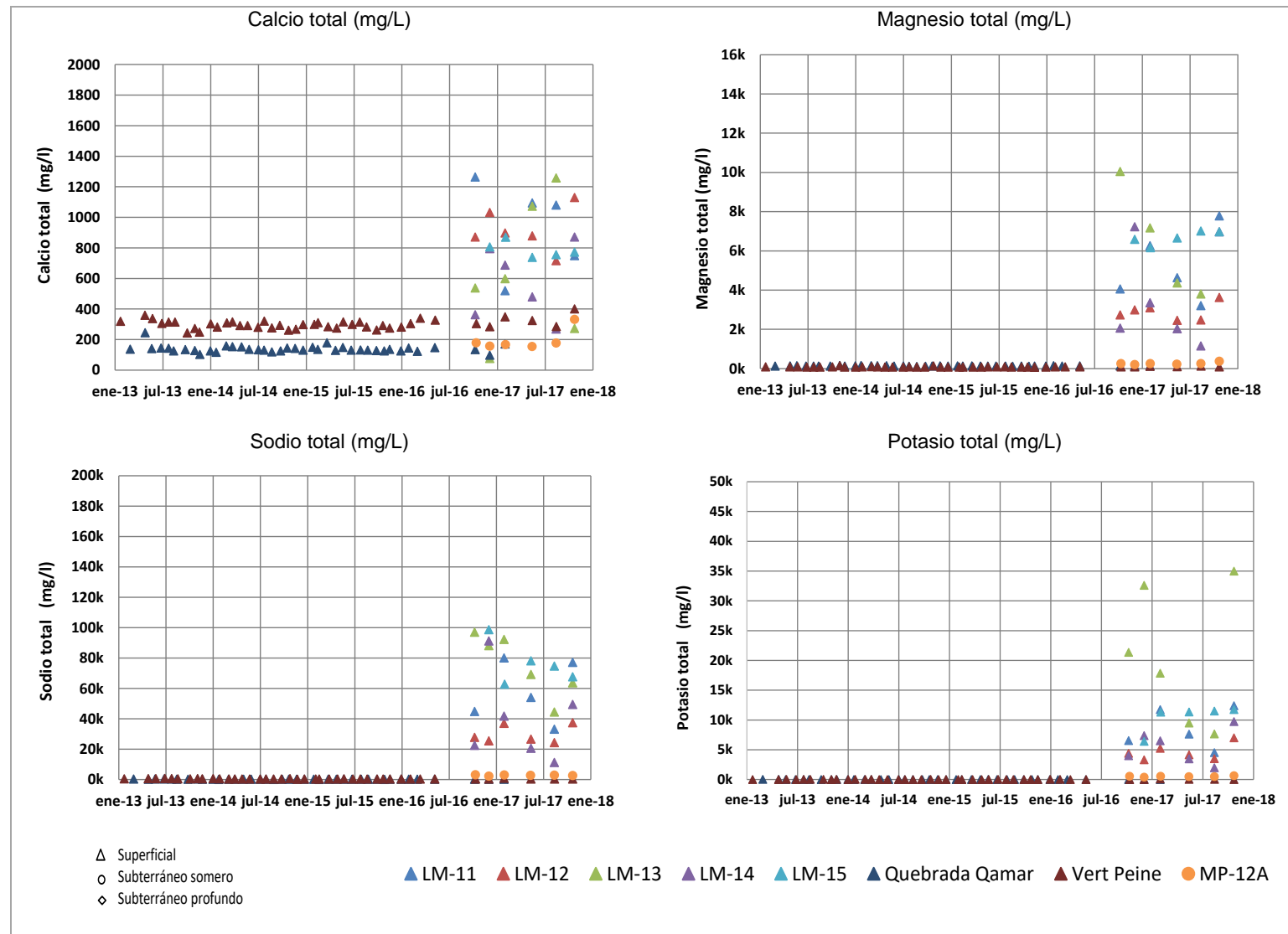
El Magnesio total presenta unos valores diferentes también, por cuanto las aguas de las lagunas van entre 1.158 mg/L y 24.831 mg/L y la de la vertiente y quebrada están entre 72 mg/L y 153 mg/L. El agua subterránea somera representada por el pozo MP-12A es más cercana en concentración a la quebrada y vertiente Peine, con valores de 202 mg/L a 376 mg/L. El punto LM-13, de la misma manera que en otros elementos, presenta registros mayores a los otros, con concentraciones medias de 8.607 mg/L.

En cuanto al Sodio, los datos muestran concordancia con los otros elementos que han sido comentados en este sector, esto es, que los puntos muestran un comportamiento estable y que los registros del año 2017 se encuentran dentro de dicho comportamiento histórico. Sólo en algunos puntos los rangos de valores se amplían debido a que se representan mayor número de campañas. Los registros de las lagunas y del agua subterránea presentan valores muy altos respecto de los históricos de los otros puntos. Las aguas de la Qda. Camar y de la Vertiente Peine, presentan concentraciones en el rango de 202 mg/L y 893 mg/L, mientras que las lagunas presentan el rango de 11.346 mg/L (LM-14) y 98.692 mg/L (LM-15).

En cuanto al Potasio total, nuevamente el punto LM-13 presenta mayores concentraciones al de los otros puntos de las lagunas, por cuanto se tienen dos mediciones con valores de 7.655 mg/L y 34.990 mg/L, mientras que los otros puntos de las lagunas tienen un rango de registros de 3.300 mg/L y 12.400 mg/L. Las aguas subterráneas también presentan un comportamiento que llama la atención por cuanto en el caso de MP-12A tiene un registro en la mediana de 543 mg/L y el pozo LM-15 tiene un registro de 11.340 mg/L, siendo ambas aguas subterráneas someras, pero separados una distancia mayor a 20 km. La Quebrada Camar y la Vertiente Peine, presentan concentraciones muy bajas respecto de los otros puntos de este sector.

Al mirar los cuatro elementos mayoritarios totales analizados, el Sodio total resulta ser el de mayor concentración presente en las aguas de este sector.

Figura 5-160 Variación Temporal, Elementos Mayoritarios Totales, Sector Borde y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-80 Estadígrafos Elementos Mayoritarios Totales - Sector Norte y Borde Este

Calcio total, (mg/L)					Magnesio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	520	1.080	1.263	LM-11	5	3.208	4.629	7.781
LM-12	6	716	888	1.130	LM-12	6	2.456	2.864	3.623
LM-13	6	76	568	1.258	LM-13	6	3.807	8.607	24.831
LM-14	6	269	583	871	LM-14	6	1.158	2.714	7.228
LM-15	5	738	772	870	LM-15	5	6.162	6.660	7.011
MP-12A	6	154	173	332	MP-12A	6	202	252	376
Q.Camar	40	98	134	245	Q.Camar	40	112	130	153
Vert.Peine	43	243	299	401	Vert.Peine	43	72	33	151

Sodio total, (mg/L)					Potasio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	33.224	54.100	80.100	LM-11	5	4.544	7.632	12.400
LM-12	6	24.428	27.247	37.420	LM-12	6	3.329	4.277	7.028
LM-13	6	44.580	78.724	97.042	LM-13	6	7.655	19.612	34.990
LM-14	6	11.346	32.209	91.254	LM-14	6	1.998	5.267	9.754
LM-15	5	62.860	74.720	98.692	LM-15	5	6.431	11.340	11.770
MP-12A	6	2.386	2.957	3.196	MP-12A	6	427	543	672
Q.Camar	40	202	274	502	Q.Camar	40	13	19	39
Vert.Peine	43	375	478	893	Vert.Peine	43	0,41	25,75	112

5.8.3.5 Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Los elementos minoritarios disueltos comprometidos a monitorear son el Boro (B), el Litio (Li) y el Estroncio (Sr). En la Figura 5-161 y Tabla 5-81 se presenta la gráfica de la variación temporal de estos elementos y los estadígrafos de la serie registrada, respectivamente.

Como ha sido mencionado anteriormente, los elementos Boro y Litio, en el Salar de Atacama y en particular en la zona del Proyecto se presentan con concentraciones relevantes, aun cuando sean categorizados como elementos minoritarios.

Tanto para el Boro como Litio y Estroncio, los registros de las lagunas son mucho mayores a los registrados históricamente en Vertiente Peine y Qda. Camar, así también para el pozo somero MP-12A.

En el caso del Boro, el rango dado por las aguas de las lagunas varía con la incorporación de las nuevas campañas de este año, ahora con valores desde 3 mg/L hasta 1.430 mg/L. Para la vertiente el mínimo es 4 mg/L y el máximo 18,6 mg/L y para la Quebrada de 0,9 mg/L a 27,3 mg/L. El valor del Boro del agua subterránea presenta un valor mínimo de 7 mg/L y máximo de 14 mg/L, el que se encuentra entre el de las lagunas y de la vertiente. En cuanto a este elemento, se vuelve a presentar que el punto LM-13 es el que tiene los valores más altos y que el pozo LM-15 se acerca más a los valores de las lagunas que al del pozo somero.

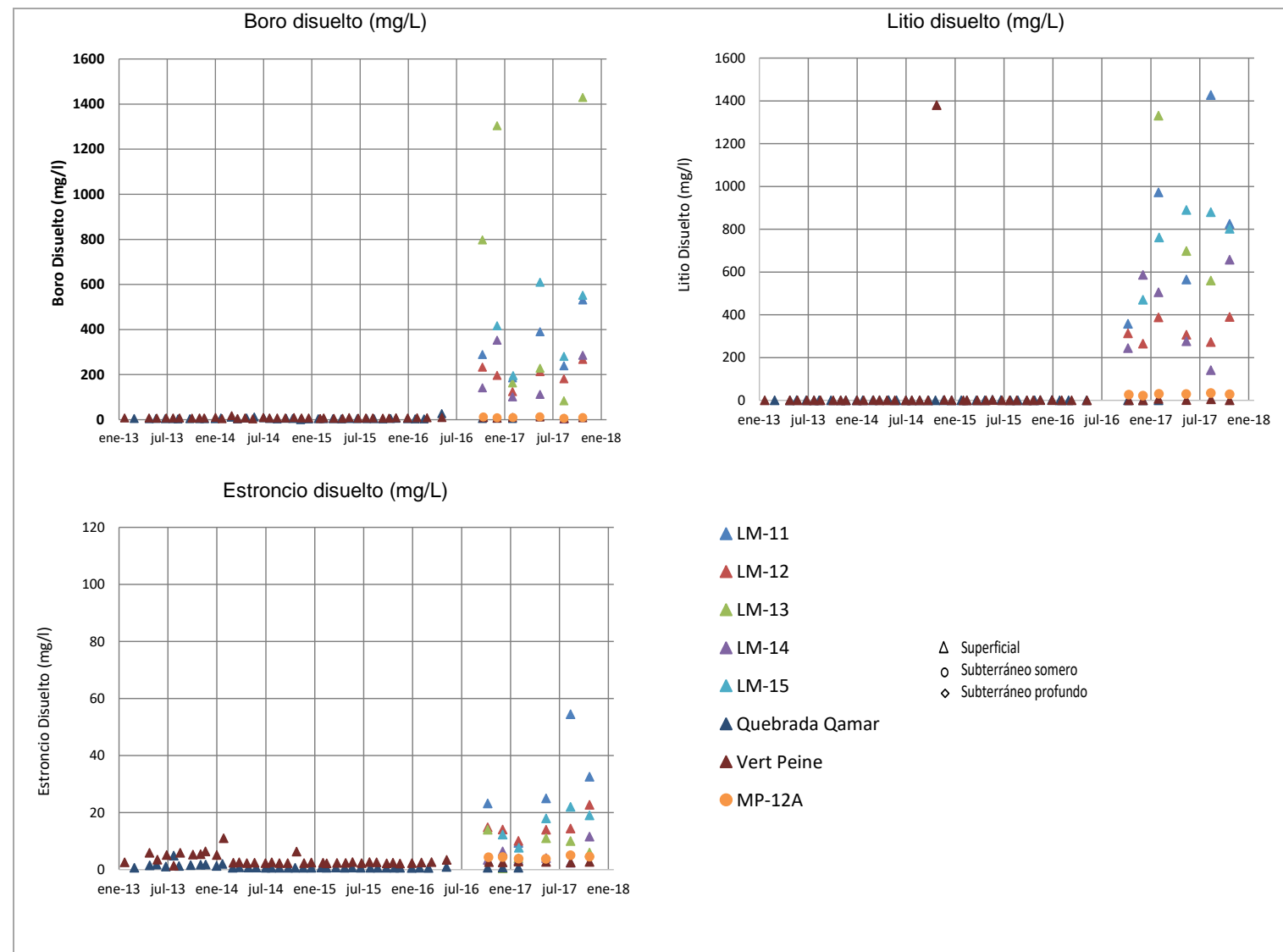
Para el caso del Litio disuelto llama la atención el registro máximo de la vertiente Peine, correspondiente a 1.380 mg/L, fines de 2014, por cuanto en general la serie histórica se mantiene en torno a 0,5 mg/L, por lo que éste valor corresponde a uno puntual más que a una tendencia. Para este elemento, es posible indicar que se aprecian tres grupos de calidades, aquella con valores efectivamente bajas, puntos Qda Camar y Vertiente Peine; punto con valor intermedio es MP-12A; las lagunas con valores por sobre los 200 mg/L.

Finalmente, el Estroncio disuelto es el de los tres elementos minoritarios analizados el que presenta valores de concentración más bajo, desde un rango de 0,5 mg/L a 54,5 mg/L.

Tanto la Qda. Camar como la Vertiente Peine presentan registros históricos de estroncio desde 2013 y el registro del año 2017 se encuentra dentro del rango histórico.

En este grupo de elementos, el predominante resulta ser el Litio, en particular en las aguas de las lagunas, lo que es concordante con todo el comportamiento que han mostrado todos los elementos en este sector, atendiendo al proceso de evaporación al cual se ven expuestas las aguas de estos cuerpos.

Figura 5-161 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Disueltos, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-81 Estadígrafos Elementos Minoritarios Disueltos - Sector Norte y Borde Este

Boro disuelto, (mg/L)					Litio disuelto, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	186	290	532	LM-11	5	358	825	1.427
LM-12	6	125	205	268	LM-12	6	265	310	390
LM-13	6	84,50	513	1.430	LM-13	6	560	1.550	3.327
LM-14	6	3	128	353	LM-14	6	141	391	657
LM-15	5	196	417	610	LM-15	5	470	802	890
MP-12A	6	7	10	14	MP-12A	6	23	29	34
Q.Camar	40	0,90	5	27	Q.Camar	40	0,60	0,70	2,80
Vert.Peine	43	4	8	19	Vert.Peine	43	0,20	0,50	1.380

Estroncio disuelto, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	9,40	25	54,50
LM-12	6	10,10	14	22,70
LM-13	6	0,50	8	14
LM-14	6	2,40	4	11,60
LM-15	5	7,70	18	22
MP-12A	6	3,80	4	5,10
Q.Camar	40	0,60	0,7	4,90
Vert.Peine	43	1,40	2,6	11

5.8.3.6 Elementos Minoritarios y Trazas Totales

Dentro de los elementos minoritarios y trazas totales comprometidos a monitorear, se encuentran: Aluminio (Al), Arsénico (As), Boro (B), Hierro (Fe), Litio (Li), Silicio (Si) y Estroncio (Sr).

En la Figura 5-162 y Tabla 5-82, se presenta la gráfica de la variación temporal de Al, As, B y Fe junto con sus estadígrafos de la serie registrada (2013-2017). En la Figura 5-163 y Tabla 5-83, se presentan los gráficos de los elementos de Litio total, Silicio total y Estroncio total, y las tablas con los valores de sus correspondientes estadígrafos.

El Aluminio y el Hierro presentan concentraciones bajas comparadas con los otros elementos. Para estos elementos los puntos que monitorean aguas subterráneas someras presentan valores similares a los de las lagunas, presentando valores mínimos por debajo del límite de detección del laboratorio.

El agua de la Qda. Camar y Vertiente Peine, para los elementos Aluminio, Arsénico y Hierro presentan igualmente valores menores o iguales a los del límite de detección del laboratorio y los valores máximos se mantienen dentro de los registros históricos.

El Hierro total, es un elemento muy poco presente en las aguas de las lagunas y en las aguas de la vertiente y quebrada. Los puntos con mayores concentraciones son LM-15 y MP-12A.

El Boro representa las mayores cantidades, principalmente en las lagunas, desde 5,6 mg/L (LM-14) a 1.451 mg/L en LM-13, disminuyendo para la Quebrada Camar y Vertiente Peine con valores intermedios. De los datos registrados en el 2017, éstos se mantienen dentro del orden de los registros históricos.

De estos cuatro elementos es posible indicar que el Boro es que predomina en las aguas de este sector, siendo las lagunas las más expuestas a evaporación y por tanto con mayores concentraciones.

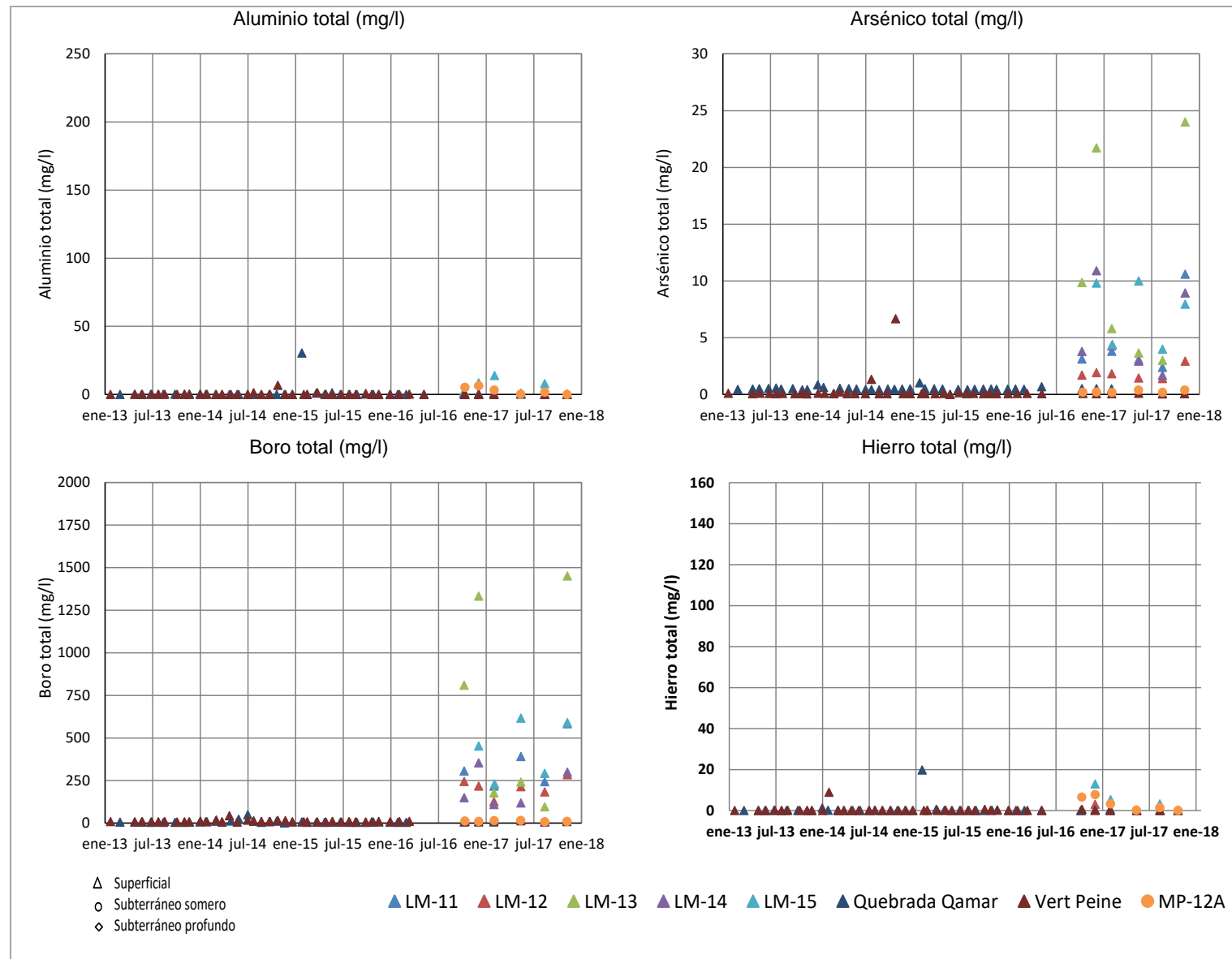
El Boro, el Litio total se encuentra presente en la cuenca en altos contenidos, en particular en las lagunas, y menos presente en las aguas de la Qda. Camar y Vertiente Peine. Aunque en este último punto existe un valor extremadamente alto, a fines de 2014, es considerado un valor anómalo y puntual y no representativo de la serie. Los puntos LM-11 y LM-13 son los que presentan las mayores concentraciones. El pozo LM-15 se acerca mucho a los valores registrados en las lagunas, con un valor máximo de 935 mg/L.

En cuanto al Silicio total, las concentraciones se ampliaron un poco con respecto a lo registrado anteriormente, presentando para la fecha en las lagunas valores desde 5,3 mg/L y

69,3 mg/L, y para el pozo LM-15 desde 0,97 hasta 97,83 mg/L, lo que se aprecia en la figura respectiva, esto debido a que el año anterior éstas presentaban de uno a dos puntos con datos. Los valores para la Qda Camar y Vertiente Peine se mantienen entre 2,6 mg/L (Vertiente) y 97 mg/l (Quebrada); estos puntos cuentan con información desde 2013.

Al igual que el año anterior, para este año los rangos en los valores de Estroncio total para las lagunas se ampliaron, presentando concentraciones desde 0,5 mg/l para el punto LM-13 y 80,5 mg/L para el punto LM-11. Para la Qda. Camar y Vertiente Peine, la tendencia es igual a lo registrado anteriormente y cuyos valores del 2017 se encuentran dentro de los rangos históricos.

Figura 5-162 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-82 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Norte y Borde Este

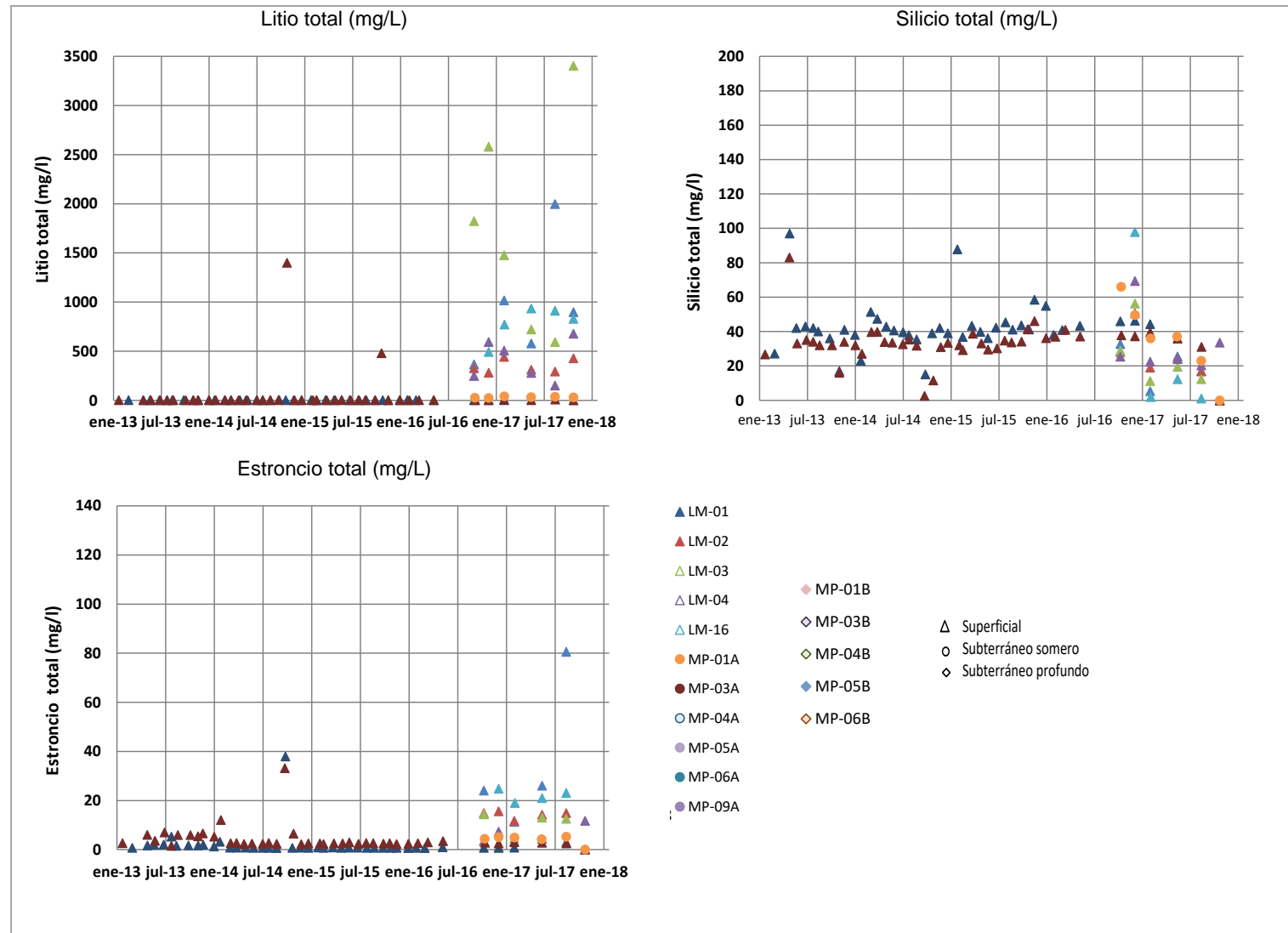
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	0,003	0,174	1,173
LM-12	6	0,003	0,260	1,550
LM-13	6	0,003	0,260	2,575
LM-14	6	0,003	0,169	1,078
LM-15	5	0,214	8,05	14
MP-12A	6	0,003	2,540	6,450
Q.Camar	40	0,003	0,067	30,50
Vert.Peine	43	0,003	0,067	6,670

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	2,40	3,103	3,81
LM-12	6	1,40	1,702	1,93
LM-13	6	3	5,8	21,72
LM-14	6	1,70	4,04	10,9
LM-15	5	4	7,11	10
MP-12A	6	0,196	0,22	0,4
Q.Camar	40	0,0001	0,48	1,03
Vert.Peine	43	0,0001	0,077	6,66

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	217	305,89	584
LM-12	6	127	215,70	284
LM-13	6	96	525,72	1.451
LM-14	6	5,60	133,42	354
LM-15	5	230	452,80	617
MP-12A	6	8,60	11,90	15,90
Q.Camar	39	1,80	6	49,20
Vert.Peine	42	5,80	8,90	43,60

Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	0,001	0,0035	0,12
LM-12	6	0,001	0,069	3,02
LM-13	6	0,001	0,001	0,316
LM-14	6	0,001	0,001	0,355
LM-15	5	0,30	4,26	12,95
MP-12A	6	0,001	2,33	7,82
Q.Camar	40	0,002	0,031	19,80
Vert.Peine	43	0,001	0,01	8,91

Figura 5-163 Variación Temporal, Elementos Minoritarios Totales, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-83 Estadígrafos Elementos Minoritarios Totales - Sector Norte y Borde Este

Lito total, (mg/L)					Silicio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max	Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	364,50	896	1.998	LM-11	5	5,30	21,15	32,70
LM-12	6	280,70	319,41	441	LM-12	6	16,80	24,40	50,50
LM-13	6	593	1.649,4	3.404	LM-13	6	11,20	19,50	56,20
LM-14	6	151	392	677	LM-14	6	20,30	24,70	69,30
LM-15	5	492,3	829	935	LM-15	5	0,97	7,09	97,83
MP-12A	6	22,95	31,4	40,3	MP-12A	6	23	37,10	66,10
Q.Camar	40	0,40	0,72	6,37	Q.Camar	40	15,10	41,20	97
Vert.Peine	43	0,23	0,53	1.400	Vert.Peine	43	2,60	33,80	83

Estroncio total, (mg/L)				
Nombre	N° Reg	Min	Med	Max
LM-11	5	11,30	25	80,50
LM-12	6	11,70	14,8	15,60
LM-13	6	0,50	12,5	14,30
LM-14	6	3	3,87	11,70
LM-15	5	19	22	24,80
MP-12A	6	4,30	4,88	5,20
Q.Camar	40	0,60	0,745	37,90
Vert.Peine	43	1,50	2,61	33,10

5.8.4 Química de los Pozos de Extracción

En consideración a la resolución de solicitud de interpretación de la RCA N° 21/2016, resuelta mediante la R.E. N° 1.472 de fecha 27 de diciembre 2017 del SEA Dirección Ejecutiva, es que no se presentan resultados asociados a química de los pozos de extracción de salmuera. Dicha Resolución se adjunta como Anexo I de este Informe.

A saber, la Resolución indica textual que: *“[...] el alcance del PSAH, expuesto en el considerando 7 de la RCA respecto del componente ambiental “Físico Calidad del Agua”, para el monitoreo “calidad química del agua superficial y subterránea” debe citar únicamente la Tabla 3-5, Tabla 3-6 y Tabla 3-7 del Anexo 3 de la Adenda N° 5”*. Asimismo, indica que *“el objeto de protección asociado al PSAH, corresponde a las aguas del Salar de Atacama, y el acuífero de la zona marginal que alimenta estas aguas, por lo que los puntos de monitoreo asociados al componente “calidad de agua”, recae sobre las aguas que alimentan los sistemas lagunares y, por lo tanto, la calidad química de salmuera que se extrae de los pozos de producción, no es una variable relevante para los fines ambientales que sustenta la RCA”*.

Por otra parte, los pozos de extracción de agua dulce-salobre, presentados en la Tabla 4-9, tienen compromiso de análisis químico de aguas en el marco de la RCA N° 92/2000, siendo los elementos monitoreados: Calcio, Litio, Potasio, Magnesio, Sodio y Sulfato, reportados en unidades de ppm (partes por millón).

En la Tabla 5-84, Tabla 5-85 y Tabla 5-86 se presentan los resultados registrados de calidad química en el año 2017 para los pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro, respectivamente. Asimismo, en el Anexo J se presentan los registros históricos.

Tabla 5-84 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2017

Mes	Densidad (g/cm ³)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,000	409,4	0,9	106,3	35,7	653,9	759,4
Febrero	1,000	411,9	0,9	105,4	35,2	649,1	782,6
Marzo	1,001	424,1	1,0	107,0	36,9	666,0	789,1
Abril	1,001	436,7	0,9	105,1	39,2	671,2	789,1
Mayo	1,001	404,2	0,9	105,5	33,4	648,7	709,1
Junio	1,001	386,0	0,9	104,0	37,4	648,0	810,0
Julio	1,002	382,2	0,9	108,2	38,0	704,5	813,0
Agosto	1,001	449,4	0,9	105,9	32,0	676,6	734,3
Septiembre	1,000	431,4	1,0	109,7	32,4	648,4	865,0
Octubre	1,000	377,0	1,1	107,6	38,7	651,6	820,7
Noviembre	1,000	352,0	1,0	106,0	32,0	625,0	799,0
Diciembre	1,001	424,0	1,0	108,0	38,0	699,0	767,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-85 Resultados Calidad Química de pozo Tilopozo año 2017

Mes	Densidad (g/cm ³)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,000	140,1	4,9	92,1	80,4	590,1	375,8
Febrero	1,001	130,3	4,7	92,1	79,4	599,3	401,3
Marzo	1,001	130,8	5,1	95,7	85,3	588,5	399,2
Abril	1,002	126,1	6,5	96,1	81,6	641,5	397,6
Mayo	1,000	125,4	4,7	92,9	78,9	604,3	303,9
Junio	1,002	106,0	5,1	91,0	71,9	589,2	372,1
Julio	1,001	114,6	4,7	93,7	79,3	576,4	362,1
Agosto	1,001	125,8	4,3	96,3	69,6	536,6	274,8
Septiembre	1,001	123,8	4,6	104,8	72,4	536,0	379,0
Octubre	1,000	117,0	5,0	93,8	82,6	766,0	325,0
Noviembre	1,000	130,0	5,0	94,0	78,0	579,0	340,0
Diciembre	1,000	135,0	5,0	96,0	75,0	613,0	380,0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-86 Resultados Calidad Química de pozo Tucúcaro año 2017

Mes	Densidad (g/cm ³)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,001	152,2	11,1	126,2	165,1	1.014,2	489,8
Febrero	1,002	142,1	10,8	129,8	161,8	1.023,6	534,4
Marzo	1,002	150,0	11,7	137,3	171,9	1.080,5	580,1
Abril	1,002	147,6	12,1	137,4	171,3	1.064,7	570,9
Mayo	1,001	149,4	10,7	134,9	155,6	989,1	493,0
Junio	1,003	151,0	13,0	145,3	180,5	1.153,0	550,7
Julio	1,004	150,0	12,4	145,2	172,2	1.148,0	497,3
Agosto	1,000	131,0	5,9	103,3	88,6	646,5	172,0
Septiembre	1,000	154,0	5,9	105,6	91,8	596,4	408,3
Octubre	1,003	155,0	6,0	159,8	187,5	1.385,6	510,9
Noviembre	1,003	168,0	13,0	154,0	182,0	1.238,0	556,0
Diciembre	1,003	160,0	12,0	146,0	165,0	1.088,0	550,0

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-87 se presentan los estadígrafos para los pozos de agua dulce-salobre, de los cuales se puede indicar que presentan baja dispersión sus datos por elemento, mientras que entre pozos se presenta un amplio rango de valores.

