PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HÍDRICO (PSAH)

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

Informe Anual Nº 5

Período Enero – Diciembre 2020

Región de Antofagasta

Marzo 2021

INDICE GENERAL

1 RESUMEN 1

2 INTRODUCCIÓN 1

3 OBJETIVOS 12

4 MATERIALES Y MÉTODOS 13

4.1 Área de estudio 13

4.2 Variables Ambientales, Parámetros y Ubicación de los Puntos de Medición y Muestreo 17

4.2.1 Implementación del Plan de Monitoreo 21
4.2.2 Red de Monitoreo Variables Meteorológicas 25
4.2.3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración 27
4.2.4 Red de Monitoreo Superficie Cubierta por Lagunas 30
4.2.5 Red de Monitoreo de Nivel, Posición Interfase Salina, Aforos y Calidad Química 32
4.2.6 Red de Monitoreo Pozos de Bombeo de Salmuera y de Agua duce-salobre 49
4.2.7 Red del Plan de Alerta Temprana 53

4.3 Metodología y Materiales/Equipos de Muestreo, Medición y Análisis 59

4.3.1 Medición de Variables Meteorológicas 59
4.3.2 Medición de Evapotranspiración 60
4.3.3 Medición de la Superficie Cubierta por Lagunas 66
4.3.4 Medición del Nivel Limnimétrico de las Lagunas 72
4.3.5 Aforo de Caudales Superficiales 73
4.3.6 Medición de Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre 76
4.3.7 Medición de Posición de la Interfase Salina 77
4.3.8 Muestreo y Análisis de la Calidad Química de agua superficial y subterránea 79
4.3.9 Medición de los Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre 85

4.4 Fechas de medición, muestreo y/o análisis 87

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS POR VARIABLE 89

5.1 Variables meteorológicas 89

5.2 Evapotranspiración 103

5.2.1 Sector La Punta-La Brava 104
5.2.2 Sector Peine 106
5.2.3 Sector Norte y Borde Este 107
5.2.4 Sector Núcleo 110

5.3 Superficie Cubierta por Lagunas 112

5.3.1 Sistema La Punta-La Brava 113
5.3.2 Sistema Peine 117
5.3.3 Sistema Aguas de Quelana 121
5.3.4 Sistema Soncor 125

5.4 Nivel limnimétrico de las lagunas 129

5.4.1 Sector La Punta-La Brava ... 129
5.4.2 Sector Peine ... 132
5.4.3 Sector Norte y Borde Este ... 137
5.5 Caudales Superficiales ... 141
5.6 Nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre ... 146
5.6.1 Sector La Punta – La Brava ... 146
5.6.2 Sector Peine ... 162
5.6.3 Sector Norte y Borde Este ... 173
5.6.4 Sector Núcleo ... 177
5.7 Posición de la Interfase Salina ... 200
5.7.1 Sector La Punta – La Brava ... 201
5.7.2 Sector Peine ... 236
5.7.3 Sector Norte y Borde Este ... 273
5.8 Calidad Química del agua superficial y subterránea ... 279
5.8.1 Sector La Punta – La Brava ... 299
5.8.2 Sector Peine ... 351
5.8.3 Sector Norte y Borde Este ... 404
5.8.4 Química de los Pozos de Extracción ... 455
5.9 Caudales bombeados en salmuera y en agua dulce-salobre ... 461
5.9.1 Caudales bombeados en salmuera ... 461
5.9.2 Caudales bombeados en agua dulce-salobre ... 468
5.10 Red del Plan de Alerta Temprana ... 471
5.10.1 Sector de Alerta Núcleo ... 471
5.10.2 Sector de Alerta Acuífero ... 475
5.10.3 Sector de Alerta Norte ... 480
6 DISCUSIONES ... 488
6.1 Análisis en relación a límites establecidos en la RCA N°21/2016 ... 489
6.1.1 Superficie cubierta por lagunas ... 489
6.1.2 Nivel Limnimétrico de las Lagunas ... 493
6.1.3 Aforos de Caudales Superficiales ... 494
6.1.4 Niveles Freáticos en Salmuera y en agua dulce-salobre ... 495
6.1.5 Posición de la Interfase Salina ... 500
6.1.6 Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea ... 501
6.1.7 Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre ... 501
6.2 Análisis del año hidrológico ... 504
6.3 Análisis de la evolución temporal de la evapotranspiración ... 507
6.4 Análisis integrado de la información por sectores ... 509
6.4.1 Sector La Punta – La Brava ... 509
6.4.2 Sector Peine ... 519

6.4.3 Sector Norte y Borde Este 527
6.4.4 Sector Núcleo 535
6.5 Discusión y Revisión del Estado del PAT 537
6.6 En relación Reportabilidad a entregables 2020, en el marco de la RCA Nº21/2016 540
6.6.1 En relación con la Topografía Considerando 10.3 de RCA de RCA Nº21/2016 540
6.6.2 En relación con los Lisímetros, Considerando 10.5 y 10.6 de RCA Nº21/2016. 540
6.6.3 En relación con Modelo Hidrogeológico, Considerando 10.7 de RCA Nº21/2016 541
6.6.4 En relación con Verificación Efecto Sinérgico, Considerando 10.16 y 10.20 de RCA Nº21/2016 541
6.7 En relación a la conexión en línea y reporte electrónico para el monitoreo del componente hídrico, Resolución Exenta Nº 1.314 542
7 CONCLUSIONES 543
8 REFERENCIAS 549

INDICE FIGURAS

Figura 4-1 Plano de Ubicación General del Salar de Atacama 14
Figura 4-2 Definición de Zonas y sub-cuencas del Salar y Sectores Asociados con el PSAH 16
Figura 4-3 Línea de Tiempo de Implementación del Plan de Monitoreo e Instalación de lisímetros 23
Figura 4-4 Red de Monitoreo PSAH 24
Figura 4-5 Ubicaciones de las Estaciones Meteorológicas 26
Figura 4-6 Red Monitoreo Evapotranspiración 29
Figura 4-7 Red Superficie Cubierta por Lagunas..... 31
Figura 4-8 Puntos de Monitoreo Sector La Punta-La Brava 34
Figura 4-9 Puntos de Monitoreo Sector Peine 38
Figura 4-10 Puntos de Monitoreo Sector Norte y Borde Este..... 42
Figura 4-11 Puntos de Monitoreo Sector Núcleo 45
Figura 4-12 Ubicación Puntos de Bombeo Salmuera 52
Figura 4-13 Ubicación Puntos PAT 55
Figura 4-14 Esquema de la cámara semiesférica dispuesta en terreno, con ventiladores y psicrómetro instalados..... 60
Figura 4-15 Preparación del terreno e instalación del domo 63
Figura 4-16 Densidad de vapor de agua al interior de la cámara semiesférica 64
Figura 4-17 Ejemplo de cálculo de evaporación diaria 66
Figura 4-18 Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (ráster) a polígonos (shape) 72
Figura 4-19 Medición de nivel en reglilla..... 73
Figura 4-20 Esquema de medición de caudal de aforo 74
Figura 4-21 Aforo con molinete 75
Figura 4-22 Esquema de sección de aforo con dos polígonos 76
Figura 4-23 Medición de Nivel de Agua/Salmuera en Piezómetros 77
Figura 4-24 Sonda SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3 78
Figura 5-1 Precipitación diaria con data histórica, periodo 2009-2020..... 95
Figura 5-2 Precipitación mensual con data histórica, periodo 2002-2020 96
Figura 5-3 Precipitación anual con data histórica en EM-Rockwood, periodo 2002-2020 97
Figura 5-4 Temperaturas extremas diarias [C], periodo 2009-2020 99
Figura 5-5 Presión atmosférica diaria, periodo 2016-2020..... 100
Figura 5-6 Evaporación diaria, periodo 2009-2020..... 101
Figura 5-7 Temperaturas extremas junto a evaporación de lámina libre, periodo 2009-2020 102
Figura 5-8 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-19, Sector La Punta-La Brava 105
Figura 5-9 Evolución de la evapotranspiración en los puntos EVT-20, EVT-21 y EVT-22, Sector La Punta-La Brava..... 105
Figura 5-10 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-18, Sector Peine 106
Figura 5-11 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-15, EVT-16, EVT-17 y EVT-23, Sector Peine..... 107
Figura 5-12 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-5, Sector Norte y Borde Este..... 108
Figura 5-13 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-1, EVT-2, EVT-3 y EVT-4, Sector Norte y Borde Este 108
Figura 5-14 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-11 y EVT-12, Sector Norte y Borde Este..... 109
Figura 5-15 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-6, EVT-7 y EVT-8, Sector Norte y Borde Este..... 109
Figura 5-16 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-9, EVT-10 y EVT-13, Sector Núcleo 111
Figura 5-17 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta-La Brava 114
Figura 5-18 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava, agosto – diciembre 2020 115

Figura 5-19 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.) 116
Figura 5-20 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.) 116
Figura 5-21 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine 118
Figura 5-22 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2020..... 119
Figura 5-23 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.) 120
Figura 5-24 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.) 120
Figura 5-25 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Aguas de Quelana 122
Figura 5-26 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 2020..... 123
Figura 5-27 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017- 2018 - 2019 y 2020, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)..... 124
Figura 5-28 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)..... 124
Figura 5-29 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Soncor 126
Figura 5-30 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Soncor, agosto – diciembre 2020 127
Figura 5-31 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017- 2018 - 2019 y 2020, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.) 128
Figura 5-32 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 - 2017- 2018 - 2019 y 2020, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.) 128
Figura 5-33 Puntos de monitoreo de nivel limnimétrico, sector La Punta-La Brava..... 129
Figura 5-34 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector La Punta - La Brava (parte 1 de 2) 131
Figura 5-35 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector La Punta - La Brava (parte 2 de 2) 131
Figura 5-36 Mapa de ubicación puntos de monitoreo niveles limnimétricos, sector Peine 133
Figura 5-37 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine (gráfico 1 de 3)..... 136
Figura 5-38 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine (gráfico 2 de 3)..... 136
Figura 5-39 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine (gráfico 3 de 3)..... 137
Figura 5-40 Mapa de ubicación puntos de monitoreo nivel limnimétrico, sector Norte y Borde Este . 138
Figura 5-41 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector Norte y Borde Este..... 140
Figura 5-42 Ubicación Puntos de Aforo PSAH 141
Figura 5-43 Diagramas de Cajas y Bigotes Caudales Aforados..... 143
Figura 5-44 Variación temporal de caudales superficiales Aforados..... 144
Figura 5-45 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del sector La Punta-La Brava 147
Figura 5-46 Hidrogramas de los pozos de observación del Este y Norte de las lagunas del sector La Punta-La Brava..... 159
Figura 5-47 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava 160
Figura 5-48 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Borde Sur, sector La Punta-La Brava 161
Figura 5-49 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del sector Peine 163
Figura 5-50 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Laguna Interna, Zona Media Lagunas e Inicio Laguna Salada, sector Peine 171
Figura 5-51 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Borde Este y sur de Peine..... 172
Figura 5-52 Mapa de ubicación puntos de monitoreo sector Norte y Borde Este 174
Figura 5-53 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Norte y Borde Este 176
Figura 5-54 Mapa de ubicación puntos de monitoreo sector Núcleo..... 178
Figura 5-55 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Núcleo Centro Norte y Núcleo Oeste 196

Figura 5-56 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Núcleo Este 197
Figura 5-57 Hidrogramas de los pozos de observación de la Zona de Producción 198
Figura 5-58 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector La Punta – La Brava 201
Figura 5-59 Perfiles de C.E. en el punto MP-01C año 2020..... 222
Figura 5-60 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-01C..... 223
Figura 5-61 Perfiles de C.E. en el punto MP-03C año 2020..... 225
Figura 5-62 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-03C..... 226
Figura 5-63 Perfiles de C.E. en el punto MP-04C año 2020..... 227
Figura 5-64 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-04C..... 228
Figura 5-65 Perfiles de C.E. en el punto MP-05C año 2020..... 229
Figura 5-66 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-05C..... 230
Figura 5-67 Perfiles de C.E. en el punto MP-06C año 2020..... 232
Figura 5-68 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-06C..... 233
Figura 5-69 Perfiles de C.E. en el punto MP-09C año 2020..... 234
Figura 5-70 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-09C..... 235
Figura 5-71 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Peine..... 236
Figura 5-72 Perfiles de C.E. en el punto MP-07C-1 año 2020 260
Figura 5-73 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-07C-1..... 261
Figura 5-74 Perfiles de C.E. en el punto MPS-AC año 2020..... 262
Figura 5-75 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-AC 263
Figura 5-76 Perfiles de C.E. en el punto MPS-CC año 2020..... 265
Figura 5-77 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-CC..... 266
Figura 5-78 Perfiles de C.E. en el punto PP-01 año 2020..... 267
Figura 5-79 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-01 268
Figura 5-80 Perfiles de C.E. en el punto PP-02 año 2020..... 269
Figura 5-81 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-02..... 270
Figura 5-82 Perfiles de C.E. en el punto PP-03 año 2020..... 271
Figura 5-83 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-03..... 272
Figura 5-84 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Norte y Borde Este..... 273
Figura 5-85 Perfiles de C.E. en el punto MP-12C año 2020..... 277
Figura 5-86 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-12C..... 278
Figura 5-87 Localización puntos de monitoreo Sector La Punta – La Brava..... 299
Figura 5-88 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico, Sector La Punta-La Brava..... 301
Figura 5-89 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica *in situ* histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava 302
Figura 5-90 Diagrama de Caja, SDT *in situ* histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava..... 304
Figura 5-91 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. in situ histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 305
Figura 5-92 Diagrama de Caja, Temperatura *in situ* histórico (ºC), Sector La Punta-La Brava 306
Figura 5-93 Variación Temporal: pH, Temperatura y CE *in situ*, Sector La Punta-La Brava 308
Figura 5-94 Variación Temporal: SDT y OD *in situ*, Sector La Punta-La Brava 309
Figura 5-95 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico, Sector La Punta-La Brava 311
Figura 5-96 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava..... 312
Figura 5-97 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 313
Figura 5-98 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/ml), Sector La Punta-La Brava 314
Figura 5-99 Variación Temporal: Densidad en laboratorio, Sector La Punta-La Brava..... 315
Figura 5-100 Variación Temporal: pH, SDT, CE en laboratorio, Sector La Punta-La Brava 316
Figura 5-101 Variación Temporal: Cl en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava..... 320
Figura 5-102 Variación Temporal: HCO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava.. 321
Figura 5-103 Variación Temporal: NO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 322
Figura 5-104 Variación Temporal: SO_4 en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava..... 323
Figura 5-105 Variación Temporal: Ca disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 324

Figura 5-106 Variación Temporal: K disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 325
Figura 5-107 Variación Temporal: Mg disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 326
Figura 5-108 Variación Temporal: Na disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 327
Figura 5-109 Diagrama de Piper, campaña enero 2020, Sector LP-LB 328
Figura 5-110 Diagrama de Piper, campaña agosto 2020, Sector LP-LB..... 329
Figura 5-111 Diagrama de Piper, campaña septiembre 2020, Sector LP-LB 330
Figura 5-112 Diagrama de Piper, campaña octubre 2020, Sector LP-LB 331
Figura 5-113 Variación Temporal: Ca total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava333
Figura 5-114 Variación Temporal: K total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava. 334
Figura 5-115 Variación Temporal: Mg total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 335
Figura 5-116 Variación Temporal: Na total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava336
Figura 5-117 Variación Temporal: B disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 339
Figura 5-118 Variación Temporal: Li disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 340
Figura 5-119 Variación Temporal: Sr disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 341
Figura 5-120 Variación Temporal: Al total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 344
Figura 5-121 Variación Temporal: As total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava345
Figura 5-122 Variación Temporal: B total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava. 346
Figura 5-123 Variación Temporal: Fe total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava347
Figura 5-124 Variación Temporal: Li total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 348
Figura 5-125 Variación Temporal: Si total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 349
Figura 5-126 Variación Temporal: Sr total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava 350
Figura 5-127 Localización puntos de monitoreo Sector Peine 351
Figura 5-128 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico, Sector Peine..... 354
Figura 5-129 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica *in situ* histórico (µS/cm), Sector Peine..... 355
Figura 5-130 Diagrama de Caja, SDT *in situ* histórico (mg/l), Sector Peine..... 357
Figura 5-131 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto OD in situ histórico (mg/l), Sector Peine..... 358
Figura 5-132 Diagrama de Caja, Temperatura in situ histórico (ºC), Sector Peine 359
Figura 5-133 Variación Temporal: pH, Temperatura, CE *in Situ*, Sector Peine 361
Figura 5-134 Variación Temporal: SDT y OD in Situ, Sector Peine 362
Figura 5-135 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico, Sector Peine..... 364
Figura 5-136 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector Peine..... 365
Figura 5-137 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 367
Figura 5-138 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/ml), Sector Peine..... 368
Figura 5-139 Variación Temporal: Densidad en laboratorio, Sector Peine 369
Figura 5-140 Variación Temporal: pH, SDT, CE en laboratorio, Sector Peine..... 370
Figura 5-141 Variación Temporal: Cl en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 374
Figura 5-142 Variación Temporal: HCO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 375
Figura 5-143 Variación Temporal: NO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 376
Figura 5-144 Variación Temporal: SO_4 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 377
Figura 5-145 Variación Temporal: Ca disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 378
Figura 5-146 Variación Temporal: K disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 379
Figura 5-147 Variación Temporal: Mg disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 380
Figura 5-148 Variación Temporal: Na disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 381
Figura 5-149 Diagrama de Piper, Campaña enero 2020 Sector Peine 382
Figura 5-150 Diagrama de Piper, Campaña agosto 2020, Sector Peine..... 383
Figura 5-151 Diagrama de Piper, septiembre 2020, Sector Peine 384
Figura 5-152 Diagrama de Piper, octubre 2020, Sector Peine 385
Figura 5-153 Variación Temporal: Ca total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 387

Figura 5-154 Variación Temporal: K total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 388
Figura 5-155 Variación Temporal: Mg total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 389
Figura 5-156 Variación Temporal: Na total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 390
Figura 5-157 Variación Temporal: B disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 392
Figura 5-158 Variación Temporal: Li disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 393
Figura 5-159 Variación Temporal: Sr disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 394
Figura 5-160 Variación Temporal: Al total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 397
Figura 5-161 Variación Temporal: As total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 398
Figura 5-162 Variación Temporal: B total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 399
Figura 5-163 Variación Temporal: Fe total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 400
Figura 5-164 Variación Temporal: Li total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 401
Figura 5-165 Variación Temporal: Si total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine 402
Figura 5-166 Variación Temporal: Sr total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine..... 403
Figura 5-167 Localización puntos de monitoreo Sector Norte y Borde Este 404
Figura 5-168 Diagrama de Caja, pH in situ histórico, Sector Norte y Borde Este 405
Figura 5-169 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica in situ histórico (µS/cm), Sector Norte y Borde Este..... 407
Figura 5-170 Diagrama de Caja, SDT *in situ* histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 408
Figura 5-171 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este..... 410
Figura 5-172 Diagrama de Caja, Temperatura *in situ* histórico (ºC), Sector Norte y Borde Este..... 411
Figura 5-173 Variación Temporal: pH, Temperatura y CE in situ, Sector Norte y Borde Este..... 413
Figura 5-174 Variación Temporal: SDT y OD in situ, Sector Norte y Borde Este..... 414
Figura 5-175 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico, Sector Norte y Borde Este..... 416
Figura 5-176 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector Norte y Borde Este 417
Figura 5-177 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este..... 419
Figura 5-178 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/ml), Sector Norte y Borde Este 420
Figura 5-179 Variación Temporal: Densidad en laboratorio, Sector Norte y Borde Este 421
Figura 5-180 Variación Temporal: pH, SDT, CE en laboratorio, Sector Norte y Borde Este..... 422
Figura 5-181 Variación Temporal: Cl en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 425
Figura 5-182 Variación Temporal: HCO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este . 426
Figura 5-183 Variación Temporal: NO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 427
Figura 5-184 Variación Temporal: SO_4 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 428
Figura 5-185 Variación Temporal: Ca en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 429
Figura 5-186 Variación Temporal: K en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 430
Figura 5-187 Variación Temporal: Mg en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este..... 431
Figura 5-188 Variación Temporal: Na en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 432
Figura 5-189 Diagrama de Piper, Campaña enero 2020, Sector Norte y Borde Este..... 433
Figura 5-190 Diagrama de Piper, Campaña agosto 2020, Sector Norte y Borde Este 434
Figura 5-191 Diagrama de Piper, Campaña septiembre 2020, Sector Norte y Borde Este 435
Figura 5-192 Diagrama de Piper, Campaña octubre 2020, Sector Norte y Borde Este..... 436
Figura 5-193 Variación Temporal: Ca total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 438
Figura 5-194 Variación Temporal: K total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 439
Figura 5-195 Variación Temporal: Mg total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 440
Figura 5-196 Variación Temporal: Na total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 441
Figura 5-197 Variación Temporal: B disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este, ... 443
Figura 5-198 Variación Temporal: Li disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 444
Figura 5-199 Variación Temporal: Sr disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 445

Figura 5-200 Variación Temporal: Al total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 448
Figura 5-201 Variación Temporal: As total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este449
Figura 5-202 Variación Temporal: B total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 450
Figura 5-203 Variación Temporal: Fe total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este451
Figura 5-204 Variación Temporal: Li total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 452
Figura 5-205 Variación Temporal: Si total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 453
Figura 5-206 Variación Temporal: Sr total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este 454
Figura 5-207 Diagrama de caja calidad química de pozos de bombeo agua dulce-salobre (ppm) 458
Figura 5-208 Variación temporal de Calcio, Litio y Magnesio en pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro . 459
Figura 5-209 Variación temporal de Potasio, Sodio y Sulfato en pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro . 460
Figura 5-210 Mapa de ubicación de los pozos de extracción de salmuera de Albemarle..... 462
Figura 5-211 Caudales Promedios Mensuales en Salmuera de Albemarle por zona, año 2020..... 466
Figura 5-212 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, periodo 1983-2020 (extracción total de zonas A1 y A2) 467
Figura 5-213 Volumen anual y caudal medio anual en salmuera de Albemarle, periodo 1983-2020 . 467
Figura 5-214 Caudales mensuales históricos bombeados en Tilopozo 469
Figura 5-215 Caudales mensuales históricos bombeados en Tucúcaro 469
Figura 5-216 Caudales mensuales históricos bombeados en pozo Peine 470
Figura 5-217 Caudal extraído desde Tilopozo y Tucúcaro durante 2020..... 470
Figura 5-218 Niveles Punto de Monitoreo PN-05B 472
Figura 5-219 Niveles Punto de Monitoreo PN-08A 473
Figura 5-220 Niveles Punto de Monitoreo PN-14B 473
Figura 5-221 Niveles Punto de Monitoreo PN-16B 474
Figura 5-222 Niveles Punto de Monitoreo BA-05..... 477
Figura 5-223 Niveles Punto de Monitoreo BA-07..... 478
Figura 5-224 Niveles Punto de Monitoreo BA-16..... 478
Figura 5-225 Niveles Punto de Monitoreo BA-28..... 479
Figura 5-226 Niveles Punto de Monitoreo BA-30..... 479
Figura 5-227 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-G4 Pozo..... 481
Figura 5-228 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-5..... 482
Figura 5-229 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L3-9..... 483
Figura 5-230 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L5-10..... 484
Figura 5-231 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L4-12..... 484
Figura 6-1 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector La Punta y la Brava. 491
Figura 6-2 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Aguas de Quelana. 492
Figura 6-3 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Soncor. 493
Figura 6-4 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozos PAT..... 497
Figura 6-5 Evolución de nivel en relación con la evaporación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava 509
Figura 6-6 Evolución de nivel en relación con la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava 510
Figura 6-7 Evolución de nivel en relación con la evapotranspiración en la zona de transición, línea norte. Sistema La Punta-La Brava..... 511
Figura 6-8 Evolución de nivel en relación con la precipitación en la zona de transición, línea norte. Sistema La Punta-La Brava..... 511
Figura 6-9 Evolución de nivel profundos en relación con la precipitación en la zona de transición, línea norte. Sistema La Punta-La Brava 512
Figura 6-10 Evolución de niveles profundos próximos a pozo Tilopozo. Sistema La Punta-La Brava 513
Figura 6-11 Evolución niveles piezómetros someros próximos a pozo Tucúcaro. Borde Oeste, Sistema La Punta-La Brava..... 514
Figura 6-12 Evolución niveles piezómetro somero próximo a pozo Tilopozo. Borde Sur, Sistema La Punta-La Brava..... 514

Figura 6-13 Evolución de niveles en las lagunas del sistema La Punta-La Brava 515
Figura 6-14 Evolución histórica de superficie lagunar sistema La Punta- La Brava..... 516
Figura 6-15 Evolución de nivel frente conductividad eléctrica en lagunas sistema La Punta-La Brava 518
Figura 6-16 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y precipitaciones en el borde Este. Sistema Peine..... 520
Figura 6-17 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y evaporación en el borde Este. Sistema Peine 521
Figura 6-18 Evolución de niveles en relación a la precipitación mensual. Sistema Lagunar Peine.... 521
Figura 6-19 Evolución de niveles en el sector de la laguna Interna. Sector Peine..... 522
Figura 6-20 Evolución de niveles profundos, salmuera. Sector Peine 523
Figura 6-21 Evolución de niveles de lagunas en Sistema Peine. 524
Figura 6-22 Evolución histórica de Caudales Aforados Sistema Peine..... 525
Figura 6-23 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Peine vs Precipitación mensual 526
Figura 6-24 Evolución de niveles de pozos de aguas someras, salobres, al Sur del Sistema Aguas de Quelana 528
Figura 6-25 Evolución de niveles de aguas superficiales versus precipitación. Sistema Aguas de Quelana 529
Figura 6-26 Evolución de niveles de aguas superficiales versus evaporación. Sistema Aguas de Quelana 529
Figura 6-27 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Aguas de Quelana..... 530
Figura 6-28 Evolución de nivel en piezómetros de salmuera próximos al Sistema Soncor 532
Figura 6-29 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor 533
Figura 6-30 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Soncor 534
Figura 6-31 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo 536

INDICE TABLAS

Tabla 2-1 Proyectos y RCA consideradas en el Informe PSAH 1
Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales reportados 1
Tabla 2-3 Aumento de la frecuencia monitoreo para la activación PAT 3
Tabla 2-4 Identificación de Considerandos en las RCAs 6
Tabla 2-5 Variables Ambientales comprometidas en el PSAH del Anexo 3 de Adenda 5 9
Tabla 2-6 Responsables de Mediciones, Muestreo y/o Análisis 11
Tabla 4-1 Resumen Variables Ambientales y Parámetros 17
Tabla 4-2 Listado de variables por mes sin monitoreo 20
Tabla 4-3 Detalle de las Estaciones Meteorológicas 25
Tabla 4-4 Red de Monitoreo de Evapotranspiración 28
Tabla 4-5 Vértices de los polígonos usados para evaluar superficie lagunar 30
Tabla 4-6 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava 35
Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine 39
Tabla 4-8 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Norte y Borde Este 43
Tabla 4-9 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo 46
Tabla 4-10 Pozos de Bombeo Actuales 2020 49
Tabla 4-11 Umbrales de activación año calendario 2020 56
Tabla 4-12 Niveles de activación hídrico en el sector de alerta Acuífero 57
Tabla 4-13 Cotas de Activación del Sector de alerta Norte 58
Tabla 4-14 Equipos de Estación Meteorológica 59
Tabla 4-15 Características domos utilizados para la medición de la EVT en 2020 61
Tabla 4-16 Equipos y materiales complementarios al uso de domos 61
Tabla 4-17 Factor de corrección por forma 65
Tabla 4-18 Materiales y Equipos para la medición de parámetros *in situ* 79
Tabla 4-19 Especificaciones técnicas equipo multiparámetro HI 98194 80
Tabla 4-20 Materiales y Equipos para la Toma de Muestras 80
Tabla 4-21 Materiales y Equipos para almacenamiento y Traslado de muestras 81
Tabla 4-22 Características de preservación de muestras 81
Tabla 4-23 Criterio estabilización de parámetros *in situ* para el muestreo de aguas 82
Tabla 4-24 Métodos de análisis en laboratorio 83
Tabla 4-25 Materiales y Equipos para la medición de Volúmenes Bombeados 85
Tabla 4-26 Fechas de Muestreo y Medición durante el año 2020 88
Tabla 4-27 Fechas de Muestreo y Medición adicionales asociadas a Activación Fase I PAT Sector alerta Norte 2020 88
Tabla 5-1 Precipitación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2020 90
Tabla 5-2 Presión atmosférica diaria [mbar] en EM-Rockwood, año 2020 91
Tabla 5-3 Temperatura mínima diaria [°C] en EM-Rockwood, año 2020 92
Tabla 5-4 Temperatura máxima diaria en EM-Rockwood, año 2020 93
Tabla 5-5 Evaporación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2020 94
Tabla 5-6 Precipitación media mensual [mm] en estaciones meteorológicas en torno al Salar de Atacama 98
Tabla 5-7 Resultados campaña de evapotranspiración 103
Tabla 5-8 Resultados de Superficies cubiertas por lagunas estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades-1A y Landsat 8) del monitoreo 2020 (invierno y verano), en comparación a los registros de línea de base (Adenda 5, 2015) 112
Tabla 5-9 Resultados medición de nivel limnimétrico en sector La Punta-La Brava, año 2020 130
Tabla 5-10 Resultados mediciones de nivel en sector Peine, año 2020 134
Tabla 5-11 Mediciones de nivel limnimétrico en sector Norte - Borde Este 139
Tabla 5-12 Resultados campañas de aforo año 2020 142
Tabla 5-13 Estadígrafos por punto de monitoreo de caudal 143
Tabla 5-14 Red de monitoreo del sector La Punta-La Brava 146
Tabla 5-15 Resultados medición de niveles en sector La Punta-La Brava, año 2020 148

Tabla 5-16 Red de monitoreo del sector Peine 162
Tabla 5-17 Resultados mediciones de nivel en sector Peine, año 2020 164
Tabla 5-18 Red de monitoreo sector Norte - Borde Este 173
Tabla 5-19 Resultados mediciones de nivel en sector Norte y Borde este, año 2020 175
Tabla 5-20 Resultados mediciones de nivel en sector Núcleo, año 2020 179
Tabla 5-21 Pozos de observación del sector Núcleo Centro Norte 191
Tabla 5-22 Pozos de observación del sector Núcleo Oeste 192
Tabla 5-23 Pozos de observación del sector Núcleo Este 192
Tabla 5-24 Pozos de observación de la Zona de Producción 194
Tabla 5-25 Puntos de realización de perfiles de conductividad eléctrica 200
Tabla 5-26 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-01C campañas año 2020 202
Tabla 5-27 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-03C campañas año 2020 204
Tabla 5-28 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-04C campañas año 2020 207
Tabla 5-29 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-05C campañas año 2020 211
Tabla 5-30 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-06C campañas año 2020 215
Tabla 5-31 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-09C campañas año 2020 219
Tabla 5-32 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-07C-1 campañas año 2020 237
Tabla 5-33 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-01 campañas año 2020 242
Tabla 5-34 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-02 campañas año 2020 246
Tabla 5-35 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-03 campañas año 2020 250
Tabla 5-36 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-AC campañas año 2020 255
Tabla 5-37 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-CC campañas año 2020 257
Tabla 5-38 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-12C campañas año 2020 274
Tabla 5-39 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña enero 2020 (1/3) 282
Tabla 5-40 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña agosto 2020 (1/3) 285
Tabla 5-41 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña septiembre 2020 (1/3) 288
Tabla 5-42 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña octubre 2020 (1/3) 291
Tabla 5-43 Listado de monitoreos no realizados 294
Tabla 5-44 Clasificación de los tipos de agua 296
Tabla 5-45 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2020 456
Tabla 5-46 Resultados Calidad Química de pozo Tilopozo año 2020 456
Tabla 5-47 Resultados Calidad Química de pozo Tucúcaro año 2020 457
Tabla 5-48 Estadígrafos, Calidad Química de pozos de bombeo agua dulce-salobre (ppm) 457
Tabla 5-49 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año 2020 463
Tabla 5-50 Caudales promedio y volúmenes bombeados de agua dulce-salobre, año 2020 468
Tabla 5-51 Umbrales de Activación para el Cuarto Año de Explotación (2020) 471
Tabla 5-52 Umbrales de Activación Sector Alerta Acuífero 475
Tabla 5-53 Cotas de Activación del Sector de alerta Norte 480
Tabla 5-54 Aumento de la frecuencia monitoreo para la activación PAT 487
Tabla 6-1 Superficie cubiertas por Lagunas 489
Tabla 6-2 Regla de extracción aprobada, RCA N°21/2016 502
Tabla 6-3 Precipitaciones anuales (mm) 504
Tabla 6-4 Precipitación Anual para diferentes probabilidades de excedencia 505
Tabla 6-5 Precipitación Anual Año 2020 (mm) 506
Tabla 6-6. Aumento de la frecuencia monitoreo para la activación PAT. 538

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Variables Meteorológicas
- Registro Anexo A Variables Meteorológicas (1970-2020)
  - Anexo A-1: Datos en escala diaria estación meteorológica de Albemarle (2009-2020)
  - Anexo A-2: Datos en escala mensual estación meteorológica de Albemarle (2002-2020)
  - Anexo A-3: Datos en escala mensual de estaciones DGA (PP mensuales 1970-2020)
  - Anexo A-4: Datos en escala mensual de estaciones de terceros (PP mensuales 1970-2020)
- Planilla Anexo A Variables Meteorológicas (1970-2020).xlsx

Anexo B: Evapotranspiración
- Registro Anexo B Evapotranspiración (2013-2020)
- Planilla Anexo B Evapotranspiración (2013-2020).xlsx

Anexo C: Superficie cubierta por Lagunas
- Anexo C: Informe “Superficie cubierta por Lagunas”
- Registro Anexo C Superficie cubierta por Lagunas (1985-2020)
- Planilla Anexo C Superficie cubierta por Lagunas (1985-2020).xlsx

Anexo D: Nivel Limnimétrico de las Lagunas
- Registro Anexo D Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2020)
  - Anexo D-1: Registro Limnímetros (2016-2020)
  - Anexo D-2: Registro Estacas (2016-2020)
- Planilla Anexo D Nivel Limnimétrico de las Lagunas (2016-2020).xlsx

Anexo E: Caudales Superficiales
- Registro Anexo E Caudales Superficiales (2014-2020)
- Planilla Anexo E Caudales Superficiales (2014-2020).xlsx

Anexo F: Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre
- Registro Anexo F Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre (1985-2020)
- Planilla Anexo F Niveles Freáticos en salmuera y en agua dulce-salobre (1985-2020).xlsx

Anexo G: Posición de la Interfase Salina
- Registro Anexo G Posición de la Interfase Salina (2013-2020)
- Planilla Anexo G Posición de la Interfase Salina (2013-2020).xlsx

Anexo H: Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea
Registro Anexo H: Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea (2013-2020)
Anexo H-1: Calidad Química In-situ (2013-2020)
Anexo H-2: Calidad Química Laboratorio (2013-2020)
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
Anexo H-7: Registro de Ajuste de Datos Históricos Fuera de Rango
Planilla Anexo H Calidad Química del agua en agua superficial y subterránea (2013-2020).xlsx

Anexo I: Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre
Registro Anexo I Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre (2003-2020)
Planilla Anexo I Calidad química de pozos de extracción agua dulce-salobre (2003-2020).xlsx

Anexo J: Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce-salobre
Registro Anexo J Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce (1983-2020)
Planilla Anexo J Caudales Bombeados de salmuera y agua dulce-salobre (1983-2020).xlsx

Anexo K: Libreta de terreno

Anexo L: Registro de Permiso de Terceros

Anexo M: Respaldo Resoluciones, Ordinarios y Cartas

Anexo N: Responsables y Participantes del Informe Anual de Seguimiento Ambiental

LISTADO DE ANEXOS FORMATO SMA (RES 894/2019)

Caudales Superficiales, aforos.

2020_SMA_FormatoCaudalAguaSuperficial_AFORO_Historico.xlsx

Niveles de Aguas y Salmuera (pozos y limnímetros)

2020_Nivel de Agua y Salmuera_Históricos_DEP_Nucleo.xlsx
2020_Nivel de Agua y Salmuera_Históricos_DEP_Nucleo_Actual.xlsx
2020_Nivel de Agua y Salmuera Históricos_DEP_LP_LB.xlsx
2020_Nivel de Agua y Salmuera_Históricos_DEP_NyBE.xlsx
2020_Nivel de Agua y Salmuera_Históricos_DEP_Peine.xlsx

Caudales de Bombeo

2020_SMA_Bombeos.xlsx

Calidad de Aguas (superficial y subterránea)

2020_SMA_CalidadAguaSupYSub-LPLB 31-03-2020.xlsx
2020_SMA_CalidadAguaSupYSub-NyBE 31-03-2020.xlsx
2020_SMA_CalidadAguaSupYSub-Peine 31-03-2020.xlsx
2020_SMA_Planilla Calidad Agua 3 Pozos Bombeo_Res SMA 894_2019_31.03.2020.xlsx

Estratigrafía y perfiles de habilitación.

20201231_Listado_puntos_subte PSAH Res894 a Dic_2020.xls
20200323_Reportabilidad 894 pozos ProducciónALB_Salar a Dic-20.xlsx
2020_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_Puntos Sistema LPLB.pdf
2020_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_Puntos Sistema NyBE.pdf
2020_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_Puntos Sistema Peine.pdf
2020_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_ Sistema Núcleo Actual.pdf
2020_SMA_Esquema Habilitación y Estratigrafía_ Sistema Núcleo.pdf

1 RESUMEN

El presente documento corresponde al **Informe Anual N° 5 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 Nº 21 de fecha 20 de enero del 2016 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta, en adelante RCA Nº21/2016, 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 Nº 7 de la RCA Nº21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua). 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 2016, razón por la cual se genera el presente Informe Nº 5 de PSAH, el que entrega información de monitoreo del año Nº5, correspondiente al año calendario 2020.

En este informe se recopilan los resultados del monitoreo de los variables ambientales con objetivos de monitoreo, análisis histórico e integrado, y verificación del comportamiento previsto del sistema hídrico. Las variables ambientales se presentan agrupadas en cuatro sectores de la cuenca: sectores La Punta-La Brava, Peine, Norte y Borde Este y el área de extracción de salmuera (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 Nº 10.18 de la RCA Nº21/2016, el cual permite detectar anticipadamente en el tiempo y el espacio desviaciones del nulo efecto pronosticado sobre los objetos de protección (sistemas lagunares).

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 2020 no fueron sobrepasados los umbrales definidos en ninguna de las mediciones realizadas, ni se activaron las fases PAT en el Sector de alerta Núcleo ni en el Sector de alerta Acuífero.

En relación al estado del PAT, este año 2020 en agosto se activó el PAT Sector Alerta Norte como consecuencia de la activación del Plan de Contingencia de SQM por la excedencia del umbral del punto de monitoreo L1-5 ubicado en el sector del sistema Soncor. Una vez informada la activación Fase I del PAT Sector alerta Norte, Albemarle procedió al desarrollo de las acciones y medidas para dar cumplimiento al requerimiento recogido en la RCA N°21/2016. Las medidas incluyen el a) aumento en la frecuencia de monitoreo de los variables

hídricas durante 3 meses, b) entregar mensualmente a la autoridad los datos de monitoreo en formato digital y c) la activación de la herramienta de verificación del efecto sinérgico.

Con respecto a la acción preventiva a), se aumentó la frecuencia de monitoreo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020 en las variables y frecuencia indicadas en la Tabla 2-3 de este informe. En el caso de la acción preventiva b), se entregó a la autoridad ambiental, en forma mensual durante todo el periodo de activación, todos los datos brutos de monitoreo del PSAH en formato de hoja de cálculo. Dicha información ha quedado respaldada por todas las cartas entregadas a la Autoridad durante los meses de agosto a noviembre de 2020. En Anexo M de este Informe Anual se entrega el Respaldo de todas estas cartas.

Finalmente, en el caso de la acción preventiva c), se activó la herramienta de verificación del efecto sinérgico y se realizó la entrega de resultados con fecha 04 de febrero de 2021 a la SMA, dando cumplimiento al numeral 10.20 de la RCA N° 21/2016.

Durante 2020 en términos generales se ha observado que el sistema hidrológico e hidrogeológico del Salar de Atacama ha comportado de acuerdo con el modelo hidrogeológico conceptual presentado en la Adenda 5 del EIA del proyecto.

En cuanto a las variables meteorológicas, se tiene que, para los registros monitoreados de la precipitación diaria, se observa que la estación meteorológica EM-Rockwood registró en el año 2020 una precipitación total anual de 30,2 mm/año. Se destaca los eventos de lluvia del mes de agosto con una caída de 23,8 mm. Durante los meses de verano (enero a marzo) la estación registró 6,4 mm de precipitación. Los eventos de precipitación de agosto generaron un aumento significativo (poco usual para la fecha) en los niveles de los pozos de monitoreo asociado con el PSAH.

Respecto al registro de evaporación en lámina libre, se aprecia una variación estacional, donde las mayores tasas de evaporación se obtuvieron entre los meses de diciembre a febrero (verano) y los valores mínimos, entre los meses de junio y agosto (invierno), correspondiente a 146, 8 mm en el mes de junio y 417,0 mm en diciembre Estos resultados son acordes con las variaciones de temperatura entre las distintas estaciones del año, las mínimas alcanzaron los -3°C mientras que las temperaturas máximas alcanzaron los 35°C.

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 entre los meses de junio y agosto; y los mínimos entre noviembre a marzo.

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

En relación a la variable Evaporación y Evapotranspiración ("EVT"), durante el año 2020 fue medida con frecuencia trimestral en 22 puntos instalados en el área del Salar, a través del método del domo. dado que hasta la fecha no se ha entrado en funcionamiento los lisímetros instalados. A la fecha de presentación de este informe, se está trabajando en un informe técnico para presentar a la autoridad que muestre el comportamiento observado en los lisímetros de carga constante, las causas de sus fallas y los trabajos que se han hecho en ellos, y la solución propuesta por Albemarle de transformarlos en lisímetros de carga variable.

Para el año 2020 se observan valores dentro del rango histórico en cada una de las estaciones, y similares a lo observado entre los años 2017 a 2019. En el sector del núcleo (puntos EVT-9, EVT-10 y EVT-13) el rango de las tasas de evapotranspiración de 2020 varía desde un mínimo de 0,035 mm/d durante junio a un máximo de 0,443 mm/d en septiembre de 2020. En cambio, en el sector del acuífero y la zona intermedia las tasas varían entre 0,066 mm/d en junio de 2020 y 2,411 mm/d (EVT-4) en diciembre de 2020. Por último, en la zona de lagunas (puntos que se miden en la lámina de agua) se presenta una variación entre 1,57 mm/d (EVT-18) en septiembre en el sector de Peine y 4,745 mm/d en marzo en el sector La Punta-La Brava.

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

La Superficie Cubierta por Lagunas, correspondientes a los sistemas lagunares La Punta-La Brava, Peine, Soncor y Aguas de Quelana, fueron monitoreados en temporada de invierno (agosto) y en temporada de verano (diciembre). Los resultados fueron para alta resolución en invierno 2020 (1) 51,4 ha en La Punta y La Brava, (2) 54,2 ha en Peine, (3) 17,2 ha en Aguas de Quelana, y (4) 255,3 ha Soncor; y para verano de 2020 las superficies son: (1) 28,4 ha en La Punta y La Brava, (2) 73,5 ha en Peine, (3) 8,5 ha en Aguas de Quelana y (4) 168,9 ha Soncor.

Las superficies lagunares estimadas en este monitoreo desde imágenes de media resolución, en invierno de 2020 correspondieron a: (1) 60,00 ha en La Punta y La Brava, (2) 105,4 ha en Peine, (3) 18,7 ha en Aguas de Quelana, y (4) 331,6 ha Soncor; y para verano de 2020 las superficies son: (1) 36,1 ha en La Punta y La Brava, (2) 83,0 ha en Peine, (3) 8,5 ha en Aguas de Quelana y (4) 225,5 ha Soncor.

Según los resultados, para la comparación de superficies determinadas con imágenes satelitales de alta resolución, no todas las superficies lagunares para el año de monitoreo 2020 se encuentran por sobre el mínimo histórico de la RCA Nº 21/2016. Cabe mencionar, que el mínimo histórico de las imágenes consideradas en la Adenda 5 fueron medidas en meses diferentes a los períodos comprometidos en el reporte del PSAH.

El sistema Lagunar Peine se presenta en condiciones por sobre los registros históricos, mientras que los demás sistemas lagunares presentaron superficies mínimas en verano (diciembre 2020), por debajo de la condición mínima histórica indicada en la Adenda 5 del proyecto para imágenes de alta resolución. No obstante, de lo anterior es importante considerar que los registros históricos de las imágenes Landsat presentados en la Adenda 5 (línea base) muestran un mayor rango de variación que lo indicado por las imágenes de alta resolución presentado en la misma Adenda 5, indicando superficies cubiertas menores.

En relación a las mediciones del nivel limnimétrico de las lagunas, se cuenta con una red de monitoreo mensual que corresponde a 16 limnímetros, y a 4 estacas instaladas en junio 2016. En relación al comportamiento histórico de éstas, en general, los puntos de medición presentan oscilaciones cíclicas estacionales en sus niveles, con máximos en los meses de invierno y mínimos en los meses de verano, destacando en 2020 un leve ascenso de las cotas producto de los eventos de precipitación de agosto.

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, para el año 2020 se observan variaciones que se mantienen dentro de los rangos de oscilación natural (2016-2020) y con ascensos en agosto 2020 producto de las precipitaciones.

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.

En términos de los aforos superficiales realizados en el sistema lagunar Peine se observa que los caudales de entrada de la laguna Salada son mayores (estaciones AFP-01 y AFP-02 con un promedio de 38,5 l/s) que los caudales de salida de ésta y entrada de la laguna Saladita (estación AFP-03 con un promedio de 25,5 l/s para 2020). La diferencia entre ambos caudales se relaciona principalmente a la evaporación y la infiltración mientras avanza el flujo. Las vertientes cordilleranas muestran variación dentro del año, pero con caudales estables y dentro del rango histórico durante el año 2020.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es "*Mantener los caudales dentro de su variación histórica*"; conforme a las mediciones, se concluye que las variaciones en los valores de caudales superficiales se mantienen dentro de su variación histórica, a excepción del AFP-03 que mostró un mínimo histórico en el tercer trimestre de 2020 (14,74 L/s).

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. 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 Núcleo.

Para el año 2020, a diferencia de años anteriores, se tuvo eventos de precipitaciones en agosto, lo que provocó un incremento puntual de niveles en algunos sectores.

Los niveles en el Sector La Punta-La Brava y también en el Sector Peine, y especialmente en el entorno de las lagunas, se han mantenido dentro de los rangos de oscilación natural registrada históricamente. Se observan oscilaciones en el nivel durante el año, con ascensos durante la temporada de invierno y descensos durante los meses de verano debido principalmente a la evaporación desde el salar con un aumento en los niveles asociados con las precipitaciones de agosto de 2020. En el largo plazo se observa en general una tendencia estabilizada de los niveles, aunque en algunos pozos como BA-08, BA-16, BA-07 y MP-03C se reconoce una tendencia leve al descenso de niveles en su registro. A este comportamiento subyacen las variaciones estacionales suaves propias del sector.

En la zona de la Laguna Interna del sistema Peine, los niveles presentan, en general una tendencia descendente, entre períodos de lluvias, la que se ve interrumpida periódicamente por eventos de precipitación, los que generan ascensos de nivel. Esta tendencia al descenso estaría relacionada a la proximidad a la zona de extracción de salmuera.

Por otro lado, el registro histórico del sector Norte y Borde Este, se observa una tendencia relacionada a las variaciones estacionales y, en 2020, se observa una leve alza de los niveles, presentando entre 2016 a la fecha una tendencia al ascenso de los mismos. En cuanto a los niveles de BA-31 no incorpora nuevas mediciones de nivel durante 2020 por encontrarse cerrada la Reserva Nacional Los Flamencos, administrada por CONAF, en el contexto de la pandemia por COVID 19.

Respecto del 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 los resultados de monitoreo, en 2020 se observa que los niveles muestran el mismo comportamiento histórico con fluctuaciones asociados con la evaporación estacional, aumentos por los eventos de precipitaciones y descensos en los niveles en los sectores de extracción de salmuera.

Para los puntos ubicado en 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. Producto de las precipitaciones ocurridas en agosto 2020, se registraron leves alzas (saltos) en los niveles de la salmuera en septiembre.

Al comparar los niveles observados de los pozos del Núcleo con los simulados en Esc1-CP y en Esc2-CP para el periodo de enero a julio de 2020 se observa una tendencia de descenso que es mayor a la esperada según el modelo, pero con niveles por sobre lo proyectado. Para el septiembre de 2020, se produce un aumento elevado de los niveles en todos los pozos producto de las precipitaciones de agosto, niveles que posteriormente descienden con una fuerte tasa durante el último trimestre del año. De acuerdo a lo anterior, y considerando que el nivel o límite comprometido para esta variable para el caso de niveles freáticos en salmuera en la RCA es "*Descenso según modelo*", se tiene que los niveles observados se encuentran sobre el nivel modelado.

En relación a la Posición de la Interfase Salina, el monitoreo trimestral se realiza a través de la medición de la conductividad eléctrica y temperatura para distintas profundidades, obteniendo un perfil de conductividad en 13 puntos. El registro histórico no muestra variaciones significativas en la posición de la interfase salina durante el período de registro.

El nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es "*Mantener posición de la Interfase Salina*", y considerando los resultados del año 2020, presentado en los perfiles de conductividad eléctrica se tiene que, en general, para todos los puntos de monitoreo de todos los sectores, se han mantenido los rangos de profundidad entre los cuales se presenta la variación de conductividad eléctrica y, por lo tanto, la mantención de la posición de la Interfase Salina.

En relación a la Calidad Química del 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. De las 118 muestras analizadas el 2020, el 85,6% de las muestras (101) presenta un error inferior al 5%,

Respecto a los parámetros fisicoquímicos, se puede señalar que, el pH es más neutro en las aguas superficiales y más ácido en las aguas subterráneas profundas. El alto contenido de sales en las aguas subterráneas profundas, hacen que las conductividades eléctricas sean mayores que las registradas en aguas superficiales.

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 2020.

Respecto del tipo de aguas, 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 Antepresa Tilomonte, Vertiente Peine y la zona de Tilopozo, 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; la que se ha reportado históricamente por ALB. Considerando la química de los pozos de agua dulce-salobre, los rangos de concentración presentado en ppm para cada elemento monitoreado se mantienen dentro del rango histórico y estable en el tiempo.

En relación a los caudales de salmuera y de agua dulce-salobre bombeados durante el año 2020 se bombearon 81 pozos de extracción de salmuera y 3 pozos de explotación de agua dulce-salobre correspondiente a Tilopozo, Tucúcaro y Peine.

El volumen de extracción total de las áreas A1 y A2 para 2020 fue de 13.975.851 m^3, lo que es equivalente a un caudal medio anual de 441,96 L/s que cumple con el caudal medio anual establecido en la evaluación ambiental, el cual es de 442 L/s. En cuanto a la extracción de agua dulce-salobre sobre la base de estas autorizaciones ambientales, se cuenta con un caudal máximo para extracción conjunta de 16,9 L/s, Durante el año 2020 el caudal promedio anual extraído fue del orden de 7,72 L/s, conformado por 5,67 L/s desde pozo Tilopozo y 2,05 L/s desde pozo Tucúcaro. Adicionalmente, también se cuenta con autorización para extraer un máximo de 5 L/s del pozo Peine, para uso en el campamento emplazado en dicha comunidad, durante 2020 el caudal extraído del pozo Peine fue de 0,03 L/s por lo tanto se indica que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Considerando el nivel o límite comprometido para esta variable en la RCA es "*Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente*", de los caudales antes indicados, se tiene que la extracción de salmuera de ALB no excede al caudal medio anual establecido en la evaluación ambiental, el cual es de 442 L/s.

En resumen, se presenta el siguiente análisis integrado por sector enfocado principalmente en el comportamiento de los niveles freáticos.

Sector La Punta-La Brava

Para el Sector La Punta-La Brava, en 2020, los niveles subterráneos en este sector del acuífero, mantienen la tendencia histórica mostrando estabilidad con variaciones estacionales asociado con los procesos de evaporación asociado con una recarga subterránea de carácter permanente. Las mayores oscilaciones en los niveles se presentan en los piezómetros someros ubicados al sur de las lagunas por una menor influencia de las precipitaciones y

evaporación respecto de los puntos ubicados al norte de las lagunas y que están más cerca del Núcleo del Salar. A partir del monitoreo efectuado durante el año 2020, se confirma el modelo conceptual de funcionamiento del sistema lagunar La Punta-La Brava establecido en la evaluación ambiental.

La calidad de química de las muestras analizadas durante el año 2020 se encuentra dentro de la variabilidad histórica y natural del sector mientras la Interfase Salina permanece en general estable durante el año 2020 y dentro de lo observado históricamente para los puntos de medición. Se observa una profundización de la cuña salina a medida que aumenta la distancia con el Núcleo.

La superficie lagunar calculada mediante imágenes satelitales de alta resolución durante el año 2020 presentó la estacionalidad esperada según los registros históricos. En diciembre de 2020 se registró el mínimo histórico para imágenes de alta resolución, sin embargo, analizando las imágenes Landsat presentadas en la Adenda 5 (1973-2015), éstas se comportan de acuerdo a la evolución histórica.

Sector Peine

Para el Sector Peine, en este sector con zonas de recarga, localizadas en el borde Este y sur del sistema lagunar, los niveles de agua subterránea, durante el 2020, siguen las tendencias esperadas, sensibles a las precipitaciones de mayor intensidad, que producen ascensos bruscos del nivel y que inmediatamente al finalizar el evento de precipitación retoman la tendencia. En el sistema lagunar Peine, se muestran fluctuaciones de los niveles dentro de los ciclos estacionales históricos, presentando máximos en invierno y mínimos en verano. Los niveles del acuífero de agua dulce-salobre, mientras más próximos se encuentran los pozos de monitoreo al Núcleo, muestran una respuesta más brusca ante las precipitaciones incluyendo un aumento después de la lluvia registrada en agosto de 2020.

En el sector de la laguna Interna, en el sistema lagunar Peine, los niveles se muestran sensiblen a las lluvias que ocurren en el sector, registrando ascensos de nivel tras los eventos de precipitación, después de la lluvia presentan una tendencia de descenso debido a la proximidad a las zonas de extracción de salmuera.

En relación con la química del agua, las muestras analizadas durante el año 2020 muestran valores dentro de la tendencia histórica mientras la Interfase Salina permanece establece durante el año 2020, profundizándose a medida que los puntos de alejan del Núcleo.

En relación con la superficie lagunar calculada mediante imágenes de alta resolución, para el sector Peine, se encuentran sobre los mínimos históricos de AR, con una variación estacional no influenciada por la evaporación, donde no se evidencia una correlación directa entre la

precipitación marcadamente registrada en la estación meteorológica DGA - Peine y Planta Albemarle, y las variaciones en el área de ocupación de los cuerpos de agua. Dentro de esta comparativa, es importante destacar que las superficies históricas en AR han sido determinadas en meses distintos a los reportados semestralmente en el PSAH (agosto y diciembre).

Sector Norte y Borde Este

El Sector Norte y Borde Este, está constituido por el sistema lagunar de Soncor y el sistema lagunar Aguas de Quelana. Para el sector de Aguas de Quelana, 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.

Aguas de Quelana

Se observa una disminución de las áreas cubiertas por el sistema lagunar Aguas de Quelana durante el año 2020, registrándose el mínimo en diciembre de 2020 para el período 2016-2020. Durante el año 2020 no se han detectado cambios en la ubicación de la Interfase Salina en este sector.

Los niveles medidos en las aguas subterráneas someras (salobres) 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 las que están asociadas a la evaporación. En el sistema lagunar se observan 2 tipos de agua; aguas intermedias cloruradas sódicas, 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.

Sector de Soncor

Para el sector de Soncor, considerando la variación de los niveles, se observa que hay una cierta oscilación estacional en la evolución de niveles, producto de la evaporación. Además, se producen ascensos bruscos de nivel como respuesta a los eventos de precipitación de mayor magnitud (BA-31). 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 esta área.

El flujo subterráneo que alimenta a las lagunas proviene del Este y del Norte y conforme fluye hacia el Núcleo, va incrementando su conductividad eléctrica 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.

En relación con las superficies históricas en AR (Adenda 5 RWL, 2015), las superficies semestrales del PSAH se presentan sobre el mínimo de Adenda 5 AR (1.924.000 m^2) en los registros 2016 – 2020, a excepción de diciembre 2020 donde se presenta bajo el mínimo; con variabilidad estacional entre registros. Dentro de esta comparativa, es importante destacar que las superficies históricas en AR han sido determinadas en meses distintos a los reportados semestralmente en el PSAH (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la variabilidad intranual mostrada anteriormente.

Sector Núcleo

Los niveles en el Núcleo presentan en general, una tendencia al descenso, registrando ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación y recarga del sistema. En la Zona de producción, los niveles presentan un comportamiento variable y con tendencia al descenso, influenciados por la explotación de los pozos productivos. Desde el año 2016 se observa un mayor descenso en el pozo CL-32, el cual está asociado al aumento de la extracción de salmuera en el Salar y cuyo efecto es menor a medida que se aleja de la zona productiva. 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.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe Anual N° 5 del Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (en adelante PSAH), el cual forma parte de las obligaciones ambientales del titular Albemarle[1] (en adelante ALB), derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental Nº 21 de fecha 20 de enero del 2016 de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Antofagasta, en adelante RCA Nº21/2016, que calificó favorablemente el Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".

El PSAH corresponde a un compromiso ambiental aplicable para las Fases de Operación y Cierre del Proyecto, iniciando la fase de operación con fecha 28 de septiembre de 2016[2], razón por la cual se genera el presente Informe Nº 5 de PSAH, el que entrega información de monitoreo del año calendario 2020**.** En relación al periodo informado cabe indicar que en el numeral 3.5.2 del Anexo 3 de la Adenda 5 del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto de referencia se señaló que: *"El informe será entregado dentro del plazo de tres meses siguientes al término de cada año calendario"*.

Conjuntamente, el presente informe incluye también la información de 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. Nº 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.

El PSAH da cumplimiento a lo establecido en el Considerando Nº7 de la RCA Nº21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua dulce – salobre y salmuera); Considerando Nº10.19 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.

[1] Rockwood Litio Limitada a partir del día 01 de noviembre de 2017 modificó su razón social a "Albemarle Limitada".

[2] 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.

Tabla 2-1 Proyectos y RCA consideradas en el Informe PSAH

Proyecto	Resoluciones
Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RCA Nº 92/2000 modificada por R.E. Nº 165/2003
Modificación al Proyecto Construcción de Pozas de Evaporación Solar	RCA Nº 64/2005 modificada por RCA Nº 3132/2006
Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama	RCA Nº21/2016 modificada por R.E. Nº 1472/2017

Fuente: PSAH 2019 (marzo de 2020).

Específicamente, el Considerando Nº 7 de la RCA Nº21/2016, establece los compromisos de seguimiento de variables hídricas 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 anual fue entregado con fecha 7 de septiembre de 2020, dan cuenta de las variables bióticas.

El Considerando Nº 7 de la RCA Nº21/2016 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). En el caso del informe PMB comienza en la fase de construcción y también se entrega con frecuencia anual. Asimismo, se indica que la información bruta de resultados es entregada (en planillas de Excel) a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) con frecuencia trimestral, para el caso del seguimiento de variables físicas relacionadas a recursos hídricos, y en forma semestral, para el 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 (tamaño de lagunas, niveles y aforos), hidrogeológico (niveles freáticos, caudales de bombeo y posición de la interfase salina), e hidroquímico (calidad química de agua superficial y agua subterránea) para el área de estudio de Proyecto.

Cabe indicar que, para efectos del presente informe, se ha privilegiado el uso de la nomenclatura utilizada en la RCA Nº21/2016 (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. Nº 223/2015 de la SMA[3].

[3] En particular, el presente informe detalla las componentes ambientales que se presentan en la Tabla 2-2 según lo definido en la RCA N° 21/2016, mientras que en la R.E. N° 223/2015 de la SMA se debiese indicar que la componente ambiental correspondería a AGUA.

Tabla 2-2 Componentes y Variables Ambientales reportados

Componente Ambiental	Variable Ambiental	Procedimiento de medición
FISICO Clima y Meteorología	Variables Meteorológicas	Estación meteorológica RWL y recopilación estaciones de la cuenca
FISICO Hidrología	Superficie Cubierta por Lagunas	Imágenes satelitales
	Nivel Limnimétrico de las Lagunas	Regletas (limnímetros)
	Aforo de Caudales superficiales	Aforos manual
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	Mediciones con domos
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce - salobre	Mediciones con pozometro
	Posición de la Interfase Salina	Perfilaje de conductividad eléctrica
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Caudal de bombeo en cada pozo con caudalímetros certificados por la DGA
FISICO Calidad del Agua	Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	Muestreo de terreno, análisis del laboratorio

Fuente: Adaptada de PSAH 2019 (marzo de 2020).

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

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

Adicional a lo anterior, el presente PSAH incluye el reporte de los puntos de activación del Plan de Alerta Temprana (PAT) con respecto a lo establecido en el Considerando Nº 10.18 de la RCA Nº21/2016, el que a su vez remite al Capítulo 4 del Anexo 3 de la Adenda 5. Este PAT permite detectar en forma anticipada, desviaciones del nulo efecto pronosticado sobre los Sistemas Lagunares (objetos de protección).

En relación al estado del PAT, este año 2020 con fecha 3 de agosto de 2020 (Albemarle fue notificado el 4 de agosto) se activó el PAT de Alerta Norte como consecuencia de la excedencia del umbral del pozo L1-5 del sistema Soncor de SQM. Cabe mencionar que, en los años 2018 y 2019 ya se había activado el PAT del Titular *SQM Salar S.A.*, y, dado que la activación es debido a la superación de umbrales en los pozos que también considera ALB en su PAT, se activó el PAT de ALB en uno de sus 3 sectores (Sector Alerta Norte), tal como fuera descrito en Informes PSAH Nº3 y Nº4 de los años 2018 y 2019 respectivamente. El PAT de ALB se describe en el numeral 4.2.7 de este Informe y, en resumen, se puede señalar que

se compone de 3 sectores y que tiene medidas preventivas necesarias para evitar efectos no previstos.

El 4 de agosto de 2020 ALB recibe una carta de la SMA (Resolución Exenta AFTA N° 110/2020), a través del Sistema Electrónico de Fiscalización Ambiental, a raíz de un reporte del titular SQM Salar S.A. que exponía lo siguiente:

- *"Aviso de incidente Ambiental ID 7281: Con fecha 01 de agosto de 2020, se registró en el pozo L1-5, del Sistema Soncor, una medición de nivel de 2.299,289 msnm (Datum WGS84) dato medido desde el punto de referencia que constituye un nivel medido interior al umbral de activación de la Fase II (2.299,29 msnm, WGS84)."*

Así, producto de la activación del PC de SQM Salar S.A y en respuesta al requerimiento de la SMA debido a esta nueva activación, ALB activó también su PAT en Sector Alerta Norte y sus medidas asociadas a la Fase I, lo que conllevó al aumento de la frecuencia de monitoreo de las variables correspondientes, pasando de mensual a quincenal para la variable niveles freáticos y de trimestral a mensual en el caso de la posición de interfase salina y calidad de aguas. Este aumento en la frecuencia de monitoreo se materializó en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020, en los puntos de la red de monitoreo del PSAH donde se compromete el monitoreo de cada una de las variables indicadas, lo que fue reportado mediante la carta "ALB-GMA-2020-SMA-023 (Cod: 100540)", "ALB-GMA-2020-SMA-030 (Cod: 101864)", "ALB-GMA-2020-SMA-034 (Cod: 103131)" y "ALB-GMA-2020-SMA-040 (Cod: 103943) No obstante lo anterior, con relación al PAT en Sector Alerta Norte y sus medidas asociadas a la Fase I, los monitoreos de niveles y calidad de aguas no se lograron ejecutar en la Reserva Nacional Los Flamencos, abarcando el periodo de agosto a diciembre de 2020. Esto, debido al cierre preventivo de todas las Áreas Silvestres Protegidas del Estado administradas por CONAF como medida para evitar el contagio del virus que produce el COVID-19 (Carta Oficial N° 10/2020 y Carta Oficial N° 16/2020).

En el marco de clarificar los pasos que se debieron realizar y las medidas adoptadas, se describen textuales cada una de las medidas establecidas en el PAT de ALB, en particular para el denominado Sector Alerta Norte, al activarse la Fase I, y que se encuentra contenido en el numeral 4.5 del Anexo 3 de la Adenda N°5, del EIA "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama", donde se establecen las siguientes medidas:

"4.5.3 Plan de Medidas sector de alerta Norte

4.5.3.1 Medidas Fase I

Cuando se active la Fase I del Plan de Alerta Temprana del Sector de Alerta Norte deberán realizarse las siguientes acciones preventivas:

a) *Aumentar la frecuencia de monitoreo de las variables hídricas durante 3 meses:*

Con el fin de facilitar la identificación de la causa de la activación de la Fase I del sector de alerta Norte se aumentará la frecuencia de monitoreo de las variables de niveles freáticos, calidades químicas y posición de la cuña salina, incluidas en la Tabla 4-7 (ver Tabla 2-3 presente informe)*, en la frecuencia que se indica, para todos los puntos de monitoreo considerados en el Plan de Seguimiento Ambiental (Tabla 3-1).*

El aumento de la frecuencia de monitoreo se mantendrá por un período de tres meses después de activada esta Fase I del PAT, aunque esta se desactive en un período menor y no se extenderá por más de tres meses.

b) *Entregar mensualmente a la autoridad los datos de monitoreo en formato digital:*

Se entregará a la autoridad ambiental, en forma mensual, durante todo el período de activación de esta Fase I todos los datos brutos de monitoreo del PSA en formato de hoja de cálculo, para que estén a disposición de la autoridad y quien los solicite para los análisis que se consideren oportunos.

c) *Activar la herramienta de verificación del efecto sinérgico y entrega de resultados:*

Utilizando el modelo numérico MODFLOW desarrollado en el proceso de evaluación ambiental del proyecto, o actualizado a posteriori, se activará la herramienta de verificación del efecto sinérgico (ver metodología en el capítulo 5 de este documento) para discernir las causas y grado de contribución de los diferentes actores en la cuenca de los descensos medidos en el Núcleo del Salar.

Dentro de los 6 meses siguientes contados desde que Rockwood tomó conocimiento directamente o le fue notificado por la autoridad la activación de la Fase I del PC de SQM se entregará a la autoridad de la II Región el informe con los resultados obtenidos y sus conclusiones. El contenido del informe será el indicado en el punto 5.4 de este anexo."

Tabla 2-3 Aumento de la frecuencia monitoreo para la activación PAT

Monitoreo	Frecuencia normal	Frecuencia Activación PAT (por tres meses)
Niveles freáticos	Mensual	Quincenal
Calidad de agua del acuífero y las lagunas	Trimestral	Mensual
Posición de la Interfase Salina	Trimestral	Mensual

Fuente: Tabla 4-7 de Anexo 3 Adenda 5.

Con respecto a la acción preventiva a), reiterando, se aumentó la frecuencia de monitoreo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020 en las variables y frecuencia indicadas en la Tabla 2-3. En el caso de la acción preventiva b), se ha entregado a la autoridad ambiental, en forma mensual durante todo el periodo de activación, todos los datos brutos de monitoreo del PSAH en formato de hoja de cálculo. Dicha información ha quedado respaldada por todas las cartas entregadas a la Autoridad durante los meses de septiembre a noviembre de 2020. En Anexo M de este Informe Anual se entrega el Respaldo de todas estas cartas.

Finalmente, en el caso de la acción preventiva c), se activó la herramienta de verificación del efecto sinérgico y se realizó la entrega de resultados en el informe *"Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico Salar de Atacama; Activación PAT RCA 21/2016; Sector de Alerta Norte, Fase I"* con fecha 4 de febrero de 2021 a la SMA, dando cumplimiento al numeral 10.20 de la RCA N° 21/2016.

Se debe indicar que, en el presente Informe Anual, se da cuenta del cumplimiento de las acciones preventivas a) y b) mediante la entrega de los antecedentes asociados al monitoreo adicional de las variables indicadas en la Tabla 2-3.

Se considera relevante indicar que los monitoreos de todas las variables que se encuentran dentro de los alcances específicos autorizados[4] por la SMA fueron realizados con Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental correspondiente a la empresa Laboratorio Hidrolab S.A. (código ETFA 003-01), 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 la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) en su R.E. N° 223/2015.

Dicho lo anterior, en la Tabla 2-4 se presentan los considerandos y/o resuelvos de las Resoluciones de Calificación Ambiental reportadas en este informe y en la Tabla 2-5 aquellos compromisos que se desprenden del Anexo 3 de Adenda 5 del proceso de evaluación ambiental (vinculado al numeral 10.19 de la RCA Nº21/2016).

[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 R.E. 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 (R.E. N° 37/2013 SMA), podrán seguir siendo ejecutados por las empresas que lo han realizado hasta ahora.

Sin perjuicio de lo anterior, se tiene que la entrega de los archivos y planillas de los Anexos contienen datos en el formato de lo establecido por la SMA en la Resolución Exenta de la Superintendencia de Medio Ambiente N°894/2019, la cual entró en vigencia el 27 de septiembre del año 2019.

Tabla 2-4 Identificación de Considerandos en las RCAs

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
RCA Nº 92/2000	Considerando 9. Primer Bullet	Realizar el monitoreo de la calidad química del acuífero de salmuera[5] 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. Nº 165/2003 que modifica RCA Nº 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 Nº 3132/2006 que modifica a la RCA Nº 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 Nº21/2016	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.

[5] En consideración a la resolución de solicitud de interpretación de la RCA Nº 21/2016, resuelta mediante la R.E. Nº 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 dentro de Anexo M de este Informe.

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
		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.
		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.
		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.
		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: Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente.
		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: Mantener caudales de extracción autorizados ambientalmente.
		Plan de Alerta Temprana (PAT). Entrega de información a SMA y DGA Región de Antofagasta.
	Considerando 7. FISICO Hidrología	**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: Mantener los caudales dentro de su variación histórica.
		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: Mantener los niveles dentro de los rangos de oscilación natural.

Resoluciones	Considerando / Resuelvo	Transcripción
		Superficie cubierta por lagunas en m^2. Procedimiento de medición en m^2 de imágenes satelitales de alta definición y apoyo en terreno, con frecuencia semestral y reporte digital semestral e informe anual. Niveles o límites comprometidos: Mantener la superficie sobre mínimo histórico.
	Considerando 7. FISICO Clima y Meteorología	**Variables meteorológicas.** Precipitación diaria en mm, Evaporación en lámina libre en mm, Presión atmosférica en mbar. Procedimiento de medición de toma de datos en estación meteorológica EM-Rockwood y recopilación de datos en estaciones disponibles 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 *in situ***: pH, C.E., Tº, 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: Mantener dentro de variabilidad natural.
R.E. Nº 1472/2017 que modifica RCA Nº21/2016	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 Nº 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 Nº 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: PSAH 2019 (marzo de 2020).

Tabla 2-5 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 *in situ* 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 (limnímetro), 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 utilizaran imágenes 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 [ºC] 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: PSAH 2019 (marzo de 2020).

Finalmente, y dando cumplimiento a lo establecido en la R.E. Nº 223/2015 de la SMA, en la Tabla 2-6 se identifican las instituciones que llevaron a cabo las labores de medición, muestreo y análisis según corresponda a las variables ambientales durante el año 2020.

Tabla 2-6 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	Albemarle	No aplica	No aplica
	Aforo de Caudales superficiales	Albemarle	No aplica	No aplica
FÍSICO Hidrogeología	Evapotranspiración	Albemarle	No aplica	No aplica
	Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Albemarle	No aplica	No aplica
	Posición de la Interfase Salina	Albemarle	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*

* Código ETFA N° 003-01.

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 anual el componente hídrico de la cuenca del proyecto en cuanto a sus variables físicas y químicas principales, las cuales reflejan y permiten analizar el comportamiento del sistema hidrológico, hidrogeológico, y hidroquímico de la cuenca del Salar de Atacama. Asimismo, tiene por objeto dar cumplimiento a los considerandos correspondientes a la componente hídrica, asociado al Considerando Nº 7, 10.18 y 10.19 de la RCA Nº21/2016 .

El monitoreo con periodos establecidos por la RCA Nº 21/2016 permite obtener información actualizada y trazable a lo largo del tiempo de las variables de asociados con la condición hidrológica e hidrogeológica, 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 2020 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 ALB.
- 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.

Todo el monitoreo y datos que van siendo registrados y reportados, son analizados en forma cada vez más robusta e integral, y el análisis de las variables que conforman este informe de PSAH Nº5, permite validar las hipótesis consideradas en la evaluación ambiental.

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 depresión topografía 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.

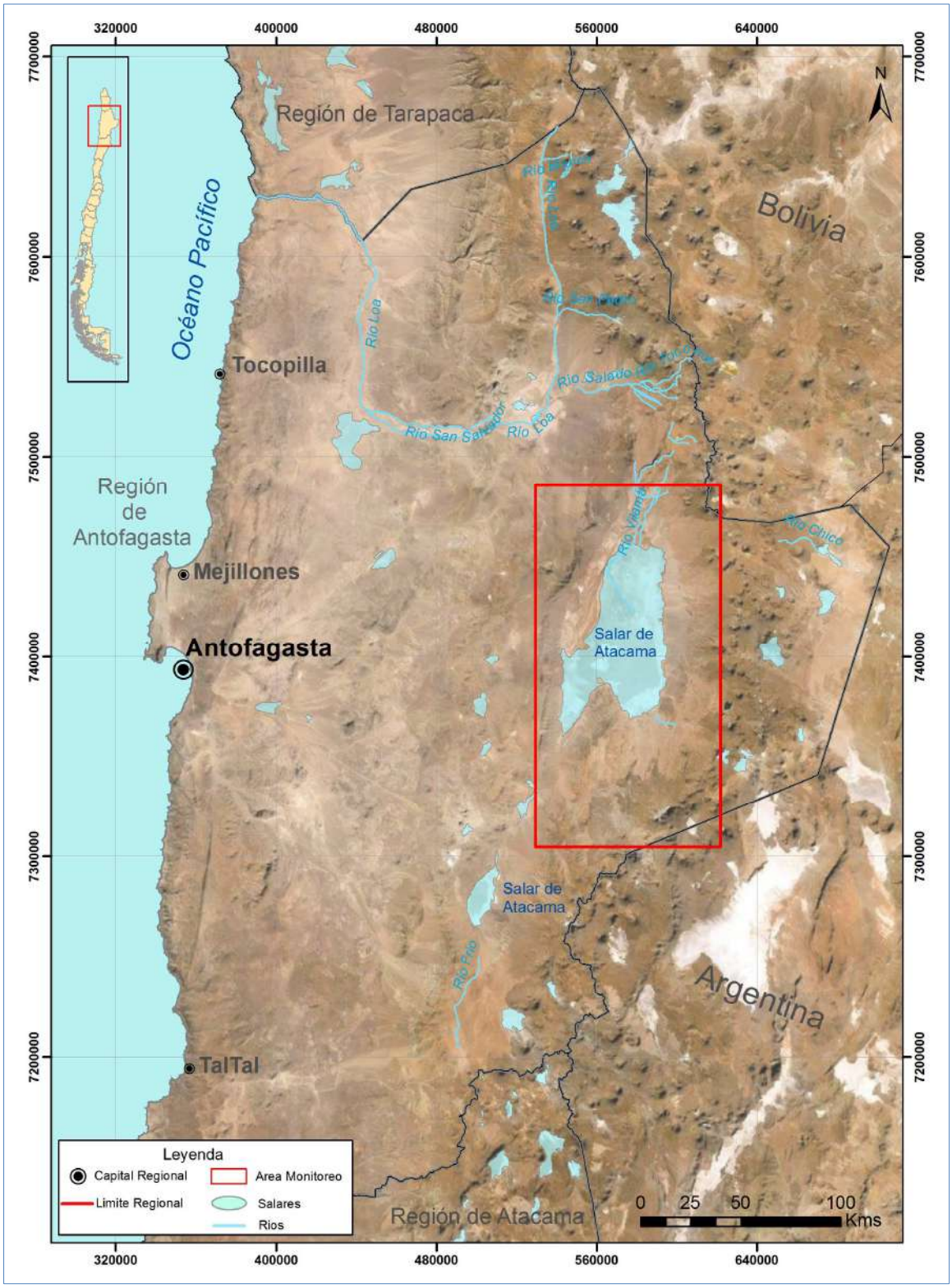
La cuenca del Salar de Atacama corresponde a una cuenca endorreica, en el depocentro de la cual se encuentra el Salar de Atacama. El Salar de Atacama está compuesto mayoritariamente por depósitos evaporíticos (cloruros, sulfatos y carbonatos) con intercalaciones menores de materiales detríticos (arcillas, 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 presente la salmuera, con mayores valores de la transmisividad y la conductividad hidráulica en sus primeros 50 metros, y con una reducción en las propiedades hidráulica en profundidad.

En los límites norte, sur y este del Núcleo, se sitúa una banda de sedimentos evaporíticos de color más claro, denominado la Zona Marginal. En la Zona Marginal este y sur, se sitúa la Interfase Salina, que separa las aguas dulces-salobres, de densidad menor (≈1 g/cm3) procedentes de los acuíferos de estos bordes, de la salmuera más densa (≈1,22 g/cm3) presente en el Núcleo.

En el Norte, donde la zona Marginal tiene un mayor amplitud, no se ha observa la presencia de una Interfase Salina brusca, sino una 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 Plano de Ubicación General del Salar de Atacama



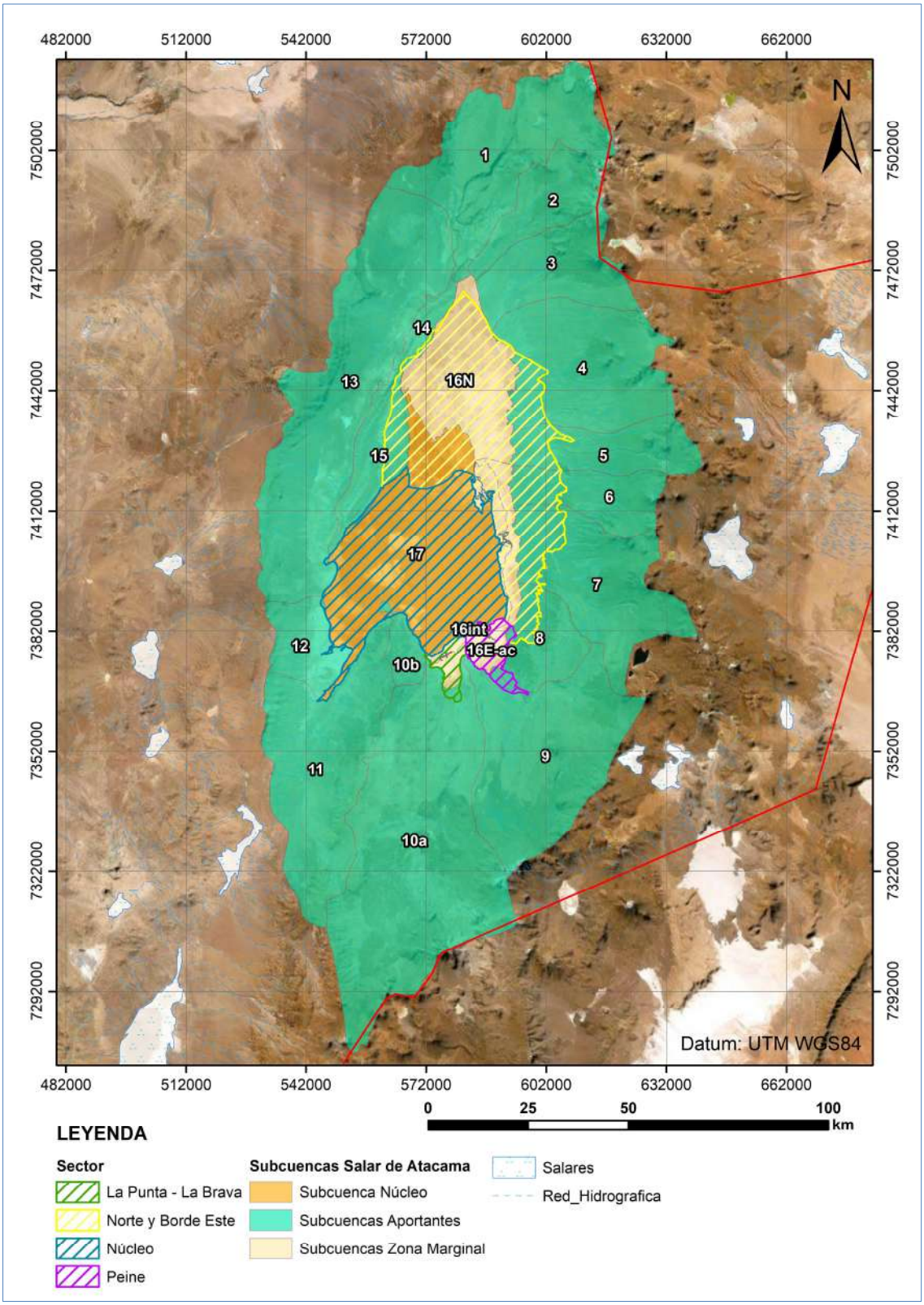
Fuente: Elaboración propia

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 siguientes sectores:

- La Punta – La Brava – asociado con los sistemas lagunares ubicados en el sector de las lagunas La Punta-La Brava y vegas de Tilopozo en la zona sur de la cuenca.
- Peine - asociado con el sistema lagunar de Peine, que incluye las lagunas de Salada-Saladita e Interna, ubicadas en el limite SE del salar.
- Norte y Borde Este – zona amplia de descarga desde las quebradas del este y norte, asociado con los sistemas de lagunas Chaxa, Barros Negros, Soncor y Aguas de Quelana, ubicados en el sector NE del salar.
- Sector Núcleo – área del salar corresponde al depósito de materiales evaporíticos (costra de limos salines, costras de cloruro yesífera, yesífera, transición de cloruros y núcleo de cloruros).

Figura 4-2 Definición de Zonas y sub-cuencas del Salar y Sectores Asociados con el 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 ambientales, el número de puntos de monitoreo para cada variable y su frecuencia de monitoreo durante el año 2020.

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 [ºC], 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.]	16 (1)	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.]	125 (2)	Mensual
	Posición de la Interfase Salina	Conductividad Eléctrica [µS/cm] v/s Profundidad [m s.n.m.]	13 (3)	Trimestral
	Caudales bombeados de Salmuera y de Agua dulce-salobre	Caudal de salmuera en [L/s]	81 Pozos (4)	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	- Parámetros Físicos *in situ*: pH, C.E., Tº, TDS y Oxígeno Disuelto. - Parámetros físico-químicos laboratorio: pH, C.E., TDS y Densidad. - Elementos mayoritarios disueltos: Cl^-, $SO_4^=$, HCO_3^-, NO_3^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+. - Elementos mayoritarios totales: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, y K^+. - Elementos minoritarios y trazas disueltos: B, Li, Sr. - Elementos minoritarios y trazas totales: Al, As, B, Fe, Li, Si, Sr.	40	Trimestral

(1) LM-15 fue reemplazo por BA-31 el año 2018.
(2) Son 125 por que ahora BA-31 se considera dentro de las red de piezómetros.
(3) Sólo 13 puntos, dado que originalmente eran 14 y MP-08C se encuentra sellado desde el año 2016.
(4) Corresponde a la cantidad total de pozos que se han bombeado durante 2020.

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la variable evapotranspiración, la instalación prevista de lisímetros en la cuenca para la medición continua para cumplir con el requisito del 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."*

La instalación de los lisímetros ha presentado una serie de inconvenientes con el correcto funcionamiento de los equipos. A continuación, se presenta un resumen de las actividades realizadas:

- La campaña de instalación de los 11 lisímetros a implementar, se inició el día 13 de agosto de 2018. En una reunión con la DGA, sostenida el día 09 de noviembre de 2018, se presentó el avance de los trabajos de implementación, y un nuevo cronograma, en función del avance de las obras.
- El día 7 de enero 2019, se ingresó a la SMA carta donde se informa que, con fecha 05 de diciembre de 2018 finalizaron las labores de "Construcción de 11 lisímetros a lo largo del Salar de Atacama", con lo que se dio por finalizada la implementación del PSAH.
- Para complementar lo anterior, el 15 de julio de 2019, se entregó a la SMA el Informe "Finalización de Implementación de la Red de Monitoreo PSA, según RCA N°21/2016", con el detalle de la construcción de los 11 lisímetros.
- El 30 de octubre 2019, se tuvo una reunión con la SMA Nivel Central, donde se indicó que los lisímetros no estaban cumpliendo la función de carga constante.

Finalmente, se realizó una reunión con la SMA y DGA el 18 de diciembre de 2020 donde se señaló lo siguiente:

- Albemarle ha hecho los esfuerzos para que los lisímetros funcionen, no obteniendo los resultados esperados.
- Se presentará en los próximos meses un informe técnico mostrando el comportamiento observado en los lisímetros, las causas de fallas, soluciones propuestas y ejecutadas; además, se presentará una propuesta con la transformación a carga variable.
- La propuesta involucra la visita a terreno de cada lisímetro para su conversión de carga constante a variable, lo que demoraría máximo 1 día por lisímetro, dependiendo de la ubicación en la que se encuentre.

Sin perjuicio de todo lo mencionado anteriormente, con respecto al funcionamiento de los lisímetros, según lo establecido en la RCA Nº21/2016 y para dar continuidad a las mediciones, mientras no operen de forma definitiva los lisímetros, se continuarán realizando las campañas trimestrales de medición de evapotranspiración con domos[6], las cuales se mantendrán en el tiempo hasta la fecha que disponga la Autoridad Ambiental, por cuanto permitirán correlacionar 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.

Para facilitar la visualización de los datos y para permitir el análisis por zona, 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 los siguientes cuatro sectores de la cuenca, mostrados en la Figura 4-2, determinados según sus comportamiento y características hidrológicas e hidrogeológicas:

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

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 que consiste en:

- Área de extracción de salmuera de ALB A1 y A2

Es importante señalar que todos los monitoreos realizados en territorios administrados por Comunidades indígenas y/o CONAF, se acude en presencia de veedores de la Comunidad y/o guardaparques. Con lo anterior, además, se da por cumplido el protocolo de acceso a zonas sensibles, presentado en el Apéndice B, Anexo 3 de la Adenda 5. De este modo, y de acuerdo a los permisos otorgados, hubo ciertas variables, tales como niveles freáticos, altura

[6] En el Anexo 3 del Adenda 5 se indica que "*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*". El método de los domos permite obtener información puntual de la evapotranspiración.

limnimétrica, calidad química del agua y evapotranspiración, que no fueron medidas siempre con la periodicidad deseada, con el fin de respetar los protocolos. Los parámetros y periodos sin monitoreo se entregan en la Tabla 4-2, asociados en su mayoría con ocasión de la pandemia COVID-19.

Tabla 4-2 Listado de variables por mes sin monitoreo

Mes	Estado*
Enero 2020	No se ejecuta monitoreo calidad química Quebrada Camar, por falta de respuesta de la Comunidad y no se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF. Dada la época de reproducción de flamencos(1).
Febrero 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(2).
Marzo 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(2).
Abril 2020	No se ejecuta monitoreo calidad química por parte de Hidrolab, por suspensión a causa del COVID-19(3).
Mayo 2020	No se ejecuta monitoreo calidad química por parte de Hidrolab, por suspensión a causa del COVID-19(4).
Junio 2020	No se ejecuta monitoreo niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(2).
Julio 2020	No se ejecuta monitoreo en territorios administrados por la Comunidad de Peine a causa del COVID-19(5) y No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(6).
Agosto 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(6).
Septiembre 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(6).
Octubre 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(7).
Noviembre 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(7).
Diciembre 2020	No se ejecuta monitoreo calidad y niveles sectores de la Reserva Nacional Los Flamencos, por falta de permiso CONAF, a causa del COVID-19(7).

*Las cartas se entregan en el Anexo M.

(1) Carta 2020 01 06 Carta Oficial N2 Albemarle_CONAF.
(2) Carta 20200316_Res 162-2020 cierre nacional asp Chile.
(3) Carta 20200409_ Carta suspención Abril. ALMEBARLE_HIDROLAB.
(4) Carta 20200505_Carta suspensión Mayo. ALBEMARLE_HIDROLAB.
(5) Carta 20200601_Carta Comunidad de Peine suspensión.
(6) Carta 20200615_Carta CONAF.
(7) Carta 20200924 Carta Oficial N°16 2020.

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Implementación del Plan de Monitoreo

El Plan de Seguimiento Ambiental contempla un total de 151 puntos de monitoreo u observación. Al momento de aprobarse la RCA, en enero del 2016, se encontraban implementados 97 puntos por lo que la implementación total de la red de monitoreo quedó establecida en la evaluación ambiental de acuerdo al programa que se presenta en la Figura 3-10, Anexo 3 de la Adenda 5 del EIA.

El programa de implementación de la infraestructura de la red de monitoreo fue concebido en cuatro etapas sucesivas, de 6 meses cada una, donde los meses se contabilizan desde la fecha de inicio del Proyecto (28.09.2016). Esta fecha de inicio fue informada con una semana de anticipación a la SMA con Carta MA012/2016, recibida con fecha 21.09.2016, SMA Cod.50067.

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), MA 087/2017 (Etapa 4) y, mediante carta del 07 de enero de 2019, se informa la finalización de las labores de construcción de los 11 lisímetros a lo largo del Salar de Atacama, dando así por finalizada la implementación de la red de monitoreo del PSAH. De forma complementaria, con fecha 15 de julio de 2019, se hace entrega del Informe “Finalización de Implementación de la Red de Monitoreo PSA, según RCA N°21/2016”, que incluye el detalle de la construcción de los 11 lisímetros a lo largo del Salar de Atacama[7].

Es importante señalar que, a pesar de lo programado, a ALB le tomó más de 24 meses poder dar por finalizada la implementación completa de la red de monitoreo debido a los tiempos que tomaron todas las gestiones ante la Autoridad y las Comunidades, además de los tiempos de ejecución de las distintas tareas, lo que se constata a través de todo lo expuesto en el apartado anterior. Además, a la fecha de presentación de este informe, se está trabajando en un informe técnico para presentar a la autoridad que muestre el comportamiento observado en los lisímetros de carga constante, las causas de sus fallas y los trabajos que se han hecho en ellos, y la solución propuesta por Albemarle de transformarlos en lisímetros de carga variable. En la Figura 4-3 se presenta, de forma resumida, la línea de tiempo correspondiente a la implementación de la red de monitoreo PSA, destacando los principales hitos.

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

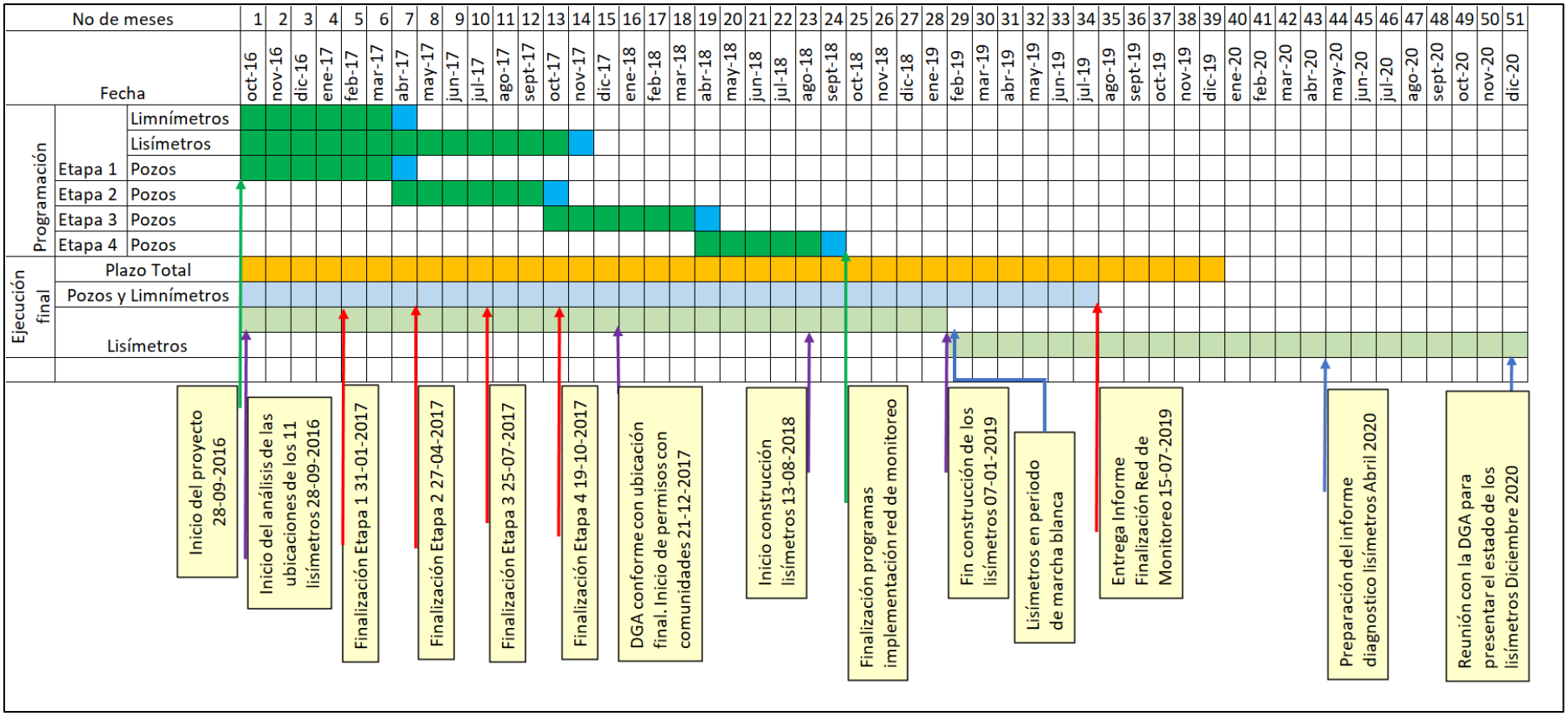
[7] Toda esta comunicación con la Autoridad puede ser consultada en el Anexo M de este Informe.

En cuanto a las coordenadas y elevaciones definitivas de los puntos de monitoreo de la red, la condición específica 10.3 de la RCA Nº21/2016 indica que: *"El titular deberá remitir un completo Informe de la nivelación de precisión a realizar respecto de cada uno de los puntos de medición que lo requieran (pozos, reglillas y todos los otros puntos del PSA y del PAT), con los debidos antecedentes de respaldo"*. Este levantamiento topográfico ya fue realizado por ALB, con informe y respaldos entregados a la SMA con fecha 24 de agosto de 2020 (Carta ALB-GMA-2020-SMA-012), indicando que la topografía válida corresponde a la realizada entre el 2014 y 2015, la cual fue presentada durante la evaluación ambiental del proyecto. Esto, debido a que los umbrales definidos en relación al Plan de Alerta Temprana, así como los valores de línea base han sido calculados utilizando dicha topografía. La actualización topográfica de 2020 muestra diferencias en los distintos puntos de monitoreo, las que se deben fundamentalmente al nivel de precisión de la topografía. A la fecha de emisión de este informe, la Autoridad no se ha pronunciado al respecto. En el caso de que la SMA estime necesario actualizar la información histórica con la nueva topografía, se requeriría hacer un ejercicio similar para recalcular los valores de línea base y, por ende, los umbrales asociados al Plan de Alerta Temprana. La carta ingresada con fecha 24 de agosto de 2020 se adjunta en el Anexo M de este Informe.

Sin perjuicio de lo indicado en el párrafo precedente, mediante carta ingresada con fecha 7 de mayo de 2019, y dando cumplimiento a lo establecido en condición específica 10.10 de la RCA 021/2016 referente a "Sobre el nivel de las lagunas, la cota topográfica de referencia deberá ser revisada y validada por la SMA cada 2 años", se hizo entrega a la SMA de informe del levantamiento topográfico georreferenciado, realizado entre fines del año 2018 y principios del año 2019, a los 16 limnímetros[8] y a las 4 estacas pertenecientes a la red del PSAH que se encuentran instalados en los cuerpos de agua del Salar. A la fecha, ALB no ha tenido respuesta por parte de la SMA respecto del informe entregado, por lo que las coordenadas y cotas presentadas en este informe son las correspondientes a las reportadas en los informes trimestrales del año 2019. La carta ingresada con fecha 7 de mayo de 2019 se adjunta en el Anexo M de este Informe.

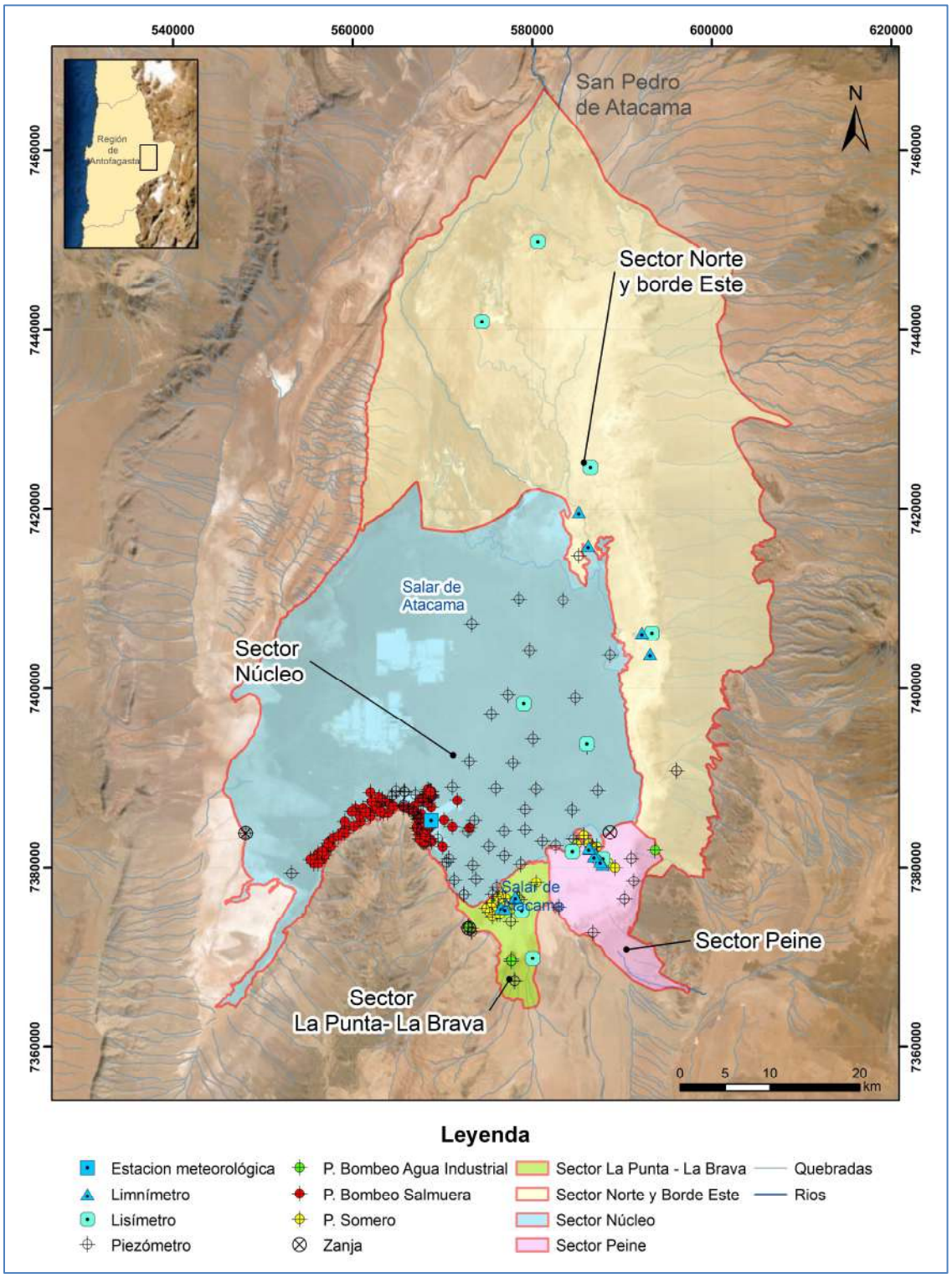
[8] El LM-15 se cambió por BA-31

Figura 4-3 Línea de Tiempo de Implementación del Plan de Monitoreo e Instalación de lisímetros



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-4 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 ALB 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 Nº21/2016 y además a la incorporación de mejoras tecnológicas.

En la Tabla 4-3 y en la Figura 4-5 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 4-3 Detalle de las Estaciones Meteorológicas

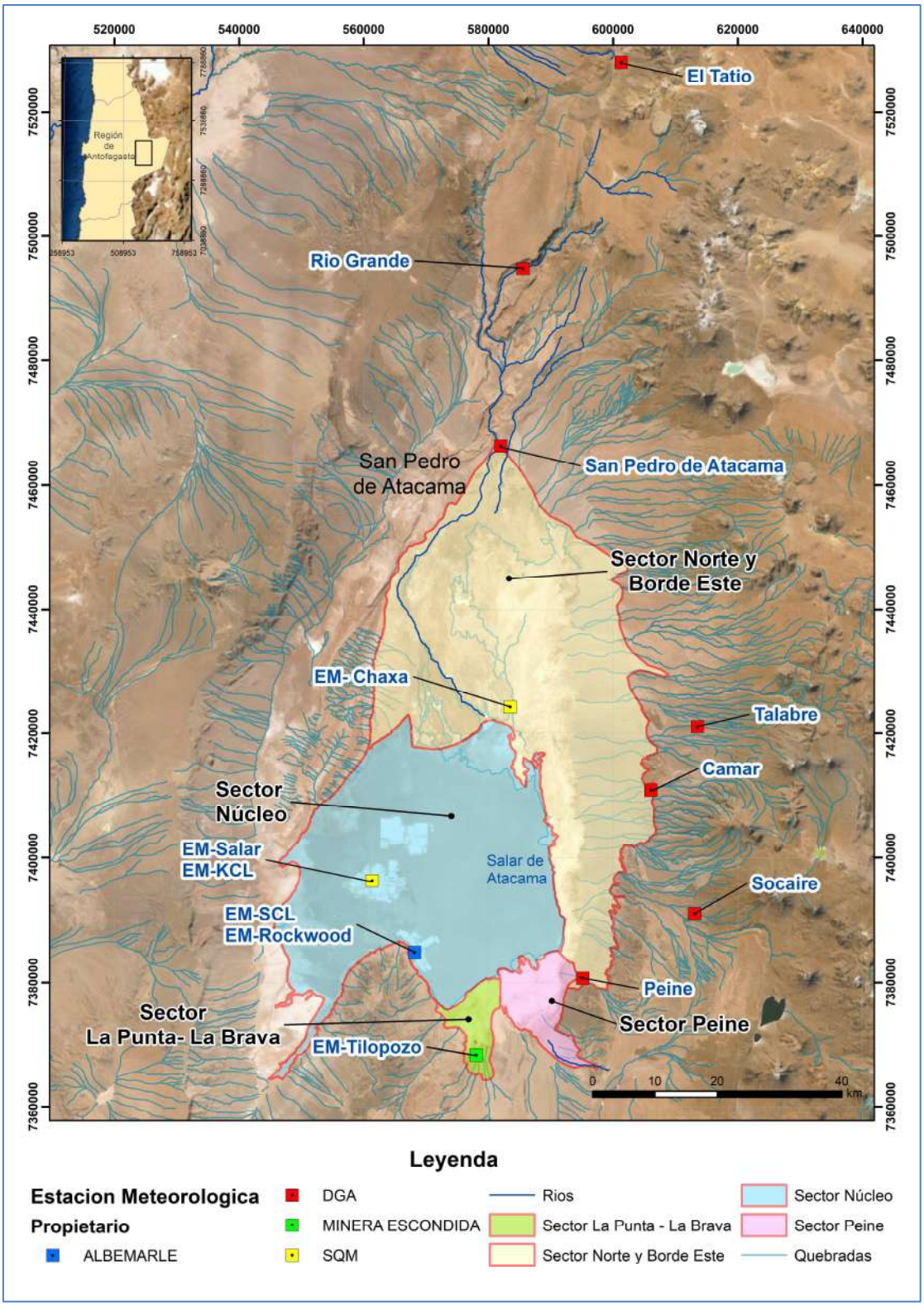
Nombre	Coordenadas UTM (*Datum* WGS 84/Huso 19S)		Cota Referencia [m s.n.m.]	Propietario
	Este (m)	Norte (m)		
EM-SCL	569.244	7.384.662	2.300	ALBEMARLE
EM-Rockwood	568.772	7.385.236	2.300	ALBEMARLE
Camar	605.746	7.410.665	2.700	DGA
El Tatio	601.377	7.525.377	4.370	DGA
Peine	595.837	7.380.038	2.460	DGA
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 (1)	583.508	7.424.264	2.304	SQM
EM-Salar	561.348	7.396.266	2.300	SQM
EM-KCl (2)	561.376	7.396.241	2.300	SQM
EM-Tilopozo	578.068	7.368.320	2.313	MEL

(1) Informe Nº 21 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico Proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama" de SQM Salar S.A. presenta coordenadas UTM: 583.530,01 mE; 7.424.240,32 mN.

(2) EM-KCL reemplazó EM-Salar en el año 2015.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-5 Ubicaciones de las Estaciones Meteorológicas



Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Red de Monitoreo de Evapotranspiración

ALB tiene un compromiso de medir de forma continua las tasas de evaporación del salar con un total de 11 lisímetros de carga constante. No obstante, tal como se aclara en el acápite 4.2, por los desafíos asociados con el funcionamiento de los equipos, hasta la fecha no ha sido posible lograr mediciones confiables.

Con el propósito de dar cumplimiento a lo establecido en la RCA y dar continuidad a las mediciones de evapotranspiración, se han continuado con las campañas trimestrales de medición con domos, que entregan información puntual de la evapotranspiración. En la Tabla 4-4 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 4-4 Red de Monitoreo de Evapotranspiración

Punto de Monitoreo 2020	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
-	LS-11*	Núcleo	560.582	7.411.613	2.300,15

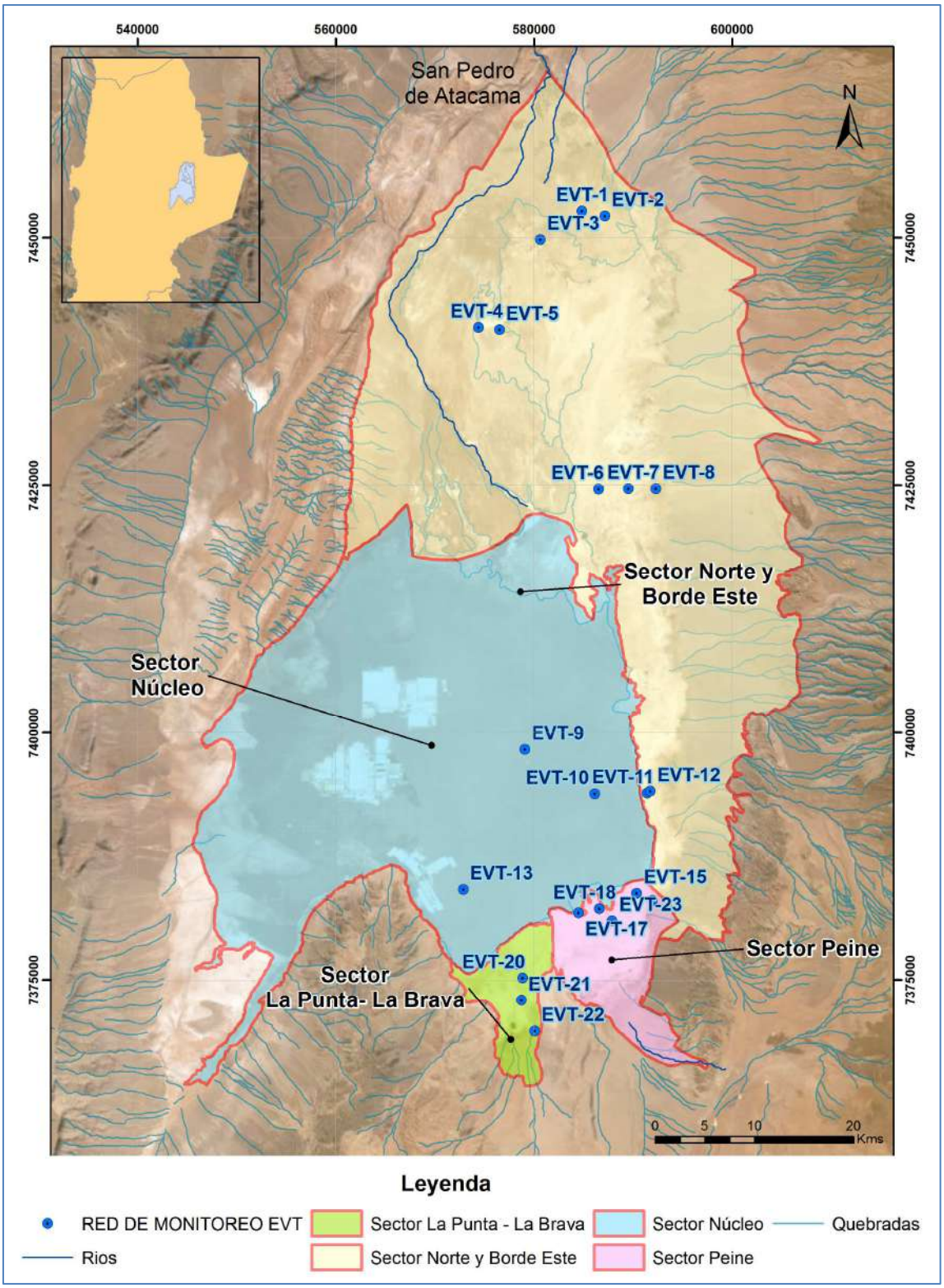
* Los puntos LS-04 y LS-11 no han sido medido con domos.

Nota: Cota Referencia y coordenadas UTM, corresponden a las presentadas en la Adenda 5.
* Los puntos de monitoreo LS-04 y LS-11 no se han medido nunca con domo ya que, aun habiendo en 2019 un lisímetro instalado en cada punto, estos no tiene un punto equivalente de medición con domo (EVT-XX).
Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4-6 se muestran la ubicación de los puntos en donde actualmente se mide la evapotranspiración a través de domo.

Figura 4-6 Red Monitoreo Evapotranspiración



Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Red de Monitoreo Superficie Cubierta por Lagunas

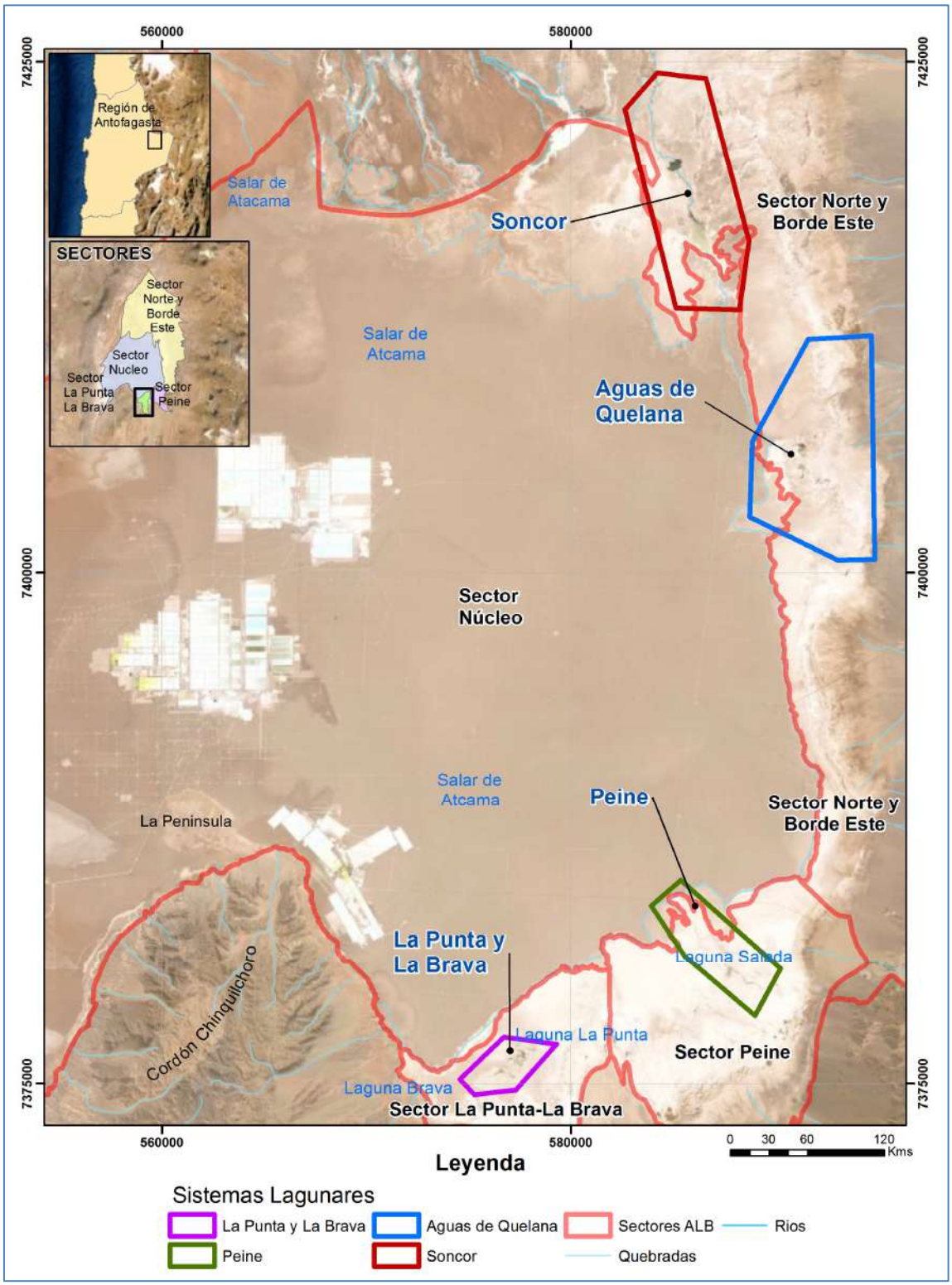
El área inundada por la superficie lagunar se mide a través de imágenes satelitales de alta resolución y levantamiento en terreno, considerando cuatro polígonos de evaluación, uno para cada sistema lagunar objeto de protección del Proyecto. Los vértices de los polígonos se indican en la Tabla 4-5, y su ubicación espacial en la Figura 4-7.

Tabla 4-5 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: Elaboración propia

Figura 4-7 Red Superficie Cubierta por Lagunas



Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Red de Monitoreo de Nivel, Posición 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 y que corresponde a La Punta-La Brava, Peine, Norte y Borde Este y Núcleo.

La red de puntos de monitoreo de agua subterránea se encuentra compuesta por:

- Pozos someros: también denominados como barrenos, cuya sigla corresponde a BA-XX[9]. Son pozos 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 en la zona de evaporación.
- 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 somero 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 intermedio habilitado únicamente por debajo de la posición de la Interfase Salina, destinado a la toma de muestras de salmuera.
    - MP-XXC: piezómetro profundo perforado por debajo de la interfase y habilitado en su totalidad, se destina a la realización de perfiles de conductividad y temperatura.
- Pozos de extracción: perforaciones de gran diámetro (20 a 60 pulgadas), realizados generalmente con maquinaria de perforación pesada, destinados a la extracción tanto de agua industrial como de salmuera.

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

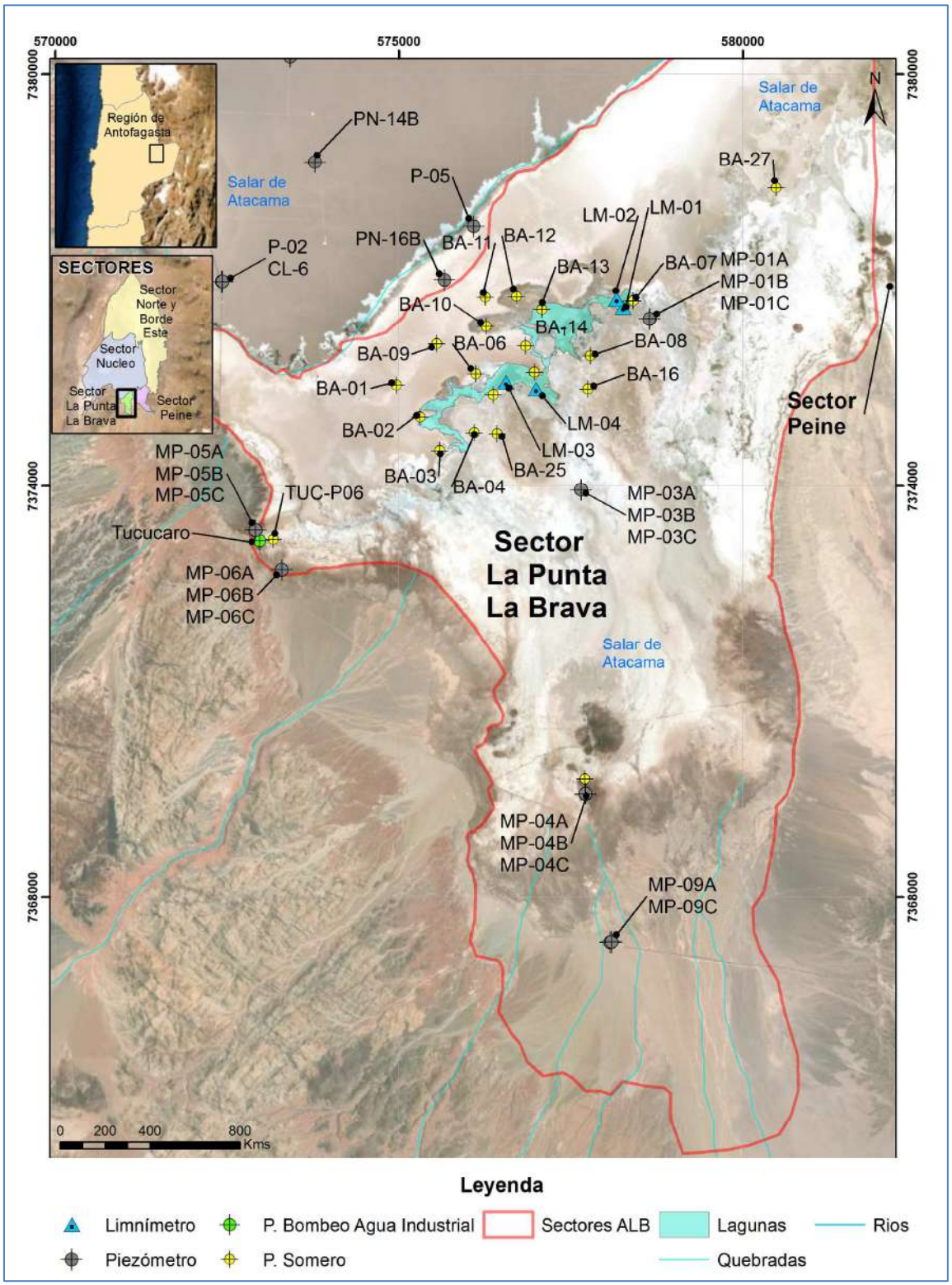
- Zanjas: son excavaciones realizadas en el terreno mediante maquinaria tipo retroexcavadora, con profundidad en torno a los 5 metros, que permite medir la profundidad del nivel de las aguas subterráneas.

4.2.5.1 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 4-8 muestra la distribución de estos puntos según su tipología y la Tabla 4-6 presenta los 44 puntos de monitoreo considerados en este sector indicando las variables que deben ser medidas en cada punto, mediante una “x”.

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 4-8 Puntos de Monitoreo Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-6 Red de Monitoreo Sector La Punta-La Brava

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM* (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar* (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		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		
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		
19	LM-01	578.259	7.376.599	2.300,33	Limnímetro		x			x
20	LM-02	578.162	7.376.719	2.300,80	Limnímetro		x			x
21	LM-03	576.553	7.375.507	2.300,58	Limnímetro		x			x
22	LM-04	576.992	7.375.404	2.300,93	Limnímetro		x			x
23	LM-16	577.756	7.369.364	2.307,84	Limnímetro		x			x
24	MP-01A	578.647	7.376.429	2.301,23	Piezómetro			x		x
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	

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM* (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar* (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química
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
40	MP-09C	578.099	7.367.353	2.318,26	Piezómetro			x	x	
41	TIL-P03	577.703	7.369.729	2306,53	P. somero			x		
42	Tilopozo	577.715	7.369.511	2.308,10	Pozo			x		
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**

*Coordenadas y cotas preliminares. Levantamiento topográfico para nivelación y homologación de coordenadas y cotas (condición específica 10.3 de la RCA Nº21/2016) ya fue realizado, siendo entregado a la SMA el 24 de agosto de 2020.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.2 Monitoreo 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. El sector consiste de un total de 39 puntos de monitoreo de los cuales se muestran espacialmente en la Figura 4-9, haciendo la distinción en cuanto a las variables que se miden en cada uno de ellos.

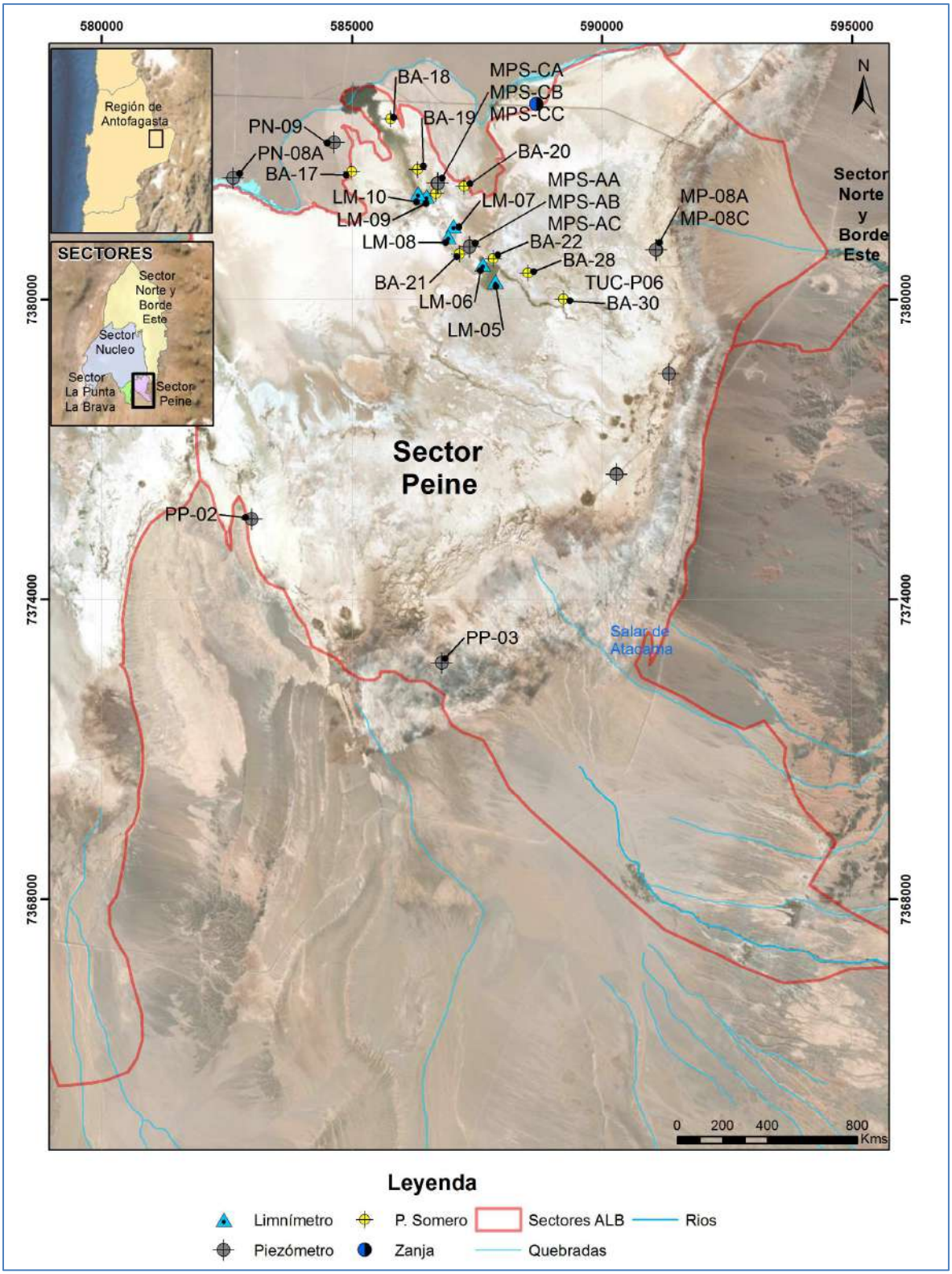
En la Tabla 4-7 se presentan todos los puntos de monitoreo considerados en este sector indicando sus coordenadas y las variables que se miden en cada uno de ellos.

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 Interfase 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. Posteriormente, se recibe Ord. DGA Nº 823 de 24.11.2017 con observaciones solicitando proponer otro par de piezómetros para el sistema Peine y modelación hidráulica conceptual del sistema, incorporando el acuífero confinado, a lo cual se dio respuesta mediante carta MA 033/2018 con fecha 14.03.2018, no habiéndose recibido comentarios a la fecha. Por lo anterior, este pozo no ha sido construido y se encuentra en revisión por parte de Albemarle, para retomar conversaciones con la autoridad.

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 4-9 Puntos de Monitoreo Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-7 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Peine

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química
1	AFP-01	589.192	7.379.865	2.301,02	Superficial	x				
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	Antecepresa 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		
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		
14	BA-30	589.239	7.380.003	2302,28	P. somero			x		
15	LM-05	587.871	7.380.354	2.300,58	Limnímetro		x			x
16	LM-06	587.618	7.380.701	2.300,78	Limnímetro		x			x
17	LM-07	587.038	7.381.462	2.300,45	Limnímetro		x			x
18	LM-08	586.928	7.381.249	2.300,54	Limnímetro		x			x
19	LM-09	586.497	7.382.059	2.299,73	Limnímetro		x			x
20	LM-10	586.329	7.382.108	2.299,69	Limnímetro		x			x
21	LM-17	584.939	7.384.094	2.299,61	Limnímetro		x			x
22	MP-07A	590.305	7.376.507	2.306,63	Piezómetro			x		x
23	MP-07C(2)	590.300	7.376.499	2.306,63	Piezómetro			x	x	
	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
25	MP-08C(3)	591.088	7.380.990	2.303,48	Piezómetro			x**	x**	

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química
26	MPS-AA	587.361	7.381.053	2.300,25	Piezómetro			x		x
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	
32	PP-01	591.348	7.378.507	2.305,56	Piezómetro			x	x	x
33	PP-02	583.007	7.375.594	2.303,98	Piezómetro			x	x	x
34	PP-03	586.803	7.372.719	2.309,09	Piezómetro			x	x	x
35	E1	586.496	7.382.071	2.299,47	Estaca		x			
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**

Notas:

(1) Coordenadas y cotas preliminares. Levantamiento topográfico para nivelación y homologación de coordenadas y cotas (condición específica 10.3 de la RCA Nº21/2016) ya fue realizado, siendo entregado a la SMA el 24 de agosto de 2020.

(2) El piezómetro MP-07C instalado en agosto del 2016 no intercepta la Interfase Salina, por lo que fue reemplazado por piezómetro MP-07C-1, lo que fue informado a la SMA mediante carta MA 064/2017.

(3) Pozo sellado por presentar surgencia, lo cual fue informado a la SMA mediante carta MA 007/2016. Se propuso construcción de pozo de reemplazo (MP-08C-1), pero a la fecha no se ha materializado.

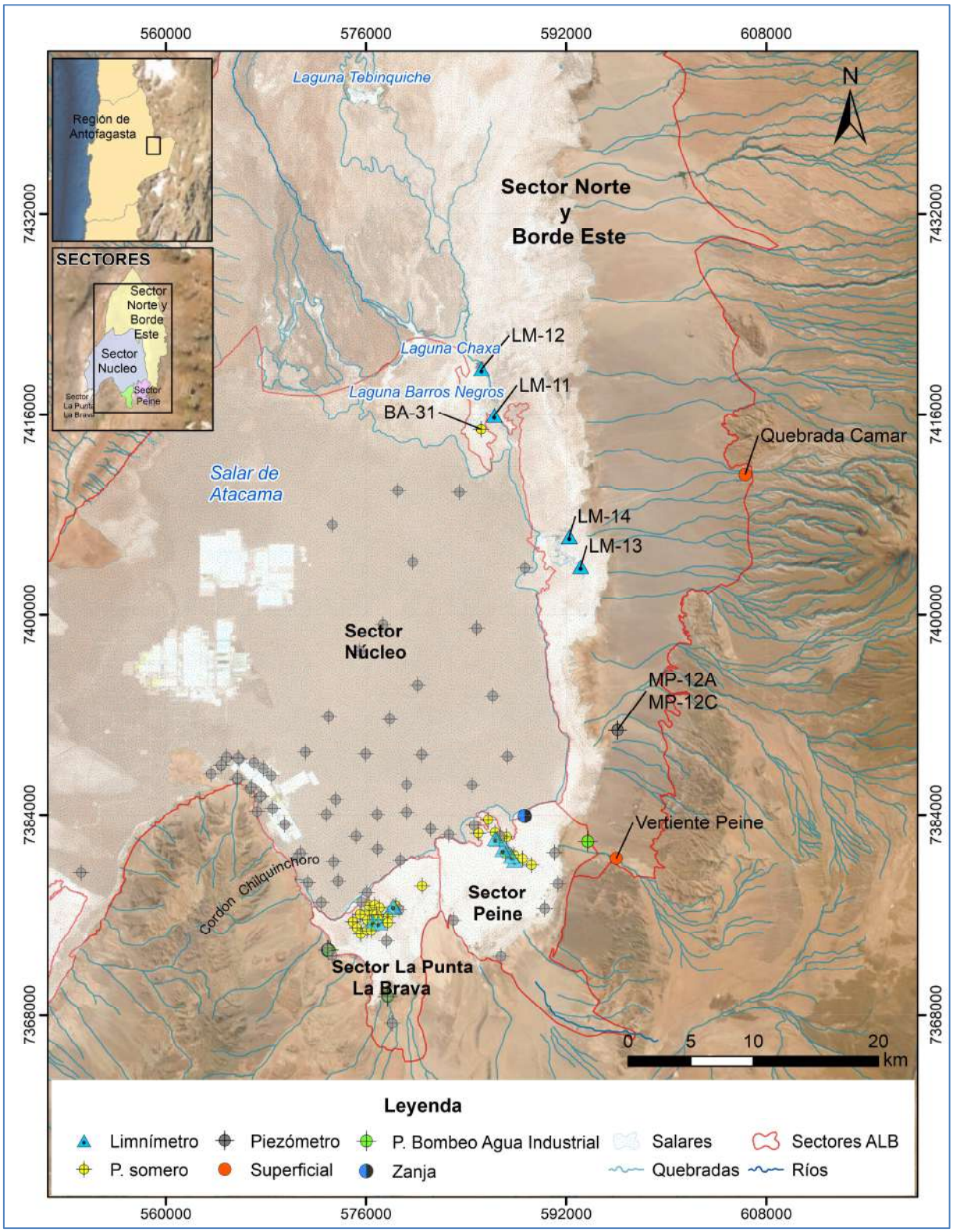
Fuente: Elaboración propia

4.2.5.3 Monitoreo 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 tienen los 5 limnímetros en las coordenadas que se indican en la Tabla 4-8 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 4-10.

Figura 4-10 Puntos de Monitoreo Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-8 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Norte y Borde Este

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		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	Limnímetro		x			x
2	LM-12	585.236	7.419.626	2.299,73	Limnímetro		x			x
3	LM-13	593.159	7.403.846	2.300,38	Limnímetro		x			x
4	LM-14	592.251	7.406.216	2.300,50	Limnímetro		x			x
5	BA-31 (2) (ex LM-15)	585.222	7.414.817	2.298,80	P. somero			x		x
6	MP-12A	596.113	7.390.802	2.316,23	Piezómetro			x		x
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
9	Vertiente Peine	596.008	7.380.544	2.445,48	Superficial	x				x
Total Puntos de Monitoreo						**1**	**4**	**3**	**1**	**8**

(1) Coordenadas y cotas preliminares. Levantamiento topográfico para nivelación y homologación de coordenadas y cotas (condición específica 10.3 de la RCA Nº21/2016) ya fue realizado, siendo entregado a la SMA el 24 de agosto de 2020.

(2) BA-31 corresponde a un piezómetro somero, que en forma previa fue erróneamente denominado como limnímetro LM-15.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5.4 Monitoreo Sector Núcleo

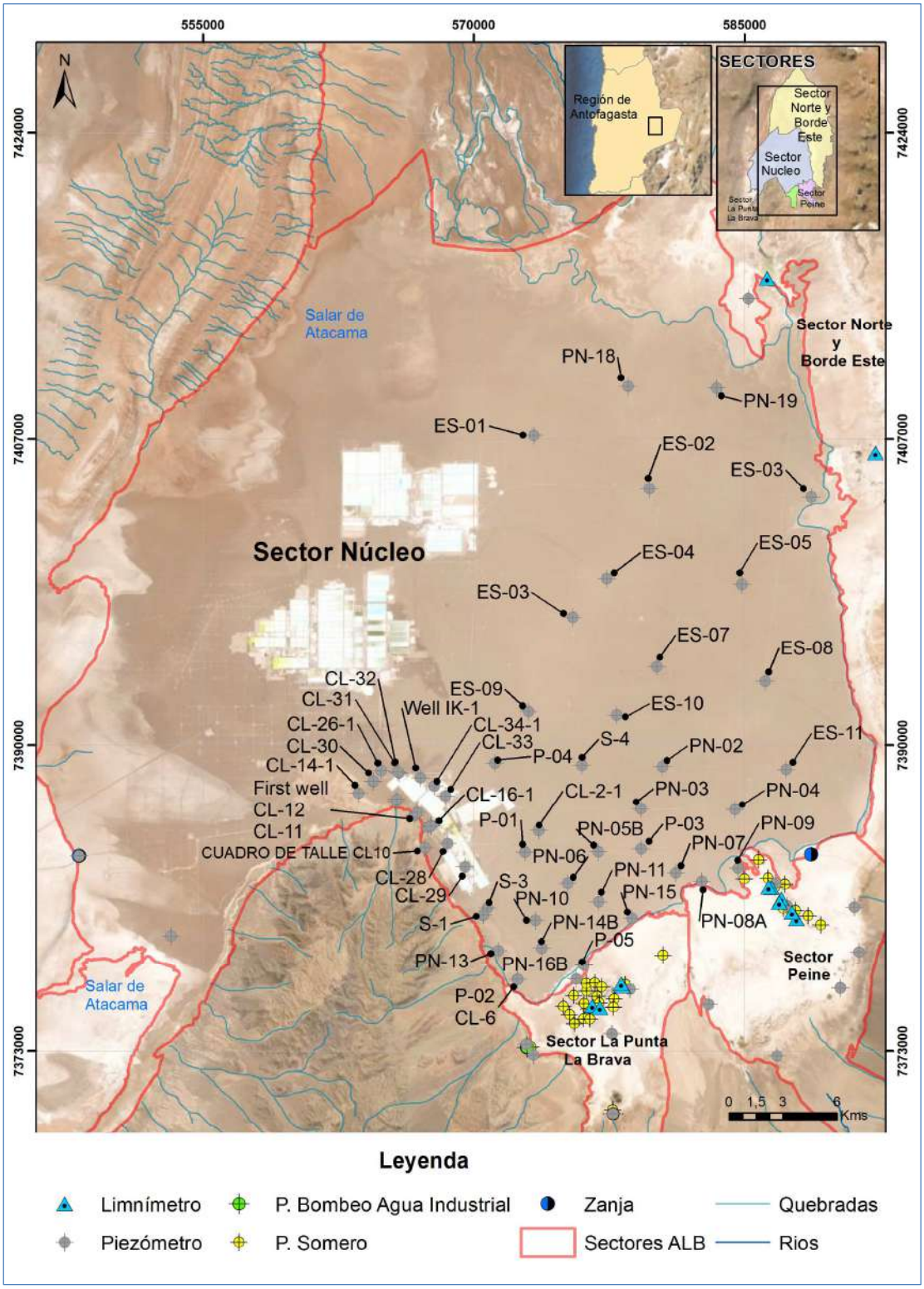
El sector Núcleo constituye el Núcleo del salar desde donde se extrae la salmuera. La red de monitoreo de este sector considera un total de 62 puntos para la medición mensual solamente de niveles piezométricos. En la Figura 4-11 se muestra la ubicación de cada uno de ellos.

La no inclusión del monitoreo de la calidad química en los pozos de extracción de salmuera esta dada por la resolución de solicitud de interpretación de la RCA Nº21/2016, resuelta mediante la R.E. Nº 1.472 de fecha 27 de diciembre 2017 del SEA Dirección Ejecutiva. Por lo anterior es que no se presentan resultados asociados a química de los pozos de extracción de salmuera. Dicha Resolución se adjunta dentro de Anexo M de este Informe.

La Tabla 4-9 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 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 Nº21/2016.

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 4-11 Puntos de Monitoreo Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-9 Red de Monitoreo ubicados en el Sector Núcleo

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		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		
	CL-2-1 (2)	573.591	7.385.223	2.300,49						
2	CL-6	572.422	7.376.975	2.300,12	Piezómetro			x		
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 (3)	563.769	7.387.448	2.300,75						
8	CL-16	567.641	7.385.485	2.300,30	Piezómetro			x		
	CL-16-1 (4)	567.614	7.385.472	2.301,26						
9	CL-17	565.711	7.386.853	2.300,26	Piezómetro			x		
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		
	CL-26-1 (5)	564.435	7.387.975	2.300,51						
12	CL-27	567.043	7.388.162	2.300,04	Piezómetro			x		
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		
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		
19	CL-34	568.431	7.387.167	2.300,07	Piezómetro			x		
	CL-34-1 (6)	568.432	7.387.160	2.300,31						
20	CS-01	548.122	7.383.820	2.300,86	Piezómetro			x		
21	ES-01	573.316	7.407.190	2.299,93	Piezómetro			x		

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química
22	ES-02	579.742	7.404.217	2.299,77	Piezómetro			x		
23	ES-03	588.711	7.403.738	2.299,54	Piezómetro			x		
24	ES-04	577.358	7.399.233	2.299,87	Piezómetro			x		
25	ES-05	584.854	7.398.928	2.299,76	Piezómetro			x		
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		
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		
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		
32	EXP-2	565.861	7.388.442	2.299,87	Piezómetro			x		
	EXP-2-1 (7)	565.777	7.388.513	2.300,60						
33	First well	567.158	7.386.604	2.300,08	Piezómetro			x		
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		
40	PN-03	579.258	7.386.428	2.299,52	Piezómetro			x		
41	PN-04	584.483	7.386.395	2.300,13	Piezómetro			x		
42	PN-05B	576.901	7.384.044	2.300,81	Piezómetro			x		
43	PN-06	575.214	7.382.305	2.300,49	Piezómetro			x		
44	PN-07	581.187	7.382.874	2.300,32	Piezómetro			x		
45	PN-08A	582.633	7.382.424	2.300,72	Piezómetro			x		
46	PN-09	584.650	7.383.143	2.299,65	Piezómetro			x		
47	PN-10	573.416	7.380.256	2.300,22	Piezómetro			x		

Nº	Punto de Medición	Coordenadas UTM(1) (WGS 84/Huso 19S)		Cota Collar(1) (m s.n.m.)	Tipo de Punto	Variable de Medición				
		Este (m)	Norte (m)			Aforo Caudal	Nivel Laguna	Nivel Freático	Interfase Salina	Calidad Química
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		
50	PN-14B	573.777	7.378.721	2.300,44	Piezómetro			x		
51	PN-15	578.762	7.380.378	2.300,37	Piezómetro			x		
52	PN-16B	575.663	7.377.001	2.300,42	Piezómetro			x		
53	PN-18	578.554	7.409.920	2.299,71	Piezómetro			x		
54	PN-19	583.463	7.409.811	2.299,45	Piezómetro			x		
55	S-1	570.270	7.380.179	2.300,51	Piezómetro			x		
56	S-2	570.521	7.380.563	2.300,33	Piezómetro			x		
57	S-2-1 (8)	570.521	7.380.563	2.300,33	Piezómetro					
58	S-3	570.775	7.380.949	2.300,49	Piezómetro			x		
59	S-4	575.984	7.388.860	2.300,21	Piezómetro			x		
60	Sample-4A	553.228	7.379.389	2.301,19	Piezómetro			x		
61	Well IK	567.801	7.387.700	2.299,88	Piezómetro			x		
	Well-IK-1 (9)	567.802	7.387.699	2.300,53						
62	Zanja camino a Peine	588.696	7.383.905	2.300,26	Zanja			x		
Total Puntos de Monitoreo						**0**	**0**	**61**	**0**	**0**

(1) Coordenadas y cotas preliminares. Levantamiento topográfico para nivelación y homologación de coordenadas y cotas (condición específica 10.3 de la RCA Nº21/2016 ya fue realizado, siendo entregado a la SMA el 24 de agosto de 2020.
(2) Reemplaza a CL-2 desde julio de 2016;
(3) Reemplaza a CL-14 desde julio de 2016;
(4) Reemplaza a CL-16 desde julio 2016;
(5) Reemplaza a CL-26 desde julio 2016;
(6) Reemplaza a CL-34 desde julio 2016;
(7) Reemplaza a EXP-2 desde julio 2016;
(8) Reemplaza a S-2 desde junio 2019;
(9) Reemplaza a WELL-IK desde octubre 2016. Deja de ser operativo en septiembre 2017 y en octubre 2017 se reperfora y queda operativo.

Fuente: Elaboración propia

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

En la Tabla 4-10 se presentan los pozos de extracción tanto de salmuera como de agua dulce-salobre, que ALB ha operado durante el año 2020, asimismo se entregan sus coordenadas. En la Figura 4-12 se presenta su ubicación.

Tabla 4-10 Pozos de Bombeo Actuales 2020

Punto	Coordenadas UTM* (WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción
	Este (m)	Norte (m)		
CL-1	573.049	7.384.403	Salmuera	A2
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-22	566.850	7.386.203	Salmuera	A1
CL-23	571.141	7.384.543	Salmuera	A2
CL-24	570.070	7.382.264	Salmuera	A2
CL-27	567.527	7.387.606	Salmuera	A1
CL-37	565.679	7.386.693	Salmuera	A1
CL-45	571.689	7.387.482	Salmuera	A2
CL-59	555.731	7.380.459	Salmuera	A1
CL-60	557.531	7.382.960	Salmuera	A1
CL-65	558.828	7.383.840	Salmuera	A1
CL-73	567.428	7.384.987	Salmuera	A1
CL-74	567.424	7.384.090	Salmuera	A1
CL-78	556.046	7.380.948	Salmuera	A1
CL-79	556.639	7.381.750	Salmuera	A1
CL-80	557.315	7.382.635	Salmuera	A1
CL-82	568.327	7.388.254	Salmuera	A1
CL-83	568.527	7.388.255	Salmuera	A1
CL-84	556.197	7.380.497	Salmuera	A1
CL-85	568.448	7.385.039	Salmuera	A1
CL-86	568.527	7.384.385	Salmuera	A1
CL-89	555.344	7.380.892	Salmuera	A1
CL-90	567.472	7.383.701	Salmuera	A1
CL-91	567.715	7.382.838	Salmuera	A1
CL-92	567.680	7.385.933	Salmuera	A1
CL-93	567.161	7.384.464	Salmuera	A1
CL-94	567.510	7.383.140	Salmuera	A1
CL-97	558.413	7.383.460	Salmuera	A1
CL-99	568.043	7.384.955	Salmuera	A1
CL-100	563.437	7.386.040	Salmuera	A1
CL-101	557.123	7.382.092	Salmuera	A1

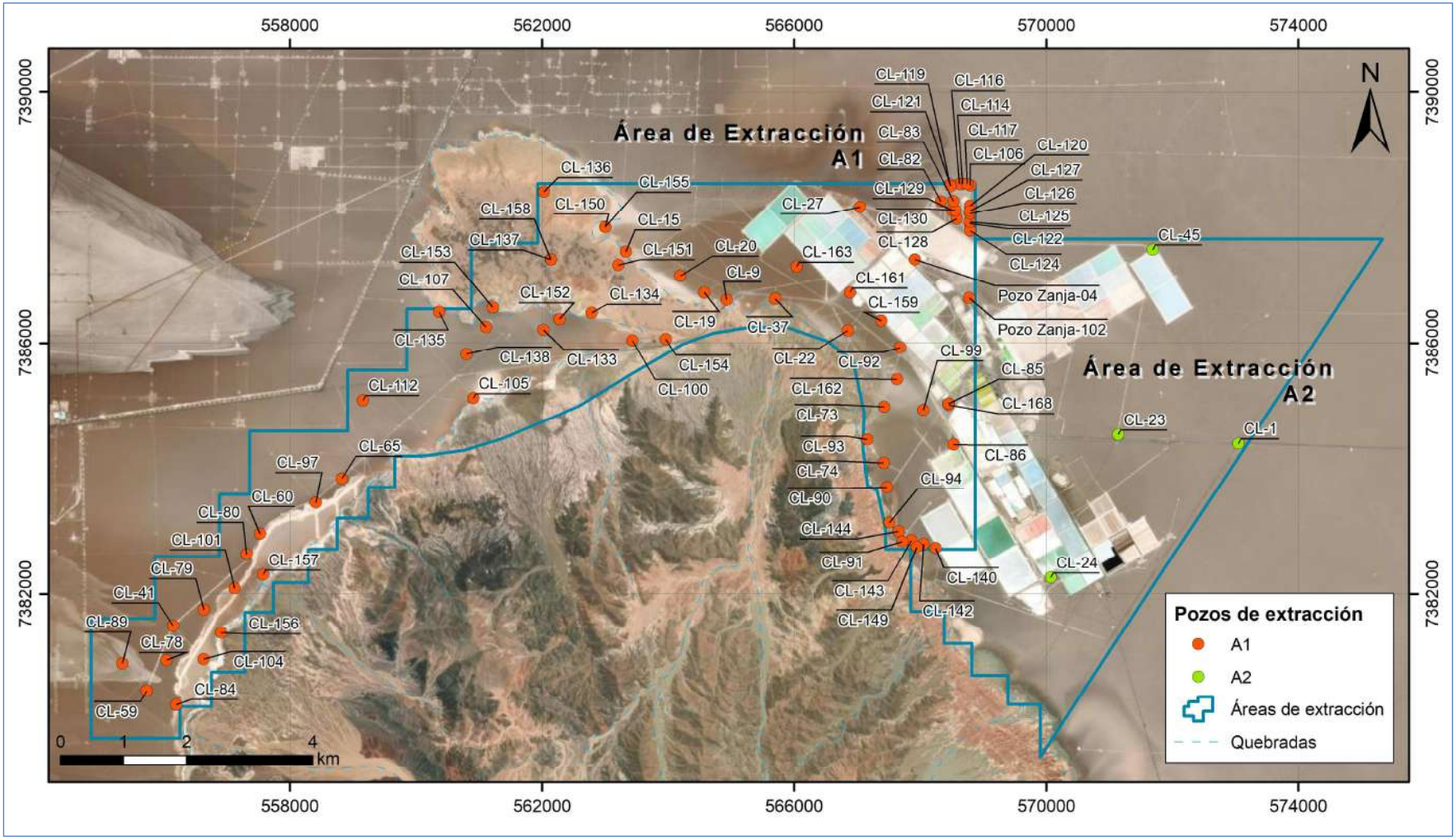
Punto	Coordenadas UTM* (WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción
	Este (m)	Norte (m)		
CL-104	556.633	7.380.959	Salmuera	A1
CL-105	560.911	7.385.124	Salmuera	A1
CL-106	568.797	7.388.505	Salmuera	A1
CL-107	561.110	7.386.256	Salmuera	A1
CL-112	559.160	7.385.094	Salmuera	A1
CL-114	568.672	7.388.530	Salmuera	A1
CL-116	568.622	7.388.530	Salmuera	A1
CL-117	568.747	7.388.530	Salmuera	A1
CL-119	568.474	7.388.527	Salmuera	A1
CL-120	568.791	7.388.180	Salmuera	A1
CL-121	568.485	7.388.497	Salmuera	A1
CL-122	568.786	7.387.900	Salmuera	A1
CL-124	568.790	7.387.786	Salmuera	A1
CL-125	568.786	7.387.923	Salmuera	A1
CL-126	568.785	7.388.056	Salmuera	A1
CL-127	568.789	7.388.097	Salmuera	A1
CL-128	568.577	7.387.972	Salmuera	A1
CL-130	568.559	7.388.109	Salmuera	A1
CL-133	562.022	7.386.212	Salmuera	A1
CL-134	562.789	7.386.481	Salmuera	A1
CL-135	560.370	7.386.496	Salmuera	A1
CL-136	562.033	7.388.407	Salmuera	A1
CL-137	562.139	7.387.328	Salmuera	A1
CL-138	560.805	7.385.830	Salmuera	A1
CL-140	568.243	7.382.732	Salmuera	A1
CL-142	568.057	7.382.804	Salmuera	A1
CL-143	567.860	7.382.858	Salmuera	A1
CL-144	567.658	7.383.001	Salmuera	A1
CL-149	567.944	7.382.746	Salmuera	A1
CL-150	563.003	7.387.844	Salmuera	A1
CL-151	563.211	7.387.236	Salmuera	A1
CL-152	562.275	7.386.382	Salmuera	A1
CL-153	561.223	7.386.566	Salmuera	A1
CL-154	563.962	7.386.065	Salmuera	A1
CL-155	563.003	7.387.844	Salmuera	A1
CL-156	556.913	7.381.383	Salmuera	A1
CL-157	557.579	7.382.307	Salmuera	A1
CL-158	562.142	7.387.327	Salmuera	A1
CL-159	567.383	7.386.355	Salmuera	A1
CL-161	566.886	7.386.801	Salmuera	A1
CL-162	567.630	7.385.423	Salmuera	A1

Punto	Coordenadas UTM* (WGS 84/Huso 19S)		Extracción	Área de Extracción
	Este (m)	Norte (m)		
CL-163	566.038	7.387.211	Salmuera	A1
CL-168	568.458	7.385.019	Salmuera	A1
Pozo Zanja - 04	567.914	7.387.327	Salmuera	A1
Pozo Zanja - 102	568.778	7.386.716	Salmuera	A1
Peine	593.721	7.381.894	Agua dulce-salobre	Peine
Tilopozo	577.715	7.369.511	Agua dulce-salobre	La Punta-La Brava
Tucúcaro	572.970	7.373.199	Agua dulce-salobre	La Punta-La Brava

*Coordenadas y cotas preliminares. Levantamiento topográfico para nivelación y homologación de coordenadas y cotas (condición específica 10.3 de la RCA Nº21/2016) ya fue realizado, siendo entregado a la SMA el 24 de agosto de 2020.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-12 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 en forma anticipada (en el tiempo y en el espacio) desviaciones respecto a las proyecciones asociados con el comportamiento del componente hídrico que pudieren llegar a afectar los sistemas objeto de protección y en consecuencia la generación de activación de medidas preventivas para evitar un afectación no previsto de los sistemas. Las medidas pueden ser preventivas intermedias, para entender el origen del desvío, 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 (Figura 4-13), 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 los siguientes 3 Sectores de Alerta Figura 4-13):

- Sector de alerta Núcleo, - se ubica en el Núcleo del Salar entre la explotación de ALB y los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava
- Sector de alerta Acuífero - se ubica en el acuífero de agua dulce-salobre alrededor de los sistemas lagunares de Peine y La Punta-La Brava
- Sector de alerta Norte - considera el sector del Núcleo frente los sistemas lagunares de Soncor y Aguas de Quelana

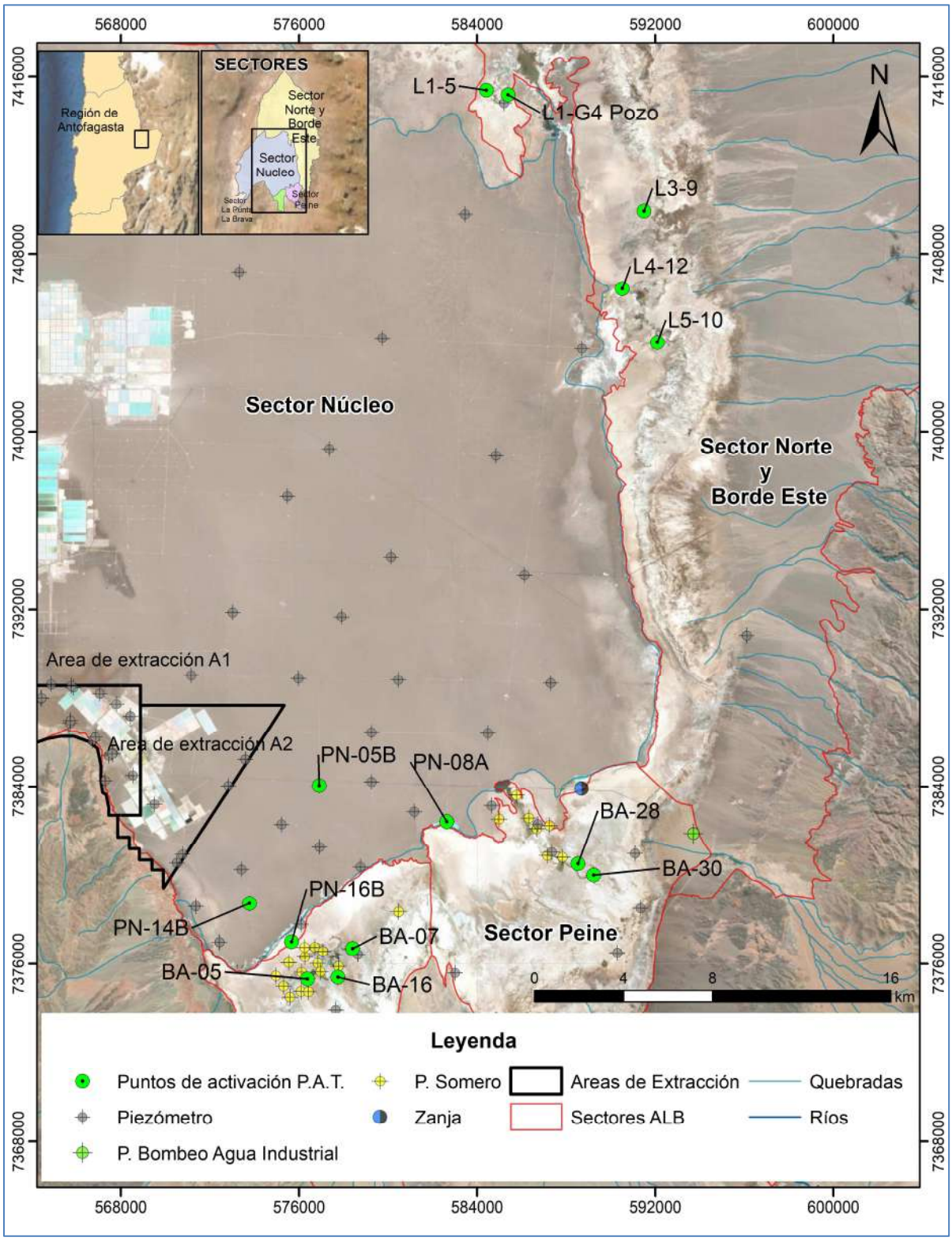
Cada sector tiene sus puntos de activación, umbrales y medidas de acción diferentes, que dicen relación con el comportamiento esperado de cada sector durante la fase de operación del Proyecto.

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 Nº21/2016 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. En Peine 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 4-13 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, ALB entregó en la Primera Actualización del Modelo los umbrales que corresponden considerando como fecha de inicio del Proyecto el 28 septiembre del 2016. Sin embargo, se está a la espera de la validación de la autoridad ambiental, por ende, los umbrales presentados en la Adenda 5, siguen siendo los válidos.

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 por el bombeo pero sin alcanzar a causar efectos al otro lado de la interfase salina. 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 2020 corresponde al quinto año calendario de operación del Proyecto, en la Tabla 4-11, se presentan los valores de los umbrales 2020 para los pozos asociados al PAT y en la Figura 4-13 se presenta un detalle de la ubicación de los mismos.

Tabla 4-11 Umbrales de activación año calendario 2020

Pozo	Coordenadas UTM (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	2.298,42	2.298,33	2.297,74
PN-08A	582.633	7.382.424	2.298,44	2.298,35	2.297,82
PN-14B	573.777	7.378.721	2.297,98	2.297,89	2.297,27
PN-16B	575.663	7.377.001	2.298,48	2.298,39	2.297,99

Fuente: En base a base a Tabla 4-3, Tabla 4-4, Tabla 4-5 y Tabla 4-6 de Anexo 3 Adenda 5

Cabe recordar que, de acuerdo a lo indicado en el numeral 4.3.2 del Anexo 3 de la Adenda 5, las condiciones de activación y desactivación de la Fase I son las siguientes:

- Condición de activación: Cuando el nivel registrado esté por bajo el umbral de Fase I durante tres medidas consecutivas, en cualquier punto de activación.
- Condición de desactivación: Cuando el nivel registrado esté por sobre umbral de Fase I durante tres meses consecutivos, en todos los puntos de activación.

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 bombeo. Así, en este sector los indicadores del comportamiento del sistema 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. En la Tabla 4-12, se presentan los valores de los umbrales para los pozos asociados al PAT y en la Figura 4-13 se presenta la ubicación de los mismos.

Tabla 4-12 Niveles de activación hídrico en el sector de alerta Acuífero

Pozo	Coordenadas UTM (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.

Cabe recordar que, de acuerdo a lo estipulado en el numeral 4.4.2 del Anexo 3 de la Adenda 5, para el PAT de este Sector alerta Acuífero, las condiciones de activación y desactivación de esta Fase Única, son las siguientes:

- Condiciones de activación: Cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral durante tres medidas consecutivos en al menos un punto de activación.
- Condiciones de desactivación: Cuando el nivel registrado esté por encima su umbral durante tres meses consecutivos en todos los puntos de activación.

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 mismos umbrales y mismos 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 ALB 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 ALB informarse de la activación del PC de SQM.

Dicho lo anterior en la Tabla 4-13 se presentan las cotas de activación del PC de SQM según lo indicado en el Anexo 3 Adenda 5, que reseñan al Informe Nº 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 4-13 se presenta un detalle de la ubicación de los mismos.

Tabla 4-13 Cotas de Activación del Sector de alerta Norte

Punto de monitoreo	Coordenadas UTM* (PSAD56)		Umbral Fase I (m s.n.m.**)	Umbral Fase II (m s.n.m.**)
	Este (m)	Norte (m)		
L1-G4 Pozo	585.394,72	7.415.193,23	2.298,51	2.298,35
L1-5	584.418,52	7.415.394,02	2.298,51	2.298,35
L3-9	591.498,23	7.409.949,96	2.299,37	2.299,34
L4-12	590.518,12	7.406.433,03	2.298,72	2.298,69
L5-10	592.095,10	7.404.005,62	2.299,05	2.299,02

* Datos obtenidos de Tabla 4-11 Anexo 3 Adenda 5, basado en datos de terceros.
** Referencias topográficas según Informe Nº 15 del PSAH de SQM.

Fuente: Tabla 4-12 Anexo 3 Adenda 5.

Cabe recordar que, de acuerdo a lo estipulado en Numeral 4.5.2 del Anexo 3, Adenda 5, las condiciones de activación y desactivación de la Fase I son las siguientes:

- Condición de activación para Rockwood: Notificación, por parte de la autoridad ambiental o verificación por parte de Rockwood a través de documentación pública, que SQM ha activado la Fase I de su PAT como resultado de la activación en uno de los pozos.
- Condición de desactivación de Rockwood: Notificación, por parte de la autoridad o verificación por parte de Rockwood a través de documentación pública, que la Fase I del PC de SQM se ha desactivado.

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 en 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 4-14.

Tabla 4-14 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 [ºC] y presión atmosférica [mbar]. Los valores son registrados directamente por el instrumental de la estación con transmisión electrónica de datos a la sala de control, desde donde se accede a ella para su descarga a través de un computador.

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 2020 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 4-14.

Figura 4-14 Esquema de la cámara semiesférica dispuesta en terreno, con ventiladores y psicrómetro instalados

Fuente: PSAH (marzo de 2020).

Las características de los domos utilizados en las mediciones trimestrales se presentan en la Tabla 4-15.

Tabla 4-15 Características domos utilizados para la medición de la EVT en 2020

Domo	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Espesor aproximado (mm)	Campaña Marzo	Campaña Junio	Campaña Agosto	Campaña Diciembre
SA-01	110,0	51,3	5				X
SA-02	110,0	50,3	5				X
SA-03	100,5	51,0	5				X
SA-04	110,0	54,0	5			X	X
SA-05	110,0	54,0	5	X	X	X	
SA-06	110,0	53,5	5	X	X	X	

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 4-16 Equipos y materiales complementarios al uso de domos

Equipos y materiales	Parámetro de medición
(4 a 6) Ventiladores de 5 Volts	N/A
(3 o 4) Baterías portátiles de 5.000 y 10.000 miliamperios para alimentar los ventiladores	N/A
2 Psicrómetros (Vaisala MI70)	Grado de humedad en el aire
Pozómetro para medición de niveles (Solinst WLM Level 101 /15 m 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) 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.

3) 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 4-15).

4) 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” en el interior del domo disminuye el volumen de atmósfera que queda al interior del mismo.

5) 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.

6) 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 4-15.

7) 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.

8) 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.

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 4-15 Preparación del terreno e instalación del domo

Fuente: PSAH (marzo de 2020).

Todos los puntos de monitoreo se miden durante dos días (bijornada), 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 4-16) que es calculada mediante la siguiente ecuación:

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

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 4-16 (g/m^3*s)

V = Volumen del domo (m^3)

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 las siguientes formulas:

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

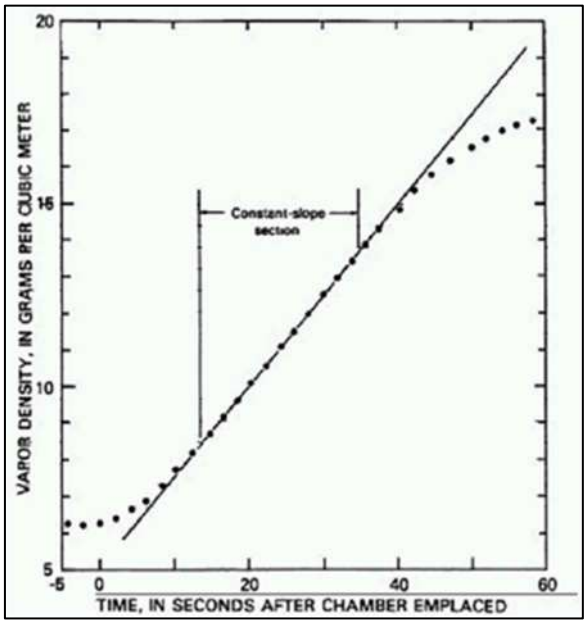
$$Volúmen\ interior_{Domo} = V_{Domo} = \frac{4}{3}\pi \cdot h_{Domo} \left(\frac{Diámetro_{Domo}}{2}\right)^2 \cdot 0{,}5$$

Dónde:

h_{Domo} : Altura del Domo [m]

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

Figura 4-16 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 ($Diámetro_{Domo}$ = 100 cm y h_{Domo} = 50 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 durante 2020, los factores de corrección por forma utilizados se muestran en la Tabla 4-17.

Tabla 4-17 Factor de corrección por forma

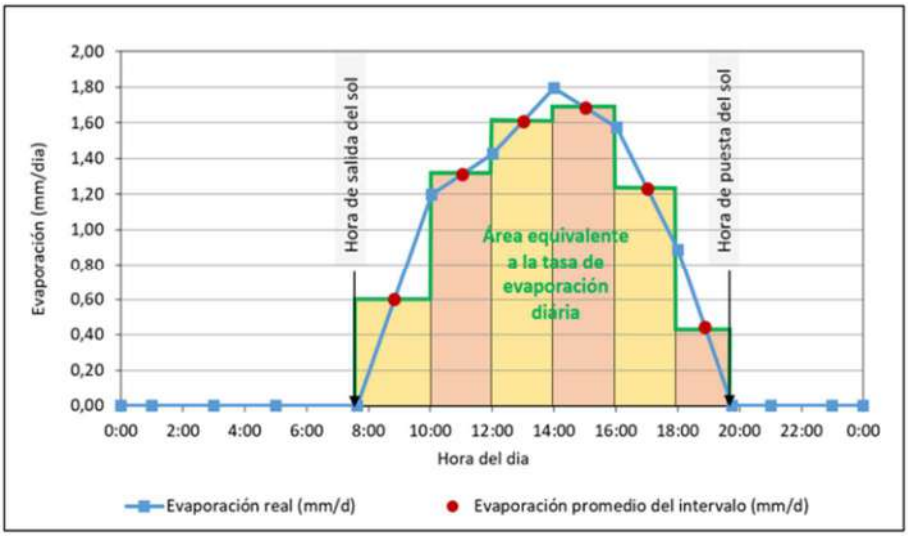
Domo	Área basal (m^2)	Volumen interior (m^3)	Factor de corrección
SA-01	0,95	0,33	1,027
SA-02	0,95	0,32	1,007
SA-03	0,79	0,27	1,021
SA-04	0,95	0,32	1,023
SA-05	0,95	0,34	1,081
SA-06	0,95	0,34	1,071

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 4-17, 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 4-17 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, a las que se suman el sobrevuelo de un dron para complementar la información.

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 de doble frecuencia, tecnología geoestacionaria de posicionamiento en tiempo real al decímetro (10 cm), con señal de corrección *Starfire*, que entrega información en coordenadas UTM WGS84, huso 19S.

Complementariamente, se utilizó un dron modelo DJI modelo *Mavic Pro* con cámara de 12 mega pixeles, con vuelo programado a 200 metros de altura en los sistemas lagunares de La Punta y La Brava y Peine, con algunas excepciones de 300 metros en sectores con alta concentración de avifauna (Estos mosaicos fueron georreferenciados en base a la imagen de alta resolución y a los puntos de validación de terreno GNSS y que se utilizan como apoyo en la determinación del recubrimiento de suelo, lo que permite mejorar la precisión. Todo el detalle de la metodología, resultados y análisis se presenta en Anexo C de este informe.

4.3.3.2 Metodología de Medición

Las imágenes de alta resolución se focalizan en aquellas áreas de mayor interés y se adquieren en agosto y diciembre, tal como quedase establecido en la RCA Nº21/2016. 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, complementariamente se utilizó un dron con vuelo programado en los sistemas lagunares de difícil acceso (Peine y La Punta - La Brava).

Las etapas metodológicas empleada durante la medición y análisis se resumen a continuación. El detalle de ellas se encuentra en el Anexo C de este Informe.

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 los mismos puntos[10] de réplicas estacionales de las campañas de invierno y verano de años previos (2016,2017, 2018) en zonas representativas de lagunas permanentes.
ii. Obtención de las imágenes satelitales, paralelo a la campaña de terreno y el sobrevuelo del dron DJI modelo *Mavic Pro*, con su respectivo 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

[10] Puntos: 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.

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.

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:

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

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:

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

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 denudados y agua.

Para el cálculo de este parámetro, se realiza la reclasificación de este parámetro 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 pixeles en las imágenes espectrales Pleiades-1A, en que los pixeles 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) 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 multiespectrales (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).

vi) Umbrales de reclasificación y validación del modelo de clasificación supervisada

Durante el proceso de clasificación supervisada, se establecieron umbrales de reclasificación para cada parámetro del modelo, los cuales representaron el valor límite de clasificación de pixeles como “cuerpo de agua” u “otro recubrimiento”. Estos umbrales fueron definidos para cada sector, según el parámetro, y para cada tipo de imagen satelital.

La definición de cada umbral se realizó mediante inspección visual, validada por el conocimiento de las características de los objetos a catalogar, su respuesta espectral y de los umbrales determinados en campañas anteriores (Anexo C). Además, este proceso se realizó

en base a la representación del patrón espacial de las coberturas de la línea de base (Adenda 5, 2015). Cabe destacar que las variaciones de estos valores respecto a la línea de base son atribuibles al cambio del tipo de imágenes satelitales usadas, a las variaciones atmosféricas, las diferencias en el procesamiento de éstas y a cambios en los valores del conjunto de datos de cada imagen, correspondientes a los ajustes metodológicos detallados en el Anexo C.

Debido a la complejidad de las áreas de estudio, es preciso considerar diferentes intervalos en las distribuciones de las variables. Para ello, se utilizan los métodos de clasificación de datos por percentiles, intervalos equivalentes y quiebres naturales; esto con el objeto de encontrar el mejor ajuste en el modelo de clasificación. Este proceso se realiza en el software ArcGIS 10.0.

Una vez fijado cada umbral de clasificación, se extrae el conjunto de pixeles espectralmente similares que formaron grupos o clases, a las que luego se les asignó el tipo de recubrimiento de suelo que representaban (cuerpos de agua u otros recubrimientos).

El cálculo final del modelo por sector se realiza mediante la unión de los parámetros reclasificados según el umbral definido y se determina la cobertura de agua cuando al menos tres de los cuatro parámetros coincidían en clasificar el pixel como “cuerpo de agua”, de lo contrario queda asignado como “otro recubrimiento”; esto para ambos tipos de imágenes. El criterio de decisión en la cantidad de parámetros usados para asignar la categoría se relaciona con la complejidad del patrón espacial de cada sistema lagunar y de su variabilidad estacional (Ortiz, C. *et al*, 2014; DGA, 2014; Cornellà, O. *et al,* 2009).

Seguidamente, se procede con la validación del modelo de clasificación la cual se realiza a través de una matriz de confusión, que permite evaluar la exactitud del modelo. Fundamentalmente consiste en estimar el número de puntos correctamente cartografiados dentro de un conjunto de datos. En este caso, la matriz se construyó con la información del tipo de recubrimiento establecido en los puntos de validación de terreno y fueron comparados con los resultados del modelo. En esta matriz, la diagonal principal indica que las muestras fueron coincidentes o correctamente interpretadas (ITC, 1999; Flores, 2002).

El interés del uso de esta tabla de confusión proviene de su capacidad para plasmar conflictos entre categorías. De esta forma no solo se conoce la fiabilidad global de la clasificación, sino también la exactitud conseguida para cada una de las clases, así como los principales conflictos entre ellas (Chuvieco, 2006).

A partir de la matriz de confusión se realiza el cálculo del índice *Kappa,* el cual es una medida ajuste en términos de la exactitud del modelo de clasificación. Este mide la diferencia entre los datos de validación en terreno y la clasificación según el modelo, e intenta delimitar el grado

de ajuste de los datos, prescindiendo de los factores aleatorios (Congalton, 1991). El coeficiente *Kappa* fue calculado de la siguiente manera:

$$\kappa = \frac{[\,(\,\Sigma\ concordancias\ observadas) - (\,\Sigma\ concordancias\ atribuibles\ al\ azar)]}{[(total\ de\ observaciones) - (\,\Sigma\ concordancias\ atribuibles\ al\ azar)]}$$

El índice *Kappa* tiene un rango entre 0 y 1 el cual representa proporcionalmente la exactitud en el ajuste del modelo. Valores de *K* cercanos a 1 revelan una muy buena concordancia entre la realidad observada y la cobertura obtenida. Contrariamente, valores próximos a 0 sugieren que la concordancia observada es sólo debido al azar. Según Landis y Koch (1977), valores *K* > 0,4 indican un modelo de clasificación aceptable en término de exactitud y mayores a 0,6 sugieren un modelo confiable en la clasificación del recubrimiento de suelo obtenida.

Con los datos tomados en terreno y la clasificación finalizada por sistema lagunar, se procedió a evaluar su ajuste mediante la utilización de la Matriz de Confusión y el Índice de *Kappa*, con la finalidad de determinar el nivel de ajuste obtenido.

vii) Depuración cartográfica de cuerpos de agua

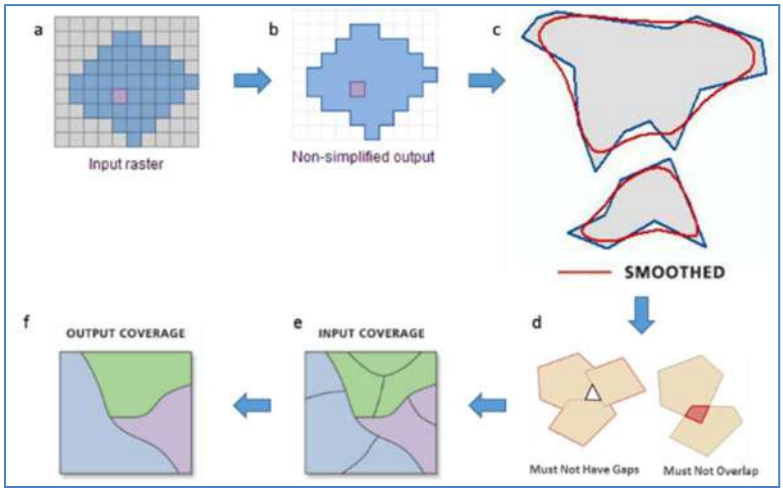
Posterior a obtener las coberturas de clasificación de los cuerpos de agua según el tipo de imagen satelital usada (Pleiades-1A y Landsat 8) y por sistema lagunar, se procedió con la depuración de las coberturas. Este proceso consistió primero en la transformación de los datos desde formato ráster a entidades de polígonos en formato *shape*. El resultado se sometió a un proceso de suavizado, por la presencia de ángulos cerrados en sus contornos, para mejorar la calidad estética de la cartografía y su aproximación al contexto real (Figura 4-18).

Adicionalmente, se realizó una depuración final en los *shapes*, la cual buscó reducir errores de clasificación aleatorios siguiendo dos criterios:

- Remoción de polígonos clasificados como cuerpos de agua con tamaño inferior al equivalente de un pixel (0,0004 ha en Pleiades-1A y 0,09 ha en Landsat 8) y que estuvieran aislados a los cuerpos de agua de mayor tamaño dentro del sector de estudio y,
- Revisión y ajuste de las coberturas mediante fotointerpretación en cuerpos de agua permanentes, con apoyo de las imágenes desde dron existentes, en relación al patrón espacial de los registros de línea de base (Adenda 5, 2015) y de monitoreos anteriores, sobre las imágenes de alta resolución y Landsat 8.

El resultado de estas operaciones originó una clasificación binaria (cuerpos de agua / otros recubrimientos), que fueron fusionados con parámetros con igual codificación, y ajustados a los polígonos que delimitan las áreas de estudio. El resultado final correspondió a un archivo en formato *shape* de cada sistema lagunar (La Punta - La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor).

Figura 4-18 Diagrama del proceso de transformación y depuración de imágenes formato de cobertura continua (ráster) a polígonos (shape)



Dónde: **a**: Ingreso Ráster; **b**: transformación a formato shape; **c**: suavizado de polígonos; **d**: corrección de errores topológicos; **e**: generación de entidades poligonales; **f**: fusión de polígonos.
Fuente: Cedrem Consultores en base a imágenes ESRI.

Mayor detalle de cada una de las metodologías señaladas se presenta en el Anexo C del presente Informe.

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 ALB 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.

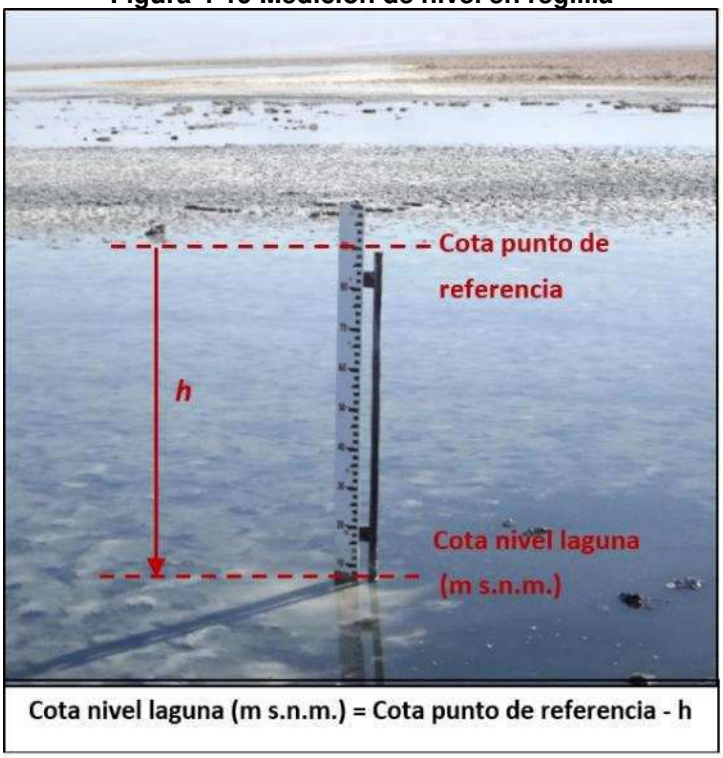
4.3.4.2 Metodología de Medición

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 4-19). 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 4-19 Medición de nivel en reglilla



Fuente: PSAH (marzo de 2020).

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 Pygmy-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 4 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

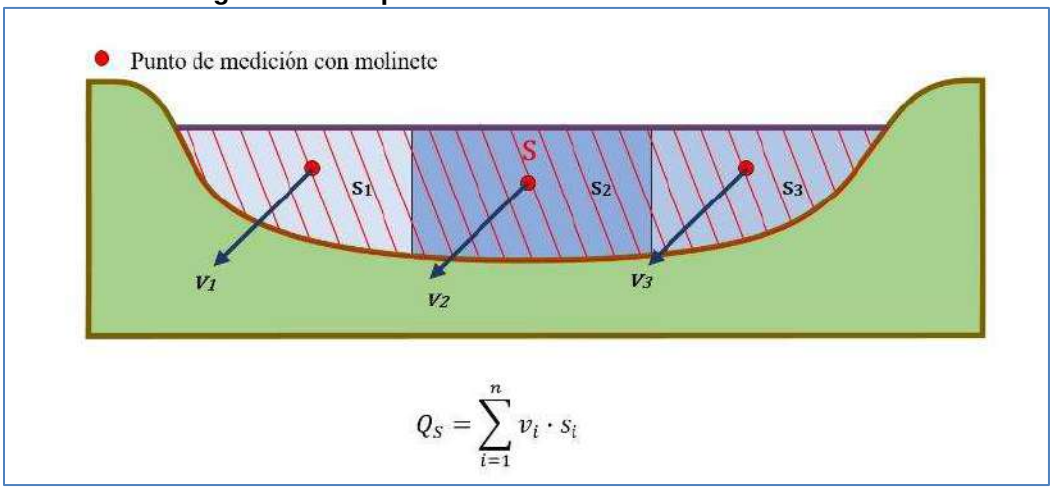
Para realizar la medida del aforo del caudal superficial, se divide el cauce en dos, tres o más áreas transversales o secciones, dependiendo de la geometría y ancho de éste, de manera de

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 Anterepresa 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 4-20 y Figura 4-21). 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 4-20 Esquema de medición de caudal de aforo



Fuente: PSAH (marzo de 2020).

Figura 4-21 Aforo con molinete

Fuente: PSAH (marzo de 2020).

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:

$$q_i = velocidad_i\ (m/s)\ \times área\ sección_i\ (m^2)$$

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:

$$área\ sección_i\ (m^2) = Longitud\ horizontal_i\ (m)\ \times\ \ Altura\ profundidad\ de\ escurrimiento_i\ (m)$$

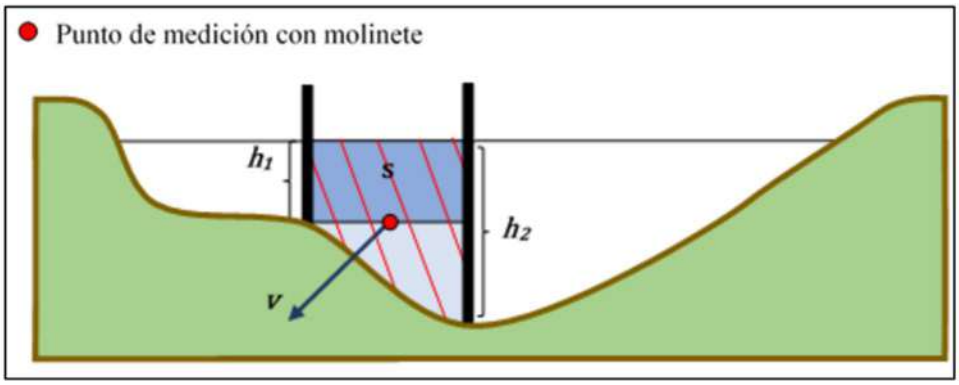
En el caso de secciones triangulares, el área se calculará de la siguiente manera:

$$área\ sección_i\ (m^2) = \frac{1}{2} x\ Longitud\ horizontal_i\ (m)\ \times\ \ Altura\ profundidad\ máxima\ de\ escurrimiento_i\ (m)$$

En el caso de secciones compuestas por más de un polígono (normalmente un rectángulo y un triángulo rectángulo, Figura 4-22), el área de la sección *i* se calcula como la suma del área de ambos polígonos, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{área sección}_i\ (m^2) = h_1\ (m)\ \times Long.horizontal\ (m) + \frac{1}{2} \times \left(h_2(m) - h_1(m)\right) \times Long.horizontal\ (m)$$

Figura 4-22 Esquema de sección de aforo con dos polígonos



Fuente: PSAH (marzo de 2020).

Cuando la altura de escurrimiento del agua en una sección es menor a 4 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 pozómetros marca Solinst Modelo 101 (de distintas longitudes).

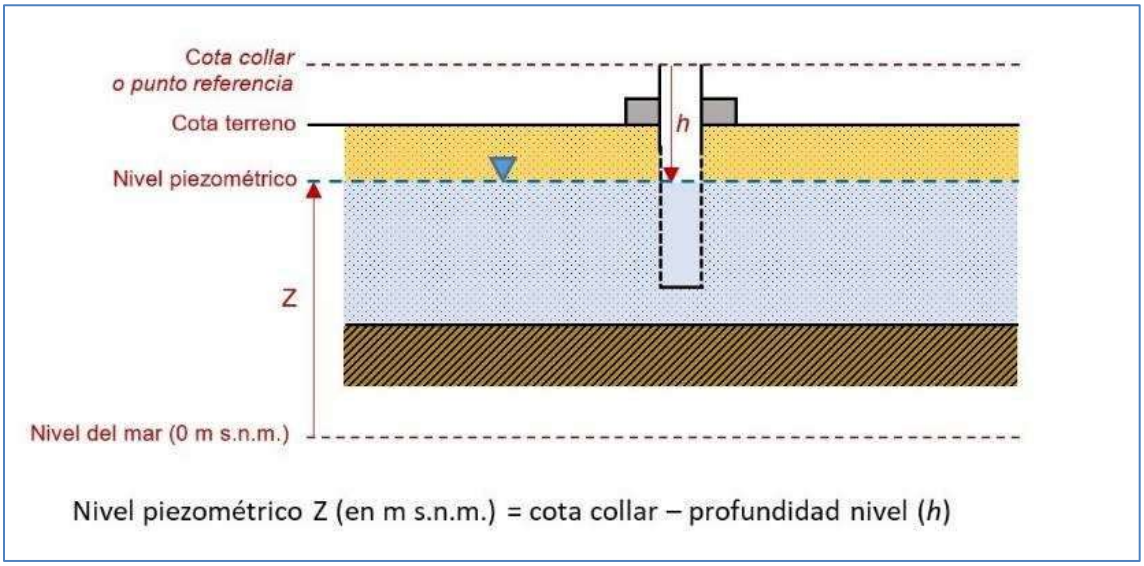
4.3.6.2 Metodología de Medición

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 4-23). 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 se denomina 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 4-23 Medición de Nivel de Agua/Salmuera en Piezómetros



Fuente: PSAH (marzo de 2020).

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 ms.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 sondas marca SEBA Hydrometrie con sensor MPS-D3, Figura 4-24, de 100 m y de 250 m de largo.

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 4-24) 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 4-24 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 ºC) 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 µS/cm, indicativo de que se está cerca de la zona de

interfase entre agua salobre y salmuera, la medición se realiza cada 0,2 – 0,5 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 destilada.

4.3.8 Muestreo y Análisis de la Calidad Química de 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 2020, la ETFA encargada del muestreo de aguas superficiales y subterráneas fue Hidrolab (Código ETFA N° 003-01), y fue asistida y acompañada en terreno por personal de ALB. 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 2020 fue realizado por Hidrolab.

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

En la Tabla 4-18 se indican los materiales necesarios para la medición *in situ*.

Tabla 4-18 Materiales y Equipos para la medición de parámetros *in situ*

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

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4-19 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 4-19 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 ºC	0,01ºC	± 0,15 ºC
Solidos 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 4-20 se indican los materiales necesarios para la toma de muestras.

Tabla 4-20 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	Para muestras de agua subterránea
Bomba “Waterra”	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 4-21 se indican los materiales necesarios para el almacenamiento y traslado de muestras.

Tabla 4-21 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 4-22 se indica las características de preservación de las muestras en caso que corresponda.

Tabla 4-22 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%	Sí
Aniones mayoritarios disueltos (Cl^{-}, $SO_4^{=}$, HCO_3^{-} y NO_3^{-})	Sin preservación	No
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., SDT 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

- <u>Aguas superficiales:</u> 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 4-23 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 Albemarle chequea que las mediciones de este equipo son concordantes con las mediciones realizadas con el equipo multiparamétrico propiedad de ALB (Hanna, Modelo HI 9829). Adicional a lo anterior, se utiliza para verificar las mediciones de las muestras de salmuera el equipo medidor de temperatura, CE, TDS, NaCl y resistividad de ALB (Hanna, HI 98192). Luego, durante las mediciones de parámetros físico-químicos, ALB 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 4-23 en recipiente de muestreo.

Tabla 4-23 Criterio estabilización de parámetros *in situ* para el muestreo de aguas

Parámetro	Rango estabilización
pH	± 5%
Conductividad eléctrica (CE)	± 5%

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 4-24.

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

Tabla 4-24 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	1,0
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	1,2
Sólidos Disueltos Totales	Método Sólidos Disueltos Totales secados a 180°C	SM-2540 C	mg/L	3,00
Aluminio (Al)	Plasma Emission Spectroscopy	SM-3120 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)	Argentometric Method	SM-450CLB	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	0,02
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
Nitrato ($N\text{-}NO_3$)	Nitrate Electrode Method	SM-4500 D	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 (SO_4)	Gravimetric method	SM-45SO4C	mg/L	1,0
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:

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

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 µS/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 Nº21/2016, 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 2020 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 µS/cm, indicando los errores de balance admisibles cada vez menores para los rangos de conductividad de 50 a 199 µS/cm, de 200 a 499 µS/cm, 500 a 1.999 µS/cm y >2.000 µS/cm.

Sin embargo, las muestras que forman parte del PSAH son aguas salobres y salmueras con conductividades mayores a 2.000 µS/cm; con el 75% de las muestras con conductividades por encima los 20.000 µS/cm y una gran proporción con valores mayores a los 100.000 µS/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 4-25. Estos equipos miden el flujo que pasa a través de la tubería en unidades de m^3/h.

Tabla 4-25 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 4-26 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.

Además, cabe señalar que durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020 se realizaron monitoreos con aumento de frecuencia relacionados a la activación del PAT Fase I Sector alerta Norte (producto de la activación de PC de SQM) lo que se presenta en la Tabla 4-27. Lo anterior, da cumplimiento a lo indicado en el Considerando 10.18 de la RCA N°21/2016, descrito en el Capítulo 4 del Anexo 3 del Adenda N°5 del EIA “Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama”, (“el Anexo 3”), y en particular respecto de dicho Plan de Alerta Temprana (PAT) para el denominado “Sector de alerta Norte”, que se encuentra contenido en el numeral 4.5 del citado Anexo 3.

Tabla 4-26 Fechas de Muestreo y Medición durante el año 2020

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	X		
Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	Trimestral*	X			[1]	[1]	[1]		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

* Producto de la activación del PC de SQM, y por lo tanto el PAT de ALB, y de sus medidas asociadas, es que se aumentó la frecuencia de monitoreo de las variables correspondientes, pasando de mensual a quincenal para la variable niveles freáticos y de trimestral a mensual en el caso de la posición de interfase salina y calidad de aguas. Este aumento en la frecuencia de monitoreo se materializó en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020, en todos los puntos donde se compromete el monitoreo de cada una de las variables indicadas.

[1]No se hizo monitoreo de calidad de agua en el segundo trimestre por causa de la suspensión de actividades a causa del COVID-19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-27 Fechas de Muestreo y Medición adicionales asociadas a Activación Fase I PAT Sector alerta Norte 2020

Variable Ambiental	Frecuencia Medición	Mes de Campaña realizada		
		Ago	Sep	Oct
Niveles Freáticos en Salmuera y en Agua dulce-salobre	Quincenal	X	X	X
Posición de la Interfase Salina	Mensual	X	X	X
Calidad química del agua en agua superficial y subterránea	Mensual	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

5 RESULTADOS Y ANÁLISIS POR VARIABLE

5.1 Variables meteorológicas

Los registros con frecuencia diaria obtenidos durante 2020 de las variables meteorológicas de precipitación, presión atmosférica, temperatura atmosférica (máxima y mínima) y evaporación de lámina libre provenientes de la estación meteorológica EM-Rockwood, se presentan en la Tabla 5-1, Tabla 5-2, Tabla 5-3, Tabla 5-4 y Tabla 5-5. Los registros históricos a escala diaria y mensual del resto de las estaciones meteorológicas de Albemarle se presentan en el Anexo A-1 y el Anexo A-2, respectivamente, mientras que los datos históricos a escala mensual de las estaciones meteorológicas de la DGA y terceros, se presentan el Anexo A-3 y Anexo A-4, respectivamente.

Se aclara que, para cumplir con los parámetros de medición comprometidos en la RCA N° 21/2016, la estación EM-Rockwood reemplaza a la estación EM-SCL ubicada en Planta Salar a partir de mayo 2016, de modo que el registro histórico de las variables meteorológicas de las estaciones de Albemarle considera la integración de los datos obtenidos por la EM-SCL desde enero 2009 hasta abril 2016 junto a los datos obtenidos por la EM-Rockwood desde mayo 2016 hasta diciembre 2020. Esta nueva estación se ubica a una distancia de 750 m al noreste de la estación a la que reemplaza.

Tabla 5-1 Precipitación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2020

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	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	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,7	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	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	0,0	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	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	1,0	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	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	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
Total mensual	**2,0**	**0,0**	**4,4**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**23,8**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**
Total anual	**30,2**											

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-2 Presión atmosférica diaria [mbar] en EM-Rockwood, año 2020

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

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-3 Temperatura mínima diaria [°C] en EM-Rockwood, año 2020

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

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-4 Temperatura máxima diaria en EM-Rockwood, año 2020

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	31,9	29,8	32,4	32,1	26,5	17,8	19,6	25,4	20,7	26,6	25,7	29,7
2	31,3	30,5	30,5	32,1	26,4	19,4	19,9	25,4	21,2	27,5	26,4	29,7
3	31,0	31,1	31,1	32,1	26,3	18,4	19,7	23,9	23,0	29,0	29,3	27,4
4	29,0	30,4	30,4	30,6	25,6	17,0	19,7	24,8	25,3	29,6	29,5	28,7
5	25,3	30,0	30,0	27,3	25,3	18,8	18,1	22,6	25,2	30,7	29,7	28,7
6	26,4	30,7	30,7	29,1	25,5	18,7	17,0	22,6	24,9	29,7	30,2	29,3
7	27,2	31,4	31,4	29,2	25,4	20,7	13,4	23,3	24,4	29,8	31,6	30,2
8	27,5	31,3	31,3	28,5	25,6	22,1	15,9	23,0	24,8	30,4	29,1	29,0
9	30,4	31,0	31,0	26,4	26,6	22,9	18,5	22,4	25,6	30,4	29,4	31,6
10	32,1	33,3	33,3	26,4	25,7	23,2	18,6	23,4	27,2	29,6	28,0	30,2
11	32,5	33,7	33,7	26,0	24,8	23,6	19,1	22,4	26,5	30,6	27,2	29,1
12	33,7	29,0	29,0	26,0	22,5	21,1	18,6	20,5	26,1	30,7	26,9	29,1
13	34,2	32,5	32,5	25,4	21,1	21,4	19,5	20,1	26,8	29,9	27,2	29,3
14	32,1	31,6	31,6	25,2	21,2	21,9	20,3	19,3	21,9	28,3	28,2	28,4
15	30,0	30,9	30,9	25,2	21,8	23,4	22,5	20,1	23,4	29,6	27,0	28,0
16	31,4	31,1	31,1	23,9	22,9	23,2	21,5	19,5	23,1	29,0	27,3	29,6
17	34,4	31,8	31,8	26,6	24,9	21,9	21,0	19,4	25,2	30,4	22,5	29,1
18	35,0	33,0	33,0	27,9	24,0	21,3	20,3	16,1	26,7	30,8	25,5	29,4
19	33,6	33,2	33,2	27,4	22,7	21,4	20,4	17,9	25,4	29,8	26,5	29,0
20	32,9	32,8	32,8	27,3	23,1	22,7	20,3	19,0	23,6	30,9	25,7	30,6
21	31,8	31,2	31,2	27,4	22,1	20,8	21,2	20,8	23,7	29,8	27,0	31,4
22	31,1	32,1	32,1	26,3	21,2	20,6	21,4	22,6	26,4	31,4	30,1	31,4
23	29,0	30,0	30,0	26,1	21,8	21,2	19,4	21,0	29,1	29,9	32,0	30,5
24	27,0	28,9	28,9	26,2	21,8	17,4	16,4	13,2	29,6	29,0	32,6	30,6
25	29,5	27,4	27,4	26,3	22,5	20,0	18,2	19,3	28,7	27,9	33,3	30,8
26	29,9	29,4	29,4	26,3	25,2	19,0	20,9	20,4	27,0	28,7	32,0	29,8
27	29,1	29,8	29,8	27,1	25,5	19,4	21,4	21,1	25,9	26,8	30,5	29,5
28	27,3	30,2	30,2	27,5	22,8	17,3	20,3	22,8	26,3	25,3	32,0	28,5
29	24,7	32,3	32,3	27,1	23,2	19,1	20,7	23,8	25,9	25,8	31,6	28,0
30	28,1	-	32,4	26,9	20,0	19,6	22,5	24,0	25,1	25,8	32,4	28,8
31	29,0	-	30,9	-	20,6	-	23,2	21,3	-	26,5	-	32,1
T máxima mensual	**35,0**	**33,7**	**33,7**	**32,1**	**26,6**	**23,6**	**23,2**	**25,4**	**29,6**	**31,4**	**33,3**	**32,1**

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

Tabla 5-5 Evaporación diaria [mm] en EM-Rockwood, año 2020

Día del mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
1	17,7	15,0	13,8	13,0	6,9	*	5,9	7,1	7,2	12,3	12,7	18,3
2	15,8	14,2	*	11,4	7,4	9,4	5,1	5,2	8,2	11,1	*	15,6
3	16,7	*	15,2	12,3	9,7	9,4	5,0	*	6,6	13,0	15,4	13,7
4	14,9	16,9	15,0	12,2	*	9,4	5,6	7,0	9,1	13,2	14,7	14,8
5	12,3	15,5	14,7	9,7	9,7	4,5	3,8	5,9	8,8	*	14,5	14,3
6	*	14,9	16,4	*	7,6	4,5	*	5,6	10,2	16,2	15,3	13,9
7	15,2	15,6	13,9	13,3	7,3	3,7	5,8	6,0	*	13,9	16,3	*
8	14,5	14,0	12,9	11,8	7,1	*	5,5	5,5	9,5	14,7	14,5	18,2
9	14,4	14,3	*	10,0	7,4	6,5	3,7	5,3	7,5	13,3	*	17,8
10	16,8	*	13,8	9,7	8,3	6,1	3,6	*	10,4	13,8	14,1	16,2
11	16,5	18,6	13,6	10,0	*	7,3	4,4	9,0	10,3	13,7	13,3	15,4
12	16,7	15,8	10,5	10,0	8,8	5,0	3,8	9,0	10,2	*	15,1	15,1
13	*	15,0	13,4	*	8,2	5,7	*	8,9	11,5	16,9	13,1	14,2
14	19,8	14,7	13,9	11,7	6,5	4,4	4,8	10,5	*	14,4	12,8	*
15	16,1	12,5	13,7	11,0	6,1	*	6,0	8,5	14,0	13,3	13,8	15,7
16	13,4	13,3	*	9,8	5,5	7,5	5,9	9,2	11,5	13,7	*	14,6
17	17,1	*	12,9	8,6	7,6	7,2	5,2	10,8	7,9	14,3	16,8	15,1
18	16,3	16,5	13,1	10,8	*	4,8	4,6	*	11,1	14,8	12,6	15,2
19	14,2	14,3	12,1	9,7	8,5	4,8	4,6	8,3	10,4	*	13,9	14,6
20	*	16,0	11,7	*	7,9	4,8	*	9,3	11,1	16,9	13,1	14,2
21	15,3	14,2	12,0	11,3	8,9	4,8	5,0	8,8	*	15,7	12,1	*
22	13,0	14,5	11,3	10,6	4,9	*	8,2	9,4	11,2	14,1	13,7	19,5
23	14,3	12,9	*	9,4	4,8	4,8	7,4	7,2	12,0	14,8	*	15,6
24	10,5	*	16,3	9,0	4,6	5,6	10,0	*	13,2	13,7	18,3	15,1
25	13,8	14,1	13,3	8,3	*	5,6	11,3	*	12,4	13,9	16,9	16,5
26	14,3	14,5	12,1	9,4	5,8	5,9	4,2	6,0	13,1	*	16,5	15,4
27	*	13,5	10,7	*	7,5	5,0	*	9,6	12,1	17,3	15,9	13,6
28	15,0	13,2	10,5	9,6	6,4	4,9	5,2	6,8	*	13,7	15,2	*
29	10,5	14,4	11,6	8,9	6,4	*	5,1	6,2	12,0	14,0	14,2	16,3
30	13,5	-	*	7,9	6,9	4,9	5,4	9,7	10,4	12,0	*	13,6
31	13,8	-	14,3	-	8,3	-	4,7	*	-	13,5	-	14,9
Total mensual	**402,3**	**368,2**	**342,7**	**269,3**	**194,9**	**146,8**	**149,8**	**194,6**	**271,8**	**382,2**	**364,7**	**417,0**

(*) Sin registro de evaporación diaria por limpieza de bateas.

Fuente: Datos estación meteorológica EM-Rockwood.

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

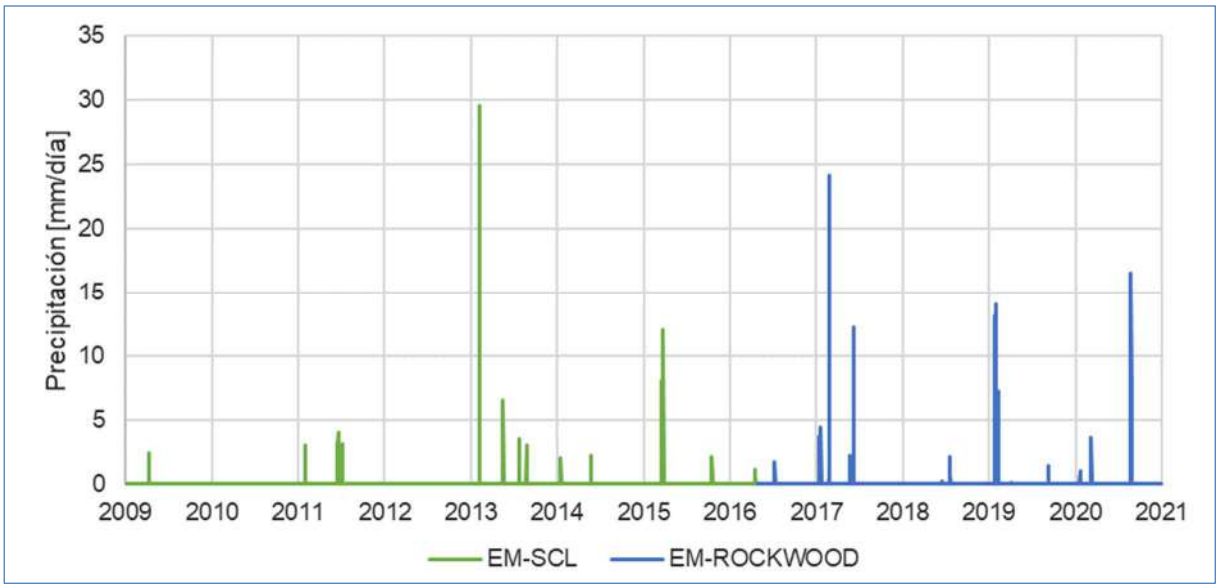
Precipitación

El registro histórico disponible de precipitaciones varía según la frecuencia, de manera que el registro de precipitación anual y mensual se inicia en 2002 mientras que el registro de precipitación diaria se inició en enero 2009.

La Figura 5-1 presenta el registro histórico de precipitación diaria desde enero 2009 hasta diciembre 2020. En él, se observa que las lluvias más intensas registradas en un mismo día alcanzaron 29,5 mm/día en febrero 2013, seguidas por los 24,1 mm/día registrados en febrero 2017 y por los 16,5 mm/día registrados el 24 agosto 2020. En general, se reconoce un período de recurrencia de 2 años entre eventos de precipitaciones intensas que superan los 10 mm de agua caída como se observa en los años 2013, 2015, 2017, 2019 y mediados de 2020.

En general, las precipitaciones más intensas se producen en los meses estivales, asociadas al fenómeno del invierno altiplánico como se observa en 2013, 2015, 2017 y 2019. Sin embargo, durante 2020, las mayores precipitaciones se registraron a fines del mes de agosto, teniendo lugar en el invierno estacional.

Figura 5-1 Precipitación diaria con data histórica, periodo 2009-2020



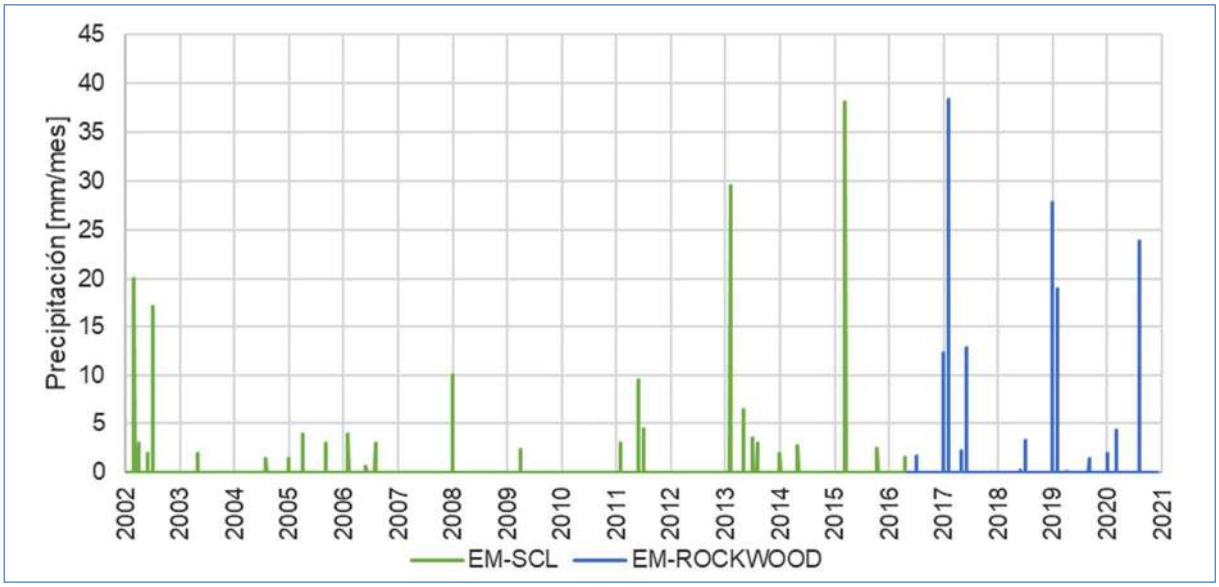
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-2 se presenta el registro mensual histórico de precipitaciones a partir de 2002. En él se observa que, habitualmente, las mayores precipitaciones se desarrollan en los meses estivales coincidiendo con el invierno altiplánico. No obstante, existen algunas ocasiones en

donde precipitaciones de relevancia tienen lugar en el invierno estacional como ocurre en julio 2002 (17 mm), junio/julio 2011 (13,7 mm), junio 2017 (12,8 mm) y agosto 2020 (23,8 mm).

Durante el año 2020 se registraron precipitaciones en los meses de enero, marzo y agosto, registrando 2,0 mm/mes, 4,4 mm/mes y 23,8 mm/mes, respectivamente, en un comportamiento que contrasta con lo observado en años anteriores, según lo expuesto anteriormente. Los eventos de lluvia de agosto de 2020 generaron incrementos en los niveles del acuífero y en los niveles de los sistemas lagunares. No obstante, los aumentos han sido puntuales, sin generar un cambio en las tendencias en los niveles en el mediano plazo.

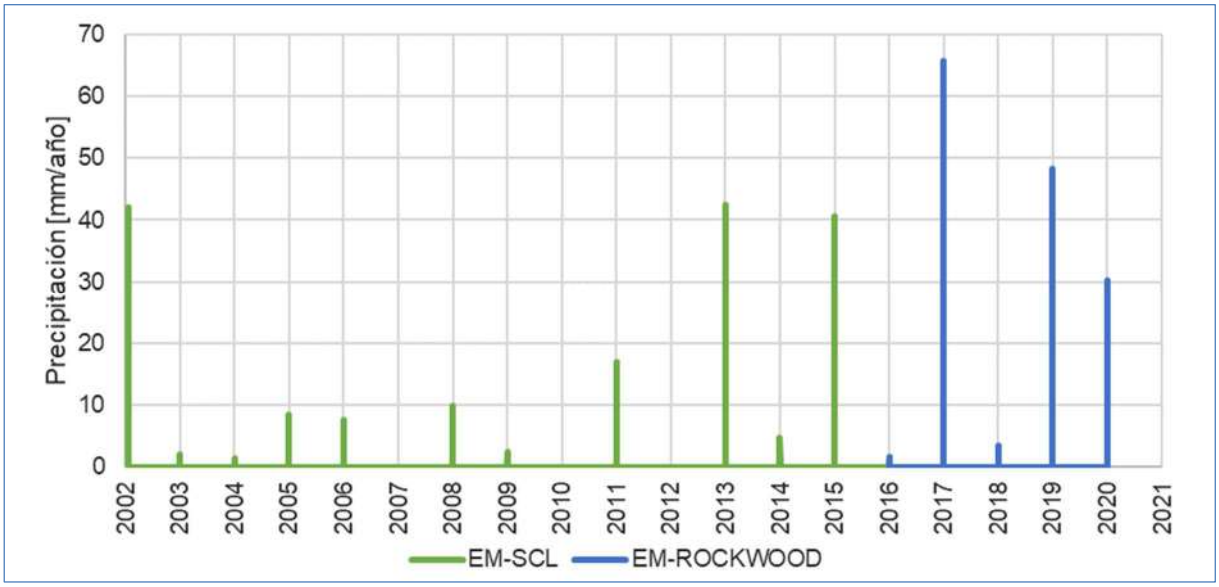
Figura 5-2 Precipitación mensual con data histórica, periodo 2002-2020



Fuente: Elaboración propia

La Figura 5-3 presenta la precipitación total anualizada a partir del año 2002. En él, se observa que los años más lluviosos de los que se tiene registro, en orden decreciente, corresponden a los años 2017, 2019 y 2013, alcanzando 65,7 mm/año; 48,2 m/año y 42,5 m/año, respectivamente. Durante 2020, la precipitación total alcanzó los 30,2 mm/año. Valor que, si bien, es menor a lo observado durante 2019, es considerablemente mayor al compararlo con lo observado en 2014, 2016 y 2018 que, al igual que el año 2020, se encuentran en la mitad del periodo de retorno de precipitaciones intensas.

Figura 5-3 Precipitación anual con data histórica en EM-Rockwood, periodo 2002-2020



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5-6 presenta un resumen mensual y anual de la precipitación media durante los periodos de registro pluviométrico de las estaciones meteorológicas que se encuentran en el entorno del Salar, tanto propias como de terceros, cuyos datos se presentan en los anexos Anexo A-3 y Anexo A-4.

Tabla 5-6 Precipitación media mensual [mm] en estaciones meteorológicas en torno al Salar de Atacama

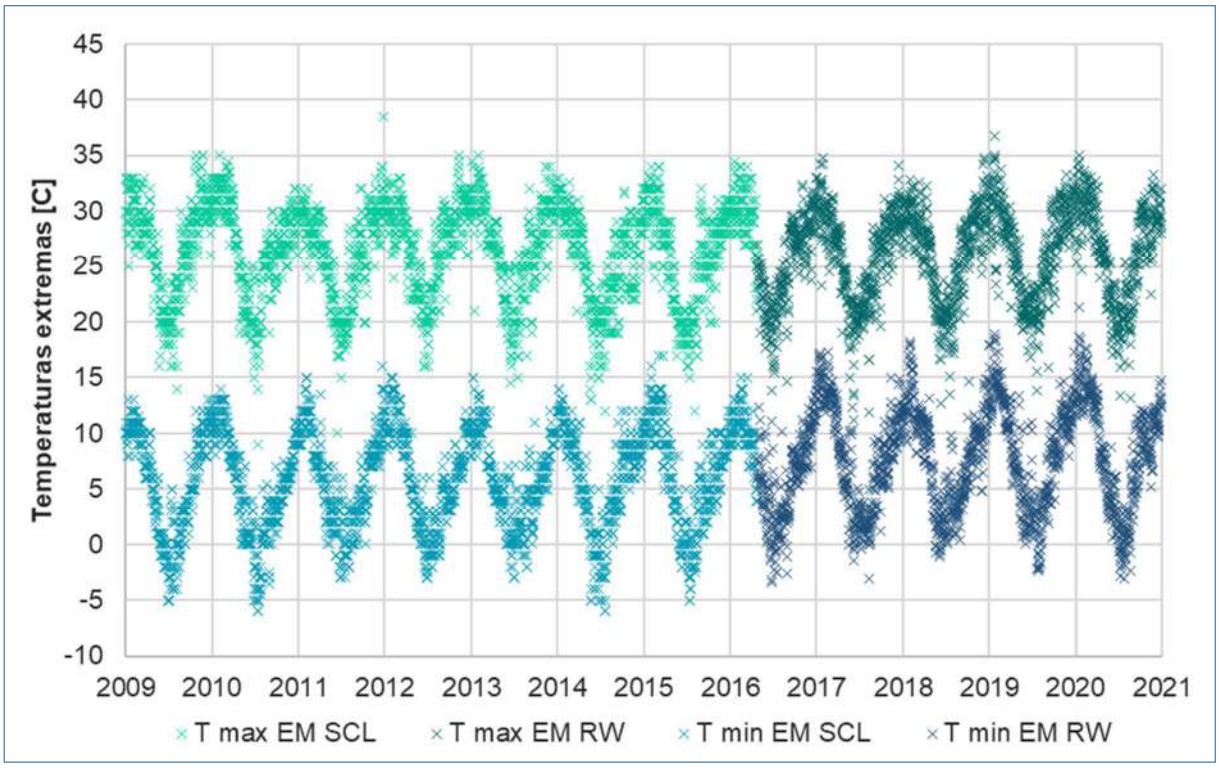
Estación	Propietario	P. de registro	Precip. Media mensual [mm]												Precip. Anual [mm]
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	
SCL-Rockwood	Albemarle	2009-2020	8,8	15,0	8,5	0,7	1,6	3,8	1,8	4,5	0,3	0,4	0,0	0,0	45,2
EM-Camar	DGA	1979-2020	10,0	16,8	7,8	0,5	1,0	2,8	0,6	1,4	0,7	0,0	0,2	0,6	42,3
EM-El Tatio	DGA	1978-2020	50,2	52,6	33,5	3,1	7,5	5,7	5,0	5,9	6,4	4,6	6,8	15,8	197,1
EM-Peine	DGA	1975-2020	5,7	13,8	13,6	2,0	4,3	5,1	2,4	2,4	2,3	0,8	0,3	2,4	55,3
EM-Río Grande	DGA	1977-2020	21,3	32,1	14,3	0,7	1,1	3,3	0,8	1,0	0,6	0,1	0,2	1,7	77,1
EM-San Pedro de Atacama (1)	DGA	1959-2017	6,0	13,9	3,8	0,2	1,1	1,3	0,2	0,2	0,6	0,5	0,4	0,3	28,7
EM-Socaire (2)	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	42,1
EM-Talabre	DGA	1995-2020	16,4	26,9	16,9	1,8	3,2	1,8	2,9	2,8	0,4	0,0	0,0	0,3	73,6
EM-Chaxa	SQM	1999-2020	5,7	14,3	3,5	1,4	1,1	0,5	0,7	0,2	0,1	0,0	0,2	0,5	28,3
EM-Salar/KCL	SQM	1999-2020	1,8	2,7	3,4	0,1	0,5	0,8	0,7	1,2	0,0	0,1	0,1	0,2	11,7
EM-Tilopozo (3)	MEL	1999-2017	3,5	9,9	6,2	2,2	8,0	8,3	4,1	3,6	3,9	1,0	0,5	0,9	52,0

(1) Estación San Pedro de Atacama presenta datos hasta diciembre 2017.
(2) Estación Socaire presenta datos hasta noviembre 2017.
(3) Estación Tilopozo presenta datos hasta diciembre 2017.
Fuente: Elaboración propia

Temperatura

En la Figura 5-4 se presenta el registro de las temperaturas extremas diarias obtenidas desde las estaciones EM-SCL y EM-Rockwood a partir de 2009 y hasta 2020. En ella, se observan variaciones de frecuencia estacional en donde las temperaturas máximas se registran entre octubre y abril, coincidiendo con las estaciones de primavera y verano, y las temperaturas mínimas se registran entre los meses de mayo y septiembre, coincidiendo con las estaciones de otoño e invierno. En el año 2020, las temperaturas alcanzaron los -3°C mientras que las temperaturas máximas alcanzaron los 35°C. La oscilación térmica diaria promedio durante 2020 es de 18°C, en consonancia a su tendencia histórica.

Figura 5-4 Temperaturas extremas diarias [C], periodo 2009-2020



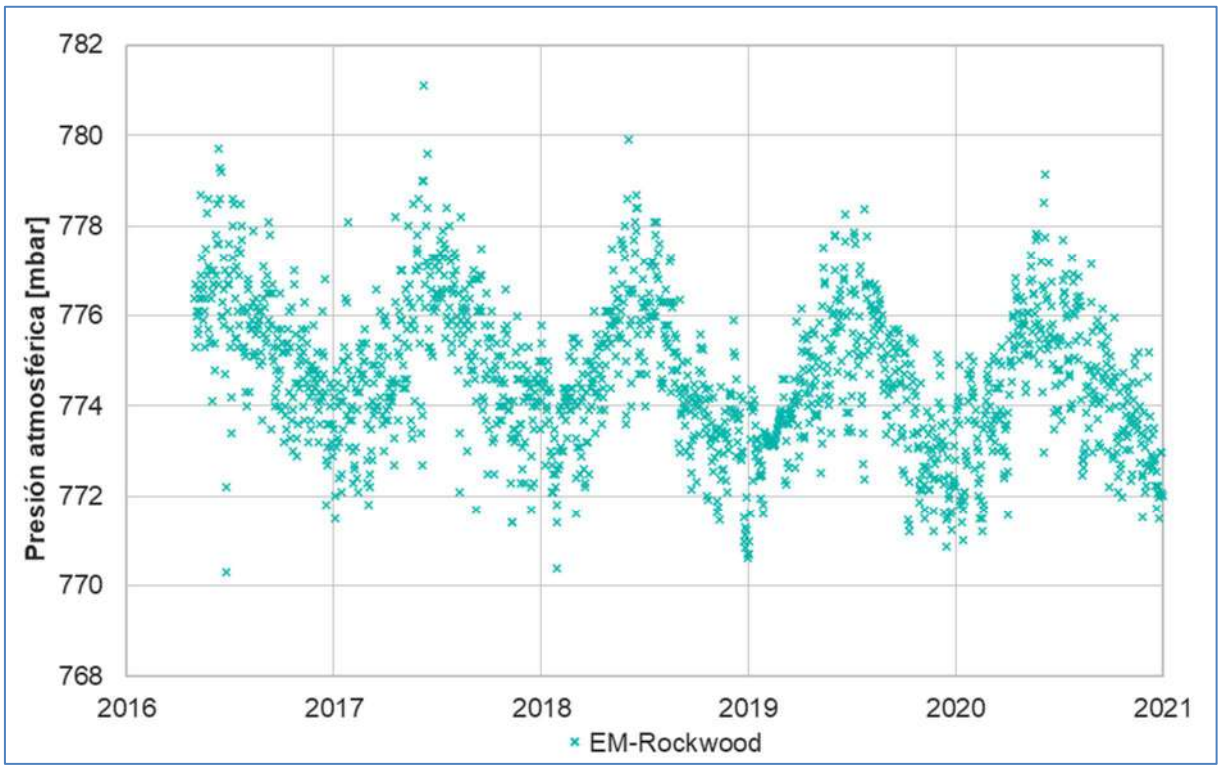
Fuente: Elaboración propia

Presión atmosférica

En la Figura 5-5 se presenta el registro histórico de presión atmosférica diaria, en el periodo 2016-2020 que coincide con el periodo de funcionamiento de la estación EM-Rockwood. En ella se reconocen claramente variaciones de frecuencia estacional, registrando los valores máximos en las estaciones húmedas (entre los meses de mayo y agosto) y los valores mínimos en las estaciones secas (entre los meses de octubre y marzo). Durante 2020, el mayor registro

de presión atmosférica alcanzó 779 mbar el día 07 de junio, mientras que el menor registro alcanzó 771 mbar el día 14 de enero.

Figura 5-5 Presión atmosférica diaria, periodo 2016-2020



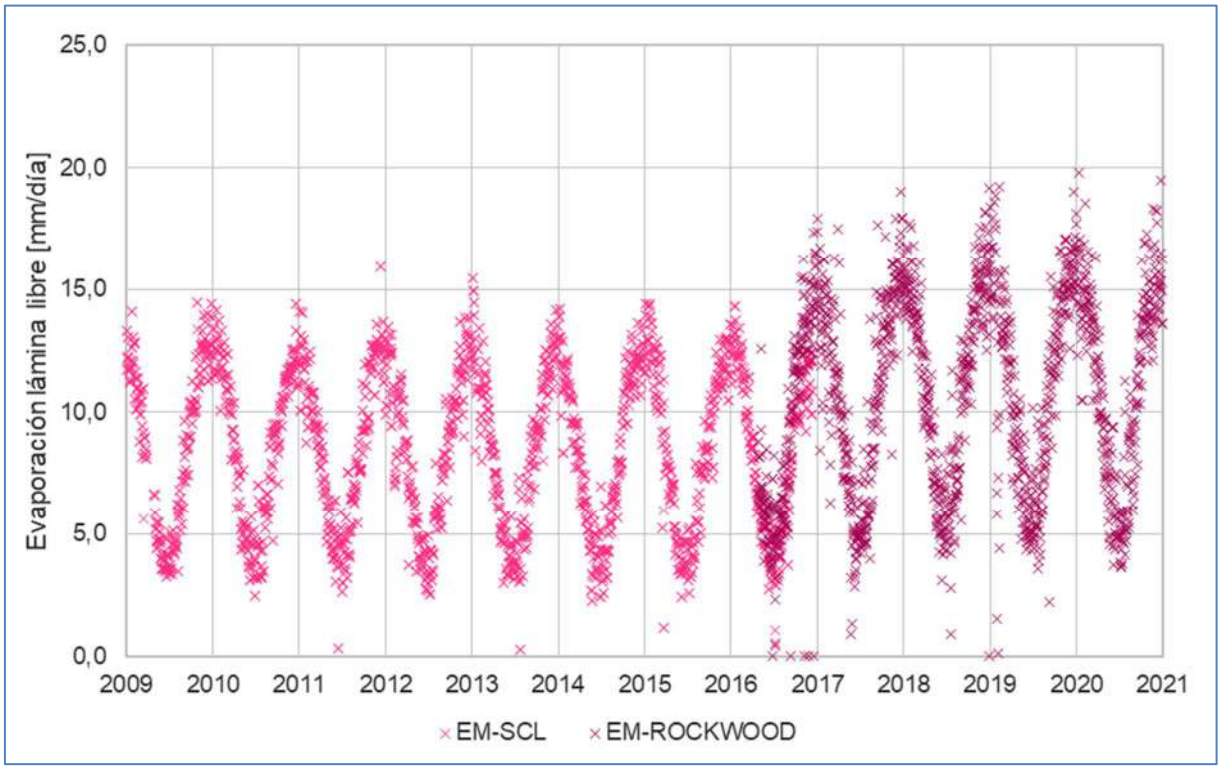
Fuente: Elaboración propia

Evaporación

En la Figura 5-6 se presenta el registro de evaporación de agua libre diaria en el periodo 2009-2020. En ella, y al igual que en las variables anteriores, se reconocen variaciones de frecuencia estacional en donde los mayores registros de evaporación se presentan en las estaciones cálidas de primavera-verano, mientras que los menores registros se encuentran en las estaciones frías de otoño-invierno. En ella, se reconoce que los registros de cada estación siguen una tendencia distintiva, siendo mayores los registros de la EM-Rockwood en el orden de un 25%. De esta manera, en el periodo 2009-2016 (registrado en la EM-SCL) la evaporación de lámina libre oscila en torno a los 3,0 mm/día en los meses fríos y los 14,0 mm/día en los meses cálidos mientras que en el periodo 2016-2020 (registrado en la EM-Rockwood) la evaporación de lámina libre oscila en torno a los 4,0 mm/día en los meses fríos y los 18,0 mm/día en los meses cálidos. Estas diferencias podrían atribuirse a diferencias en la estandarización de las instalaciones y a las condiciones del estanque de evaporación en que se realizó el reemplazo de la estación meteorológica.

Durante 2020, se registró una evaporación máxima de 19,8 mm/día el día 14 de enero, junto a una evaporación mínima de 3,6 mm/día el día 10 de julio. Ambos registros se encuentran dentro de la tendencia histórica observada en la EM-Rockwood.

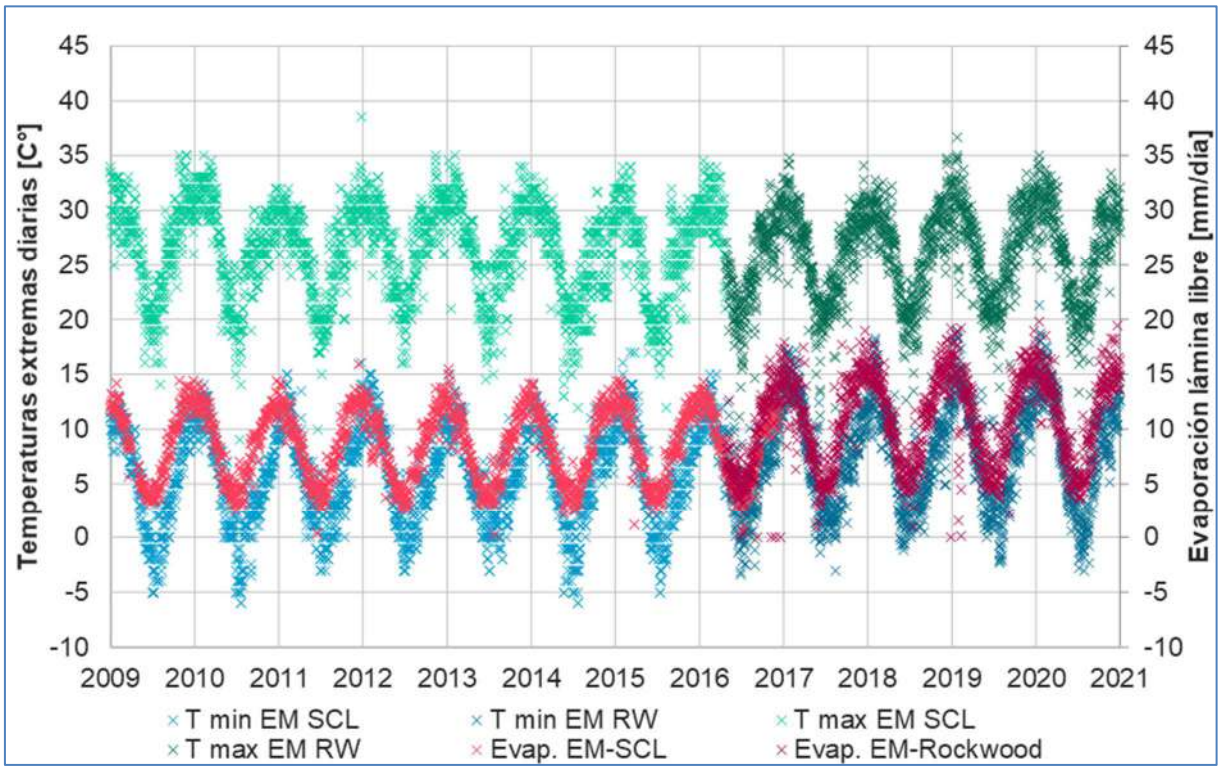
Figura 5-6 Evaporación diaria, periodo 2009-2020



Fuente: Elaboración propia

Para correlacionar los fenómenos de evaporación y temperatura, en la Figura 5-7 se presentan las temperaturas extremas diarias junto a la evaporación diaria en las estaciones EM-SCL y EM-Rockwood. Al observar el gráfico, se observa una correlación directa entre ambos fenómenos en una relación de causa-efecto.

Figura 5-7 Temperaturas extremas junto a evaporación de lámina libre, periodo 2009-2020



Fuente: Elaboración propia

5.2 Evapotranspiración

En la presente sección se muestran los resultados de las campañas de medición de la tasa EVT realizadas durante el año 2020 mediante el método del domo para los puntos comprendidos en la red de monitoreo. Como se menciona en el Capítulo 4, mientras no entren en funcionamiento los lisímetros instalados, estas mediciones deben realizarse con frecuencia trimestral mediante la metodología del domo según los compromisos adquiridos en el Anexo 3 de la Adenda 5 del EIA del Proyecto. Con respecto a los lisímetros, actualmente Albemarle está generando un informe para la autoridad, de acuerdo con lo acordado en la reunión del día 18 de diciembre del 2020 con la SMA y DGA, cuyo objetivo es mostrar el comportamiento observado en los lisímetros, las causas de fallas y las soluciones que se han implementado, y una propuesta con la transformación a carga variable.

En la Tabla 5-7 se encuentran los resultados de las campañas realizada en el período de reporte de este informe. Es importante que los lisímetros LS-04 y LS-11, no cuentan con un punto equivalente de medición con el método del domo.

Tabla 5-7 Resultados campaña de evapotranspiración

Punto de Monitoreo	Equivalencia futura Red de Monitoreo Lisímetros	Sector	Tasa Promedio EVT (mm/día)			
			1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.
			Marzo 2020	Junio 2020	Septiembre 2020	Diciembre 2020
EVT-1	-	Norte y Borde Este	s/i	s/i	s/i	0,377
EVT-2	-	Norte y Borde Este	s/i	s/i	s/i	0,602
EVT-3	LS-01	Norte y Borde Este	s/i	s/i	s/i	0,575
EVT-4	LS-02	Norte y Borde Este	1,478	s/i	s/i	2,412
EVT-5	-	Norte y Borde Este	4,201	s/i	s/i	4,153
EVT-6	LS-03	Norte y Borde Este	s/i	s/i	s/i	s/i
EVT-7	-	Norte y Borde Este	s/i	s/i	s/i	s/i
EVT-8	-	Norte y Borde Este	s/i	s/i	s/i	s/i
EVT-9	LS-05	Núcleo	0,059	0,035	0,118	0,173
EVT-10	LS-06	Núcleo	0,121	0,043	0,443	0,127
EVT-11	-	Norte y Borde Este	0,304	0,066	0,318	0,218
EVT-12	-	Norte y Borde Este	0,465	0,168	0,920	0,562
EVT-13	-	Núcleo	0,103	0,097	0,122	0,109
EVT-15	-	Peine	0,599	s/i	0,180	0,114
EVT-16	-	Peine	1,045	s/i	0,498	0,458
EVT-17	LS-06	Peine	0,739	s/i	0,143	0,149
EVT-18	-	Peine	3,911	s/i	1,568	s/i
EVT-19	-	La Punta-La Brava	4,745	s/i	2,422	4,276
EVT-20	LS-10	La Punta-La Brava	0,731	s/i	1,394	0,48
EVT-21	-	La Punta-La Brava	0,529	s/i	1,330	0,39

Punto de Monitoreo	Equivalencia futura Red de Monitoreo Lisímetros	Sector	Tasa Promedio EVT (mm/día)			
			1° Trim.	2° Trim.	3° Trim.	4° Trim.
			Marzo 2020	Junio 2020	Septiembre 2020	Diciembre 2020
EVT-22	LS-09	La Punta-La Brava	1,007	s/i	0,491	0,743
EVT-23	LS-08	Peine	0,351	s/i	0,691	s/i

s/i: sin información
Fuente: Elaboración propia

Durante el año de 2020 existen trimestres donde no se cuenta con información de evapotranspiración en la red de monitoreo, debido a factores externos a la compañía los que se detallan a continuación:

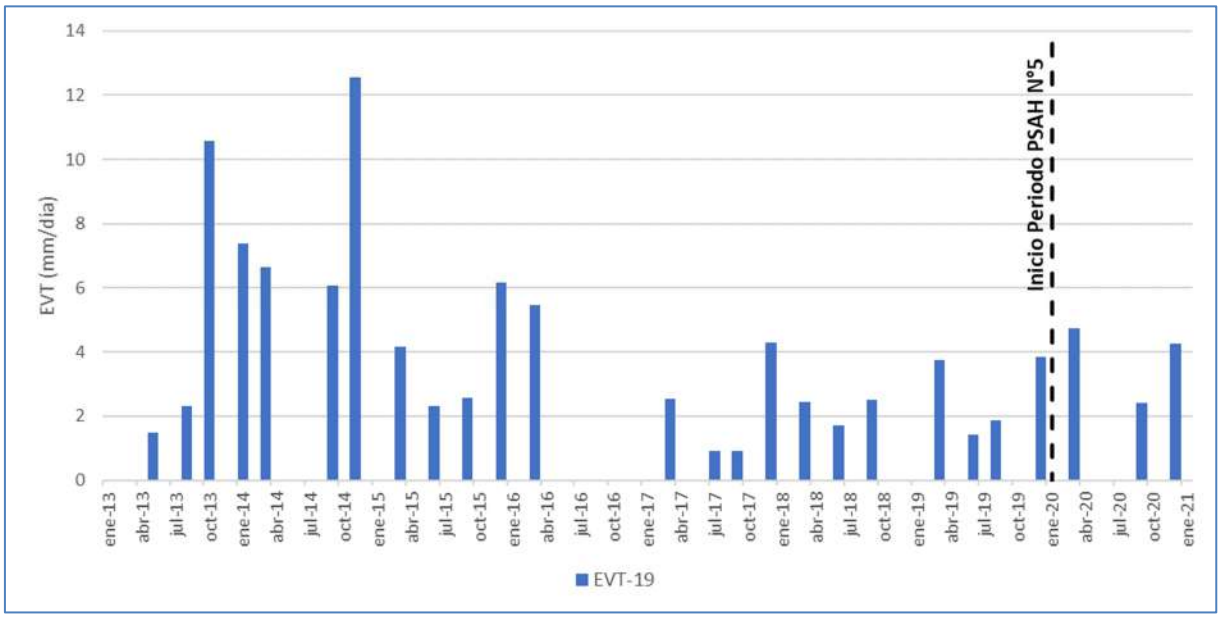
- Durante el año 2020 se vio restringido el acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos durante los cuatro trimestres del año, debido a la Pandemia de COVID-19, la que obligó al cierre de todas las Área Silvestres Protegidas del Estado de acuerdo con la Resolución Nº162/2020 de fecha 18 de marzo de 2020 de CONAF. Por lo tanto, no fue posible realizar el monitoreo de los puntos EVT-6 a EVT-8 ubicados en el sector Norte y Borde Este del Salar.
- Debido a las medidas tomadas por la Pandemia de COVID-19 las comunidades de Coyo y Solor no autorizaron el acceso a los puntos EVT-1 a EVT-5, en las fechas donde existe ausencia de mediciones de tasas de evapotranspiración.
- Durante el segundo trimestre del año la comunidad de Peine, producto de la contingencia sanitaria asociada a la Pandemia de COVID-19, restringe el acceso a los sectores Peine y La Punta – La Brava durante el mes de junio, no realizándose mediciones en los puntos EVT-15 a EVT-23 durante el trimestre.
- Durante diciembre de 2020, correspondiente al cuarto trimestre de medición, no se realizó las medidas de los puntos EVT-18 y EVT-23 del sector Peine, debido a que la Comunidad de Peine, cerró el acceso al sector por la presencia de Flamencos en las cercanías de ambos puntos de medición.

A continuación, se presenta la evolución temporal de las tasas de evapotranspiración medidas durante las campañas de terreno realizadas por el titular en los puntos comprometidos en el PSAH.

5.2.1 Sector La Punta-La Brava

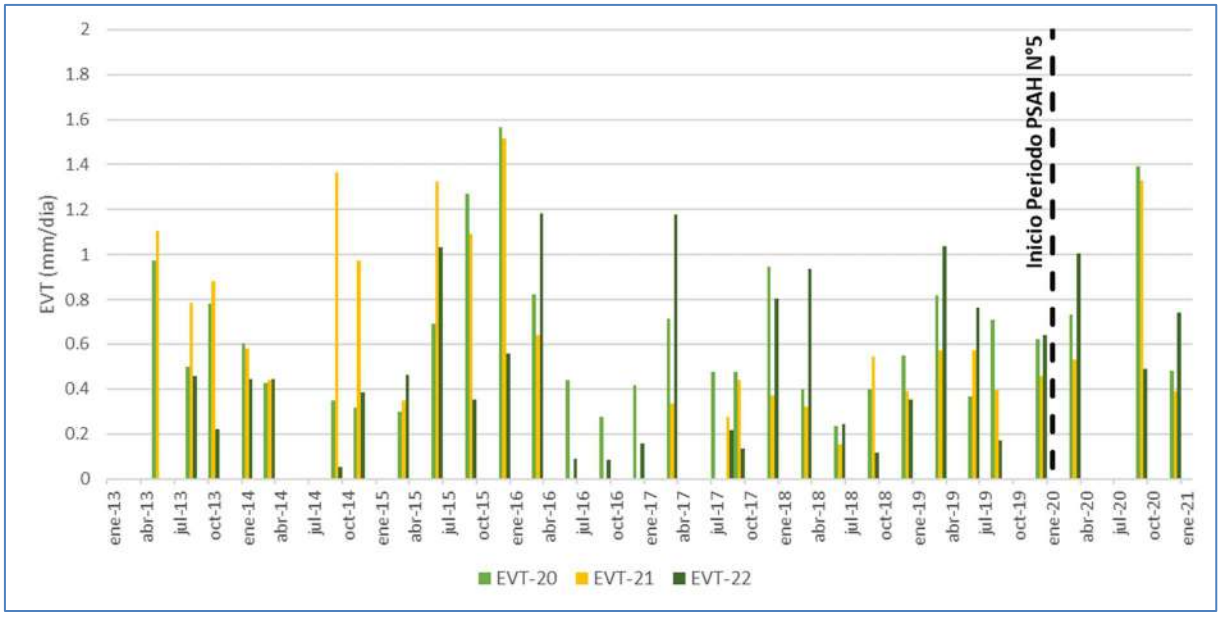
En la Figura 5-8 y Figura 5-9 se muestra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de medición de EVT comprometidos en el PSAH en el sector La Punta-La Brava. El punto EVT-19 se gráfica de manera particular en la Figura 5-8, debido a la diferencia de escala con respecto al resto de las mediciones.

Figura 5-8 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-19, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-9 Evolución de la evapotranspiración en los puntos EVT-20, EVT-21 y EVT-22, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En las estaciones EVT-20, EVT-21 y EVT-22, los valores determinados durante el año 2020 en el sector se mantienen en el rango de lo observado durante los años 2017, 2018 y 2019, e inferiores a los valores registrados el año 2015 y primer semestre de 2016. Una excepción a esto es el alza registrada durante la campaña de septiembre de 2020 en los puntos EVT-20 y EVT-21, con valores cercanos a 1.4 mm/día, valores similares determinados por última vez en

las campañas del segundo semestre de 2015. Esta alza de las tasas de evaporación se relaciona a las precipitaciones registradas durante el mes de agosto de 2020, debido a la evaporación de la humedad retenida en el suelo.

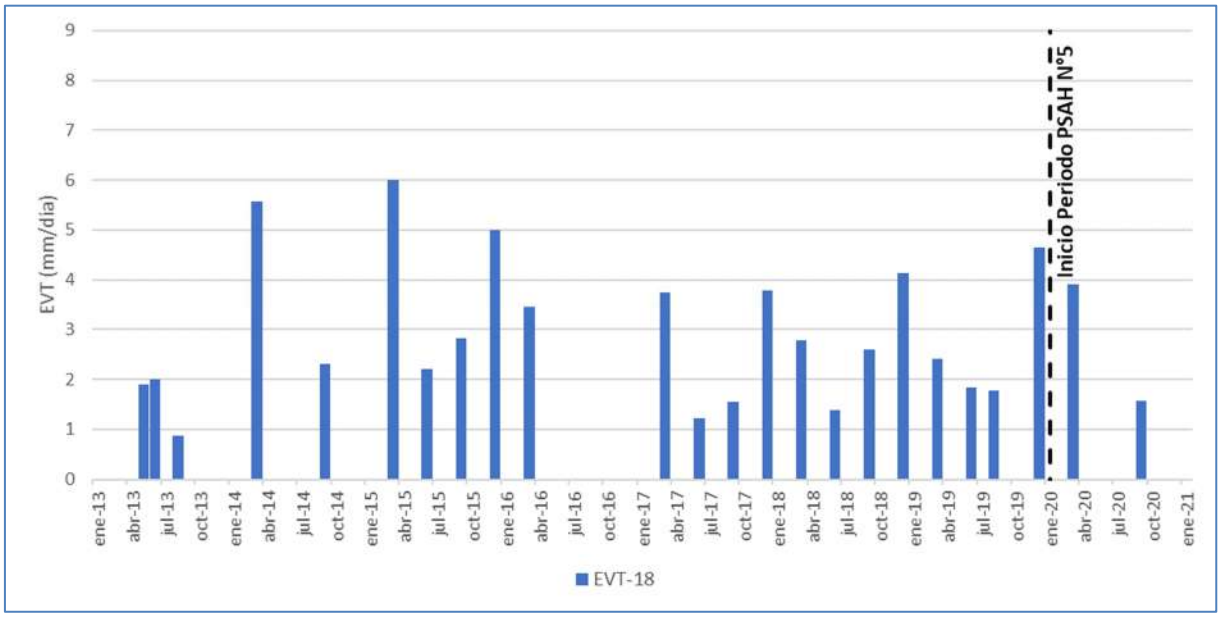
La estación EVT-19, cuyas medidas se realizan en el espejo de agua de la Laguna La Punta, tiene tasas de evapotranspiración determinadas entre 2,422 y 4,745 mm/día para el período del presente informe. Las tasas se mantienen similares a lo observado entre los años 2017 a 2019, pero inferiores a los registrados durante los años 2013 y 2014.

La serie de datos permite confirmar el comportamiento estacional mencionados en los informes PSAH anteriores, con máximos registrados principalmente en los meses de verano (diciembre a marzo) y mínimos en invierno (junio a septiembre).

5.2.2 Sector Peine

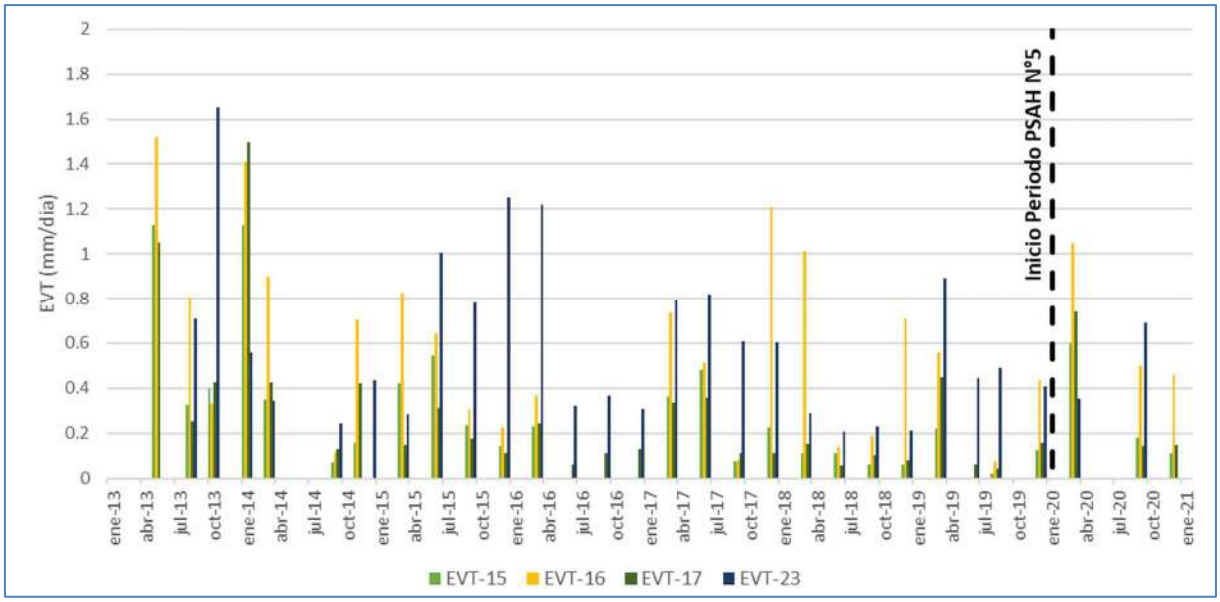
En la Figura 5-10 y Figura 5-11 se muestra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de medición de EVT comprometidos en el sector Peine. La estación EVT-18 se encuentra en el espejo de la Laguna Interna, debido a esto se gráfica de manera independiente (Figura 5-10) por la diferencia de escala entre las tasas de esta estación y el resto de los puntos.

Figura 5-10 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-18, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-11 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-15, EVT-16, EVT-17 y EVT-23, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Para este período se observan valores dentro de la variabilidad histórica para los puntos EVT-15, EVT-16, EVT-17 y EVT-23, con un máximo para todas las estaciones en marzo de 2020. El rango de variación observado para estas estaciones varía entre 0,114 mm/día (diciembre de 2020, EVT-15) y 1,045 mm/día (marzo de 2020, EVT-16).

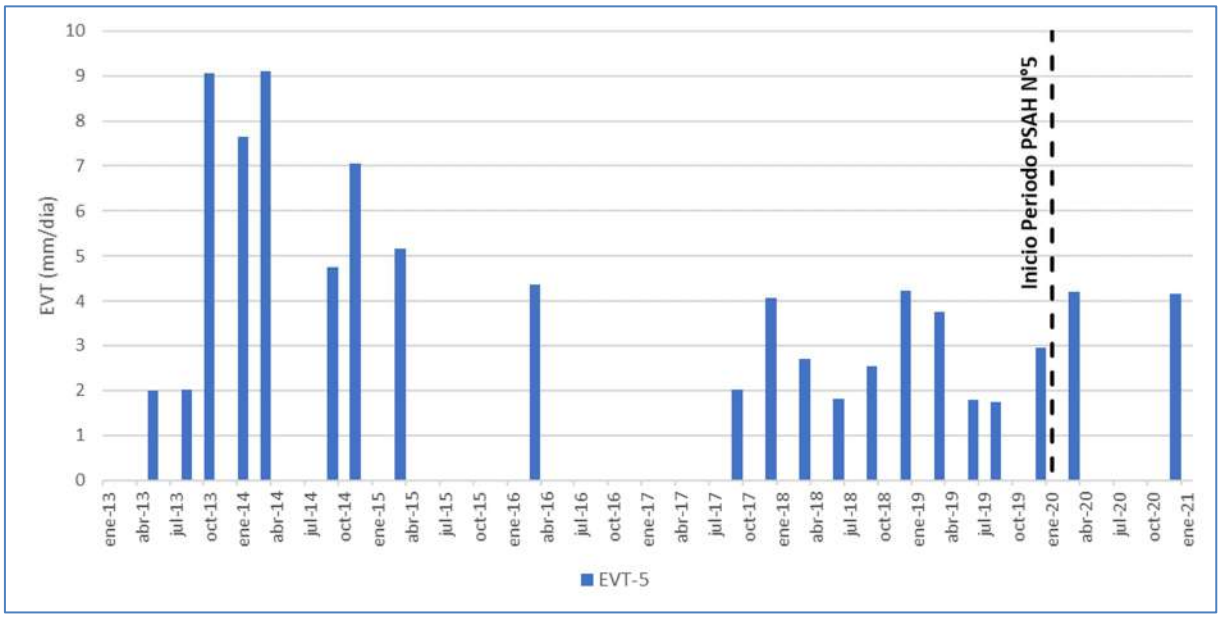
De la misma manera que los casos anteriores la estación EVT-18, ubicada en el espejo de agua de la Laguna Interna muestra valores dentro del rango histórico, manteniéndose la variación estacional observada anteriormente. El valor máximo se registró durante el primer trimestre del año, con un valor de 3,911 mm/día.

En general, las mayores tasas de evaporación del período del presente PSAH se registraron durante el mes de marzo de 2020, mientras que las menores en diciembre de 2020. Para la estación EVT-18, no se cuenta con mediciones para este trimestre, debido a la restricción de acceso al sector.

5.2.3 Sector Norte y Borde Este

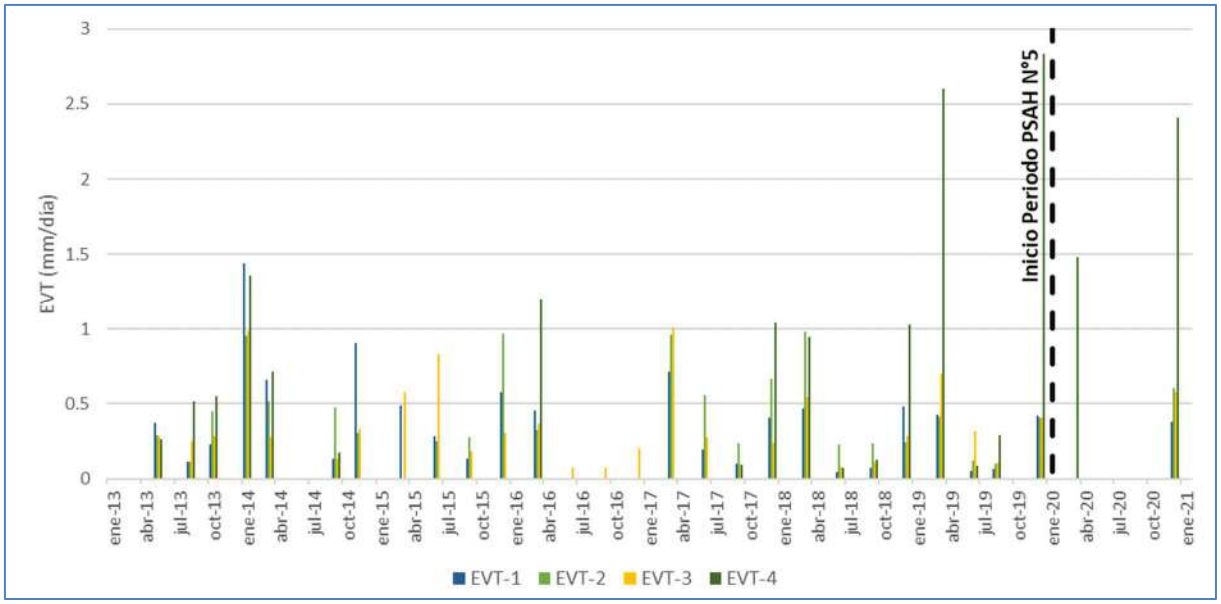
De la Figura 5-12 a la Figura 5-15 se ilustra la evolución de la evapotranspiración en los puntos de la red de monitoreo de evapotranspiración en el sector Norte y Borde Este. La estación EVT-5 se ubica en una superficie lagunar por lo que se gráfica de manera independiente debido a la diferencia de escala de las mediciones con el resto de los puntos.

Figura 5-12 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-5, Sector Norte y Borde Este



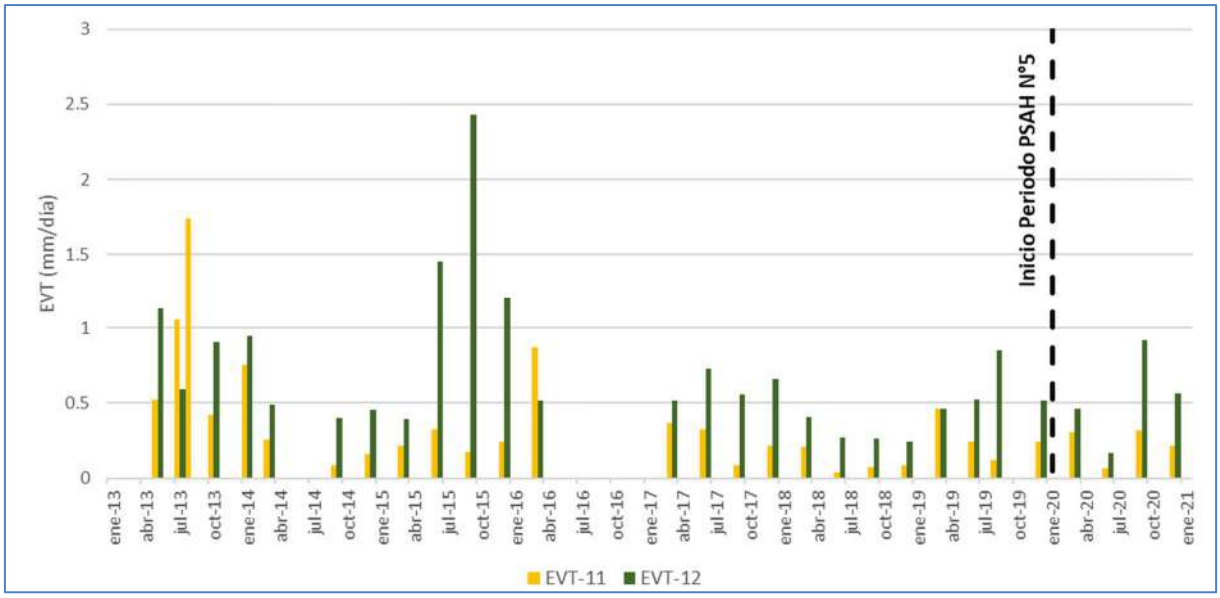
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-13 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-1, EVT-2, EVT-3 y EVT-4, Sector Norte y Borde Este



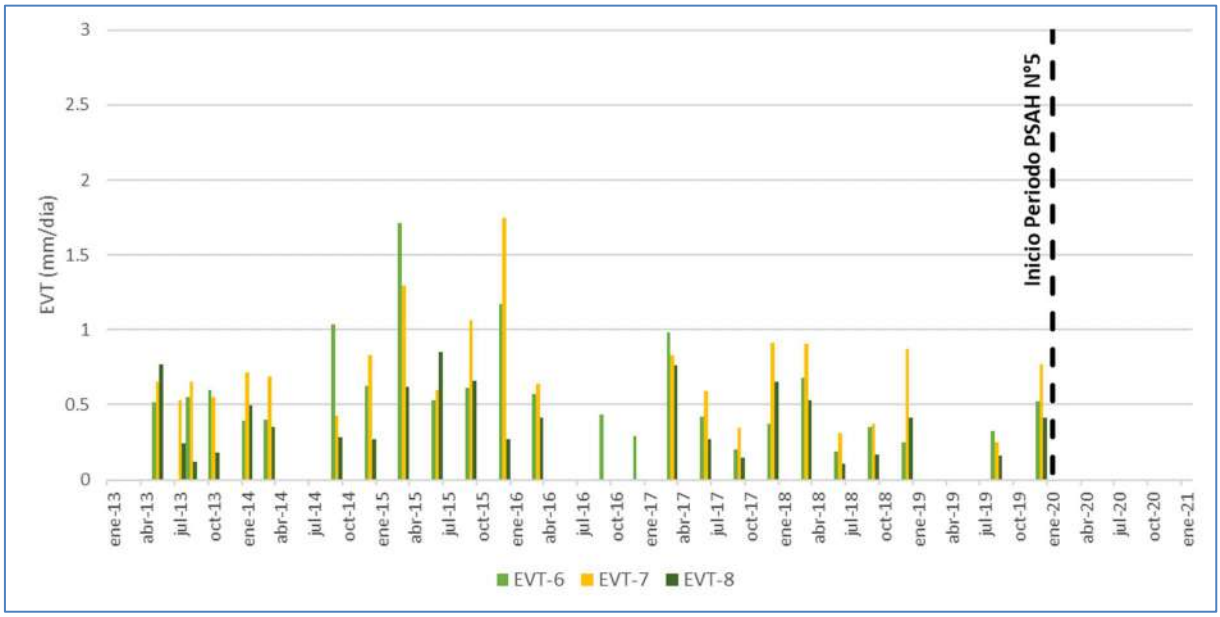
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-14 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-11 y EVT-12, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-15 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-6, EVT-7 y EVT-8, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Las mediciones realizadas durante el año 2020 en el punto EVT-5 (superficie lagunar), muestran valores dentro de lo observado en el registro histórico. Debido a las restricciones a acceso sólo se cuenta con información de campañas durante los meses de verano del año de reporte, específicamente en marzo y diciembre de 2020, donde se obtuvieron tasas de evapotranspiración de 4,201 y 4,153 mm/día respectivamente.

De la misma manera, los puntos ubicados en el borde norte del salar (EVT-1, EVT-2, EVT-3 y EVT-4) solo cuentan con mediciones en los meses de verano para el año correspondiente al período de reporte, debido a las restricciones de ingreso. Los valores obtenidos se mantienen dentro de la variabilidad observada en el registro histórico. Destaca el valor máximo en la estación EVT-4 durante el mes de diciembre (2,412 mm/día), el que corresponde a la tercera mayor tasa de evapotranspiración determinada en el punto.

Los puntos EVT-11 y EVT-12, correspondientes a la parte sur del Borde Este del salar, cuentan con el registro de los cuatros trimestres según la frecuencia de medición establecida en el PSAH. Al igual que las estaciones anteriores, los valores 2020 se mantienen dentro del rango observado histórico, con resultados que varían en el rango comprendido entre 0,066 y 0,920 mm/día.

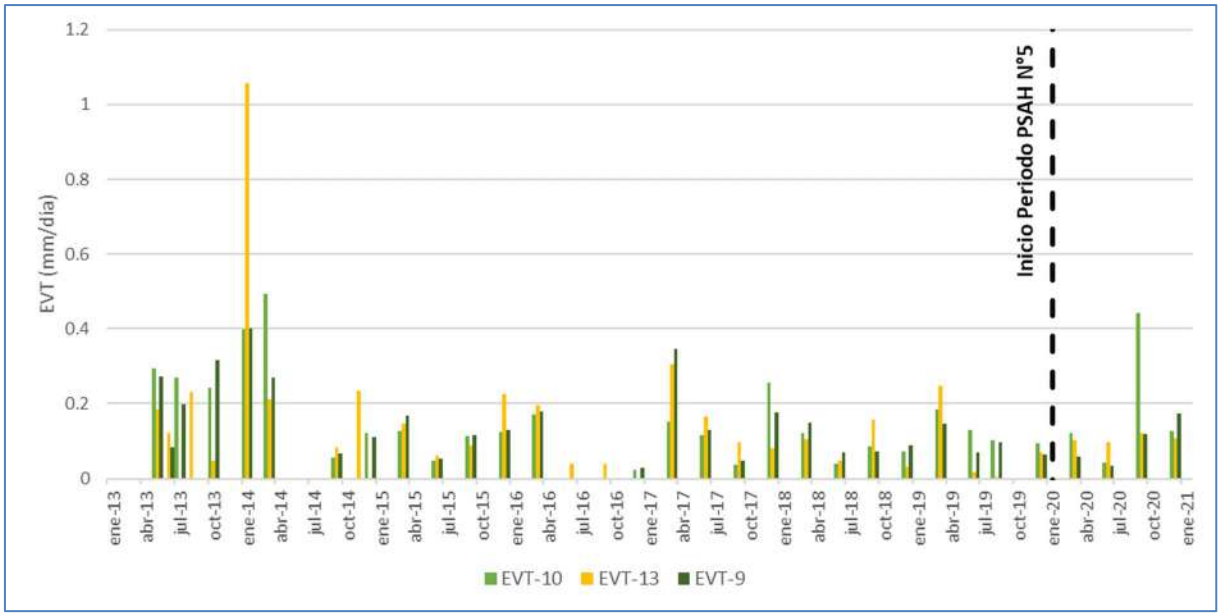
Los puntos EVT-6, EVT-7 y EVT-8 ubicados de la parte norte del Borde Este del salar no poseen mediciones durante el año 2020, debido a las restricciones de acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos.

5.2.4 Sector Núcleo

En la Figura 5-16 se muestra la evolución histórica de la evapotranspiración en los puntos de la red de monitoreo de evapotranspiración en el Núcleo del salar.

Los valores reportados durante el año 2020 se encuentran en el rango de variación histórico de las campañas de monitoreo. El valor máximo se obtuvo en la estación EVT-10, ubicada en la costra salina cerca del margen este del salar, en el mes de septiembre con una tasa de 0,443 mm/día. Por otra parte, la menor tasa de evaporación se registró en el punto EVT-9 durante el mes de junio con una tasa de 0,035 mm/día.

Figura 5-16 Evolución de la evapotranspiración en el punto EVT-9, EVT-10 y EVT-13, Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

5.3 Superficie Cubierta por Lagunas

Dentro de los compromisos ambientales en el marco del PSAH se realiza la medición de la superficie cubierta por las lagunas de los sistemas La Punta-La Brava, Peine, Aguas de Quelana y Soncor. El año 2020 este monitoreo se realizó en los meses de agosto y diciembre, correspondientes a las temporadas de invierno y verano respectivamente.

Los resultados de las superficies estimadas en base a imágenes satelitales realizadas durante el año 2020, para las temporadas de invierno y verano, se presentan en la Tabla 5-8, mientras que en el Anexo C se presenta el informe "*Superficie Cubierta por Lagunas, marzo 2021*", con todo el detalle de las mediciones históricas y las realizadas a la fecha en el marco del PSAH Nº5.

Tabla 5-8 Resultados de Superficies cubiertas por lagunas estimadas a través de imágenes satelitales (Pleiades-1A y Landsat 8) del monitoreo 2020 (invierno y verano), en comparación a los registros de línea de base (Adenda 5, 2015)

Sistema Lagunar	Superficies (ha) de registros históricos (AR) (Adenda 5, 2015)			Superficies (ha) Pleiades-1A de alta resolución 2020			Superficies (ha) Landsat 8 de media resolución 2020		
	Mín.	Máx.	Promedio	Invierno	Verano	Promedio anual	Invierno	Verano	Promedio anual
La Punta - La Brava	31,6	35,0	33,8	51,4	28,4	39,9	60,0	36,1	48,1
Peine	48,9	73,6	64,8	54,2	73,5	63,8	105,4	83,0	94,2
Aguas de Quelana	11,3	33,1	22,2	17,2	8,5	12,9	18,7	8,5	13,6
Soncor	192,4	234,2	217,4	255,3	168,9	212,1	331,6	225,5	278,6

Fuente: Adenda 5 (2015) y Cedrem Consultores (2020); AR: Alta Resolución.

En la Tabla 5-8 se presentan los valores para invierno, verano y el promedio anual para cada de las fuentes de información satelital. Además, se muestran los valores mínimo, máximo y promedio históricos (de imágenes de alta resolución, AR) de los registros de la línea base para cada uno de los sistemas estudiados, presentados en la Adenda 5 del EIA del Proyecto.

Durante el año 2020 la mayor superficie lagunar se registró en el sistema Soncor durante la campaña de invierno con valores de 255,3 ha desde la imagen Pleiades-1A y 331,6 ha desde Landsat 8. Por otro lado, los mínimos se presentan en el sistema Aguas de Quelana con 8,5 ha determinadas según las imágenes Pleiades-1A y Landsat 8 durante el mes de diciembre.

Destacan los registros de verano del año 2020 de aguas de Quelana, Soncor y La Punta – La Brava de Pleiades-1A, los cuales fueron menores que los valores mínimos históricos AR presentados en la Adenda 5 del EIA del Proyecto.

A continuación, se presentan el detalle de estos resultados para cada sistema lagunar.

5.3.1 Sistema La Punta-La Brava

En el sistema lagunar La Punta y La Brava, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades-1A en agosto de 2020 es de 51,4 ha y en diciembre 2020 abarca una superficie de 28,5 ha. En la Figura 5-17 se muestran los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2020, desde que se aprobó la RCA 021/2016, tanto para AR como para resultados Landsat 8.

Durante el mes de agosto de 2020 los valores determinados en ambos métodos se mantienen en el rango de lo observado en el año 2019 y de inviernos anteriores, no obstante, se observa una disminución en el área de las lagunas durante el mes de diciembre de 2020, presentando los valores más bajos del período 2016-2020.

Los valores determinados durante el año 2020 muestran una diferencia de Landsat 8 sobre Pleiades 1-A de un +14% (+8,6,0 ha) para agosto 2020 y de un +21,3% (+7,7 ha) para diciembre 2020.

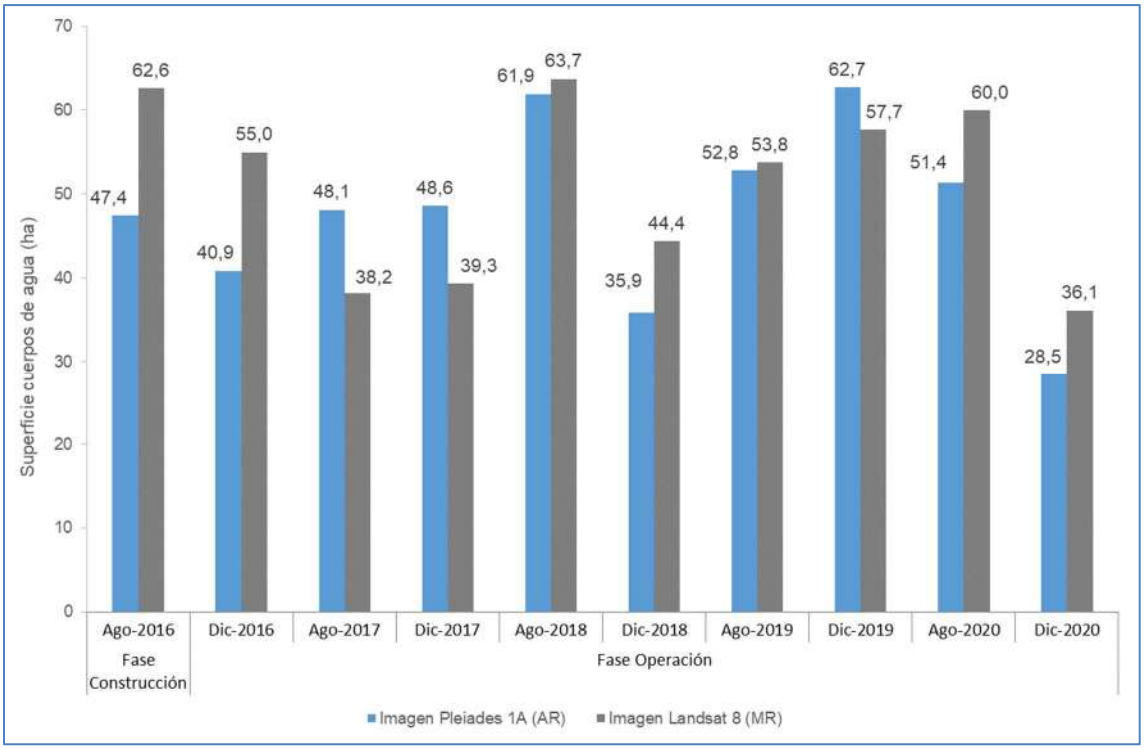
En cuanto a la validación de ajuste de las coberturas, el valor promedio (periodo 2016 a 2020) del índice *kappa*[11] de las superficies de imágenes de alta resolución corresponde a 0,68, que corresponde a un valor considerable. Para las imágenes de media resolución, el valor del índice kappa promedio es de 0,56; considerado moderado.

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 2020.

En la Figura 5-18 y Figura 5-19 muestran los cambios observados en las superficies de los cuerpos de agua en comparación con el registro histórico entre los años 2016 y 2020, según tipo de imagen por año de monitoreo para las campañas de inviernos (agosto) y campañas de verano (diciembre).

[11] El Índice *Kappa* corresponde a una medida estadística que ajusta el efecto del azar en la proporción de la concordancia observada para elementos cualitativos (variables categóricas). Valores cercanos a 1,00 indican un mejor ajuste entre los elementos de clasificación

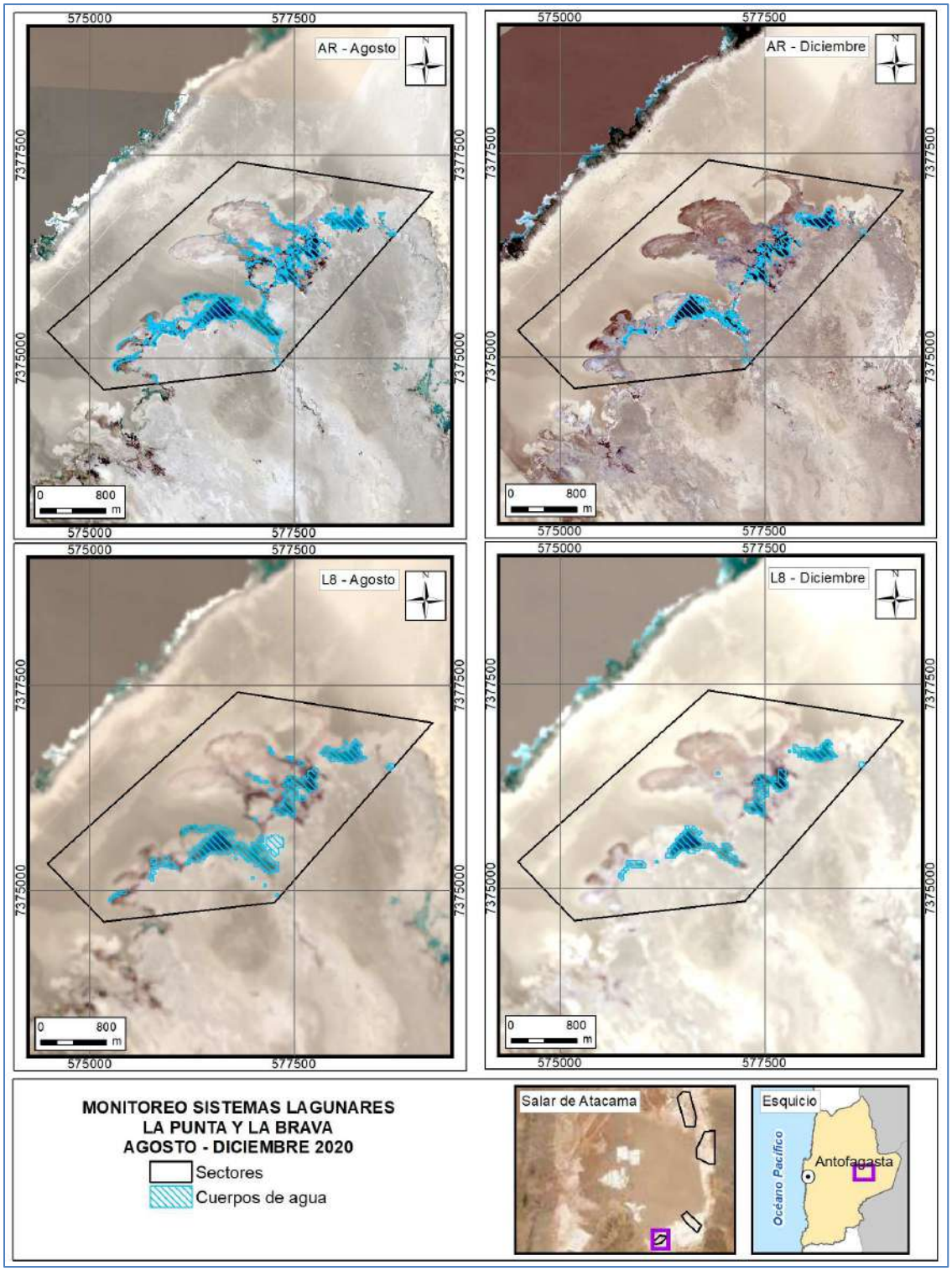
Figura 5-17 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar La Punta-La Brava



Donde; MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m).

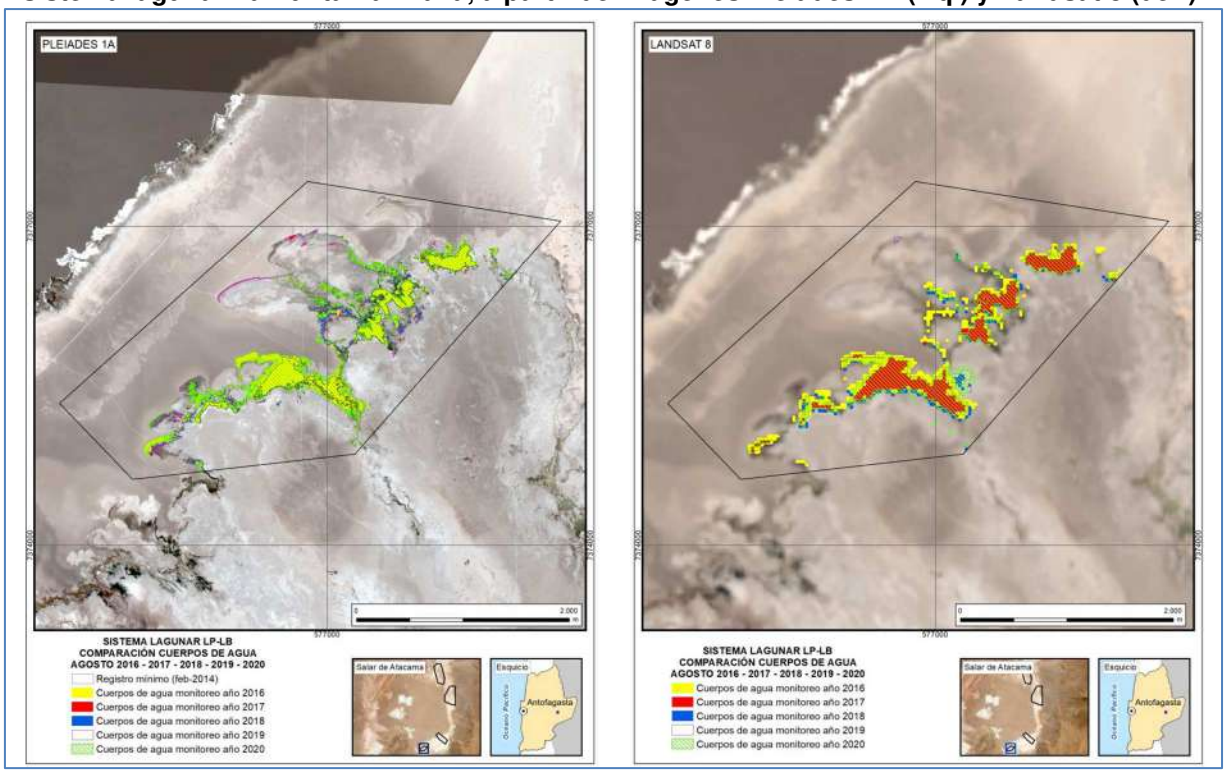
Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

Figura 5-18 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar La Punta y La Brava, agosto – diciembre 2020



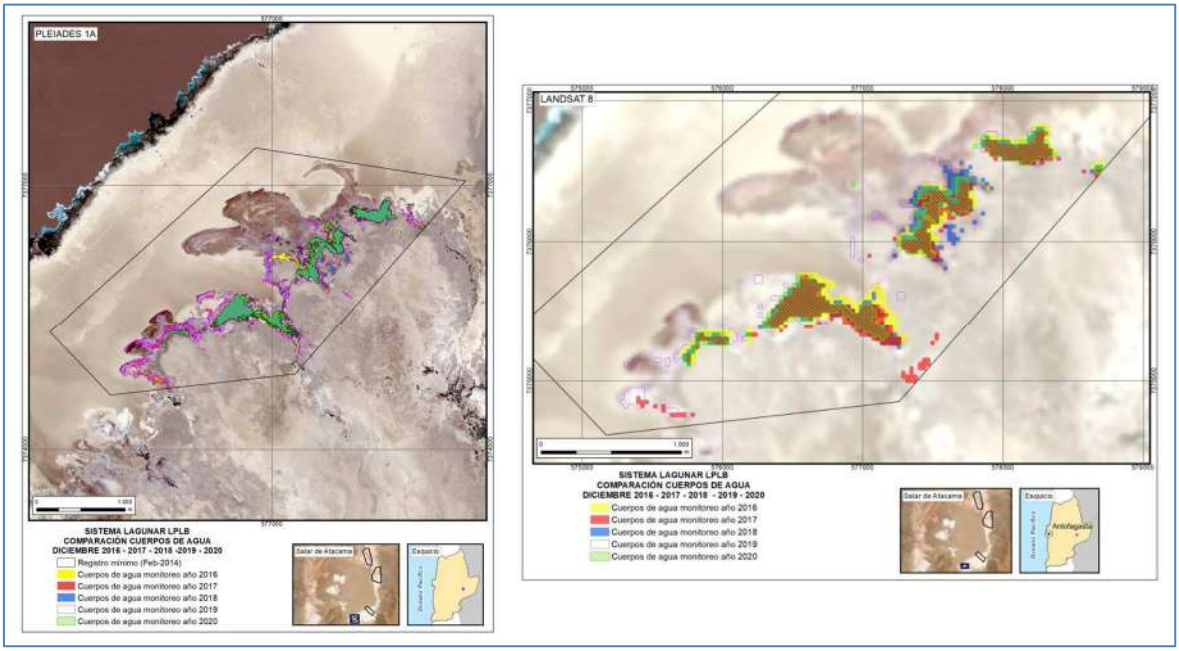
Dónde, AR: Imágenes de Alta Resolución (Pleiades-1A), L8: Imágenes de Landsat 8 (Mediana Resolución)
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre de 2020.

Figura 5-19 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2020

Figura 5-20 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar La Punta-La Brava, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2020

5.3.2 Sistema Peine

En el sistema lagunar Peine, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades-1A en agosto de 2020 es de 54,2 ha y en diciembre 2020 abarca una superficie de 73,5 ha. La Figura 5-21, muestran los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2020, desde que se aprobó la RCA 021/2016, tanto para imágenes AR como Landsat 8. Los valores del año 2020 se encuentran dentro del rango observado desde la aprobación de la RCA.

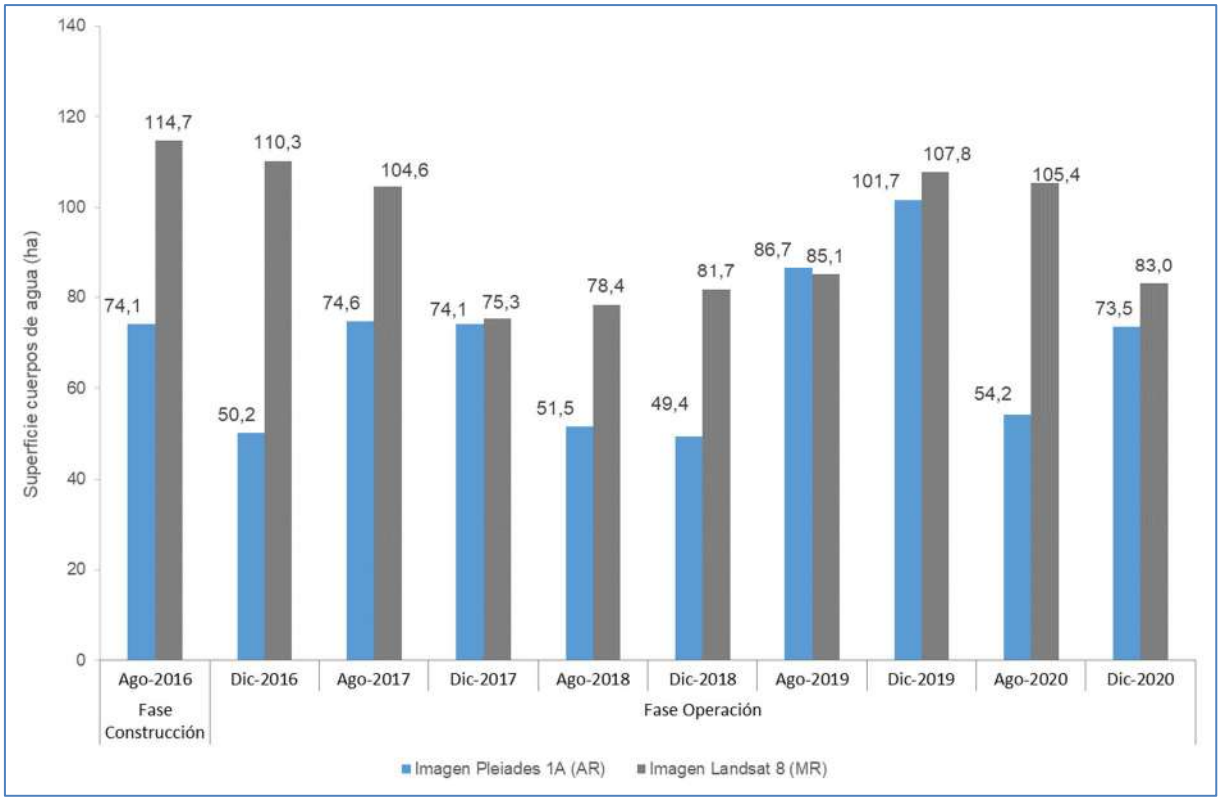
Los valores determinados para las áreas de lagunas durante las campañas del año 2020 muestran una diferencia de Landsat 8 sobre Pleiades 1-A de un +48,6% (+51,2 ha) para invierno y de un +11,5% (+9,5 ha) para verano.

En cuanto a la validación de ajuste de las coberturas, el valor promedio (periodo 2016 a 2020) del índice *kappa* de las superficies de imágenes de alta resolución corresponde a 0,86, que corresponde a un valor casi perfecto. Para las imágenes de media resolución, el valor del índice kappa promedio es de 0,76; considerado “considerable”.

En la Figura 5-22 se presenta una comparación entre las superficies lagunares, calculadas con imágenes de Pleiades-1A y Landsat 8 para las campañas de invierno y verano del año 2020.

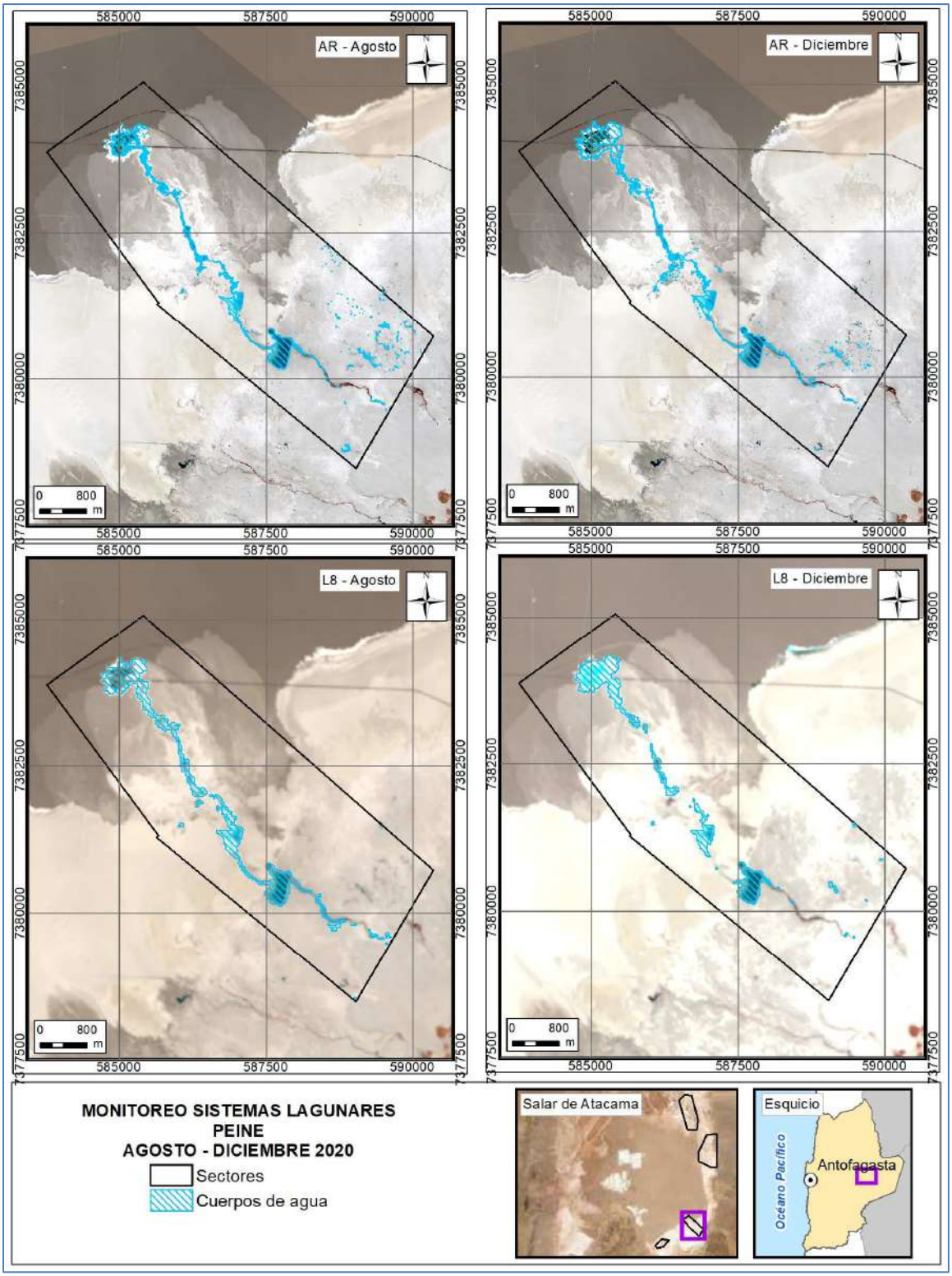
En la Figura 5-23 y la Figura 5-24 muestran las diferencias entre las superficies de los cuerpos de agua en comparación con las áreas determinadas entre los años 2016 y 2020 para las campañas de inviernos (agosto) y campañas de verano (diciembre), según tipo de imagen satelital utilizada.

Figura 5-21 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Peine



Dónde; MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m). Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

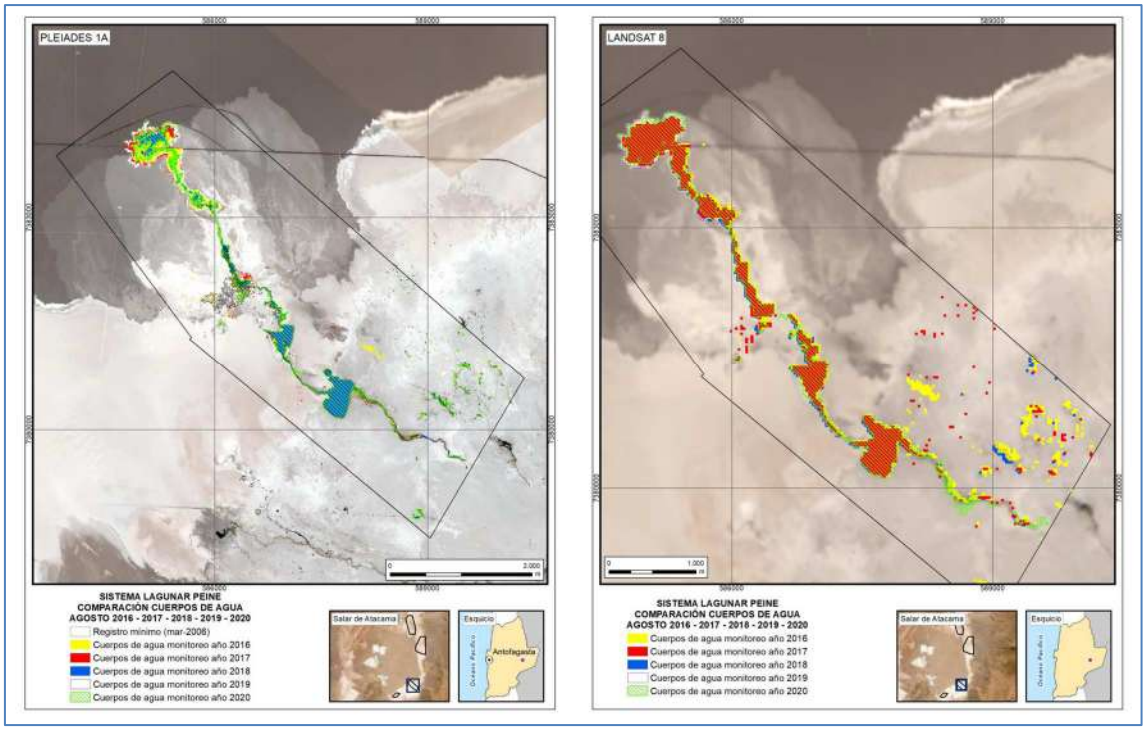
Figura 5-22 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Peine, agosto – diciembre 2020



Dónde, AR: Imágenes de Alta Resolución (Pleiades-1A), L8: Imágenes de Landsat 8 (Mediana Resolución)

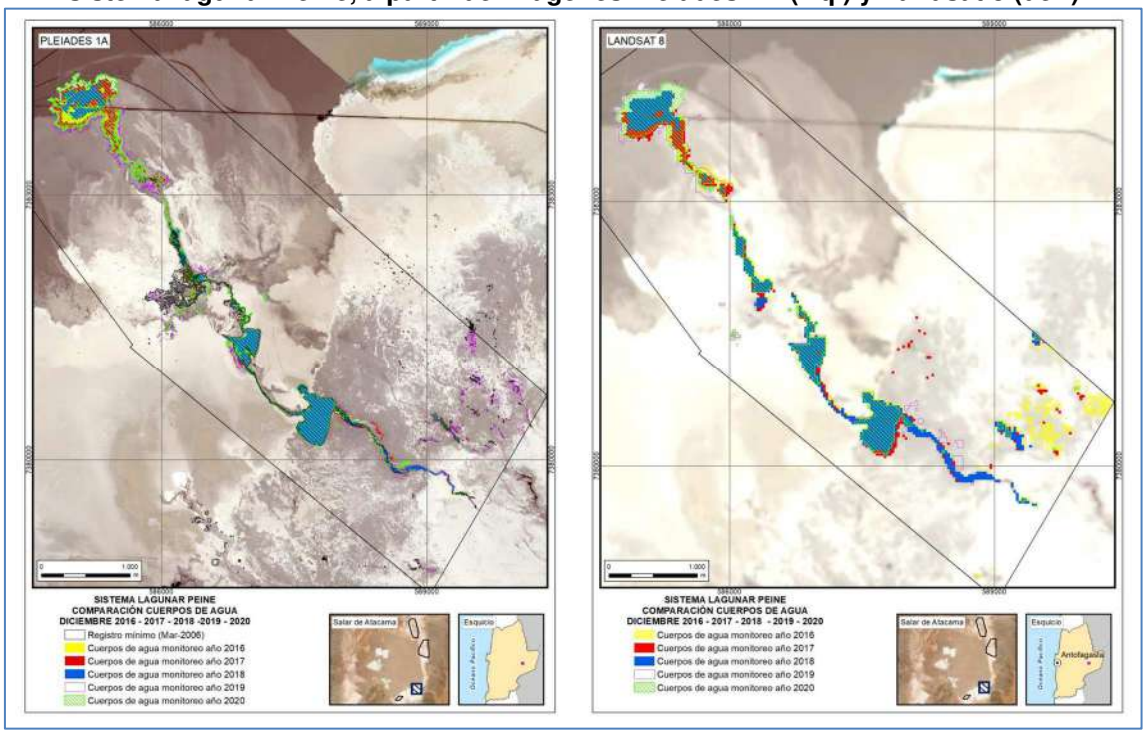
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre de 2020.

Figura 5-23 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2020

Figura 5-24 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar Peine, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2020

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 alta resolución Pleiades-1A en agosto de 2020 es de 17,2 ha y en diciembre 2020 abarca una superficie de 8,5 ha. La Figura 5-25 muestra los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2020, desde la aprobación de la RCA 021/2016, tanto para AR como para Landsat. Se observa una disminución de las áreas cubiertas por el sistema lagunar Aguas de Quelana durante el año 2020, registrándose el mínimo en diciembre de 2020 para el período 2016-2020.

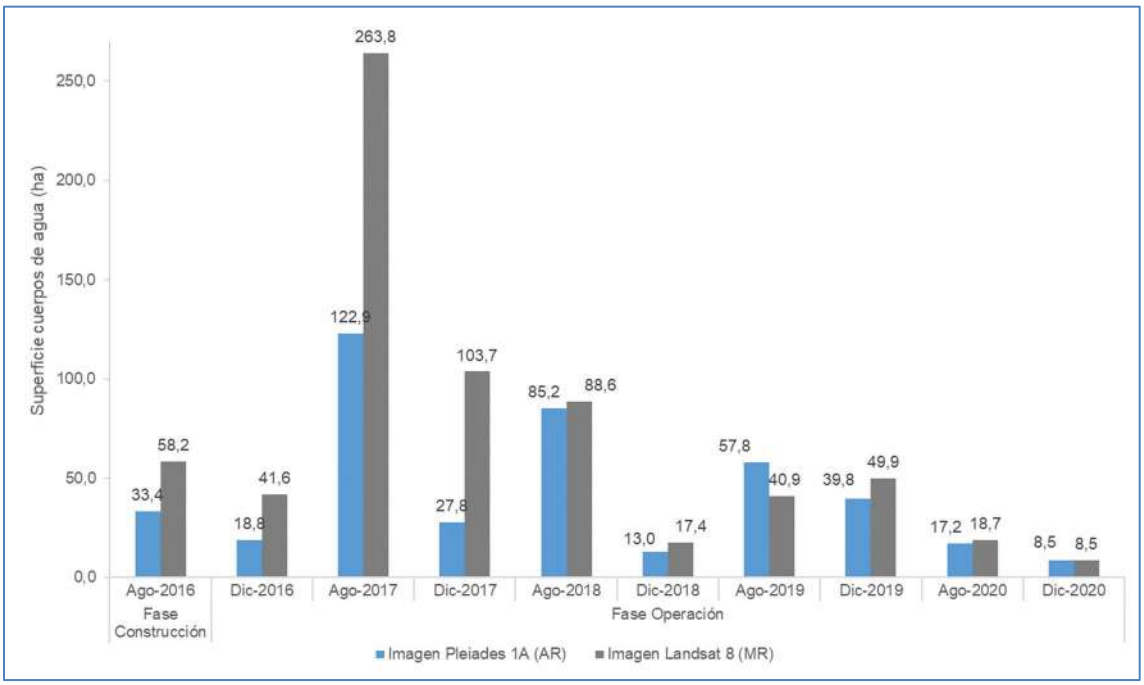
En el sistema lagunar Aguas de Quelana, los valores determinados para Pleiades 1-A, muestran una diferencia de Landsat 8 sobre Pleiades 1-A de un +8,4% (+1,6 ha) para invierno y de +0,8% (+0,1 ha) para este periodo.

En cuanto a la validación de ajuste de las coberturas, el valor promedio (periodo 2016 a 2020) del índice *kappa* de las superficies de imágenes de alta resolución corresponde a 0,68, que corresponde a un valor considerable. Para las imágenes de media resolución, el valor del índice kappa promedio es de 0,73; clasificado como un valor considerable.

En la Figura 5-26 se presenta una comparación gráfica de las superficies lagunares calculadas con imágenes de Pleiades-1A y Landsat 8 para el año 2020.

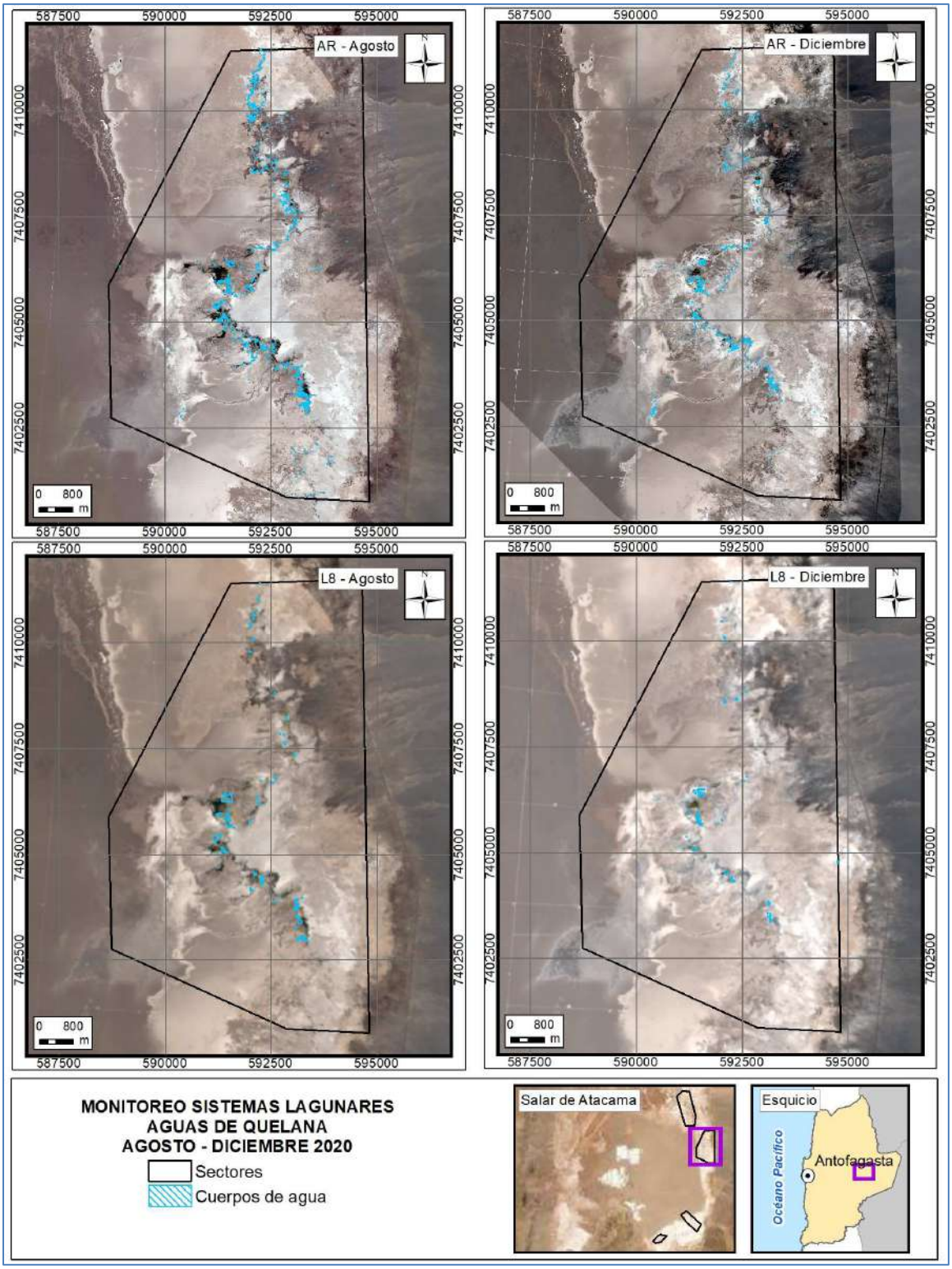
En la Figura 5-27 y la Figura 5-28 muestran los cambios observados en las superficies de los cuerpos de agua en comparación con el registro histórico entre los años 2016 y 2020, según tipo de imagen por año de monitoreo para las campañas de inviernos (agosto) y campañas de verano (diciembre).

Figura 5-25 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Aguas de Quelana



Dónde; MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m). Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

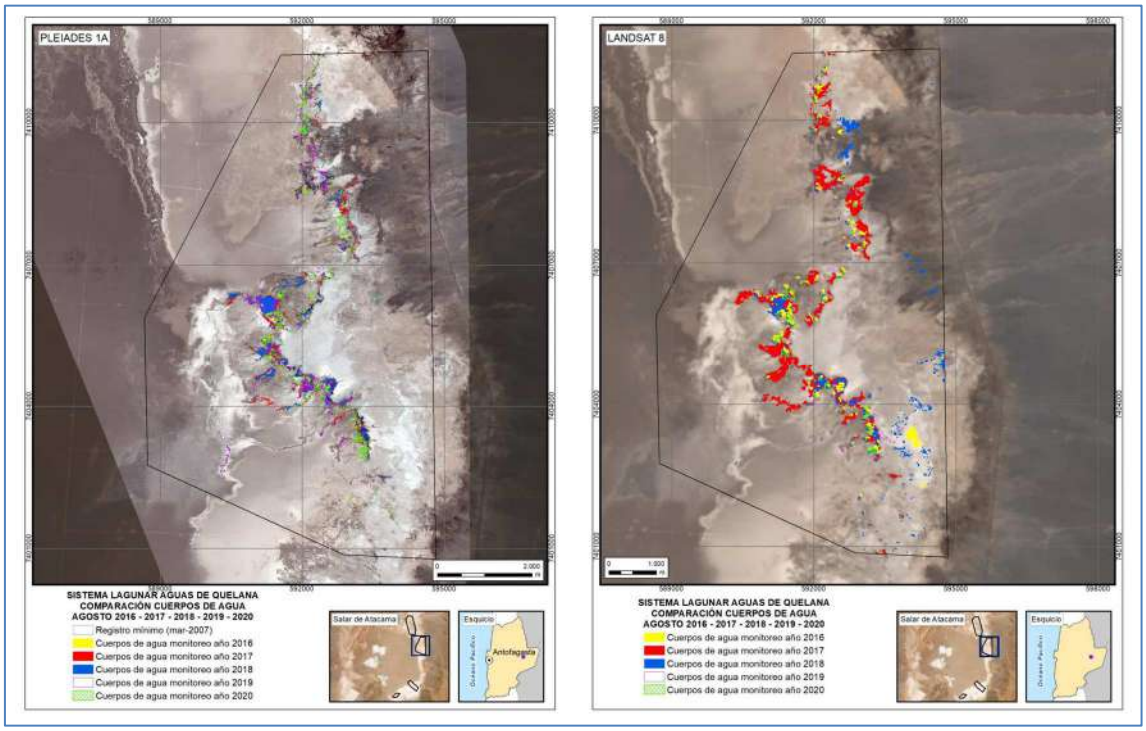
Figura 5-26 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Aguas de Quelana, agosto – diciembre 2020



Dónde, AR: Imágenes de Alta Resolución (Pleiades-1A), L8: Imágenes de Landsat 8 (Mediana Resolución)

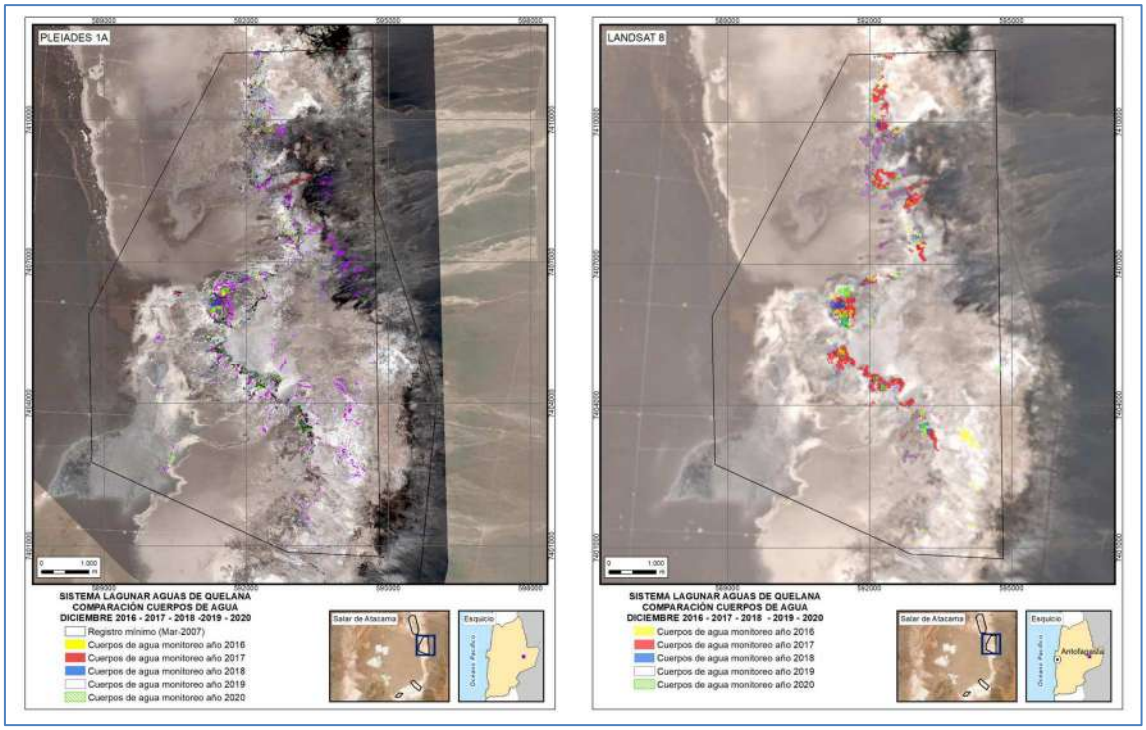
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre de 2020.

Figura 5-27 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017- 2018 - 2019 y 2020, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2020

Figura 5-28 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 – 2017- 2018 – 2019 y 2020, sistema lagunar Aguas de Quelana, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2020

5.3.4 Sistema Soncor

En el sistema lagunar Soncor, la cobertura de cuerpos de agua estimada a partir de imágenes satelitales de alta resolución Pleiades-1A en agosto de 2020 es de 255,3 ha y en diciembre 2020 abarca una superficie de 168,9 ha. La Figura 5-29 muestran los resultados gráficos y numéricos de las superficies monitoreadas entre 2016 a 2020, desde la aprobación de la RCA 021/2016, tanto para AR como para Landsat.

Los valores determinados durante el año 2020 se encuentran dentro del rango de lo registrado desde la aprobación de la RCA, siendo similar a diciembre 2018.

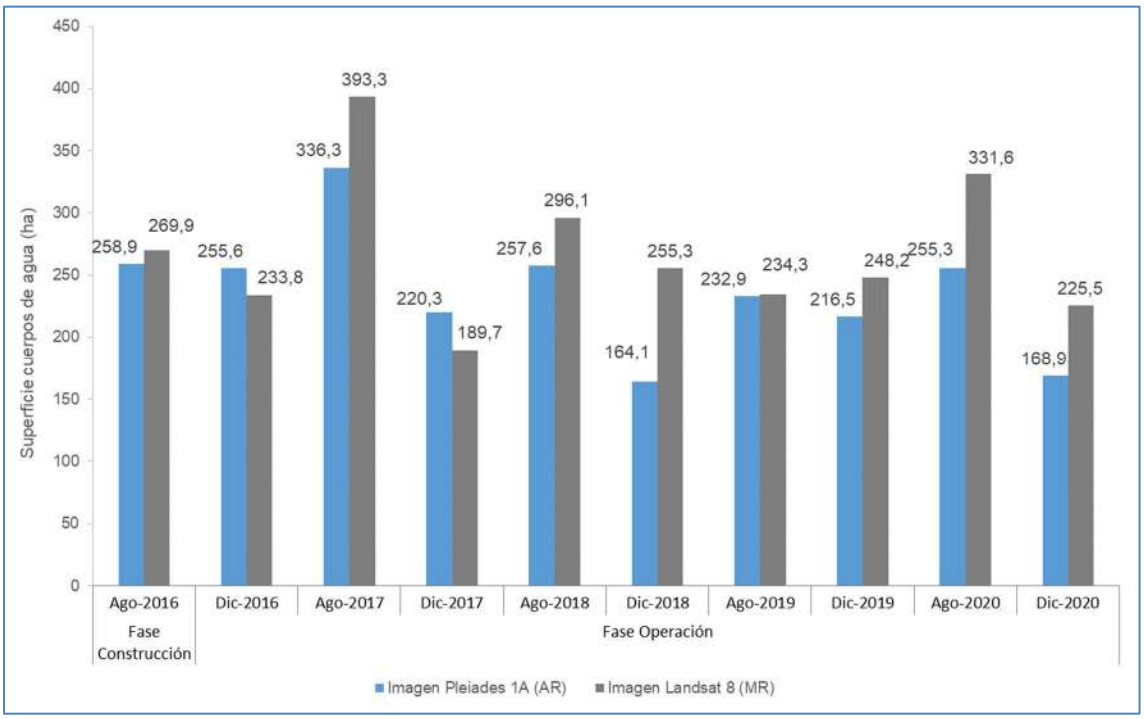
Los valores determinados durante el año 2020 muestran una diferencia de Landsat sobre Pleiades de un +23,0 % (76,3 ha) para agosto de 2020 y de un +33,5% (56,6 ha) para verano de 2020.

En cuanto a la validación de ajuste de las coberturas, el valor promedio (periodo 2016 a 2020) del índice *kappa* de las superficies de imágenes de alta resolución corresponde a 0,90, que corresponde a un valor casi perfecta. Para las imágenes de media resolución, el valor del índice kappa promedio es de 0,80; en el rango de considerable.

En la Figura 5-30 se presenta una comparación gráfica de las superficies lagunares determinadas a través de imágenes satelitales desde Pleiades-1A y Landsat 8 para el año 2020.

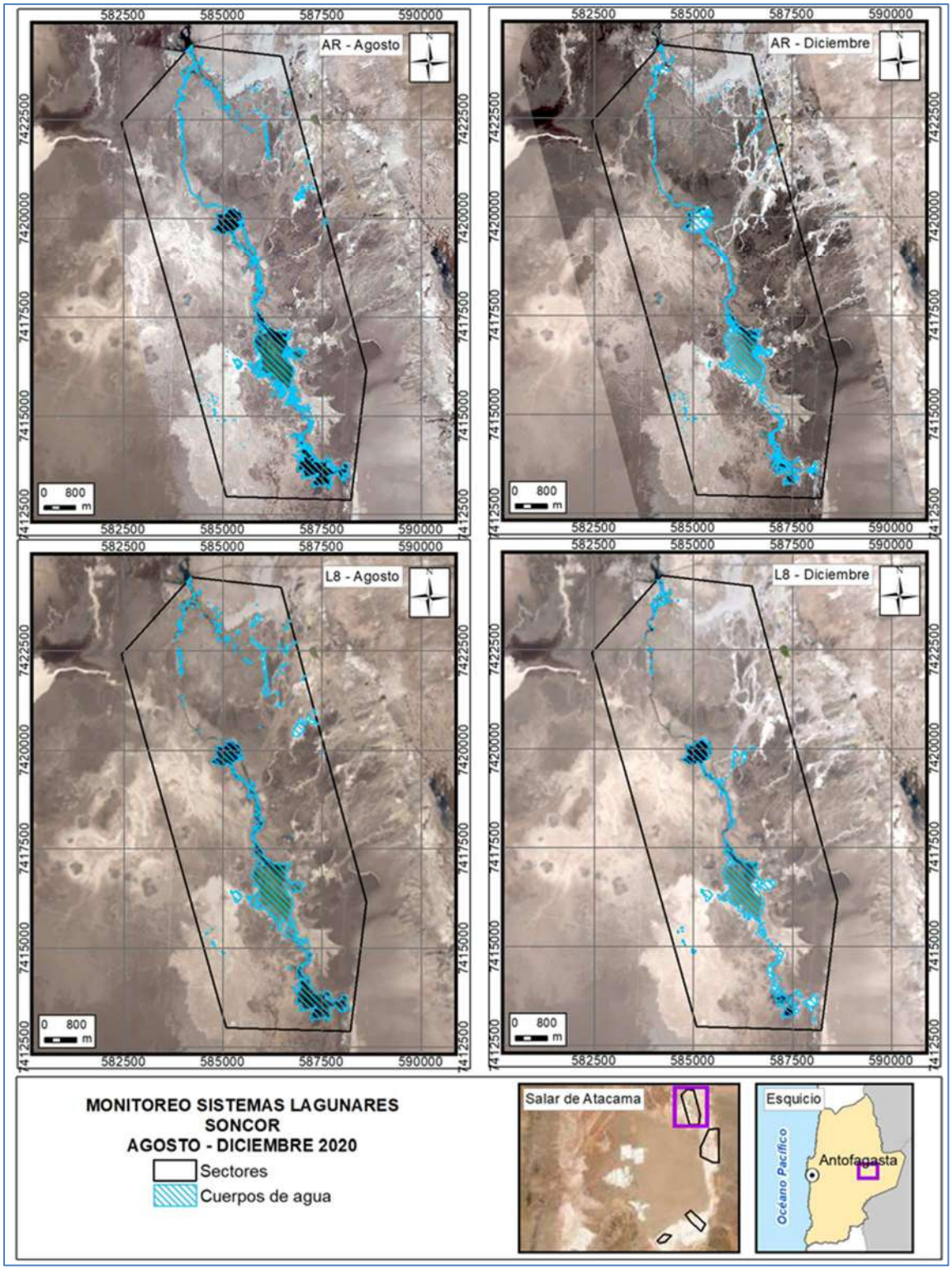
En la Figura 5-31 y la Figura 5-32 muestran los cambios observados en las superficies de los cuerpos de agua en comparación con el registro histórico entre los años 2016 y 2020, según tipo de imagen por año de monitoreo para las campañas de inviernos (agosto) y campañas de verano (diciembre).

Figura 5-29 Registros históricos y superficie actual de los cuerpos de agua, sistema lagunar Soncor



Dónde; MR: Imagen de Mediana Resolución (píxel 30m); AR: Imágenes de alta resolución (píxel menor a 4m). Fuente: Cedrem Consultores a partir de modelo de clasificación supervisada.

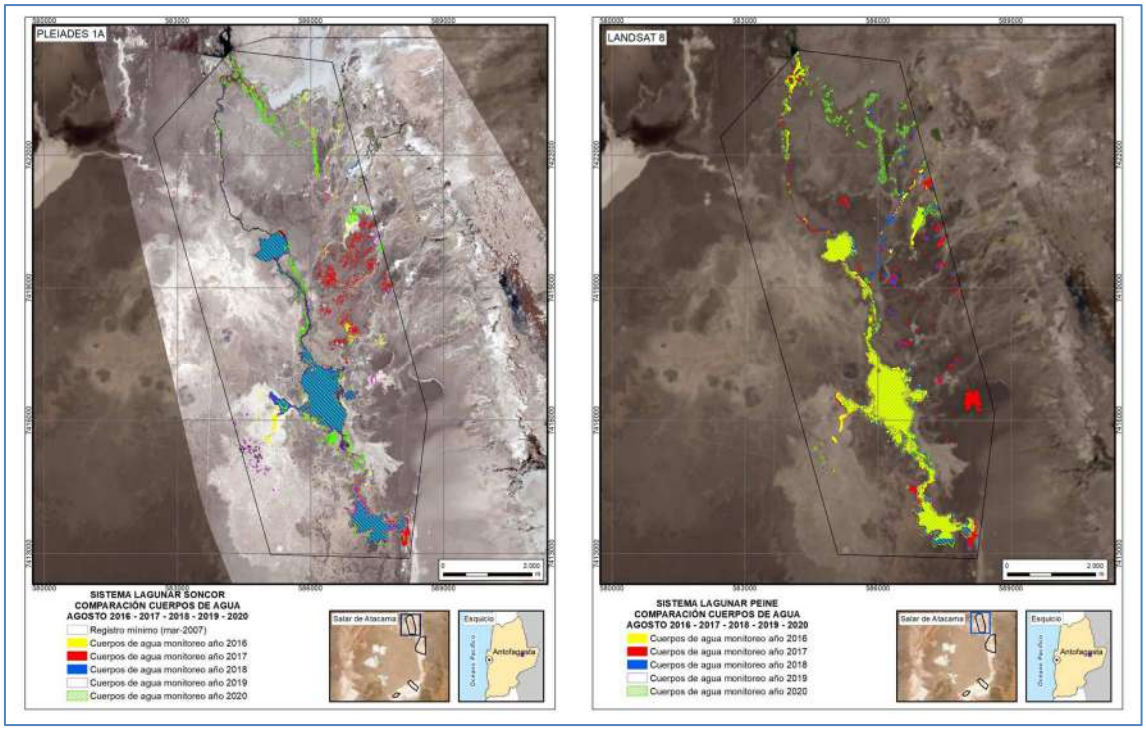
Figura 5-30 Cobertura de cuerpos de agua determinada a través de imágenes satelitales Pleiades-1A y Landsat 8 en el sistema lagunar Soncor, agosto – diciembre 2020



Dónde, AR: Imágenes de Alta Resolución (Pleiades-1A), L8: Imágenes de Landsat 8 (Mediana Resolución)

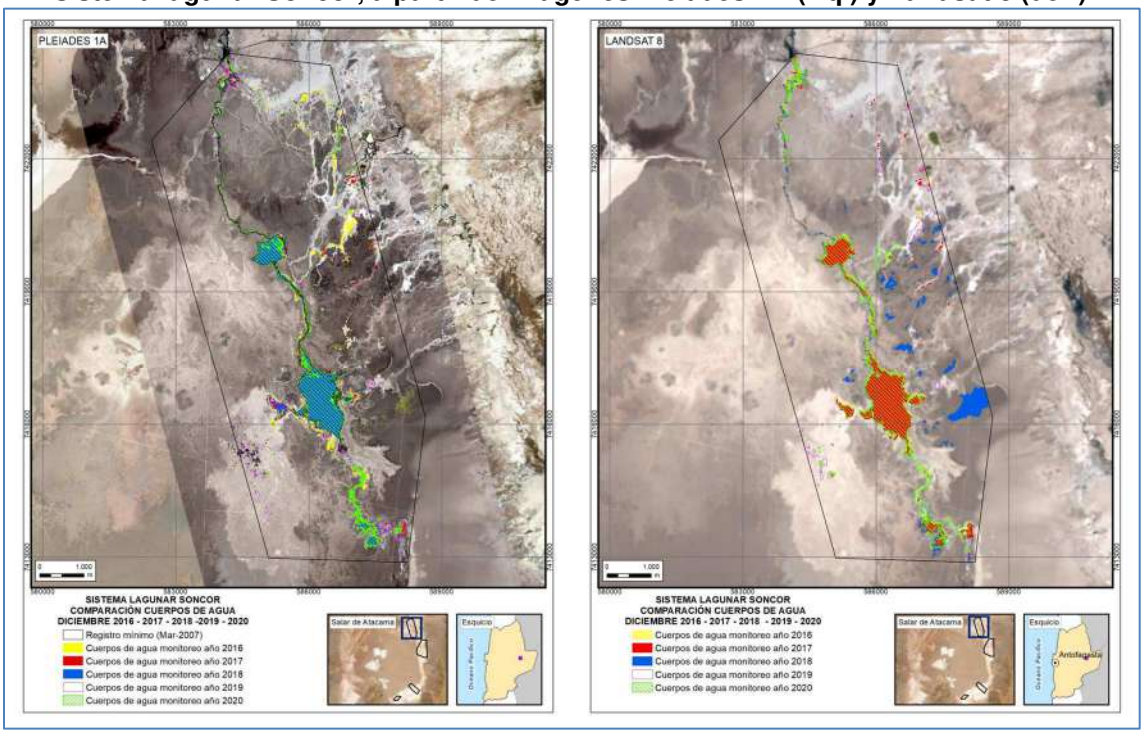
Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto y diciembre de 2020.

Figura 5-31 Registros de superficies lagunares de agosto 2016 - 2017- 2018 - 2019 y 2020, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de agosto 2016 a agosto 2020

Figura 5-32 Registros de superficies lagunares de diciembre 2016 - 2017- 2018 - 2019 y 2020, sistema lagunar Soncor, a partir de imágenes Pleiades-1A (izq.) y Landsat 8 (der.)



Fuente: Cedrem Consultores en base a clasificación supervisada de imágenes satelitales de diciembre 2016 a diciembre 2020

5.4 Nivel limnimétrico de las lagunas

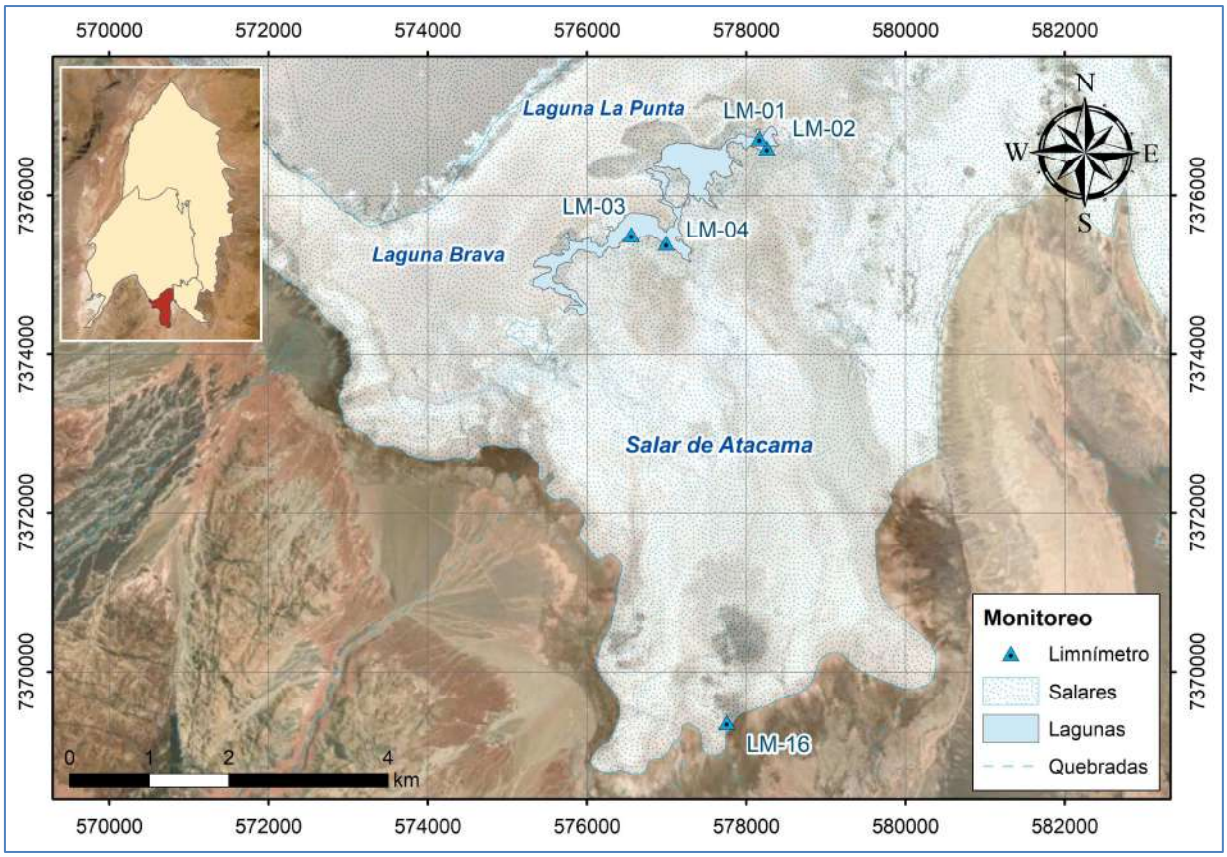
La medición del nivel limnimétrico de las lagunas se realiza midiendo la distancia desde la cota de referencia hasta el espejo de agua. Posteriormente, se calcula la elevación del nivel del espejo de agua en m s.n.m. restando a la cota del punto de referencia (cota de referencia, obtenida mediante levantamiento topográfico) la altura o distancia medida con la cinta métrica.

La base de datos histórica con las mediciones de nivel limnimétrico se incluye en el Anexo D.

5.4.1 Sector La Punta-La Brava

La ubicación de los puntos de monitoreo de nivel limnimétrico en el sector La Punta-La Brava se presenta en el mapa de la Figura 5-33. Los resultados de las mediciones de nivel limnimétrico se presentan en la Tabla 5-9 mientras que los gráficos con el registro histórico de las mediciones en el periodo 2016-2020 se presentan en la Figura 5-34 y Figura 5-35.

Figura 5-33 Puntos de monitoreo de nivel limnimétrico, sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

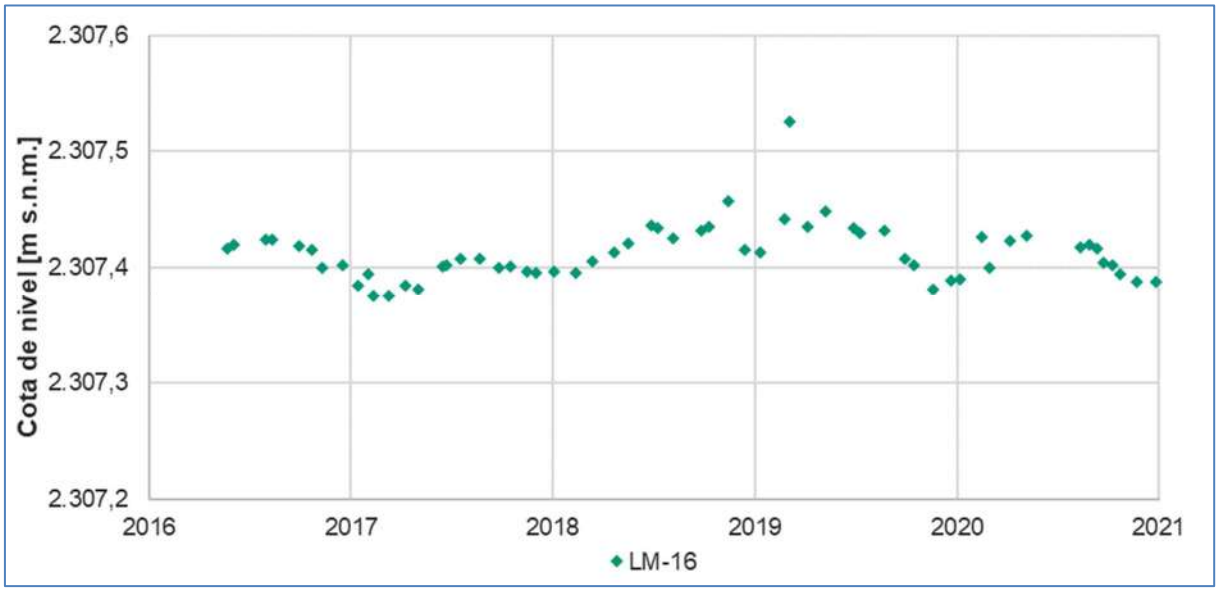
Tabla 5-9 Resultados medición de nivel limnimétrico en sector La Punta-La Brava, año 2020

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-01	07-01-2020	0,375	2.299,955	LM-02	07-01-2020	0,844	2.299,951
	08-02-2020	0,355	2.299,975		08-02-2020	0,834	2.299,961
	07-03-2020	0,358	2.299,972		20-03-2020	0,813	2.299,982
	05-04-2020	0,336	2.299,994		06-04-2020	0,803	2.299,992
	03-05-2020	0,323	2.300,007		03-05-2020	0,795	2.300,000
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	02-08-2020	0,319	2.300,011		02-08-2020	(2)	
	17-08-2020	0,331	2.299,999		17-08-2020	0,779	2.300,016
	28-08-2020	0,253	2.300,077		28-08-2020	0,690	2.300,105
	02-09-2020	(2)			02-09-2020	(2)	
	16-09-2020	0,310	2.300,020		16-09-2020	0,762	2.300,033
	26-09-2020	0,336	2.299,994		26-09-2020	0,787	2.300,008
	02-10-2020	0,343	2.299,987		02-10-2020	0,801	2.299,994
	17-10-2020	0,377	2.299,953		17-10-2020	0,826	2.299,969
	25-10-2020	0,378	2.299,952		25-10-2020	(2)	
	08-11-2020	0,390	2.299,940		08-11-2020	0,843	2.299,952
	06-12-2020	0,405	2.299,925		06-12-2020	0,860	2.299,935
LM-03	17-01-2020	0,443	2.300,133	LM-04	17-01-2020	0,830	2.300,104
	17-02-2020	0,427	2.300,149		17-02-2020	0,815	2.300,119
	20-03-2020	0,415	2.300,161		07-03-2020	0,828	2.300,106
	05-04-2020	0,407	2.300,169		05-04-2020	0,793	2.300,141
	03-05-2020	0,410	2.300,166		03-05-2020	0,796	2.300,138
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	03-08-2020	0,369	2.300,207		03-08-2020	0,749	2.300,185
	18-08-2020	0,369	2.300,207		18-08-2020	0,760	2.300,174
	28-08-2020	0,355	2.300,221		28-08-2020	0,733	2.300,201
	05-09-2020	0,359	2.300,217		05-09-2020	0,748	2.300,186
	17-09-2020	0,378	2.300,198		17-09-2020	0,761	2.300,173
	26-09-2020	0,401	2.300,175		26-09-2020	0,780	2.300,154
	05-10-2020	0,414	2.300,162		05-10-2020	0,797	2.300,137
	18-10-2020	0,429	2.300,147		18-10-2020	0,812	2.300,122
	25-10-2020	0,433	2.300,143		25-10-2020	0,821	2.300,113
	09-11-2020	0,450	2.300,126		09-11-2020	0,830	2.300,104
	13-12-2020	(2)			13-12-2020	0,838	2.300,096
LM-16	08-01-2020	0,446	2.307,390				
	16-02-2020	0,410	2.307,426				
	02-03-2020	0,436	2.307,400				
	07-04-2020	0,413	2.307,423				
	08-05-2020	0,409	2.307,427				
	01-06-2020	(1)					
	01-07-2020	(1)					
	13-08-2020	0,419	2.307,417				
	29-08-2020	0,416	2.307,420				
	12-09-2020	0,420	2.307,416				
	24-09-2020	0,432	2.307,404				
	09-10-2020	0,434	2.307,402				
	24-10-2020	0,442	2.307,394				

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	23-11-2020	0,448	2.307,388				
	28-12-2020	0,448	2.307,388				

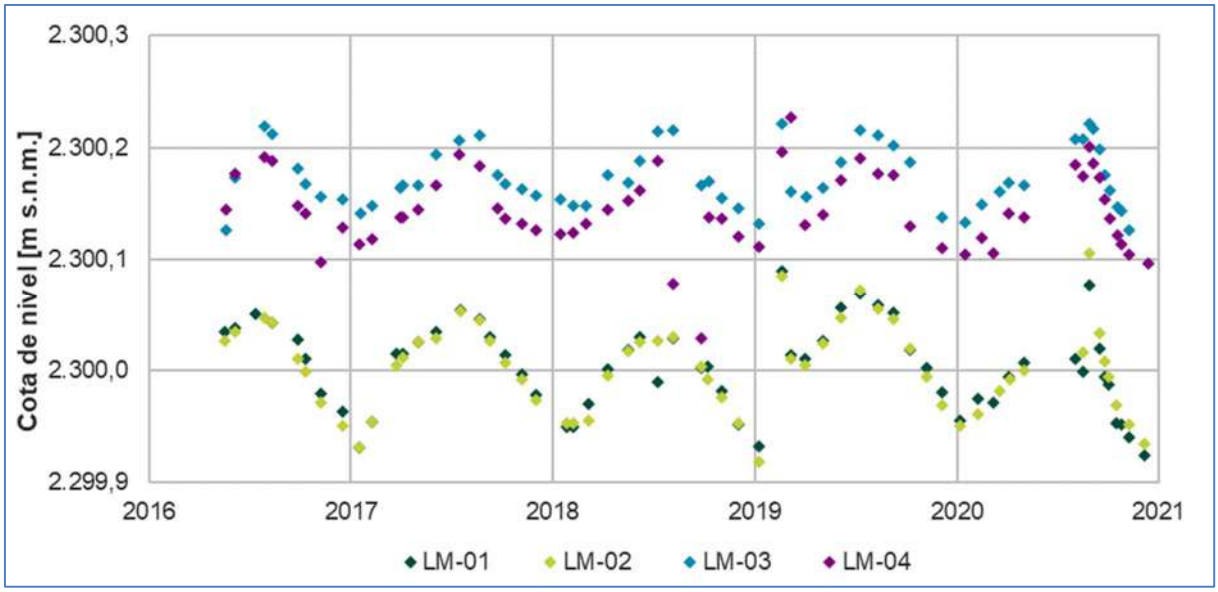
(1) Comunidad de Peine no autoriza ingreso al sector.
(2) Sin autorización de acceso por presencia de flamencos.
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-34 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector La Punta - La Brava (parte 1 de 2)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-35 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector La Punta - La Brava (parte 2 de 2)



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la Figura 5-34 se observa que el comportamiento del punto de monitoreo LM-16, el cual a diferencia de los demás, se ubica en la zona de vegas de Tilopozo, presenta variaciones estacionales en torno a la cota de 2.307,4 m s.n.m., presentando descensos de nivel en los meses de estaciones cálidas y recuperándose en los meses de estaciones frías, con una amplitud entre cotas máxima y mínima de alrededor de 0,04 m durante 2020.

En el gráfico de la Figura 5-35 se observa que los puntos de monitoreo LM-01 y LM-02, ubicados en la laguna La Punta, tienen un comportamiento muy similar entre sí, con cotas de nivel casi idénticas oscilando en torno a los 2.300 m s.n.m. con tendencias de ascenso en los meses de invierno y descenso en los meses de verano, con una amplitud que alcanza los 0,17 m (medida en LM-02) reconocida en 2020. Los puntos LM-03 y LM-04, ubicados en la laguna La Brava, presentan mayores cotas limnimétricas y también presentan un comportamiento muy similar entre sí, a cotas que oscilan en forma estacional en torno a los 2.300,15 m s.n.m., con una amplitud que alcanza 0,1 m (medida en LM-04) durante 2020.

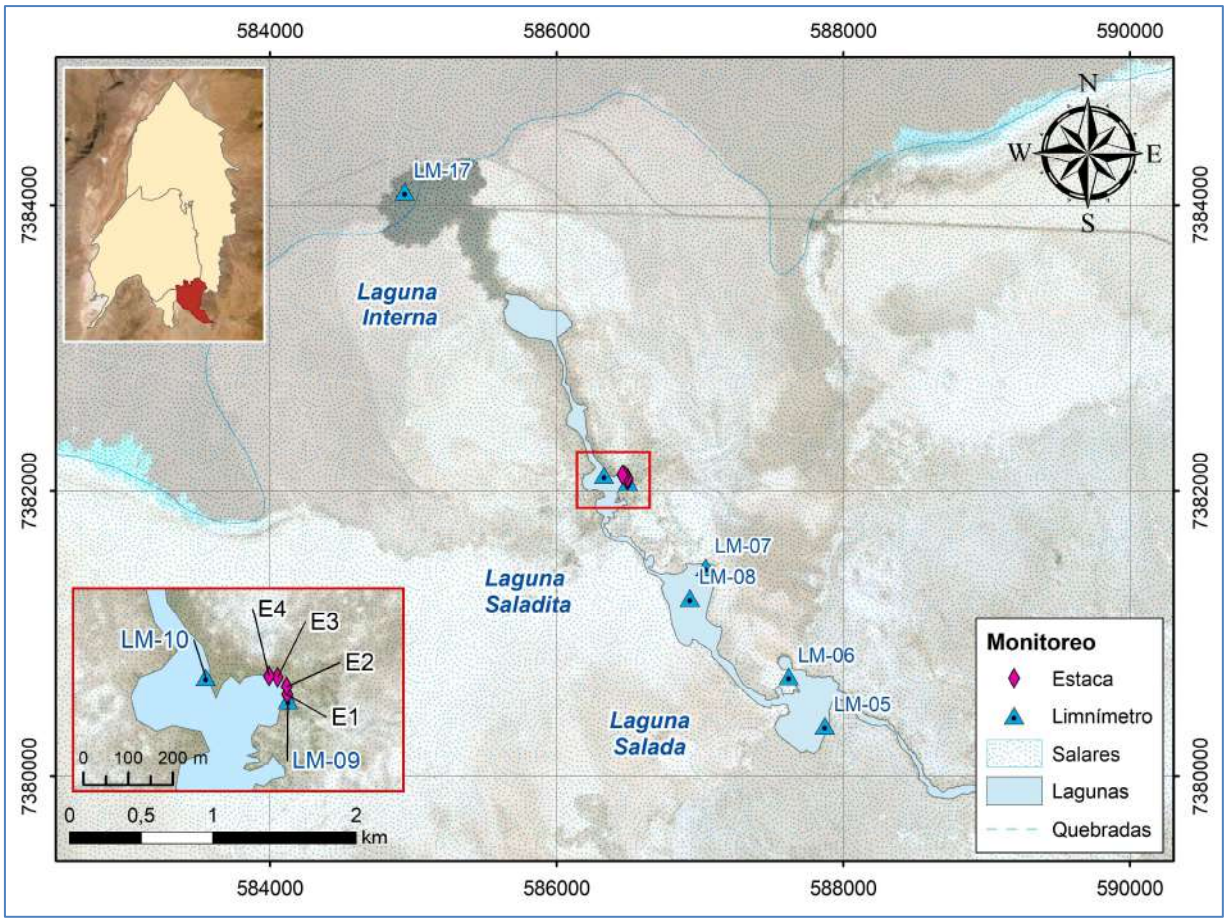
5.4.2 Sector Peine

El mapa de ubicación de los puntos de monitoreo de nivel limnimétrico en el sector Peine se presenta en la Figura 5-36. Los resultados de las mediciones de nivel efectuadas durante 2020 en el sector Peine se presentan en la Tabla 5-10, y la evolución histórica de nivel limnimétrico se presenta en la Figura 5-37, Figura 5-38 y Figura 5-39.

En el gráfico de la Figura 5-37 se observa que los puntos de monitoreo LM-05 y LM-06, ubicados en laguna Salada, presentan un comportamiento similar oscilando en forma suave por sobre los 2.299,9 m s.n.m., con una amplitud de cota menor a 0,01 m. El punto LM-07 presenta variaciones mínimas en torno a los 2.299,7 m s.n.m., al igual que el punto LM-08 que oscila en torno a los 2.299,9 m s.n.m., ambos ubicados en laguna Saladita. Para estos dos últimos puntos se reconocen dos datos anómalos en enero 2017 que se consideran estadísticamente como *outliers*.

En el gráfico de la Figura 5-38 se observa que los puntos LM-09, LM-10 y las estacas E1 a E4, ubicados en laguna Interna, presentan un comportamiento esencialmente equivalente, marcado por variaciones estacionales. Los puntos LM-09 y LM-10 responden a eventos de precipitación intensa como los ocurridos en febrero 2017 y febrero 2019, y en el largo plazo se presentan estabilizados en torno a los 2.298,9 m s.n.m., con una amplitud entre cotas máxima y mínima observada durante 2020 del orden de 0,03 m (medida en LM-09). En el largo plazo se reconoce una leve tendencia al descenso de nivel en las estacas E2, E3 y E4, disminuyendo 0,1 m en 5 años, y la amplitud entre cotas máxima y mínima reconocida durante 2020 es del orden de 0,05 m (medida en E3).

Figura 5-36 Mapa de ubicación puntos de monitoreo niveles limnimétricos, sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-10 Resultados mediciones de nivel en sector Peine, año 2020

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-05	01-01-2020	(1)		LM-06	01-01-2020	(1)	
	14-02-2020	(2)			14-02-2020	(2)	
	03-03-2020	0,614	2299,969		03-03-2020	0,855	2299,921
	02-04-2020	0,612	2299,971		02-04-2020	0,850	2299,926
	01-05-2020	0,608	2299,975		01-05-2020	0,848	2299,928
	01-06-2020	(2)			01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)			01-07-2020	(2)	
	01-08-2020	(1)			01-08-2020	(2)	
	15-08-2020	(1)			15-08-2020	(2)	
	30-08-2020	0,611	2299,972		30-08-2020	0,854	2299,922
	01-09-2020	(1)			01-09-2020	(1)	
	15-09-2020	(1)			15-09-2020	0,855	2299,921
	27-09-2020	(1)			27-09-2020	0,860	2299,916
	01-10-2020	0,614	2299,969		01-10-2020	0,857	2299,919
	16-10-2020	(1)			16-10-2020	0,854	2299,922
	24-10-2020	(1)			24-10-2020	(1)	
	06-11-2020	(1)			06-11-2020	(1)	
	01-12-2020	(1)			01-12-2020	(1)	
LM-07	14-01-2020	0,759	2299,688	LM-08	14-01-2020	0,674	2299,868
	14-02-2020	(2)			14-02-2020	(2)	
	02-03-2020	0,759	2299,688		02-03-2020	0,670	2299,872
	03-04-2020	0,754	2299,693		03-04-2020	0,670	2299,872
	30-05-2020	0,751	2299,696		30-05-2020	0,662	2299,880
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(2)	
	10-08-2020	0,749	2299,698		10-08-2020	(1)	
	30-08-2020	0,748	2299,699		30-08-2020	(1)	
	09-09-2020	0,760	2299,687		14-09-2020	(1)	
	27-09-2020	0,758	2299,689		27-09-2020	(1)	
	10-10-2020	(1)			10-10-2020	(1)	
	24-10-2020	0,758	2299,689		24-10-2020	(1)	
	12-11-2020	0,761	2299,686		12-11-2020	(1)	
	12-12-2020	(1)			12-12-2020	(1)	
LM-09	04-01-2020	0,826	2298,900	LM-10	04-01-2020	0,801	2298,890
	14-02-2020	0,835	2298,891		14-02-2020	0,801	2298,890
	17-03-2020	0,822	2298,904		03-03-2020	0,795	2298,896
	03-04-2020	0,814	2298,912		03-04-2020	0,792	2298,899
	01-05-2020	0,804	2298,922		01-05-2020	0,783	2298,908
	01-06-2020	(2)			01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)			01-07-2020	(2)	
	10-08-2020	0,807	2298,919		10-08-2020	0,780	2298,911
	30-08-2020	(1)			30-08-2020	(1)	
	09-09-2020	(1)			09-09-2020	0,782	2298,909
	27-09-2020	0,819	2298,907		27-09-2020	(1)	
	10-10-2020	0,825	2298,901		10-10-2020	0,801	2298,890
	24-10-2020	0,828	2298,898		24-10-2020	0,804	2298,887
	12-11-2020	0,831	2298,895		12-11-2020	0,808	2298,883
	12-12-2020	(1)			12-12-2020	(1)	
LM-17	14-01-2020	(3)		E1	15-01-2020	0,616	2298,856

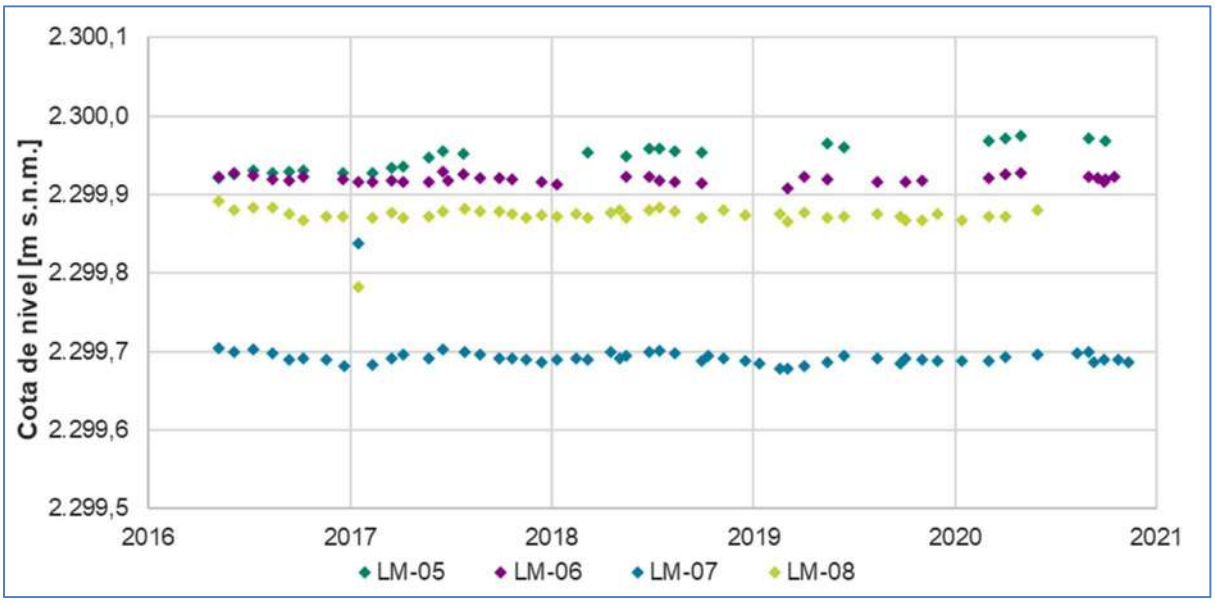
Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	22-02-2020	(3)	
	09-03-2020	(3)	
	11-04-2020	(3)	
	18-05-2020	(3)	
	01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)	
	04-08-2020	1,238	2298,368
	19-08-2020	1,267	2298,339
	01-09-2020	(4)	
	18-09-2020	0,971	2298,635
	27-09-2020	1,001	2298,605
	04-10-2020	1,023	2298,583
	19-10-2020	1,061	2298,545
	24-10-2020	1,077	2298,529
	01-11-2020	1,088	2298,518
	07-12-2020	1,131	2298,475
E2	04-01-2020	0,633	2298,820
	14-02-2020	0,626	2298,827
	02-03-2020	0,635	2298,818
	03-04-2020	0,622	2298,831
	01-05-2020	0,612	2298,841
	01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)	
	10-08-2020	0,606	2298,847
	24-08-2020	(5)	
	09-09-2020	0,600	2298,853
	27-09-2020	0,616	2298,837
	10-10-2020	0,620	2298,833
	28-10-2020	0,620	2298,833
	12-11-2020	0,622	2298,831
	12-12-2020	Nota 6	
E4	04-01-2020	0,698	2298,805
	14-02-2020	0,692	2298,811
	02-03-2020	0,693	2298,810
	03-04-2020	0,682	2298,821
	01-05-2020	0,673	2298,830
	01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)	
	10-08-2020	0,673	2298,830
	24-08-2020	(5)	
	09-09-2020	(1)	
	27-09-2020	0,685	2298,818
	10-10-2020	0,695	2298,808
	28-10-2020	0,689	2298,814
	12-11-2020	0,692	2298,811
	12-12-2020	(6)	

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. Medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	14-02-2020	0,610	2298,862
	02-03-2020	(3)	
	03-04-2020	(3)	
	01-05-2020	(3)	
	01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)	
	10-08-2020	(3)	
	24-08-2020	(5)	
	09-09-2020	0,610	2298,862
	27-09-2020	0,618	2298,854
	10-10-2020	0,625	2298,847
	28-10-2020	0,598	2298,874
	12-11-2020	0,606	2298,866
	12-12-2020	(6)	
E3	04-01-2020	0,578	2298,791
	14-02-2020	0,576	2298,793
	02-03-2020	0,568	2298,801
	03-04-2020	0,565	2298,804
	01-05-2020	0,554	2298,815
	01-06-2020	(2)	
	01-07-2020	(2)	
	10-08-2020	0,549	2298,820
	24-08-2020	(5)	
	09-09-2020	0,502	2298,867
	27-09-2020	0,556	2298,813
	10-10-2020	0,570	2298,799
	28-10-2020	0,571	2298,798
	12-11-2020	0,571	2298,798
	12-12-2020	(6)	

(1) Ingreso no autorizado por presencia de flamencos. (2) Ingreso no autorizado por Comunidad Peine. (3) Punto seco. (4) Sin acceso al sector por mal estado de los caminos. (5) Monitoreo suspendido por fuertes lluvias. (6) Ingreso a lagunas Salada, Saladita e Interna cerrado por Comunidad Peine.