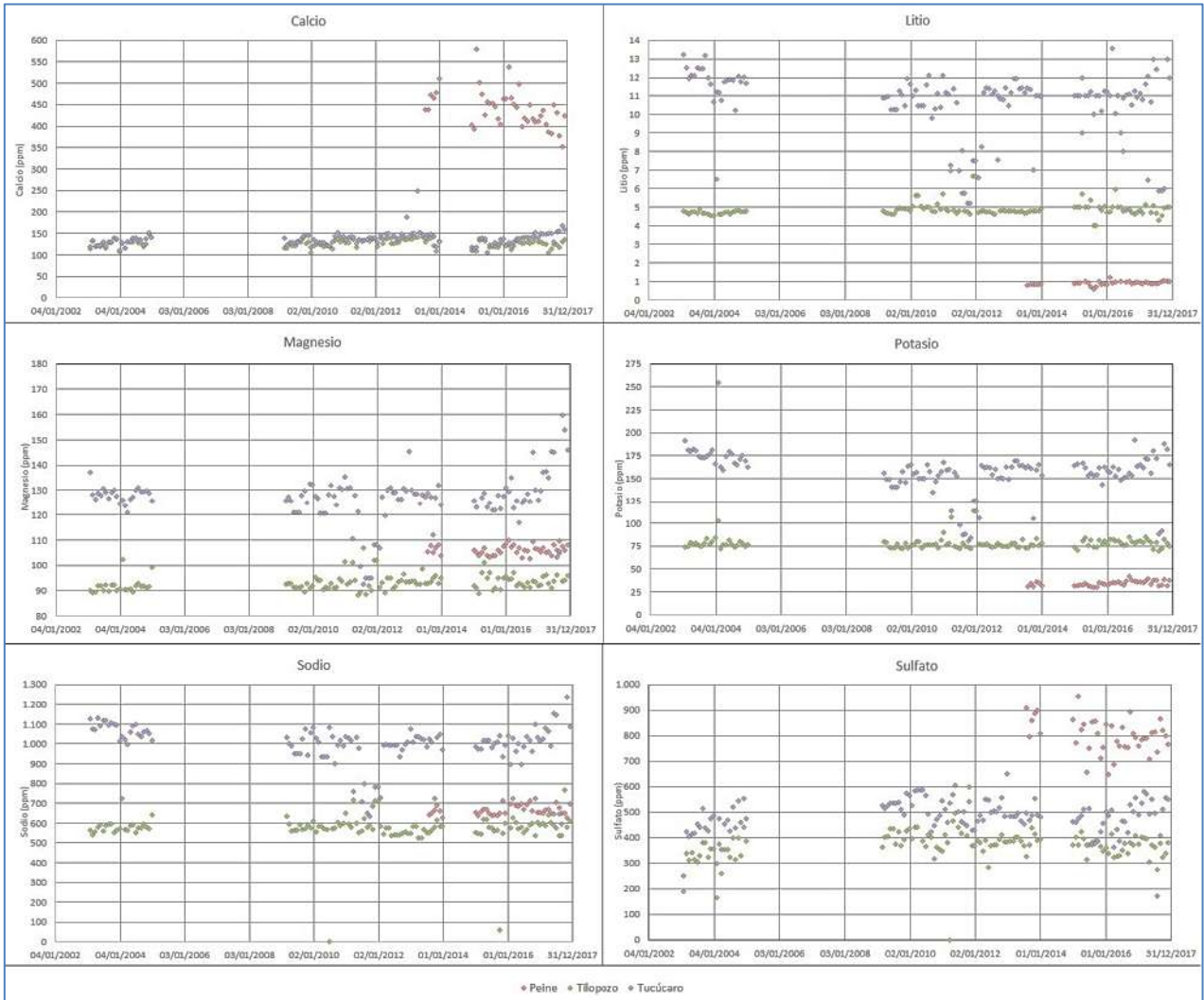
Tabla 5-87 Estadígrafos, Calidad Química de pozos de bombeo agua dulce-salobre (ppm)

Pozo	Parámetro	Nº	Mín	Mediana	P75	Máximo
Peine	Calcio	42	352,0	439,0	464,3	580,0
	Litio	42	0,6	0,9	1,0	11,0
	Magnesio	42	102,7	106,0	107,5	109,9
	Potasio	42	30,0	34,3	36,0	42,2
	Sodio	42	625,0	662,6	689,7	1.350,0
	Sulfato	42	646,2	803,0	844,8	954,0
Tilopozo	Calcio	119	105,1	128,5	135,2	152,4
	Litio	119	4,0	4,8	5,0	11,1
	Magnesio	119	88,2	92,7	94,5	106,8
	Potasio	119	69,6	77,1	80,0	719,0
	Sodio	119	59,0	576,4	594,2	1.040,0
	Sulfato	119	165,7	379,7	401,2	4.420,6
Tucúcaro	Calcio	120	105,1	137,6	143,5	249,5
	Litio	120	4,9	11,1	11,7	13,6
	Magnesio	120	92,6	127,8	130,0	1.241,0
	Potasio	120	81,2	160,9	167,3	1.622,0
	Sodio	120	596,4	1.017,5	1.059,3	1.880,0
	Sulfato	120	172,0	487,8	531,3	651,1

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-164 presenta la gráfica histórica de la variación de los elementos comprometidos para los pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro. Cabe indicar que el pozo Peine comienza su bombeo más tarde que los demás, con registros desde Julio 2013.

Figura 5-164 Variación temporal de Calidad Química en pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 5-164, se observa que para el Calcio, el pozo Peine presenta una diferencia de 300 ppm, aproximadamente, al comparar con los pozos Tucúcaro y Tilopozo. Además, el pozo Peine presenta una mayor dispersión de los valores, mientras que los pozos Tilopozo y Tucúcaro presenta valores homogéneos en un rango de 100 a 150 ppm, aproximadamente.

Para el caso del Litio, el pozo Peine por estar más alejado de la salmuera, presenta las concentraciones más bajas de los 3 pozos, con una mediana de 0,9 ppm. Para el caso de Tucúcaro, este presenta valores en un rango de 4,9 ppm y 13,6 ppm. Mientras que para el pozo Tilopozo, se registran concentraciones intermedias entre los 2 pozos anteriores, con una mediana de 4,8 ppm.

El Magnesio, se presenta para los 3 pozos en una rango de magnitud similar, entre los 85 y 160 ppm, aproximadamente. Tucúcaro presenta históricamente la mayor concentración con una mediana de 127,8 ppm, mientras que Tilopozo presenta los menores valores con una mediana de 92,7 ppm.

Las concentraciones de Potasio presentan un mayor rango entre los pozos, teniendo pozo Peine una mediana de 34,3 ppm, valor más bajo que las concentraciones de Tilopozo y Tucúcaro, para los cuales las medianas son de 77,1 y 160,9 ppm, respectivamente.

El Sodio se presenta en rangos de magnitud similares para los pozos Tilopozo y Peine, con medianas de 576,4 ppm y 662,6 ppm, respectivamente. En tanto, el pozo Tucúcaro presenta mayores contenidos de Sodio con una mediana de 1.017,5 ppm.

Finalmente, el Sulfato se presenta en mayores concentraciones en pozo Peine, con un valor medio de 803 ppm, mientras que los pozos Tilopozo y Tucúcaro muestra similares concentraciones, con medianas de 379,7 ppm y 487,8 ppm, respectivamente.

5.9 Caudales bombeados de salmuera y agua dulce-salobre

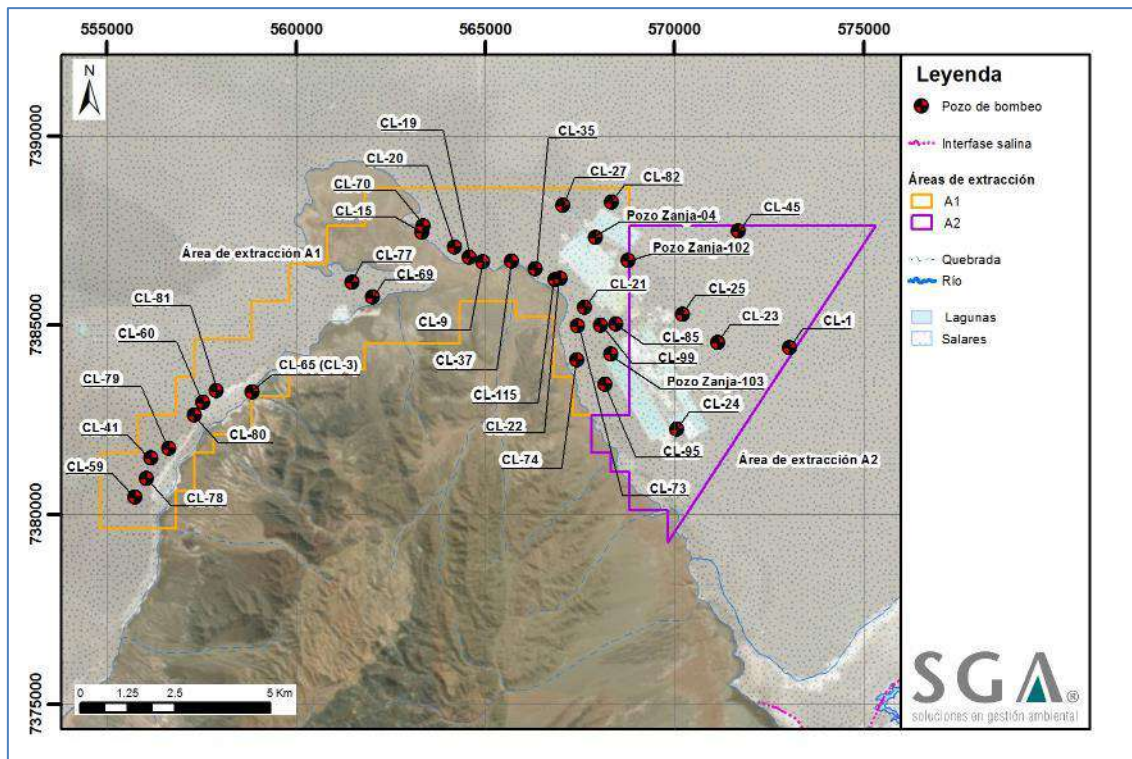
Durante el año 2017, fueron bombeados 18 pozos de extracción de salmuera y 3 pozos de extracción de agua-salobre los cuales son Tilopozo, Tucúcaro y Peine.

En el presente capítulo se presentará la información de los caudales bombeados en el año 2017 y se mostraran gráficamente los registros históricos de cada uno de los pozos. En el Anexo K de este Informe Anual, se entregan los registros históricos de todos los caudales bombeados ya sea desde la salmuera o de los pozos de agua dulce-salobre

5.9.1 Caudales Bombeados de Salmuera

La extracción de salmuera se realiza en dos polígonos denominados A1 y A2, que se presentan en la Figura 5-165 junto con la ubicación de los 18 pozos de extracción de salmuera utilizados durante el 2017. Los datos de los caudales bombeados durante este año se presentan en la Tabla 5-88.

Figura 5-165 Áreas de Extracción A1 y A2 de Albemarle



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-88 Caudales y volúmenes bombeados en Pozos de Salmuera año 2017

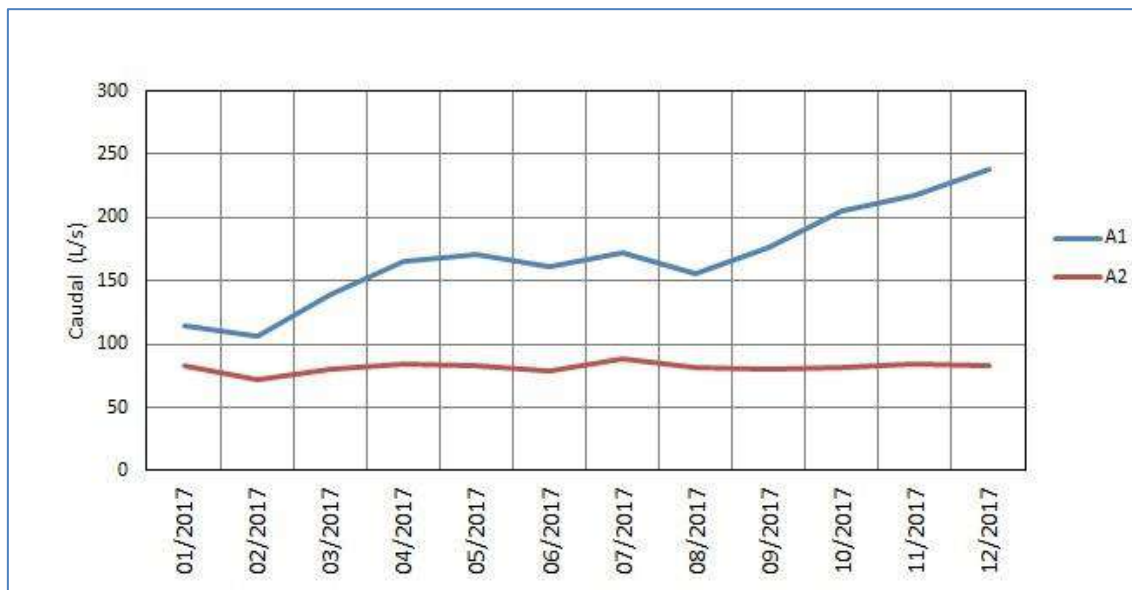
Pozo	Volumen / Caudal	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Volumen total (m³/año) / Caudal medio (L/s)
Área de Bombeo A1														
CL-9	Volumen (m³/mes)	7.621	6.255	8.398	7.543	7.598	7.474	7.801	6.815	7.034	7.436	7.045	7.410	88.432
	Caudal (L/s)	2,85	2,59	3,14	2,91	2,84	2,88	2,91	2,54	2,71	2,78	2,72	2,77	2,8
CL-15	Volumen (m³/mes)	13.992	11.066	12.200	11.676	11.519	10.898	12.211	12.001	11.559	13.412	13.428	13.679	147.641
	Caudal (L/s)	5,22	4,57	4,55	4,50	4,30	4,20	4,56	4,48	4,46	5,01	5,18	5,11	4,68
CL-19	Volumen (m³/mes)	28.837	23.256	25.847	35.774	40.659	40.863	46.322	32.263	46.168	53.742	60.657	69.981	504.370
	Caudal (L/s)	10,77	9,61	9,65	13,80	15,18	15,77	17,29	12,05	17,81	20,07	23,40	26,13	15,96
CL-20	Volumen (m³/mes)	15.417	12.658	16.506	15.459	15.669	11.206	18.656	17.909	17.276	18.880	17.721	17.533	194.890
	Caudal (L/s)	5,76	5,23	6,16	5,96	5,85	4,32	6,97	6,69	6,67	7,05	6,84	6,55	6,17
CL-21	Volumen (m³/mes)	16.370	10.436	11.975	10.861	9.387	6.617	10.272	7.757	7.552	7.934	4.657	10.289	114.107
	Caudal (L/s)	6,11	4,31	4,47	4,19	3,50	2,55	3,84	2,90	2,91	2,96	1,80	3,84	3,62
CL-22	Volumen (m³/mes)	33.519	26.844	32.668	34.717	38.161	30.030	37.577	37.678	37.781	41.940	41.299	42.642	434.856
	Caudal (L/s)	12,51	11,10	0,00	13,39	14,25	11,59	14,03	14,07	14,58	15,66	15,93	15,92	13,77
CL-27	Volumen (m³/mes)	11.475	9.879	11.785	11.487	10.617	11.048	13.090	12.789	12.007	14.156	13.718	12.828	144.878
	Caudal (L/s)	4,28	4,08	4,40	4,43	3,96	4,26	4,89	4,77	4,63	5,29	5,29	4,79	4,59
CL-35	Volumen (m³/mes)	5.970	4.601	5.720	4.759	5.496	4.250	5.763	4.174	6.689	7.497	5.417	3.584	63.921
	Caudal (L/s)	2,23	1,90	2,14	1,84	2,05	1,64	2,15	1,56	2,58	2,80	2,09	1,34	2,03
CL-37	Volumen (m³/mes)	10.600	8.025	10.025	9.421	9.384	8.291	8.421	8.353	7.161	6.030	7.268	7.796	100.777
	Caudal (L/s)	3,96	3,32	3,74	3,63	3,50	3,20	3,14	3,12	2,76	2,25	2,80	2,91	3,20
CL-41	Volumen (m³/mes)	29.630	20.319	25.146	27.497	30.868	25.823	28.930	33.693	33.950	30.955	32.084	32.822	351.716
	Caudal (L/s)	11,06	8,40	9,39	10,61	11,52	9,96	10,80	12,58	13,10	11,56	12,38	12,25	11,13
CL-59	Volumen (m³/mes)	48.817	39.843	48.741	46.359	48.985	47.314	50.206	49.701	41.472	48.423	48.664	47.527	566.054
	Caudal (L/s)	18,23	16,47	18,20	17,89	18,29	18,25	18,74	18,56	16,00	18,08	18,77	17,74	17,94
CL-60	Volumen (m³/mes)	57.472	48.237	56.083	58.375	58.381	53.589	57.072	55.978	57.090	59.938	55.936	58.550	676.700
	Caudal (L/s)	21,46	19,94	20,94	22,52	21,80	20,67	21,31	20,90	22,03	22,38	21,58	21,86	21,45
CL-65 (CL-3)	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	7.696	0	30.745	48.061	86.502
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	2,97	0	11,86	17,94	8,19
CL-69	Volumen (m³/mes)	11.015	8.405	10.424	11.220	11.349	9.372	11.060	11.442	10.429	9.302	10.014	10.184	124.215
	Caudal (L/s)	4,11	3,47	3,89	4,33	4,24	3,62	4,13	4,27	4,02	3,47	3,86	3,80	3,94
CL-70	Volumen (m³/mes)	-	-	1.832	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.832
	Caudal (L/s)	-	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68
CL-73	Volumen (m³/mes)	15.519	26.304	18.444	18.690	12.506	8.613	8.294	8.420	7.496	10.644	11.117	11.067	157.114
	Caudal (L/s)	5,79	10,87	6,89	7,21	4,67	3,32	3,10	3,14	2,89	3,97	4,29	4,13	5,02
CL-74	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	4.089	4.089
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1,53	1,53
CL-77	Volumen (m³/mes)	-	-	576	286	0	0	-	-	-	-	-	-	862
	Caudal (L/s)	-	-	0,22	0,11	0	0	-	-	-	-	-	-	0,08
CL-78	Volumen (m³/mes)	3.600	4.137	23.799	33.583	36.661	34.682	34.589	34.397	23.422	33.399	31.241	33.042	326.552
	Caudal (L/s)	1,34	1,71	8,89	12,96	13,69	13,38	12,91	12,84	9,04	12,47	12,05	12,34	10,30
CL-79	Volumen (m³/mes)	-	-	32.364	40.513	46.019	42.779	45.720	39.929	43.526	46.355	44.671	46.316	428.192
	Caudal (L/s)	-	-	12,08	15,63	17,18	16,50	17,07	14,91	16,79	17,31	17,23	17,29	16,20
CL-80	Volumen (m³/mes)	-	-	11.699	46.336	53.809	53.150	52.981	32.546	49.993	54.166	52.731	54.398	461.809
	Caudal (L/s)	-	-	4,37	17,88	20,09	20,51	19,78	12,15	19,29	20,22	20,34	20,31	17,49
CL-81	Volumen (m³/mes)	-	-	20.914	38.132	46.424	46.942	46.713	46.703	44.616	47.346	39.752	33.222	410.765
	Caudal (L/s)	-	-	7,81	14,71	17,33	18,11	17,44	17,44	17,21	17,68	15,34	12,40	15,55

Pozo	Volumen / Caudal	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Volumen total (m³/año) / Caudal medio (L/s)
Área de Bombeo A1														
CL-82	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	13.151	13.151
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	4,91	4,91
CL-85	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	5.704	5.704
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	2,13	2,13
CL-95	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.142	3.479	1.774	1.908	8.303
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	1,30	0,68	0,71	0,78
CL-99	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	8.523	8.523
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	3,18	3,18
CL-115	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	6.243	14.100	10.690	9.066	40.099
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	2,41	5,26	4,12	3,38	3,80
Pozo Zanja-04	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38.471	30.205	31.008	99.684
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,36	11,65	11,58	12,53
Pozo Zanja-102	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.951	9.994	29.298	54.243
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,58	3,86	10,94	6,79
Pozo Zanja-103	Volumen (m³/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	698	13.577	17.295	31.570
	Caudal (L/s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	5,24	6,46	3,99
Volumen total Área de Bombeo A1 (m³/año)														5.651.552
Área de Bombeo A2														
CL-1	Volumen (m³/mes)	44.556	36.079	32.966	37.387	34.905	36.778	61.613	57.289	51.411	49.551	50.614	53.834	546.983
	Caudal (L/s)	16,64	14,91	12,31	14,42	13,03	14,19	23,00	21,39	19,83	18,50	19,53	20,10	17,32
CL-23	Volumen (m³/mes)	43.032	22.990	31.745	32.118	42.482	39.083	41.463	37.455	39.332	44.441	46.829	49.988	470.957
	Caudal (L/s)	16,07	9,50	11,85	12,39	15,86	15,08	15,48	13,98	15,17	16,59	18,07	18,66	14,89
CL-24	Volumen (m³/mes)	46.228	36.418	46.665	45.349	45.922	36.231	48.493	47.684	46.603	52.945	54.188	60.204	566.931
	Caudal (L/s)	17,26	15,05	17,42	17,50	17,15	13,98	18,11	17,80	17,98	19,77	20,91	22,48	17,95
CL-25	Volumen (m³/mes)	29.188	32.417	40.948	41.271	41.417	31.418	20.947	6.992	3.524	6.126	0	0	254.249
	Caudal (L/s)	10,90	13,40	15,29	15,92	15,46	12,12	7,82	2,61	1,36	2,29	0	0	9,72
CL-45	Volumen (m³/mes)	60.991	47.340	64.478	64.136	59.238	60.221	66.301	68.751	68.083	65.119	65.409	58.209	748.277
	Caudal (L/s)	22,77	19,57	24,07	24,74	22,12	23,23	24,75	25,67	26,27	24,31	25,23	21,73	23,71
Volumen total Área de Bombeo A2 (m³/año)														2.587.397

Fuente: Elaboración propia

El caudal medio mensual de extracción de salmuera del año 2017 en los polígonos A1 y A2 se presentan en la Figura 5-166. El caudal medio mensual más bajo del área A1 fue de 105 L/s y el máximo de 255 L/s, aproximadamente. En el caso del polígono A2 la extracción es menor a la del polígono A1, con un caudal mínimo mensual de 70 L/s y un valor máximo que alcanza los 90 L/s, aproximadamente.

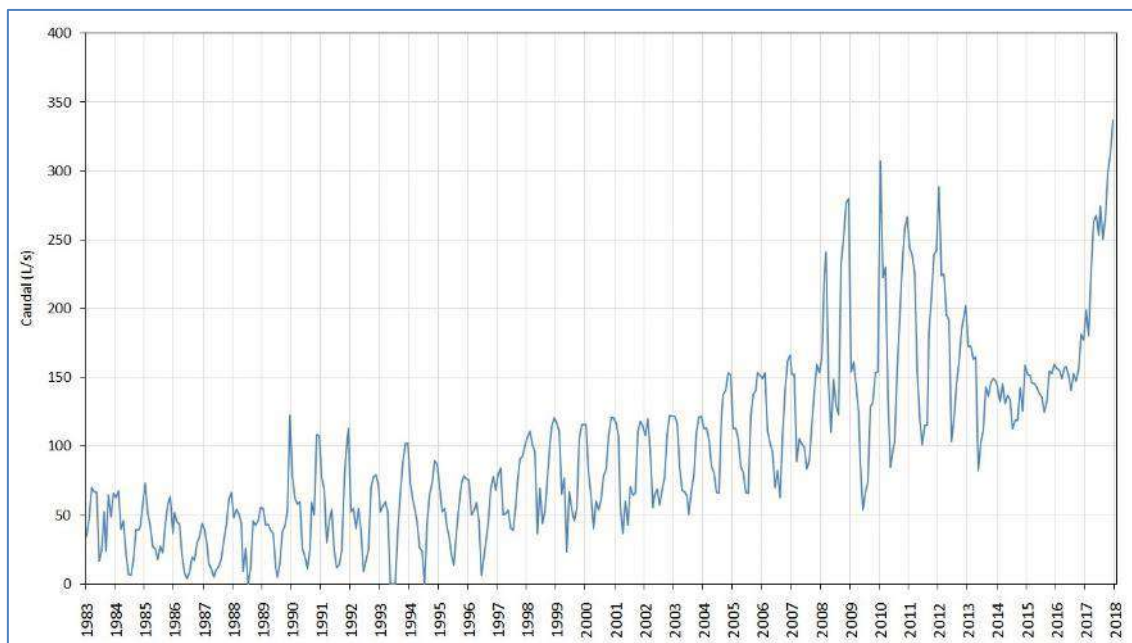
Figura 5-166 Caudales Promedios Mensuales en Salmuera de Albemarle por Zona (año 2017)



Fuente: Elaboración propia.

La extracción histórica promedio mensual de los dos polígonos (A1 y A2) en conjunto, se muestra en la Figura 5-167, abarcando el período desde el año 1983 hasta diciembre de 2017. Se observa que la menor extracción ocurre en los meses invierno y por el contrario, en los meses de verano es donde se extrae la mayor cantidad de salmuera. Esto es debido a la menor y mayor tasa de evaporación que tienen los sistemas de pozas donde es procesada la salmuera.

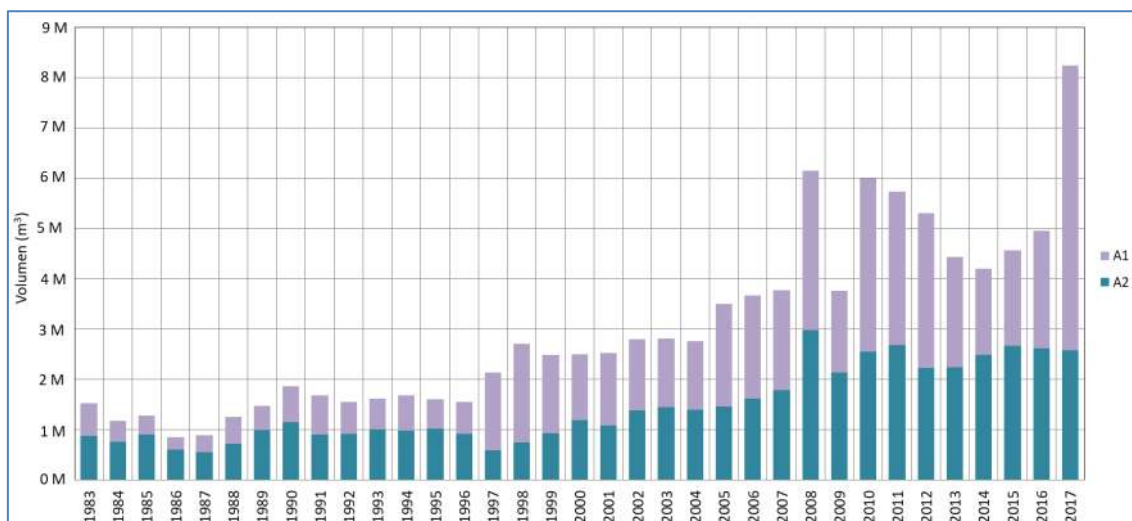
Figura 5-167 Extracción Promedio Mensual de Salmuera de Albemarle, entre 1983 y 2017. (Extracción Zonas A1 + A2)



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del volumen anual de extracción de ambas áreas (A1 y A2) desde el año 1983 hasta Diciembre de 2017, se presenta la Figura 5-168. En esta figura se puede observar que el volumen de extracción total del año 2017 fue de 8.238.949 m³, lo que es equivalente a un caudal medio anual de 261,26 L/s. Asimismo, se observa que el volumen de extracción del polígono A2 es mucho menor que el volumen de A1.

Figura 5-168 Volumen Anual en Salmuera de Albemarle, entre 1983 y 2017



Fuente: Elaboración propia.

5.9.2 Caudales Bombeados de Agua Dulce-Salobre

La extracción de agua dulce-salobre se realiza desde los pozos de Tilopozo y Tucúcaro, ubicado en la Zona Marginal, en el sector La Punta-La Brava, los cuales cuentan con sus derechos de aprovechamiento de aguas por 8,5 L/s y 10 L/s y la aprobación ambiental para el ejercicio de sus derechos por un máximo de 16,9 L/s entre ambos pozos Tilopozo y de Tucúcaro. Además, la empresa cuenta con 5 L/s en el pozo Peine para el abastecimiento del campamento emplazado en esta localidad.

Los volúmenes y caudales bombeados en estos pozos durante el 2017 se muestran resumidos en la Tabla 5-89.

Tabla 5-89 Caudales y Volúmenes Bombeados Pozos de Agua dulce-salobre, año 2017

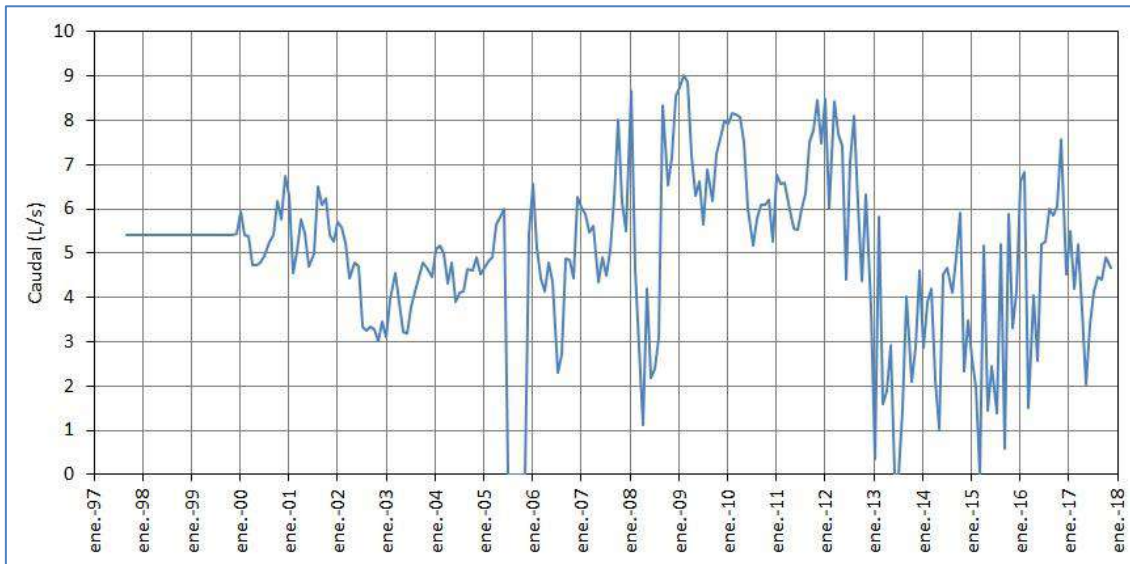
Fecha	Tilopozo		Tucúcaro		Peine	
	Volumen (m ³ /mes)	Caudal (L/s)	Volumen (m ³ /mes)	Caudal (L/s)	Volumen (m ³ /mes)	Caudal (L/s)
Enero	12.143	4,53	6.565	2,45	114	0,04
Febrero	13.265	5,48	2.762	1,14	80	0,03
Marzo	11.211	4,19	3.957	1,48	68	0,03
Abril	13.476	5,20	1.557	0,60	95	0,04
Mayo	9.946	3,71	4.627	1,73	72	0,03
Junio	5.280	2,04	3.163	1,22	125	0,05
Julio	9.090	3,39	3.180	1,19	105	0,04
Agosto	11.062	4,13	2.695	1,01	87	0,03
Septiembre	11.545	4,45	2.843	1,10	80	0,03
Octubre	11.792	4,40	1.781	0,66	76	0,03
Noviembre	12.732	4,91	4.929	1,90	101	0,04
Diciembre	12.484	4,66	5.423	2,02	90	0,03
Volumen Anual (m³/año) / Caudal promedio anual (L/s)	134.024	4,26	43.480	1,37	1.093	0,42

Fuente: Elaboración propia.