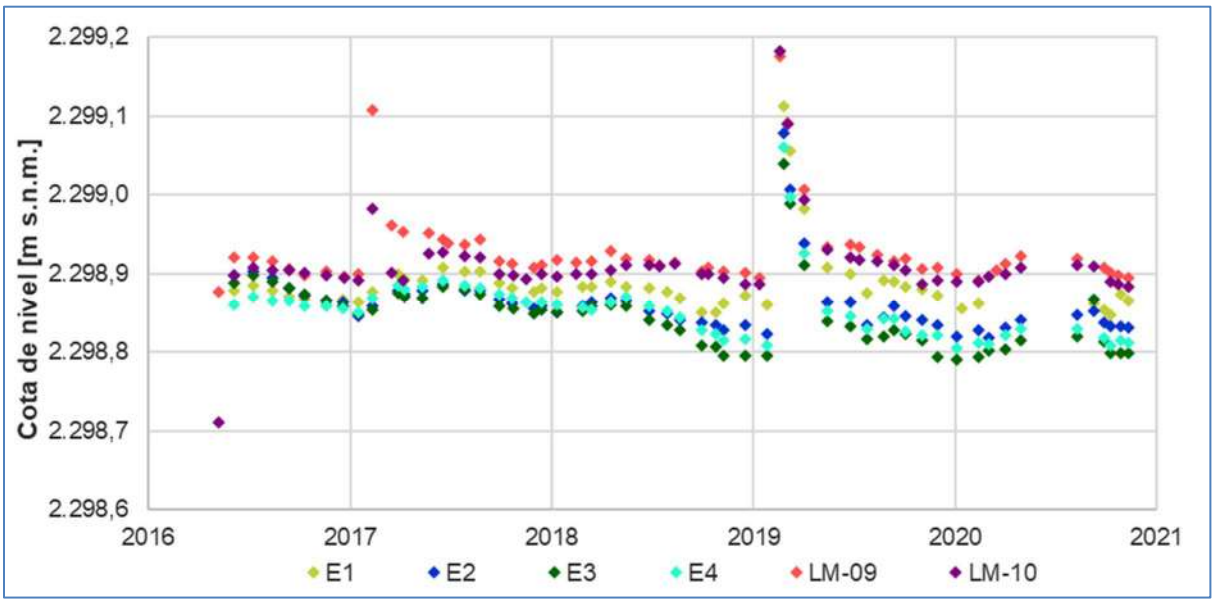
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-37 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine (gráfico 1 de 3)



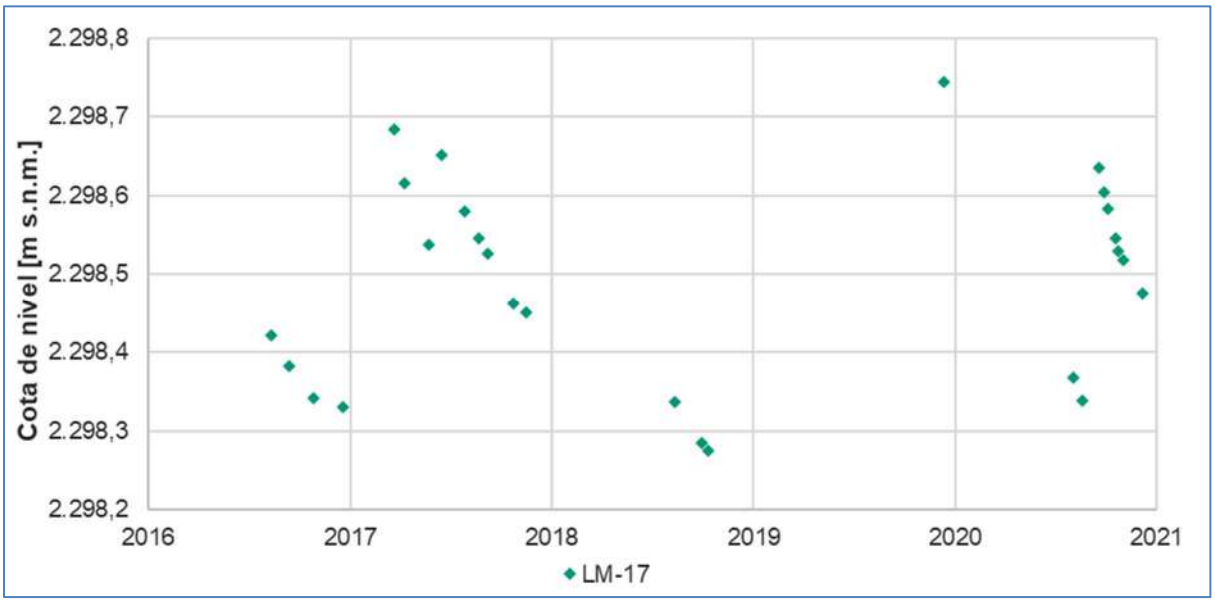
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-38 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine (gráfico 2 de 3)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-39 Evolución histórica de nivel limnimétrico en sector Peine (gráfico 3 de 3)



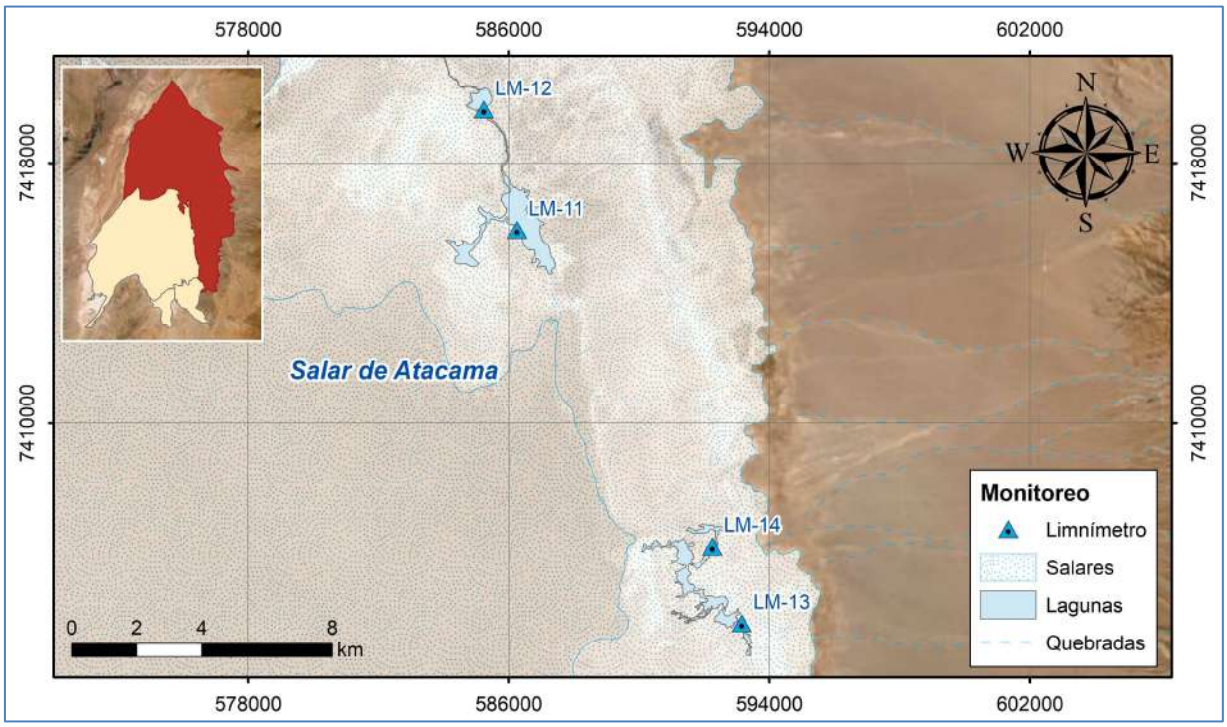
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la Figura 5-39 se observa el comportamiento fuertemente variable del punto de monitoreo LM-17, el cual se encuentra en la zona de avance de la laguna Interna hacia el Núcleo. En él, se reconoce una rápida respuesta a eventos de precipitación (como marzo 2017 o septiembre 2020) y una amplitud entre cotas máxima y mínima de 0,16 m medida entre septiembre y diciembre de 2020. Este punto no presenta registros continuos ya que se presenta seco estacionalmente o con peligros de acceso por terreno inundado.

5.4.3 Sector Norte y Borde Este

El mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del sector Norte y Borde Este se presenta en la Figura 5-40. Durante 2020 no fue posible realizar mediciones de nivel limnimétrico por encontrarse cerrada la Reserva Nacional Los Flamencos, administrada por CONAF, información que se presenta en la Tabla 5-3. El registro con la data histórica d ellos puntos de monitoreo del sector Norte – Borde Este se presenta en la Figura 5-41.

Figura 5-40 Mapa de ubicación puntos de monitoreo nivel limnimétrico, sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-11 Mediciones de nivel limnimétrico en sector Norte - Borde Este

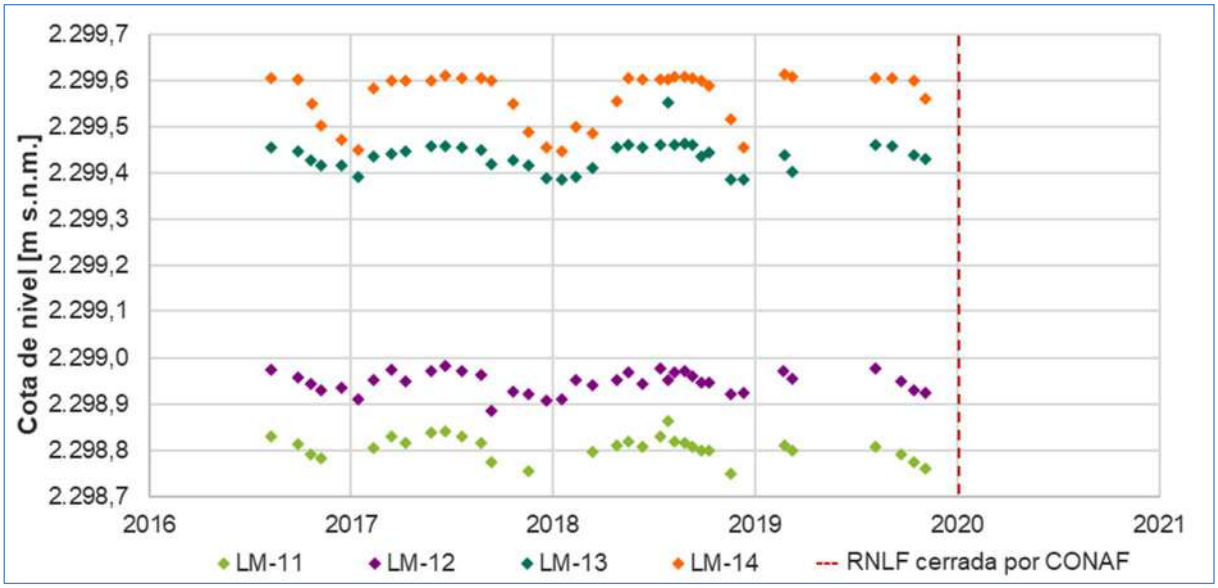
Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
LM-11	22-01-2020	(1)		LM-12	22-01-2020	(1)	
	13-02-2020				13-02-2020		
	12-03-2020				12-03-2020		
	01-04-2020				01-04-2020		
	01-05-2020				01-05-2020		
	01-06-2020				01-06-2020		
	01-07-2020				01-07-2020		
	05-08-2020				05-08-2020		
	26-08-2020				26-08-2020		
	11-09-2020				11-09-2020		
	25-09-2020				25-09-2020		
	08-10-2020				08-10-2020		
	23-10-2020				23-10-2020		
	09-11-2020				09-11-2020		
	01-12-2020				01-12-2020		
LM-13	22-01-2020	(1)		LM-14	22-01-2020	(1)	
	13-02-2020				13-02-2020		
	12-03-2020				12-03-2020		
	01-04-2020				01-04-2020		
	01-05-2020				01-05-2020		
	01-06-2020				01-06-2020		
	01-07-2020				06-08-2020		
	06-08-2020				26-08-2020		
	26-08-2020				11-09-2020		
	11-09-2020				25-09-2020		
	25-09-2020				08-10-2020		
	08-10-2020				23-10-2020		
	23-10-2020				09-11-2020		
	09-11-2020				01-12-2020		
	01-12-2020						

(1): Sin medición debido a cierre de Reserva Nacional Los Flamencos por CONAF.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la Figura 5-41 se observa que los puntos de control LM-11 y LM-12, ubicados en el sistema lagunar Soncor, presentan un comportamiento sincrónico con variaciones estacionales y un comportamiento estabilizado en el largo plazo en torno a los 2.298,8 m s.n.m. y por sobre los 2.298,9 m s.n.m., respectivamente, con una amplitud entre cotas máxima y mínima del orden de 0,05 m. Del mismo modo, los puntos de control LM-13 y LM-14, ubicados en el sistema lagunar Aguas de Quelana, presentan un comportamiento sincrónico (aunque más pronunciado en LM-14), con variaciones estacionales y un comportamiento estabilizado en el largo plazo que oscila en torno a los 2.299,4 m s.n.m. y los 2.299,6 m s.n.m., respectivamente, y con amplitudes que están en el orden de los 0,03 m (medido en LM-13) y en el orden de 0,04 m (medido en LM-14) reconocidas durante 2019, ya que no se cuenta con datos durante 2020.

Figura 5-41 Evolución histórica de nivel limnimétrico, sector Norte y Borde Este



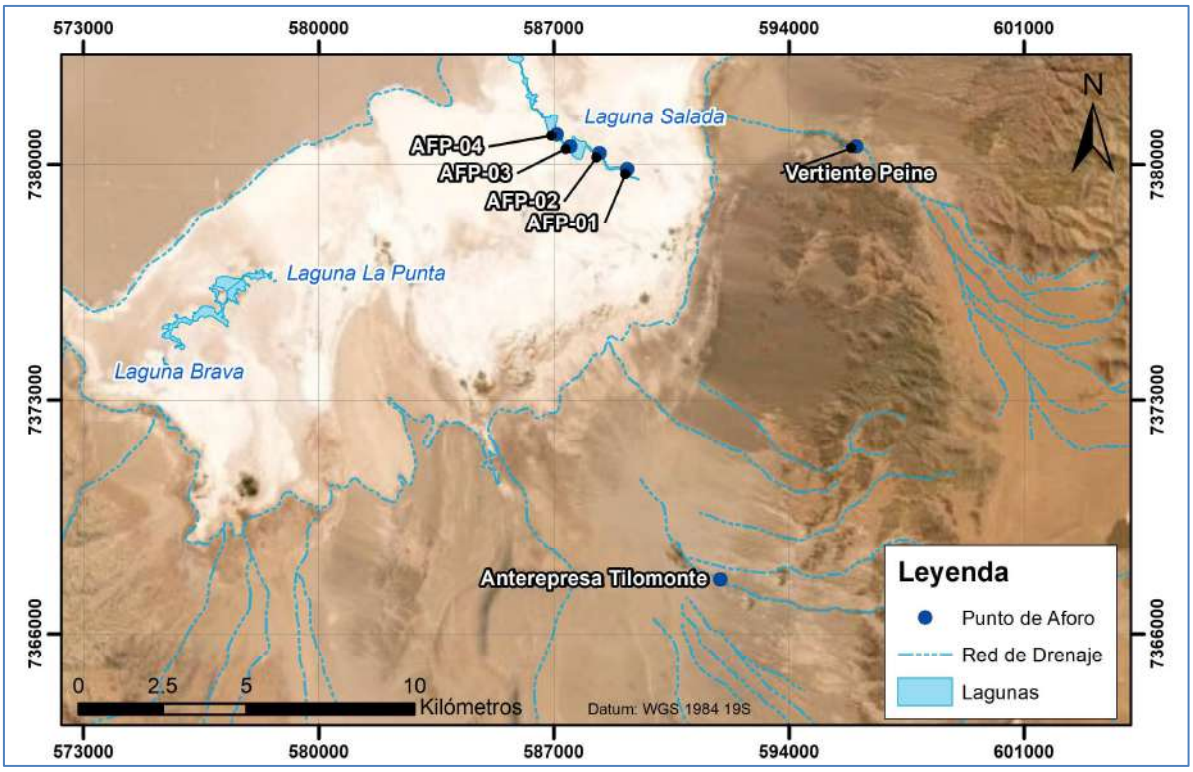
Fuente: Elaboración propia

5.5 Caudales Superficiales

La red de monitoreo comprometida en el PSAH comprende los puntos AFP-01, AFP-02, AFP-03 y AFP-04, ubicados en el Sistema Lagunar Peine, formado por las lagunas Salada, Saladita e Interna; y los puntos Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, los cuales corresponden a vertientes cuyos flujos provienen de las zonas cordilleranas. Se debe mencionar que el punto AFP-00 de la Adenda 5 del EIA del Proyecto corresponde al punto Vertiente Peine del presente informe.

En la Figura 5-42 se muestra la ubicación de los puntos de aforo de la red de monitoreo del PSAH.

Figura 5-42 Ubicación Puntos de Aforo PSAH



Fuente: Elaboración propia

Los caudales aforados durante las campañas del año 2020 en los puntos comprometidos se presentan en la Tabla 5-12. Durante el segundo trimestre no se realizó la medición de caudal en la Vertiente Peine debido al cierre del acceso al pueblo de Peine asociado a la contingencia sanitaria derivada de la pandemia de COVID-19. Por otra parte, durante el segundo semestre no se realizaron mediciones en los puntos AFP-02 y AFP-03 (sólo último trimestre) debido a la presencia de flamencos en las inmediaciones del punto de monitoreo.

Tabla 5-12 Resultados campañas de aforo año 2020

Punto	Sector	Caudal (L/s)			
		Marzo 2020	Mayo 2020	Sept. 2020	Dic. 2020
AFP-01	Peine	36,74	45,66	35,86	36,06
AFP-02	Peine	31,88	44,63	-[2]	-[2]
AFP-03	Peine	30,07	31,75	14,74	-[2]
AFP-04	Peine	29,29	27,08	22,83	11,82
Anterepresa Tilomonte	Peine	35,49	41,02	45,26	34,11
Vertiente Peine	Norte y Borde Este	6,80	-[1]	11,81	9,96

Notas: 1. No se realiza aforo por no autorización de ingreso al pueblo de Peine durante el trimestre. 2. No se realiza aforo por presencia de flamencos en cortejo o nidificación.

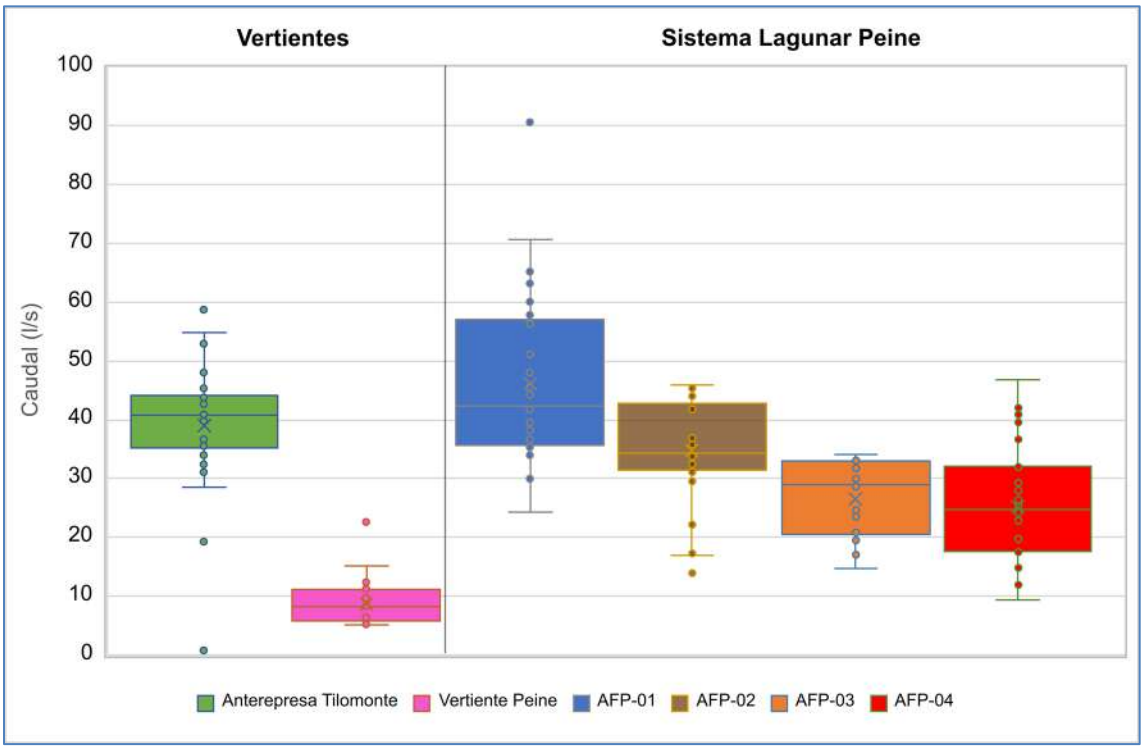
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-43 se muestra la distribución de los caudales históricos desde el año 2014, en cada uno de los puntos de medición mediante gráficos de caja y bigote. En estos se representan los percentiles 25% y 75% a través de los límites inferiores y superiores de la caja, mientras que los extremos de los bigotes representan el percentil 25 menos 1,5 veces el rango intercuartil y el percentil 75 más 0,5 veces el rango intercuartil para la estación. De manera complementaria se muestran los estadígrafos determinados para cada uno de los puntos de monitoreo para el período 2014 a 2020 en la Tabla 5-12.

De los valores destaca el mínimo observado para la Anterepresa Tilomonte, el que corresponde a 0,8 L/s en octubre de 2015. Este dato se considera anómalo para la distribución de caudales en el período de registro, por lo que se quitó de la serie de datos utilizados para determinar los estadígrafos, pero se mantuvo en el gráfico para evidenciar su presencia.

A partir del gráfico se puede observar la evolución espacial de los caudales aforados en el Sistema Laguna Peine, cuya numeración de los puntos de monitoreo es creciente en sentido aguas abajo. Se puede observar una disminución de caudal aguas abajo del sistema lagunar, observándose los mayores caudales en el punto AFP-01, con una mediana de 42,35 L/s, y los menores en la estación de aforo AFP-04, con una mediana de 24,69 L/s.

Figura 5-43 Diagramas de Cajas y Bigotes Caudales Aforados



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-13 Estadígrafos por punto de monitoreo de caudal

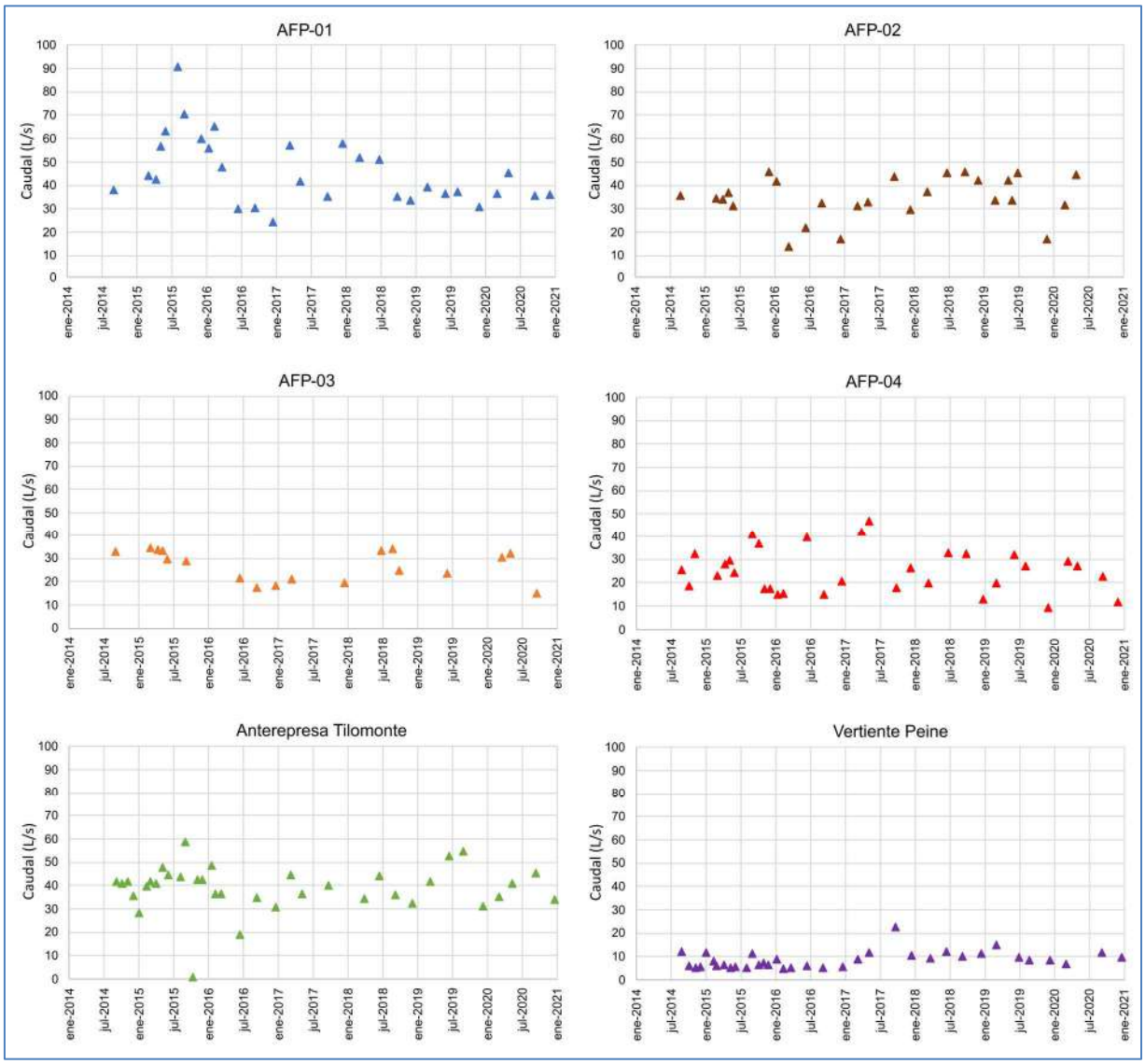
Punto de Monitoreo	Anterepresa Tilomonte	Vertiente Peine	AFP-01	AFP-02	AFP-03	AFP-04
Nº Datos	35	36	30	26	18	32
Min	19,24	5,1	24,28	13,99	14,74	9,38
P25	35,37	5,77	35,75	31,38	20,44	17,57
Mediana	40,89	8,35	42,35	34,37	29,05	24,69
P75	44,32	11,11	57,03	42,83	33,08	32,13
Max	58,8	22,65	90,7	45,85	34,11	46,76
RIC	8,95	5,34	21,28	11,45	12,64	14,56

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-44 se muestra la evolución temporal (2014 a 2020) de los caudales aforados en cada punto de monitoreo. El detalle de las mediciones se encuentra en el Anexo E del presente informe.

Durante el año 2020 se observan caudales en torno a los 36 L/s en el punto AFP-01, a excepción de mayo de 2020 (45,66 L/s). Esta tendencia coincide con la tendencia histórica observada desde el segundo semestre del año 2018. No obstante, los caudales registrados durante el año son menores a la mediana histórica para el punto (42,35 L/s) excepto durante el mes de mayo.

Figura 5-44 Variación temporal de caudales superficiales Aforados



Fuente: Elaboración propia

El punto AFP-02 muestra un ascenso de caudal durante el año 2020 con respecto a la disminución observada durante diciembre del año 2019, regresando al rango de los años 2018 y 2019 durante el primer semestre de 2020. No se cuentan con mediciones para el segundo semestre del año, debido a la presencia de flamencos en las cercanías de los puntos de monitoreo.

En el caso del punto AFP-03, durante el primer semestre los caudales se mantienen dentro de lo observado en el registro de la estación, mientras que en el tercer trimestre se presenta el mínimo histórico para el punto de monitoreo.

La estación AFP-04, el punto más distal del Sistema Lagunar Peine, muestra caudales variables dentro del rango histórico durante el año 2020, con un comportamiento similar al año 2019. Se observa una disminución de caudal durante el año 2020, donde se registró un caudal mínimo de 11,82 L/s en el mes de diciembre, cercano al mínimo histórico (9,38 L/s, diciembre de 2019).

Las vertientes cordilleranas muestran variación dentro del año, pero con caudales estables y dentro del rango histórico durante el año 2020. La estación Anterepresa Tilomonte muestra un aumento durante los tres primeros trimestres del año y una disminución a finales de año, con un comportamiento similar al año 2019. Por otra parte, la Vertiente Peine presenta caudales aforados que están dentro de lo observado durante los años 2018 y 2019 con valores cercanos a la mediana histórica (8,35 L/s). El máximo para la estación se presenta en septiembre de 2020 con un caudal de 11,81 L/s, mientras que el mínimo corresponde a 6,80 L/s durante el mes de marzo de 2020.

En general, los datos de las campañas de monitoreo del año 2020 muestran valores dentro del rango histórico, manteniéndose dentro de la variabilidad natural y estacional de cada punto de medición, con valores menores durante los meses de verano.

5.6 Nivel freático en salmuera y agua dulce-salobre

El análisis de los resultados de la variable nivel freático, tanto para el acuífero como para el núcleo, se realiza en base a los datos levantados con frecuencia mensual y su análisis se organiza de acuerdo a los sectores: La Punta – La Brava, Peine, Norte - Borde Este y Núcleo.

Durante 2020 se registraron eventos menores de precipitación en los meses de verano de 2,0 mm (enero) y de 4,4 mm (marzo). También se destacan los eventos ocurridos los días 24 y 25 de agosto en donde cayeron 16,5 mm y 7,3 mm, respectivamente, totalizando 23,8 mm durante el mes.

En las secciones 5.1.1 a 5.1.4 se presentan los resultados de las mediciones de profundidad de agua junto a la cota respectiva obtenidas en el año 2020 en cada punto, organizadas por sector. Adicionalmente, el registro histórico de niveles freáticos de la red de monitoreo completa del PSAH se presenta en el Anexo F.

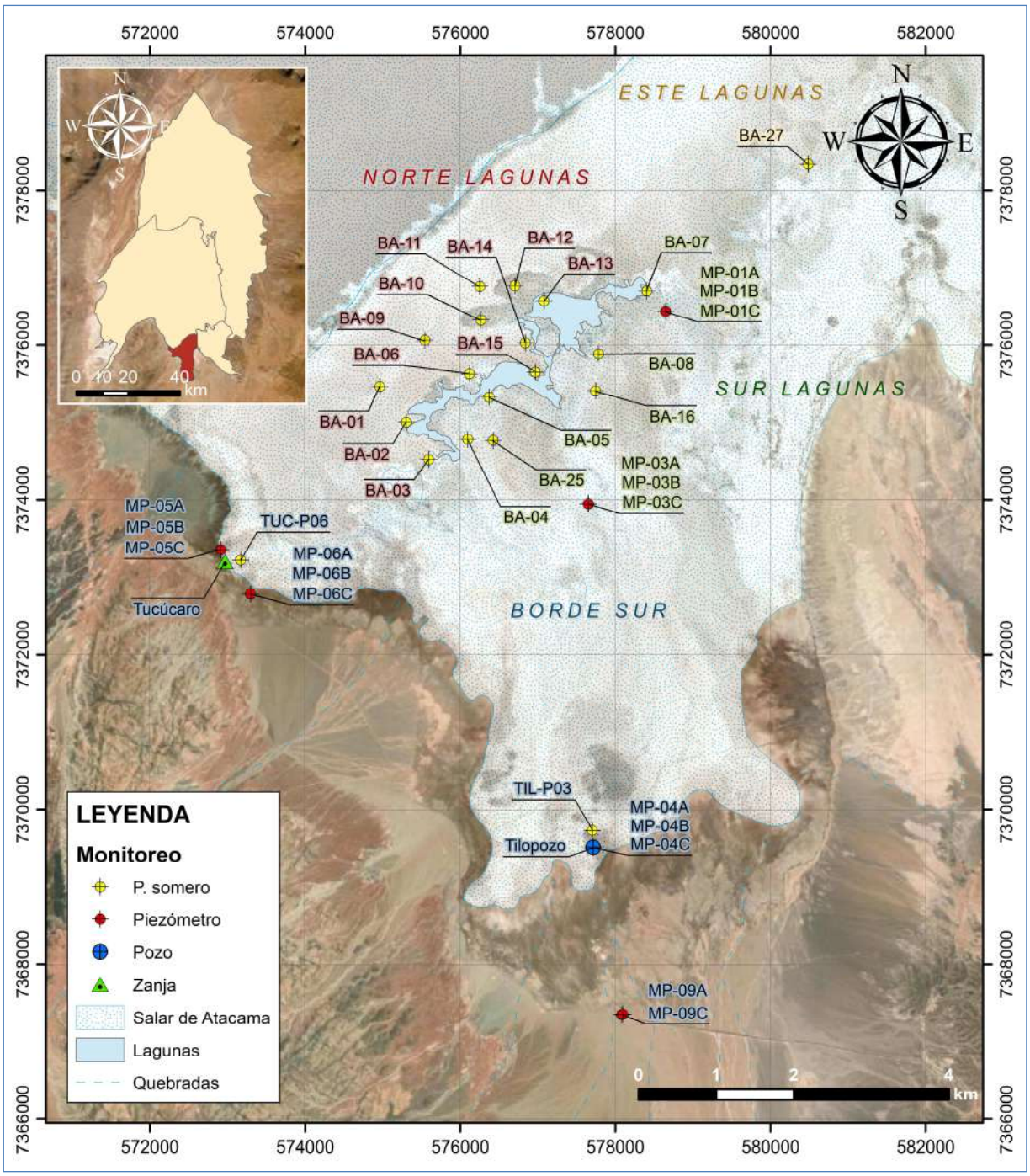
5.6.1 Sector La Punta – La Brava

La red de monitoreo del sector La Punta-La Brava se compone de 39 puntos de monitoreo de nivel freático, distribuidos en los subsectores que indica la Tabla 5-14, y que son representados en el mapa de la Figura 5-45.

Tabla 5-14 Red de monitoreo del sector La Punta-La Brava

NORTE DE LAS LAGUNAS	SUR DE LAS LAGUNAS	BORDE SUR	ESTE LAGUNAS
BA-01	BA-04	MP-04A	BA-27
BA-02	BA-05	MP-04B	
BA-03	BA-07	MP-04C	
BA-06	BA-08	MP-05A	
BA-09	BA-16	MP-05B	
BA-10	BA-25	MP-05C	
BA-11	MP-01A	MP-06A	
BA-12	MP-01B	MP-06B	
BA-13	MP-01C	MP-06C	
BA-14	MP-03A	MP-09A	
BA-15	MP-03B	MP-09C	
	MP-03C	Tilopozo	
		TIL-P03	
		TUC-P06	
		Tucúcaro	

Figura 5-45 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-15 se presentan los resultados de las mediciones de nivel en metros sobre el nivel de mar (m s.n.m.) durante el año 2020, mediante la profundidad medida desde la cota collar hasta el nivel de agua y/o salmuera, mediante su cota topográfica equivalente.

Tabla 5-15 Resultados medición de niveles en sector La Punta-La Brava, año 2020

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
BA-01	17-01-2020	1,544	2.299,380	BA-02	17-01-2020	1,678	2.299,691
	18-02-2020	1,575	2.299,349		18-02-2020	1,695	2.299,674
	11-03-2020	1,595	2.299,329		20-03-2020	1,692	2.299,677
	06-04-2020	1,608	2.299,316		06-04-2020	1,684	2.299,685
	04-05-2020	1,620	2.299,304		04-05-2020	1,672	2.299,697
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	09-08-2020	1,615	2.299,309		09-08-2020	1,462	2.299,907
	23-08-2020	1,612	2.299,312		23-08-2020	1,489	2.299,880
	08-09-2020	1,498	2.299,426		08-09-2020	1,332	2.300,037
	21-09-2020	1,462	2.299,462		21-09-2020	1,386	2.299,983
	26-09-2020	1,455	2.299,469		07-10-2020	1,496	2.299,873
	07-10-2020	1,461	2.299,463		21-10-2020	1,561	2.299,808
	21-10-2020	1,485	2.299,439		09-11-2020	1,616	2.299,753
	09-11-2020	1,517	2.299,407		14-12-2020	1,681	2.299,688
	14-12-2020	1,576	2.299,348	BA-04	17-01-2020	1,152	2.300,194
BA-03	17-01-2020	1,622	2.299,835		08-02-2020	1,143	2.300,203
	07-02-2020	1,565	2.299,892		07-03-2020	1,144	2.300,202
	20-03-2020	1,596	2.299,861		05-04-2020	1,122	2.300,224
	06-04-2020	1,590	2.299,867		03-05-2020	1,107	2.300,239
	04-05-2020	1,570	2.299,887		01-06-2020	(1)	
	01-06-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			03-08-2020	1,053	2.300,293
	09-08-2020	1,433	2.300,024		18-08-2020	1,073	2.300,273
	23-08-2020	1,442	2.300,015		08-09-2020	1,057	2.300,289
	08-09-2020	1,382	2.300,075		17-09-2020	1,115	2.300,231
	21-09-2020	1,421	2.300,036		05-10-2020	1,147	2.300,199
	07-10-2020	1,482	2.299,975		18-10-2020	1,157	2.300,189
	21-10-2020	1,533	2.299,924		09-11-2020	1,154	2.300,192
	09-11-2020	1,577	2.299,880		13-12-2020	1,156	2.300,190
	14-12-2020	1,618	2.299,839	BA-06	17-01-2020	1,631	2.299,774
BA-05	06-01-2020	0,953	2.300,132		24-02-2020	1,641	2.299,764
	17-01-2020	0,949	2.300,136		07-03-2020	1,648	2.299,757
	22-01-2020	0,939	2.300,146		05-04-2020	1,589	2.299,816
	08-02-2020	0,939	2.300,146		03-05-2020	1,497	2.299,908
	17-02-2020	0,941	2.300,144		01-06-2020	(1)	
	24-02-2020	0,941	2.300,144		01-07-2020	(1)	
	07-03-2020	0,939	2.300,146		03-08-2020	1,401	2.300,004
	20-03-2020	0,919	2.300,166		18-08-2020	1,413	2.299,992
	05-04-2020	0,918	2.300,167		05-09-2020	1,346	2.300,059
	03-05-2020	0,908	2.300,177		17-09-2020	1,384	2.300,021
	01-06-2020	(1)			05-10-2020	1,439	2.299,966

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-07-2020	(1)			18-10-2020	(2)	
	02-08-2020	0,870	2.300,215		09-11-2020	1,561	2.299,844
	17-08-2020	0,885	2.300,200		13-12-2020	(2)	
	02-09-2020	0,856	2.300,229		06-01-2020	0,812	2.300,337
	16-09-2020	0,907	2.300,178		08-02-2020	0,786	2.300,363
	02-10-2020	0,936	2.300,149		07-03-2020	0,793	2.300,356
	17-10-2020	0,952	2.300,133		05-04-2020	0,750	2.300,399
	09-11-2020	0,952	2.300,133		04-05-2020	0,732	2.300,417
	17-11-2020	0,960	2.300,125		01-06-2020	(1)	
	06-12-2020	0,956	2.300,129		01-07-2020	(1)	
	06-01-2020	0,885	2.299,996	**BA-08**	02-08-2020	0,706	2.300,443
	17-01-2020	0,894	2.299,987		17-08-2020	0,713	2.300,436
	30-01-2020	0,873	2.300,008		02-09-2020	0,679	2.300,470
	08-02-2020	0,885	2.299,996		16-09-2020	0,748	2.300,401
	17-02-2020	0,881	2.300,000		02-10-2020	0,786	2.300,363
	24-02-2020	0,890	2.299,991		17-10-2020	0,809	2.300,340
	07-03-2020	0,888	2.299,993		08-11-2020	0,804	2.300,345
	20-03-2020	0,863	2.300,018		06-12-2020	0,806	2.300,343
	05-04-2020	0,857	2.300,024		22-01-2020	1,453	2.299,334
	03-05-2020	0,851	2.300,030		18-02-2020	1,483	2.299,304
	01-06-2020	(1)			11-03-2020	1,505	2.299,282
BA-07	01-07-2020	(1)			06-04-2020	1,520	2.299,267
	02-08-2020	0,822	2.300,059		11-05-2020	1,526	2.299,261
	17-08-2020	0,839	2.300,042		01-06-2020	(1)	
	29-08-2020	0,730	2.300,151		01-07-2020	(1)	
	02-09-2020	(2)		**BA-09**	09-08-2020	1,494	2.299,293
	16-09-2020	0,836	2.300,045		23-08-2020	1,491	2.299,296
	26-09-2020	0,859	2.300,022		08-09-2020	1,391	2.299,396
	02-10-2020	0,868	2.300,013		21-09-2020	1,350	2.299,437
	17-10-2020	0,886	2.299,995		07-10-2020	1,343	2.299,444
	08-11-2020	0,896	2.299,985		21-10-2020	1,366	2.299,421
	17-11-2020	0,896	2.299,985		09-11-2020	1,401	2.299,386
	06-12-2020	0,907	2.299,974		14-12-2020	1,471	2.299,316
	22-01-2020	1,278	2.299,513		22-01-2020	1,684	2.299,244
	18-02-2020	1,310	2.299,481		18-02-2020	1,708	2.299,220
	11-03-2020	1,303	2.299,488		11-03-2020	1,725	2.299,203
	06-04-2020	1,304	2.299,487		06-04-2020	1,734	2.299,194
	11-05-2020	1,270	2.299,521		11-05-2020	1,739	2.299,189
BA-10	01-06-2020	(1)		**BA-11**	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	09-08-2020	1,075	2.299,716		09-08-2020	1,655	2.299,273
	23-08-2020	1,127	2.299,664		23-08-2020	1,685	2.299,243
	08-09-2020	0,946	2.299,845		08-09-2020	1,459	2.299,469

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	21-09-2020	1,058	2.299,733		21-09-2020	1,491	2.299,437
	07-10-2020	1,127	2.299,664		07-10-2020	1,559	2.299,369
	21-10-2020	1,173	2.299,618		21-10-2020	1,607	2.299,321
	09-11-2020	1,224	2.299,567		09-11-2020	1,662	2.299,266
	14-12-2020	1,295	2.299,496		14-12-2020	1,737	2.299,191
	22-01-2020	1,534	2.299,465		22-01-2020	1,341	2.299,743
	24-02-2020	1,560	2.299,439		24-02-2020	1,356	2.299,728
	11-03-2020	1,541	2.299,458		11-03-2020	1,310	2.299,774
	06-04-2020	1,529	2.299,470		06-04-2020	1,276	2.299,808
	11-05-2020	1,466	2.299,533		11-05-2020	1,223	2.299,861
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
BA-12	09-08-2020	1,305	2.299,694	**BA-13**	09-08-2020	1,191	2.299,893
	23-08-2020	1,374	2.299,625		23-08-2020	1,225	2.299,859
	08-09-2020	1,121	2.299,878		08-09-2020	1,197	2.299,887
	21-09-2020	1,335	2.299,664		21-09-2020	1,245	2.299,839
	07-10-2020	1,421	2.299,578		07-10-2020	1,308	2.299,776
	21-10-2020	1,479	2.299,520		21-10-2020	1,350	2.299,734
	09-11-2020	1,531	2.299,468		09-11-2020	1,368	2.299,716
	14-12-2020	1,594	2.299,405		14-12-2020	1,396	2.299,688
	17-01-2020	1,455	2.299,920		17-01-2020	1,200	2.299,932
	17-02-2020	1,439	2.299,936		17-02-2020	1,182	2.299,950
	07-03-2020	1,441	2.299,934		07-03-2020	1,179	2.299,953
	06-04-2020	1,378	2.299,997		06-04-2020	1,142	2.299,990
	03-05-2020	1,358	2.300,017		03-05-2020	1,141	2.299,991
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
BA-14	02-08-2020	1,326	2.300,049	**BA-15**	02-08-2020	1,108	2.300,024
	17-08-2020	1,333	2.300,042		17-08-2020	1,109	2.300,023
	02-09-2020	1,308	2.300,067		02-09-2020	1,090	2.300,042
	16-09-2020	1,328	2.300,047		16-09-2020	1,114	2.300,018
	02-10-2020	1,371	2.300,004		02-10-2020	1,144	2.299,988
	17-10-2020	1,405	2.299,970		17-10-2020	1,168	2.299,964
	08-11-2020	1,426	2.299,949		08-11-2020	1,180	2.299,952
	06-12-2020	1,445	2.299,930		06-12-2020	1,192	2.299,940
	06-01-2020	0,957	2.300,820		17-01-2020	1,169	2.300,303
	17-01-2020	0,956	2.300,821		08-02-2020	1,196	2.300,276
	30-01-2020	0,940	2.300,837		07-03-2020	1,195	2.300,277
	08-02-2020	0,943	2.300,834		05-04-2020	1,190	2.300,282
BA-16	17-02-2020	0,945	2.300,832	**BA-25**	03-05-2020	1,184	2.300,288
	24-02-2020	0,946	2.300,831		01-06-2020	(1)	
	07-03-2020	0,949	2.300,828		01-07-2020	(1)	
	20-03-2020	0,916	2.300,861		03-08-2020	1,171	2.300,301

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	05-04-2020	0,920	2.300,857		18-08-2020	1,173	2.300,299
	03-05-2020	0,911	2.300,866		08-09-2020	1,168	2.300,304
	01-06-2020	(1)			17-09-2020	1,187	2.300,285
	01-07-2020	(1)			05-10-2020	1,192	2.300,280
	02-08-2020	0,882	2.300,895		18-10-2020	1,198	2.300,274
	17-08-2020	0,891	2.300,886		17-11-2020	1,195	2.300,277
	02-09-2020	0,838	2.300,939		13-12-2020	1,195	2.300,277
	16-09-2020	0,927	2.300,850		30-01-2020	1,189	2.300,286
	26-09-2020	0,944	2.300,833		24-02-2020	1,196	2.300,279
	02-10-2020	0,948	2.300,829		20-03-2020	1,205	2.300,270
	17-10-2020	0,958	2.300,819		14-04-2020	1,212	2.300,263
	08-11-2020	0,952	2.300,825		11-05-2020	1,221	2.300,254
	17-11-2020	0,953	2.300,824		01-06-2020	(1)	
	06-12-2020	0,952	2.300,825		01-07-2020	(1)	
	17-01-2020	0,527	2.300,699	**BA-27**	11-08-2020	1,195	2.300,280
	07-02-2020	0,520	2.300,706		24-08-2020	(3)	
	08-03-2020	0,525	2.300,701		10-09-2020	1,066	2300,409
	05-04-2020	0,499	2.300,727		22-09-2020	1,081	2.300,394
	03-05-2020	0,479	2.300,747		13-10-2020	1,110	2.300,365
	01-06-2020	(1)			28-10-2020	1,124	2.300,351
	01-07-2020	(1)			22-11-2020	1,143	2.300,332
	02-08-2020	0,414	2.300,812		31-12-2020	1,189	2.300,286
MP-01A	17-08-2020	0,426	2.300,800		07-01-2020	0,352	2.300,840
	29-08-2020	0,335	2.300,891		17-02-2020	0,347	2.300,845
	02-09-2020	0,369	2.300,857		08-03-2020	0,360	2.300,832
	26-09-2020	0,442	2.300,784		05-04-2020	0,335	2.300,857
	02-10-2020	0,455	2.300,771		03-05-2020	0,327	2.300,865
	17-10-2020	0,477	2.300,749		01-06-2020	(1)	
	25-10-2020	0,479	2.300,747		01-07-2020	(1)	
	17-11-2020	0,483	2.300,743		02-08-2020	0,284	2.300,908
	06-12-2020	0,487	2.300,739	**MP-01B**	17-08-2020	0,292	2.300,900
	07-01-2020	0,613	2.300,621		29-08-2020	0,231	2.300,961
	07-02-2020	0,615	2.300,619		02-09-2020	0,229	2.300,963
	08-03-2020	0,617	2.300,617		26-09-2020	0,281	2.300,911
	05-04-2020	0,599	2.300,635		02-10-2020	0,280	2.300,912
	03-05-2020	0,594	2.300,640		17-10-2020	0,331	2.300,861
MP-01C	01-06-2020	(1)			25-10-2020	0,326	2.300,866
	01-07-2020	(1)			17-11-2020	0,329	2.300,863
	02-08-2020	0,587	2.300,647		06-12-2020	0,335	2.300,857
	17-08-2020	0,587	2.300,647		22-01-2020	0,663	2.301,981
	29-08-2020	0,571	2.300,663	**MP-03A**	07-02-2020	0,684	2.301,960
	02-09-2020	0,575	2.300,659		07-03-2020	0,696	2.301,948
	26-09-2020	0,601	2.300,633		05-04-2020	0,635	2.302,009

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-10-2020	0,625	2.300,609
	17-10-2020	0,624	2.300,610
	25-10-2020	0,625	2.300,609
	17-11-2020	0,629	2.300,605
	06-12-2020	0,620	2.300,614
MP-03B	22-01-2020	0,668	2.301,966
	07-02-2020	0,695	2.301,939
	07-03-2020	0,702	2.301,932
	05-04-2020	0,644	2.301,990
	03-05-2020	0,631	2.302,003
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	03-08-2020	0,587	2.302,047
	18-08-2020	0,608	2.302,026
	29-08-2020	0,489	2.302,145
	05-09-2020	0,617	2.302,017
	17-09-2020	0,670	2.301,964
	26-09-2020	0,676	2.301,958
	05-10-2020	0,707	2.301,927
	18-10-2020	0,728	2.301,906
	25-10-2020	0,732	2.301,902
	09-11-2020	0,731	2.301,903
	13-12-2020	0,740	2.301,894
MP-04A	08-01-2020	1,041	2.307,606
	04-02-2020	1,046	2.307,601
	08-03-2020	1,049	2.307,598
	07-04-2020	1,026	2.307,621
	08-05-2020	1,015	2.307,632
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	13-08-2020	0,953	2.307,694
	26-08-2020	0,918	2.307,729
	12-09-2020	0,941	2.307,706
	24-09-2020	0,956	2.307,691
	09-10-2020	0,963	2.307,684
	22-10-2020	0,975	2.307,672
	23-11-2020	0,995	2.307,652
	28-12-2020	1,021	2.307,626
MP-04C	08-01-2020	1,149	2.307,462
	04-02-2020	1,153	2.307,458
	01-03-2020	1,157	2.307,454
	07-04-2020	1,130	2.307,481
	08-05-2020	1,128	2.307,483

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	03-05-2020	0,622	2.302,022
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	03-08-2020	0,571	2.302,073
	18-08-2020	0,592	2.302,052
	29-08-2020	0,516	2.302,128
	05-09-2020	0,584	2.302,060
	17-09-2020	0,658	2.301,986
	26-09-2020	0,695	2.301,949
	05-10-2020	0,679	2.301,965
	18-10-2020	0,705	2.301,939
	25-10-2020	0,709	2.301,935
	09-11-2020	0,702	2.301,942
	13-12-2020	0,714	2.301,930
MP-03C	22-01-2020	0,646	2.301,998
	07-02-2020	0,669	2.301,975
	07-03-2020	0,677	2.301,967
	05-04-2020	0,618	2.302,026
	03-05-2020	0,603	2.302,041
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	03-08-2020	0,561	2.302,083
	18-08-2020	0,577	2.302,067
	29-08-2020	0,477	2.302,167
	05-09-2020	0,555	2.302,089
	17-09-2020	0,626	2.302,018
	26-09-2020	0,647	2.301,997
	05-10-2020	0,661	2.301,983
	18-10-2020	0,686	2.301,958
	25-10-2020	0,689	2.301,955
	09-11-2020	0,688	2.301,956
	13-12-2020	0,698	2.301,946
MP-04B	08-01-2020	7,523	2.301,006
	04-02-2020	7,593	2.300,936
	01-03-2020	7,115	2.301,414
	07-04-2020	7,078	2.301,451
	08-05-2020	7,050	2.301,479
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	13-08-2020	6,717	2.301,812
	26-08-2020	6,674	2.301,855
	12-09-2020	6,943	2.301,586
	24-09-2020	6,639	2.301,890

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	13-08-2020	1,065	2.307,546
	26-08-2020	1,032	2.307,579
	12-09-2020	1,054	2.307,557
	24-09-2020	1,070	2.307,541
	09-10-2020	1,080	2.307,531
	22-10-2020	1,092	2.307,519
	23-11-2020	1,111	2.307,500
	28-12-2020	1,138	2.307,473
MP-05B	08-01-2020	3,716	2.299,521
	16-02-2020	3,772	2.299,465
	08-03-2020	3,775	2.299,462
	07-04-2020	3,778	2.299,459
	08-05-2020	3,780	2.299,457
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	3,753	2.299,484
	26-08-2020	3,737	2.299,500
	07-09-2020	3,699	2.299,538
	24-09-2020	3,673	2.299,564
	09-10-2020	3,667	2.299,570
	22-10-2020	3,652	2.299,585
	21-11-2020	3,657	2.299,580
	21-12-2020	3,665	2.299,572
MP-06A	08-01-2020	1,449	2.303,807
	15-02-2020	1,477	2.303,779
	08-03-2020	1,503	2.303,753
	07-04-2020	1,509	2.303,747
	08-05-2020	1,507	2.303,749
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	1,400	2.303,856
	28-08-2020	1,362	2.303,894
	07-09-2020	1,390	2.303,866
	24-09-2020	1,391	2.303,865
	09-10-2020	1,386	2.303,870
	22-10-2020	1,393	2.303,863
	21-11-2020	1,416	2.303,840
	21-12-2020	1,458	2.303,798
MP-06C	08-01-2020	1,461	2.303,818
	15-02-2020	1,487	2.303,792
	01-03-2020	1,509	2.303,770

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	09-10-2020	7,303	2.301,226
	22-10-2020	7,225	2.301,304
	23-11-2020	6,333	2.302,196
	28-12-2020	5,893	2.302,636
MP-05A	08-01-2020	1,690	2.301,552
	16-02-2020	1,741	2.301,501
	08-03-2020	1,791	2.301,451
	07-04-2020	1,725	2.301,517
	08-05-2020	1,628	2.301,614
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	1,375	2.301,867
	26-08-2020	1,189	2.302,053
	07-09-2020	1,228	2.302,014
	24-09-2020	1,256	2.301,986
	09-10-2020	1,289	2.301,953
	22-10-2020	1,328	2.301,914
	21-11-2020	1,434	2.301,808
	21-12-2020	1,503	2.301,739
MP-05C	08-01-2020	1,364	2.301,855
	16-02-2020	1,456	2.301,763
	01-03-2020	1,468	2.301,751
	07-04-2020	1,367	2.301,852
	08-05-2020	1,298	2.301,921
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	1,227	2.301,992
	26-08-2020	1,057	2.302,162
	07-09-2020	1,086	2.302,133
	24-09-2020	1,101	2.302,118
	09-10-2020	1,127	2.302,092
	22-10-2020	1,161	2.302,058
	21-11-2020	1,236	2.301,983
	21-12-2020	1,282	2.301,937
MP-06B	08-01-2020	1,398	2.303,841
	15-02-2020	1,303	2.303,936
	08-03-2020	1,337	2.303,902
	07-04-2020	1,345	2.303,894
	08-05-2020	1,350	2.303,889
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	1,268	2.303,971
	28-08-2020	1,205	2.304,034

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	07-04-2020	1,520	2.303,759
	08-05-2020	1,519	2.303,760
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	1,413	2.303,866
	28-08-2020	1,376	2.303,903
	07-09-2020	1,401	2.303,878
	24-09-2020	1,403	2.303,876
	09-10-2020	1,399	2.303,880
	22-10-2020	1,406	2.303,873
	21-11-2020	1,428	2.303,851
	21-12-2020	1,471	2.303,808
MP-09A	08-01-2020	9,291	2.309,141
	15-02-2020	9,306	2.309,126
	01-03-2020	9,312	2.309,120
	07-04-2020	9,309	2.309,123
	08-05-2020	9,313	2.309,119
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	13-08-2020	9,235	2.309,197
	26-08-2020	9,227	2.309,205
	12-09-2020	9,218	2.309,214
	24-09-2020	9,224	2.309,208
	09-10-2020	9,228	2.309,204
	24-10-2020	9,231	2.309,201
	23-11-2020	9,248	2.309,184
	28-12-2020	9,271	2.309,161
TIL-P03	22-01-2020	1,004	2.305,529
	16-02-2020	1,073	2.305,460
	01-03-2020	1,080	2.305,453
	15-04-2020	0,962	2.305,571
	08-05-2020	0,934	2.305,599
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	13-08-2020	0,762	2.305,771
	26-08-2020	0,621	2.305,912
	12-09-2020	0,768	2.305,765
	24-09-2020	0,814	2.305,719
	09-10-2020	0,863	2.305,670
	22-10-2020	0,927	2.305,606
	23-11-2020	0,994	2.305,539
	28-12-2020	1,081	2.305,452
Tucúcaro	31-01-2020	1,643	2.301,482

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	07-09-2020	1,118	2.304,121
	24-09-2020	1,123	2.304,116
	09-10-2020	1,144	2.304,095
	22-10-2020	1,138	2.304,101
	21-11-2020	1,161	2.304,078
	21-12-2020	1,192	2.304,047
MP-09C	08-01-2020	1,139	2.317,122
	04-02-2020	9,082	2.309,179
	01-03-2020	9,111	2.309,150
	07-04-2020	9,109	2.309,152
	08-05-2020	9,114	2.309,147
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	13-08-2020	9,041	2.309,220
	26-08-2020	9,025	2.309,236
	12-09-2020	9,018	2.309,243
	24-09-2020	9,023	2.309,238
	09-10-2020	9,030	2.309,231
	24-10-2020	9,033	2.309,228
	23-11-2020	9,048	2.309,213
	28-12-2020	9,071	2.309,190
Tilopozo	31-01-2020	0,921	2.307,178
	29-02-2020	0,811	2.307,288
	31-03-2020	0,858	2.307,241
	30-04-2020	0,879	2.307,220
	31-05-2020	0,840	2.307,259
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	07-08-2020	0,825	2.307,274
	31-08-2020	0,839	2.307,260
	07-09-2020	0,840	2.307,259
	30-09-2020	0,864	2.307,235
	14-10-2020	0,874	2.307,225
	31-10-2020	0,889	2.307,210
	30-11-2020	0,914	2.307,185
	31-12-2020	0,842	2.307,257
TUC-P06	08-01-2020	1,004	2.301,411
	16-02-2020	1,187	2.301,228
	01-03-2020	1,208	2.301,207
	15-04-2020	1,145	2.301,270
	08-05-2020	1,050	2.301,365
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	29-02-2020	1,796	2.301,329		07-08-2020	0,767	2.301,648
	31-03-2020	1,496	2.301,629		26-08-2020	0,591	2.301,824
	30-04-2020	1,022	2.302,103		07-09-2020	0,687	2.301,728
	31-05-2020	0,978	2.302,147		22-09-2020	0,724	2.301,691
	01-06-2020	(1)			09-10-2020	0,742	2.301,673
	01-07-2020	(1)			22-10-2020	0,771	2.301,644
	07-08-2020	1,960	2.301,165		21-11-2020	0,865	2.301,550
	31-08-2020	0,571	2.302,554		21-12-2020	0,986	2.301,429
	07-09-2020	0,612	2.302,513				
	30-09-2020	0,637	2.302,247				
	14-10-2020	0,681	2.302,444				
	30-11-2020	1,178	2.301,947				
	31-12-2020	1,033	2.302,092				

Notas: (1): Sin autorización de ingreso a los puntos por Comunidad de Peine. (2): Comunidad de Peine no permite ingreso por presencia de flamencos. (3): Monitoreo suspendido por lluvias intensas.

Fuente: Elaboración propia

La representación gráfica del registro de niveles del sector La Punta-La Brava se presenta en las figuras Figura 5-46, Figura 5-47 y Figura 5-48, en conjunto con el análisis de la evolución temporal del nivel freático que se presenta a continuación. Se destaca que, en la totalidad de los pozos, no se tiene registro en los meses de junio y julio de 2020 por no tener la autorización de ingresar a los puntos de monitoreo por parte de la Comunidad de Peine, en el contexto de la pandemia por COVID-19.

Zona Norte de las lagunas

Los resultados de las mediciones de nivel freático en la zona Norte de las lagunas fueron presentados en la Tabla 5-15 mientras que la representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 5-46 en conjunto con el mapa de ubicación de los puntos del sector. Los puntos de observación de este sector corresponden a pozos someros, por lo que son particularmente sensibles a los procesos que ocurren en superficie.

En el gráfico de la Figura 5-46 se observa que el conjunto de pozos de observación de la zona Norte de las lagunas describe un comportamiento oscilante en forma sincrónica que responde a variaciones estacionales. Se reconoce un marcado aumento en los meses de invierno (abril-agosto) y su consecuente descenso de nivel en las estaciones más cálidas, con episodios discretos de recarga de gran magnitud como consecuencia de las precipitaciones del invierno altiplánico, como el ocurrido en febrero 2019. La amplitud de las variaciones estacionales es del orden de 0,10 m (como en BA-15) a 0,36 m (como en BA-11). Las lluvias de febrero 2019 significaron una somerización importante en los niveles freáticos del sector que se vieron

incrementados en hasta 0,67 m. A partir de entonces, se han restablecido los niveles a su estado de equilibrio, respondiendo a las variaciones estacionales propias del sector.

Zona Sur de las lagunas

Los resultados de las mediciones de nivel freático en la zona Sur de las lagunas fueron presentados en la Tabla 5-15 mientras que la representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 5-47 en conjunto con el mapa de ubicación de los puntos del sector. Este sector es monitoreado en su mayoría por pozos someros pero también cuenta con pozos profundos (30 m) como MP-01B, MP-01C, MP-03B y MP-03C.

En el gráfico de la Figura 5-47 se observa que el conjunto de pozos de observación de la zona Sur de las lagunas describe un comportamiento homogéneo y oscilante, aunque con una menor amplitud en la variabilidad estacional que lo observado en la zona Norte. Los niveles más someros se encuentran en las estaciones frías (entre abril y septiembre) y los niveles más profundos se encuentran en las estaciones más cálidas (entre octubre y marzo). La amplitud de las variaciones estacionales oscila entre 0,03 m (como BA-25) y 0,20 m (como MP-03A). La respuesta a eventos de precipitación en esta zona es más lenta en relación a la respuesta observada en los barrenos del sector Norte de las lagunas. A modo de comparación, las lluvias de febrero 2019 significaron un aumento de hasta 0,1 m, reconocido en el pozo BA-07 mientras que en el sector Norte de las lagunas se observaron incrementos en el orden de 0,7 m. En el largo plazo se observa en general una tendencia estabilizada de los niveles, aunque en algunos pozos como BA-07, BA-08, BA-16, y MP-03C se reconoce una tendencia leve al descenso de niveles en su registro. A este comportamiento subyacen las variaciones estacionales suaves propias del sector.

Zona Este de las lagunas

Los resultados de las mediciones de nivel freático en la zona Este de las lagunas fueron presentados en la Tabla 5-15 mientras que la representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 5-46 en conjunto con el mapa de ubicación de los puntos del sector.

En la Figura 5-46 (grafico superior) se representa el registro del pozo somero BA-27, el único ubicado en el sector. Su comportamiento es similar al de los barrenos ubicados al Norte de las lagunas, describiendo oscilaciones estacionales atribuidas a fenómenos superficiales de infiltración en los meses fríos y evaporación en las estaciones cálidas, cuyo nivel oscila en torno a los 2.300,2 – 2.300,4 m s.n.m. con una diferencia de cotas interanual en el orden de 0,12 m. Destaca en su registro un aumento abrupto de 0,36 m en febrero 2019 como consecuencia de intensas precipitaciones ocurridas en el invierno altiplánico ese año. Su

tendencia en el largo plazo, desde junio de 2015 en que inicia su registro, es a la estabilización de nivel.

Zona Borde Sur

Los resultados de las mediciones de nivel freático en la zona Borde Sur fueron presentados en la Tabla 5-15 mientras que la representación gráfica del registro histórico de niveles se presenta en la Figura 5-48 en conjunto con el mapa de ubicación de los puntos del sector. Se destaca que, en la totalidad de los pozos, no se tiene registro en los meses de junio y julio de 2020 por no contar con autorización de ingreso a los untos de monitoreo por parte de la Comunidad de Peine, en el contexto de la pandemia por COVID-19.

En los hidrogramas de la Figura 5-48 se reconoce que los pozos que presentan la data histórica más extensa -desde 2001- corresponden a los pozos Tucúcaro y Tilopozo, los que corresponden a pozos de extracción de agua industrial, mientras que el resto de los pozos inicia sus registros en torno al año 2013.

Los multipiezómetros de la serie MP tienen 3 instalaciones: una instalación somera (A), una instalación profunda (B) y una instalación habilitada en todo su espesor (C). Los pozos MP-05A y MP-05C presentan un comportamiento estabilizado del nivel freático, en torno a los 2.301 m s.n.m., además de sincrónico entre ambos. El pozo MP-05B, sin embargo, presenta un descenso abrupto de su cota de 0,838 m en su registro de junio de 2016, iniciando una tendencia al descenso de nivel que se mantiene hasta mayo 2020, y mostrando una leve recuperación de su nivel entre los meses de agosto y diciembre de 2020 (recuperación en torno a los 0,09 m).

Los pozos MP-06A y MP-06C presentan el nivel más somero del sector, entre los 2.303,808 m s.n.m. y 2.304,047 m s.n.m., en una tendencia que se reconoce estabilizada y sincrónica entre ambos, y que desde octubre 2015 hasta enero 2019 presenta una leve tendencia al descenso de nivel. En febrero 2019 se observa un alza en sus registros en torno a los 0,4 m producto de las precipitaciones. A partir de esa fecha y hasta mayo 2020 se observa una leve tendencia al descenso de nivel que, sin embargo, se estabiliza entre los meses de agosto y diciembre de 2020. El comportamiento del pozo MP-06B, que corresponde a un pozo profundo, se presenta irregular en sus descensos y en su recuperación desde el inicio de su registro en octubre 2013 hasta julio 2017, desde donde inicia un comportamiento más estable y acoplado a los pozos MP-06A y MP-06C.

El pozo TUC-P06 inicia su registro en junio 2015 y, desde entonces, ha descrito un comportamiento mayormente estabilizado de nivel entre los 2.301,268 m s.n.m. y los 2.301,931 m s.n.m. que, al igual que los otros pozos del sector, como consecuencia de las precipitaciones ocurridas en febrero 2019 incrementa su nivel en el orden de 0,66 m. Desde

entonces ha presentado un comportamiento oscilante, respondiendo a los fenómenos superficiales de recarga en los meses lluviosos y evaporación en los meses cálidos, de frecuencia estacional.

Los pozos MP-09A y MP-09C inician su registro en junio 2017 y, desde entonces, han descrito un comportamiento estabilizado de nivel, en torno a 2.309 m s.n.m.

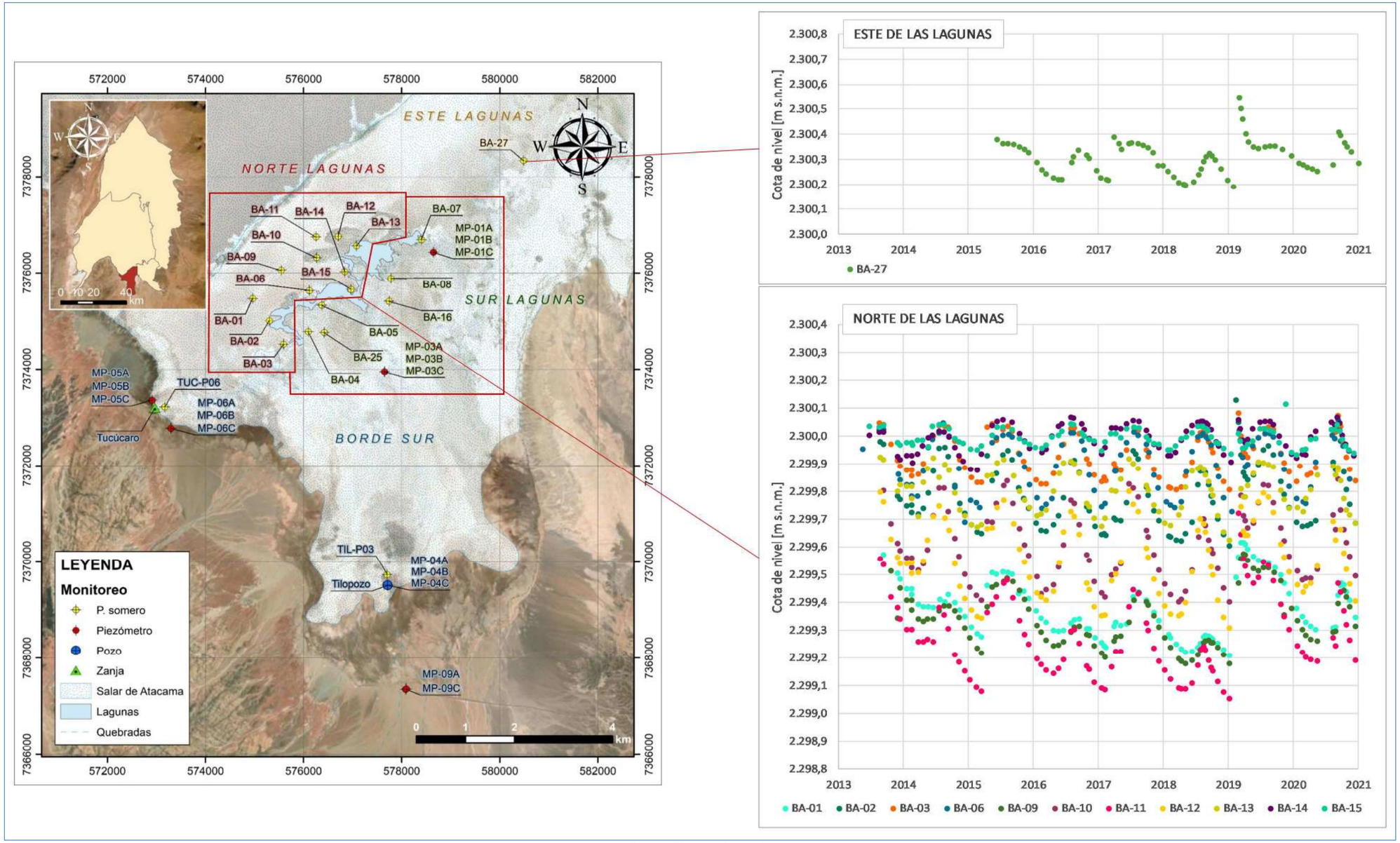
Los pozos MP-04A y MP-04C presentan un comportamiento estabilizado y sincrónico entre ambos, en torno a los 2.307,5 m s.n.m. El pozo MP-04B, profundo y desconectado de los dos anteriores, presenta un comportamiento distinto. Entre enero y noviembre de 2014 describe una leve tendencia al aumento de nivel, alcanzando 2.300,53 m s.n.m., disminuyendo abruptamente en diciembre del mismo año (en 0,78 m) e iniciando una tendencia al descenso de nivel que se mantiene hasta octubre 2019. A partir de esa fecha, inicia una rápida recuperación que, en el registro de diciembre 2020, alcanza 2.302,64 m s.n.m.

El pozo TIL-P03 corresponde a un pozo somero que inicia su registro en julio 2015 y que describe un comportamiento oscilante pero estabilizado que responde a la variabilidad estacional.

El pozo Tilopozo corresponde a un pozo de extracción de agua dulce-salobre, y desde el inicio de su registro en enero 2001 hasta diciembre 2020, presenta un comportamiento estabilizado en torno a los 2.307 m s.n.m.

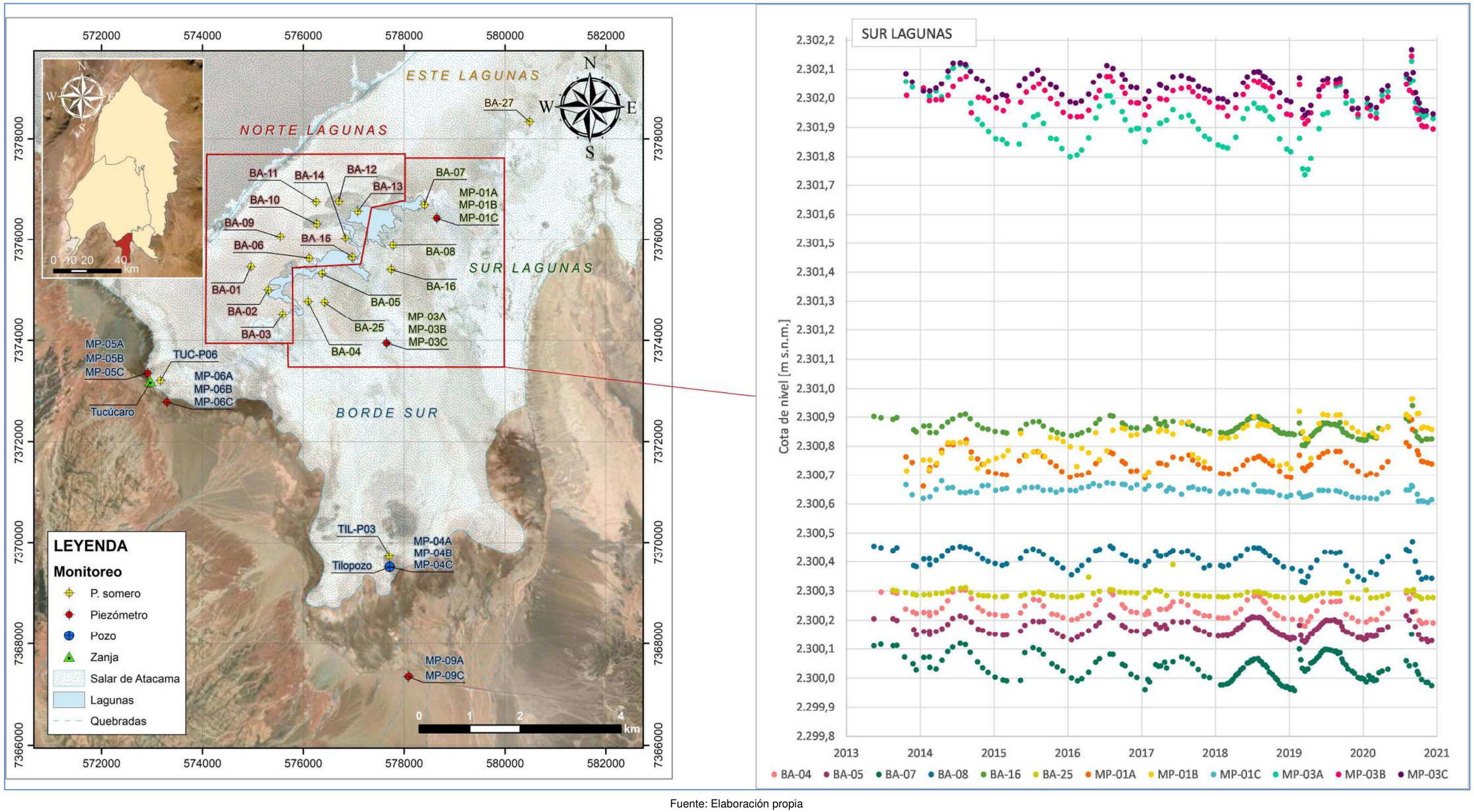
El pozo Tucúcaro que, al igual que el pozo Tilopozo, corresponde a un pozo de extracción de agua dulce-salobre, presenta un registro oscilante pero estabilizado en el largo plazo, en torno a los 2.302 m s.n.m.

Figura 5-46 Hidrogramas de los pozos de observación del Este y Norte de las lagunas del sector La Punta-La Brava



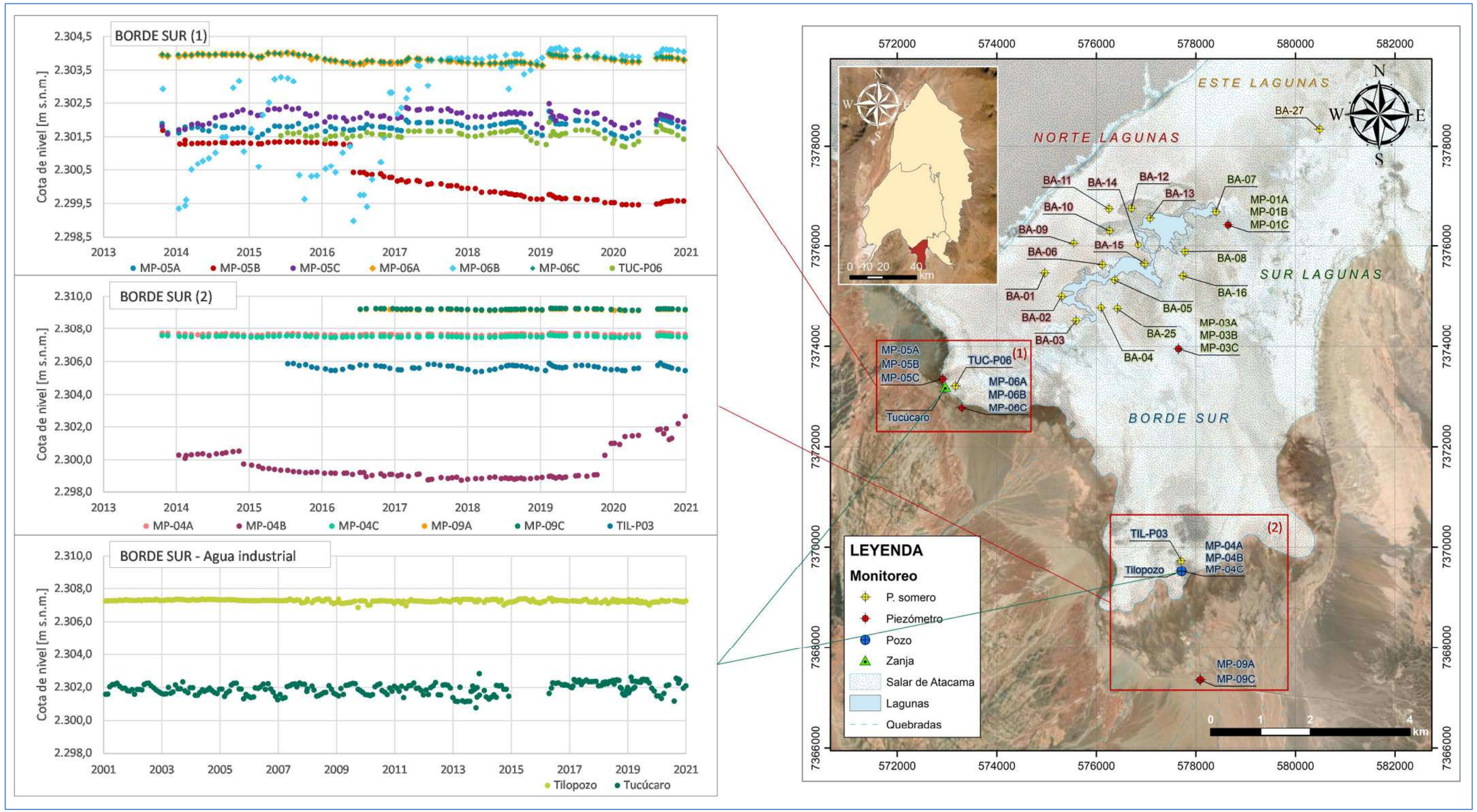
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-47 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Sur de las lagunas, sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-48 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Borde Sur, sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

A modo de resumen, en el sector La Punta – La Brava se ha observado lo siguiente:

- El registro de datos durante 2020 en la totalidad de los pozos del sector da continuidad a las tendencias históricas de cada pozo.
- En términos generales, se observa que los pozos más sensibles a fenómenos superficiales (con mayor amplitud de variación entre las cotas mínima y máxima a lo largo de un año) corresponden a los pozos de la zona Norte de las lagunas seguidos del pozo MP-03 (A, B y C) en la zona sur y del pozo BA-27 en la zona este. El resto de los pozos de la zona Sur de las lagunas a pesar de responder a fenómenos flujos subsuperficiales y subterránea desde la parte sur de la cuenca (sector de Monturaqui) y de infiltración por precipitación directa, presenta un comportamiento marcadamente estacional y con tendencia al descenso que se observa desde el año 2013 a la fecha. La precipitación del 2019 hace que aumenten los niveles pero luego vuelve a retomar la misma tasa de descenso.
- Los pozos del Borde Sur se encuentran, en general, estabilizados, respondiendo a sus tendencias históricas, con pozos como MP-05B (profundo) mostrando un descenso leve en sus niveles. Destaca el comportamiento del pozo MP-04B (profundo) que en octubre 2019 inicia una rápida recuperación que tiende a estabilizarse entre marzo y septiembre de 2020, cayendo 0,6 m en octubre e iniciando, nuevamente, una rápida recuperación.
- Los pozos de bombeo de agua industrial se presentan estabilizados en el largo plazo. El pozo Tilopozo se encuentra esencialmente estabilizado en torno a los 2.307,2 m s.n.m., y el pozo Tucúcaro, a pesar de mantener su tendencia en el largo plazo, durante 2020 presenta una mayor amplitud entre sus cotas mínima y máxima, respecto de lo observado en año 2019, del orden de 1,4 m.

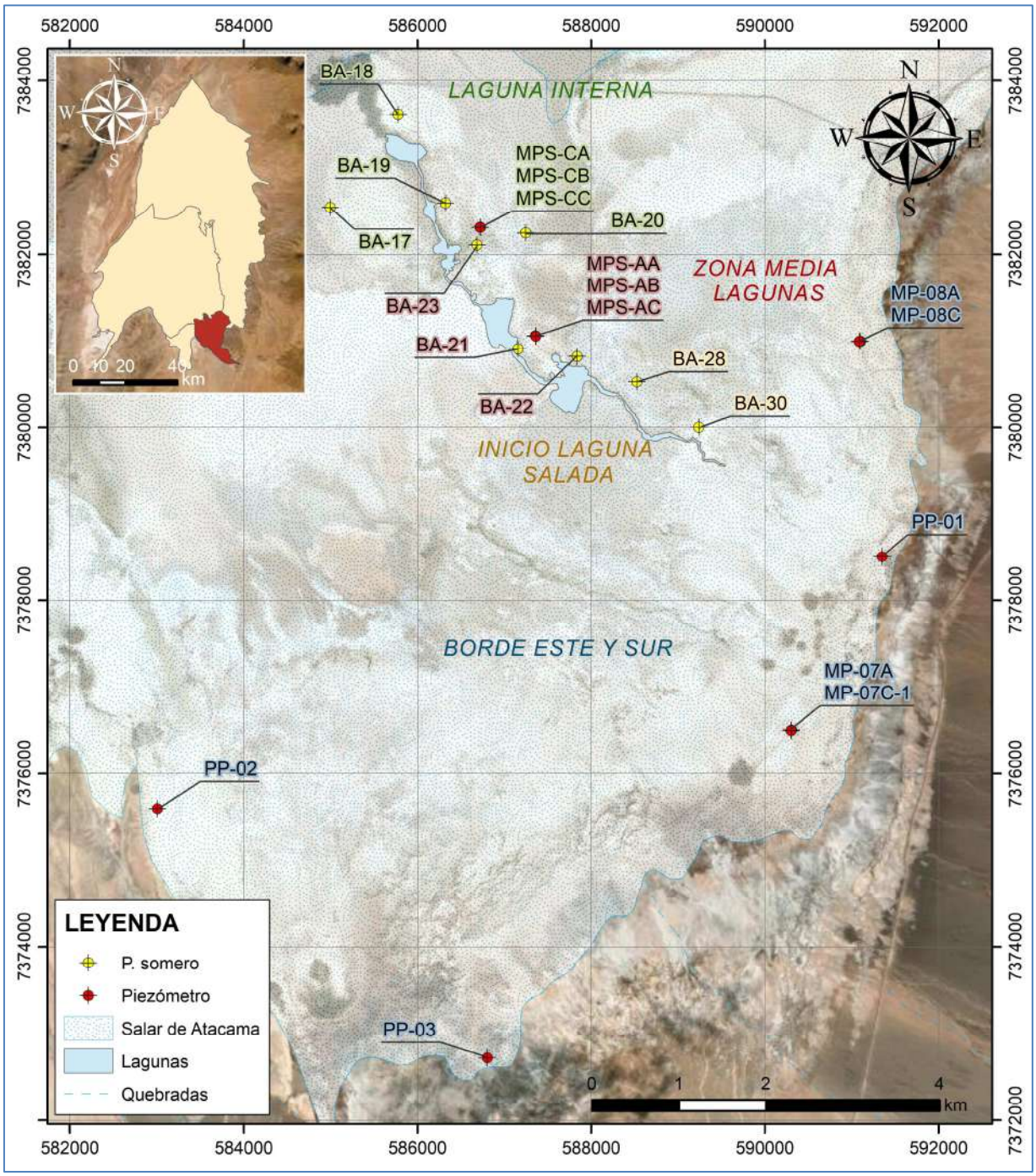
5.6.2 Sector Peine

La red de monitoreo del sector Peine se compone de 21 puntos de monitoreo del nivel freático, cuya distribución se presenta en la Tabla 5-16, y cuya ubicación se representa en el mapa de la Figura 5-49.

Tabla 5-16 Red de monitoreo del sector Peine

LAGUNA INTERNA	ZONA MEDIA LAGUNAS	INICIO LAGUNA SALADA	BORDE ESTE Y SUR DE PEINE
BA-17	BA-20	BA-28	MP-07A
BA-18	BA-21	BA-30	MP-07C-1
BA-19	BA-22		MP-08A
MPS-CA	BA-23		PP-01
MPS-CB	MPS-AA		PP-02
MPS-CC	MPS-AB		PP-03
	MPS-AC		

Figura 5-49 Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del sector Peine



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-17 se presentan los resultados de las mediciones de nivel durante el año 2020 mediante la profundidad medida desde la cota collar hasta el nivel de agua y/o salmuera, y mediante su cota topográfica equivalente.

Tabla 5-17 Resultados mediciones de nivel en sector Peine, año 2020

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
BA-17	17-01-2020	2,010	2.298,938	BA-18	14-01-2020	1,371	2.298,931
	18-02-2020	2,039	2.298,909		14-02-2020	1,389	2.298,913
	09-03-2020	2,062	2.298,886		02-03-2020	1,415	2.298,887
	11-04-2020	2,115	2.298,833		03-04-2020	1,451	2.298,851
	18-05-2020	2,175	2.298,773		01-05-2020	1,494	2.298,808
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	04-08-2020	2,264	2.298,684		12-08-2020	1,616	2.298,686
	19-08-2020	2,276	2.298,672		24-08-2020	(3)	
	03-09-2020	1,984	2.298,964		11-09-2020	1,331	2.298,971
	18-09-2020	0,907	2.298,941		27-09-2020	0,668	2.298,934
	04-10-2020	2,036	2.298,912		12-10-2020	1,397	2.298,905
	19-10-2020	2,058	2.298,890		28-10-2020	1,427	2.298,875
	01-11-2020	2,075	2.298,873		15-11-2020	1,449	2.298,853
	07-12-2020	2,126	2.298,822		15-12-2020	(4)	
BA-19	14-01-2020	1,523	2.298,976	BA-20	04-01-2020	1,302	2.299,240
	14-02-2020	1,545	2.298,954		14-02-2020	1,310	2.299,232
	02-03-2020	1,571	2.298,928		02-03-2020	1,328	2.299,214
	03-04-2020	1,618	2.298,881		03-04-2020	1,354	2.299,188
	01-05-2020	1,652	2.298,847		01-05-2020	1,383	2.299,159
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	12-08-2020	1,777	2.298,722		12-08-2020	1,470	2.299,072
	24-08-2020	(3)			24-08-2020	(3)	
	11-09-2020	1,525	2.298,974		11-09-2020	1,227	2.299,315
	27-09-2020	1,558	2.298,941		27-09-2020	0,532	2.299,280
	12-10-2020	1,577	2.298,922		12-10-2020	1,285	2.299,257
	28-10-2020	1,601	2.298,898		28-10-2020	1,310	2.299,232
	15-11-2020	1,618	2.298,881		15-11-2020	1,336	2.299,206
	15-12-2020	(6)			15-12-2020	(4)	
BA-21	04-01-2020	1,306	2.300,087	BA-22	03-01-2020	0,860	2.300,264
	14-02-2020	1,307	2.300,086		14-02-2020	Sin información	
	03-03-2020	1,308	2.300,085		03-03-2020	0,859	2.300,265
	02-04-2020	1,303	2.300,090		02-04-2020	0,852	2.300,272
	01-05-2020	1,305	2.300,088		01-05-2020	0,843	2.300,281
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	01-08-2020	1,305	2.300,088		01-08-2020	0,832	2.300,292
	16-08-2020	1,306	2.300,087		16-08-2020	0,835	2.300,289
	01-09-2020	1,237	2.300,156		01-09-2020	0,792	2.300,332
	15-09-2020	0,246	2.300,137		15-09-2020	0,825	2.300,299

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-10-2020	1,264	2.300,129
	16-10-2020	1,272	2.300,121
	06-11-2020	1,282	2.300,111
	01-12-2020	1,292	2.300,101
BA-23	04-01-2020	1,012	2.299,501
	19-02-2020	1,009	2.299,504
	02-03-2020	1,012	2.299,501
	03-04-2020	1,035	2.299,478
	01-05-2020	1,030	2.299,483
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	10-08-2020	1,086	2.299,427
	24-08-2020	(3)	
	01-09-2020	0,920	2.299,593
	27-09-2020	0,948	2.299,565
	10-10-2020	0,980	2.299,533
	28-10-2020	0,998	2.299,515
	12-11-2020	1,005	2.299,508
	12-12-2020	(4)	
BA-30	03-01-2020	0,776	2.301,503
	14-01-2020	0,759	2.301,520
	23-01-2020	0,722	2.301,557
	02-02-2020	Sin información	
	14-02-2020	0,772	2.301,507
	19-02-2020	0,758	2.301,521
	03-03-2020	0,756	2.301,523
	16-03-2020	0,757	2.301,522
	30-03-2020	0,756	2.301,523
	02-04-2020	0,739	2.301,540
	01-05-2020	0,716	2.301,563
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	01-08-2020	0,685	2.301,594
	16-08-2020	0,712	2.301,567
	01-09-2020	0,627	2.301,652
	16-09-2020	0,736	2.301,543
	01-10-2020	0,754	2.301,525
	16-10-2020	0,762	2.301,517
	06-11-2020	0,765	2.301,514
	16-11-2020	0,748	2.301,531
	01-12-2020	0,744	2.301,535
MP-07C-1	11-01-2020	0,633	2.306,044

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-10-2020	0,838	2.300,286
	16-10-2020	0,848	2.300,276
	06-11-2020	(2)	
	01-12-2020	(2)	
BA-28	03-01-2020	0,675	2.300,638
	14-01-2020	0,670	2.300,643
	23-01-2020	0,646	2.300,667
	02-02-2020	Sin información	
	14-02-2020	0,688	2.300,625
	19-02-2020	0,671	2.300,642
	03-03-2020	0,679	2.300,634
	16-03-2020	0,688	2.300,625
	30-03-2020	0,684	2.300,629
	02-04-2020	0,662	2.300,651
	01-05-2020	0,650	2.300,663
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	01-08-2020	0,599	2.300,714
	16-08-2020	0,615	2.300,698
	01-09-2020	0,533	2.300,780
	16-09-2020	0,589	2.300,724
	01-10-2020	0,586	2.300,727
	16-10-2020	0,606	2.300,707
	06-11-2020	0,651	2.300,662
	16-11-2020	0,638	2.300,675
	01-12-2020	0,658	2.300,655
MP-07A	11-01-2020	1,059	2.305,569
	06-02-2020	1,030	2.305,598
	04-03-2020	1,051	2.305,577
	15-04-2020	1,003	2.305,625
	13-05-2020	0,966	2.305,662
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	14-08-2020	(5)	
	20-08-2020	0,921	2.305,707
	27-08-2020	0,899	2.305,729
	13-09-2020	0,911	2.305,717
	25-09-2020	0,925	2.305,703
	14-10-2020	0,956	2.305,672
	23-10-2020	0,976	2.305,652
	14-11-2020	1,003	2.305,625
	19-12-2020	1,038	2.305,590

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	06-02-2020	0,623	2.306,054		11-01-2020	1,366	2.302,532
	04-03-2020	0,638	2.306,039		06-02-2020	1,376	2.302,522
	11-04-2020	0,614	2.306,063		04-03-2020	1,396	2.302,502
	13-05-2020	0,577	2.306,100		11-04-2020	1,404	2.302,494
	01-06-2020	(1)			13-05-2020	1,449	2.302,449
	01-07-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	14-08-2020	(5)			01-07-2020	(1)	
	20-08-2020	0,504	2.306,173	**MP-08A**	05-08-2020	1,339	2.302,559
	27-08-2020	0,446	2.306,231		20-08-2020	1,346	2.302,552
	13-09-2020	0,456	2.306,221		06-09-2020	1,271	2.302,627
	23-09-2020	0,473	2.306,204		20-09-2020	1,284	2.302,614
	12-10-2020	0,502	2.306,175		06-10-2020	1,297	2.302,601
	23-10-2020	0,516	2.306,161		23-10-2020	1,312	2.302,586
	14-11-2020	0,540	2.306,137		13-11-2020	1,324	2.302,574
	19-12-2020	0,566	2.306,111		19-12-2020	1,348	2.302,550
	04-01-2020	0,783	2.299,467		04-01-2020	0,722	2.299,468
	14-02-2020	0,781	2.299,469		14-02-2020	0,725	2.299,465
	02-03-2020	0,784	2.299,466		02-03-2020	0,732	2.299,458
	02-04-2020	0,779	2.299,471		02-04-2020	0,724	2.299,466
	01-05-2020	0,778	2.299,472		01-05-2020	0,724	2.299,466
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	01-08-2020	0,778	2.299,472		01-08-2020	0,726	2.299,398
MPS-AA	16-08-2020	0,783	2.299,467	**MPS-AB**	16-08-2020	0,729	2.299,461
	30-08-2020	0,728	2.299,522		30-08-2020	0,686	2.299,504
	09-09-2020	0,728	2.299,522		09-09-2020	0,674	2.299,516
	15-09-2020	0,733	2.299,517		15-09-2020	0,681	2.299,509
	27-09-2020	0,738	2.299,512		27-09-2020	0,665	2.299,525
	01-10-2020	0,740	2.299,510		01-10-2020	0,689	2.299,501
	16-10-2020	0,748	2.299,502		16-10-2020	0,695	2.299,495
	24-10-2020	0,753	2.299,497		24-10-2020	0,701	2.299,489
	06-11-2020	0,759	2.299,491		06-11-2020	0,706	2.299,484
	01-12-2020	0,771	2.299,479		01-12-2020	0,719	2.299,471
	04-01-2020	0,792	2.299,478		04-01-2020	0,957	2.298,643
	14-02-2020	0,789	2.299,481		14-02-2020	0,987	2.298,613
	02-03-2020	0,793	2.299,477		02-03-2020	1,020	2.298,580
	02-04-2020	0,789	2.299,481		02-04-2020	1,043	2.298,557
MPS-AC	01-05-2020	0,787	2.299,483	**MPS-CA**	01-05-2020	1,104	2.298,496
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	01-08-2020	0,790	2.299,480		10-08-2020	1,246	2.298,354
	16-08-2020	0,792	2.299,478		30-08-2020	0,924	2.298,676

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	30-08-2020	0,737	2.299,533
	09-09-2020	0,737	2.299,533
	15-09-2020	0,742	2.299,528
	27-09-2020	0,747	2.299,523
	01-10-2020	0,750	2.299,520
	16-10-2020	0,757	2.299,513
	24-10-2020	0,762	2.299,508
	06-11-2020	0,768	2.299,502
	01-12-2020	0,779	2.299,491
MPS-CB	04-01-2020	0,966	2.298,694
	14-02-2020	1,007	2.298,653
	02-03-2020	1,038	2.298,622
	02-04-2020	1,072	2.298,588
	01-05-2020	1,123	2.298,537
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	10-08-2020	1,263	2.298,397
	30-08-2020	0,920	2.298,740
	09-09-2020	0,973	2.298,687
	27-09-2020	1,005	2.298,655
	10-10-2020	1,036	2.298,624
	24-10-2020	1,048	2.298,612
	06-11-2020	1,075	2.298,585
	12-12-2020	(4)	
PP-01	11-01-2020	1,074	2.304,487
	05-02-2020	1,067	2.304,494
	04-03-2020	1,086	2.304,475
	10-04-2020	1,059	2.304,502
	13-05-2020	1,004	2.304,557
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	14-08-2020	(5)	
	20-08-2020	0,939	2.304,622
	27-08-2020	0,822	2.304,739
	13-09-2020	0,894	2.304,667
	25-09-2020	0,933	2.304,628
	11-10-2020	0,969	2.304,592
	23-10-2020	0,989	2.304,572
	14-11-2020	1,007	2.304,554
	19-12-2020	1,044	2.304,517

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	09-09-2020	0,946	2.298,654
	27-09-2020	0,989	2.298,611
	10-10-2020	1,017	2.298,583
	24-10-2020	1,025	2.298,575
	06-11-2020	1,043	2.298,557
	12-12-2020	(4)	
MPS-CC	04-01-2020	1,060	2.298,560
	14-02-2020	1,038	2.298,582
	02-03-2020	1,071	2.298,549
	02-04-2020	1,100	2.298,520
	01-05-2020	1,156	2.298,464
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	10-08-2020	1,299	2.298,321
	30-08-2020	0,979	2.298,641
	09-09-2020	1,001	2.298,619
	27-09-2020	1,043	2.298,577
	10-10-2020	1,071	2.298,549
	24-10-2020	1,081	2.298,539
	06-11-2020	1,098	2.298,522
	12-12-2020	(4)	
PP-02	11-01-2020	0,422	2.303,558
	05-02-2020	0,381	2.303,599
	04-03-2020	0,395	2.303,585
	10-04-2020	0,367	2.303,613
	31-05-2020	0,310	2.303,670
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	14-08-2020	0,347	2.303,633
	28-08-2020	0,198	2.303,782
	13-09-2020	0,251	2.303,729
	25-09-2020	0,287	2.303,693
	11-10-2020	0,342	2.303,638
	25-10-2020	0,343	2.303,637
	14-11-2020	0,378	2.303,602
	19-12-2020	0,391	2.303,589
PP-03	11-01-2020	0,507	2.308,586
	22-02-2020	0,524	2.308,569
	04-03-2020	0,529	2.308,564
	15-04-2020	0,514	2.308,579
	31-05-2020	0,516	2.308,577
	01-06-2020	(1)	

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
					01-07-2020	(1)	
					14-08-2020	0,429	2.308,664
					28-08-2020	0,391	2.308,702
					13-09-2020	0,390	2.308,703
					25-09-2020	0,405	2.308,688
					11-10-2020	0,408	2.308,685
					25-10-2020	0,416	2.308,677
					14-11-2020	0,422	2.308,671
					19-12-2020	0,454	2.308,639

Notas: (1) Sin autorización de la comunidad de Peine para ingresar a los puntos. (2) Comunidad de Peine no permite ingreso por presencia de flamencos. (3) Se suspende monitoreo por fuertes lluvias. (4) Comunidad de Peine cierra el ingreso a lagunas Salada, Saladita e Interna. (5) Equipo de medición con falla técnica.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la evolución temporal del nivel freático del sector Peine en conjunto con la representación gráfica del registro de niveles se presentan a continuación. Se destaca que en la totalidad de los pozos del sector no se cuenta con mediciones en los meses de junio y julio de 2020 debido a que no se contó con autorización de acceso por parte de la comunidad de Peine (ver Anexo M) en el contexto de la pandemia COVID-19.

Laguna Interna

Los resultados de las mediciones del nivel freático en la zona Laguna interna fueron presentados en la Tabla 5-17 mientras que la representación gráfica del registro de niveles histórico se presenta en la Figura 5-50.

Los pozos BA-17, BA-18, BA-19 y MPS-CA son someros mientras que los pozos MPS-CB y MPS-CC corresponden a pozos profundos, y en la Figura 5-50 (grafico superior) se observa que la totalidad de los pozos del sector presentan un comportamiento similar y sincrónico, respondiendo prácticamente de la misma manera a los procesos de recarga periódica.

El registro histórico -iniciado en junio 2013- indica que la recarga ocurre entre los meses de febrero, marzo y/o abril durante los años 2015, 2017 y 2019, respondiendo al fenómeno del invierno altiplánico. A partir de dichas recargas, se observa un descenso del nivel freático, el cual obedece al comportamiento natural. Las tendencias observadas en los períodos 2013-2015, 2015-2017 y 2017-2019 son similares en la magnitud de la recarga (aumentando los niveles entre 0,3 m y 0,4 m) y en la tasa de descenso del nivel freático (en el orden de 0,02 m/mes). Sin embargo, en el período 2019-2020 se observa un comportamiento distinto en que, por un lado, la recarga ocurrida en febrero 2019 prácticamente duplica la recarga reconocida en los periodos anteriores (aumentando los niveles en 0,8 m) y en que, por otro lado, aumenta la tasa de descenso del nivel freático que alcanza el orden de 0,05 m/mes (medida desde

febrero 2019 a mayo 2020, excluyendo la recarga reconocida en septiembre 2020). Es decir, se observa una mayor recarga y una mayor tasa de descenso, vuelve a presentar la tendencia histórica.

Zona media lagunas

La red de monitoreo de esta zona se compone de los pozos barrenos BA-20, BA-21, BA-22 y BA-23, y del pozo somero MPS-AA, de los pozos profundos MPS-AB y MPS-AC, y el registro de sus niveles se representa en la Figura 5-50 (grafico del medio). En dicho gráfico se observa que el comportamiento de los pozos del sector está marcado por la respuesta a eventos de precipitación como los ocurridos en abril 2015, marzo 2017, febrero 2019 y septiembre 2020 - principalmente en los pozos BA-20 y BA-23 que presentan alzas de hasta 0,66 m- y su consecuente descenso de nivel. Este comportamiento cíclico, con período de recurrencia cercano a los 2 años, se reconoce regular en los períodos 2013-2015, 2015-2017 y 2017-2019.

Para el período 2019-2021 se observan dos diferencias importantes, de manera análoga a lo descrito anteriormente en la zona Laguna Interna en donde, por un lado, la recarga observada en febrero 2019 es mayor a la observada en los periodos anteriores y, por otro lado, se observa una mayor tasa de descenso. Los pozos BA-21, BA-22, MPS-AA y MPS-AB tienen un comportamiento sincrónico, pero evidencian una respuesta menor a los eventos de precipitación del orden de 0,2 m de recuperación por evento, y su tendencia en el largo plazo es más estable en torno a los 2.300,10 m s.n.m., 2.300,30 m s.n.m., 2.299,50 m s.n.m. y 2.299,48 m s.n.m., respectivamente. Lo anterior, obedece a que se encuentran en la zona media de lagunas y no tan cercano al núcleo del salar.

Inicio Laguna Salada

El monitoreo de esta zona se inicia en julio 2015, en los pozos someros BA-28 y BA-30, y su registro de nivel freático histórico se presenta en la Figura 5-50 (grafico inferior). En dicho gráfico, se observa que los niveles presentan variaciones estacionales (anuales) que no superan los 0,1 m de diferencia entre cotas mínima y máxima, asociadas principalmente a los procesos de evaporación estacionales, tendiendo a aumentar su nivel en los meses de invierno y a descender en los meses de verano, pero que, sin embargo, se encuentran estabilizados en el largo plazo en torno a los 2.300,6 m s.n.m. (pozo BA-28) y 2.301,5 m s.n.m. (pozo BA-30). En general, en el sector de Laguna Salada, representada por BA-28 y BA-30, se observa que la respuesta a eventos de precipitación estival asociados al invierno altiplánico es menor a la observada en la zona media lagunas y zona laguna interna. La excepción se observa en el evento de precipitaciones del verano de 2019, en donde el pozo BA-28 aumentó su nivel en 0,09 m, y que en agosto 2020 ambos pozos de Laguna Salada tuvieron un *peak* de nivel

registrado. Los valores observados en el último año en ambos pozos se encuentra en el rango de sus registros históricos respectivos.

Borde Este y Sur de Peine

Los resultados de las mediciones del nivel freático fueron presentados en la Tabla 5-17 mientras que la representación gráfica del registro de niveles histórico que se inicia a partir de julio 2016, se presenta en la Figura 5-51.

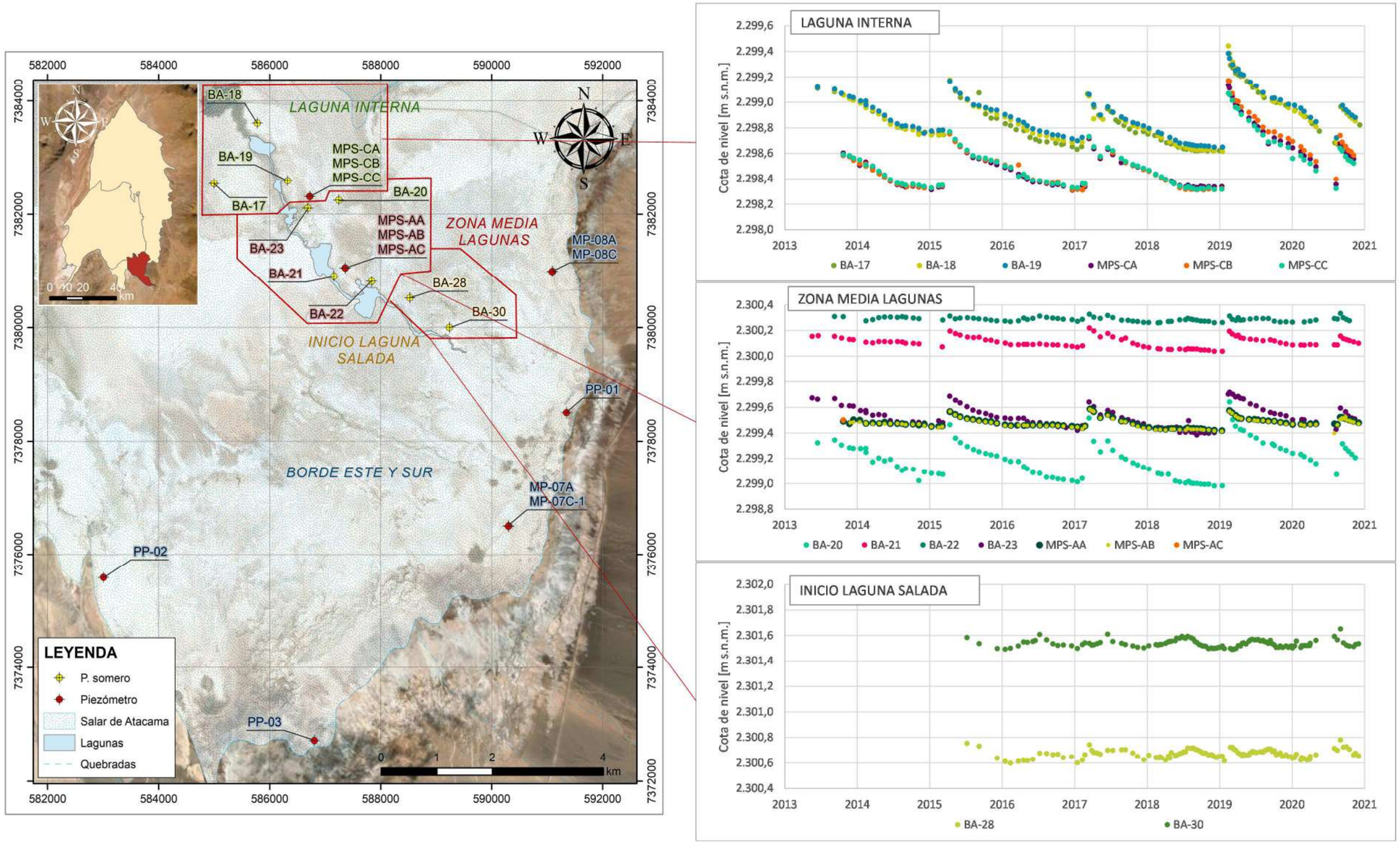
La red de monitoreo del sector corresponde exclusivamente a piezómetros profundos, dada su ubicación alejada de los cuerpos de agua en superficie y cercana a la zona del piedemonte del frente de montaña. Por la proximidad al acuífero aluvial que se desarrolla en este sector, la red de monitoreo es sensible a los aportes provenientes desde las subcuencas frente a eventos de precipitación o deshielo, al igual que aluviones que hacen su descarga en el sector marginal del Salar de Atacama.

Los pozos MP-08A y PP-02 describen un comportamiento similar con oscilaciones estacionales y eventos discretos de recarga que aumentan el nivel de forma abrupta, como los reconocidos en marzo 2017, febrero 2019 y agosto 2020. Su comportamiento en el largo plazo es estable en torno a los 2.302,5 m s.n.m. y los 2.306,3 m s.n.m., respectivamente.

Los pozos MP-07A y MP-07C-1 presentan un comportamiento sincrónico, con variaciones estacionales atribuidas a fenómenos de los procesos de evaporación, y episodios discretos de recarga de gran magnitud asociados a precipitaciones intensas, de forma análoga a lo descrito anteriormente. Su comportamiento en el largo plazo es estable en torno a los 2.305,6 m s.n.m., y 2.306,0 m s.n.m., respectivamente. El pozo PP-01 presenta un comportamiento equivalente al de los pozos descritos anteriormente, y en el largo plazo es estable en torno a los 2.304,5 m s.n.m.

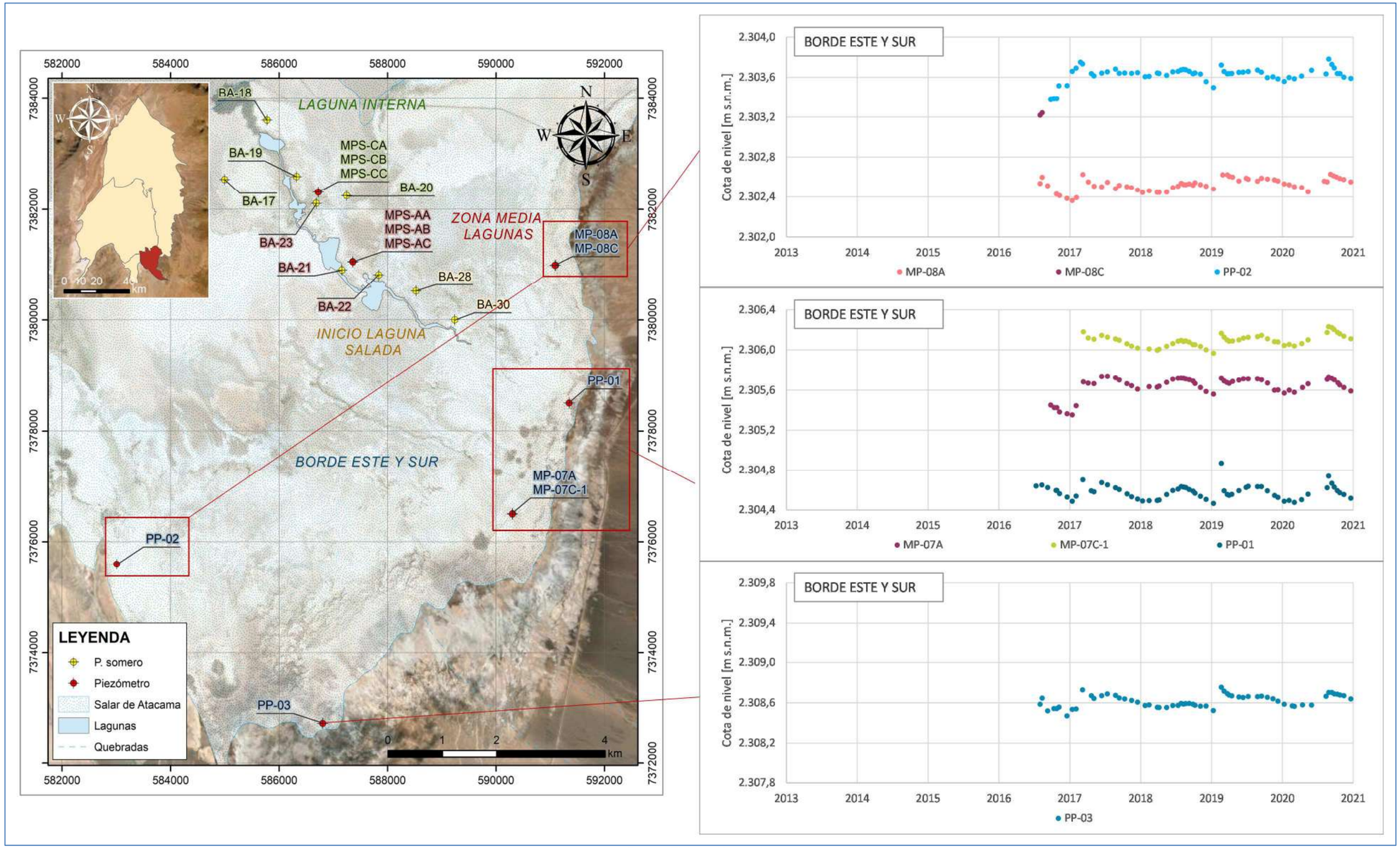
El pozo PP-03, ubicado en el extremo sur del sector, también presenta oscilaciones estacionales, pero de menor amplitud a las reconocidas en el resto de los pozos del sector, comparable a lo observado en el pozo PP-02. Su comportamiento en el largo plazo es estable en torno a los 2.308,6 m s.n.m.

Figura 5-50 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Laguna Interna, Zona Media Lagunas e Inicio Laguna Salada, sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-51 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Borde Este y sur de Peine



Fuente: Elaboración propia

A modo de resumen de lo observado en el sector Peine, se tiene que:

- Los pozos del Borde Este y Sur junto a los pozos ubicados al inicio de la Laguna Salada presentan variaciones estacionales controladas por fenómenos asociados con los procesos de evaporación, con una respuesta menor a eventos de precipitación intensa como los ocurridos en abril 2017 y febrero 2019.
- Los pozos del Borde Este y Sur junto a los pozos ubicados al inicio de la Laguna Salada se presentan estabilizados en el largo plazo.
- Los pozos ubicados en la zona Laguna Interna presentan la mayor variabilidad de sus niveles, dada la rápida respuesta a las precipitaciones, alcanzando incrementos de hasta 0,8 m.
- Los pozos ubicados en la Zona Media presentan una variabilidad intermedia, con incrementos de hasta 0,6 m frente a eventos de recarga.

5.6.3 Sector Norte y Borde Este

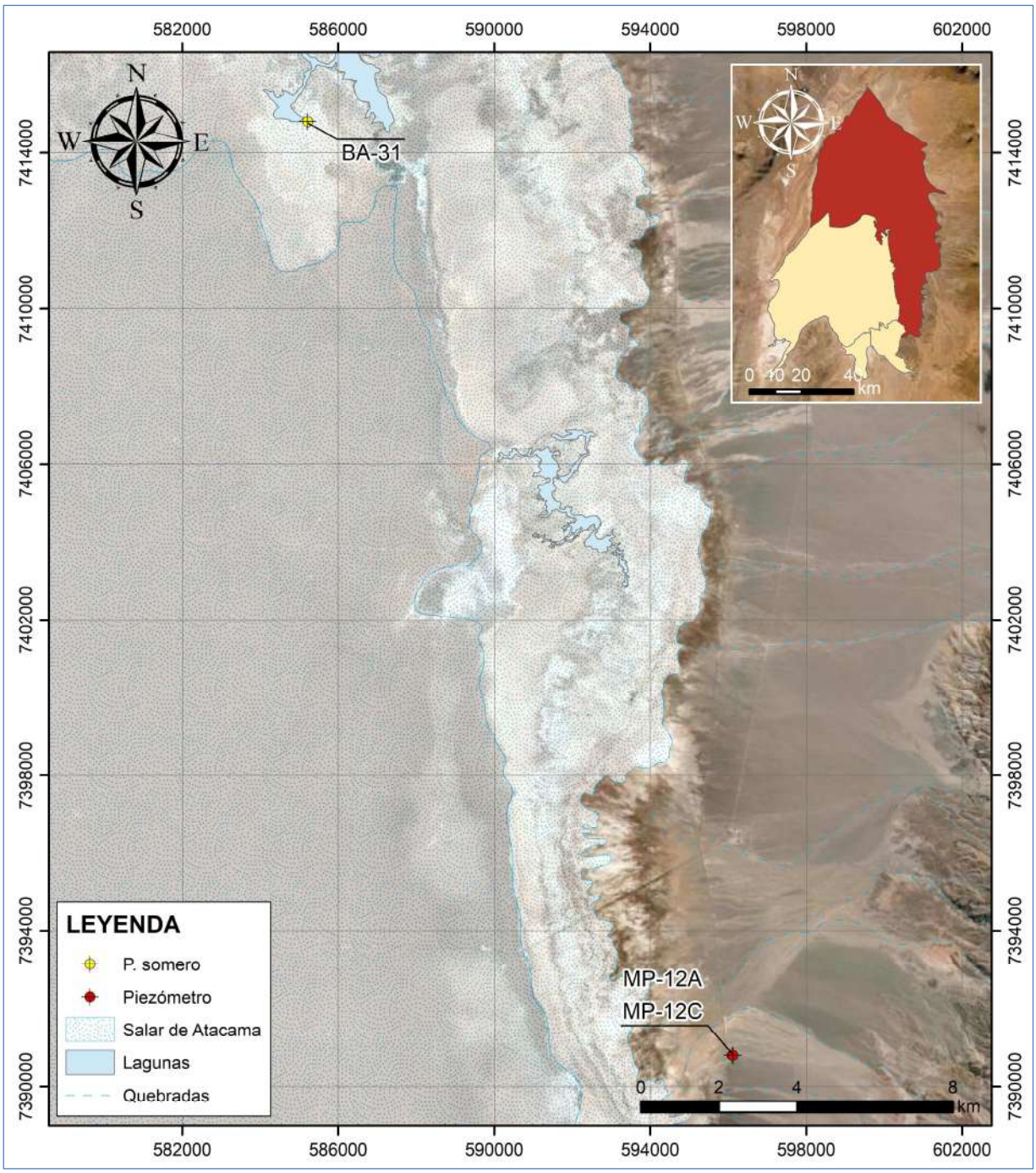
La red de monitoreo del sector Norte-Borde Este se compone de 3 pozos de observación del nivel freático, cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 5-18, y cuya ubicación se presenta en el mapa de la Figura 5-52.

La Tabla 5-19 presenta los resultados de las mediciones de nivel durante 2020 mediante la profundidad medida desde la cota collar hasta el nivel de agua y mediante su cota topográfica equivalente.

Tabla 5-18 Red de monitoreo sector Norte - Borde Este

Norte y Borde Este
BA-31
MP-12A
MP-12C

Figura 5-52 Mapa de ubicación puntos de monitoreo sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-19 Resultados mediciones de nivel en sector Norte y Borde este, año 2020

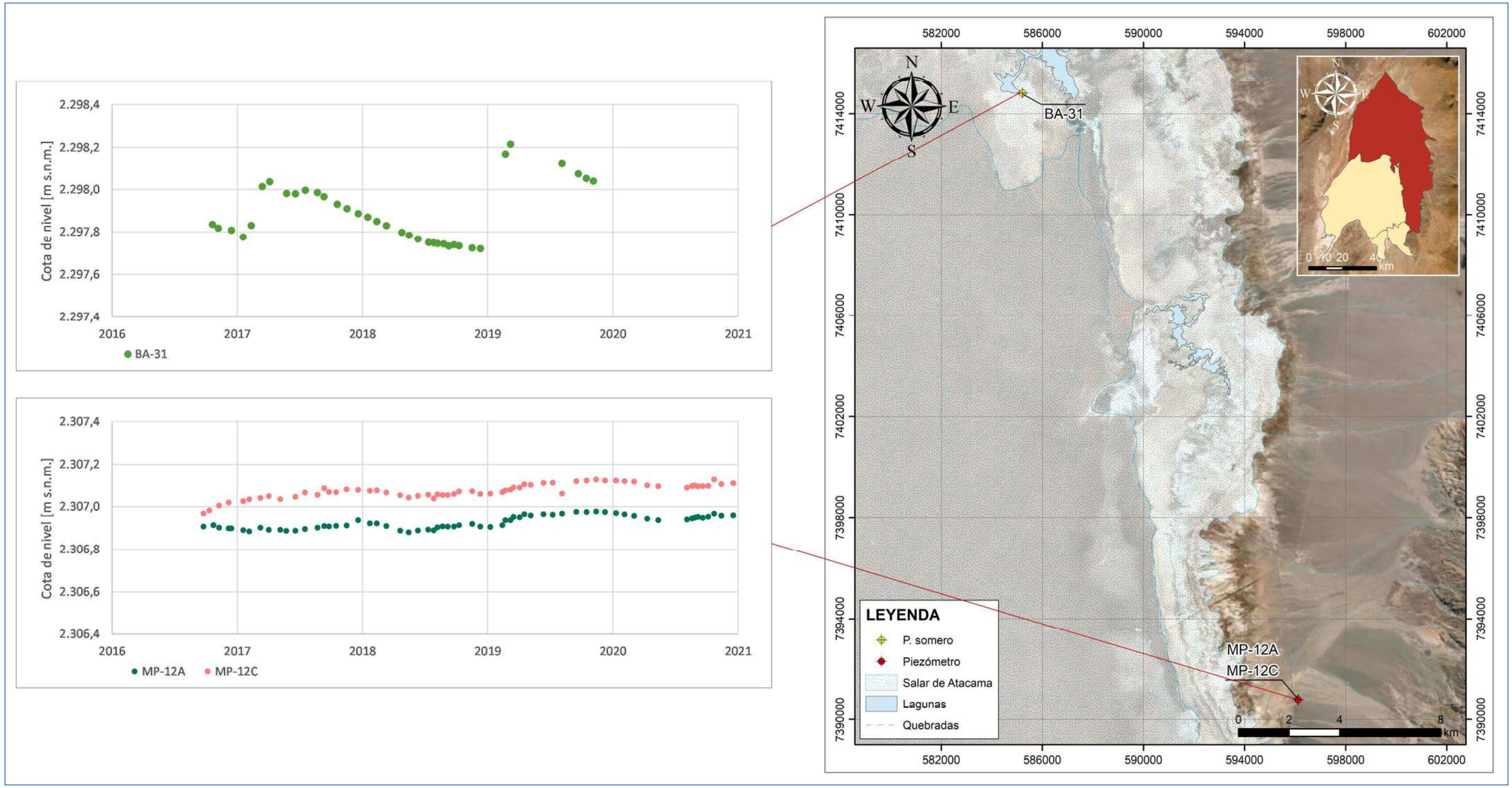
Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
MP-12A	11-01-2020	9,262	2.306,970	MP-12C	11-01-2020	9,499	2.307,122
	05-02-2020	9,268	2.306,964		05-02-2020	9,503	2.307,118
	04-03-2020	9,275	2.306,957		04-03-2020	9,504	2.307,117
	11-04-2020	9,288	2.306,944		11-04-2020	9,522	2.307,099
	13-05-2020	9,295	2.306,937		13-05-2020	9,526	2.307,095
	01-06-2020	(1)			01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)			01-07-2020	(1)	
	05-08-2020	9,291	2.306,941		05-08-2020	9,533	2.307,088
	20-08-2020	9,286	2.306,946		20-08-2020	9,525	2.307,096
	27-08-2020	9,283	2.306,949		27-08-2020	9,523	2.307,098
	06-09-2020	9,280	2.306,952		06-09-2020	9,526	2.307,095
	20-09-2020	9,284	2.306,948		20-09-2020	9,525	2.307,096
	06-10-2020	9,279	2.306,953		06-10-2020	9,524	2.307,097
	23-10-2020	9,265	2.306,967		23-10-2020	9,494	2.307,127
	13-11-2020	9,274	2.306,958		13-11-2020	9,516	2.307,105
	18-12-2020	9,272	2.306,960		18-12-2020	9,512	2.307,109
BA-31	13-02-2020	(2)					
	12-03-2020						
	01-04-2020						
	01-05-2020						
	01-06-2020						
	01-07-2020						
	05-08-2020						
	26-08-2020						
	11-09-2020						
	25-09-2020						
	08-10-2020						
	23-10-2020						
	09-11-2020						
	01-12-2020						

Notas: (1) Sin autorización de acceso de la Comunidad de Peine. (2) Reserva Nacional Los Flamencos se encuentra cerrada por CONAF.

Fuente: Elaboración propia

El sector Norte y Borde Este se compone del punto de monitoreo BA-31, ubicado en el sistema lagunar Soncor, y los puntos MP-12A y MP-12C, ubicados en la zona sur. La representación gráfica del registro histórico de niveles de los pozos del sector de presenta en la Figura 5-53.

Figura 5-53 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

El pozo BA-31 no incorpora nuevas mediciones de nivel durante 2020 por encontrarse cerrada la Reserva Nacional Los Flamencos, administrada por CONAF, en el contexto de la pandemia por COVID-19. Sin embargo, se reconoce una rápida respuesta a eventos de precipitación como evidencia el aumento de nivel de 0,45 m como consecuencia a las precipitaciones ocurridas en enero-febrero 2019.

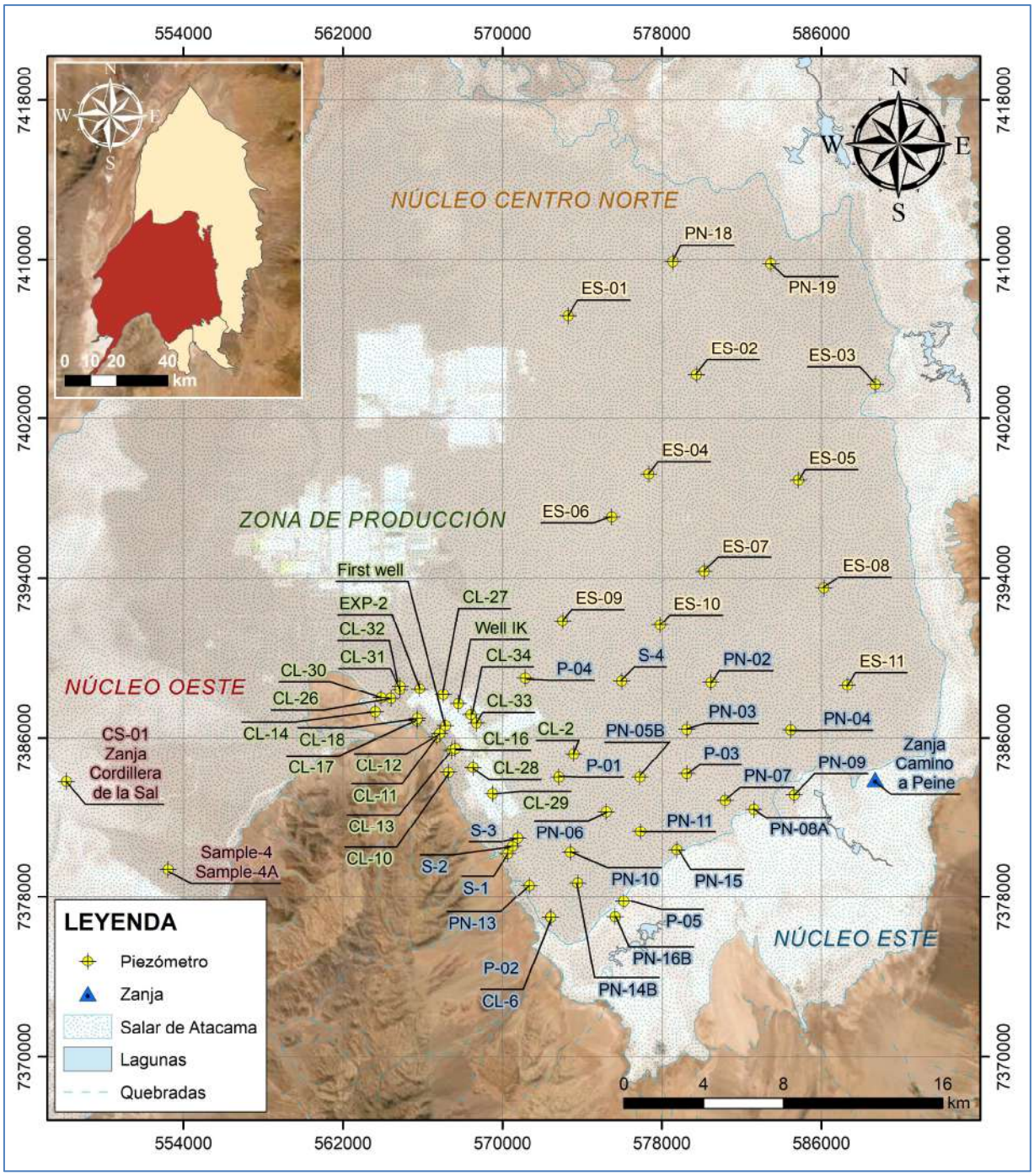
En cuanto al registro de los pozos MP-12A y MP-12C, se observa que ambos pozos mantienen la tendencia al aumento de niveles observada en su data a la fecha, con variaciones estacionales del orden de 0,1 m. La recarga en la zona Este es por flujos de aporte subsuperficial y subterráneo, principalmente, y en menor escala por precipitaciones y aportes superficiales, reconociéndose períodos de aumento tanto en los meses de verano como en los meses de invierno. Los valores observados durante 2020 inician con un descenso desde enero a mayo y continúan con una recuperación de los niveles entre los meses de agosto y diciembre, no contando con registros en los meses de junio y julio.

5.6.4 Sector Núcleo

La red de monitoreo del sector Núcleo se compone de 62 puntos de monitoreo de nivel freático, los que son representados en el mapa de la Figura 5-54.

En la Tabla 5-20 se presentan los resultados de las mediciones de nivel durante el año 2020 mediante la profundidad medida desde la cota collar hasta el nivel de agua y mediante su cota topográfica equivalente.

Figura 5-54 Mapa de ubicación puntos de monitoreo sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-20 Resultados mediciones de nivel en sector Núcleo, año 2020

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
CL-2-1	01-01-2020	1,734	2.298,758	CL-6	02-01-2020	1,363	2.298,771
	20-02-2020	1,823	2.298,669		01-02-2020	1,370	2.298,771
	18-03-2020	1,836	2.298,656		11-03-2020	1,409	2.298,771
	08-04-2020	1,865	2.298,627		08-04-2020	1,451	2.298,669
	09-05-2020	1,907	2.298,585		10-05-2020	1,507	2.298,613
	01-06-2020	1,954	2.298,538		01-06-2020	1,525	2.298,595
	08-07-2020	1,999	2.298,493		08-07-2020	1,571	2.298,549
	05-08-2020	2,024	2.298,468		09-08-2020	1,585	2.298,535
	20-08-2020	2,042	2.298,450		23-08-2020	1,600	2.298,520
	07-09-2020	1,702	2.298,790		06-09-2020	1,246	2.298,874
	20-09-2020	1,754	2.298,738		21-09-2020	1,328	2.298,792
	03-10-2020	1,776	2.298,716		02-10-2020	1,344	2.298,776
	20-10-2020	1,798	2.298,694		21-10-2020	1,392	2.298,728
	03-11-2020	1,829	2.298,663		08-11-2020	1,408	2.298,712
	07-12-2020	1,861	2.298,631		06-12-2020	1,427	2.298,693
CL-10	02-01-2020	5,340	2.295,054	CL-11	05-01-2020	7,558	2.292,971
	01-02-2020	(2)			01-02-2020	7,782	2.292,971
	01-03-2020	(2)			01-03-2020	7,869	2.292,971
	01-04-2020	(2)			01-04-2020	7,902	2.292,669
	06-05-2020	(2)			06-05-2020	8,145	2.292,426
	02-06-2020	(2)			02-06-2020	7,967	2.292,604
	14-07-2020	(2)			01-07-2020	7,923	2.292,648
	08-08-2020	(2)			06-08-2020	8,096	2.292,475
	21-08-2020	(2)			21-08-2020	8,064	2.292,507
	07-09-2020	(2)			03-09-2020	7,899	2.292,672
	19-09-2020	(2)			19-09-2020	7,702	2.292,869
	03-10-2020	(2)			03-10-2020	7,957	2.292,614
	20-10-2020	(2)			20-10-2020	7,871	2.292,700
	10-11-2020	(2)			10-11-2020	8,007	2.292,564
	25-12-2020	(2)			25-12-2020	7,946	2.292,625
CL-12	05-01-2020	7,906	2.292,113	CL-13	05-01-2020	(2)	
	01-02-2020	8,201	2.292,113		01-02-2020	(2)	
	01-03-2020	8,278	2.292,113		01-03-2020	(2)	
	01-04-2020	8,295	2.291,867		01-04-2020	(2)	
	06-05-2020	8,605	2.291,557		06-05-2020	(2)	
	02-06-2020	8,288	2.291,874		02-06-2020	(2)	
	01-07-2020	8,211	2.291,951		14-07-2020	(2)	
	06-08-2020	8,475	2.291,687		06-08-2020	(2)	
	21-08-2020	8,366	2.291,796		21-08-2020	(2)	
	03-09-2020	8,094	2.292,068		03-09-2020	(2)	
	19-09-2020	7,854	2.292,308		19-09-2020	(2)	

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	03-10-2020	8,054	2.292,108		03-10-2020	(2)	
	20-10-2020	7,983	2.292,179		20-10-2020	(2)	
	10-11-2020	8,146	2.292,016		10-11-2020	(2)	
	25-12-2020	7,959	2.292,203		25-12-2020	(2)	
CL-14-1	02-01-2020	8,494	2.292,151	CL-16-1	05-01-2020	5,717	2.295,606
	01-02-2020	8,768	2.292,151		01-02-2020	5,773	2.295,606
	01-03-2020	9,028	2.292,151		12-03-2020	5,841	2.295,606
	01-04-2020	9,196	2.291,549		01-04-2020	5,861	2.295,396
	06-05-2020	9,010	2.291,735		06-05-2020	5,889	2.295,368
	01-06-2020	8,739	2.292,006		02-06-2020	5,882	2.295,375
	01-07-2020	8,884	2.291,861		01-07-2020	5,883	2.295,374
	06-08-2020	9,185	2.291,560		06-08-2020	5,972	2.295,285
	21-08-2020	9,066	2.291,679		21-08-2020	5,996	2.295,261
	03-09-2020	8,826	2.291,919		13-09-2020	6,057	2.295,200
	19-09-2020	8,742	2.292,003		19-09-2020	6,392	2.294,865
	03-10-2020	8,731	2.292,014		03-10-2020	6,462	2.294,795
	20-10-2020	8,846	2.291,899		20-10-2020	6,475	2.294,782
	10-11-2020	9,017	2.291,728		10-11-2020	6,439	2.294,818
	25-12-2020	9,194	2.291,551		25-12-2020	6,690	2.294,567
CL-17	02-01-2020	5,243	2.295,193	CL-18	02-01-2020	5,212	2.295,076
	01-02-2020	5,339	2.295,193		01-02-2020	5,299	2.295,076
	01-03-2020	5,301	2.295,193		01-03-2020	5,295	2.295,076
	01-04-2020	5,301	2.294,959		01-04-2020	5,239	2.294,995
	06-05-2020	5,298	2.294,962		06-05-2020	5,226	2.295,008
	02-06-2020	5,225	2.295,035		02-06-2020	5,160	2.295,074
	01-07-2020	5,424	2.294,836		01-07-2020	5,273	2.294,961
	06-08-2020	5,283	2.294,977		06-08-2020	5,206	2.295,028
	21-08-2020	5,455	2.294,805		21-08-2020	5,302	2.294,932
	03-09-2020	5,504	2.294,756		03-09-2020	5,354	2.294,880
	19-09-2020	5,547	2.294,713		19-09-2020	5,347	2.294,887
	03-10-2020	5,380	2.294,880		03-10-2020	5,219	2.295,015
	20-10-2020	5,140	2.295,120		20-10-2020	5,031	2.295,203
	10-11-2020	5,085	2.295,175		10-11-2020	5,050	2.295,184
	18-12-2020	5,113	2.295,147		18-12-2020	5,088	2.295,146
CL-26-1	02-01-2020	6,252	2.294,215	CL-27	05-01-2020	3,907	2.296,014
	01-02-2020	6,238	2.294,215		01-02-2020	3,862	2.296,014
	01-03-2020	6,273	2.294,215		01-03-2020	3,848	2.296,014
	01-04-2020	6,346	2.294,163		01-04-2020	3,818	2.296,218
	06-05-2020	6,404	2.294,105		06-05-2020	3,828	2.296,208
	01-06-2020	6,360	2.294,149		01-06-2020	3,776	2.296,260
	01-07-2020	6,287	2.294,961		01-07-2020	3,893	2.296,143
	06-08-2020	6,338	2.294,171		05-08-2020	3,777	2.296,259

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	21-08-2020	6,381	2.294,128		21-08-2020	3,836	2.296,200
	03-09-2020	6,378	2.294,131		03-09-2020	3,722	2.296,314
	19-09-2020	6,242	2.294,267		19-09-2020	3,687	2.296,349
	03-10-2020	6,107	2.294,402		03-10-2020	3,616	2.296,420
	20-10-2020	5,969	2.294,540		20-10-2020	3,549	2.296,487
	10-11-2020	5,898	2.294,611		11-11-2020	3,453	2.296,583
	25-12-2020	5,909	2.294,600		28-12-2020	3,818	2.296,218
	05-01-2020	4,083	2.296,814		05-01-2020	2,317	2.298,579
	01-02-2020	4,123	2.296,814		01-02-2020	2,196	2.298,579
	01-03-2020	4,169	2.296,814		13-03-2020	2,311	2.298,579
	01-04-2020	4,185	2.296,695		01-04-2020	2,386	2.298,461
	06-05-2020	4,167	2.296,713		06-05-2020	2,461	2.298,386
	02-06-2020	4,146	2.296,734		02-06-2020	2,535	2.298,312
	01-07-2020	4,175	2.296,705		01-07-2020	2,567	2.298,280
CL-28	08-08-2020	4,275	2.296,605	**CL-29**	08-08-2020	2,659	2.298,188
	21-08-2020	4,320	2.296,560		21-08-2020	2,681	2.298,166
	03-09-2020	4,152	2.296,728		03-09-2020	2,552	2.298,295
	19-09-2020	4,163	2.296,717		19-09-2020	2,587	2.298,260
	03-10-2020	4,148	2.296,732		03-10-2020	2,536	2.298,311
	20-10-2020	4,069	2.296,811		20-10-2020	2,580	2.298,267
	11-11-2020	4,317	2.296,563		11-11-2020	2,171	2.298,676
	25-12-2020	4,571	2.296,309		25-12-2020	2,402	2.298,445
	02-01-2020	7,281	2.292,990		05-01-2020	3,584	2.296,714
	01-02-2020	7,361	2.292,990		01-02-2020	3,611	2.296,714
	01-03-2020	7,489	2.292,990		01-03-2020	3,681	2.296,714
	01-04-2020	7,603	2.292,700		01-04-2020	3,766	2.296,514
	06-05-2020	7,680	2.292,623		06-05-2020	3,848	2.296,432
	01-06-2020	7,604	2.292,699		01-06-2020	3,906	2.296,374
	01-07-2020	7,532	2.292,771		01-07-2020	3,985	2.296,295
CL-30	06-08-2020	7,683	2.292,620	**CL-31**	06-08-2020	4,005	2.296,275
	21-08-2020	7,689	2.292,614		21-08-2020	3,977	2.296,303
	03-09-2020	7,658	2.292,645		03-09-2020	3,783	2.296,497
	19-09-2020	7,567	2.292,736		19-09-2020	3,618	2.296,662
	03-10-2020	7,398	2.292,905		03-10-2020	3,530	2.296,750
	20-10-2020	7,324	2.292,979		20-10-2020	3,462	2.296,818
	11-11-2020	7,369	2.292,934		11-11-2020	3,420	2.296,860
	18-12-2020	7,487	2.292,816		18-12-2020	3,427	2.296,853
	05-01-2020	3,148	2.297,048		05-01-2020	2,373	2.298,031
	01-02-2020	3,189	2.297,048		01-02-2020	2,433	2.298,031
CL-32	01-03-2020	3,239	2.297,048	**CL-33**	01-03-2020	2,445	2.298,031
	01-04-2020	3,301	2.296,874		01-04-2020	2,490	2.297,843
	06-05-2020	3,358	2.296,817		06-05-2020	2,455	2.297,878

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-06-2020	3,386	2.296,789		01-06-2020	2,520	2.297,813
	01-07-2020	3,400	2.296,775		01-07-2020	2,607	2.297,726
	06-08-2020	3,422	2.296,753		05-08-2020	2,675	2.297,658
	21-08-2020	3,418	2.296,757		21-08-2020	2,632	2.297,701
	03-09-2020	3,195	2.296,980		03-09-2020	2,058	2.298,275
	19-09-2020	3,102	2.297,073		19-09-2020	2,058	2.298,275
	03-10-2020	3,056	2.297,119		03-10-2020	2,082	2.298,251
	20-10-2020	2,991	2.297,184		20-10-2020	2,208	2.298,125
	11-11-2020	2,949	2.297,226		11-11-2020	2,373	2.297,960
	18-12-2020	2,947	2.297,228		18-12-2020	2,397	2.297,936
	05-01-2020	3,670	2.296,701		02-01-2020	7,434	2.293,430
	01-02-2020	3,818	2.296,701		01-02-2020	7,441	2.293,430
	01-03-2020	3,787	2.296,701		01-03-2020	7,444	2.293,430
	01-04-2020	3,821	2.296,490		01-04-2020	7,464	2.293,400
	06-05-2020	3,730	2.296,581		06-05-2020	7,477	2.293,387
	01-06-2020	3,643	2.296,668		07-06-2020	7,495	2.293,369
	01-07-2020	3,757	2.296,554		13-07-2020	7,519	2.293,345
CL-34-1	05-08-2020	3,749	2.296,562	**CS-1**	07-08-2020	7,524	2.293,340
	21-08-2020	3,735	2.296,576		30-08-2020	7,544	2.293,320
	03-09-2020	2,409	2.297,902		12-09-2020	7,538	2.293,326
	07-09-2020	2,529	2.297,782		23-09-2020	7,561	2.293,303
	19-09-2020	3,279	2.297,032		13-10-2020	7,573	2.293,291
	03-10-2020	3,580	2.296,731		27-10-2020	7,586	2.293,278
	20-10-2020	3,802	2.296,509		04-11-2020	7,589	2.293,275
	11-11-2020	3,907	2.296,404		02-12-2020	7,606	2.293,258
	03-01-2020	1,856	2.298,069		03-01-2020	1,769	2.298,005
	24-01-2020	1,890	2.298,035		24-01-2020	1,802	2.297,972
	06-02-2020	1,906	2.298,019		06-02-2020	1,816	2.297,958
	21-02-2020	1,920	2.298,005		21-02-2020	1,836	2.297,938
	06-03-2020	1,938	2.297,987		06-03-2020	1,856	2.297,918
	19-03-2020	1,955	2.297,970		19-03-2020	1,869	2.297,905
	04-04-2020	1,971	2.297,954		04-04-2020	1,886	2.297,888
	19-04-2020	2,002	2.297,923		19-04-2020	1,915	2.297,859
ES-01	07-05-2020	2,025	2.297,900	**ES-02**	07-05-2020	1,940	2.297,834
	21-05-2020	2,053	2.297,872		21-05-2020	1,967	2.297,807
	04-06-2020	2,074	2.297,851		04-06-2020	1,984	2.297,790
	22-06-2020	2,100	2.297,825		22-06-2020	2,011	2.297,763
	09-07-2020	2,121	2.297,804		09-07-2020	2,031	2.297,743
	23-07-2020	2,139	2.297,786		23-07-2020	2,046	2.297,728
	06-08-2020	2,151	2.297,774		06-08-2020	2,056	2.297,718
	21-08-2020	2,165	2.297,760		21-08-2020	2,074	2.297,700
	04-09-2020	1,908	2.298,017		04-09-2020	1,807	2.297,967

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	19-09-2020	1,991	2.297,934		19-09-2020	1,817	2.297,957
	08-10-2020	1,929	2.297,996		08-10-2020	1,835	2.297,939
	22-10-2020	1,939	2.297,986		22-10-2020	1,848	2.297,926
	05-11-2020	1,957	2.297,968		05-11-2020	1,868	2.297,906
	19-11-2020	1,996	2.297,929		19-11-2020	1,875	2.297,899
	03-12-2020	1,978	2.297,947		03-12-2020	1,888	2.297,886
	17-12-2020	1,991	2.297,934		17-12-2020	1,904	2.297,870
ES-03	03-01-2020	1,483	2.298,054	ES-04	03-01-2020	1,750	2.298,122
	24-01-2020	1,505	2.298,032		24-01-2020	1,781	2.298,091
	06-02-2020	1,518	2.298,019		06-02-2020	1,797	2.298,075
	21-02-2020	1,536	2.298,001		21-02-2020	1,814	2.298,058
	06-03-2020	1,558	2.297,979		06-03-2020	1,834	2.298,038
	19-03-2020	1,571	2.297,966		19-03-2020	1,849	2.298,023
	04-04-2020	1,587	2.297,950		04-04-2020	1,866	2.298,006
	19-04-2020	1,621	2.297,916		19-04-2020	1,895	2.297,977
	07-05-2020	1,644	2.297,893		07-05-2020	1,915	2.297,957
	21-05-2020	1,666	2.297,871		21-05-2020	1,948	2.297,924
	04-06-2020	1,678	2.297,859		04-06-2020	1,964	2.297,908
	22-06-2020	1,708	2.297,829		22-06-2020	1,990	2.297,882
	09-07-2020	1,735	2.297,802		09-07-2020	2,013	2.297,859
	23-07-2020	1,744	2.297,793		23-07-2020	2,030	2.297,842
	06-08-2020	1,760	2.297,781		06-08-2020	2,041	2.297,831
	21-08-2020	1,770	2.297,766		21-08-2020	2,055	2.297,817
	04-09-2020	1,107	2.297,990		04-09-2020	1,763	2.298,109
	19-09-2020	1,105	2.297,992		19-09-2020	1,786	2.298,086
	08-10-2020	1,555	2.297,982		08-10-2020	1,812	2.298,060
	22-10-2020	1,568	2.297,969		22-10-2020	1,826	2.298,046
	05-11-2020	1,585	2.297,952		05-11-2020	1,845	2.298,027
	19-11-2020	1,598	2.297,939		19-11-2020	1,854	2.298,018
	03-12-2020	1,603	2.297,934		03-12-2020	1,865	2.298,007
	17-12-2020	1,620	2.297,917		17-12-2020	1,881	2.297,991
ES-05	03-01-2020	1,655	2.298,109	ES-06	03-01-2020	1,795	2.298,208
	24-01-2020	1,685	2.298,079		24-01-2020	1,826	2.298,177
	06-02-2020	1,697	2.298,067		06-02-2020	1,843	2.298,208
	21-02-2020	1,718	2.298,046		21-02-2020	1,860	2.298,143
	06-03-2020	1,737	2.298,027		06-03-2020	1,879	2.298,124
	19-03-2020	1,753	2.298,011		19-03-2020	1,896	2.298,107
	04-04-2020	1,767	2.297,997		04-04-2020	1,913	2.298,090
	19-04-2020	1,805	2.297,959		19-04-2020	1,941	2.298,062
	07-05-2020	1,831	2.297,933		07-05-2020	1,964	2.298,039
	21-05-2020	1,855	2.297,909		21-05-2020	1,994	2.298,009
	04-06-2020	1,873	2.297,891		04-06-2020	2,013	2.297,990

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	22-06-2020	1,900	2.297,864		22-06-2020	2,036	2.297,967
	09-07-2020	1,927	2.297,837		09-07-2020	2,059	2.297,944
	23-07-2020	1,936	2.297,828		23-07-2020	2,076	2.297,927
	06-08-2020	1,946	2.297,818		06-08-2020	2,086	2.297,917
	21-08-2020	1,963	2.297,801		21-08-2020	2,100	2.297,903
	04-09-2020	1,680	2.298,084		04-09-2020	1,800	2.298,203
	19-09-2020	1,698	2.298,066		19-09-2020	1,825	2.298,178
	08-10-2020	1,724	2.298,040		08-10-2020	1,855	2.298,148
	22-10-2020	1,738	2.298,026		22-10-2020	1,870	2.298,133
	05-11-2020	1,758	2.298,006		05-11-2020	1,891	2.298,112
	19-11-2020	1,774	2.297,990		19-11-2020	1,902	2.298,101
	03-12-2020	1,778	2.297,986		03-12-2020	1,912	2.298,091
	17-12-2020	1,794	2.297,970		17-12-2020	1,928	2.298,075
ES-07	03-01-2020	1,734	2.298,282	**ES-08**	03-01-2020	1,666	2.298,237
	24-01-2020	1,757	2.298,259		24-01-2020	1,687	2.298,216
	06-02-2020	1,770	2.298,246		06-02-2020	1,690	2.298,213
	21-02-2020	1,793	2.298,223		21-02-2020	1,721	2.298,182
	06-03-2020	1,813	2.298,203		06-03-2020	1,749	2.298,154
	19-03-2020	1,830	2.298,186		19-03-2020	1,761	2.298,142
	04-04-2020	1,844	2.298,172		04-04-2020	1,778	2.298,125
	19-04-2020	1,876	2.298,140		19-04-2020	1,811	2.298,092
	07-05-2020	1,898	2.298,118		07-05-2020	1,834	2.298,069
	21-05-2020	1,929	2.298,087		21-05-2020	1,861	2.298,042
	04-06-2020	1,948	2.298,068		04-06-2020	1,877	2.298,026
	22-06-2020	1,972	2.298,044		22-06-2020	1,907	2.297,996
	09-07-2020	1,995	2.298,021		09-07-2020	1,931	2.297,972
	23-07-2020	2,012	2.298,004		23-07-2020	1,944	2.297,959
	06-08-2020	2,024	2.297,992		06-08-2020	1,956	2.297,947
	21-08-2020	2,037	2.297,979		21-08-2020	1,969	2.297,934
	04-09-2020	1,722	2.298,294		04-09-2020	1,645	2.298,258
	19-09-2020	1,761	2.298,255		19-09-2020	1,687	2.298,216
	08-10-2020	1,788	2.298,228		08-10-2020	1,718	2.298,185
	22-10-2020	1,803	2.298,213		22-10-2020	1,738	2.298,165
	05-11-2020	1,824	2.298,192		05-11-2020	1,759	2.298,144
	19-11-2020	1,837	2.298,179		19-11-2020	1,776	2.298,127
	03-12-2020	1,846	2.298,170		03-12-2020	1,782	2.298,121
	17-12-2020	1,862	2.298,154		17-12-2020	1,796	2.298,107
ES-09	01-01-2020	1,716	2.298,493	**ES-10**	01-01-2020	1,612	2.298,403
	20-02-2020	1,800	2.298,409		20-02-2020	1,694	2.298,321
	12-03-2020	1,804	2.298,405		12-03-2020	1,699	2.298,316
	08-04-2020	1,843	2.298,366		08-04-2020	1,738	2.298,277
	06-05-2020	1,881	2.298,328		06-05-2020	1,780	2.298,235

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-06-2020	1,938	2.298,271		01-06-2020	1,832	2.298,183
	08-07-2020	1,982	2.298,227		08-07-2020	1,877	2.298,138
	05-08-2020	2,010	2.298,199		05-08-2020	1,904	2.298,111
	20-08-2020	2,024	2.298,185		20-08-2020	1,920	2.298,095
	07-09-2020	1,710	2.298,499		07-09-2020	1,603	2.298,412
	19-09-2020	1,735	2.298,474		19-09-2020	1,627	2.298,388
	03-10-2020	1,766	2.298,443		03-10-2020	1,658	2.298,357
	20-10-2020	1,783	2.298,426		20-10-2020	1,675	2.298,340
	03-11-2020	1,810	2.298,399		03-11-2020	1,705	2.298,310
	06-12-2020	1,834	2.298,375		06-12-2020	1,730	2.298,285
ES-11	03-01-2020	1,538	2.298,048	**EXP-2-1**	05-01-2020	3,157	2.297,450
	24-01-2020	1,554	2.298,032		01-02-2020	3,166	2.297,450
	06-02-2020	1,557	2.298,029		01-03-2020	2,981	2.297,450
	21-02-2020	1,588	2.297,998		01-04-2020	2,887	2.297,711
	06-03-2020	1,611	2.297,975		06-05-2020	2,944	2.297,654
	19-03-2020	1,630	2.297,956		01-06-2020	2,967	2.297,631
	04-04-2020	1,643	2.297,943		01-07-2020	3,031	2.297,567
	19-04-2020	1,677	2.297,909		05-08-2020	2,864	2.297,734
	07-05-2020	1,696	2.297,890		21-08-2020	2,864	2.297,734
	21-05-2020	1,723	2.297,863		03-09-2020	2,584	2.298,014
	04-06-2020	1,742	2.297,844		07-09-2020	2,564	2.298,034
	22-06-2020	1,768	2.297,818		19-09-2020	2,577	2.298,021
	09-07-2020	1,796	2.297,790		03-10-2020	2,601	2.297,997
	23-07-2020	1,807	2.297,779		20-10-2020	2,619	2.297,979
	06-08-2020	1,820	2.297,766		10-11-2020	2,662	2.297,936
	21-08-2020	1,834	2.297,752		25-12-2020	2,726	2.297,872
	04-09-2020	1,501	2.298,085	**P-01**	01-01-2020	1,769	2.298,859
	19-09-2020	1,553	2.298,033		01-02-2020	1,825	2.298,803
	08-10-2020	1,583	2.298,003		12-03-2020	1,861	2.298,767
	22-10-2020	1,599	2.297,987		08-04-2020	1,896	2.298,732
	05-11-2020	1,625	2.297,961		10-05-2020	1,944	2.298,684
	19-11-2020	1,640	2.297,946		01-06-2020	1,979	2.298,649
	03-12-2020	1,647	2.297,939		14-07-2020	2,037	2.298,591
	17-12-2020	1,663	2.297,923		05-08-2020	2,057	2.298,571
First Well	05-01-2020	4,852	2.295,245		20-08-2020	2,073	2.298,555
	01-02-2020	4,877	2.295,245		06-09-2020	1,730	2.298,898
	01-03-2020	4,892	2.295,245		20-09-2020	1,786	2.298,842
	01-04-2020	4,800	2.295,279		06-10-2020	1,811	2.298,817
	06-05-2020	4,729	2.295,350		21-10-2020	1,841	2.298,787
	02-06-2020	4,723	2.295,356		18-11-2020	1,884	2.298,744
	01-07-2020	4,760	2.295,319		20-12-2020	1,910	2.298,718
	08-08-2020	4,860	2.295,219	**P-03**	01-01-2020	1,813	2.298,895

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	21-08-2020	4,927	2.295,152
	07-09-2020	4,355	2.295,724
	19-09-2020	4,312	2.295,767
	03-10-2020	4,425	2.295,654
	20-10-2020	4,512	2.295,567
	11-11-2020	4,654	2.295,425
	25-12-2020	4,883	2.295,196
P-02	02-01-2020	1,588	2.298,847
	01-02-2020	1,598	2.298,837
	12-03-2020	1,633	2.298,802
	08-04-2020	1,674	2.298,761
	10-05-2020	1,730	2.298,705
	01-06-2020	1,753	2.298,682
	08-07-2020	1,795	2.298,640
	09-08-2020	1,808	2.298,627
	23-08-2020	1,827	2.298,608
	06-09-2020	1,471	2.298,964
	21-09-2020	1,554	2.298,881
	03-10-2020	1,568	2.298,867
	21-10-2020	1,613	2.298,822
	05-11-2020	1,632	2.298,803
	06-12-2020	1,650	2.298,785
P-04	01-01-2020	1,858	2.298,691
	01-02-2020	1,912	2.298,637
	12-03-2020	1,949	2.298,600
	08-04-2020	1,991	2.298,558
	10-05-2020	2,033	2.298,516
	01-06-2020	2,087	2.298,462
	08-07-2020	2,130	2.298,419
	05-08-2020	2,156	2.298,393
	20-08-2020	2,171	2.298,378
	07-09-2020	1,831	2.298,718
	20-09-2020	1,878	2.298,671
	03-10-2020	1,898	2.298,651
	19-10-2020	1,919	2.298,630
	03-11-2020	1,948	2.298,601
	06-12-2020	1,973	2.298,576
PN-02	01-01-2020	1,647	2.298,443
	01-02-2020	1,669	2.298,421
	12-03-2020	1,732	2.298,358
	08-04-2020	1,770	2.298,320
	06-05-2020	1,810	2.298,280

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-02-2020	1,841	2.298,867
	18-03-2020	1,905	2.298,803
	08-04-2020	1,933	2.298,775
	10-05-2020	1,982	2.298,726
	01-06-2020	2,022	2.298,686
	08-07-2020	2,068	2.298,640
	05-08-2020	2,090	2.298,618
	20-08-2020	2,111	2.298,597
	06-09-2020	1,783	2.298,925
	20-09-2020	1,830	2.298,878
	06-10-2020	1,855	2.298,853
	21-10-2020	1,880	2.298,828
	18-11-2020	1,919	2.298,789
	20-12-2020	1,938	2.298,770
P-05	22-01-2020	1,065	2.298,779
	18-02-2020	1,092	2.298,752
	20-03-2020	1,122	2.298,722
	08-04-2020	1,137	2.298,707
	04-05-2020	1,165	2.298,679
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	09-08-2020	1,245	2.298,599
	23-08-2020	1,256	2.298,588
	08-09-2020	1,005	2.298,839
	21-09-2020	1,014	2.298,830
	05-10-2020	1,040	2.298,804
	22-10-2020	1,067	2.298,777
	09-11-2020	1,105	2.298,739
	06-12-2020	1,141	2.298,703
PN-03	01-01-2020	1,728	2.297,793
	01-02-2020	1,754	2.297,767
	18-03-2020	1,822	2.297,699
	08-04-2020	1,853	2.297,668
	06-05-2020	1,893	2.297,628
	01-06-2020	1,941	2.297,580
	08-07-2020	1,988	2.297,533
	06-08-2020	2,020	2.297,501
	21-08-2020	2,036	2.297,485
	07-09-2020	1,711	2.297,810
	19-09-2020	1,748	2.297,773
	08-10-2020	1,786	2.297,735
	22-10-2020	1,800	2.297,721

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	01-06-2020	1,859	2.298,231
	08-07-2020	1,904	2.298,186
	06-08-2020	1,934	2.298,156
	21-08-2020	1,947	2.298,143
	07-09-2020	1,626	2.298,464
	19-09-2020	1,664	2.298,426
	08-10-2020	1,701	2.298,389
	22-10-2020	1,715	2.298,375
	03-11-2020	1,738	2.298,352
	06-12-2020	1,762	2.298,328
PN-04	18-02-2020	1,721	2.298,405
	11-03-2020	1,755	2.298,371
	08-04-2020	1,790	2.298,336
	06-05-2020	1,831	2.298,295
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	04-08-2020	1,957	2.298,169
	19-08-2020	1,970	2.298,156
	01-09-2020	1,626	2.298,500
	18-09-2020	1,688	2.298,438
	04-10-2020	1,721	2.298,405
	19-10-2020	1,740	2.298,386
	01-11-2020	1,763	2.298,363
	07-12-2020	1,795	2.298,331
PN-06	01-01-2020	1,774	2.298,716
	21-02-2020	1,631	2.298,859
	12-03-2020	1,874	2.298,616
	08-04-2020	1,909	2.298,581
	09-05-2020	1,955	2.298,535
	01-06-2020	1,994	2.298,496
	08-07-2020	2,038	2.298,452
	06-08-2020	2,067	2.298,423
	21-08-2020	2,085	2.298,405
	04-09-2020	1,735	2.298,755
	19-09-2020	1,784	2.298,706
	08-10-2020	1,836	2.298,654
	22-10-2020	1,847	2.298,643
	18-11-2020	1,895	2.298,595
	20-12-2020	1,925	2.298,565
PN-08A	06-01-2020	1,851	2.298,865
	17-01-2020	1,847	2.298,869
	18-02-2020	1,879	2.298,837

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	03-11-2020	1,821	2.297,700
	06-12-2020	1,848	2.297,673
PN-05B	06-01-2020	1,886	2.298,926
	17-01-2020	1,891	2.298,921
	18-02-2020	1,934	2.298,878
	29-02-2020	1,954	2.298,858
	11-03-2020	1,964	2.298,848
	20-03-2020	1,975	2.298,837
	08-04-2020	1,996	2.298,816
	05-05-2020	2,039	2.298,773
	01-06-2020	2,083	2.298,729
	08-07-2020	2,128	2.298,684
	04-08-2020	2,157	2.298,655
	19-08-2020	2,171	2.298,641
	26-08-2020	1,723	2.299,089
	06-09-2020	1,829	2.298,983
	18-09-2020	1,884	2.298,928
	27-09-2020	1,895	2.298,917
	04-10-2020	1,914	2.298,898
	19-10-2020	1,937	2.298,875
	03-11-2020	1,963	2.298,849
	07-12-2020	1,994	2.298,818
PN-07	06-01-2020	1,734	2.298,587
	18-02-2020	1,778	2.298,543
	11-03-2020	1,813	2.298,508
	08-04-2020	1,846	2.298,475
	10-05-2020	1,891	2.298,430
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	04-08-2020	2,050	2.298,271
	19-08-2020	2,017	2.298,304
	30-08-2020	1,664	2.298,657
	01-09-2020	1,683	2.298,638
	18-09-2020	1,745	2.298,576
	04-10-2020	1,772	2.298,549
	19-10-2020	1,794	2.298,527
	01-11-2020	1,812	2.298,509
	07-12-2020	1,851	2.298,470
PN-09	06-01-2020	1,473	2.298,174
	18-02-2020	1,506	2.298,141
	11-03-2020	1,534	2.298,113
	11-04-2020	1,578	2.298,069

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	29-02-2020	1,901	2.298,815		18-05-2020	1,627	2298,020
	11-03-2020	1,906	2.298,810		01-06-2020	(1)	
	23-03-2020	1,928	2.298,788		01-07-2020	(1)	
	10-04-2020	1,948	2.298,768		04-08-2020	1,725	2.297,922
	05-05-2020	1,982	2.298,734		19-08-2020	1,738	2.297,909
	01-06-2020	(1)			03-09-2020	1,435	2.298,212
	01-07-2020	(1)			18-09-2020	1,469	2.298,178
	04-08-2020	2,091	2.298,625		04-10-2020	1,502	2.298,145
	19-08-2020	2,104	2.298,612		19-10-2020	1,512	2.298,135
	01-09-2020	1,845	2.298,871		01-11-2020	1,537	2.298,110
	18-09-2020	1,853	2.298,863		07-12-2020	1,580	2.298,067
	04-10-2020	1,883	2.298,833		01-01-2020	1,668	2.298,742
	19-10-2020	1,897	2.298,819		01-02-2020	1,707	2.298,703
	01-11-2020	1,917	2.298,799		12-03-2020	1,747	2.298,663
	07-12-2020	1,957	2.298,759		08-04-2020	1,786	2.298,624
	02-01-2020	1,696	2.298,526		09-05-2020	1,831	2.298,579
	01-02-2020	1,733	2.298,489		01-06-2020	1,872	2.298,538
	12-03-2020	1,779	2.298,443		08-07-2020	1,907	2.298,503
	08-04-2020	1,814	2.298,408	**PN-11**	06-08-2020	1,929	2.298,481
	09-05-2020	1,858	2.298,364		21-08-2020	1,950	2.298,460
	01-06-2020	1,893	2.298,329		06-09-2020	1,610	2.298,800
	14-07-2020	1,951	2.298,271		19-09-2020	1,649	2.298,761
PN-10	06-08-2020	1,968	2.298,254		08-10-2020	1,712	2.298,698
	21-08-2020	1,983	2.298,239		22-10-2020	1,712	2.298,698
	08-09-2020	1,652	2.298,570		18-11-2020	1,771	2.298,639
	19-09-2020	1,687	2.298,535		20-12-2020	1,802	2.298,608
	08-10-2020	1,742	2.298,480		06-01-2020	1,913	2.298,529
	22-10-2020	1,754	2.298,468		17-01-2020	1,917	2.298,525
	18-11-2020	1,799	2.298,423		18-02-2020	1,956	2.298,486
	20-12-2020	1,834	2.298,388		29-02-2020	1,977	2.298,465
	02-01-2020	1,558	2.298,806		20-03-2020	1,999	2.298,443
	01-02-2020	1,566	2.298,798		30-03-2020	2,003	2.298,439
	11-03-2020	1,612	2.298,752		08-04-2020	2,060	2.298,382
	08-04-2020	1,653	2.298,711		05-05-2020	2,057	2.298,385
	09-05-2020	1,710	2.298,654	**PN-14B**	10-05-2020	2,062	2.998,380
	01-06-2020	1,747	2.298,617		04-06-2020	2,095	2.298,347
PN-13	14-07-2020	1,811	2.298,553		08-07-2020	2,133	2.298,309
	06-08-2020	1,825	2.298,539		04-08-2020	2,160	2.298,282
	23-08-2020	1,827	2.298,537		19-08-2020	2,172	2.298,270
	07-09-2020	1,352	2.299,012		26-08-2020	1,706	2.298,736
	19-09-2020	1,454	2.298,910		06-09-2020	1,827	2.298,615
	08-10-2020	1,550	2.298,814		18-09-2020	1,890	2.298,552

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	22-10-2020	1,543	2.298,821
	18-11-2020	1,614	2.298,750
	20-12-2020	1,625	2.298,739
PN-15	02-01-2020	1,664	2.298,704
	01-02-2020	1,682	2.298,686
	11-03-2020	1,728	2.298,640
	08-04-2020	1,755	2.298,613
	10-05-2020	1,789	2.298,579
	01-06-2020	1,831	2.298,537
	08-07-2020	1,865	2.298,503
	06-08-2020	1,889	2.298,479
	21-08-2020	1,912	2.298,456
	07-09-2020	1,643	2.298,725
	19-09-2020	1,665	2.298,703
	08-10-2020	1,706	2.298,662
	22-10-2020	1,711	2.298,657
	18-11-2020	1,756	2.298,612
	20-12-2020	1,784	2.298,584
PN-18	03-01-2020	1,728	2.297,985
	24-01-2020	1,742	2.297,971
	06-02-2020	1,761	2.297,952
	21-02-2020	1,781	2.297,932
	06-03-2020	1,799	2.297,914
	19-03-2020	1,819	2.297,894
	04-04-2020	1,821	2.297,892
	19-04-2020	1,867	2.297,846
	07-05-2020	1,896	2.297,817
	21-05-2020	1,921	2.297,792
	04-06-2020	1,929	2.297,784
	22-06-2020	1,978	2.297,735
	09-07-2020	2,004	2.297,709
	23-07-2020	2,015	2.297,698
	06-08-2020	2,027	2.297,686
	21-08-2020	2,044	2.297,669
	04-09-2020	1,852	2.297,861
	19-09-2020	1,819	2.297,894
	08-10-2020	1,809	2.297,904
	22-10-2020	1,802	2.297,911
	05-11-2020	1,821	2.297,892
	19-11-2020	1,826	2.297,887
	03-12-2020	1,846	2.297,867
	17-12-2020	1,861	2.297,852

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	27-09-2020	1,901	2.298,541
	04-10-2020	1,921	2.298,521
	19-10-2020	1,946	2.298,496
	01-11-2020	1,967	2.298,475
	07-12-2020	2,016	2.298,426
PN-16B	06-01-2020	1,429	2.298,986
	17-01-2020	1,437	2.298,978
	18-02-2020	1,465	2.298,950
	11-03-2020	1,483	2.298,932
	20-03-2020	1,487	2.298,928
	06-04-2020	1,502	2.298,913
	04-05-2020	1,524	2.298,891
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	
	03-08-2020	1,582	2.298,833
	18-08-2020	1,588	2.298,827
	05-09-2020	1,377	2.299,038
	17-09-2020	1,399	2.299,016
	05-10-2020	1,385	2.299,030
	18-10-2020	1,410	2.299,005
	09-11-2020	1,457	2.298,958
	17-11-2020	1,474	2.298,941
	06-12-2020	1,502	2.298,913
PN-19	03-01-2020	1,671	2.297,779
	24-01-2020	1,691	2.297,759
	06-02-2020	1,703	2.297,747
	21-02-2020	1,721	2.297,729
	16-03-2020	1,739	2.297,711
	19-03-2020	1,755	2.297,695
	04-04-2020	1,770	2.297,680
	19-04-2020	1,799	2.297,651
	07-05-2020	1,829	2.297,621
	21-05-2020	1,851	2.297,599
	04-06-2020	1,867	2.297,583
	22-06-2020	1,908	2.297,542
	09-07-2020	1,931	2.297,519
	23-07-2020	1,945	2.297,505
	06-08-2020	1,956	2.297,494
	21-08-2020	1,975	2.297,475
	04-09-2020	1,772	2.297,678
	19-09-2020	1,753	2.297,697
	08-10-2020	1,755	2.297,695

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
S-1	02-01-2020	1,682	2.298,852
	01-02-2020	1,725	2.298,852
	12-03-2020	1,763	2.298,852
	01-04-2020	1,800	2.298,713
	08-05-2020	1,844	2.298,669
	01-06-2020	1,886	2.298,627
	14-07-2020	1,944	2.298,569
	05-08-2020	1,961	2.298,552
	20-08-2020	1,975	2.298,538
	06-09-2020	1,589	2.298,924
	20-09-2020	1,671	2.298,842
	06-10-2020	1,704	2.298,809
	21-10-2020	1,736	2.298,777
	18-11-2020	1,777	2.298,736
	20-12-2020	1,814	2.298,699
S-3	02-01-2020	1,753	2.298,748
	01-02-2020	1,813	2.298,748
	12-03-2020	1,842	2.298,748
	01-04-2020	1,879	2.298,612
	08-05-2020	1,873	2.298,618
	01-06-2020	1,965	2.298,526
	14-07-2020	2,001	2.298,490
	05-08-2020	2,022	2.298,469
	20-08-2020	2,038	2.298,453
	06-09-2020	1,678	2.298,813
	20-09-2020	1,747	2.298,744
	06-10-2020	1,776	2.298,715
	21-10-2020	1,804	2.298,687
	18-11-2020	1,843	2.298,648
	20-12-2020	1,876	2.298,615
SAMPLE-4A	13-07-2020	7,918	2.293,270
	05-08-2020	7,949	2.293,239
	30-08-2020	7,977	2.293,211
	11-09-2020	7,988	2.293,200
	23-09-2020	8,007	2.293,181
	13-10-2020	8,031	2.293,157
	27-10-2020	8,032	2.293,156
	04-11-2020	8,039	2.293,149
	02-12-2020	8,058	2.293,130
WELL-IK-1	01-07-2020	4,288	2.296,245
	18-12-2020	3,416	2.297,117

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
	22-10-2020	1,761	2.297,689
	05-11-2020	1,780	2.297,670
	19-11-2020	1,787	2.297,663
	03-12-2020	1,803	2.297,647
	17-12-2020	1,818	2.297,632
S-2-1	02-01-2020	1,970	2.299,092
	01-02-2020	1,725	2.299,092
	12-03-2020	2,059	2.299,092
	01-04-2020	2,093	2.298,953
	08-05-2020	2,134	2.298,912
	01-06-2020	2,177	2.298,869
	14-07-2020	2,223	2.298,823
	05-08-2020	2,241	2.298,805
	20-08-2020	2,245	2.298,801
	06-09-2020	1,881	2.299,165
	20-09-2020	1,959	2.299,087
	06-10-2020	1,992	2.299,054
	21-10-2020	2,022	2.299,024
	18-11-2020	2,062	2.298,984
	20-12-2020	2,098	2.298,948
S-4	01-01-2020	1,527	2.298,688
	01-02-2020	1,566	2.298,688
	12-03-2020	1,612	2.298,688
	01-04-2020	1,650	2.298,561
	10-05-2020	1,696	2.298,515
	01-06-2020	1,741	2.298,470
	14-07-2020	1,784	2.298,427
	05-08-2020	1,812	2.298,399
	20-08-2020	1,828	2.298,383
	07-09-2020	1,514	2.298,697
	20-09-2020	1,543	2.298,668
	06-10-2020	1,573	2.298,638
	21-10-2020	1,600	2.298,611
	18-11-2020	1,619	2.298,592
	07-12-2020	1,645	2.298,566
ZANJA CAMINO A PEINE	30-01-2020	0,783	2.299,500
	22-02-2020	0,798	2.299,500
	04-03-2020	0,810	2.299,500
	11-04-2020	0,855	2.299,403
	18-05-2020	0,900	2.299,358
	01-06-2020	(1)	
	01-07-2020	(1)	

Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]	Punto de monitoreo	Fecha de medición	Prof. medida [m b.n.s.]	Cota de nivel [m s.n.m.]
					04-08-2020	1,020	2.299,238
					19-08-2020	1,035	2.299,223
					01-09-2020	0,880	2.299,378
					18-09-2020	0,833	2.299,425
					04-10-2020	0,840	2.299,418
					19-10-2020	0,855	2.299,403
					21-11-2020	0,882	2.299,376
					31-12-2020	0,912	2.299,346

Notas: (1) Sin autorización de la comunidad de Peine para ingresar a los puntos. (2) Pozo seco.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la evolución temporal del nivel freático en el sector Núcleo en conjunto con la representación gráfica del registro de niveles se presentan a continuación.

Núcleo Centro Norte

Los puntos de observación de la zona Núcleo Centro Norte se presentan en la Tabla 5-21, los cuales inician su registro en octubre 2016, y sus hidrogramas son presentados en la Figura 5-55 (gráficos superior y medio). Todos los pozos del sector presentan un comportamiento similar y sincrónico, con una rápida respuesta a eventos de precipitación como el ocurrido en febrero 2019, en donde se reconocen aumentos de nivel de hasta 0,8 m. Su comportamiento durante 2020 mantiene la tendencia observada en su data histórica, en donde las lluvias de agosto 2020 provocaron aumentos de nivel del orden de 0,3 m. Ambos eventos de precipitación han beneficiado el sistema que se traduce en un aumento en el corto plazo de las cotas medias entre 2019-2020.

Tabla 5-21 Pozos de observación del sector Núcleo Centro Norte

Pozo de observación
ES-01
ES-02
ES-03
ES-04
ES-05
ES-06
ES-07
ES-08
ES-09
ES-10
ES-11
PN-18
PN-19

Núcleo Oeste

Los puntos de observación de la zona Núcleo Oeste corresponden a los puntos Zanja Cordillera de la Sal, CS-01, Sample-4 y Sample-4A, en donde los pozos CS-01 y Sample-4A reemplazan a los puntos Zanja Cordillera de la Sal y Sample-4, respectivamente (Tabla 5-22).

Tabla 5-22 Pozos de observación del sector Núcleo Oeste

Pozos de observación
Zanja Cordillera de la Sal
CS-01 (1)
SAMPLE-4
SAMPLE-4A (2)

Notas: (1) Reemplaza a Zanja Cordillera de la Sal. (2) Reemplaza a SAMPLE-4.

Fuente: Elaboración propia

El registro histórico de los pozos de este sector muestra una tendencia generalizada al descenso de nivel que suman un total aproximado de 6,0 m de descenso en 20 años, influenciados por los conos de descenso de niveles producidos por la explotación de salmuera en el Núcleo del Salar (Figura 5-55, grafico inferior).

Núcleo Este

Esta zona cuenta con una red extensa de monitoreo, compuesta por 26 pozos de observación que se presentan en la Tabla 5-23 mientras que su ubicación e hidrogramas se presentan en la Figura 5-56. Las cotas más bajas de los pozos del sector las presenta el pozo PN-03, alcanzando 2.297,5 m s.n.m., y las más altas las presenta la Zanja Camino a Peine, alcanzando cotas en torno a los 2.299,3 m s.n.m. en el último año.

Tabla 5-23 Pozos de observación del sector Núcleo Este

Pozos de observación		
CL-6	PN-05B	PN-15
P-01	PN-06	PN-16B
P-02	PN-07	S-1
P-03	PN-08A	S-2
P-04	PN-09	S-2-1 (1)
P-05	PN-10	S-3
PN-02	PN-11	S-4
PN-03	PN-13	Zanja Camino a Peine
PN-04	PN-14B	

Nota: (1) Reemplaza a S-2.

Fuente: Elaboración propia

Los pozos con el registro más extenso corresponden a los pozos S-1, S-2, S-3, S-4 y CL-6, los que presentan cotas similares entre los 2.299,0 m s.n.m. y los 2.298,6 m s.n.m. en un comportamiento sincrónico y descendente, con recuperaciones puntuales provocadas por eventos de precipitación. La Zanja Camino a Peine inicia su registro el año 2001 y su comportamiento es similar al de los pozos S-1 a S-4 y CL-6, pero a cotas en torno a los 2.299,3 m s.n.m. El descenso acumulado de cada uno de los sectores indicados en la Figura 5-56 alcanza el orden de 0,8 m en 32 años en el sector 1 equivalente a una tasa de descenso de 0,026 m/año (calculada en el pozo S-4); el orden de 0,35 m en 20 años en el sector 2 en una tasa de descenso equivalente de 0,019 m/año (calculada en la Zanja Camino a Peine) y el orden de 1,0 m en 32 años en el sector 3 en una tasa de descenso equivalente de 0,031 m/año (calculada en el pozo S-3).

El resto de los pozos de monitoreo del sector Núcleo Este presentan un comportamiento sincrónico descendente e interrumpido por episodios breves de recarga de hasta 0,7 m como consecuencia de episodios de intensas precipitaciones como las observadas en marzo 2013, abril 2015, febrero 2017, marzo 2019 y agosto 2020. Entre los años 2002 y 2013 no se observan recuperaciones de nivel por la ausencia de precipitaciones significativas.

Observando el registro histórico de los pozos del sector, se reconocen tres tendencias en las tasas de descenso, calculadas en base al registro representativo de S-4. Entre 1989 y mediados de 1999 se reconoce una tasa de descenso del orden de -0,03 m/año. Entre 2001 y 2013 se reconoce una tasa de descenso del orden de -0,06. En los períodos 2013-2015, 2015-2017 y 2017-2019 se reconocen tasas de descenso del orden de -0,22 m/año y, finalmente, en el período 2019-2020 y agosto a diciembre de 2020 se reconocen tasas de descenso del orden de -0,45 m/año. Este incremento en las tasas de descenso coincide, por un lado, con un aumento de la frecuencia y volumen de precipitaciones y, por otro lado, con el aumento en la explotación del Salar tanto por Albemarle como por SQM.

Zona de Producción

Los puntos de monitoreo de la zona de Producción se presentan en la Tabla 5-24 mientras que el mapa de ubicación de los puntos de monitoreo junto a los hidrogramas con el registro histórico de dichos puntos se presenta en la Figura 5-57. En ella, se observa una tendencia generalizada al descenso de nivel controlada por el bombeo de salmuera en los pozos de producción aledaños.

Tabla 5-24 Pozos de observación de la Zona de Producción

Pozos de observación			
CL-10	CL-16-1(2)	CL-27	CL-34
CL-11	CL-17	CL-28	CL-34-1
CL-12	CL-18	CL-29	EXP-2
CL-13	CL-2	CL-30	EXP-2-1
CL-14	CL-2-1(3)	CL-31	First well
CL-14-1(1)	CL-26	CL-32	Well-IK
CL-16	CL-26-1(4)	CL-33	Well-IK-1

Notas: (1) Reemplaza a CL-14. (2) Reemplaza a CL-16. (3) Reemplaza a CL-2. (4) Reemplaza a CL-26.

Fuente: Elaboración propia

Al observar los gráficos de la Figura 5-57 se pueden reconocer cuatro tendencias generales en los pozos de monitoreo de la zona de Producción, en los períodos 1985-1999, 2001-2012, 2013-2017 y 2017-2020 marcados por tasas de descenso bajas a moderadas con algunos episodios de recarga como el observado en marzo 1997; tasas de descenso moderadas entre 2001 y 2009 seguidas de una recuperación entre 2009 y 2013; tasas de descenso altas entre 2013 y 2017 que, finalmente, se ven incrementadas entre 2017 y 2020, respectivamente.

Los pozos CL-14 (y CL-14-1), CL-26 (y CL-26-1) y CL-30 presentan un comportamiento sincrónico con tasas de descenso pronunciadas que acumulan una disminución aproximada de 7,5 m en 32 años en una tasa equivalente de -0,23 m/año, junto a las cotas más bajas del sector, de 2.291,5 m s.n.m., 2.294,6 m s.n.m. y 2.292,8 m s.n.m., respectivamente. Los pozos CL-31, CL-32 y Exp-2 (y Exp-2-1) presentan también un comportamiento sincrónico con tasas de descenso moderadas que acumulan una disminución aproximada de 1,9 m en 20 años en una tasa equivalente de -0,10 m/año.

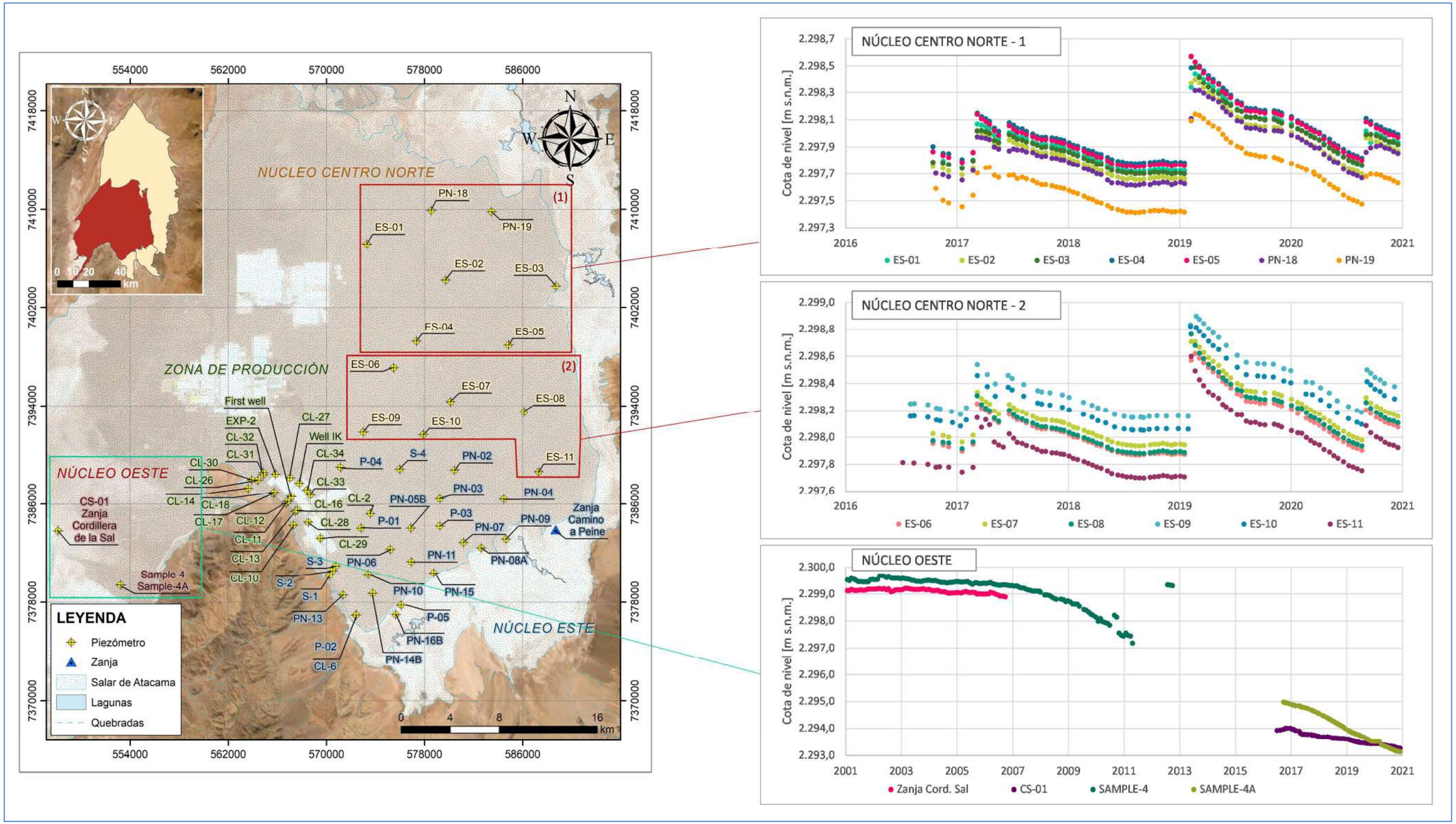
Los pozos CL-11, CL-12, CL-33, CL-34 (y CL-34-1), First-Well y Well-I-K (y Well-I-K-1) presentan un comportamiento similar con grandes variaciones anuales que responden fuertemente al bombeo de salmuera y a períodos de recuperación. Entre 2017 y 2019 describen un fuerte descenso en sus niveles, alcanzando un descenso aproximado de 3,8 m (en CL-11) para, a partir de las lluvias de febrero 2019, iniciar la recuperación de sus niveles. El descenso acumulado en 35 años de monitoreo observado en el pozo CL-11 es de 6,3 m, a una tasa equivalente de -0,18 m/año.

Los pozos CL-17, CL-18 y CL-27 también presentan un comportamiento similar con importantes variaciones anuales fuertemente influenciadas por el bombeo de salmuera. A partir de 2013, los pozos CL-17 y CL-18 mantienen y profundizan su tendencia al descenso de nivel, iniciando una recuperación a partir de 2019 que se mantiene al año 2020; mientras que el pozo CL-27 sigue una tendencia a la recuperación de su nivel freático hasta marzo 2017, en donde comienza nuevamente a descender hasta inicios de 2019, en donde termina de

acoplarse a la tendencia generalizada de recuperación de sus niveles. El descenso de nivel en CL-17 y CL-18 observado en 35 años de monitoreo alcanza los 4,0 m, en una tasa de -0,11 m/año mientras que el descenso observado en 19 años de monitoreo en CL-27 es de 1,1 m en una tasa equivalente de -0,06 m/año.

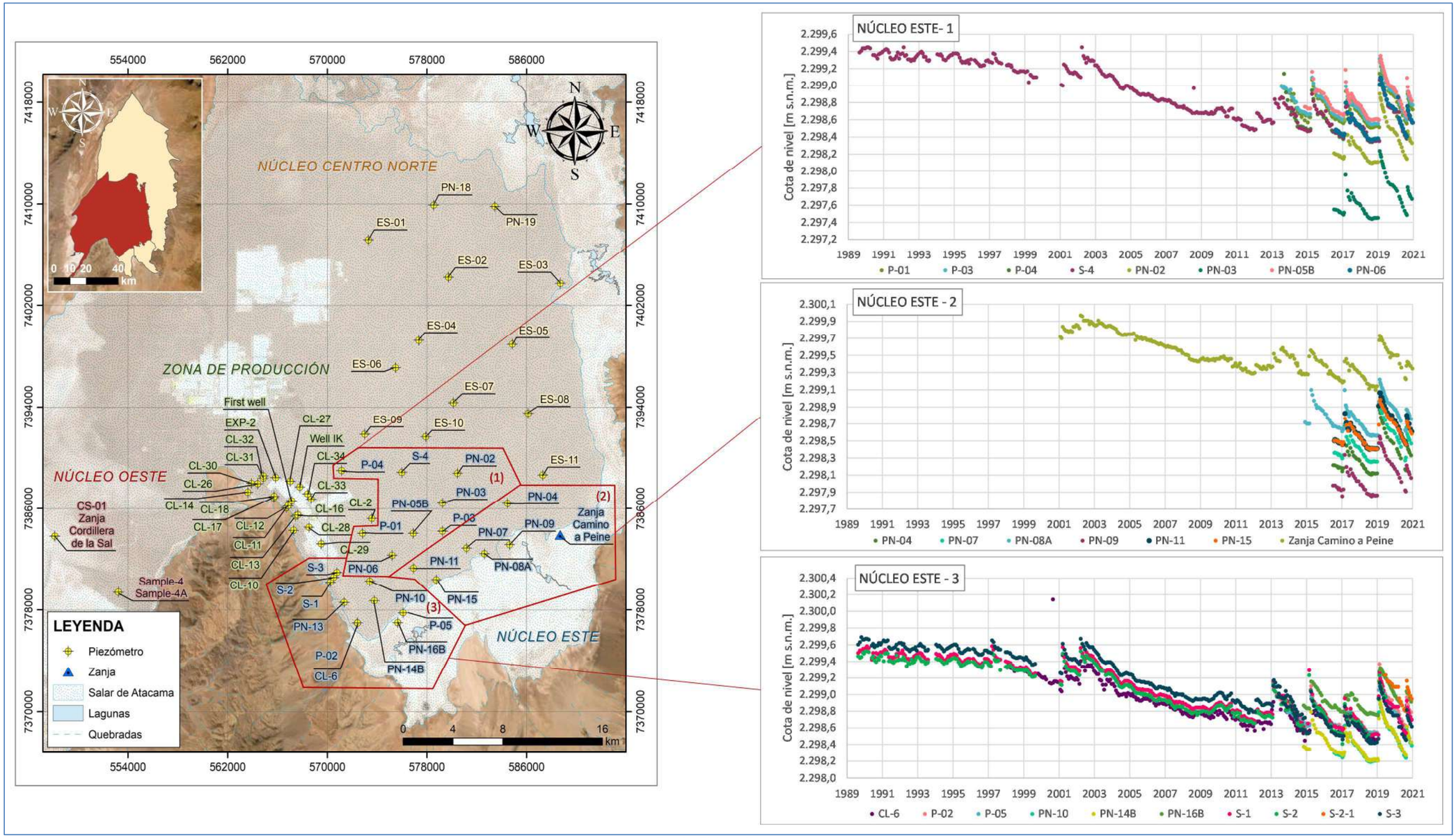
Los pozos CL-10, CL-13 y CL-16 (y CL-16-1), con registros a partir de 1985, presentan un comportamiento sincrónico (a excepción de CL-16 entre 1985 y 1989) y sensible a procesos de recarga como los ocurridos en marzo 2013 o febrero 2019 pero con menores variaciones anuales frente a las observadas en otros pozos como CL-17 y CL-18, y que acumulan un descenso aproximado de 3,7 m en 35 años en una tasa equivalente de -0,11 m/año. Los pozos CL-28 y CL-29, con registros a partir de 2001, presentan un comportamiento sincrónico y sensible a episodios de recarga, con variaciones anuales de menor escala y un descenso acumulado de 3,8 m y 1,5 m, en tasas de descenso equivalentes de -0,19 m/año y -0,07 m/año, respectivamente. CL-28 presenta una cota de 2.296,3 m s.n.m. y CL-29 presenta la cota más somera de todos los pozos del sector, de 2.298,4 m s.n.m.

Figura 5-55 Hidrogramas de los pozos de observación de los sectores Núcleo Centro Norte y Núcleo Oeste



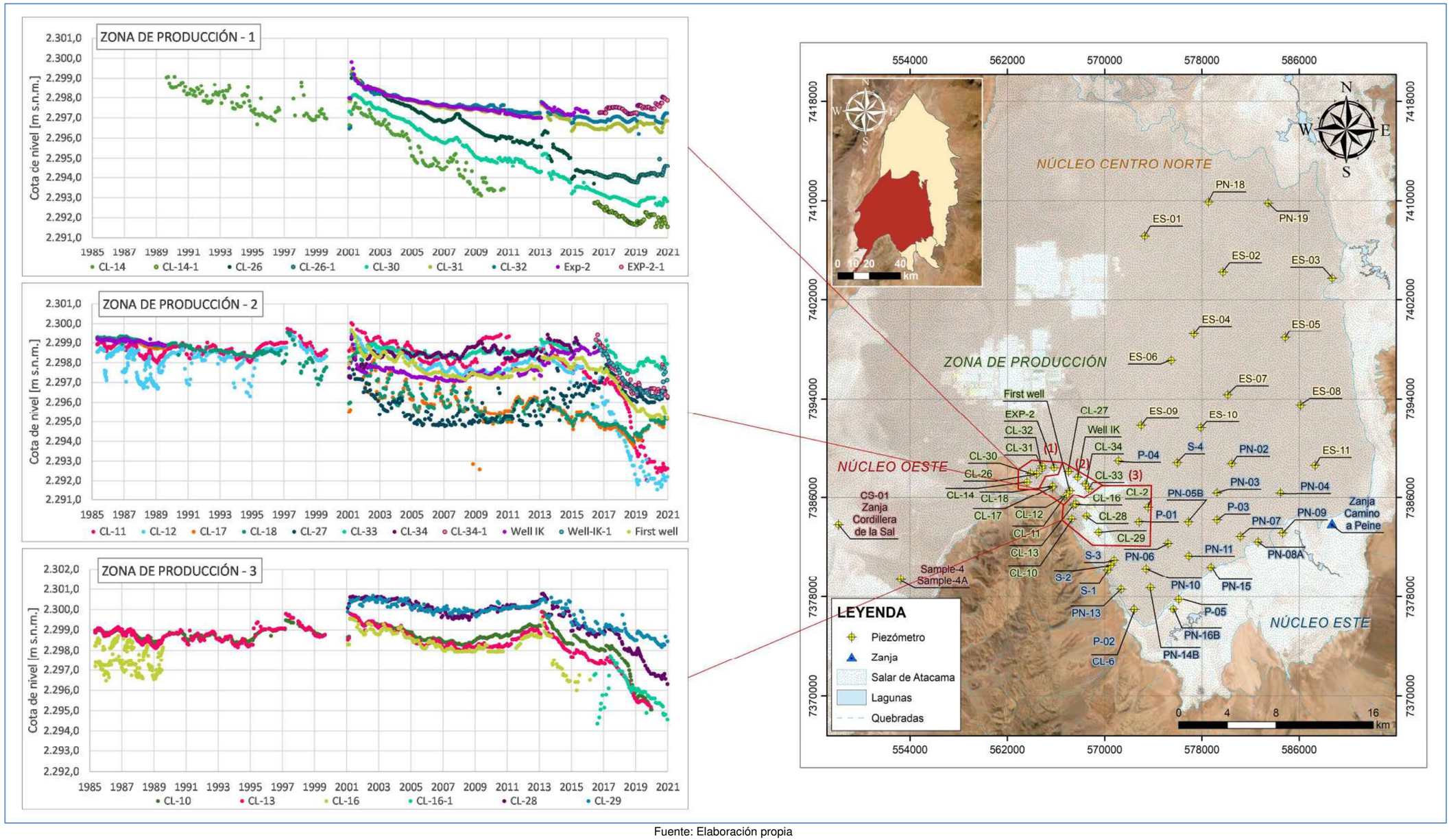
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-56 Hidrogramas de los pozos de observación del sector Núcleo Este



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-57 Hidrogramas de los pozos de observación de la Zona de Producción



Fuente: Elaboración propia

A modo de resumen de las observaciones del sector Núcleo, se señala que:

- Los pozos ubicados en torno a la zona de extracción de salmuera como CL-14-1 y CL-30 son los que presentan las mayores tasas de descenso en el tiempo.
- Los pozos de monitoreo que se ubican aledaños al Cordón de Lila presentan descensos y recuperaciones marcadas, fuertemente sensibles a la recarga del sistema.
- Los pozos de monitoreo ubicados en zonas más alejadas al campo de extracción de salmuera presentan las menores tasas de descenso junto a una menor variabilidad estacional con tasas de descenso relativamente constantes durante 2020.
- El pozo que presenta la cota más baja del sector corresponde al pozo CL-14-1, con una cota de 2.291,55 m s.n.m. mientras que el pozo con la cota más alta corresponde al punto Zanja Camino a Peine con una cota de 2.299,34 m s.n.m.
- En los pozos de monitoreo de la Zona de Producción se reconocen cuatro tendencias generales en los períodos 1985-1999, marcado por tasas de descenso bajas a moderadas; 2001-2012, marcado por tasas de descenso moderadas; 2013-2017, marcado por tasas de descenso moderadas a altas y 2017-2020, marcado por tasas de descenso altas que, como referencia, alcanzan los -1,09 m/año en CL-11 en dicho período.

5.7 Posición de la Interfase Salina

Dentro de las variables de monitoreo del presente PSAH, se realizan perfiles de conductividad eléctrica y temperatura en profundidad a la columna de agua de los pozos de la red, con el fin de determinar la profundidad de la Interfase Salina presente en el Salar de Atacama. 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 puntos donde se efectuó el monitoreo de la posición de la Interfase Salina se presentan en la Tabla 5-7, mientras que los resultados de estos perfiles se muestran desde la Tabla 5-26 hasta la Tabla 5-38. Durante el año 2020 se realizó un aumento en la frecuencia de monitoreo por la activación del PAT, teniendo frecuencia mensual en los meses de agosto, septiembre y octubre.

Tabla 5-25 Puntos de realización de perfiles de conductividad eléctrica

Punto	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-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 el desarrollo de la presente sección se muestran los gráficos de los perfiles de conductividad eléctrica con los resultados de las campañas comprendidas en el presente período de reporte, tanto como la comparación del año con respecto al registro histórico.

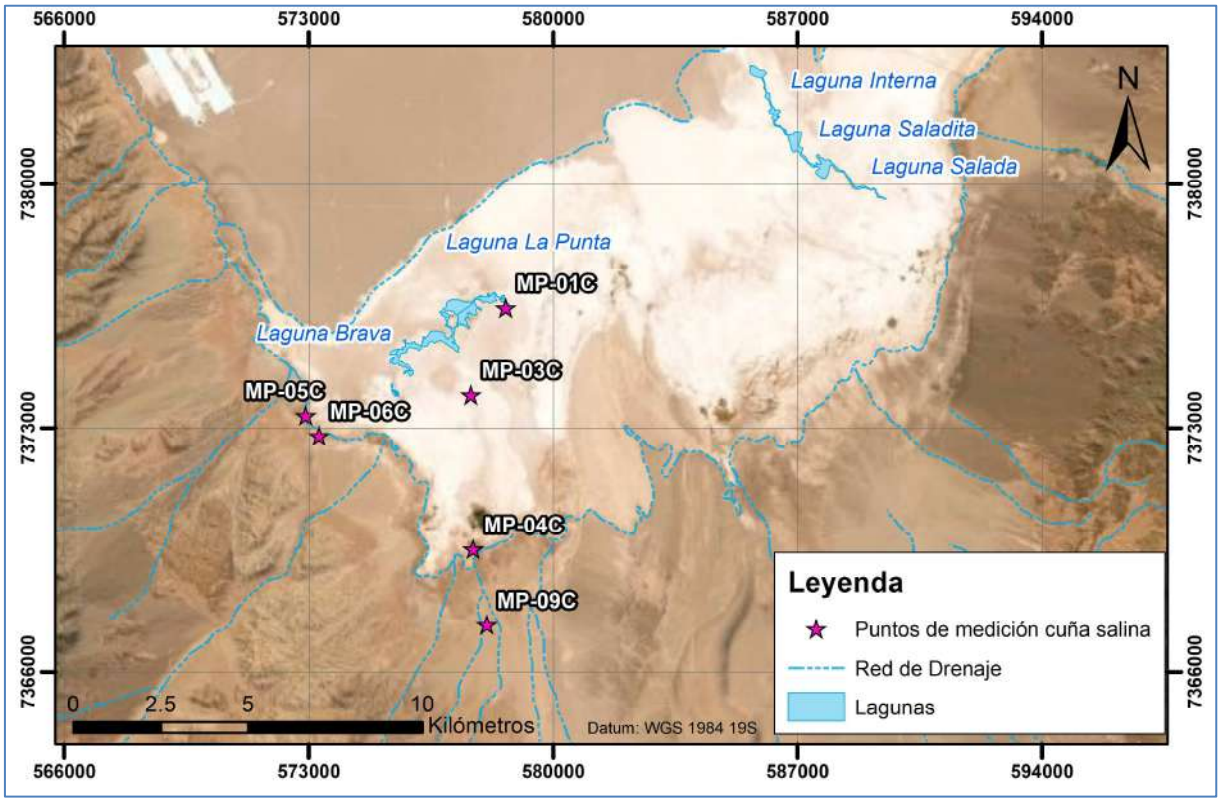
Como fue descrito en la sección 4.2.5 de este informe, el pozo MP-07C fue reemplazado, con el respectivo reporte a la autoridad, por el pozo MP-07C-1 en julio de 2017, ya que el primero no interceptó la cuña salina, por ende, no mide la posición de la Interfase Salina.

A continuación, se presentarán los análisis de los datos obtenidos por sector (La Punta – La Brava, Peine y, Norte y Borde Este).

5.7.1 Sector La Punta – La Brava

En la Figura 5-16 se muestra la ubicación de los puntos comprometidos para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el sector La Punta – La Brava. De forma particular estos corresponden a los puntos MP-01C, MP-03C, MP-04C, MP-05C, MP-06C y MP-09C.

Figura 5-58 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector La Punta – La Brava



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los registros de profundidad (m), conductividad eléctrica (µS/cm), y temperatura (ºC) de los distintos pozos obtenidos en las campañas realizadas en el año 2020, mientras que en el Anexo G del presente Informe se detallan los registros históricos en los puntos de medición.

Tabla 5-26 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-01C campañas año 2020

MP-01C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			02-09-2020			02-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
0,9	69.440	15,30	0,9	67.980	15,30	0,9	57.360	15,41	0,9	59.160	15,46	0,9	76.110	15,63
1,0	69.290	15,30	1,0	67.970	15,30	1,0	57.330	15,41	1,0	59.160	15,47	1,0	76.100	15,62
1,5	69.510	15,30	1,5	68.250	15,30	1,5	57.380	15,41	1,5	59.220	15,47	1,5	76.330	15,63
2,0	69.500	15,30	2,0	67.910	15,29	2,0	57.250	15,41	2,0	59.160	15,47	2,0	76.600	15,63
3,0	69.830	15,30	3,0	68.310	15,29	3,0	57.250	15,41	3,0	59.050	15,47	3,0	77.360	15,63
4,0	70.500	15,30	4,0	68.760	15,29	4,0	57.570	15,41	4,0	59.460	15,47	4,0	78.630	15,62
5,0	70.720	15,30	5,0	68.850	15,29	5,0	57.690	15,41	5,0	59.520	15,47	5,0	80.230	15,61
6,0	70.830	15,29	6,0	68.850	15,29	6,0	57.700	15,40	6,0	59.590	15,47	6,0	80.080	15,62
7,0	71.200	15,30	7,0	69.000	15,29	7,0	57.840	15,41	7,0	59.600	15,47	7,0	80.480	15,61
8,0	71.810	15,29	8,0	69.430	15,29	8,0	57.850	15,40	8,0	59.760	15,47	8,0	81.940	15,61
9,0	71.980	15,29	9,0	69.510	15,29	9,0	57.940	15,40	9,0	59.920	15,47	9,0	82.960	15,60
10,0	72.390	15,29	10,0	69.400	15,29	10,0	57.750	15,41	10,0	59.700	15,47	10,0	85.560	15,58
10,5	73.430	15,29	10,5	69.440	15,29	10,5	57.950	15,40	10,5	59.150	15,47	10,5	88.140	15,57
11,0	74.650	15,27	11,0	70.980	15,29	11,0	58.510	15,41	11,0	60.680	15,47	11,0	89.970	15,55
11,2	74.850	15,26	11,2	70.390	15,28	11,2	58.870	15,41	11,2	59.660	15,47	11,2	91.730	15,55
11,4	79.740	15,25	11,4	71.170	15,28	11,4	58.790	15,41	11,4	59.900	15,47	11,4	94.380	15,54
11,6	83.010	15,27	11,6	71.290	15,27	11,6	58.960	15,41	11,6	60.820	15,47	11,6	104.300	15,51
11,8	91.810	15,20	11,8	74.630	15,27	11,8	59.160	15,41	11,8	61.430	15,47	11,8	108.800	15,48
12,0	103.600	15,12	12,0	75.820	15,25	12,0	58.660	15,40	12,0	62.070	15,47	12,0	122.000	15,43
12,2	102.900	15,04	12,2	81.280	15,24	12,2	60.430	15,41	12,2	62.550	15,46	12,2	145.800	15,38
12,4	144.700	14,99	12,4	84.620	15,21	12,4	61.190	15,40	12,4	63.300	15,46	12,4	172.800	15,37
12,6	250.100	15,29	12,6	87.430	15,19	12,6	60.720	15,40	12,6	63.820	15,46	12,6	249.000	15,66
12,8	250.500	15,30	12,8	91.740	15,17	12,8	64.200	15,38	12,8	63.610	15,47	12,8	249.200	15,71
13,0	250.400	15,30	13,0	202.200	15,00	13,0	67.810	15,37	13,0	72.610	15,43	13,0	249.300	15,72

MP-01C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			02-09-2020			02-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
13,2	250.400	15,31	13,2	255.000	15,24	13,2	65.820	15,35	13,2	80.610	15,38	13,2	249.400	15,72
13,4	250.600	15,30	13,4	254.700	15,30	13,4	90.150	15,24	13,4	240.000	15,14	13,4	249.400	15,72
13,6	250.600	15,30	13,6	254.500	15,31	13,6	236.700	15,40	13,6	240.200	15,40	13,6	249.400	15,72
13,8	250.700	15,30	13,8	254.200	15,30	13,8	236.900	15,40	13,8	240.700	15,46	13,8	249.200	15,72
14,0	250.700	15,30	14,0	253.800	15,30	14,0	237.000	15,40	14,0	240.800	15,46	14,0	249.200	15,72
15,0	250.700	15,30	15,0	253.700	15,29	15,0	237.000	15,38	15,0	240.800	15,46	15,0	249.000	15,73
16,0	250.600	15,30	16,0	253.400	15,29	16,0	237.000	15,35	16,0	240.600	15,42	16,0	248.900	15,72
18,0	250.100	15,27	18,0	252.900	15,26	18,0	237.000	15,34	18,0	240.600	15,40	18,0	248.000	15,67
20,0	250.100	15,26	20,0	253.000	15,24	20,0	237.200	15,35	20,0	241.000	15,38	20,0	247.900	15,65
22,0	250.200	15,21	22,0	252.900	15,21	22,0	237.800	15,26	22,0	241.600	15,33	22,0	247.700	15,60
24,0	250.100	15,17	24,0	253.100	15,18	24,0	237.500	15,22	24,0	241.300	15,29	24,0	247.700	15,58
26,0	250.200	15,12	26,0	252.900	15,11	26,0	237.400	15,20	26,0	240.800	15,27	26,0	247.500	15,54
28,0	250.200	15,10	28,0	252.800	15,10	28,0	237.400	15,20	28,0	240.700	15,26	28,0	247.400	15,51
29,0	250.000	15,10	29,0	252.600	15,09	29,0	237.100	15,20	29,0	240.800	15,25	29,0	247.300	15,50
			29,5	236.800	15,09	29,5	237.700	15,19	29,5	229.200	15,25	29,5	234.700	15,49
			29,7	233.000	15,10	29,7	221.600	15,19	29,7	223.400	15,25	29,7	229.100	15,50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-27 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-03C campañas año 2020

MP-03C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			05-09-2020			05-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
0,8	8.456	14,54	0,8	8.509	14,53	0,8	8.235	14,42	0,8	8.189	15,70	0,8	8.056	15,16
1,0	8.466	14,48	1,0	8.497	14,52	1,0	9.501	14,75	1,0	8.295	15,08	1,0	8.044	15,25
1,5	8.471	14,45	1,5	8.491	14,49	1,5	9.817	15,00	1,5	8.298	15,03	1,5	8.040	15,20
2,0	8.471	14,45	2,0	8.492	14,50	2,0	9.826	15,02	2,0	8.303	15,03	2,0	8.033	15,19
4,0	8.463	14,44	4,0	8.490	14,50	4,0	9.864	15,02	4,0	8.287	15,01	4,0	8.022	15,24
6,0	8.466	14,44	6,0	8.488	14,50	6,0	10.150	15,05	6,0	8.494	15,03	6,0	8.022	15,22
8,0	8.465	14,44	8,0	8.489	14,50	8,0	10.990	15,14	8,0	9.410	15,04	8,0	8.023	15,25
10,0	8.469	14,49	10,0	8.489	14,52	10,0	11.380	15,17	10,0	10.230	15,21	10,0	8.699	15,35
12,0	8.461	14,58	12,0	8.487	14,54	12,0	11.370	15,19	12,0	10.280	15,27	12,0	8.965	15,48
13,0	8.464	14,64	13,0	8.485	14,58	13,0	11.650	15,20	13,0	10.500	15,29	13,0	8.973	15,49
14,0	8.459	14,71	14,0	8.485	14,58	14,0	12.960	15,22	14,0	10.740	15,32	14,0	10.540	15,59
15,0	8.460	14,81	15,0	8.485	14,66	15,0	15.800	15,26	15,0	11.330	15,35	15,0	10.730	15,68
16,0	8.458	14,88	16,0	8.484	14,70	16,0	24.050	15,28	16,0	14.350	15,37	16,0	11.660	15,70
16,5	8.461	14,90	16,5	8.485	14,72	17,0	34.050	15,29	17,0	30.940	15,39	17,0	30.070	15,71
17,0	29.740	15,14	17,0	8.483	14,74	17,2	34.130	15,29	17,2	33.490	15,40	17,2	35.250	15,73
17,2	35.200	15,17	17,2	36.120	14,95	17,4	34.190	15,29	17,4	34.080	15,40	17,4	35.400	15,74
17,4	35.480	15,18	17,4	36.380	15,12	17,6	34.410	15,29	17,6	34.160	15,40	17,6	35.570	15,74
17,6	35.750	15,18	17,6	36.520	15,12	17,8	34.600	15,29	17,8	34.250	15,41	17,8	35.580	15,76
17,8	36.000	15,19	17,8	36.590	15,16	18,0	35.480	15,29	18,0	34.480	15,40	18,0	35.630	15,76
18,0	36.160	15,19	18,0	36.890	15,17	18,2	42.090	15,29	18,2	42.560	15,40	18,2	44.300	15,76
18,2	42.300	15,18	18,2	82.450	15,17	18,4	129.800	15,28	18,4	74.800	15,40	18,4	72.310	15,75
18,4	86.180	15,18	18,4	77.820	15,18	18,6	132.500	15,28	18,6	133.500	15,39	18,6	133.100	15,76
18,6	139.000	15,18	18,6	143.500	15,17	18,8	132.900	15,28	18,8	135.100	15,39	18,8	141.300	15,74
18,8	140.900	15,18	18,8	143.800	15,17	19,0	134.300	15,28	19,0	136.000	15,38	19,0	143.600	15,75

MP-03C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			05-09-2020			05-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
19,0	141.500	15,18	19,0	144.000	15,18	19,5	135.500	15,26	19,5	136.300	15,38	19,5	143.600	15,75
19,5	141.800	15,17	19,5	144.000	15,17	20,0	135.800	15,26	20,0	136.470	15,36	20,0	143.600	15,74
20,0	142.000	15,16	20,0	143.500	15,17	20,2	135.800	15,26	20,2	136.600	15,36	20,2	143.700	15,73
20,2	142.100	15,17	20,2	143.200	15,16	20,4	136.000	15,26	20,4	136.800	15,36	20,4	143.700	15,73
20,4	142.100	15,16	20,4	143.300	15,16	20,6	136.100	15,25	20,6	141.900	15,35	20,6	149.100	15,72
20,6	150.900	15,15	20,6	150.100	15,15	20,8	157.300	15,25	20,8	165.000	15,35	20,8	170.400	15,72
20,8	172.200	15,15	20,8	170.500	15,15	21,0	181.700	15,24	21,0	184.200	15,34	21,0	195.900	15,71
21,0	195.700	15,14	21,0	194.000	15,14	21,2	204.000	15,24	21,2	214.200	15,34	21,2	224.400	15,72
21,2	222.700	15,13	21,2	220.000	15,14	21,4	218.500	15,24	21,4	222.700	15,33	21,4	239.300	15,70
21,4	233.100	15,14	21,4	233.200	15,13	21,6	228.500	15,22	21,6	229.100	15,33	21,6	245.800	15,71
21,6	238.300	15,14	21,6	239.100	15,14	21,8	229.500	15,22	21,8	236.500	15,33	21,8	249.600	15,70
21,8	241.200	15,14	21,8	241.700	15,12	22,0	230.100	15,22	22,0	240.300	15,32	22,0	256.600	15,70
22,0	244.400	15,13	22,0	244.900	15,13	22,2	230.600	15,22	22,2	240.700	15,32	22,2	259.100	15,70
22,2	247.800	15,12	22,2	247.700	15,13	22,4	230.900	15,22	22,4	240.900	15,31	22,4	259.100	15,71
22,4	249.400	15,13	22,4	249.100	15,13	22,6	231.400	15,22	22,6	241.000	15,31	22,6	259.100	15,68
22,6	249.900	15,11	22,6	250.000	15,12	22,8	231.700	15,22	22,8	241.100	15,31	22,8	259.300	15,69
22,8	250.500	15,10	22,8	250.200	15,12	23,0	232.200	15,21	23,0	241.500	15,30	23,0	259.300	15,69
23,0	250.700	15,12	23,0	250.500	15,12	23,5	233.600	15,20	23,5	241.900	15,31	23,5	259.400	15,68
23,5	251.500	15,11	23,5	251.100	15,11	24,0	234.300	15,20	24,0	242.000	15,30	24,0	259.500	15,66
24,0	252.900	15,11	24,0	251.900	15,10	24,5	234.800	15,19	24,5	242.100	15,28	24,5	259.400	15,65
24,5	252.400	15,10	24,5	252.300	15,09	25,0	235.800	15,18	25,0	242.100	15,27	25,0	259.300	15,65
25,0	252.800	15,09	25,0	252.800	15,09	26,0	237.400	15,17	26,0	242.300	15,26	26,0	259.500	15,62
26,0	252.800	15,08	26,0	253.300	15,07	27,0	238.100	15,16	27,0	242.800	15,26	27,0	260.000	15,61
27,0	255.300	15,06	27,0	253.800	15,07	28,0	239.600	15,15	28,0	244.600	15,25	28,0	261.700	15,60
28,0	255.100	15,06	28,0	255.900	15,07	28,3	239.800	15,15	28,3	244.600	15,25	28,3	261.600	15,60

MP-03C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			05-09-2020			05-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
28,3	160.900	15,06	28,3	255.900	15,07	28,5	155.000	15,14	28,5	244.500	15,25	28,5	156.100	15,61
			28,5	169.600	15,06	28,6	144.900	15,15	28,6	140.800	15,25	28,6	149.200	15,60
			28,6	161.200	15,06									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-28 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-04C campañas año 2020

MP-04C														
Fecha de Campaña														
04-02-2020			09-04-2020			26-08-2020			12-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,5	4.117	25,75	1,5	3.678	25,75	1,5	4.046	25,15	1,5	3.677	25,48	1,5	4.308	25,72
2,0	4.125	25,75	2,0	3.678	25,75	2,0	4.035	25,74	2,0	3.675	25,96	2,0	4.302	25,74
2,5	4.126	25,75	2,5	3.686	25,75	2,5	4.028	25,79	2,5	3.675	25,98	2,5	4.300	25,74
3,0	4.127	25,75	3,0	3.695	25,75	3,0	4.028	25,80	3,0	3.672	25,98	3,0	4.300	25,74
4,0	4.128	25,75	4,0	3.716	25,75	4,0	4.028	25,81	4,0	3.671	25,98	4,0	4.300	25,74
5,0	4.129	25,75	5,0	3.721	25,76	5,0	4.026	25,81	5,0	3.667	25,99	5,0	4.299	25,74
6,0	4.125	25,75	6,0	3.721	25,76	6,0	4.025	25,81	6,0	3.670	26,00	6,0	4.300	25,75
8,0	4.133	25,75	8,0	3.713	25,76	8,0	4.077	25,82	8,0	3.674	26,00	8,0	4.304	25,75
10,0	4.134	25,75	10,0	3.718	25,76	10,0	4.137	25,82	10,0	3.683	26,00	10,0	4.307	25,75
12,0	4.137	25,75	12,0	3.714	25,75	12,0	4.129	25,82	12,0	3.688	26,00	12,0	4.308	25,75
14,0	4.139	25,75	14,0	3.714	25,75	14,0	4.708	25,82	14,0	3.696	26,00	14,0	4.320	25,75
16,0	4.969	25,76	16,0	3.751	25,75	16,0	5.011	25,82	16,0	4.512	26,00	16,0	5.184	25,76
18,0	5.325	25,76	18,0	4.611	25,76	18,0	5.677	25,83	18,0	4.932	26,00	18,0	5.595	25,76
20,0	6.898	25,76	20,0	5.622	25,76	20,0	5.974	25,83	20,0	6.152	26,01	20,0	6.433	25,76
22,0	7.278	25,76	22,0	6.139	25,76	22,0	6.626	25,83	22,0	6.425	26,01	22,0	7.513	25,76
24,0	7.279	25,77	24,0	6.427	25,76	24,0	6.793	25,84	24,0	6.478	26,02	24,0	7.536	25,77
26,0	7.280	25,77	26,0	6.427	25,76	26,0	6.879	25,84	26,0	6.522	26,03	26,0	7.531	25,77
28,0	7.281	25,78	28,0	6.438	25,78	28,0	6.931	25,86	28,0	7.482	26,04	28,0	7.527	25,78
30,0	9.171	25,80	30,0	7.472	25,78	30,0	7.154	25,87	30,0	8.188	26,05	30,0	9.482	25,80
32,0	9.231	25,81	32,0	8.270	25,81	32,0	8.733	25,87	32,0	8.472	26,06	32,0	9.807	25,81
34,0	9.665	25,82	34,0	8.528	25,81	34,0	9.011	25,89	34,0	8.669	26,07	34,0	9.815	25,82
36,0	9.810	25,83	36,0	8.961	25,83	36,0	9.428	25,90	36,0	8.682	26,08	36,0	9.819	25,82
38,0	10.470	25,86	38,0	9.055	25,83	38,0	9.494	25,92	38,0	9.645	26,11	38,0	11.110	25,84
39,0	10.360	25,87	39,0	9.565	25,87	39,0	10.390	25,93	39,0	10.590	26,12	39,0	11.900	25,86

MP-04C														
Fecha de Campaña														
04-02-2020			09-04-2020			26-08-2020			12-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
40,0	11.450	25,87	40,0	10.850	25,87	40,0	11.590	25,94	40,0	12.320	26,13	40,0	13.520	25,86
41,0	13.320	25,88	41,0	12.750	25,88	41,0	13.700	25,95	41,0	13.100	26,14	41,0	14.650	25,88
42,0	13.810	25,89	42,0	13.540	25,90	42,0	14.240	25,96	42,0	13.500	26,15	42,0	15.250	25,88
43,0	14.220	25,90	43,0	13.920	25,90	43,0	14.520	25,97	43,0	14.400	26,16	43,0	15.530	25,89
44,0	14.960	25,91	44,0	14.700	25,92	44,0	15.310	25,98	44,0	15.030	26,17	44,0	16.800	25,91
45,0	15.640	25,92	45,0	15.080	25,92	45,0	17.260	25,99	45,0	13.500	26,18	45,0	17.630	25,92
46,0	16.530	25,94	46,0	15.960	25,94	46,0	17.420	26,01	46,0	14.400	26,19	46,0	18.390	25,93
46,5	17.060	25,94	46,5	16.000	25,94	46,5	17.420	26,01	46,5	15.030	26,20	46,5	19.720	25,93
47,0	18.840	25,95	47,0	17.630	25,96	47,0	17.920	26,02	47,0	16.170	26,21	47,0	23.440	25,95
47,5	22.040	25,96	47,5	20.320	25,96	47,5	20.720	26,03	47,5	17.260	26,22	47,5	32.100	25,96
48,0	29.020	25,97	48,0	27.660	25,97	48,0	24.960	26,03	48,0	19.090	26,22	48,0	32.100	25,96
48,2	32.010	25,97	48,2	29.600	25,97	48,2	31.310	26,04	48,2	20.790	26,23	48,2	34.120	25,97
48,4	33.490	25,97	48,4	31.810	25,98	48,4	32.620	26,04	48,4	27.370	26,23	48,4	35.860	25,97
48,6	34.610	25,98	48,6	34.120	25,98	48,6	34.080	26,05	48,6	31.860	26,23	48,6	35.920	25,97
48,8	38.840	25,98	48,8	38.890	25,98	48,8	36.060	26,05	48,8	32.770	26,23	48,8	35.950	25,98
49,0	43.420	25,98	49,0	43.460	25,98	49,0	43.720	26,05	49,0	32.930	26,23	49,0	39.660	25,98
49,2	48.280	25,98	49,2	49.270	25,99	49,2	48.480	26,06	49,2	37.170	26,24	49,2	42.420	25,98
49,4	56.880	25,99	49,4	57.320	25,99	49,4	57.650	26,05	49,4	41.420	26,24	49,4	47.220	25,98
49,6	65.110	25,99	49,6	62.500	25,99	49,6	62.530	26,06	49,6	45.470	26,24	49,6	51.540	25,99
49,8	76.670	26,00	49,8	74.100	25,99	49,8	75.110	26,07	49,8	74.570	26,25	49,8	57.950	25,99
50,0	76.810	25,99	50,0	83.530	26,00	50,0	85.420	26,06	50,0	86.140	26,25	50,0	69.970	25,99
50,2	96.530	26,00	50,2	93.920	26,00	50,2	94.473	26,07	50,2	95.490	26,25	50,2	82.240	25,99
50,4	104.300	26,00	50,4	101.100	26,00	50,4	103.000	26,07	50,4	104.300	26,25	50,4	88.190	26,00
50,6	111.800	26,01	50,6	108.500	26,00	50,6	110.400	26,07	50,6	112.900	26,26	50,6	99.280	26,00
50,8	120.500	26,01	50,8	116.900	26,01	50,8	116.700	26,08	50,8	122.400	26,26	50,8	107.700	26,00

MP-04C														
Fecha de Campaña														
04-02-2020			09-04-2020			26-08-2020			12-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
51,0	131.800	26,01	51,0	127.400	26,01	51,0	129.400	26,08	51,0	134.300	26,27	51,0	118.300	26,01
51,2	141.800	26,02	51,2	137.600	26,02	51,2	139.300	26,08	51,2	143.400	26,27	51,2	123.200	26,01
51,4	148.900	26,02	51,4	144.200	26,02	51,4	147.400	26,09	51,4	150.400	26,27	51,4	136.700	26,01
51,6	156.000	26,02	51,6	151.400	26,02	51,6	154.400	26,09	51,6	159.700	26,28	51,6	143.500	26,02
51,8	167.300	26,02	51,8	160.100	26,02	51,8	163.700	26,09	51,8	167.900	26,27	51,8	152.100	26,02
52,0	177.100	26,03	52,0	170.700	26,03	52,0	174.800	26,10	52,0	180.900	26,28	52,0	159.600	26,02
52,2	185.800	26,02	52,2	180.000	26,03	52,2	184.600	26,10	52,2	189.000	26,29	52,2	168.800	26,02
52,4	191.800	26,03	52,4	184.700	26,03	52,4	190.700	26,10	52,4	198.000	26,29	52,4	180.400	26,02
52,6	200.200	26,04	52,6	191.900	26,03	52,6	197.300	26,10	52,6	205.300	26,29	52,6	189.000	26,03
52,8	204.500	26,03	52,8	197.200	26,03	52,8	203.900	26,11	52,8	210.100	26,28	52,8	197.500	26,03
53,0	207.400	26,04	53,0	200.100	26,04	53,0	206.400	26,11	53,0	213.900	26,29	53,0	203.300	26,03
53,2	211.600	26,04	53,2	204.300	26,04	53,2	211.200	26,11	53,2	219.300	26,29	53,2	207.100	26,04
53,4	215.600	26,05	53,4	208.800	26,05	53,4	216.300	26,12	53,4	222.300	26,29	53,4	211.100	26,04
53,6	218.700	26,05	53,6	212.300	26,06	53,6	220.200	26,12	53,6	226.400	26,29	53,6	215.600	26,05
53,8	221.700	26,05	53,8	215.800	26,06	53,8	224.000	26,13	53,8	230.700	26,30	53,8	217.800	26,05
54,0	224.500	26,06	54,0	218.800	26,05	54,0	227.700	26,13	54,0	234.000	26,30	54,0	222.300	26,05
54,5	230.500	26,07	54,5	224.800	26,05	54,5	234.300	26,13	54,5	241.000	26,30	54,5	230.800	26,06
55,0	234.900	26,09	55,0	229.300	26,08	55,0	239.000	26,15	55,0	245.400	26,31	55,0	236.600	26,07
55,5	237.600	26,09	55,5	232.800	26,08	56,0	245.400	26,14	55,5	249.800	26,32	55,5	240.400	26,07
56,0	239.400	26,09	56,0	235.200	26,09	57,0	248.400	26,18	56,0	253.000	26,33	56,0	244.000	26,08
56,5	240.200	26,10	57,0	238.800	26,09	58,0	249.900	26,17	57,0	255.800	26,34	57,0	247.900	26,09
57,0	240.800	26,11	58,0	239.200	26,13	59,0	250.500	26,20	58,0	257.300	26,35	58,0	249.500	26,11
58,0	241.400	26,12	59,0	239.800	26,13	60,0	250.700	26,21	59,0	258.200	26,37	59,0	250.300	26,13
59,0	241.600	26,14	60,0	240.200	26,15	62,0	251.300	26,24	60,0	258.900	26,38	60,0	251.100	26,14
60,0	241.800	26,15	62,0	240.400	26,15	64,0	252.800	26,27	62,0	259.600	26,40	62,0	251.600	26,17

MP-04C														
Fecha de Campaña														
04-02-2020			09-04-2020			26-08-2020			12-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
62,0	241.500	26,18	64,0	239.500	26,23	66,0	252.800	26,31	64,0	260.200	26,44	64,0	252.000	26,19
64,0	241.100	26,22	66,0	238.800	26,25	68,0	251.800	26,34	66,0	259.200	26,46	66,0	252.100	26,23
66,0	240.800	26,25	68,0	238.600	26,25	70,0	251.700	26,38	68,0	258.200	26,49	68,0	252.200	26,27
68,0	241.100	26,26	70,0	238.200	26,26	72,0	252.100	26,41	70,0	256.700	26,55	70,0	252.100	26,30
70,0	241.200	26,31	72,0	237.900	26,35	74,0	250.800	26,42	72,0	255.600	26,57	72,0	251.700	26,34
72,0	241.500	26,35	74,0	236.600	26,35	76,0	251.100	26,48	74,0	253.100	26,60	74,0	250.000	26,38
74,0	240.700	26,42	76,0	236.700	26,35	78,0	250.900	26,51	76,0	252.100	26,64	76,0	250.200	26,45
76,0	241.100	26,48	78,0	236.800	26,48	81,0	251.100	26,58	78,0	251.400	26,71	78,0	250.000	26,47
78,0	241.800	26,49	81,0	236.900	26,51	84,0	251.400	26,59	81,0	250.900	26,72	81,0	250.300	26,48
81,0	241.600	26,51	84,0	236.700	26,51	87,0	251.300	26,66	84,0	250.600	26,73	84,0	250.100	26,50
84,0	241.600	26,53	87,0	237.100	26,53	90,0	251.100	26,73	87,0	250.200	26,80	87,0	250.200	26,51
87,0	241.600	26,53	90,0	236.900	26,53	93,0	250.900	26,75	90,0	250.200	26,88	90,0	249.700	26,54
90,0	241.300	26,67	93,0	236.800	26,69	96,0	250.700	26,82	93,0	250.200	26,91	93,0	249.700	26,68
93,0	241.100	26,71	96,0	236.400	26,69	99,0	249.200	26,89	96,0	250.500	26,98	96,0	249.800	26,76
96,0	241.100	26,76	99,0	234.200	26,85	102,0	247.900	26,96	99,0	248.500	27,05	99,0	247.600	26,83
99,0	235.700	26,86	102,0	233.100	26,85	105,0	247.400	27,02	102,0	247.800	27,10	102,0	246.600	26,89
102,0	233.500	26,91	105,0	232.900	26,91	108,0	246.700	27,07	105,0	247.200	27,16	105,0	246.000	26,93
105,0	231.700	26,96	108,0	231.400	27,04	111,0	246.400	27,13	108,0	246.800	27,22	108,0	245.300	27,01
108,0	230.800	27,03	111,0	231.000	27,04	114,0	246.200	27,20	111,0	246.600	27,28	111,0	244.900	27,09
111,0	230.000	27,10	114,0	238.800	27,14	116,0	246.000	27,22	114,0	246.600	27,35	114,0	244.900	27,11
114,0	229.700	27,14	116,0	230.700	27,14				116,0	246.600	27,36	116,0	244.800	27,15
116,0	229.500	27,15	117,0						117,0	246.700	27,37			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-29 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-05C campañas año 2020

MP-05C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			02-09-2020			02-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,5	75.150	22,87	1,5	68.140	21,71	1,5	54.730	17,81	1,5	59.310	18,30	1,5	61.960	22,39
2,0	75.890	20,58	2,0	68.140	19,38	2,0	54.880	17,97	2,0	59.250	18,13	2,0	62.380	20,26
2,5	76.520	19,50	2,5	68.540	19,33	2,5	55.130	18,20	2,5	59.220	18,22	2,5	63.380	19,11
3,0	76.410	19,30	3,0	69.030	19,20	3,0	55.080	18,40	3,0	59.160	18,36	3,0	63.580	18,90
4,0	76.430	19,23	4,0	69.060	19,15	4,0	55.110	18,70	4,0	59.100	18,59	4,0	63.700	18,89
5,0	76.380	19,17	5,0	68.960	19,05	5,0	54.970	18,92	5,0	59.070	18,85	5,0	63.740	18,92
6,0	76.430	18,95	6,0	68.900	18,95	6,0	54.940	19,00	6,0	59.200	19,07	6,0	63.690	18,93
7,0	76.550	18,88	7,0	68.700	18,90	7,0	54.790	19,00	7,0	59.180	19,08	7,0	63.740	18,94
8,0	76.500	18,87	8,0	68.590	18,88	8,0	54.830	19,00	8,0	59.230	19,08	8,0	63.720	18,94
10,0	76.530	18,87	10,0	68.550	18,88	10,0	57.370	18,99	10,0	63.200	19,08	10,0	65.850	18,94
12,0	80.860	18,86	12,0	73.880	18,87	12,0	63.450	18,98	12,0	71.370	19,06	12,0	72.620	18,92
12,5	81.880	18,86	12,5	74.900	18,87	12,5	66.080	18,97	12,5	73.690	19,05	12,5	74.810	18,92
13,0	82.600	18,86	13,0	75.630	18,86	13,0	67.280	18,98	13,0	74.600	19,05	13,0	76.160	18,91
13,5	83.500	18,85	13,5	76.480	18,86	13,5	67.970	18,97	13,5	75.430	19,05	13,5	77.160	18,91
14,0	84.340	18,85	14,0	77.240	18,86	14,0	68.770	18,97	14,0	76.240	19,04	14,0	77.830	18,91
14,5	85.070	18,85	14,5	77.970	18,86	14,5	69.370	18,97	14,5	76.950	19,04	14,5	78.350	18,91
15,0	85.880	18,85	15,0	79.000	18,86	15,0	70.250	18,97	15,0	77.980	19,03	15,0	78.940	18,91
15,5	86.660	18,84	15,5	79.630	18,85	15,5	71.420	18,96	15,5	78.880	19,03	15,5	79.850	18,90
16,0	87.710	18,84	16,0	80.530	18,85	16,0	72.510	18,96	16,0	80.050	19,03	16,0	80.790	18,90
18,0	96.990	18,82	18,0	89.890	18,83	18,0	83.190	18,95	18,0	89.460	19,00	18,0	88.000	18,88
20,0	110.600	18,79	20,0	100.100	18,80	20,0	92.280	18,92	20,0	96.310	19,00	20,0	91.000	18,86
21,0	124.400	18,77	21,0	111.800	18,78	21,0	100.300	18,89	21,0	100.400	19,01	21,0	96.820	18,85
21,5	136.600	18,76	21,5	121.600	18,76	21,5	104.300	18,88	21,5	105.200	19,01	21,5	103.500	18,83
22,0	146.800	18,74	22,0	131.200	18,76	22,0	116.900	18,87	22,0	109.500	19,01	22,0	106.100	18,82

MP-05C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			02-09-2020			02-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
23,0	189.900	18,74	23,0	169.400	18,76	23,0	156.200	18,85	23,0	121.300	19,01	23,0	112.900	18,80
24,0	230.000	18,91	24,0	202.900	18,81	24,0	192.900	18,90	24,0	129.100	19,00	24,0	125.400	18,78
24,5	234.400	18,97	24,5	213.900	18,93	24,5	205.900	18,95	24,5	133.300	19,00	24,5	141.600	18,77
25,0	234.500	19,02	25,0	220.400	18,99	25,0	214.700	19,02	25,0	203.400	19,07	25,0	146.700	18,77
25,2	234.300	19,05	25,2	220.400	19,00	25,2	214.200	19,03	25,2	211.300	19,16	25,2	151.200	18,78
25,4	234.100	19,08	25,4	220.200	19,00	25,4	213.700	19,03	25,4	211.200	19,17	25,4	193.300	18,95
25,6	234.000	19,08	25,6	220.200	19,00	25,6	213.500	19,05	25,6	211.000	19,18	25,6	220.200	19,04
25,8	233.900	19,10	25,8	220.100	19,02	25,8	213.400	19,07	25,8	211.000	19,19	25,8	220.200	19,05
26,0	233.800	19,11	26,0	220.100	19,04	26,0	213.100	19,09	26,0	210.800	19,19	26,0	220.200	19,05
26,5	233.600	19,14	26,5	220.900	19,10	26,5	213.100	19,10	26,5	210.900	19,21	26,5	220.300	19,07
27,0	236.300	19,16	27,0	224.500	19,14	27,0	214.200	19,12	27,0	212.200	19,25	27,0	220.600	19,11
27,2	236.800	19,20	27,2	225.000	19,15	27,2	218.100	19,14	27,2	215.900	19,27	27,2	221.800	19,12
27,4	238.300	19,20	27,4	227.300	19,18	27,4	219.700	19,15	27,4	218.400	19,29	27,4	224.600	19,14
27,6	240.600	19,22	27,6	229.500	19,19	27,6	224.200	19,18	27,6	221.200	19,31	27,6	225.200	19,15
27,8	242.600	19,24	27,8	231.300	19,22	27,8	226.500	19,21	27,8	222.700	19,32	27,8	229.000	19,18
28,0	247.900	19,25	28,0	237.200	19,23	28,0	233.900	19,22	28,0	230.600	19,34	28,0	236.800	19,20
28,5	247.900	19,26	28,5	237.200	19,25	28,5	233.700	19,25	28,5	230.600	19,37	28,5	238.500	19,22
29,0	247.800	19,29	29,0	237.200	19,26	29,0	233.700	19,26	29,0	230.600	19,37	29,0	238.500	19,25
30,0	252.200	19,33	30,0	242.000	19,35	30,0	242.600	19,30	30,0	237.800	19,41	30,0	242.600	19,28
31,0	252.200	19,39	31,0	242.200	19,37	31,0	243.300	19,36	31,0	238.500	19,46	31,0	244.400	19,43
33,0	252.400	19,44	33,0	242.300	19,44	33,0	245.000	19,41	33,0	238.800	19,49	33,0	244.400	19,40
34,0	252.200	19,46	34,0	242.300	19,45	34,0	245.200	19,42	34,0	239.000	19,54	34,0	244.500	19,41
35,0	251.600	19,47	35,0	242.200	19,45	35,0	246.300	19,46	35,0	239.000	19,57	35,0	244.400	19,43
35,2	251.900	19,47	35,2	242.000	19,46	35,2	245.500	19,48	35,2	238.900	19,57	35,2	244.500	19,43
35,4	251.600	19,47	35,4	241.900	19,42	35,4	245.800	19,49	35,4	238.900	19,58	35,4	244.300	19,43

MP-05C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			02-09-2020			02-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
35,6	251.500	19,47	35,6	241.800	19,48	35,6	245.500	19,51	35,6	238.800	19,59	35,6	244.400	19,44
35,8	251.500	19,47	35,8	241.700	19,47	35,8	245.400	19,50	35,8	238.800	19,60	35,8	244.600	19,44
36,0	251.300	19,47	36,0	241.700	19,47	36,0	245.100	19,51	36,0	238.700	19,59	36,0	244.400	19,45
36,2	251.100	19,46	36,2	241.700	19,46	36,2	245.500	19,52	36,2	238.700	19,59	36,2	244.500	19,45
36,4	251.100	19,47	36,4	241.600	19,47	36,4	244.800	19,52	36,4	239.400	19,60	36,4	244.600	19,46
36,6	250.900	19,46	36,6	241.600	19,47	36,6	245.300	19,51	36,6	239.000	19,61	36,6	244.500	19,46
36,8	250.800	19,47	36,8	241.600	19,47	36,8	245.400	19,51	36,8	238.900	19,61	36,8	244.500	19,46
37,0	250.700	19,47	37,0	241.500	19,47	37,0	244.600	19,52	37,0	238.800	19,60	37,0	244.400	19,46
37,5	250.500	19,47	37,5	241.500	19,46	37,5	244.800	19,52	37,5	238.700	19,61	37,5	244.300	19,47
38,0	250.400	19,46	38,0	241.400	19,46	38,0	244.800	19,52	38,0	238.500	19,62	38,0	244.500	19,47
38,2	250.300	19,47	38,2	241.500	19,47	38,2	243.600	19,53	38,2	238.500	19,61	38,2	244.500	19,48
38,4	250.100	19,47	38,4	241.400	19,48	38,4	243.700	19,52	38,4	238.500	19,61	38,4	244.200	19,48
38,6	249.900	19,47	38,6	241.400	19,47	38,6	243.800	19,52	38,6	238.400	19,61	38,6	244.400	19,49
38,8	249.800	19,48	38,8	241.300	19,48	38,8	244.100	19,53	38,8	238.300	19,61	38,8	244.300	19,48
39,0	249.700	19,49	39,0	241.300	19,48	39,0	244.100	19,53	39,0	238.300	19,61	39,0	244.400	19,49
40,0	249.600	19,48	40,0	241.200	19,48	40,0	244.800	19,53	40,0	238.300	19,61	40,0	244.500	19,49
41,0	249.600	19,49	41,0	241.200	19,48	41,0	245.200	19,53	41,0	238.300	19,61	41,0	244.600	19,49
42,0	249.100	19,49	42,0	241.100	19,49	42,0	245.100	19,53	42,0	238.500	19,61	42,0	244.400	19,49
44,0	249.400	19,50	44,0	241.300	19,52	44,0	246.000	19,53	44,0	238.200	19,62	44,0	244.400	19,50
46,0	250.300	19,70	46,0	241.800	19,58	46,0	245.300	19,54	46,0	238.200	19,63	46,0	244.500	19,51
48,0	250.100	19,70	48,0	241.800	19,64	48,0	245.100	19,79	48,0	238.400	19,84	48,0	244.900	19,77
50,0	250.000	19,80	50,0	241.600	19,68	50,0	245.700	19,86	50,0	238.400	19,89	50,0	244.900	19,84
52,0	249.800	19,81	52,0	241.600	19,76	52,0	245.000	19,87	52,0	238.500	19,92	52,0	245.000	19,85
55,0	249.900	19,82	55,0	241.400	19,78	55,0	245.700	19,89	54,0	238.400	19,95	55,0	245.000	19,88
58,0	249.900	19,90	58,0	241.100	19,82	58,0	245.900	19,92	56,0	238.400	19,97	58,0	245.000	19,90

MP-05C														
Fecha de Campaña														
07-02-2020			13-04-2020			29-08-2020			02-09-2020			02-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
61,0	249.600	19,93	61,0	241.000	19,86	61,0	245.400	19,94	58,0	238.500	19,99	61,0	245.000	19,92
64,0	249.600	19,98	64,0	240.700	19,98	64,0	245.800	20,01	60,0	238.300	20,03	64,0	245.500	19,93
67,0	249.700	20,08	67,0	240.800	20,09	67,0	245.300	20,15	62,0	238.400	20,05	67,0	245.100	20,11
68,0	249.600	20,11	68,0	240.500	20,14	68,0	244.600	20,23	64,0	238.400	20,12	68,0	245.100	20,13
70,0	249.300	20,19	70,0	240.400	20,21	70,0	245.200	20,30	66,0	238.200	20,22	70,0	245.000	20,17
72,0	249.200	20,27	72,0	248.300	20,28	72,0	244.000	20,40	68,0	238.200	20,29	72,0	245.100	20,31
74,0	248.800	20,32	74,0	240.100	20,34	74,0	244.300	20,47	70,0	238.100	20,38	74,0	245.000	20,39
76,0	248.600	20,39	76,0	240.100	20,39	76,0	244.300	20,53	72,0	238.100	20,45	76,0	244.900	20,45
77,0	248.400	20,39	77,0	239.800	20,41	77,0	243.900	20,54	74,0	238.000	20,51	77,0	244.900	20,47
									76,0	237.900	20,57			
									77,0	237.500	20,52			
									77,5	229.000	20,58			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-30 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-06C campañas año 2020

MP-06C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
2,0	17.670	21,04	2,0	17.830	21,06	2,0	15.170	20,09	1,5	20.030	19,70	2,0	17.830	21,05
2,5	17.630	20,88	2,5	17.860	20,97	2,5	15.150	20,14	2,0	20.080	20,23	2,5	17.800	20,99
3,0	17.620	20,71	3,0	17.870	20,78	3,0	15.160	20,23	2,5	20.100	20,34	3,0	17.810	20,95
4,0	17.620	20,50	4,0	17.870	20,54	4,0	15.150	20,38	3,0	20.100	20,39	4,0	17.810	20,96
6,0	17.660	20,40	6,0	17.870	20,40	6,0	15.140	20,51	4,0	20.080	20,50	6,0	17.800	21,04
8,0	17.660	20,40	8,0	17.860	20,40	8,0	15.140	20,52	6,0	20.090	20,60	8,0	17.800	21,05
10,0	17.700	20,41	10,0	17.870	20,40	10,0	15.160	20,51	8,0	20.090	20,61	10,0	17.830	21,05
12,0	17.680	20,40	12,0	17.870	20,40	12,0	15.150	20,52	10,0	20.120	20,61	12,0	17.790	21,04
14,0	20.800	20,40	13,0	19.720	20,39	13,0	16.440	20,52	12,0	20.060	20,61	13,0	19.260	21,05
16,0	22.050	20,39	14,0	21.060	20,40	14,0	17.440	20,51	13,0	22.110	20,61	14,0	20.990	21,04
18,0	22.070	20,39	15,0	22.070	20,39	15,0	18.840	20,51	14,0	23.440	20,60	15,0	21.920	21,04
20,0	22.070	20,39	16,0	22.250	20,39	16,0	19.000	20,52	15,0	24.500	20,60	16,0	22.070	21,04
21,0	25.600	20,39	18,0	22.285	20,39	18,0	19.000	20,51	16,0	24.690	20,60	18,0	22.190	21,04
21,2	26.330	20,39	20,0	22.130	20,38	20,0	18.940	20,51	18,0	24.790	20,60	20,0	22.220	21,04
21,4	27.930	20,39	21,0	28.900	20,38	21,0	20.730	20,51	20,0	24.850	20,60	21,0	41.940	21,03
21,6	115.300	20,39	21,2	29.190	20,38	21,2	22.210	20,51	21,0	54.460	20,60	21,2	46.390	21,03
21,8	119.400	20,38	21,4	29.370	20,38	21,4	37.270	20,51	21,2	64.110	20,59	21,4	47.590	21,01
22,0	119.600	20,38	21,6	124.200	20,38	21,6	97.680	20,50	21,4	65.020	20,58	21,6	88.310	21,01
22,2	120.100	20,38	21,8	127.500	20,38	21,8	98.730	20,50	21,6	83.950	20,55	21,8	88.970	20,98
22,4	122.500	20,38	22,0	127.700	20,38	22,0	99.020	20,50	21,8	84.140	20,54	22,0	89.140	20,97
22,6	124.300	20,39	22,2	128.300	20,38	22,2	99.390	20,50	22,0	84.160	20,54	22,2	89.270	20,98
22,8	125.100	20,39	22,4	131.300	20,38	22,4	99.920	20,50	22,2	84.360	20,54	22,4	89.630	20,97
23,0	125.500	20,39	22,6	132.500	20,38	22,6	101.300	20,50	22,4	84.570	20,54	22,6	87.790	20,97
23,2	125.400	20,39	22,8	133.500	20,39	22,8	101.600	20,50	22,6	84.770	20,54	22,8	89.980	20,98

MP-06C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
23,5	125.500	20,39	23,0	133.600	20,39	23,0	101.900	20,51	22,8	84.910	20,54	23,0	90.060	20,97
24,0	125.500	20,39	23,2	133.800	20,39	23,2	102.400	20,51	23,0	84.870	20,53	23,2	90.060	20,98
25,0	127.200	20,37	23,5	133.800	20,39	23,5	102.000	20,50	23,2	84.910	20,53	23,5	90.080	20,97
25,5	130.000	20,35	24,0	134.000	20,39	24,0	102.000	20,51	23,5	84.930	20,53	24,0	90.080	20,97
26,0	158.000	20,37	25,0	135.500	20,37	25,0	102.500	20,48	24,0	85.060	20,52	25,0	90.390	20,95
26,2	174.200	20,41	25,5	137.800	20,35	25,5	103.800	20,47	25,0	85.190	20,51	25,5	90.700	20,94
26,4	178.800	20,43	26,0	164.800	20,39	26,0	119.300	20,47	25,5	85.190	20,49	26,0	96.630	20,93
26,6	179.000	20,44	26,2	176.700	20,42	26,2	131.600	20,48	26,0	91.360	20,49	26,2	102.500	20,92
26,8	179.100	20,45	26,4	177.900	20,43	26,4	150.100	20,51	26,2	96.200	20,49	26,4	119.200	20,93
27,0	179.000	20,45	26,6	177.900	20,44	26,6	157.100	20,55	26,4	111.500	20,49	26,6	147.200	20,92
27,2	179.000	20,45	26,8	177.900	20,45	26,8	157.200	20,58	26,6	148.900	20,55	26,8	175.100	20,96
27,4	178.900	20,45	27,0	177.900	20,45	27,0	157.000	20,58	26,8	172.400	20,64	27,0	177.800	21,10
27,6	178.900	20,45	27,5	177.900	20,45	27,5	157.100	20,58	27,0	172.400	20,65	27,5	178.000	21,09
27,8	178.900	20,46	28,0	177.800	20,45	28,0	157.000	20,59	27,5	172.300	20,66	28,0	178.100	21,11
28,0	178.900	20,45	29,0	177.800	20,47	29,0	157.000	20,59	28,0	172.200	20,67	29,0	178.000	21,12
28,5	178.900	20,47	30,0	177.600	20,48	30,0	157.000	20,59	29,0	172.000	20,68	30,0	178.000	21,12
29,0	178.900	20,47	32,0	177.700	20,48	32,0	157.100	20,59	30,0	171.800	20,69	32,0	178.000	21,13
30,0	178.800	20,49	34,0	187.600	20,51	34,0	165.300	20,62	32,0	171.600	20,69	34,0	188.300	21,15
31,0	178.900	20,48	34,5	187.600	20,52	34,5	165.100	20,62	34,0	182.100	20,71	34,5	188.800	21,15
33,0	179.600	20,50	35,0	187.600	20,52	35,0	167.900	20,63	34,5	182.200	20,71	35,0	191.900	21,15
34,0	188.400	20,51	35,2	187.600	20,52	35,2	169.200	20,63	35,0	185.300	20,72	35,2	194.100	21,16
34,5	188.600	20,52	35,4	195.400	20,53	35,4	171.100	20,63	35,2	187.600	20,72	35,4	196.100	21,16
35,0	191.800	20,52	35,6	197.600	20,52	35,6	174.200	20,63	35,4	189.000	20,72	35,6	198.300	21,16
35,2	193.000	20,52	35,8	203.400	20,53	35,8	178.500	20,64	35,6	191.400	20,73	35,8	204.000	21,16
35,4	195.700	20,52	36,0	210.500	20,54	36,0	184.600	20,65	35,8	197.300	20,73	36,0	211.800	21,17

MP-06C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
35,6	198.100	20,52	36,2	212.000	20,55	36,2	185.800	20,66	36,0	204.300	20,75	36,2	213.400	21,18
35,8	204.100	20,54	36,4	212.800	20,55	36,4	186.400	20,67	36,2	206.000	20,75	36,4	214.100	21,18
36,0	211.300	20,55	36,6	213.100	20,56	36,6	186.700	20,67	36,4	206.700	20,76	36,6	214.500	21,18
36,2	212.400	20,55	36,8	214.100	20,56	36,8	187.200	20,68	36,6	207.100	20,76	36,8	215.300	21,19
36,4	213.300	20,56	37,0	214.300	20,56	37,0	187.600	20,67	36,8	207.800	20,76	37,0	215.600	21,19
36,6	213.500	20,56	37,2	215.400	20,56	37,2	187.800	20,67	37,0	208.000	20,77	37,2	215.900	21,19
36,8	214.100	20,56	37,4	218.200	20,56	37,4	190.200	20,68	37,2	208.400	20,77	37,4	218.800	21,20
37,0	214.600	20,57	37,6	224.200	20,57	37,6	199.000	20,68	37,4	211.200	20,77	37,6	227.700	21,20
37,5	221.900	20,58	37,8	231.300	20,57	37,8	202.900	20,68	37,6	219.400	20,78	37,8	231.400	21,20
38,0	236.700	20,59	38,0	236.700	20,58	38,0	207.100	20,70	37,8	223.800	20,78	38,0	237.200	21,23
38,2	241.500	20,60	38,2	242.200	20,59	38,2	213.600	20,70	38,0	228.700	20,79	38,2	242.100	21,23
38,4	243.700	20,60	38,4	244.400	20,60	38,4	215.700	20,71	38,2	233.600	20,80	38,4	244.300	21,24
38,6	245.300	20,61	38,6	246.200	20,60	38,6	217.500	20,71	38,4	235.600	20,79	38,6	245.800	21,24
38,8	245.700	20,62	38,8	246.400	20,60	38,8	217.800	20,72	38,6	236.900	20,80	38,8	245.800	21,26
39,0	247.800	20,61	39,0	248.600	20,61	39,0	220.000	20,73	38,8	237.000	20,81	39,0	247.800	21,26
39,5	249.600	20,62	39,5	250.500	20,62	39,5	222.000	20,73	39,0	238.700	20,81	39,5	249.400	21,26
40,0	250.400	20,62	40,0	251.400	20,62	40,0	222.700	20,74	39,5	240.800	20,81	40,0	250.500	21,25
41,0	250.400	20,63	41,0	241.500	20,63	41,0	222.100	20,74	40,0	241.200	20,82	41,0	250.400	21,27
42,0	250.300	20,66	42,0	251.600	20,64	42,0	222.600	20,76	41,0	241.000	20,81	42,0	250.500	21,28
44,0	250.400	20,70	44,0	253.200	20,69	44,0	222.700	20,80	42,0	241.000	20,84	44,0	250.700	21,32
46,0	252.900	20,72	46,0	255.000	20,71	46,0	225.200	20,83	44,0	241.000	20,87	46,0	253.200	21,36
48,0	253.600	20,76	48,0	255.800	20,72	48,0	226.200	20,85	46,0	243.200	20,90	48,0	253.900	21,38
50,0	254.000	20,59	50,0	256.100	20,76	50,0	226.500	20,90	48,0	244.000	20,93	50,0	254.200	21,42
52,0	254.200	20,83	52,0	256.700	20,81	52,0	227.800	20,94	50,0	244.300	20,97	52,0	254.600	21,45
55,0	254.700	20,92	54,0	257.000	20,88	54,0	227.400	21,05	52,0	244.400	21,01	54,0	255.200	21,59

MP-06C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
58,0	254.700	20,94	56,0	257.000	20,92	56,0	227.700	21,05	54,0	244.700	21,06	56,0	255.400	21,58
61,0	254.700	21,07	58,0	257.000	20,96	58,0	227.800	21,06	56,0	245.200	21,06	58,0	255.400	21,61
64,0	254.500	21,13	60,0	256.900	20,97	60,0	227.800	21,11	58,0	245.200	21,17	60,0	255.400	21,63
67,0	254.700	21,20	62,0	256.800	21,06	62,0	227.900	21,16	60,0	244.100	21,19	62,0	255.300	21,68
70,0	254.400	21,28	64,0	256.800	21,13	64,0	227.400	21,25	62,0	244.000	21,22	64,0	255.300	21,75
			66,0	256.800	21,21	66,0	227.700	21,32	64,0	243.800	21,27	66,0	255.300	21,79
			68,0	256.600	21,25	68,0	227.700	21,34	66,0	243.600	21,38	68,0	255.200	21,84
			70,0	256.500	21,28	70,0	227.800	21,38	68,0	243.600	21,42	70,0	255.200	21,89
			71,0	197.200	21,29	71,0	117.000	21,42	70,0	243.400	21,44	71,0	106.000	21,93
			72,0	118.100	21,35	71,0	98.960	21,45	71,0	143.600	21,50	71,1	94.730	21,95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-31 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-09C campañas año 2020

MP-09C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
9,3	3.973	25,33	9,3	4.300	25,20	9,3	4.385	25,76	9,3	3.918	24,76	9,3	3.959	25,36
9,4	3.947	25,31	9,4	4.258	25,13	9,4	4.349	25,37	9,4	3.918	25,35	9,4	3.935	25,71
9,6	3.950	25,29	9,6	4.258	25,11	9,6	4.331	25,51	9,6	3.911	25,68	9,6	3.927	26,14
10,0	3.950	25,29	10,0	4.248	25,09	10,0	4.313	25,55	10,0	3.904	25,78	10,0	3.926	26,15
10,5	3.948	25,30	10,5	4.238	25,09	10,5	4.307	25,63	10,5	3.900	25,81	10,5	3.926	26,15
11,0	3.947	25,31	11,0	4.238	25,09	11,0	4.307	25,63	11,0	3.899	25,83	11,0	3.926	26,16
12,0	3.947	25,32	12,0	4.236	25,09	12,0	4.302	25,65	12,0	3.896	25,83	12,0	3.926	26,17
13,0	3.946	25,32	13,0	4.239	25,09	13,0	4.301	25,65	13,0	3.896	25,84	13,0	3.925	26,17
14,0	3.947	25,31	14,0	4.238	25,09	14,0	4.299	25,66	14,0	3.896	25,84	14,0	3.927	26,16
16,0	3.946	25,31	16,0	4.238	25,09	16,0	4.299	25,66	16,0	3.894	25,84	16,0	3.927	26,16
18,0	3.946	25,32	18,0	4.239	25,09	18,0	4.300	25,65	18,0	3.894	25,85	18,0	3.928	26,16
20,0	3.947	25,32	20,0	4.239	25,09	20,0	4.300	25,65	20,0	3.892	25,86	20,0	3.927	26,16
22,0	3.947	25,32	22,0	4.241	25,10	22,0	4.298	25,67	22,0	3.892	25,87	22,0	3.926	26,17
24,0	3.947	25,33	24,0	4.241	25,19	24,0	4.300	25,73	24,0	3.891	25,90	24,0	3.926	26,21
26,0	3.948	25,34	26,0	4.248	25,43	26,0	4.298	25,80	26,0	3.892	25,99	26,0	3.928	26,29
28,0	3.948	25,36	28,0	4.241	25,57	28,0	4.299	25,82	28,0	3.890	26,02	28,0	3.926	26,31
30,0	3.947	25,39	30,0	4.248	25,61	30,0	4.299	25,84	30,0	3.890	26,03	30,0	3.926	26,33
32,0	3.948	25,49	32,0	4.241	25,65	32,0	4.299	25,85	32,0	3.890	26,03	32,0	3.927	26,34
34,0	3.948	25,70	34,0	4.242	25,67	34,0	4.297	25,86	34,0	3.889	26,05	34,0	3.928	26,33
36,0	3.948	25,71	36,0	4.243	25,68	36,0	4.297	25,87	36,0	3.890	26,06	36,0	3.927	26,33
38,0	3.948	25,71	38,0	4.242	25,69	38,0	4.297	25,87	38,0	3.890	26,06	38,0	3.929	26,34
40,0	3.949	25,71	40,0	4.243	25,69	40,0	4.297	25,86	40,0	3.891	26,04	40,0	3.928	26,34
42,0	3.949	25,74	42,0	4.244	25,71	42,0	4.297	25,86	42,0	3.890	26,05	42,0	3.930	26,36
44,0	3.949	25,73	44,0	4.243	25,71	44,0	4.298	25,87	44,0	3.890	26,04	44,0	3.929	26,35

MP-09C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
46,0	3.949	25,74	46,0	4.244	25,72	46,0	4.298	25,88	46,0	3.890	26,06	46,0	3.929	26,35
48,0	3.949	25,76	48,0	4.244	25,73	48,0	4.297	25,87	48,0	3.889	26,06	48,0	3.928	26,35
50,0	3.949	25,76	50,0	4.244	25,73	50,0	4.299	25,87	50,0	3.887	26,07	50,0	3.926	26,35
52,0	3.949	25,78	52,0	4.243	25,73	52,0	4.300	25,89	52,0	3.895	26,08	52,0	3.920	26,36
54,0	3.949	25,79	54,0	4.244	25,74	54,0	4.298	25,90	54,0	3.892	26,08	54,0	3.933	26,35
56,0	3.949	25,84	56,0	4.243	25,81	56,0	4.300	25,92	56,0	3.905	26,12	56,0	3.935	26,40
58,0	3.953	25,85	58,0	4.243	25,82	58,0	4.314	25,93	58,0	3.905	26,12	58,0	3.939	26,40
60,0	3.955	25,86	60,0	4.257	25,83	60,0	4.314	25,93	60,0	3.905	26,12	60,0	3.940	26,41
62,0	3.961	25,86	62,0	4.259	25,84	62,0	4.316	25,93	62,0	3.905	26,12	62,0	3.944	26,41
64,0	3.963	25,87	64,0	4.260	25,84	64,0	4.317	25,93	64,0	3.908	26,12	64,0	3.945	26,41
66,0	3.964	25,87	66,0	4.260	25,84	66,0	4.313	25,93	66,0	3.909	26,12	66,0	3.946	26,41
68,0	3.989	25,87	68,0	4.292	25,85	68,0	4.343	25,93	68,0	3.932	26,12	68,0	3.975	26,41
68,5	6.624	25,88	68,5	4.509	25,85	68,5	7.976	25,93	68,5	7.567	26,13	68,5	9.557	26,42
69,0	12.080	25,88	69,0	13.270	25,85	69,0	15.260	25,94	69,0	13.450	26,13	69,0	13.390	26,43
69,5	20.610	25,89	69,5	22.330	25,87	69,5	24.020	25,95	69,5	39.150	26,14	69,5	23.330	26,43
70,0	33.750	25,89	70,0	36.530	25,87	70,0	40.950	25,96	70,0	39.250	26,14	70,0	40.390	26,44
70,5	64.480	25,90	70,5	64.890	25,88	70,5	70.590	25,97	70,5	69.680	26,15	70,5	71.030	26,45
71,0	103.200	25,91	71,0	104.800	25,89	71,0	111.700	25,98	71,0	110.300	26,15	71,0	111.400	26,46
71,2	123.100	25,92	71,2	124.500	25,88	71,2	132.000	25,98	71,2	129.800	26,16	71,2	132.600	26,46
71,4	146.700	25,92	71,4	146.900	25,89	71,4	165.200	25,98	71,4	154.300	26,16	71,4	154.900	26,47
71,6	169.000	25,92	71,6	170.800	25,90	71,6	181.700	25,98	71,6	178.800	26,17	71,6	181.800	26,48
71,8	194.000	25,92	71,8	193.600	25,90	71,8	204.600	25,99	71,8	201.500	26,16	71,8	204.300	26,48
72,0	211.200	25,93	72,0	212.800	25,90	72,0	220.900	25,99	72,0	219.670	26,17	72,0	223.800	26,49
72,5	232.000	25,93	72,5	236.800	25,91	72,5	243.800	25,99	72,5	242.500	26,17	72,5	249.700	26,50
73,0	238.100	25,94	73,0	242.400	25,92	73,0	250.400	26,00	73,0	249.600	26,19	73,0	258.400	26,52

MP-09C														
Fecha de Campaña														
15-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			07-09-2020			09-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
74,0	240.600	25,95	74,0	245.100	25,93	74,0	253.200	26,00	74,0	252.700	26,19	74,0	261.400	26,54
76,0	241.000	25,99	76,0	245.600	25,97	76,0	254.200	26,04	76,0	254.200	26,23	76,0	262.600	26,57
78,0	240.900	26,03	78,0	245.400	26,01	78,0	254.500	26,08	78,0	254.900	26,26	78,0	262.900	26,61
80,0	237.900	26,07	80,0	243.800	26,05	80,0	250.800	26,13	80,0	254.000	26,29	80,0	261.900	26,64
82,0	233.100	26,12	82,0	240.100	26,09	82,0	247.400	26,17	82,0	254.900	26,34	82,0	258.400	26,69
84,0	232.400	26,17	84,0	239.800	26,13	84,0	247.000	26,21	84,0	250.500	26,39	84,0	258.000	26,73
86,0	230.700	26,21	86,0	239.400	26,15	86,0	245.800	26,25	86,0	250.500	26,42	86,0	257.900	26,78
88,0	230.100	26,23	88,0	239.400	26,22	88,0	245.700	26,30	88,0	250.400	26,47	88,0	257.700	26,82
90,0	228.900	26,28	90,0	239.200	26,24	90,0	245.400	26,34	90,0	250.400	26,52	90,0	257.500	26,87
									91,0	250.400	26,52			
									92,0	250.300	26,54			
									93,0	250.200	26,57			

Fuente: Elaboración propia

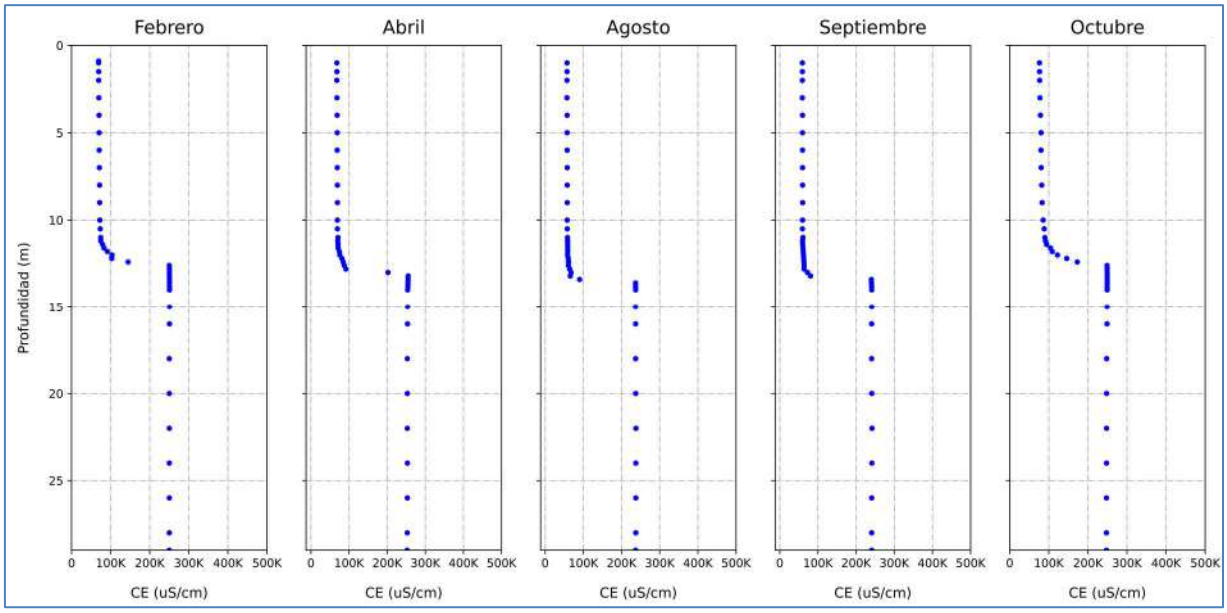
A continuación, se muestra la descripción de los resultados obtenidos durante las campañas del año 2020, en conjunto con su representación gráfica y comparación con el registro histórico. En los gráficos presentados para el registro histórico anual las series se separan en trimestres para una mejor representación.

En general se observa una mayor dispersión durante los años 2013, 2014 y 2015 en el registro histórico, debido a la utilización de un equipo con baja precisión para la medición de conductividad eléctrica en medios de alta salinidad.

5.7.1.1 MP-01C

Durante el año 2020 posición de la interfase salina se mantiene entre los 11,5 y 13 m de profundidad en el punto MP-01C (Figura 5-59). Se observa una leve variación durante el año, mostrando su mayor profundidad durante el mes de agosto y luego retornando a los valores de la primera campaña del año durante octubre de 2020.

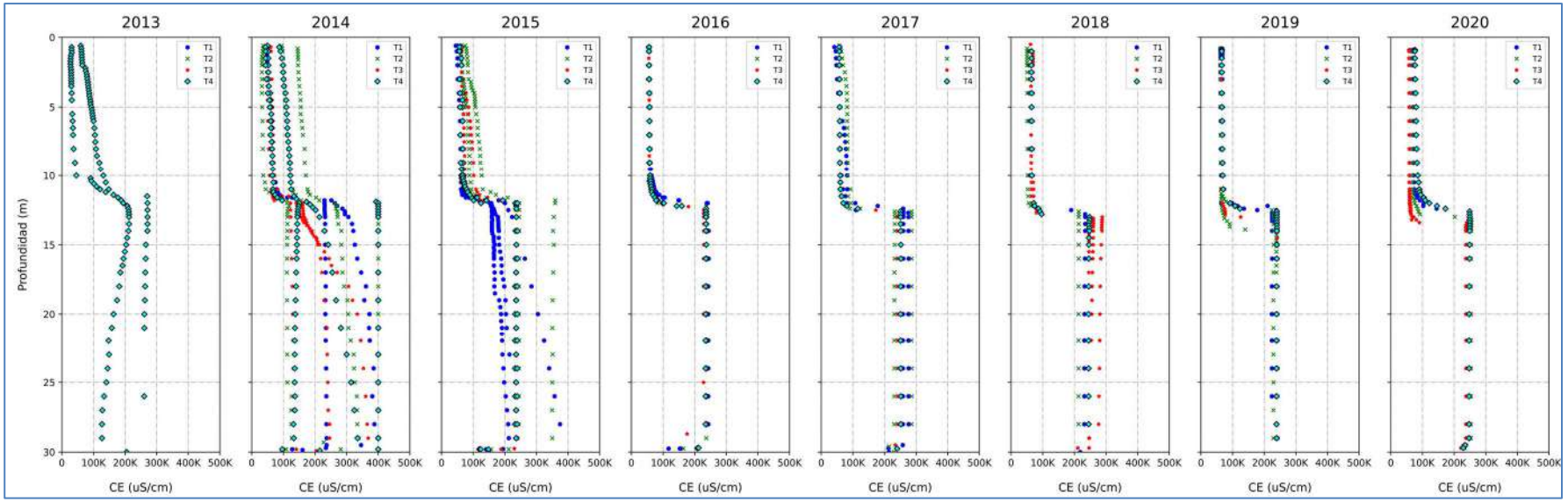
Figura 5-59 Perfiles de C.E. en el punto MP-01C año 2020



Fuente: Elaboración propia

Es relevante mencionar que todos los resultados históricos son adecuados para identificar la posición de la Interfase Salina (Figura 5-60), la cual corresponde a una zona o franja, y para este pozo MP-01C se presenta entre los 11 y 14 m de profundidad durante todos los años en los que se tiene registro.

Figura 5-60 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-01C



Fuente: Elaboración propia

5.7.1.2 MP-03C

El punto MP-03C muestra un patrón escalonado en la conductividad durante las mediciones del año 2020 (Figura 5-61), coincidente con lo observado históricamente (Figura 5-62). La interfase salina ha sido reconocida entre los 17 y 21 m de profundidad en las campañas del año 2020.

Los registros históricos muestran una situación similar a lo observado durante el 2020, con una interfase salina ubicada también, entre los 17 y 21 m de profundidad, donde no se registra una variación notable en su posición (Figura 5-62).

5.7.1.3 MP-04C

La información levantada en las campañas de 2020 (Figura 5-63) en este punto muestra una interfase salina con una posición constante, con un aumento gradual de la conductividad eléctrica alrededor de los 50 m, en un tramo de aproximadamente 5 m.

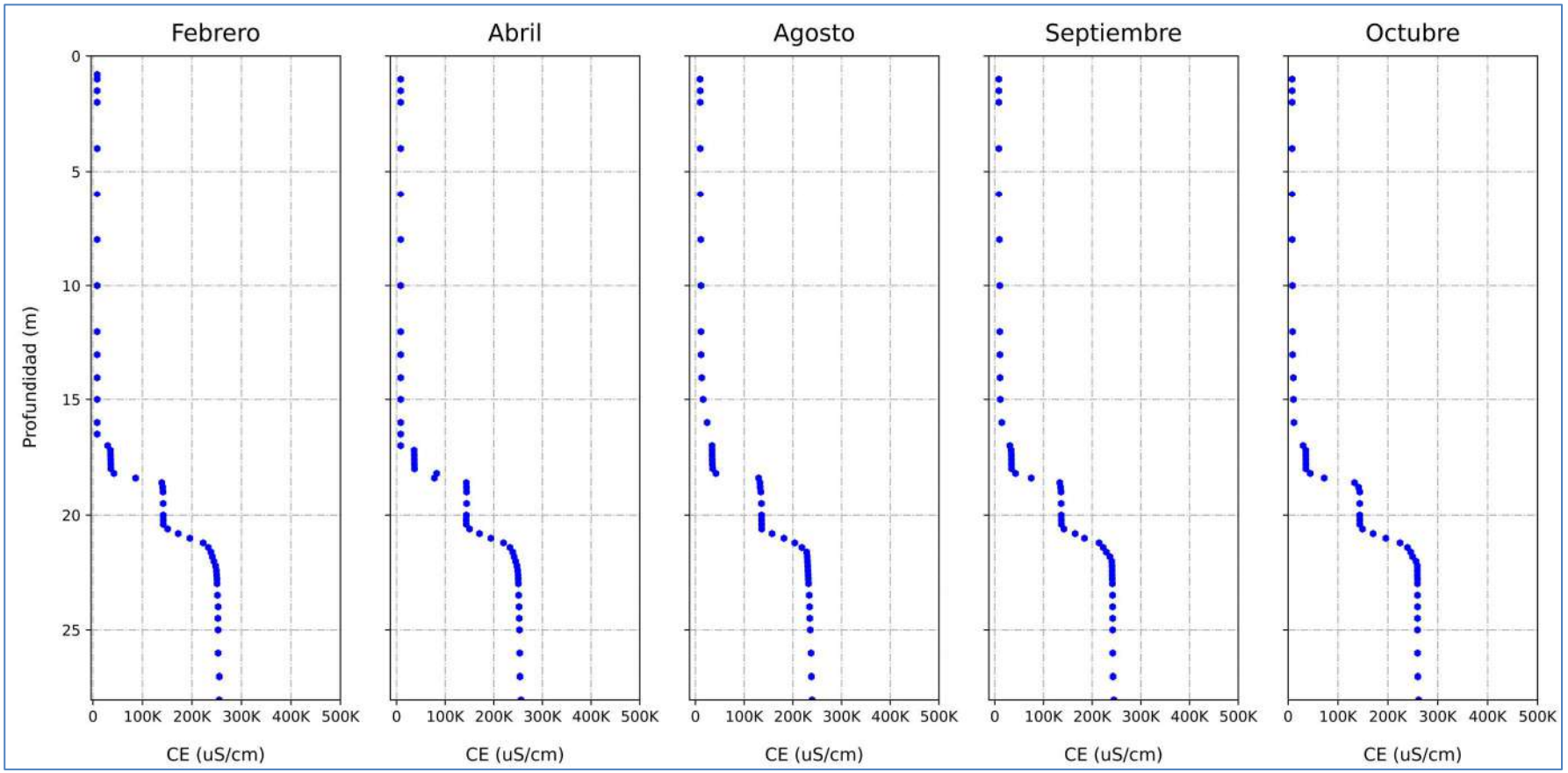
El registro histórico indica que la interfase salina ha mantenido una posición constante en este punto (Figura 5-64), aumentando la conductividad eléctrica de manera gradual a una profundidad de aproximadamente 50 m.

5.7.1.4 MP-05C

Los perfiles realizados durante el año 2020 en el punto MP-05C no muestran cambios notables en la posición de la interfase salina, ubicada entre los 14 y 30 m de profundidad (Figura 5-65). En todas las campañas se observa un aumento gradual de la conductividad desde aproximadamente 14 m bajo la superficie, variando a un patrón escalonado hasta los 27 m de profundidad para estabilizarse en los 30 metros de profundidad.

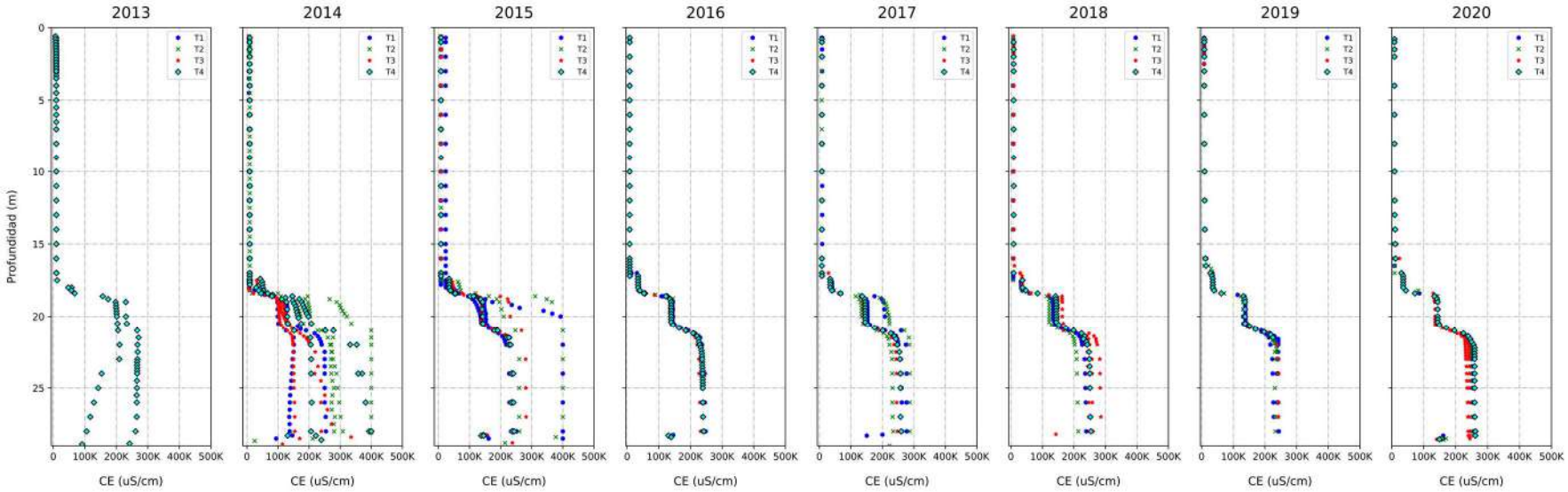
En general, el registro histórico muestra una posición de la interfase salina estable, en torno a los 25 m de profundidad. El registro de abril de 2019 muestra una desviación a esta tendencia, con un aumento escalonado de la conductividad eléctrica.

Figura 5-61 Perfiles de C.E. en el punto MP-03C año 2020



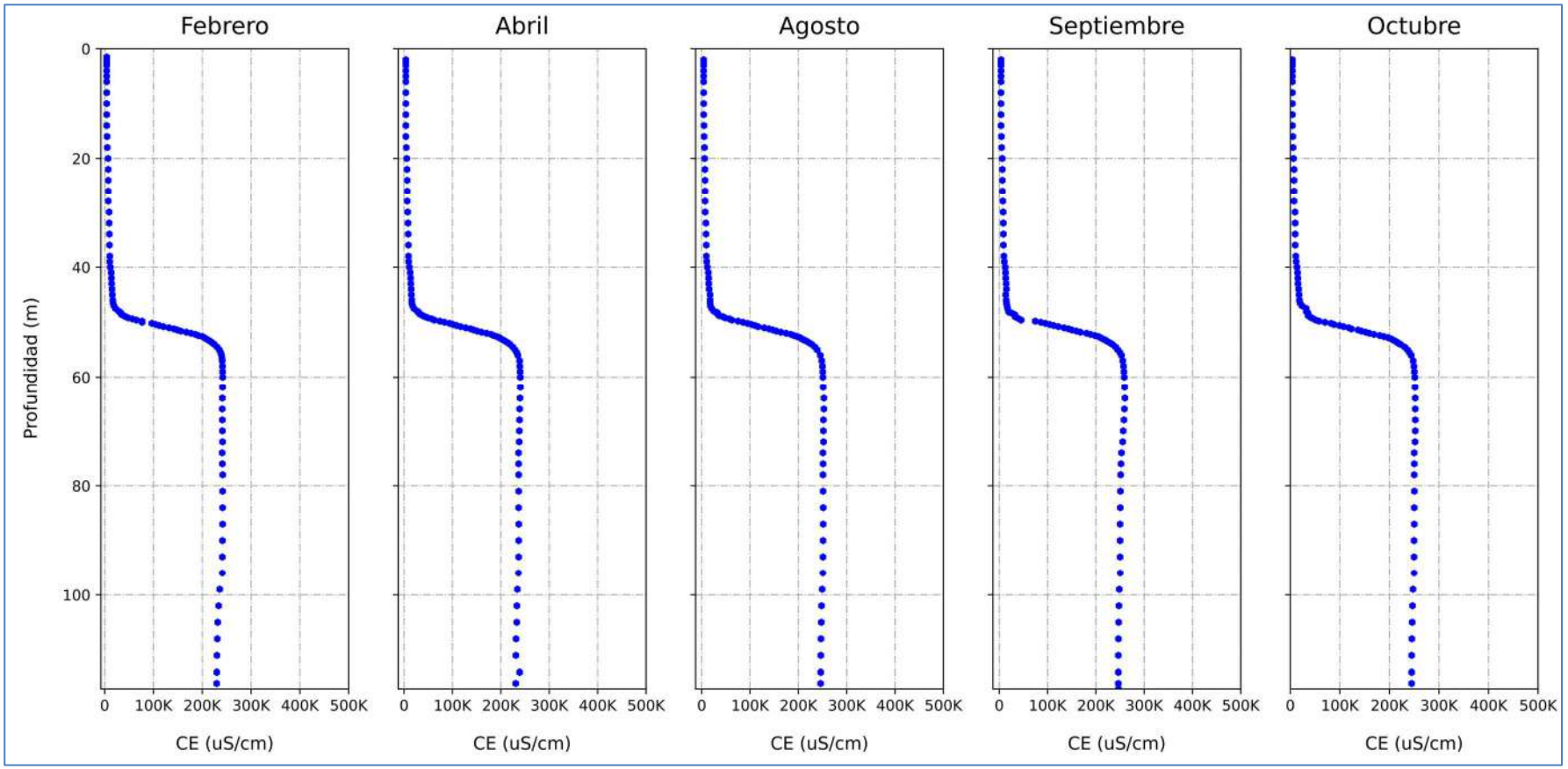
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-62 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-03C



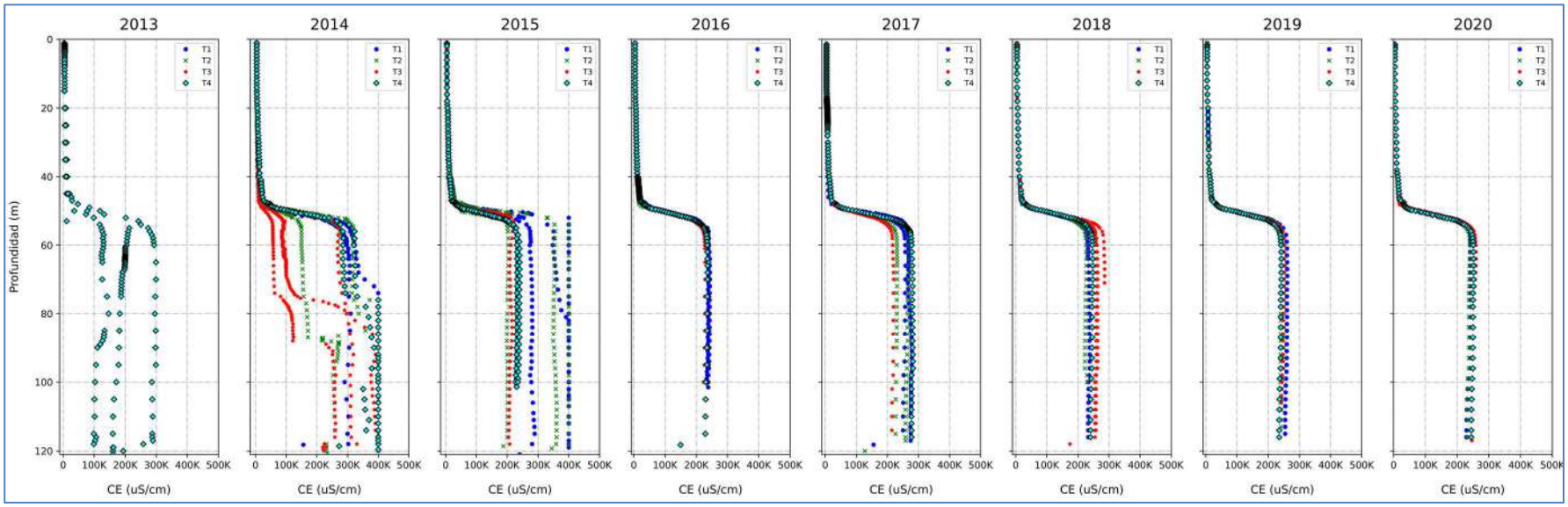
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-63 Perfiles de C.E. en el punto MP-04C año 2020



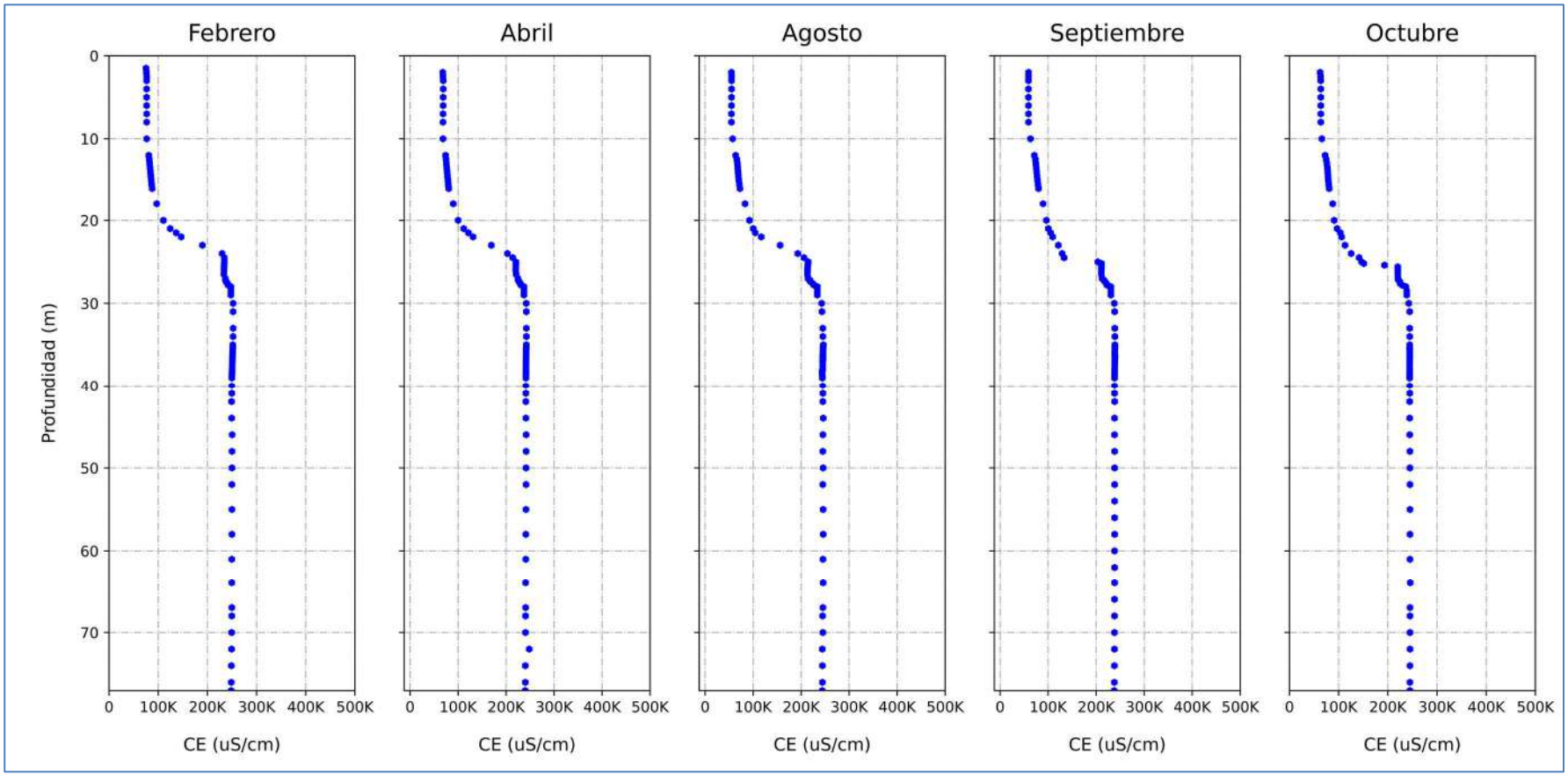
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-64 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-04C



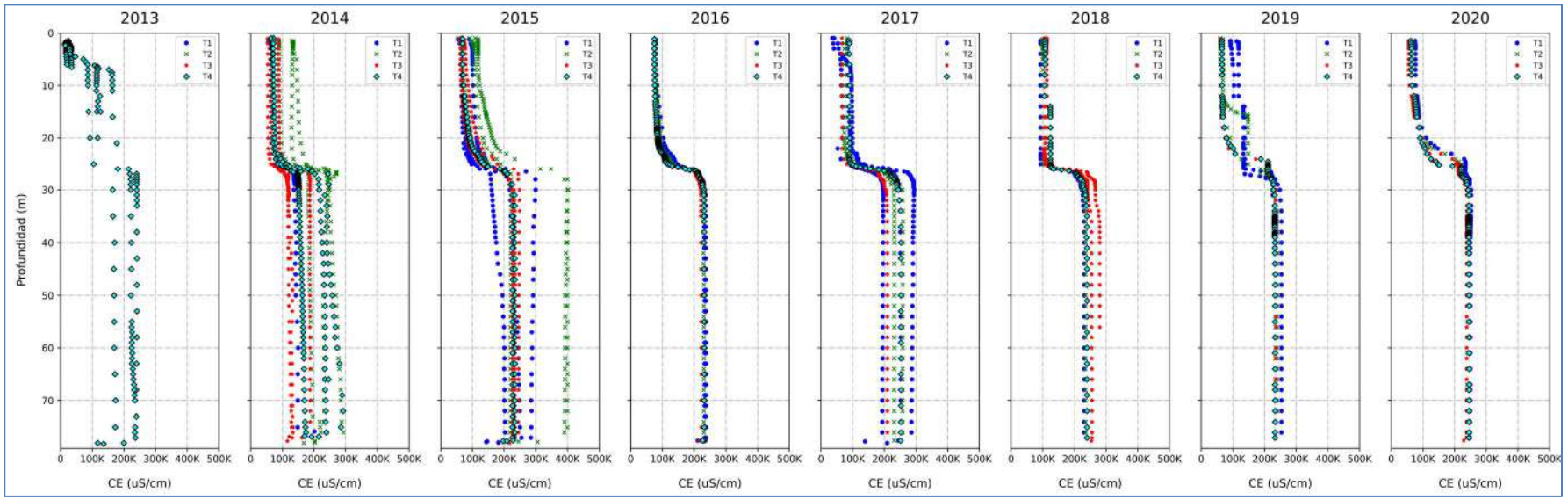
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-65 Perfiles de C.E. en el punto MP-05C año 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-66 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-05C



Fuente: Elaboración propia

5.7.1.5 MP-06C

En la Figura 5-67 se muestran los resultados de las mediciones de conductividad eléctrica de las campañas del año 2020 en el punto MP-06C. Los resultados muestran un patrón escalonado similar en todas mediciones entre los 20 y 40 m. La interfase salina no muestra variaciones en su posición para el período del presente PSAH.

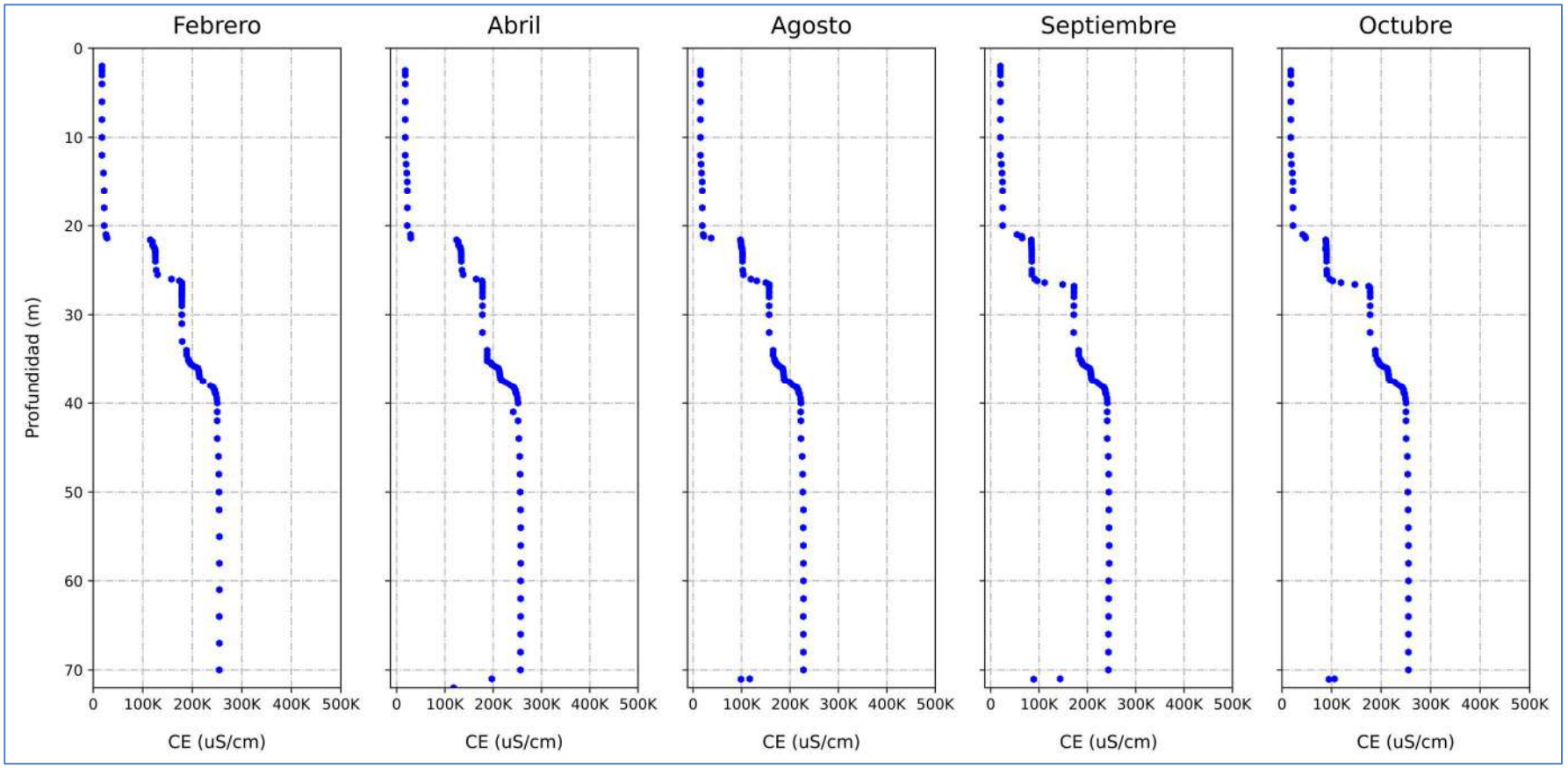
En comparación con el registro histórico (Figura 5-68), los nuevos registros no muestran cambios con respecto lo observado en años anteriores, donde la interfase salina se mantiene entre los 20 y 40 m de profundidad, mostrando un patrón escalonado.

5.7.1.6 MP-09C

Los perfiles realizados durante el año 2020 en el punto MP-09C muestra que la interfase salida se encuentra a aproximadamente 70 m, con un aumento gradual de la conductividad eléctrica en un tramo de aproximadamente 3 m (Figura 5-69).

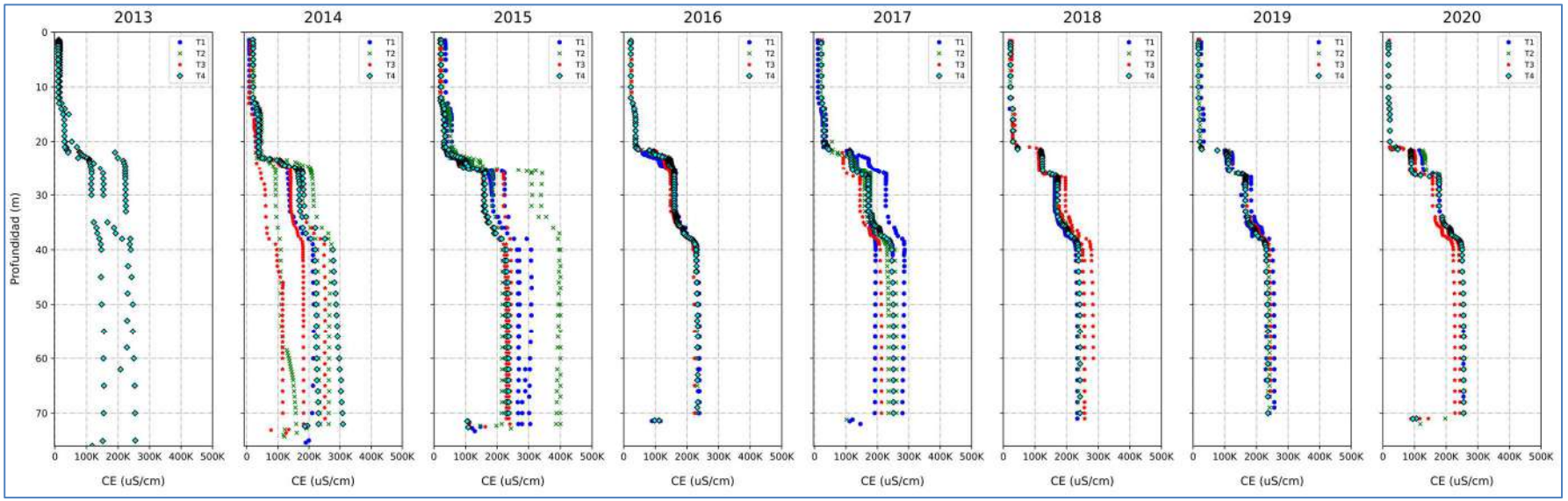
Los registros históricos muestran las mismas características que lo observado durante el año 2020, no registrándose cambios importantes desde el inicio del registro.

Figura 5-67 Perfiles de C.E. en el punto MP-06C año 2020



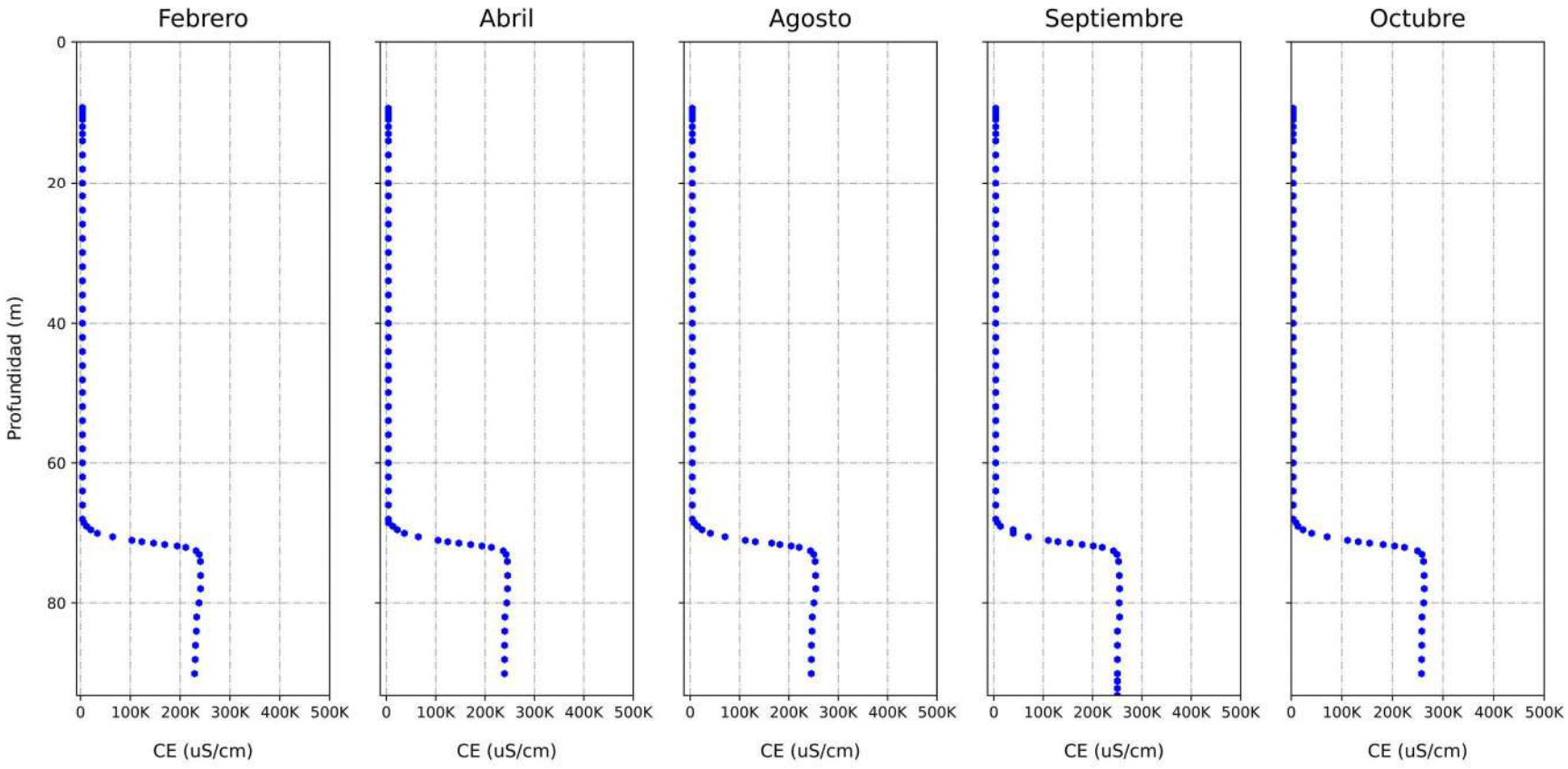
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-68 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-06C



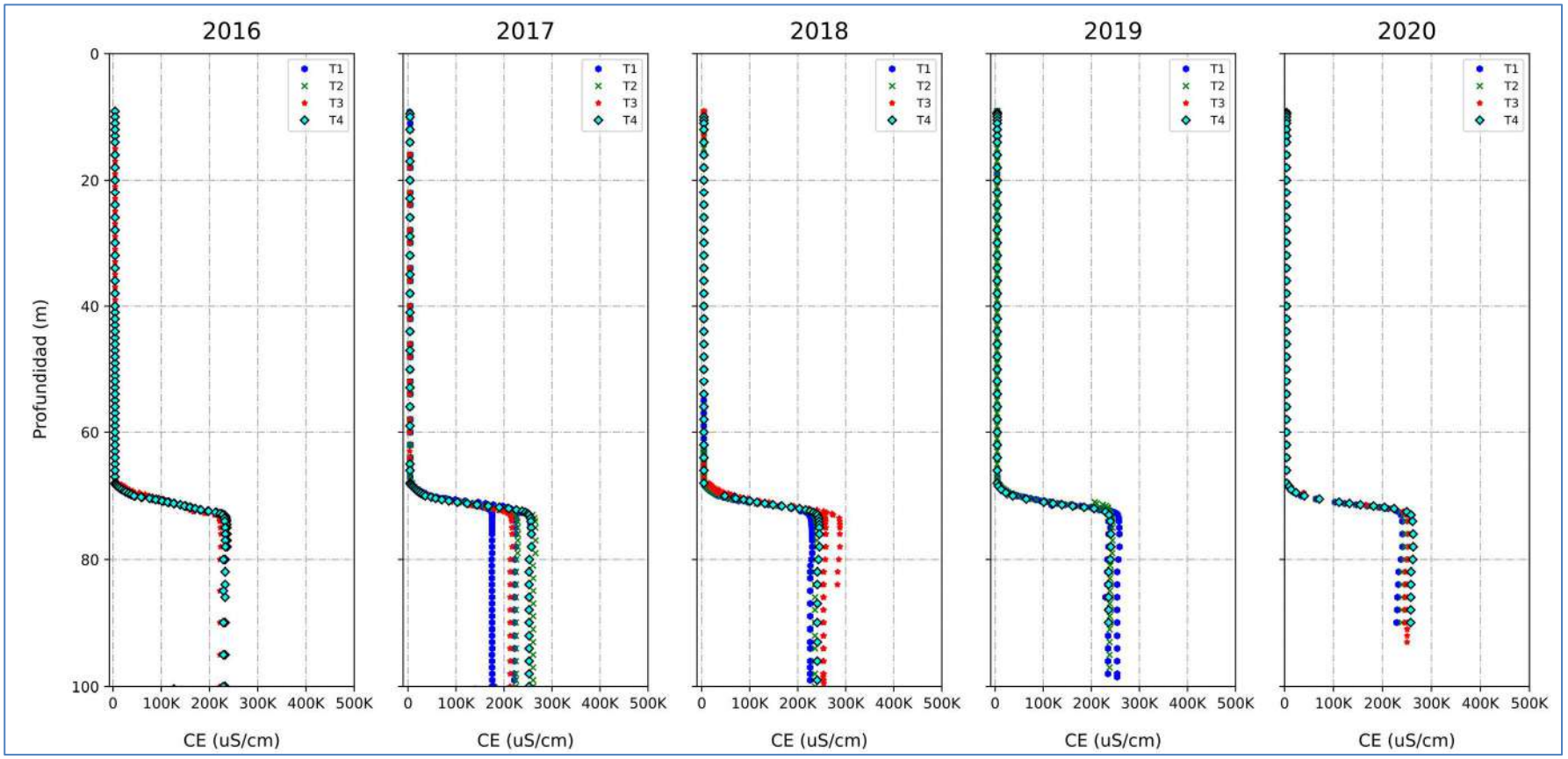
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-69 Perfiles de C.E. en el punto MP-09C año 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-70 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-09C

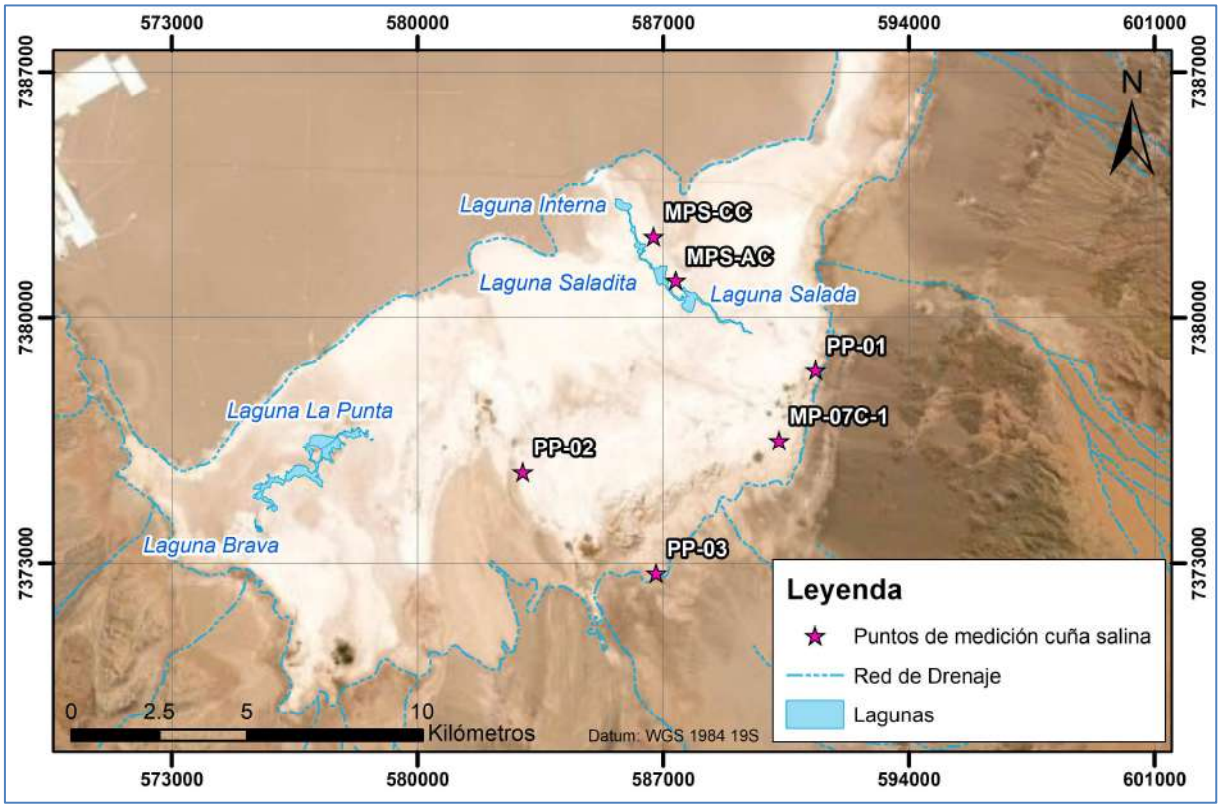


Fuente: Elaboración propia

5.7.2 Sector Peine

En la Figura 5-71 se muestra la ubicación de los puntos comprometidos para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el sector Peine. Estos corresponden a los pozos: MP-07C-1, PP-01, PP-02, PP-03, MPS-AC y MPS-CC.

Figura 5-71 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se indican los resultados de los perfiles conductividad eléctrica y temperatura en profundidad de cada uno de los puntos monitoreados en las campañas del año 2020. Asimismo, en el Anexo G de este Informe se encuentran los resultados de las campañas históricas.

Tabla 5-32 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-07C-1 campañas año 2020

MP-07C-1														
Fecha de Campaña														
06-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,0	12.460	20,86	1,0	12.310	20,56	1,0	10.650	19,97	1,0	9.926	19,70	1,0	11.350	20,02
1,5	12.430	20,79	1,5	12.300	20,56	1,5	10.650	20,05	1,5	9.988	20,13	1,5	11.340	20,07
2,0	12.430	20,79	2,0	12.300	20,60	2,0	10.650	20,19	2,0	9.995	20,33	2,0	11.330	20,21
4,0	12.430	20,78	4,0	12.300	20,60	4,0	10.640	20,43	4,0	9.974	20,65	4,0	11.330	20,44
5,0	12.810	20,82	5,0	12.340	20,77	5,0	10.860	20,57	5,0	10.140	20,77	5,0	11.330	20,51
6,0	12.820	20,84	6,0	12.350	20,77	6,0	10.930	20,64	6,0	10.130	20,80	6,0	11.550	20,61
8,0	12.820	20,83	8,0	12.380	20,78	8,0	10.940	20,66	8,0	10.130	20,81	8,0	11.540	20,63
10,0	12.830	20,84	10,0	12.420	20,78	10,0	10.940	20,66	10,0	10.130	20,82	10,0	11.540	20,62
12,0	12.820	20,84	12,0	12.460	20,79	12,0	10.940	20,66	12,0	10.130	20,82	12,0	11.530	20,63
14,0	12.820	20,84	14,0	12.480	20,79	14,0	10.930	20,67	14,0	10.140	20,82	14,0	11.520	20,63
16,0	12.830	20,83	16,0	12.480	20,79	16,0	10.930	20,67	16,0	10.140	20,82	16,0	11.510	20,63
18,0	12.830	20,83	18,0	12.480	20,79	18,0	10.930	20,67	18,0	10.150	20,82	18,0	11.510	20,63
20,0	12.850	20,84	20,0	12.510	20,80	20,0	10.920	20,67	20,0	10.140	20,82	20,0	11.530	20,63
22,0	12.840	20,83	22,0	12.480	20,80	22,0	10.900	20,67	22,0	10.160	20,83	22,0	11.530	20,63
24,0	12.870	20,84	24,0	12.520	20,80	24,0	11.000	20,67	24,0	10.200	20,82	24,0	11.590	20,63
25,0	13.070	20,85	25,0	12.700	20,80	25,0	11.130	20,68	25,0	10.300	20,84	25,0	11.890	20,65
26,0	13.033	20,88	26,0	13.100	20,85	26,0	11.410	20,71	26,0	10.590	20,86	26,0	12.130	20,67
26,5	13.760	20,91	26,5	14.000	20,85	26,5	11.770	20,73	26,5	10.940	20,87	26,5	12.310	20,69
27,0	24.640	21,11	27,0	24.540	21,96	27,0	24.620	21,51	27,0	22.670	20,84	27,0	14.540	21,03
27,5	24.800	22,10	27,5	24.640	21,96	27,5	24.890	22,00	27,5	23.010	22,08	27,5	25.620	21,82
28,0	24.900	22,12	28,0	24.970	22,12	28,0	25.030	22,03	28,0	23.030	22,14	28,0	25.720	21,97
29,0	25.240	22,16	29,0	25.330	22,12	29,0	25.760	22,10	29,0	23.770	22,21	29,0	26.500	22,06
30,0	26.590	22,28	30,0	26.770	22,30	30,0	27.570	22,24	30,0	25.580	22,36	30,0	28.140	22,18
32,0	27.510	22,40	32,0	27.850	22,30	32,0	29.270	22,39	32,0	27.270	22,50	32,0	29.460	22,30

MP-07C-1														
Fecha de Campaña														
06-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
34,0	27.520	22,41	34,0	27.910	22,43	34,0	29.550	22,45	34,0	27.680	22,58	34,0	29.890	22,36
36,0	27.580	22,42	36,0	27.910	22,43	36,0	29.600	22,46	36,0	27.670	22,59	36,0	29.890	22,37
38,0	27.530	22,42	38,0	27.890	22,42	38,0	29.620	22,46	38,0	27.670	22,59	38,0	29.890	22,37
40,0	27.550	22,42	40,0	27.870	22,42	40,0	29.450	22,46	40,0	27.650	22,58	40,0	29.930	22,38
42,0	27.500	22,41	42,0	27.890	22,42	42,0	29.630	22,47	42,0	27.680	22,59	42,0	29.910	22,38
44,0	27.560	22,42	44,0	27.870	22,42	44,0	29.600	22,46	44,0	27.670	22,59	44,0	29.910	22,38
46,0	27.570	22,42	46,0	27.870	22,42	46,0	29.680	22,46	46,0	27.690	22,59	46,0	29.910	22,38
48,0	27.510	22,41	48,0	27.900	22,42	48,0	29.640	22,47	48,0	27.730	22,59	48,0	29.910	22,38
50,0	27.570	22,42	50,0	27.930	22,43	50,0	29.570	22,46	50,0	27.680	22,59	50,0	29.910	22,38
52,0	27.570	22,42	52,0	27.940	22,43	52,0	29.620	22,47	52,0	27.410	22,57	52,0	29.810	22,37
54,0	27.290	22,39	54,0	27.860	22,42	54,0	28.680	22,39	54,0	26.910	22,52	54,0	29.110	22,29
56,0	26.710	22,33	56,0	27.430	22,42	56,0	28.660	22,37	56,0	26.920	22,51	56,0	29.130	22,29
58,0	26.190	22,28	58,0	26.740	22,30	58,0	28.650	22,37	58,0	26.940	22,51	58,0	29.110	22,30
60,0	30.060	22,29	60,0	33.170	22,30	60,0	29.430	22,39	60,0	29.520	22,54	60,0	29.740	22,30
60,5	33.900	22,51	60,5	34.360	22,50	60,5	36.810	22,55	60,5	34.910	22,70	60,5	36.920	22,44
61,0	33.910	22,53	61,0	34.520	22,50	61,0	36.980	22,58	61,0	35.080	22,71	61,0	36.920	22,50
61,5	34.310	22,53	61,5	34.990	22,52	61,5	37.320	22,58	61,5	35.320	22,72	61,5	37.190	22,50
62,0	35.280	22,55	62,0	36.060	22,52	62,0	37.820	22,59	62,0	35.790	22,72	62,0	37.350	22,51
62,5	35.600	22,58	62,5	36.060	22,56	62,5	38.350	22,60	62,5	36.160	22,74	62,5	38.550	22,53
63,0	35.870	22,59	63,0	36.920	22,56	63,0	39.290	22,59	63,0	36.500	22,73	63,0	39.610	22,54
63,1	138.300	22,64	63,1	146.500	22,65	63,1	39.840	22,58	63,1	36.770	22,73	63,1	38.690	22,54
63,2	138.400	22,66	63,2	146.700	22,65	63,2	143.600	22,65	63,2	45.620	22,80	63,2	38.850	22,54
63,3	138.400	22,66	63,3	146.900	22,66	63,3	144.500	22,72	63,3	142.800	22,85	63,3	38.970	22,55
63,5	138.400	22,66	63,5	147.000	22,66	63,5	144.700	22,73	63,5	142.900	22,86	63,5	142.000	22,59
64,0	138.400	22,66	64,0	147.100	22,66	64,0	144.900	22,72	64,0	143.000	22,87	63,6	142.000	22,65

MP-07C-1														
Fecha de Campaña														
06-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
65,0	138.500	22,66	65,0	147.200	22,66	65,0	145.200	22,73	65,0	143.100	22,86	64,0	142.000	22,65
66,0	138.500	22,66	66,0	147.200	22,66	66,0	145.200	22,73	66,0	143.100	22,86	65,0	142.100	22,65
68,0	138.600	22,66	68,0	147.300	22,66	68,0	145.500	22,73	68,0	143.100	22,86	66,0	142.100	22,65
70,0	138.700	22,67	70,0	147.400	22,66	70,0	145.600	22,73	70,0	143.200	22,86	68,0	142.100	22,65
72,0	138.700	22,67	72,0	147.400	22,66	72,0	145.800	22,73	72,0	143.200	22,87	70,0	142.100	22,65
74,0	138.700	22,67	74,0	147.400	22,66	74,0	145.800	22,73	74,0	143.300	22,86	72,0	142.100	22,65
76,0	138.800	22,67	76,0	147.400	22,66	76,0	145.900	22,73	76,0	143.200	22,87	74,0	142.100	22,65
78,0	138.700	22,66	78,0	147.400	22,66	78,0	145.900	22,73	78,0	143.200	22,87	76,0	142.100	22,65
80,0	138.700	22,66	80,0	147.400	22,67	80,0	145.900	22,73	80,0	143.100	22,86	78,0	142.100	22,65
82,0	138.800	22,67	82,0	147.300	22,67	82,0	145.900	22,73	82,0	143.300	22,87	80,0	142.100	22,65
84,0	138.800	22,67	84,0	147.300	22,67	84,0	145.900	22,73	84,0	143.200	22,87	82,0	142.100	22,65
86,0	138.700	22,67	86,0	147.300	22,67	86,0	145.900	22,73	86,0	143.200	22,87	84,0	142.100	22,65
88,0	146.400	22,68	88,0	156.100	22,67	88,0	146.200	22,73	88,0	143.500	22,87	86,0	142.100	22,66
89,0	146.800	22,69	89,0	156.300	22,69	89,0	156.000	22,75	89,0	153.300	22,89	87,0	142.100	22,66
90,0	146.800	22,69	90,0	156.600	22,69	90,0	156.100	22,76	90,0	153.300	22,90	88,0	142.100	22,66
92,0	147.400	22,70	92,0	157.100	22,70	92,0	156.600	22,76	92,0	153.400	22,90	89,0	151.700	22,68
93,0	147.800	22,70	93,0	157.500	22,70	93,0	157.000	22,76	94,0	154.600	22,91	90,0	151.700	22,68
94,0	148.700	22,70	94,0	158.700	22,70	94,0	157.500	22,76	95,0	156.000	22,91	92,0	151.700	22,68
95,0	149.400	22,71	95,0	159.000	22,70	95,0	158.700	22,76	95,5	155.600	22,90	93,0	152.000	22,68
95,5	149.800	22,70	95,5	159.300	22,70	95,5	158.900	22,77	96,0	156.900	22,91	94,0	152.700	22,69
96,0	150.600	22,70	96,0	160.000	22,70	96,0	159.600	22,77	96,5	160.500	22,91	95,0	153.500	22,69
96,5	153.100	22,72	96,5	163.600	22,72	96,5	163.000	22,78	97,0	165.400	22,93	95,5	154.200	22,69
97,0	158.100	22,73	97,0	169.300	22,72	97,0	167.900	22,79	97,2	188.600	22,99	96,0	153.800	22,69
97,2	159.500	22,74	97,2	171.000	22,74	97,2	190.200	22,88	97,4	189.300	23,05	96,5	154.800	22,70
97,4	174.100	22,84	97,4	189.100	22,74	97,4	190.400	22,91	97,6	189.300	23,05	97,0	158.700	22,71

MP-07C-1														
Fecha de Campaña														
06-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
97,6	182.400	22,84	97,6	195.400	22,86	97,6	190.800	22,91	97,8	189.400	23,05	97,2	162.200	22,72
97,8	182.000	22,86	97,8	195.600	22,86	97,8	191.000	22,91	98,0	189.000	23,05	97,4	164.600	22,73
98,0	182.900	22,86	98,0	195.500	22,87	98,0	191.000	22,91	98,2	188.900	23,05	97,6	185.400	22,74
98,2	182.500	22,86	98,2	196.100	22,87	98,2	190.300	22,90	98,4	189.200	23,05	97,8	185.500	22,85
98,4	182.700	22,86	98,4	195.900	22,87	98,4	190.900	22,91	98,6	189.900	23,06	98,0	185.400	22,85
98,6	182.300	22,86	98,6	195.700	22,87	98,6	191.500	22,91	98,8	188.900	23,05	98,2	185.400	22,85
98,8	182.800	22,86	98,8	195.600	22,86	98,8	191.100	22,91	99,0	188.700	23,06	98,4	186.000	22,85
99,0	182.300	22,86	99,0	195.700	22,86	99,0	190.300	22,91	99,5	188.900	23,05	98,6	185.500	22,84
99,5	182.600	22,86	99,5	197.000	22,88	99,5	191.400	22,91	100,0	188.000	23,05	98,8	185.300	22,85
100,0	184.300	22,86	100,0	198.600	22,88	100,0	190.900	22,90	100,2	195.100	23,03	99,0	185.700	22,85
100,2	190.100	22,86	100,2	198.200	22,87	100,2	199.500	22,90	100,4	176.200	23,02	99,5	185.900	22,85
100,4	181.300	22,81	100,4	191.800	22,87	100,4	176.600	22,84	100,6	173.100	22,96	100,0	188.300	22,84
100,6	159.800	22,75	100,6	187.300	22,88	100,6	166.700	22,81	100,8	259.900	23,67	100,2	188.300	22,85
100,8	246.000	22,67	100,8	236.600	22,80	100,8	261.200	23,47	101,0	258.500	23,96	100,4	183.100	22,85
101,0	245.000	23,76	101,0	262.800	23,78	101,0	258.300	23,83	101,5	258.700	23,98	100,6	189.800	22,84
101,5	243.700	23,79	101,5	262.500	23,78	101,5	257.200	23,87	102,0	258.600	24,01	100,8	176.600	23,77
102,0	243.800	23,80	102,0	262.200	23,81	102,0	256.200	23,87	102,5	258.600	24,02	101,0	204.800	23,04
102,5	242.500	23,81	102,5	261.800	23,81	102,5	255.200	23,88	103,0	258.600	24,02	101,5	250.400	23,62
103,0	242.100	23,82	103,0	261.500	23,82	103,0	255.500	23,88	104,0	258.600	24,02	102,0	250.000	23,77
104,0	242.600	23,83	104,0	261.100	23,82	104,0	254.500	23,88	106,0	258.600	24,03	102,5	249.700	23,81
106,0	240.500	23,82	106,0	260.500	23,83	106,0	254.300	23,87	108,0	258.600	24,01	103,0	249.700	23,81
108,0	239.800	23,83	108,0	260.000	23,83	108,0	253.800	23,89	110,0	258.600	24,03	104,0	249.700	23,81
110,0	239.200	23,83	110,0	259.500	23,83	110,0	253.000	23,88	112,0	258.600	24,03	106,0	249.600	23,81
112,0	238.700	23,84	112,0	259.100	23,83	112,0	252.800	23,89	114,0	258.600	24,04	108,0	249.500	23,81
114,0	238.000	23,83	114,0	258.500	23,85	114,0	252.400	23,90	117,0	258.500	24,06	110,0	249.400	23,82

MP-07C-1														
Fecha de Campaña														
06-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
117,0	237.700	23,84	117,0	258.500	23,85	117,0	251.800	23,93	120,0	258.300	24,10	112,0	249.700	23,82
120,0	236.500	23,92	120,0	257.200	23,86	120,0	251.600	23,96	123,0	258.200	24,11	114,0	249.700	23,83
123,0	236.000	23,92	123,0	256.900	23,93	123,0	251.100	23,97	126,0	258.000	24,19	117,0	249.300	23,85
126,0	235.500	23,96	126,0	256.500	23,93	126,0	251.200	24,02	129,0	258.100	24,21	120,0	248.900	23,89
129,0	235.300	24,01	129,0	256.100	24,03	129,0	250.700	24,07	132,0	258.100	24,24	123,0	249.000	23,71
132,0	234.900	24,04	132,0	255.600	24,04	132,0	250.400	24,09	135,0	258.200	24,25	126,0	249.100	23,92
135,0	234.500	24,06	135,0	253.700	24,14	134,7	247.300	24,13	136,0	258.100	24,35	129,0	249.000	23,99
136,0	234.000	24,86	136,0	253.400	24,14				137,0	258.100	24,37	132,0	249.000	24,03
			137,0	252.800	24,16				137,5	258.100	24,39	135,0	249.000	24,05
			137,5	252.600	24,20				138,0	258.100	24,39	136,0	248.800	24,07
			138,0	252.300	24,20				138,5	258.100	24,40	138,5	258.100	24,40
			138,5	252.000	24,22				139,0	258.100	24,41	139,0	258.100	24,41
			139,0	251.800	24,22				139,5	258.000	24,41	139,5	258.000	24,41
			139,5	251.200	24,23				139,6	258.100	24,41	139,6	258.100	24,41
			139,6	250.800	24,23									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-33 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-01 campañas año 2020

PP-01														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,4	14.720	20,60	1,4	13.950	21,09	1,4	13.660	18,68	1,4	12.490	18,20	1,4	12.380	18,73
1,5	14.800	20,47	1,5	14.020	21,18	1,5	13.680	18,76	1,5	12.570	18,52	1,5	12.400	18,81
2,0	15.210	20,30	2,0	14.310	20,92	2,0	14.210	18,90	2,0	12.690	18,81	2,0	12.640	18,98
2,2	15.290	20,23	2,2	15.250	20,92	2,2	14.210	18,96	2,2	12.640	18,89	2,2	12.680	19,04
2,4	17.380	20,12	2,4	16.110	20,74	2,4	14.250	19,10	2,4	12.660	18,92	2,4	12.750	19,05
2,6	17.580	20,11	2,6	16.380	20,74	2,6	14.510	19,13	2,6	12.720	18,95	2,6	12.920	19,05
2,8	18.290	20,11	2,8	16.790	20,71	2,8	15.560	19,15	2,8	12.980	18,97	2,8	13.070	19,06
3,0	21.260	20,19	3,0	19.740	20,71	3,0	19.220	19,24	3,0	13.390	19,00	3,0	13.520	19,09
4,0	31.510	20,22	4,0	29.590	20,26	4,0	29.680	20,02	4,0	30.820	19,63	4,0	31.770	20,38
6,0	31.550	20,22	6,0	29.630	20,25	6,0	29.910	20,28	6,0	30.460	20,35	6,0	31.760	20,74
8,0	31.490	20,24	8,0	29.700	20,25	8,0	30.010	20,34	8,0	30.490	20,40	8,0	31.770	20,77
10,0	31.470	20,26	10,0	29.810	20,28	10,0	30.030	20,34	10,0	30.570	20,41	10,0	31.760	20,78
12,0	31.460	20,26	12,0	29.900	20,28	12,0	30.030	20,34	12,0	30.730	20,46	12,0	31.770	20,76
14,0	31.440	20,27	14,0	29.880	20,31	14,0	30.040	20,34	14,0	30.760	20,49	14,0	31.750	20,79
16,0	31.480	20,29	16,0	29.870	20,31	16,0	30.000	20,35	16,0	30.770	20,50	16,0	31.720	20,80
18,0	31.550	20,32	18,0	29.820	20,33	18,0	30.000	20,36	18,0	30.700	20,51	18,0	31.710	20,82
20,0	31.670	20,34	20,0	29.820	20,33	20,0	29.990	20,38	20,0	30.730	20,53	20,0	31.690	20,83
22,0	31.800	20,35	22,0	29.830	20,35	22,0	30.020	20,39	22,0	30.740	20,54	22,0	31.670	20,84
24,0	32.040	20,36	24,0	29.840	20,35	24,0	30.070	20,40	24,0	30.760	20,54	24,0	31.820	20,85
26,0	32.180	20,37	26,0	29.870	20,35	26,0	30.120	20,42	26,0	30.790	20,54	26,0	32.070	20,88
27,0	32.210	20,38	27,0	29.880	20,35	27,0	30.220	20,43	27,0	48.930	20,55	27,0	32.230	20,89
28,0	32.360	20,38	28,0	29.920	20,36	28,0	30.290	20,43	28,0	50.740	20,55	28,0	32.380	20,90
28,5	47.640	20,41	28,5	48.870	20,36	28,5	48.240	20,49	28,5	52.450	20,58	28,5	49.710	20,96
29,0	48.860	20,43	29,0	50.460	20,49	29,0	49.640	20,57	29,0	50.740	20,75	29,0	52.070	21,09

PP-01														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
29,5	53.700	20,47	29,5	54.030	20,49	29,5	52.510	20,60	29,5	52.450	20,82	29,5	53.350	21,12
30,0	54.540	20,50	30,0	54.250	20,55	30,0	52.790	20,64	30,0	52.640	20,84	30,0	53.540	21,18
31,0	55.090	20,54	31,0	54.840	20,55	31,0	53.260	20,69	31,0	52.920	20,89	31,0	53.770	21,22
32,0	60.360	20,65	32,0	59.360	20,71	32,0	56.010	20,80	32,0	54.620	21,00	32,0	54.850	21,27
33,0	60.750	20,74	33,0	59.540	20,71	33,0	56.310	20,85	33,0	54.630	21,03	33,0	54.970	21,30
34,0	60.780	20,80	34,0	59.620	20,81	34,0	56.270	20,86	34,0	54.630	21,04	34,0	54.960	21,30
35,0	60.760	20,83	35,0	59.650	20,81	35,0	56.250	20,88	35,0	54.620	21,04	35,0	54.940	21,33
36,0	60.810	20,85	36,0	59.650	20,85	36,0	56.260	20,90	36,0	54.580	21,05	36,0	54.930	21,33
38,0	60.870	20,86	38,0	59.680	20,85	38,0	56.250	20,91	38,0	54.600	21,05	38,0	54.910	21,35
40,0	60.890	20,87	40,0	59.720	20,88	40,0	56.220	20,91	40,0	54.610	21,05	40,0	54.910	21,36
42,0	60.900	20,89	42,0	59.740	20,88	42,0	56.240	20,93	42,0	54.610	21,06	42,0	54.900	21,36
44,0	60.930	20,90	44,0	59.750	20,90	44,0	56.190	20,93	44,0	54.610	21,06	44,0	54.900	21,37
46,0	60.970	20,90	46,0	59.800	20,90	46,0	56.150	20,94	46,0	54.620	21,07	46,0	54.930	21,37
48,0	60.970	20,91	48,0	59.830	20,94	48,0	56.170	20,94	48,0	54.590	21,07	48,0	54.920	21,38
49,0	61.080	20,91	49,0	59.870	20,94	49,0	56.580	20,94	49,0	54.590	21,07	49,0	54.910	21,38
49,2	61.130	20,91	49,2	59.870	20,94	49,2	57.530	20,95	49,2	55.120	21,07	49,2	54.880	21,38
49,4	61.240	20,91	49,4	59.910	20,94	49,4	59.870	20,95	49,4	58.110	21,08	49,4	54.930	21,37
49,6	63.960	20,91	49,6	61.340	20,94	49,6	60.750	20,97	49,6	59.730	21,11	49,6	56.650	21,39
49,8	83.900	21,03	49,8	83.710	21,09	49,8	60.750	20,98	49,8	59.770	21,12	49,8	59.660	21,42
50,0	84.170	21,08	50,0	84.190	21,09	50,0	60.840	20,98	50,0	59.710	21,12	50,0	59.850	21,43
50,2	84.900	21,08	50,2	84.640	21,12	50,2	60.870	20,99	50,2	59.770	21,12	50,2	60.120	21,44
50,4	85.090	21,10	50,4	85.040	21,12	50,4	60.860	20,99	50,4	59.750	21,12	50,4	60.130	21,42
50,6	85.290	21,11	50,6	85.090	21,12	50,6	60.900	20,99	50,6	59.740	21,12	50,6	60.170	21,44
50,8	85.300	21,13	50,8	85.230	21,14	50,8	60.960	20,99	50,8	59.720	21,12	50,8	60.240	21,45
51,0	85.340	21,13	51,0	85.250	21,14	51,0	60.950	20,99	51,0	59.890	21,12	51,0	60.340	21,44

PP-01														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
53,0	85.280	21,15	53,0	85.280	21,16	53,0	104.600	21,10	53,0	104.800	21,24	53,0	106.900	21,58
55,0	85.420	21,15	55,0	85.300	21,16	55,0	115.700	21,20	55,0	105.400	21,26	55,0	118.600	21,67
57,0	85.390	21,15	57,0	85.270	21,18	57,0	115.800	21,22	57,0	116.200	21,38	57,0	118.600	21,70
59,0	85.970	21,16	59,0	85.850	21,18	59,0	125.500	21,32	59,0	123.500	21,45	59,0	127.200	21,82
61,0	86.350	21,16	61,0	86.320	21,20	61,0	130.500	21,44	61,0	130.000	21,57	61,0	131.700	21,91
61,2	86.460	21,16	61,2	86.380	21,20	61,2	131.300	21,49	61,2	130.600	21,63	61,2	132.000	21,95
61,4	86.650	21,16	61,4	86.620	21,20	61,4	131.200	21,51	61,4	130.600	21,64	61,4	132.200	21,96
61,6	133.800	21,27	61,6	135.400	21,20	61,6	131.100	21,51	61,6	130.700	21,65	61,6	132.200	21,97
61,8	134.700	21,32	61,8	136.100	21,34	61,8	131.100	21,51	61,8	130.600	21,64	61,8	132.200	21,99
62,0	137.800	21,33	62,0	138.400	21,34	62,0	131.100	21,51	62,0	130.600	21,64	62,0	132.200	21,99
62,5	138.500	21,38	62,5	140.000	21,42	62,5	131.000	21,51	62,5	130.600	21,65	62,5	132.200	22,00
63,0	138.700	21,39	63,0	140.000	21,42	63,0	130.900	21,51	63,0	130.600	21,65	63,0	132.200	22,00
64,0	138.700	21,39	64,0	139.900	21,42	64,0	130.900	21,51	64,0	130.600	21,64	64,0	132.100	21,99
66,0	138.800	21,39	66,0	139.900	21,42	66,0	130.700	21,52	66,0	130.600	21,65	66,0	132.100	22,00
68,0	138.800	21,39	68,0	139.900	21,42	68,0	130.700	21,52	68,0	130.600	21,66	68,0	132.100	22,02
70,0	138.700	21,40	70,0	139.800	21,43	70,0	130.600	21,53	70,0	130.600	21,66	70,0	132.100	22,01
71,0	138.700	21,40	71,0	139.700	21,43	71,0	130.600	21,53	71,0	130.600	21,66	71,0	132.100	22,03
72,0	138.700	21,41	72,0	139.700	21,44	72,0	130.600	21,54	72,0	130.600	21,68	72,0	132.100	22,04
73,0	144.300	21,55	73,0	145.500	21,44	73,0	147.300	21,67	73,0	147.800	21,79	73,0	149.200	22,15
74,0	148.700	21,63	74,0	149.900	21,68	74,0	152.100	21,74	74,0	152.200	21,86	74,0	153.900	22,22
74,5	159.200	21,66	74,5	160.500	21,72	74,5	161.100	21,77	74,5	161.000	21,90	74,5	164.300	22,25
75,0	179.000	21,72	75,0	180.700	21,72	75,0	173.000	21,78	75,0	178.400	21,93	75,0	181.700	22,28
75,2	182.500	21,73	75,2	183.800	21,78	75,2	179.700	21,82	75,2	181.700	21,95	75,2	185.900	22,30
75,4	185.000	21,75	75,4	187.100	21,78	75,4	182.500	21,84	75,4	184.900	21,98	75,4	189.100	22,34
75,6	192.300	21,75	75,6	193.700	21,83	75,6	186.300	21,86	75,6	188.300	21,99	75,6	193.700	22,36

PP-01														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			27-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
75,8	198.600	21,80	75,8	201.500	21,83	75,8	193.800	21,88	75,8	196.400	22,01	75,8	201.000	22,38
76,0	203.300	21,83	76,0	206.100	21,88	76,0	200.200	21,90	76,0	201.600	22,03	76,0	205.700	22,39
76,2	209.200	21,86	76,2	211.500	21,88	76,2	203.300	21,91	76,2	206.700	22,04	76,2	210.800	22,42
76,4	214.300	21,89	76,4	215.600	21,93	76,4	208.400	21,92	76,4	210.200	22,06	76,4	214.900	22,42
76,6	218.900	21,92	76,6	220.800	21,96	76,6	212.400	21,97	76,6	214.400	22,08	76,6	219.900	22,45
76,8	226.600	21,93	76,8	227.600	21,96	76,8	216.400	21,99	76,8	221.000	22,10	76,8	225.900	22,48
77,0	232.300	22,01	77,0	233.900	22,03	77,0	222.000	22,02	77,0	226.400	22,13	77,0	239.200	22,50
77,5	244.400	22,09	77,5	248.200	22,03	77,5	242.600	22,04	77,5	248.100	22,17	77,5	253.000	22,58
78,0	245.500	22,35	78,0	249.800	22,48	78,0	251.700	22,18	78,0	257.200	22,29	78,0	261.200	22,69
79,0	245.500	22,43	79,0	250.000	22,40	79,0	253.700	22,19	79,0	259.600	22,45	79,0	263.500	22,94
80,0	245.500	22,43	80,0	250.000	22,43	80,0	253.700	22,30	80,0	259.400	22,47	80,0	263.300	22,98
82,0	245.500	22,43	82,0	249.900	22,43	82,0	253.500	22,31	82,0	259.500	22,46	82,0	263.300	22,99
84,0	245.500	22,44	84,0	249.900	22,42	84,0	253.600	22,31	84,0	259.500	22,53	84,0	263.200	22,98
86,0	245.400	22,48	86,0	250.000	22,42	86,0	254.000	22,32	86,0	259.300	22,60	86,0	263.100	23,02
88,0	245.400	22,50	88,0	249.700	22,52	88,0	253.700	22,44	88,0	259.000	22,64	88,0	263.000	23,08
90,0	245.400	22,51	90,0	249.400	22,54	90,0	253.400	22,48	90,0	259.000	22,66	90,0	262.800	23,10
92,0	245.400	22,52	92,0	249.200	22,55	92,0	253.300	22,53	92,0	258.800	22,71	92,0	262.700	23,12
94,0	245.400	22,53	94,0	249.100	22,55	94,0	252.800	22,56	94,0	258.800	22,73	94,0	262.600	23,12
96,0	245.400	22,55	96,0	249.100	22,57	96,0	252.300	22,59	96,0	258.800	22,74	96,0	262.500	23,15
98,0	245.200	22,56	98,0	248.900	22,57	98,0	251.800	22,63	98,0	258.500	22,75	98,0	262.200	23,17
99,0	167.800	22,59	99,0	177.800	22,62	99,0	180.600	22,66	99,0	194.600	22,79	99,0	206.800	23,19
			99,3	157.900	22,63	99,3	172.200	22,66	99,3	134.100	22,80	99,1	167.300	23,20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-34 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-02 campañas año 2020

PP-02														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,0	36.390	20,98	1,0	36.590	20,78	1,0	30.860	20,49	1,0	31.410	20,90	1,0	35.200	21,07
1,5	36.360	20,82	1,5	36.540	20,74	1,5	30.830	20,45	1,5	31.470	20,76	1,5	35.220	20,88
2,0	36.350	20,81	2,0	36.540	20,73	2,0	31.300	20,78	2,0	31.470	20,79	2,0	35.210	20,84
3,0	36.330	20,79	3,0	36.530	20,73	3,0	30.980	20,86	3,0	31.470	20,81	3,0	35.190	20,81
4,0	36.310	20,79	4,0	36.310	20,79	4,0	30.380	20,86	4,0	32.680	20,98	4,0	39.540	20,87
6,4	36.290	20,78	6,4	36.630	20,77	6,0	30.070	20,86	6,0	32.670	20,99	6,4	39.530	20,88
7,0	36.260	20,78	7,0	36.570	20,77	7,0	30.040	20,86	7,0	32.710	20,99	7,0	39.550	20,89
8,0	36.270	20,78	8,0	36.520	20,78	8,0	30.010	20,85	8,0	32.680	20,98	8,0	39.690	20,89
10,0	36.220	20,78	10,0	36.510	20,77	10,0	29.820	20,85	10,0	32.740	20,99	10,0	39.700	20,89
12,0	36.160	20,78	12,0	36.550	20,78	12,0	30.140	20,86	12,0	33.660	20,99	12,0	40.200	20,89
14,0	36.250	20,79	14,0	36.440	20,79	14,0	30.190	20,85	14,0	34.110	21,00	14,0	40.930	20,90
16,0	38.120	20,81	16,0	38.890	20,80	16,0	30.250	20,86	16,0	34.680	21,01	16,0	42.440	20,92
16,5	41.760	20,84	16,5	39.470	20,81	16,5	30.210	20,86	16,5	34.810	21,01	16,5	42.450	20,92
17,0	45.790	20,87	17,0	58.040	20,91	17,0	30.170	20,85	17,0	35.070	21,01	17,0	42.920	20,93
17,2	46.110	20,88	17,2	60.640	20,95	17,2	30.160	20,85	17,2	35.180	21,01	17,2	43.680	20,94
17,4	46.390	20,88	17,4	61.070	20,98	17,4	30.130	20,86	17,4	35.150	21,01	17,4	43.790	20,94
17,6	46.480	20,89	17,6	62.030	20,99	17,6	30.200	20,86	17,6	34.280	21,01	17,6	44.660	20,94
17,8	46.780	20,89	17,8	62.270	21,00	17,8	30.420	20,86	17,8	35.150	21,01	17,8	44.970	20,96
18,0	47.870	20,90	18,0	61.650	21,01	18,0	30.780	20,86	18,0	35.270	21,02	18,0	44.900	20,96
18,5	53.390	20,96	18,5	62.700	21,03	18,5	31.920	20,87	18,5	36.060	21,02	18,5	45.400	20,96
19,0	60.570	21,04	19,0	62.810	21,06	19,0	33.420	20,87	19,0	36.840	21,02	19,0	47.920	20,98
20,0	65.020	21,17	20,0	66.310	21,18	20,0	38.150	20,97	20,0	62.820	21,22	20,0	63.580	21,11
21,0	66.210	21,24	21,0	67.090	21,23	21,0	62.550	21,31	21,0	67.640	21,49	21,0	70.250	21,37
22,0	66.380	21,28	22,0	67.200	21,24	22,0	62.780	21,36	22,0	69.520	21,53	22,0	70.140	21,42

PP-02														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
24,0	67.880	21,37	24,0	68.690	21,27	24,0	64.300	21,45	24,0	71.090	21,63	24,0	70.530	21,45
26,0	69.710	21,58	26,0	70.980	21,36	26,0	66.400	21,68	26,0	71.210	21,82	26,0	72.600	21,65
28,0	69.940	21,64	28,0	71.110	21,65	28,0	66.610	21,73	28,0	71.290	21,89	28,0	72.700	21,67
30,0	70.070	21,71	30,0	71.250	21,71	30,0	66.810	21,80	30,0	72.440	21,94	30,0	72.940	21,73
32,0	71.370	21,89	32,0	72.410	21,89	32,0	67.650	21,97	32,0	74.530	22,10	32,0	73.550	21,87
33,0	73.540	22,12	33,0	74.990	22,11	33,0	69.890	22,11	33,0	86.020	22,25	33,0	75.370	22,00
34,0	84.050	22,34	34,0	85.290	22,37	34,0	80.140	22,40	34,0	85.640	22,55	34,0	87.040	22,32
35,0	84.290	22,41	35,0	85.340	22,41	35,0	80.320	22,49	35,0	85.060	22,62	35,0	87.580	22,42
36,0	84.360	22,42	36,0	85.400	22,41	36,0	80.320	22,51	36,0	84.850	22,62	36,0	87.590	22,43
38,0	84.440	22,39	38,0	85.610	22,39	38,0	80.310	22,50	38,0	84.720	22,61	38,0	87.590	22,43
40,0	84.500	22,38	40,0	85.560	22,38	40,0	80.310	22,49	40,0	84.600	22,61	40,0	87.530	22,40
42,0	84.610	22,40	42,0	85.570	22,39	42,0	80.350	22,50	42,0	84.690	22,62	42,0	87.530	22,41
44,0	84.700	22,41	44,0	85.620	22,40	44,0	80.380	22,51	44,0	85.010	22,63	44,0	87.610	22,43
46,0	86.130	22,37	46,0	86.960	22,36	46,0	80.670	22,50	46,0	85.840	22,62	46,0	88.140	22,41
48,0	86.570	22,35	48,0	87.490	22,35	48,0	81.140	22,47	48,0	93.710	22,60	48,0	88.440	22,40
50,0	86.860	22,24	50,0	87.810	22,23	50,0	82.680	22,46	50,0	97.210	22,51	50,0	89.420	22,31
52,0	94.540	22,09	52,0	95.710	22,09	52,0	89.250	22,21	52,0	98.860	22,33	52,0	97.130	22,12
54,0	98.000	22,05	54,0	99.000	22,05	54,0	92.160	22,16	54,0	97.210	22,26	54,0	98.440	22,08
56,0	99.640	22,02	56,0	100.700	22,02	56,0	94.280	22,13	56,0	98.860	22,24	56,0	102.600	22,06
58,0	100.700	22,02	58,0	101.800	22,01	58,0	95.270	22,12	58,0	99.730	22,23	58,0	102.900	22,03
60,0	121.700	22,02	60,0	123.400	22,01	60,0	115.600	22,12	60,0	122.100	22,23	60,0	117.700	22,03
60,5	130.900	22,02	60,5	132.300	22,01	60,5	123.600	22,12	60,5	131.200	22,23	60,5	128.200	22,03
61,0	138.200	22,03	61,0	139.800	22,02	61,0	131.800	22,13	61,0	139.800	22,23	61,0	136.400	22,04
61,2	141.100	22,02	61,2	142.700	22,01	61,2	134.000	22,12	61,2	141.500	22,23	61,2	139.100	22,04
61,4	143.800	22,02	61,4	145.300	22,02	61,4	135.900	22,13	61,4	144.900	22,23	61,4	142.700	22,04

PP-02														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
61,6	145.800	22,02	61,6	147.000	22,02	61,6	137.800	22,12	61,6	146.200	22,24	61,6	145.300	22,04
61,8	147.500	22,02	61,8	148.900	22,02	61,8	139.700	22,13	61,8	149.400	22,24	61,8	147.800	22,04
62,0	149.100	22,02	62,0	150.300	22,02	62,0	140.900	22,13	62,0	150.400	22,24	62,0	149.800	22,04
62,5	152.400	22,03	62,5	154.200	22,02	62,5	144.600	22,13	62,5	154.300	22,25	62,5	153.100	22,04
63,0	154.100	22,03	63,0	155.900	22,03	63,0	147.700	22,13	63,0	156.200	22,25	63,0	156.900	22,04
63,5	158.500	22,03	63,5	160.300	22,03	63,5	151.000	22,14	63,5	160.900	22,25	63,5	159.700	22,05
64,0	161.600	22,03	64,0	163.500	22,03	64,0	154.000	22,14	64,0	164.700	22,25	64,0	163.200	22,05
64,5	166.100	22,04	64,5	167.800	22,03	64,5	157.700	22,14	64,5	168.800	22,26	64,5	167.200	22,06
65,0	169.800	22,04	65,0	172.500	22,03	65,0	161.600	22,14	65,0	172.500	22,25	65,0	171.100	22,06
65,5	173.500	22,04	65,5	176.000	22,04	65,5	164.600	22,14	65,5	176.600	22,26	65,5	175.500	22,07
66,0	180.100	22,04	66,0	181.900	22,04	66,0	170.500	22,15	66,0	183.700	22,27	66,0	178.400	22,07
66,2	181.900	22,05	66,2	183.600	22,05	66,2	172.900	22,15	66,2	185.600	22,26	66,2	181.600	22,06
66,4	186.300	22,05	66,4	188.300	22,05	66,4	177.500	22,15	66,4	190.500	22,26	66,4	183.800	22,07
66,6	191.500	22,05	66,6	193.300	22,05	66,6	183.500	22,15	66,6	195.600	22,27	66,6	186.400	22,08
66,8	223.300	22,05	66,8	226.600	22,06	66,8	209.600	22,15	66,8	225.300	22,27	66,8	191.600	22,07
67,0	224.000	22,05	67,0	227.300	22,05	67,0	211.800	22,16	67,0	231.100	22,26	67,0	196.700	22,08
67,2	224.100	22,05	67,2	227.200	22,05	67,2	212.500	22,16	67,2	231.300	22,27	67,2	228.900	22,08
67,4	224.100	22,06	67,4	227.300	22,05	67,4	212.600	22,16	67,4	231.400	22,27	67,4	229.200	22,07
67,6	224.100	22,06	67,6	227.200	22,06	67,6	212.800	22,16	67,6	231.500	22,28	67,6	229.200	22,08
68,0	224.100	22,05	68,0	227.000	22,06	68,0	213.100	22,17	68,0	231.800	22,27	68,0	229.200	22,08
69,0	224.400	22,07	69,0	227.100	22,06	69,0	213.500	22,17	69,0	232.200	22,28	69,0	229.400	22,08
70,0	224.500	22,07	70,0	227.100	22,07	70,0	213.700	22,17	70,0	232.500	22,28	70,0	229.600	22,09
72,0	228.600	22,09	72,0	231.900	22,10	72,0	217.800	22,20	72,0	238.100	22,30	72,0	233.100	22,10
74,0	230.600	22,11	74,0	233.800	22,10	74,0	219.000	22,21	74,0	239.300	22,32	74,0	235.600	22,13
76,0	231.500	22,13	76,0	234.100	22,13	76,0	219.500	22,22	76,0	239.600	22,33	76,0	234.700	22,14

PP-02														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			10-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
78,0	235.900	22,14	78,0	239.200	22,14	78,0	149.000	22,23	78,0	176.400	22,35	78,0	181.600	22,15
79,0	225.700	22,15	79,0	231.400	22,15	78,2	147.600					78,2	167.000	22,16
79,5	201.000	22,15	79,4	223.200										
80,0	201.000	22,15												

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-35 Resultados Perfilajes de C.E. punto PP-03 campañas año 2020

PP-03														
Fecha de Campaña														
22-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,0	23.670	25,55	0,6	22.400	25,53	0,6	23.880	25,65	0,6	24.660	26,37	0,6	26.730	25,67
2,0	23.690	25,65	1,0	25.450	25,63	1,0	23.910	25,70	1,0	24.430	26,04	1,0	26.530	25,78
3,0	23.690	25,66	2,0	25.650	25,65	2,0	23.920	25,75	2,0	24.480	25,91	2,0	26.540	25,66
4,0	23.690	25,65	3,0	25.650	25,65	3,0	23.920	25,75	3,0	24.470	25,90	3,0	26.600	25,66
6,0	23.670	25,65	4,0	25.650	25,65	4,0	23.920	25,75	4,0	24.440	25,91	4,0	26.620	25,66
8,0	23.660	25,65	6,0	25.650	25,65	6,0	23.910	25,75	6,0	24.410	25,90	6,0	26.640	25,66
10,0	23.670	25,66	8,0	25.650	25,65	8,0	23.930	25,75	8,0	24.400	25,90	8,0	26.620	25,66
12,0	23.640	25,66	10,0	25.650	25,65	10,0	23.930	25,75	10,0	24.390	25,90	10,0	26.620	25,66
14,0	23.640	25,66	12,0	25.650	25,65	12,0	23.930	25,75	12,0	24.380	25,90	12,0	26.640	25,66
16,0	23.640	25,66	14,0	25.660	25,66	14,0	23.930	25,75	14,0	24.370	25,90	14,0	26.620	25,66
18,0	23.610	25,66	16,0	25.660	25,66	16,0	23.940	25,76	16,0	24.390	25,90	16,0	26.600	25,66
20,0	23.590	25,66	18,0	25.660	25,66	18,0	23.940	25,78	18,0	24.390	25,90	18,0	26.620	25,66
22,0	23.580	25,66	20,0	25.660	25,66	20,0	23.950	25,76	20,0	24.380	25,90	20,0	26.620	25,66
24,0	23.570	25,66	22,0	25.660	25,66	22,0	23.940	25,76	22,0	24.370	25,90	22,0	26.620	25,66
26,0	23.540	25,66	24,0	25.660	25,66	24,0	23.950	25,76	24,0	24.370	25,90	24,0	26.620	25,66
28,0	23.530	25,66	26,0	25.660	25,66	26,0	23.950	25,76	26,0	24.350	25,90	26,0	26.620	25,66
30,0	23.510	25,66	28,0	25.660	25,66	28,0	23.950	25,77	28,0	24.350	25,90	28,0	26.620	25,66
32,0	23.500	25,66	30,0	25.660	25,66	30,0	23.950	25,77	30,0	24.350	25,90	30,0	26.620	25,66
34,0	23.480	25,66	32,0	25.660	25,66	32,0	23.960	25,77	32,0	24.360	25,90	32,0	26.620	25,66
36,0	23.480	25,67	34,0	25.660	25,66	34,0	23.960	25,77	34,0	24.350	25,92	34,0	26.640	25,67
38,0	23.480	25,67	36,0	25.670	25,67	36,0	23.970	25,77	36,0	24.350	25,91	36,0	26.630	25,67
40,0	23.480	25,67	38,0	25.670	25,67	38,0	23.970	25,77	38,0	24.350	25,91	38,0	26.610	25,67
42,0	23.500	25,67	40,0	25.670	25,67	40,0	23.980	25,78	40,0	24.430	25,91	40,0	26.650	25,67
44,0	23.590	25,68	42,0	25.660	25,66	42,0	23.990	25,78	42,0	24.370	25,91	42,0	26.630	25,67

PP-03														
Fecha de Campaña														
22-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
46,0	23.600	25,69	44,0	25.680	25,68	44,0	24.050	25,79	44,0	24.410	25,92	44,0	26.690	25,67
48,0	23.670	25,69	46,0	25.690	25,69	46,0	24.080	25,79	46,0	24.470	25,93	46,0	26.780	25,69
50,0	23.690	25,70	48,0	25.690	25,69	48,0	24.180	25,80	48,0	24.520	25,93	48,0	26.810	25,69
52,0	23.720	25,71	50,0	25.700	25,70	50,0	24.170	25,80	50,0	24.550	25,94	50,0	26.850	25,70
54,0	23.710	25,71	52,0	25.710	25,71	52,0	24.190	25,80	52,0	24.550	25,94	52,0	26.850	25,70
56,0	23.760	25,69	54,0	25.710	25,71	54,0	24.190	25,82	54,0	24.560	25,94	54,0	26.900	25,70
58,0	23.970	25,74	56,0	25.980	25,70	56,0	24.210	25,82	56,0	24.500	25,95	56,0	27.070	25,72
60,0	23.930	25,74	58,0	26.210	25,74	58,0	24.470	25,84	58,0	24.790	25,97	58,0	27.180	25,73
62,0	23.930	25,74	60,0	26.240	25,74	60,0	24.460	25,84	60,0	24.790	25,97	60,0	27.180	25,73
64,0	23.940	25,74	62,0	26.230	25,74	62,0	24.460	25,84	62,0	24.780	25,97	62,0	27.180	25,73
66,0	23.900	25,74	64,0	26.210	25,74	64,0	24.460	25,84	64,0	24.790	25,97	64,0	27.180	25,74
68,0	23.980	25,75	66,0	26.210	25,74	66,0	24.500	25,84	66,0	24.810	25,98	66,0	27.170	25,74
70,0	24.050	25,75	68,0	26.310	25,75	68,0	24.570	25,85	68,0	24.890	25,98	68,0	27.150	25,74
72,0	24.170	25,76	70,0	26.360	25,75	70,0	24.600	25,85	70,0	24.920	25,99	70,0	27.250	25,75
74,0	24.240	25,76	72,0	26.530	25,76	72,0	24.720	25,86	72,0	25.030	25,99	72,0	27.390	25,76
76,0	24.410	25,76	74,0	26.600	25,76	74,0	24.820	25,86	74,0	25.110	26,00	74,0	27.470	25,76
78,0	24.520	25,77	76,0	26.690	25,76	76,0	24.930	25,87	76,0	24.150	26,00	76,0	27.490	25,76
80,0	24.580	25,77	78,0	26.880	25,77	78,0	25.010	25,87	78,0	25.260	26,00	78,0	27.640	25,76
82,0	24.760	25,78	80,0	26.990	25,77	80,0	25.150	25,87	80,0	25.390	26,01	80,0	27.790	25,77
84,0	24.130	25,77	82,0	27.140	25,77	82,0	25.220	25,87	82,0	25.450	26,01	82,0	28.090	25,77
86,0	26.330	25,79	84,0	27.230	25,78	84,0	25.320	25,87	84,0	25.840	26,01	84,0	28.080	25,77
88,0	24.750	25,78	86,0	29.000	25,79	86,0	26.650	25,88	86,0	26.590	26,02	86,0	29.150	25,76
89,0	27.380	25,81	88,0	30.650	25,80	88,0	27.750	25,90	88,0	28.950	26,02	88,0	31.400	25,81
90,0	64.680	25,88	89,0	30.820	25,81	89,0	28.480	25,91	89,0	29.020	26,05	89,0	31.410	25,81
90,2	65.310	25,88	89,2	31.050	25,81	89,2	28.440	25,91	89,2	29.000	26,05	89,2	31.410	25,81

PP-03														
Fecha de Campaña														
22-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
90,4	65.880	25,89	89,4	31.550	25,81	89,4	28.320	25,91	89,4	29.050	26,05	89,4	31.430	25,81
90,6	66.830	25,91	89,6	31.820	25,81	89,6	28.450	25,91	89,6	29.020	26,05	89,6	31.530	25,81
90,8	67.200	25,91	89,8	31.790	25,81	89,8	28.660	25,91	89,8	29.270	26,06	89,8	31.550	25,81
91,0	67.590	25,92	90,0	73.380	25,81	90,0	61.690	25,92	90,0	46.390	26,05	90,0	31.660	25,81
91,5	67.640	25,92	90,2	73.580	25,88	90,2	63.160	25,93	90,2	64.060	26,06	90,2	31.590	25,81
92,0	67.710	25,92	90,4	73.700	25,89	90,4	63.540	25,95	90,4	64.270	26,07	90,4	54.320	25,81
93,0	69.900	25,94	90,6	74.340	25,90	90,6	64.630	25,96	90,6	65.920	26,09	90,6	67.870	25,82
94,0	71.290	25,95	90,8	74.780	25,91	90,8	65.290	25,97	90,8	66.480	26,11	90,8	68.020	25,83
96,0	79.500	25,97	91,0	75.030	25,92	91,0	66.190	25,97	91,0	67.520	26,12	91,0	69.790	25,86
98,0	85.690	26,01	91,5	75.050	25,92	91,5	66.600	25,98	91,5	67.780	26,13	91,5	71.500	25,88
99,0	88.430	26,02	92,0	75.310	25,92	92,0	66.620	25,99	92,0	67.840	26,14	92,0	71.610	25,89
100,0	94.840	26,04	93,0	77.810	25,94	93,0	69.350	26,01	93,0	71.310	26,16	93,0	71.810	25,90
100,2	116.600	26,06	94,0	79.160	25,95	94,0	70.110	26,02	94,0	72.230	26,17	94,0	75.900	25,92
100,4	117.000	26,06	96,0	86.920	25,97	96,0	75.640	26,05	96,0	79.080	26,20	96,0	80.180	25,95
100,6	119.200	26,06	98,0	93.510	26,01	98,0	82.940	26,09	98,0	86.010	26,23	98,0	89.920	25,99
100,8	120.000	26,07	99,0	97.260	26,02	99,0	87.780	26,10	99,0	91.720	26,25	99,0	94.310	26,01
101,0	120.100	26,07	100,0	105.100	26,04	100,0	98.260	26,13	100,0	93.110	26,28	100,0	96.050	26,02
101,5	120.200	26,07	100,2	118.200	26,05	100,2	100.900	26,13	100,2	103.400	26,28	100,2	99.110	26,04
102,0	120.300	26,08	100,4	120.300	26,05	100,4	109.000	26,13	100,4	111.500	26,29	100,4	108.900	26,04
102,5	120.400	26,08	100,6	121.100	26,05	100,6	109.000	26,14	100,6	115.700	26,29	100,6	108.900	26,04
103,0	121.200	26,10	100,8	123.800	26,06	100,8	111.300	26,15	100,8	117.700	26,29	100,8	117.100	26,05
103,5	133.700	26,11	101,0	129.100	26,06	101,0	115.300	26,14	101,0	121.700	26,30	101,0	120.000	26,05
104,0	138.000	26,13	101,5	129.900	26,07	101,5	118.700	26,15	101,5	125.600	26,31	101,5	128.900	26,06
104,5	143.100	26,13	102,0	129.900	26,08	102,0	118.900	26,16	102,0	125.700	26,31	102,0	129.800	26,07
105,0	173.200	26,14	102,5	129.900	26,08	102,5	118.900	26,18	102,5	125.700	26,32	102,5	129.700	26,08

PP-03														
Fecha de Campaña														
22-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
105,2	192.200	26,16	103,0	131.400	26,10	103,0	119.800	26,19	103,0	126.900	26,33	103,0	129.800	26,07
105,4	192.000	26,17	103,5	144.700	26,11	103,5	131.300	26,20	103,5	139.000	26,35	103,5	132.500	26,10
105,6	193.000	26,17	104,0	150.400	26,13	104,0	137.100	26,21	104,0	145.700	26,36	104,0	144.700	26,11
105,8	195.600	26,18	104,5	154.800	26,13	104,5	141.600	26,22	104,5	150.200	26,37	104,5	150.200	26,12
106,0	199.200	26,18	105,0	176.900	26,14	105,0	161.500	26,22	105,0	150.700	26,37	105,0	157.900	26,13
106,2	201.700	26,19	105,2	187.000	26,15	105,2	166.900	26,23	105,2	182.300	26,39	105,2	165.600	26,14
106,4	205.500	26,19	105,4	192.200	26,15	105,4	172.600	26,24	105,4	187.000	26,39	105,4	176.800	26,14
106,6	205.900	26,20	105,6	197.000	26,15	105,6	179.300	26,23	105,6	192.600	26,39	105,6	186.400	26,15
106,8	207.200	26,20	105,8	200.800	26,16	105,8	183.600	26,26	105,8	197.100	26,40	105,8	191.700	26,15
107,0	207.900	26,21	106,0	204.500	26,16	106,0	187.400	26,25	106,0	201.100	26,40	106,0	196.400	26,16
107,2	209.500	26,21	106,2	206.100	26,17	106,2	189.000	26,26	106,2	202.900	26,40	106,2	200.600	26,15
107,4	210.300	26,22	106,4	206.700	26,17	106,4	190.200	26,25	106,4	204.000	26,39	106,4	204.100	26,16
107,6	211.400	26,22	106,6	208.100	26,18	106,6	192.800	26,27	106,6	205.600	26,40	106,6	206.000	26,16
107,8	211.600	26,23	106,8	209.600	26,18	106,8	194.400	26,27	106,8	206.800	26,40	106,8	206.800	26,17
108,0	211.900	26,23	107,0	212.100	26,18	107,0	196.800	26,29	107,0	209.200	26,41	107,0	207.900	26,18
108,5	212.000	26,24	107,2	214.600	26,19	107,2	199.600	26,29	107,2	212.400	26,41	107,2	209.600	26,17
109,0	212.900	26,25	107,4	218.100	26,19	107,4	204.100	26,29	107,4	217.100	26,41	107,4	213.200	26,19
110,0	213.900	26,26	107,6	217.700	26,20	107,6	204.600	26,29	107,6	217.700	26,42	107,6	215.700	26,18
112,0	214.100	26,28	107,8	218.100	26,21	107,8	205.000	26,29	107,8	218.400	26,42	107,8	225.600	26,22
114,0	214.500	26,34	108,0	218.900	26,21	108,0	206.400	26,31	108,0	219.600	26,43	108,0	226.100	26,22
116,0	214.400	26,38	108,5	221.700	26,22	108,5	208.500	26,30	108,5	222.800	26,43	108,5	226.800	26,23
118,0	220.400	26,42	109,0	221.800	26,22	109,0	208.800	26,31	109,0	223.000	26,44	109,0	227.200	26,23
118,4	133.000	26,45	110,0	223.200	26,24	110,0	210.300	26,32	110,0	224.200	26,46	110,0	228.300	26,25
			112,0	224.600	26,27	112,0	212.000	26,36	112,0	225.800	26,48	112,0	229.500	26,29
			114,0	224.700	26,33	114,0	212.400	26,42	114,0	225.800	26,56	114,0	229.700	26,35

PP-03														
Fecha de Campaña														
22-02-2020			15-04-2020			28-08-2020			13-09-2020			11-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
			116,0	224.600	26,38	116,0	212.300	26,43	116,0	225.500	26,58	116,0	229.700	26,35
			118,0	224.500	26,44	118,0	212.300	26,44	118,0	231.900	26,64	118,0	236.000	26,44
			118,4	146.000	26,45	118,4	212.300	26,46	118,4	137.700	26,67	118,4	236.000	26,44
			118,6	146.100	26,45	118,6	212.400	26,46	118,6	135.800	26,67	118,6	149.900	26,44
			118,8	146.000	26,46	118,8	212.400	26,46	118,8	135.000	26,68	118,8	137.900	26,45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-36 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-AC campañas año 2020

MPS-AC														
Fecha de Campaña														
14-02-2020			01-05-2020			30-08-2020			01-09-2020			01-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
0,8	55.380	23,45	0,8	53.130	16,56	0,8	54.230	11,36	0,8	58.870	11,04	0,8	61.490	16,60
1,0	56.580	23,31	1,0	53.040	16,38	1,0	59.850	10,67	1,0	62.110	10,76	1,0	62.080	15,92
1,8	72.850	18,76	1,2	53.040	16,38	1,8	60.980	10,45	1,8	63.680	10,61	1,8	64.250	13,13
2,0	88.470	18,73	1,4	53.060	16,38	2,0	63.970	10,71	2,0	76.960	11,07	2,0	80.700	12,84
2,2	96.980	18,01	1,6	53.550	16,58	2,2	77.240	11,12	2,2	88.430	11,49	2,2	93.990	12,77
2,4	104.600	17,63	1,8	66.550	17,18	2,4	90.670	11,80	2,4	97.940	11,93	2,4	102.300	12,81
2,6	114.900	17,38	2,0	86.330	17,39	2,6	100.700	12,14	2,6	105.900	12,28	2,6	109.400	12,92
2,8	136.200	16,85	2,2	95.340	17,46	2,8	116.800	12,73	2,8	121.400	12,70	2,8	121.500	13,08
3,0	151.600	16,64	2,4	102.700	17,47	3,0	135.000	13,08	3,0	135.100	12,99	3,0	137.900	13,29
3,2	161.600	16,46	2,6	102.000	17,42	3,2	152.700	13,49	3,2	153.400	13,40	3,2	156.600	13,55
3,4	168.500	16,23	2,8	127.800	17,32	3,4	165.100	13,85	3,4	164.700	13,88	3,4	168.600	13,79
3,6	186.100	15,98	3,0	143.300	17,20	3,6	175.300	14,19	3,6	173.900	14,18	3,6	177.700	14,02
3,8	193.900	15,79	3,2	158.400	17,04	3,8	182.600	14,41	3,8	181.400	14,32	3,8	186.200	14,27
4,0	198.600	15,53	3,4	168.900	16,86	4,0	189.800	14,74	4,0	187.200	14,67	4,0	191.300	14,48
4,2	202.400	15,42	3,6	178.500	16,70	4,2	193.600	14,99	4,2	189.700	14,88	4,2	193.500	14,68
4,4	205.200	15,30	3,8	186.000	16,54	4,4	197.000	15,10	4,4	191.900	15,07	4,4	194.700	14,85
4,6	209.600	15,22	4,0	191.200	16,41	4,6	199.000	15,21	4,6	195.400	15,16	4,6	203.200	15,01
4,8	212.200	15,17	4,2	193.700	16,22	4,8	200.000	15,29	4,8	200.100	15,27	4,8	207.700	15,13
5,0	214.200	15,11	4,4	196.200	16,09	5,0	200.900	15,36	5,0	201.700	15,35	5,0	209.300	15,25
5,2	215.600	15,05	4,6	203.600	15,96	5,2	201.900	15,42	5,2	202.500	15,42	5,2	210.200	15,34
5,4	216.800	15,02	4,8	206.700	15,84	5,4	202.600	15,47	5,4	203.300	15,46	5,4	211.000	15,43
5,6	217.200	15,08	5,0	208.200	15,73	5,6	203.000	15,50	5,6	203.600	15,50	5,6	211.500	15,50
5,8	217.400	15,00	5,2	209.100	15,65	5,8	203.100	15,53	5,8	204.100	15,53	5,8	211.600	15,57
6,0	217.900	14,99	5,4	210.400	15,57	6,0	203.200	15,54	6,0	204.100	15,55	6,0	211.800	15,63
6,5	218.100	15,03	5,6	210.700	15,49	6,5	203.400	15,56	6,5	204.200	15,57	6,5	211.900	15,71
7,0	218.000	15,06	5,8	210.800	15,45	7,0	203.400	15,54	7,0	204.200	15,56	7,0	211.900	15,71
7,5	217.900	15,07	6,0	211.200	15,39	7,5	203.400	15,52	7,5	204.200	15,53	8,0	212.000	15,72

MPS-AC														
Fecha de Campaña														
14-02-2020			01-05-2020			30-08-2020			01-09-2020			01-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
8,0	222.200	15,13	6,5	211.300	15,31	8,0	203.400	15,47	8,0	205.100	15,49	9,0	227.600	15,71
9,0	233.000	15,20	7,0	211.500	15,24	9,0	218.300	15,41	9,0	218.700	15,43	10,0	232.600	15,69
10,0	238.700	15,24	7,5	211.500	15,21	10,0	223.400	15,41	10,0	223.700	15,41	12,0	240.600	15,68
12,0	246.100	15,32	8,0	212.500	15,21	12,0	230.900	15,41	12,0	231.200	15,42	14,0	244.400	15,71
14,0	250.600	15,34	9,0	226.300	15,24	14,0	235.100	15,43	14,0	235.600	15,44	16,0	245.900	15,72
16,0	252.400	15,35	10,0	231.300	15,27	16,0	236.800	15,47	16,0	237.100	15,48	18,0	246.600	15,73
18,0	253.300	15,37	12,0	239.000	15,33	18,0	237.400	15,49	18,0	237.900	15,49	20,0	246.400	15,77
20,0	253.100	15,39	14,0	243.800	15,35	20,0	237.600	15,51	20,0	237.900	15,53	22,0	246.400	15,81
22,0	252.900	15,42	16,0	245.500	15,38	22,0	237.600	15,55	22,0	237.900	15,58	24,0	246.400	15,84
24,0	253.000	15,45	18,0	246.100	15,40	24,0	237.600	15,58	24,0	237.900	15,60	26,0	246.100	15,86
26,0	252.900	15,49	20,0	246.100	15,42	26,0	237.500	15,59	26,0	237.800	15,60	28,0	246.100	15,88
28,0	252.900	15,51	22,0	246.000	15,46	28,0	237.500	15,61	28,0	237.900	15,62	30,0	246.000	15,94
30,0	252.900	15,55	24,0	246.100	15,48	30,0	237.500	15,63	30,0	237.800	15,65	32,0	246.000	16,00
32,0	252.700	15,57	26,0	245.900	15,50	32,0	237.600	15,71	32,0	237.700	15,74	34,0	246.000	16,10
34,0	253.000	15,70	28,0	245.900	15,53	34,0	237.400	15,84	34,0	237.700	15,82	36,0	246.000	16,18
36,0	252.800	15,80	30,0	245.800	15,58	36,0	237.400	15,90	36,0	237.700	15,94	38,0	245.900	16,24
38,0	252.700	15,88	32,0	245.800	15,66	38,0	237.300	15,99	38,0	238.400	16,00	40,0	245.800	16,28
40,0	252.800	15,91	34,0	245.600	15,75	40,0	237.400	16,02	40,0	238.100	16,04	41,0	244.600	16,36
40,7	252.500	15,94	36,0	245.500	15,83	41,0	230.800	16,10	41,0	229.800	16,10			
			38,0	245.400	15,89									
			40,0	245.400	15,93									
			41,0	245.300	15,97									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-37 Resultados Perfilajes de C.E. punto MPS-CC campañas año 2020

MPS-CC														
Fecha de Campaña														
14-02-2020			01-05-2020			30-08-2020			01-09-2020			01-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
1,1	148.400	26,82	1,2	154.900	22,44	1,5	150.600	13,32	1,3	153.500	14,52	1,5	160.400	19,07
1,2	148.500	26,77	1,4	150.900	22,99	1,6	150.700	13,36	1,4	153.500	14,47	1,6	160.200	18,52
1,4	148.300	26,32	1,6	151.100	23,18	1,8	150.900	13,51	1,6	153.700	14,33	1,8	159.800	18,12
1,6	148.200	25,64	1,8	151.000	23,27	2,0	150.900	13,83	1,8	153.600	14,30	2,0	159.700	17,56
1,8	148.500	24,85	2,0	150.900	23,23	2,2	151.800	14,18	2,0	153.700	14,34	2,2	159.800	17,09
2,0	149.300	23,94	2,2	151.400	22,93	2,4	151.700	14,49	2,2	153.900	14,45	2,4	160.200	16,79
2,2	149.500	23,30	2,4	153.300	22,58	2,6	153.400	14,81	2,4	154.000	14,62	2,6	164.700	16,59
2,4	152.100	22,96	2,6	160.000	22,14	2,8	155.600	15,21	2,6	155.000	14,85	2,8	169.100	16,51
2,6	158.800	22,31	2,8	166.500	21,71	3,0	163.100	15,53	2,8	160.700	15,24	3,0	171.900	16,55
2,8	162.200	21,77	3,0	169.600	21,26	3,2	168.200	15,82	3,0	165.200	15,51	3,2	176.300	16,61
3,0	166.600	21,04	3,2	174.700	20,89	3,4	173.700	16,60	3,2	169.800	15,82	3,4	191.400	16,73
3,2	173.900	20,33	3,4	189.700	20,44	3,6	189.100	16,27	3,4	178.100	16,10	3,6	202.600	16,86
3,4	188.800	20,19	3,6	203.200	19,95	3,8	214.700	16,61	3,6	191.700	16,44	3,8	232.300	16,97
3,6	190.200	19,71	3,8	235.000	19,36	4,0	236.300	16,93	3,8	221.400	16,76	4,0	251.400	17,24
3,8	229.100	19,15	4,0	249.700	18,92	4,2	240.700	17,18	4,0	240.600	17,01	4,2	255.300	17,37
4,0	251.800	18,52	4,2	250.000	18,72	4,4	240.200	17,30	4,2	243.300	17,23	4,4	255.000	17,48
4,2	253.900	18,44	4,4	251.100	18,36	4,6	240.300	17,32	4,4	244.000	17,40	4,6	255.000	17,52
4,4	253.800	18,08	4,6	251.000	18,28	4,8	240.300	17,44	4,6	244.300	17,45	4,8	255.000	17,53
4,6	254.000	17,98	4,8	250.800	18,11	5,0	240.000	17,61	4,8	244.100	17,49	5,0	254.800	17,57
4,8	253.700	17,95	5,0	250.900	17,90	5,5	239.400	17,76	5,0	244.000	17,52	5,5	254.100	17,76
5,0	253.500	17,78	5,5	250.400	17,56	6,0	238.400	17,65	5,5	243.600	17,71	6,0	253.100	17,82
5,5	253.100	17,56	6,0	249.200	17,42	8,0	238.100	17,52	6,0	242.800	17,70	8,0	252.800	17,88
6,0	253.000	17,33	8,0	248.900	17,06	10,0	238.000	17,43	8,0	242.300	17,64	10,0	252.500	17,82
7,0	253.000	17,13	10,0	248.900	16,95	12,0	237.800	17,32	10,0	242.100	17,53	12,0	252.500	17,09

MPS-CC														
Fecha de Campaña														
14-02-2020			01-05-2020			30-08-2020			01-09-2020			01-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
8,0	253.000	16,99	12,0	248.800	16,89	14,0	237.800	17,32	12,0	242.100	17,38	14,0	252.300	17,66
10,0	253.000	16,92	14,0	248.300	16,85	16,0	237.700	17,22	14,0	242.100	17,28	16,0	251.500	17,57
12,0	252.800	16,88	16,0	248.200	16,85	18,0	237.700	17,08	16,0	241.400	17,13	18,0	251.200	17,48
14,0	252.800	16,83	18,0	247.700	16,81	20,0	237.400	17,01	18,0	241.000	17,09	20,0	250.800	17,50
16,0	252.400	16,80	20,0	247.900	16,88	22,0	236.900	17,01	20,0	241.000	17,10	22,0	250.700	17,54
18,0	252.300	16,81	22,0	247.900	16,91	24,0	236.500	17,03	22,0	240.800	17,14	24,0	250.500	17,57
20,0	251.900	16,84	24,0	247.900	16,93	26,0	236.400	17,04	24,0	240.700	17,17	26,0	250.600	17,59
22,0	252.300	16,88	26,0	247.700	16,96	28,0	236.300	17,07	26,0	240.700	17,19	28,0	250.800	17,62
24,0	252.300	16,91	28,0	247.700	16,97	30,0	236.300	17,10	28,0	240.500	17,20	30,0	250.800	17,69
26,0	252.300	16,95	30,0	247.500	17,03	32,0	236.300	17,10	30,0	240.500	17,23	32,0	250.900	17,72
28,0	252.200	17,05	32,0	247.600	17,03	34,0	236.300	17,14	32,0	240.500	17,25	34,0	250.900	17,74
30,0	252.300	17,06	34,0	247.600	17,13	36,0	236.200	17,21	34,0	240.400	17,27	36,0	250.800	17,80
33,0	252.400	17,15	36,0	247.500	17,20	37,1	123.100	17,27	36,0	240.000	17,42	37,1	250.700	17,84
36,0	252.300	17,25	37,0	247.500	17,22				37,1	225.800	17,45			
37,0	252.300	17,26												

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la descripción de los resultados obtenidos durante las campañas del año 2020, en conjunto con su representación gráfica y comparación con el registro histórico de los puntos del sector Peine. En los gráficos presentados para el registro histórico anual las series se separan en trimestres para una mejor representación.