En las Figura 5-169, Figura 5-170 y Figura 5-171, se muestra de manera gráfica los caudales históricos que han sido bombeados hasta Diciembre de 2017 para los pozos Tilopozo, Tucúcaro y Peine, respectivamente. Se destaca que las extracciones realizadas este año no sobrepasan los caudales ambientalmente aprobados, y son incluso bastante menores.

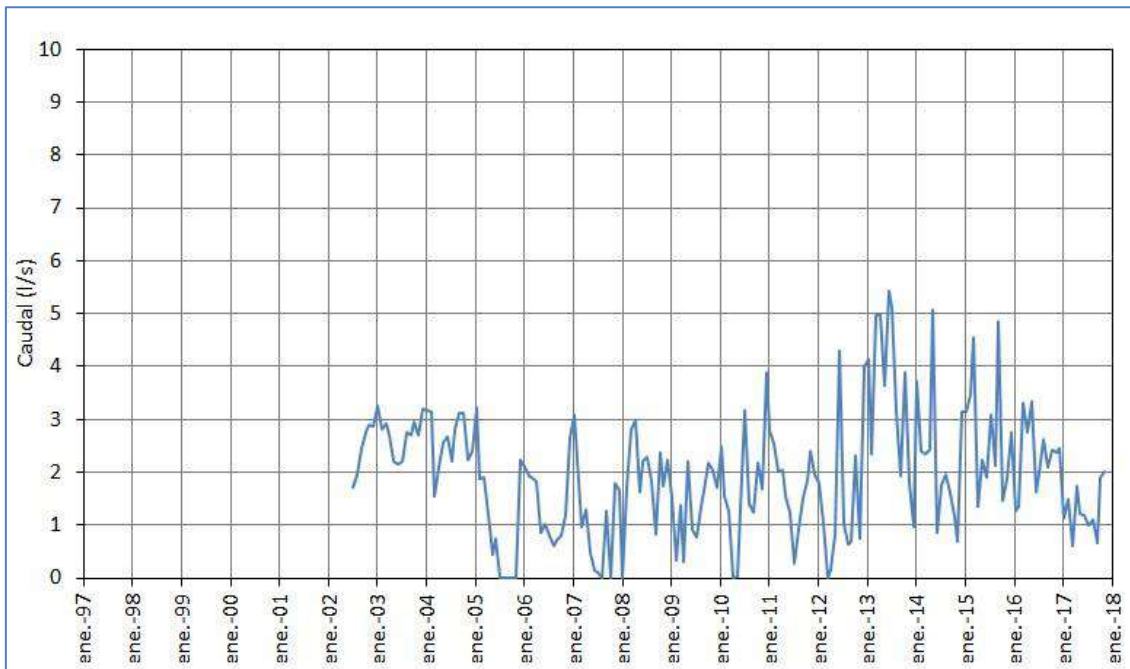
Particularmente, a partir de Julio de 2016 el pozo Peine fue disminuyendo su bombeo a medida que transcurría el año, llegando en Diciembre a extraer caudales de solamente 0,03 L/s.

Figura 5-169 Caudales Mensuales Históricos Bombeados en Tilopozo (L/s)



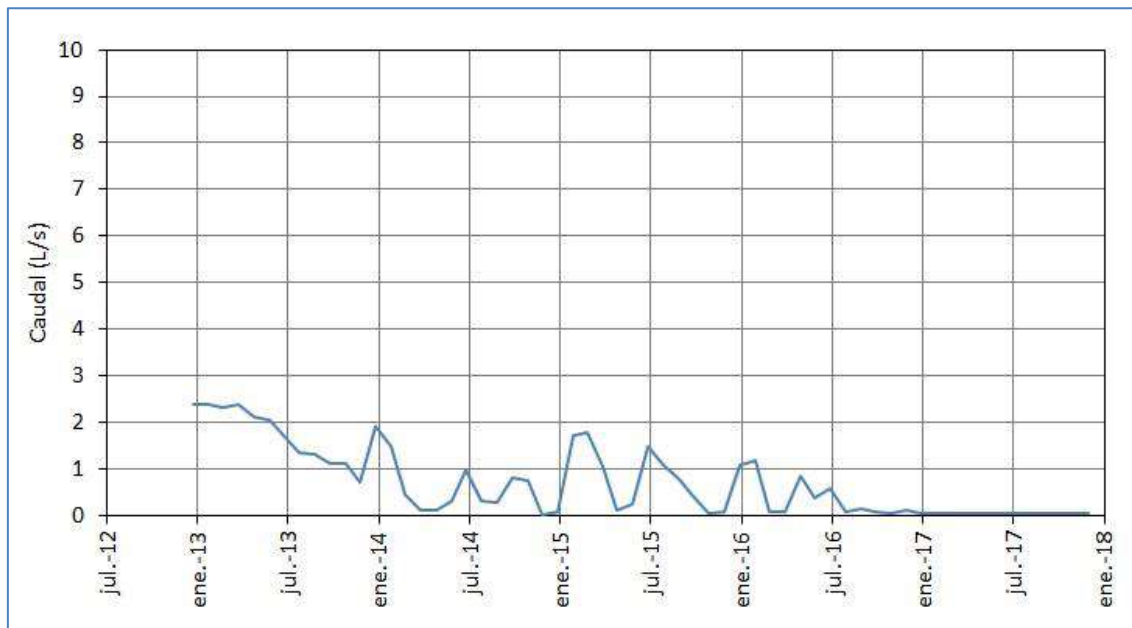
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-170 Caudales Mensuales Históricos Bombeados en Tucúcaro (L/s)



Fuente: Elaboración propia.

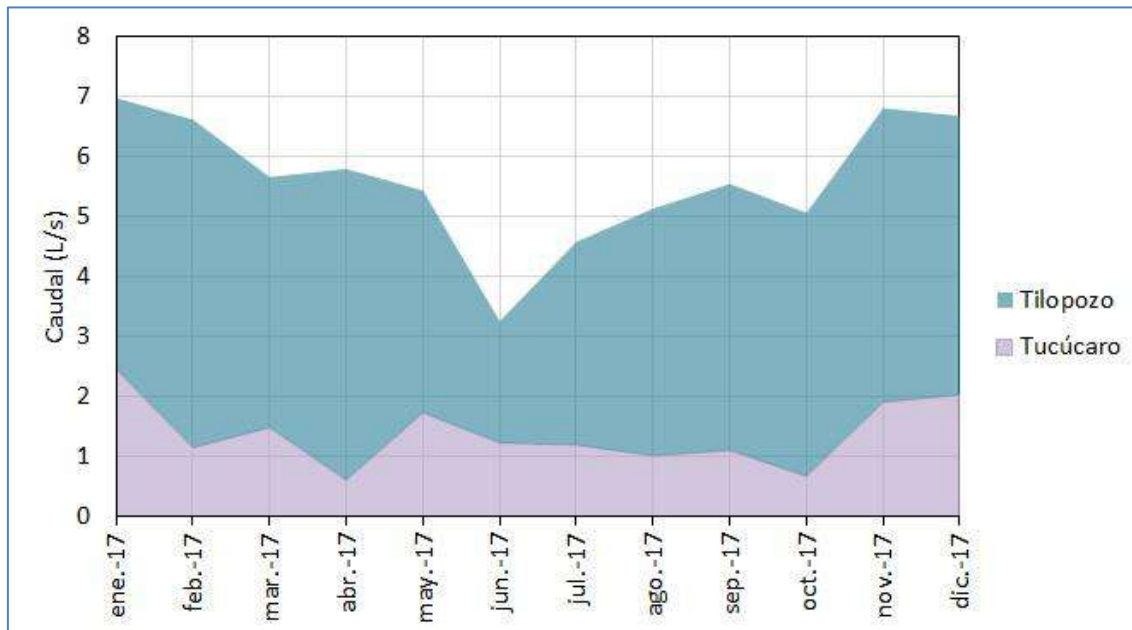
Figura 5-171 Caudales Mensuales Históricos Bombeados en Peine (L/s)



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-172, se muestra el caudal conjunto extraído desde pozos Tilopozo y Tucúcaro durante el año 2017, con un caudal máximo bombeado en el mes de Enero, de aproximadamente 7 L/s.

Figura 5-172 Caudal Extraído desde Tilopozo y Tucúcaro durante el año 2017



Fuente: Elaboración propia.

5.10 Red del Plan de Alerta Temprana

A continuación, se presentan los resultados del año 2017 asociados a la red del Plan de Alerta Temprana, considerando los tres sectores de alerta:

- Sector de alerta Núcleo
- Sector de alerta Acuífero
- Sector de alerta Norte

5.10.1 Sector de alerta Núcleo

Considerando que el año 2017 corresponde a segundo año calendario de operación del Proyecto, en la Tabla 5-90, se presentan los valores de los umbrales para los pozos asociados al PAT, del segundo año de Proyecto. Asimismo, su ubicación fue presentada en la Figura 4-15 del Capítulo 4.

Tabla 5-90 Umbrales de activación hídrico 2º año calendario de explotación

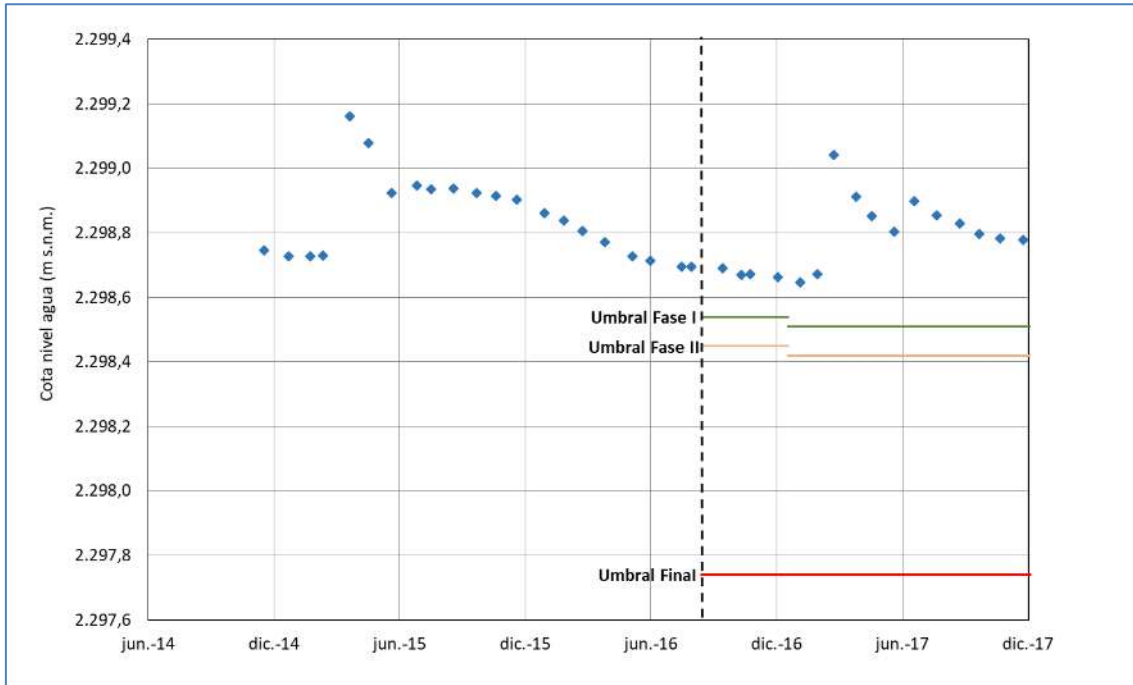
Pozo	Umbral Fase I (m s.n.m)	Umbral Fase II (m s.n.m.)	Umbral Final (m s.n.m.)
PN-05B	2.298,51	2.298,42	2.297,74
PN-08A	2.298,52	2.298,43	2.297,82
PN-14B	2.298,07	2.297,98	2.297,27
PN-16B	2.298,54	2.298,45	2.297,99

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 4-3, Tabla 4-4, Tabla 4-5 y Tabla 4-6 de Anexo 3, Adenda 5.

En función de los registros del año 2017, entre la Figura 5-173 y Figura 5-176 se presenta la evolución de los niveles en los pozos del PAT del Sector de alerta Núcleo en relación a los umbrales que les aplica.

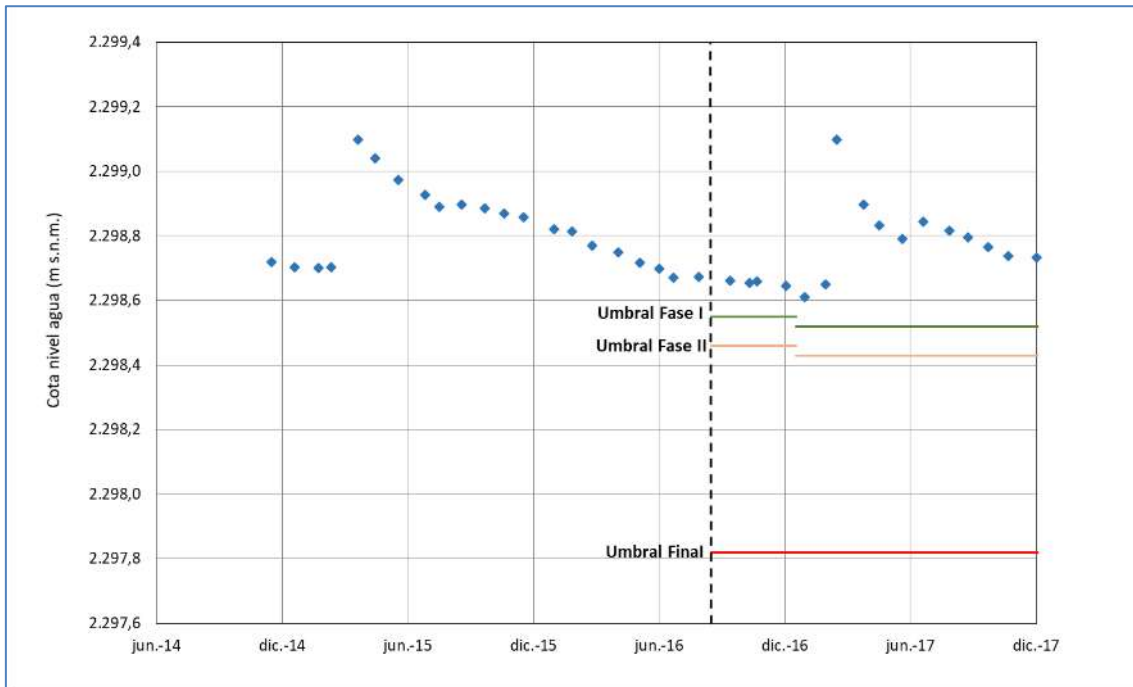
Cabe señalar que los umbrales indicados previamente, son aplicables desde el inicio de la fase de operación del Proyecto (28.09.2016), y es por esa razón que sólo se incorporan en los gráficos a partir de Septiembre 2016.

Figura 5-173 Niveles de punto PN-05B



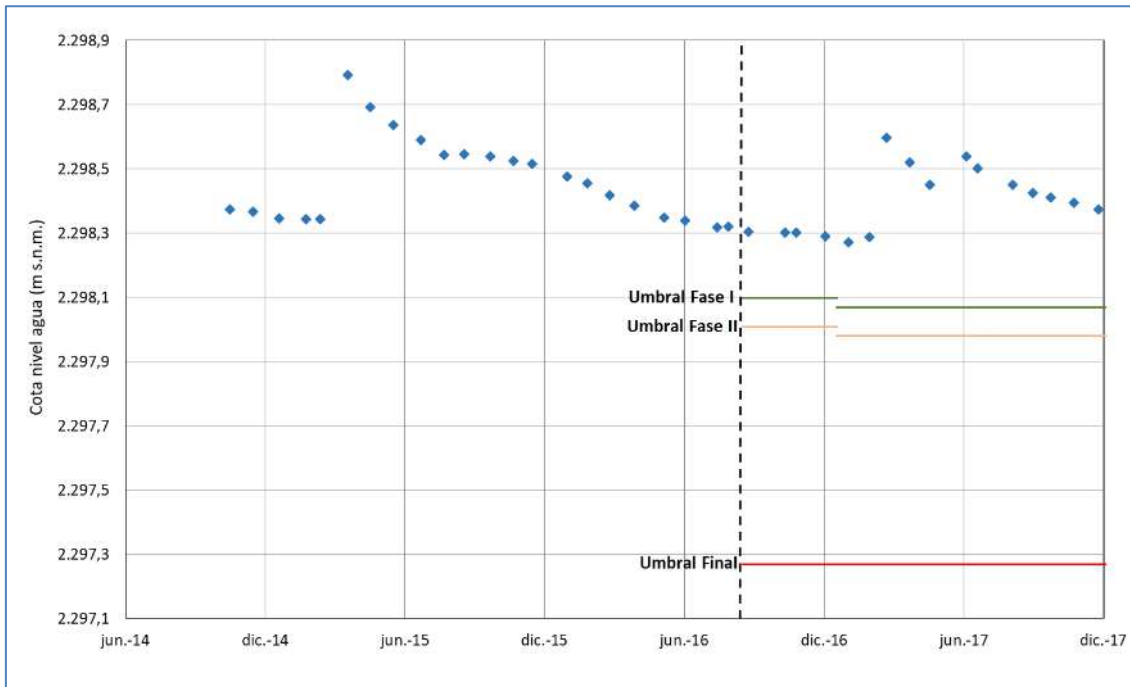
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-174 Niveles de punto PN-08A



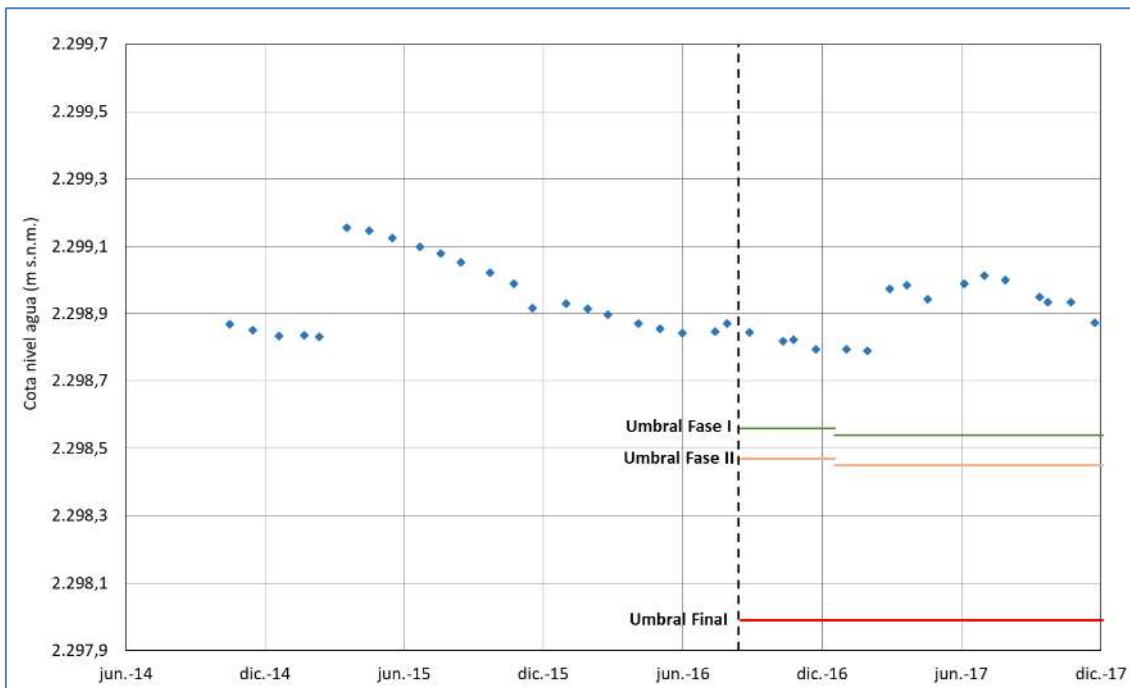
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-175 Niveles de punto PN-14B



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-176 Niveles de punto PN-16B



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo establecido en la evaluación ambiental, se entiende por condición de activación de la Fase I, cuando el nivel registrado esté por debajo del umbral de Fase I durante tres medidas consecutivas, en cualquier punto de activación. De la misma manera la condición de activación de la Fase II se define cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral de Fase II durante tres medidas consecutivas, en cualquier punto de activación. Finalmente la condición de activación de la Fase Final corresponde a cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral de Fase Final por una sola vez en al menos uno de los puntos de activación, a excepción de los tres últimos años de Proyecto cuando se activará cuando en al menos uno de los puntos de activación, su nivel se registre por debajo de su umbral de Fase Final durante tres meses consecutivos.

Dicho lo anterior, en base a los resultados que se presenta, es posible indicar que no se ha activado ninguna de las fases del PAT en el Sector de alerta Núcleo.

5.10.2 Sector de alerta Acuífero

Dado que el Proyecto no prevé efectos sobre los sistemas lagunares que se forman en los acuíferos de agua dulce-salobre, es que los umbrales corresponden a niveles freáticos de 5 puntos del PSAH y relacionados con la dinámica natural del sistema, cuyos niveles umbral se presentan en la Tabla 5-91. Asimismo, su ubicación fue presentada en la Figura 4-16 del Capítulo 4.

Tabla 5-91 Umbrales de activación del Sector de alerta Acuífero

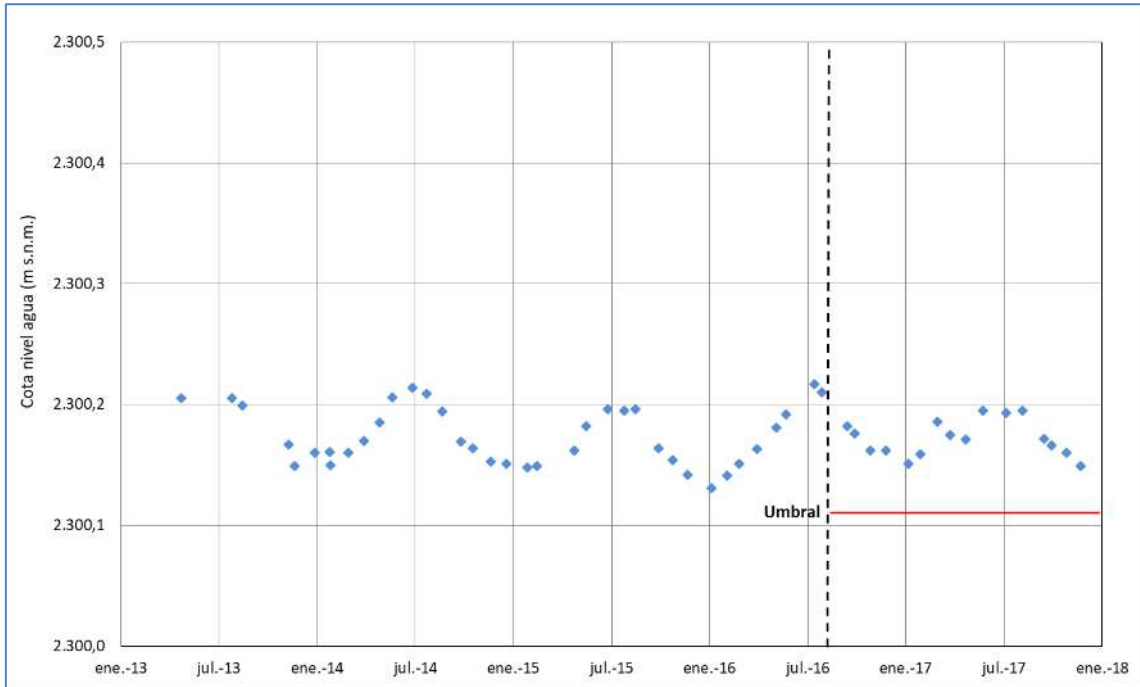
Pozo	Sistema lagunar	Umbral (m.s.n.m.)
BA-05	La Punta – La Brava	2.300,11
BA-07	La Punta – La Brava	2.299,97
BA-16	La Punta – La Brava	2.300,80
BA-28	Peine	2.300,59
BA-30	Peine	2.301,42

Fuente: Tabla 4-10 Anexo 3 Adenda 5.

Para el Sector de alerta Acuífero quedó definido en la evaluación ambiental la condición bajo la cual se entenderá que los umbrales se consideran sobrepasados, siendo ésta cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral durante tres medidas consecutivos en al menos un punto de activación.

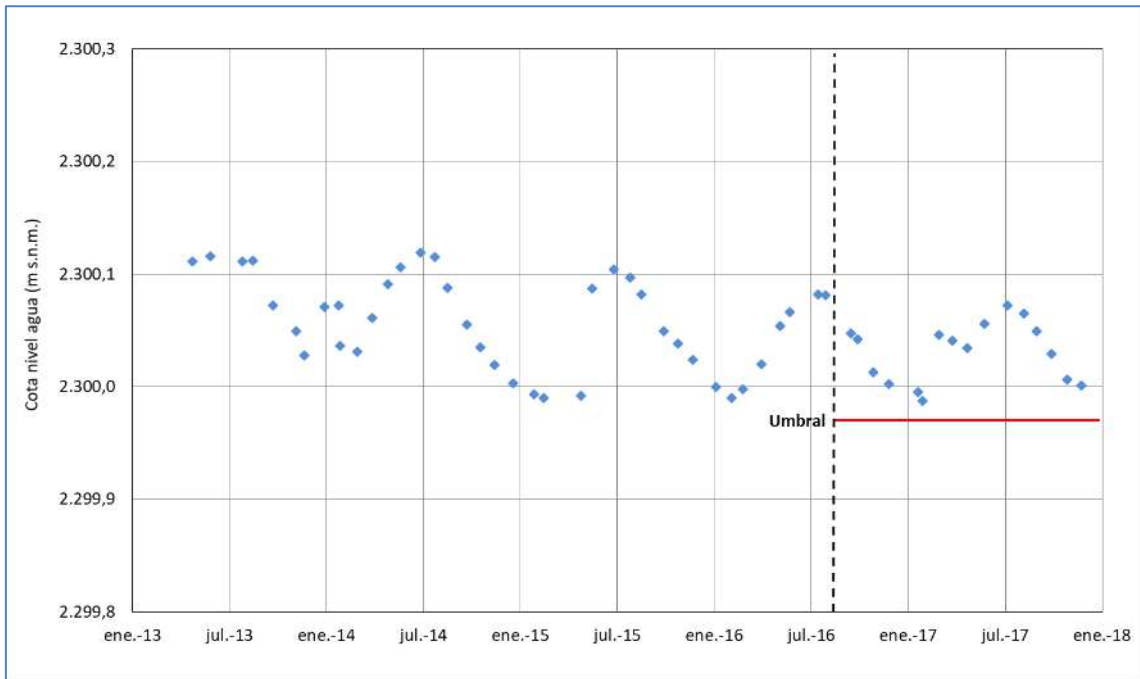
Entre la Figura 5-177 y Figura 5-181 se presentan los niveles registrados en los puntos del Sector de alerta Acuífero, en relación al umbral establecido como condición de verificación. De las figuras es posible apreciar que las fluctuaciones que muestran los niveles en los piezómetros, sigue un comportamiento estacional y que el umbral no ha sido sobrepasado en ningún mes de medición.

Figura 5-177 Niveles de BA-05



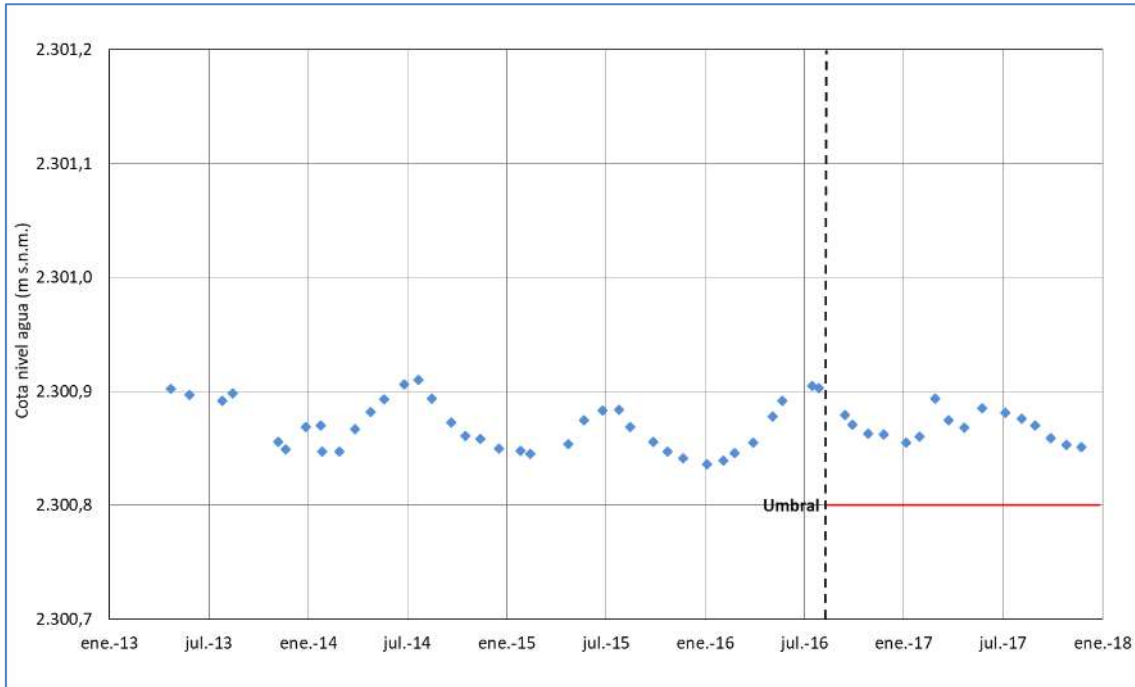
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-178 Niveles de BA-07



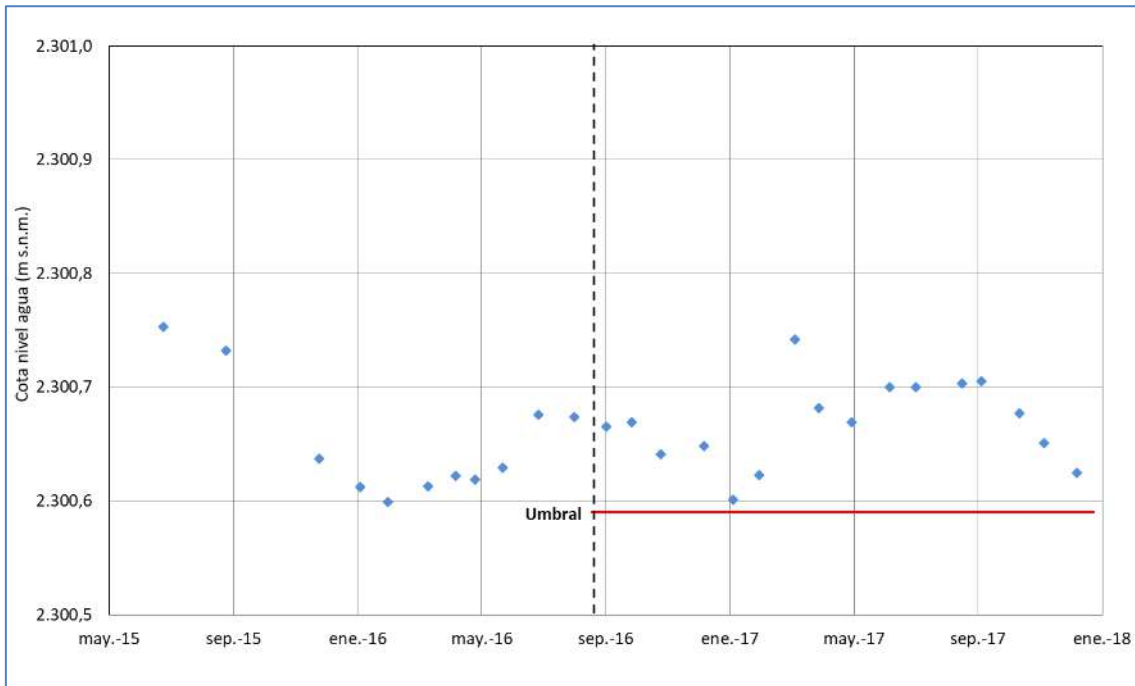
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-179 Niveles de BA-16



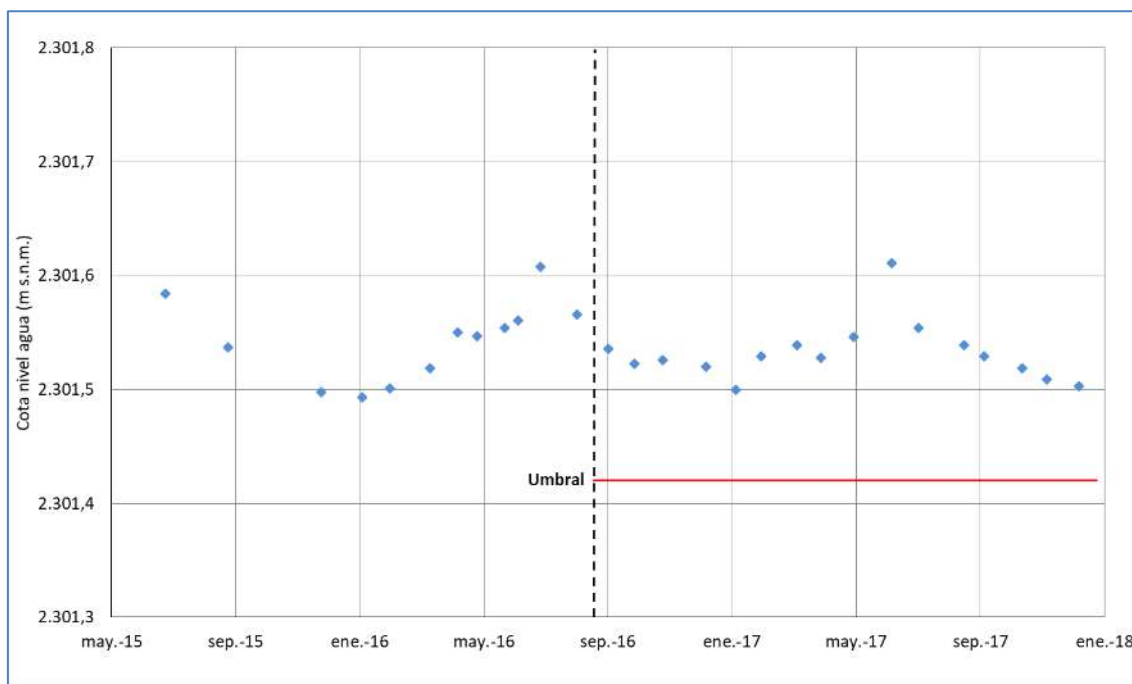
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-180 Niveles de BA-28



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-181 Niveles de BA-30



Fuente: Elaboración propia.