En general se observa una mayor dispersión durante los años 2013, 2014 y 2015 en el registro histórico, debido a la utilización de un equipo con baja precisión para la medición de conductividad eléctrica en medios de alta salinidad.

5.7.2.1 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 interfase salina se ubica a partir de los 100 m de profundidad.

Tanto en el registro para el año 2020 (Figura 5-72), como en el registro histórico (Figura 5-73), se observa un notorio aumento escalonado de la conductividad eléctrica desde los 65 m de profundidad, con valores entre 100.000 y 200.000 µS/cm por aproximadamente 35 m. A aproximadamente 100 m de profundidad, se registran valores de conductividad eléctrica mayores a 200.000 µS/cm, característicos para salmuera.

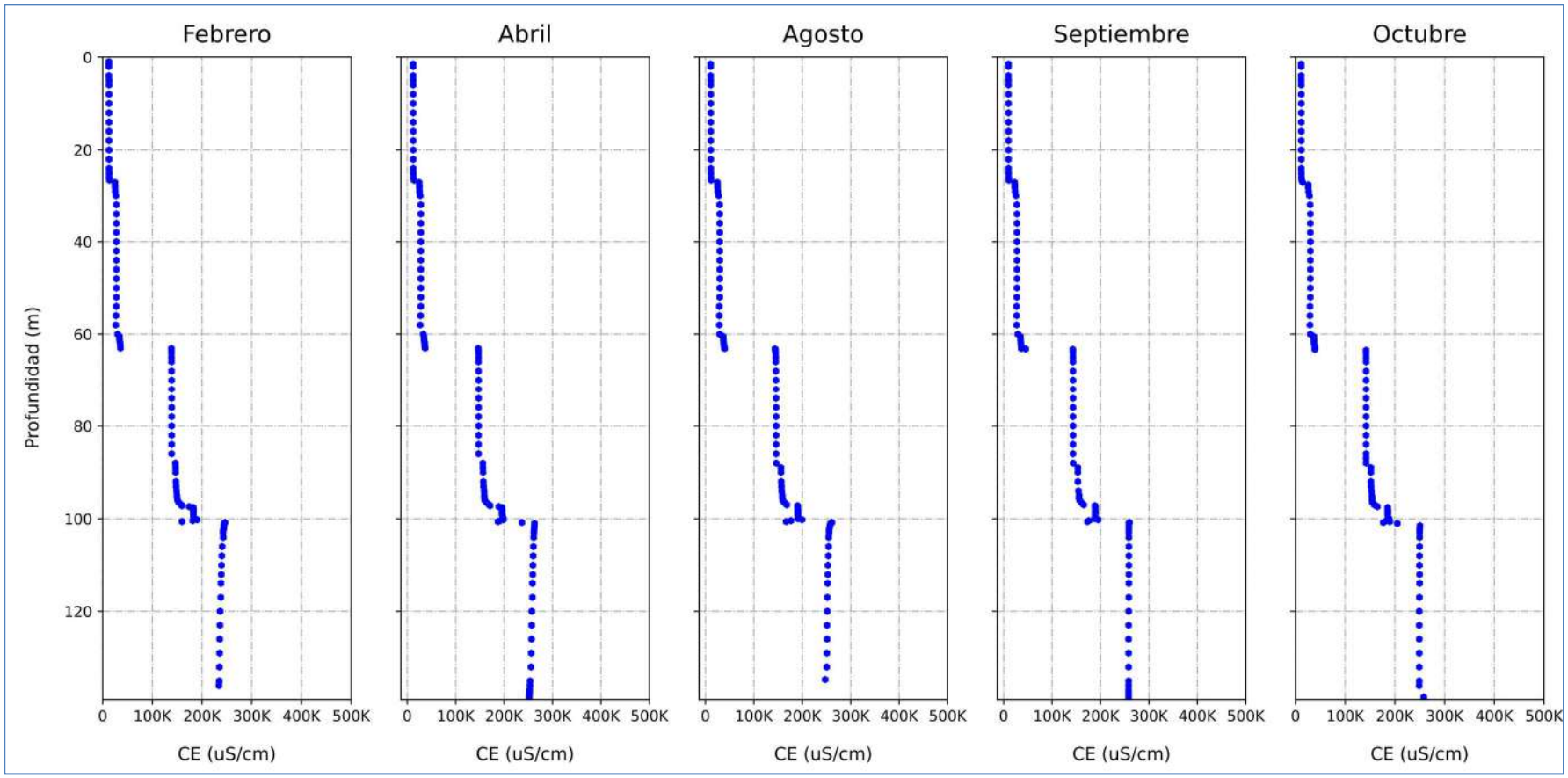
Durante el primer y segundo trimestre del año 2018, no se pudo registrar la posición de la Interfase Salina por el rango de medición del equipo utilizado (Solinst), el cual tiene un límite de detección de 80.000 µS/cm.

5.7.2.2 MPS-AC

En el punto MPS-AC, ubicado en el entorno del sistema Peine, las medidas de las campañas del 2020 identifican la posición de la interfase salina a través del aumento gradual de la conductividad eléctrica entre los 3 y 5 m de profundidad, alcanzando alrededor de 230.000 µS/cm (Figura 5-74).

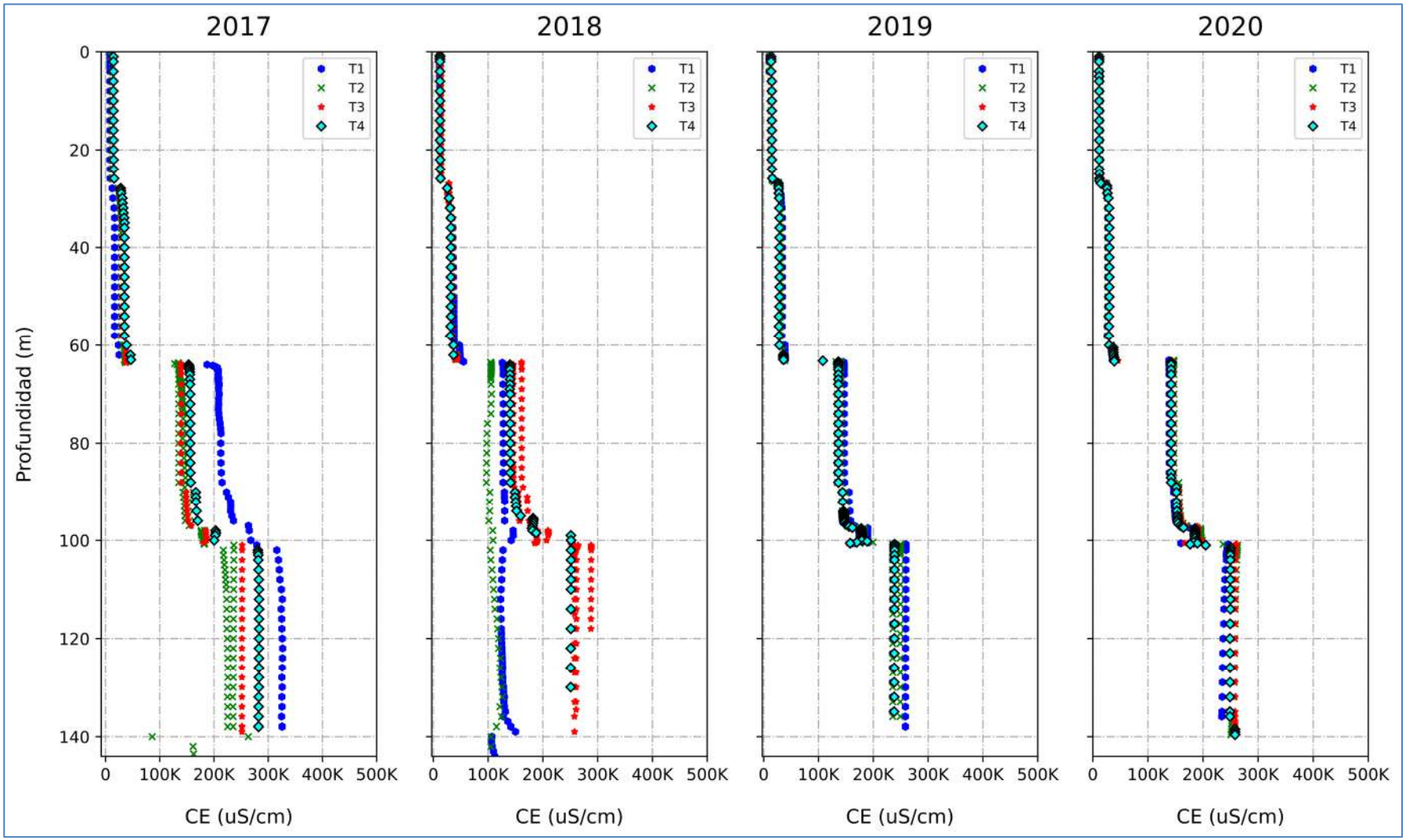
En la Figura 5-75 se observa en los registros histórico que la profundidad del nivel de la Interfase Salina no ha variado durante el período de registro, manteniéndose entre los 3 m y 5 m de profundidad.

Figura 5-72 Perfiles de C.E. en el punto MP-07C-1 año 2020



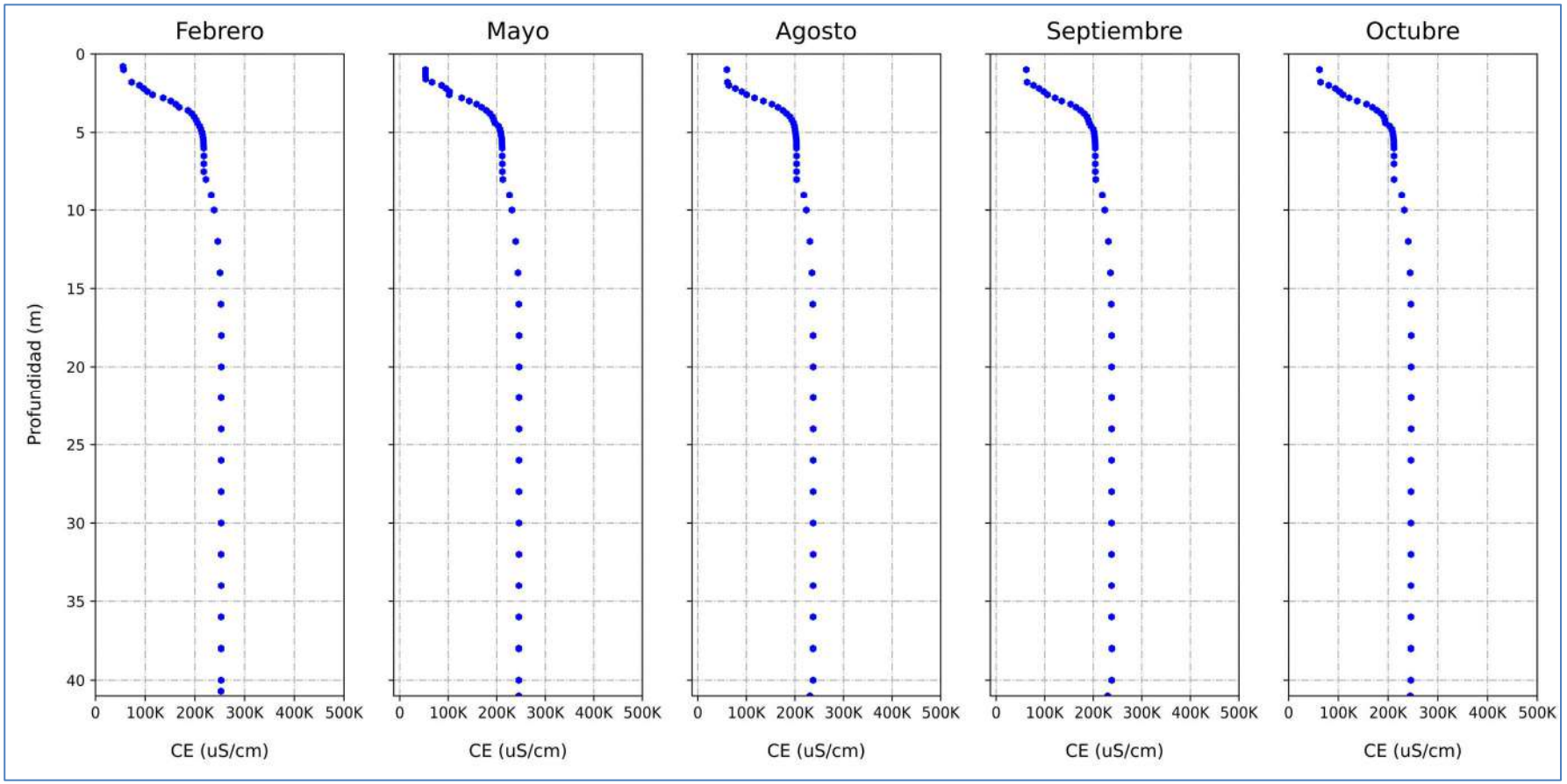
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-73 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-07C-1



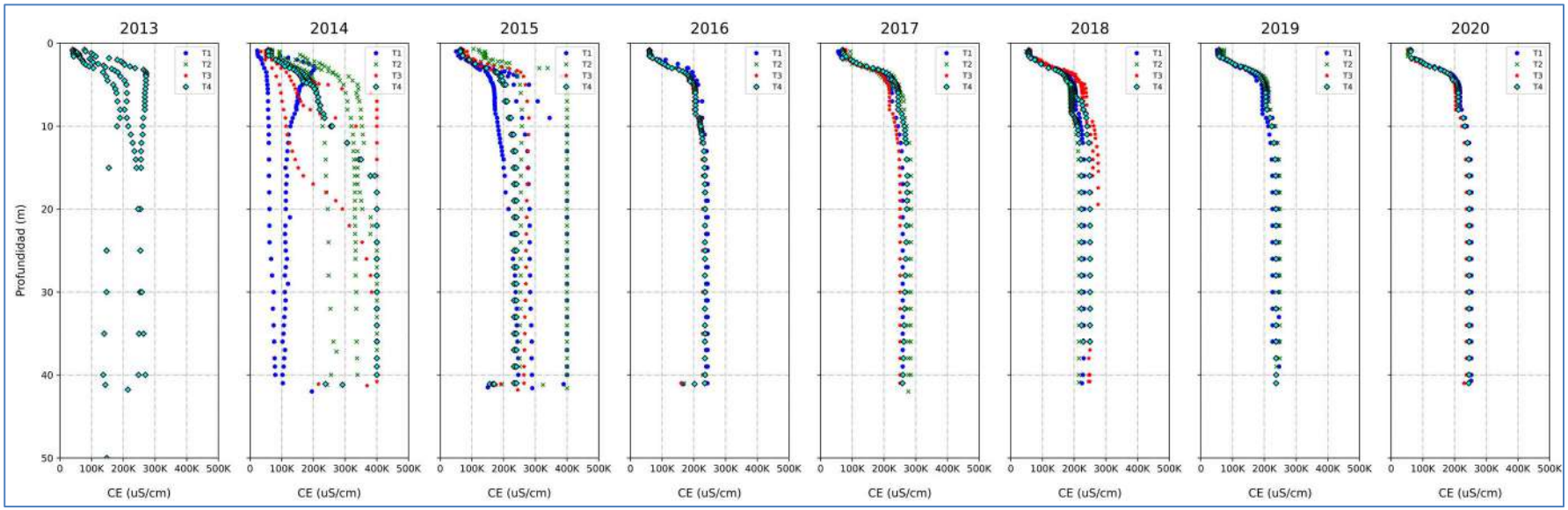
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-74 Perfiles de C.E. en el punto MPS-AC año 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-75 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-AC



Fuente: Elaboración propia

5.7.2.3 MPS-CC

En la Figura 5-76 se muestra el resultado de las campañas durante el año 2020. La interfase salina se observa entre los 3 y 5 m, con un comportamiento similar que el pozo MPS-AC. El registro histórico muestra una interfase en una posición estable, entre 3 y 5 m (Figura 5-77). Los puntos MPS-AC y MPS-CC corresponden a los más cercanos al núcleo del salar en el sector Peine, donde se encuentra la interfase salina a una profundidad somera.

5.7.2.4 PP-01

Durante el año 2020 el punto PP-01 muestra aumentos escalonados de conductividad eléctrica hasta los aproximadamente 80 m de profundidad. El comportamiento de este pozo no ha variado desde su instalación en julio de 2016. Esto se ve claramente en la Figura 5-78, la cual compara las campañas realizadas desde 2016 a 2020.

5.7.2.5 PP-02

En la Figura 5-80 se muestran los resultados de los perfiles realizados durante el 2020 para el punto PP-02. La zona de cambio de conductividades eléctricas se presenta entre los 20 a 70 m de profundidad, donde los valores de conductividad eléctrica superan los 200.000 µS/cm.

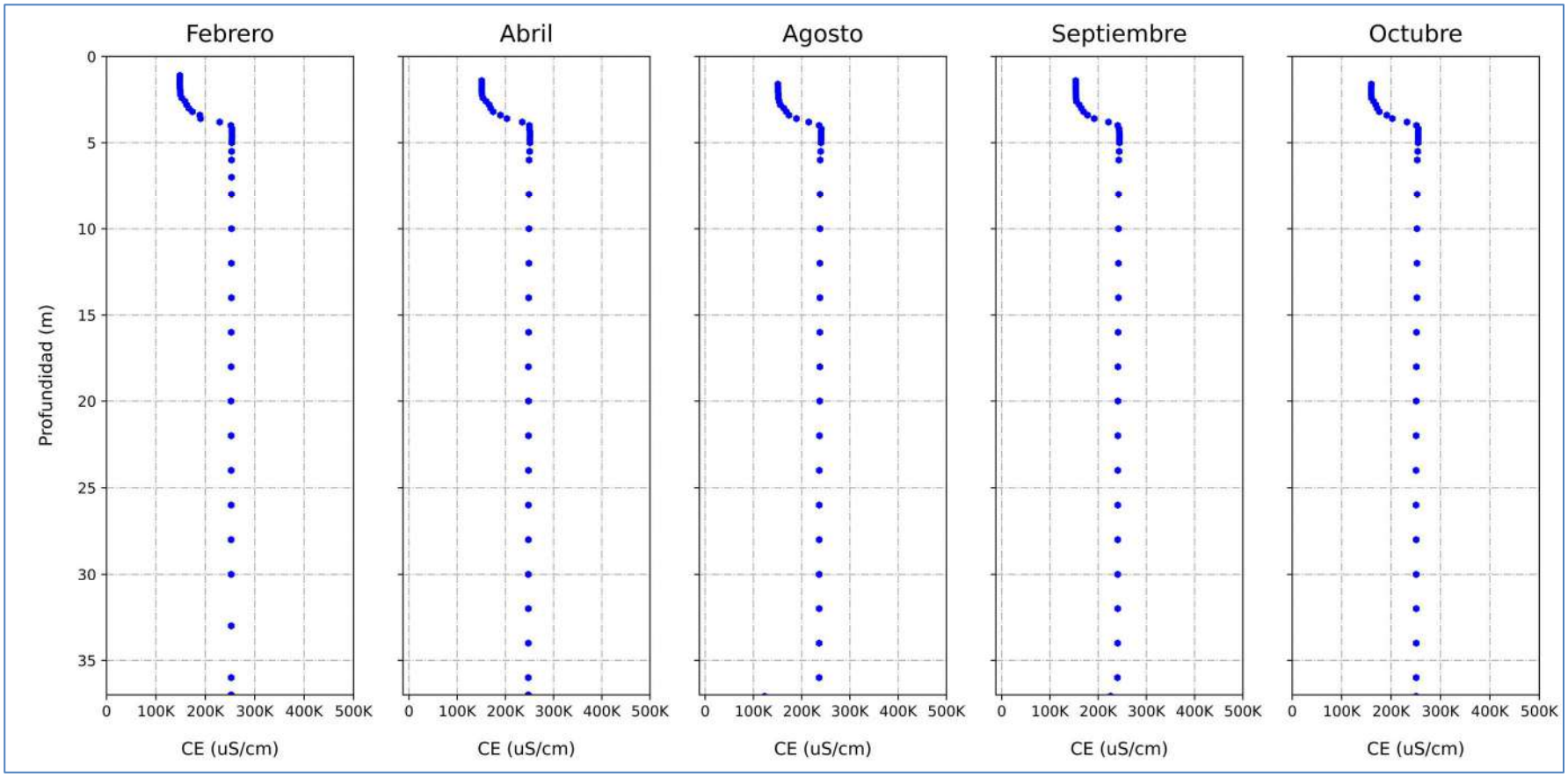
En la Figura 5-81, se presentan los registros históricos desde el año 2016 al año 2020, donde es posible apreciar que la posición de la interfase salina se ha mantenido constante.

5.7.2.6 PP-03

Las campañas de 2020 de perfiles de conductividad en el punto PP-03 muestran que la interfase salina se presenta desde los 90 hasta 110 m de profundidad, donde la conductividad eléctrica aumenta de manera gradual con valores por sobre los 200.000 µS/cm (Figura 5-82).

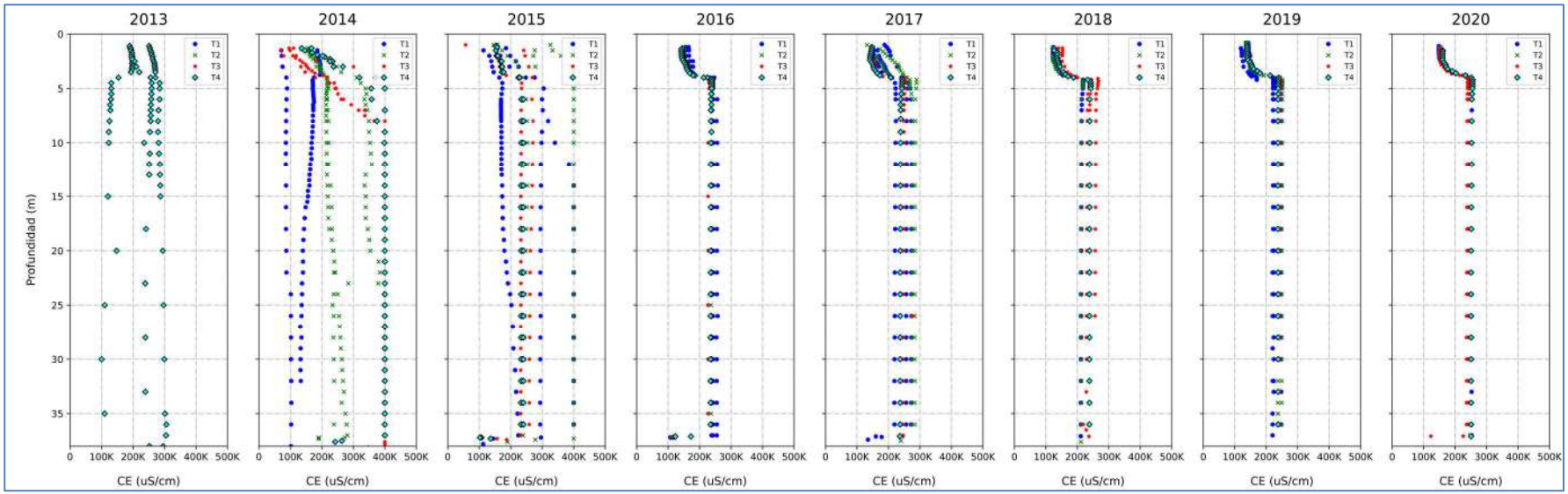
El registro histórico no muestra variaciones significativas en la posición de la interfase salina durante el período de registro (Figura 5-83).

Figura 5-76 Perfiles de C.E. en el punto MPS-CC año 2020



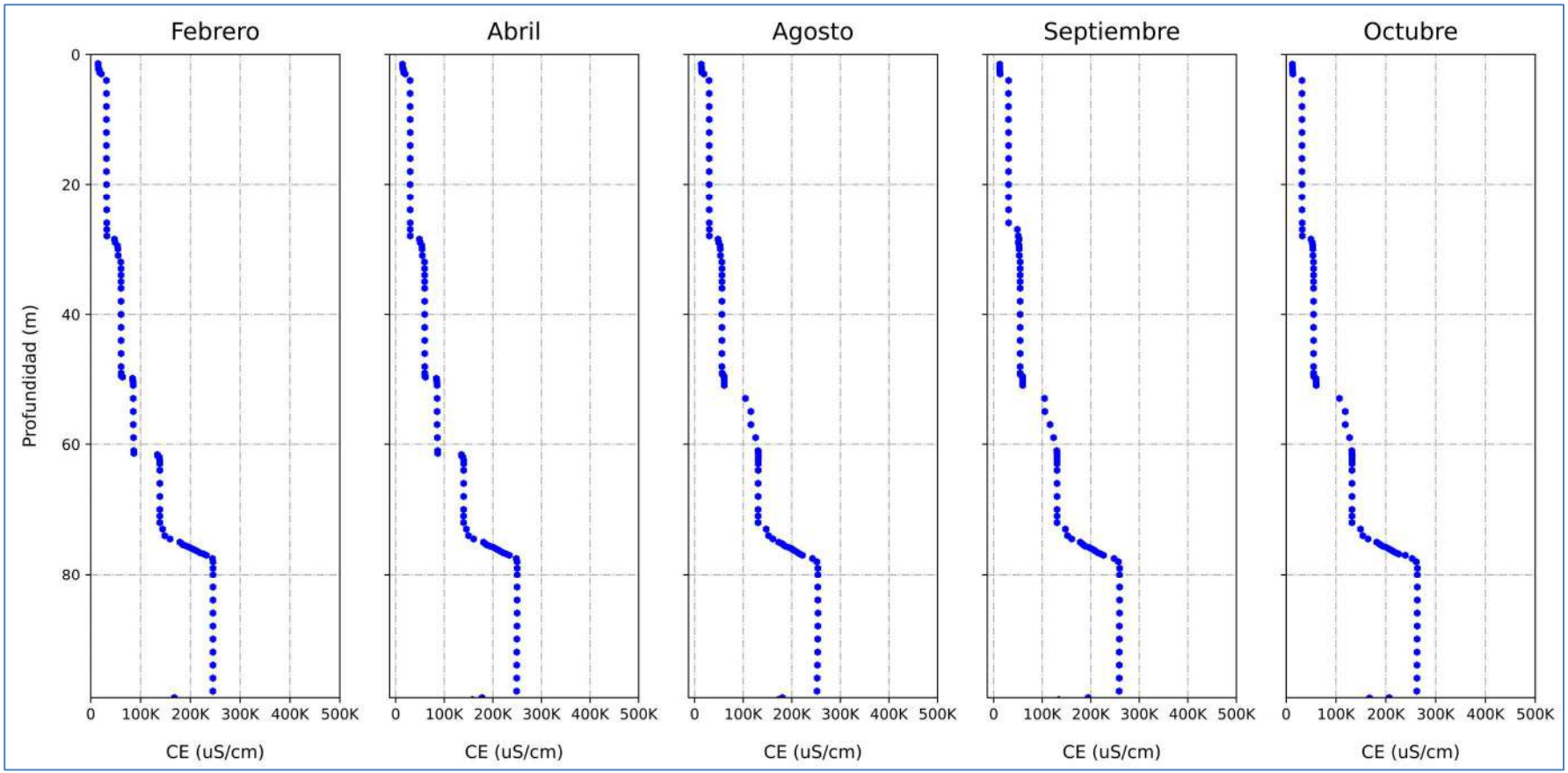
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-77 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MPS-CC



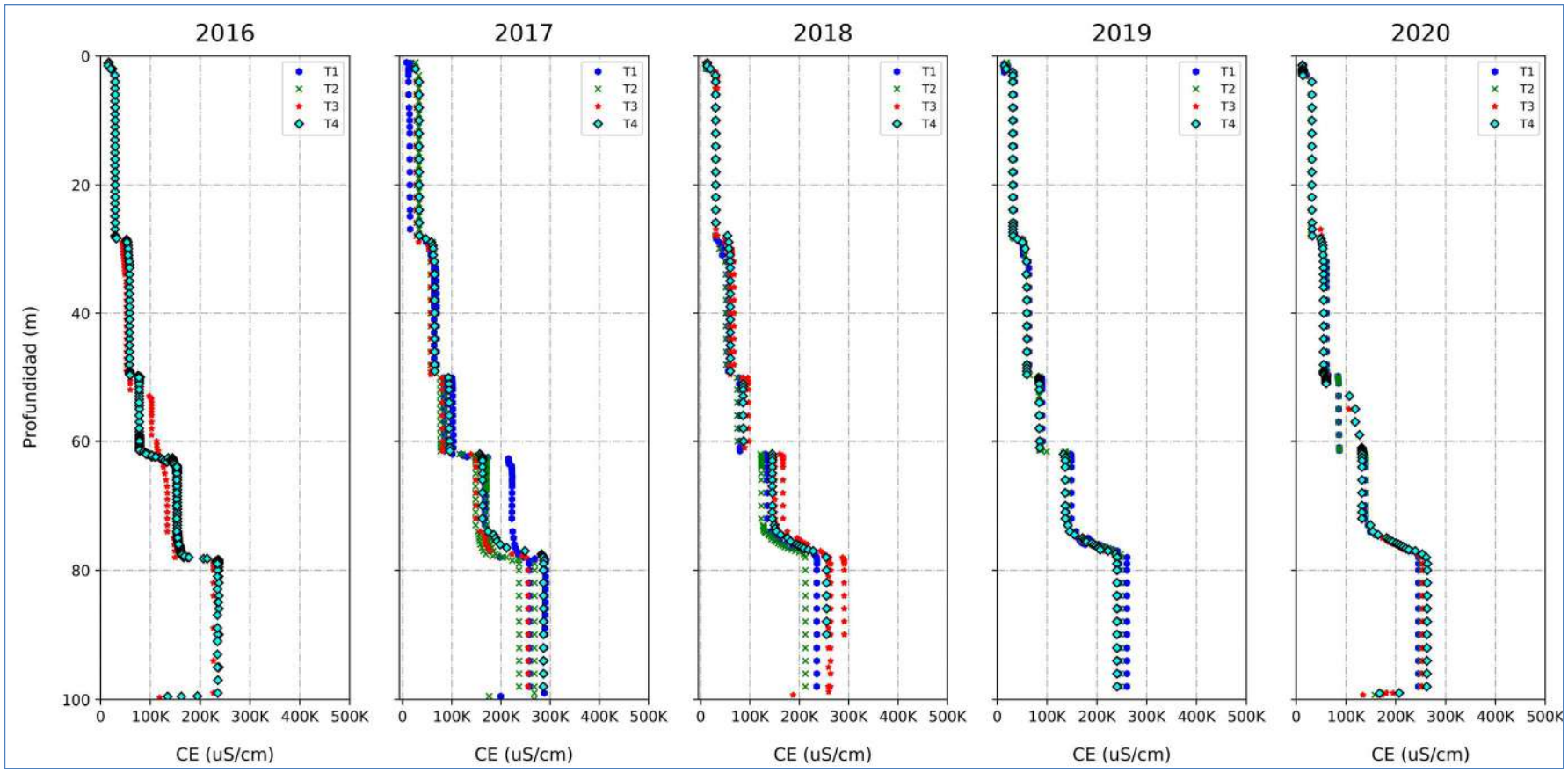
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-78 Perfiles de C.E. en el punto PP-01 año 2020



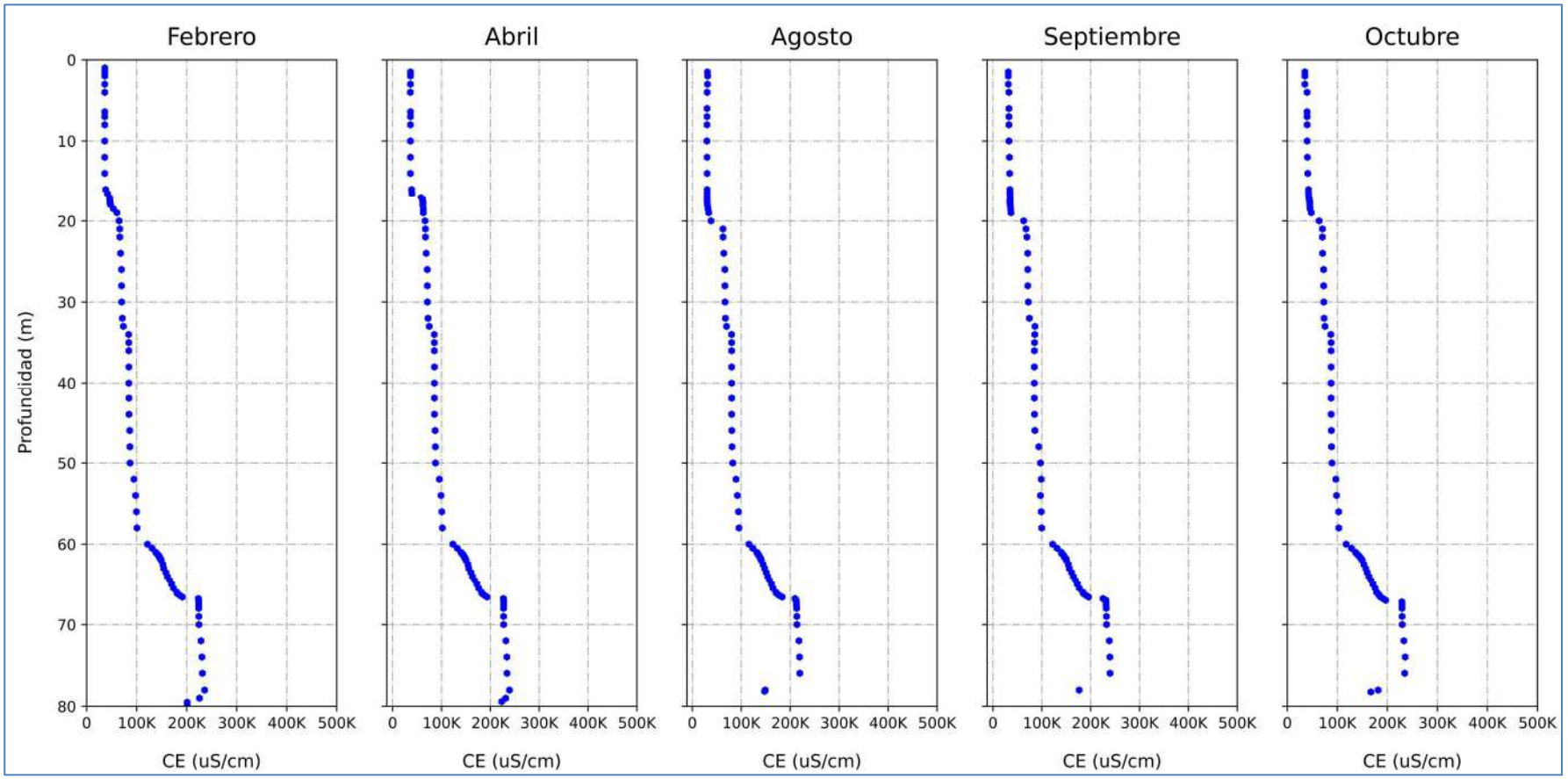
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-79 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-01



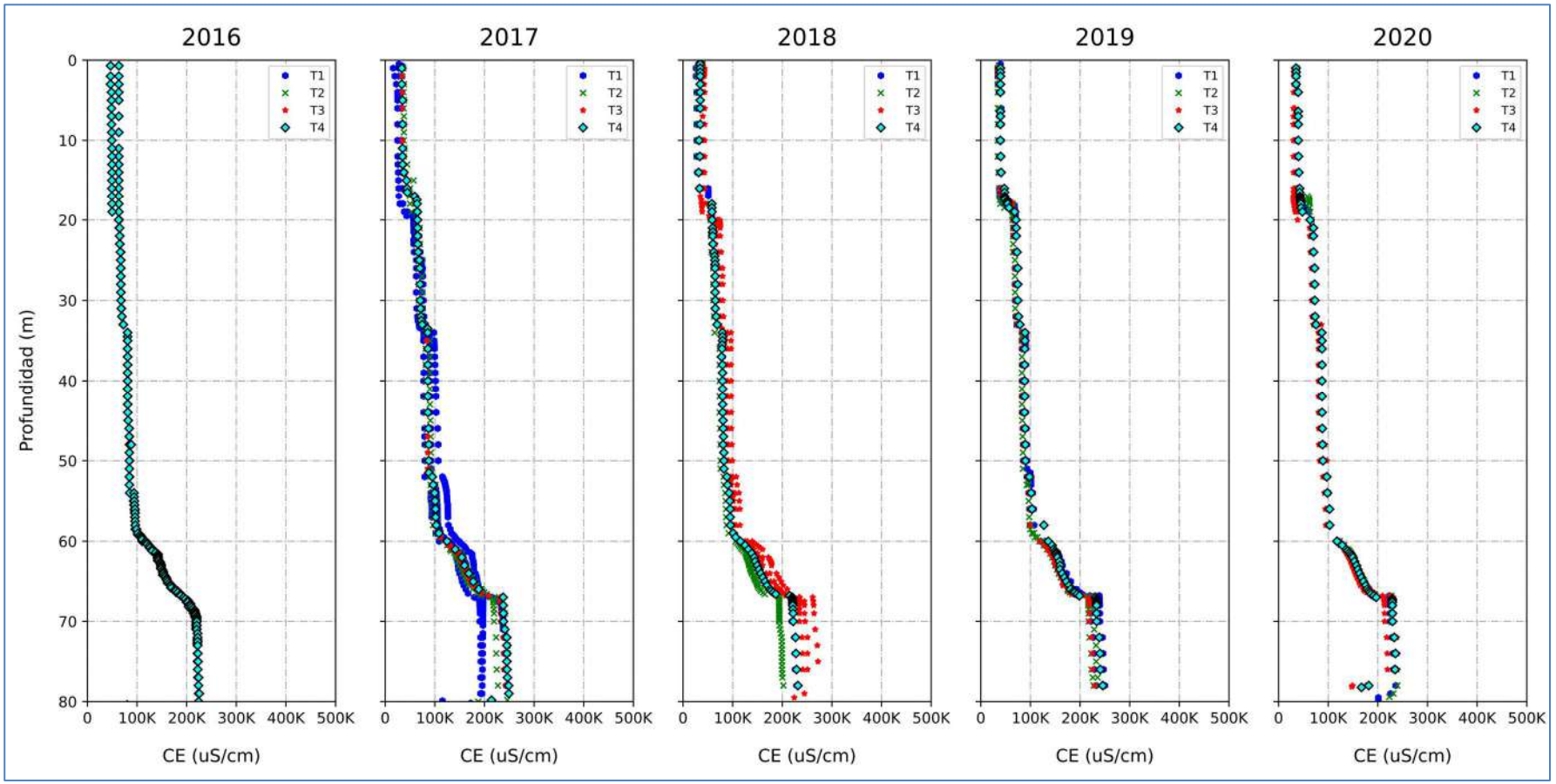
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-80 Perfiles de C.E. en el punto PP-02 año 2020



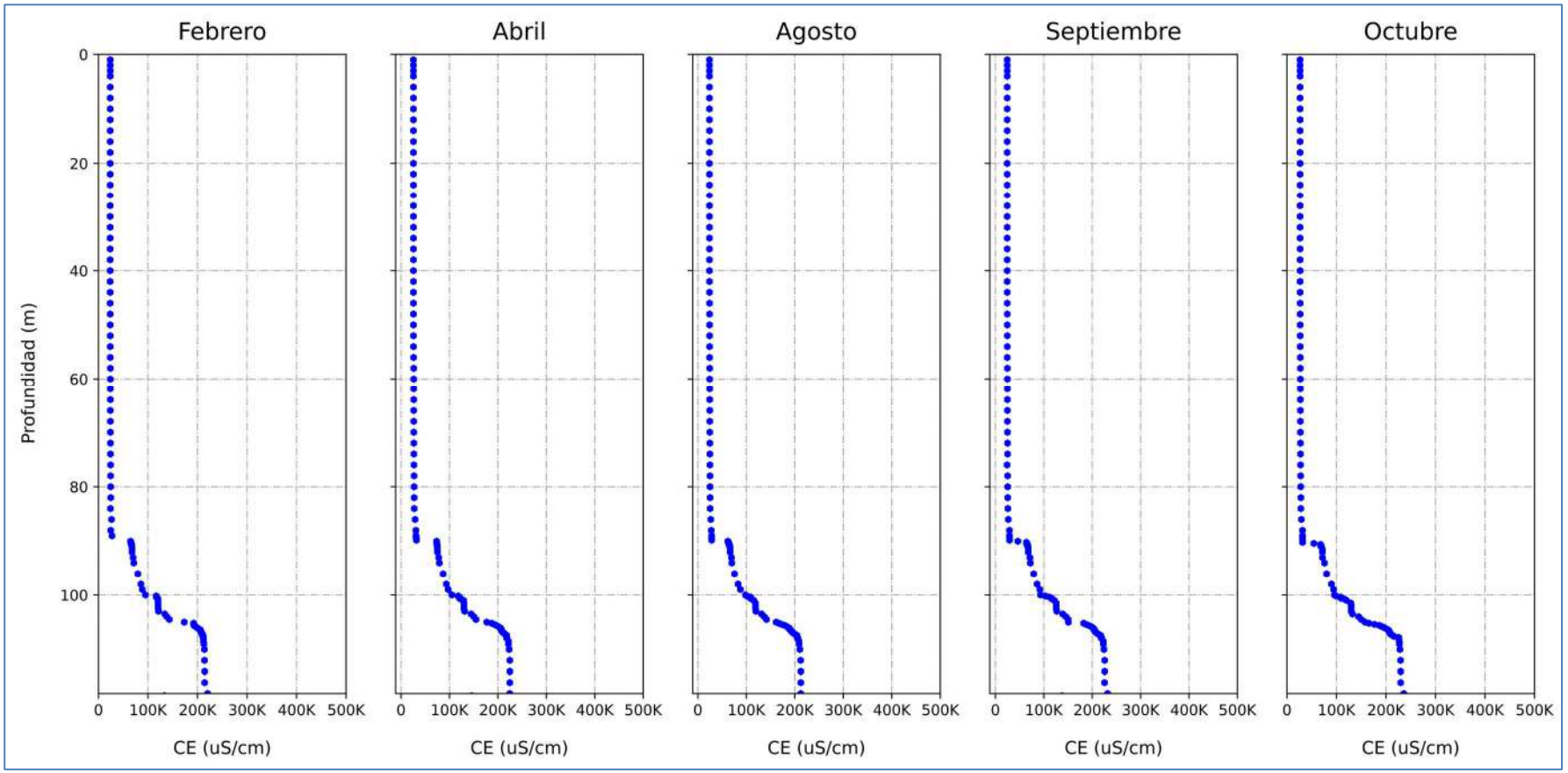
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-81 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-02



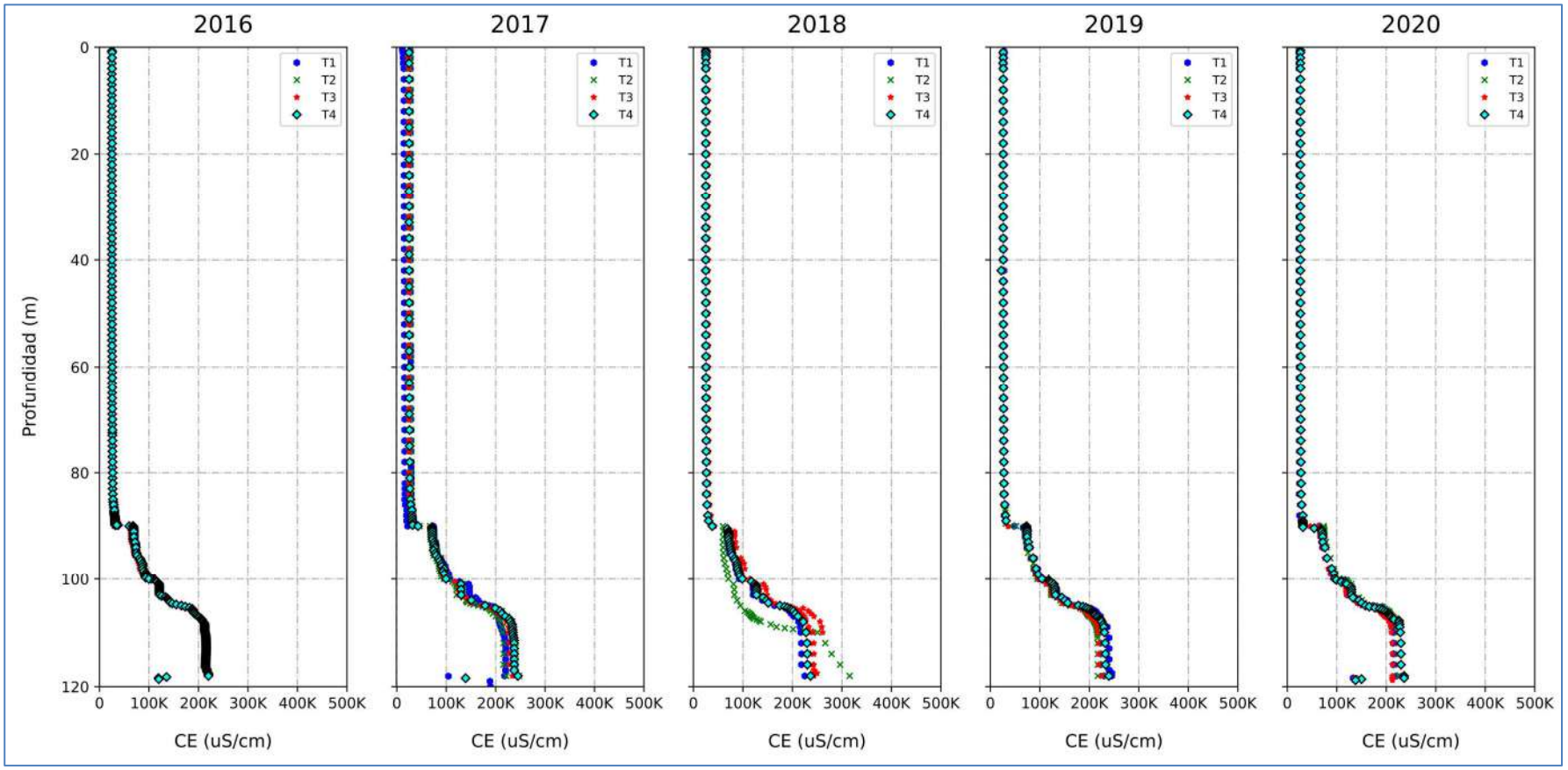
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-82 Perfiles de C.E. en el punto PP-03 año 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-83 Perfiles Históricos de C.E. en el punto PP-03

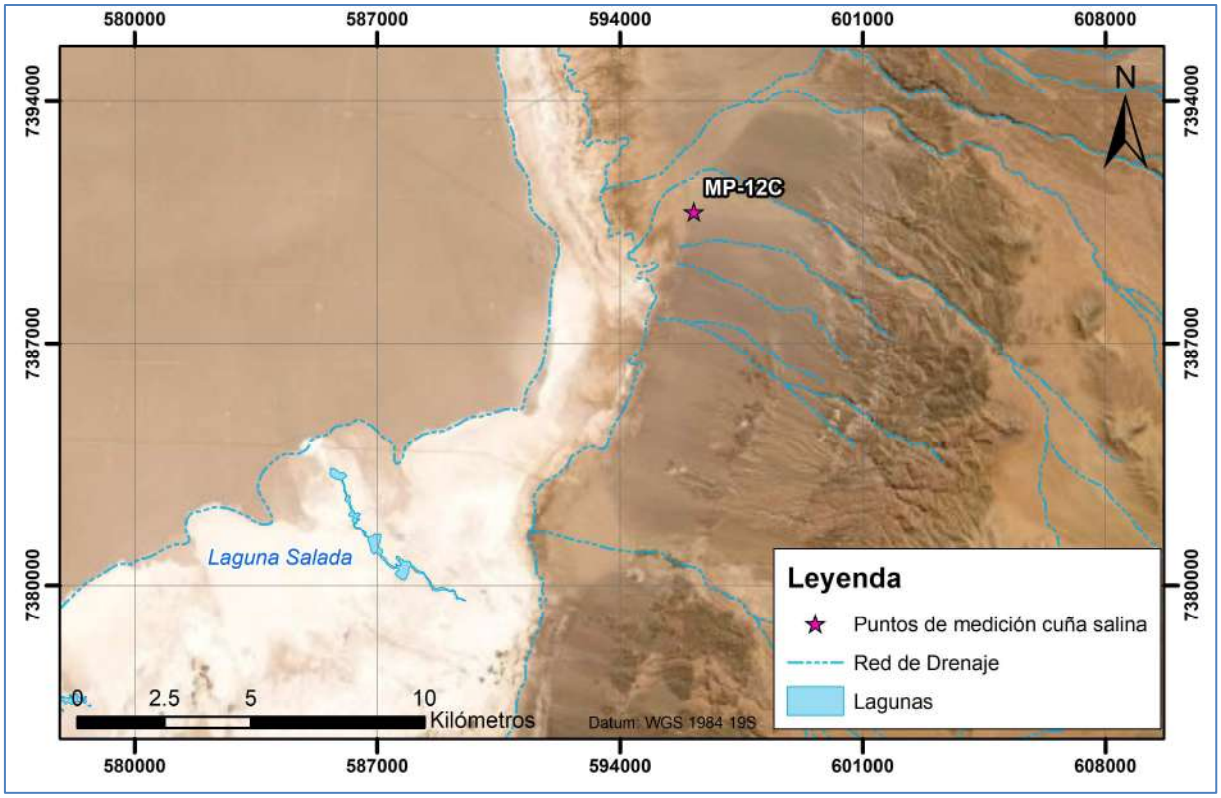


Fuente: Elaboración propia

5.7.3 Sector Norte y Borde Este

En la Figura 5-71 se muestra la ubicación de los puntos comprometidos para la medición de perfiles de conductividad eléctrica en el Norte y Borde Este, el cual corresponde al punto MP-12C.

Figura 5-84 Ubicación puntos de medición de perfiles de conductividad eléctrica, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los registros de profundidad, conductividad eléctrica y temperatura obtenidos durante las campañas realizadas en el año 2020.

5.7.3.1 MP-12C

En la Figura 5-85 se observa los resultados para las campañas de medición de perfiles de conductividad eléctrica para el año 2020. Se observa un aumento gradual en la conductividad eléctrica entre los 50 m hasta los 70 llegando a valores superiores a 200.000 µS/cm alrededor de los 70 m de profundidad. Los valores históricos muestran que la interfase salina se ha mantenido constante desde la perforación del pozo (Figura 5-86).

Tabla 5-38 Resultados Perfilajes de C.E. punto MP-12C campañas año 2020

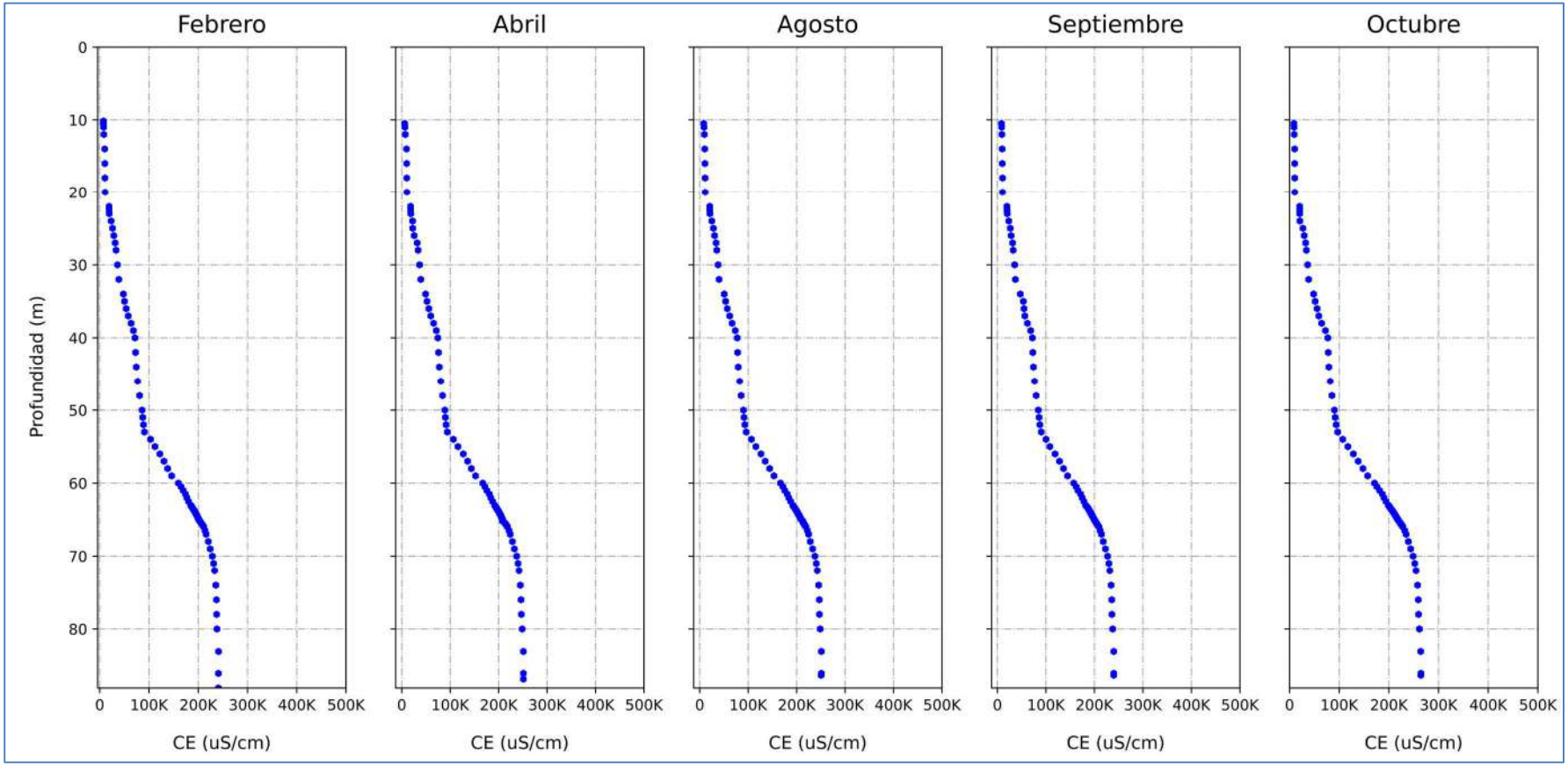
MP-12C														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			06-09-2020			06-10-2020		
Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
10,2	7.585	22,56	10,2	6.104	22,55	10,2	8.246	22,72	10,2	8.207	22,30	10,2	8.635	23,13
10,5	7.527	22,54	10,5	6.101	22,55	10,5	8.304	22,73	10,5	8.379	22,75	10,5	8.718	23,24
11,0	7.821	22,56	11,0	6.477	22,55	11,0	8.844	22,71	11,0	8.692	22,79	11,0	8.974	23,24
12,0	8.269	22,61	12,0	7.447	22,62	12,0	9.603	22,71	12,0	9.165	22,81	12,0	9.408	23,27
14,0	10.130	22,66	14,0	9.855	22,62	14,0	10.410	22,74	14,0	9.754	22,83	14,0	10.260	23,27
16,0	10.400	22,72	16,0	10.200	22,74	16,0	10.740	22,79	16,0	9.950	22,89	16,0	10.350	23,34
18,0	10.500	22,76	18,0	10.330	22,74	18,0	11.080	22,83	18,0	10.530	22,94	18,0	10.380	23,39
20,0	10.880	22,80	20,0	10.700	22,82	20,0	11.310	22,87	20,0	10.540	22,97	20,0	10.480	23,42
22,0	18.890	22,84	22,0	18.300	22,82	22,0	20.690	22,92	22,0	19.630	23,03	22,0	20.270	23,47
22,5	18.980	22,84	22,5	18.370	22,87	22,5	20.780	22,93	22,5	19.790	23,04	22,5	20.350	23,47
23,0	19.260	22,86	23,0	18.690	22,87	23,0	21.060	22,94	23,0	20.240	23,06	23,0	20.370	23,48
24,0	23.120	22,88	24,0	22.380	22,91	24,0	24.990	22,96	24,0	23.440	23,08	24,0	20.660	23,50
25,0	25.930	22,90	25,0	22.650	22,91	25,0	28.280	22,98	25,0	26.510	23,10	25,0	26.930	23,53
26,0	28.590	22,92	26,0	25.650	22,91	26,0	30.730	23,00	26,0	28.330	23,12	26,0	29.490	23,56
27,0	31.250	22,95	27,0	31.840	22,96	27,0	33.740	23,02	27,0	31.270	23,15	27,0	32.320	23,57
28,0	33.090	22,97	28,0	33.730	23,00	28,0	35.190	23,04	28,0	32.530	23,17	28,0	33.860	23,57
30,0	36.060	23,01	30,0	36.740	23,00	30,0	37.890	23,09	30,0	35.510	23,21	30,0	36.420	23,63
32,0	38.760	23,05	32,0	39.320	23,08	32,0	39.960	23,13	32,0	37.030	23,25	32,0	38.420	23,67
34,0	48.030	23,09	34,0	49.150	23,08	34,0	50.590	23,18	34,0	47.220	23,29	34,0	48.410	23,71
35,0	50.260	23,11	35,0	52.150	23,14	35,0	53.390	23,19	35,0	53.510	23,34	35,0	51.520	23,72
36,0	53.690	23,14	36,0	55.980	23,14	36,0	56.890	23,21	36,0	54.820	23,35	36,0	55.450	23,74
37,0	57.840	23,16	37,0	59.910	23,18	37,0	61.890	23,24	37,0	56.540	23,36	37,0	58.850	23,76
38,0	63.650	23,18	38,0	65.740	23,18	38,0	66.740	23,27	38,0	61.890	23,38	38,0	64.600	23,79
39,0	68.350	23,21	39,0	71.270	23,23	39,0	73.340	23,29	39,0	68.580	23,41	39,0	72.250	23,80
40,0	71.480	23,23	40,0	74.560	23,23	40,0	77.450	23,31	40,0	72.170	23,43	40,0	77.000	23,82
42,0	72.730	23,27	42,0	75.900	23,30	42,0	78.240	23,35	42,0	72.990	23,47	42,0	77.890	23,87
44,0	74.210	23,33	44,0	77.580	23,30	44,0	79.530	23,40	44,0	74.320	23,53	44,0	79.170	23,93

MP-12C														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			06-09-2020			06-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
46,0	76.970	23,38	46,0	80.550	23,41	46,0	82.500	23,47	46,0	76.530	23,59	46,0	81.890	23,97
48,0	80.910	23,44	48,0	84.210	23,41	48,0	85.460	23,52	48,0	79.880	23,63	48,0	85.290	24,04
50,0	86.000	23,49	50,0	88.950	23,51	50,0	90.220	23,57	50,0	84.310	23,63	50,0	90.380	24,09
51,0	87.270	23,51	51,0	90.050	23,51	51,0	91.470	23,59	51,0	85.940	23,72	51,0	91.810	24,11
52,0	88.760	23,53	52,0	91.560	23,56	52,0	93.200	23,60	52,0	87.580	23,77	52,0	93.820	24,14
53,0	90.750	23,56	53,0	94.060	23,56	53,0	95.940	23,64	53,0	90.390	23,76	53,0	96.970	24,15
54,0	103.100	23,59	54,0	106.500	23,62	54,0	106.700	23,67	54,0	100.200	23,79	54,0	107.040	24,19
55,0	112.100	23,62	55,0	116.000	23,62	55,0	115.900	23,70	55,0	108.200	23,81	55,0	117.400	24,21
56,0	122.100	23,65	56,0	127.000	23,67	56,0	126.400	23,73	56,0	118.800	23,83	56,0	128.500	24,24
57,0	130.400	23,67	57,0	135.900	23,67	57,0	135.100	23,76	57,0	128.000	23,87	57,0	138.100	24,27
58,0	137.900	23,69	58,0	143.600	23,71	58,0	144.300	23,78	58,0	136.300	23,89	58,0	147.700	24,29
59,0	146.000	23,73	59,0	152.400	23,71	59,0	153.300	23,81	59,0	144.700	23,93	59,0	157.200	24,31
60,0	159.700	23,76	60,0	167.200	23,78	60,0	166.700	23,84	60,0	157.300	23,95	60,0	171.000	24,36
60,5	165.100	23,77	60,5	171.700	23,78	60,5	171.900	23,86	60,5	162.600	23,98	60,5	176.000	24,35
61,0	169.400	23,79	61,0	175.700	23,81	61,0	175.500	23,87	61,0	166.100	23,99	61,0	181.200	24,36
61,5	174.100	23,80	61,5	180.900	23,81	61,5	180.700	23,89	61,5	171.600	24,00	61,5	186.800	24,39
62,0	176.800	23,81	62,0	183.800	23,84	62,0	183.800	23,90	62,0	174.700	24,02	62,0	190.100	24,41
62,5	180.200	23,85	62,5	187.500	23,84	62,5	187.700	23,92	62,5	178.300	24,03	62,5	194.200	24,42
63,0	184.600	23,85	63,0	191.600	23,87	63,0	192.000	23,94	63,0	181.800	24,04	63,0	198.800	24,43
63,2	186.300	23,86	63,2	193.600	23,87	63,2	193.700	23,95	63,2	183.900	24,05	63,2	200.900	24,43
63,4	188.300	23,86	63,4	195.400	23,88	63,4	196.000	23,94	63,4	186.700	24,05	63,4	203.000	24,45
63,6	190.200	23,86	63,6	197.300	23,88	63,6	198.000	23,95	63,6	188.200	24,06	63,6	204.900	24,44
63,8	192.200	23,87	63,8	199.300	23,89	63,8	199.800	23,96	63,8	190.200	24,07	63,8	207.100	24,44
64,0	193.900	23,87	64,0	201.000	23,89	64,0	201.600	23,97	64,0	191.700	24,07	64,0	209.300	24,45
64,2	195.400	23,87	64,2	202.400	23,90	64,2	203.200	23,97	64,2	193.400	24,07	64,2	211.100	24,46
64,4	197.200	23,88	64,4	204.200	23,90	64,4	204.900	23,98	64,4	195.300	24,08	64,4	212.900	24,46
64,6	198.300	23,88	64,6	205.500	23,90	64,6	206.700	23,98	64,6	196.500	24,08	64,6	214.600	24,46
64,8	199.900	23,89	64,8	206.900	23,90	64,8	208.100	23,98	64,8	198.200	24,09	64,8	216.400	24,47

MP-12C														
Fecha de Campaña														
05-02-2020			11-04-2020			27-08-2020			06-09-2020			06-10-2020		
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)	Prof (m)	C.E. (µS/cm)	TEMP (°C)
65,0	201.200	23,90	65,0	208.300	23,92	65,0	209.900	24,00	65,0	199.900	24,10	65,0	218.200	24,47
65,2	203.100	23,90	65,2	208.100	23,92	65,2	212.800	23,99	65,2	201.600	24,10	65,2	220.100	24,48
65,4	205.400	23,91	65,4	212.200	23,93	65,4	213.500	24,00	65,4	203.600	24,11	65,4	222.500	24,49
65,6	206.900	23,91	65,6	214.400	23,93	65,6	215.700	24,00	65,6	205.100	24,11	65,6	224.400	24,49
65,8	209.500	23,92	65,8	216.500	23,94	65,8	217.200	24,00	65,8	207.200	24,12	65,8	226.400	24,50
66,0	211.100	23,92	66,0	218.300	23,94	66,0	219.300	24,02	66,0	209.400	24,12	66,0	228.300	24,49
66,5	213.800	23,93	66,5	221.600	23,96	66,5	222.300	24,02	66,5	211.800	24,13	66,5	232.000	24,50
67,0	215.900	23,95	67,0	223.900	23,96	67,0	224.800	24,04	67,0	214.500	24,14	67,0	234.700	24,52
68,0	220.500	23,98	68,0	228.400	24,01	68,0	228.200	24,04	68,0	218.200	24,15	68,0	239.200	24,55
69,0	224.200	24,01	69,0	232.500	24,01	69,0	233.100	24,08	69,0	222.700	24,19	69,0	243.900	24,58
70,0	228.600	24,03	70,0	237.300	24,06	70,0	237.900	24,12	70,0	227.100	24,22	70,0	248.800	24,68
71,0	231.200	24,06	71,0	240.000	24,06	71,0	240.600	24,15	71,0	229.800	24,24	71,0	252.100	24,62
72,0	233.200	24,08	72,0	242.100	24,11	72,0	242.700	24,18	72,0	231.700	24,26	72,0	254.650	24,67
74,0	235.600	24,14	74,0	244.800	24,11	74,0	245.500	24,23	74,0	234.400	24,31	74,0	257.700	24,70
76,0	236.900	24,21	76,0	246.200	24,23	76,0	246.900	24,27	76,0	235.800	24,37	76,0	259.200	24,76
78,0	237.300	24,24	78,0	246.800	24,23	78,0	247.100	24,34	78,0	236.100	24,42	78,0	259.800	24,81
80,0	238.000	24,30	80,0	248.600	24,33	80,0	248.700	24,40	80,0	237.700	24,47	80,0	261.500	24,87
83,0	241.200	24,40	83,0	251.100	24,33	83,0	251.100	24,47	83,0	239.900	24,55	83,0	264.000	24,94
86,0	241.000	24,40	86,0	251.200	24,51	86,0	251.200	24,55	86,0	239.900	24,64	86,0	264.500	25,04
88,0	240.900	24,38	86,8	251.100	24,51	86,3	250.600	24,57	86,3	239.800	24,66	86,3	264.300	25,04

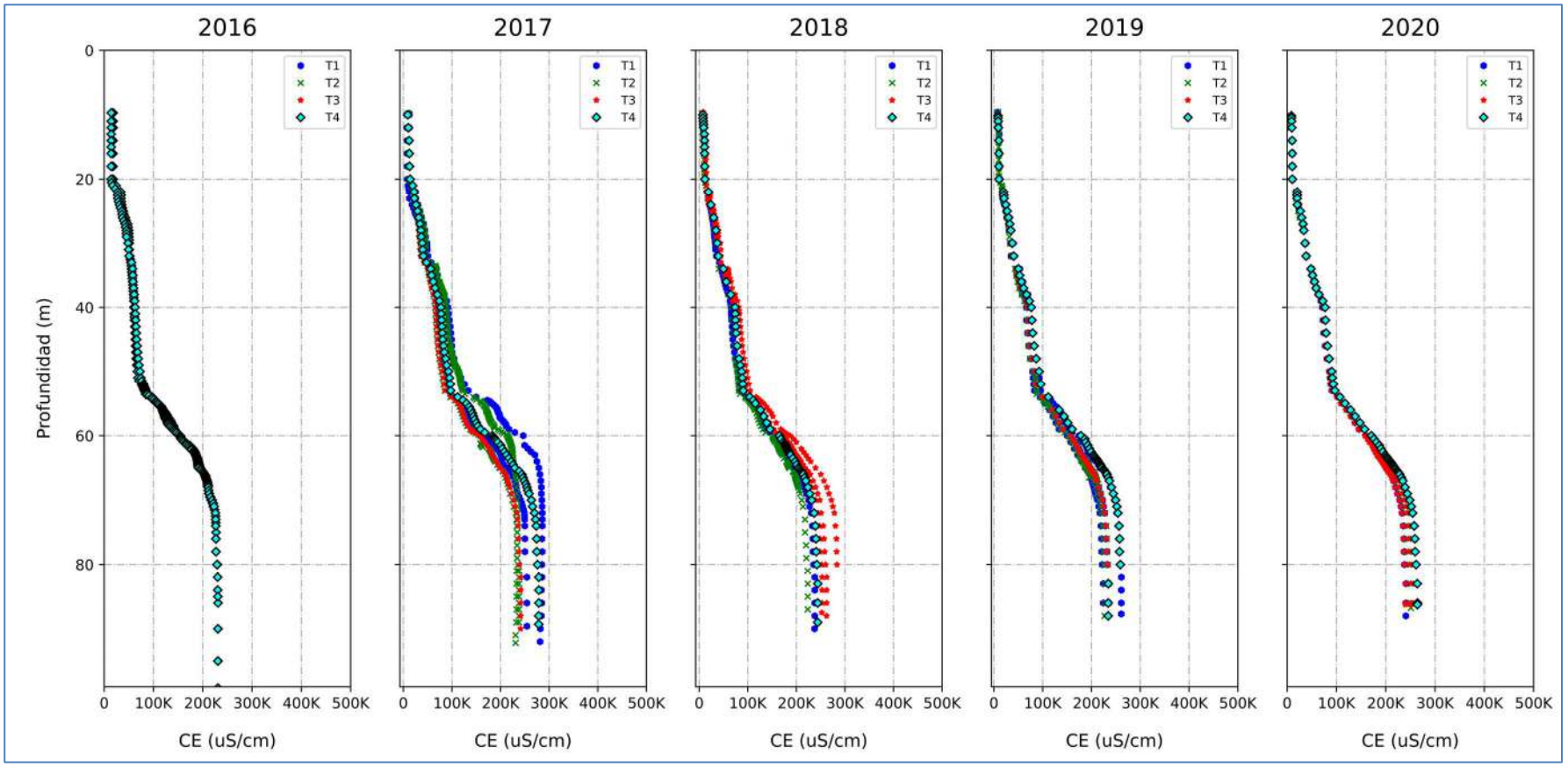
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-85 Perfiles de C.E. en el punto MP-12C año 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-86 Perfiles Históricos de C.E. en el punto MP-12C



Fuente: Elaboración propia

5.8 Calidad Química del 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 presenta en la Figura 5-87, Figura 5-127 y Figura 5-167.

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. En la Tabla 4-6, Tabla 4-7 y Tabla 4-8 se presentan todos los puntos de monitoreos de calidad de agua para cada uno de los sectores.

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 los registros e información relacionada con la variable calidad de aguas, dentro de los cuales se encuentran todos los datos históricos de calidad química in situ y de laboratorio, los certificados e informes emitidos por la ETFA, respaldos de calibraciones, estabilizaciones de parámetros in situ y cadenas de custodia de las campañas que se han realizado, en el marco del Proyecto, durante 2020.

Además, en la sección 5.8.4 del presente capítulo, se presentan los resultados asociados a los tres pozos de extracción de agua dulce-salobre que tienen compromiso de análisis químico de aguas en el marco de la RCA Nº 92/2000, donde se monitorean las concentraciones totales de calcio, litio, potasio, magnesio, sodio y sulfato. Estos pozos corresponden a los denominados Peine, Tilopozo y Tucúcaro.

A continuación, se presentan los resultados de monitoreo de la calidad química de las aguas, que consideran mediciones, muestreos y análisis trimestrales. Cabe indicar que el muestreo que se debía llevar a cabo en el segundo trimestre de 2020 no se realizó a causa de la suspensión de actividades a causa del COVID-19 (ver Tabla 4-2).

Por otro lado, debido a la activación de la Fase I del PAT Sector alerta Norte, según se indica en la sección 4.4 de este Informe, se aumentó la frecuencia de monitoreo a mensual, por lo que se cuenta con monitoreos realizados durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020, salvo en los puntos ubicados en la Reserva Nacional Los Flamencos por falta de permisos entregados por CONAF, a causa del COVID-19 (ver detalles en Tabla 4-2).

Desde la Tabla 5-39 a la Tabla 5-42, se entregan los resultados y/o registros de las campañas del año 2020, de los meses de enero, agosto, septiembre y octubre, 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. Luego de estas tablas, se presentan los resultados en gráficos de cajas, estadígrafos y gráficas de evolución temporal para cada uno de los parámetros por sector de análisis y por tipo de grupo de parámetros. Cabe señalar que algunas de las gráficas presentadas, dada la diferencia en los rangos de los valores para los diferentes tipos de aguas, se muestran en escala logarítmica.

Se indica que para hacer uso de los registros en gráficos y estadígrafos de aquellos valores reportados como menores al límites de detección, se utilizó un tercio del valor de dicho limite.

Los valores de concentración de nitrato (NO_3) indicados en dichas tablas fueron calculados a partir de la concentración de NO_3-N, que es la unidad de reporte del laboratorio, utilizando la relación entre pesos moleculares (PM) para conversión:

$$[NO_3] = [NO_3 - N] \cdot \frac{PM\ NO_3}{PM\ N}$$

Los valores de concentración de bicarbonato (HCO_3) son reportados en milígramos de carbonato de calcio por litro (mg $CaCO_3$/L), desde el laboratorio. Por ello, es necesario calcular la concentración de HCO_3 expresada en milígramos por litro, para lo cual se utilizó la siguiente relación, considerando los pesos moleculares (PM):

$$HCO_3\ \left[\frac{mg}{L}\right] = HCO_3\ \left[\frac{mg\ CaCO_3}{L}\right] \cdot \frac{PM\ HCO_3}{PM\ CaCO_3/2}$$

Por otra parte, se tienen valores históricos de conductividad eléctrica >300.000 µS/cm (en particular, años 2014, 2015 y 2017), los cuales no se consideran válidos ya que son datos obtenidos a partir de diluciones a las que se les aplica un factor de corrección lineal en función del número de diluciones, por lo que se determinó dejar estos registros en la base de datos como dato no utilizable para realizar el análisis histórico.

Relacionado con el párrafo precedente, es dable indicar que entre los parámetros de sólidos totales disueltos (SDT) y conductividad eléctrica (CE) existe siempre una buena correlación hasta valores en torno a 200.000 µS/cm de conductividad. El conjunto de puntos analizados

históricamente en el Salar presenta una línea de tendencia según la siguiente relación TDS=0,95*CE (ver sección 7.6.1 del Anexo 1 Adenda 5, que aprobó el Proyecto que da origen al presente PSAH). En cambio, en las muestras hipersalinas, por sobre 200.000 µS/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.

En la Tabla 5-43 se indican los puntos y los motivos por los cuales no fue posible realizar el muestreo en determinadas campañas del 2020.

Tabla 5-39 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña enero 2020 (1/3)

Punto			Anterepresa Tilomonte	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-09	LM-10	LM-16	LM-17	MP-01A
Código analítico laboratorio			607122-01	607515-01	607514-01	607511-01	607518-01	608375-01	608366-01	607857-01	608370-01	607516-01
Fecha de muestreo			20-01-2020	21-01-2020	21-01-2020	21-01-2020	21-01-2020	23-01-2020	23-01-2020	22-01-2020	23-01-2020	21-01-2020
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	La Punta-La Brava	Peine	La Punta-La Brava
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	8,42	8,06	7,98	7,91	7,73	8,08	7,97	7,31	6,95	7,47
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	7.083	87.160	91.750	156.100	181.500	63.420	74.580	4.370	235.800	26.430
Temperatura	ºC	0,01	23,1	22,46	21,37	26,06	30,99	27,24	29,52	26,61	26,74	20,07
Sólidos disueltos totales	mg/l		3.543	43.580	50.540	77.930	90.830	31.710	37.370	2.187	122.600	14.300
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	5,30	3,25	3,27	1,97	1,41	3,26	2,35	3,44	0,60	2,10
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	8,20	8,07	8,10	7,86	7,80	7,85	7,81	7,71	6,92	7,30
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	6.650	89.200	96.100	156.800	178.500	58.900	70.100	4.260	246.000	25.500
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	4.370	89.200	72.167	133.433	165.533	44.672	54.400	1.740	335.733	15.333
Densidad	g/ml	0,900	1,001	1,045	1,047	1,091	1,105	1,020	1,040	1,000	1,200	1,008
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	1.835	37.588	36.039	74.927	88.910	16.670	29.565	953	120.713	8.247
Sulfato	mg/l	1,00	698	3.511	6.236	10.990	14.134	3.309	4.042	426	7.911	1.132
Bicarbonato	mg/l	1,22	244	627,08	602,68	793	823,5	224,48	220,82	424,56	341,6	403,82
Nitrato	mg/l	0,44	0,44	5,62	5,26	6,19	9,38	2,21	5,22	3,98	6,19	0,88
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	299	658	762	735	936	803	930	165	840	237
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	167	1.476	1.636	3.108	3.985	949	1.073	87	5.599	379
Sodio disuelto	mg/l	0,2	723	19.920	23.090	41.645	53.600	10.990	12.480	531	76.730	4.741
Potasio disuelto	mg/l	0,2	72	2.809	3.128	5.876	7.320	1.543	1.729	71	8.573	731
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	2,55	8,34	10,4	9,41	10,4	11,3	14,5	1,19	36,4	6,22
Litio disuelto	mg/l	0,003	1,14	149	170	275	274	121	112	7,74	515	37,8
Boro disuelto	mg/l	0,002	9,8	123	111	242	280	67,9	84,1	11,3	371	30
Error del Balance iónico	%	-	-5,40	-0,79	5,54	-0,83	2,48	9,72	-10,54	-0,33	7,67	2,50
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	304	698	778	880	968	873	1.004	166	856	238
Magnesio total	mg/l	0,2	168	1.536	1.667	3.189	4.191	1.001	1.162	94	5.745	387
Sodio total	mg/l	0,2	822	20.680	23.375	41.805	56.200	11.740	13.310	616	77.310	4.786
Potasio total	mg/l	0,2	73,8	2.929	3.179	5.966	7.680	1.551	1.887	84,4	8.675	739
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	0,018	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,045	<0,01	0,048
Arsénico total	mg/l	0,001	0,105	5,45	5,75	10,6	15,6	1,21	2,52	0,42	17,5	1,34
Boro total	mg/l	0,002	10,1	149	129	266	293	71,8	85,2	11,9	410	31,9
Estroncio total	mg/l	0,001	2,74	10,3	10,6	10,7	11	11,7	14,7	1,42	39,2	6,52
Hierro total	mg/l	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Litio total	mg/l	0,003	1,22	156	175	283	275	127	137	8,57	519	38
Silicio total	mg/l	0,02	30	47	49	36	38	37	31	54	4,7	37

Tabla 5-39 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña enero 2020 (2/3)

Punto			MP-01B	MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A
Código analítico laboratorio			607517-01	607512-01	607513-01	607855-01	607856-01	607852-01	607853-01	607850-01	607851-01	671870-01
Fecha de muestreo			21-01-2020	21-01-2020	21-01-2020	22-01-2020	22-01-2020	22-01-2020	22-01-2020	22-01-2020	22-01-2020	20-01-2020
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	La Punta-La Brava	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	6,11	7,67	6,62	7,15	6,43	7,36	6,3	7,25	6,38	7,15
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	231.600	8.840	221.200	7.073	219.000	42.210	233.900	28.570	227.800	15.570
Temperatura	ºC	0,01	17,57	17,17	16,85	27,8	26,4	20,9	21,5	22,13	22,96	22,15
Sólidos disueltos totales	mg/l		122.100	4.440	104.300	3.538	108.100	16.400	115.700	10.940	115.000	7.780
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	0,16	3,10	1,10	2,81	0,50	2,65	0,50	3,32	0,32	4,50
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	6,30	7,55	6,65	7,71	6,34	7,24	6,13	7,17	6,33	7,23
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	247.000	8.700	204.400	6.420	223.000	43.000	241.000	33.800	237.000	14.750
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	297.567	5.433	161.000	3.840	242.340	28.600	339.600	21.867	305.000	8.340
Densidad	g/ml	0,900	1,200	1,012	1,113	1,001	1,150	1,019	1,200	1,015	1,190	1,004
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	198.563	2.479	122.087	1.732	143.456	16.620	188.442	11.721	167.948	4.626
Sulfato	mg/l	1,00	7.989	597	8.380	475	8.771	1.918	18.810	1.523	17.250	724
Bicarbonato	mg/l	1,22	366	437,98	380,64	453,84	300,12	451,4	445,3	434,32	423,34	263,52
Nitrato	mg/l	0,44	12,48	0,44	10,88	2,21	7,30	3,10	5,13	3,54	3,10	3,10
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	684	120	1.005	133	425	188	329	207	389	284
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	6.309	150	3.923	99	4.637	708	7.780	576	7.150	276
Sodio disuelto	mg/l	0,2	97.000	1.325	58.050	866	62.400	6.950	83.600	5.720	71.550	2.223
Potasio disuelto	mg/l	0,2	14.640	210	8.301	129	11.450	1.429	15.890	1.226	14.130	375
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	10,1	1,78	26	1,09	1,34	1,35	0,851	1,03	0,724	2,13
Litio disuelto	mg/l	0,003	310	11	74	18,3	595	99,7	750	95,1	771	20
Boro disuelto	mg/l	0,002	416	15,3	301	13	480	34,6	655	49,4	243	14,1
Error del Balance iónico	%	-	-4,93	-2,97	-7,01	-5,24	-8,93	-9,79	-8,00	-1,83	-9,53	-0,85
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	709	122	1.027	173	470	223	385	219	444	295
Magnesio total	mg/l	0,2	6.455	151	3.923	101	5.120	791	8.865	585	8.135	281
Sodio total	mg/l	0,2	99.500	1.339	58.950	949	71.450	7.620	92.700	5.800	84.550	2.284
Potasio total	mg/l	0,2	14.970	227	8.302	145	13.190	1.579	17.680	1.229	16.785	388
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	<0,01	0,015	<0,01	0,081	<0,01	0,071	<0,01	30,1	143	0,135
Arsénico total	mg/l	0,001	0,405	0,65	0,99	0,45	5,2	0,76	3,62	3,66	2,03	0,24
Boro total	mg/l	0,002	426	16,3	321	15,4	560	37,4	666	53,1	246	14,3
Estroncio total	mg/l	0,001	10,4	1,79	28,2	1,5	1,37	1,5	0,853	1,05	0,826	2,37
Hierro total	mg/l	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,586	0,143	1,09	39,1	27,6	<0,02
Litio total	mg/l	0,003	319	11,3	75,1	20	653	100	776	95,3	794	24,9
Silicio total	mg/l	0,02	7,2	42	10	53	10	36	2,2	2,3	14,6	34

Tabla 5-39 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña enero 2020 (3/3)

Punto			MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Vert. Peine
Código analítico laboratorio			607854-01	607119-01	608367-01	608368-01	608369-01	607124-01	607120-01	607121-01	607125-01
Fecha de muestreo			22-01-2020	20-01-2020	23-01-2020	23-01-2020	23-01-2020	20-01-2020	20-01-2020	20-01-2020	20-01-2020
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			La Punta-La Brava	Sector Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Superficial**
Parámetros in situ											
pH	-	0,00	7,2	7,43	7,82	6,77	6,61	6,9	7,15	7,11	7,55
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	4.409	17.210	58.640	224.400	237.500	47.780	63.380	27.980	4.447
Temperatura	ºC	0,01	24,99	24,63	20,81	17,36	18,56	21,7	22,94	26,27	24,11
Sólidos disueltos totales	mg/l		2.253	8.622	29.330	117.600	119.700	32.500	31.850	13.920	2.222
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	3,24	3,71	2,73	0,67	0,36	2,70	2,38	3,60	5,23
Fisicoquímico laboratorio											
pH	-	-	7,22	7,53	7,71	6,81	6,60	7,09	7,15	7,29	7,48
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	4.510	16.320	54.500	238.000	221.500	49.400	64.800	26.300	4.240
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	3.300	9.860	39.700	247.600	363.900	34.633	47.100	16.233	2.930
Densidad	g/ml	0,900	0,998	1,004	1,027	1,170	1,210	1,020	1,027	1,010	1,000
Elementos mayoritarios disueltos											
Aniones											
Cloruro	mg/l	0,5	988	5.170	22.026	106.435	124.174	16.985	26.101	8.973	981
Sulfato	mg/l	1,00	416	514	4.252	8.248	14.842	1.836	1.638	819	749
Bicarbonato	mg/l	1,22	413,58	244	140,3	458,72	606,34	459,94	229,36	202,52	139,08
Nitrato	mg/l	0,44	3,54	3,10	1,77	13,10	14,69	2,21	4,87	1,33	4,69
Cationes											
Calcio disuelto	mg/l	0,2	138	151	1.128	763	344	490	430	271	322
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	80	210	787	6.671	8.117	798	825	321	90
Sodio disuelto	mg/l	0,2	558	2.501	9.761	82.350	68.650	9.152	11.650	4.120	450
Potasio disuelto	mg/l	0,2	72	492	1.318	11.756	19.590	1.668	1.989	699	27
Elementos minoritarios y trazas disueltos											
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	1,22	3,84	13,8	15	0,907	7,29	4,5	2,78	2,57
Litio disuelto	mg/l	0,003	4,2	13,2	112	675	852	40,3	49,2	33,2	0,71
Boro disuelto	mg/l	0,002	12,1	10,1	59,4	515	646	38,1	62,3	24,1	9,9
Error del Balance iónico	%	-	-2,41	-3,70	-8,44	-1,12	6,52	1,70	-7,97	-5,68	-0,91
Elementos mayoritarios totales											
Calcio total	mg/l	0,2	159	152	1.282	908	386	504	444	282	324
Magnesio total	mg/l	0,2	81	225	888	6.750	8.440	806	872	370	90
Sodio total	mg/l	0,2	621	2.551	10.760	82.650	70.060	9.156	11.740	4.270	497
Potasio total	mg/l	0,2	76,6	516	1.392	11.940	20.410	1.687	2.098	705	28,6
Elementos minoritarios y trazas totales											
Aluminio total	mg/l	0,01	0,09	0,047	0,138	<0,01	<0,01	0,353	0,159	0,039	0,073
Arsénico total	mg/l	0,001	0,43	0,155	0,99	3,32	0,44	0,62	9,4	0,51	0,08
Boro total	mg/l	0,002	13,9	10,5	59,4	520	678	40	63,3	24,3	10,5
Estroncio total	mg/l	0,001	1,74	3,96	14,2	15,1	0,908	7,34	4,6	2,81	2,58
Hierro total	mg/l	0,02	<0,02	<0,02	0,031	0,075	<0,02	0,252	25,6	<0,02	<0,02
Litio total	mg/l	0,003	4,36	14,6	136	677	877	52	53,1	38,8	0,739
Silicio total	mg/l	0,02	61	32	23	3,3	0,89	32	33	30	36

Tabla 5-40 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña agosto 2020 (1/3)

Punto			Anterepresa Tilomonte	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-05	LM-06	LM-07	LM-16	MP-01A
Código analítico laboratorio			658737-01	658751-01	658750-01	658753-01	658752-01	658761-01	658762-01	658756-01	658747-01	658748-01
Fecha de muestreo			28-08-2020	29-08-2020	29-08-2020	29-08-2020	29-08-2020	30-08-2020	30-08-2020	30-08-2020	28-08-2020	29-08-2020
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	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	8,23	8,55	8,59	8,47	8,39	2,66	8	8,45	7,63	7,69
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	6.320	55.900	59.480	85.540	94.200	53.740	59.350	61.600	4.715	20.810
Temperatura	ºC	0,01	10,6	16,96	15,77	17,17	21,39	17,89	17,17	19,82	26,01	16,38
Sólidos disueltos totales	mg/l		3.160	27.900	29.750	42.790	47.110	26.880	29.670	30.780	2.365	10.290
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	7,15	2,13	2,13	1,77	1,64	2,66	1,94	3,27	2,16	2,01
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	8,45	8,38	8,41	8,35	8,31	8,25	8,38	8,32	7,31	7,58
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	6.430	58.300	60.000	85.400	94.500	58.500	58.800	61.800	4.130	21.100
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	4.850	44.360	49.467	68.833	77.680	29.180	29.440	53.033	3.007	15.560
Densidad	g/ml	0,900	1,002	1,027	1,043	1,043	1,051	1,027	1,022	1,029	1,001	1,008
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	1.875	20.845	22.778	32.217	35.177	22.074	21.872	22.703	982	6.632
Sulfato	mg/l	1,00	545	3.392	3.425	6.116	8.816	2.511	2.527	2.642	432	901
Bicarbonato	mg/l	1,22	211,06	422,12	427	466,04	473,36	284,26	284,26	381,86	417,24	434,32
Nitrato	mg/l	0,44	0,88	0,40	0,88	1,77	2,65	0,88	0,44	0,44	3,10	0,88
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	313	555	562	564	643	665	556	688	155	198
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	133	779	800	1.393	1.716	936	918	974	82	326
Sodio disuelto	mg/l	0,2	814	11.030	12.320	16.920	19.380	11.010	11.170	11.710	592	3.702
Potasio disuelto	mg/l	0,2	68	1.704	1.787	2.527	2.888	1.648	1.396	1.714	82	638
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	2,8	6,55	7	7,75	9	10,5	9,75	10,1	1,41	3,85
Litio disuelto	mg/l	0,003	1,37	87,1	95	171	159	132	126	128	5,73	35,2
Boro disuelto	mg/l	0,002	9,64	57,8	65,1	121	116	55,4	51	52,1	12,2	28,2
Error del Balance iónico	%	-	-2,14	-2,49	-1,80	-3,18	-2,58	-1,79	-1,98	-0,75	0,88	2,04
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	325	557	591	571	681	697	692	700	157	217
Magnesio total	mg/l	0,2	148	788	892	1.408	1.795	1.023	956	987	83	331
Sodio total	mg/l	0,2	838	11.560	12.930	17.720	20.080	11.480	11.190	11.740	681	3.826
Potasio total	mg/l	0,2	69,5	1.751	1.954	2.667	3.008	1.773	1.616	1.743	93	653
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	0,012	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,169	0,275	0,019	0,01
Arsénico total	mg/l	0,001	0,092	2,35	3,24	5,3	4,7	0,825	0,745	0,84	0,435	1,18
Boro total	mg/l	0,002	10,6	60,7	67,2	141	123	62,3	52	53,5	13,6	31,6
Estroncio total	mg/l	0,001	2,89	6,75	7,1	8,45	9,45	11,5	10,3	10,9	1,57	4,1
Hierro total	mg/l	0,02	0,02	<0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,236	0,278	<0,02	0,02
Litio total	mg/l	0,003	1,43	90,9	96,8	183	167	144	127	135	6,02	38,2
Silicio total	mg/l	0,02	30	30	29	23	26	25	19	28	55	38

Tabla 5-40 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña agosto 2020 (2/3)

Punto			MP-01B	MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A
Código analítico laboratorio			658749-01	658754-01	658755-01	658741-01	658742-01	658745-01	658746-01	658743-01	658744-01	658514-01
Fecha de muestreo			29-08-2020	29-08-2020	29-08-2020	28-08-2020	28-08-2020	28-08-2020	28-08-2020	28-08-2020	28-08-2020	27-08-2020
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	La Punta-La Brava	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	6,4	7,92	6,69	7,33	6,85	7,77	6,6	7,54	6,73	7,14
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	241.900	8.727	240.100	5.889	237.300	28.050	230.100	19.020	221.300	14.980
Temperatura	ºC	0,01	15,78	15,84	16,15	26,4	27,28	18,89	19,83	20,95	21,2	19,65
Sólidos disueltos totales	mg/l		119.100	4.266	111.300	2.940	118.300	14.530	114.800	9.509	109.900	7.495
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	0,57	2,28	0,67	2,98	0,72	2,45	0,73	2,13	0,64	1,50
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	6,43	7,67	6,44	7,42	6,24	7,58	6,49	7,44	6,64	7,34
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	240.000	8.680	239.000	5.580	239.000	30.100	231.000	18.950	217.000	15.120
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	359.367	6.460	319.640	3.640	331.240	23.667	351.533	13.820	285.033	11.740
Densidad	g/ml	0,900	1,200	1,002	1,202	1,001	1,211	1,012	1,211	1,007	1,150	1,006
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	176.564	2.505	190.332	1.514	204.276	10.209	184.241	6.332	143.265	4.932
Sulfato	mg/l	1,00	5.083	595	7.162	315	8.088	1.371	13.562	1.140	10.125	747
Bicarbonato	mg/l	1,22	401,38	431,88	469,7	424,56	226,92	440,42	452,62	423,34	411,14	279,38
Nitrato	mg/l	0,44	9,42	0,44	12,12	3,10	5,49	2,65	5,18	0,70	0,88	3,10
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	600	150	544	155	436	197	291	167	409	260
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	6.744	133	6.297	88	6.951	518	8.352	326	6.951	249
Sodio disuelto	mg/l	0,2	96.800	1.350	79.970	832	91.360	5.096	90.050	3.096	70.800	2.140
Potasio disuelto	mg/l	0,2	16.720	238	16.800	115	19.208	1.124	18.690	724	15.170	339
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	11,5	1,7	9,15	1,15	1,69	1,66	1,1	1,01	0,802	2,25
Litio disuelto	mg/l	0,003	10,6	15,8	1.218	6,6	1.251	68,3	1.434	38,9	1.062	22,9
Boro disuelto	mg/l	0,002	423	15,7	526	11,3	556	35,7	461	22,6	392	12,5
Error del Balance iónico	%	-	3,07	-1,76	-8,31	-0,10	-5,73	-1,20	-1,30	-3,26	-0,11	-6,54
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	609	160	551	168	447	201	300	173	429	305
Magnesio total	mg/l	0,2	7.148	136	6.808	90	7.191	557	8.612	361	7.232	288
Sodio total	mg/l	0,2	102.550	1.466	85.930	864	92.640	5.133	95.150	3.270	74.450	2.557
Potasio total	mg/l	0,2	17.750	257	17.316	120	19.916	1.171	19.150	762	15.760	393
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	0,356	0,011	0,663	2,34	2,11	0,01	4,47	41	242	0,018
Arsénico total	mg/l	0,001	28,2	0,59	26,8	0,53	11,2	0,685	4,7	1,52	2,98	0,236
Boro total	mg/l	0,002	525	16	690	11,4	723	40,4	607	24	508	16,1
Estroncio total	mg/l	0,001	14	1,74	12,8	1,21	1,97	1,85	1,15	1,1	1,24	2,31
Hierro total	mg/l	0,02	0,172	0,02	0,349	2,59	5,25	0,02	5,22	44,9	160	0,021
Litio total	mg/l	0,003	13,46	16,1	653	7,19	1.528	70,5	1,56	43,1	1.067	25,4
Silicio total	mg/l	0,02	4,1	37	5,8	27	5,6	36	6,1	20	0,71	39

Tabla 5-40 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña agosto 2020 (3/3)

Punto			MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Vert. Peine
Código analítico laboratorio			658740-01	658735-01	658759-01	658760-0	658758-01	658513-01	658738-01	658739-01	658736-01
Fecha de muestreo			28-08-2020	28-08-2020	30-08-2020	30-08-2020	30-08-2020	27-08-2020	28-08-2020	28-08-2020	28-08-2020
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			La Punta-La Brava	Sector Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Superficial**
Parámetros in situ											
pH	-	0,00	7,4	7,75	8,14	6,97	6,92	7,05	7,36	7,46	7,75
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	4.377	15.899	68.610	230.900	250.400	29.550	55.591	25.600	3.730
Temperatura	ºC	0,01	25,69	21,4	11,62	16,44	18,34	19,22	22,83	25,54	22,93
Sólidos disueltos totales	mg/l		2.189	7.997	34.330	117.200	117.700	14.780	29.370	12.810	1.855
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	3,46	4,08	1,79	0,00	0,05	0,99	2,36	2,78	5,02
Fisicoquímico laboratorio											
pH	-	-	7,38	7,64	7,96	6,97	6,80	7,20	7,32	7,51	7,79
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	4.380	15.880	68.700	234.000	236.000	29.000	60.800	25.600	3.190
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	2.965	12.380	59.740	314.233	355.800	22.980	45.267	17.180	2.500
Densidad	g/ml	0,900	1,001	1,005	1,034	1,195	1,220	1,011	1,028	1,009	1,000
Elementos mayoritarios disueltos											
Aniones											
Cloruro	mg/l	0,5	1.089	5.432	26.378	170.523	197.832	8.498	23.136	8.646	770
Sulfato	mg/l	1,00	412	477	4.445	6.400	10.064	971	1.284	552	609
Bicarbonato	mg/l	1,22	418,46	244	158,6	528,26	641,72	325,74	235,46	203,74	118,34
Nitrato	mg/l	0,44	3,54	3,10	0,88	2,21	17,65	0,88	2,21	0,44	3,54
Cationes											
Calcio disuelto	mg/l	0,2	155	135	1.330	738	333	317	415	271	250
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	84	224	1.156	7.461	8.085	442	832	373	54
Sodio disuelto	mg/l	0,2	583	2.473	13.020	78.350	86.950	4.520	12.290	4.715	362
Potasio disuelto	mg/l	0,2	83	509	2.145	14.700	19.980	797	1.988	755	21
Elementos minoritarios y trazas disueltos											
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	1,6	4,15	17,9	11,8	0,883	2,91	2,82	2,53	2,14
Litio disuelto	mg/l	0,003	5,64	29,3	162	1.029	1.380	77,6	132	54,7	0,595
Boro disuelto	mg/l	0,002	12,2	10,3	82,2	447	468	21,9	57,4	25,4	7,78
Error del Balance iónico	%	-	-2,35	-5,08	-1,52	-3,41	-5,29	3,14	1,14	3,76	-3,28
Elementos mayoritarios totales											
Calcio total	mg/l	0,2	166	155	1.342	744	352	371	435	283	258
Magnesio total	mg/l	0,2	84	227	1.203	7.806	8.488	447	864	431	63
Sodio total	mg/l	0,2	611	2.621	13.490	81.400	92.100	5.338	12.490	4.728	370
Potasio total	mg/l	0,2	88,4	529	2.227	15.600	21.050	942	2.124	853	21,4
Elementos minoritarios y trazas totales											
Aluminio total	mg/l	0,01	0,03	0,01	0,01	6,77	0,065	0,023	1,17	0,01	0,01
Arsénico total	mg/l	0,001	0,525	0,16	1,11	6,3	13,8	0,32	5,7	0,585	0,08
Boro total	mg/l	0,002	12,5	10,3	82,2	563	713	33,1	66,5	27,8	7,78
Estroncio total	mg/l	0,001	1,63	4,2	18	17,8	0,892	2,99	4,7	2,82	2,17
Hierro total	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	3,48	0,162	0,021	18,5	0,02	0,02
Litio total	mg/l	0,003	5,71	29,6	166	1.257	1.843	81,8	153	55,8	0,62
Silicio total	mg/l	0,02	53	30	21	0,39	1,7	44	29	35	34

Tabla 5-41 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña septiembre 2020 (1/3)

Punto			Anterepresa Tilomonte	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-06	LM-07	LM-09	LM-16	LM-17
Código analítico laboratorio			664937-01	664942-01	664941-01	664944-01	664943-01	664952-01	664953-01	664955-01	664824-01	664957-01
Fecha de muestreo			25-09-2020	26-09-2020	26-09-2020	26-09-2020	26-09-2020	27-09-2020	27-09-2020	27-09-2020	24-09-2020	27-09-2020
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	La Punta-La Brava	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	7,79	8,24	8,19	8,04	7,93	8,17	8,14	8,15	7,12	7,32
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	5.775	61.340	61.190	98.260	116.100	50.160	56.890	60.800	4.130	228.100
Temperatura	ºC	0,01	14,63	17,69	16,47	19,66	26,28	21,49	17,99	20,27	25,51	22,58
Sólidos disueltos totales	mg/l		2.887	30.630	30.580	49.110	58.120	25.050	28.380	30.300	2.067	112.600
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	6,94	3,52	3,82	2,54	2,30	3,54	3,87	2,30	4,01	0,46
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	8,30	8,25	8,19	8,07	8,10	8,36	8,03	8,08	8,19	7,39
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	5.980	62.700	63.800	100.500	101.900	45.000	56.100	61.200	4.230	231.000
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	3.480	45.300	45.167	79.467	82.033	29.633	37.400	41.567	2.725	238.100
Densidad	g/ml	0,900	1,004	1,029	1,030	1,072	1,065	1,026	1,030	1,022	1,001	1,193
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	1.656	23.294	23.780	41.416	40.682	15.444	20.866	23.177	998	146.335
Sulfato	mg/l	1,00	558	3.836	4.108	6.405	8.479	2.042	2.618	3.425	420	6.791
Bicarbonato	mg/l	1,22	218,38	437,98	407,48	511,18	470,92	219,6	287,92	226,92	406,26	234,24
Nitrato	mg/l	0,44	0,44	3,10	2,66	3,98	4,47	1,33	1,33	1,77	4,43	3,98
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	304	621	601	623	802	601	741	1.012	129	1.611
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	139	911	984	1.749	1.781	707	1.072	1.019	77	1.644
Sodio disuelto	mg/l	0,2	804	12.720	11.720	21.678	22.060	7.075	10.830	12.490	519	94.850
Potasio disuelto	mg/l	0,2	71	1.597	1.651	3.184	4.087	1.045	1.308	1.446	68	3.851
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	2,46	9,6	7,9	10	10,8	9,3	9,5	14,9	1,29	23,6
Litio disuelto	mg/l	0,003	1,36	123	108	199	207	103	117	137	4,35	225
Boro disuelto	mg/l	0,002	8,92	45,6	54,4	122	125	24,1	26,8	48,3	8,76	37,6
Error del Balance iónico	%	-	2,03	-1,49	-5,47	-2,77	-1,51	-4,54	0,12	0,69	-6,14	2,32
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	324	634	612	627	814	625	750	1.138	146	1.656
Magnesio total	mg/l	0,2	145	931	992	1.753	1.794	730	1.084	1.142	87	1.685
Sodio total	mg/l	0,2	824	13.080	13.260	21.784	22.260	7.745	11.990	13.040	557	95.100
Potasio total	mg/l	0,2	71,7	1.618	1.679	3.203	4.442	1.065	1.505	1.606	77,1	4.026
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,112	0,146	<0,01	<0,01	<0,01
Arsénico total	mg/l	0,001	0,1	3,7	3,75	6,9	6,95	0,555	0,71	2,04	0,44	9,1
Boro total	mg/l	0,002	9,93	51,4	55,9	142	149	24,1	27,9	52,4	10,6	39,6
Estroncio total	mg/l	0,001	2,78	9,8	8,9	11,2	12	14	9,9	15,2	1,56	24
Hierro total	mg/l	0,02	0,249	0,09	<0,02	0,089	0,089	0,19	0,227	0,091	<0,02	0,092
Litio total	mg/l	0,003	1,48	126	120	217	229	155	118	141	5,22	231
Silicio total	mg/l	0,02	35	26	27	25	17	22	24	35	51	15

Tabla 5-41 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña septiembre 2020 (2/3)

Punto			MP-01A	MP-01B	MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B
Código analítico laboratorio			664939-01	664939-01	664939-01	664946-01	664825-01	664826-01	664829-01	664830-01	664827-01	664828-01
Fecha de muestreo			26-09-2020	26-09-2020	26-09-2020	26-09-2020	24-09-2020	24-09-2020	24-09-2020	24-09-2020	24-09-2020	24-09-2020
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	La Punta-La Brava	La Punta-La Brava
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	7,37	6,04	7,6	6,15	7,03	6,5	7,66	6,6	7,3	6,28
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	21.650	238.700	8.535	240.200	4.849	258.100	28.790	249.600	25.050	240.900
Temperatura	ºC	0,01	18,84	17,91	17,1	17	26,06	26,33	20,7	20,11	22,06	21,4
Sólidos disueltos totales	mg/l		10.830	120.700	4.287	120.600	2.423	116.100	13.500	115.100	12.410	118.700
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	1,53	0,10	0,97	0,04	2,60	0,30	0,80	0,20	2,73	0,09
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	7,85	6,61	8,18	6,96	8,03	6,35	7,98	6,60	8,08	6,52
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	22.500	233.000	8.760	201.000	5.000	243.000	32.300	235.000	27.500	234.000
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	14.080	271.800	5.270	195.567	2.920	328.100	21.300	331.067	17.733	333.400
Densidad	g/ml	0,900	1,010	1,201	1,008	1,150	1,002	1,201	1,015	1,200	1,013	1,202
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	7.562	147.822	2.578	100.120	1.353	202.521	10.479	189.290	9.394	189.619
Sulfato	mg/l	1,00	1.017	6.586	609	4.075	442	6.503	1.449	16.395	957	11.525
Bicarbonato	mg/l	1,22	394,06	285,48	385,52	265,96	470,92	240,34	444,08	461,16	422,12	566,08
Nitrato	mg/l	0,44	0,89	7,57	0,89	21,69	3,98	9,21	2,66	5,05	3,54	3,10
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	183	165	139	201	121	492	146	76	161	89
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	348	5.146	148	3.341	90	7.668	449	8.028	442	8.054
Sodio disuelto	mg/l	0,2	4.025	85.350	1.396	55.600	713	96.050	5.172	93.550	4.909	88.700
Potasio disuelto	mg/l	0,2	625	11.350	266	7.740	101	19.340	909	16.410	874	16.060
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	4,15	12,7	1,65	13,4	0,865	1,88	1,6	0,958	0,784	0,701
Litio disuelto	mg/l	0,003	47,2	10,05	14,4	529	4,91	1.505	73,5	1.370	67,1	1.375
Boro disuelto	mg/l	0,002	22,3	476	15,7	364	8,19	525	40,4	565	24,2	499
Error del Balance iónico	%	-	-0,66	3,49	-0,83	1,65	-6,34	-2,25	-4,10	-2,57	0,06	-3,87
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	204	170	154	207	149	511	158	81	173	90
Magnesio total	mg/l	0,2	398	5.843	166	3.489	99	8.172	505	8.369	446	8.681
Sodio total	mg/l	0,2	4.125	87.300	1.538	56.000	820	97.250	5.642	95.050	4.955	89.750
Potasio total	mg/l	0,2	707	12.760	297	7.915	130	20.720	1017	16.930	885	17.260
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	0,134	0,536	0,017	0,332	1,3	0,01	0,01	1,8	13,2	6,13
Arsénico total	mg/l	0,001	1,16	24	0,63	17,9	0,445	5,25	0,84	3,1	1,37	1,88
Boro total	mg/l	0,002	22,6	501	18,7	409	8,37	556	42,7	568	26,3	532
Estroncio total	mg/l	0,001	4,52	13,6	2	14,8	1,05	2,13	1,97	1,08	0,952	0,8
Hierro total	mg/l	0,02	0,193	0,308	0,089	0,299	2,28	1,95	14,3	2,2	15,2	2,81
Litio total	mg/l	0,003	52,1	10,2	15,9	579	5,76	1.526	78,3	1.449	75,4	1.446
Silicio total	mg/l	0,02	24	5,7	36	5,9	27	5,5	33	4,9	24	9,7

Tabla 5-41 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña septiembre 2020 (3/3)

Punto			MP-07A	MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Vert. Peine
Código analítico laboratorio			664938-01	664823-01	664934-01	664948-01	664949-01	664950-01	664931-01	664935-01	664936-01	664933-01
Fecha de muestreo			25-09-2020	24-09-2020	25-09-2020	27-09-2020	27-09-2020	27-09-2020	25-09-2020	25-09-2020	25-09-2020	25-09-2020
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	La Punta-La Brava	Sector Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Superficial**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	6,69	7,09	7,13	7,78	6,63	6,57	6,54	6,69	6,8	7,13
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	15.350	4.438	15.890	68.115	231	239	30.910	58.220	25.450	4.044
Temperatura	ºC	0,01	22,29	25,56	21,69	15,66	16,49	18,12	21,5	21,91	25,43	23,9
Sólidos disueltos totales	mg/l		15.930	2.220	7.898	33.560	117.200	239.200	15.930	29.190	12.740	2.021
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	2,60	3,70	2,98	1,60	0,08	0,10	2,74	0,95	1,69	4,57
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	7,87	8,11	8,06	7,80	6,78	6,63	7,67	7,46	7,83	7,88
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	14.990	4.500	16.240	68.400	237.000	240.000	33.100	61.000	26.100	4.180
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	9.140	2.720	6.800	51.233	297.633	324.500	21.133	39.267	16.560	2.120
Densidad	g/ml	0,900	1,008	1,002	1,008	1,038	1,182	1,200	1,013	1,025	1,010	1,002
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	4.827	1.096	5.445	25.255	165.716	166.572	10.798	22.559	8.773	962
Sulfato	mg/l	1,00	706	440	488	3.326	5.022	15.353	1.305	1.292	790	776
Bicarbonato	mg/l	1,22	261,08	409,92	239,12	152,5	512,4	616,1	391,62	223,26	197,64	137,86
Nitrato	mg/l	0,44	3,10	3,98	3,10	2,66	11,51	11,16	3,10	5,53	1,77	4,78
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	251	151	133	1.294	788	364	321	430	270	300
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	251	89	184	1.113	9.423	6.512	442	818	365	76
Sodio disuelto	mg/l	0,2	2.720	594	2.966	13.160	89.550	81.650	5.109	11.910	4.988	503
Potasio disuelto	mg/l	0,2	349	83	482	1.648	14.280	18.840	857	1.777	698	28
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	2,23	1,05	3,94	15,8	14	0,953	3,32	2,57	2,04	2,57
Litio disuelto	mg/l	0,003	26,5	3,55	39,7	127	1.330	1.924	102	152	52,1	0,651
Boro disuelto	mg/l	0,002	14,6	7,39	9,97	37,4	491	609	28,2	41,2	19,3	8,97
Error del Balance iónico	%	-	3,27	-3,00	0,65	0,53	5,20	-1,08	-3,72	0,83	3,70	-0,86
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	254	153	139	1.319	858	384	369	479	280	310
Magnesio total	mg/l	0,2	254	92	193	1.281	9.478	6.602	507	895	372	80
Sodio total	mg/l	0,2	2.772	597	3.066	14.790	90.650	94.193	5.657	12.010	5.088	513
Potasio total	mg/l	0,2	355	90,2	537	1.852	15.830	21.460	980	1.927	708	34
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	0,032	0,604	0,021	1,34	3,1	<0,01	<0,01	0,535	0,01	<0,01
Arsénico total	mg/l	0,001	0,214	0,535	0,176	1,2	6,6	11	0,37	7,9	0,5	0,101
Boro total	mg/l	0,002	15,1	7,42	10,5	37,9	626	650	30,1	45	24,7	9,24
Estroncio total	mg/l	0,001	2,25	1,07	4,37	18,6	16,9	1,13	3,69	3,05	2,68	2,66
Hierro total	mg/l	0,02	0,268	1,49	<0,02	0,615	1,53	0,212	0,251	13,1	0,247	0,247
Litio total	mg/l	0,003	28,1	4,11	44,9	149	1.337	1.958	109	165	59,7	1,4
Silicio total	mg/l	0,02	35	28	29	3,8	4	0,61	33	20	31	35

Tabla 5-42 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña octubre 2020 (1/3)

Punto			Anterepresa Tilomonte	LM-01	LM-03	LM-04	LM-07	LM-09	LM-10	LM-16	LM-17	MP-01A
Código analítico laboratorio			672243-01	672255-01	672259-01	672248-01	672269-01	672261-01	672262-01	672271-01	672264-01	672246-01
Fecha de muestreo			25-10-2020	25-10-2020	25-10-2020	25-10-2020	24-10-2020	24-10-2020	24-10-2020	24-10-2020	24-10-2020	25-10-2020
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	Peine	Peine	Peine	La Punta-La Brava	Peine	La Punta-La Brava
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Superficial**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	8,46	8,15	7,98	7,85	8,1	8,04	7,8	7,27	7,19	7,33
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	5.811	72.540	115.700	142.200	71.720	69.310	78.890	4.269	244.300	23.330
Temperatura	ºC	0,01	18,74	16,52	22,43	25,73	21,5	22,39	28,07	25,01	27,58	17,68
Sólidos disueltos totales	mg/l		2.905	36.270	57.850	71.180	35.810	34.660	39.400	2.139	123.500	11.110
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	4,91	1,16	1,67	1,79	2,39	2,12	1,43	1,88	0,00	1,40
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	8,55	8,25	8,20	8,07	8,25	7,96	7,92	7,32	7,03	7,43
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	6.240	76.000	120.800	147.600	73.200	71.100	81.500	4.590	249.000	23.300
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	4.120	55.060	98.740	129.740	53.800	52.520	61.640	1.860	235.100	14.240
Densidad	g/ml	0,900	1,002	1,035	1,064	1,084	1,035	1,034	1,039	1,001	1,208	1,008
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	1.686	28.029	43.795	66.397	26.076	25.351	29.922	1.066	192.798	7.377
Sulfato	mg/l	1,00	630	4.445	8.849	12.307	3.614	4.001	5.063	442	6.297	1.087
Bicarbonato	mg/l	1,22	208,62	505,08	623,42	667,34	283,04	242,78	223,26	424,56	315,98	420,9
Nitrato	mg/l	0,44	0,44	3,54	4,87	6,37	1,77	1,77	1,33	4,43	4,56	0,89
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	286	665	805	1.066	950	1.059	1.379	161	967	230
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	134	1.140	2.625	3.016	1.201	1.386	1.493	87	3.302	325
Sodio disuelto	mg/l	0,2	730	15.880	22.850	33.890	11.730	13.120	14.960	553	104.700	3.802
Potasio disuelto	mg/l	0,2	60	2.269	4.712	6.452	1.751	1.663	2.001	93	5.002	596
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	2,69	7,35	11,6	14,3	14,6	18,4	24,9	1,34	42,4	4,3
Litio disuelto	mg/l	0,003	1,36	151	279	345	130	150	176	4,52	351	42,7
Boro disuelto	mg/l	0,002	10	98,5	198	256	44	88,6	94,1	9,87	269	29,5
Error del Balance iónico	%	-	-3,49	0,67	-0,23	-3,81	-5,91	0,50	-1,32	-3,85	-4,66	-2,39
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	288	704	901	1.157	1.010	1.140	1.438	194	1.070	263
Magnesio total	mg/l	0,2	143	1.197	2.770	3.319	1.278	1.465	1.564	103	3.455	369
Sodio total	mg/l	0,2	731	16.880	24.220	36.540	13.630	13.930	16.040	647	112.550	3.971
Potasio total	mg/l	0,2	60,6	2.269	4.712	6.452	1.856	1.797	2.148	92,8	5.254	596
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,048	<0,01	0,056	0,028	<0,01	<0,01	0,093
Arsénico total	mg/l	0,001	0,087	4,15	6,7	11,1	1,06	2,6	6,75	0,485	14,3	1,37
Boro total	mg/l	0,002	10,1	117	219	286	88	97,4	102	10,4	283	31,6
Estroncio total	mg/l	0,001	2,7	8,35	12,6	15,9	15,4	19,3	27,1	1,43	45,1	4,4
Hierro total	mg/l	0,02	<0,02	<0,02	0,923	0,071	<0,02	0,02	0,02	<0,02	0,022	0,023
Litio total	mg/l	0,003	1,42	152	303	389	134	163	195	4,71	356	48,1
Silicio total	mg/l	0,02	33	35	21	23	30	29	29	43	11	35

Tabla 5-42 (Cont.) Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña octubre 2020 (2/3)

Punto			MP-01B	MP-03A	MP-03B	MP-04A	MP-04B	MP-05A	MP-05B	MP-06A	MP-06B	MP-07A
Código analítico laboratorio			672247-01	672257-01	672258-01	671868-01	671863-01	671864-01	671865-01	671866-01	671867-01	671870-01
Fecha de muestreo			25-10-2020	25-10-2020	25-10-2020	22-10-2020	22-10-2020	22-10-2020	22-10-2020	22-10-2020	22-10-2020	23-10-2020
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	La Punta-La Brava	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	6,19	7,63	6,19	7,03	6,14	7,3	6,4	7,11	6,6	7,11
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	239.000	8.535	239.700	6.473	245.100	28.700	235.700	49.100	230.200	14.310
Temperatura	ºC	0,01	18,04	16,47	17,9	26,58	26,41	20,76	20,17	24,88	23,23	21,78
Sólidos disueltos totales	mg/l		119.800	4.344	120.700	3.090	123.400	14.850	102.100	24.370	117.300	7.147
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	0,06	0,98	0,11	1,80	0,09	0,72	0,18	1,80	0,17	2,50
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	6,12	7,81	6,40	7,23	6,16	7,51	6,26	7,17	6,40	7,24
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	250.000	8.970	248.000	5.480	247.000	35.600	241.000	49.600	233.000	15.050
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	239.157	5.660	224.286	3.140	348.080	22.440	346.260	32.900	278.780	9.060
Densidad	g/ml	0,900	1,210	1,002	1,198	1,001	1,212	1,019	1,215	1,020	1,180	1,005
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	191.439	2.549	182.479	1.463	179.710	11.973	180.818	17.619	147.292	4.775
Sulfato	mg/l	1,00	8.109	628	9.920	459	12.225	1.618	16.711	2.074	14.200	731
Bicarbonato	mg/l	1,22	414,8	459,94	444,08	453,84	233,02	458,72	422,12	434,32	440,42	274,5
Nitrato	mg/l	0,44	8,23	0,89	10,98	3,54	10,27	3,10	5,09	4,43	2,21	3,10
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	585	133	511	125	102	156	63	196	106	249
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	6.892	139	5.716	98	6.841	560	8.508	804	7.299	237
Sodio disuelto	mg/l	0,2	89.800	1.555	88.250	736	103.510	5.890	86.926	8.719	74.516	2.235
Potasio disuelto	mg/l	0,2	14.660	224	15.840	116	18.100	1.110	17.290	1.694	15.600	307
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	16,3	1,7	15,9	1,24	1,38	1,48	0,918	1,05	0,768	1,99
Litio disuelto	mg/l	0,003	10,41	12,3	487	6,2	1.217	82	1.548	122	1.201	24
Boro disuelto	mg/l	0,002	659	15,6	484	10,6	623	45,2	526	62,7	401	14,1
Error del Balance iónico	%	-	-4,85	0,96	-5,31	-6,73	3,82	-3,50	-2,50	-2,58	-0,23	-4,27
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	592	145	539	138	104	168	68	208	107	263
Magnesio total	mg/l	0,2	7.427	150	6.048	104	7.135	579	8.673	837	7.722	252
Sodio total	mg/l	0,2	99.950	1.608	91.300	788	103.602	6.124	94.972	9.090	84.397	2.301
Potasio total	mg/l	0,2	14.660	224	15.840	116	18.100	1.110	17.290	1.694	15.600	324
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	1,91	<0,01	<0,01	0,328	<0,01	<0,01	7,19	74,3	43,2	0,126
Arsénico total	mg/l	0,001	30,4	0,675	7,9	0,445	3,34	0,94	3,22	3,74	1,66	0,181
Boro total	mg/l	0,002	788	17,1	650	12,1	720	48,6	555	69,5	481	15,4
Estroncio total	mg/l	0,001	17,9	1,84	18,8	1,48	1,41	1,91	0,968	1,26	0,853	2,15
Hierro total	mg/l	0,02	0,858	<0,02	<0,02	0,28	0,129	0,047	4,78	86,2	25	0,056
Litio total	mg/l	0,003	11,31	12,5	539	6,5	1.599	85,3	1.877	122	1.427	24
Silicio total	mg/l	0,02	9,7	37	5,5	34	3,93	27	6,8	9,9	8,6	27

Tabla 5-42 Resultados de Calidad Físico – Química de Aguas para Campaña octubre 2020 (3/3)

Punto			MP-08A	MP-09A	MP-12A	MPS-AA	MPS-AB	MPS-CB	PP-01	PP-02	PP-03	Vert. Peine
Código analítico laboratorio			671871-01	672270-01	671869-01	672267-01	672268-01	672263-01	671872-01	672244-01	672245-01	671873-01
Fecha de muestreo			24-10-2020	24-10-2020	23-10-2020	24-10-2020	24-10-2020	24-10-2020	23-10-2020	25-10-2020	25-10-2020	23-10-2020
Laboratorio			Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab	Hidrolab
Sector			Peine	La Punta-La Brava	Sector Norte y Borde Este	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine	Peine
Parámetros	**Unidad**	**LD**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Subterránea**	**Agua Superficial**
Parámetros in situ												
pH	-	0,00	7,01	7,36	7,2	7,8	6,78	6,7	6,97	7,21	7,25	7,52
Conductividad eléctrica	µS/cm	1,00	7.734	4.580	15.040	66.620	234.400	233.500	32.650	59.720	25.710	4.101
Temperatura	ºC	0,01	18,68	26,75	23,69	20,05	17,36	19,62	22,1	22,14	25,9	24,38
Sólidos disueltos totales	mg/l		3.867	2.280	6.520	32.340	119.100	118.900	16.360	30.010	12.860	2.050
Oxígeno disuelto	mg/l	0,01	1,76	2,05	2,50	0,62	0,00	0,00	1,55	0,90	1,64	4,78
Fisicoquímico laboratorio												
pH	-	-	7,25	7,37	7,61	7,88	6,88	6,70	7,30	7,24	7,23	7,69
Conductividad eléctrica	µS/cm	1	8.180	4.360	16.580	76.900	242.000	245.000	33.900	63.600	26.700	4.350
Sólidos disueltos totales	mg/l	3	4.740	3.340	9.800	57.160	209.743	350.267	22.020	41.100	17.760	2.540
Densidad	g/ml	0,900	1,003	0,999	1,006	1,038	1,190	1,211	1,013	1,029	1,010	1,001
Elementos mayoritarios disueltos												
Aniones												
Cloruro	mg/l	0,5	2.222	999	5.336	28.009	172.008	197.430	10.710	23.599	8.666	954
Sulfato	mg/l	1,00	722	430	502	4.857	8.479	15.723	1.309	1.548	786	780
Bicarbonato	mg/l	1,22	417,24	428,22	245,22	168,36	570,96	647,82	414,8	254,98	212,28	148,84
Nitrato	mg/l	0,44	3,98	4,43	3,10	2,66	10,89	12,09	3,10	4,65	1,77	4,87
Cationes												
Calcio disuelto	mg/l	0,2	345	158	133	1.384	747	330	365	419	264	325
Magnesio disuelto	mg/l	0,2	127	85	210	1.201	7.835	10.220	513	849	354	86
Sodio disuelto	mg/l	0,2	1.008	537	2.860	13.580	81.968	85.800	5.570	12.140	4.231	477
Potasio disuelto	mg/l	0,2	89	79	440	1.897	14.090	23.910	938	1.992	649	28
Elementos minoritarios y trazas disueltos												
Estroncio disuelto	mg/l	0,001	4,66	1,26	3,54	18,4	17,9	2,01	2,97	3,03	2,35	2,47
Litio disuelto	mg/l	0,003	3,35	4,34	28,4	164	1.134	1.526	72,2	182	49,1	0,58
Boro disuelto	mg/l	0,002	10,6	9,88	9,7	88,7	356	587	29,6	83,8	26,3	7,3
Error del Balance iónico	%	-	-5,79	-2,89	-0,12	-3,15	-2,37	-3,79	0,55	0,12	-2,28	-0,11
Elementos mayoritarios totales												
Calcio total	mg/l	0,2	360	164	137	1.504	832	343	373	434	268	343
Magnesio total	mg/l	0,2	136	88	222	1.295	7.992	10.620	557	864	365	86
Sodio total	mg/l	0,2	1.058	580	2.897	15.050	83.350	94.875	5.973	12.480	4.703	489
Potasio total	mg/l	0,2	91,1	79,3	464	2.062	14.550	25.100	963	2.041	693	29,1
Elementos minoritarios y trazas totales												
Aluminio total	mg/l	0,01	15,1	<0,01	0,093	0,221	4,85	0,231	0,013	0,525	<0,01	0,034
Arsénico total	mg/l	0,001	0,53	0,49	0,168	1,44	6,9	12	0,345	5,4	0,54	0,102
Boro total	mg/l	0,002	12,4	10,7	10,1	105	369	743	29,9	91,3	28,4	7,7
Estroncio total	mg/l	0,001	4,7	1,35	3,73	21,7	18,9	2,05	3,13	3,12	2,55	3,1
Hierro total	mg/l	0,02	14,1	<0,02	0,035	0,02	2,21	0,105	0,058	7,48	<0,02	0,059
Litio total	mg/l	0,003	4,55	4,58	28,4	190	1.178	1.653	73,4	194	53,9	0,794
Silicio total	mg/l	0,02	49	45	26	9,12	8,7	3,3	31,3	19	30	31

Tabla 5-43 Listado de monitoreos no realizados

Sector	Punto de Monitoreo	Observación
Trimestre 1		
Sector Norte y Borde Este	BA-31 (ex LM-15)	No realizado por restricción de acceso CONAF
	LM-11	CONAF mantiene cerrado acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos
	LM-12	CONAF mantiene cerrado acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos
	LM-13	CONAF mantiene cerrado acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos
	LM-14	CONAF mantiene cerrado acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos
	Quebrada Camar	Sin acceso al punto de monitoreo por falta de permiso Comunidad.
Sector Peine	LM-05	No realizado por restricción de acceso CONAF
	LM-06	No realizado por restricción de acceso CONAF
	LM-07	No realizado por restricción de acceso CONAF
	LM-08	No realizado por restricción de acceso CONAF
	MP-08A	No realizado por presencia de flamencos y polluelos
Trimestre 2		
Sector La Punta-La Brava	LM-01	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-02	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-03	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-04	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-16	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-01A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-01B	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-03A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-03B	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-04A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-04B	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-05A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-05B	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-06A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-06B	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-09A	Monitoreo suspendido por COVID-19
Sector Norte y Borde Este	BA-31 (ex LM-15)	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-11	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-12	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-13	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-14	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-12A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	Quebrada Camar	Monitoreo suspendido por COVID-19
Sector Peine	A. Tilomonte	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-05	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-06	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-07	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-08	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-09	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-10	Monitoreo suspendido por COVID-19
	LM-17	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-07A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MP-08A	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MPS-AA	Monitoreo suspendido por COVID-19
	MPS-AB	Monitoreo suspendido por COVID-19

Sector	Punto de Monitoreo	Observación
	MPS-CB	Monitoreo suspendido por COVID-19
	PP-01	Monitoreo suspendido por COVID-19
	PP-02	Monitoreo suspendido por COVID-19
	PP-03	Monitoreo suspendido por COVID-19
	Vert. Peine	Monitoreo suspendido por COVID-19
Trimestre 3		
Sector Norte y Borde Este	BA-31 (ex LM-15)	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF)
	LM-11	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF)
	LM-12	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF)
	LM-13	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF)
	LM-14	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF)
	Quebrada Camar	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF)
Sector Peine	LM-08	Presencia de flamencos. No se puede realizar monitoreo
	LM-10	Presencia de flamencos. No se puede realizar monitoreo
	MP-08A	Pozo no cumple con condiciones de seguridad para realizar monitoreo de agua
Trimestre 4		
Sector La Punta-La Brava	LM-02	Comunidad no autoriza a medir por presencia de flamencos.
Sector Norte y Borde Este	BA-31 (ex LM-15)	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF).
	LM-11	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF).
	LM-12	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF).
	LM-13	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF).
	LM-14	Punto de monitoreo sin acceso (CONAF).
	Quebrada Camar	Punto de monitoreo sin acceso.
Sector Peine	LM-05	No se puede monitorear punto por presencia de flamencos
	LM-06	No se puede monitorear punto por presencia de flamencos
	LM-08	No se puede monitorear punto por presencia de flamencos

Nota: En la Tabla 4-2 y Anexo M se indican y entregan cartas de respaldo.

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 5-44, los rangos de conductividad que presentan las muestras, los cuales también fueron utilizados en la evaluación ambiental del Proyecto.

Tabla 5-44 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^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Sr^{2+}, Li^+ y B^+, y aniones Cl^-, HCO_3^{2-}, SO_4^{2-} y NO_3^- (ver metodología en Capítulo 4).

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

Los errores obtenidos se incluyen en las tablas anteriores de resultados químicos. De las 118 muestras analizadas el 2020, el 85,6% de las muestras (101) presenta un error inferior al 5%, 6 muestras (5,1%) presentan un error entre 5% y 7% (ambos porcentajes inclusive), 9 muestras (7,6%) presentan un error de balance inferior entre 7% y 10% y 2 muestras (1,7%) presentan un error de balance mayor que 10%, todo lo anterior 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 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, el cual incluye tablas de estadígrafos, así como gráficos temporales que permiten ver las tendencias a través del tiempo los parámetros analizados en *in situ* y en el laboratorio.

Las tablas de estadígrafos que se presentan tienen por objetivo mostrar, por un lado, la cantidad de registros históricos totales que se tienen para cada punto (Nº Datos) y, por otro, los valores representativos de los diagramas de caja, vale decir: mínimo (Min), Percentil 25% (P25), mediana, Percentil 75% (P75), máximo de la serie (Máx.) y rango intercuartílico (RQ). Cabe señalar que, el rango intercuartílico corresponde a la diferencia entre el primer cuartil (P25) y el tercer cuartil (P75), dicho de otra forma, el RQ se utiliza para describir la dispersión de los datos, a medida que aumenta la dispersión mayor será el rango intercuartílico.

En los diagramas de caja que se han generado para cada parámetro fisicoquímicos y sector de análisis, los puntos del PSAH de aguas superficiales se han representado en variedades de color naranjo, los puntos de aguas subterráneas somera se han destacado en colores verde y los puntos de aguas subterráneas profunda se han representado en tonalidades azules. Respecto a los diagramas propiamente tal, los extremos de la caja representan los percentiles 25% y 75%, indicado como "P25" y "P75" respectivamente en las tablas de estadígrafos. La línea dentro de cada caja, corresponde a la mediana de la serie de datos. Los bigotes de los diagramas, tanto superior como inferior, corresponden a los valores de 1,5 veces el RQ[12] de cada serie de datos. Fuera de los bigotes se muestran los valores fuera de tendencia de cada una de las series históricas de valores para cada parámetro analizado. Es importante señalar que estos valores no corresponden a valores *outliers* o fuera de serie, debido a que estos son previamente quitados de las gráficas y análisis como se indica a continuación; así, corresponden a datos que se encuentran fuera de la tendencia histórica de cada serie, considerando el criterio RQ.

A partir 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.

Valores Anómalos o "Outliers"

Respecto de la identificación de datos anómalos o "outliers" de la composición química del agua, se realizó una depuración de ellos con la finalidad de generar gráficos y tablas de estadígrafos que sean útiles para analizar la mantención de los parámetros dentro de la variabilidad natural del sistema. Para ello, se utilizaron los siguientes criterios:

- Para aquellos registros que poseen una cantidad de datos menor a 30, se utilizaron criterios amplios sobre la mediana, asegurando que corresponden a datos fuera de rango, además de validación visual.
- Para los puntos de monitoreo que poseen una cantidad de datos mayor a 30, se considera que la muestra es lo suficientemente grande y los registros independientes entre sí, por lo tanto, se puede aplicar el teorema del límite central, que permite asumir que los parámetros químicos tendrán una distribución normal. Se considera un intervalo de confianza de 3 desviaciones estándar (DV), es decir, los valores atípicos detectados son aquellos que quedan fuera de este margen, los cuales son como máximo 0,27 % de los datos. En el caso donde existen diferencias significativas entre

[12] RQ corresponde al rango intercuartílico (diferencia entre P75 y P25)

los datos, se aplicó el criterio anterior en dos iteraciones de limpieza de datos, esto con el fin de detectar un posible *outlier* que sea enmascarado por otro de mayor magnitud.

- Para las medidas de conductividad eléctrica (CE) superior a los 300.000 µS/cm, dichos registros han sido eliminados de los gráficos y no fueron consideradas para el cálculo de estadígrafos. Lo anterior se basa en que el dato outlier superior a los 300.000 µS/cm es considerado un error, ya que son datos obtenidos a partir de muestras diluidas. Se aplica el mismo criterio para conductividad eléctrica in situ.

  En el caso particular del agua de salmuera (Pozos MP-XXB), cuando se tienen registros con CE menores a 200.000 µS/cm, éstos han sido considerados anómalos o *outliers*, dado que corresponden principalmente a muestras que han sido tomadas erróneamente en pozos de agua salobre (MP-XXA) homólogos. Se debe indicar que éstos si se incluyen en los gráficos y tablas de estadísticos de este parámetro, pero no se consideran característicos de este tipo de agua.

Cabe recalcar que los valores anómalos identificados solo fueron excluidos de gráficos y tablas de estadígrafos, pero en ningún caso fueron eliminados de la base de datos, que se presenta en el Anexo H (Anexos H-1 y H-2). En el Anexo H-7, se presentan en detalle todos los registros considerados anómalos.

Es importante destacar que, como se señaló, los valores anómalos solo fueron excluidos de gráficos y tablas de estadígrafos. Sin embargo, esto se aplicó sólo para los datos registrados hasta diciembre de 2019, ya que en este informe se deben presentar todos los datos registrados en 2020, los cuales la SMA no ha tenido a la vista, y que, eventualmente, podrían salir del registro de datos anómalos en caso que fueran consistentes con una tendencia futura de la concentración del parámetro. Por esto, en el texto explicativo de cada gráfico que presente uno o más datos anómalos de 2020, se indicará cuál es el punto de monitoreo, fecha y valor registrado.

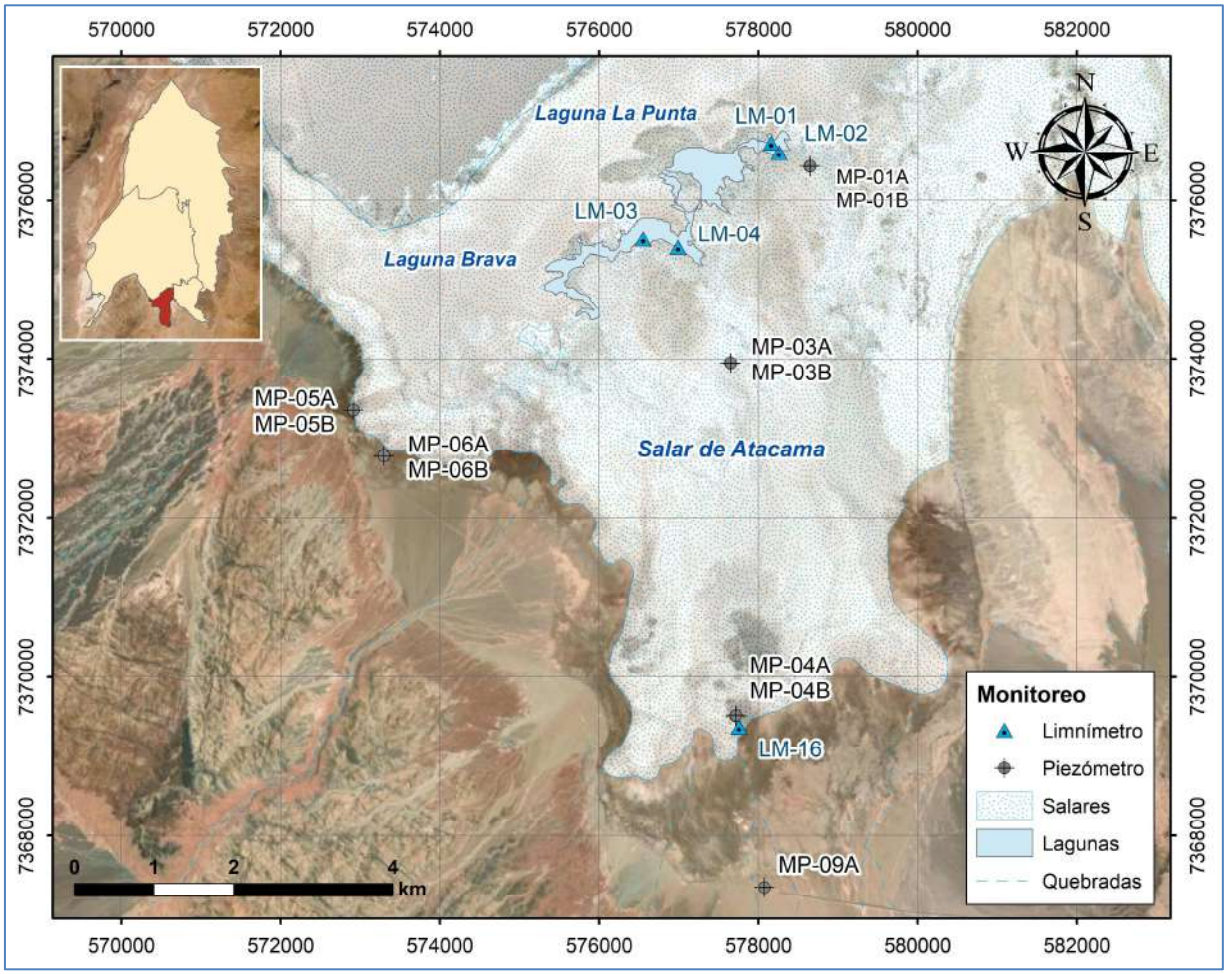
A continuación, se presentan los resultados gráficos, estadígrafos, resultados tabulares y gráficas temporales para cada uno de los parámetros por sector de análisis y por tipo de grupo de parámetros, siguiendo el orden de lo indicado en la Tabla 4-1 del Capítulo 4 de este documento.

Importante de señalar es que, el análisis y descripción que se presenta de los resultados de cada parámetro, hace énfasis en su comportamiento temporal y los estadígrafos característicos considerados, son la mediana y para el caso de hablar de rangos en los sectores, se refiere fundamentalmente a los percentiles 25% (P25) y 75% (P75).

5.8.1 Sector La Punta – La Brava

La ubicación de los puntos de monitoreo de este sector se presenta en la Figura 5-87.

Figura 5-87 Localización puntos de monitoreo Sector La Punta – La Brava



Fuente: Elaboración propia

<u>Parámetros Físico Químicos in situ</u>

pH *in situ*

Los resultados de pH para el Sector La Punta-La Brava, considerando los diagramas de caja y tabla con estadígrafos, que se presentan en la Figura 5-88, indican que las aguas superficiales de las lagunas presentan valores de pH mayores que las aguas de pozos, con medianas que varían entre 8,04 en LM-04 a 8,27 en LM-02. Las aguas salobres de este sector presentan rangos de pH intermedios, con medianas que varían entre 7,12 en MP-09A a 7,55 en MP-03A y las salmueras son las que presentan en general el pH más bajo, con valores de medianas que varían entre 6,07 en MP-04B a 6,56 en MP-03B, manteniendo los valores

rangos históricos. 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 (mediana de 7,06).

Conductividad Eléctrica *in situ*

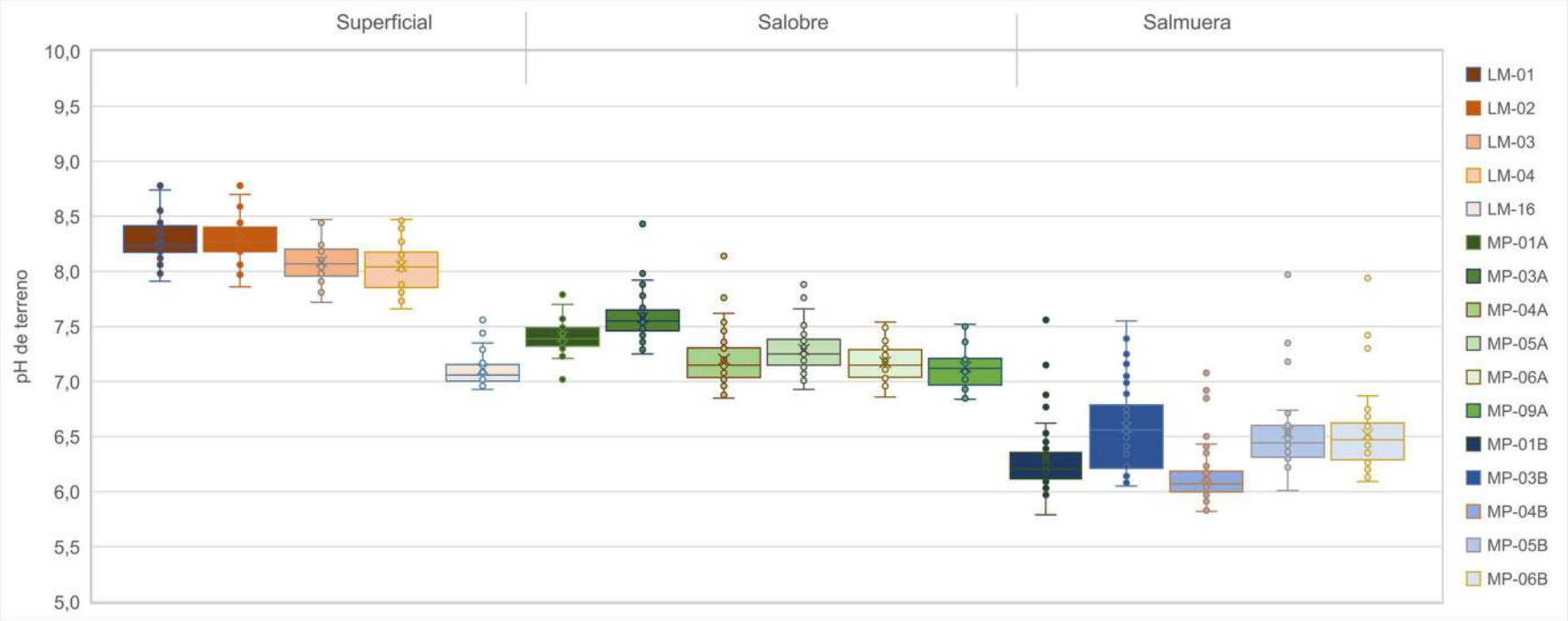
Respecto a la conductividad eléctrica (CE) del sector La Punta-La Brava (Figura 5-89), se aprecia que la salmuera (pozos “MP-XXB”) presenta mayor variabilidad en los rangos de C.E que las aguas superficiales (“LM”) y que las aguas salobres (pozos “MP-XXA”), alcanzado típicamente valores por sobre los 200.000 µS/cm. Algunas muestras de salmuera (pozo MP-XXB), tienen valores que en el registro histórico son menores a 200.000 µS/cm, las que corresponden a muestras que han sido tomadas erróneamente en pozos de agua salobre (MP-XXA) homólogos. Estos registros se incluyen en los gráficos y tablas de estadísticos de este parámetro, pero como fue mencionado anteriormente no se consideran característicos de este tipo de aguas.

Para las aguas subterráneas profundas (salmuera), el rango de la mediana de CE varía aproximadamente entre los 200.000 µS/cm y los 240.000 µS/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. Para el caso de las aguas subterráneas someras (salobres), este rango está dado por un P25 de 4.455 µS/cm (MP-09A) y un P75 de 44.300 µS/cm (MP-06A). Estas aguas presentan los valores más bajos de CE del sector.

Todas las aguas de las lagunas La Punta-La Brava, representadas por los puntos LM-01 hasta LM-04, registran valores mayores a 34.760 µS/cm y menores a 200.000 µS/cm, lo que indica que son aguas salobres. En términos de la mediana, los puntos LM-01 y LM-02 presentan conductividades menores, con medianas en torno a 55.000 µS/cm, y los puntos LM-03 y LM-04 presentan medianas en torno a 110.000 µS/cm.

El punto LM-16, ubicado al sur del sector, tiene los menores valores de CE relativo al resto de las lagunas, con mediana de 4.317 µS/cm.

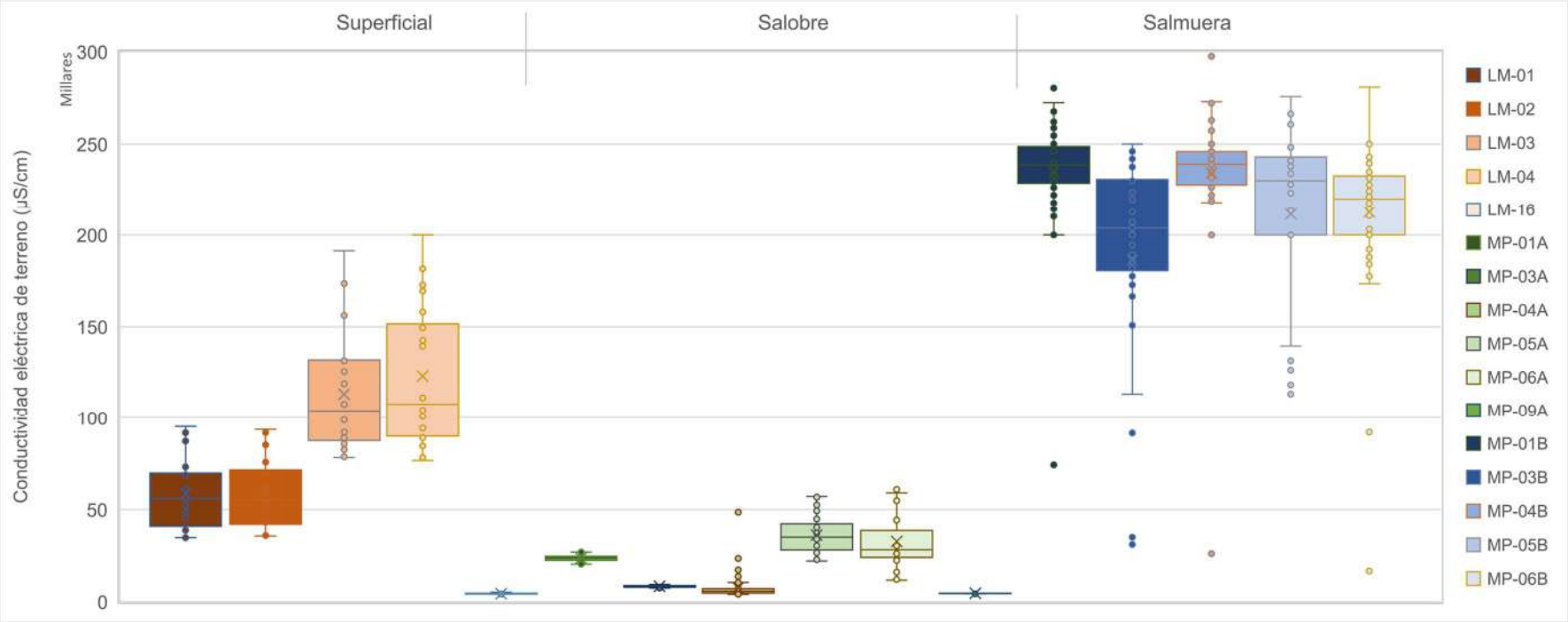
Figura 5-88 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico, Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	51	51	54	54	27	23	53	53	54	27	54
Min	7,91	7,86	7,72	7,66	6,93	7,02	7,25	6,85	6,93	6,86	6,84	5,79	6,05	5,82	6,01	6,09
P25	8,17	8,18	7,96	7,85	7,01	7,33	7,46	7,04	7,15	7,04	6,97	6,12	6,21	6,00	6,31	6,29
Mediana	8,24	8,27	8,07	8,04	7,08	7,39	7,55	7,15	7,25	7,15	7,12	6,20	6,56	6,07	6,44	6,47
P75	8,41	8,40	8,20	8,18	7,29	7,49	7,65	7,31	7,38	7,29	7,21	6,36	6,79	6,19	6,60	6,62
Max	8,78	8,78	8,47	8,47	7,63	7,82	8,43	8,14	7,88	7,54	7,52	7,57	7,55	7,08	7,97	7,94
RQ	0,24	0,22	0,24	0,33	0,28	0,16	0,19	0,27	0,23	0,25	0,24	0,24	0,58	0,19	0,29	0,33

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-89 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica *in situ* histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	23	53	50	54	54	31	23	52	53	53	29	54
Min	34.760	35.630	78.150	76.590	4.095	20.353	7.465	4.003	22.150	11.720	4.355	74.190	31.030	26.100	113.300	16.630
P25	42.465	43.130	87.900	91.118	4.269	22.480	7.969	4.765	28.043	24.930	4.455	229.675	181.200	227.950	200.000	200.000
Mediana	56.680	55.300	104.050	113.650	4.317	23.250	8.446	5.770	34.455	28.250	4.517	238.700	204.700	239.300	233.900	220.850
P75	71.574	70.026	130.500	147.700	4.668	24.465	8.825	7.064	42.180	44.300	4.648	248.355	232.400	246.153	245.590	233.321
Max	95.160	93.600	191.400	200.000	5.200	26.980	9.431	48.540	56.970	60.930	5.654	280.300	250.000	297.600	275.700	280.900
RQ	29.109	26.896	42.600	56.582	399	1.985	856	2.299	14.137	19.370	193	18.680	51.200	18.203	45.590	33.321

Fuente: Elaboración propia

Sólidos Disueltos Totales *in situ*

Para los sólidos disueltos totales (SDT), Figura 5-90, dada a la relación directa que tienen con la CE *in situ*, la situación que se observa para los diferentes puntos, tanto superficiales como subterráneos es similar.

Como es de esperar, los pozos de la salmuera, “MP-XXB”, presentan valores más altos, cuya mediana es cercana a los 100.000 mg/l, indicando que son aguas más profundas, mientras que los pozos “MP-XXA” presentan una concentración de SDT más bajos, con un P25 de 2.230 mg/l (MP-09A) y un P75 de 24.370 mg/l (MP-06A).

En el caso de los puntos superficiales, LM-01 y LM-02 tienen valores registrados entre 1.880 mg/l (LM-02) y casi los 50.000 mg/l (LM-01 y LM-02), más bajos comparados a los puntos del otro extremo del sistema lagunar, LM-03 y LM-04, que presentan valores mayores de 38.300 mg/l (LM-04) y que van hasta los 115.300 mg/l (LM-04). El punto LM-16, presenta valores de SDT menores al resto de puntos en las lagunas, con un rango entre 2.050 mg/l a 2.600 mg/l, debido a que corresponde a un punto aguas abajo de las lagunas.

Oxígeno Disuelto *in situ*

El contenido de oxígeno disuelto (O.D.) se presenta en la Figura 5-91, desde donde resulta evidente que un mayor contenido de sales presente en la muestra, asociado a valores altos de CE, implica una menor concentración de O.D.

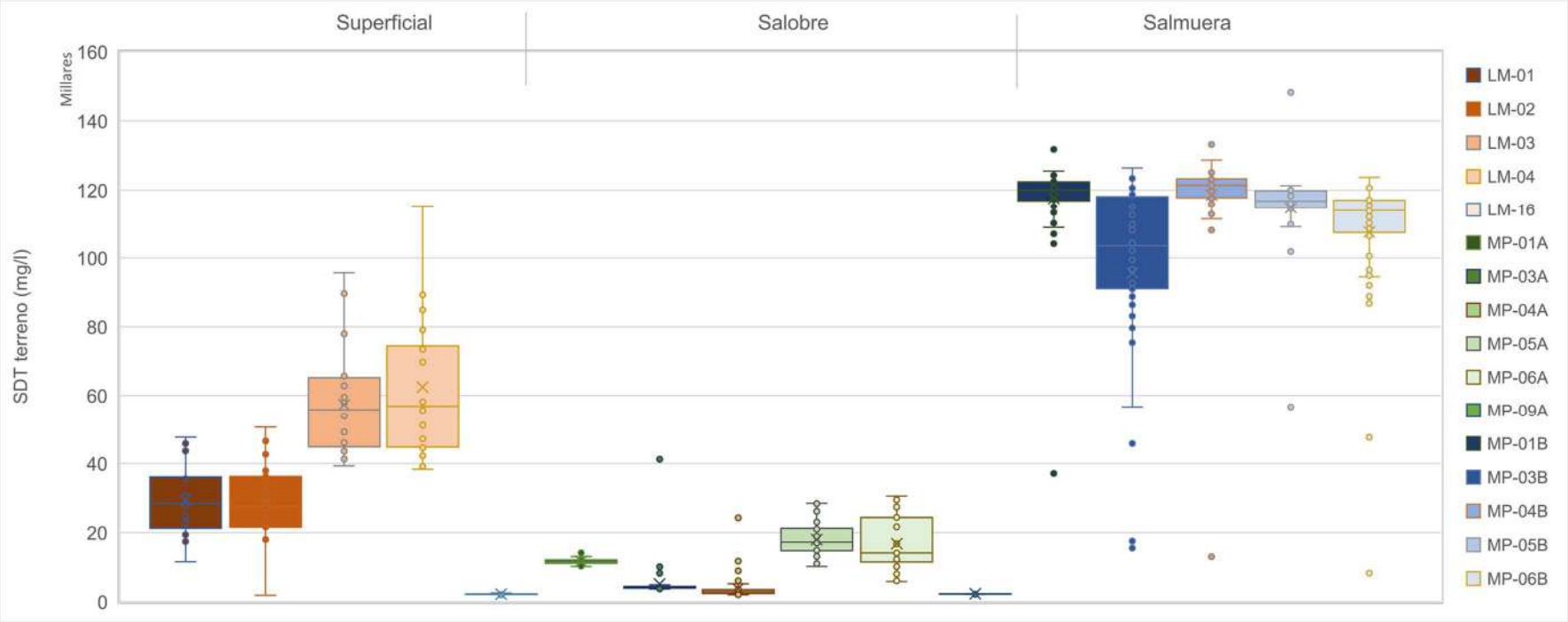
Los pozos que monitorean salmuera presentan menor contenido de O.D., con valores de mediana que se encuentran bajo los 0,5 mg/l y presentan menor variación. Este comportamiento es consistente con la condición de la menor aireación de las aguas profundas relativo a las más someras.

Los puntos LM-01 y LM-02, presentan en general medianas del orden de 3,4 mg/l, con la mayor variación en puntos superficiales, mientras que los puntos LM-03 y LM-04 presentan menor contenido de O.D. con medianas cercanas a los 2 mg/l, al igual que el punto LM-16.

Temperatura *in situ*

Para la temperatura del agua (ºC), Figura 5-92, los puntos de salmuera presentan un amplio rango de temperatura, con mínimos de 13ºC y máximos de 30ºC aproximadamente, de los cuales los puntos MP-01A, MP-01B, MP-03A y MP-03B indican medianas de alrededor de los 16ºC (acercándose a los valores de las lagunas) y el resto de los puntos un promedio de medianas de alrededor de 22°C. Las aguas superficiales, presentan valores de temperaturas de más amplio rango de variación, que van desde los 6,2ºC (LM-02) hasta 31,1°C (LM-04), debido a su relación directa con la temperatura ambiente.

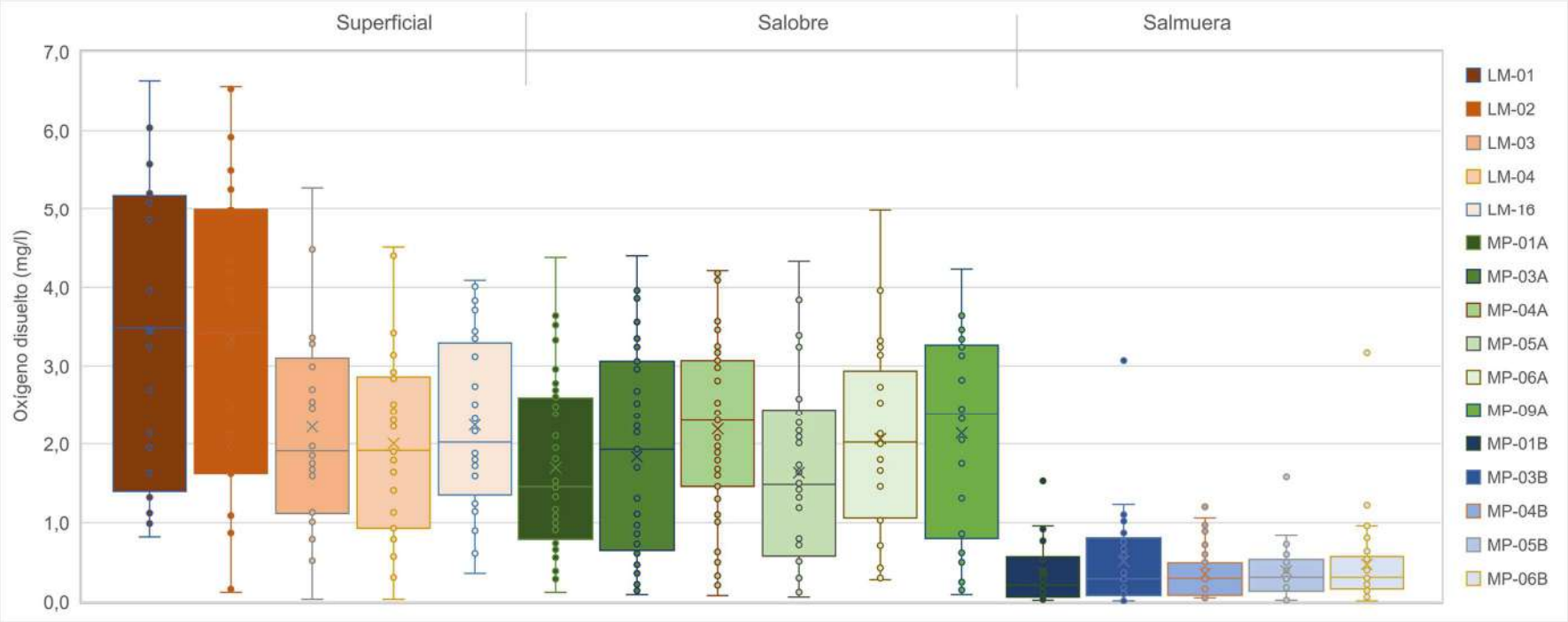
Figura 5-90 Diagrama de Caja, SDT *in situ* histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	51	54	54	27	23	52	52	53	25	54
Min	11.590	1.880	39.280	38.300	2.050	10.200	3.741	2.005	10.230	5.860	2.163	37.090	15.520	13.040	56.660	8.311
P25	21.235	21.570	44.808	44.733	2.134	11.105	3.990	2.416	14.770	11.520	2.230	116.825	91.070	117.750	114.600	107.375
Mediana	28.365	27.600	55.830	56.875	2.160	11.530	4.237	2.909	17.230	14.130	2.261	120.050	103.500	121.400	116.800	113.850
P75	36.077	36.196	65.193	74.458	2.304	12.135	4.416	3.546	21.230	24.370	2.326	122.400	118.050	123.300	119.800	117.025
Max	47.600	50.540	95.700	115.300	2.600	14.300	41.170	24.270	28.480	30.520	2.923	131.800	126.400	133.400	148.260	123.700
RQ	14.842	14.626	20.385	29.725	170	1.030	426	1.130	6.460	12.850	96	5.575	26.980	5.550	5.200	9.650

Fuente: Elaboración propia

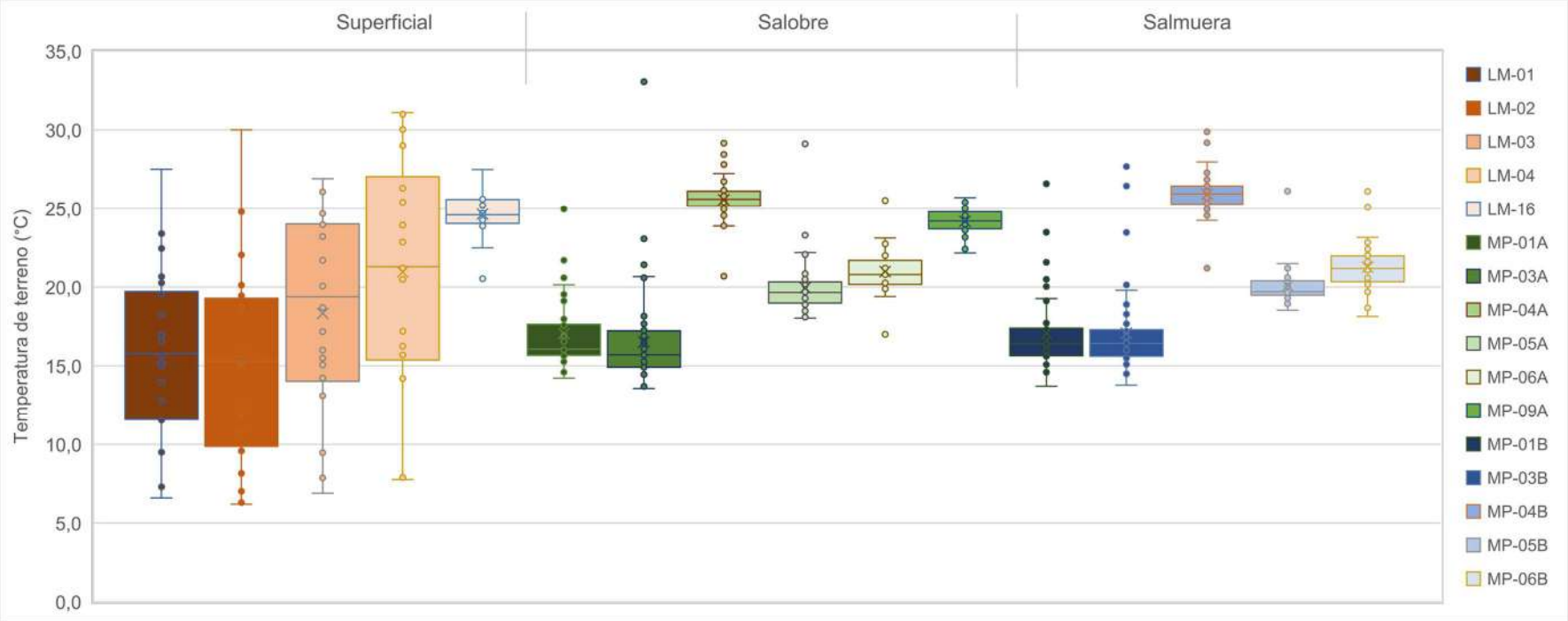
Figura 5-91 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. in situ histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	22	22	24	48	47	47	44	25	22	35	35	32	21	38
Min	0,82	0,12	0,03	0,03	0,36	0,12	0,09	0,08	0,06	0,28	0,09	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01
P25	1,40	1,62	1,12	0,93	1,35	0,79	0,65	1,46	0,58	1,06	0,80	0,06	0,08	0,08	0,14	0,16
Mediana	3,49	3,42	1,91	1,92	2,02	1,46	1,93	2,30	1,49	2,02	2,39	0,21	0,29	0,30	0,31	0,31
P75	5,18	4,99	3,10	2,86	3,29	2,59	3,06	3,07	2,44	2,94	3,27	0,57	0,81	0,49	0,54	0,57
Max	6,63	6,56	5,28	4,51	4,09	4,38	4,40	4,21	4,33	4,98	4,23	1,53	3,07	1,20	1,58	3,17
RQ	3,78	3,37	1,98	1,93	1,94	1,80	2,41	1,61	1,86	1,88	2,47	0,51	0,73	0,41	0,40	0,41

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-92 Diagrama de Caja, Temperatura *in situ* histórico (ºC), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	54	54	27	23	53	53	54	31	54
Min	6,60	6,20	6,90	7,77	20,54	14,22	13,56	20,70	18,03	17,00	22,17	13,71	13,78	21,20	18,53	18,13
P25	11,69	10,78	14,44	15,84	24,21	15,71	15,00	25,14	19,00	20,20	23,80	15,67	15,81	25,29	19,50	20,40
Mediana	16,55	15,77	19,87	22,13	25,11	16,29	15,80	25,68	19,72	20,95	24,30	16,49	16,44	26,00	19,80	21,20
P75	19,22	19,46	23,78	26,35	25,61	17,93	17,22	26,12	20,50	22,06	24,99	17,57	17,48	26,42	20,40	22,01
Max	27,50	30,00	26,90	31,10	27,48	25,00	33,06	29,15	29,12	25,51	26,75	26,58	27,67	29,89	26,11	26,09
RQ	7,53	8,68	9,34	10,51	1,40	2,22	2,22	0,98	1,50	1,86	1,19	1,90	1,67	1,13	0,90	1,61

Fuente: Elaboración propia

Variación Temporal de los parámetros *in situ*

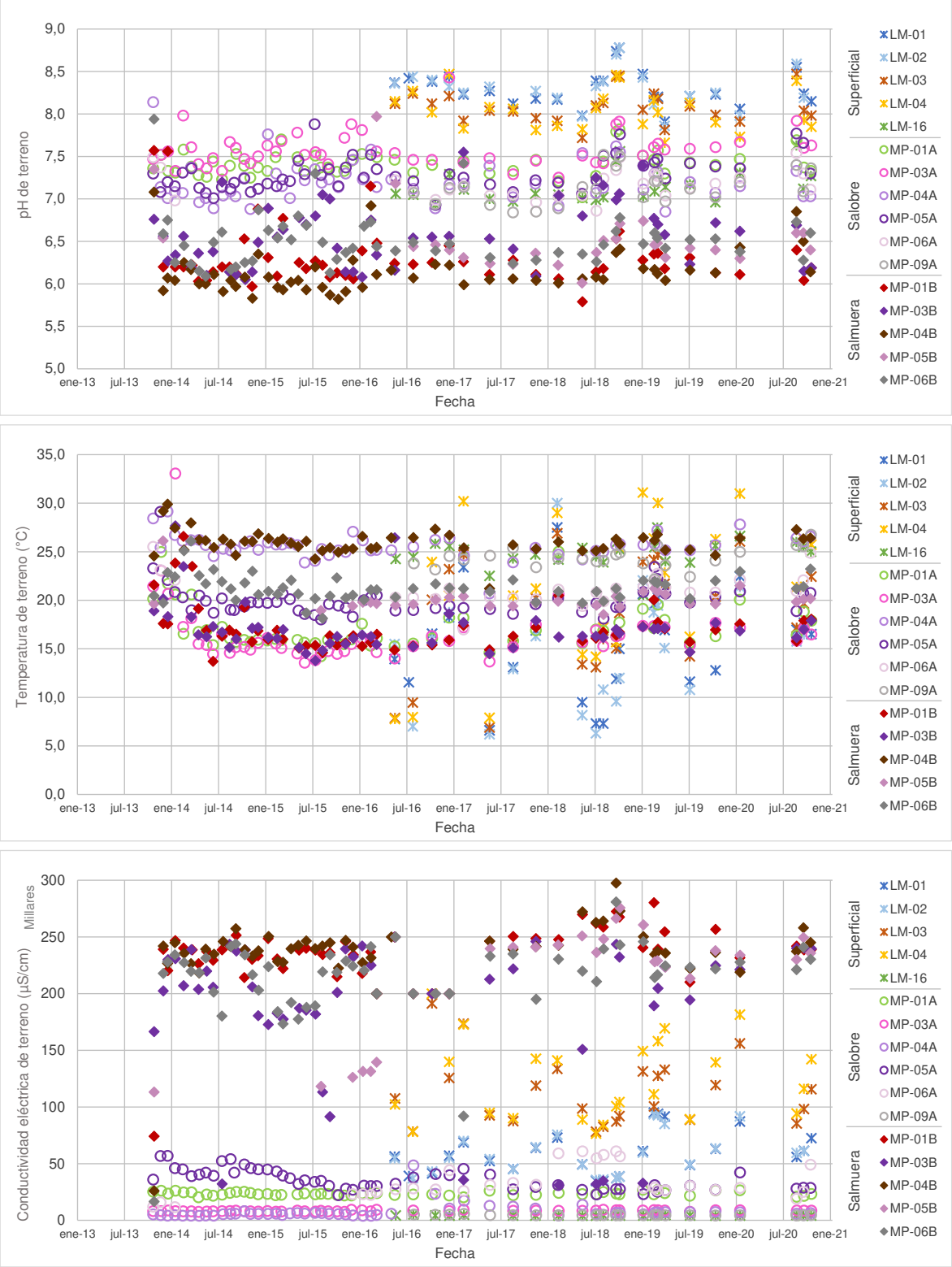
En esta sección se presentan los resultados del comportamiento temporal de estas variables, vale decir, se presenta gráficamente cuál ha sido la variación en el tiempo, representando los datos desde 2013 a 2020.

En la Figura 5-93 y Figura 5-94, 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 general de los datos permite indicar que los valores de parámetros *in situ* para 2020 tienen un comportamiento similar con variaciones estacionales que se marcan mayormente en la temperatura y CE.

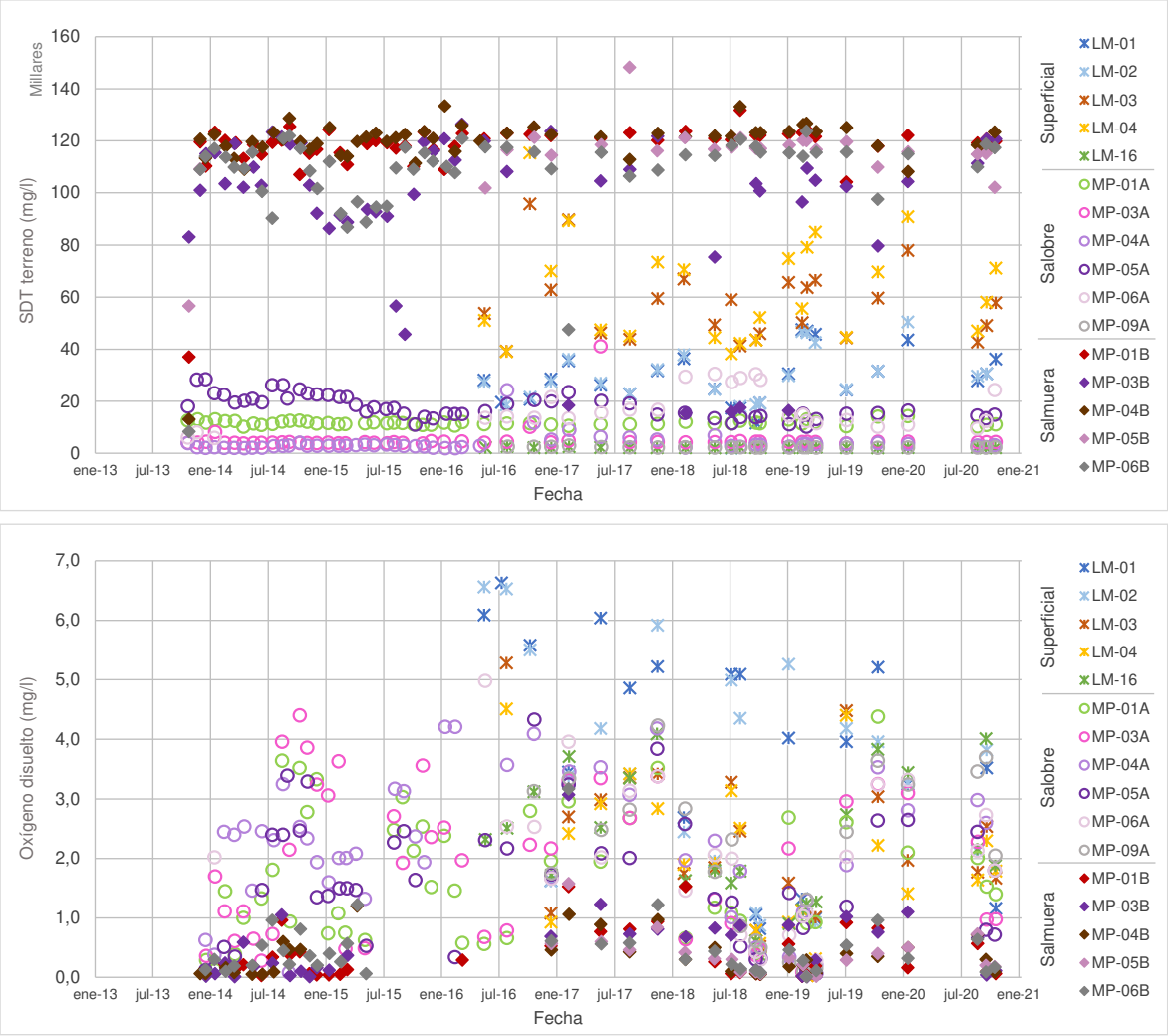
De manera general, el comportamiento de los parámetros analizados durante el año 2020 se mantiene dentro de lo esperado, dentro de los rangos de la variación natural y estacional. Los valores más altos de CE y SDT a comienzos de 2019 se explican, además, producto de las precipitaciones de febrero 2019.

Figura 5-93 Variación Temporal: pH, Temperatura y CE *in situ*, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-94 Variación Temporal: SDT y OD *in situ*, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Parámetros Fisicoquímicos de laboratorio

pH de Laboratorio

Los resultados de pH medidos en laboratorio, presentados en la Figura 5-95 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**.** En general, las aguas superficiales y las aguas salobres se presentan neutras a levemente básicas. Para la salmuera, en cambio, son aguas levemente más ácidas.

Conductividad Eléctrica de Laboratorio

Con relación a la CE, Figura 5-96, los resultados de laboratorio tienen valores similares a las CE medidas en terreno. La conductividad de las lagunas La Punta y La Brava, presentan valores intermedios, entre las aguas salobres y la salmuera. 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. Al igual que para la CE in situ, se tienen valores de conductividad en salmueras bajo los rangos normales de variación de este parámetro, los que se presentan en el gráfico, pero se consideran valores anómalos, debido probablemente a errores en la toma de muestras.

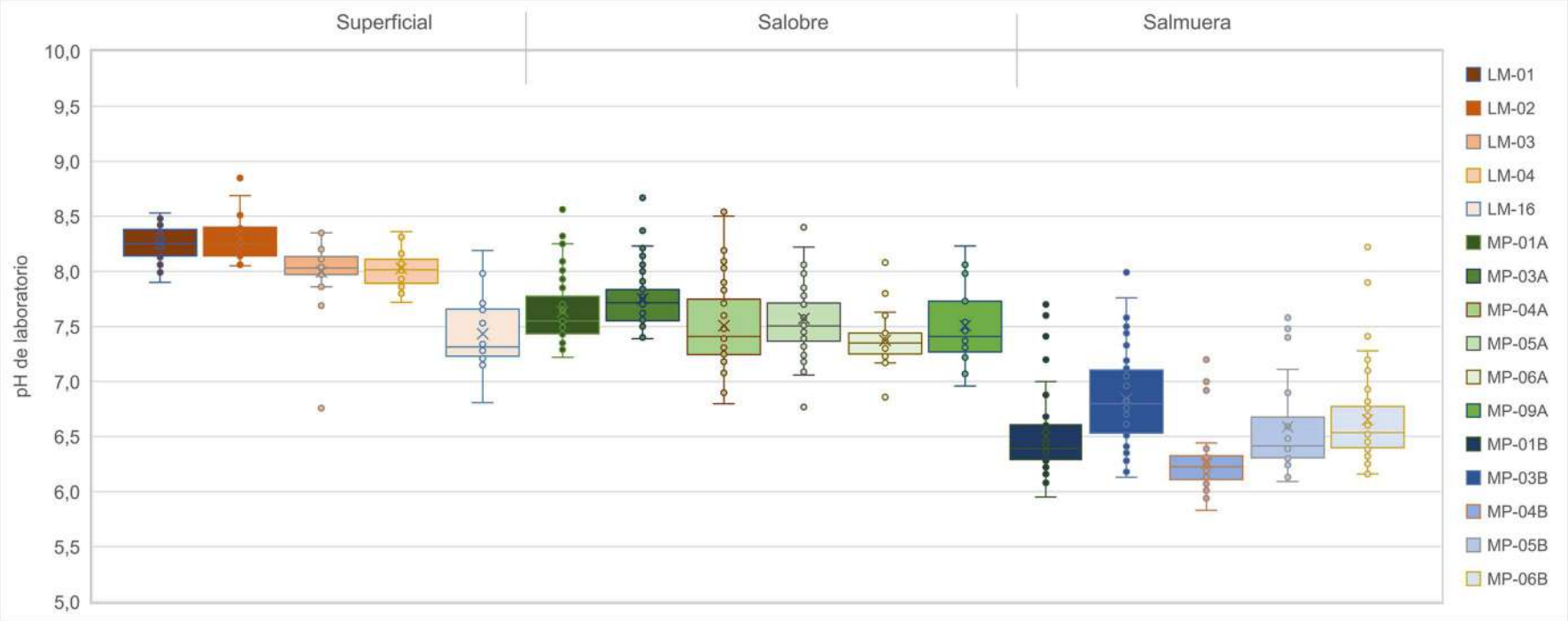
Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

En la Figura 5-97 se presentan los resultados de laboratorio de la estimación de SDT. La carga de material disuelto, como es esperable, es mucho mayor en las muestras de salmuera, con medianas que varían entre casi los 200.000 mg/l y 330.000 mg/l. Los SDT de las muestras de las lagunas (superficiales) están en un rango intermedio de concentraciones, con máximos que alcanzan los 165.000 mg/l. Para las aguas subterráneas someras (salobres) los SDT son prácticamente menores a los 50.000 mg/l.

Densidad

Con respecto a la densidad, Figura 5-98, los valores para las salmueras son mayores a las aguas salobres, con medianas entre los 1,130 y 1,200 g/ml. Las aguas salobres, como es de esperar por la menor carga de material disuelto, tienen medianas y percentiles muy cercanos a 1,000 g/ml y 1,020 g/ml, y presentan muchos valores fuera del P75. Las aguas superficiales de las lagunas tienen densidades que se circunscriben entre las de las salmueras y las aguas salobres, con densidades entre 1,000 g/ml y 1,113 g/ml.

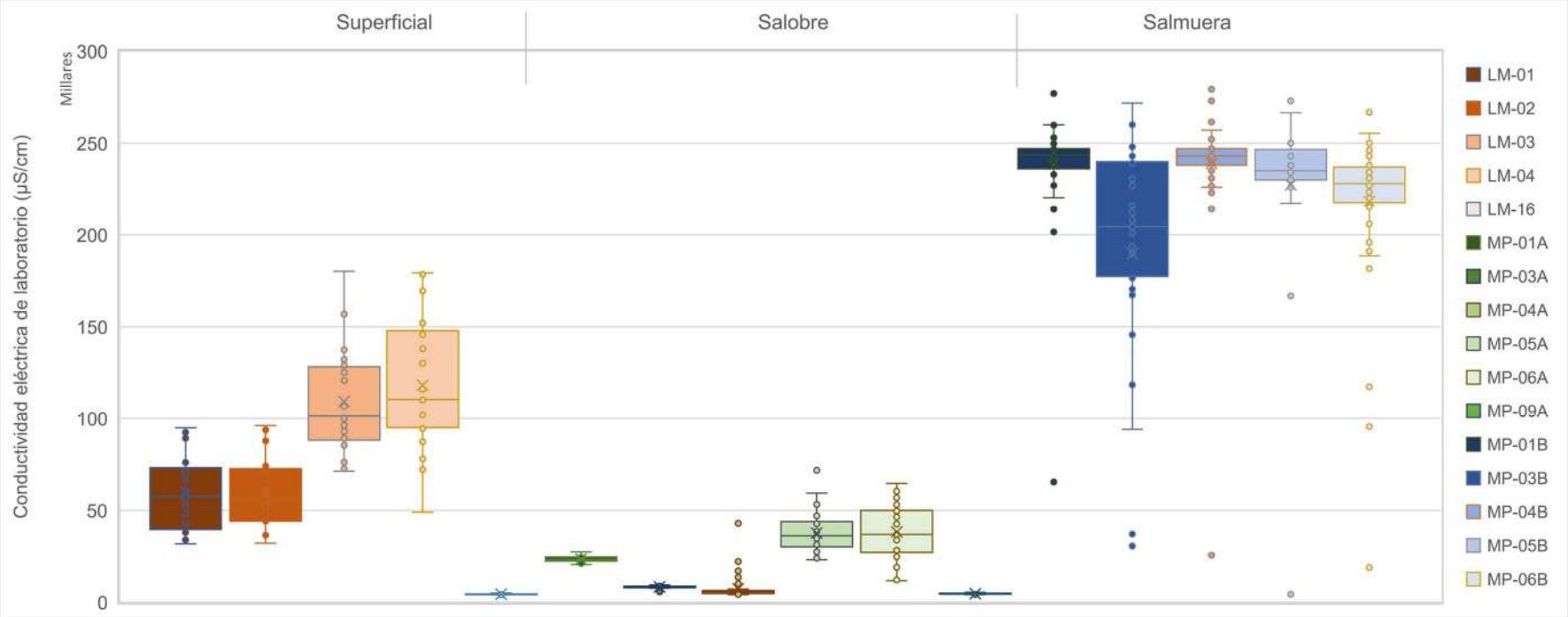
Figura 5-95 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico, Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	54	54	27	23	53	53	54	26	54
Min	7,90	8,05	6,76	7,72	6,81	7,22	7,39	6,80	6,77	6,86	6,96	5,95	6,13	5,83	6,09	6,16
P25	8,14	8,14	7,97	7,89	7,23	7,44	7,56	7,25	7,37	7,25	7,27	6,29	6,53	6,11	6,31	6,40
Mediana	8,25	8,25	8,03	8,02	7,32	7,55	7,72	7,41	7,51	7,35	7,41	6,39	6,80	6,23	6,42	6,54
P75	8,38	8,40	8,14	8,11	7,66	7,78	7,83	7,75	7,71	7,44	7,73	6,61	7,11	6,33	6,68	6,78
Max	8,53	8,85	8,35	8,36	8,19	8,56	8,67	8,54	8,44	8,08	8,23	7,70	7,99	7,20	7,58	8,22
RQ	0,24	0,26	0,17	0,22	0,43	0,34	0,27	0,50	0,34	0,19	0,46	0,32	0,58	0,22	0,37	0,38

Fuente: Elaboración propia

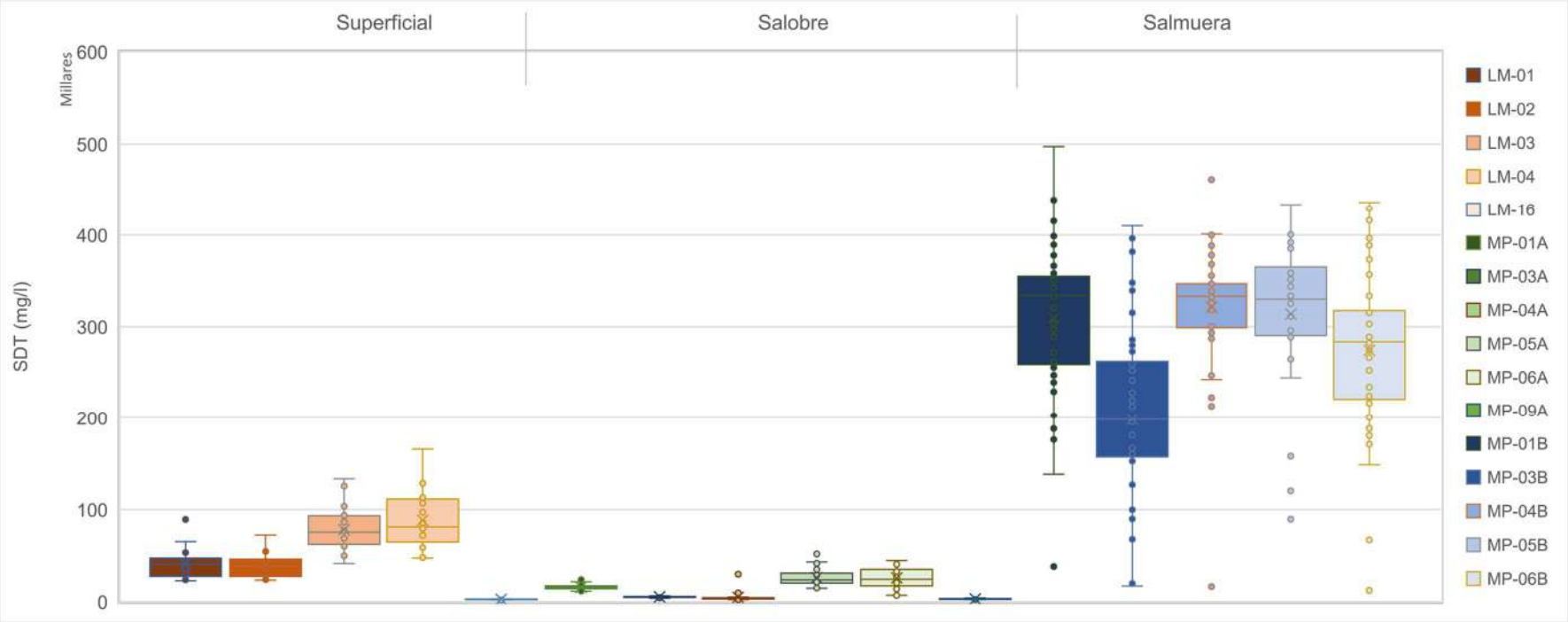
Figura 5-96 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	52	53	54	53	27	23	52	53	53	25	54
Min	31.700	32.100	71.300	49.000	3.980	20.500	5.660	4.120	23.100	11.780	4.100	65.400	30.600	25.600	4.300	18.890
P25	39.600	44.100	88.225	94.975	4.195	22.300	8.000	4.710	30.200	27.080	4.380	236.000	177.350	238.000	230.000	217.600
Mediana	57.550	56.800	101.250	110.400	4.314	23.050	8.270	5.595	36.100	36.900	4.500	243.500	204.400	243.000	235.000	228.000
P75	73.100	72.700	128.175	147.900	4.575	24.623	8.690	6.299	43.800	50.000	4.850	247.000	240.000	247.000	246.500	237.000
Max	94.900	96.100	180.100	179.300	5.050	27.330	9.780	42.900	71.800	64.600	5.870	279.000	271.800	279.400	273.000	266.800
RQ	33.500	28.600	39.950	52.925	380	2.323	690	1.589	13.600	22.920	470	11.000	62.650	9.000	16.500	19.400

Fuente: Elaboración propia

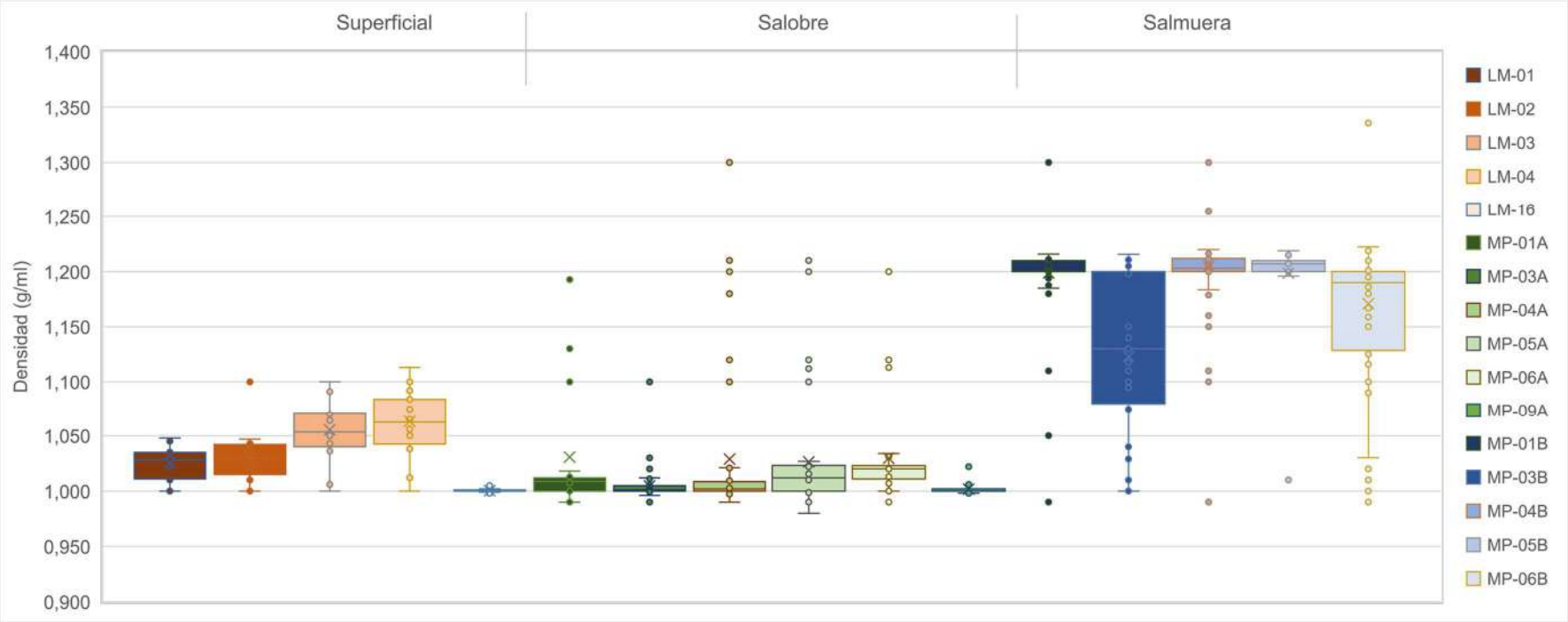
Figura 5-97 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	52	54	53	27	23	53	53	54	26	54
Min	22.620	23.540	41.550	47.400	1.740	11.580	3.910	2.320	14.640	7.010	2.360	38.210	17.200	16.360	89.530	12.215
P25	27.628	27.633	62.217	64.600	2.497	14.075	4.909	3.073	20.200	17.320	2.768	258.896	157.100	298.820	290.367	220.901
Mediana	40.769	38.620	75.500	81.117	2.645	15.300	5.191	3.635	23.667	24.300	3.060	334.167	198.108	333.100	329.934	283.444
P75	47.475	46.067	93.284	111.450	2.895	17.346	5.571	4.309	30.895	35.120	3.300	354.830	262.226	346.905	365.095	317.425
Max	89.200	72.167	133.433	165.533	3.060	25.450	9.860	29.800	51.890	44.733	4.060	497.350	410.192	461.194	434.100	436.392
RQ	19.847	18.434	31.067	46.850	398	3.271	662	1.236	10.695	17.800	532	95.934	105.126	48.085	74.728	96.524

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-98 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/ml), Sector La Punta-La Brava



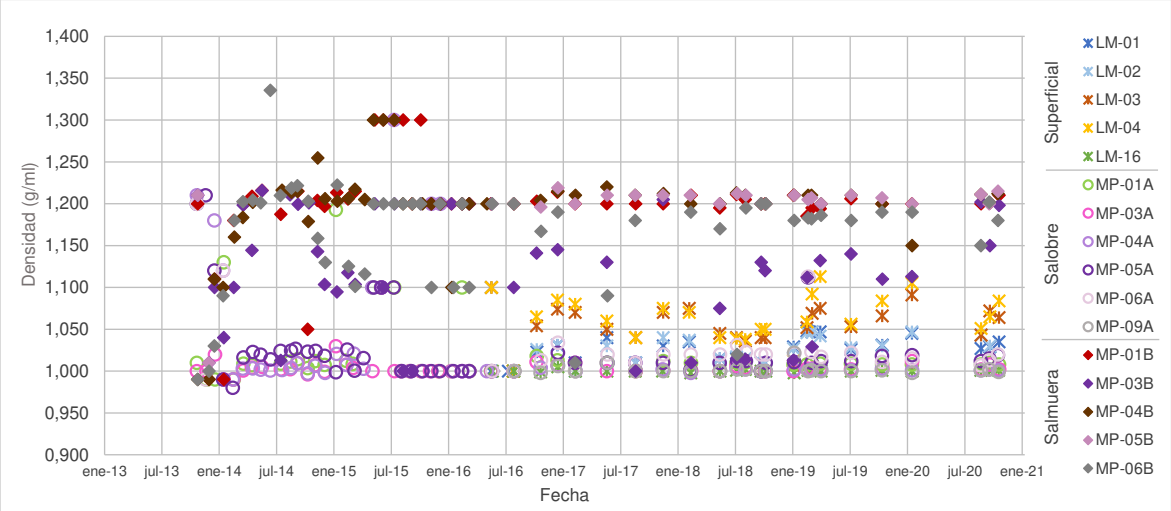
	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	51	52	53	53	27	23	52	52	53	26	54
Min	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,990	0,990	0,990	0,980	0,990	0,998	0,990	1,000	0,990	1,010	0,990
P25	1,011	1,015	1,040	1,043	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,011	1,000	1,200	1,080	1,200	1,200	1,129
Mediana	1,028	1,030	1,054	1,063	1,000	1,009	1,001	1,002	1,012	1,020	1,000	1,200	1,130	1,203	1,207	1,190
P75	1,035	1,042	1,072	1,084	1,001	1,012	1,005	1,008	1,023	1,023	1,002	1,210	1,200	1,212	1,210	1,200
Max	1,048	1,100	1,100	1,113	1,005	1,600	1,100	1,300	1,210	1,200	1,022	1,300	1,216	1,697	1,219	1,555
RQ	0,024	0,027	0,032	0,041	0,001	0,012	0,005	0,008	0,023	0,012	0,002	0,010	0,120	0,012	0,010	0,071

Fuente: Elaboración propia

Variación Temporal de los parámetros fisicoquímicos de Laboratorio

En la Figura 5-99, se presenta la variación temporal de la densidad medida en laboratorio, donde se observa claramente un cambio en las densidades para las aguas superficiales, producto de las precipitaciones de febrero 2019. Los puntos LM-01 a LM-04 muestran que la densidad de las aguas aumenta relativamente en los meses de febrero y marzo para luego disminuir pasado el estío. Los valores registrados en el 2020 se comportan dentro de la variabilidad natural histórica.

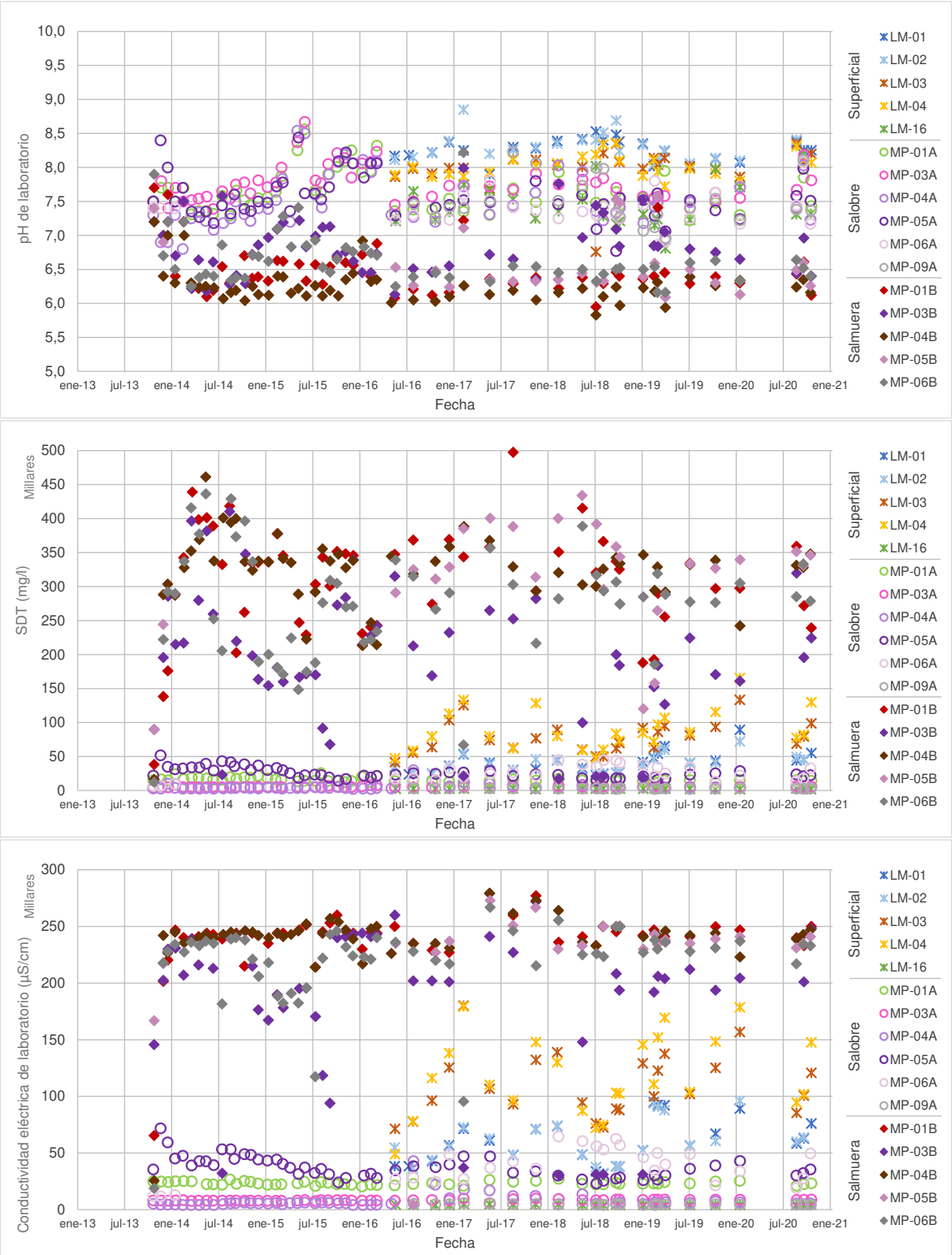
Figura 5-99 Variación Temporal: Densidad en laboratorio, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-100, se presenta la variación temporal de los valores de los parámetros fisicoquímicos analizados en laboratorio. Al igual que para los parámetros *in situ*, en general, el comportamiento de los parámetros analizados durante el año 2020 se comporta dentro de los registros históricos.

Figura 5-100 Variación Temporal: pH, SDT, CE en laboratorio, Sector La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Elementos Mayoritarios Disueltos

Aniones mayores

Los aniones mayores corresponden a cloruros (Cl^-), bicarbonatos (HCO_3^-), nitratos (NO_3^-) y sulfatos (SO_4^{2-}), y se presentan gráficamente en la Figura 5-101 a Figura 5-104. Cada figura presenta una tabla con los estadígrafos representativos de la serie histórica.

Entre estos aniones, las concentraciones de los cloruros son las mayores, por lo que responden de manera similar a lo descrito para la CE y los SDT. Las aguas superficiales, representadas por los puntos LM, registran valores de mediana entre un mínimo de 9.969 mg/l (LM-01) y máximo de 88.910 mg/l (LM-04), con concentraciones máximos que se sitúan en los meses de verano. Para el punto LM-16, la concentración de cloruros es menor a los anteriores, con mediana de 987 mg/l. Por otro lado, las aguas salobres presentan valores menores a las aguas superficiales lagunares, con rango de mediana entre 1.057 mg/l para MP-09A y de 12.217 mg/l en MP-05A. Los pozos profundos, que monitorean la salmuera, por su parte presentan las mayores concentraciones de cloruros, con valores de mediana que van desde los 122.087 mg/l para MP-03B hasta los 181.878 mg/l para MP-04B, lo que resulta ser consistente con la presencia de la salmuera en profundidad y sin percibir los cambios que si se detectan en superficie.

De la gráfica de los bicarbonatos se observa un rango de variación similar entre las 3 fuentes de aguas, que se circunscriben en general entre los 350 mg/l y 500 mg/l. Las aguas superficiales lagunar, sin embargo, presentan concentraciones mayores de bicarbonato, alcanzando hasta los 840 mg/l debido a su interacción con la atmósfera, con máximos particularmente en verano. En el otro extremo, las concentraciones en la salmuera obtenida desde MP-04B son las menores, con un valor de mediana de 237 mg/l de bicarbonato. El rango completo de las series de datos se presenta entre un mínimo de 123,5 mg/l en MP-05B, hasta el máximo de 846,7 mg/l en LM-04. En el año 2020 los valores se sitúan dentro de los rangos históricos.

El nitrato, en el caso de la salmuera, presenta dispersión en sus valores más que en las otras fuentes. En el caso de las lagunas y aguas salobres, los valores son bajos y similares entre ellos. Para este parámetro, se tiene una serie de valores anómalos dentro del registro histórico de pozos y limnímetros en el sector, los cuales se presentan en detalle en el Anexo H-7. En 2020 las concentraciones de nitrato se comportan dentro de la variabilidad natural histórica.

En el caso de los sulfatos, al igual que en el caso de los cloruros, también se observa la diferencia de concentración para las aguas salobres y para la salmuera, con mediana que varían entre 434 mg/l (MP-09A) hasta 1.621 mg/l (MP-06A) para el caso de las aguas salobres, y entre 8.438 mg/l (MP-03B) hasta 16.711 mg/l (en MP-05B), para la salmuera. Se observa

que producto de procesos de evaporación y precipitaciones durante el verano existe un aumento en la concentración de sulfato en las lagunas, LM-03 y LM-04, mayores que LM-01 y LM-02, lo que no se vislumbra tan marcadamente en las aguas salobres como en el caso de las lagunas. En general, las concentraciones de sulfato durante el 2020 se encuentran dentro de los rangos naturales y variaciones estacionales típicas.

Cationes mayores

Los cationes mayores que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}), cuya evolución temporal y tabla con estadígrafos de la serie se presentan en la Figura 5-105 a Figura 5-108.

Una característica común a los 4 cationes considerados es que los pozos profundos, que monitorean la salmuera, presentan los mayores contenidos o concentraciones, mientras que los pozos someros, correspondiente a aguas salobres, presentan valores semejantes a las concentraciones de las aguas superficiales en lagunas y, en algunos, casos éstos son superados por estas últimas.

Las concentraciones de calcio muestran, en términos de mediana, variaciones para las aguas superficiales entre 156 mg/l (LM-16) a 773 mg/l (LM-04), para las aguas salobres entre 137 mg/l (MP-03A) a 221 mg/l (MP-06A) y, para la salmuera, entre 329 mg/l (MP-05B) a 823 mg/l (MP-03B). En 2020 los valores de calcio disuelto se mantienen dentro del rango histórico, salvo en MP-06B, donde en el segundo semestre se advierte una disminución en las concentraciones. En MP-03B también ocurre esta disminución en calcio, aunque dentro de los rangos definidos históricamente.

El potasio se presenta estable a lo largo del tiempo, con las mayores concentraciones alcanzadas en la salmuera. Los valores máximos de estos últimos pueden llegar hasta 24.000 mg/l, como en MP-04B, mientras en la laguna, particularmente en el punto LM-16, las concentraciones de potasio disuelto son mínimas, llegando a los 52 mg/l. En el 2020 las variaciones en las concentraciones se comportan dentro de los rangos históricos.

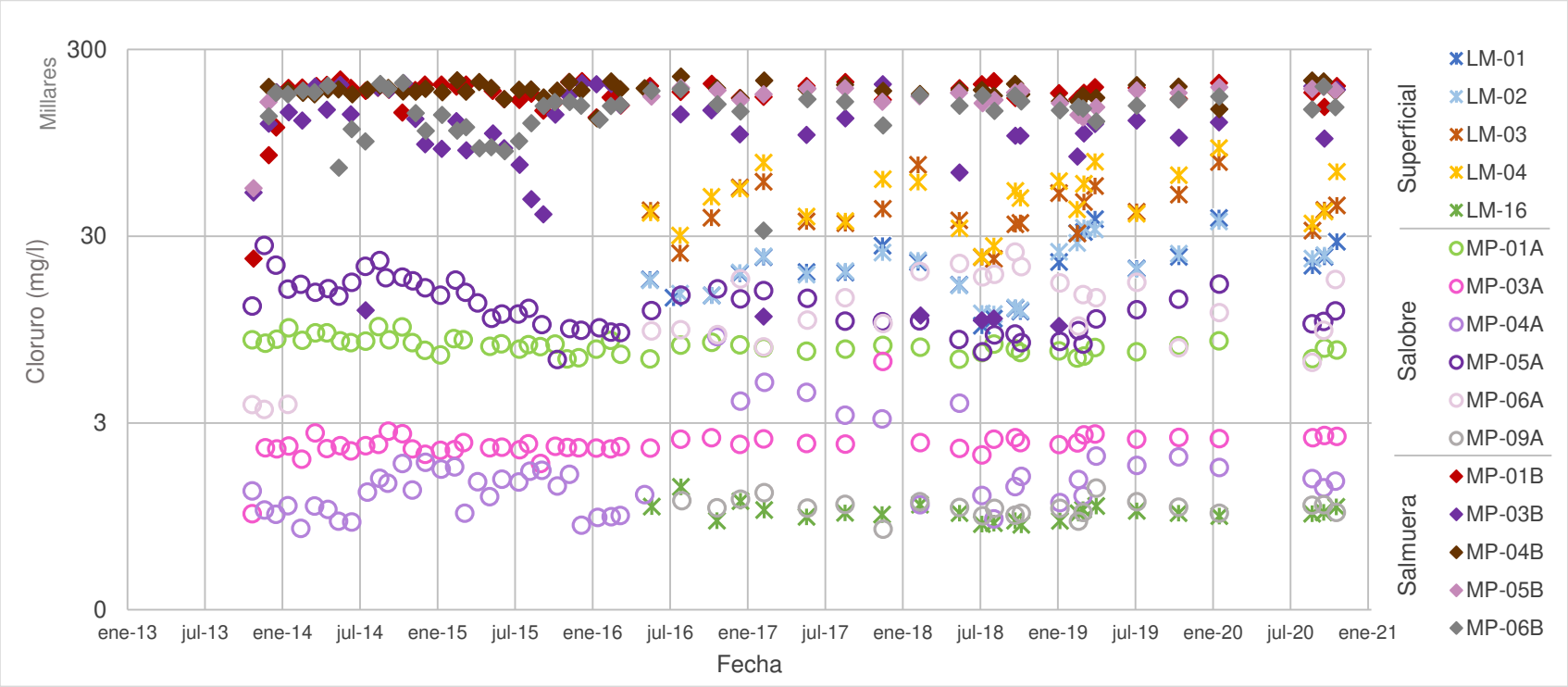
Las concentraciones de magnesio presentan un comportamiento muy similar a las de calcio, con los valores más bajos para los pozos someros, con mediana entre los 98 mg/l (MP-09A) y los 593 mg/l (MP-06A). Las lagunas presentan concentraciones mayores, con medianas entre 802 mg/l (LM-01) y 1.827 mg/l (LM-04). Para el punto LM-16, la mediana es menor, con 87 mg/l. Finalmente los pozos profundos (salmuera), pueden llegar medianas de 8.231 mg/l (MP-05B).

El sodio es el elemento que se presenta en mayor concentración respecto al resto de cationes mayoritarios. En los pozos someros (agua salobre), los rangos de mediana varían entre 616

mg/l (MP-09A) y 6.142 mg/l (MP-06A). Le siguen las lagunas, con variaciones de mediana entre 10.400 mg/l (LM-02) hasta 24.415 mg/l (LM-04), pero LM-16 sigue manteniendo concentraciones más bajas que las anteriores, con mediana de 550 mg/l. Las lagunas, además, presentan un aumento de la concentración de sodio en enero debido a mayores procesos de evaporación y precipitaciones durante el verano. Los pozos profundos (salmuera) tienen valores de mediana entre 61.240 mg/l (MP-03B) hasta llegar a 90.150 mg/l (MP-04B).

De manera general, entre las aguas superficiales, salobres y salmuera, las aguas de las lagunas presentan valores intermedios respecto de los valores de aguas salobres y salmueras, 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. En general se observa que para los 4 cationes analizados los valores medidos en el 2020 se mantuvieron dentro de la variación natural, en relación a los rangos registrados en años anteriores.

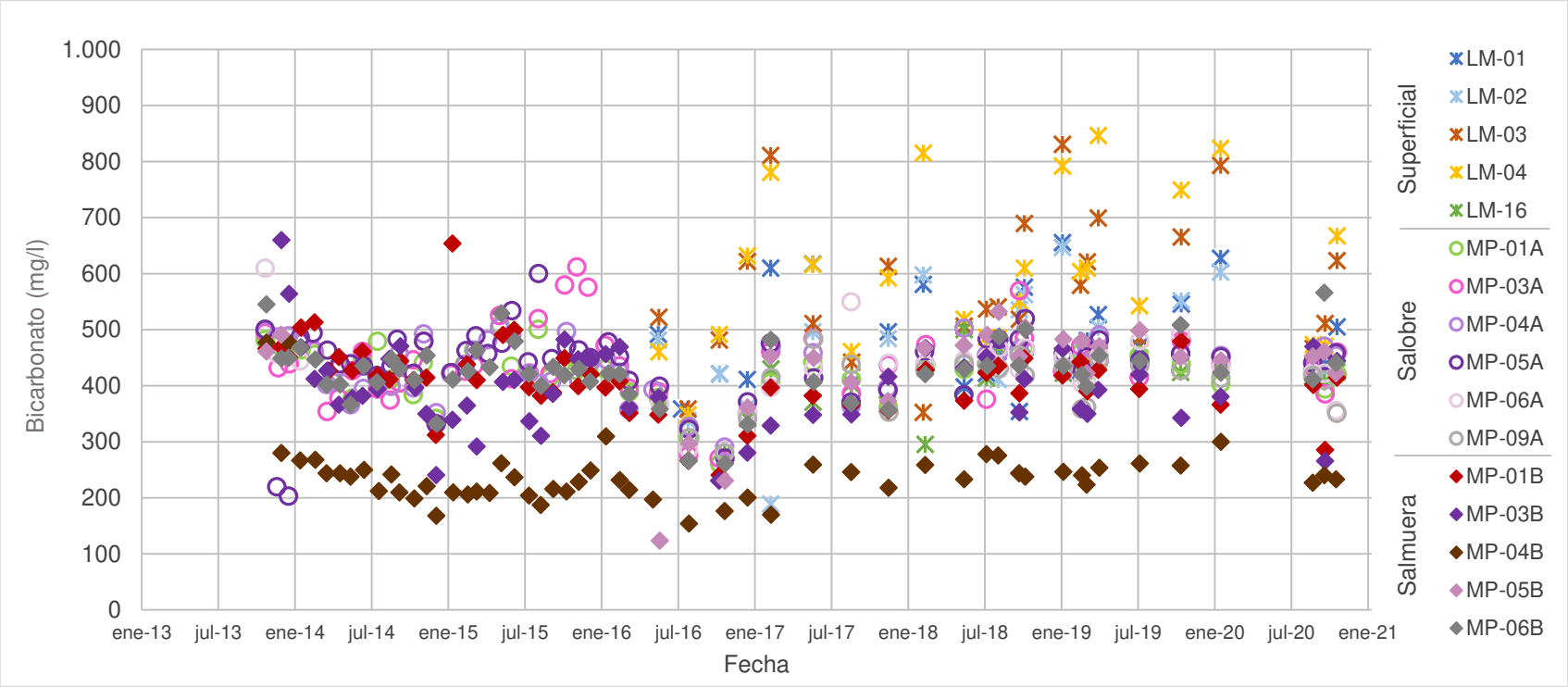
Figura 5-101 Variación Temporal: Cl en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	53	54	27	23	52	53	53	26	53
Min	9.969	11.520	22.693	23.250	855	6.582	982	818	6.570	3.550	810	22.784	9.917	128.360	54.152	32.176
P25	14.977	14.770	34.891	36.634	911	7.281	2.191	1.081	9.693	8.930	989	162.831	87.261	172.993	156.447	122.261
Mediana	20.490	19.917	40.930	48.393	987	7.784	2.300	1.429	12.217	11.721	1.057	181.472	122.087	181.878	174.047	149.584
P75	25.804	24.558	50.844	60.225	1.057	8.247	2.473	1.740	15.680	17.762	1.135	191.435	173.312	189.506	181.822	170.098
Max	37.588	36.039	74.927	88.910	1.366	9.855	6.418	8.708	26.799	24.736	1.345	207.301	197.908	215.006	189.290	198.805
RQ	10.827	9.788	15.953	23.591	146	966	282	659	5.987	8.832	146	28.604	86.051	16.513	25.375	47.837

Fuente: Elaboración propia

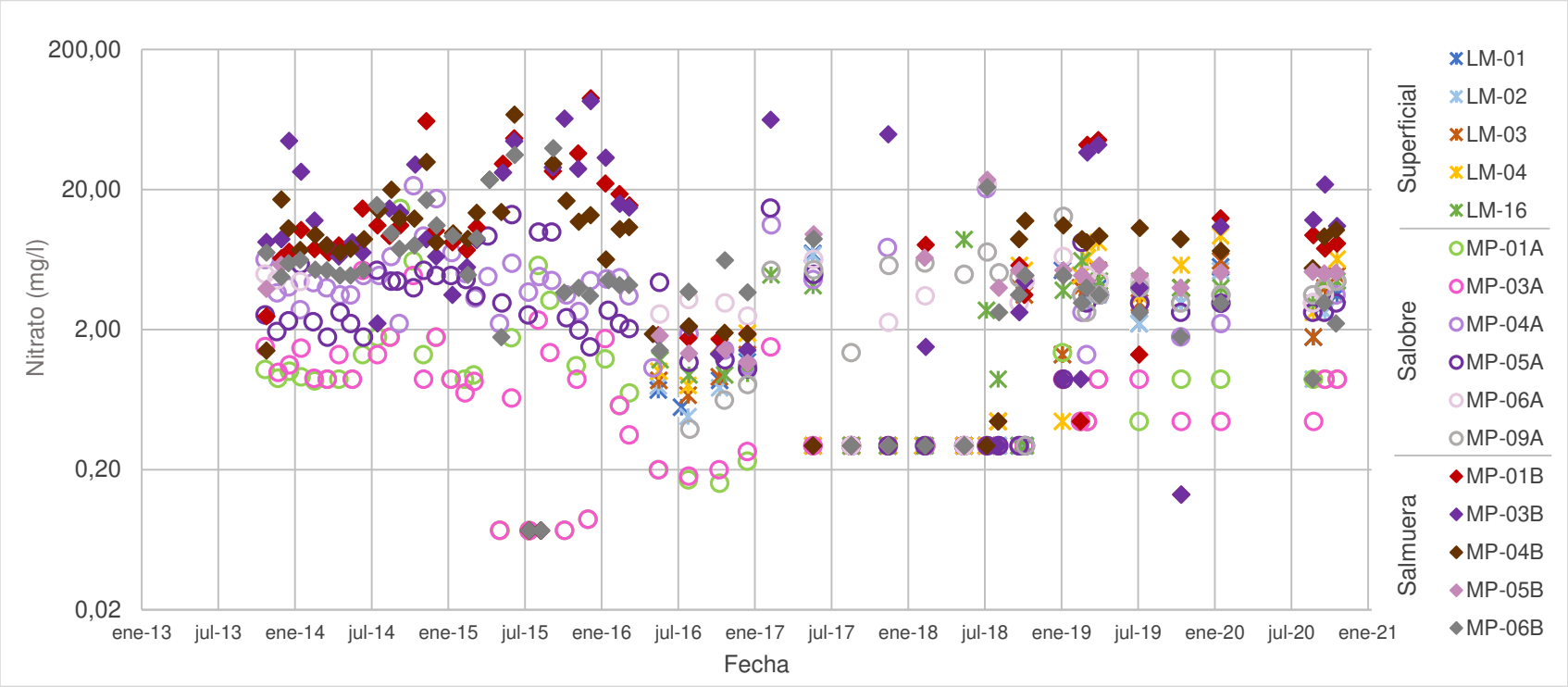
Figura 5-102 Variación Temporal: HCO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	54	54	27	23	53	52	54	26	54
Min	353,8	189,0	352,6	348,2	280,8	260,8	270,8	290,9	203,0	280,8	280,8	240,7	230,7	153,9	123,5	260,8
P25	421,5	411,1	490,7	485,0	373,0	405,5	400,5	403,6	421,2	403,8	358,7	384,4	349,3	210,8	418,1	405,3
Mediana	475,2	458,7	538,6	598,0	419,7	430,1	437,0	444,5	451,4	438,0	418,5	414,8	393,5	237,3	452,8	427,6
P75	568,4	535,6	655,2	728,8	444,2	454,9	472,9	469,8	478,8	457,0	438,0	446,5	448,2	258,0	481,3	449,3
Max	655,1	646,6	830,8	846,7	500,2	508,5	612,0	503,9	600,1	610,0	483,0	653,9	660,0	478,0	531,9	566,1
RQ	146,9	124,5	164,5	243,8	71,2	49,4	72,4	66,2	57,6	53,2	79,3	62,1	98,9	47,2	63,2	44,0

Fuente: Elaboración propia

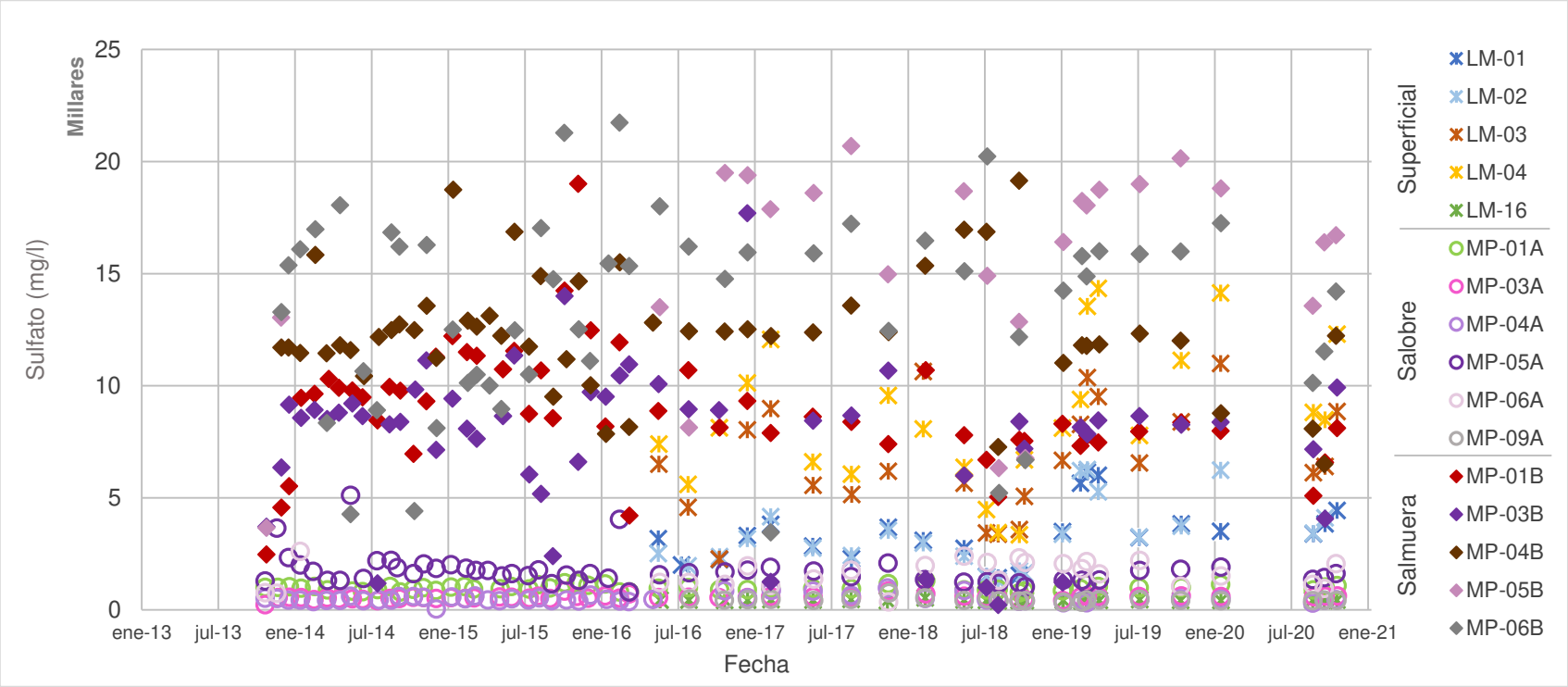
Figura 5-103 Variación Temporal: NO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	23	22	23	23	24	52	52	54	54	25	23	50	53	53	24	53
Min	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,07	0,07	0,30	0,30	0,30	0,30	0,07	0,07	0,07	0,30	0,07
P25	0,30	0,30	0,30	0,30	0,90	0,30	0,30	2,13	1,70	3,10	2,66	1,61	1,65	2,01	1,53	2,88
Mediana	1,18	0,84	1,33	1,89	3,45	0,89	0,78	3,54	2,66	3,54	3,98	7,77	8,45	8,86	4,87	4,51
P75	3,54	3,10	3,99	5,76	4,43	1,09	1,09	4,80	4,46	4,49	5,31	13,01	26,61	12,18	5,28	7,31
Max	7,00	6,82	6,19	9,38	8,81	14,61	5,31	21,25	14,79	21,70	12,89	89,50	85,43	68,61	9,57	39,40
RQ	3,24	2,80	3,69	5,46	3,53	0,79	0,79	2,67	2,76	1,39	2,65	11,40	24,96	10,17	3,75	4,43

Fuente: Elaboración propia

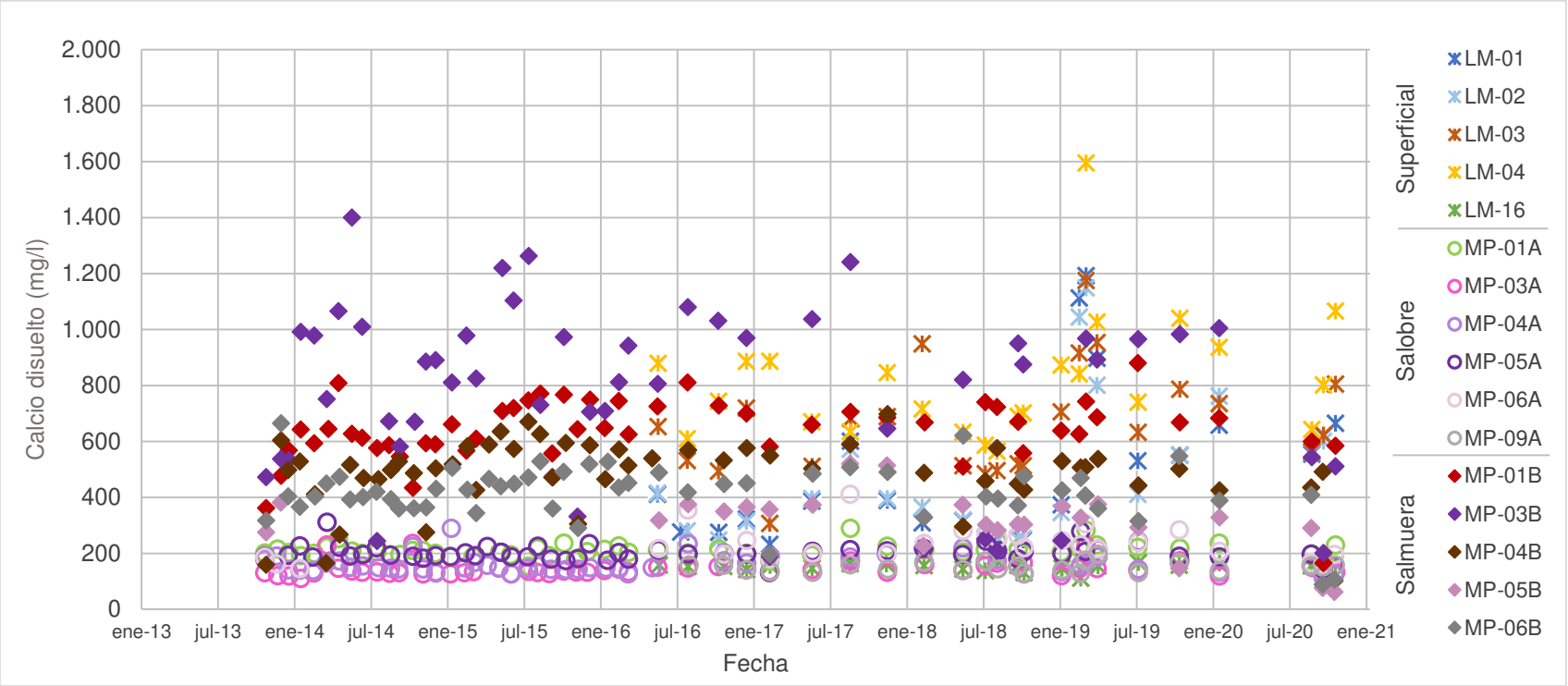
Figura 5-104 Variación Temporal: SO_4 en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	52	53	53	54	27	23	53	53	53	25	53
Min	1.429	1.285	2.274	3.353	393	771	231	45	803	355	343	2.480	220	6.503	3.663	3.459
P25	2.253	2.371	5.084	6.426	420	901	515	418	1.337	1.139	416	7.564	6.482	11.349	13.269	10.502
Mediana	3.270	3.183	6.454	8.121	429	978	557	459	1.621	1.605	434	8.553	8.438	12.225	16.711	14.759
P75	3.830	4.108	8.734	10.875	442	1.045	599	556	1.868	2.120	477	10.493	9.312	13.011	18.777	16.206
Max	6.153	6.265	10.990	14.348	537	1.298	850	991	5.120	2.621	753	19.005	17.697	19.148	20.686	21.740
RQ	1.577	1.737	3.650	4.449	22	144	84	138	531	981	61	2.929	2.830	1.662	5.508	5.704

Fuente: Elaboración propia

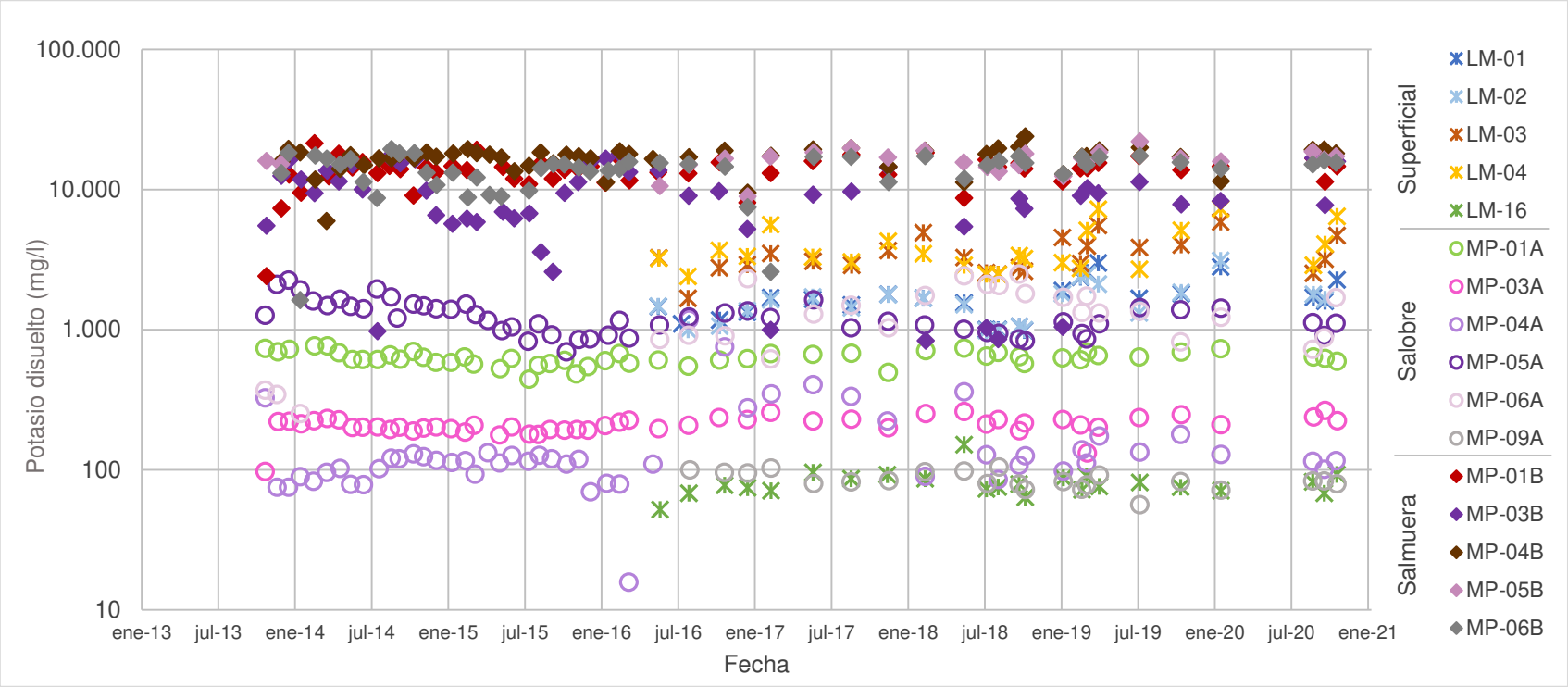
Figura 5-105 Variación Temporal: Ca disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	53	52	27	23	53	52	54	26	54
Min	233	177	307	565	111	150	110	121	132	146	129	165	188	102	63	89
P25	276	257	513	650	145	197	131	143	188	196	138	586	540	448	289	366
Mediana	388	396	643	773	156	205	137	150	197	221	151	645	823	506	329	423
P75	616	572	773	886	161	218	149	173	213	264	159	721	982	572	374	474
Max	1.192	1.149	1.175	1.595	173	290	236	290	311	411	197	880	1.400	698	520	665
RQ	340	315	260	236	16	21	18	30	25	68	21	135	442	124	85	108

Fuente: Elaboración propia

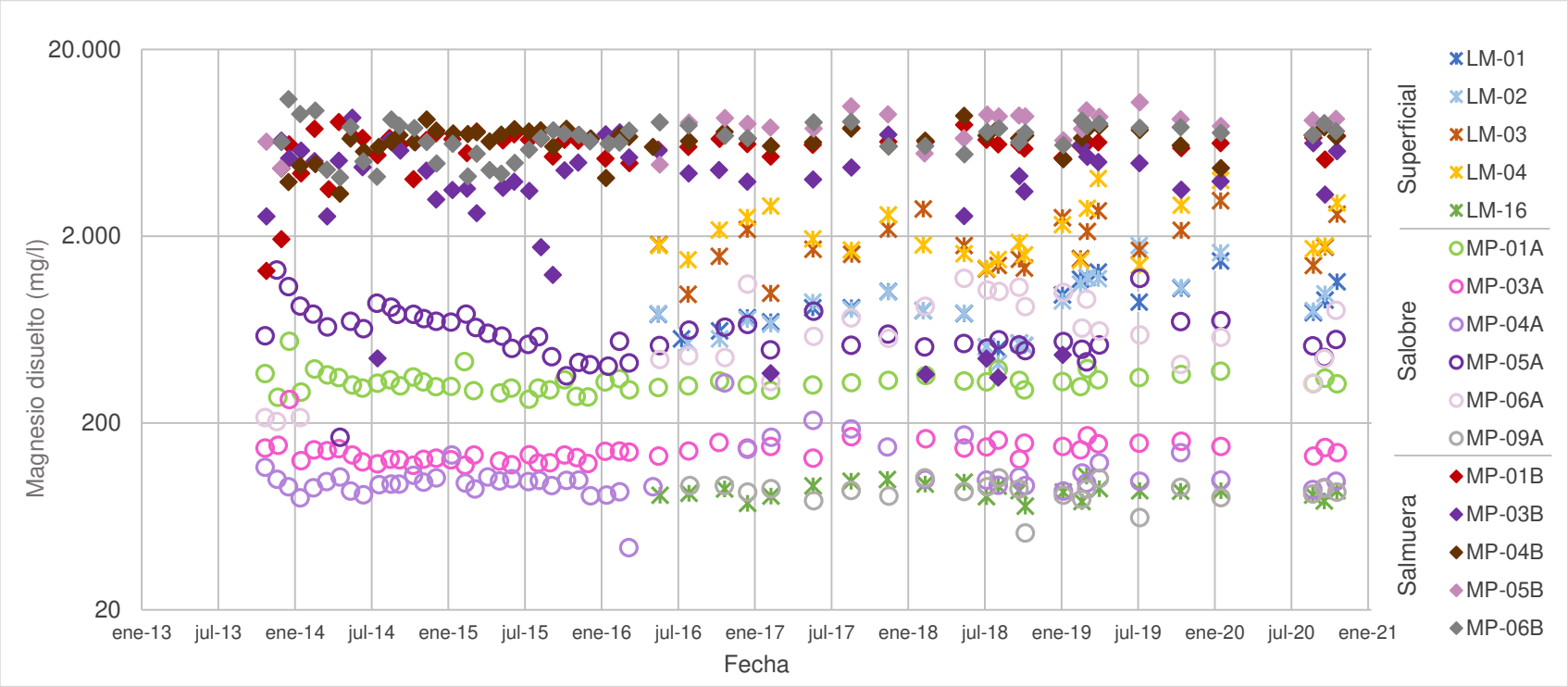
Figura 5-106 Variación Temporal: K disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	52	53	54	54	27	23	53	53	53	26	52
Min	983	986	1.671	2.405	52	443	97	16	695	252	56	2.417	834	5.968	8.956	1.630
P25	1.209	1.060	2.772	2.888	71	588	195	95	955	850	79	12.211	6.035	15.634	15.033	12.371
Mediana	1.661	1.638	3.220	3.317	77	628	208	116	1.167	1.314	82	14.080	9.438	17.460	16.520	15.099
P75	1.877	1.807	4.013	4.906	87	685	228	133	1.446	1.756	96	15.495	13.488	18.863	18.140	16.594
Max	2.990	3.128	5.876	7.320	151	766	266	1.180	2.255	2.489	105	21.459	18.035	24.000	22.020	19.400
RQ	668	747	1.241	2.018	16	97	33	38	491	906	17	3.284	7.453	3.229	3.107	4.223

Fuente: Elaboración propia

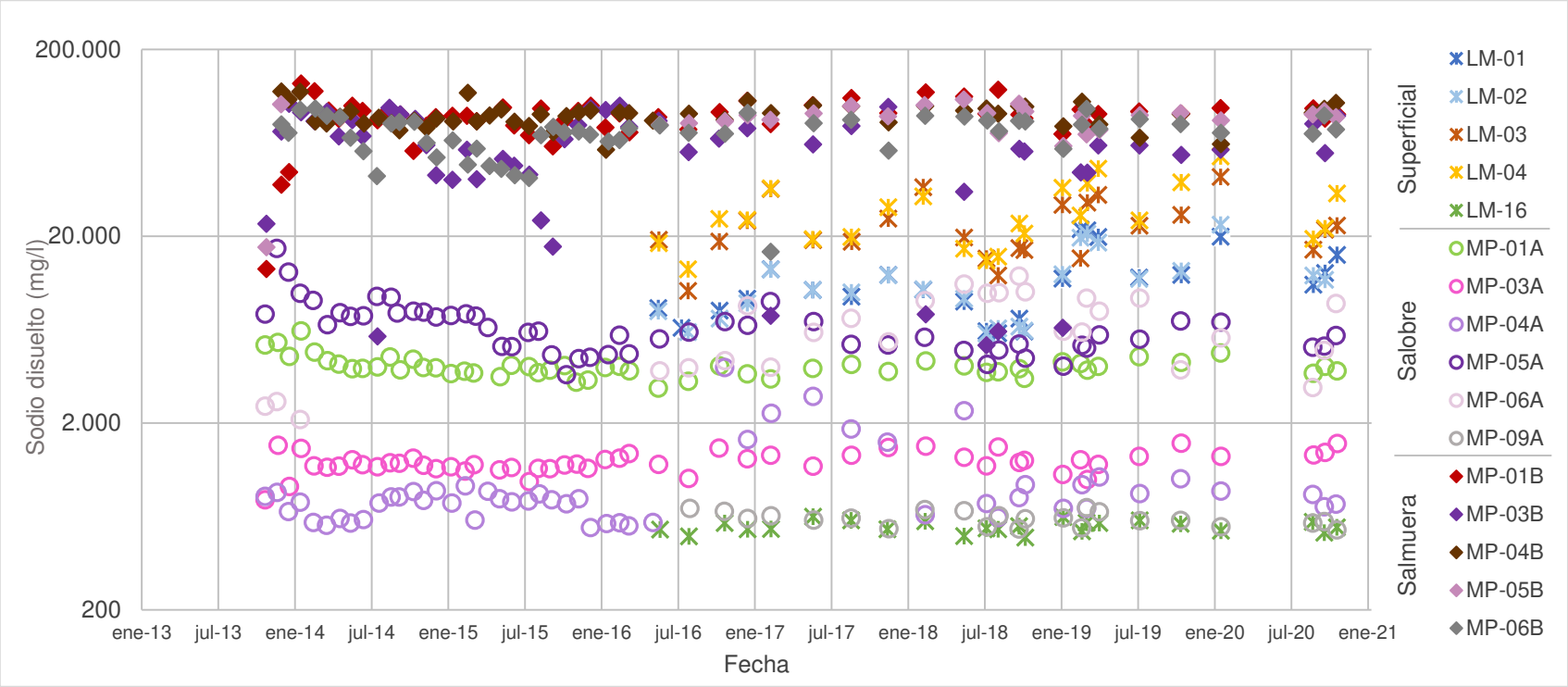
Figura 5-107 Variación Temporal: Mg disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	52	53	54	27	23	52	53	52	26	52
Min	499	417	977	1.351	72	269	119	43	168	204	52	1.305	351	3.376	4.620	4.127
P25	641	565	1.424	1.595	82	308	128	91	504	438	81	5.628	3.246	6.066	7.298	6.065
Mediana	813	802	1.729	1.827	87	329	141	98	582	593	87	6.357	4.500	6.764	8.231	6.963
P75	1.043	1.069	2.179	2.771	92	350	150	104	704	922	91	6.708	5.728	7.275	8.807	7.756
Max	1.476	1.783	3.108	4.069	104	549	267	329	1.318	1.189	102	8.167	8.628	8.828	10.430	10.822
RQ	402	504	755	1.176	10	42	22	13	200	484	10	1.080	2.482	1.209	1.509	1.691

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-108 Variación Temporal: Na disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava

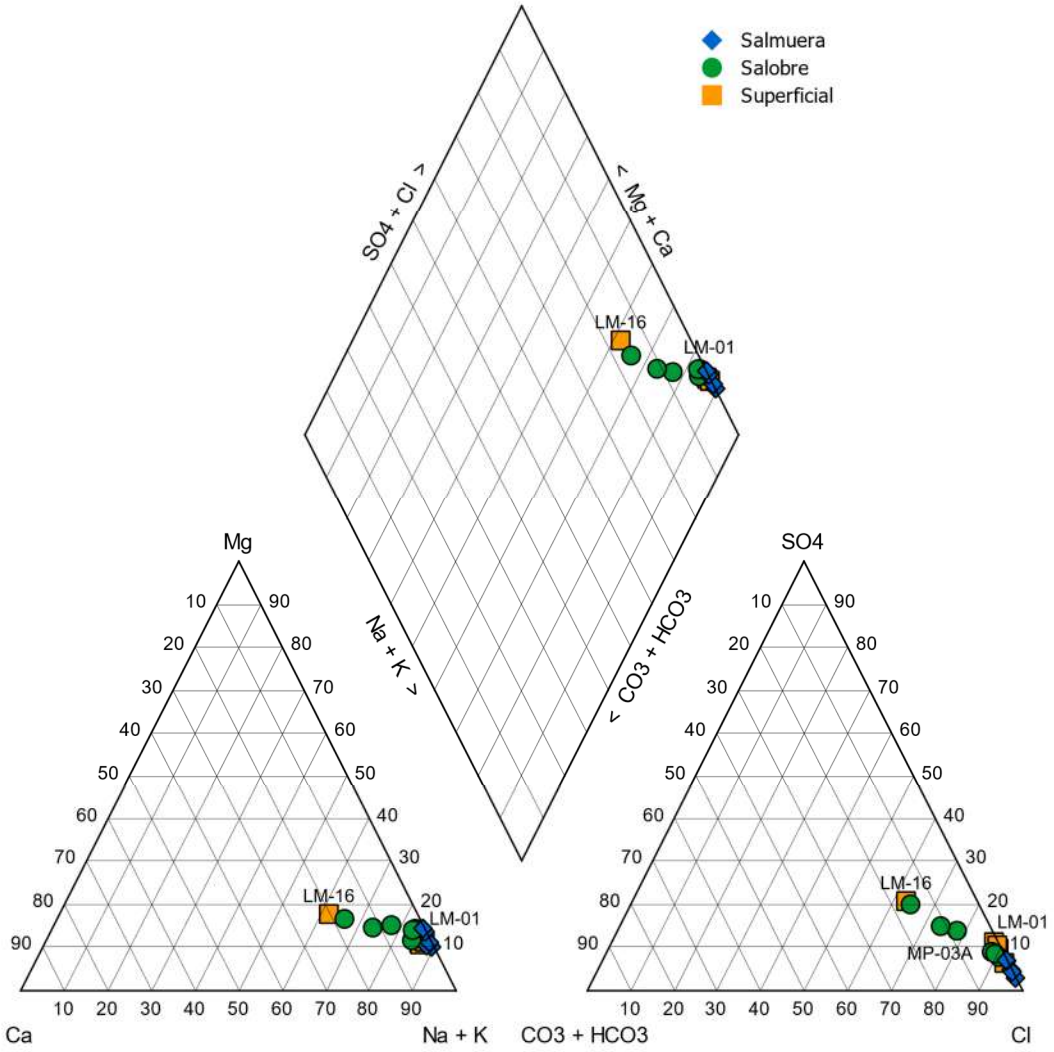


	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	53	54	27	23	53	53	53	26	53
Min	6.062	6.027	10.184	13.351	488	3.076	777	552	3.639	2.089	537	13.356	5.226	58.099	17.470	16.500
P25	8.066	7.248	17.010	19.305	533	3.753	1.159	660	5.128	3.953	558	79.114	42.622	81.677	80.285	63.788
Mediana	10.695	10.400	20.699	24.415	550	3.970	1.208	776	6.134	6.142	616	89.800	61.240	90.150	88.676	73.100
P75	13.163	13.050	28.616	35.578	591	4.201	1.335	868	7.556	9.336	669	96.580	82.741	96.225	93.217	82.597
Max	21.840	23.090	41.645	53.600	632	6.238	1.558	3.968	17.237	12.240	707	131.663	102.373	119.141	108.100	96.488
RQ	5.097	5.802	11.606	16.273	58	448	176	208	2.428	5.383	111	17.466	40.119	14.548	12.932	18.809

Fuente: Elaboración propia

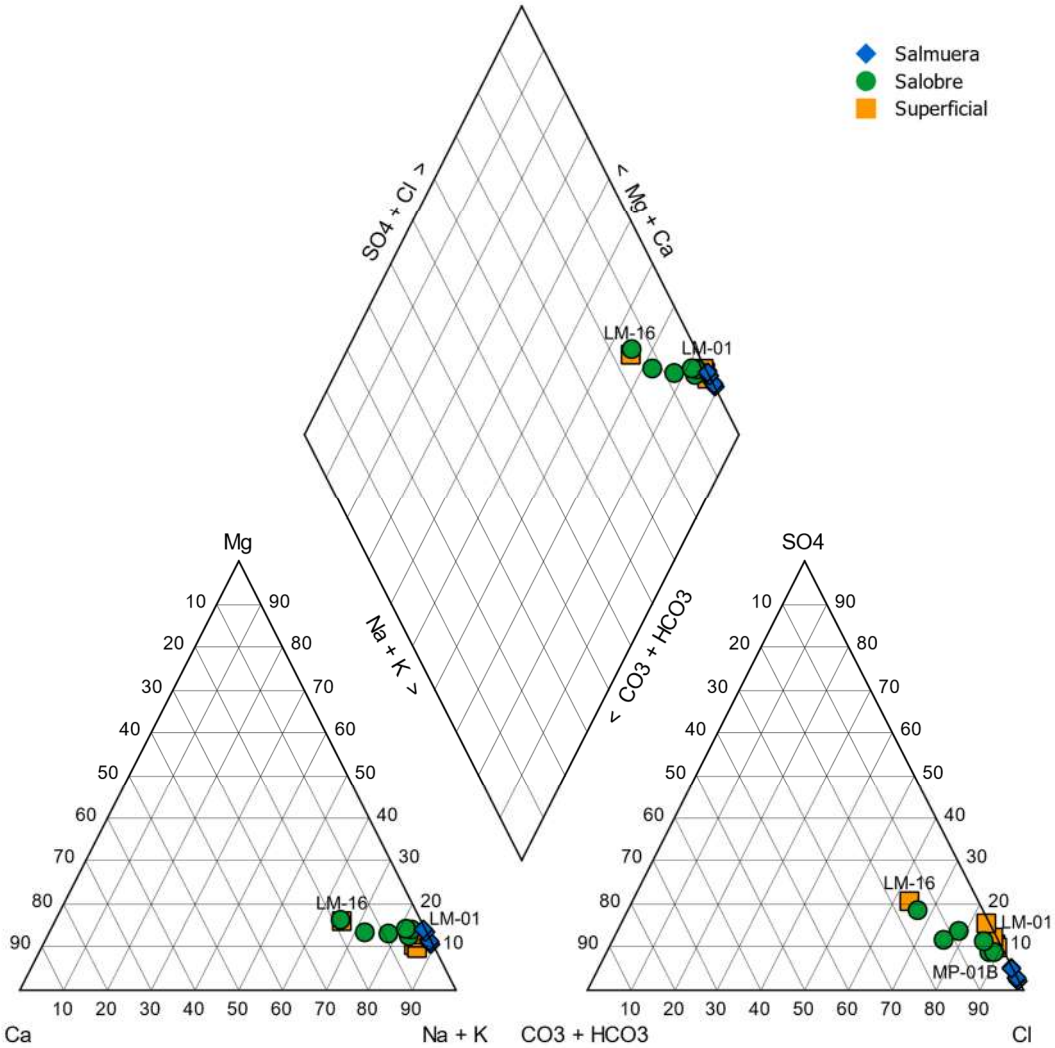
Desde la Figura 5-109 a la Figura 5-112, se presentan Diagramas de Piper con las composiciones de las aguas, para las campañas de enero, agosto, septiembre y octubre de 2020, respectivamente. Se puede observar que todas las muestras y todas las aguas son del tipo cloruradas sódicas, misma clasificación otorgada históricamente, y la variación de los contenidos porcentuales de los elementos mayores entre una campaña y otra no ha sido significativa.

Figura 5-109 Diagrama de Piper, campaña enero 2020, Sector LP-LB



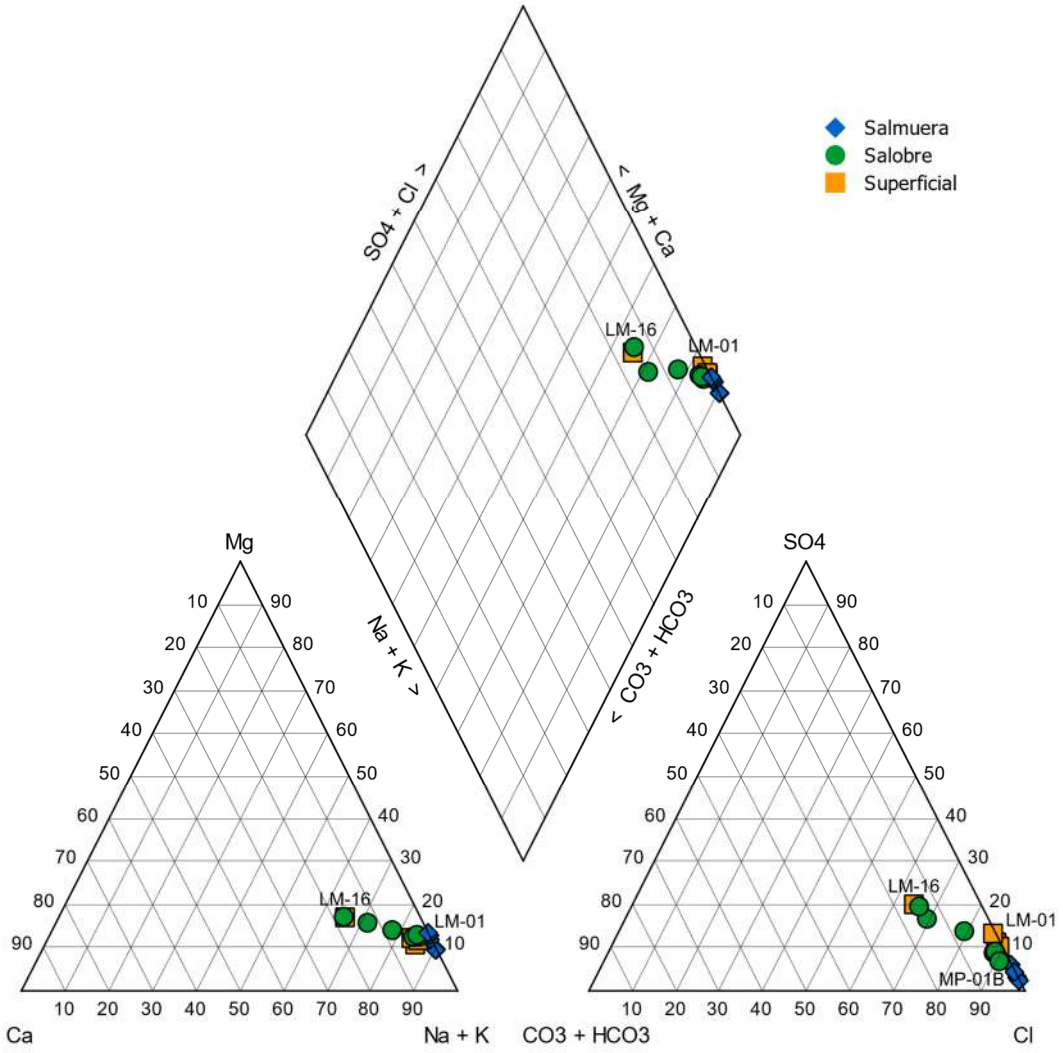
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-110 Diagrama de Piper, campaña agosto 2020, Sector LP-LB



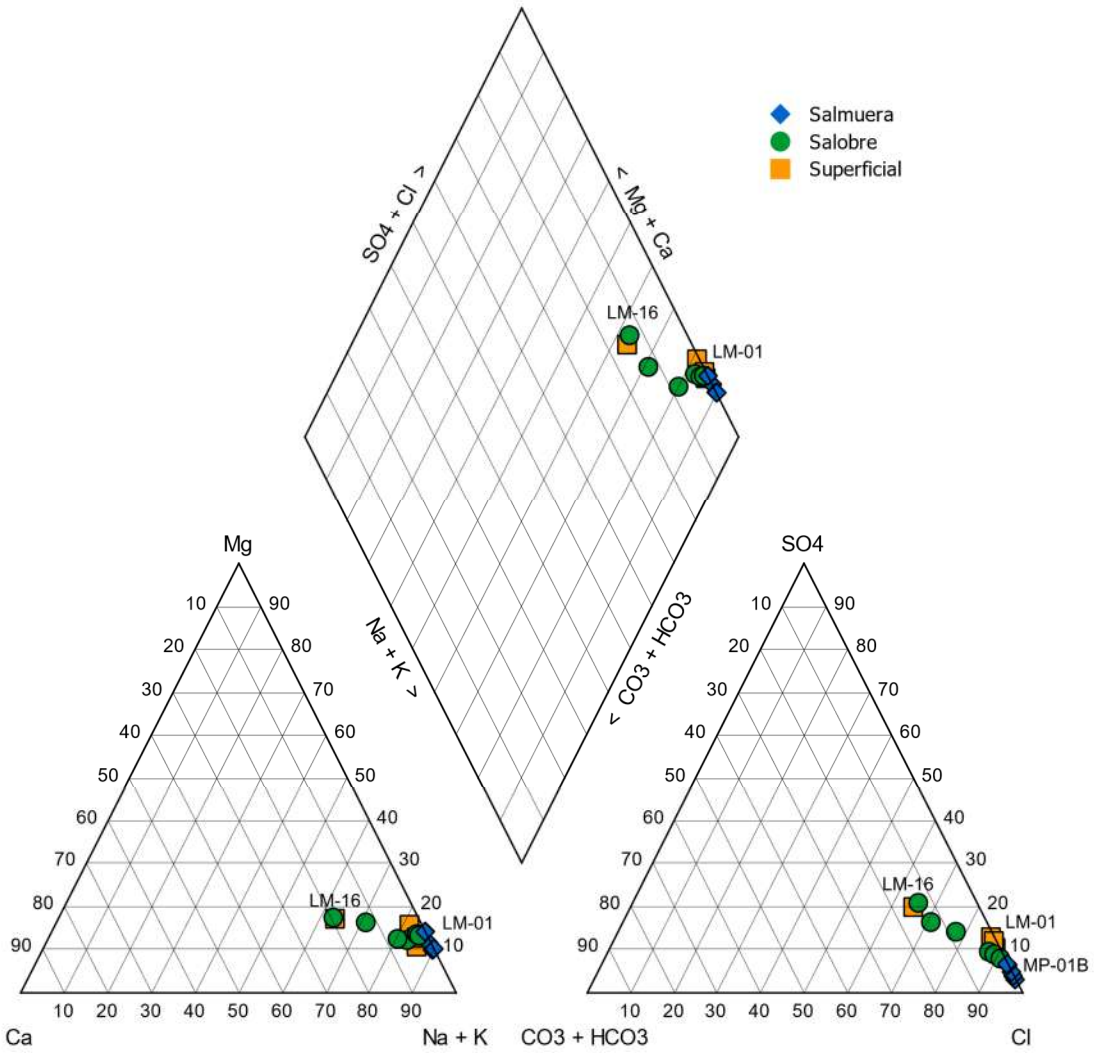
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-111 Diagrama de Piper, campaña septiembre 2020, Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-112 Diagrama de Piper, campaña octubre 2020, Sector LP-LB



Fuente: Elaboración propia

Elementos Mayoritarios Totales

Los elementos mayoritarios totales analizados corresponden a calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K), y en la Figura 5-113 a Figura 5-116 se presenta la evolución en el periodo 2013 - 2020 y los estadígrafos de la serie. La tendencia temporal de estos parámetros, 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 salobres y las de mayores concentraciones para las aguas profundas (salmuera). En 2020 estos valores se encuentran entre sus rangos históricos de variabilidad.

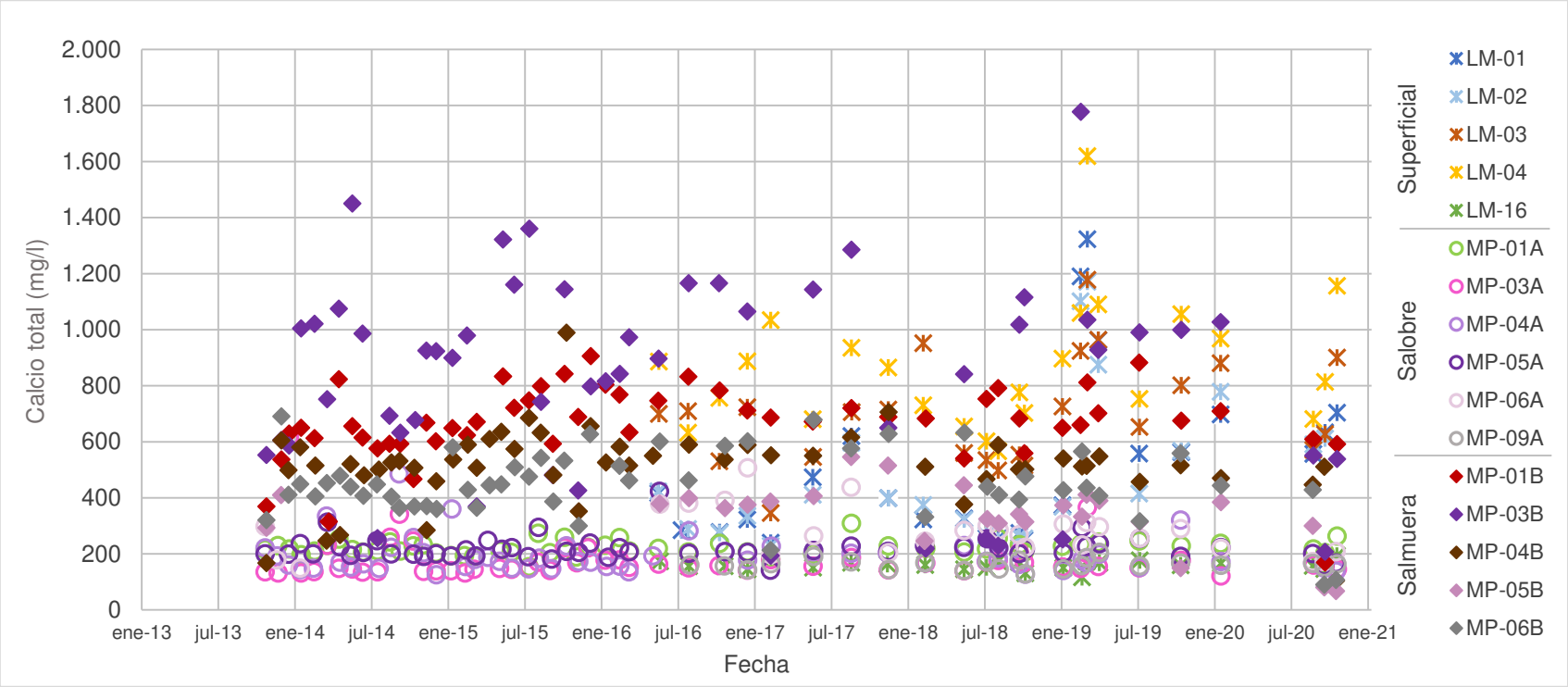
En el caso del calcio total, se tiene que las menores concentraciones se registran para aguas salobres, con medianas que van desde 153 mg/l (MP-03A) hasta 268 mg/l (MP-06A). Las aguas superficiales y la salmuera se encuentran en un rango general similar, con valores de mediana que van desde 399 mg/l (LM-02) a 840 mg/l (LM-04) para las lagunas y desde 368 mg/l (MP-05B) a 900 mg/l (MP-09B) para las salmueras. El punto LM-16 presenta una mediana de 160 mg/l. En 2020 los valores de calcio total se mantienen dentro del rango histórico, salvo en MP-06B, donde en el segundo semestre se advierte una disminución en las concentraciones. En MP-03B también ocurre esta disminución en calcio, aunque dentro de los rangos definidos históricamente.

Para el caso del potasio total, las menores concentraciones se presentan en las aguas salobres, con medianas entre 120 mg/l (MP-04A) a 1.365 (MP-06A), luego le siguen las aguas superficiales, con medianas entre 1.679 mg/l (LM-02) y 3.569 mg/l (LM-04), y con la mayor concentración de potasio total se encuentra la salmuera, alcanzando medianas de hasta 18.200 mg/l (MP-04B). En LM-16 se logra un máximo de 171 mg/l.

Para el magnesio total, las menores concentraciones las tienen los pozos someros (aguas salobres), con valores mínimos de mediana de 104 mg/l (MP-09A) y máximos de mediana de 612 mg/l en MP-05A. En cambio, las mayores concentraciones se presentan en los pozos profundos (salmuera), llegando a registrar una mediana de 8.643 mg/l para el pozo MP-05B. En el caso de las aguas superficiales, estas muestran un rango de medianas entre 841 mg/l (LM-01) y de 2.030 mg/l (LM-04), mientras que en LM-16 la mediana es de 93 mg/l.

Para el caso del sodio total las concentraciones menores se presentan en los pozos someros (aguas salobres), con un valor mínimo de mediana 663 mg/l (MP-09A) y máximas de mediana de 6.737 mg/l en MP-06A. Los valores más altos se registran en los pozos que monitorean la salmuera, con valor máximo de mediana de 94.098 mg/l en MP-04B. En el caso de las aguas superficiales, la mediana se encuentra en torno a 11.000 mg/l para LM-01 y LM-02, y en torno a 23.000 mg/l para LM-03 y LM-04. El punto LM-16 presenta mediana de 590 mg/l, lo que se justifica por su ubicación espacial.

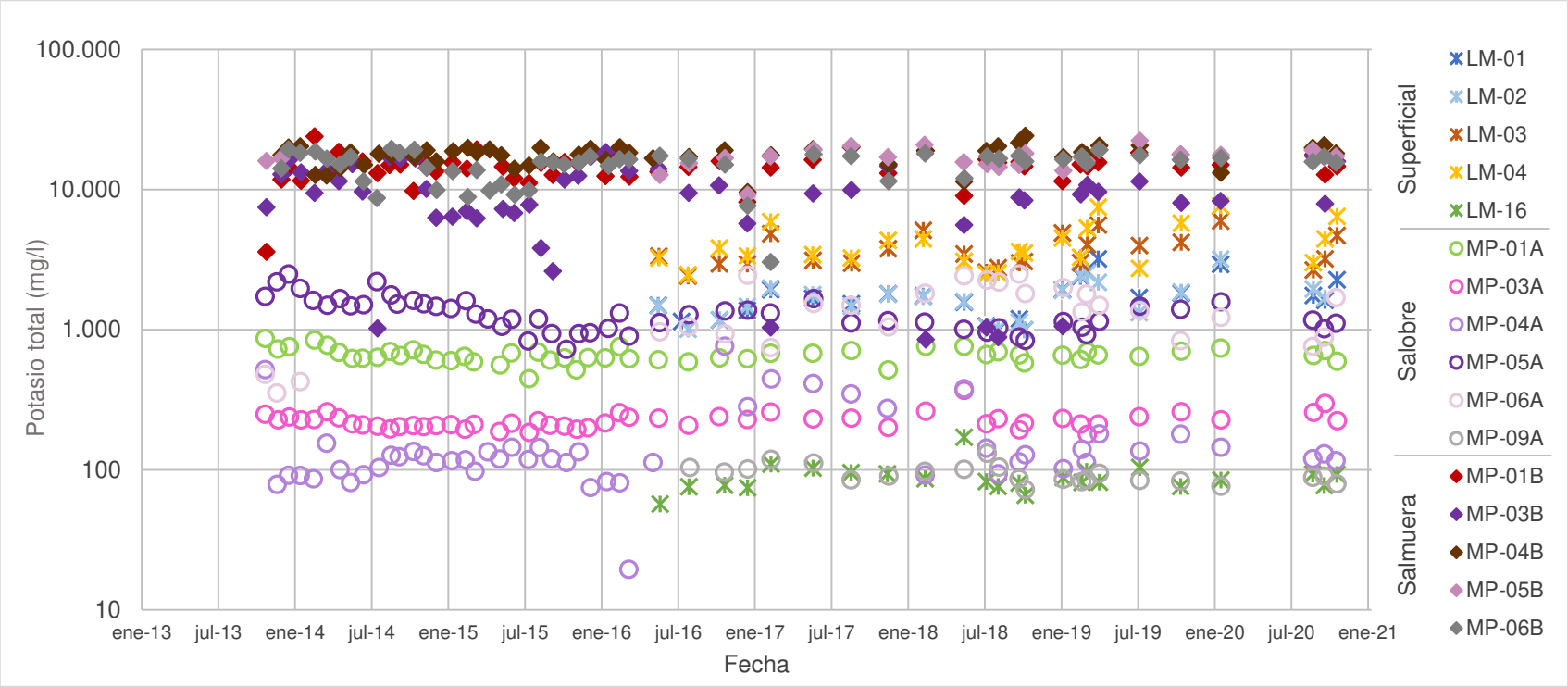
Figura 5-113 Variación Temporal: Ca total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	52	53	54	52	27	23	53	53	54	26	53
Min	240	229	346	566	116	154	122	126	142	149	129	170	194	104	68	90
P25	280	275	548	687	150	206	142	153	199	208	146	606	570	482	307	391
Mediana	408	399	703	840	160	217	153	174	209	268	161	672	900	518	368	444
P75	631	597	861	1.018	173	234	178	205	228	306	172	751	1.050	584	401	537
Max	1.323	1.171	1.178	1.620	194	309	615	486	424	508	205	906	1.778	989	546	691
RQ	351	322	313	331	23	28	36	52	29	98	26	145	480	102	94	146

Fuente: Elaboración propia

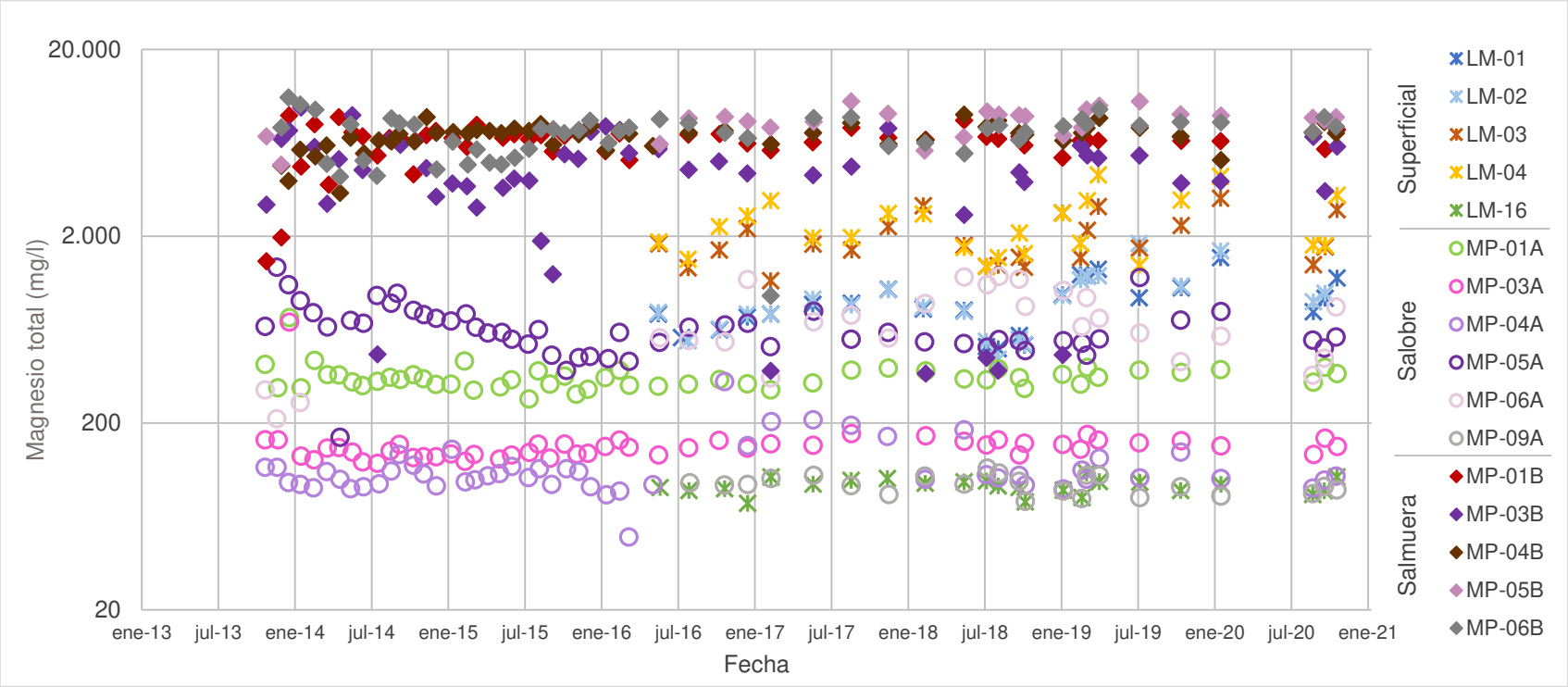
Figura 5-114 Variación Temporal: K total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	52	53	53	54	27	23	53	53	52	26	53
Min	998	1.005	2.413	2.472	57	447	179	20	727	353	72	3.592	851	9.619	9.195	3.032
P25	1.239	1.178	2.963	3.122	76	614	206	99	1.030	885	84	12.915	6.606	16.411	15.358	13.650
Mediana	1.687	1.679	3.277	3.569	84	655	216	120	1.238	1.365	90	14.670	9.483	18.200	16.875	15.890
P75	1.930	1.954	4.586	5.115	95	701	236	144	1.523	1.818	101	15.799	13.640	19.816	18.388	17.313
Max	3.205	3.179	5.966	7.680	171	868	369	765	2.493	2.497	131	23.978	19.253	24.200	22.400	19.500
RQ	691	776	1.623	1.993	19	87	30	45	493	933	17	2.884	7.034	3.405	3.030	3.663

Fuente: Elaboración propia

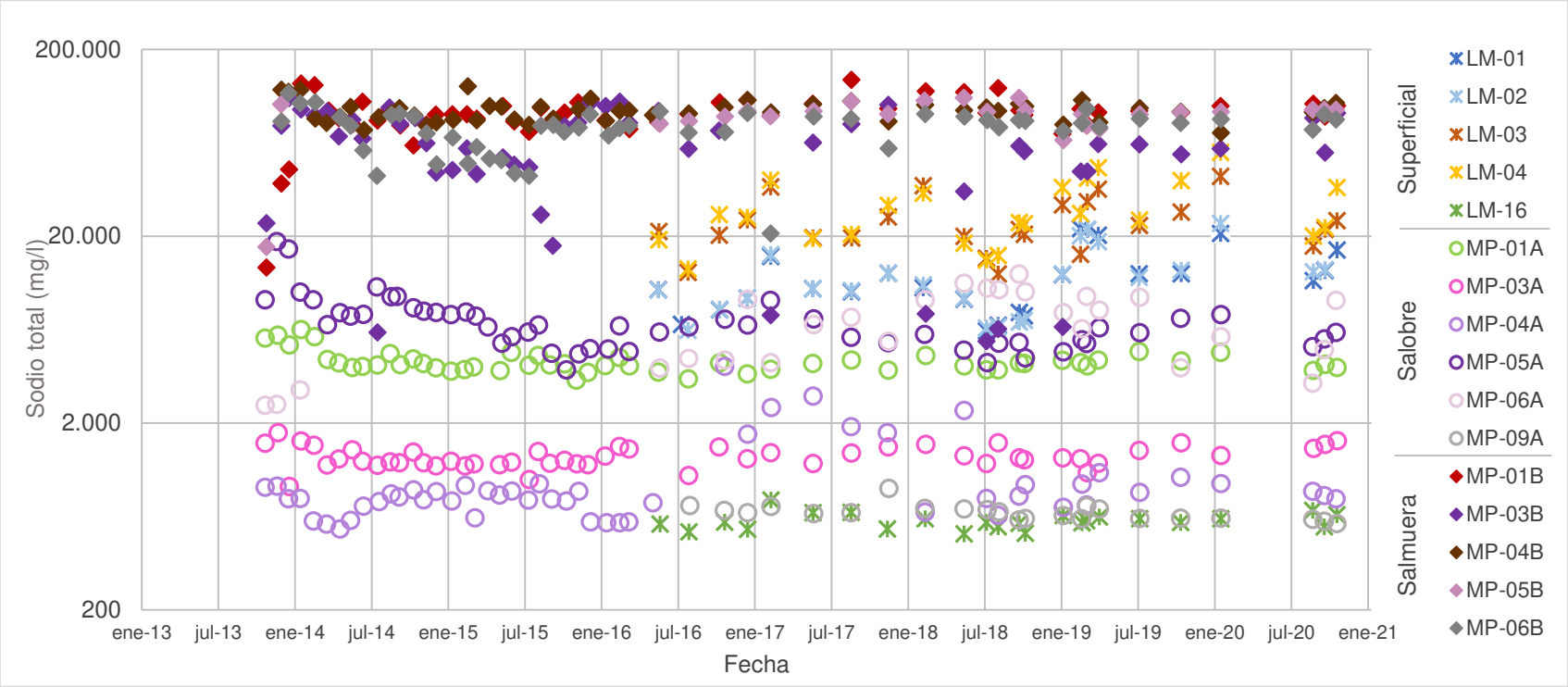
Figura 5-115 Variación Temporal: Mg total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	52	53	54	27	23	52	53	52	26	52
Min	501	440	1.158	1.383	74	269	122	49	168	211	76	1.469	369	3.409	4.829	961
P25	658	639	1.439	1.754	87	323	135	94	533	446	84	6.027	3.375	6.286	7.464	5.921
Mediana	841	854	1.774	2.030	93	345	148	104	612	656	93	6.695	4.545	7.112	8.643	7.501
P75	1.056	1.082	2.275	2.990	98	380	159	117	736	942	104	7.088	6.084	7.392	9.015	8.126
Max	1.536	1.832	3.189	4.267	108	736	694	333	1.364	1.222	115	8.867	9.779	8.948	10.534	11.072
RQ	398	443	836	1.236	11	57	24	23	203	496	20	1.061	2.709	1.106	1.551	2.205

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-116 Variación Temporal: Na total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	52	53	54	27	23	53	53	52	26	52
Min	6.227	6.276	12.570	13.367	510	3.399	916	542	3.856	2.492	580	13.631	5.486	71.450	17.559	20.700
P25	8.377	8.127	19.602	19.578	557	3.921	1.215	724	5.358	4.209	617	82.510	44.460	84.552	81.908	69.760
Mediana	11.085	11.000	21.747	24.876	590	4.125	1.291	813	6.538	6.737	663	91.900	62.300	94.098	92.475	78.600
P75	14.970	13.260	28.861	36.525	636	4.396	1.462	933	7.817	9.440	693	102.425	85.915	99.521	95.075	87.503
Max	22.000	23.375	41.805	56.200	775	6.332	1.779	4.029	18.759	12.540	895	137.600	110.068	127.000	110.211	116.654
RQ	6.593	5.133	9.259	16.947	79	475	247	209	2.459	5.231	76	19.915	41.455	14.969	13.167	17.743

Fuente: Elaboración propia

Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Dentro de los elementos comúnmente denominados como minoritarios, se encuentran boro (B), litio (Li) y estroncio (Sr), los cuales están comprometidos a ser medidos tanto en su fracción disuelta como total. Los resultados analíticos de las fracciones disueltas se muestran en forma gráfica en la Figura 5-117, Figura 5-118 y Figura 5-119, respectivamente, junto a las tablas con datos estadísticos básicos.

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 (pozos someros) como en la salmuera (pozos profundos), contenidos considerables de boro y litio. En el caso del comportamiento de la concentración boro, litio y estroncio disueltos en el 2020, estos se mantienen dentro de los rangos históricos.

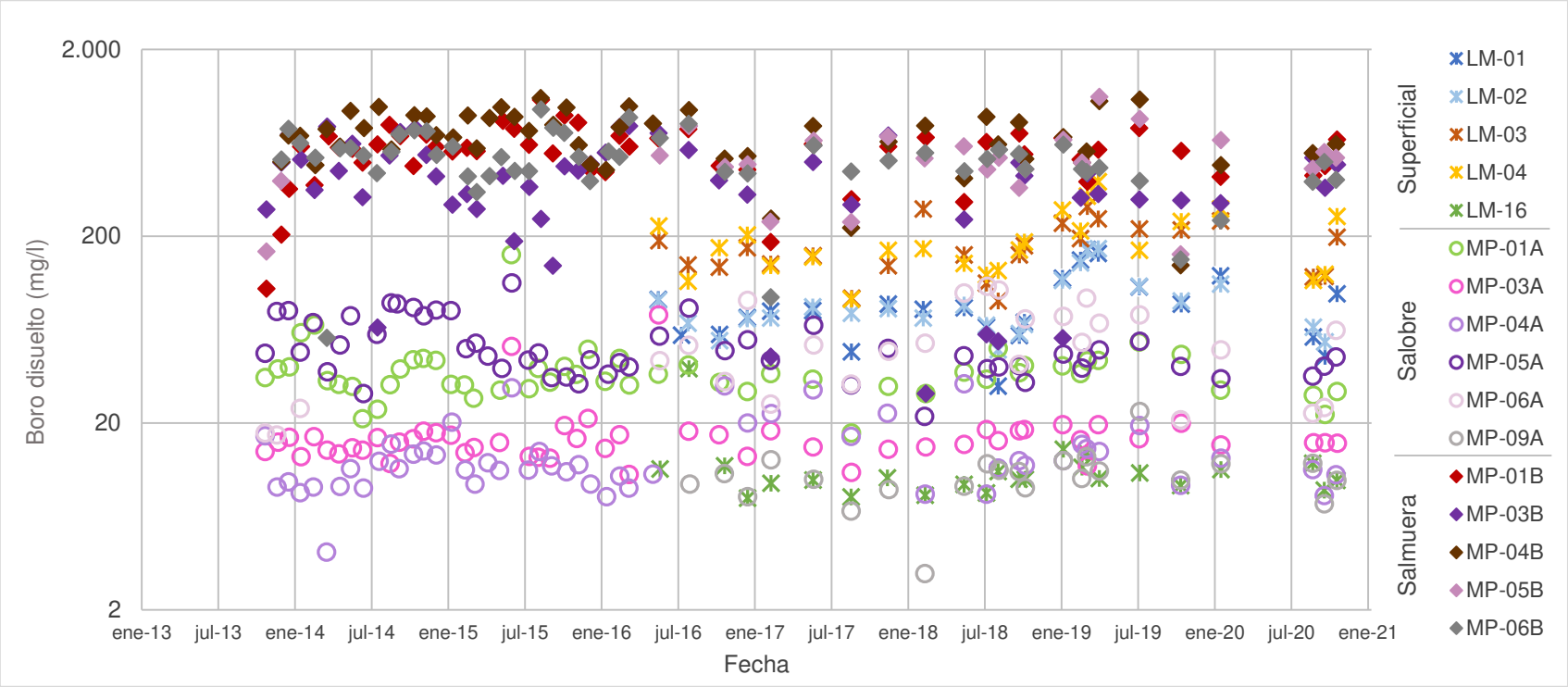
Para el boro disuelto se aprecia que los pozos profundos (salmuera) muestran una gran variabilidad histórica de los registros, presentando un rango dado por un P25 mínimo de 295 mg/l (MP-03B) y un P75 máximo de 871 mg/l (MP-04B). Las lagunas (aguas superficiales) presentan rangos intermedios, siendo marcada la diferencia entre los puntos LM-01 y LM-02, con valores que se mueven entre 59 mg/l (P25 de LM-01) y 108 mg/l (P75 de LM-02), y los puntos LM-03 y LM-04, con rangos un poco más altos, entre 133 mg/l (P25 de LM-04) y 237 mg/l (P75 de LM-04). El punto LM-16, destaca con valores más bajos que los anteriores debido a su ubicación (en el 2020 los valores se mantienen en relación con años anteriores).

En el caso del litio disuelto, las concentraciones son altas para los pozos profundos (salmuera) comparado con las concentraciones menores en los pozos someros (agua salobre) y lagunas. Respecto a las concentraciones para los pozos profundos, el rango de valores característicos es bastante amplio, el que varía entre 344 mg/l (P25 en MP-03B) y 1.490 mg/l (P75 en MP-04B). Las lagunas y pozos someros en cambio presentan concentraciones menores. Los pozos someros no superan los 195 mg/l (MP-06A) en toda la serie registrada y presentan un valor mínimo con un mínimo de 1 mg/l en MP-04A, quitando *outliers*. 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 puntos es de 109 mg/l y de los 2 últimos puntos es del orden de 215 mg/l. Para el LM-16 las concentraciones son bajas, de 3 mg/l a 8 mg/l.

Para el estroncio disuelto, lo observado de las series histórica es un poco distinto, ya que los pozos someros y profundos registran valores y similares, con medianas entre 1,3 y 5,9 mg/l, salvo en MP-01B y MP-03B, los cuales presentan valores más altos que las demás series, con medianas de 14 y 25 mg/l, respectivamente. Para las lagunas, los valores tienden a ser un poco mayores a la de las

aguas salobres, con medianas entre 7 mg/l y 10 mg/l. LM-16, ubicado en la zona de Tilopozo, presenta una mediana de 1,4 mg/l.

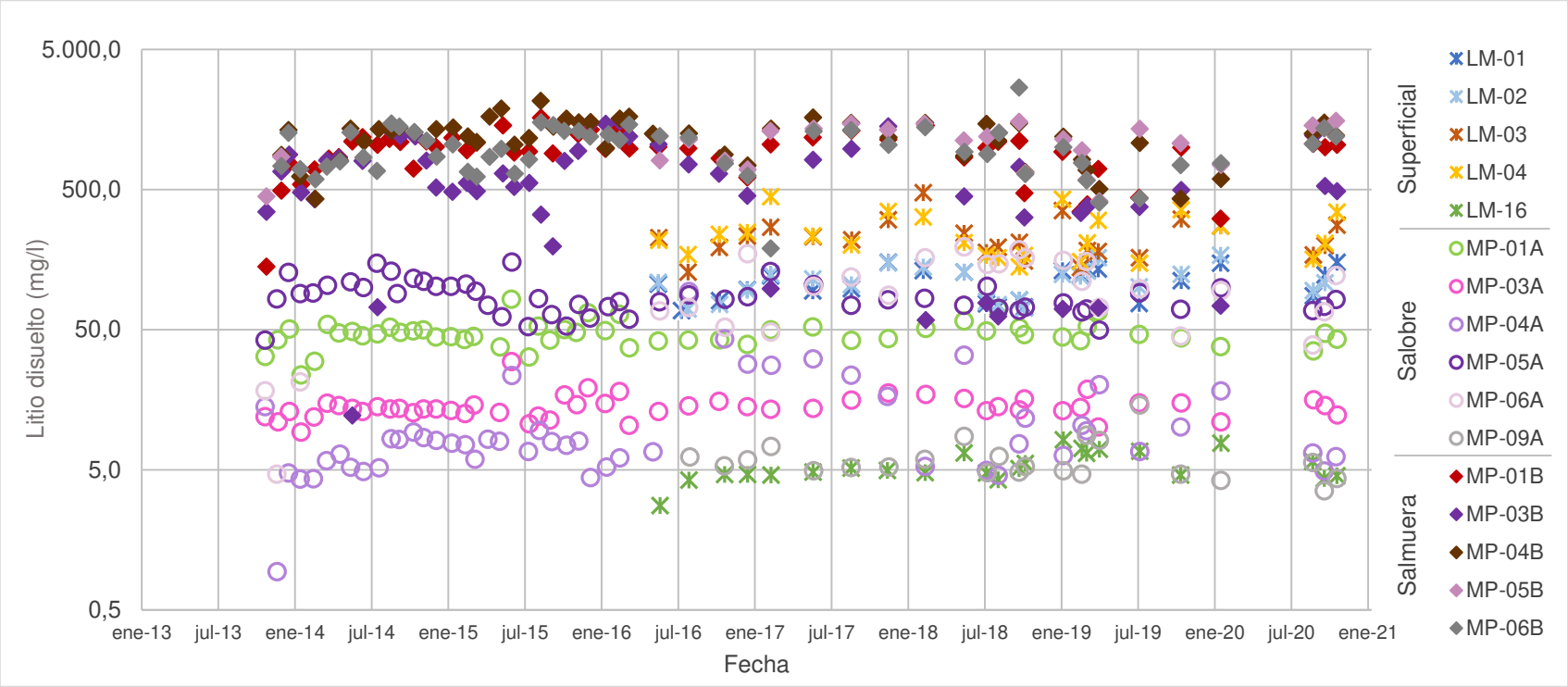
Figura 5-117 Variación Temporal: B disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	53	54	27	23	52	53	53	26	53
Min	32	49	90	92	8	18	11	4	22	17	3	105	29	140	160	57
P25	59	67	137	133	9	32	14	9	39	25	9	459	295	531	437	439
Mediana	81	78	166	171	10	36	16	12	46	52	10	597	419	692	510	526
P75	105	108	218	237	12	42	18	15	61	75	12	684	534	871	651	608
Max	170	172	288	392	39	160	76	33	112	108	23	1.076	778	1.097	1.113	954
RQ	46	41	81	104	3	10	4	6	22	50	3	225	239	340	214	169

Fuente: Elaboración propia

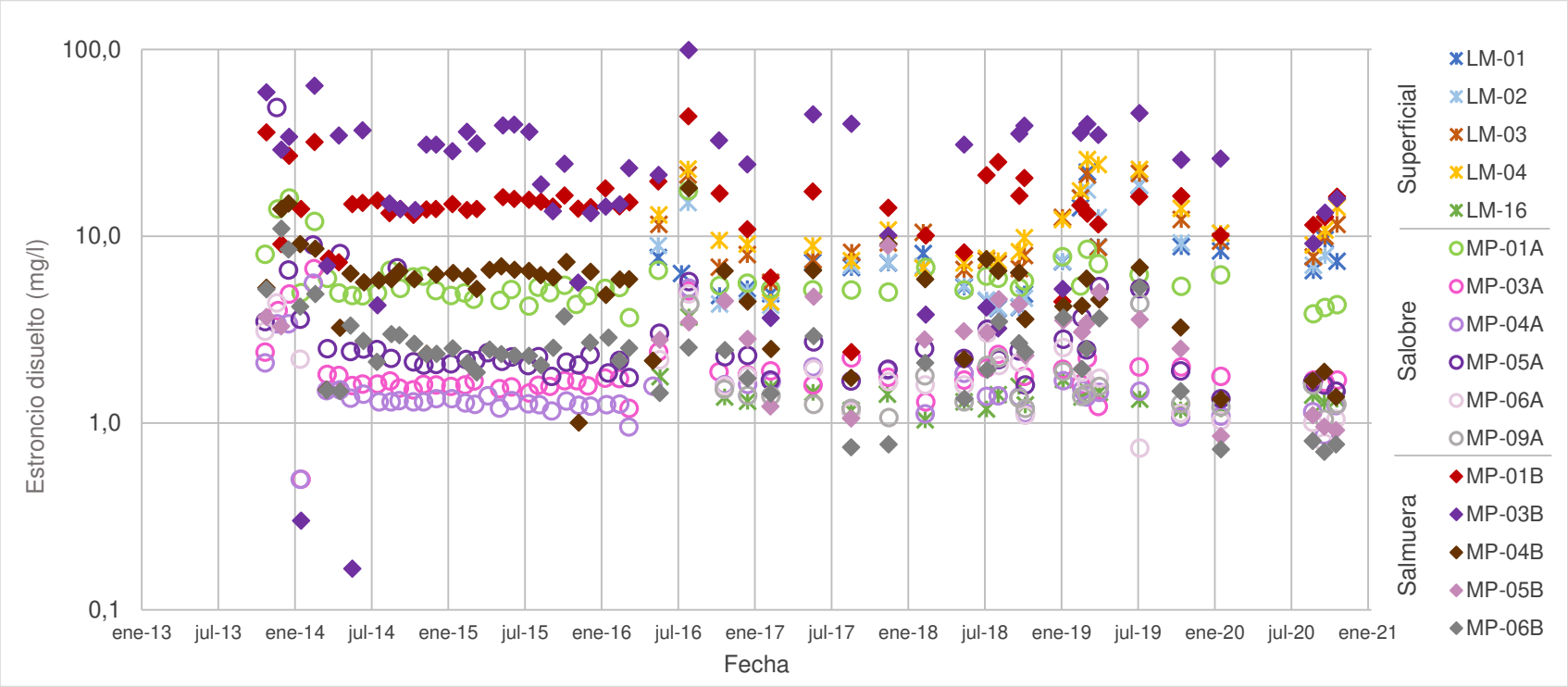
Figura 5-118 Variación Temporal: Li disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	53	53	27	23	53	53	51	26	53
Min	68	70	129	140	3	24	9	1	42	5	4	141	12	429	414	190
P25	81	81	179	169	5	42	13	6	71	52	5	802	344	888	791	733
Mediana	109	109	215	213	5	46	14	8	82	98	5	1.000	529	1.252	1.141	1.005
P75	132	129	274	315	7	51	15	11	102	153	6	1.127	865	1.490	1.364	1.285
Max	151	170	475	446	8	82	30	94	152	195	15	1.626	1.530	2.143	1.548	2.684
RQ	51	48	95	146	2	9	2	5	31	101	1	325	521	602	573	552

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-119 Variación Temporal: Sr disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	54	54	27	23	53	53	54	26	53
Min	4,12	4,15	5,66	4,44	1,04	3,67	0,00	0,50	1,35	0,74	1,05	2,40	0,17	1,00	0,85	0,70
P25	5,01	4,66	7,45	7,79	1,26	4,98	1,59	1,25	2,04	1,13	1,26	12,85	13,35	3,51	2,03	1,80
Mediana	7,23	7,24	8,96	10,12	1,38	5,30	1,69	1,34	2,26	1,67	1,40	14,48	25,70	5,90	3,09	2,40
P75	8,66	10,40	12,13	14,25	1,48	6,18	1,92	1,53	2,87	2,18	1,79	16,45	35,98	6,55	3,86	2,94
Max	22,10	18,80	21,70	25,80	3,70	17,53	6,70	5,60	49,00	4,90	4,36	43,93	99,32	18,15	8,90	11,00
RQ	3,65	5,74	4,68	6,46	0,22	1,20	0,33	0,28	0,83	1,05	0,53	3,60	22,63	3,04	1,83	1,14

Fuente: Elaboración propia

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 5-120 a Figura 5-126 se presentan los gráficos de variación temporal de la serie de datos de cada parámetro, junto con la tabla de estadísticos de dicha serie. Respecto del comportamiento temporal de estos parámetros en 2020, en general, la mayoría de ellos se mantiene dentro de su variación natural.

Para el aluminio total, las concentraciones registradas más altas se presentan en los pozos someros (salobre), destacando el pozo MP-06A con las mayores concentraciones, y algunos pozos profundos (salmueras) con valores puntuales altos. En general, los pozos que monitorean la salmuera registran medianas con valores bajos. También los pozos de agua salobre, lo que respalda que los valores altos corresponden a situaciones puntuales y no a tendencias. La excepción la registran los pozos MP-06A y MP-06B, en ambos casos con una mediana superior al resto, lo que estaría indicando valores de altos contenidos de Al total para el acuífero (salobre) y la salmuera en esta zona, que corresponde al borde en la zona de Tucúcaro. La zona de las lagunas, en comparación con las aguas someras (salobres) en este sector, en general presentan bajos contenidos de aluminio total.

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 de mediana son 24,1 mg/l y 9,5 mg/l, respectivamente. Para el caso de las lagunas, los puntos LM-01 y LM-02 presentan medianas de concentraciones del orden de los 2,9 mg/l, menores que los puntos LM-03 y LM-04, de medianas de 6,8 mg/l y 8,1 mg/l, respectivamente. El punto LM-16 presenta una mediana de 0,43 mg/l. Respecto de 2020, se observa un comportamiento consistente con su serie histórica.

Respecto del boro total, al igual que para las concentraciones disueltas, este elemento se presenta en concentraciones elevadas en el sector, particularmente en las salmueras. De la variación temporal de los datos, se observa una alta variabilidad en las concentraciones de los pozos profundos (salmuera), con valores característicos que van desde 320 mg/l (P25 en MP-03B) a 879 mg/l (P75 en MP-04B), estando todos por sobre los valores de las aguas de los pozos someros (aguas salobres) y también de las aguas superficiales (lagunas). 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 402 mg/l, más del doble de las concentraciones máximas medidas en los primeros puntos. El punto LM-16, ubicado aguas arriba del sector lagunar en Tilopozo, presenta la mediana más baja entre las muestras superficiales con 11 mg/l.

Las aguas de las lagunas concentran más contenido de boro que las aguas someras (salobres), debido al proceso de evaporación a la que se ven expuestas. Las aguas someras (salobres) presentan medianas no superiores a 54 mg/l.

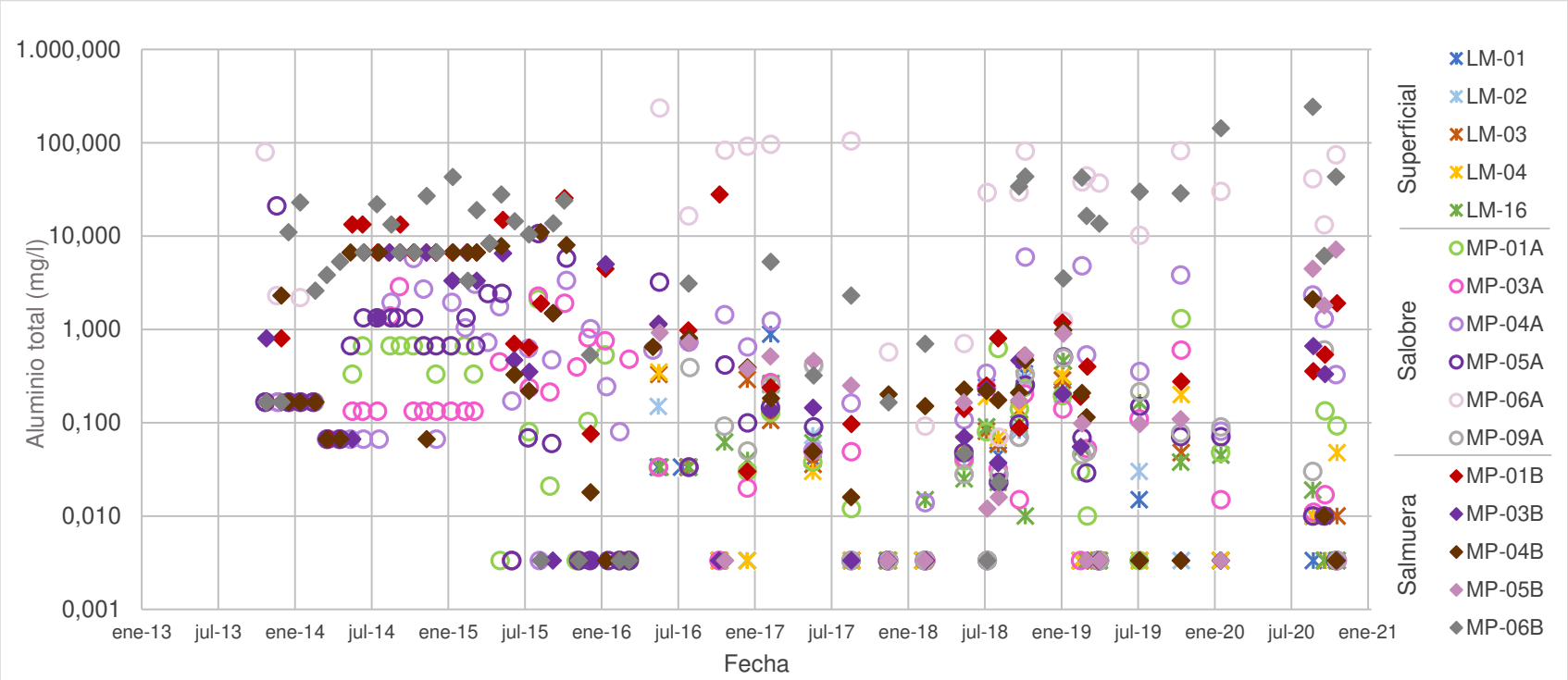
En relación a las concentraciones de hierro total de la serie registrada, el pozo profundo MP-06B, y su homólogo somero MP-06A, son los que presentan las mayores concentraciones de hierro la mayoría del tiempo, alcanzando máximos de concentración en el segundo semestre de 2020. El resto de los pozos someros y profundos muestran concentraciones más bajas y con más dispersión. Las aguas superficiales (lagunas) presentan un comportamiento general estable, con valores muy bajos de concentraciones. Cabe indicar que, en particular para el año 2020, los valores mínimos suben debido a que el límite de detección del equipo para este parámetro es más alto en comparación al de años anteriores.

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 (salmuera) los que presentan aguas con mayor concentración. El valor de las medianas de las concentraciones de litio total en salmuera varía entre 579 mg/l (MP-03B) hasta los 1.321 mg/l (MP-04B). Las aguas someras (salobres) y las aguas de las lagunas, presentan concentraciones por debajo de los contenidos de la salmuera, como evidentemente se espera para el sector en análisis. Las lagunas presentan concentraciones de litio con medianas que van desde los 116 mg/l hasta los 233 mg/l, con el primer valor característico de los puntos LM-01 y LM-02, mientras que el segundo de LM-03 y LM-04. El punto LM-16 tiene una mediana de 6 mg/l. Las aguas salobres tienen medianas desde los 8 mg/l en MP-04A, hasta los 107 mg/l en MP-06A, valores muy por debajo de los registrados para las salmueras.

En el caso del silicio total, son las aguas someras (salobres) y superficiales las que presentan los mayores contenidos de ese elemento, con valores medianas muy similares, entre 32,1 mg/l (MP-06A) y 51,5 mg/l (LM-16). En cuanto a la salmuera, los registros son similares, pero con rango de medianas menor, que van de 5,9 mg/l (MP-05B) a 17,2 mg/l (MP-06B).

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 como máximo hasta los 102,1 mg/l en MP-03B. Este parámetro muestra un comportamiento con mayor variabilidad en pozos profundos (salmuera) con medianas que van de 2,6 mg/l en MP-06B a 28,6 mg/l en MP-03B. Los pozos someros (salobres) tienen un comportamiento más acotado, con medianas entre 1,5 mg/l (MP-04A) a 5,6 mg/l (MP-01A). Las lagunas presentan un comportamiento más estable, con medianas similares que varían entre los 7,8 mg/l (LM-02) y 10,9 (LM-04). En 2020, las salmueras y aguas salobres disminuyeron sus concentraciones de estroncio total en relación a años anteriores, aunque sus valores se circunscriben dentro de los rangos históricos.

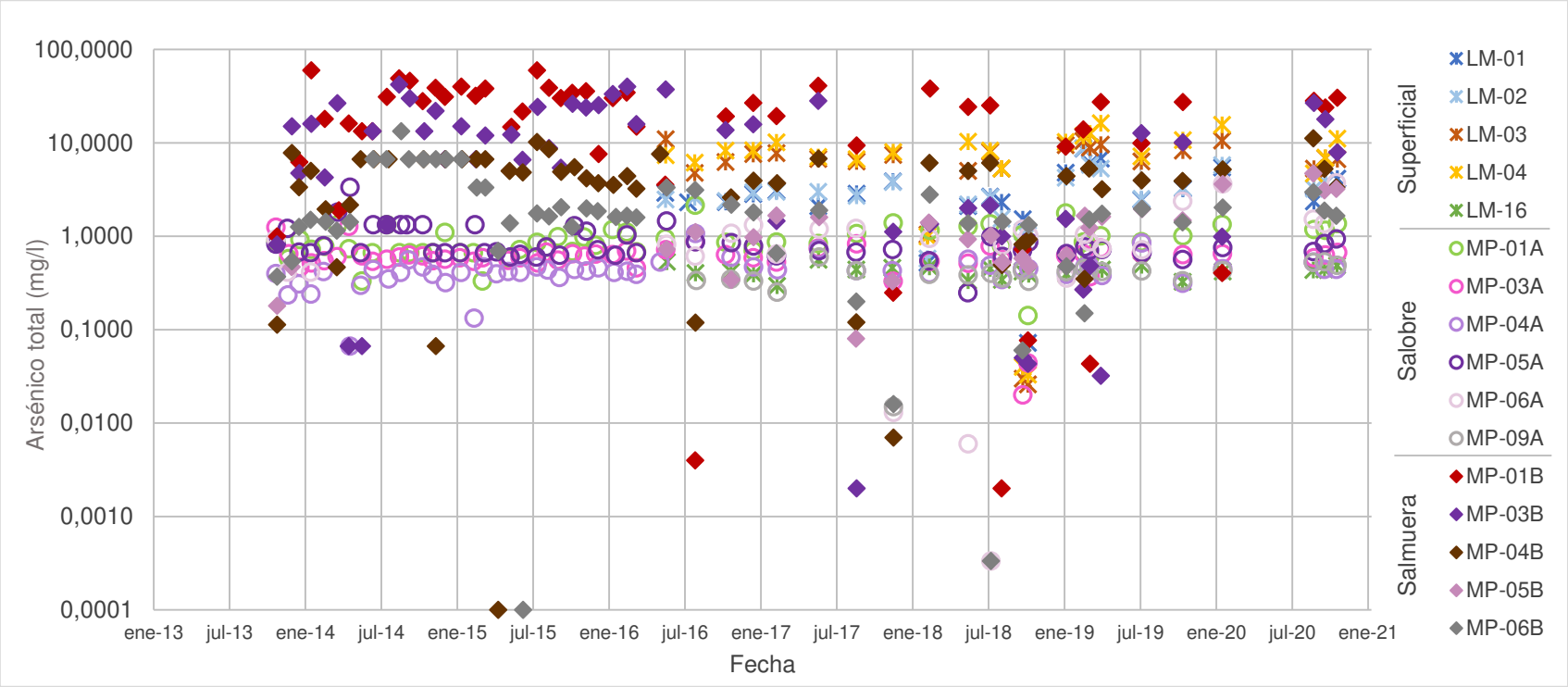
Figura 5-120 Variación Temporal: Al total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	23	23	24	23	23	52	53	53	54	27	23	53	50	52	26	49
Min	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,070	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
P25	0,003	0,003	0,003	0,003	0,010	0,014	0,026	0,067	0,010	2,200	0,003	0,082	0,003	0,026	0,010	0,617
Mediana	0,003	0,010	0,022	0,010	0,033	0,098	0,133	0,328	0,099	30,100	0,050	0,520	0,167	0,205	0,167	6,667
P75	0,045	0,084	0,100	0,190	0,062	0,333	0,225	1,265	0,667	81,700	0,250	6,667	0,740	2,253	0,578	23,571
Max	0,892	0,290	0,425	0,430	0,461	2,112	2,860	5,980	21,000	236,000	0,604	27,881	6,667	10,986	7,190	242,000
RQ	0,042	0,081	0,097	0,187	0,052	0,319	0,199	1,198	0,657	79,500	0,247	6,585	0,737	2,227	0,568	22,954

Fuente: Elaboración propia

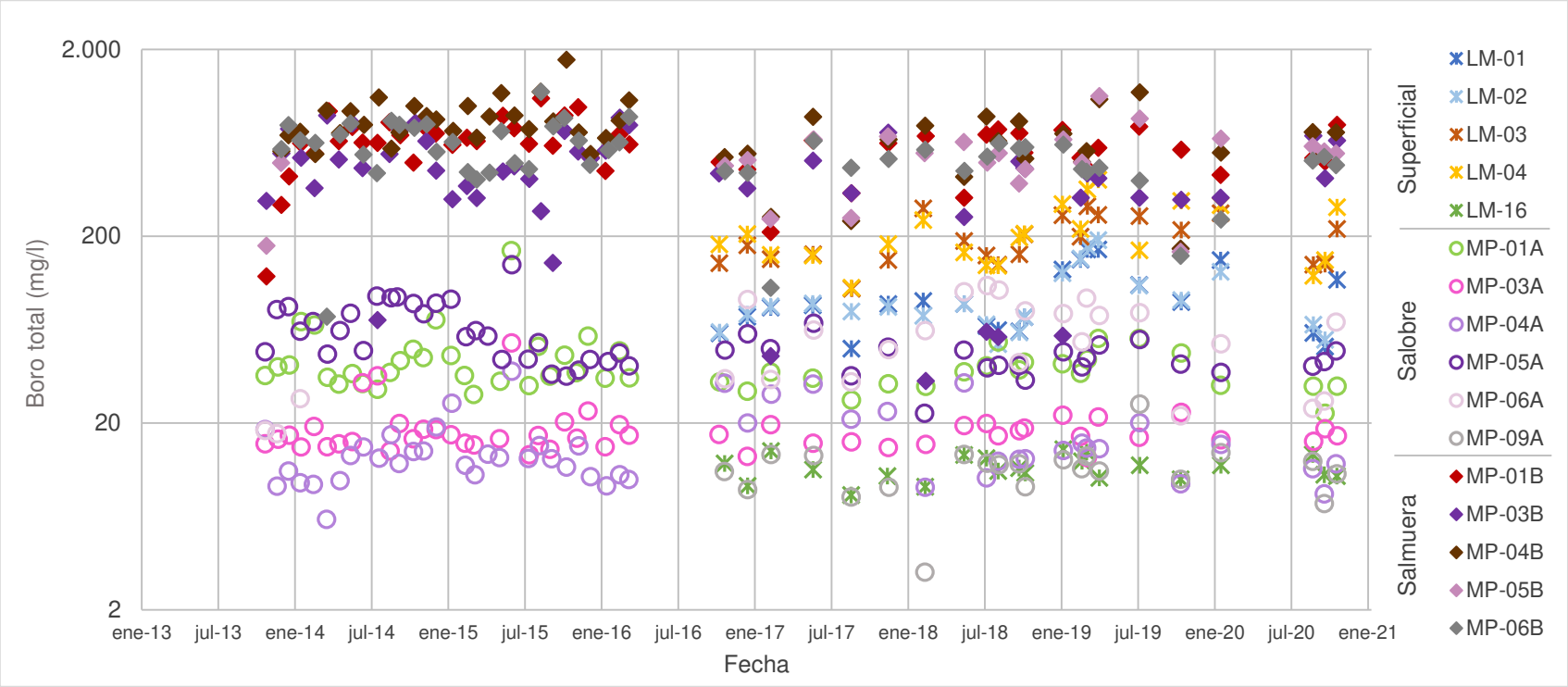
Figura 5-121 Variación Temporal: As total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	53	53	54	27	23	52	52	52	26	53
Min	0,0720	0,5750	0,0260	0,0330	0,2950	0,1420	0,0200	0,0667	0,2500	0,0003	0,0150	0,0020	0,0020	0,0001	0,0800	0,0001
P25	2,3114	2,3933	5,3000	6,2916	0,3950	0,6734	0,5450	0,3900	0,6667	0,6143	0,3384	9,1850	1,3375	2,2750	0,5138	1,2579
Mediana	2,8450	2,9500	6,8100	8,1173	0,4375	0,8670	0,6040	0,4300	0,7175	0,9400	0,4200	24,1000	9,4575	4,4071	1,0655	1,6596
P75	4,0775	3,8000	8,7375	10,6000	0,4700	1,1351	0,6507	0,4700	1,0005	1,2200	0,4300	33,7483	20,9750	6,6667	1,6625	2,8900
Max	8,7000	8,8000	10,9510	16,3000	0,5600	2,1585	1,2780	1,0699	3,3530	3,7400	0,6000	60,0000	42,0000	11,2000	4,7000	13,3333
RQ	1,7661	1,4067	3,4375	4,3084	0,0750	0,4617	0,1057	0,0800	0,3338	0,6057	0,0916	24,5633	19,6375	4,3917	1,1487	1,6321

Fuente: Elaboración propia

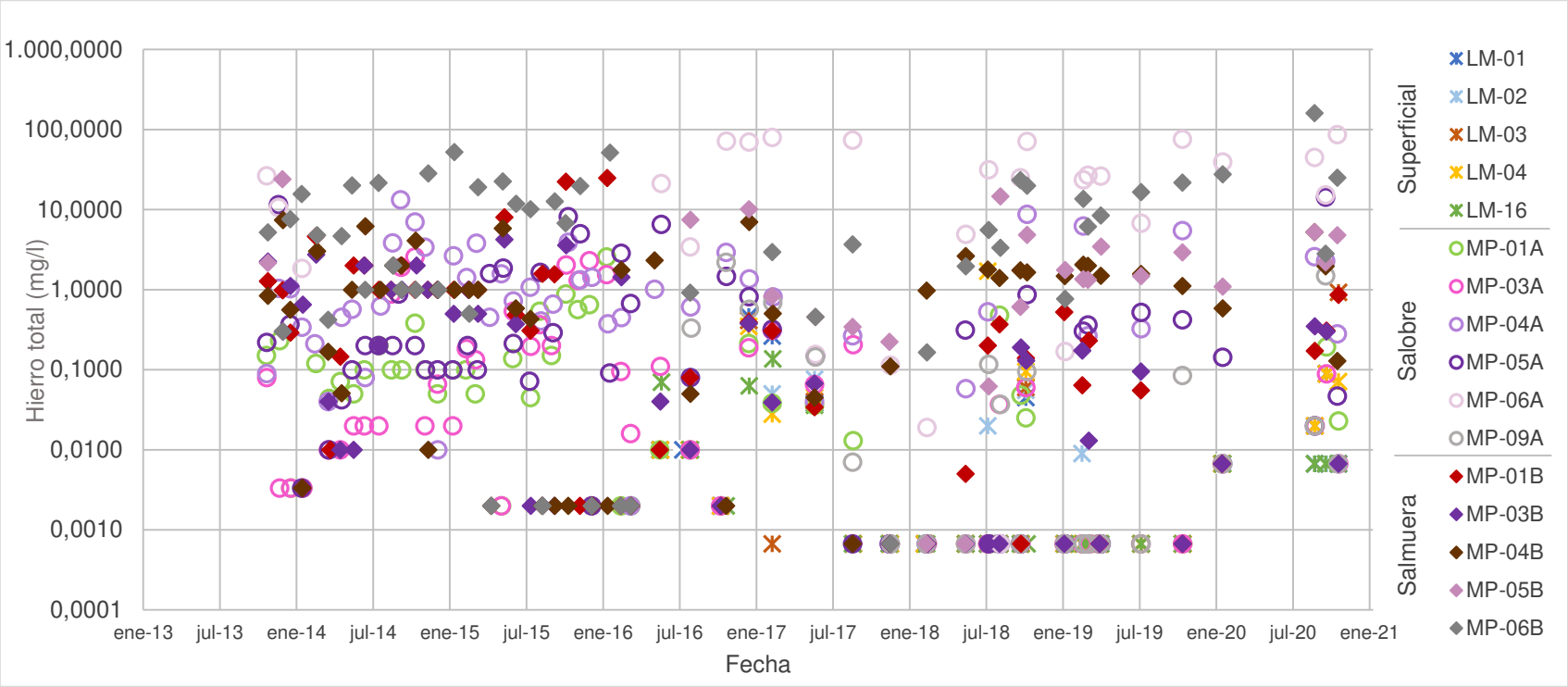
Figura 5-122 Variación Temporal: B total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	22	21	22	22	22	51	51	52	52	25	22	51	51	51	24	51
Min	50	53	105	106	8	23	13	6	23	18	3	122	34	172	165	74
P25	63	67	148	156	10	33	16	11	41	30	9	501	320	570	453	447
Mediana	86	84	184	190	11	37	17	13	49	54	12	630	444	723	534	566
P75	121	118	258	288	13	46	19	17	67	79	13	740	576	879	655	653
Max	170	191	289	402	15	168	54	38	141	109	25	1.097	886	1.760	1.128	1.189
RQ	58	51	110	132	3	13	3	6	26	49	4	239	256	309	202	206

Fuente: Elaboración propia

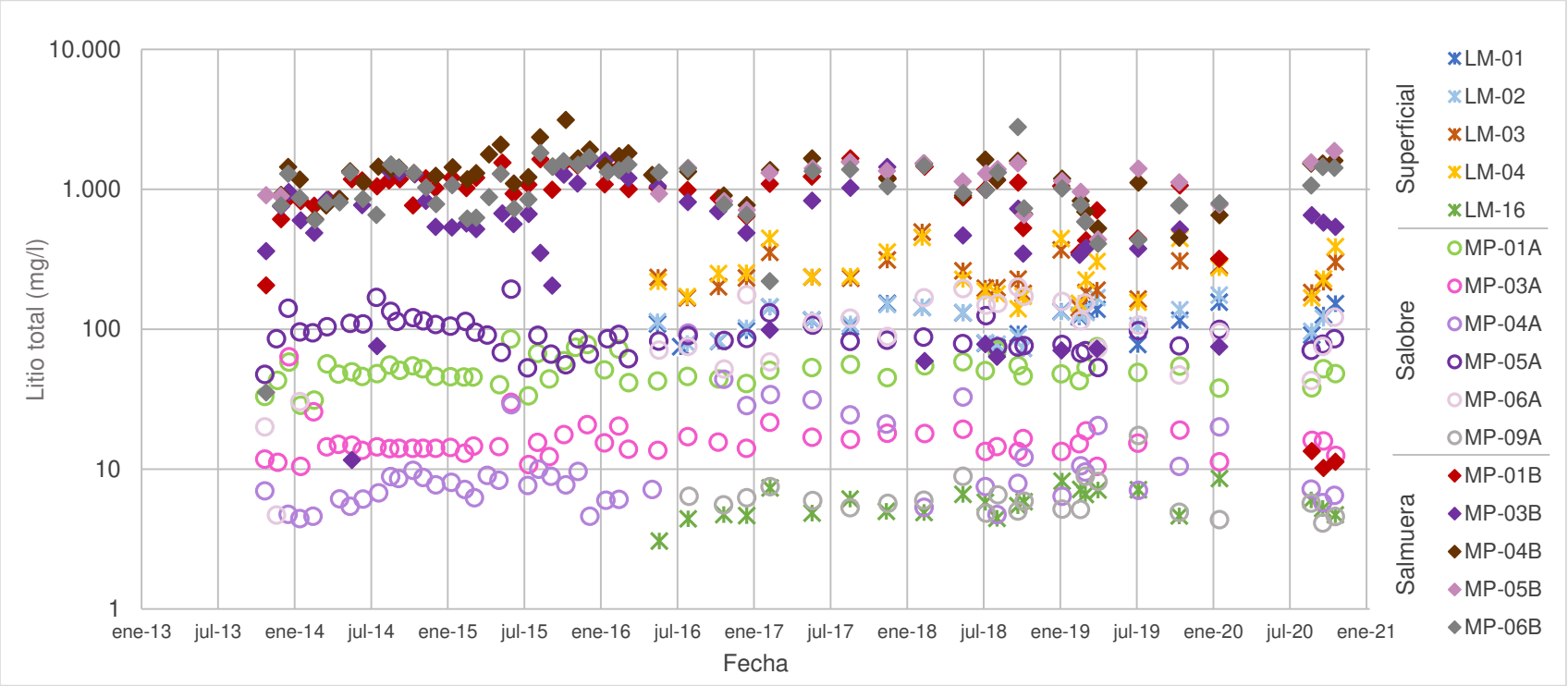
Figura 5-123 Variación Temporal: Fe total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	23	22	24	24	24	53	52	54	53	27	23	53	51	53	24	51
Min	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P25	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,088	0,045	3,410	0,001	0,006	0,002	0,051	0,495	0,920
Mediana	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,045	0,020	0,589	0,200	24,900	0,007	0,306	0,095	1,000	1,620	5,190
P75	0,010	0,013	0,018	0,041	0,007	0,144	0,193	1,756	0,745	69,920	0,145	1,000	1,000	1,965	4,818	19,613
Max	0,463	0,076	0,923	1,700	0,136	2,571	2,560	13,300	14,300	86,200	2,187	24,810	4,245	7,390	23,900	160,000
RQ	0,009	0,012	0,017	0,040	0,006	0,142	0,191	1,668	0,700	66,510	0,144	0,994	0,998	1,914	4,323	18,693

Fuente: Elaboración propia

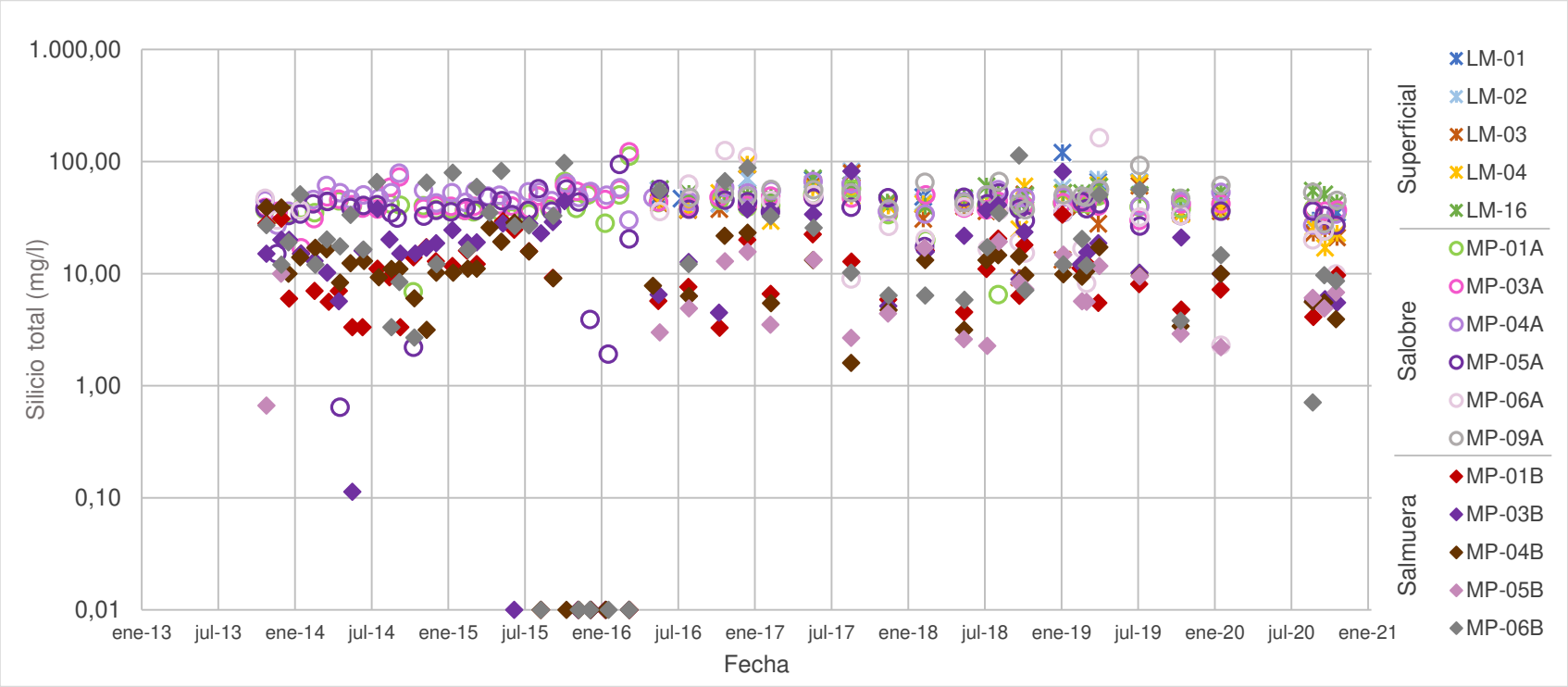
Figura 5-124 Variación Temporal: Li total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	52	51	53	27	23	53	53	52	26	54
Min	73	73	142	140	3	29	11	4	48	5	4	10	12	450	439	35
P25	84	88	185	174	5	44	14	6	76	59	5	764	356	959	878	767
Mediana	116	117	230	233	6	49	15	8	86	107	6	1.020	579	1.321	1.220	1.024
P75	138	138	298	344	7	55	17	11	108	154	7	1.190	899	1.561	1.431	1.389
Max	156	175	496	452	9	85	64	94	193	200	17	1.674	1.721	3.128	1.877	2.784
RQ	54	50	113	170	2	11	3	5	32	95	2	426	543	602	553	622

Fuente: Elaboración propia

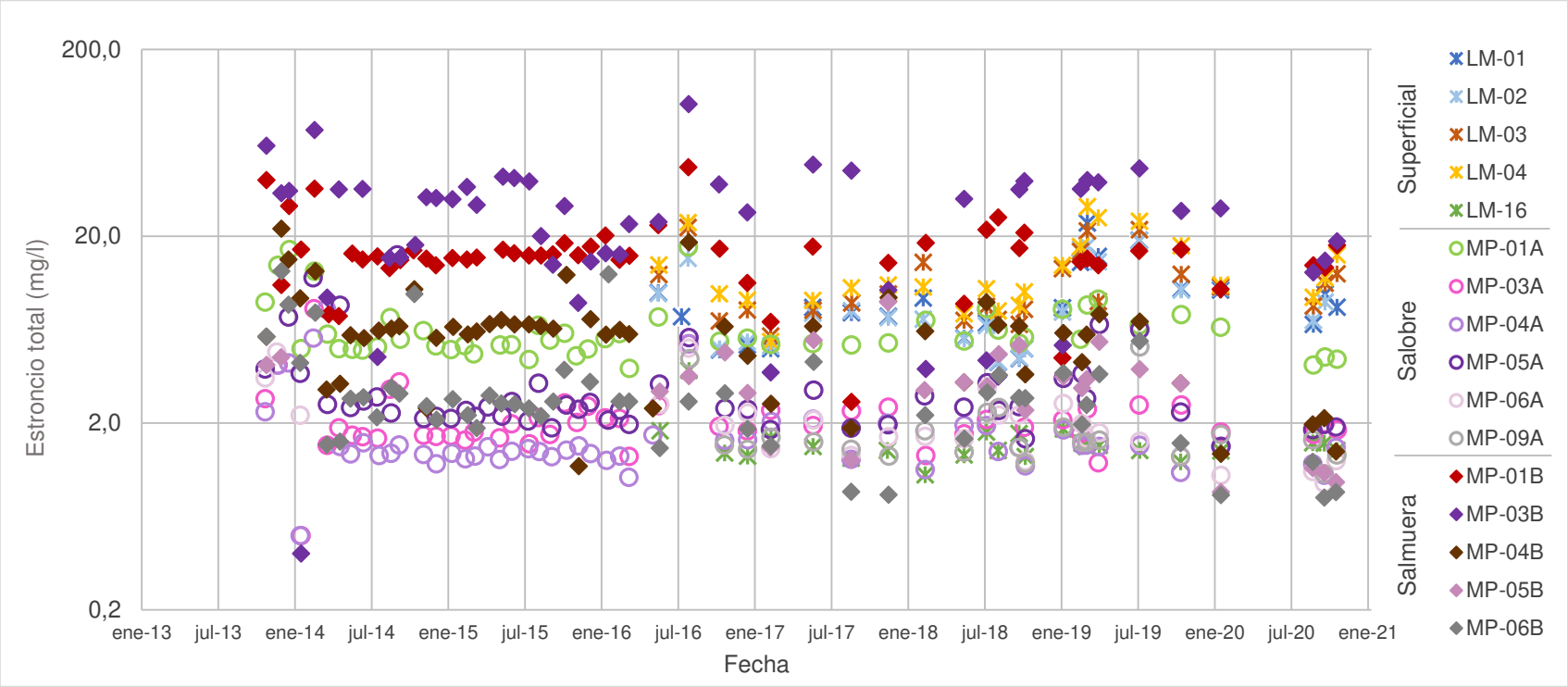
Figura 5-125 Variación Temporal: Si total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	53	50	51	54	27	23	51	52	53	26	53
Min	26,00	27,00	9,23	17,00	39,80	6,50	17,00	27,00	0,64	2,30	28,00	0,01	0,01	0,01	0,67	0,01
P25	40,73	40,80	28,53	34,93	47,40	35,58	38,20	44,00	33,00	16,70	45,00	5,49	7,11	5,48	2,98	7,75
Mediana	46,70	46,20	38,67	42,40	51,50	39,20	40,90	48,50	37,15	32,10	50,40	9,20	15,85	10,00	5,88	17,20
P75	58,10	58,60	45,15	52,38	54,75	42,35	47,79	54,09	43,83	45,00	56,50	15,88	24,25	14,15	12,01	42,69
Max	120,00	82,00	93,88	95,01	70,90	112,24	122,23	78,90	94,54	163,00	92,00	33,70	82,00	39,00	19,30	113,00
RQ	17,37	17,80	16,62	17,45	7,35	6,77	9,59	10,09	10,83	28,30	11,50	10,39	17,14	8,67	9,03	34,94

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-126 Variación Temporal: Sr total en laboratorio histórico (mg/l), Sector La Punta-La Brava



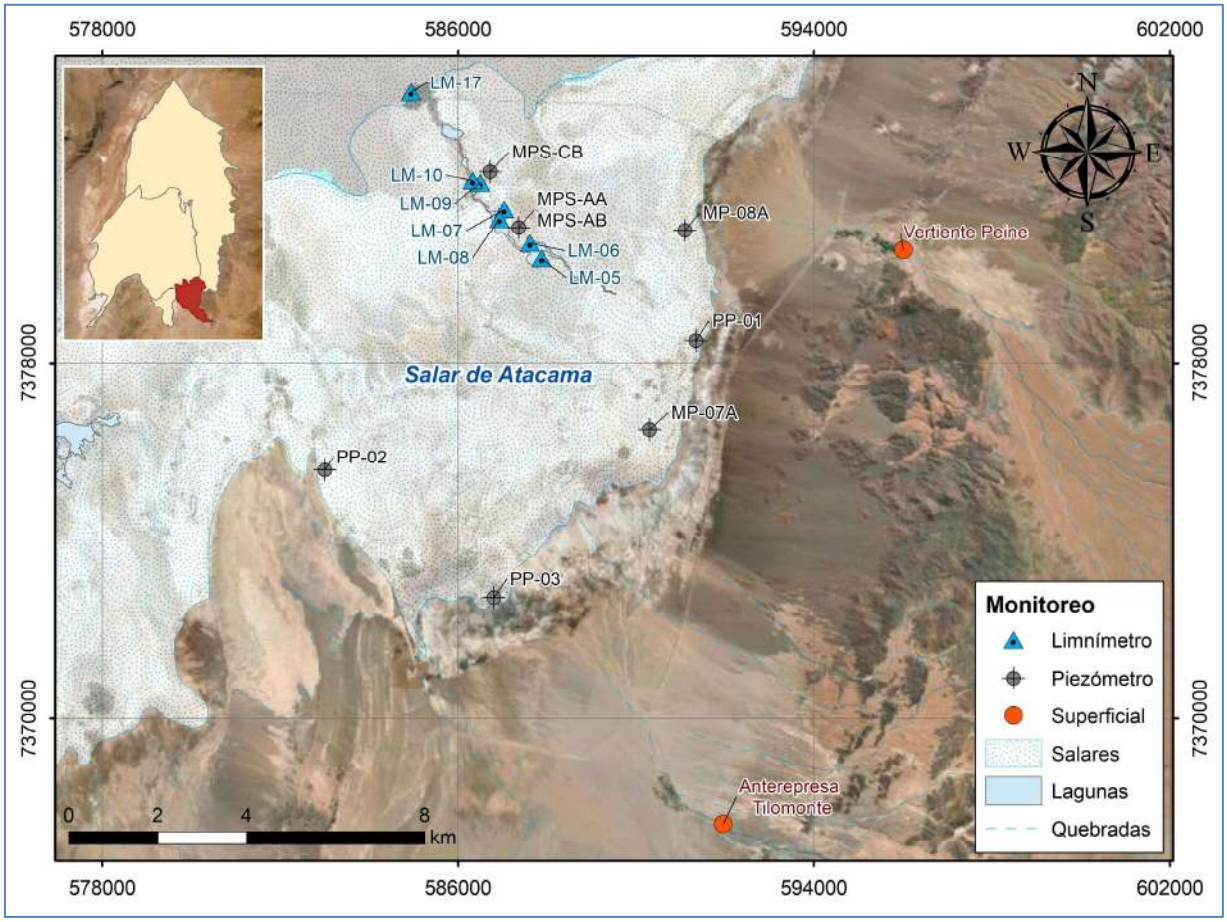
	LM-01	LM-02	LM-03	LM-04	LM-16	MP-01A	MP-03A	MP-04A	MP-05A	MP-06A	MP-09A	MP-01B	MP-03B	MP-04B	MP-05B	MP-06B
N° Datos	24	23	24	24	24	52	50	53	52	27	23	53	52	54	26	53
Min	4,2	4,3	5,9	5,5	1,1	3,9	0,5	0,5	1,5	1,0	1,1	2,6	0,4	1,2	0,9	0,8
P25	5,4	5,5	8,0	9,2	1,4	5,0	1,7	1,3	2,1	1,3	1,4	14,0	14,7	3,6	2,1	1,9
Mediana	8,0	7,8	9,4	10,9	1,5	5,6	1,9	1,5	2,4	1,8	1,6	15,8	28,6	6,2	3,3	2,6
P75	10,2	10,6	13,2	17,2	1,6	7,0	2,4	1,7	3,3	2,3	1,8	17,6	37,6	6,8	4,5	3,5
Max	23,6	18,9	22,3	28,8	3,8	17,6	8,2	8,1	15,9	5,1	5,1	46,8	102,1	22,0	8,9	13,0
RQ	4,8	5,1	5,2	8,0	0,2	2,0	0,7	0,4	1,2	1,0	0,4	3,6	22,9	3,2	2,4	1,6

Fuente: Elaboración propia

5.8.2 Sector Peine

La distribución de los puntos de monitoreo para el sector, se detalla en la Figura 5-127.