5.10.3 Sector de alerta Norte

Para el Sector de alerta Norte, en el proceso de evaluación ambiental quedó establecido las condiciones de activación y desactivación de las Fases, las que se pueden resumir como sigue: se activan la Fase I y la Fase II, de manera consecutiva, cuando Albemarle reciba notificación por parte de la autoridad ambiental, de que SQM ha activado una de las Fases. Al respecto cabe indicar que ha quedado establecido de esta manera en consideración que la información pública de SQM, que corresponde a los Informes del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, es publicada con desfase temporal, lo que no permitiría una respuesta oportuna por parte de Albemarle, en caso de requerir activar las Fases.

Dicho lo anterior, en la Tabla 5-92 se presentan los pozos y cotas de activación del PAT de SQM. Asimismo, su ubicación fue presentada en la Figura 4-17 del Capítulo 4.

Tabla 5-92 Cotas de Activación de SQM

Nombre	Umbral Fase I (m s.n.m.*)	Umbral Fase II (m s.n.m.*)
L1-G4 Pozo	2.298,51	2.298,35
L1-5	2.298,51	2.298,35
L3-9	2.299,37	2.299,34
L4-12	2.298,72	2.298,69
L5-10	2.299,05	2.299,02

* Referencias topográficas de SQM.
 Fuente: Tabla 4-12 Anexo 3 Adenda 5

En consideración a que no se dispone de la información actualizada al año 2017 de los niveles en los pozos de SQM, así como tampoco se ha recibido notificación por parte de la autoridad ambiental se concluye que no ha habido activación del PAT de SQM y por consiguiente el PAT en el Sector de alerta Norte del PAT de Albemarle.

6 DISCUSIONES

El presente Capítulo entrega las discusiones de los resultados del PSAH 2017, cuyo análisis se estructura como sigue:

- i. En relación a límites establecidos en RCA N° 21/2016
- ii. Del año hidrológico
- iii. De la evolución de la evapotranspiración
- iv. Integrado de la Información por Sectores
- v. Discusión y revisión del estado del PAT

El desarrollo de la discusión se organiza con el objetivo de verificar aquellas condiciones que han quedado como compromisos de cumplimiento en las Resoluciones de Calificación Ambiental y ratificar el entendimiento del sistema hidrogeológico descrito en el modelo conceptual presentado en el Anexo 1 de la Adenda 5.

6.1 Análisis en relación a límites establecidos en RCA N° 21/2016

A continuación, se describe el comportamiento de las variables ambientales con respecto a los niveles o límites comprometidos para cada componente en el Considerando N° 7 de la RCA N° 21/2016.

6.1.1 Superficie Cubierta por Lagunas

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener superficie sobre mínimo histórico*”, por lo que se han comparado los valores mínimos de superficie lagunar registrados en el año 2017 y descritos en el capítulo 5.3, con el valor mínimo histórico para cada sistema lagunar, también contenido en el mismo capítulo.

En la Tabla 6-1 se presentan los valores mínimos de superficie cubierta de agua para los distintos sistemas lagunares, obtenidos desde imágenes de alta resolución, tanto en la campaña de invierno (Agosto) como de verano (Diciembre) de 2017, junto con la superficie mínima histórica.

Tabla 6-1 Superficie cubiertas por Lagunas

Sistema Lagunar	Superficie Mínima Histórica (ha)	Superficie Mínima 2017 (ha)
La Punta-La Brava	31,6 (verano)	48,1 (invierno)
Peine	48,9 (verano)	74,1 (verano)
Aguas de Quelana	11,3 (verano)	27,8 (verano)
Soncor	192,4 (verano)	220,3 (verano)

Fuente: Elaboración propia y datos históricos Adenda 5.

Según estos resultados, las superficies lagunares para el año 2017 se mantienen sobre el valor mínimo histórico.

6.1.2 Nivel Limnimétrico de las Lagunas

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural*”, por lo que se han comparado los valores de nivel limnimétrico registrados en el año 2017 con los valores históricos, ambos presentados en el capítulo 5.4, para cada uno de los sistemas lagunares.

En relación al comportamiento histórico, en general, los puntos de medición presentan oscilaciones suaves en sus niveles, con máximos en los meses de invierno y mínimos en los meses de verano con una diferencia máxima de hasta 25 cm.

En particular, las variaciones anuales del nivel durante el 2017 en el sector La Punta-La Brava fueron menores a los 20 cm en todos sus puntos según se presenta en Figura 5-30; los descensos ocurridos en verano se recuperaron en invierno, por lo que la oscilación anual observada se atribuye a la variación estacional.

Por su parte, en el sistema Peine durante el 2017 se observó un comportamiento más heterogéneo en los puntos de medición según se presentó en Figura 5-33, registrando algunos de ellos una variación prácticamente nula y en otros, con mayor oscilación, una variación de alrededor de 5 cm. El punto que presentó la amplitud máxima, corresponde a LM-17, donde se registró 25 cm que se encuentra dentro del rango histórico. Asimismo, no se observa una disminución en los valores, solamente oscilaciones con máximos en invierno y mínimos en verano, lo que se atribuye a la variación estacional.

Finalmente, el sector Norte y Borde Este registra un comportamiento similar en todos sus puntos de monitoreo, además de poca variabilidad a lo largo del año según se presenta en Figura 5-35.

Según lo previamente mencionado, no se observa una disminución o aumento sostenido en los valores de niveles limnimétricos de las lagunas, sino que las variaciones se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural.

6.1.3 Aforos de Caudales Superficiales

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener los caudales dentro de su variación histórica*”, por lo que se han comparado los valores obtenidos mediante el aforo de caudales superficiales en el año 2017 con los valores históricos, ambos presentados en el capítulo 5.5, específicamente en la Figura 5-38.

Respecto a los puntos de aforo que se encuentran en el sistema lagunar Peine, las estaciones de aforo AFP-01, AFP-02 y AFP-04 muestran un aumento en todas sus mediciones respecto a la medición registrada el mismo periodo del año anterior. En cambio, en el punto AFP-03, también perteneciente a la red de monitoreo de las lagunas, se observa resultados similares a los del año anterior, manteniéndose cierta tendencia a la baja.

Por otra parte también, los valores presentados por las vertientes Acequia Tilomonte y Peine, se encuentran dentro de su variación histórica.

Conforme a lo anterior, puede concluirse que las variaciones en los valores de caudales superficiales se mantienen dentro de su variación histórica.

6.1.4 Niveles Freáticos en Salmuera y en agua dulce-salobre

6.1.4.1 Niveles Freáticos en Salmuera

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Descenso según modelo*”, por lo que se han comparado los valores de niveles freáticos registrados en el año 2017, presentados en el capítulo 5.6, con los niveles modelados en los escenarios de caso base con Proyecto (Esc1-CP) y recarga reducida (Esc2-CP) presentados en la sección 11.5 del Anexo 1 del Adenda 5.

El escenario caso base analiza la respuesta del sistema a la condición con Proyecto ante condiciones hidrológicas esperables, con montos de recarga por precipitación acorde a lo estimadas en base a los registros históricos de precipitaciones. En este caso, se trata de un escenario ambientalmente favorable en relación al anterior escenario, ya que la recarga es mayor.

El escenario de recarga reducida analiza la respuesta del sistema a la condición con Proyecto ante situaciones hidrológicas extremas y que conlleven montos de recarga por precipitación menores a los estimados como más probables de acuerdo a la estadística histórica y utilizada en la evaluación del Proyecto. Desde este punto de vista se trata de un escenario ambientalmente desfavorable en relación a la disminución natural de la precipitación.

Considerando que los puntos más relevantes para la verificación del comportamiento del núcleo, donde subyace la salmuera, corresponden a los pozos que conforman el PAT en el Sector de alerta Núcleo, es en estos puntos en los cuales se realiza la comparación entre lo observado y lo modelado.

En la Figura 6-1 se presenta las series simuladas en los dos escenarios considerados versus los valores observados. Al respecto, se observa como los niveles observados presentan dos

aumentos súbitos, los que se asocian eventos de precipitación registrados a comienzo del 2015 y a comienzos del 2017, el que hace que por un lado los niveles suban, y que por el otro, las tasas de descenso, inmediatamente después de las precipitaciones, sea mayor a la tasa en régimen previo al evento.

Si se compara los niveles observados con los simulados en Esc1-CP se observa que los niveles observados muestran un comportamiento que mantiene las tendencias de lo modelado, ajustándose el primer aumento súbito de nivel al evento de precipitación modelado en 2014, pero no siendo así para el segundo aumento súbito de 2017, ya que según lo estimado en base a los registros históricos de precipitaciones no se preveía un año húmedo en el período de simulación en 2017.

Si se compara los niveles observados con lo simulado en Esc2-CP, se observa que los niveles observados muestran un comportamiento que mantiene las tendencias de lo modelado, teniendo en consideración que el escenario utilizado corresponde a un escenario conservador de recarga reducida en el sistema. Es por la misma razón, que los eventos de lluvia son más frecuentes en lo observado respecto a lo modelado.

Figura 6-1 Comparación niveles simulados versus observados en pozos PAT

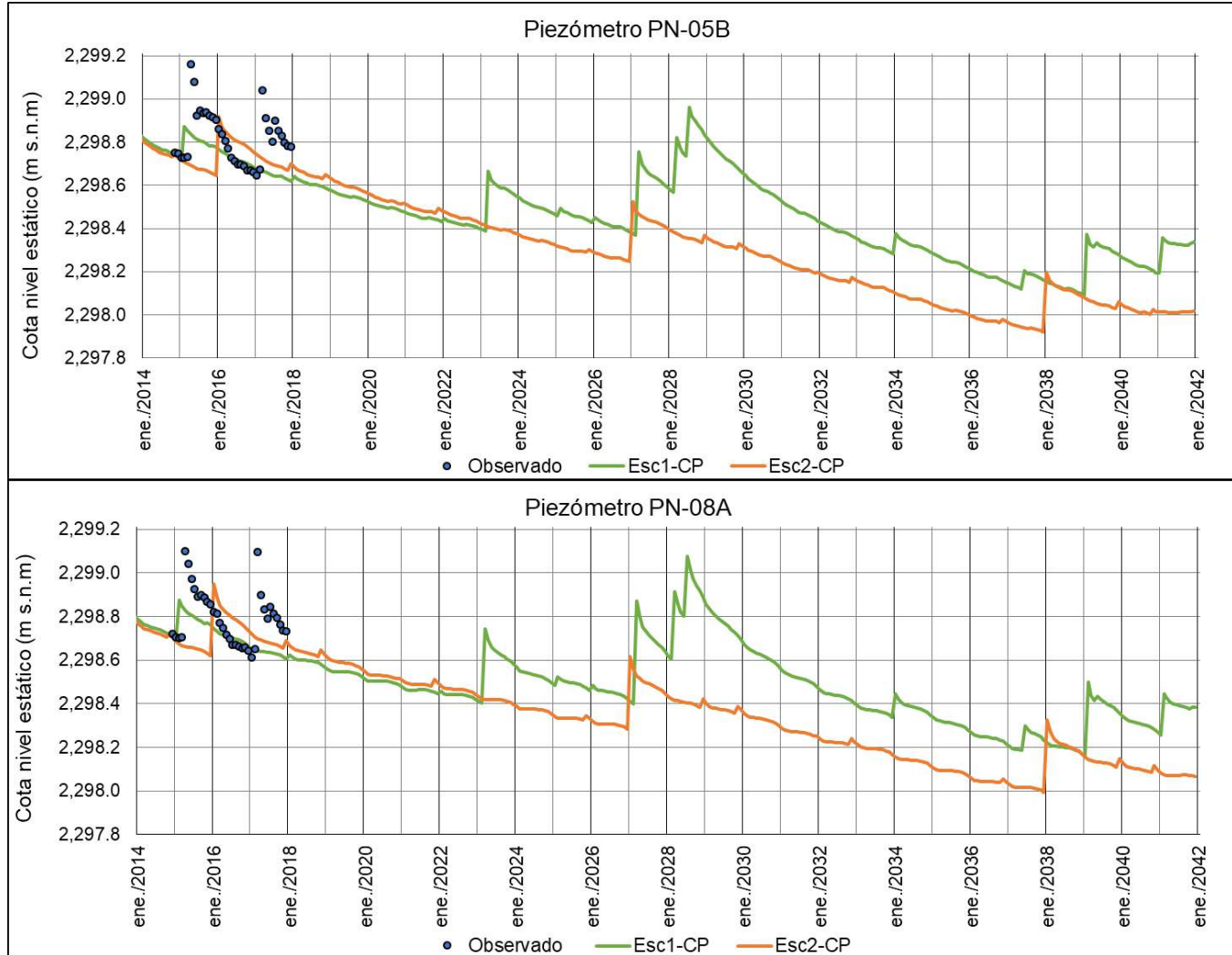
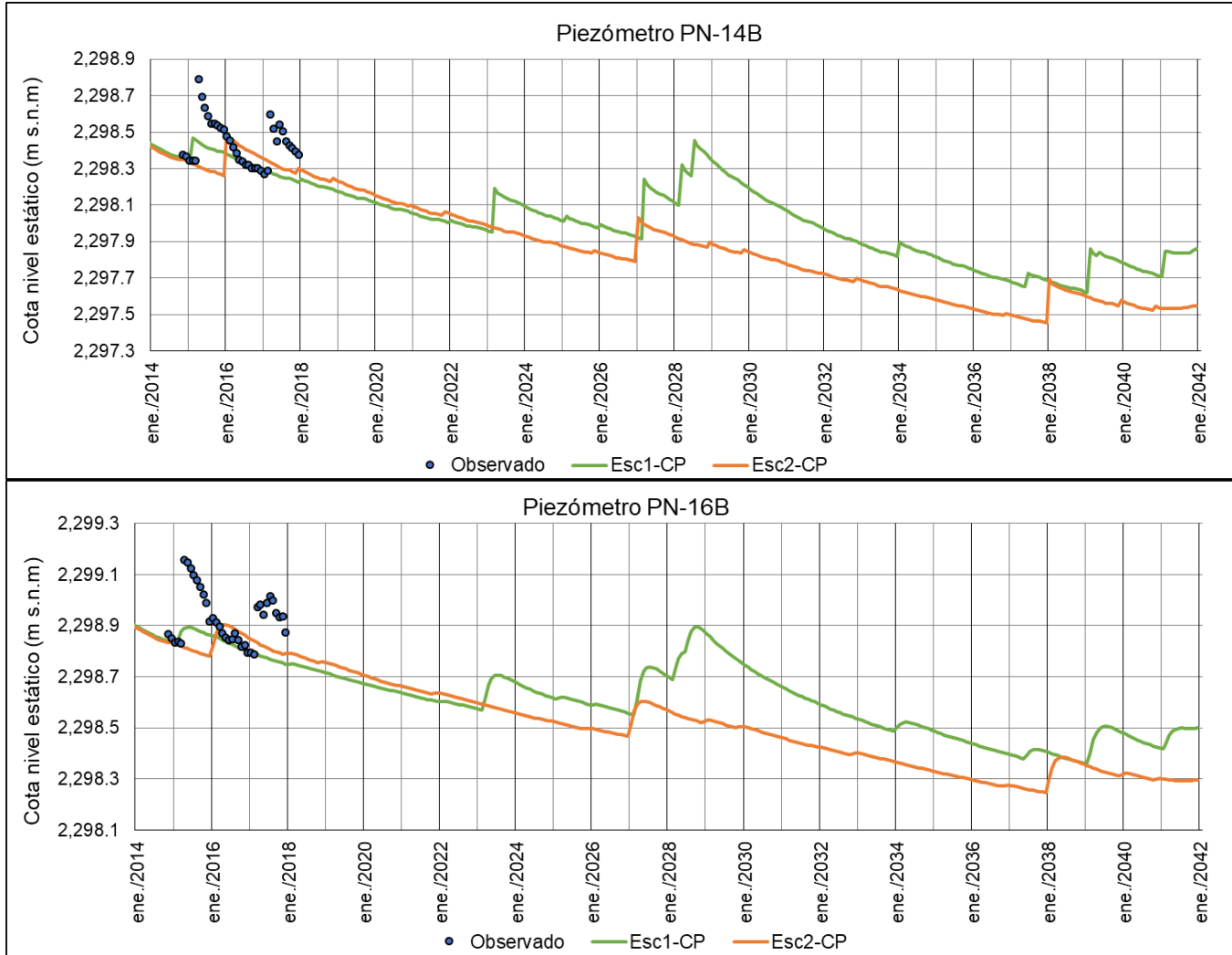


Figura 6-1 (Cont.) Comparación niveles simulados versus observados en pozos PAT



Fuente: Elaboración propia.

6.1.4.2 Niveles Freáticos en agua dulce-salobre

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener niveles dentro de los rangos de oscilación natural*”, por lo que se han comparado los valores de niveles freáticos de agua dulce-salobre registrados en el año 2017 con los valores históricos, ambos presentados en el capítulo 5.6.

Los puntos de monitoreo que registran esta variable, están distribuidos en los sectores La Punta-La Brava, Peine, y Norte y Borde Este, en particular, en la Zona Marginal y borde del Salar.

Los niveles en el Sector La Punta-La Brava, y especialmente en el entorno de las lagunas, se han mantenido dentro de los rangos de oscilación natural registrada históricamente, según fue presentado en la Figura 5-40. Esto, al igual que en el sistema Peine, donde, para todos los puntos en el entorno de las lagunas se observa en la Figura 5-48 que los niveles de aguas subterráneas también se han mantenido dentro de los rangos de oscilación natural registrada históricamente, incluyendo el evento de precipitaciones en Febrero. En ambos sectores, los puntos de monitoreo ubicados en cotas altas, entre la zona marginal y quebradas aportantes, presentaron niveles estables con influencia estacional por lluvias. Destaca que los niveles freáticos presentan mayor variabilidad de niveles y mayor respuesta a las precipitaciones mientras más cercano es el punto de monitoreo al Núcleo. Esto se puede observar en la Figura 5-44 y Figura 5-46 para los niveles de los piezómetros someros situados en la zona Norte y Este del sistema lagunar La Punta-La Brava y en la Figura 5-51 y Figura 5-52 para el sistema lagunar Peine, donde se observa que los niveles presentaron un salto con incremento de niveles en el primer trimestre de 2017, relacionado con los eventos de precipitaciones acontecidas durante dicho período del año.

Por otro lado, el registro histórico del sector Norte y Borde Este (Figura 5-53 y Figura 5-54), que es breve por ser pozos nuevos no permite realizar aún un análisis temporal de sus evoluciones.

Según lo previamente mencionado, no se observa una disminución o aumento en los valores de niveles freáticos en agua dulce salobre, sino que las variaciones se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural.

6.1.5 Posición de la Interfase Salina

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener posición de la interfase salina*”, por lo que se han comparado los resultados de perfiles de conductividad eléctrica en profundidad dentro de los pozos en el año 2017 con los valores históricos, ambos presentados en el capítulo 5.7.

En relación al comportamiento histórico, se indica que la interfase salina se ubica a profundidades que van desde los 3-5 metros en los pozos del sector Peine más cercanos al núcleo, mientras que en aquellos más alejados se ubica a profundidades entre los 50 y 90 m, es decir, la posición de la interfase salina se va profundizando a medida que los puntos se alejan del núcleo.

Considerando los resultados del año 2017 presentado en los perfiles de conductividad eléctrica de la Figura 5-71 a la Figura 5-97, para todos los puntos de monitoreo se ha mantenido la profundidad a la que se observa la variación de conductividad eléctrica que indica la posición de la interfase salina respecto a los valores históricos. Es decir, según lo previamente mencionado, se ha mantenido la posición de la interfase salina.

6.1.6 Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es “*Mantener parámetros dentro de variabilidad natural*”, por lo que se han comparado los resultados de calidad química del agua en el año 2017 con los valores históricos, ambos presentados en el capítulo 5.8.

Los resultados por sector muestran que los elementos analizados se ajustan a los rangos y variabilidad natural histórica, no presentando tendencias al cambio durante el año 2017.

Además, al analizar los diagramas de piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene, siendo en general del tipo cloruradas sódicas. Esta composición exceptúa a las vertientes o escurrimientos superficiales, como son Quebrada Camar, que se clasifica como un agua de composición intermedia sulfatada sódica, y Vertiente Peine, que corresponden a aguas cloruradas sódico-cálcicas.

Según lo previamente mencionado, es posible afirmar que se han mantenido los parámetros físico-químicos de las muestras y sus composiciones dentro de la variabilidad natural de calidad química del agua.

6.1.7 Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre

El nivel o límite comprometido para estas variables en la RCA es “*Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente*”, por lo que se han comparado caudales bombeados de salmuera y agua dulce-salobre durante el año 2017, presentados en el capítulo 5.9.1 y 5.9.2, respectivamente, con los valores autorizados ambientalmente. Este análisis se presenta a continuación.

6.1.7.1 Caudales Bombeados en Salmuera

En la Tabla 6-2 se presenta la regla de extracción de salmuera aprobada en la RCA N°21/2016, que autorizó un aumento del caudal de extracción de 142 L/s a 442 L/s (300 L/s adicionales, exclusivos desde el área de bombeo A1), como caudal medio anual.

Tabla 6-2 Regla de extracción aprobada, RCA N° 21/2016

		Previo a RCA 21/2016	Inicio proyecto (28.09.16)	Inicio+6 meses (01.04.17)	Inicio+12 meses (01.10.17)	Inicio+18 meses (01.04.18)	Inicio+24 meses (01.10.18)
Área de Bombeo	A1	60	120	180	240	300	360
	A2	82	82	82	82	82	82
Aumento Extracción (L/s)		0	60	120	180	240	300
Extracción Total (L/s)		142	202	262	322	382	442

Fuente: Modificada de Tabla 5-17 Anexo 1, Adenda 5 y Tabla 1 RCA N° 21/2016.

El Proyecto inició su fase de operación el 28 de septiembre de 2016, y considerando que el año 2017 considera períodos con límites de extracción distintos, se hace necesario determinar el caudal medio ponderado anual tomando en cuenta los límites para el período Enero-Marzo de 202 L/s, de Abril-Septiembre de 262 L/s y de Octubre-Diciembre de 322 L/s.

Así, para efectos de determinar un valor límite único para el año de explotación se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{promedio\ anual} = \frac{Q_1 * días_1 + Q_2 * días_2 + Q_3 * días_3}{días\ año}$$

$$= \frac{202\ L/s * 87\ días + 262\ L/s * 184\ días + 322\ L/s * 94\ días}{365\ días} = 263,15\ L/s$$

Cabe indicar que mientras no se alcance la máxima explotación autorizada será necesario determinar el valor promedio anual ponderado, para obtener el límite a utilizar para verificar la explotación, puesto que la operación minera requiere extraer proporcionalmente menos salmuera en invierno que en verano producto de la menor evaporación solar de este período y que las pozas de evaporación se vacían más lentamente.

Tal y como se indica en el capítulo 5.9.1, el caudal promedio anual extraído de salmuera durante el año 2017 desde las zonas A1 y A2 fue de 261,26 L/s (considerando que el caudal medio anual que exclusivamente fue extraído desde la zona A2 fue de 82 L/s). Por lo tanto, el caudal promedio extraído de salmuera durante el año 2017 fue menor al valor promedio anual ponderado límite de 263,15 L/s correspondiente a este año. Por lo tanto, los caudales de extracción durante 2017 se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

6.1.7.2 Caudales Bombeados en agua Dulce-Salobre

En cuanto a la extracción de agua dulce-salobre, ésta se encuentra autorizada ambientalmente de manera conjunta para los pozos Tilopozo y Tucúcaro, según se indica en las resoluciones ambientales citadas a continuación:

- RCA N° 403/2003 que aprobó el Proyecto “Secador Planta Potasa Rockwood Litio Limitada”, autorizó extracción de 10,9 L/s entre Tilopozo y Tucúcaro.
- RCA N° 21/2016, autorizó extracción adicional de 6 L/s entre Tilopozo y Tucúcaro.

Sobre la base de estas autorizaciones ambientales, se cuenta con un caudal máximo para extracción conjunta de 16,9 L/s, y considerando que durante el año 2017 el caudal máximo extraído fue del orden de 7 L/s (Tabla 5-16), se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

6.2 Análisis del año hidrológico

Los sistemas de interés ambiental dependen altamente del recurso hídrico, y en particular de la disponibilidad de agua en la zona, lo que está directamente relacionado con la ocurrencia o no de precipitaciones. Para abordar esta temática, se considera necesario realizar un análisis hidrológico que permita situar el año 2017 en relación a la serie histórica, vale decir, caracterizar el tipo de año hidrológico en términos de probabilidad de excedencia.

Para realizar el análisis hidrológico, se consideran las precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas ubicadas en el Salar de Atacama con estadística suficiente y consistente para el estudio; según esto, se han considerado 7 estaciones de la DGA y la estación de Albemarle, EM-SCL reemplazada por EM-Rockwood. En la Tabla 6-3 se presentan las series de precipitaciones anuales consideradas.

Tabla 6-3 Series de Precipitaciones Anuales (mm)

Año	Estación Meteorológica							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL / Rockwood
1970	-	-	14	-	-	-	-	-
1971	-	-	0,6	-	-	-	-	-
1972	-	-	81	-	-	-	-	-
1973	-	-	51,1	-	-	-	-	-
1974	-	-	2,5	-	-	-	-	-
1975	24	-	40	128,1	-	-	-	-
1976	14	-	39	45,8	-	-	-	-
1977	5,5	168	61	71	-	-	-	-

Año	Estación Meteorológica							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL / Rockwood
1978	39	35,9	18	43,5	-	91,1	-	-
1979	21	67,1	23,6	40,5	-	142,9	17	-
1980	21,5	31,6	12,5	3,5	-	55,7	20	-
1981	11,5	113,4	23,5	29,5	-	126,1	96	-
1982	6	9,1	8	19,1	-	57,8	10,5	-
1983	40,5	73,4	23	62	-	152	74	-
1984	50	220,8	10,5	155,9	-	341,5	125	-
1985	27,2	95,9	35	48	-	259,5	35	-
1986	15,5	116,1	40	46,6	-	187	60,5	-
1987	69,5	148,1	47,5	97,2	-	282,9	60,9	-
1988	0	9	0	0	-	75,7	3,1	-
1989	12	91,3	42,5	40	-	132,7	40,5	-
1990	14,1	64	-	33,1	-	128,3	25,5	-
1991	0	9,6	-	0,8	-	82,4	2	-
1992	11	7,5	-	16,5	-	45	8,1	-
1993	10,5	37,9	-	13,8	-	124,1	20,1	-
1994	1,5	42,4	-	10	-	116,6	12,4	-
1995	17,5	81,3	-	2	-	180,5	28,5	-
1996	11,5	20,2	-	24,5	48	20,5	16	-
1997	26,5	129,1	-	60,5	82	186,6	60,5	34,5
1998	9	30,1	-	14	9	79,9	2	5,5
1999	18,5	70,2	-	23	38	243	25,5	8,5
2000	5,5	112,7	-	70	112,5	244,7	37,9	9,4
2001	37,5	194,3	-	55	161	421,7	98,5	85,9
2002	79	100,9	-	34	99	71,5	58,8	42
2003	48	21,6	-	24	50	36	17	2
2004	1,5	42,8	-	13,5	41,5	6,8	5	1,5
2005	17,5	67,2	-	17	58,7	110,2	33	8,5
2006	4	4,5	-	14,2	28,7		13,4	7,6
2007	0	4,1	-	0	11,9	53,4	8,1	0
2008	0	35,6	-	4,8	40	123,1	5,2	10
2009	2,5	20,5	-	3,8	2,7	36,7	6	2,4
2010	2	16,9	-	1,5	12	8,8	2	0
2011	28,4	70,6	7,2	102,9	41	207	43,9	16,72

Año	Estación Meteorológica							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL / Rockwood
2012	38	220,7	113,9	121,2	194	352,7	90,4	0
2013	37,5	71,5	96,6	73,4	133	94,2	46,5	42,5
2014	3,5	55,6	12,8	1	6	63,4	2,4	4,2
2015	58,5	88,4	36,9	126,1	186	0	89,2	40,55
2016	0	87,8	0	0	0	0	23	3,28
2017	46	182,1	-	-	192,2	155,3	166,2	65,7
Promedio	20,6	74,9	32,3	41,3	70,3	130,7	38,2	18,6

Fuente: Elaboración propia.

Para caracterizar el comportamiento hidrológico de cada una de las estaciones, se ajustó a la estadística disponible de cada una de las estaciones meteorológicas mencionadas una función de probabilidad tipo Weibull, la cual se considera adecuada para representar probabilidades de excedencia de precipitaciones anuales. En base a este análisis, se obtuvo la precipitación anual para diferentes probabilidades de excedencia. A continuación, en la Tabla 6-4, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6-4 Precipitación Anual para diferentes probabilidades de excedencia

Probabilidad Excedencia	Estación Meteorológica							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL / Rockwood
95%	0	4,8	0	0,1	0,4	0	2,0	0
85%	1,5	11,8	2,7	2,5	7,4	36,0	5,0	0,4
50%	14,1	67,2	23,6	29,5	44,8	116,6	25,5	8,5
10%	49,2	179,3	85,7	117,5	190,3	282,9	96,0	61,1
5%	67,3	218,1	107,8	127,9	193,7	352,7	125,0	83,9

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6-5 se muestra la precipitación anual registrada el año 2017 en 6 de las estaciones mencionadas, con el fin de analizar el comportamiento del año. Las estaciones San Pedro de Atacama y Socaire presentan registros de precipitación sólo en 3 y 2 meses del año 2017 respectivamente, por lo que no se consideraron en el análisis.

Tabla 6-5 Precipitación Anual Año 2017 (mm)

Año	Estación Meteorológica					
	Peine	Río Grande	Talabre	El Tatio	Camar	SCL / Rockwood
2017	46	182,1	192,2	155,3	166,2	65,7

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, se observa que en las estaciones meteorológicas Peine, Río Grande, Talabre y SCL / Rockwood, la precipitación registrada el año 2017 se encuentra alrededor de un 10% de probabilidad de excedencia del registro histórico de cada una, mientras que para la estación El Tatio, ubicada en el extremo norte de la cuenca, el monto registrado tiene una probabilidad de excedencia del 40%. En cuanto a la Estación Camar, su registro fue el más alto en los 39 años medidos, es decir, su probabilidad de excedencia fue inferior a 5%. Los resultados expuestos permiten concluir que el año 2017 fue muy húmedo; todas las estaciones presentaron registro de precipitación sobre su media histórica y con bajas probabilidades de excedencia.

6.3 Análisis de la evolución de la evapotranspiración

La evapotranspiración en el salar de Atacama, de acuerdo con la serie de mediciones realizadas desde el año 2013 en diversas estaciones mediante el uso de domos, tiende a ser irregular, tanto a nivel espacial como temporal. Al analizar el comportamiento histórico en cada uno de los sectores definidos, La Punta-La Brava, Peine, Norte-Borde Este y Núcleo, los valores de EVT medidos no presentan un comportamiento claro en el tiempo, y a pesar de que, en general, se observan los mayores valores en los monitoreos de verano, hay estaciones que han registrado sus máximos en los meses invernales.

Al analizar los resultados de los monitoreos en cada sector de manera espacial, no se puede determinar un patrón de comportamiento entre sus estaciones. Sin embargo, destaca que en todos los sectores, excepto el Núcleo, se tiene una estación de monitoreo con resultados que superan la tasa media que se presenta por sector, EVT-19 para sector La Punta-La Brava, EVT-18 para sector Peine y EVT-5 para sector Norte y Borde Este, siendo sus valores registrados comparativamente mayores al resto de las estaciones en sus respectivos sectores. Cabe mencionar que estas 3 estaciones tienen en común la cercanía con alguna de las lagunas de su respectivo sector, pudiendo eso influir en la tasa de evaporación.

Respecto a la variación de los registros de EVT entre los sectores, Núcleo es el que ha registrado los valores mínimos, rondando valores de 0,2 mm/d. Los otros sectores tienen estaciones de monitoreo que superan en todas las épocas del año 1 mm/d. Esta diferencia es concordante con los resultados históricos y con el hecho que la salmuera, más densa que el agua salobre, tiene un potencial de evaporación menor, así como a la profundidad del nivel, tipo de suelo, etc.

Finalmente, al analizar los resultados particulares del año 2017, es interesante resaltar que la tasa de EVT registrada, si bien está en el rango histórico de mediciones, fue en prácticamente todas las estaciones superior a sus respectivas mediciones del año 2016. Esto puede tener relación con la hidrología reportada en el salar, donde el año 2016 fue

caracterizado como seco (Informe PSAH-2016) y el año 2017, como se señaló en el acápite 6.2 del presente informe, se clasifica como un año húmedo.

6.4 Análisis integrado de la información por sectores

En el presente capítulo se lleva a cabo un análisis integrado de todas las variables monitoreadas en el Salar de Atacama durante el año 2017.

Debido al gran número de puntos de monitoreo, para la discusión de resultados, de ser necesario, se han graficado las variables de los puntos más representativos del sector, así como aquellos en los que durante el 2017 se detectó alguna variable con un comportamiento algo diferente con respecto la tendencia histórica.

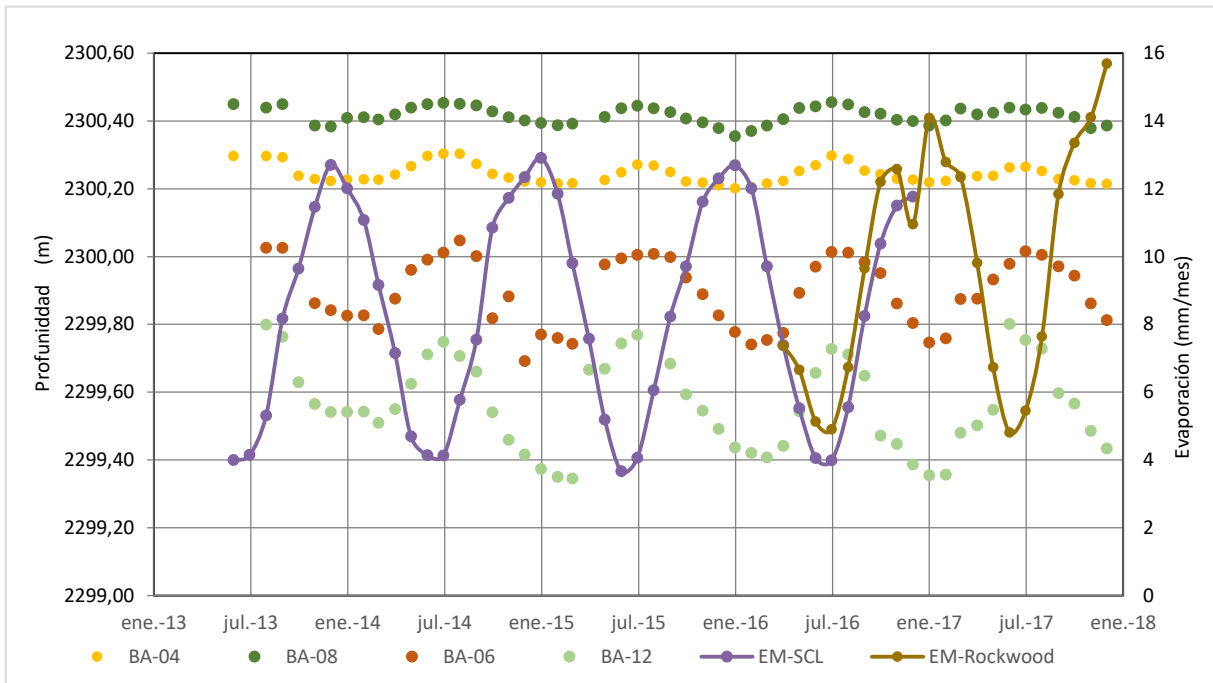
6.4.1 Sector La Punta – La Brava

Este sector abarca el área de la Zona Marginal alrededor del sistema lagunar La Punta-La Brava y el área del Borde Sur de la cuenca frente a estas lagunas, desde donde proviene la recarga subterránea al sector.

Los niveles subterráneos del acuífero, en el 2017, tal y como se ha descrito en el capítulo 5 de resultados siguen la tendencia histórica, manteniéndose estables con variaciones estacionales, con ascensos de nivel en invierno y descensos en verano, producto principalmente de la evaporación, como puede observarse en la Figura 6-2. La amplitud de esta oscilación en los niveles es menor en los piezómetros someros ubicados en la zona sur de las lagunas (p.ej. BA-04 y BA-08), más influenciados por la recarga proveniente de los acuíferos aluvial del borde sur (callejón Tilopozo) y este, comparado con la mayor oscilación en los piezómetros ubicados en la zona norte de las lagunas, en el área que queda entre éstas y el núcleo (p.ej. BA-06 y BA-12), donde hay menos influencia directa de la recarga subterránea proveniente del acuífero aluvial y donde además de estar afectados por la evaporación, los niveles responden también a los eventos de precipitación con ascensos bruscos, según lo observado en la Figura 6-3.

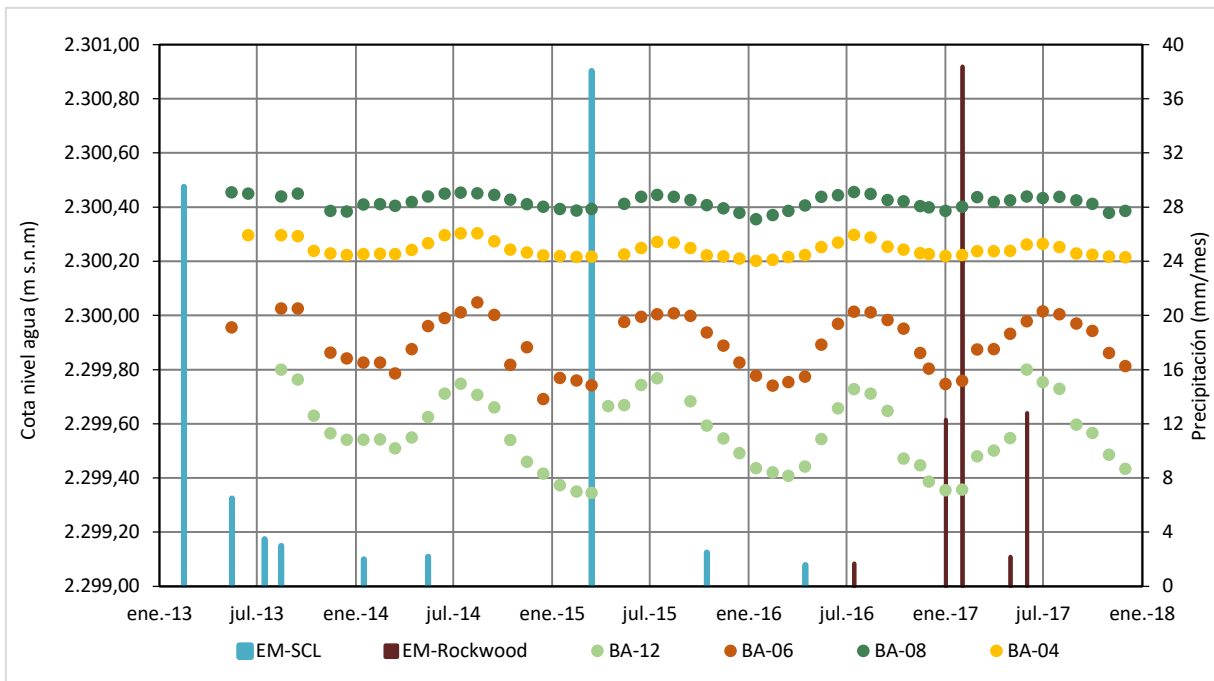
El hecho de que los niveles del acuífero se mantengan siempre oscilando entre las mismas cotas y con tendencia a la estabilidad en el tiempo, se asocia a una recarga subterránea importante y de carácter permanente proveniente de las cuencas aportantes del sureste, hecho que valida el modelo conceptual de funcionamiento de este sector lagunar.

Figura 6-2 Evolución de nivel en relación a la evaporación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

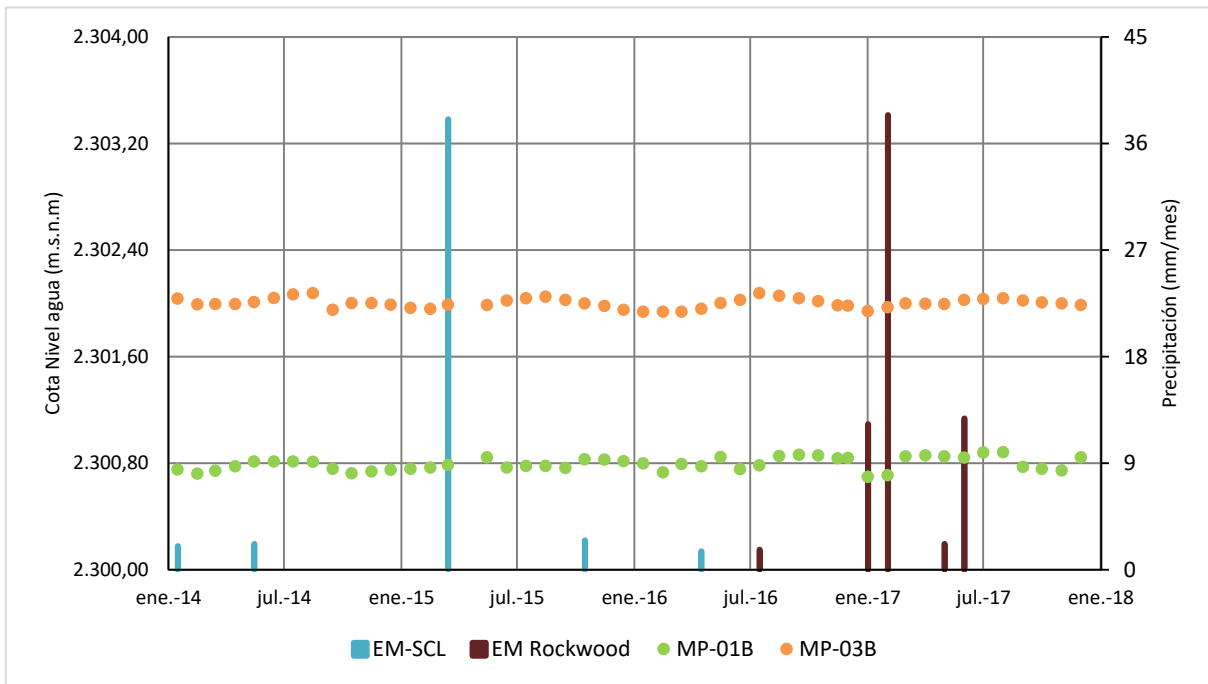
Figura 6-3 Evolución de nivel en relación a la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia.

En este sector, al sur de las lagunas, también hay puntos de monitoreo profundos habilitados por debajo la interfase salina, tal como se muestra en la Figura 6-4, en el acuífero de salmuera. Durante el 2017 los niveles en este sector siguen la tendencia histórica, manteniéndose también estables y no influenciados por el régimen de precipitaciones, tal y como se observa por ejemplo en los piezómetros MP-01B y MP-03B.

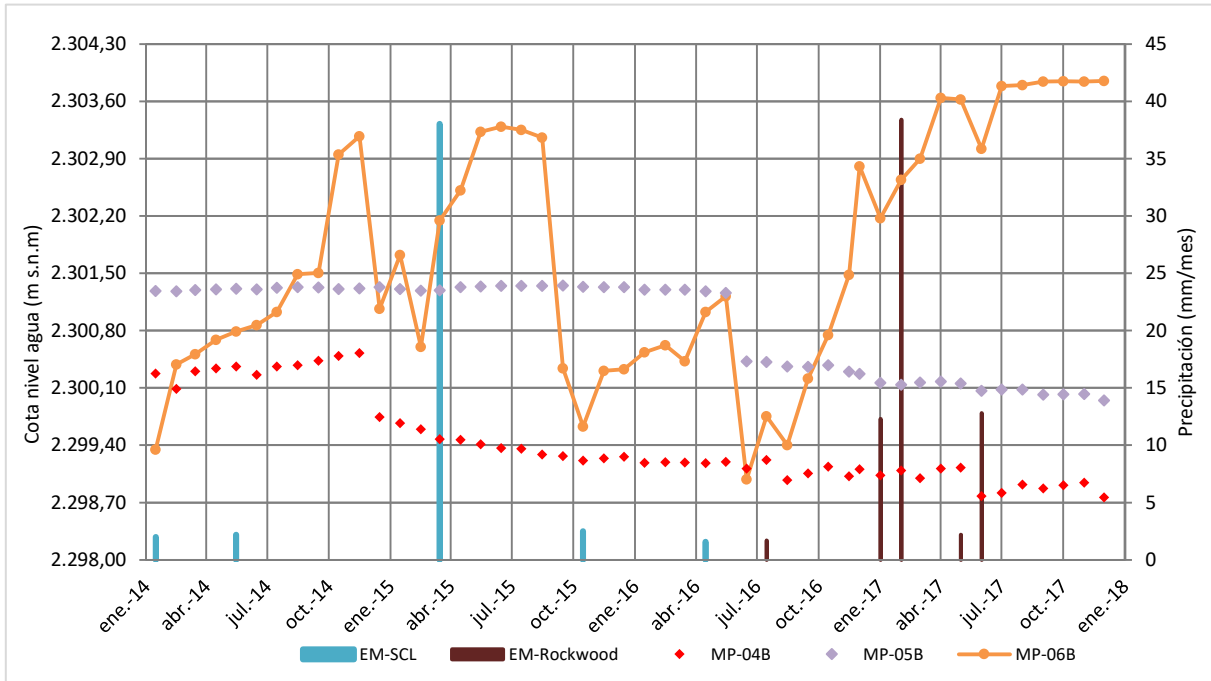
Figura 6-4 Evolución de niveles profundos en relación a la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, como excepciones a este comportamiento se encuentran los piezómetros MP-04B (ubicado a una distancia de 5 m del pozo de agua industrial Tilopozo), y MP-05B y MP-06B, (próximos al pozo de agua industrial Tucúcaro, a 166 y 531 m respectivamente). Tal y como se puede ver en la Figura 6-5, los piezómetros MP-04B y MP-05B presentan una tendencia histórica de niveles al descenso con algún descenso brusco de nivel, mientras que el pozo MP-06B no presenta ninguna tendencia clara.

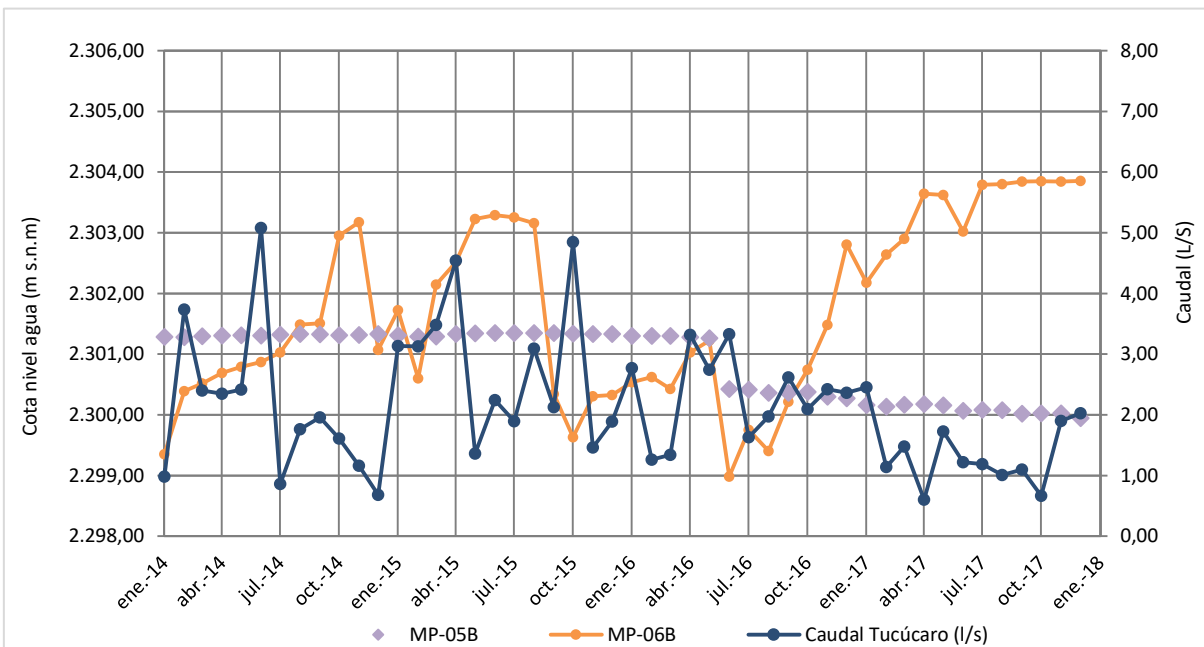
Figura 6-5 Evolución de niveles profundos en relación a la precipitación en la zona de transición, puntos cercanos a pozos de agua industrial. Sistema La Punta – La Brava



Fuente: Elaboración propia

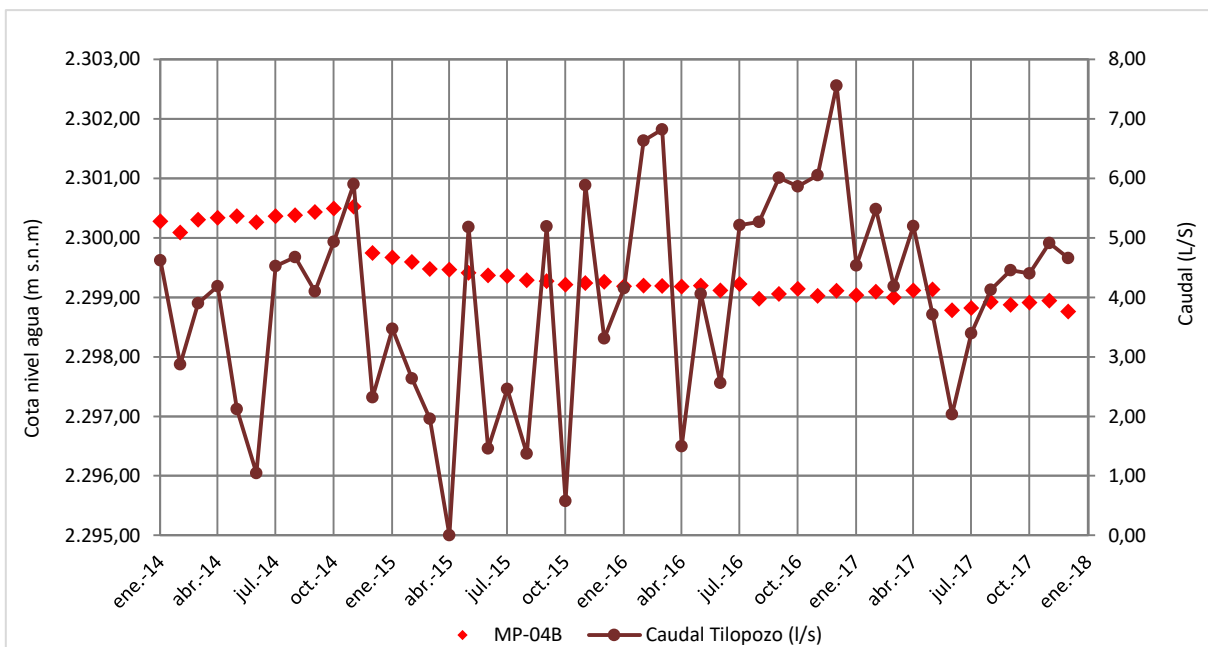
En la Figura 6-6 se presenta la evolución de nivel de los puntos próximos al pozo de agua industrial Tucúcaro frente al caudal de extracción de éste, donde se observa que los niveles del piezómetro MP-05B, muy próximo al pozo, no tienen respuesta al régimen de extracción de agua industrial, presentando solo tendencia al descenso, mientras que en el caso del piezómetro MP-06B, más alejado del pozo, si se detecta respuesta al régimen de extracción con niveles muy variables, debido a que al estar más alejado puede recuperar más fácilmente el nivel. Por otro lado, en la Figura 6-7 se presenta la evolución de niveles del piezómetro MP-04B, próximo al pozo de agua industrial Tilopozo, frente al caudal de extracción de éste, donde tampoco se ve una relación directa entre ambas variables.

Figura 6-6 Evolución niveles piezómetros habilitados por debajo interfase salina próximos a pozo Tucúcaro. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

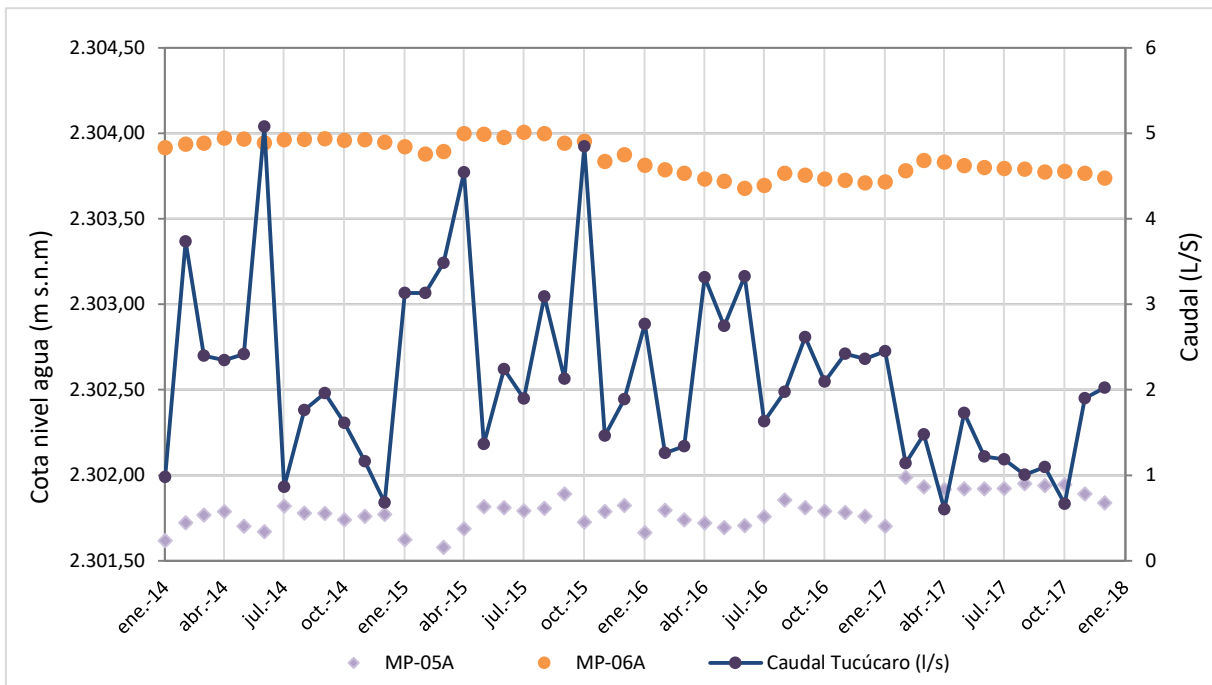
Figura 6-7 Evolución niveles piezómetros habilitados por debajo interfase salina próximos a pozo Tilopozo. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

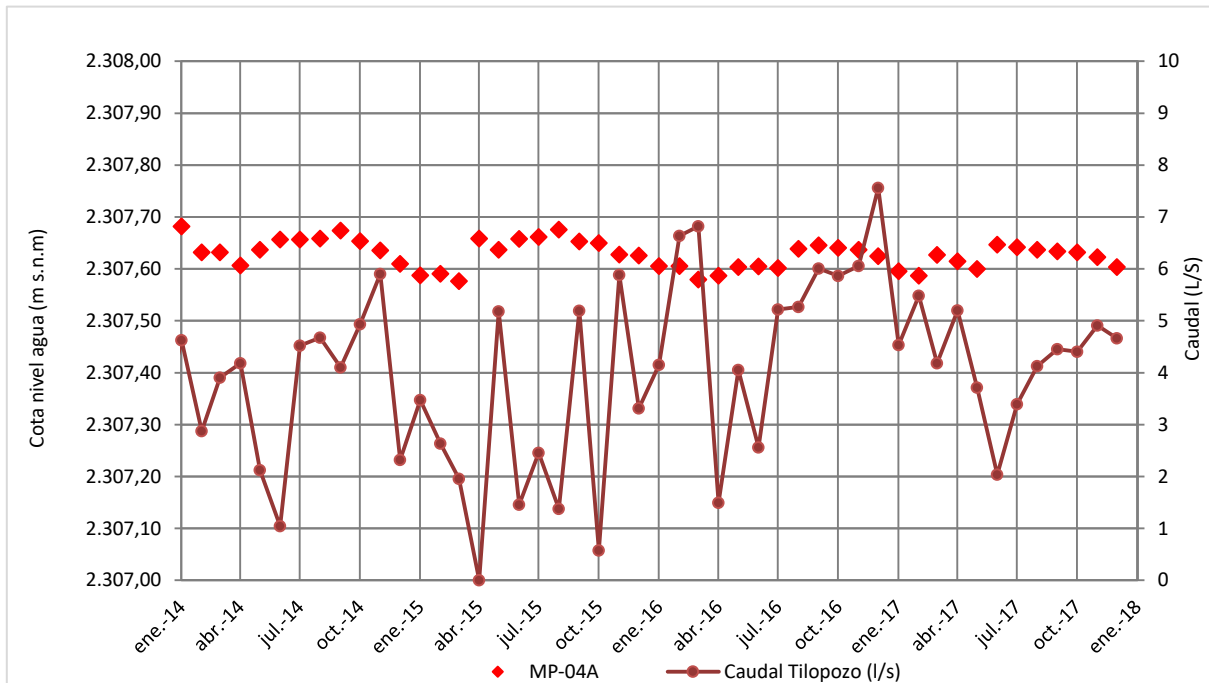
Al respecto, en Figura 6-8 y Figura 6-9 se presenta la evolución de los niveles en los piezómetros instalados en las mismas plataformas que los puntos indicados anteriormente pero habilitados en acuífero somero (MP-04A, MP-05A y MP-06A), donde puede observarse que los niveles presentan en general una evolución estacional, con cierta influencia de la evaporación. Cabe destacar que los niveles del piezómetro MP-06A además presentan cierta tendencia al descenso, que se interpreta por influencia de la extracción del pozo de agua industrial Tucúcaro, ubicado a 5 m.

Figura 6-8 Evolución niveles piezómetros someros próximos a pozo Tucúcaro. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

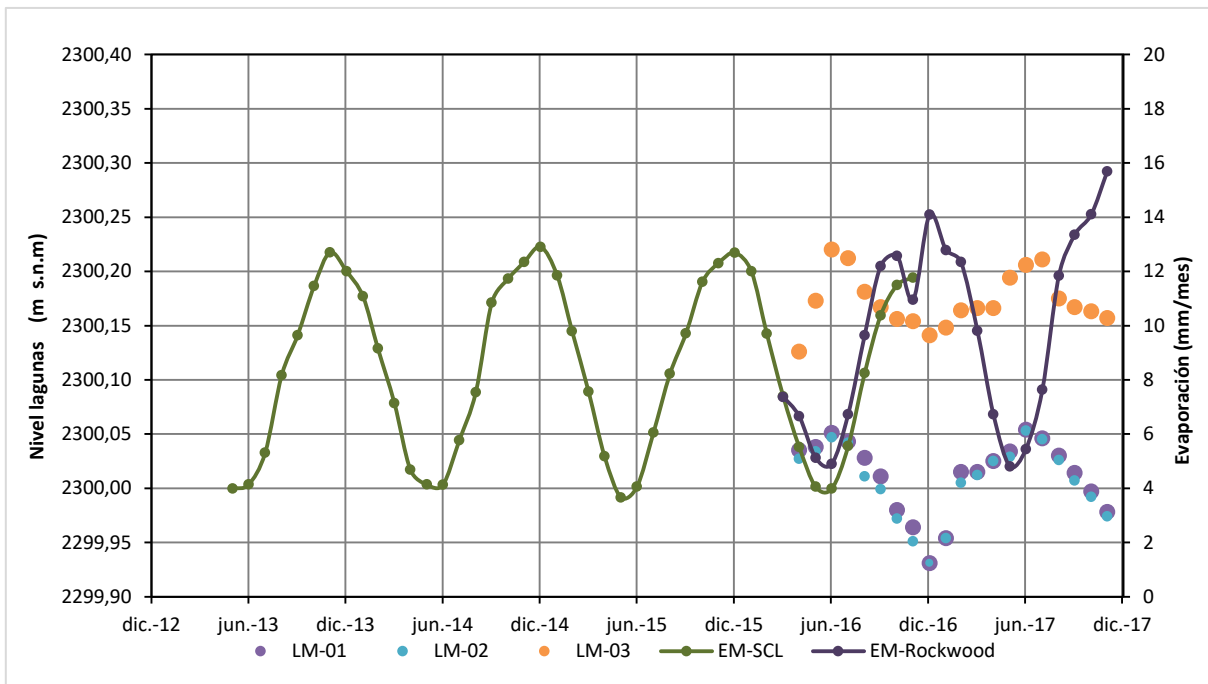
Figura 6-9 Evolución niveles piezómetro somero próximo a pozo Tilopozo. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En concordancia con los niveles estables de las aguas subterráneas, y debido al hecho de que las lagunas se alimentan del sistema acuífero de agua salobre, los niveles de las lagunas del sistema lagunar La Punta-La Brava también presentan un comportamiento estable desde el comienzo del monitoreo, en Mayo del 2016, con variaciones estacionales con máximos en invierno y mínimos en verano, producto de la evaporación (Figura 6-10).