Figura 5-127 Localización puntos de monitoreo Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que el punto LM-17 es un limnímetro 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. Sin embargo, cuando ocurre un evento de lluvia mayor, como en febrero de 2019, el acceso se encuentra restringido por peligro en el camino.

Aunque indicado como parte del sector Norte y Borde Este en el Anexo 3 de la Adenda 5, el punto Vertiente Peine se incluye en este sector dada su ubicación geográfica.

Los pozos PP-01, PP-02 y PP-03 están definidos como pozos de monitoreo de niveles freáticos, calidad química y posición de la cuña salina y, debido a esto último, los pozos están ranurados completamente. Para el monitoreo de la calidad química, la muestra se toma en la parte somera del pozo por lo que es representativa de las aguas salobres de este sector.

Se debe hacer una referencia especial a la situación del pozo MPS-AB, el cual comenzó a ser monitoreado con *bailer* a partir de febrero de 2019, debido a la imposibilidad de acceder a él con una bomba para toma de muestra profunda, por el estado del terreno posterior al evento de precipitación de dicho mes. Este cambio significó que finalmente la muestra no se obtuviera desde la profundidad debida para este caso (corresponde a pozo profundo) y se tomara de agua más bien somera (salobre). Esto se evidencia en los resultados de la calidad fisicoquímica de este pozo, desde febrero en adelante, donde pasa a ser muy similar a la calidad fisicoquímica de los pozos someros. Además, debido a este cambio de método de monitoreo en el punto MPS-AB, muchos de los registros de este pozo en 2019 se consideran anómalos, de acuerdo con los criterios detallados en la introducción de este apartado. Todos los datos anómalos de este sector se presentan en la Tabla 3 del Anexo H-7.

El período de información que se analiza a continuación corresponde al periodo desde el año 2013 al 2020.

Parámetros Físico Químicos in situ

pH *in situ*

Los valores históricos de pH se presentan en diagramas de caja en la Figura 5-128, donde se incluye la tabla con estadígrafos correspondientes. De la gráfica y datos, se observa que las aguas superficiales presentan valores históricos de pH entre 6,7 (Vertiente Peine) y 8,8 (LM-06), correspondiendo a aguas neutras a básicas. Los pozos en la salmuera muestran pH mínimos de 6,29 (MPS-CB) a 7,81 (MPS-AB), y las aguas salobres corresponden a aguas circunneutrales, salvo en MPS-AA, donde las condiciones son ligeramente más básicas. Para el punto MPS-AB, de acuerdo a los criterios establecidos, en 2019 se tienen 5 registros considerados anómalos (valores por sobre 7), los que de igual manera se incluyen en los gráficos y estadígrafos.

Conductividad Eléctrica *in situ*

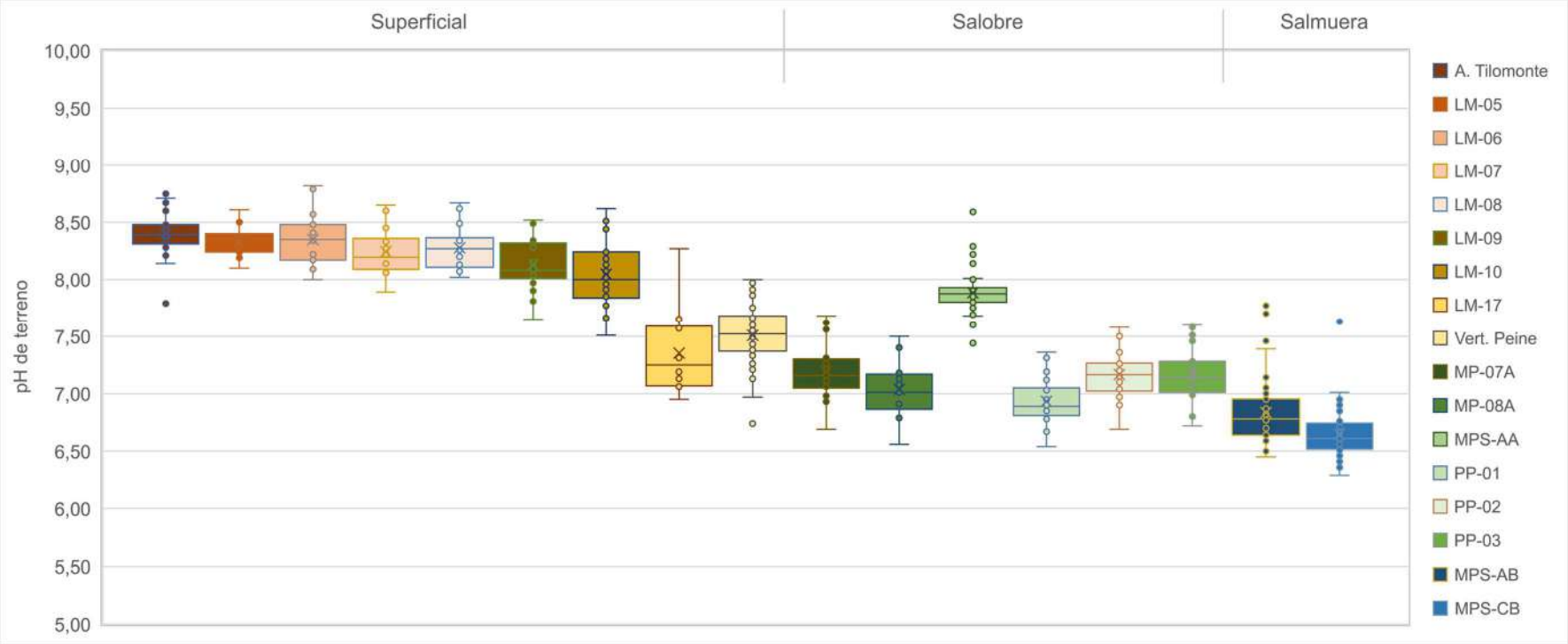
La conductividad eléctrica (CE) del sector Peine, de acuerdo a la Figura 5-129, muestra que la Anterepresa Tilomonte presenta CE con una mediana de 6.115 µS/cm, cercano al límite inferior de las aguas consideradas como salobres. Este punto se ubica al sur del sector Peine, más alejado del Núcleo y donde recibe agua de las quebradas proveniente de la precordillera. Vertiente Peine, con mediana de 4.082 µS/cm y P75 de 4.258 µS/cm, se considera agua dulce, lo que se condice con su ubicación y el origen de sus aguas. Para el resto de los puntos superficiales, las conductividades registradas evidentemente indican aguas salobres con valores desde 36.080 µS/cm hasta 152.800 µS/cm para los limnímetros, (LM-05 y LM-10, respectivamente). El LM-17, que como se ha informado anteriormente corresponde a un punto

ubicado entre la laguna Interna y el Núcleo, presentando valores de CE mayores (232.570 µS/cm de mediana).

Para el caso de las aguas profundas (salmueras), los valores de CE son bastante altos, mayores de 200.000 µS/cm. En el 2019 se registraron valores bajo los 150.000 µS/cm en MPS-AB, debido a que fue monitoreado con *bailer*, no obteniéndose la toma de muestra profunda, sin embargo, se prefiere mantener en las gráficas y estadígrafos. Ya en el 2020 se retoman el muestreo con bomba, alcanzando valores dentro del registro histórico.

Para las aguas someras los registros de CE son menores, aunque comparables a los de las aguas lagunares superficiales, con el valor más alto en el MPS-AA (mediana de 66.775 µS/cm), el cual se encuentra al lado de las lagunas, cercano a la Laguna Salada. Los puntos MP-07A y MP-08A, cercanos al borde del salar, presentan valores que tienden a ser más bajos (medianas de 13.655 µS/cm y 8.269 µS/cm, respectivamente). Los puntos PP-XX, presentan leves diferencias en sus valores, esto posiblemente debido a su ubicación. 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.

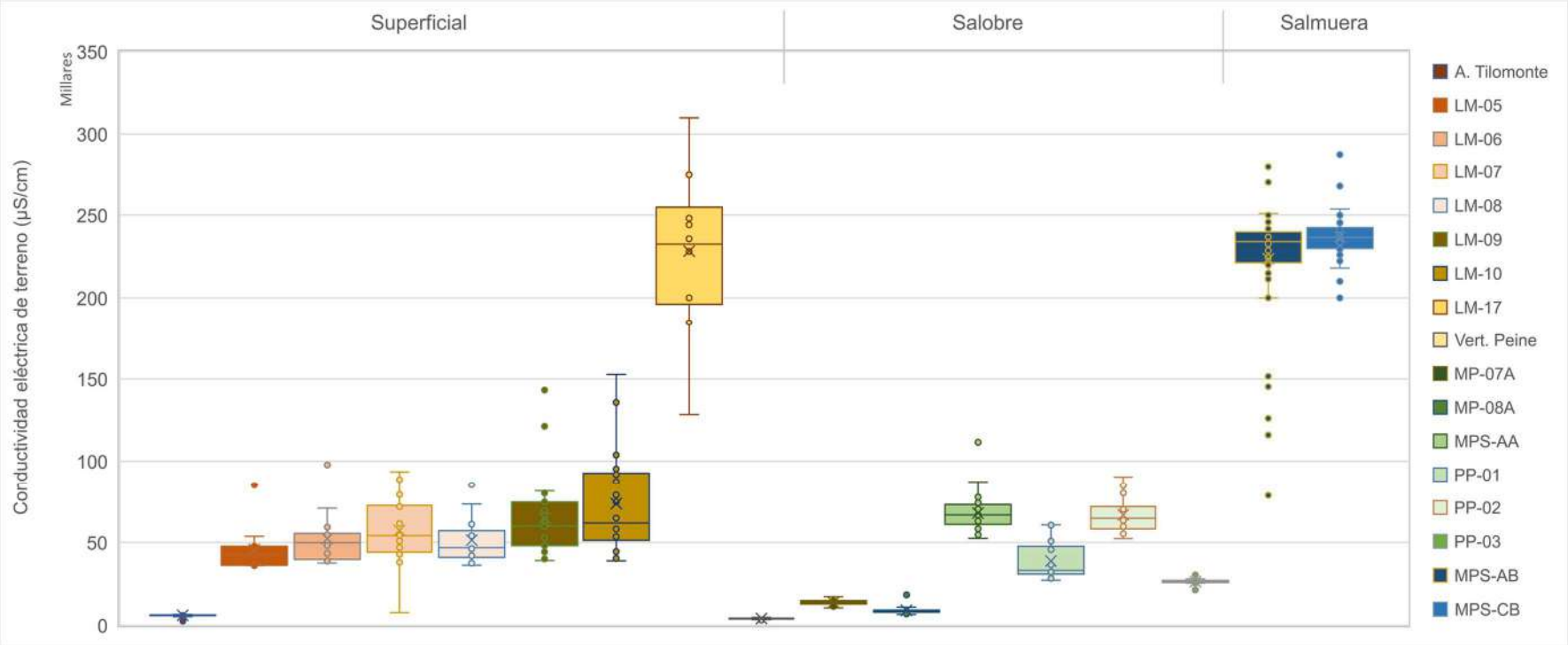
Figura 5-128 Diagrama de Caja, pH *in situ* histórico, Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	54	54
Min	7,79	8,10	8,00	7,89	8,02	7,65	7,51	6,95	6,74	6,69	6,56	7,44	6,54	6,69	6,72	6,45	6,29
P25	8,31	8,24	8,17	8,09	8,11	8,01	7,84	7,07	7,37	7,05	6,87	7,80	6,81	7,02	7,01	6,64	6,52
Mediana	8,39	8,36	8,35	8,20	8,27	8,08	8,00	7,25	7,52	7,16	7,01	7,88	6,89	7,17	7,14	6,78	6,61
P75	8,48	8,40	8,48	8,36	8,37	8,32	8,24	7,59	7,68	7,30	7,17	7,93	7,05	7,27	7,28	6,96	6,74
Max	8,75	8,61	8,82	8,65	8,67	8,52	8,62	8,27	8,00	7,68	7,50	8,59	7,36	7,58	7,60	7,81	7,63
RQ	0,17	0,16	0,31	0,27	0,26	0,31	0,40	0,52	0,31	0,25	0,30	0,13	0,24	0,25	0,27	0,32	0,22

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-129 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica *in situ* histórico (µS/cm), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	53	52
Min	2.550	36.080	37.680	7.634	36.210	39.130	39.050	128.500	3.228	10.490	6.581	52.500	27.160	52.350	21.440	78.620	200.000
P25	5.892	36.310	39.870	44.220	41.098	48.100	51.358	196.175	3.888	12.800	7.866	60.995	30.910	58.210	25.810	221.300	229.975
Mediana	6.115	42.510	49.890	54.190	46.985	59.870	61.895	232.570	4.082	13.655	8.269	66.775	33.290	64.640	26.640	234.100	236.650
P75	6.333	47.780	55.580	72.456	57.132	74.553	92.655	254.797	4.258	14.928	9.173	73.030	47.780	71.793	27.100	239.887	242.589
Max	7.446	85.070	97.690	93.400	85.120	143.300	152.800	309.800	5.284	17.280	18.340	111.600	60.800	90.240	30.437	279.300	290.400
RQ	441	11.470	15.710	28.236	16.034	26.453	41.297	58.622	370	2.128	1.307	12.035	16.870	13.583	1.290	18.587	12.614

Fuente: Elaboración propia

Sólidos Disueltos Totales *in situ*

Los sólidos disueltos totales (SDT) se presentan en la Figura 5-130 con el diagrama de caja y tabla de estadígrafos para este sector. Dada a la relación directa que tienen con las mediciones de CE *in situ*, la situación que se observa para los diferentes puntos es similar.

En general, las lagunas (LM-5 a LM-10) tienen valores de medianas de SDT comparables y en el rango de 21.260 mg/l (LM-05) a 31.105 mg/l (LM-10). El punto de monitoreo Anterepresa Tilomonte presenta valores SDT con mediana de 3.061 mg/l y un valor anómalo de octubre de 2019 (29.510 mg/l). El punto Vertiente Peine presenta valores de SDT con mediana de 2.050 mg/l. El punto superficial LM-17, que se encuentra en el Núcleo, presenta altas concentraciones de sólidos disueltos, con una mediana de 121.350 mg/l. Las aguas salobres presentan, en general, concentraciones de SDT similares a las lagunas, exceptuando los puntos MP-07A y MP-08A, los que presentan medianas de 6.795 mg/l y 4.184 mg/l, respectivamente. Las aguas profundas en cambio, son las que tienen las SDT mayores, con valores de mediana en torno a 118.000 mg/l. Para el caso del pozo MPS-AB, los registros bajo el bigote inferior corresponden a los valores anómalos de 2019, evidentemente correspondientes a los de CE *in situ* de la figura anterior.

Oxígeno Disuelto *in situ*

En la Figura 5-131 se presenta la gráfica de cajas para el oxígeno disuelto (O.D.), junto con los datos con los estadígrafos de este elemento.

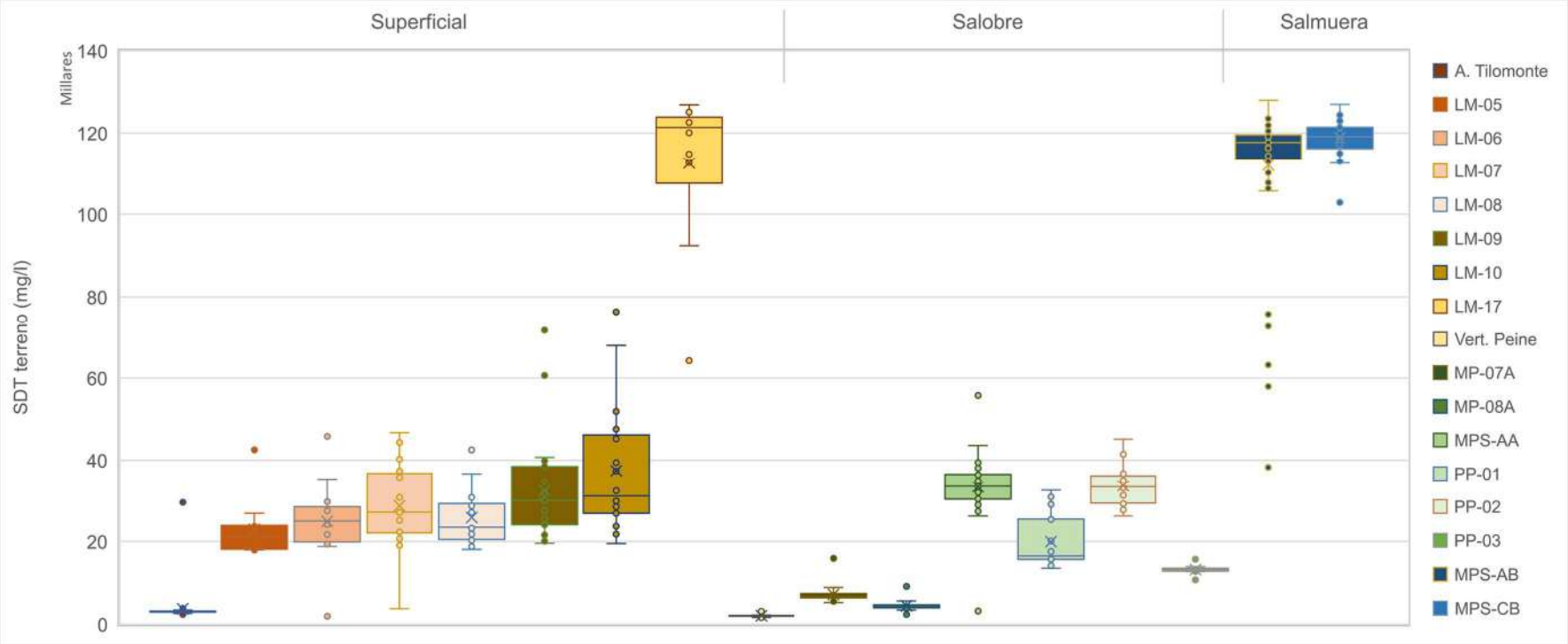
En el gráfico de cajas se puede observar que para los puntos de lagunas y la muestra superficial Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, las medianas corresponden a los valores de O.D. más altos del sector, con medianas de 5,48 mg/l y 4,57 mg/l, respectivamente; además de presentar mayor dispersión (valor RQ). Para el punto LM-17, el valor de O.D. es menor al resto, con una mediana de 0,51 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 y su obtención a mayor profundidad, con medianas de O.D. en torno a 0,3 mg/l. Las aguas someras (salobres), presentan concentraciones intermedias respecto de las mencionadas anteriormente, con medianas entre 1,31 mg/l (PP-02) y 2,55 mg/l (MP-07A).

Temperatura *in situ*

La temperatura del agua registrada en las muestras del sector Peine se presenta en la Figura 5-132 con diagrama de cajas y 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 3,4ºC y máximas de 32,2ºC.

Figura 5-130 Diagrama de Caja, SDT *in situ* histórico (mg/l), Sector Peine

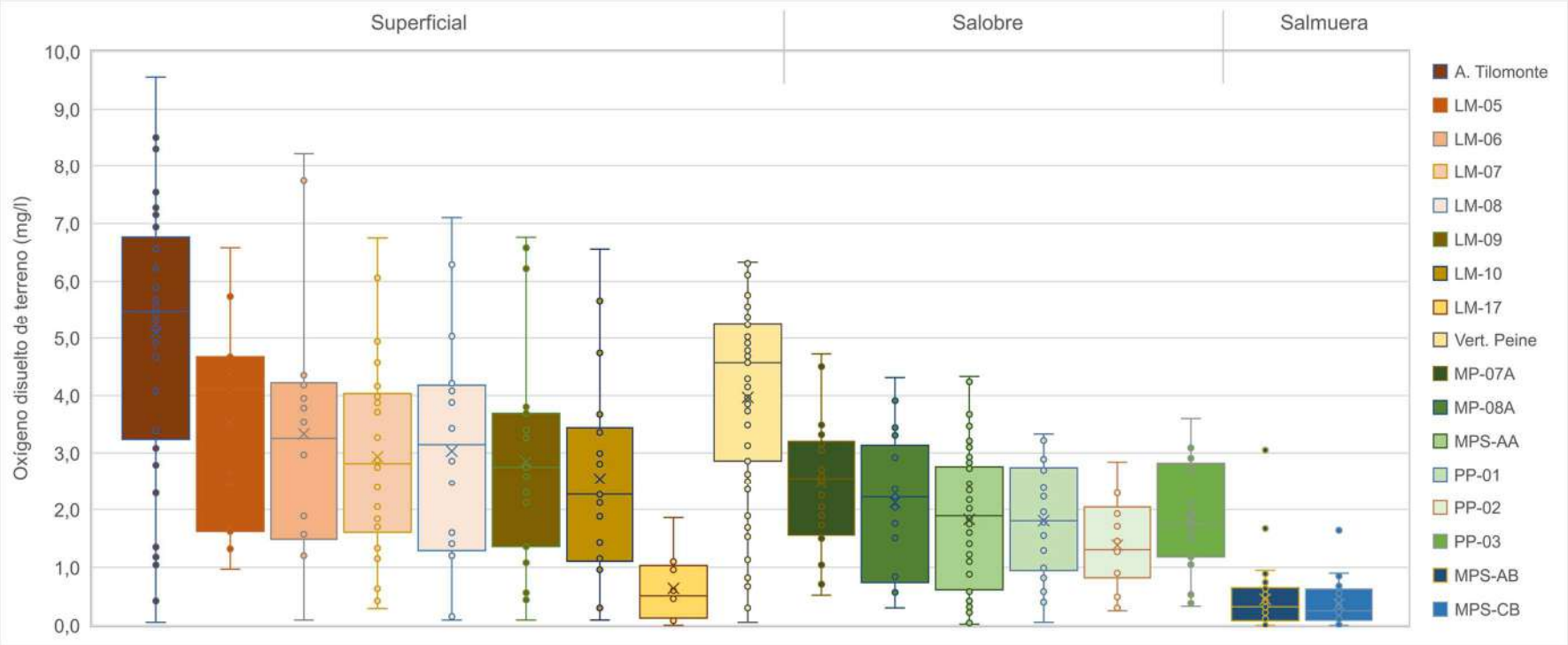


	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	57	22	17	54	23	22	23	53	52
Min	2.393	17.990	1.956	3.768	18.100	19.570	19.530	64.240	1.614	5.248	2.389	3.200	13.580	26.200	10.740	38.300	102.900
P25	2.949	18.160	19.940	22.115	20.500	24.050	26.890	107.550	1.946	6.379	4.002	30.330	15.710	29.325	12.860	113.350	116.150
Mediana	3.061	21.260	25.020	27.135	23.490	29.960	31.105	121.350	2.050	6.795	4.184	33.455	16.530	33.305	13.320	117.700	119.100
P75	3.169	23.900	28.479	36.785	29.226	38.470	46.170	123.900	2.133	7.464	4.696	36.563	25.450	36.160	13.560	119.550	121.400
Max	29.510	42.540	45.850	46.750	42.560	71.690	76.380	126.900	3.132	15.930	9.171	55.800	32.500	45.120	15.733	128.000	127.000
RQ	220	5.740	8.539	14.670	8.726	14.420	19.280	16.350	187	1.085	694	6.233	9.740	6.835	700	6.200	5.250

Nota: Se excluyó valor erróneo de 239.200 mg/l de septiembre de 2020 en MPS-CB para una mejor visualización (valor reportado corresponde a la CE, no SDT).

Fuente: Elaboración propia

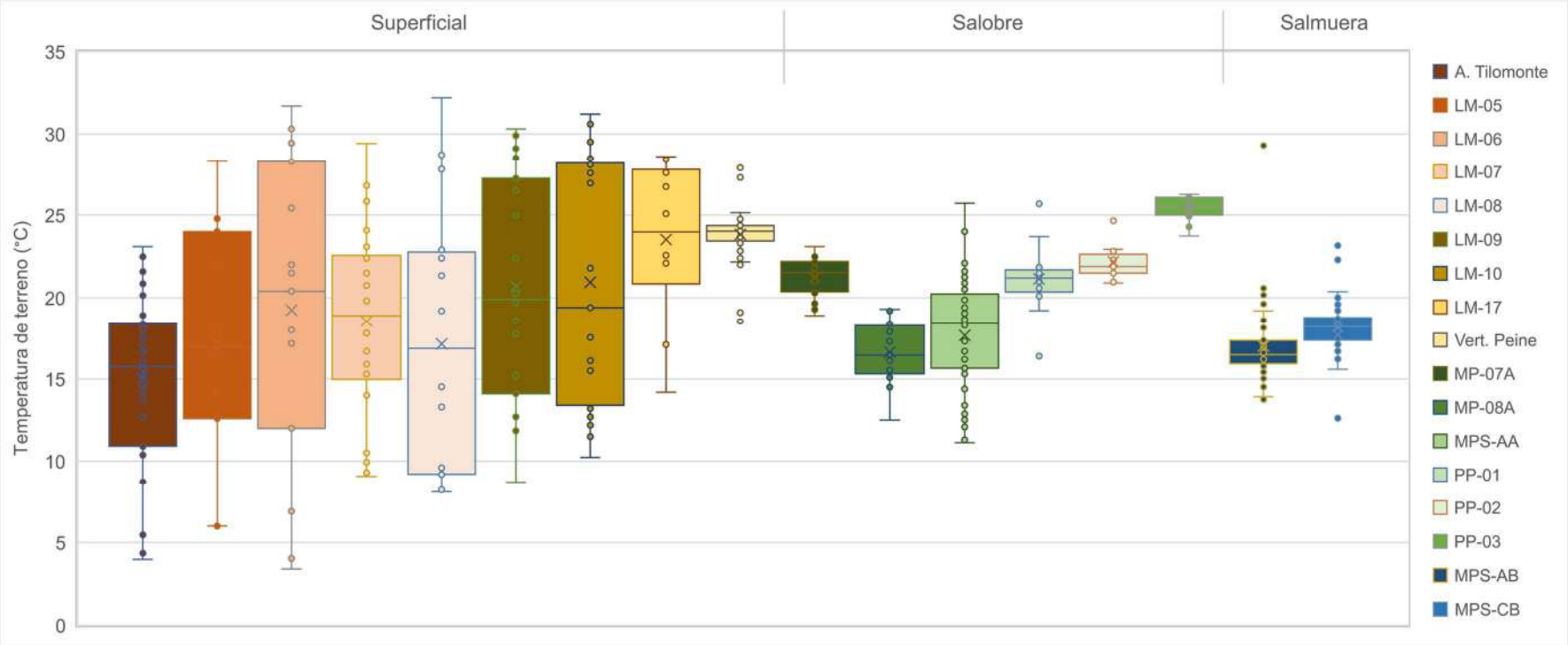
Figura 5-131 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto OD in situ histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	37	11	14	22	16	23	22	9	55	22	17	49	22	22	23	37	35
Min	0,05	0,97	0,09	0,29	0,09	0,09	0,09	0,00	0,05	0,52	0,30	0,02	0,05	0,25	0,33	0,00	0,00
P25	3,24	1,62	1,49	1,61	1,29	1,36	1,11	0,13	2,86	1,56	0,74	0,62	0,95	0,82	1,18	0,08	0,09
Mediana	5,48	4,11	3,26	2,82	3,15	2,75	2,27	0,51	4,57	2,55	2,22	1,89	1,81	1,31	1,74	0,32	0,25
P75	6,77	4,67	4,22	4,03	4,18	3,69	3,44	1,03	5,24	3,20	3,14	2,76	2,75	2,04	2,82	0,65	0,62
Max	9,56	6,58	8,23	6,75	7,10	6,76	6,56	1,86	6,33	4,72	4,31	4,33	3,33	2,84	3,60	3,05	1,64
RQ	3,53	3,05	2,73	2,42	2,89	2,33	2,33	0,90	2,38	1,64	2,40	2,14	1,80	1,22	1,64	0,57	0,53

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-132 Diagrama de Caja, Temperatura in situ histórico (ºC), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	54	54
Min	3,98	6,00	3,40	9,07	8,08	8,71	10,23	14,20	18,54	18,90	12,50	11,14	16,40	20,90	23,75	13,75	12,62
P25	10,92	12,60	12,00	14,98	9,20	14,11	13,41	20,85	23,44	20,37	15,33	15,66	20,36	21,50	25,00	15,94	17,37
Mediana	15,74	16,94	20,40	18,91	16,87	19,90	19,40	24,00	24,04	21,53	16,45	18,42	21,20	21,91	25,50	16,48	18,21
P75	18,40	24,01	28,28	22,58	22,78	27,25	28,18	27,79	24,38	22,20	18,28	20,23	21,70	22,63	26,08	17,36	18,79
Max	23,10	28,30	31,70	29,41	32,20	30,30	31,20	28,60	27,88	23,10	19,30	25,73	25,69	24,70	26,27	29,30	23,17
RQ	7,48	11,41	16,28	7,60	13,58	13,14	14,77	6,94	0,94	1,83	2,95	4,57	1,34	1,13	1,08	1,42	1,42

Fuente: Elaboración propia

Variación Temporal de los parámetros *in situ*

Para los parámetros *in situ* analizados en Sector Peine se presenta en la Figura 5-133 y en la Figura 5-134 los gráficos con la variación temporal de los valores registrados en el período 2013 a 2020.

El pH muestra en el tiempo una tendencia sin mayores variaciones de los valores registrados en cada punto, tanto para los pozos profundos (salmuera), como para los someros (salobre) y lagunas. Se puede observar que para las muestras de las lagunas predominan aguas neutras a básicas, entre 7 y 9; para las someras la tendencia es neutra a básica y para las profundas más neutras, entre 6 a 7. Los valores registrados para el 2020 se acotan dentro de los valores históricos.

La temperatura, evidencia un comportamiento con rangos variables para los pozos someros, profundos y aguas superficiales (lagunas, Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine), siendo éstas últimas las que presentan los valores más altos y bajos en temperatura, debido a su relación con la temperatura ambiente.

Para la conductividad eléctrica (CE), los valores más altos se presentan en los pozos profundos, con valores que superan los 200.000 µS/cm en registros históricos (y en lo registrado para el año 2020), excepto el pozo MPS-AB en el 2019, debido a la obtención de las muestras mediante *bailer*. En el caso de los pozos someros, se observa una cierta variación estacional; para la Anterepresa Tilomonte y la Vertiente Peine las conductividades son las más bajas y para las lagunas pueden registrar conductividades altas como las del punto LM-17, en campañas que registran valores mayores a los 200.000 µS/cm, inclusive en el 2020.

Los SDT muestran el mismo comportamiento que la CE, dada la correlación directa existente entre estos 2 parámetros (no se excluye de esta gráfica el dato erróneo de septiembre de 2020 de 239.200 mg/l, el cual corresponde al valor reportado de CE).

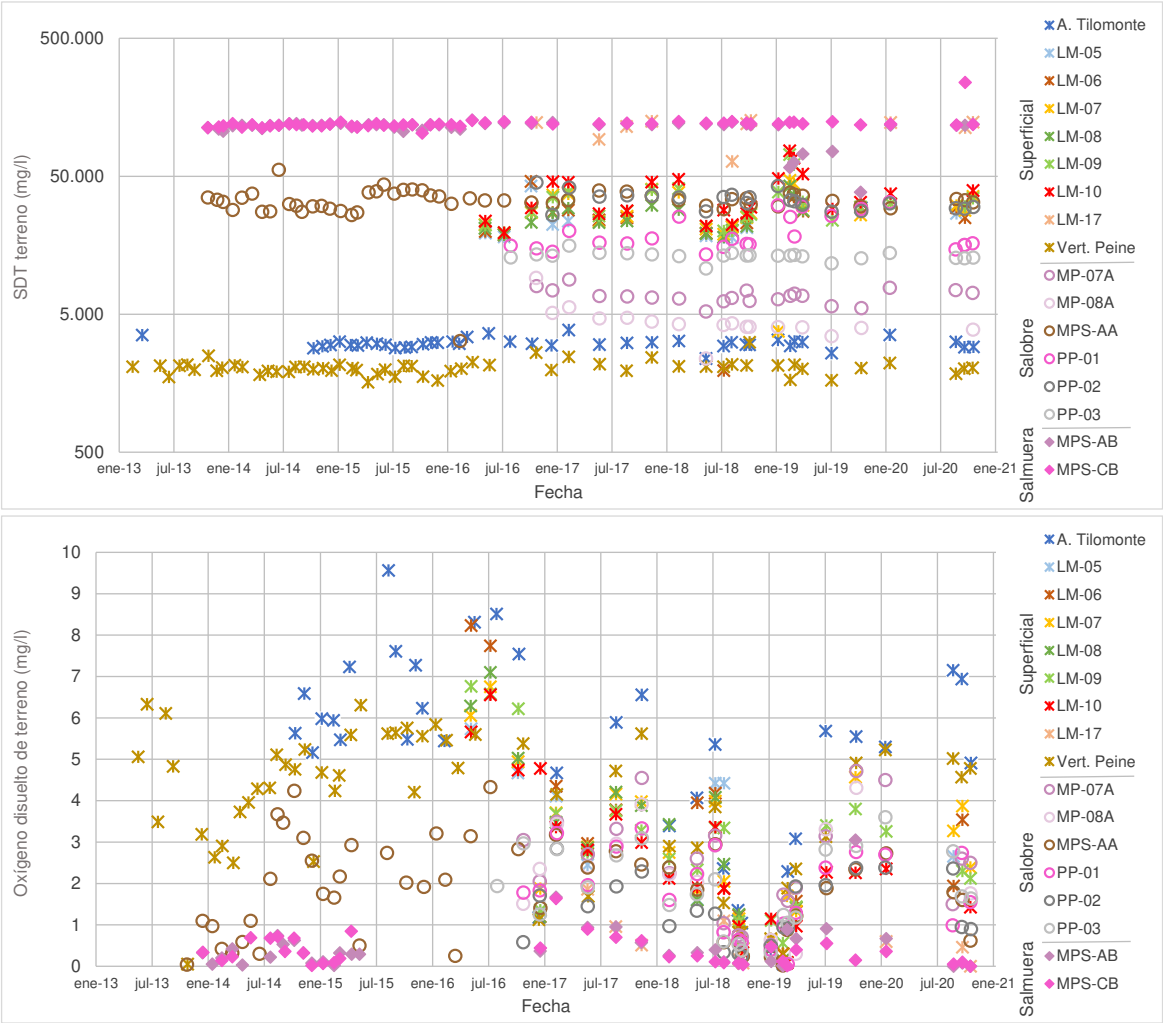
El O.D. presenta mucha dispersión para la estación Anterepresa Tilomonte, al igual que para las lagunas, con la mayor variabilidad de todos los puntos, y una tendencia a aumentar esta dispersión después de Julio 2014. Dicha tendencia cambia y a fines de 2018 tiende a descender y a inicios de 2019 vuelve a subir.

En general, los parámetros *in situ* medidos en el 2020, registran valores que se encuentran dentro del rango de variación natural.

Figura 5-133 Variación Temporal: pH, Temperatura, CE *in Situ*, Sector Peine

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-134 Variación Temporal: SDT y OD in Situ, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Parámetros Físico Químicos de laboratorio

pH de Laboratorio

Los resultados de pH medidos en laboratorio para el Sector Peine se entregan en la Figura 5-135. Estos valores son muy similares a los registrados *in situ*.

Para la muestra Anterepresa Tilomonte, se tienen valores de pH acotados entre 8,13 a 8,56. El resto de las lagunas presentan rangos de mediana entre 8,00 y 8,29 (LM-10 y LM-06, respectivamente). El LM-17, presenta pH más bajo dado que está cerca del Núcleo, con una mediana de 7,13.

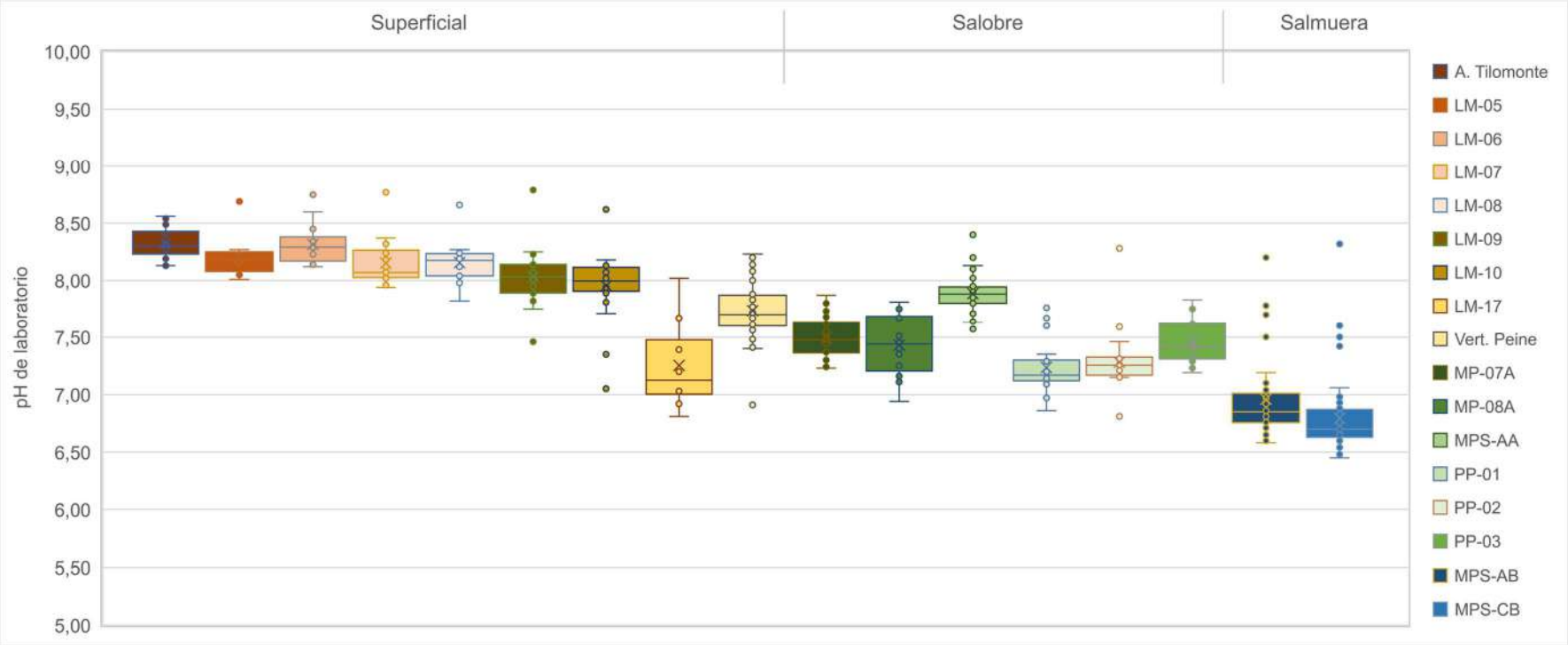
Los resultados de pH obtenidos en laboratorio para los pozos profundos son los más bajos para el sector, con medianas en torno a 6,8. Las aguas de los pozos someros (salobres) tienen valores intermedios relativo a las salmueras y las aguas lagunares.

Conductividad Eléctrica de Laboratorio

Los datos de CE obtenidos en laboratorio se presentan en la Figura 5-136. Los valores medidos en laboratorio son similares a los de terreno. Las lagunas (LM-05 a LM-10) presentan medianas entre 41.700 µS/cm y 65.400 µS/cm. Por su cercanía al Núcleo del Salar, el punto LM-17 presenta valores más elevados, con mediana de 243.700 µS/cm. La estación Anterepresa Tilomonte es la que presenta las CE más bajas con una mediana de 6.130 µS/cm. Además, la Vertiente Peine presenta una CE estable, con mediana de 4.080 µS/cm.

Los pozos profundos presentan medianas en torno a 240.000 µS/cm y el pozo MPS-AB presenta una serie de valores bajos, los cuales corresponden a los registros considerados anómalos para 2019, esto producto de las diferencias metodológicas en el muestreo. Los pozos someros MPS-AA, PP-01 y PP-02 presentan CE comparable con las lagunas, mientras que los pozos MP-07A, MP-08A y PP-03 presentan CE menores, con baja dispersión.

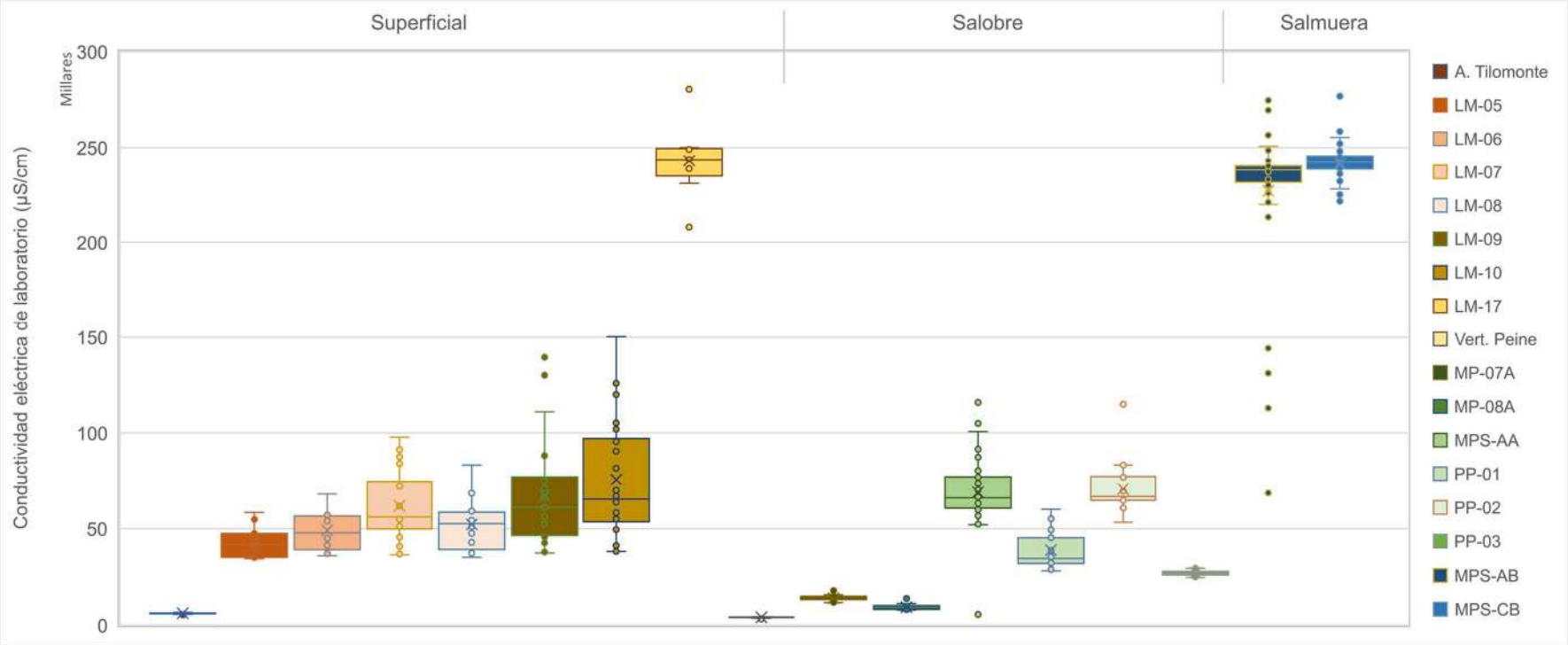
Figura 5-135 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico, Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	21	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	54	54
Min	8,13	8,01	8,12	7,94	7,82	7,46	7,05	6,81	6,91	7,23	6,94	7,57	6,86	6,81	7,19	6,58	6,45
P25	8,23	8,08	8,17	8,03	8,04	7,89	7,91	7,00	7,60	7,36	7,21	7,80	7,12	7,17	7,31	6,76	6,63
Mediana	8,30	8,18	8,29	8,07	8,18	8,03	8,00	7,13	7,70	7,48	7,44	7,88	7,17	7,26	7,42	6,85	6,70
P75	8,43	8,25	8,38	8,27	8,24	8,14	8,12	7,48	7,87	7,64	7,69	7,94	7,30	7,33	7,62	7,01	6,87
Max	8,56	8,69	8,75	8,77	8,66	8,79	8,62	8,02	8,23	7,87	7,81	8,40	7,76	8,28	7,83	8,20	8,32
RQ	0,20	0,17	0,21	0,24	0,20	0,25	0,21	0,48	0,27	0,28	0,48	0,14	0,18	0,16	0,31	0,25	0,24

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-136 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	9	59	22	17	54	23	22	23	53	53
Min	5.280	34.300	35.900	36.400	35.100	37.300	38.100	208.000	3.190	11.710	7.850	5.580	28.210	53.400	24.800	68.700	221.500
P25	5.980	35.100	39.100	49.875	39.200	46.400	53.625	234.850	3.930	13.415	8.175	60.725	31.900	64.800	26.100	231.550	238.500
Mediana	6.130	41.700	47.800	56.200	52.700	61.200	65.400	243.700	4.080	14.150	8.410	66.185	34.500	66.800	26.700	238.000	242.000
P75	6.330	47.500	56.600	74.625	58.600	77.000	97.125	249.500	4.210	15.000	10.255	77.050	45.300	77.325	28.000	240.100	245.500
Max	7.730	58.500	68.100	97.800	83.200	139.500	150.200	280.400	5.300	17.940	13.910	115.900	60.200	115.000	32.000	274.700	276.800
RQ	350	12.400	17.500	24.750	19.400	30.600	43.500	14.650	280	1.585	2.080	16.325	13.400	12.525	1.900	8.550	7.000

Fuente: Elaboración propia

Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

Para el caso de los sólidos disueltos totales (SDT), Figura 5-137, 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.

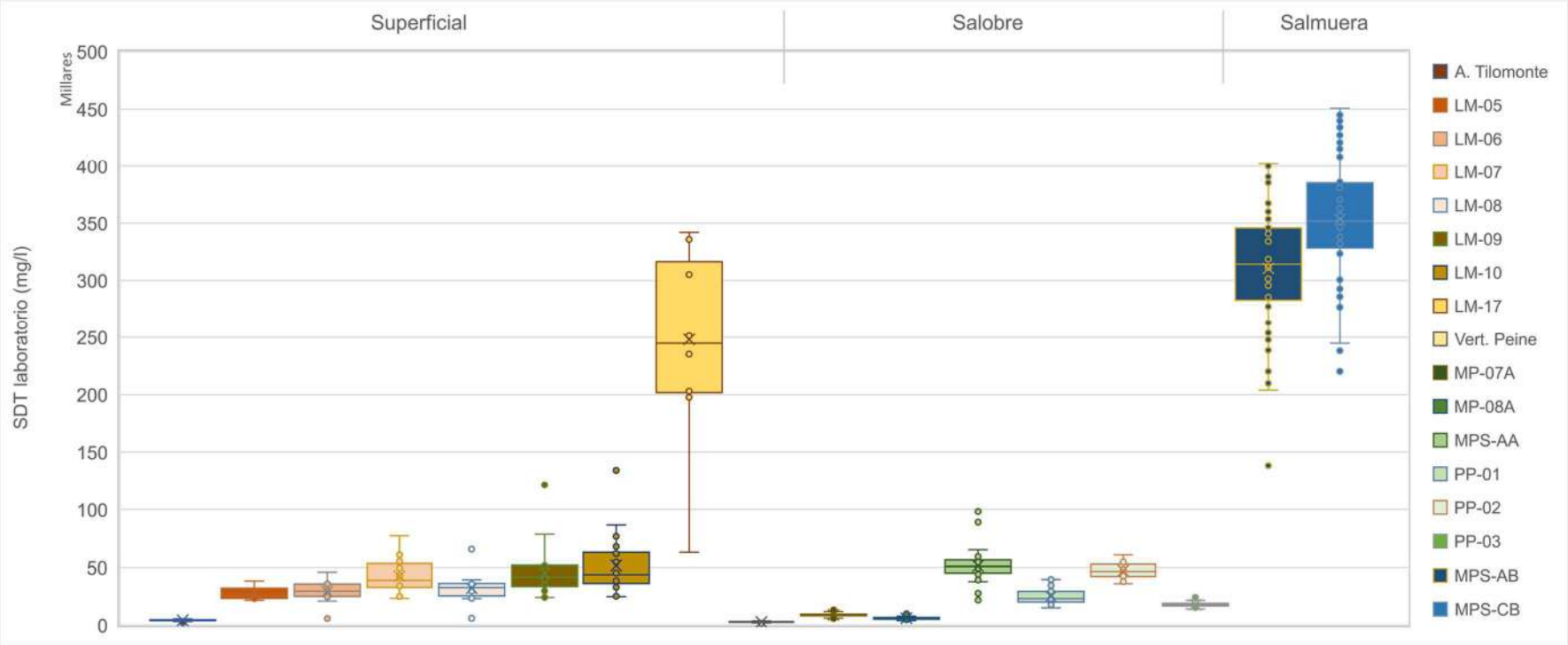
Las lagunas, representadas por los puntos LM-05 a LM-10, presentan valores de SDT, en general, por debajo de los 62.830 mg/l (P75). El punto LM-17 al estar cerca del Núcleo, y ser por lo tanto aguas muy salobres, presenta SDT altos, con una mediana de 244.650 mg/l. La vertiente Peine presenta valores muy estables en todo su registro, con mediana 2.836 mg/l. Los pozos profundos presentan medianas altas, de 314.233 mg/l y 352.067 mg/l.

Para los puntos PP-0X, los valores de medianas están entre 17.367 mg/l a los 46.584 mg/l.

Densidad

En la Figura 5-138 se presentan los datos de densidad medida en laboratorio. Estos indican que tanto la estación Anterepresa 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, lógicamente, las salmueras. Las aguas profundas presentan densidades más altas, con mediana de 1,2 g/ml. Esta característica ocurre en forma similar en las muestras del punto LM-17, más cercanas al Núcleo.

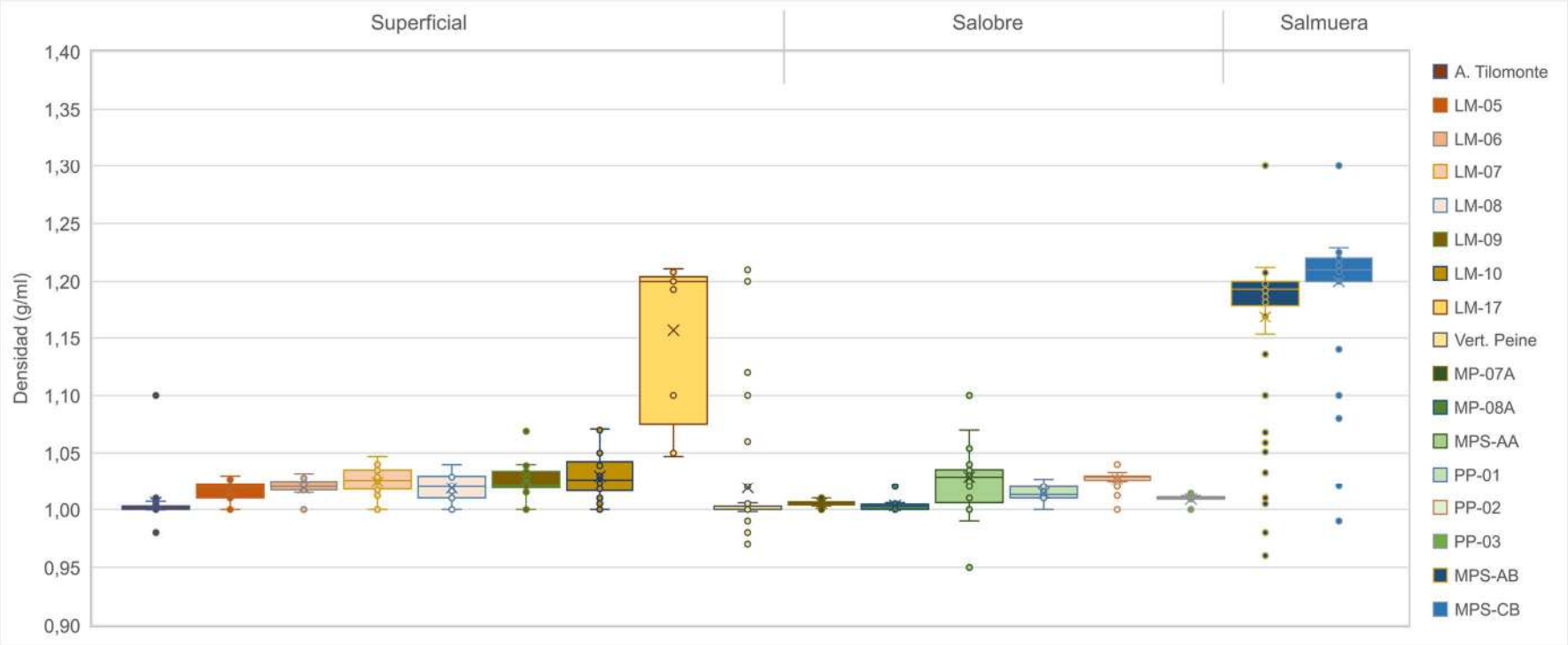
Figura 5-137 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	49	53
Min	2.180	21.750	5.802	23.350	6.020	23.960	24.750	62.833	1.700	5.833	3.967	21.801	14.980	36.000	14.100	138.278	220.160
P25	3.967	23.300	25.050	32.813	25.455	33.333	36.200	201.664	2.628	8.121	5.325	45.161	20.050	42.275	16.560	282.792	328.246
Mediana	4.180	25.800	29.440	38.817	32.644	41.567	43.735	244.650	2.836	8.975	5.960	50.718	22.980	46.584	17.367	314.233	351.733
P75	4.656	31.990	35.800	53.225	36.068	51.850	62.830	316.298	3.102	9.585	6.688	56.346	29.350	52.558	19.033	345.984	385.267
Max	5.460	38.220	45.933	77.133	65.600	121.367	134.167	342.000	3.702	13.100	9.860	98.280	39.633	60.500	24.080	401.992	450.794
RQ	689	8.690	10.750	20.412	10.613	18.517	26.630	114.634	474	1.464	1.363	11.185	9.300	10.283	2.473	63.192	57.021

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-138 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/ml), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	9	57	22	17	53	23	22	23	54	51
Min	0,980	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,047	0,970	1,000	1,000	0,950	1,000	1,000	1,000	0,960	0,990
P25	1,000	1,010	1,017	1,018	1,010	1,019	1,017	1,075	1,000	1,004	1,000	1,006	1,010	1,027	1,009	1,179	1,200
Mediana	1,000	1,020	1,020	1,026	1,020	1,021	1,027	1,200	1,000	1,005	1,003	1,029	1,013	1,029	1,010	1,193	1,210
P75	1,003	1,023	1,025	1,035	1,030	1,034	1,043	1,204	1,003	1,007	1,005	1,036	1,020	1,030	1,011	1,200	1,220
Max	1,100	1,030	1,032	1,047	1,040	1,070	1,071	1,211	1,210	1,010	1,020	1,100	1,027	1,040	1,014	1,300	1,300
RQ	0,003	0,013	0,008	0,017	0,020	0,015	0,026	0,129	0,003	0,003	0,005	0,030	0,010	0,003	0,002	0,021	0,020

Fuente: Elaboración propia

Variación Temporal de los parámetros de laboratorio

Las gráficas de datos temporales de laboratorio, de 2013 a 2020, para pH, CE, SDT y densidad se presenta en la Figura 5-139 y Figura 5-140. Todos estos valores se encuentran circunscritos dentro del rango histórico para cada serie.

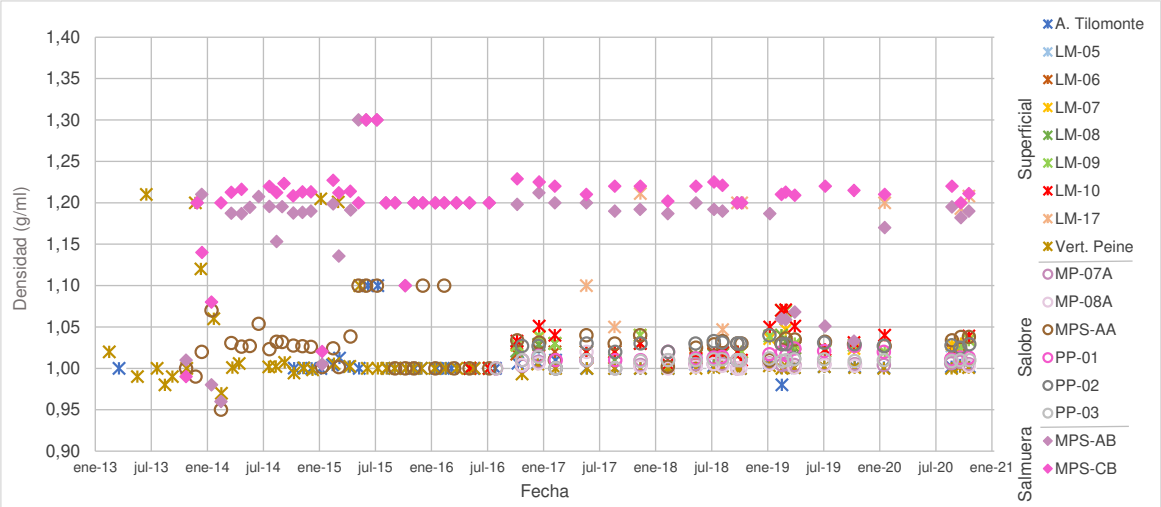
El registro de densidad muestra un comportamiento estable para toda la serie disponible, ésta se presenta con valores con poca variabilidad considerando la fuente de las aguas, aguas profundas con densidad mayor a 1,1 g/ml (más densas y pesadas, salvo MPS-AB en 2019); y aguas someras y superficiales con densidades menores, en general bajo los 1,04 g/ml.

El pH en general presenta valores que oscilan entre el rango neutro a neutro alcalino, con valores de 6,5 y 8,5. Los valores se mantienen estables, con leves variaciones estacionales dentro de los rangos de variación natural.

Los SDT, 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. (datos anómalos de MPS-AB de 2019 fueron removidos de la gráfica).

La CE, 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 µS/cm y los 269.000 µS/cm. Los valores registrados en el 2019 presentan valores altos, mayores de 200.000 µS/cm, con la excepción del pozo MPS-AB, cuyos datos fueron quitados por las diferencias metodológicas durante el muestreo. En el caso de las aguas someras, estas presentan mayor dispersión de los datos y rango de valores, entre los 5.000 µS/cm y 115.900 µS/cm, aproximadamente.

Figura 5-139 Variación Temporal: Densidad en laboratorio, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-140 Variación Temporal: pH, SDT, CE en laboratorio, Sector Peine

Fuente: Elaboración propia

Elementos Mayoritarios Disueltos

Los elementos mayoritarios disueltos, divididos en aniones y cationes, se presentan desde la Figura 5-141 a la Figura 5-148.

Aniones mayores

Los aniones que se analizan corresponden a cloruros (Cl^-), sulfatos ($SO4^{2-}$), bicarbonatos ($HCO3^-$) y nitratos ($NO3^-$). En cuanto a la evolución temporal, se observa que en general los valores medidos en el 2020, en relación a los rangos registrados en años anteriores se mantienen dentro de la variación natural. Como ya se ha mencionado, el pozo profundo MPS-AB presenta concentraciones similares a las aguas someras durante 2019 debido a un cambio en el método de monitoreo, valores que se consideran *outliers*.

Los registros de cloruros (Figura 5-141), permiten evidenciar un comportamiento distinto, con rangos diferenciados en magnitud, para las aguas profundas (MPS-AB y MPS-CB) con mediana de concentraciones en torno a 180.000 mg/l. Las aguas someras representadas por MPS-AA tienen una mediana de 23.906 mg/l, mientras que las aguas dulces de quebradas o vertientes tienen concentraciones bastante más bajas, como es el caso de estación Anterepresa Tilomonte (mediana de 1.656 mg/l) y Vertiente Peine (mediana de 917 mg/l). En la vertiente Anterepresa Tilomonte, los cloruros presentan poca variación en el tiempo, al igual que la Vertiente Peine, ambas con tendencia estable. Los registros de las lagunas presentan también un comportamiento estable en el tiempo, con medianas entre 13.912 mg/l (LM-05) y 23.149 mg/l (LM-10). El punto LM-17, cercano al Núcleo, tiene concentraciones mayores que el resto de los puntos de las lagunas, con un valor de mediana de 156.333 mg/l. Las aguas someras (salobres) tienen un amplio rango de concentraciones, con medianas que van desde 2.376 mg/l (MP-08A) a 24.305 mg/l (PP-02). La tendencia temporal de los registros es estable en el tiempo.

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.

De la gráfica de los bicarbonatos se observa que las aguas superficiales y salobres (someras) se encuentran en un rango de variación muy similar, con medianas que van entre los 140 mg/l y 400 mg/l, aproximadamente, a diferencia de las aguas profundas (salmuera), que están en torno a los 500 mg/l y 600 mg/l. La tendencia general de este parámetro es estable en el tiempo y los pozos profundos (MPS-AB y MPS-CB) presentan la mayor dispersión.

Para el nitrato se observa una gran dispersión de valores en todos los tipos de aguas. Sin embargo, en general, las aguas superficiales lagunares presentan menor concentración de nitratos, con medianas entre 0,50 mg/l y 1,33 mg/l (a excepción de Vertiente Peine con mediana de 4,92 mg/l, y LM-17 con mediana de 4,21 mg/l). Las concentraciones intermedias se observan en las aguas salobres, con medianas entre 1,28 mg/l y 4,32 mg/l, mientras que las mayores concentraciones se presentan en la salmuera, con medianas de 6,8 mg/l y 8,97 mg/l en MPS-AB y MPS-CB, respectivamente. Estas mediciones se encuentran entre los rangos históricos.

Las concentraciones medias de sulfatos en el sector se presentan en las lagunas de Peine, con medianas que van aumentando desde 1.870 mg/l en LM-05 a 3.417 mg/l en LM-10. 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 de valor de mediana de hasta 14.768 mg/l en MPS-CB.

Cationes mayores

Los cationes que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}) representados en la Figura 5-145 a Figura 5-148. En cuanto a la evolución temporal, se observa que, para los cationes analizados, en general los valores medidos en el 2020, en relación a los rangos registrados en años anteriores, se mantienen dentro de la variación natural.

El pozo somero MPS-AA presenta un alto contenido de calcio, con mediana de 1.350 mg/l. En el resto de los pozos someros, los valores son menores, con un rango de medianas entre 271 mg/l (PP-03) y 443 mg/l (PP-02). En las aguas superficiales destaca el punto de monitoreo LM-17, con una mediana de 1.131 mg/l. Dentro de los pozos profundos, estos presentan valores de mediana entre 401 mg/l en MPS-CB y 817 mg/l en MPS-AB.

El potasio, magnesio y sodio disueltos muestran que las aguas profundas (salmueras) son las que tienen mayores concentraciones de estos elementos. Se observan concentraciones diferenciadas entre las aguas profundas (salmueras), las aguas someras (salobres) y aguas superficiales. Las concentraciones para el año 2020, se acotan dentro de los rangos históricos.

Para el potasio los mayores valores de concentración se dan en los pozos de salmuera, con medianas entre 14.000 mg/l y 20.500 mg/l. Las lagunas presentan medianas entre 1.031 mg/l (LM-05) y 1.636 mg/l (LM-10), con LM-17 con mediana de 3.728 mg/l. Las aguas salobres muestran un comportamiento disímil, ya que los pozos MP-07A y MP-08A tienen medianas

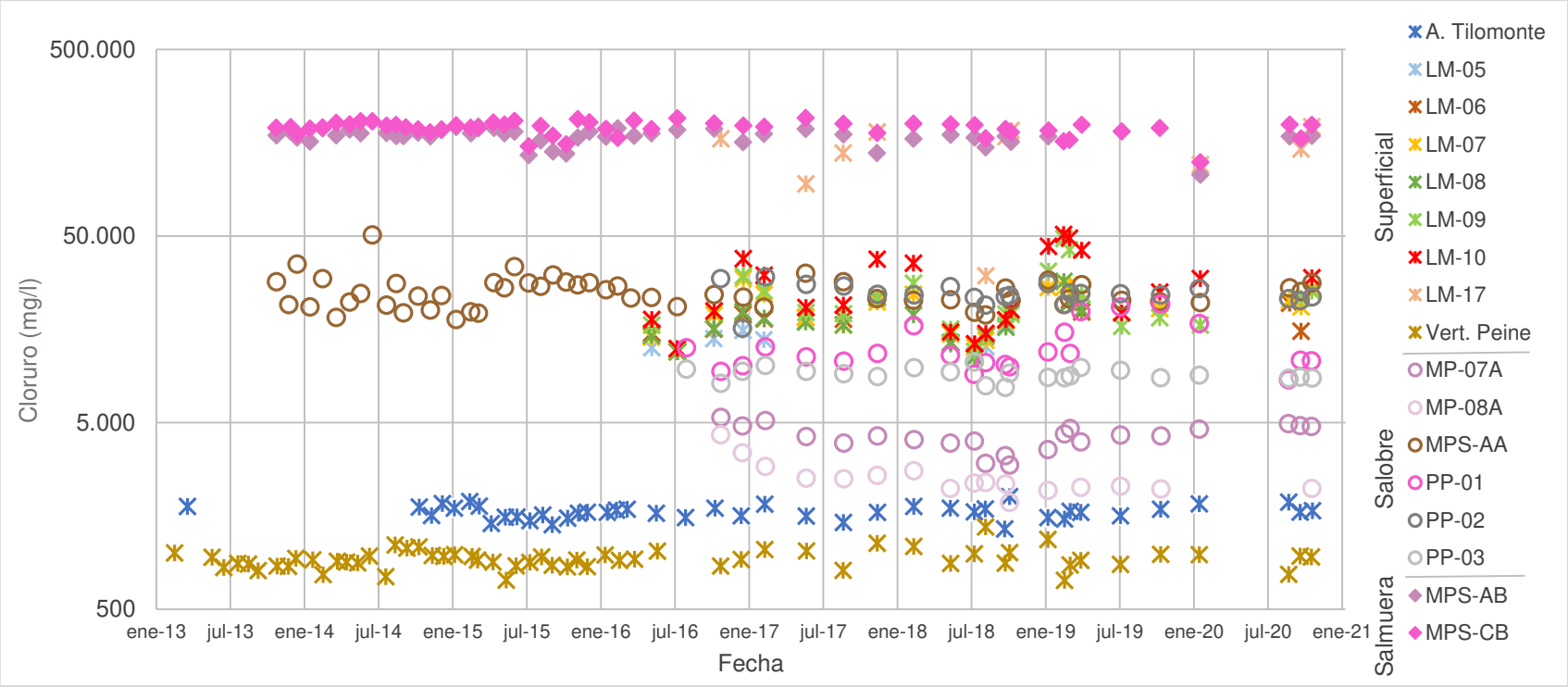
bajas, entre 100 mg/l y 300 mg/l, mientras que el resto de pozos tiene mediana mayor, similar a la de las lagunas, con medianas entre 709 mg/l (PP-03) y 2.188 (PP-02).

Las concentraciones de magnesio para las aguas superficiales muestran un valor de medianas entre 566 mg/l (LM-05) y 1.015 mg/l (LM-10): sin embargo, Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine tienen medianas más bajas que las lagunas (de 138 mg/l y 81 mg/l, respectivamente). LM-17 destaca por una mediana de 2.024 mg/l. Estos valores contrastan con los de las salmueras (aguas profundas), con valor promedio de magnesio en torno a los 8.000 mg/l, aproximadamente.

En el caso del sodio las concentraciones de la salmuera presentan un rango de mediana entre 80.000 mg/l y 90.000 mg/l. LM-17 tiene una mediana en el mismo rango, lo que se explica por su ubicación, más cercana al Núcleo. Para el resto de las aguas superficiales, las medianas varían entre 7.022 mg/l (LM-05) y 11.694 mg/l (LM-10). En cambio, las aguas salobres tienen medianas que varían entre 1.219 mg/l (MP-08A) y 12.724 mg/l (PP-02), siendo las medianas de PP-02 y MPS-AA cercanas a las de las aguas lagunares.

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.

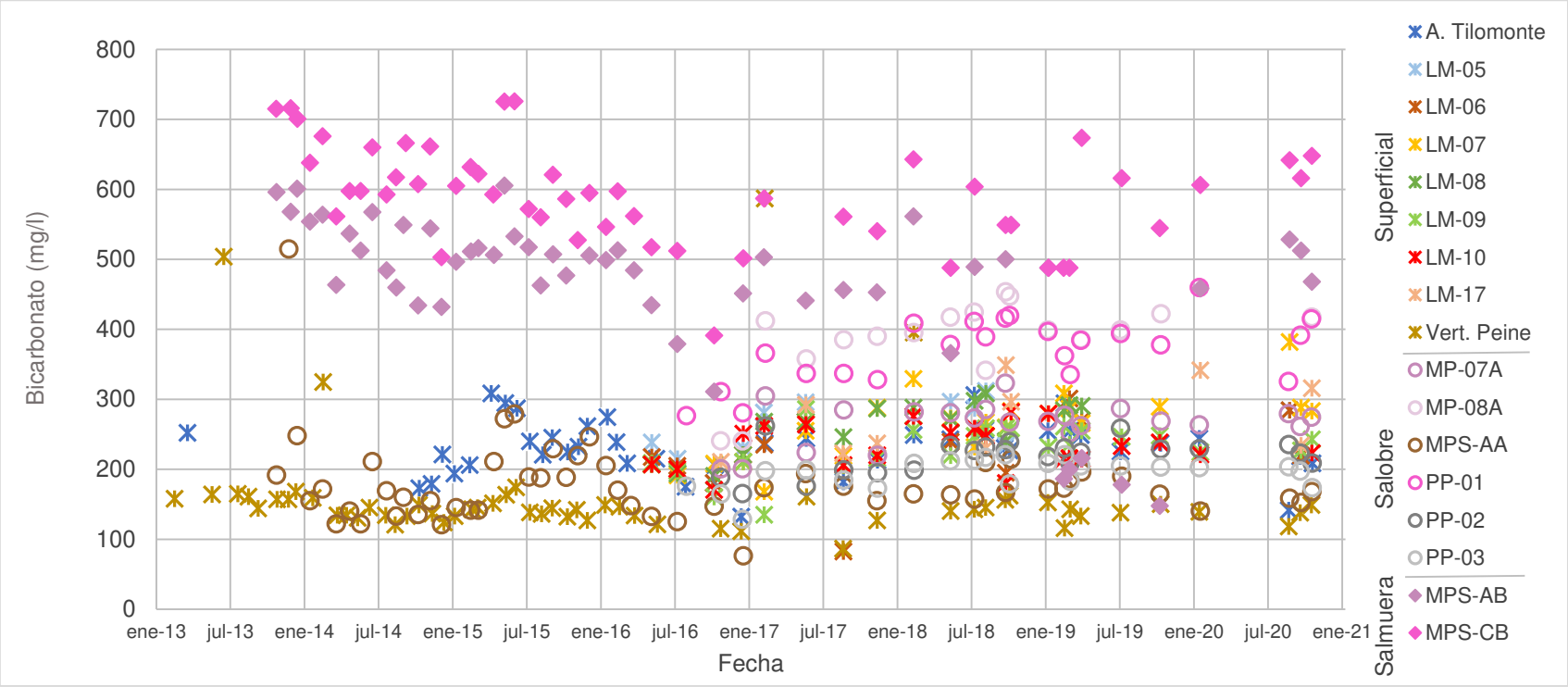
Figura 5-141 Variación Temporal: Cl en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	49	54
Min	1.345	11.370	12.009	12.300	11.230	12.037	12.494	30.596	713	2.966	1.869	17.890	8.498	16.015	7.716	106.435	124.174
P25	1.564	12.597	14.551	16.211	14.574	16.634	17.841	114.310	860	3.887	2.220	21.474	10.254	23.329	8.710	167.295	181.639
Mediana	1.656	13.912	17.616	20.657	17.013	19.449	23.149	156.333	917	4.249	2.376	23.906	11.494	24.305	8.973	173.083	191.416
P75	1.743	16.704	19.048	24.761	20.007	25.423	37.664	181.364	981	4.782	2.686	28.021	15.235	26.841	9.546	181.329	199.258
Max	2.006	22.074	22.602	29.604	28.512	48.410	51.022	192.798	1.382	5.332	4.305	50.652	21.639	30.209	10.551	205.823	214.413
RQ	179	4.107	4.497	8.550	5.433	8.789	19.823	67.054	121	895	466	6.547	4.981	3.512	836	14.034	17.619

Fuente: Elaboración propia

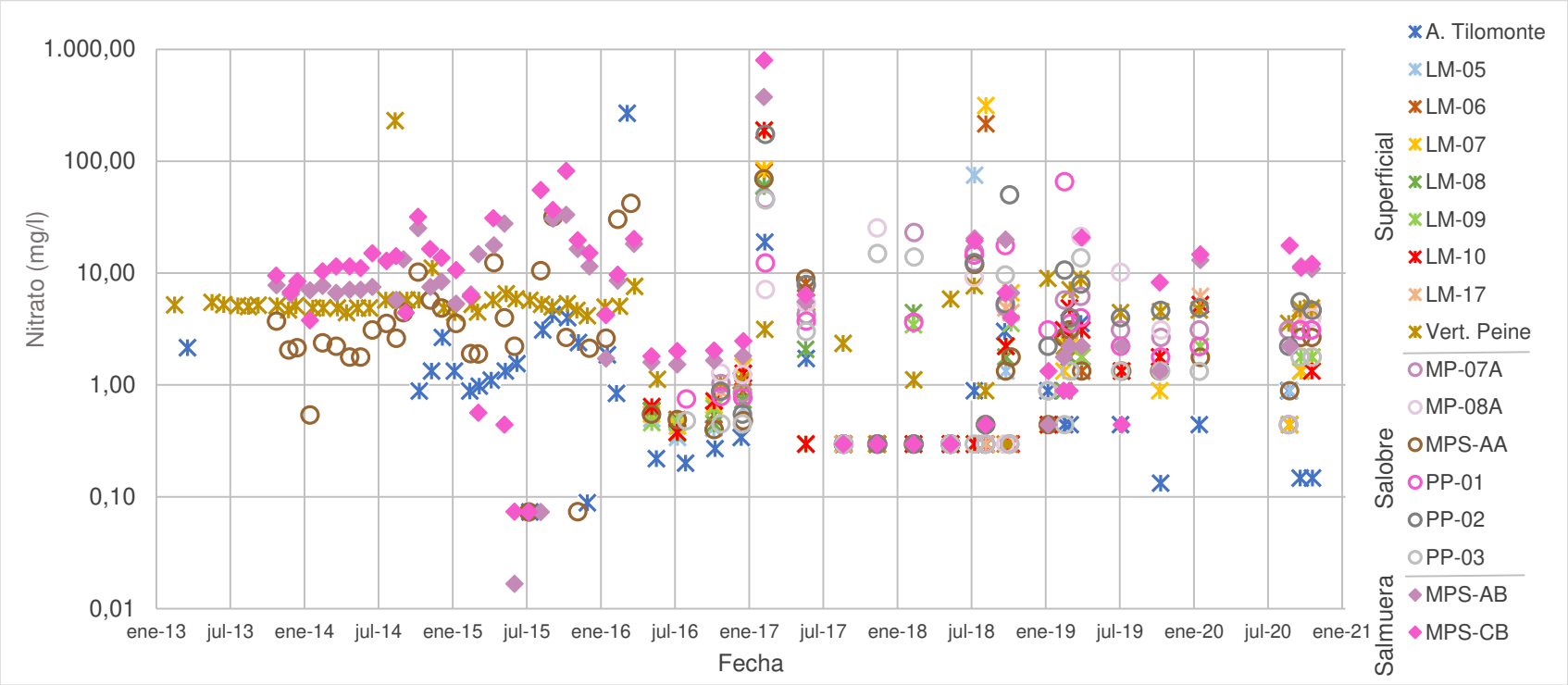
Figura 5-142 Variación Temporal: HCO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	52	52
Min	132,1	180,5	82,4	168,0	190,6	135,0	170,5	210,6	86,7	200,6	240,7	76,2	276,5	165,5	128,6	147,7	391,2
P25	208,6	230,7	204,8	216,9	225,6	210,6	212,8	228,7	133,0	258,9	371,5	146,9	335,5	199,0	179,3	451,8	547,1
Mediana	234,6	281,0	235,0	270,2	270,0	235,5	228,1	264,5	142,7	271,0	398,9	169,0	378,2	225,7	202,5	497,8	597,6
P75	252,7	296,0	268,0	287,9	289,8	256,2	259,5	322,4	157,0	282,6	419,9	194,6	408,7	232,4	208,6	531,8	640,8
Max	308,7	312,3	301,3	381,9	308,7	286,0	281,8	348,9	587,0	323,3	453,8	515,0	459,9	262,0	220,8	605,5	725,7
RQ	44,1	65,3	63,2	71,0	64,2	45,6	46,7	93,7	24,0	23,7	48,4	47,7	73,2	33,4	29,3	80,0	93,7

Fuente: Elaboración propia

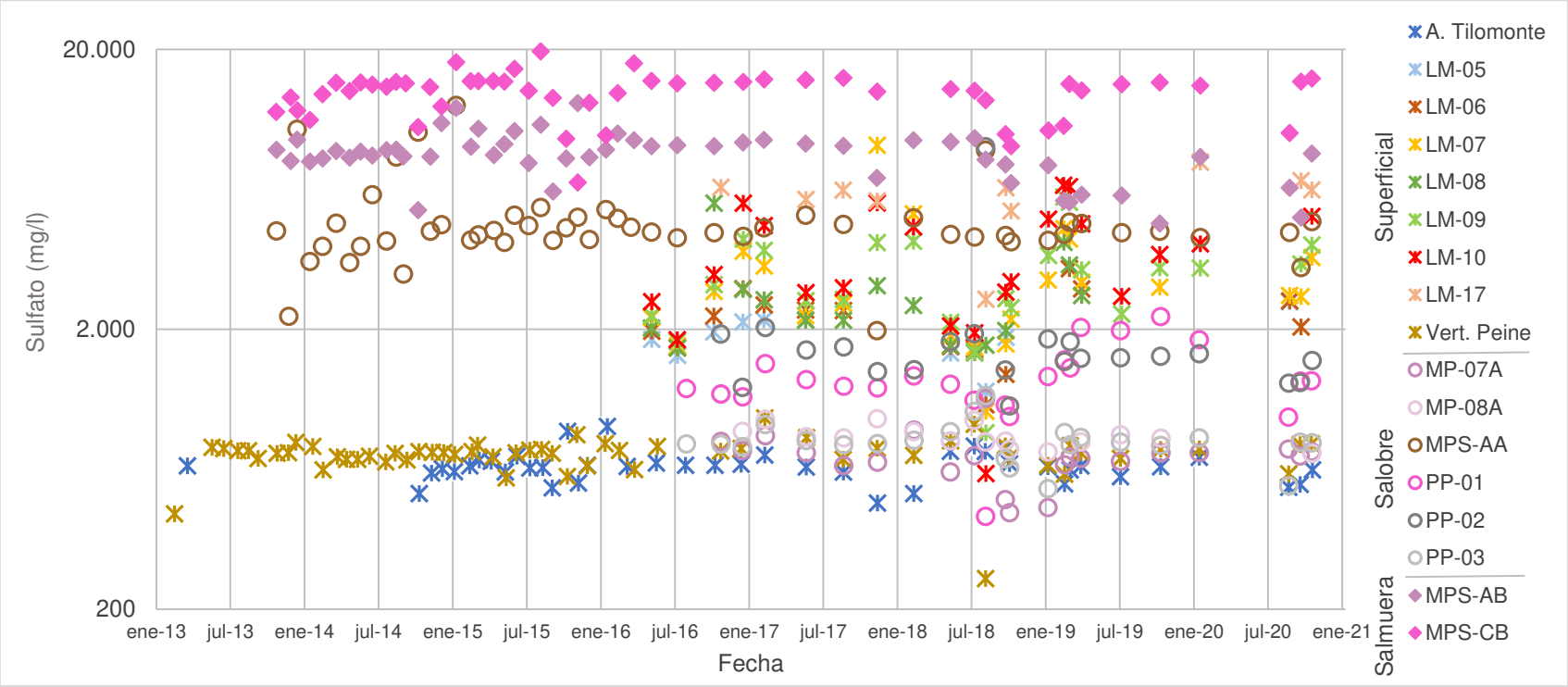
Figura 5-143 Variación Temporal: NO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	54	54
Min	0,07	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,07	0,30	0,30	0,30	0,02	0,07
P25	0,30	0,30	0,44	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	4,43	0,71	0,30	0,80	0,44	0,52	0,44	1,71	1,69
Mediana	0,89	0,50	0,87	0,77	0,66	1,33	0,68	4,21	4,96	3,10	1,28	2,18	2,21	4,32	1,33	6,84	8,97
P75	1,86	1,33	2,21	1,88	1,77	2,21	2,44	5,02	5,70	5,19	8,13	3,78	3,72	7,91	3,01	12,90	15,07
Max	269,13	75,29	215,67	315,31	59,34	186,44	189,99	6,19	230,17	46,06	25,29	69,53	65,54	173,60	45,17	374,66	801,57
RQ	1,56	1,03	1,77	1,58	1,47	1,91	2,14	4,72	1,27	4,48	7,83	2,98	3,28	7,39	2,57	11,19	13,38

Fuente: Elaboración propia

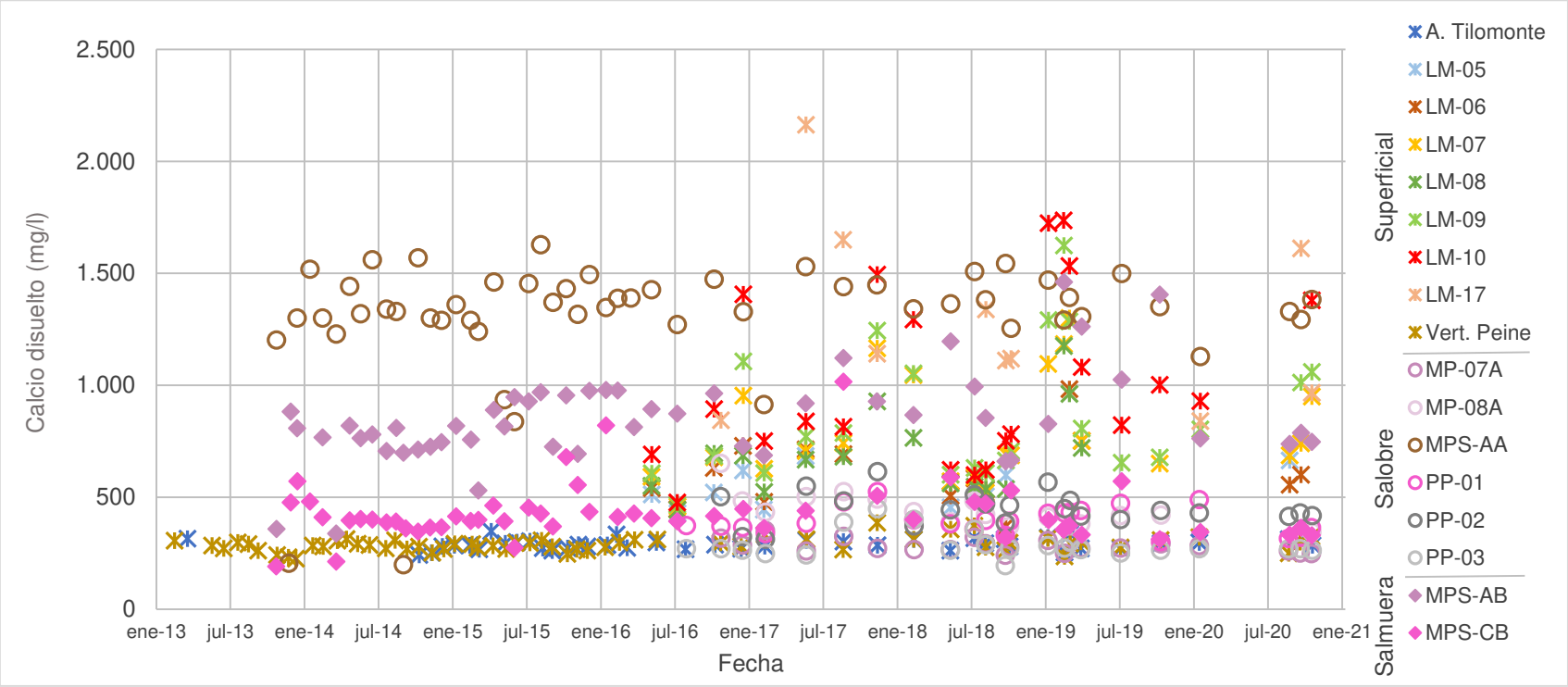
Figura 5-144 Variación Temporal: SO_4 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	54	54
Min	479	1.201	1.076	1.019	1.649	854	610	2.564	257	443	722	1.978	429	1.066	539	4.779	6.695
P25	617	1.646	1.721	2.103	1.814	2.268	2.598	5.635	687	656	793	4.166	1.149	1.427	770	7.829	12.788
Mediana	647	1.870	2.230	2.687	2.293	3.264	3.417	6.294	727	707	819	4.468	1.305	1.593	786	8.557	14.768
P75	678	2.159	2.527	3.661	2.840	4.001	4.976	6.526	757	741	906	4.888	1.506	1.817	823	9.320	15.365
Max	900	2.511	3.297	9.093	5.645	5.935	6.536	7.911	964	1.131	1.174	12.636	2.223	8.971	1.159	12.874	20.175
RQ	61	513	806	1.558	1.026	1.733	2.378	891	70	85	113	722	357	390	53	1.491	2.577

Fuente: Elaboración propia

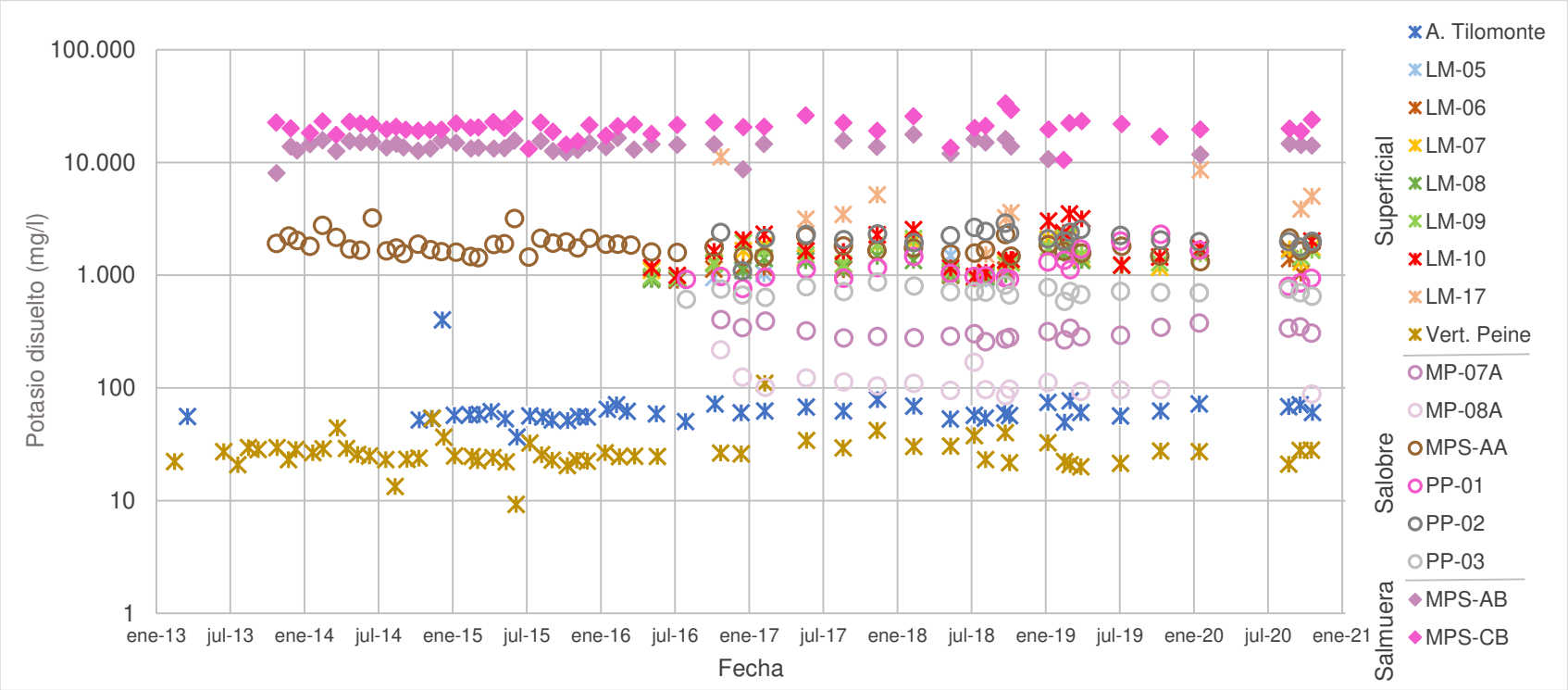
Figura 5-145 Variación Temporal: Ca disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	52	54
Min	242	428	371	460	443	467	477	840	226	241	345	199	303	313	195	338	192
P25	273	456	506	618	540	631	736	936	269	260	388	1.292	359	412	264	731	364
Mediana	287	521	584	699	675	772	866	1.131	291	277	423	1.350	384	443	271	817	401
P75	304	620	714	976	754	1.059	1.386	1.621	307	300	488	1.450	434	490	288	953	466
Max	348	685	983	1.300	1.176	1.624	1.736	2.164	387	352	652	1.628	525	615	449	1.461	1.016
RQ	31	164	208	358	214	428	650	685	38	40	100	158	75	78	24	222	102

Fuente: Elaboración propia

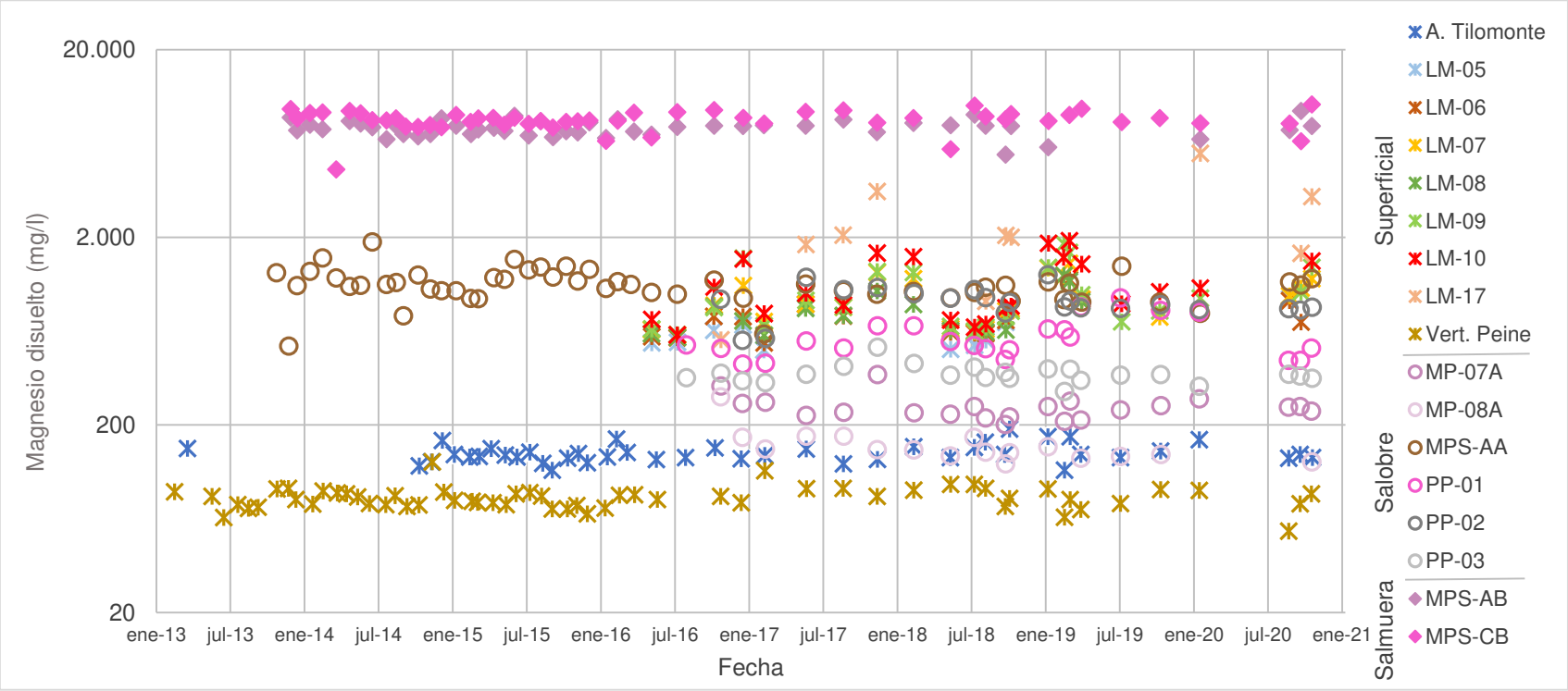
Figura 5-146 Variación Temporal: K disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	58	22	17	54	23	22	23	47	53
Min	37	900	902	923	914	935	971	1.525	9	257	85	1.318	764	1.094	585	8.034	10.550
P25	55	922	999	1.154	980	1.214	1.215	3.205	23	281	95	1.597	938	1.991	666	13.004	19.105
Mediana	59	1.031	1.121	1.360	1.214	1.446	1.636	3.728	26	305	101	1.761	989	2.188	709	14.090	20.558
P75	68	1.346	1.382	1.836	1.397	1.759	2.327	6.016	29	343	118	1.940	1.360	2.389	755	15.100	22.497
Max	400	1.648	1.861	2.164	1.865	2.269	3.494	11.215	110	402	218	3.210	2.312	2.895	872	17.730	33.420
RQ	13	424	383	682	417	545	1.112	2.811	6	62	23	343	422	398	89	2.096	3.392

Fuente: Elaboración propia

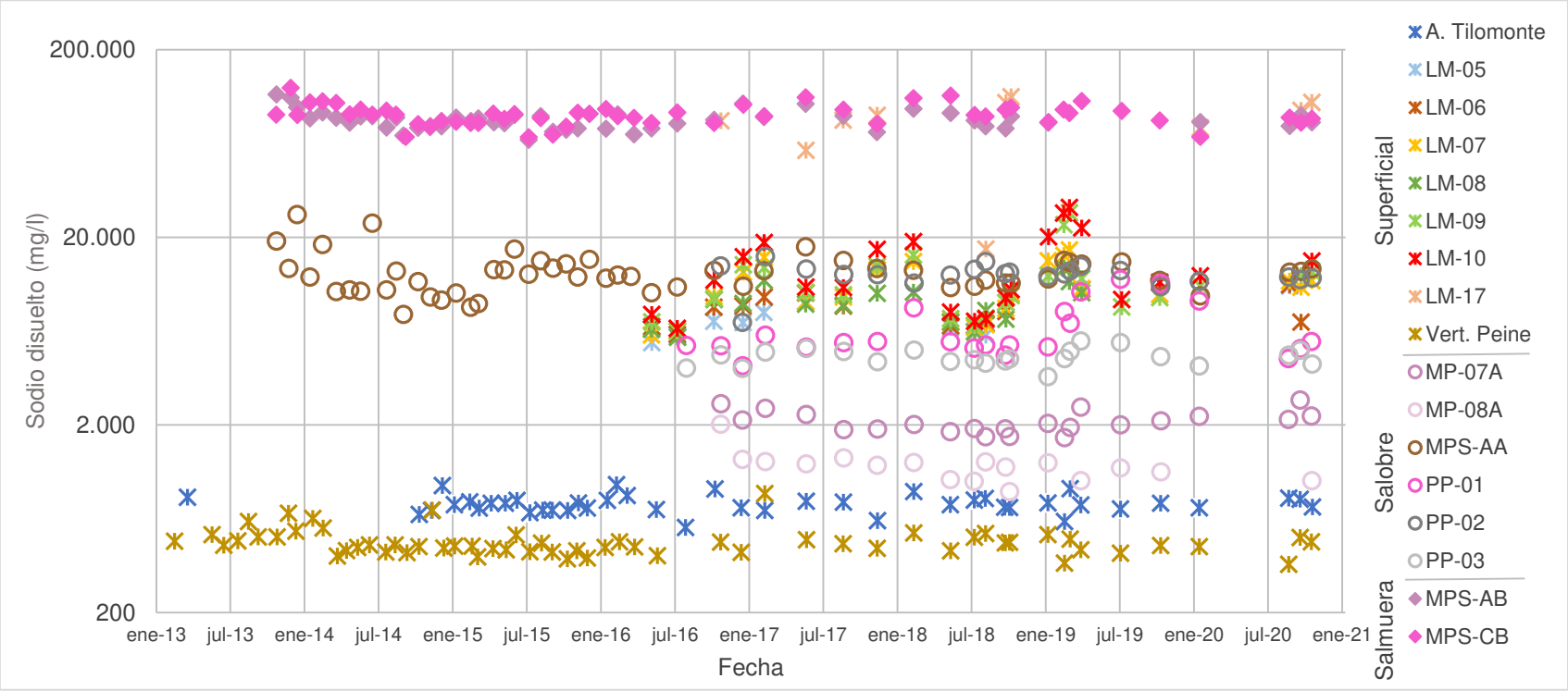
Figura 5-147 Variación Temporal: Mg disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	47	52
Min	115	501	547	602	587	607	604	568	54	201	124	527	423	565	302	5.510	4.602
P25	133	533	614	697	627	676	771	1.461	75	224	137	997	503	830	354	7.110	8.081
Mediana	138	566	721	875	741	849	1.015	2.024	81	245	147	1.112	534	888	369	7.759	8.477
P75	150	705	882	1.201	901	1.311	1.542	3.354	88	262	172	1.216	676	1.015	396	8.080	9.154
Max	190	936	1.192	1.452	1.256	1.843	1.919	5.599	127	371	283	1.890	951	1.264	520	9.423	10.220
RQ	17	172	268	504	274	635	771	1.893	13	38	35	219	173	185	42	970	1.073

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-148 Variación Temporal: Na disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



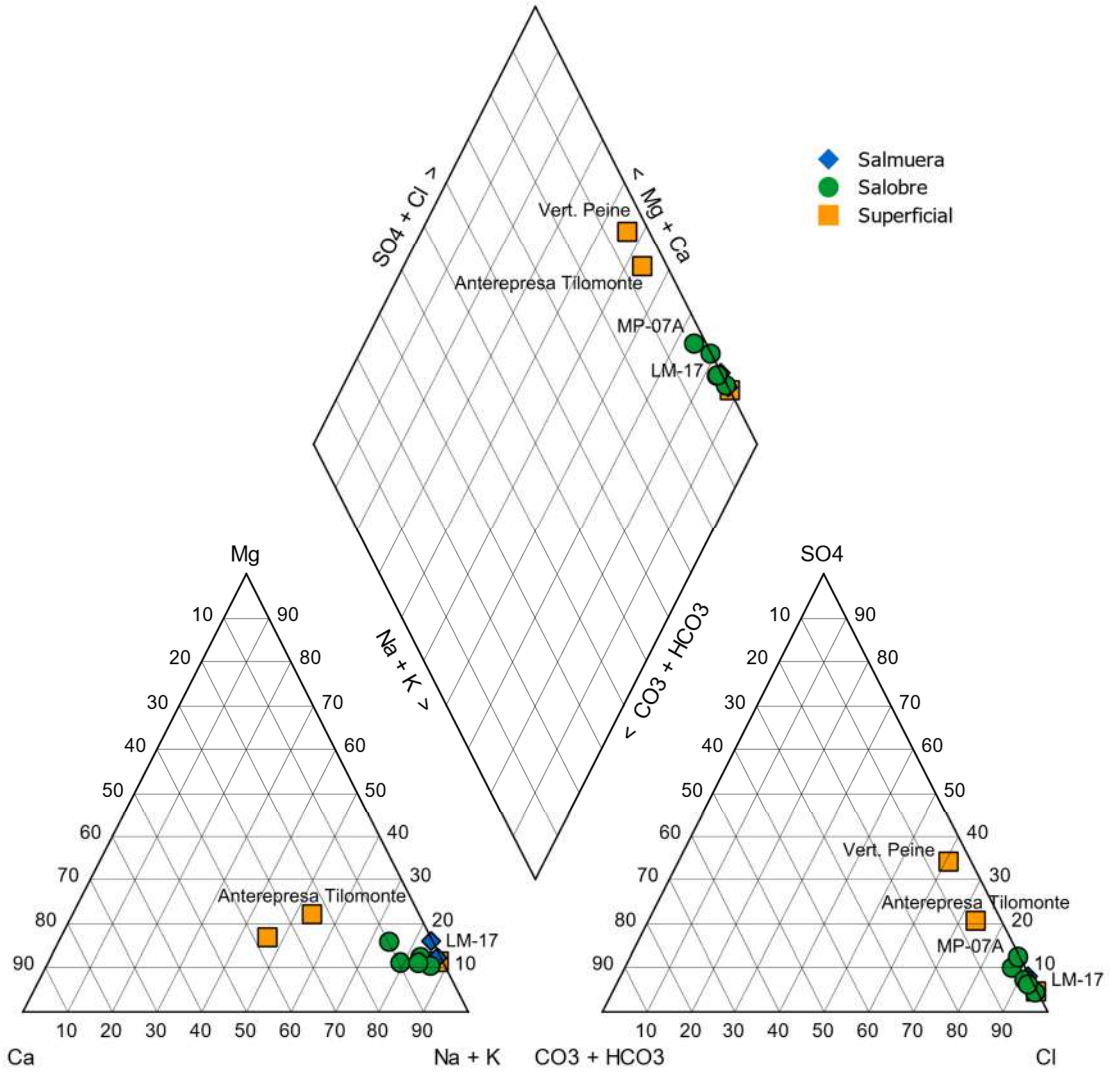
	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	49	54
Min	568	5.483	6.087	6.036	5.871	6.322	6.550	17.330	362	1.713	883	7.780	4.132	7.039	3.616	66.159	68.254
P25	709	6.025	6.782	8.051	7.113	8.499	8.991	72.100	427	1.899	1.016	10.838	5.194	12.083	4.266	77.535	82.078
Mediana	752	7.022	8.492	10.387	8.831	10.160	11.694	86.880	457	2.024	1.219	12.646	5.493	12.724	4.516	83.950	89.775
P75	794	8.950	10.100	13.803	10.202	13.810	18.800	104.325	505	2.244	1.273	14.404	8.032	13.530	4.938	89.175	95.840
Max	959	11.010	13.796	17.112	13.640	26.989	28.860	112.148	861	2.720	2.020	26.462	11.960	15.820	5.599	115.492	125.235
RQ	85	2.925	3.318	5.752	3.089	5.311	9.809	32.225	78	345	257	3.566	2.838	1.447	672	11.640	13.762

Fuente: Elaboración propia

Desde la Figura 5-149 a la Figura 5-152, se presentan Diagramas de Piper con la clasificación de las aguas, para las campañas de enero, agosto, septiembre y octubre de 2020. Se puede observar que, para este sector, todas las muestras y todas las aguas son del tipo cloruradas sódicas, misma clasificación otorgada históricamente, y la variación de los contenidos porcentuales de los elementos mayoritarios entre una campaña y otra no ha sido significativa.

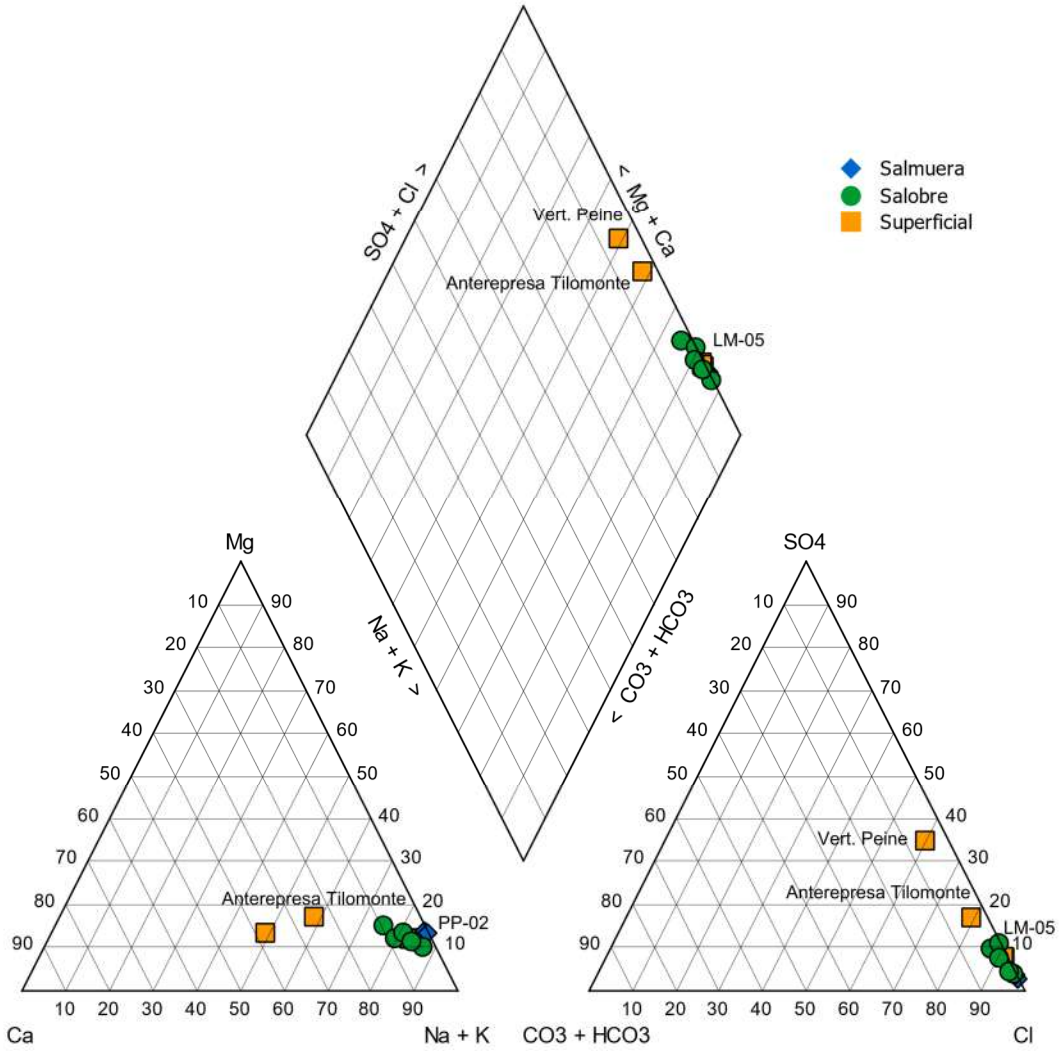
Dentro de esta composición clorurada sódica, las muestras con menores porcentajes de cloruros y sodio son la muestra superficial de Anterepresa Tilomonte y Vertiente, coherente con la menor salinidad de estas dos muestras. A su vez, LM-17 proporcionalmente tiene más sodio que las muestras de salmueras.

Figura 5-149 Diagrama de Piper, Campaña enero 2020 Sector Peine



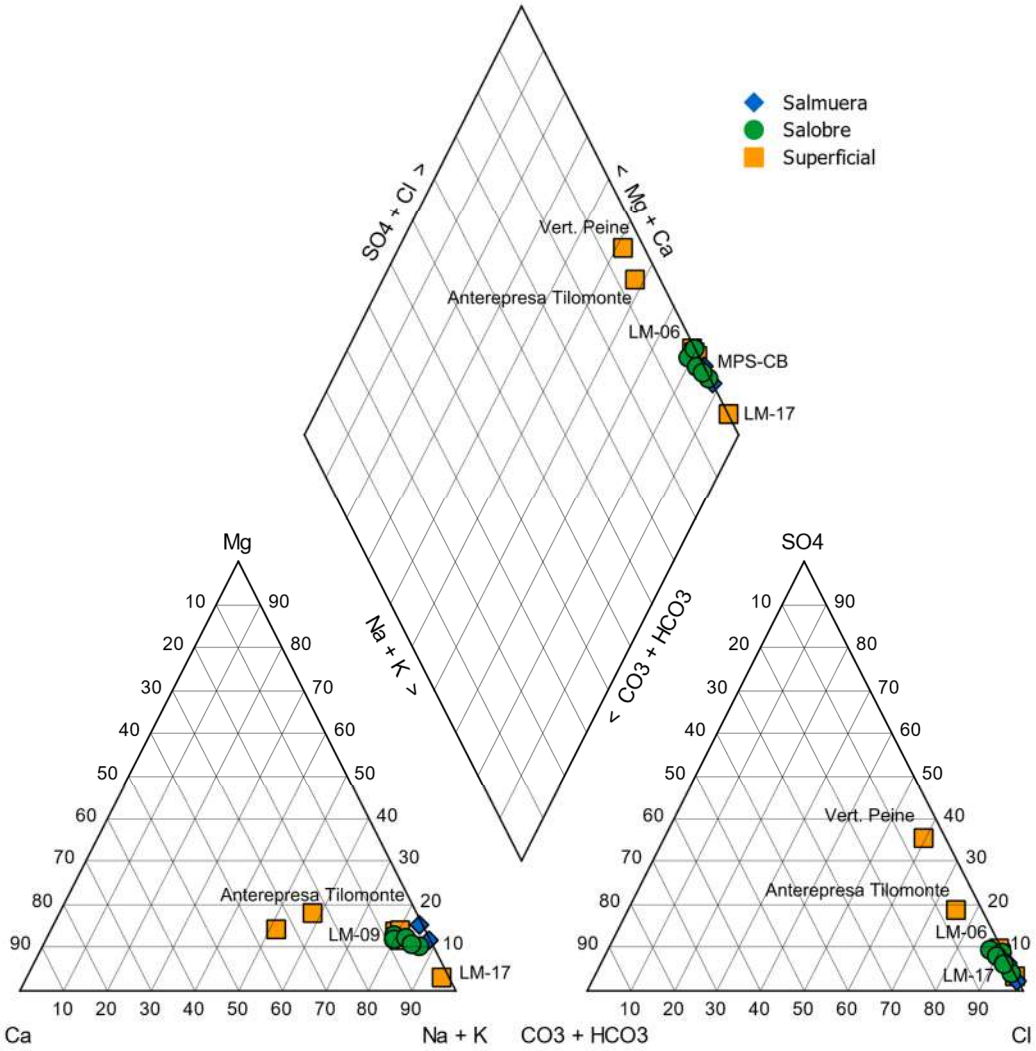
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-150 Diagrama de Piper, Campaña agosto 2020, Sector Peine



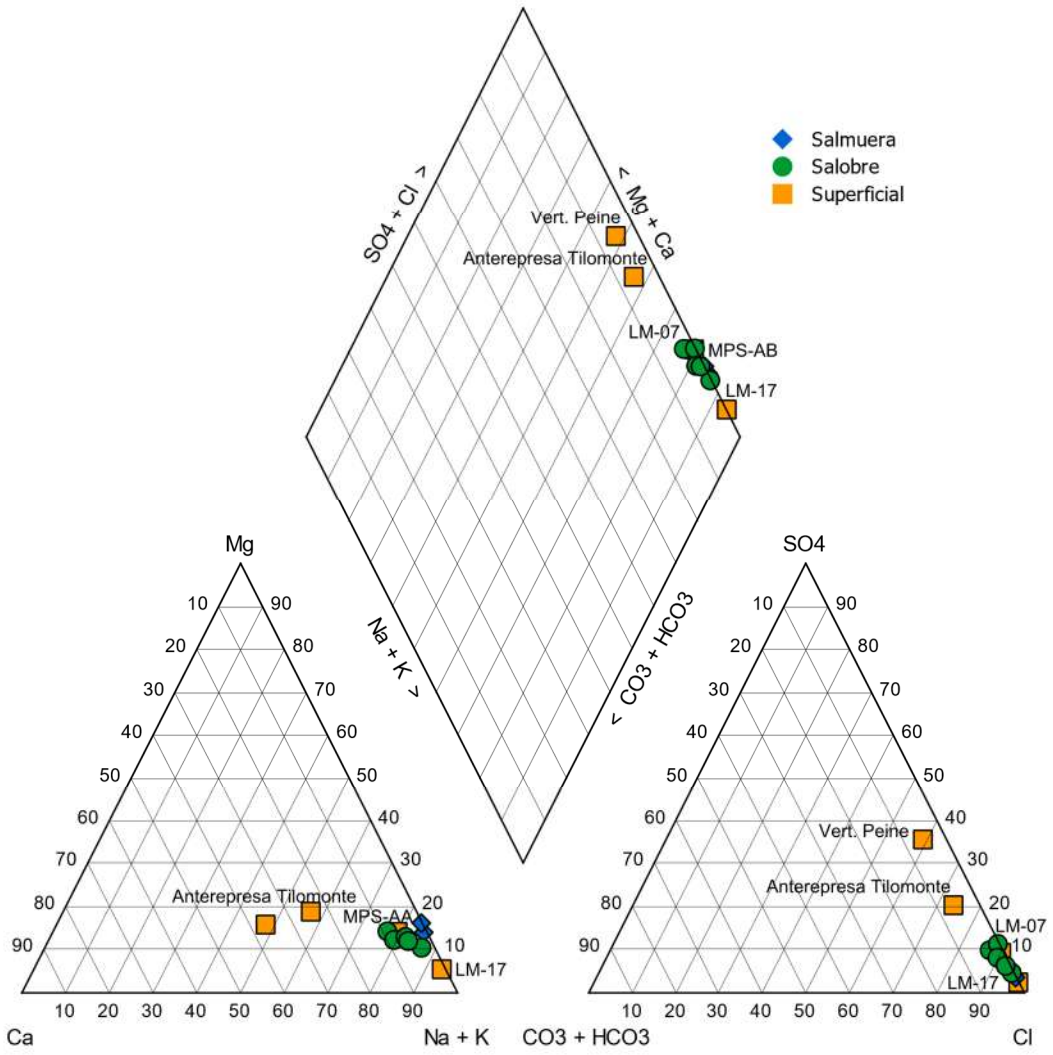
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-151 Diagrama de Piper, septiembre 2020, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-152 Diagrama de Piper, octubre 2020, Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Elementos Mayoritarios Totales

Los elementos mayoritarios totales analizados corresponden a calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K), y en la Figura 5-153 a Figura 5-156 se presenta la evolución temporal en el período 2013-2020 y los estadígrafos de cada serie.

En términos generales, se aprecian tendencias estables que se comportan dentro de la variabilidad natural histórica.

En cuanto a calcio, las aguas someras, representado por MPS-AA para los registros históricos, presenta concentraciones de mediana 1.436 mg/l, con un valor máximo de concentración de

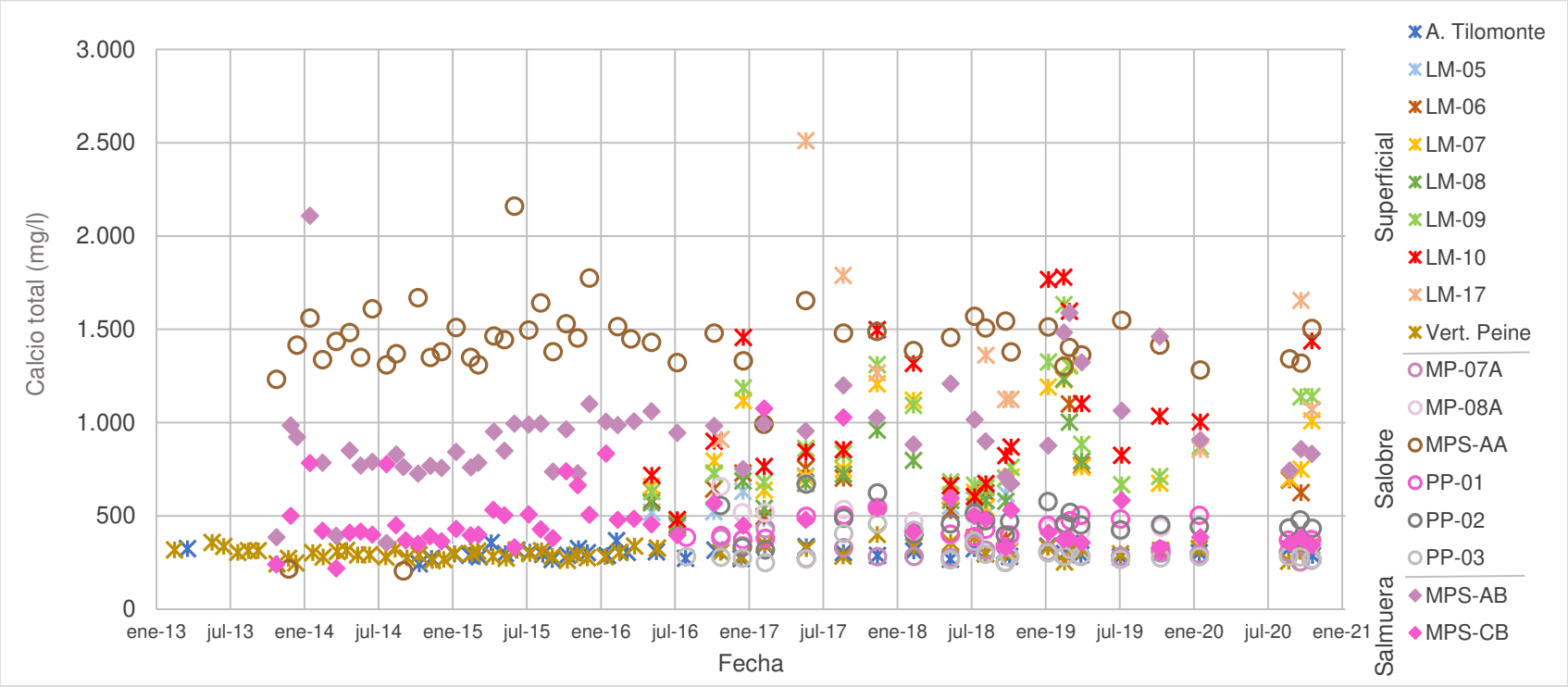
2.160 mg/l. Los puntos someros MP-07A y PP-03 presentan valores menores, con medianas de 290 mg/l y 282 mg/l, respectivamente, con el resto de pozos someros con medianas en torno a 450 mg/l. Las aguas profundas (salmuera) presentan medianas de 934 mg/l en MPS-AB, y 429 mg/l en MPS-CB. Las muestras lagunares presentan concentraciones de medianas entre 625 mg/l (LM-06) y 884 mg/l (LM-10), mientras que en LM-17 la mediana alcanza un valor de 1.196 mg/l. Las muestras de Anterepresa Tilomonte, junto con Vertiente Peine, presentan medianas similares prácticamente de 300 mg/l, menor a las lagunas.

Las concentraciones de potasio total se encuentran sobre los 7.000 mg/l para las aguas profundas, y bajo 5.000 mg/l para las aguas someras y superficiales, con tendencias estables durante todo el período de monitoreo, con la excepción del alza de inicios de 2019 en las lagunas debido a las precipitaciones y el efecto de la evaporación. La mediana de menor concentración es de 26 mg/l para la Vertiente Peine, mientras que la más alta es de 21.502 mg/l para MPS-CB.

El magnesio presenta un comportamiento similar al del potasio, con concentraciones en dos rangos claramente diferenciado. Uno para los pozos profundos (salmuera) y otra para los someros y aguas superficiales. Las aguas profundas registran valores, en general, entre los 7.361 mg/l (P25 de MPS-AB) y los 9.671 mg/l (P75 de MPS-CB). Las aguas superficiales presentan concentraciones mínimas, representadas por la Vertiente Peine, con mediana de 84 mg/l, y máximas, con mediana de 1.022 mg/l para LM-10. LM-17 tiene, a su vez, una mediana de 2.062 mg/l. Las aguas someras (salobres) son representadas por MPS-AA, con mediana de 1.170 mg/l, con el resto de los puntos de aguas someras, ubicadas al borde del salar, presentando medianas entre 154 mg/l (MP-08A) y 907 mg/l (PP-02).

Las concentraciones de sodio total también muestras diferencias dependiendo de su clasificación, y son, en general, estables. Para las aguas profundas (salobres) se encuentran por sobre una concentración de P25 por sobre 80.000 mg/l. El punto LM-17, presenta concentraciones similares a los contenidos de las salmueras, con P25 de 73.533 mg/l. Las aguas someras y superficiales, varían desde 676 mg/l (A. Tilomonte) hasta los 32.020 mg/l (LM-10).

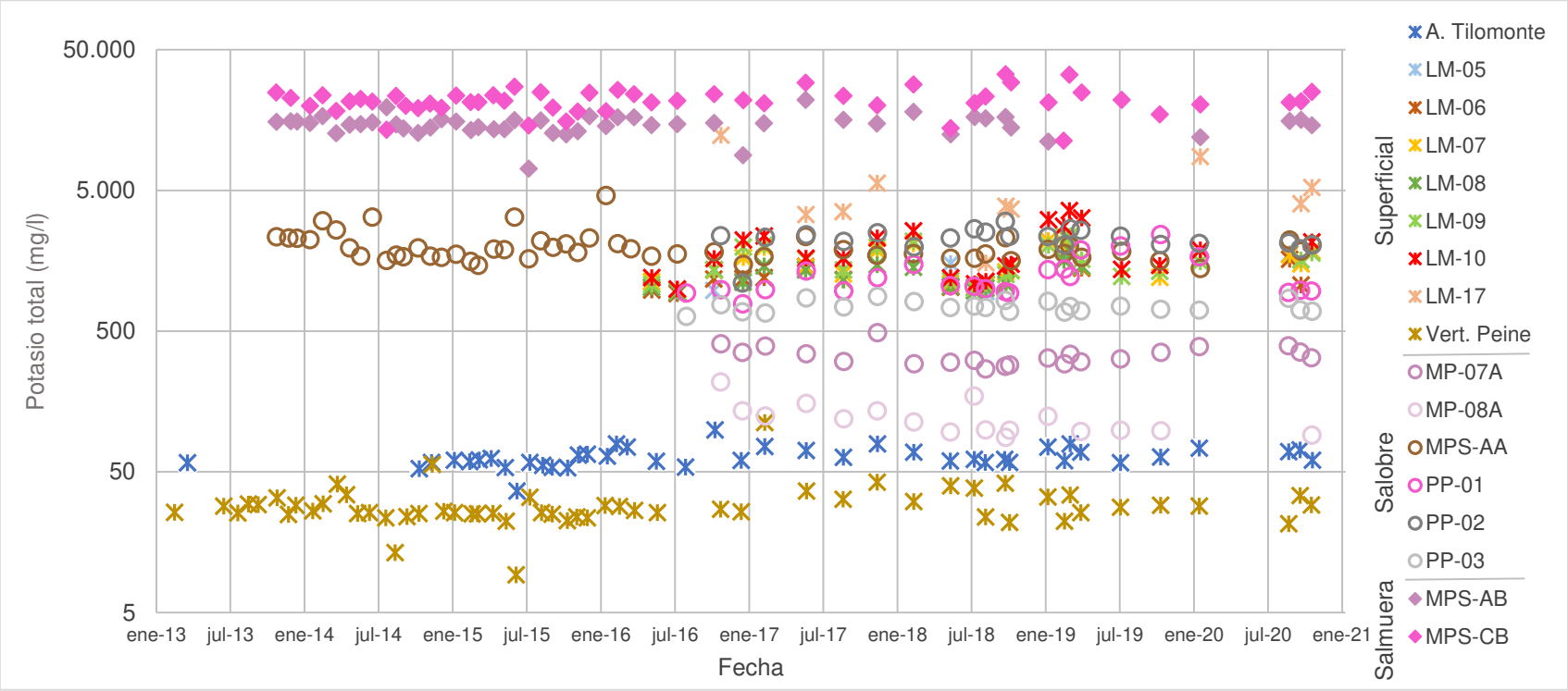
Figura 5-153 Variación Temporal: Ca total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	53	23	22	23	54	53
Min	244	438	381	468	460	478	480	856	243	251	360	206	319	319	250	356	220
P25	288	509	528	653	573	681	753	1.030	283	280	408	1.346	373	432	269	767	379
Mediana	303	553	625	729	681	834	884	1.196	304	290	471	1.436	402	458	282	904	429
P75	324	632	730	1.119	797	1.140	1.443	1.689	321	327	526	1.512	483	516	301	1.006	520
Max	368	715	1.100	1.312	1.235	1.632	1.780	2.510	401	432	675	2.160	544	670	458	2.109	1.075
RQ	36	123	202	466	224	459	690	659	38	47	118	166	110	84	32	239	141

Fuente: Elaboración propia

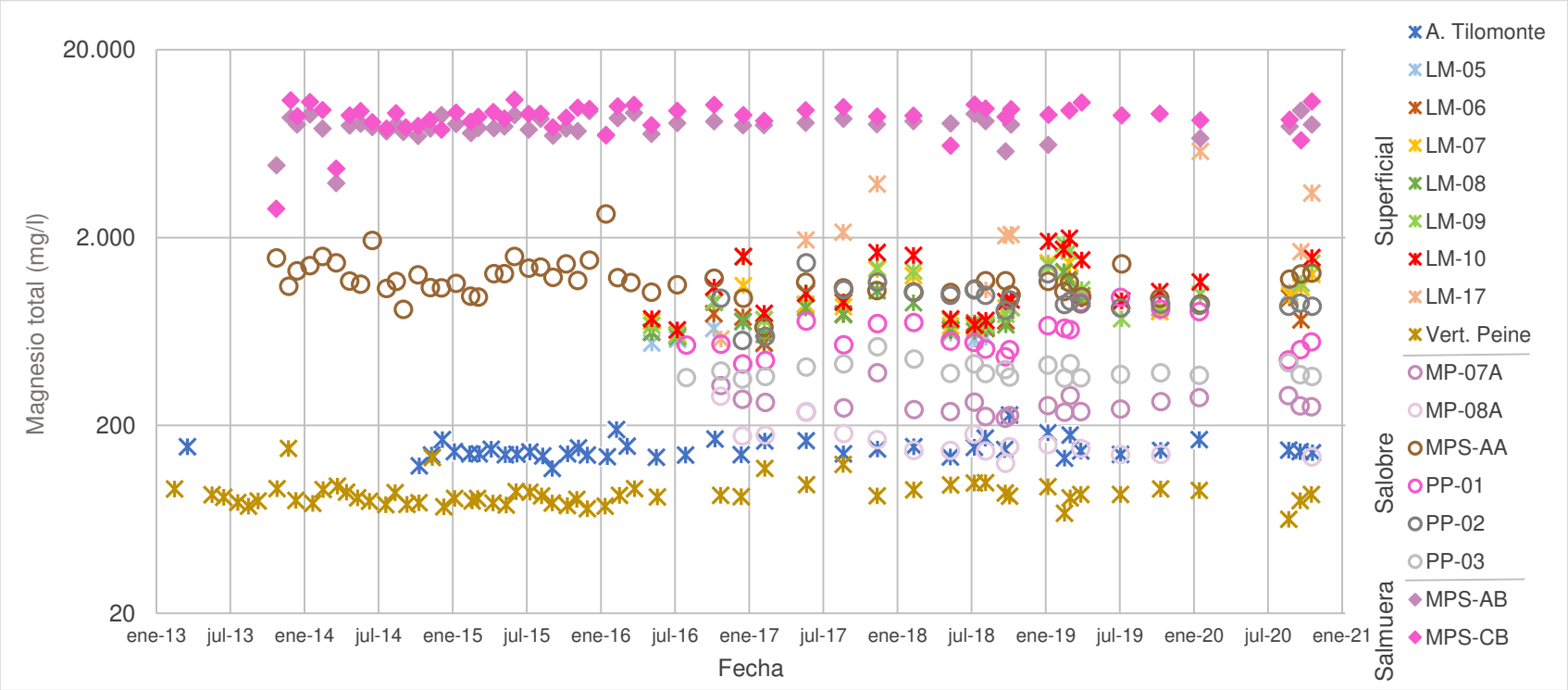
Figura 5-154 Variación Temporal: K total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	58	22	17	54	23	22	23	49	53
Min	37	942	923	981	946	977	998	1.532	9	269	88	1.392	781	1.100	636	7.132	11.310
P25	58	974	1.026	1.184	1.029	1.224	1.332	3.494	25	298	97	1.689	963	2.061	693	13.615	19.925
Mediana	61	1.125	1.162	1.433	1.256	1.551	1.651	3.945	26	323	113	1.847	1.043	2.334	734	14.960	21.502
P75	70	1.390	1.403	1.896	1.450	1.983	2.430	6.382	32	363	136	2.204	1.382	2.502	810	15.835	24.149
Max	99	1.773	1.944	2.202	1.873	2.368	3.596	12.358	112	487	218	4.598	2.430	3.005	883	22.020	33.520
RQ	12	416	377	712	421	759	1.098	2.888	7	65	39	515	419	441	117	2.220	4.224

Fuente: Elaboración propia

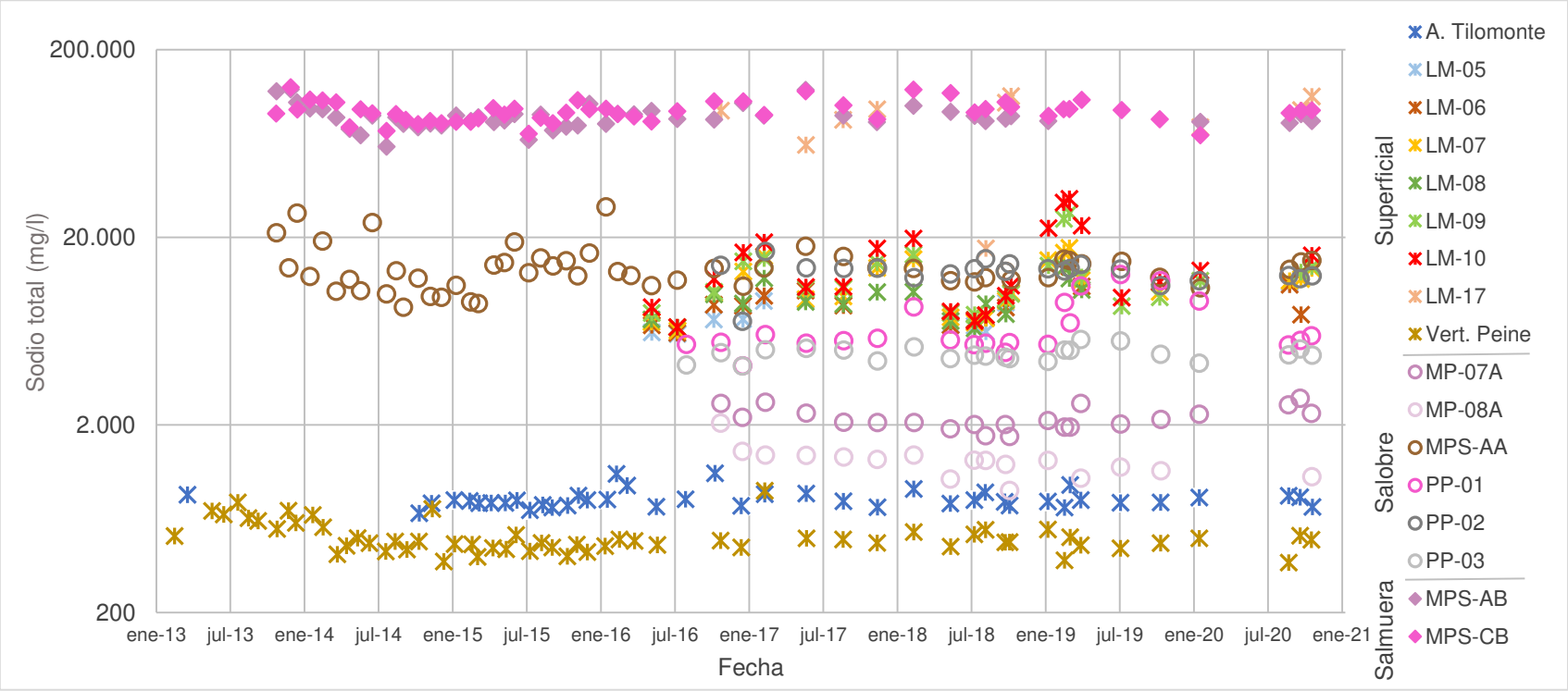
Figura 5-155 Variación Temporal: Mg total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	49	53
Min	118	544	549	603	593	609	646	577	63	219	126	666	426	566	354	3.900	2.842
P25	140	574	641	726	638	733	777	1.527	78	237	143	1.044	507	864	364	7.361	8.323
Mediana	145	621	730	895	746	919	1.022	2.062	84	253	154	1.170	557	907	379	7.938	8.986
P75	155	722	882	1.262	962	1.381	1.591	3.555	91	277	179	1.304	707	1.030	426	8.337	9.671
Max	227	1.023	1.216	1.470	1.320	1.851	1.986	5.745	151	382	286	2.676	963	1.468	525	9.478	10.849
RQ	15	148	241	536	324	648	814	2.028	13	40	36	260	200	166	62	976	1.348

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-156 Variación Temporal: Na total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	49	54
Min	676	6.103	6.191	6.351	6.539	6.626	6.637	17.450	370	1.737	897	8.490	4.132	7.148	4.117	60.900	70.060
P25	748	6.279	7.263	8.778	7.413	8.593	9.268	73.533	446	1.994	1.100	11.683	5.382	12.410	4.517	81.050	85.248
Mediana	787	7.284	8.634	10.985	8.956	10.668	11.766	94.870	478	2.089	1.294	13.205	5.657	13.570	4.728	87.000	93.275
P75	839	9.144	10.400	14.081	10.423	14.690	19.043	106.363	538	2.372	1.380	15.000	8.519	13.844	5.028	90.971	99.475
Max	1.104	11.480	13.936	17.538	13.756	27.050	32.020	113.000	893	2.772	2.046	29.108	12.660	16.830	5.710	122.998	126.120
RQ	91	2.865	3.137	5.303	3.010	6.097	9.775	32.830	92	378	280	3.317	3.137	1.434	511	9.921	14.227

Fuente: Elaboración propia

Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Dentro de los elementos minoritarios disueltos comprometidos a monitorear se encuentran el boro (B), litio (Li) y estroncio (Sr). En la Figura 5-157, Figura 5-158 y Figura 5-159 se presenta la gráfica de su variación temporal, junto con sus estadígrafos de la serie registrada de cada elemento, respectivamente.

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. Así, para estos dos elementos, la evolución temporal que se observa es muy similar, con altos contenidos de boro y litio disueltos en las aguas profundas, y en menor concentración presentes en las aguas someras y superficiales.

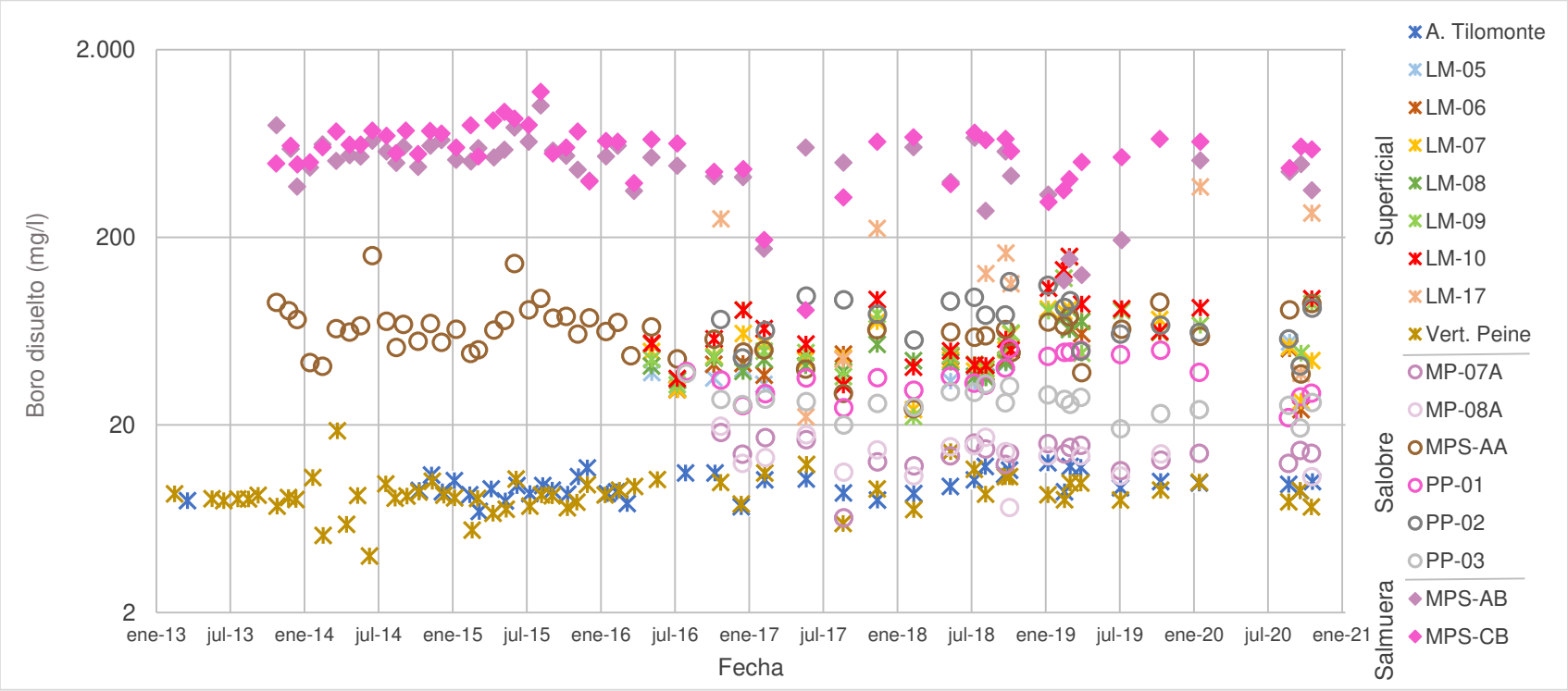
Las concentraciones de boro, litio y estroncio disueltos tienen un aumento importante en los primeros meses del 2019, particularmente en los puntos de monitoreo de lagunas (LM) debido al evento de precipitaciones de febrero y evaporación. En el 2020, sus concentraciones caen dentro de los rangos históricos.

El boro disuelto en las aguas profundas (salmuera) registra medianas entre 500 mg/l y 600 mg/l, aproximadamente. En las aguas someras y superficiales, las medianas de estos puntos no superan los 80 mg/l, salvo en LM-17, el que, dado que está inserto en el Núcleo, tiene concentraciones mayores con mediana de 147 mg/l.

Las concentraciones de litio disuelto, en el caso de las aguas profundas, presentan valores de mediana entre 1.070 mg/l y 1.500 mg/l, aproximadamente. En el caso de las aguas someras y superficiales, éstas tienen medianas que van desde los 7,1 mg/l en MP-08A hasta 128 mg/l en LM-10. LM-17 presenta una mediana de 273 mg/l. Los puntos con las menores concentraciones de litio disuelto corresponden a Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, con valores menores a 2,3 mg/l.

El estroncio disuelto presenta un comportamiento diferente a los anteriores, donde las salmueras no difieren significativamente de las concentraciones de las aguas salobres y superficiales. Estos puntos de monitoreo tienen medianas que varían entre 2,65 mg/l (MP-07A) y 16,52 mg/l (MPS-AA), con los menores registros presentes Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine con medianas de 2,57 mg/l. Sólo en LM-17 el valor de la mediana es mayor, presentando concentraciones con mediana de 32,68 mg/l.

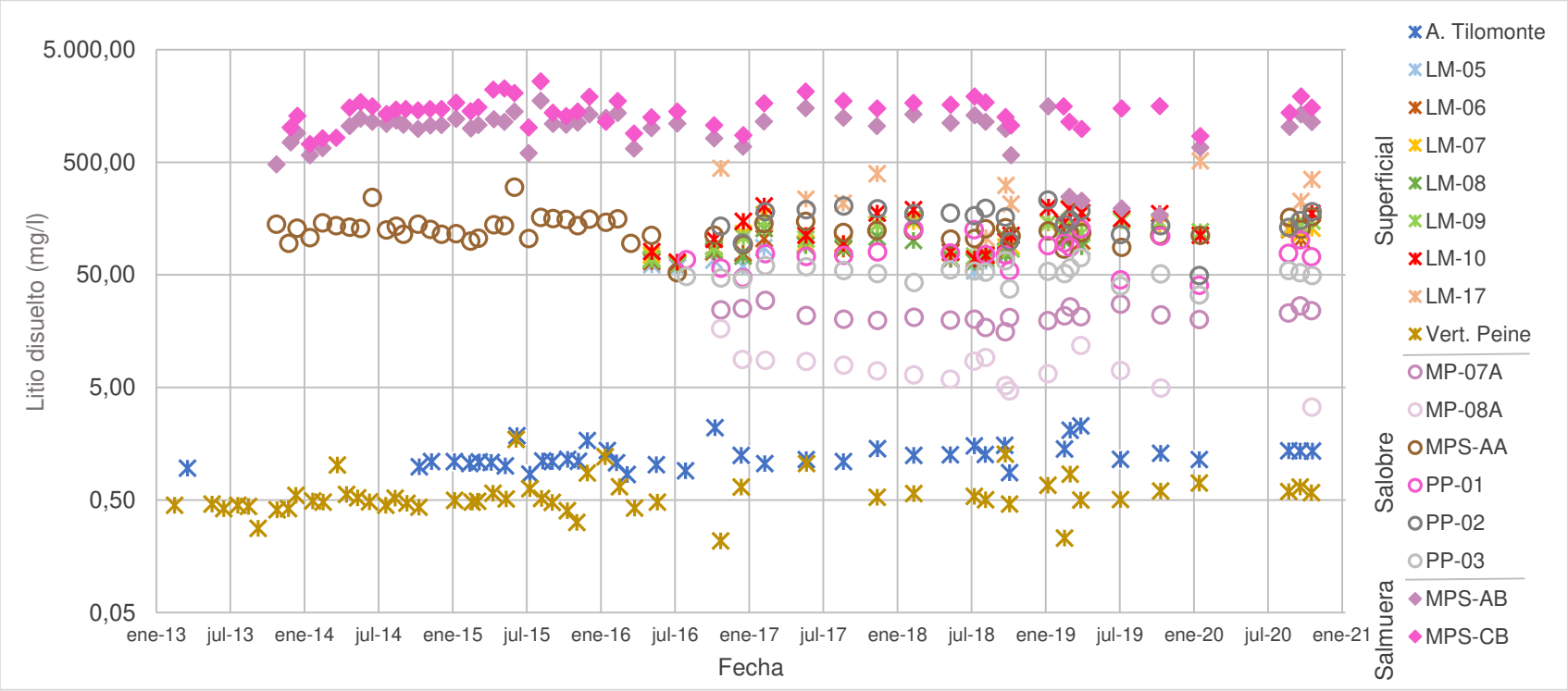
Figura 5-157 Variación Temporal: B disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	52	54
Min	7	31	24	24	35	22	33	22	4	6	7	24	22	41	19	118	82
P25	9	34	38	43	39	45	48	43	8	13	11	50	30	60	25	420	494
Mediana	9	36	44	50	43	50	60	147	8	14	14	65	36	77	26	516	612
P75	11	43	51	71	52	81	89	256	10	16	15	73	47	92	29	601	699
Max	13	55	66	84	75	157	158	371	19	18	20	160	51	116	38	1.006	1.193
RQ	2	9	13	28	13	36	41	213	2	3	4	23	17	32	4	181	205

Fuente: Elaboración propia

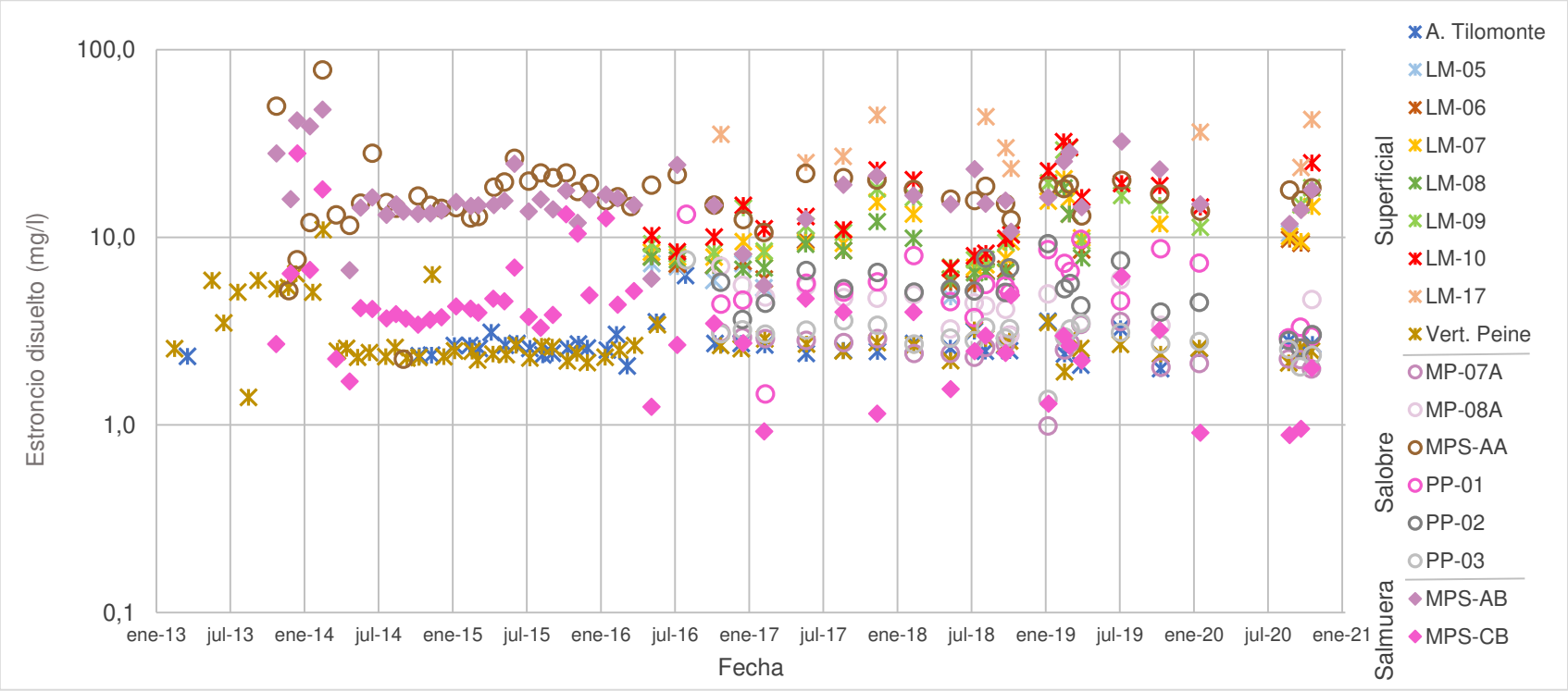
Figura 5-158 Variación Temporal: Li disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	41	11	15	22	16	23	22	10	54	22	17	54	23	22	23	52	52
Min	0,8	54,0	61,4	64,3	61,7	62,0	64,8	107,0	0,2	15,6	3,4	52,3	40,3	49,2	33,2	170,0	724,0
P25	1,1	59,6	69,1	85,1	69,3	84,6	91,1	216,0	0,5	20,0	5,6	111,8	68,4	134,4	47,0	767,1	1.168,7
Mediana	1,1	67,6	81,2	112,2	85,1	117,0	128,0	273,0	0,5	21,4	7,1	126,0	77,0	165,5	52,1	1.078,3	1.490,0
P75	1,4	87,0	103,0	140,3	101,0	148,0	177,3	407,6	0,6	24,6	8,8	141,5	96,1	186,3	55,2	1.209,0	1.687,3
Max	2,3	132,0	126,0	172,0	129,0	196,0	204,0	515,0	1,7	29,7	16,7	300,8	128,0	231,0	71,2	1.756,2	2.621,4
RQ	0,3	27,4	33,9	55,2	31,7	63,4	86,2	191,6	0,1	4,6	3,2	29,7	27,7	51,9	8,2	441,9	518,6

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-159 Variación Temporal: Sr disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
Nº Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	59	22	17	54	23	22	23	53	54
Min	2,00	4,80	5,65	6,00	5,95	6,95	6,85	23,20	1,40	0,99	3,00	2,24	1,46	2,57	1,37	5,54	0,88
P25	2,45	5,61	6,61	7,86	6,59	8,44	9,99	24,65	2,37	2,25	3,83	14,18	4,40	4,24	2,70	13,82	2,46
Mediana	2,57	6,55	7,45	9,49	7,68	11,30	13,70	32,68	2,57	2,65	4,74	16,52	5,51	5,24	3,05	15,10	3,73
P75	2,72	7,25	9,30	13,63	9,73	16,70	20,88	42,78	2,88	2,89	5,26	19,78	7,29	6,53	3,26	18,45	4,70
Max	6,25	10,50	13,30	20,50	18,30	30,00	32,30	44,90	11,00	3,56	7,02	78,00	13,25	9,26	7,58	48,00	28,00
RQ	0,27	1,64	2,69	5,77	3,14	8,26	10,89	18,13	0,51	0,64	1,43	5,60	2,89	2,29	0,56	4,63	2,24

Fuente: Elaboración propia

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 las Figura 5-160 a Figura 5-166 se muestran los gráficos temporales, con sus respectivas tablas de estadígrafos.

En general se observa para todos los elementos minoritarios totales, tendencias estables a lo largo del registro histórico, y, en particular, los datos correspondientes al año 2020 se encuentran dentro de rangos normales de variación. El aluminio, arsénico y hierro totales son elementos que se encuentran en bajas concentraciones en comparación con el boro total y el litio total.

El aluminio total, en general, muestra concentraciones muy dispersas para cada punto de monitoreo y se evidencia que en el periodo completo de análisis este parámetro ha tenido diferentes límites de detección, relacionado con cambios de laboratorio y técnicas de análisis, lo que no permite hacer un análisis de mayor detalle de su comportamiento.

El arsénico total, en el caso de las aguas profundas, presenta concentraciones características que van desde los 1,69 mg/l (P25, MPS-AB) a los 9,24 mg/l (P75, MPS-CB), rango similar al de LM-17, dada a su cercanía geográfica con el Núcleo. Los valores registrados para las aguas someras (salobres) de PP-02 desde 2019 a la fecha también se sitúan dentro de esos rangos. Para las demás muestras de aguas someras las concentraciones se encuentran bajo los 10 mg/l y para aguas superficiales se tienen, en general, concentraciones aún más bajas, con la excepción del primer trimestre de 2019, donde se presenta un alza de concentraciones debido al evento de precipitaciones ocurrido en dicho periodo.

El boro total, presenta el mismo comportamiento que el boro disuelto. Las aguas profundas (salmuera) presenta las mayores concentraciones históricas, muy por sobre el resto de puntos de monitoreo, con medianas de 570 mg/l para MPS-AB y 670 mg/l para MPS-CB. Las aguas superficiales muestran concentraciones con medianas por sobre 40 mg/l y hasta 67 mg/l, a excepción de los puntos de monitoreo Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, con medianas de 10 mg/l, y LM-17 con valores de 155 mg/l de mediana.

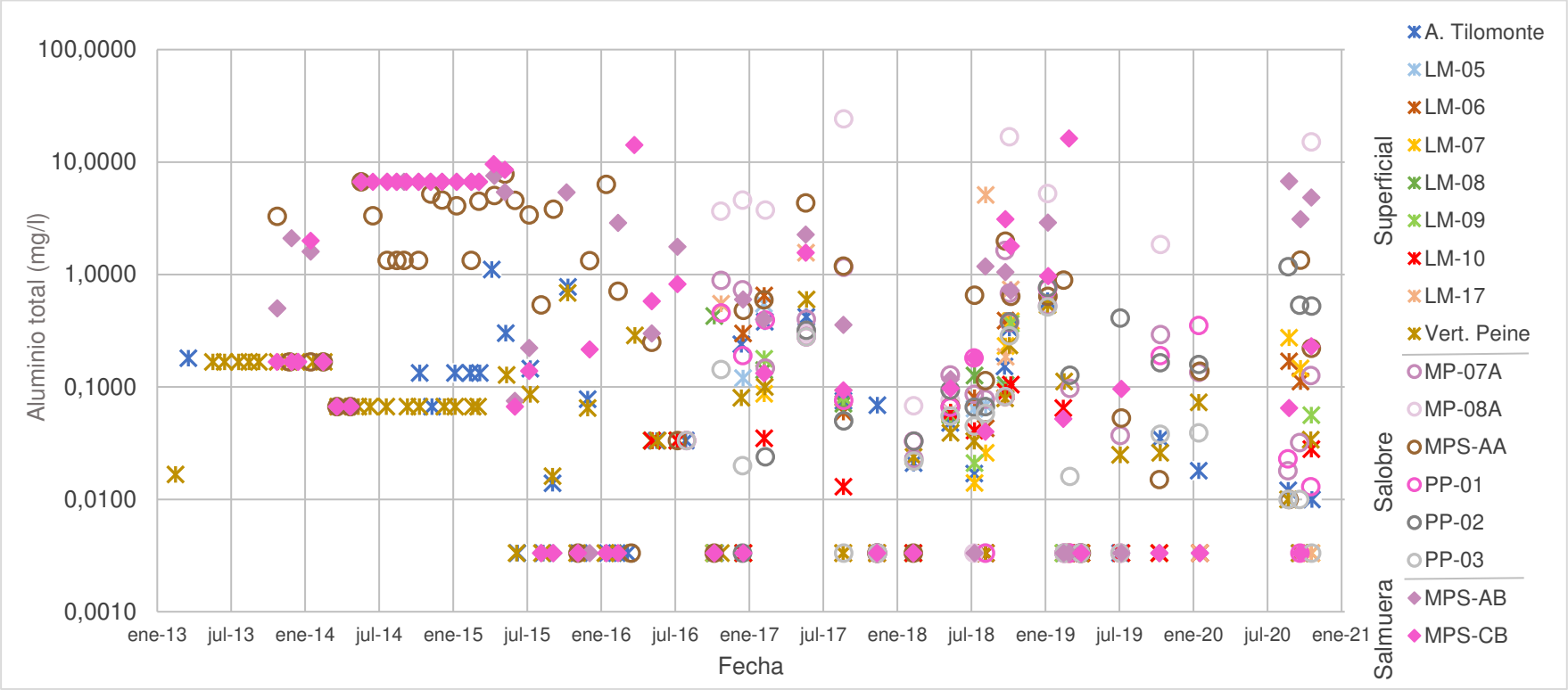
El hierro total, es el elemento que muestra menor concentración en relación a los demás elementos minoritarios analizados para el Sector. Además, presenta una gran dispersión de valores para cada punto de monitoreo y se evidencia que en el periodo completo de análisis este parámetro ha tenido diferentes límites de detección, relacionado con cambios de laboratorio y técnicas de análisis, lo que no permite hacer un análisis de mayor detalle de su comportamiento.

De la variación temporal 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 litio, con valores de mediana entre 1.181 mg/l y 1.582 mg/l para MPS-AB y MPS-CB, respectivamente. Las aguas someras, presentan menos dispersión de concentraciones, que van desde los 5 mg/l a los 381 mg/l. Destaca la concentración de los puntos Anterepresa Tilomonte y Vertiente Peine, con valores menores a 5 mg/l.

Las concentraciones de silicio total son mayores en aguas someras, con medianas que varían desde los 24,35 mg/l en MPS-AA, hasta los 49,00 mg/l en MP-08A. Esto contrasta con las medianas alcanzadas en las salmueras, las que no superan los 4 mg/l. Las aguas superficiales tienen medianas del orden de los 30 mg/, salvo en LM-17, donde ésta tiene un valor de 13,5 mg/l a la fecha.

El estroncio total presenta un comportamiento a los anteriores, donde las salmueras no difieren significativamente de las concentraciones de las aguas salobres y superficiales. Para estos últimos las medianas varían entre 2,7 mg/l (Anterepresa Tilomonte, Vertiente Peine y, prácticamente, MP-07A) y 18,5 mg/l (MPS-AA). Sólo en LM-17 el valor de la mediana es mayor, presentando concentraciones con mediana de 33,7 mg/l.