Figura 6-10 Evolución de niveles en las lagunas del sistema La Punta-La Brava



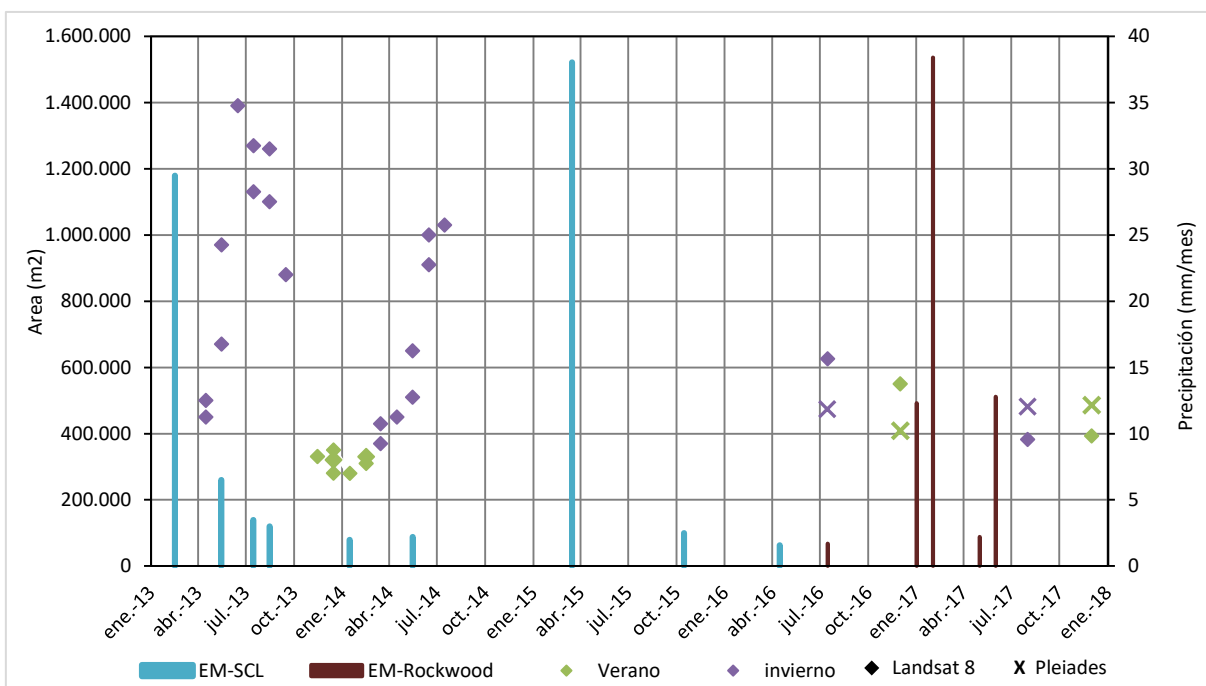
Fuente: Elaboración propia

En relación a la superficie ocupada por las lagunas, en la Figura 6-10 se presenta su evolución histórica estacional (verano/invierno), mostrando un comportamiento estacional que en general es similar al observado con los niveles piezométricos y limnimétricos, con extensiones máximas en los meses de invierno y mínimos en los meses de verano, con excepción del año 2017, donde no se detecta dicha estacionalidad.

En el año 2017 las áreas calculadas para el sistema lagunar La Punta-La Brava en verano (Diciembre) y en invierno (Agosto) son muy parecidas. Este hecho se puede atribuir a una mayor recarga de las lagunas producto de las lluvias ocurridas previo a las fechas en que se obtuvieron las imágenes satelitales.

Por otro lado, si se analiza la evolución histórica de la superficie lagunar frente la precipitación, se detecta que esta no afecta la evolución estacional de la superficie de las lagunas, excepto para los cálculos obtenidos durante 2017, donde no se detecta esa estacionalidad. En términos generales, se considera que esta estacionalidad estaría controlada, principalmente, por la evaporación.

Figura 6-11 Evolución histórica de superficie lagunar sistema La Punta- La Brava

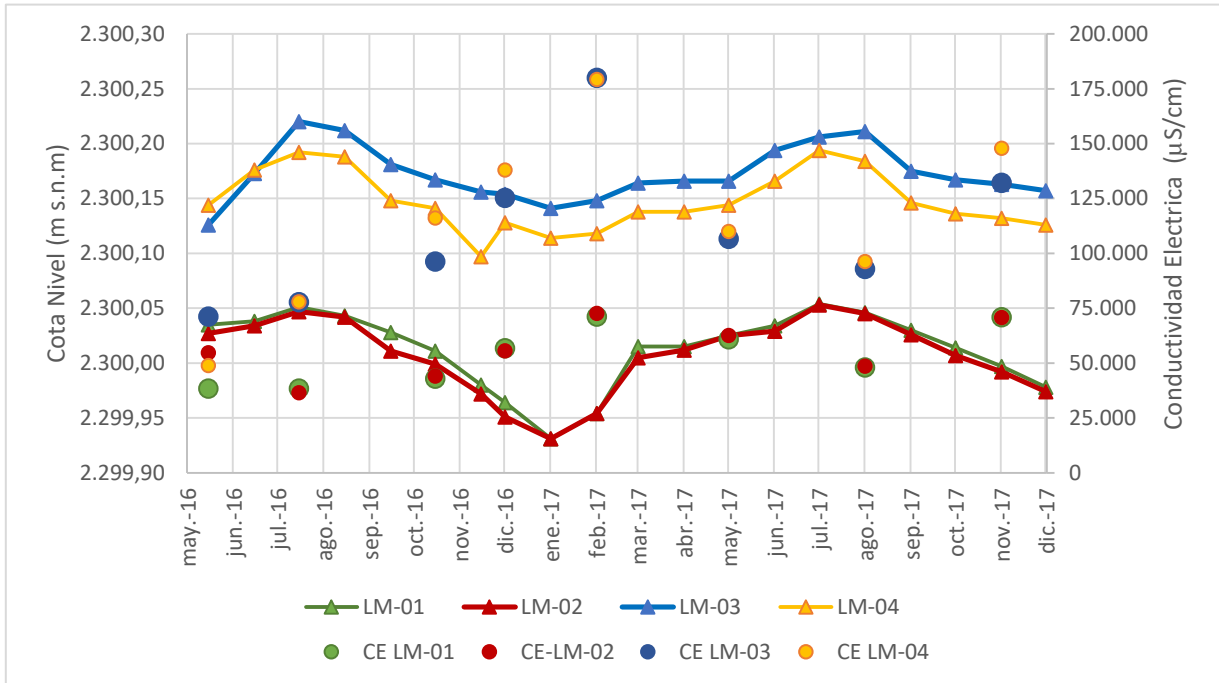


Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados del monitoreo hidroquímico efectuado durante el 2017 y presentado en el capítulo 5.8 de resultados y análisis por variable, se confirma que las aguas del sector son aguas cloruradas sódicas, sin variaciones importantes en los parámetros físico-químicos y composición química en relación a los datos históricos.

Según lo esperado, en el acuífero de agua dulce/salobre se registra un incremento de la conductividad eléctrica (CE) a medida que nos acercamos al núcleo desde la zona marginal más cercana al área de recarga (borde este). Efectivamente, los valores más bajos se registran en los piezómetros MP-04A y MP-09A, ubicados al sureste del sistema lagunar y los más altos en el punto de monitoreo MP-05A, más cercano al núcleo. El incremento de la CE es debido a los efectos de la evaporación y disolución de sedimentos salinos durante el recorrido de las aguas desde la zona marginal hacia el núcleo. A modo de ejemplo y para ilustrar este efecto, en la Figura 6-12 se presenta la evolución de niveles en las lagunas (LM-01, LM-02, LM-03 y LM-04) frente su conductividad eléctrica, donde se observa que los niveles someros coinciden con épocas en que la conductividad es más baja y a la inversa, confirmándose que a mayor evaporación, menor nivel. Además, en las lagunas, la CE es mayor que en el acuífero, debido a los procesos de evaporación, mayores desde lámina libre de agua.

Figura 6-12 Evolución de nivel frente conductividad eléctrica en lagunas sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En relación a la interfase salina, destaca que, durante el año 2017, no se ha detectado cambios en la profundidad de la cuña salina con respecto a los registros históricos, por lo tanto y según lo esperado, la posición de esta interfase se mantiene en el sector La Punta-La Brava.

6.4.1.1 Resumen y/o Conclusiones

A continuación se presenta un resumen del análisis integrado de la información efectuado:

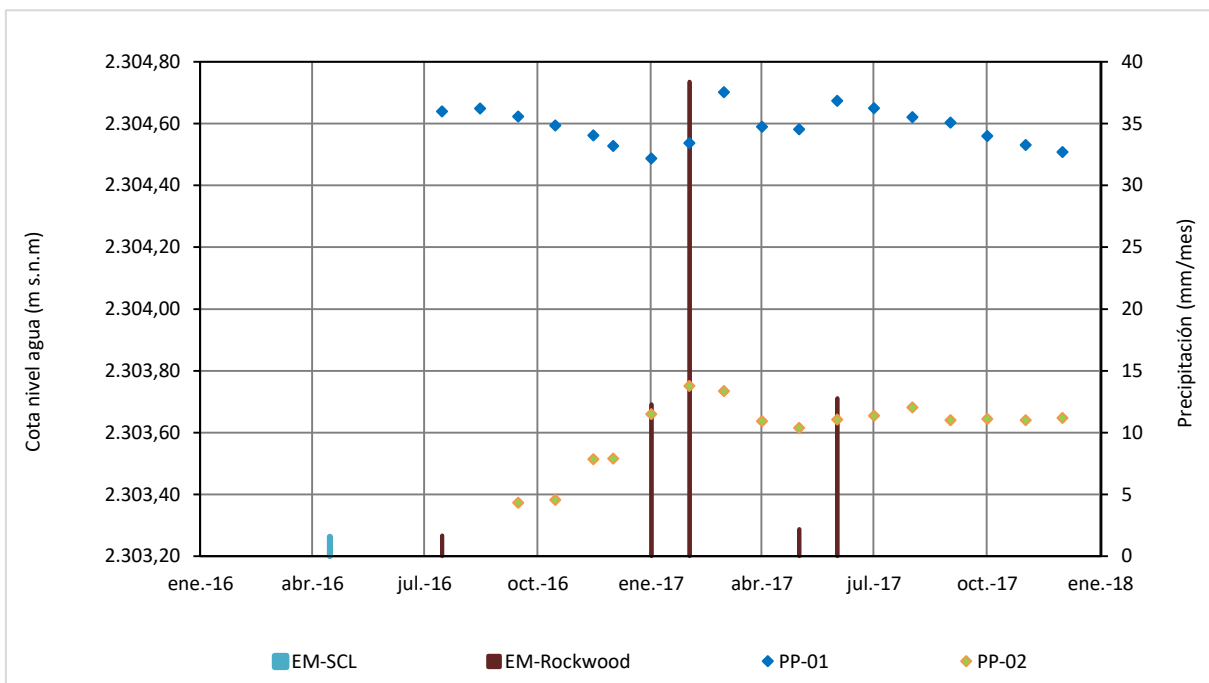
- Durante el 2017, los niveles de aguas subterráneas y superficiales evolucionan según lo esperado, siguiendo la tendencia histórica.
- No se registran cambios significativos en la calidad química del agua de las lagunas ni del acuífero salobre.
- La cuña salina permanece estable durante el año 2017.
- Al contrario a lo registrado durante el 2016, durante el año 2017, la superficie lagunar ocupada en verano y en invierno por La Punta – La Brava calculada mediante imágenes satelitales de alta resolución es muy parecida, lo que se atribuye a los fenómenos de recarga del sistema inducidos por las precipitaciones que ocurrieron durante el primer semestre del año.
- A partir del monitoreo efectuado durante el año 2017, se confirma el modelo conceptual de funcionamiento del sistema lagunar La Punta-La Brava establecido en la evaluación ambiental.
- Las zonas de recarga se ubican en el sector sur, y están constituidas por aguas cloruradas sódicas relativamente poco mineralizadas. Estas aguas fluyen hacia el Noroeste, aumentando su CE hasta encontrarse con la interfase salina que se dispone perpendicular al flujo, y que fuerza al agua subterránea ascender aflorando a la superficie, dando origen a las lagunas. Una vez en las lagunas, y debido al efecto de la evaporación, el agua incrementa su CE. En épocas de mayor recarga y coincidiendo con la época invernal, las lagunas desbordan por sobre la interfase salina produciendo flujos sub-superficiales hacia el Núcleo que alcanzan el límite con la costra de cloruros formando los “open pools”, donde se evapora y disuelve la costra, enriqueciéndose en sales disueltas, convirtiéndose finalmente en salmuera.

6.4.2 Sector Peine

Este sector abarca el área de la Zona Marginal, Borde Este y Sur, alrededor del sistema lagunar de Peine y parte del núcleo, donde se encuentran las lagunas Salada, Saladita e Interna.

En las zonas de recarga, localizadas en el borde Este y Sur del sistema lagunar, entre la Zona Marginal y la zona de pie de monte de la cordillera Andina (p.ej. PP-01 y PP-02) los niveles de agua subterránea, durante el 2017, siguen las tendencias esperadas, permaneciendo estables con influencia estacional por lluvias, que producen ascensos bruscos del nivel que inmediatamente al finalizar el evento de precipitación retoman la tendencia a la baja, tal y como se muestra en la Figura 6-13. Estos ascensos de nivel se explican principalmente por la recarga producto de las precipitaciones.

Figura 6-13 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre en el borde Este. Sistema Peine.

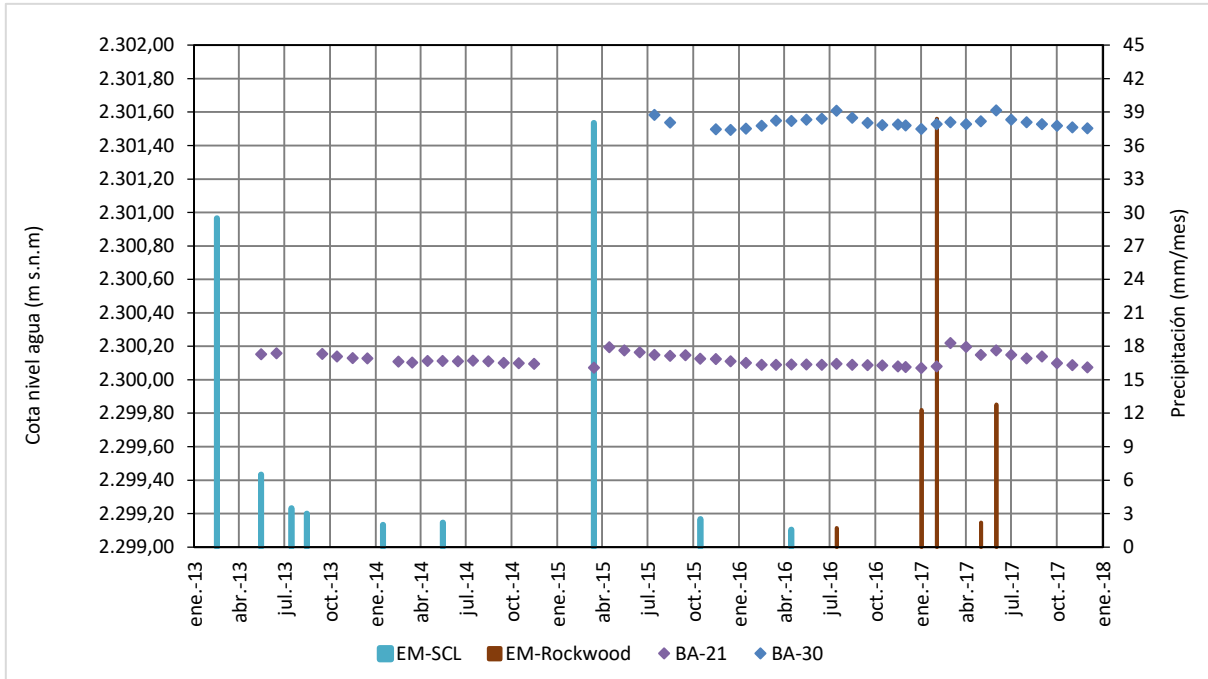


Fuente: Elaboración propia

En el sector donde nace el sistema lagunar Peine, de durante el año 2017, los niveles de agua subterránea del acuífero se mantienen estables con variaciones estacionales de nivel con máximos en invierno y mínimos en verano (p.ej. BA-30), según puede observarse en la Figura 6-14 y en concordancia con los niveles históricos registrados. Estas variaciones estacionales de los niveles son originadas fundamentalmente por los procesos de evaporación, coincidiendo los máximos y mínimos del nivel con mínimos y máximos en la evaporación respectivamente, como puede observarse en la Figura 6-15.

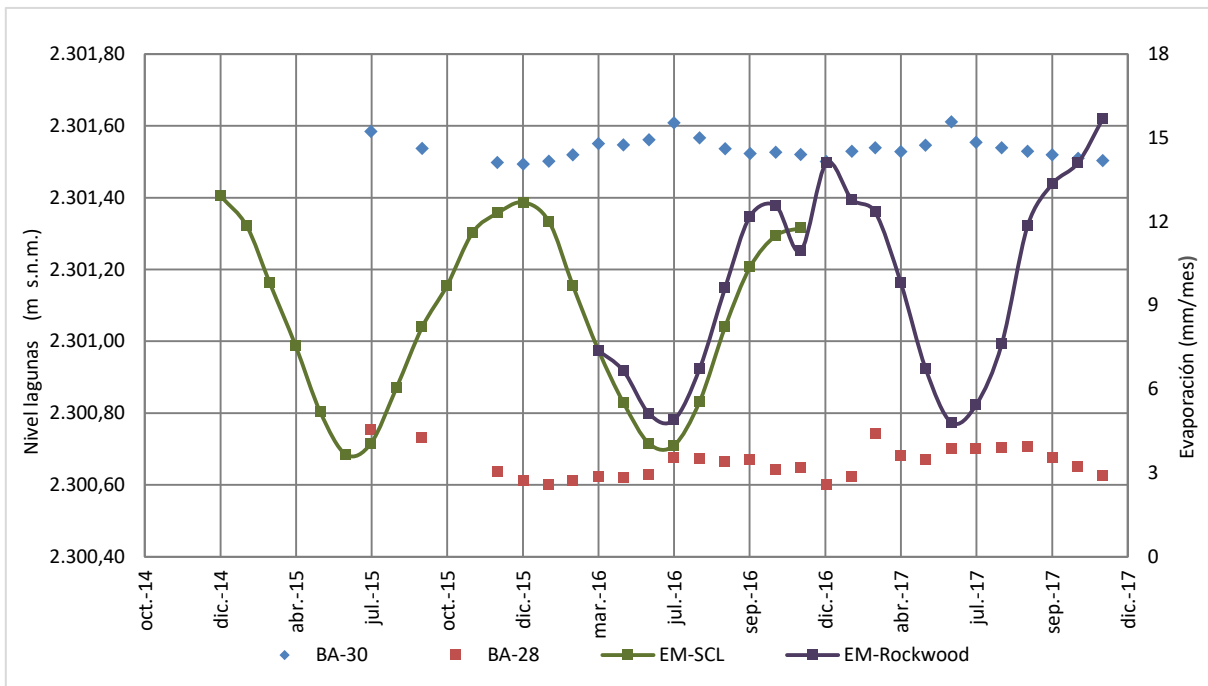
Aguas abajo del nacimiento de las lagunas, en los piezómetros de monitoreo de agua dulce-salobre más cercanos al núcleo del Salar, como es el caso del piezómetro BA-21 ubicado entre las lagunas Salada y Saladita, la tendencia estacionaria deja de percibirse y la evolución de niveles está marcada por los ascensos bruscos posteriores a los eventos de precipitación (Figura 6-14) y los descensos suaves posteriores.

Figura 6-14 Evolución de niveles en relación a la precipitación. Sistema Lagunar Peine.



Fuente: Elaboración propia

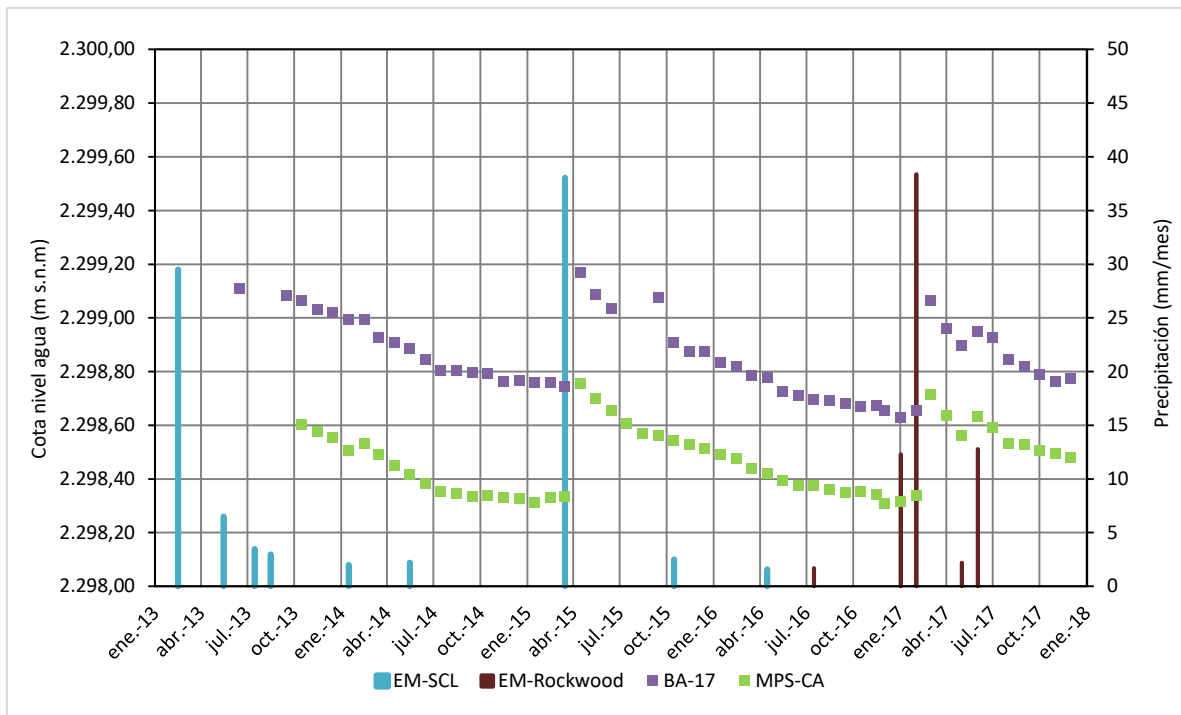
Figura 6-15 Evolución de niveles en relación a la evaporación. Sistema Lagunar Peine



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los niveles en los piezómetros cercanos al sistema lagunar Peine y en concreto a la Laguna Interna (Figura 6-16) éstos muestran una clara tendencia al descenso debido a su proximidad a las zonas de extracción de salmuera. Además, se registran marcados ascensos de nivel posterior a las lluvias, que inmediatamente después del evento de precipitación retoman la tendencia al descenso. Este comportamiento sigue el funcionamiento histórico de los niveles de salmuera en el sector y se explica bien por la recarga directa sobre el núcleo por precipitación, o bien por el hecho de que el agua de escorrentía que se genera en las cuencas aportantes alcanza directamente el núcleo, a través de los canales naturales que se forman y flujo subsuperficial. Esta evolución se puede observar en la figura indicada, donde se presenta la variación temporal de niveles frente a la precipitación de los puntos BA-17 y MPS-CA, ubicados en acuífero de salmuera y próximos al sistema lagunar como se aprecia en Figura 5-47 del capítulo de resultados por variable.

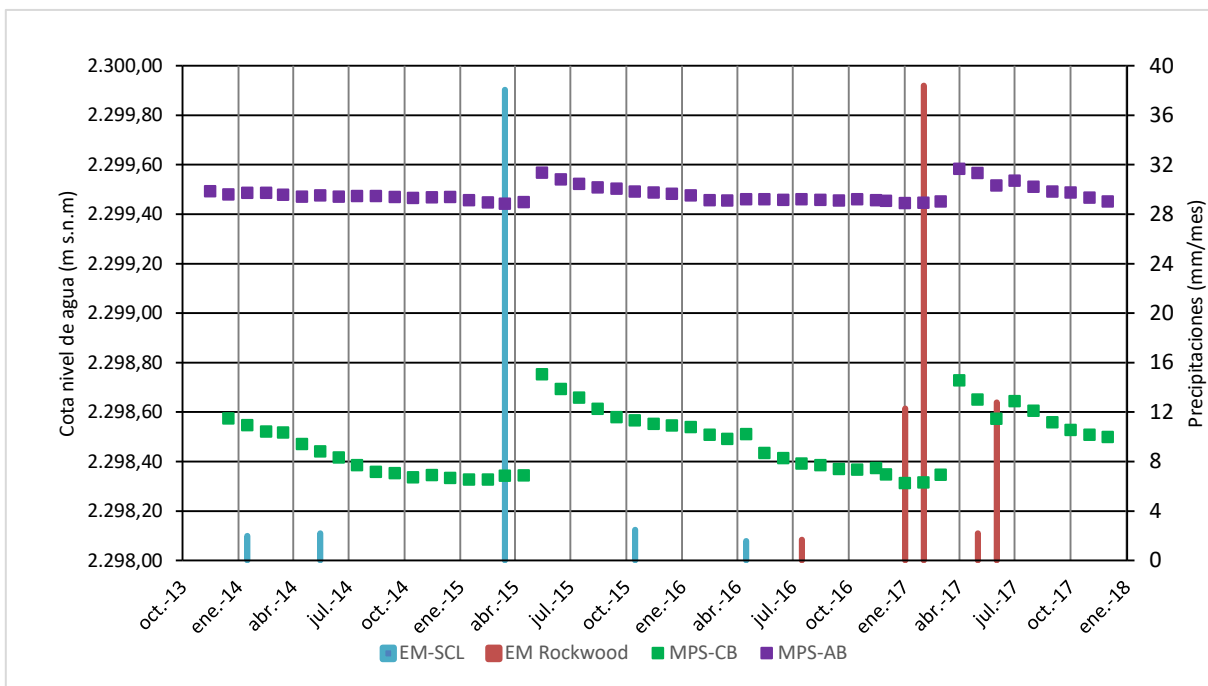
Figura 6-16 Evolución de niveles en el sector de la laguna Interna. Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

En el sector de las lagunas, también hay puntos de monitoreo profundo habilitados por debajo de la interfase salina, en el acuífero de salmuera (MPS-AB y MPS-CB). Durante el 2017 los niveles de estos puntos siguen la tendencia histórica registrada desde 2013, manteniéndose con tendencia al descenso respondiendo a los eventos de precipitación con recuperaciones bruscas de nivel, tal y como puede observarse en la Figura 6-17. Esta tendencia es la esperable, ya que el acuífero situado por debajo de la cuña salina está en contacto con el acuífero de salmuera del núcleo, donde se registra esta misma tendencia.

Figura 6-17 Evolución de niveles en el acuífero profundo de salmuera. Sector Peine



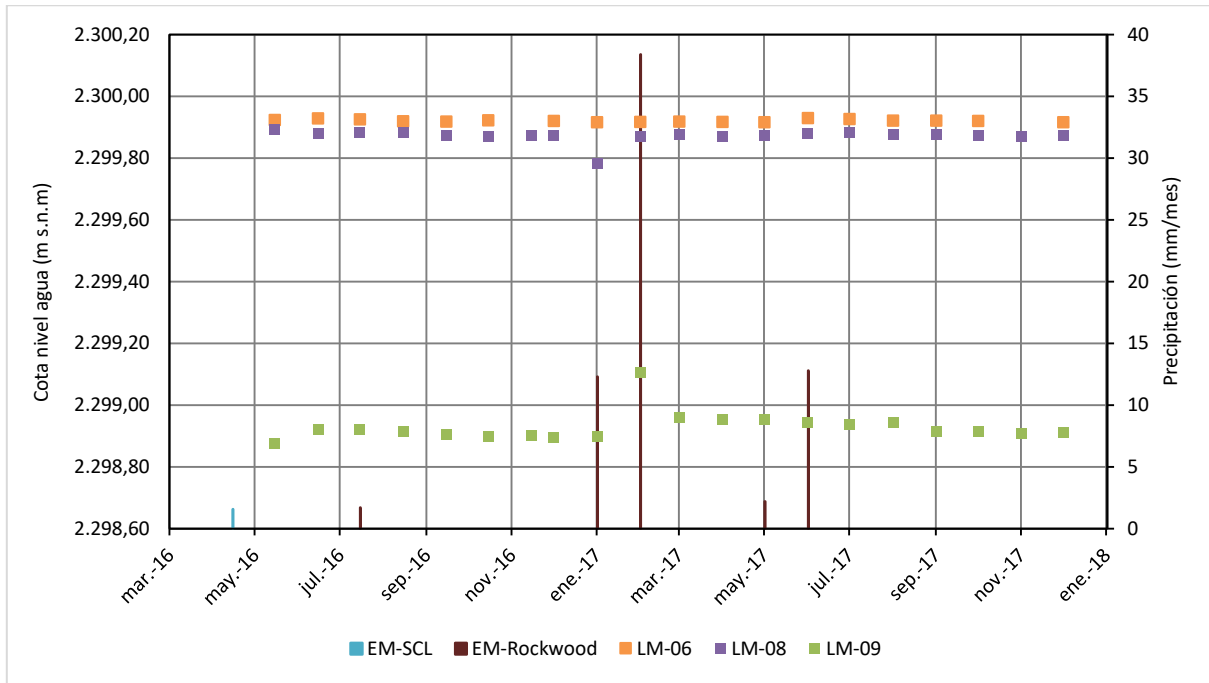
Fuente: Elaboración propia

Al igual que los niveles de las aguas subterráneas, los niveles de las lagunas durante el 2017, permanecen estables con variaciones estacionales, pero en este caso, de menor amplitud que las observadas en el acuífero de agua dulce-salobre. Tal y como se observa en la Figura 6-18 en las lagunas Salada (LM-06) y Saladita (LM-08) estas variaciones no tienen relación con las precipitaciones y se interpretan por efecto de la evaporación. En cambio, en la laguna Interna (LM-09) ubicada en el núcleo del salar, además de la variación estacional producto de la evaporación también se registra un aumento brusco de los niveles en Febrero de 2017, que se interpreta es producto de las precipitaciones registradas en Enero.

Este comportamiento, no presenta ninguna relación con lo observado en los puntos en acuífero de salmuera, y está condicionado, por tanto, por la recarga subterránea que se produce desde las cuencas aportantes, que afloran permanentemente en superficie en canales ubicados a mayor cota que las mismas y que escurren hasta éstas, cuyo nivel está estacionalmente influenciado por la evaporación.

Se observa además, un gradiente de la cota del nivel desde la laguna Salada hacia la laguna Interna, lo que confirma la dirección de flujo de agua desde el sureste hacia el noroeste a través los canales que las comunican.

Figura 6-18 Evolución de los niveles de las lagunas. Sistema Peine.

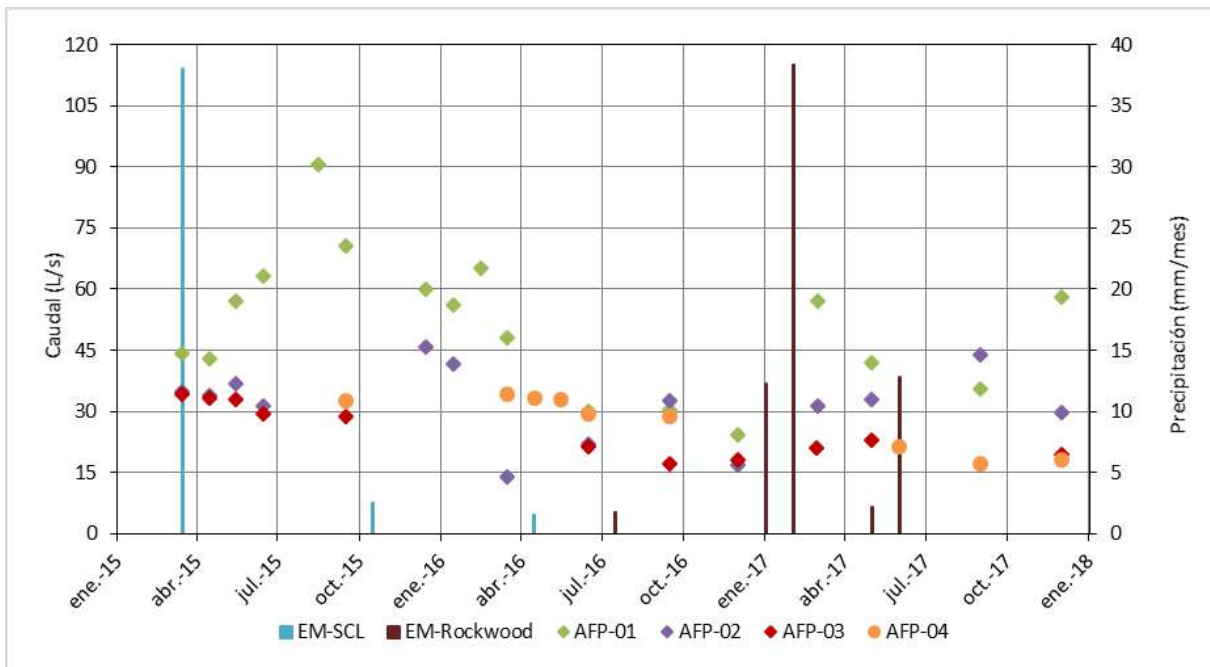


Fuente: Elaboración propia

Este hecho se corrobora con los aforos efectuados durante el monitoreo 2017, a partir de los cuales se reporta unos caudales de entrada a la laguna Salada (AFP-01 y AFP-02) mayores a los registrados en la salida de ésta y entrada a la laguna Saladita (AFP-3) debido a pérdidas ocurridas principalmente por evaporación, tanto en la superficie de la laguna Salada como a lo largo del canal natural de entrada a la misma. Al analizar la variación histórica de los caudales, representada en la Figura 6-19, se constata este comportamiento, si bien, en el caso del punto de aforo AFP-04 (también en la entrada de la laguna Saladita, pero situada después de AFP-3, en el sentido del flujo de agua), los caudales registrados son variables, lo que se explica a través de recargas menores procedentes de afloramientos cercanos a ese punto.

No obstante lo anterior, la disminución de caudal aguas abajo sigue el comportamiento esperado. El origen principal de las lagunas se ubica en un arroyo situado al Sur de la laguna Salada. Esta agua, escurre originando canales naturales que alimentan primero a la laguna Salada, luego Saladita y finalmente la laguna Interna. Durante este trayecto, las aguas se van evaporando, tanto en los cuerpos lagunares, como en los canales que las unen, por lo que los caudales de entrada en cada laguna sucesiva son en general menores a los anteriores.

Figura 6-19 Evolución histórica de Caudales Aforados Sistema Peine

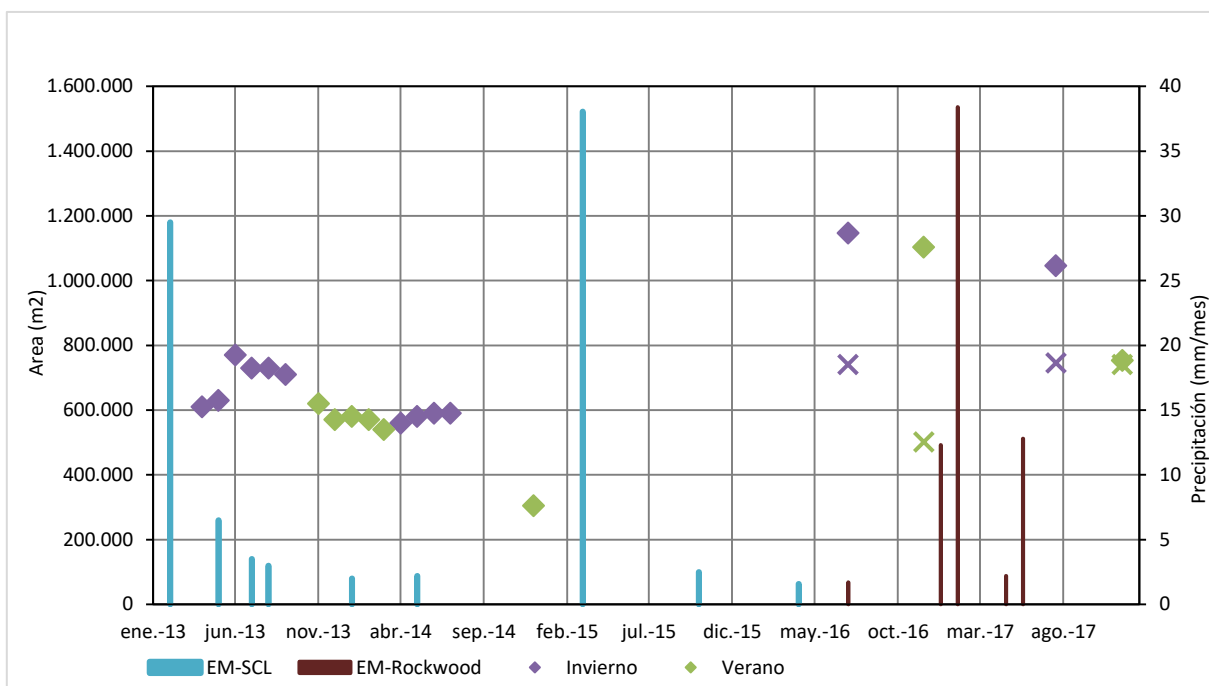


Fuente: Elaboración propia

Si analizamos la evolución de la superficie ocupada por las lagunas durante 2017, la cual se presenta graficada frente la precipitación en la Figura 6-20, se observa que el área calculada mediante fotografías satelitales de mediana resolución (Landsat) sigue el comportamiento estacional histórico, que en general es similar al observado con los niveles piezométricos y limnimétricos, con extensiones máximas en los meses de invierno (Julio, Agosto) y mínimos en los meses de verano (Enero). Cabe indicar que la extensión máxima calculada con este tipo de imágenes supera el máximo histórico establecido en adenda %. Sin embargo, el área calculada en verano y en invierno con imágenes de alta resolución (Pleiades) es muy parecida. Este hecho del 2017 se atribuye a la recarga de las lagunas producto de las lluvias ocurridas previo a las fechas en que se tomaron las imágenes satelitales.

Al comparar las dos metodologías de medición, se observa, además como las superficies calculadas mediante imágenes de alta resolución (Pleiades) se ajustan más a los datos históricos que las calculadas mediante imágenes Landsat 8, de media resolución.

Figura 6-20 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Peine



Fuente: Elaboración propia

A partir del monitoreo hidroquímico efectuado durante el 2017, se confirma que todas las aguas muestreadas en el sector lagunar de Peine son de tipo cloruradas sódicas, a excepción de la muestra tomada en la vertiente Tilomonte, que es del tipo clorurada sódico-cálcica, representativa de las aguas de recarga. El quimismo de las aguas del sector medidas durante el 2017 conversa con el registro histórico, no detectándose variaciones de composición relevantes.

En este sector también las aguas subterráneas, muestran un incremento de la Conductividad Eléctrica (CE) hacia el núcleo del Salar. De esta forma, las aguas menos mineralizadas se detectan en la estación Antrepresa Tilomonte y en los piezómetros MP-07A y MP-08A, habilitados en acuífero de agua dulce-salobre y ubicados al sureste de las lagunas, con más influencia de las aguas de recarga provenientes del acuífero aluvial del Borde Este. Las aguas con mayores CE se registran en los piezómetros someros entorno a la laguna Interna, así como también los piezómetros profundos MPS-CB y MPS-AB, los cuales presentan valores superiores a 200.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, típicos de salmueras.

Este comportamiento corrobora el modelo conceptual establecido en sector, según el cual las aguas de recarga sufren un incremento de la CE siguiendo el sentido de flujo debido a procesos de evaporación y/o de disolución-precipitación de minerales (clorurados y sulfatados) y a mezcla con salmueras del salar, cerca de la zona de interfase salina.

La CE registrada en las lagunas es mayor a la registrada en las aguas subterráneas y además aumenta desde laguna Salada (que es la menos mineralizada) hacia laguna Saladita, debido a la evaporación; y luego, el agua procedente de esta laguna, se adentra hacia el núcleo de salmuera de manera superficial/subsuperficial generando la laguna Interna, que es donde se reportan las máximas CE. El agua en esta zona al encontrarse con la costra de cloruros va disolviéndola y va enriqueciéndose en sales disueltas y en parte también se va evaporando, hasta que finalmente, convertida en salmuera, se infiltra al núcleo.

Respecto a la posición de la interfase salina, destaca que la profundidad de medición de la interfase salina en los piezómetros del sector de Peine monitoreados durante 2017 no ha sufrido cambios en relación a los registros históricos de cada punto, por lo que se interpreta que la posición de la cuña salina se ha mantenido constante.

6.4.2.1 *Resumen y/o conclusiones*

Los aspectos más importantes de la integración de la información llevada a cabo para el sistema laguna Peine son los siguientes:

- El acuífero de agua dulce-salobre y las aguas superficiales de las lagunas, durante el 2017 presentan niveles que permanecen estables con variaciones estacionales asociadas a la evaporación siguiendo la tendencia histórica.
- Los niveles representativos del acuífero de salmuera en el núcleo mantienen la tendencia al descenso, siendo sensibles a los eventos de precipitación.
- En 2017 no se registran cambios significativos de la química del agua, ni en las lagunas ni en el acuífero salobre.
- La cuña salina permanece estable durante el año 2017.
- La superficie lagunar calculada mediante imágenes de media resolución sigue la tendencia histórica, con un máximo de extensión en invierno. Sin embargo, los cálculos de extensión lagunar realizados con imágenes de alta resolución para invierno y verano son muy parecidos, y se ajustan más al registro histórico.
- A partir del monitoreo efectuado durante el año 2017, se confirma el modelo conceptual de funcionamiento del sistema lagunar Peine, que se detalla a continuación:
 - Las zonas de recarga se ubican al Sureste del sistema lagunar, y están constituidas por aguas de composición clorurada-sulfatada sódico-cálcica, que se infiltra al acuífero o bien por precipitación directa o por escorrentía superficial-subsuperficial hasta alcanzar zonas más permeables. Una vez en el acuífero, estas aguas fluyen hacia el noroeste hasta interceptar con la superficie de terreno generando manantiales que dan origen a las lagunas. Una vez en superficie estas aguas siguen su recorrido, formando canales naturales que alimentan a las lagunas Salada, Saladita y finalmente laguna

Interna. A medida que el agua fluye hacia el núcleo va aumentando su salinidad, debido a procesos de evaporación. Por último, el agua de la laguna Interna acaba adentrándose en el núcleo de salmuera de manera superficial, disolviendo la costra de cloruros y enriqueciéndose paulatinamente en sales disueltas, hasta que finalmente, ya convertida en salmuera, se incorpora al núcleo.

6.4.3 Sector Norte y Borde Este

El sector denominado por este Proyecto como Norte y Borde Este está constituido por el sistema lagunar de Soncor y el sistema lagunar Aguas de Quelana. Ambos sistemas presentan diferencias en su funcionamiento hidrogeológico, por lo cual se ha realizado la discusión de manera independiente.

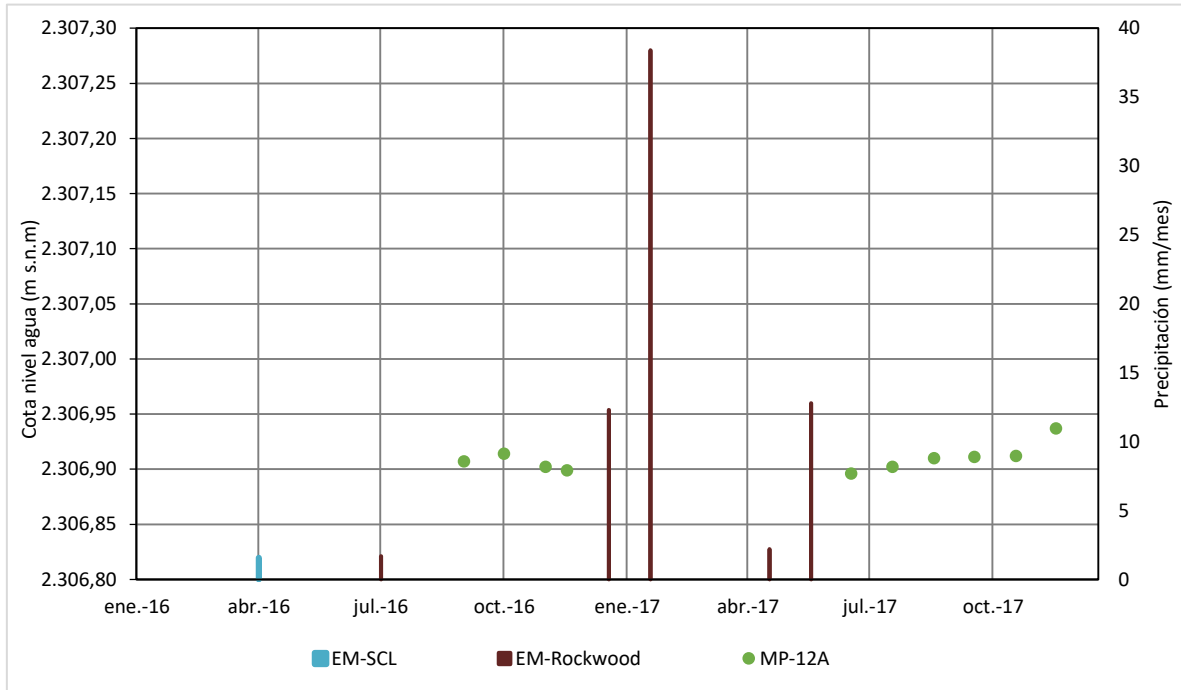
6.4.3.1 Sistema Lagunar Aguas de Quelana

Este sector abarca el área de la Zona Marginal y Borde Este de la cuenca alrededor del sistema lagunar Aguas de Quelana.

Las aguas subterráneas del acuífero dulce-salobre se monitorean en el piezómetro MP-12A, situado a unos 15 km al sur del sistema lagunar, en el acuífero aluvial del borde este. Si bien este piezómetro tiene una serie corta de datos y relativamente reciente (desde 2016), no pudiéndose establecer una tendencia histórica clara, sí se detecta que presenta niveles con cierta variabilidad pero estables en el tiempo. Este comportamiento se puede observar en la Figura 6-21, donde se presenta la evolución temporal de los niveles de agua dulce-salobre del piezómetro mencionado frente a la precipitación. Cabe destacar que el registro del monitoreo del pozo MP-12A presenta una medición interrumpida, porque la etapa no estaba informada a la SMA.

En la zona marginal entorno el sistema lagunar de Aguas de Quelana no se cuenta con registro de niveles de salmuera, ya que Albemarle no dispone de puntos de monitoreo en ésta área.

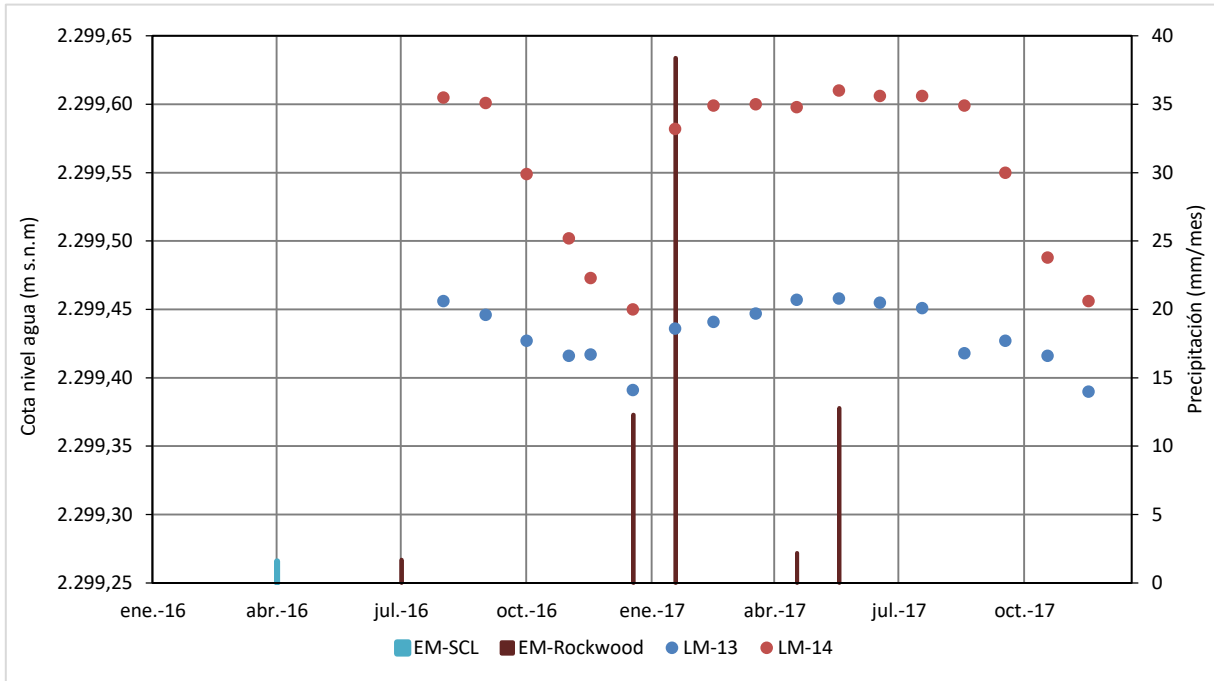
Figura 6-21 Evolución de niveles de pozos del acuífero salobre al Sur del Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

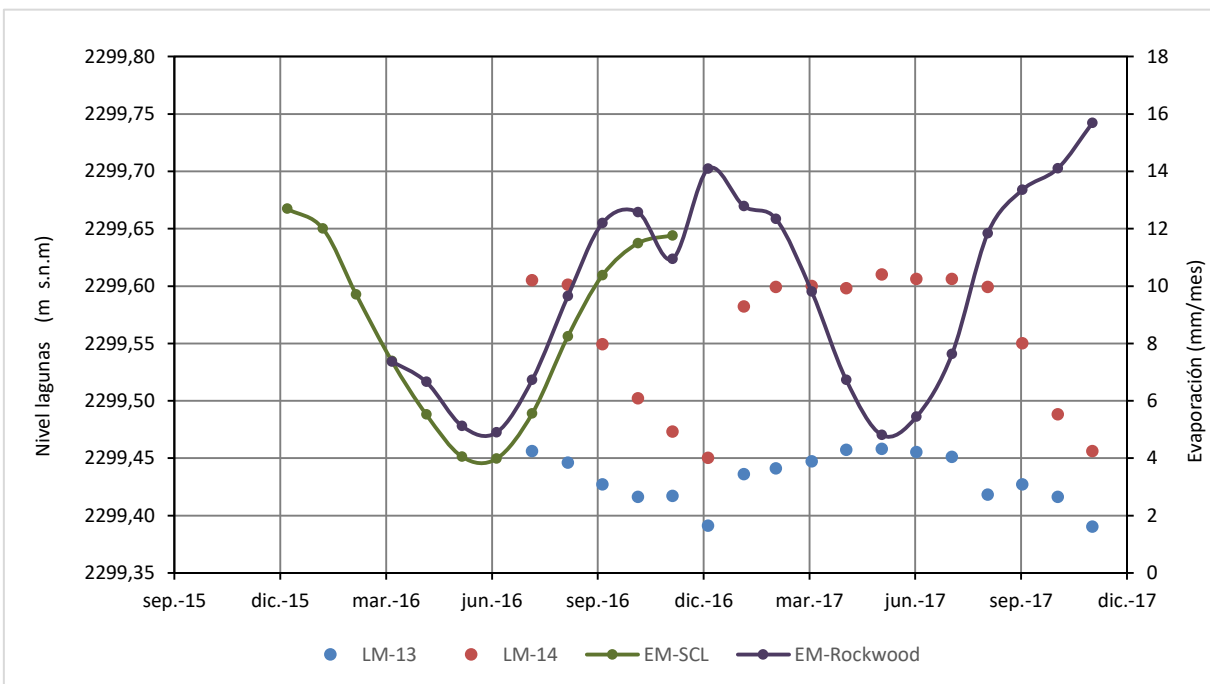
Al igual que en el caso del registro de aguas subterráneas, el registro de nivel de agua de las lagunas disponible es poco y corto, partiendo en Agosto de 2016 con el monitoreo de los puntos LM-13 y LM-14. Si se grafica la evolución de niveles de estos dos puntos frente la precipitación y frente la evaporación, (Figura 6-22 y Figura 6-23), se puede intuir una tendencia oscilatoria de los niveles, con ascensos de nivel en invierno y descensos en verano, con una amplitud mayor en el punto LM-14. Además, se observa que después de las intensas lluvias registradas en Febrero de 2017 los niveles en estos dos puntos experimentaron una recuperación, más marcada en el punto LM-14. A la luz de los datos disponibles, se interpreta que la evolución de niveles de este sector está condicionada por la recarga producto de las precipitaciones y por la evaporación, que es mayor en verano y menor en invierno.

Figura 6-22 Evolución de niveles de aguas superficiales frente precipitación. Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-23 Evolución de niveles de aguas superficiales frente evaporación. Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

Si analizamos la evolución de la superficie de las lagunas, la cual se presenta en la Figura 6-24 se observa como los resultados obtenidos a partir de las dos fuentes de información utilizadas durante el 2017 (imágenes Landsat y Pleiades) registran un valor máximo en invierno que supera el máximo histórico y un valor mínimo en verano también superior al mínimo histórico establecido en la evaluación ambiental. El registro histórico de superficie lagunar considerado es el que se presenta en el Anexo C de este informe.

Por otro lado, de esta comparación también se establece que las variaciones del área ocupada por las lagunas se asocian a un comportamiento estacional, con extensiones mayores en invierno que en verano. Estas oscilaciones no reflejan exactamente los eventos de tormenta, como sucede por ejemplo durante el año 2016, donde las precipitaciones fueron escasas, y sin embargo, la oscilación anual se sigue produciendo, estando relacionada, por lo tanto con la evaporación.

En particular para el año 2017, en comparación con el año 2016, se observa que el aumento de superficie de los espejos de agua en este sector es producto de los derrames aportantes de la zona alta y este del salar de Atacama como consecuencia de las altas precipitaciones.

No obstante, si bien parece que los años húmedos no afectan el comportamiento estacional en la evolución de la superficie lagunar, sí presentan una influencia sobre los valores absolutos de dicha superficie, registrándose valores máximos y mínimos más altos en los años en que hay más precipitaciones. Este es el caso de los años 2013 y 2017, en los que se registran las máximas superficies lagunares coincidiendo con años de intensas precipitaciones.

núcleo y/o disolución de minerales. Por último, las aguas del acuífero salobre representadas por el pozo MP-12A, registran CE intermedias entre los valores de las vertientes y las lagunas.

Efectivamente, las CE de las aguas va incrementando desde el Este hacia el Oeste, corroborando el modelo conceptual establecido para el sistema lagunar, a partir del cual, el flujo subterráneo que llega al sistema lagunar proviene de los acuíferos aluviales del Este, que son alimentados por distintas quebradas entre ellas la quebrada Camar. Durante su corrido, las aguas subterráneas fluyen hacia el Oeste, disolviendo sedimentos evaporíticos aumentando su CE, hasta descargar en las lagunas, donde debido a procesos de evaporación se vuelve a incrementar la CE.

Se registra, a su vez, un incremento de la CE con la profundidad, debido a la presencia de la cuña salina. Al respecto, a partir del monitoreo de los perfiles de CE efectuados en el sector (piezómetro MP-12C), se detecta que la interfase salina no ha presentado cambios en su ubicación en relación a los registros históricos, por lo que se interpreta que la posición de la cuña salina se ha mantenido constante.

6.4.3.1.1 Resumen y/o conclusiones

El sistema lagunar Aguas de Quelana está siendo monitoreado por Albemarle desde el 2016, por lo que el registro histórico de monitoreo hasta el momento, no es suficiente para establecer tendencias históricas claramente definidas. Aun así, a la luz de los datos obtenidos, durante el 2017 se observa el siguiente comportamiento:

- Los niveles medidos en el acuífero de agua salobre presentan una tendencia estable, con variaciones estacionales. Estas variaciones estacionales también se observan en los niveles de agua de las lagunas y superficies lagunares y están asociadas a la evaporación.
- Durante el año 2017 no se han detectado cambios en la ubicación de la interfase salina.
- En el sistema lagunar se observan 2 tipos de agua; aguas intermedias sulfatadas sódicas, de baja salinidad, que se disponen al Este del sistema en la zona de las vertientes, y aguas cloruradas sódicas, de mayor salinidad, que se localizan en el sector oeste, en las lagunas y acuífero de agua dulce-salobre.
- Finalmente, el modelo conceptual del Sistema Aguas de Quelana, es consistente con los resultados obtenidos del monitoreo de las distintas variables, para el año 2017. Este modelo se resume a continuación:
 - Las aguas de las lagunas provienen del acuífero aluvial del borde Este. En las zonas de recarga, estas aguas poco salinizadas y de composición clorurada cálcica, son alimentadas, a su vez, por aguas de distintas quebradas, entre ellas la quebrada de

Camar. Durante su recorrido hacia el Oeste, por efecto de la disolución de sedimentos evaporíticos, las aguas aumentan su CE y cambian su composición a cloruradas sódicas, hasta llegar a la Zona Marginal. Ya en la Zona Marginal, comienzan los procesos de evaporación, disolución y precipitación de sales. En la zona de las lagunas, debido a la magnitud del flujo subterráneo procedente del Este, el agua salobre se ve forzada a ascender al encontrarse con la salmuera del Núcleo (interfase salina), aflorando en superficie y dando origen a las Lagunas del Sistema Aguas de Quelana.

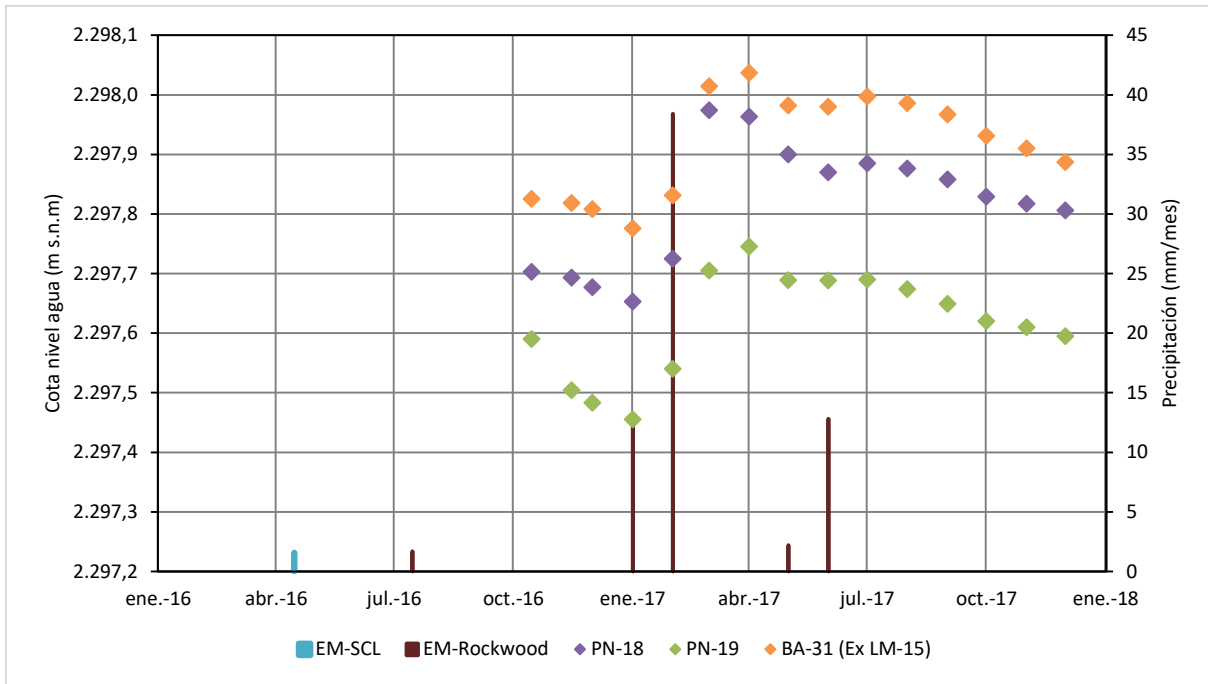
- La dinámica de las lagunas está marcada por la evaporación con máximos de nivel y superficie en invierno y mínimos en verano. En ocasiones, durante los años más húmedos, o tras eventos de precipitación importantes en donde la superficie lagunar aumenta considerablemente, se producen desbordamientos superficiales hacia el Núcleo desde las lagunas hacia el núcleo.

6.4.3.2 Sistema lagunar Soncor

Este sector abarca el área de la Zona Marginal, alrededor del sistema lagunar Soncor y el área del Borde Este, frente a las lagunas, desde donde proviene parte de la recarga subterránea del sector.

En este sector el nivel de agua subterránea se monitorea mediante el piezómetro somero BA-31 (ex LM-15), localizado en la Zona Marginal. Tal y como se muestra en la Figura 6-25, este punto parecería tener una tendencia al descenso, parecida a los puntos PN-18 y PN-19, ubicados en el núcleo y próximos al sistema lagunar Soncor (ver Figura 4-12), que es generada por la explotación de salmuera del núcleo del Salar. Del gráfico, se observa que hay una cierta oscilación estacional en la evolución de niveles, producto de la evaporación, hecho esperable teniendo en cuenta que los niveles presentan profundidades menores a 1.6 m. Además se producen ascensos bruscos de nivel como respuesta a los eventos de precipitación de mayor magnitud. Este comportamiento se explica bien por la infiltración directa del agua de lluvia, o bien por el hecho de que parte del agua de escorrentía que fluye a través de los canales naturales que alimentan las lagunas se infiltra en este área. Cabe indicar que este comportamiento es el esperado según otros antecedentes que se tienen del sector (evolución de niveles de puntos del PSAH de SQM próximos al sistema lagunar de Soncor y analizados en el marco de la Adenda 5).

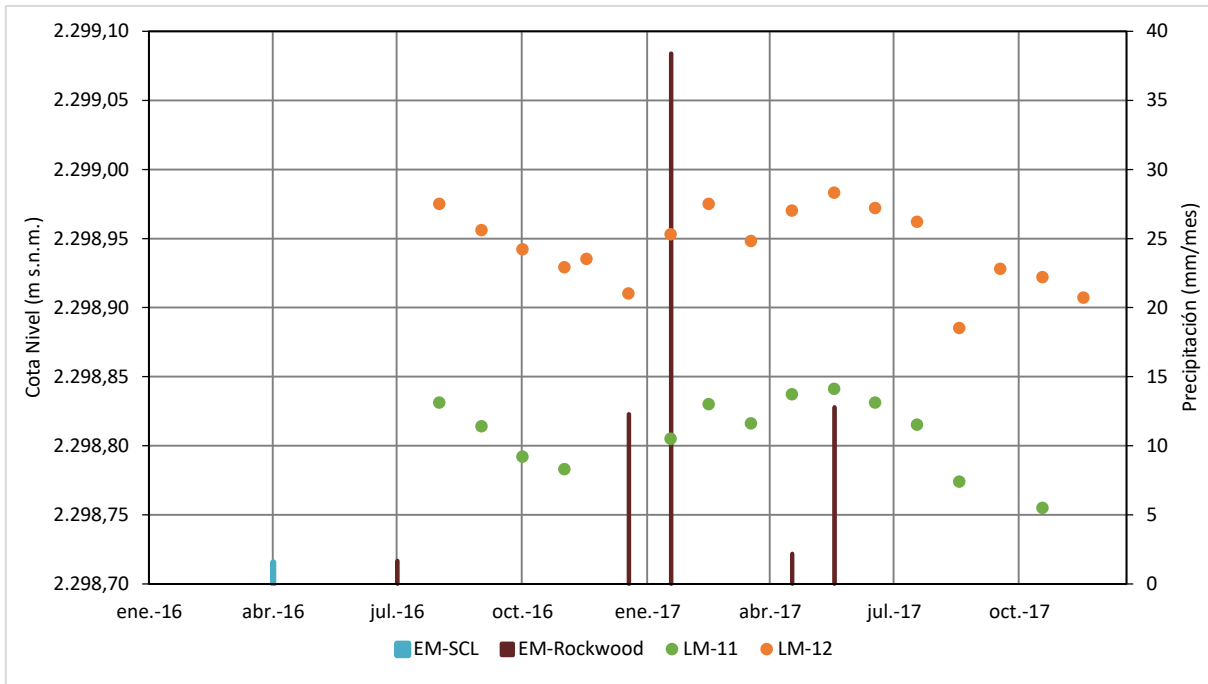
Figura 6-25 Evolución de nivel en piezómetros de salmuera próximos al Sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia

El registro nivel de agua en las lagunas del sistema Soncor se presenta en la Figura 6-26. Si bien el registro en estos puntos es corto, se evidencia un comportamiento estacional con máximos en invierno y mínimos en verano, con ascensos de nivel como respuesta a las precipitaciones ocurridas a principios de 2017. Tal y como se ha explicado en los otros sistemas lagunares, que los niveles permanezcan constantes oscilando entre las mismas cotas se explica como consecuencia de la recarga subterránea, mientras que las variaciones estacionales se interpreta que son producidas principalmente por evaporación.

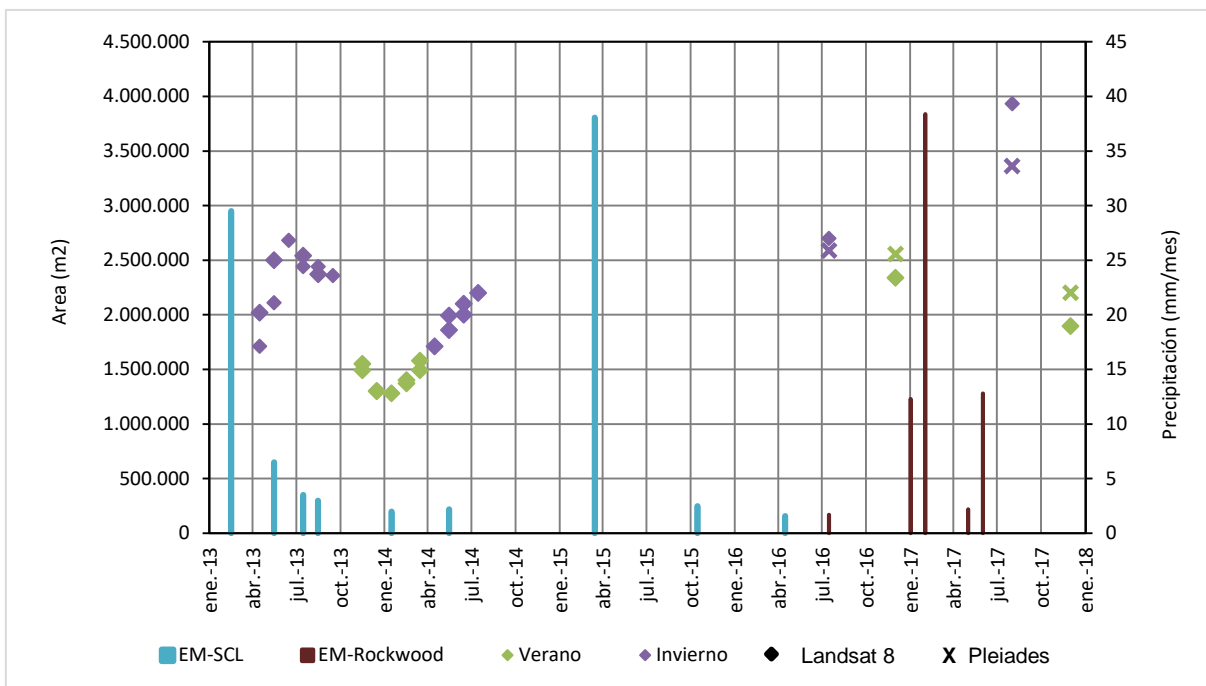
Figura 6-26 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la superficie lagunar, en la Figura 6-27, donde se presenta la evolución histórica de la superficie lagunar frente la precipitación, se observa que en invierno de 2017 se registró un máximo histórico, que se asocia con las precipitaciones ocurridas en el primer semestre del año, antes de tomarse la foto satelital. Se puede observar también como la evolución histórica de la superficie es estacional, al igual que los niveles lagunares, aumentando el área en invierno y disminuyendo en verano. El registro histórico de superficie lagunar considerado es el que se presenta en el Anexo C de este informe.

Figura 6-27 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia

En el Sector de Soncor no se dispone de piezómetro para monitorear la posición de la cuña salina, el punto más cercano en el que se monitorea esta variable es el MP-12C, que se ha tratado en el análisis del sistema de Aguas de Quelana.

Del análisis de los datos hidroquímicos obtenidos en 2017 en las aguas del sistema lagunar (LM-11, LM-12) y al acuífero de salmuera (BA-31) las aguas se definieron de composición clorurada sódica sin variaciones relevantes respecto a los registros de parámetros fisicoquímicos y de concentraciones químicas históricas del sector.

La conductividad eléctrica (CE) aumenta en el trayecto entre Laguna Chaxa (LM-12) hacia laguna Barros Negros (LM-11), sector donde se obtienen los registros de CE más elevados, parecidos a los que se registran en las aguas subterráneas del sector (BA-31). De esta manera, se verifica que la conductividad eléctrica aumenta desde la zona de recarga hacia el sector de las lagunas, de Este a Oeste, y de Norte a Sur a medida que las aguas circulan por el sistema lagunar. Esto se explica debido a que conforme el agua subterránea fluye hacia las lagunas, va incrementando su CE y mineralización debido a la disolución de sedimentos evaporíticos y por el proceso de evaporación hasta descargar en las lagunas a través de canales superficiales naturales, donde de nuevo sufren procesos de evaporación, disolución y/o precipitación incrementándose más su CE.

6.4.3.2.1 Resumen y/o Conclusiones

El sistema lagunar de Soncor está siendo monitoreado por Albemarle desde el 2016, por lo que el registro histórico de monitoreo hasta el momento no es suficiente para establecer una tendencia histórica clara. Aun así, a la luz de los datos obtenidos, durante el 2017 se observa el siguiente comportamiento:

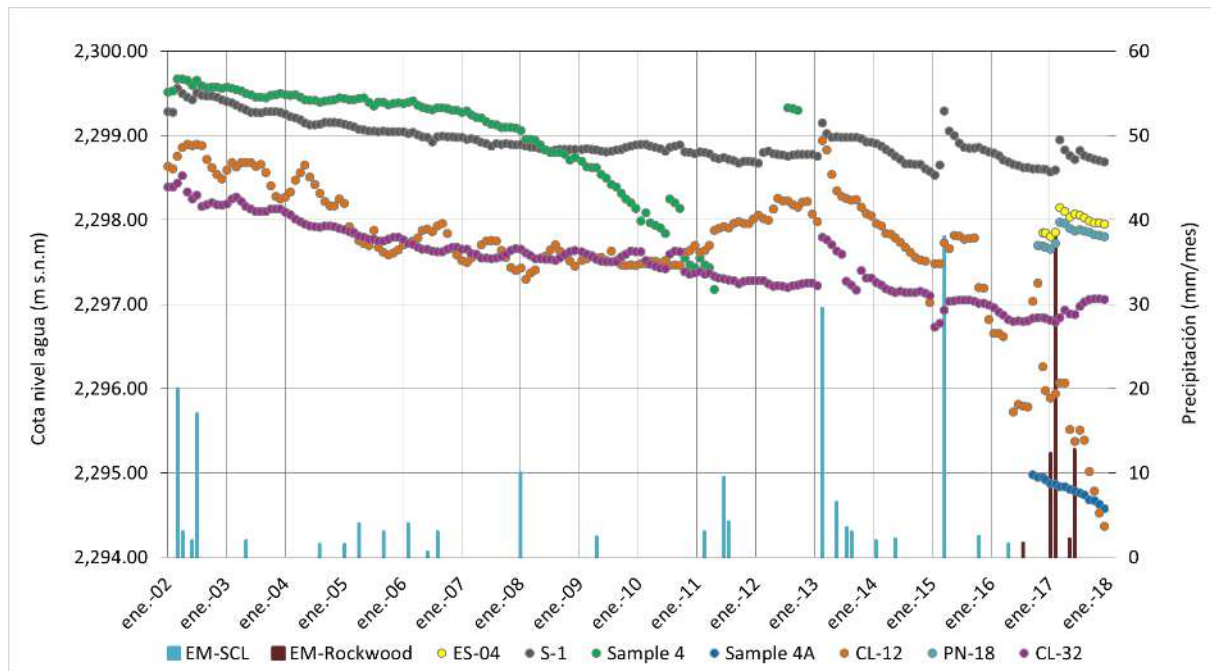
- Los niveles en el acuífero de salmuera presentan una tendencia general al descenso, con ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación y una posterior recuperación, con cierta oscilación estacional que podría ser influencia de la evaporación.
- Los niveles en las lagunas son estables en el tiempo con una leve tendencia estacional. Esta estacionalidad también se observa en la superficie lagunar la cual está directamente asociada a los efectos de la evaporación.
- Se registra un máximo histórico en la extensión lagunar en invierno de 2017, que se interpreta producido por las precipitaciones que ocurrieron durante el primer semestre del año.
- La química del agua del sector se mantiene dentro de los rangos históricos y esperados, no presentando variaciones relevantes.
- A partir de los resultados del monitoreo efectuado durante el año 2017, se confirma el modelo conceptual establecido, tal y como se detalla a continuación:
 - El flujo subterráneo que alimenta a las lagunas proviene del Este (según lo explicado en Adenda 5 también proceden del Norte, pero a partir del monitoreo efectuado no se tienen datos del sector Norte) y conforme fluye hacia el Oeste, va incrementando su CE debido a la disolución de sedimentos evaporíticos.
 - En la zona donde la interfase salina intercepta la superficie topográfica, se generan manantiales. El agua procedente de estos manantiales, fluye de manera superficial-subsuperficial generando canales naturales en dirección Sur y comienza a sufrir procesos de evaporación alimentando las lagunas Chaxa y finalmente Barros Negros.
 - Aguas abajo de la laguna Barros Negros, el agua que no se ha evaporado se desborda directamente sobre el núcleo del Salar, incorporándose al acuífero de Salmuera.

6.4.4 Sector Núcleo

El Sector Núcleo corresponde a la zona de descarga donde confluyen las aguas de recarga provenientes de las cuencas aportantes (Norte, Este, Sureste y Suroeste), junto con las aguas provenientes de los sistemas lagunares, que por escorrentía superficial e infiltración subsuperficial fluyen hasta la costra salina.

Para entender el comportamiento el funcionamiento del núcleo, se ha analizado la evolución temporal de los niveles en relación a la precipitación (Figura 6-28). Debido al gran número de pozos de monitoreo existentes, se han seleccionado aquellos pozos representativos de cada uno de los sectores del núcleo (definidos en la sección 5.6.4), los cuales presentan una extensa serie histórica de registros. En ese sentido, es importante señalar que para el sector centro Norte del núcleo (representado por los piezómetros PN-18 y ES-04), únicamente se tienen datos de nivel de los años 2016 y 2017, por lo que hasta el momento no se pueden establecer tendencias claras. Para el resto de los sectores, es decir, zona Este (representado por el piezómetro S-1), zona Oeste (piezómetros Sample 4 que no está vigente y Sample 4A que lo reemplaza en la actualidad) y la zona de Producción (piezómetro CL-12) se cuenta con un amplio registro de niveles.

Figura 6-28 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

A partir de la Figura 6-28 se constata que de forma general, durante el 2017 los pozos ubicados en el núcleo presentan niveles con tendencia al descenso, según lo esperado para este sector. En general, estos descensos son más pronunciados en las zonas próximas a áreas de extracción de salmuera, ya sean de Albemarle o SQM (p ej. Pozo CL-12 o Sample-4/Sample-4A), y disminuyen conforme se alejan de la misma (p ej. pozos ES-04 y PN-18). Dentro de esta tendencia general que se da en los sectores de producción, también se observan puntos con comportamiento fuera de la tendencia general, como por ejemplo el CL-32, que se interpreta por variaciones en las tasas de extracción de los pozos productivos cercanos al punto de monitoreo.

Particularmente durante el 2017, en los pozos de la Zona Oeste (Sample 4 y Sample 4A) se observa una tendencia a la baja en el nivel. Los pozos ubicados en la zona de producción y cercanos al Cordón de Lila (CL-12), presentan niveles variables con tendencia a la baja, que responden al régimen de bombeo de los pozos productivos del sector. Además, a partir de Octubre del 2016, en la zona de producción se observa un incremento en los descensos que responde al aumento en la extracción de salmuera. De igual manera, en la zona Este (S-1), se observa una tendencia al descenso con recuperaciones puntuales asociadas a eventos precipitación. Esta respuesta es muy clara en los eventos de tormenta del año 2013, 2015 y 2017. Los registros de nivel en los pozos de la zona Centro Norte (PN-18 y ES-04) presentan un registro histórico acotado y reciente, pero se intuye, como es esperable, la misma tendencia que para la zona Este, con tendencia a la baja de los niveles y recuperaciones puntuales después de eventos de precipitación.

En términos generales, en todos los pozos del núcleo se registran ascensos de niveles como consecuencia de eventos de precipitación ocurridos durante el 2017, a excepción de los pozos ubicados en la zona Oeste (p. ej. Pozos Sample 4 y Sample 4A). Este comportamiento conversa con la evolución histórica de los niveles del acuífero de salmuera en el núcleo y se explica por infiltración directa del agua de lluvia en el salar y/o por infiltración indirecta asociada a escorrentía superficial/subsuperficial producto de las lluvias, que se va enriqueciendo desde las zonas de recarga menos permeables, pasando por la Zona Marginal hasta alcanzar el núcleo del Salar, infiltrando y haciendo ascender los niveles. En el sector Oeste, las precipitaciones son menores y no se aprecia esta respuesta de los niveles frente a las precipitaciones.

6.4.4.1.1 Resumen y/o conclusiones

Los niveles en el núcleo presentan una tendencia al descenso, registrando ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación y recarga del sistema, siguiendo la evolución de niveles esperada para este sector.

En la Zona de producción, los niveles presentan un comportamiento variable y con tendencia al descenso, asociado a la explotación de los pozos productivos. Desde el segundo semestre del 2016 se incrementa la extracción de salmuera en la zona de producción, hecho que se evidencia en un incremento en el descenso de niveles en algunos pozos pero no todos.

En la zona Oeste los niveles no están influenciados por el régimen de precipitación, presentando una tenencia a la baja, siguiendo el registro histórico de este sector.

6.5 Discusión y Revisión del Estado del PAT

El objetivo del Plan de Alerta Temprana (PAT) es detectar anticipadamente (en el tiempo y en el espacio) desviaciones respecto de los pronósticos del comportamiento del componente hídrico que pudieren llegar a afectar los sistemas objeto de protección y, activar las medidas preventivas necesarias para evitar efectos no previstos. Estas medidas pueden ser preventivas intermedias, para entender el origen del desvío de los pronósticos, o finales pero anticipadas, para revertir un comportamiento no esperado del sistema y antes de que pudiera generarse un efecto adverso, como por ejemplo la disminución o cese de la extracción.

Como fue indicado en la sección 4.2.7 y también en la 5.10 del presente informe, el Plan de Alerta Temprana considera tres sectores de alerta:

- Sector de alerta Núcleo
- Sector de alerta Acuífero
- Sector de alerta Norte

Cada uno de ellos con sus puntos de activación, umbrales y medidas de acción diferentes, que dicen relación con el comportamiento esperado de cada sector durante la fase de operación del Proyecto.

Durante el año 2017, tal como fue presentado en la sección 5.10, es posible indicar que no se han sido sobrepasados los umbrales en ninguna de las mediciones realizadas ni se ha activado ninguna de las fases del PAT, ni en el Sector de alerta Núcleo, ni en el Sector de alerta Acuífero.

Respecto al Sector de alerta Norte, en consideración a que no se dispone de la información actualizada al año 2017 de los niveles en los pozos de SQM, así como tampoco se ha recibido notificación por parte de la autoridad ambiental respecto de la activación del Plan de Contingencias (PC) de SQM, se concluye que no ha habido activación de su PC y por consiguiente tampoco del PAT de Albemarle en este Sector de alerta.

En relación al Sector de alerta Núcleo, en la sección 5.10 se realizó la comparación entre los niveles observados y los descensos modelados en la Adenda 5 sobre los pozos del PAT asociados al Sector de alerta Núcleo (Figura 5-173 a Figura 5-176), para verificar el comportamiento de niveles del núcleo. De lo anterior, fue indicado que los niveles observados durante el 2017 presentaron un aumento súbito, asociado a un evento de precipitación registrado a comienzo del año, el que hizo que por un lado los niveles subieran, y que por otro lado, las tasas de descenso, inmediatamente después de la precipitación fueran mayores a las tasas en régimen previo al evento. No obstante lo anterior, los niveles

generales observados mostraron un comportamiento que mantiene las tendencias de lo modelado, teniendo en consideración que el escenario utilizado corresponde a un escenario conservador con recarga reducida en el sistema, por lo que los eventos de lluvia del año 2017 fueron más frecuentes en lo observado que en lo modelado.

Finalmente, respecto del comportamiento de los niveles en los puntos que se ubican en el Sector de alerta Acuífero (Figura 5-177 a Figura 5-181 de la sección 5.10), fue observado que presentan una oscilación estacional, asociada al efecto de la evaporación. Así, los períodos en que los niveles han estado más cerca de los valores umbrales, ha sido en los meses de verano, cuando los niveles se esperan más bajos. Se destaca que de aquellos puntos ubicados en el sistema lagunar La Punta-La Brava, el piezómetro somero denominado BA-07 presenta una tendencia histórica de sus niveles máximos al descenso, mientras que los niveles de BA-05 y BA-16 se mantienen estables. Por otra parte, los niveles de todos los piezómetros someros ubicados en el sistema lagunar Peine asociados al PAT presentan una oscilación estacional estable según la data histórica registrada hasta la fecha.

En definitiva, durante el año 2017 no se superaron los umbrales definidos para ninguno de los puntos del PAT y, por ende, no se activaron las medidas preventivas de dicho plan de alerta temprana.

7 CONCLUSIONES

El presente informe del Plan de Seguimiento Ambiental de los Recursos Hídricos da cuenta del cumplimiento del monitoreo en forma periódica del componente hídrico de la cuenca del Salar de Atacama en cuanto a sus variables físicas y químicas más importantes, las cuales reflejan y permiten analizar el comportamiento del sistema y de paso permitirán la actualización de la modelación numérica. Asimismo, da cumplimiento a los considerandos correspondientes a la componente hídrica, asociados al Considerando 7, 10.18 y 10.19 de la RCA N° 21/2016.

Considerando los objetivos específicos de las variables que se monitorean planteados en el Capítulo 3 de este documento, se puede concluir respecto del monitoreo año 2017 que:

- Se reportó el monitoreo realizado en el sistema hidrológico e hidrogeológico general.
- Se realizó el análisis histórico de las variables monitoreadas, enfatizando en el comportamiento de éstas durante el año 2017 con respecto a la data histórica existente. Respecto a lo anterior, se destaca que se corroboró el cumplimiento de las variables cuyos niveles o límites comprometidos es la mantención de ellos dentro de su rango de variación histórico u oscilación natural.
- Se reportó el seguimiento sobre variables de referencia ubicados en sectores vecinos no influenciados, lejanos al área de explotación de Albemarle.
- Se realizó un análisis integrado de las variables correspondientes, de manera de prever el comportamiento del sistema, tanto del núcleo y la zona marginal, como del acuífero, enfocado principalmente en los objetos de protección.
- Se verificó el comportamiento previsto del sistema hídrico como respuesta tanto a las condiciones hidrológicas y meteorológicas como a los efectos de la explotación del proyecto en los puntos del PAT. Al respecto, se verificó que durante el año 2017, no fueron sobrepasados los umbrales definidos en ninguna de las mediciones realizadas, ni hubo activación de ninguna de las fases del PAT. Además, se realizó la comparación de los descensos modelados en Adenda 5 con los niveles observados en salmuera para los pozos que conforman el PAT en el Sector de Alerta Núcleo, los cuales muestran un comportamiento que mantiene las tendencias de lo modelado.
- El presente informe de seguimiento facilita la fiscalización del proyecto entregando la información levantada en terreno y analizada, dando cumplimiento a lo establecido en la R.E. N° 223/2015 de la SMA, permitiendo la trazabilidad de los datos y proporcionando una herramienta de gestión y control para la fase de operación del proyecto y que se extenderá durante los 5 primeros años de la fase de cierre.

Respecto al análisis integrado de las variables se puede señalar que:

- La estación meteorológica Rockwood registró en el año 2017 una precipitación de 65,7 mm/año, y considerando su análisis de frecuencia, es posible indicar que la precipitación registrada se encuentra alrededor de un 10% de probabilidad de excedencia del registro histórico, lo que permite concluir que fue un año muy húmedo.
- Los resultados de evapotranspiración presentan gran variabilidad, tanto a nivel temporal como espacial. El comportamiento histórico, en general, presenta los mayores valores en los monitoreos de verano, aunque también hay estaciones que han registrado sus máximos en los meses invernales. Asimismo, a nivel espacial se destaca que aquellas estaciones ubicadas cercanas a alguna de las lagunas presentan registros comparativamente mayores, mientras que en el Núcleo se han registrado los valores mínimos, diferencia concordante con los resultados históricos y con el hecho que la salmuera, más densa que el agua salobre, tiene un potencial de evaporación menor, así como a la profundidad del nivel, tipo de suelo, etc.
- El monitoreo realizado el año 2017 confirma el modelo conceptual del funcionamiento del sistema lagunar La Punta-La Brava establecido en la Adenda 5 de la evaluación ambiental del proyecto. Las zonas de recarga se ubican en el sector Sur y las aguas correspondientes al tipo cloruradas-sódicas fluyen hacia el Noroeste, incrementando la CE hasta encontrarse con la interfase salina que se dispone perpendicular al flujo y que fuerza al agua subterránea a ascender aflorando a la superficie, dando origen a las lagunas.
- Los niveles de aguas subterráneas y superficiales en este sector evolucionan siguiendo la tendencia histórica.
- La superficie lagunar La Punta-La Brava ocupada en invierno y verano son similares. Esta superficie estaría influenciada por fenómenos de recarga del sistema inducidos por las precipitaciones ocurridas el primer semestre del año. Por otra parte, no se registran cambios en la calidad química del agua de las lagunas y del acuífero salobre, y la posición de la interfase salina permanece estable.
- Para el sistema lagunar Peine, a partir del monitoreo efectuado durante el 2017 se confirma el modelo conceptual de funcionamiento del mismo, es decir, las zonas de recarga se ubican al Sureste y las aguas corresponden al tipo clorurada-sulfatada sódico-cálcica, las cuales por precipitación directa o por escorrentía sub-superficial se infiltran al acuífero. Una vez en el acuífero, estas aguas fluyen hacia el Noroeste hasta interceptar con la superficie de terreno generando manantiales que dan origen a las lagunas. Los niveles del acuífero salobre y de las aguas superficiales permanecen estables, siguiendo la tendencia histórica, con variaciones estacionales en respuesta a la evaporación. Los niveles de salmuera mantienen la tendencia al descenso con ascenso puntuales asociados a la precipitación. Por otra parte, no existen cambios en la química del agua ni

en lagunas ni en el acuífero salobre, la posición de la interfase salina permanece estable durante el año 2017 y la superficie lagunar sigue la tendencia histórica, presentando su máxima extensión en invierno.

- Lo anterior, fue corroborado con los aforos efectuados durante el monitoreo 2017, a partir de los cuales se reporta caudales de entrada a la laguna Salada (AFP-01 y AFP-02) mayores a los registrados en la salida de ésta y entrada a la laguna Saladita (AFP-03) debido a pérdidas ocurridas principalmente por evaporación, tanto en la superficie de la laguna Salada como a lo largo del canal natural de entrada a la misma. Al analizar la variación histórica de los caudales, se constata este comportamiento, si bien, en el caso del punto de aforo AFP-04 (también en la entrada de la laguna Saladita, pero situada después de AFP-03, en el sentido del flujo de agua), los caudales registrados son variables, lo que se explica a través de recargas menores procedentes de afloramientos cercanos a ese punto.
- El modelo conceptual del sistema Aguas de Quelana, es consistente con los resultados obtenidos del monitoreo de las distintas variables para el año 2017, pese a que el registro disponible (desde 2016) aún no es suficiente para establecer tendencias históricas claramente definidas. Las aguas de las lagunas provenientes del acuífero aluvial del borde Este, son alimentadas, a su vez, por aguas de distintas quebradas, entre ellas la quebrada de Camar. Estas aguas poco mineralizadas corresponden a aguas intermedias sulfatadas-sódicas, de baja salinidad, que se disponen al Este del sistema en la zona de las vertientes. Durante su recorrido hacia el Oeste, por efecto de la disolución de sedimentos evaporíticos, las aguas aumentan su CE y cambian su composición a cloruradas-sódicas, hasta llegar a la Zona Marginal. En la zona de las lagunas, debido a la magnitud del flujo subterráneo procedente del Este, el agua salobre se ve forzada a ascender al encontrarse con la salmuera del Núcleo (interfase salina), aflorando en superficie y dando origen a las Lagunas del Sistema Aguas de Quelana. Los niveles medidos en el acuífero de agua salobre, como así también los niveles de agua superficial y la superficie lagunar presentan una tendencia estable, con variaciones estacionales asociadas a la evaporación. Asimismo, durante el año 2017 no se han detectado cambios en la posición de la interfase salina.
- A partir de los resultados del monitoreo efectuado durante el año 2017, se confirma el modelo conceptual establecido para el sistema Soncor, es decir, el flujo subterráneo que alimenta a las lagunas proviene del Este (según lo explicado en Adenda 5 también proceden del Norte, pero a partir del monitoreo efectuado no se tienen datos del sector Norte) y conforme fluye hacia el Oeste, va incrementando su CE debido a la disolución de sedimentos evaporíticos. En la zona donde la interfase salina intercepta la superficie topográfica, se generan manantiales. El agua procedente de estos manantiales, fluye de manera superficial – subsuperficial generando canales naturales en dirección Sur y

comienza a sufrir procesos de evaporación alimentando las lagunas, primeramente Chaxa y finalmente Barros Negros. Los niveles en el acuífero de salmuera, presentan una tendencia al descenso, con ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación. Junto a los niveles lagunares y la superficie lagunar, los niveles de salmuera presentan una cierta oscilación estacional que podría ser influencia de la evaporación. En general, se puede decir que los niveles en las lagunas son estables en el tiempo.

- De manera general, los niveles en el núcleo presentan una tendencia al descenso, como respuestas a las extracciones de salmuera, y registran ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación y recarga del sistema, siguiendo la evolución de niveles esperada para este sector. Desde el segundo semestre del 2016 cuando inicia la operación del proyecto y se incrementa la extracción de salmuera en la zona de producción, se evidencia en un incremento en el descenso de niveles en algunos pozos, pero no en todos. Por otra parte en la zona Oeste, los niveles siguen el comportamiento del registro histórico, con una tendencia a la baja en el nivel sin presentar una respuesta a los eventos de precipitación.
- En relación con la Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea se tiene que los resultados por sector muestran que los elementos analizados se ajustan a los rangos y variabilidad natural histórica, no presentando tendencias al cambio durante el año 2017. Además, al analizar los diagramas de piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene, siendo en general del tipo cloruradas sódicas. Esta composición exceptúa a las vertientes o escurrimientos superficiales, como son Quebrada Camar, que se clasifica como un agua de composición intermedia sulfatada sódica, y Vertiente Peine, que corresponden a aguas cloruradas sódico-cálcicas.
- Respecto a la calidad química de los pozos de extracción de agua dulce-salobre; Peine, Tilopozo y Tucúcaro; los rangos de concentración presentado en ppm para cada elemento son distintos para los 3 pozos, exceptuando el Calcio y Sulfato, en donde para Tilopozo y Tucúcaro son rangos similares de un promedio entre 100 ppm y 150 ppm para el caso del Calcio y de 379,7 ppm y 487,8 ppm para Sulfato. Asimismo, para el caso del Sodio, los pozos Tilopozo y Peine presentan valores de rango similar con medianas de 576,4 ppm y 662,6 ppm, respectivamente
- En cuanto a la extracción de salmuera, en relación a la operación del año 2017, se indica que el Proyecto inició su fase de operación el 28 de Septiembre de 2016, y considerando que el año 2017 supone períodos con límites de extracción distintos, se hace necesario determinar el caudal medio ponderado anual tomando en cuenta los límites para el período Enero-Marzo de 202 L/s, de Abril-Septiembre de 262 L/s y de Octubre-Diciembre de 322 L/s, lo que significa un caudal medio anual de 263,15 L/s. Para el año 2017 el

caudal promedio anual extraído de la zona A1 y A2 fue de 261,26 L/s, equivale a un volumen de 8.238.949 m³, al compararlo con el caudal medio anual autorizado se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

- En cuanto a la extracción de agua dulce-salobre, esta se encuentra autorizada ambientalmente de manera conjunta por un total del 10,9 L/s entre los pozos Tilopozo y Tucúcaro, según RCA N° 403/2003; y se adicionan 6 L/s autorizados mediante RCA N° 21/2016. Sobre la base de estas autorizaciones ambientales, se cuenta con un caudal máximo para extracción conjunta de 16,9 L/s, y considerando que durante el año 2017 el caudal máximo extraído fue de 7 L/s, se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Finalmente es necesario concluir que, todas las variables monitoreadas a través del PSAH, cumplen a diciembre del 2017, con los límites establecidos en la evaluación ambiental indicados en la RCA N° 21/2016, lo cual da cuenta del mantenimiento del sistema, bajo las condiciones frente a las cuales se ve sometido.

8 REFERENCIAS

Cornellà, O., Salas, J., Aravena, R., Guzmán, E., Guimerá, J., Tore, C., Von Igel, W., Henríquez, A, Fock, A. Hidrogeología de los sistemas lagunares del margen E del Salar de Atacama. XII Congreso Geológico Chileno. Santiago, 22-26 de noviembre, 2009.

CRIST, E. P. AND CICONE R.C. 1984. Application of the Tasseled Cap concept to simulated Thematic Mapper data, Photogrammetric Eng. Remote Sens Vol. 50(3), 343-352.

CRIST, E. P., LAURIN, R. AND CICONE, R.C. 1986. Vegetation and soils information contained in transformed Thematic Mapper data. In Proceedings of IGARSS' 86 Symposium, 1465- 70.

DGA, Dirección General de Aguas, División de Estudios y Planificación. Análisis de los mecanismos de evaporación y evaluación de los recursos hídricos del Salar de Atacama. Santiago, 2014.

HERNÁNDEZ, H. J. Apuntes de clases de SIG y Percepción Remota. Magíster en áreas silvestres y conservación de la naturaleza. Universidad de Chile. 2005.

Medición con Domo, Según Stannard (1988), se utiliza una cámara semiesférica ya que esta forma permite una mezcla eficiente del vapor de agua con el aire al interior de la cámara y minimiza la distorsión de la radiación. El material sugerido es acrílico de 5 mm de espesor. (4.3.6)

MARDONES, L. "Características geológicas e hidrogeológicas del Salar de Atacama". En, LAGOS, G."El litio. Un nuevo recurso para Chile", Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería en Minas, 1986.

ROCKWOOD-SGA. "Estudio hidrogeológico y modelo numérico sector sur del Salar de Atacama". Anexo 1 de la Adenda 5 del EIA "Modificación y modificación del sistema de pozas de evaporación solar en el Salar de Atacama".

SEA, Servicio de Evaluación Ambiental, División de Evaluación Ambiental y Participación Ciudadana. Guía para el Uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA. 2012.

9 LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Variables Meteorológicas

Registro Anexo A Variables Meteorológicas (1970-2017)

Anexo A-1: Datos en escala diaria estación meteorológica de Albemarle (2009-2017)

Anexo A-2: Datos en escala mensual estación meteorológica de Albemarle (2002-2016)

Anexo A-3: Datos en escala mensual de estaciones DGA (PP mensuales 1970-2017)

Anexo A-4: Datos en escala mensual de estaciones de terceros (PP mensuales 1970-2016)

Planilla Anexo A Variables Meteorológicas (1970-2017)

Anexo B: Evapotranspiración

Registro Anexo B Evapotranspiración (2013-2017)

Planilla Anexo B Evapotranspiración (2013-2017)

Anexo C: Superficie cubierta por Lagunas

Anexo C: Informe “Determinación Espacio Temporal de Cuerpos de Agua en el Salar de Atacama”

Registro Anexo C Superficie cubierta por Lagunas (1985-2017)

Planilla Anexo C Superficie cubierta por Lagunas (1985-2017)

Anexo D: Nivel Limnimétrico de las Lagunas

Registro Anexo D Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2017)

Anexo D-1: Registro Limnímetros (2016-2017)

Anexo D-2: Registro Estacas (2016-2017)

Planilla Anexo D Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2017)

Anexo E: Caudales Superficiales

Registro Anexo E Caudales Superficiales (2014-2017)

Planilla Anexo E Caudales Superficiales (2014-2017)

Anexo F: Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre

Registro Anexo F Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre (1985-2017)

Planilla Anexo F Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre (1985-2017)

Anexo G: Posición de la Interfase Salina

Registro Anexo G Posición de la Interfase Salina (2013-2017)

Planilla Anexo G Posición de la Interfase Salina (2013-2017)

Anexo H: Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea

Registro Anexo H: Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea (2013-2017)

Anexo H-1: Calidad Química In-situ (2013-2017)

Anexo H-2: Calidad Química Laboratorio (2013-2017)

Anexo H-3: Certificados emitidos por ETFA

Anexo H-4: Registros de Calibración diaria del equipo multiparamétrico

Anexo H-5: Registros Estabilización de parámetros In-situ

Anexo H-6: Cadena de custodia

Planilla Anexo H Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea (2013-2017)

Anexo I: Respaldo Resoluciones y Ordinarios

Anexo J: Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre

Registro Anexo J Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre (2003-2017)

Planilla Anexo J Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre (2003-2017)

Anexo K: Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce-salobre

Registro Anexo K Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce (1983-2017)

Planilla Anexo K Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce-salobre (1983-2017)

Anexo L: Libreta de terreno

Anexo M: Registro de Permiso de Tercero

Anexo N: Responsables y Participantes del Informe Anual de Seguimiento Ambiental