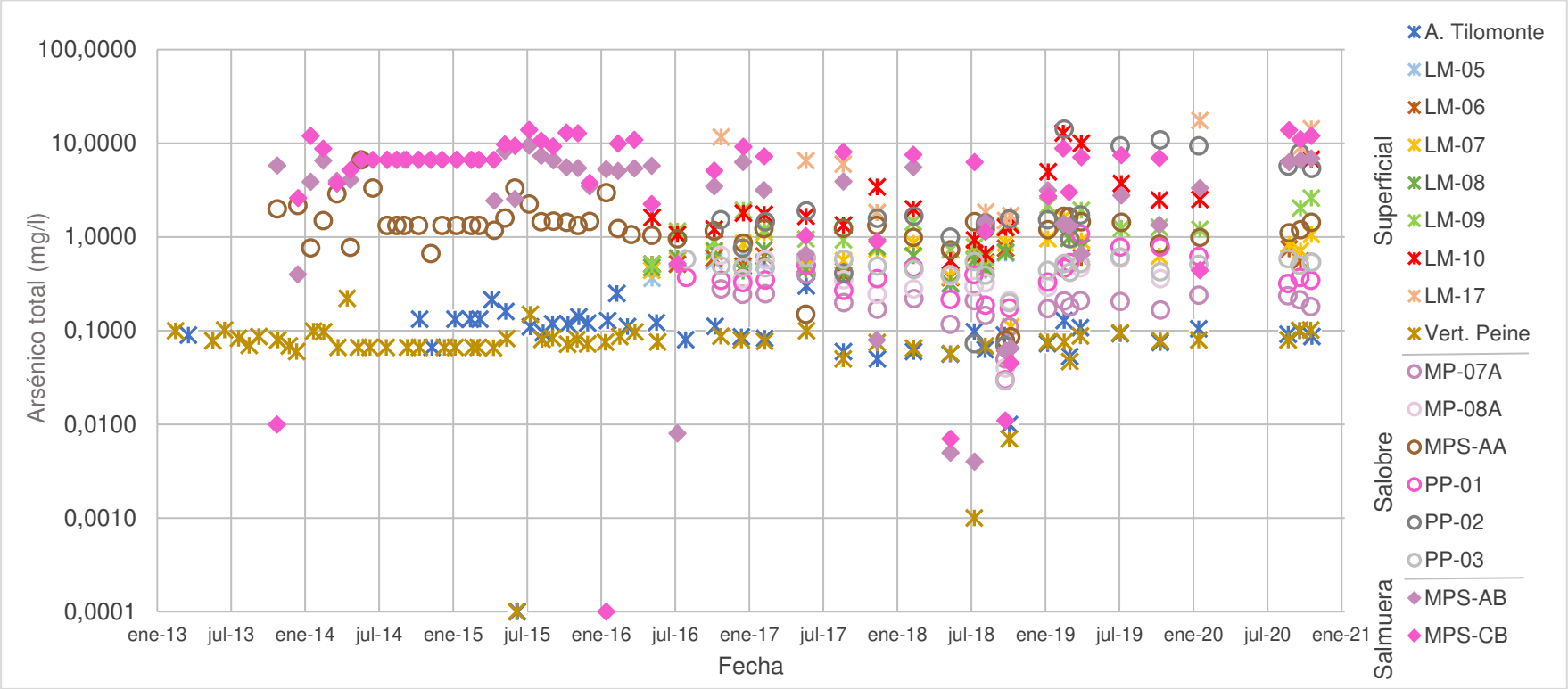
Figura 5-160 Variación Temporal: Al total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	10	14	20	15	21	19	10	56	22	15	52	23	19	22	52	53
Min	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
P25	0,003	0,028	0,026	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,016	0,030	0,003	0,067	0,003	0,033	0,003	0,003	0,022
Mediana	0,034	0,062	0,059	0,009	0,033	0,003	0,013	0,095	0,067	0,127	1,850	0,648	0,066	0,127	0,028	0,550	0,167
P75	0,147	0,104	0,202	0,080	0,104	0,057	0,041	0,941	0,167	0,565	5,240	3,325	0,280	0,411	0,064	5,408	6,667
Max	1,107	0,548	0,649	0,385	0,428	0,365	0,105	5,100	0,687	1,640	24,300	7,823	0,748	1,170	0,516	7,543	16,200
RQ	0,144	0,076	0,176	0,077	0,101	0,054	0,038	0,938	0,151	0,535	5,237	3,258	0,277	0,378	0,061	5,405	6,645

Fuente: Elaboración propia

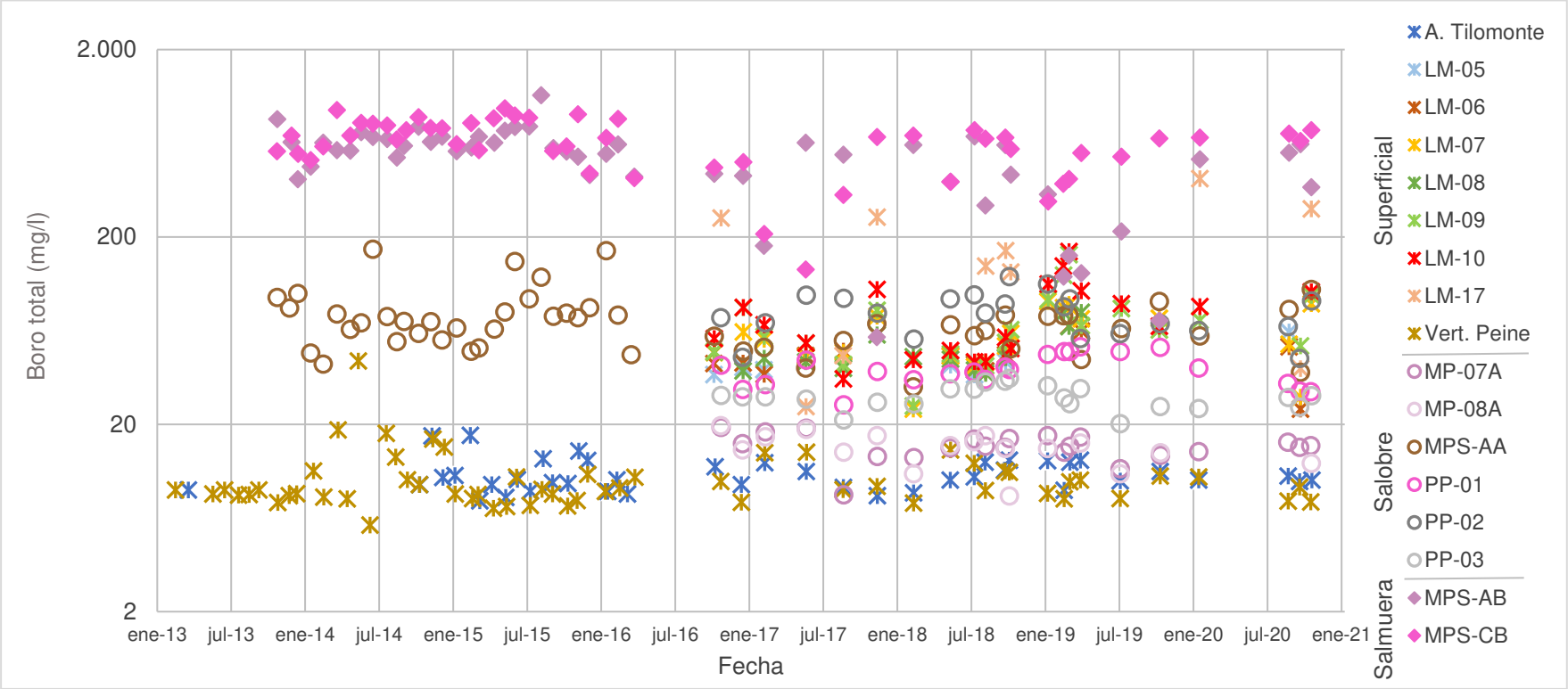
Figura 5-161 Variación Temporal: As total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	21	21	10	57	22	17	53	23	22	23	52	53
Min	0,0001	0,3100	0,3700	0,1100	0,3200	0,5106	0,5600	1,5000	0,0001	0,0500	0,0400	0,0800	0,0300	0,0700	0,0290	0,0040	0,0001
P25	0,0745	0,4400	0,5100	0,5488	0,4525	0,9085	1,2432	1,7900	0,0667	0,1690	0,2860	1,0520	0,3200	0,9900	0,4250	1,6931	2,8650
Mediana	0,0990	0,5495	0,5550	0,7275	0,6131	1,2400	1,7500	6,2600	0,0760	0,2065	0,3563	1,3333	0,3600	1,5750	0,4931	5,1732	6,6667
P75	0,1280	0,6623	0,6680	0,9300	0,7653	1,8798	3,5700	12,2919	0,0869	0,2370	0,5510	1,4737	0,5000	6,2500	0,5470	6,6667	9,2450
Max	0,3000	0,8250	0,9800	1,6100	1,3800	2,6000	12,9000	17,5000	0,2210	0,4000	0,6389	6,6667	1,0800	14,2000	0,6100	9,4700	13,9400
RQ	0,0535	0,2223	0,1580	0,3812	0,3128	0,9713	2,3268	10,5019	0,0202	0,0680	0,2650	0,4217	0,1800	5,2600	0,1220	4,9736	6,3800

Fuente: Elaboración propia

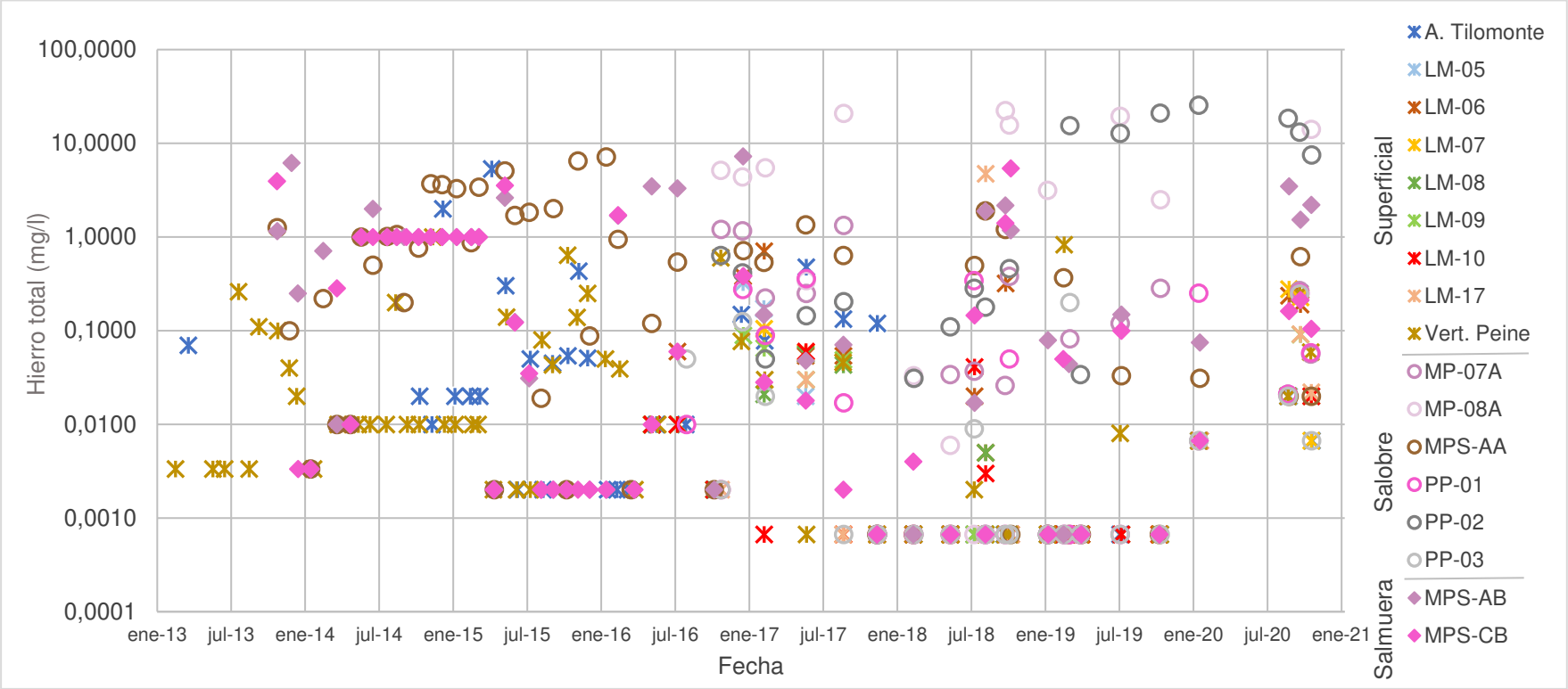
Figura 5-162 Variación Temporal: B total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	41	9	13	20	14	21	20	10	58	22	17	52	22	22	22	52	51
Min	8	37	24	24	37	25	35	25	6	8	8	32	25	45	20	58	134
P25	9	38	40	46	40	48	50	45	8	14	13	56	33	63	26	421	536
Mediana	10	40	46	55	45	64	67	155	9	15	15	69	39	79	28	576	670
P75	13	45	51	75	62	83	103	262	11	17	17	79	48	94	31	643	765
Max	17	62	67	91	79	161	167	410	44	19	20	172	52	123	35	1.141	972
RQ	4	7	11	29	22	35	53	217	3	3	4	23	15	31	5	222	229

Fuente: Elaboración propia

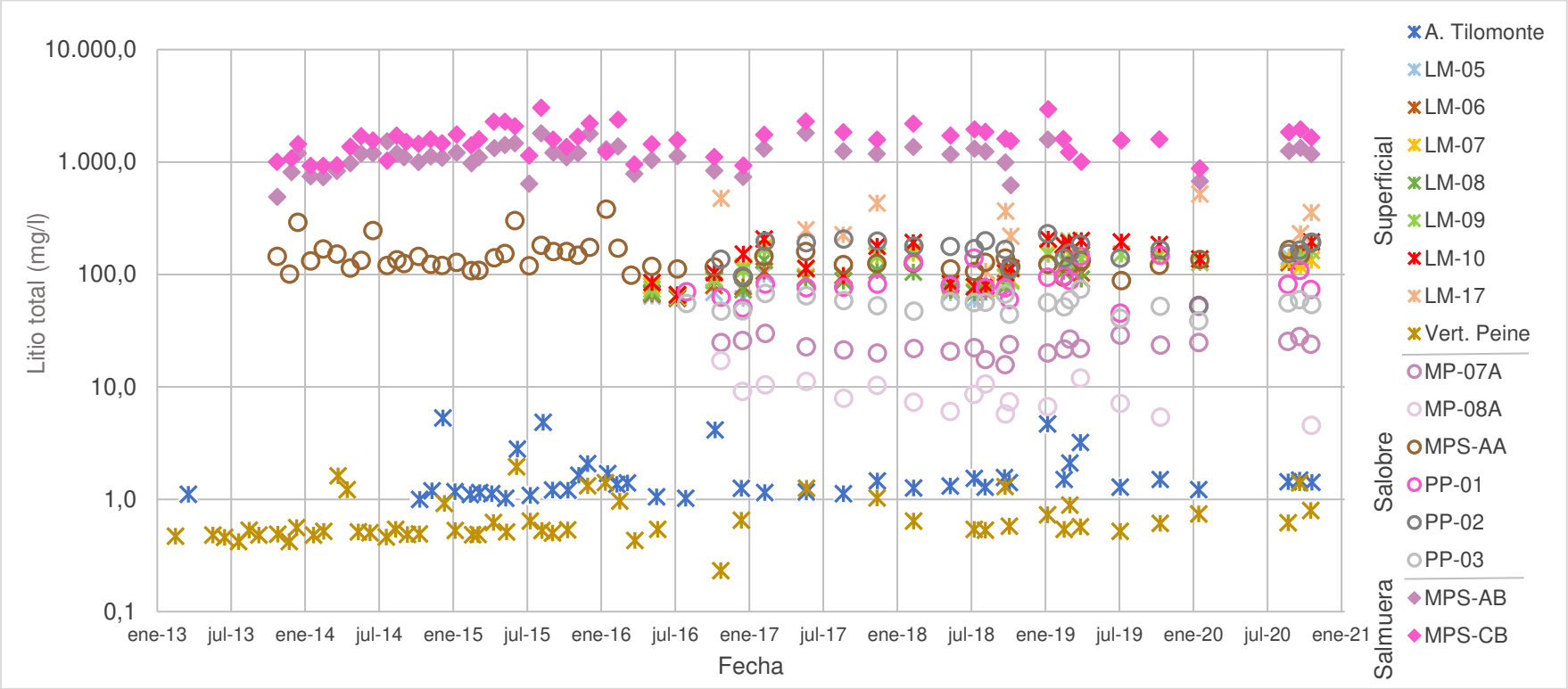
Figura 5-163 Variación Temporal: Fe total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	20	15	23	21	10	58	22	17	53	22	20	22	52	50
Min	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
P25	0,0007	0,0007	0,0020	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0020	0,0007	0,0033	0,0067	0,0007	0,0650	0,0007	0,0023	0,0020
Mediana	0,0100	0,0100	0,0540	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0043	0,0100	0,0465	3,1400	0,4970	0,0060	0,3485	0,0007	0,1995	0,0550
P75	0,0700	0,0200	0,2360	0,0100	0,0100	0,0200	0,0083	0,0455	0,0635	0,2720	14,9000	1,2350	0,1295	13,0250	0,0200	1,1750	1,0000
Max	5,3280	0,3260	0,7030	0,2780	0,0560	0,0910	0,0600	4,7100	1,0000	1,3300	22,3000	7,1460	0,3600	25,6000	0,2470	7,2360	5,4100
RQ	0,0693	0,0193	0,2340	0,0093	0,0093	0,0193	0,0076	0,0448	0,0615	0,2713	14,8967	1,2283	0,1288	12,9600	0,0193	1,1727	0,9980

Fuente: Elaboración propia

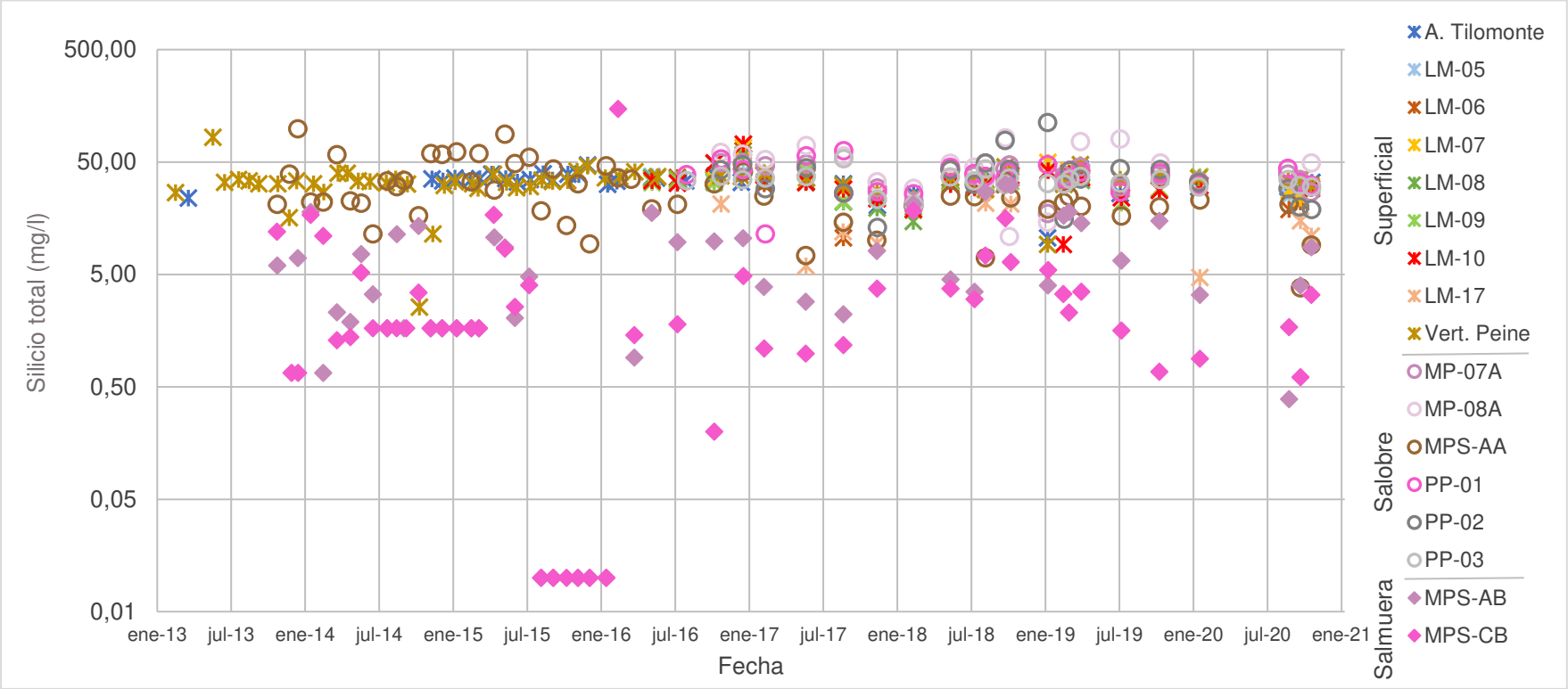
Figura 5-164 Variación Temporal: Li total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	43	11	15	22	16	23	22	10	54	22	17	54	23	22	23	49	54
Min	1,0	60,0	61,5	64,6	66,3	63,5	65,9	107,0	0,2	15,8	4,6	88,1	45,4	53,1	38,8	489,0	877,0
P25	1,2	63,0	75,0	88,1	70,7	87,4	94,0	224,3	0,5	21,2	6,4	117,8	70,3	140,0	47,5	973,4	1.232,4
Mediana	1,3	69,0	83,1	114,1	88,1	127,0	144,3	303,5	0,5	23,2	7,9	130,0	79,3	167,5	55,8	1.181,0	1.582,0
P75	1,6	100,0	107,0	146,5	105,8	151,0	193,5	442,2	0,8	25,5	10,5	154,7	96,5	194,8	59,7	1.314,0	1.843,3
Max	5,3	144,0	155,0	178,0	133,0	199,0	207,0	519,0	2,0	29,9	17,1	380,6	148,0	231,0	74,1	1.812,0	3.045,7
RQ	0,4	37,0	32,0	58,4	35,1	63,6	99,5	217,9	0,3	4,3	4,1	36,9	26,2	54,8	12,2	340,6	610,9

Fuente: Elaboración propia

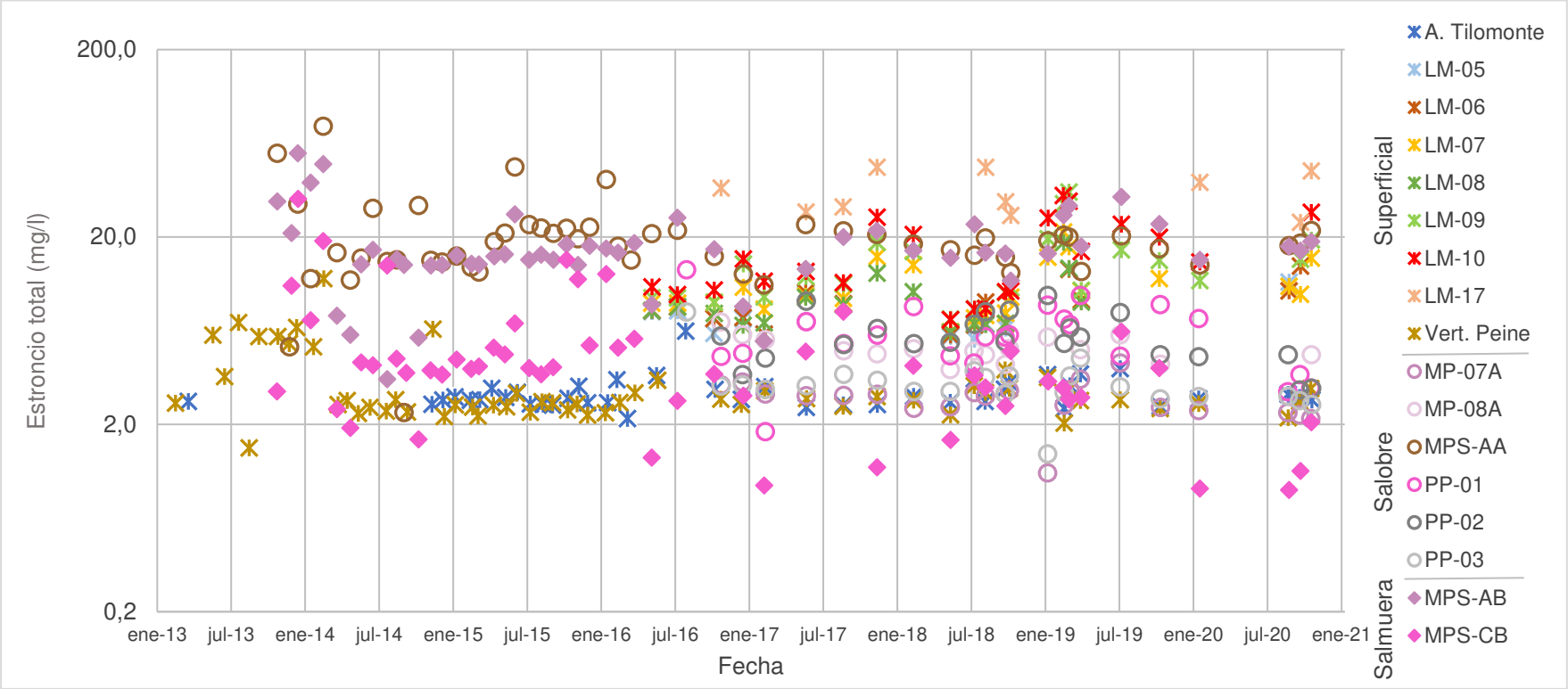
Figura 5-165 Variación Temporal: Si total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	41	11	15	22	16	22	22	10	59	22	17	54	23	22	23	51	53
Min	10,60	25,00	10,60	20,90	14,80	18,60	9,25	4,70	2,56	17,50	10,90	3,80	11,50	13,10	20,90	0,01	0,01
P25	31,86	32,10	29,30	29,00	31,13	29,00	28,53	8,59	31,00	29,90	34,20	19,18	32,00	25,05	31,60	1,67	1,04
Mediana	34,30	34,10	33,30	34,90	34,55	32,77	32,00	13,50	34,00	38,50	49,00	24,35	39,60	38,70	34,70	4,00	1,67
P75	37,45	40,70	35,90	37,88	39,45	37,08	37,98	21,28	37,00	46,48	65,56	36,86	44,00	43,83	36,90	10,70	4,43
Max	47,07	44,80	63,19	67,34	57,69	42,30	72,11	35,20	83,00	49,22	82,10	99,00	62,90	112,00	53,60	31,60	148,53
RQ	5,59	8,60	6,60	8,88	8,32	8,08	9,45	12,69	6,00	16,58	31,36	17,68	12,00	18,78	5,30	9,03	3,39

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-166 Variación Temporal: Sr total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Peine



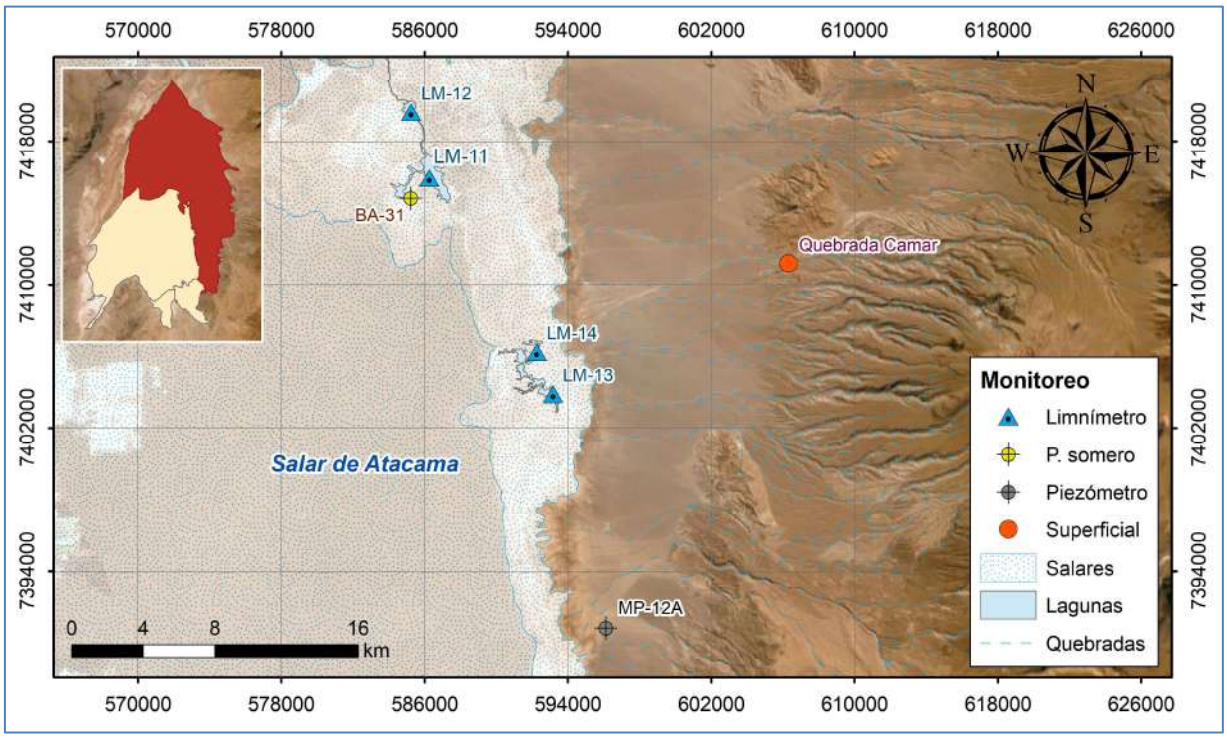
	A. Tilomonte	LM-05	LM-06	LM-07	LM-08	LM-09	LM-10	LM-17	Vert. Peine	MP-07A	MP-08A	MPS-AA	PP-01	PP-02	PP-03	MPS-AB	MPS-CB
N° Datos	42	11	15	22	16	23	22	10	58	22	17	54	23	22	23	54	54
Min	2,1	5,7	6,0	6,3	6,2	7,3	7,3	24,0	1,5	1,1	3,9	2,3	1,8	3,1	1,4	3,5	0,9
P25	2,6	6,1	6,9	8,7	6,9	9,5	10,3	26,9	2,5	2,4	4,7	15,0	4,6	4,7	2,8	14,3	2,7
Mediana	2,7	6,9	8,5	9,8	8,3	11,7	13,9	33,7	2,7	2,8	5,0	18,5	5,9	5,5	3,2	16,4	4,0
P75	3,2	8,1	10,1	14,5	10,0	17,1	23,9	45,6	3,1	3,0	5,9	21,7	7,3	7,1	3,6	20,3	5,2
Max	6,3	11,5	14,0	21,3	18,7	34,8	33,3	47,1	12,0	4,3	7,1	78,0	13,4	9,8	8,0	56,0	32,0
RQ	0,6	2,0	3,2	5,8	3,1	7,6	13,6	18,7	0,6	0,6	1,2	6,7	2,7	2,4	0,8	6,0	2,5

Fuente: Elaboración propia

5.8.3 Sector Norte y Borde Este

La distribución de los puntos de monitoreo del sector Norte y Borde Este se presenta en la Figura 5-167.

Figura 5-167 Localización puntos de monitoreo Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Es relevante indicar que durante el 2020 sólo se pudo llevar a cabo el muestreo en el punto MP-12A debido a que no se contó con autorizaciones desde la CONAF y de la Comunidad para acceder a este sector (Tabla 5-43).

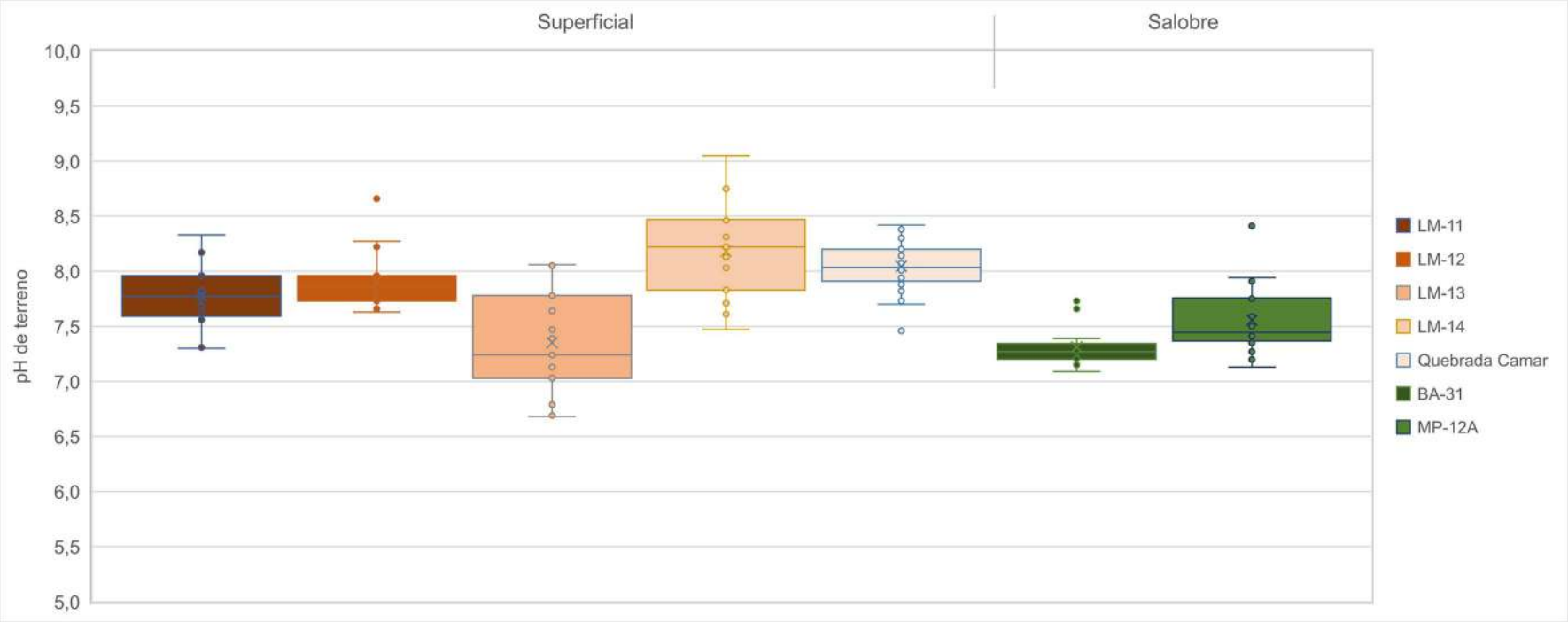
<u>Parámetros Físico Químicos in situ</u>

pH *in situ*

En la Figura 5-168 se presenta la variación espacial del pH medido *in situ*, tanto para aguas superficiales, puntos LM, como para las aguas subterráneas salobres, MP-12A y BA-31.

En este sector no se aprecian diferencias significativas de pH entre aguas superficiales y subterráneas, por cuanto todas se presentan, en términos de las medianas, en el rango entre 7,24 (LM-13) y 8,2 (LM-14), tendiendo a presentar aguas neutras a básicas.

Figura 5-168 Diagrama de Caja, pH in situ histórico, Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	7,30	7,63	6,68	7,47	7,46	7,09	7,13
P25	7,59	7,73	7,03	7,83	7,91	7,20	7,37
Mediana	7,77	7,86	7,24	8,22	8,04	7,27	7,45
P75	7,96	7,96	7,78	8,47	8,20	7,35	7,76
Max	8,33	8,66	8,06	9,05	8,42	7,73	8,41
RQ	0,37	0,23	0,75	0,64	0,29	0,15	0,39

Fuente: Elaboración propia

Conductividad Eléctrica *in situ*

A diferencia del pH, la Conductividad Eléctrica (CE) muestra una marcada diferencia entre las aguas de lagunas y de vertientes, e incluso con las aguas subterráneas (Figura 5-169).

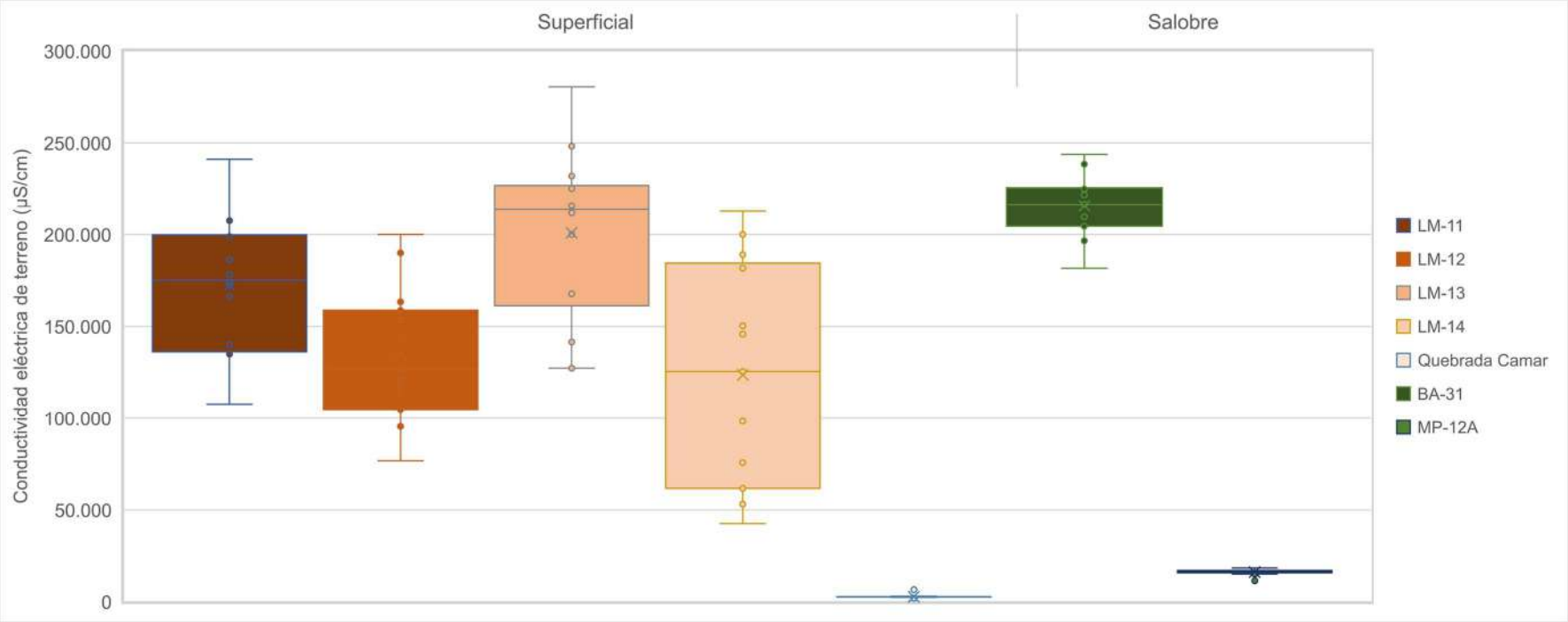
Los valores más altos de CE se registran en las lagunas (puntos LM-XX) con medianas variables entre 125.400 µS/cm hasta los 213.764 µS/cm (LM-13). Estas aguas, al presentar CE más altas en relación a las otras muestras en este sector, indican mayores contenidos de sales, lo que resulta ser concordante con el proceso de evaporación, el cual concentra las sales presentes en el agua, además de indicar que estos puntos se encuentran más cerca del Núcleo. Para la Quebrada Camar se tienen conductividades mucho menores, donde la mediana es de 2.579 µS/cm.

Para las muestras de agua subterránea somera (MP-12A) los valores son intermedios, aunque bajos, presentando una mediana de 13.360 µS/cm. En el pozo BA-31, sin embargo, se advierte un valor de mediana de 216.432 µS/cm, similar a las de las aguas superficiales.

Sólidos Disueltos Totales *in situ*

El comportamiento de los sólidos disueltos totales en la Figura 5-170, es similar, como es de esperar dada su relación directa, al de la CE *in situ* (se removieron del gráfico datos anómalos). Las aguas de las lagunas presentan valores significativamente más altos que el de la Quebrada Camar. Como se aprecia en la gráfica de cajas, el rango de SDT *in situ* varía entre 21.260 mg/l (LM-14, valor mínimo) y 126.100 mg/l (LM-13) para las aguas de las lagunas, y entre 928 mg/l y 3.235 mg/l en la Quebrada Camar. Los SDT de MP-12A son intermedios, aunque bajos, con valores entre 5.709 mg/l y 9.485 mg/l.

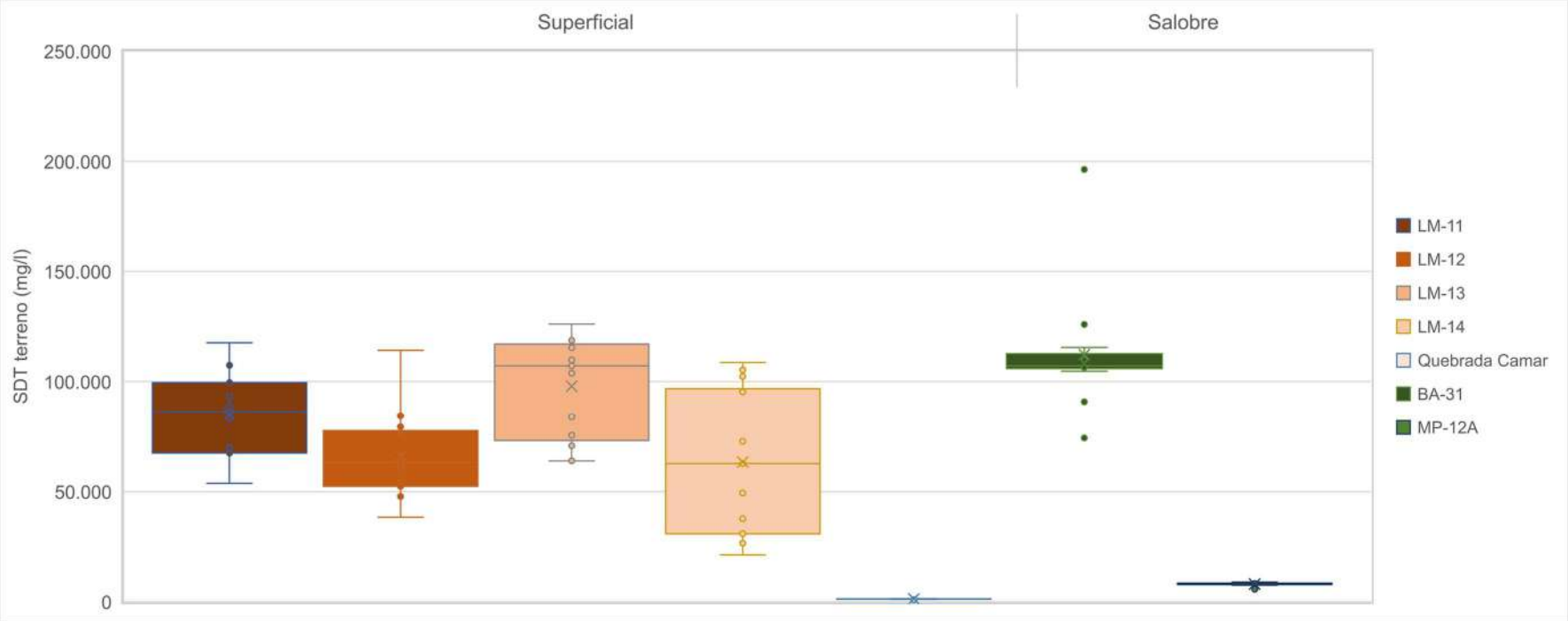
Figura 5-169 Diagrama de Caja, Conductividad Eléctrica in situ histórico (µS/cm), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	12	15	14	15	46	14	21
Min	107.600	76.700	127.200	42.520	1.854	181.600	11.410
P25	136.188	104.700	161.150	61.650	2.517	204.500	15.780
Mediana	175.250	126.400	213.764	125.400	2.579	216.432	16.360
P75	199.725	158.700	226.825	184.359	2.691	225.558	16.934
Max	241.100	200.000	280.500	212.746	6.470	243.693	18.349
RQ	63.537	54.000	65.675	122.709	174	21.058	1.154

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-170 Diagrama de Caja, SDT *in situ* histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	11	15	13	15	46	14	21
Min	53.770	38.350	63.920	21.260	928	74.380	5.709
P25	67.460	52.400	73.195	30.840	1.263	105.975	7.863
Mediana	86.200	63.260	107.200	62.720	1.292	107.200	8.210
P75	99.530	77.640	117.050	96.770	1.339	112.650	8.427
Max	117.600	114.200	126.100	108.700	3.235	196.400	9.485
RQ	32.070	25.240	43.855	65.930	76	6.675	564

Fuente: Elaboración propia

Oxígeno Disuelto *in situ*

Los registros de oxígeno disuelto (O.D.) se entregan en la Figura 5-171 junto con los estadígrafos respectivos. Respecto de este parámetro cabe indicar que las mediciones se realizan en las lagunas a partir de diciembre de 2016, y la Quebrada Camar posee mayores registros y desde 2013.

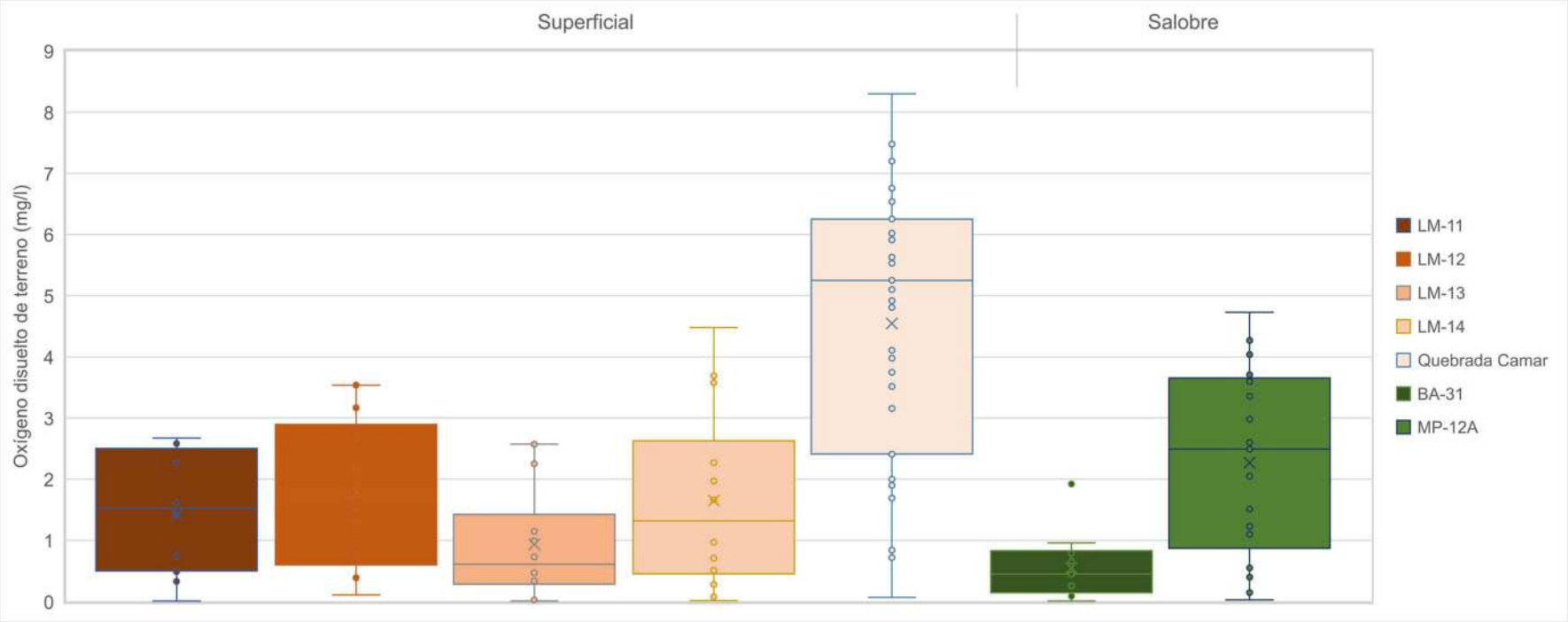
Para la Quebrada Camar, que cuenta con mayor cantidad de información, el oxígeno disuelto varía entre 0,07 mg/l y 8,3 mg/l, mostrando una gran dispersión entre los valores. En términos de los valores de las medianas, estas se encuentran en torno a 5 mg/l, siendo un valor aceptable en relación a los valores de concentración de saturación. Las lagunas presentan concentraciones en general por debajo de los 4,5 mg/l.

Para el pozo MP-12A, las concentraciones de O.D. varían entre 0,03 mg/l hasta los 4,73 mg/l. Las muestras obtenidas desde el pozo BA-31 tienen un valor de P75 de 0,83 mg/l.

Temperatura *in situ*

En cuanto a la temperatura del agua se aprecia en la Figura 5-172 que, considerando toda la data de registros, para el punto LM-14, los valores varían entre 12,6°C y los 34,90 °C; mientras que el resto de los puntos asociados a las lagunas presentan rangos entre los 9,40°C (LM-11) y 32,7°C (LM-13). Para la Quebrada Camar los valores van desde 16,9°C a 29,30°C. Para el pozo MP-12A, el único punto de monitoreo con mediciones en 2020, la mediana es de 23,23°C.

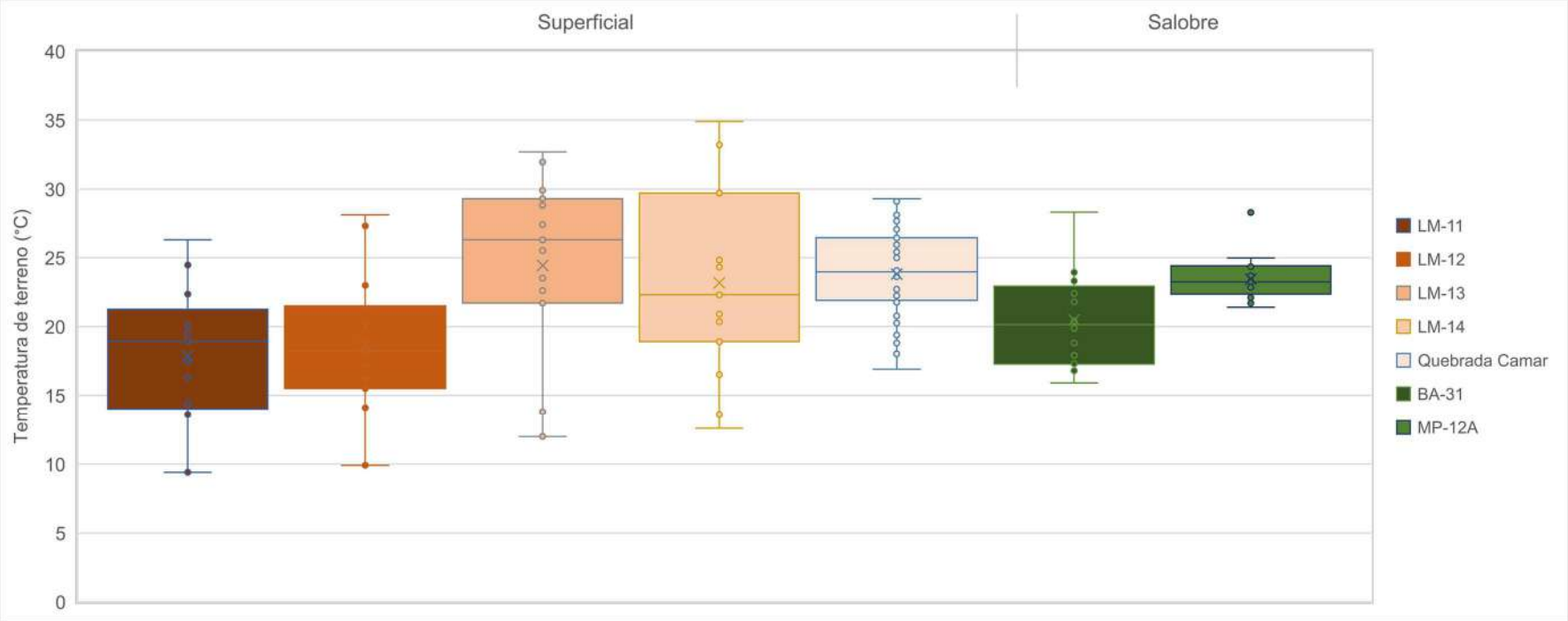
Figura 5-171 Diagrama de Caja, Oxígeno Disuelto O.D. *in situ* histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	12	14	14	14	39	13	21
Min	0,01	0,11	0,01	0,02	0,07	0,01	0,03
P25	0,50	0,60	0,29	0,45	2,41	0,15	0,87
Mediana	1,53	1,72	0,61	1,32	5,25	0,45	2,49
P75	2,50	2,89	1,43	2,63	6,25	0,83	3,66
Max	2,67	3,54	2,57	4,48	8,30	1,92	4,73
RQ	2,00	2,29	1,14	2,18	3,84	0,68	2,79

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-172 Diagrama de Caja, Temperatura *in situ* histórico (ºC), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	9,40	9,90	12,00	12,60	16,90	15,90	21,40
P25	14,00	15,50	21,70	18,90	21,90	17,28	22,35
Mediana	18,92	18,20	26,29	22,30	23,98	20,14	23,23
P75	21,25	21,50	29,30	29,70	26,44	22,93	24,41
Max	26,30	28,10	32,70	34,90	29,30	28,30	28,28
RQ	7,25	6,00	7,60	10,80	4,54	5,65	2,06

Fuente: Elaboración propia

Variación Temporal de los parámetros

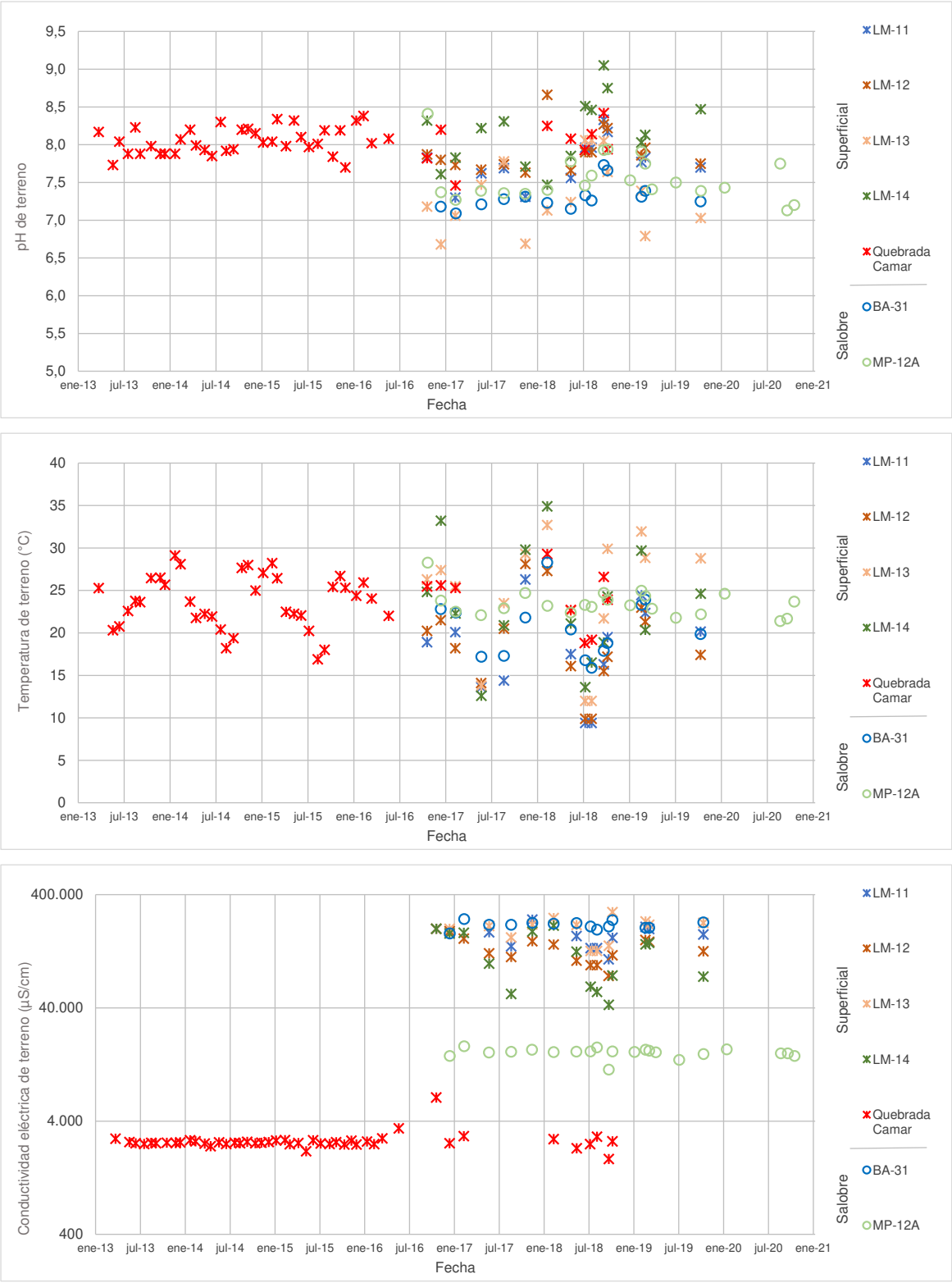
En la Figura 5-173 y Figura 5-174 se presenta la serie temporal para los parámetros *in situ* comprometidos, pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales, de los puntos del Sector Norte y Borde Este (Vertiente Peine se consideró en el Sector Peine). Cabe recordar que sólo se realzó el monitoreo de 2020 en MP-12A (Tabla 5-43).

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 BA-31, el pH neutro y conductividades altas. El comportamiento de la Quebrada Camar presenta pH con tendencia básica y conductividades muy 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. El año 2020, los parámetros de pH, temperatura y CE en MP-12A se mantienen dentro de los rangos históricos, aunque se observan valores mínimos de pH al final del segundo semestre.

En relación a los SDT, estos no muestran estacionalidad en el tiempo, sin embargo, los valores máximos de la serie se registran en febrero de 2017, ambos registrados para el punto LM-13 y LM-11. El resto de las aguas superficiales presentan valores altos concordantes, como es de esperar, con la conductividad registrada para ellos, al igual que para el punto BA-31. La Quebrada Camar presenta estabilidad durante sus registros históricos, con concentraciones bajas. En el 2020, los valores de SDT de MP-12A se mantienen dentro de los rangos históricos.

Para el caso del O.D. se observan históricamente registros dispersos para todos los puntos, no mostrando ningún tipo de tendencia. En el 2020, las concentraciones se mantienen dentro de los valores mínimos y máximos históricos.

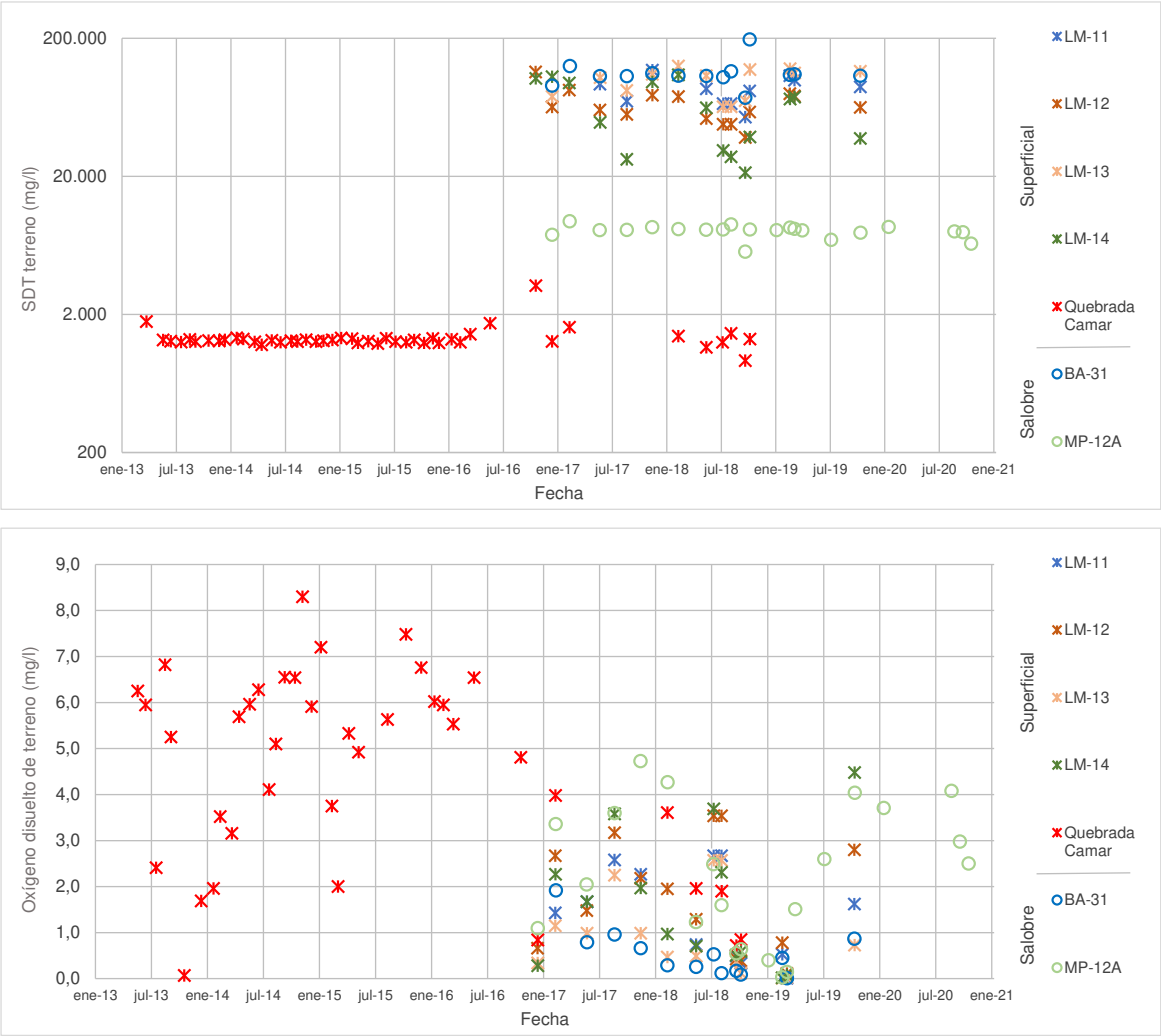
Figura 5-173 Variación Temporal: pH, Temperatura y CE in situ, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

.

Figura 5-174 Variación Temporal: SDT y OD in situ, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Parámetros Físico Químicos en laboratorio

pH de Laboratorio

Los resultados de pH medidos en laboratorio se entregan en la Figura 5-175. Éstos presentan la misma variabilidad que las mediciones de pH *in situ*, aunque son levemente mayores en magnitud.

Los valores de pH varían entre 6,57 y 8,54, para las aguas de las lagunas, mientras que para las aguas subterráneas someras (BA-31 y MP-12A), varían entre 7,05 y 8,06, tendiendo a ser aguas de neutras a básicas. Para Quebrada Camar el pH de laboratorio alcanza un valor máximo de 8,8.

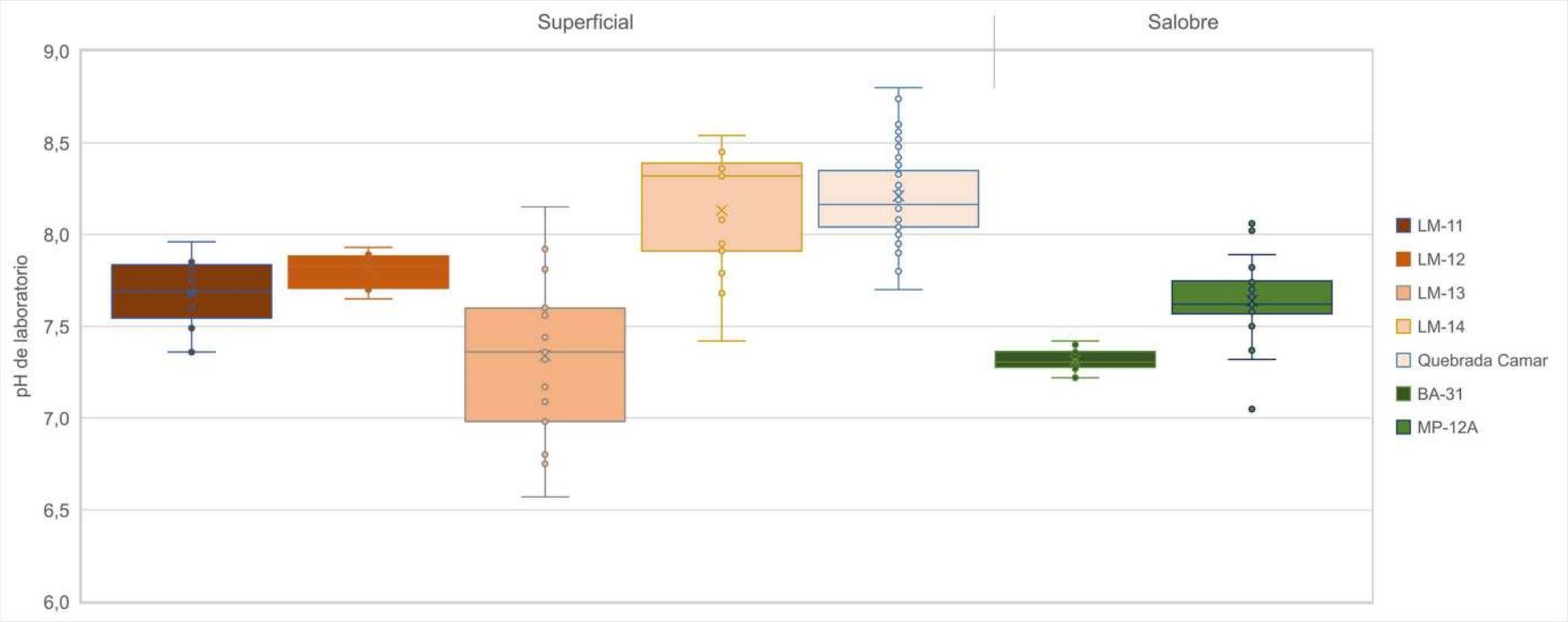
Conductividad Eléctrica de Laboratorio

La Figura 5-176 presentan los resultados de laboratorio de CE, los que en general son ligeramente más altos que las mediciones *in situ*, pero en el mismo orden de magnitud.

Las aguas de las lagunas muestran mayor variabilidad y altos valores de CE, con valores de mediana entre 113.000 y 224.000, para LM-14 µS/cm y LM-13 µS/cm, respectivamente. Las aguas de Quebrada Camar tiene la menor mediana, alcanzando los 2.600 µS/cm. Las aguas salobres difieren entre sí, con valores de CE para BA-31 similares a los de las lagunas (mediana de 229.100 µS/cm), mientras que el pozo MP-12A presenta valores intermedios que alcanzan una mediana de 16.295 µS/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 aguas superficiales (Quebrada Camar), lo que es concordante con la exposición al proceso de evaporación.

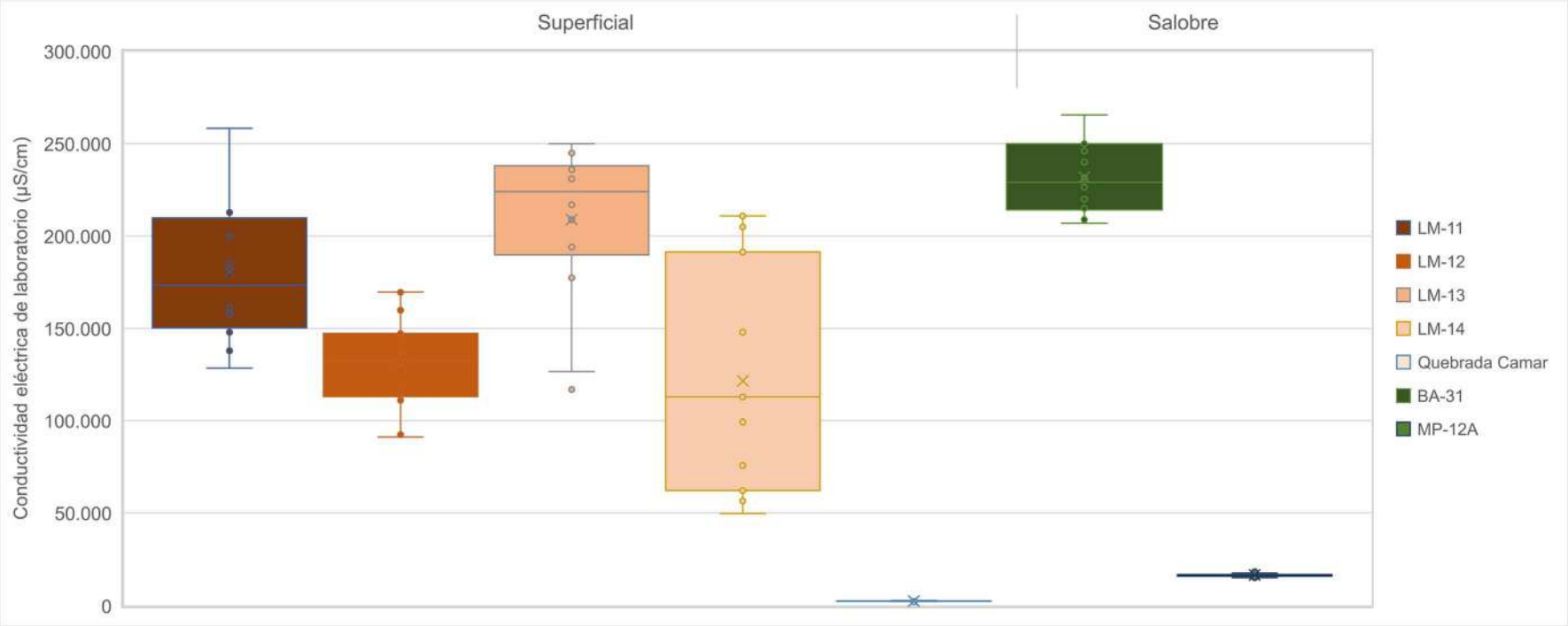
Figura 5-175 Diagrama de Caja, pH de laboratorio histórico, Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	14	15	15	46	14	22
Min	7,36	7,65	6,57	7,42	7,70	7,22	7,05
P25	7,55	7,71	6,98	7,91	8,04	7,28	7,57
Mediana	7,69	7,83	7,36	8,32	8,17	7,31	7,62
P75	7,84	7,88	7,60	8,39	8,35	7,36	7,75
Max	7,96	7,93	8,15	8,54	8,80	7,42	8,06
RQ	0,29	0,17	0,62	0,48	0,31	0,08	0,18

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-176 Diagrama de Caja, CE de laboratorio histórico (µS/cm), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	12	15	14	15	46	14	22
Min	128.600	91.100	117.000	49.700	2.290	207.000	15.220
P25	150.400	113.200	189.850	62.100	2.530	214.250	16.045
Mediana	173.550	132.200	224.000	113.000	2.600	229.100	16.295
P75	209.925	147.300	238.100	191.400	2.662	250.000	16.910
Max	258.400	169.800	250.000	211.000	3.180	265.600	19.160
RQ	59.525	34.100	48.250	129.300	132	35.750	865

Fuente: Elaboración propia

Sólidos Disueltos Totales de Laboratorio

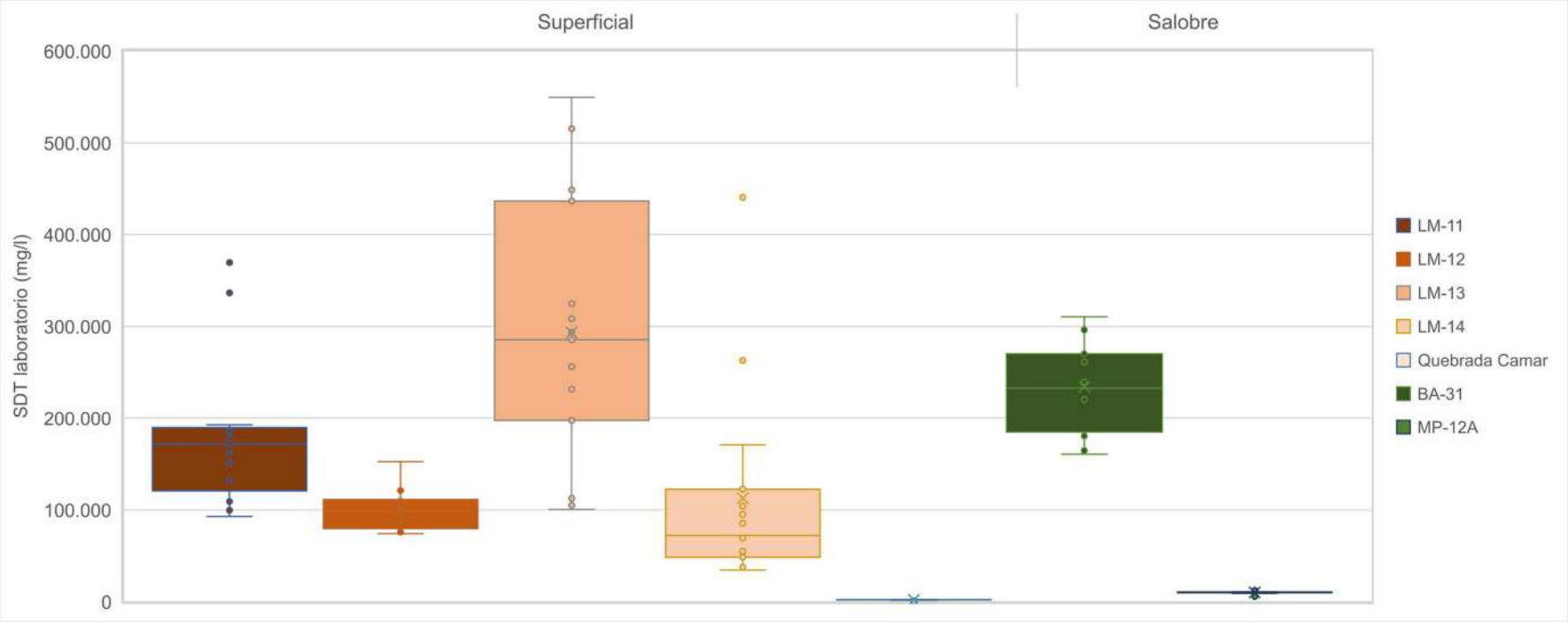
Los valores de SDT se observan en la gráfica presentada en la Figura 5-177. De los resultados obtenidos para este sector se observa que el comportamiento de los registros de SDT es muy similar a los de CE, dada la relación existente entre estos parámetros.

Los valores de SDT de las muestras lagunares son mayores que los de Quebrada Camar, donde para este último la mediana es de 1.988 mg/l; para las lagunas las medianas varían entre 72.000 mg/l (LM-14) y 285.467 mg/l (LM-13). Para las aguas salobres, en BA-31 la mediana es de 232.680 mg/l, mientras que en MP-12A es de 10.015 mg/l.

Densidad

Las mediciones de densidad se presentan en la Figura 5-178. Los rangos varían entre los puntos de las lagunas y las aguas salobres. Para Quebrada Camar, la mediana es de 1,000 g/ml, muy parecida a la alcanzada en MP-12A (1,005 g/ml). Por otro lado, las muestras de las lagunas tienen medianas que varían entre los 1,050 g/ml (LM-14) hasta los 1,200 g/ml (LM-13). Las aguas obtenidas desde el pozo BA-31 tienen valores de densidad dentro del rango de las muestras de LM-12, alcanzando una mediana de 1,160 g/ml. De manera general, el comportamiento de densidades mayores en las lagunas 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.

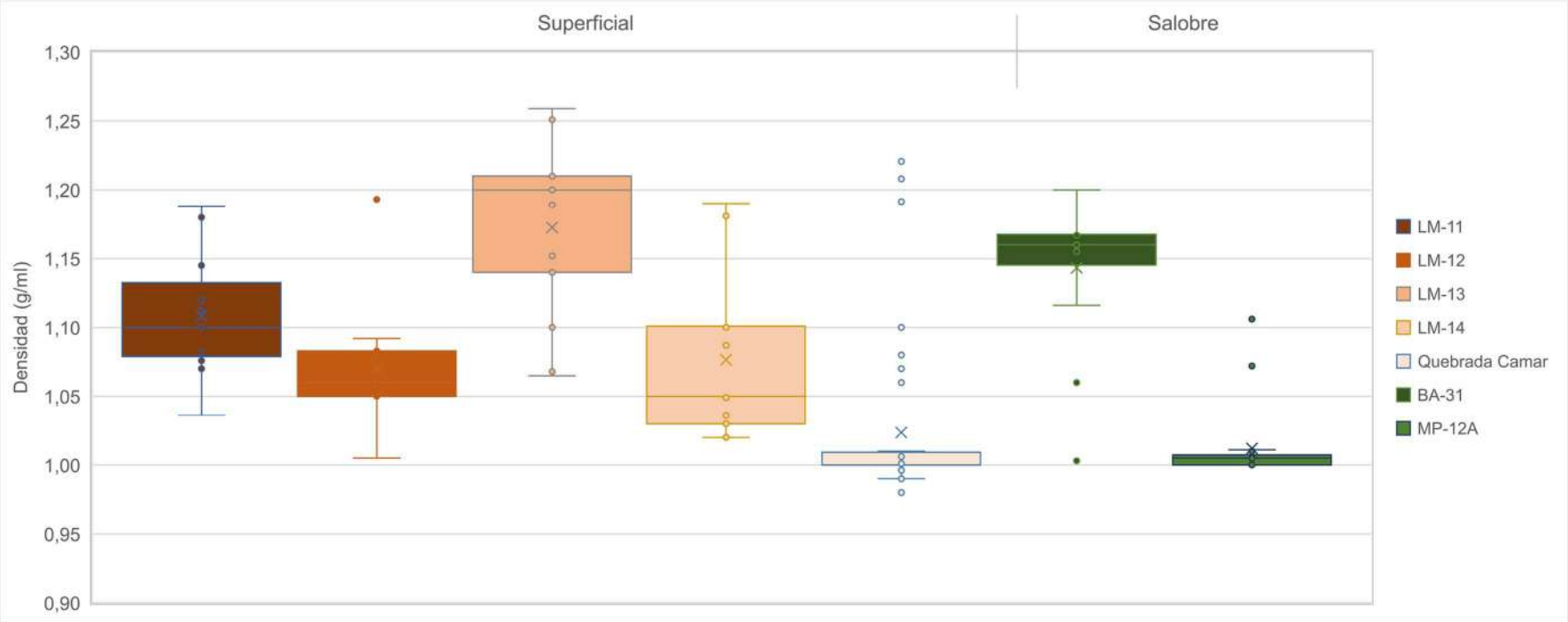
Figura 5-177 Diagrama de Caja, SDT de laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	92.800	73.967	100.260	34.490	928	160.440	5.733
P25	120.700	79.567	197.233	48.400	1.863	184.640	9.648
Mediana	171.600	98.100	285.467	72.000	1.988	232.680	10.015
P75	189.500	111.180	436.710	122.470	2.137	270.190	10.410
Max	369.320	152.300	549.500	440.660	4.548	310.400	13.600
RQ	68.800	31.613	239.477	74.070	274	85.550	762

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-178 Diagrama de Caja, Densidad de laboratorio histórico (g/ml), Sector Norte y Borde Este



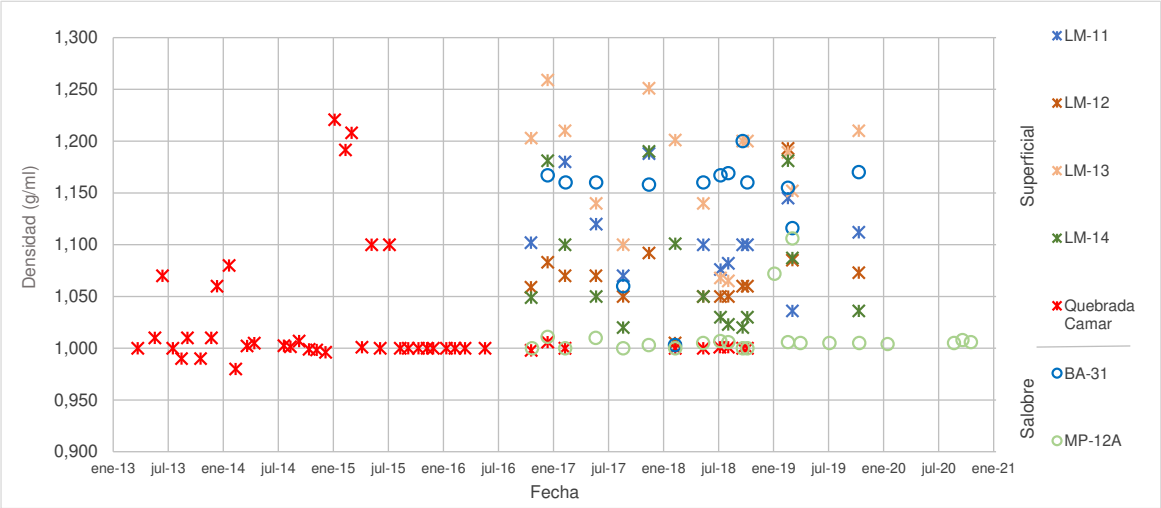
	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	44	14	22
Min	1,036	1,005	1,065	1,020	0,980	1,003	1,000
P25	1,079	1,050	1,140	1,030	1,000	1,145	1,000
Mediana	1,100	1,060	1,200	1,050	1,000	1,160	1,005
P75	1,133	1,083	1,210	1,101	1,009	1,168	1,007
Max	1,188	1,193	1,259	1,190	1,221	1,200	1,106
RQ	0,054	0,033	0,070	0,071	0,009	0,023	0,007

Fuente: Elaboración propia

Variación Temporal de los parámetros

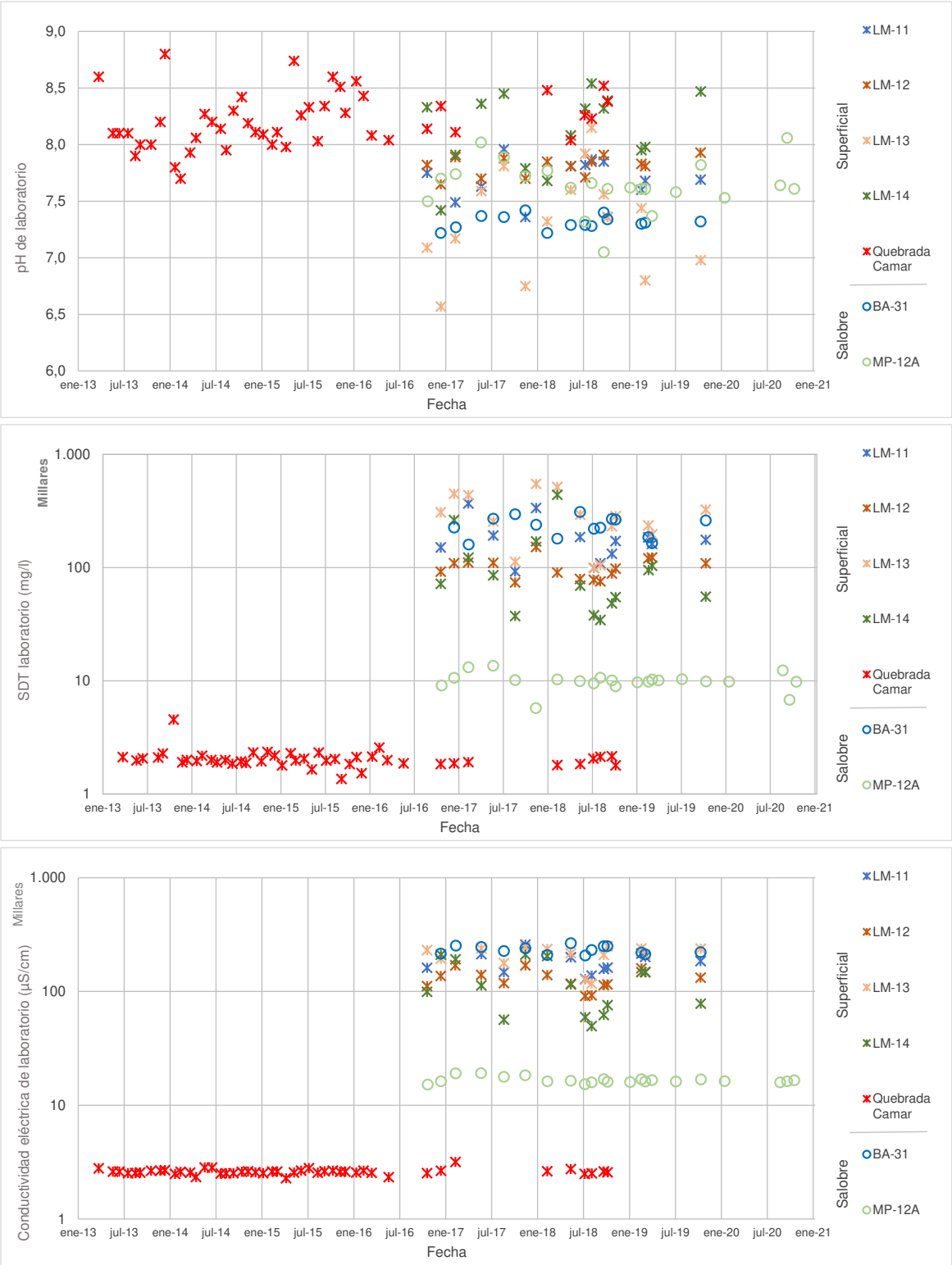
En la Figura 5-179 y Figura 5-180 se presenta la variación temporal de los valores de los parámetros fisicoquímicos analizados en laboratorio. Sólo en MP-12A se efectuaron mediciones en 2020. Para este último, se observa que las mediciones de este último año se mantienen dentro de la variación natural observada en el registro histórico.

Figura 5-179 Variación Temporal: Densidad en laboratorio, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-180 Variación Temporal: pH, SDT, CE en laboratorio, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Elementos Mayoritarios Disueltos

Aniones mayores

Los elementos mayoritarios disueltos se presentan en la Figura 5-181 a Figura 5-184. Los aniones que se analizan corresponden a cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-) y nitratos (NO_3^-), mostrados junto con sus estadígrafos.

Entre los aniones mayoritarios analizados, los cloruros son los predominantes, particularmente en las muestras de agua de las lagunas, lo que es totalmente concordante con la ubicación de estos puntos.

Las concentraciones de cloruro presentes en las muestras de las aguas de las lagunas son más altas comparadas con las aguas superficiales (Quebrada Camar). Esto resulta ser concordante con el comportamiento mostrado por la conductividad eléctrica. Si se observan los estadígrafos, las lagunas presentan valores de medianas de 47.943 mg/l en LM-14 hasta 157.157 mg/l en LM-13, mientras que los datos de Quebrada Camar se caracterizan por una mediana de 260 mg/l. Para el punto BA-31, los valores son aún mayores, con una mediana de 129.556 mg/l, debido a su ubicación cerca del Núcleo. En MP-12A, los valores no varían mayormente, con una mediana de 5.212 mg/l, con datos del año 2020 dentro del tango histórico.

En cuanto a la concentración de bicarbonatos, las aguas de Quebrada Camar muestran una mediana de 545 mg/l. El punto MP-12A se presenta estable en el 2020, con una mediana de 248 mg/l. Las concentraciones en las aguas de las lagunas muestran variabilidad en los datos, con valor de P25 mínimo de 406 mg/l, hasta valores máximos de P75 de 1.574 mg/l.

Para los nitratos disueltos, es posible indicar que, entre los puntos de las lagunas, LM-13 es aquel que presenta el valor de mediana más alto, con 5,18 mg/l. Para los otros puntos LM-XX, la mediana de concentraciones varía entre 1,88 mg/l (LM-14) a 4,21 mg/l (LM-11). Las muestras obtenidas de BA-31, sin embargo, presentan una mediana de 3,19 mg/l. MP-12A presenta una media de 2,66 mg/l, donde los datos de 2020 se circunscriben dentro de los históricos.

De la misma manera que los cloruros las lagunas presentan concentraciones de sulfato más altas respecto de la Quebrada Camar. Para las lagunas, las medianas varían desde 5.378 mg/l (LM-14) hasta 16.629 mg/l (LM-13), mientras que en Quebrada Camar la mediana es de 684 mg/l. La mediana de concentraciones en MP-12A es cercana a la registrada en Quebrada Camar, con un valor de 512 mg/l, donde en el 2020 los valores se comportan dentro de la variabilidad natural histórica. En BA-31, la mediana es comparable a la alcanzada en las lagunas, con una mediana de 17.378 mg/l.

Cationes mayores

Los cationes que se analizan corresponden a calcio (Ca^{2+}), potasio (K^{+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^{+}) y, cuya variación en el tiempo se presenta en la Figura 5-185 a Figura 5-188.

Una característica común a los 4 cationes considerados y que también se observa en los aniones es que las lagunas presentan las mayores concentraciones, mientras que la quebrada presenta valores semejantes a las concentraciones de las aguas subterráneas someras (MP-12A).

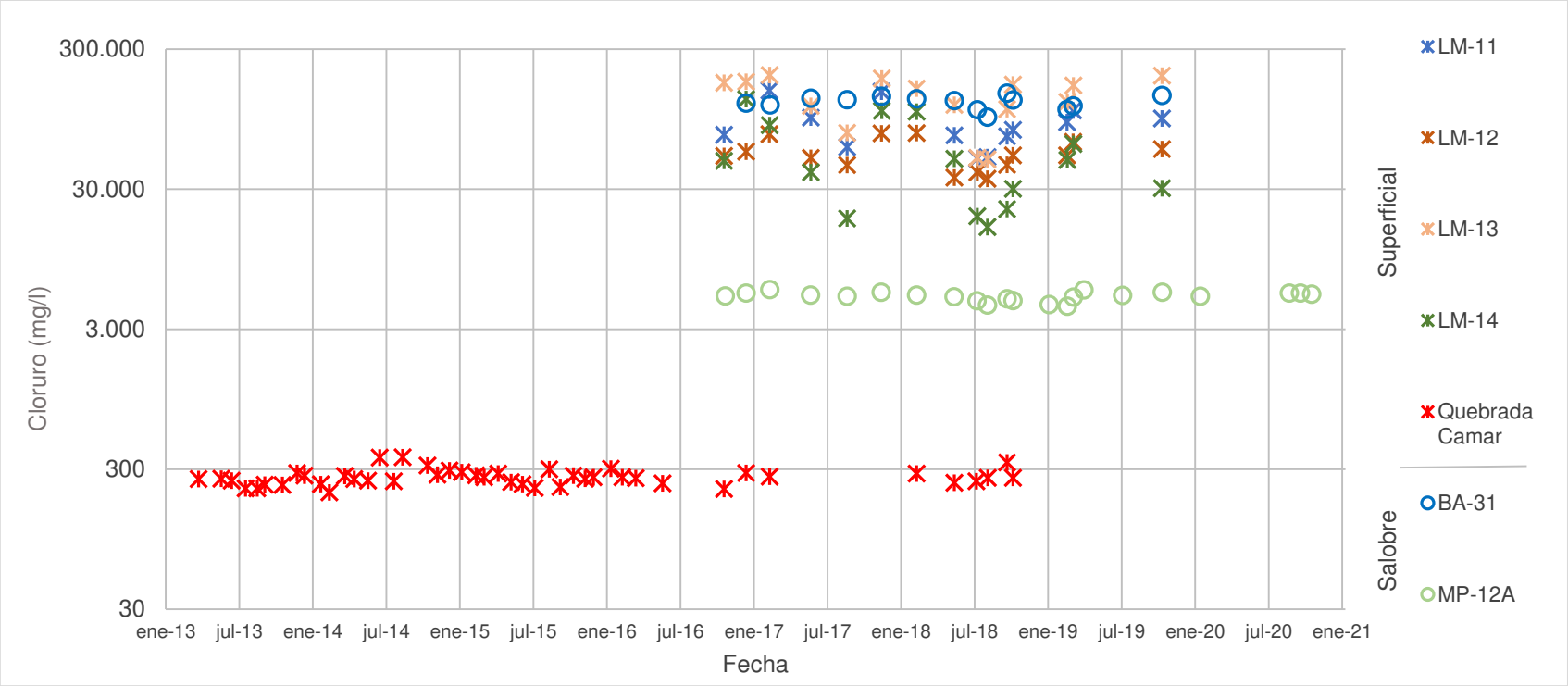
Para el calcio, las mediciones en MP-12A del 2020 se comportan de manera estable y dentro de los rangos históricos. En general, las aguas de las lagunas muestran un rango bastante amplio que va desde 75 mg/l (LM-3) a 1.222 mg/l (LM-11), mientras que las muestras de Quebrada Camar y MP-12A comprenden un rango que va desde 68 mg/l a los 319 mg/l. En BA-31, el otro pozo somero, este rango es desde 387 mg/l a 757 mg/l. En la Figura 5-185, se aprecia que la variación temporal del calcio es estable sin evidencia de comportamiento estacional.

Las muestras de MP-12A para potasio se comportan dentro de la variabilidad natural histórica. Para este punto, la mediana es de 490 mg/l. Estos valores están por debajo de las concentraciones logradas en las muestras de las lagunas y BA-31, las cuales son superiores a un P25 de 2.415 mg/l en LM-14, hasta un P75 de 19.701 mg/l en LM-13. Las muestras de Quebrada Camar son las que presentan las concentraciones más bajas, con una mediana de 18 mg/l.

Las concentraciones de magnesio muestran que las correspondientes a la Quebrada Camar y MP-12A son las más bajas del sector, con medianas 126 mg/l para el primero, y 219 mg/l para MP-12A. Las mediciones de 2020 para este último son consistentes con las registradas en años anteriores. Las aguas lagunares, y las obtenidas desde el pozo BA-31 son las que presentan las mayores concentraciones de magnesio disuelto, con valores de mediana que van desde los 2.061 mg/l en LM-14, hasta los 6.472 mg/l en BA-31.

El sodio se comporta de manera similar al potasio, donde las muestras de MP-12A se sitúan en un rango intermedio entre las aguas lagunares (además de BA-31) y de las de Quebrada Camar. La mediana de sodio en MP-12A es de 2.778 mg/l, con los datos de 2020 dentro de los rangos definidos históricamente. En Quebrada Camar la mediana es de 265 mg/l, mientras que las muestras obtenidas desde LM-XX y BA-31 varían entre 8.553 mg/l en LM-14 y 112.500 mg/l en LM-13.

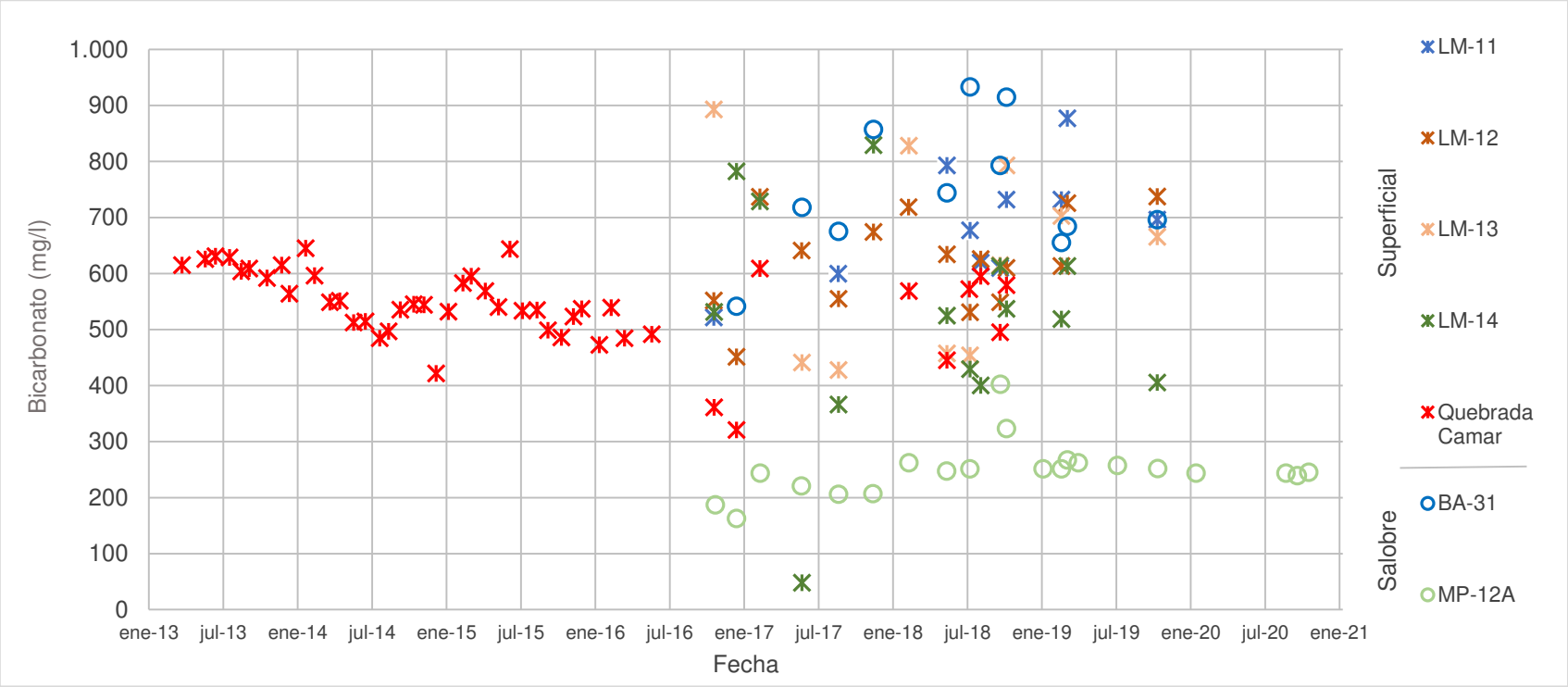
Figura 5-181 Variación Temporal: Cl en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	45	14	22
Min	49.735	35.589	48.935	16.095	205	98.170	4.374
P25	65.813	44.601	111.979	21.657	239	116.370	4.906
Mediana	79.334	52.211	157.157	47.943	260	129.556	5.212
P75	103.433	65.167	175.682	86.063	280	134.886	5.438
Max	152.046	75.259	195.338	132.005	365	145.486	5.761
RQ	37.620	20.566	63.703	64.406	41	18.516	532

Fuente: Elaboración propia

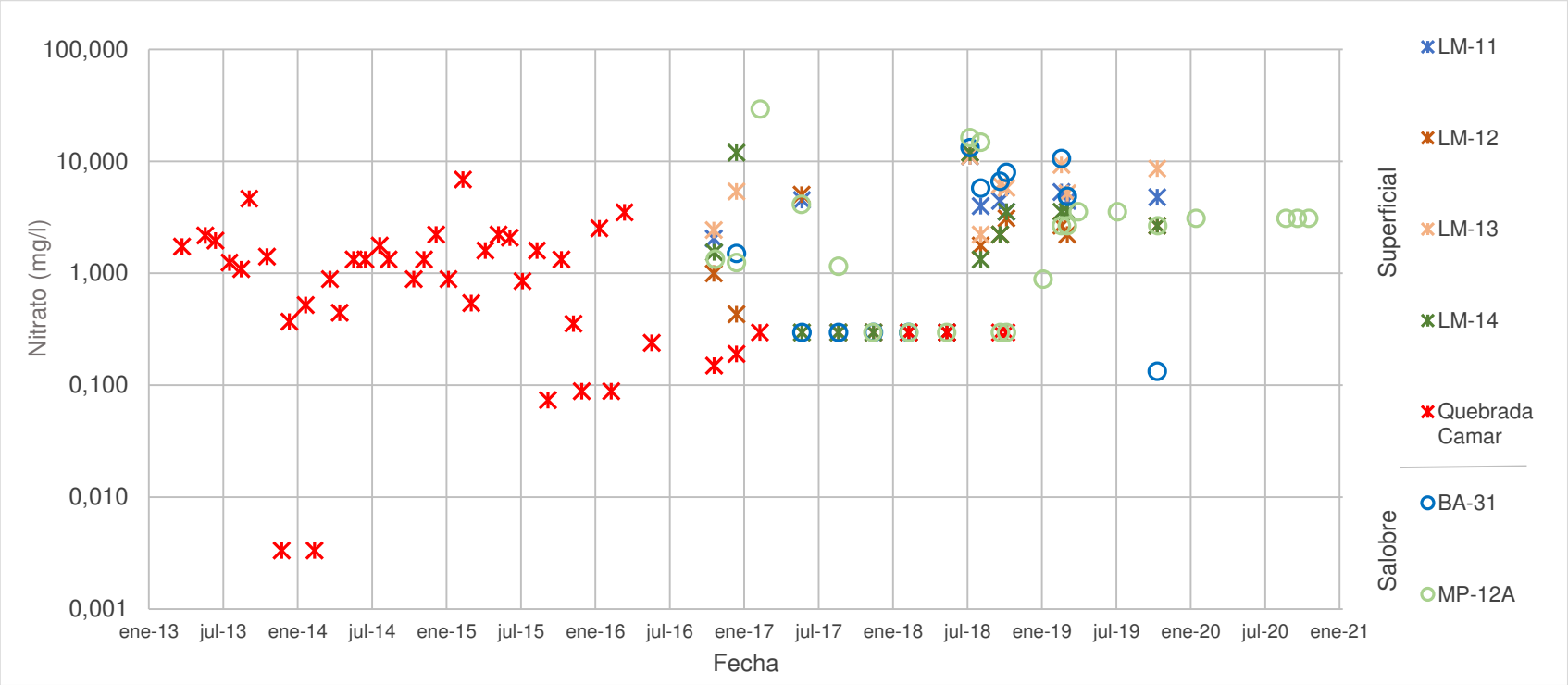
Figura 5-182 Variación Temporal: HCO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	10	15	10	14	46	11	21
Min	522	451	428	48	321	542	163
P25	608	552	451	404	498	675	230
Mediana	687	626	640	528	545	718	248
P75	747	719	802	642	596	857	260
Max	877	737	893	829	645	933	403
RQ	139	167	351	238	98	182	30

Fuente: Elaboración propia

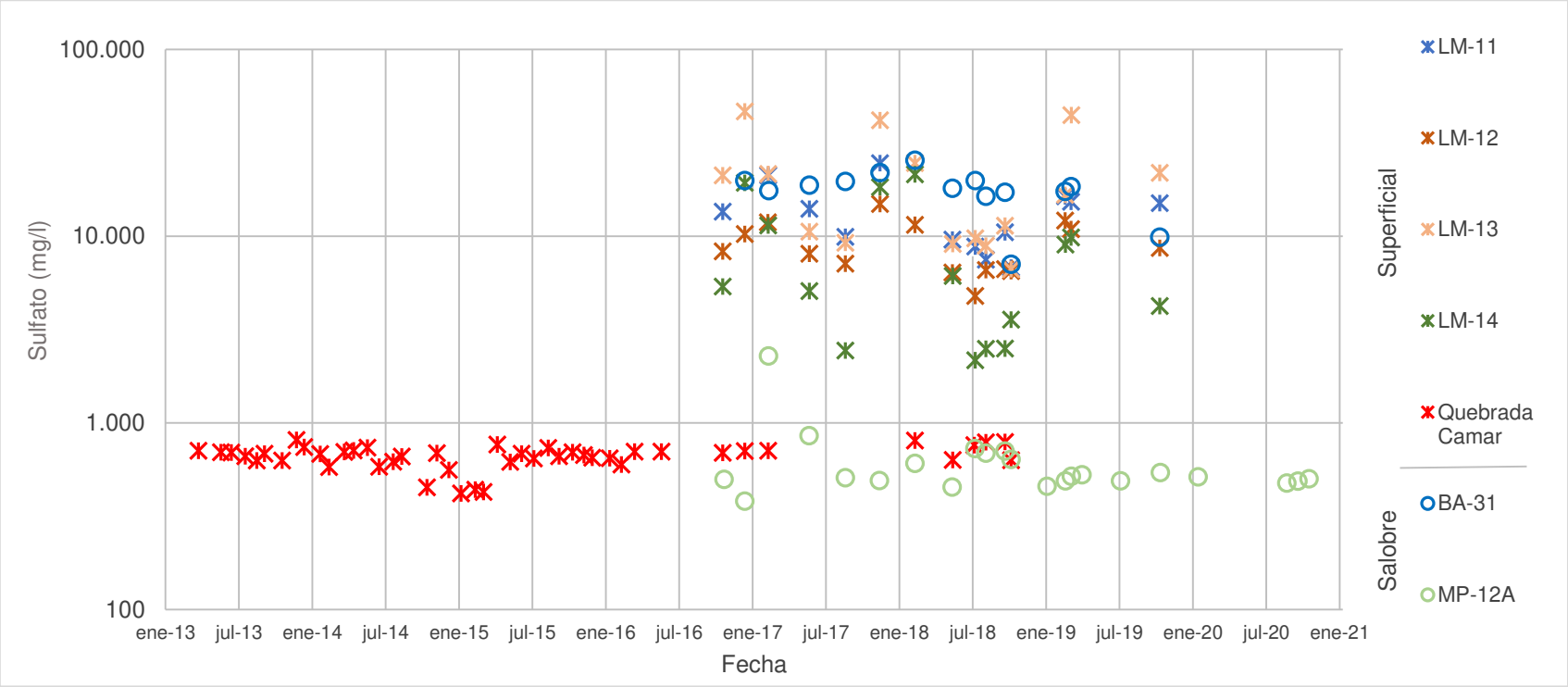
Figura 5-183 Variación Temporal: NO_3 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	12	14	13	14	43	12	22
Min	0,30	0,30	0,30	0,30	0,003	0,13	0,30
P25	0,73	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,74
Mediana	4,21	1,99	5,18	1,88	0,89	3,19	2,66
P75	4,72	2,77	7,40	3,54	1,73	7,64	3,54
Max	11,07	11,96	11,07	11,96	6,86	13,29	29,32
RQ	3,99	2,47	7,10	3,24	1,43	7,34	2,80

Fuente: Elaboración propia

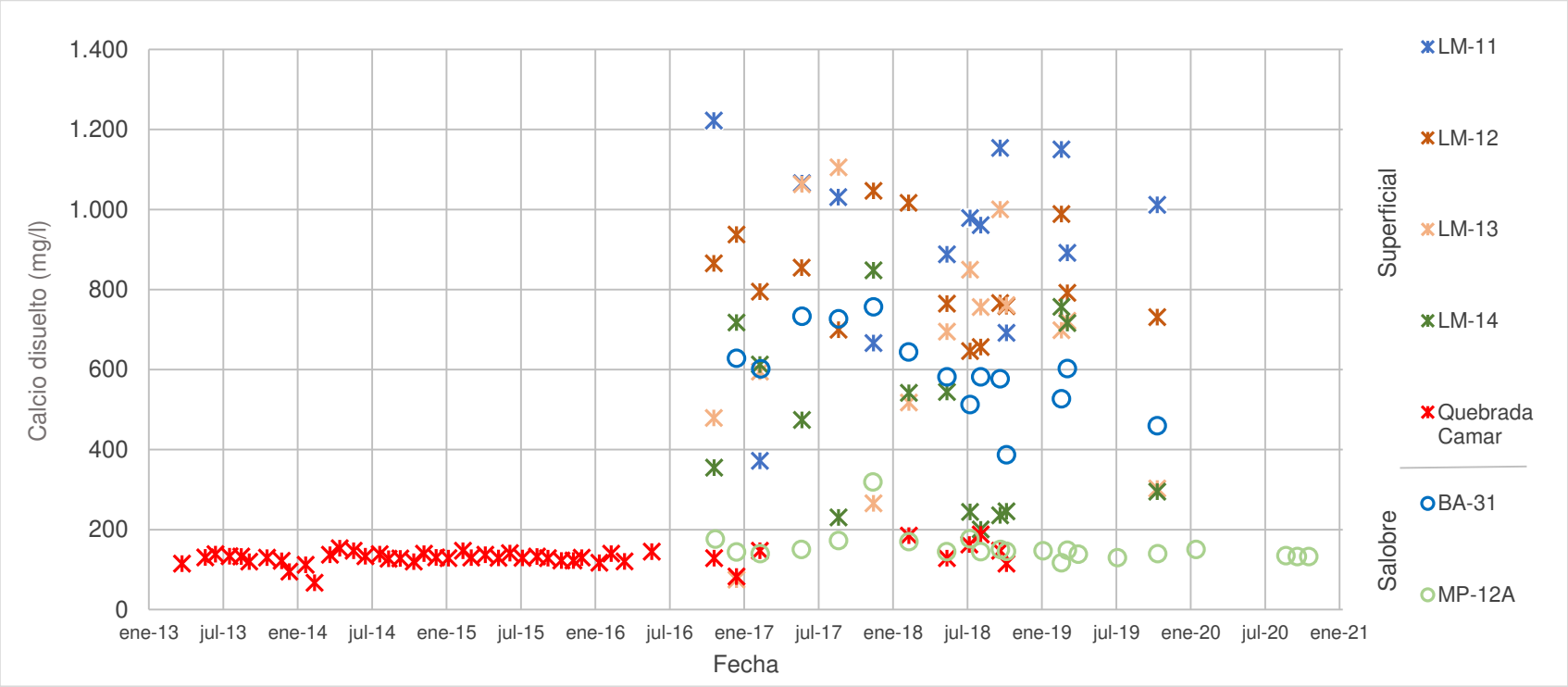
Figura 5-184 Variación Temporal: SO_4 en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	45	14	22
Min	6.775	4.787	6.674	2.170	420	7.067	382
P25	9.193	6.604	9.202	2.503	630	16.986	490
Mediana	13.530	8.290	16.629	5.378	684	17.378	512
P75	15.855	11.486	24.608	11.422	710	19.848	651
Max	24.619	14.883	46.609	21.495	811	25.515	2.286
RQ	6.662	4.882	15.406	8.919	80	2.862	161

Fuente: Elaboración propia

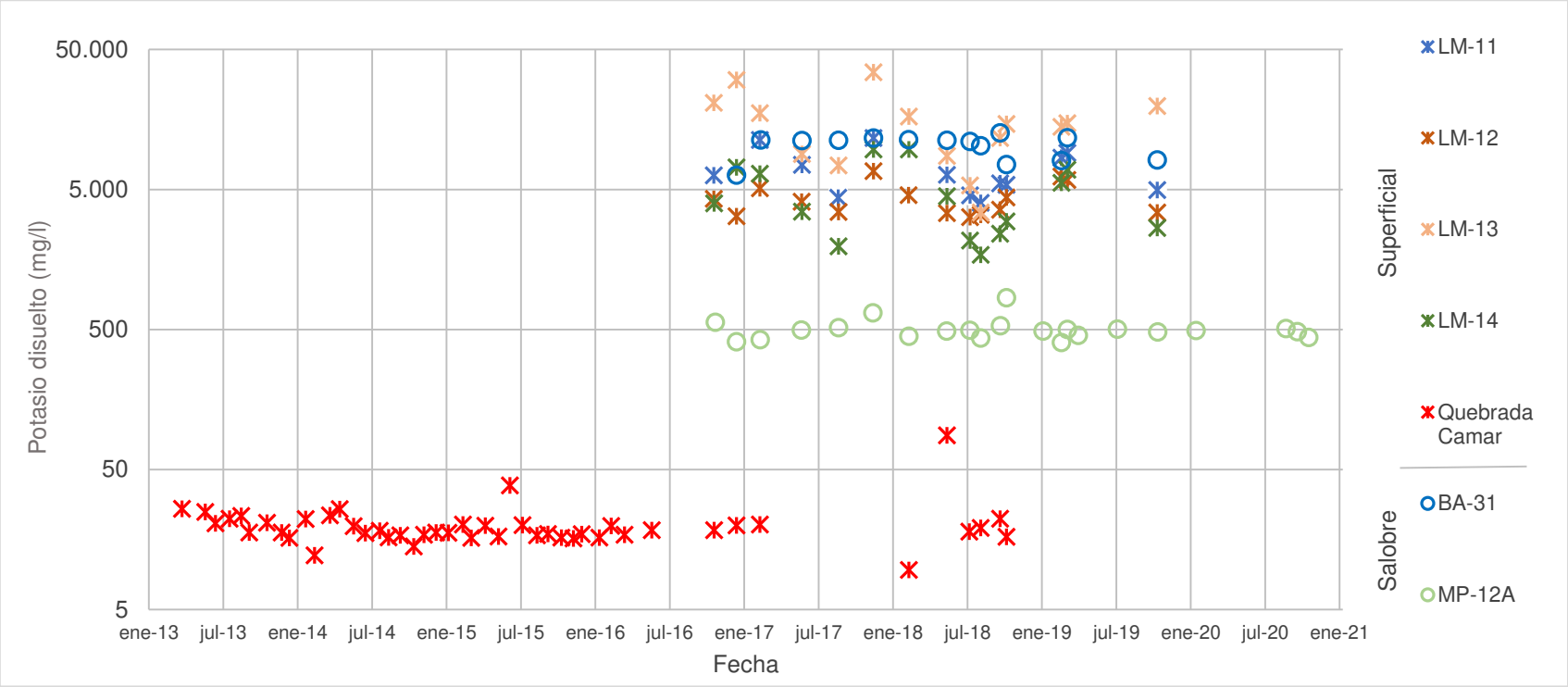
Figura 5-185 Variación Temporal: Ca en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	372	646	75	201	68	387	117
P25	790	731	479	244	123	524	138
Mediana	979	792	698	474	130	592	146
P75	1.108	937	850	716	140	665	156
Max	1.222	1.047	1.105	848	188	757	319
RQ	318	206	371	472	17	141	18

Fuente: Elaboración propia

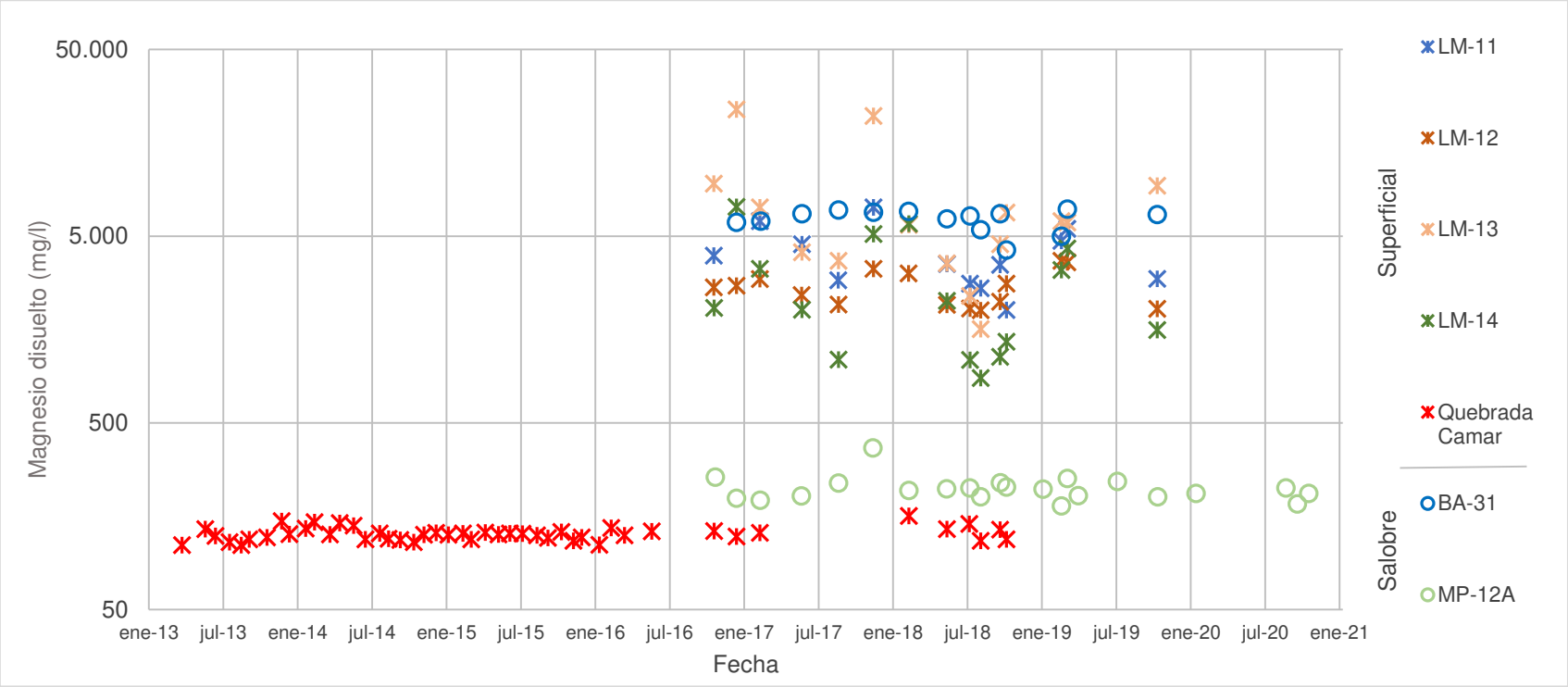
Figura 5-186 Variación Temporal: K en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	4.021	3.175	3.423	1.707	10	6.335	405
P25	4.749	3.390	8.695	2.415	17	8.104	447
Mediana	6.308	4.093	14.690	3.978	18	11.210	490
P75	8.776	5.096	19.701	6.931	21	11.430	511
Max	11.680	6.774	34.360	9.649	88	12.680	846
RQ	4.027	1.706	11.006	4.516	4	3.326	64

Fuente: Elaboración propia

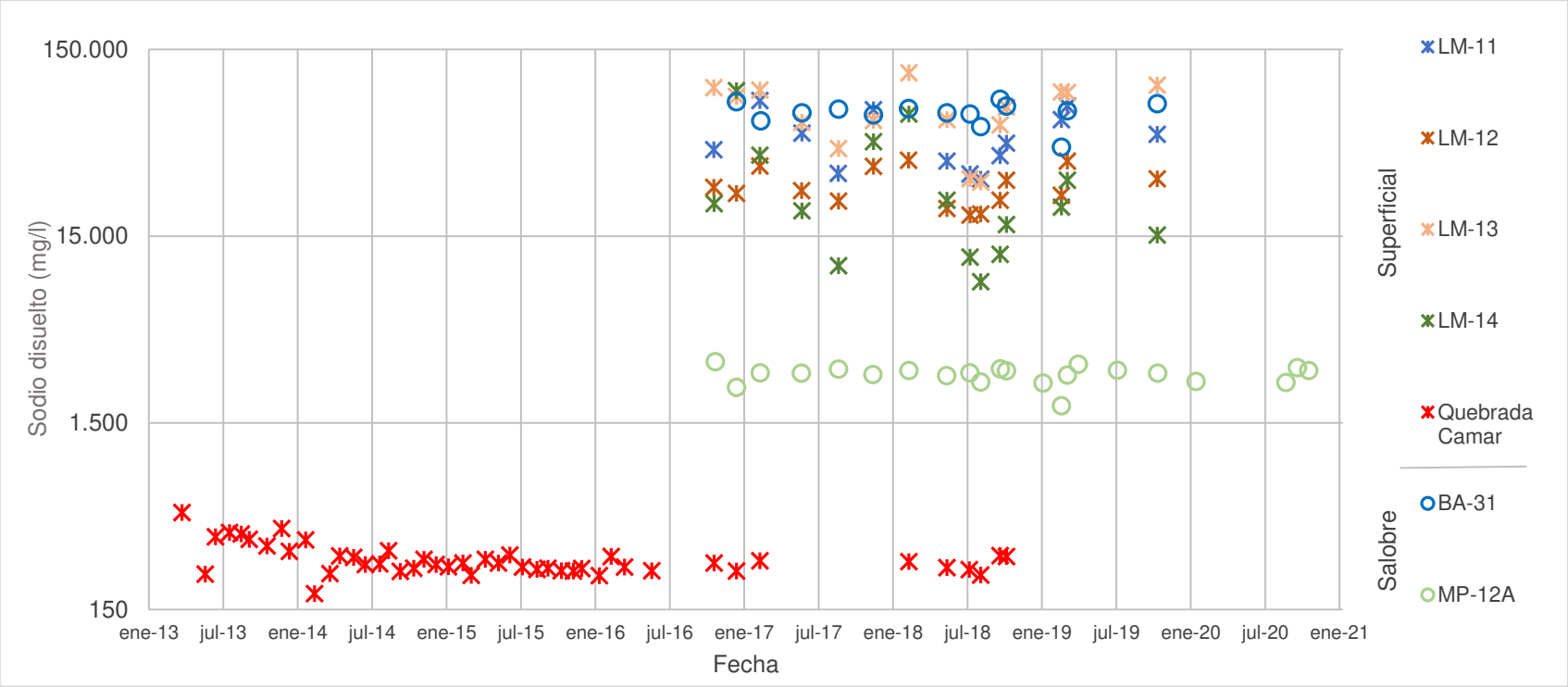
Figura 5-187 Variación Temporal: Mg en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	2.015	2.004	1.593	872	111	4.217	180
P25	2.843	2.146	3.691	1.130	119	5.816	201
Mediana	3.547	2.661	5.920	2.061	126	6.472	219
P75	5.095	3.156	9.320	4.287	132	6.733	238
Max	7.120	3.692	23.859	7.192	159	6.987	368
RQ	2.252	1.010	5.629	3.157	13	917	37

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-188 Variación Temporal: Na en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este

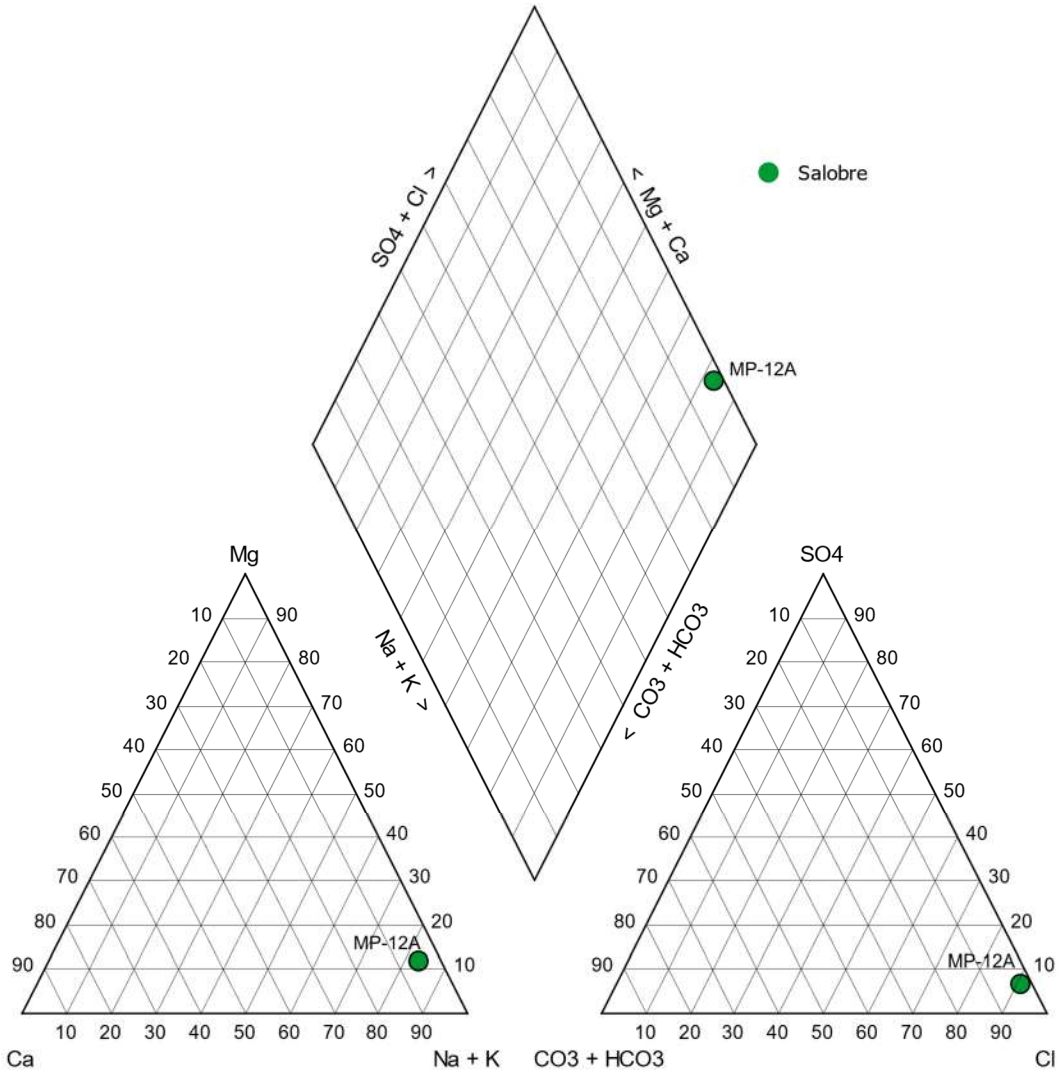


	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	30.270	19.475	29.241	8.553	183	44.980	1.855
P25	35.158	23.140	59.180	11.990	245	65.830	2.497
Mediana	47.228	26.320	73.770	21.480	265	69.595	2.778
P75	67.291	35.560	90.840	40.820	293	75.177	2.881
Max	79.860	38.255	112.500	90.323	498	81.160	3.194
RQ	32.133	12.420	31.660	28.830	48	9.347	384

Fuente: Elaboración propia

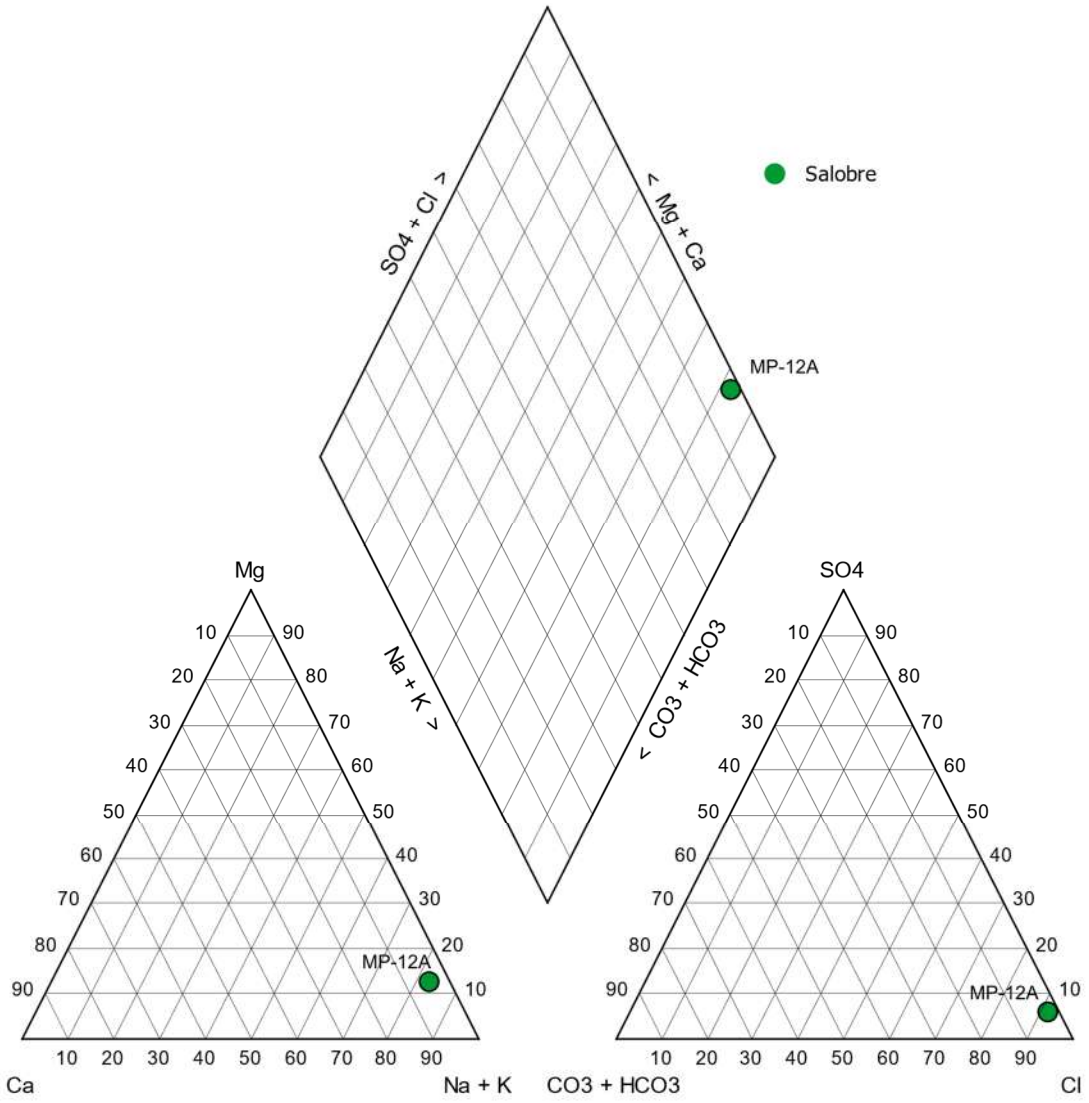
Desde las Figura 5-189 a la Figura 5-192, se presentan Diagramas de Piper con la clasificación de las aguas, para las campañas de enero, agosto, septiembre y octubre de 2020, donde sólo se obtuvieron muestras desde MP-12A. Las aguas de este punto se mantienen en el tipo cloruradas sódicas, como se han clasificado históricamente. Sólo en MP-12A se efectuaron mediciones en 2020.

Figura 5-189 Diagrama de Piper, Campaña enero 2020, Sector Norte y Borde Este



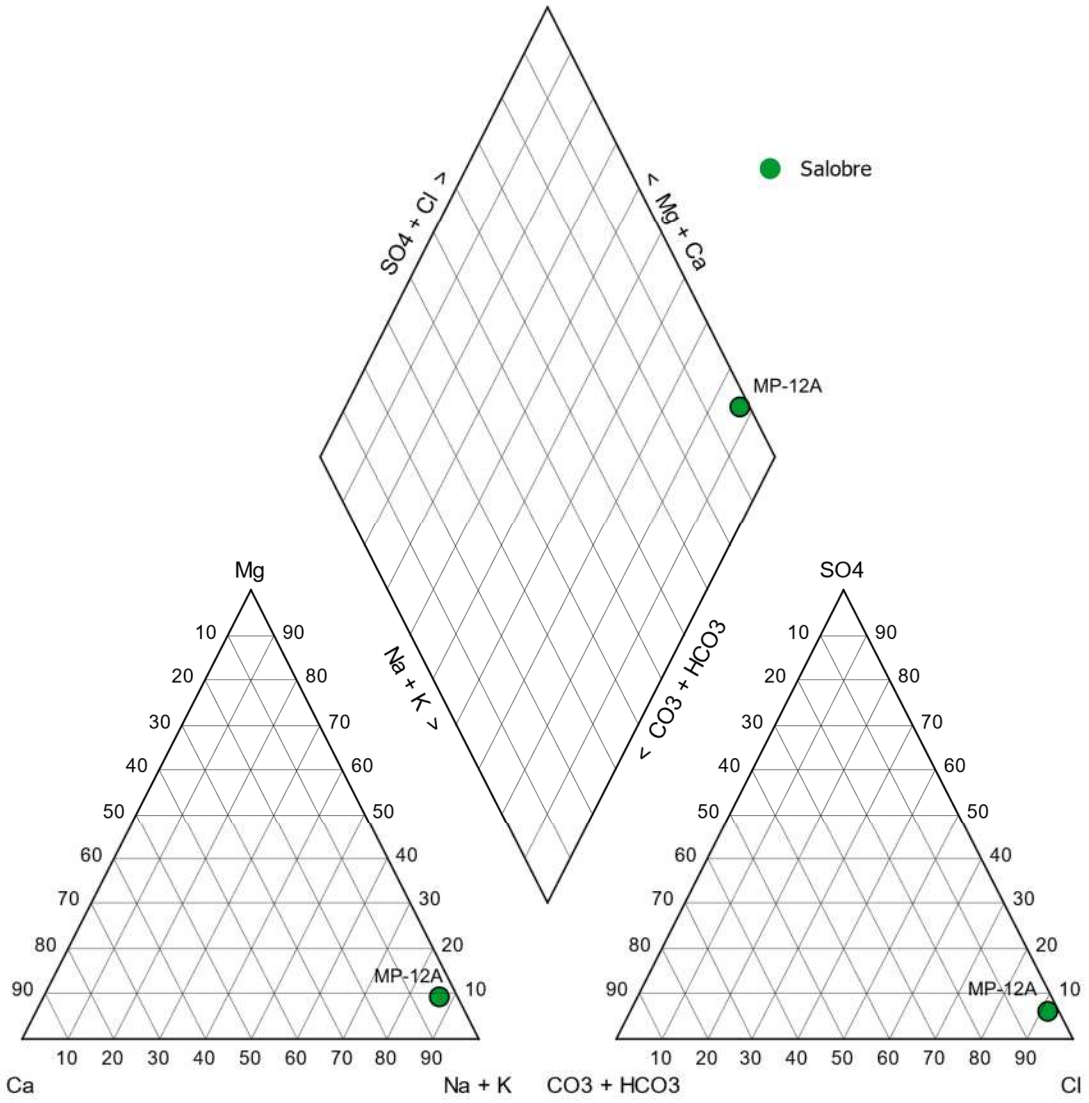
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-190 Diagrama de Piper, Campaña agosto 2020, Sector Norte y Borde Este



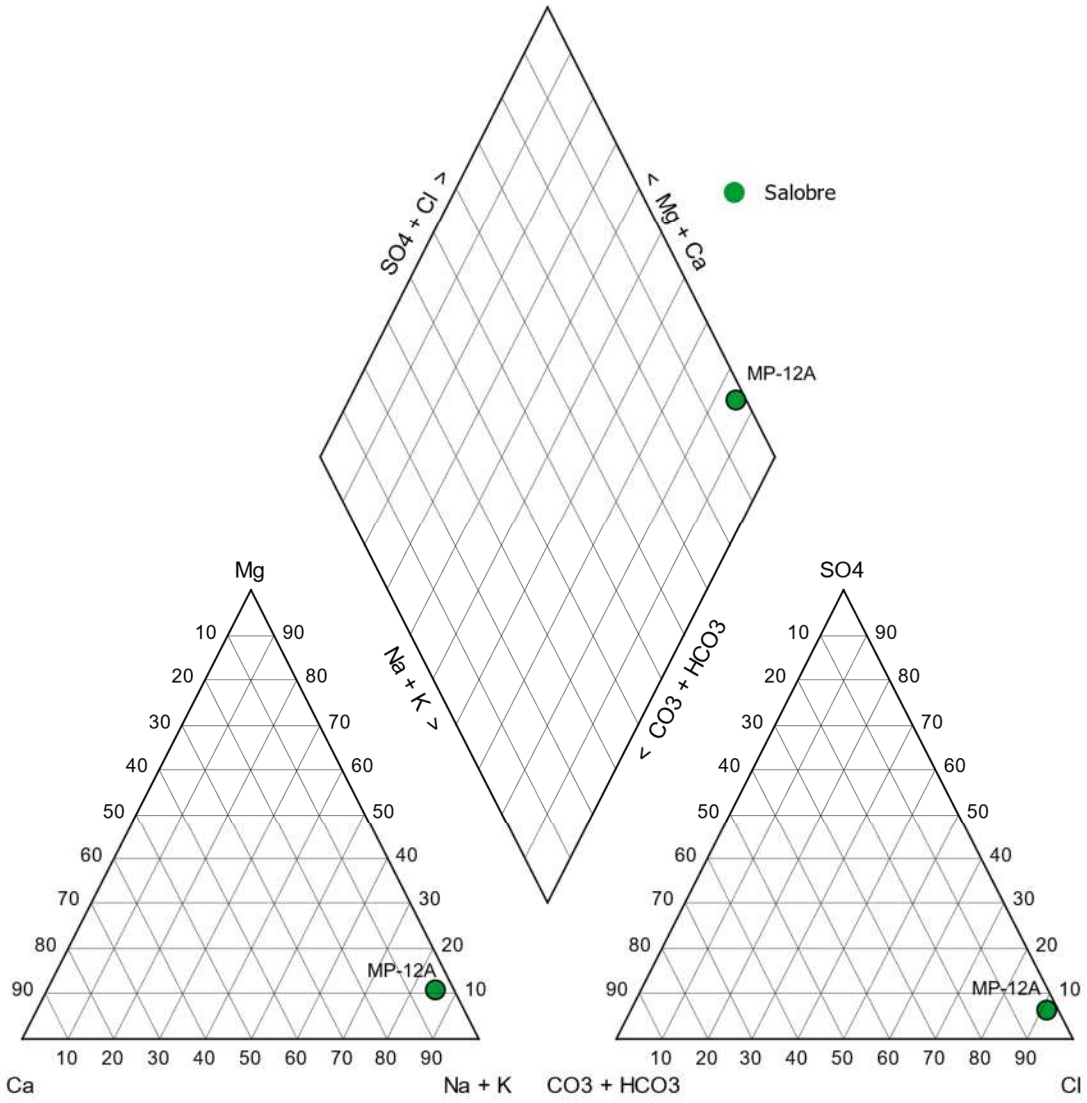
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-191 Diagrama de Piper, Campaña septiembre 2020, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-192 Diagrama de Piper, Campaña octubre 2020, Sector Norte y Borde Este



Fuente: Elaboración propia

Elementos Mayoritarios Totales

Los elementos mayoritarios totales analizados corresponden a calcio (Ca), potasio (K) magnesio (Mg) y sodio (Na), y en la Figura 5-193 a Figura 5-196 se presenta su evolución temporal en el periodo 2013-2020 junto a los estadígrafos de cada serie. Para el punto MP-12A, las muestras de 2020 se comportan dentro de la variabilidad natural histórica.

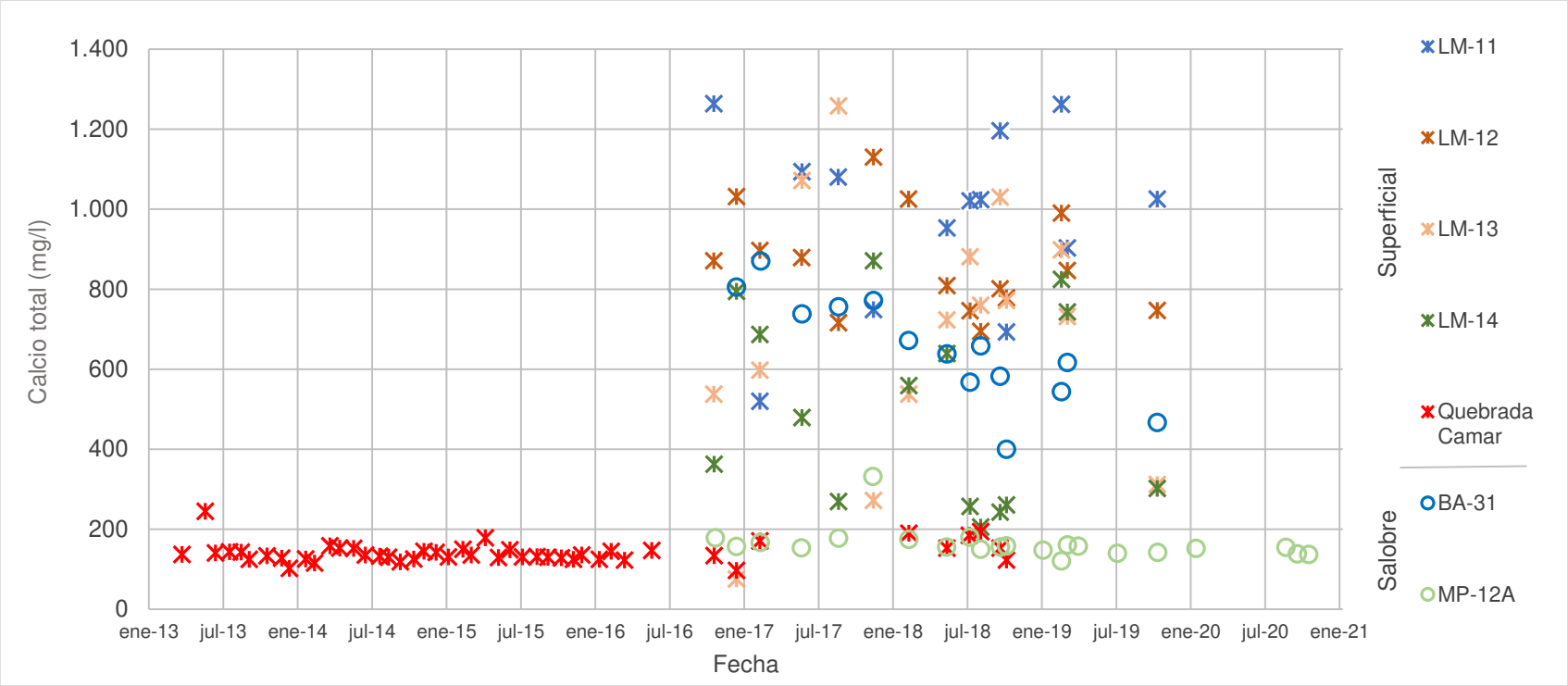
Los valores de calcio total en las aguas de las lagunas tienen un rango bastante amplio, cuyas medianas van desde 479 mg/l en LM-14 y 1.024 mg/l en LM-11, valores mayores a los valores de las de Quebrada Camar y aguas subterráneas someras que no superan los 156 mg/l (particularmente en MP-12A). En BA-31, por su parte, se registra un valor de mediana de 648 mg/l, intermedia entre las aguas lagunares y de MP-12A.

En cuanto al potasio total, el punto LM-13 presenta mayores concentraciones comparada con las otras lagunas, con sus medianas variando entre 4.019 mg/l (LM-14) a 15.030 mg/l (LM-13). Las aguas subterráneas de MP-12A tienen una mediana de 515 mg/l, mientras que las del pozo BA-31 tiene una mediana de 11.350 mg/l, comparables estas últimas a las de las lagunas. La Quebrada Camar, presenta concentraciones muy bajas hasta 2018, presentando una mediana de 19 mg/l.

El magnesio total presenta valores para las lagunas que van desde 900 mg/l en LM-14 hasta los 24.831 mg/l en LM-13, valores comprables a los del pozo somero BA-31 (mediana de 6.595 mg/l). Las concentraciones más bajas de magnesio total ocurren para las muestras de Quebrada Camar y MP-12A, donde la mediana para las primeras es de 130 mg/l, mientras que en MP-12A esta es de 230 mg/l. Para este último punto, los datos de 2020 se acotan dentro de los rangos definidos históricamente.

Para sodio total los datos muestran concordancia con lo encontrado para potasio, donde las concentraciones de MP-12A se encuentran en una posición intermedia entre alas de Quebrada Camar y las aguas lagunares (además de BA-31). Para MP-12A el valor de la mediana es de 2.882, donde las mediciones de 2020 se mantienen dentro de los rangos históricos. Las aguas de los puntos LM-XX y BA-31 varían entre un valor de P25 de 12.210 mg/l en LM-14, hasta un valor de P75 de 115.200 mg/l en LM-13, donde las concentraciones en el pozo BA-31 se encuentran dentro de estos rangos. Entre los elementos mayores comentados, las mayores concentraciones ocurren para sodio total.

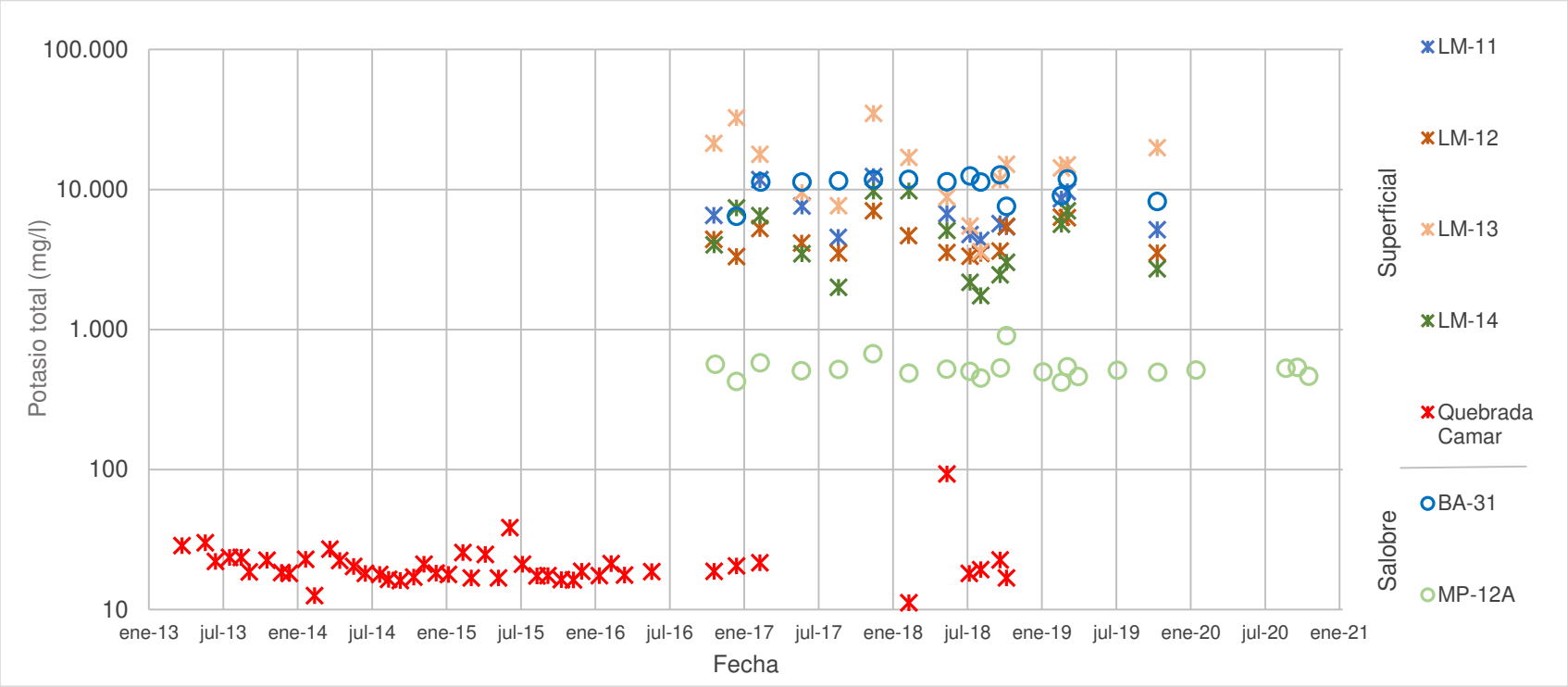
Figura 5-193 Variación Temporal: Ca total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	520	695	76	206	98	400	121
P25	826	747	538	261	128	562	147
Mediana	1.024	847	732	479	136	648	156
P75	1.145	990	898	743	151	760	169
Max	1.263	1.130	1.258	871	245	870	332
RQ	319	243	360	482	23	198	22

Fuente: Elaboración propia

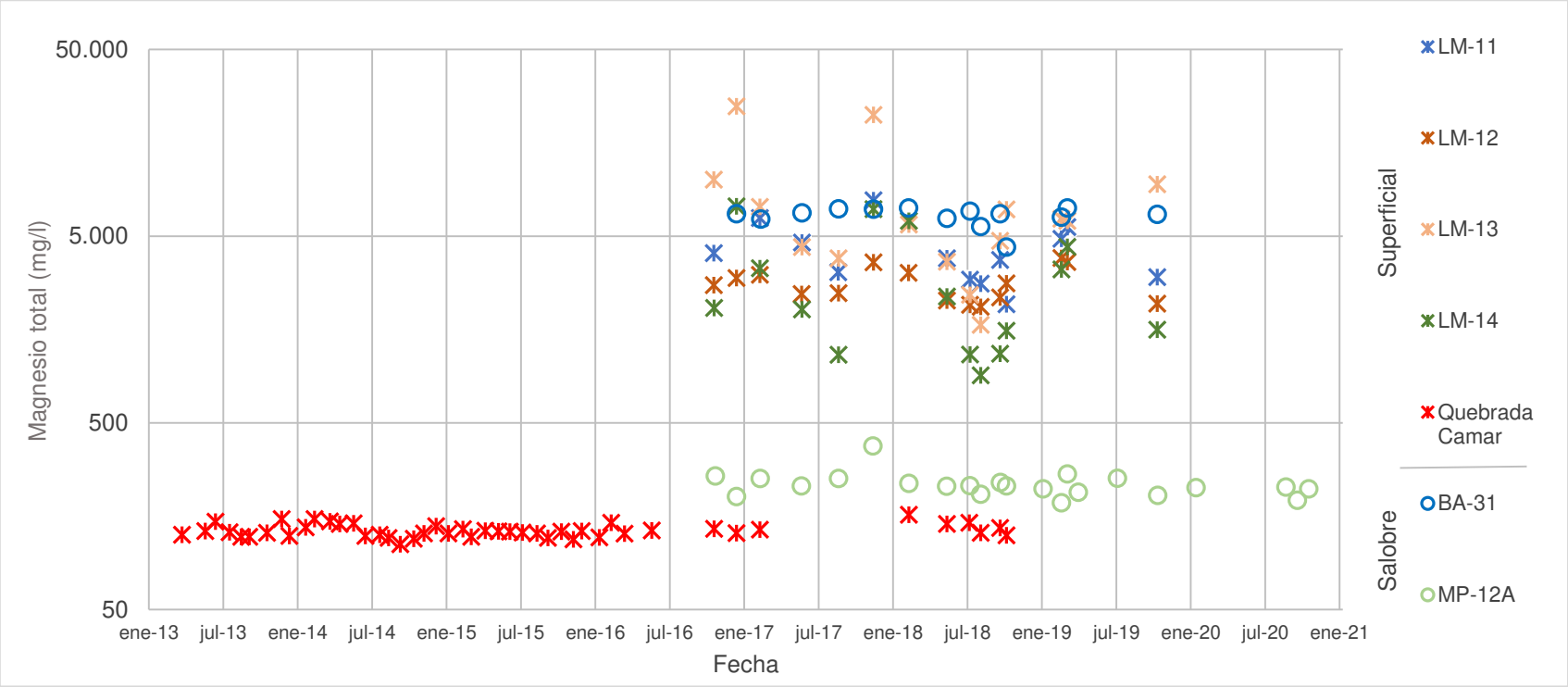
Figura 5-194 Variación Temporal: K total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	4.345	3.329	3.606	1.744	11	6.431	420
P25	4.972	3.508	8.840	2.462	17	8.835	484
Mediana	6.546	4.152	15.030	4.019	19	11.350	515
P75	9.132	5.465	19.864	7.053	23	11.808	538
Max	12.400	7.028	34.990	9.798	93	12.700	903
RQ	4.160	1.957	11.024	4.591	6	2.973	54

Fuente: Elaboración propia

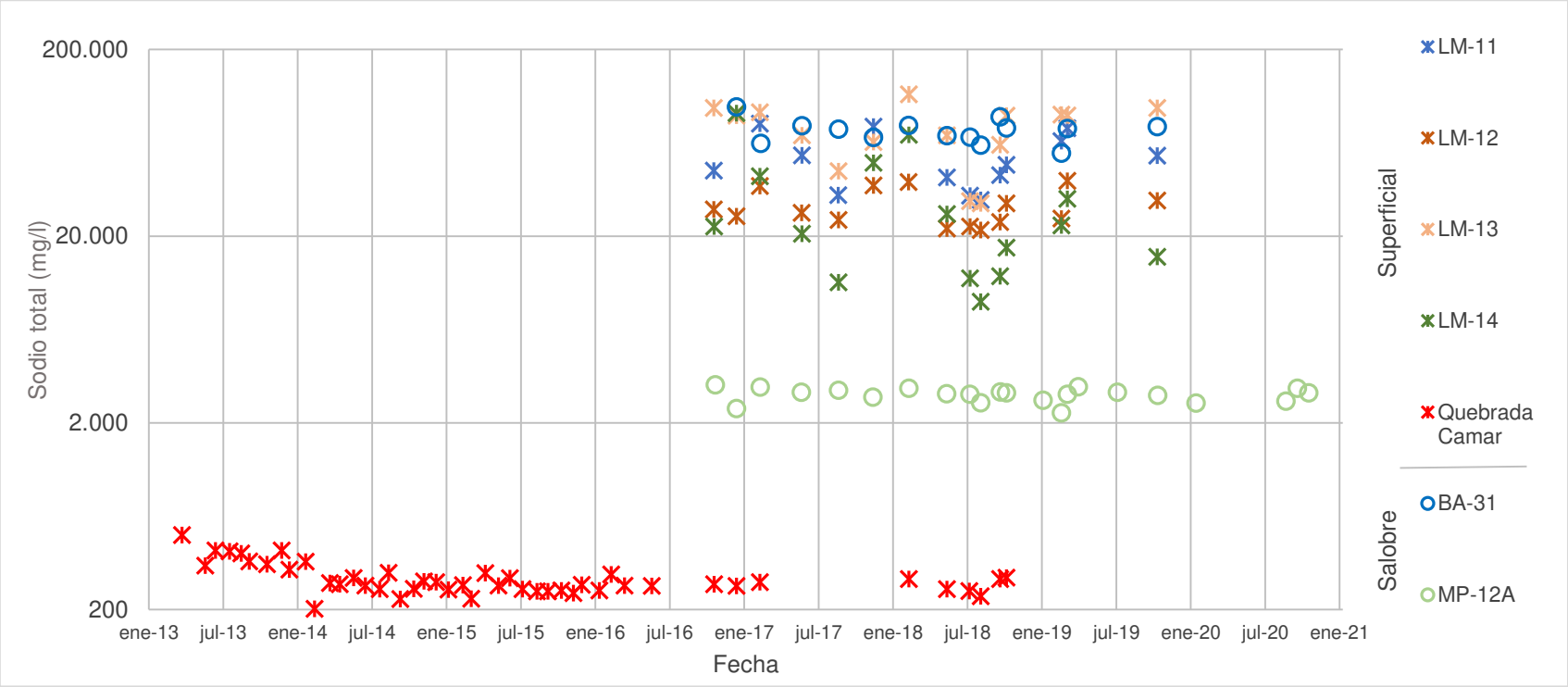
Figura 5-195 Variación Temporal: Mg total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	2.160	2.092	1.677	900	112	4.363	187
P25	2.970	2.258	3.807	1.176	125	6.213	212
Mediana	3.807	2.738	6.036	2.067	130	6.595	230
P75	5.215	3.180	9.493	4.378	139	6.986	252
Max	7.781	3.818	24.831	7.228	161	7.088	376
RQ	2.245	922	5.686	3.202	14	773	40

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-196 Variación Temporal: Na total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	31.240	21.610	29.980	8.935	202	55.660	2.266
P25	37.225	23.818	61.610	12.210	258	66.498	2.637
Mediana	48.208	26.660	88.247	22.548	274	75.160	2.882
P75	70.125	37.090	92.250	41.870	314	78.188	3.012
Max	80.100	39.560	115.200	91.254	502	98.692	3.196
RQ	32.900	13.272	30.640	29.660	56	11.690	375

Fuente: Elaboración propia

Elementos Minoritarios y Trazas Disueltos

Los elementos minoritarios disueltos comprometidos a monitorear son el boro (B), litio (Li) y estroncio (Sr). En la Figura 5-197 a Figura 5-199 se presenta la gráfica de la variación temporal de estos elementos y sus estadígrafos respectivos. 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. En general, ocurre que tanto para el boro como litio y estroncio, los registros de las lagunas son mucho mayores a los registrados históricamente en Quebrada Camar, así como también para el pozo somero MP-12A. Para este último, las mediciones de 2020 se mantienen estables comparadas con los datos de años anteriores.

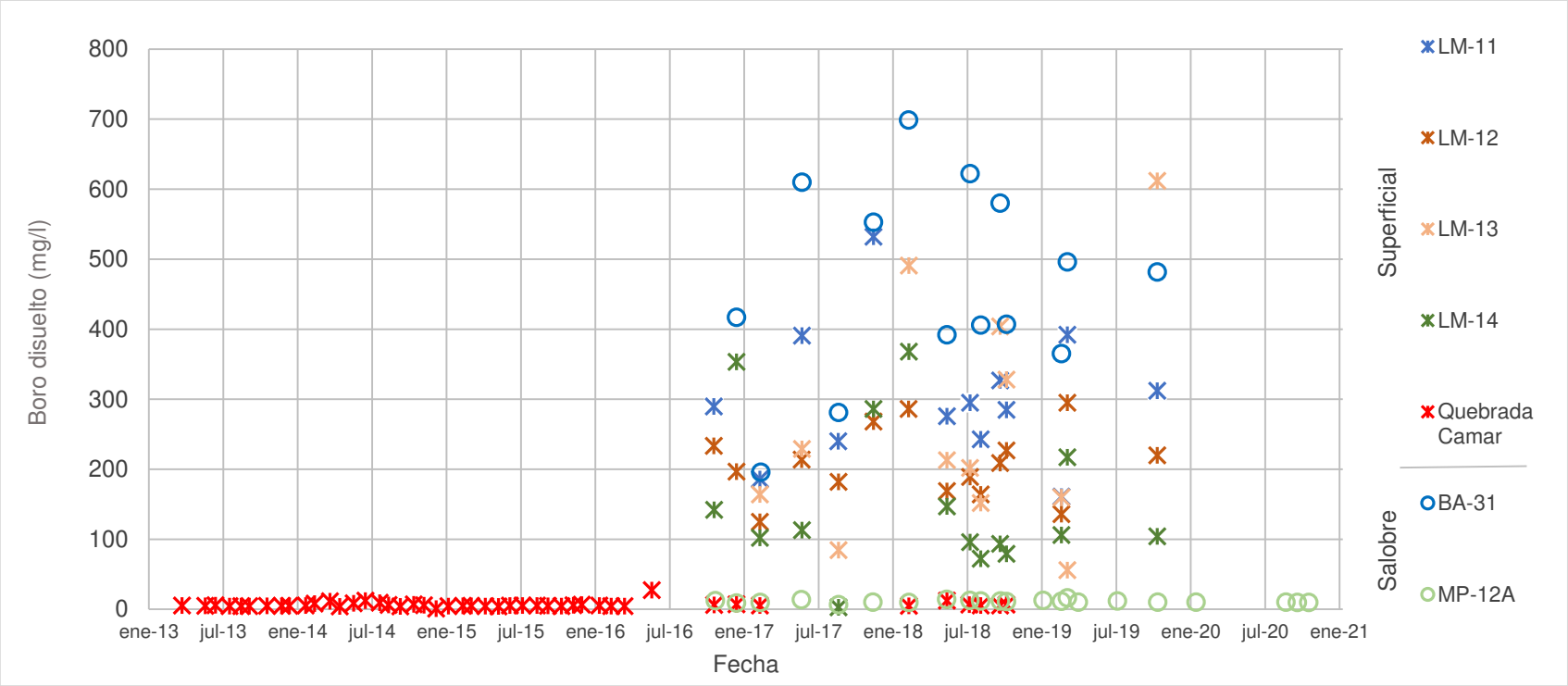
En el caso del boro disuelto el rango de concentraciones de las aguas de las lagunas varía entre medianas de 106 mg/l (LM-14) hasta 290 mg/l (LM-11). Estos valores son relativamente menores que los del pozo BA-31, donde la mediana alcanza un valor de 449,5 mg/l. Para la Quebrada Camar la concentración indicada por la mediana es de 5,4 mg/l, ligeramente menor a la registrada en MP-12A, donde ésta es de 10,7 mg/l.

Para litio disuelto, el valor de la mediana de las muestras de MP-12A es de 30,6 mg/l. Estos valores son mayores que los de Quebrada Camar, donde la mediana es de 0,7 mg/l. Las concentraciones alcanzadas por las lagunas y en BA-31 son aún mayores, comprendiendo un rango más amplio, desde un valor de P25 de 155 mg/l en LM-14, hasta un valor de P75 en LM-13 de 1.331 mg/l. Los valores de 2020 en MP-12A se mantienen en comparación con el registro.

Finalmente, el estroncio disuelto es el de los tres elementos minoritarios analizados el que presenta valores de concentración más bajos, desde un rango de 0,47 mg/l (LM-13) a 54,5 mg/l (LM-11), siendo mayores en las muestras de las lagunas. Las muestras de Quebrada Camar, por otro lado, presentan valores que definen una mediana de 0,7 mg/l. En MP-12A, la mediana es de 4,24 mg/l, donde los valores de 2020 caen dentro del rango variación natural 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.

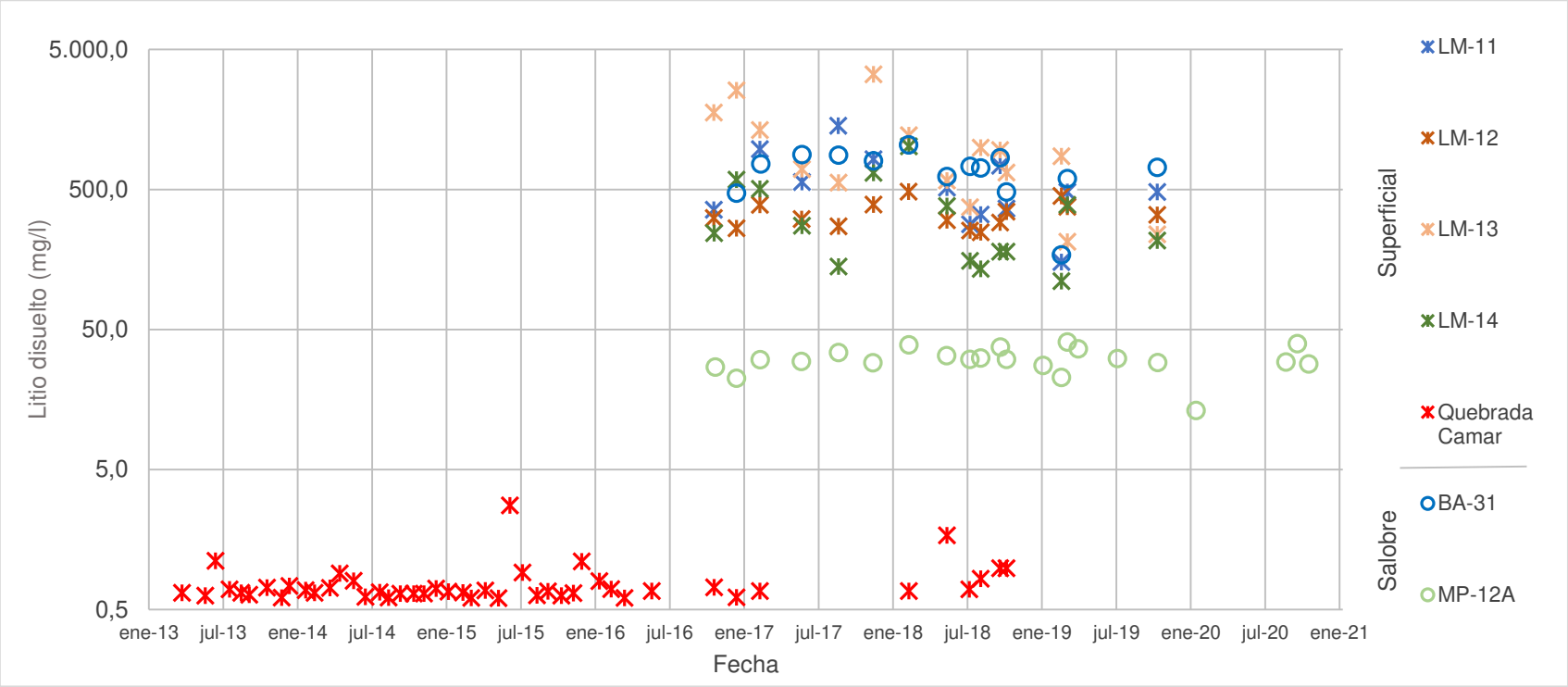
Figura 5-197 Variación Temporal: B disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este,



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	12	15	46	14	22
Min	161,0	125,0	56,0	3,0	0,9	196,0	6,6
P25	241,5	169,0	154,0	93,6	4,7	385,3	10,0
Mediana	289,9	209,0	207,5	106,0	5,4	449,5	10,7
P75	359,0	233,6	385,0	217,0	6,5	587,5	12,5
Max	532,0	295,0	612,0	368,0	27,3	699,0	16,5
RQ	117,5	64,6	231,0	123,4	1,8	202,2	2,5

Fuente: Elaboración propia

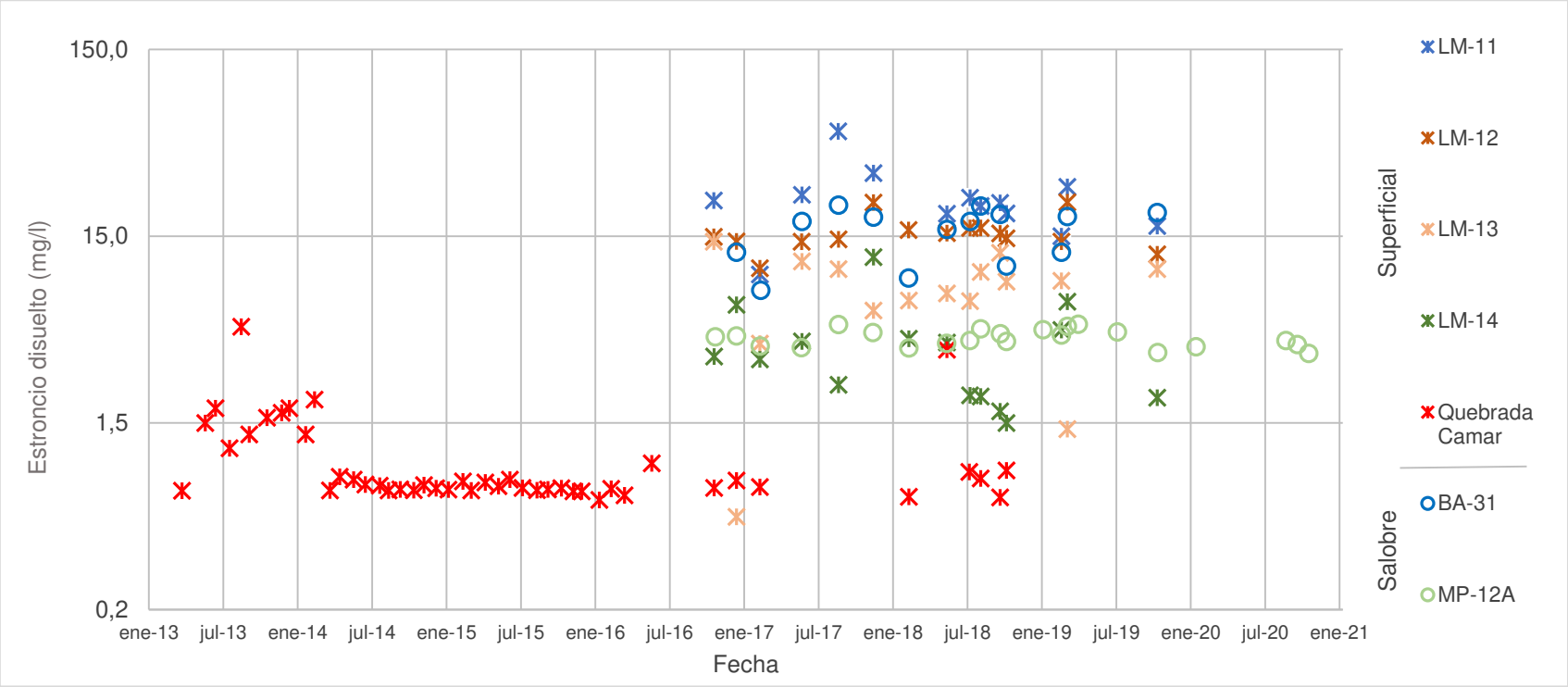
Figura 5-198 Variación Temporal: Li disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	152,0	248,0	212,0	111,0	0,6	171,0	13,2
P25	345,0	273,0	560,0	155,0	0,6	569,5	28,2
Mediana	481,0	313,4	865,0	244,6	0,7	725,0	30,6
P75	782,5	388,0	1.331,0	505,0	0,8	852,3	34,9
Max	1.427,0	482,0	3.327,0	1.019,0	2,8	1.040,0	40,8
RQ	437,5	115,0	771,0	350,0	0,2	282,8	6,7

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-199 Variación Temporal: Sr disuelto en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	9,35	10,10	0,47	1,50	0,58	7,70	3,54
P25	18,40	14,00	6,00	2,08	0,65	11,82	3,87
Mediana	22,60	14,86	8,55	3,40	0,70	18,00	4,24
P75	26,30	16,60	10,00	4,72	0,96	19,73	4,64
Max	54,50	22,80	14,01	11,60	4,90	22,00	5,06
RQ	7,90	2,60	4,00	2,64	0,31	7,91	0,77

Fuente: Elaboración propia

Elementos Minoritarios y Trazas Totales

Dentro de los elementos minoritarios y trazas totales comprometidos a monitorear, se encuentran el aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), hierro (Fe), litio (Li), silicio (Si) y estroncio (Sr). En la Figura 5-200 a Figura 5-206 se presentan la gráfica de la variación temporal de cada uno de ellos, junto con sus estadígrafos de la serie registrada (2013-2020).

El aluminio presenta las más altas concentraciones para las aguas salobres (someras) de BA-31, con una mediana de 7.770 mg/l. A su vez, el punto MP-12A presenta concentraciones que paulatinamente parecen estar disminuyendo desde el comienzo de las mediciones a fines de 2016 hasta la fecha. Salvo los resultados registrados en BA-31, los valores de las lagunas y Quebrada Calmar, al menos desde mediados de 2015, son comparables entre sí.

Los valores de arsénico total para las muestras provenientes de MP-12A se mantienen estables hasta el 2020, presentando una mediana de 0,17 mg/l. Este valor es ligeramente inferior a la mediana de 0,48 mg/l definida con los datos históricos de Quebrada Camar. Para las muestra de agua lagunar y la del pozo somero BA-31, las concentraciones de arsénico son mayores al menos en un grado de magnitud, que las ya mencionadas, con medianas que varían entre 1,70 mg/l en LM-12, y 7,65 mg/l en BA-31.

El boro representa las mayores concentraciones, principalmente en las lagunas, desde 6 mg/l en LM-14, hasta 1.451 mg/l en LM-13, con la mayor mediana en LM-11 (300 mg/l). En BA-31 el valor de la mediana es más más alta, alcanzando los 492 mg/l. A su vez, las medianas menores ocurren en MP-12A, con 12 mg/l, y en Quebrada Clamar, con 6 mg/l. En el 2020, las mediciones en MP-12A se mantienen en comparación con años anteriores.

El hierro total es un elemento muy poco presente en las aguas de las lagunas, donde el valor más alto de medianas se alcanza en LM-12 (0,131 mg/l). Sin embargo, como con el aluminio total, las mayores concentraciones de hierro ocurren en BA-31, con una mediana de 3,210 mg/l; al igual que la tendencia de MP-12A de disminución de concentraciones en el tiempo, donde hierro presenta valores de hasta 7,8 mg/l a fines de 2016, llegando a 0.006 mg/l (valor alcanza el límite de detección) en 2020. Tanto para hierro como aluminios totales, esta tendencia puede ser generada por diferencias analíticas al usar laboratorios, y por ende equipos, diferentes.

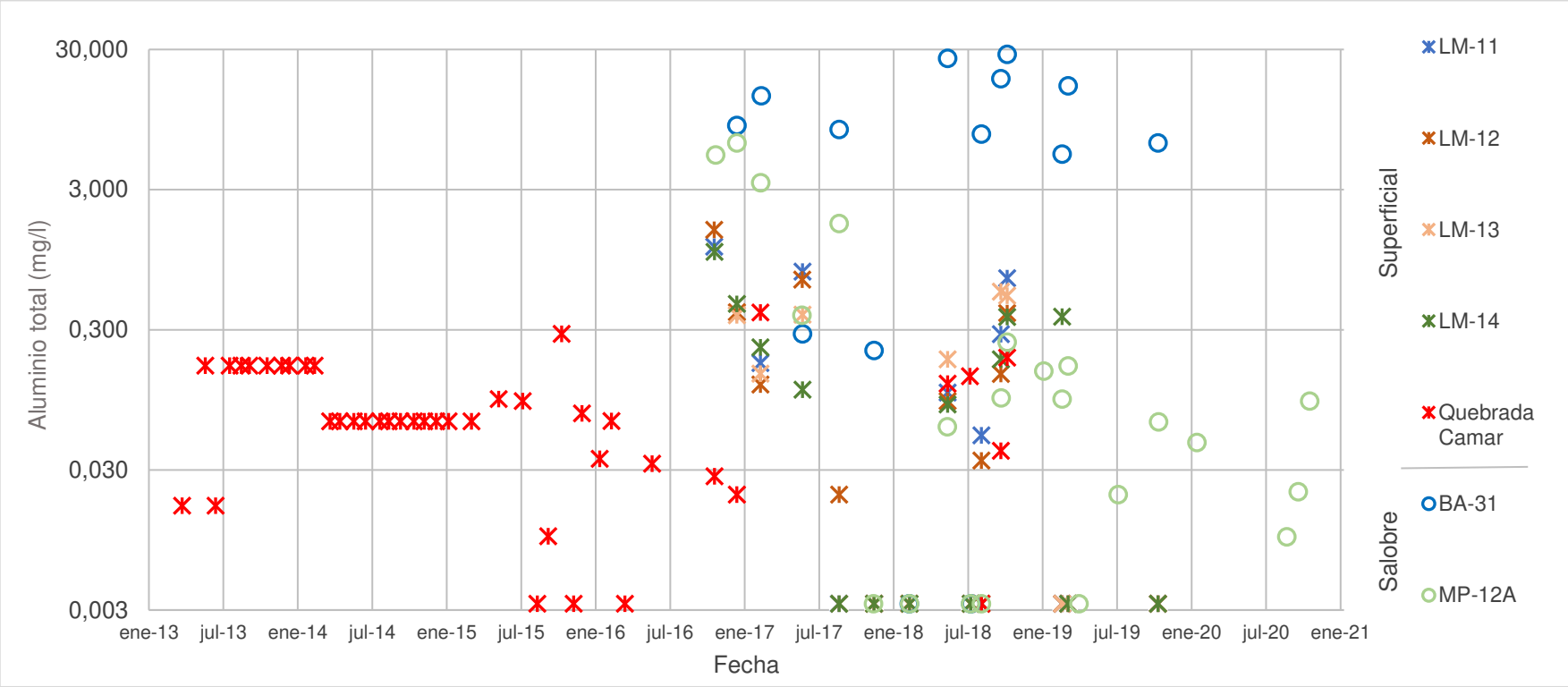
Entre los elementos aquí comentados, litio total es el elemento que predomina en las aguas de este sector, siendo las lagunas las más expuestas a evaporación y por tanto con mayores concentraciones. El litio total se encuentra presente en la cuenca en altos contenidos, en particular en las lagunas con medianas que varían entre los 247,4 mg/l en LM-14, y 866,0 mg/l en LM-13. BA-31 se sitúa dentro de estos rangos, con una mediana de 745,5 mg/l. Las

menores concentraciones se logran en Quebrada Camar, con mediana de 0,7 mg/l. En MP-12, los valores de litio se encuentran en un rango intermedio a los ya señalados, con una mediana de 32,4 mg/l. En el 2020, para este último punto, los valores registrados se acotan dentro de la serie histórica.

En cuanto al silicio total, las concentraciones se mantienen respecto a años previos, presentando para la fecha en las lagunas valores desde 4,2 mg/l y 69,3 mg/l, y para el pozo BA-31 desde un valor de P25 de 3,03 mg/l hasta un valor de P75 de 14,80 mg/l. Los valores de silicio en MP-12A se mantienen dentro del rango histórico, indicando una mediana de 32,25 mg/l.

Estroncio total, para las lagunas y BA-31, presenta concentraciones que varían entre 0,48 mg/l para el punto LM-13 y 80,5 mg/l para el punto LM-11. Para la Quebrada Camar el valor de la mediana es de 0,76 mg/l. En MP-12A, los valores de 2020 son comparables a los de años pasados, con una mediana calculada de 4,71 mg/l.

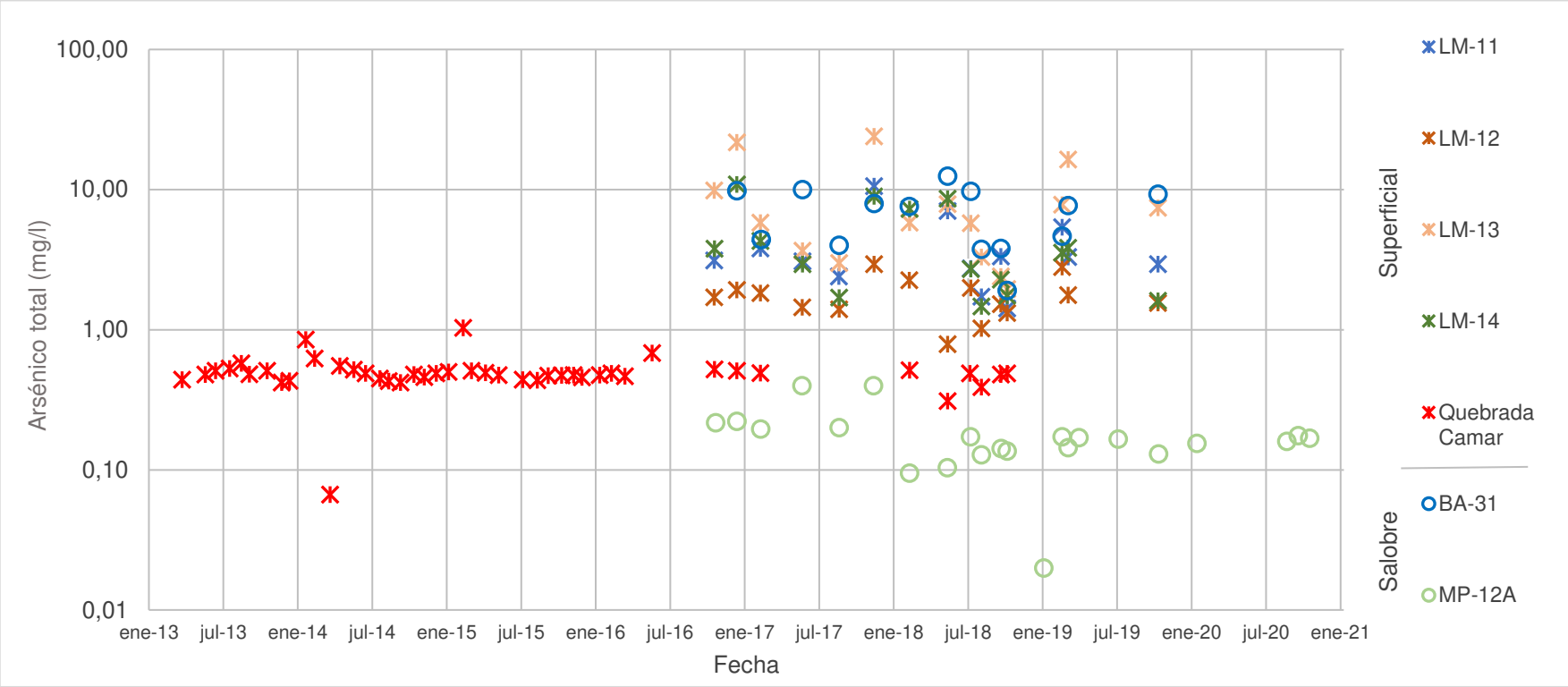
Figura 5-200 Variación Temporal: Al total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	14	15	42	14	22
Min	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
P25	0,003	0,003	0,003	0,003	0,035	0,264	0,008
Mediana	0,053	0,035	0,003	0,088	0,067	7,770	0,080
P75	0,490	0,395	0,381	0,370	0,167	17,025	0,279
Max	1,173	1,550	0,561	1,078	0,399	27,700	6,450
RQ	0,487	0,392	0,378	0,367	0,132	16,761	0,271

Fuente: Elaboración propia

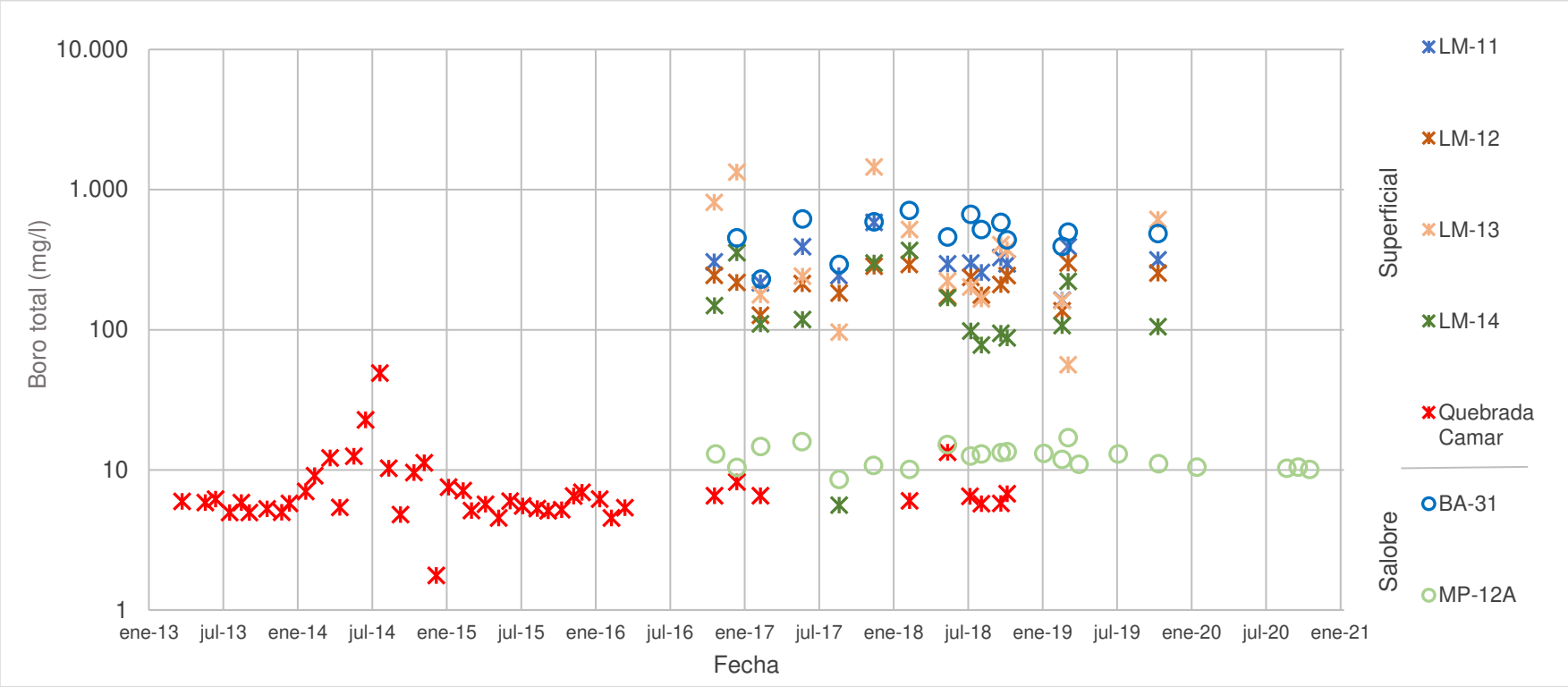
Figura 5-201 Variación Temporal: As total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	45	14	22
Min	1,42	0,79	1,95	1,47	0,07	1,91	0,02
P25	2,57	1,40	3,30	1,75	0,45	3,95	0,13
Mediana	3,13	1,70	5,80	3,55	0,48	7,65	0,17
P75	4,61	1,99	9,87	7,28	0,51	9,75	0,20
Max	10,60	2,94	24,00	10,90	1,03	12,50	0,40
RQ	2,04	0,59	6,57	5,53	0,06	5,80	0,07

Fuente: Elaboración propia

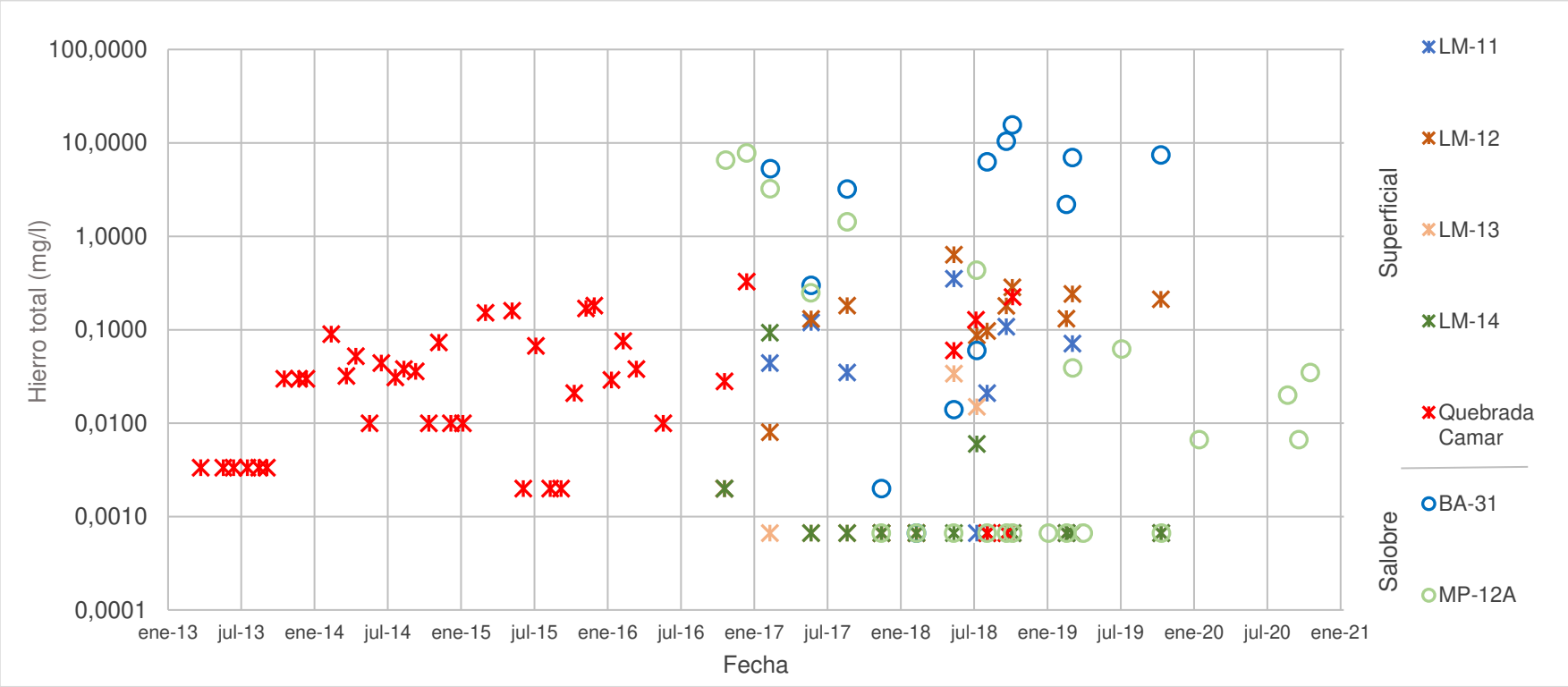
Figura 5-202 Variación Temporal: B total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	45	14	22
Min	163	127	56	6	2	230	9
P25	251	177	166	94	5	428	10
Mediana	300	217	241	110	6	492	12
P75	360	254	613	222	7	597	13
Max	584	299	1.451	369	49	711	17
RQ	109	77	447	128	2	169	3

Fuente: Elaboración propia

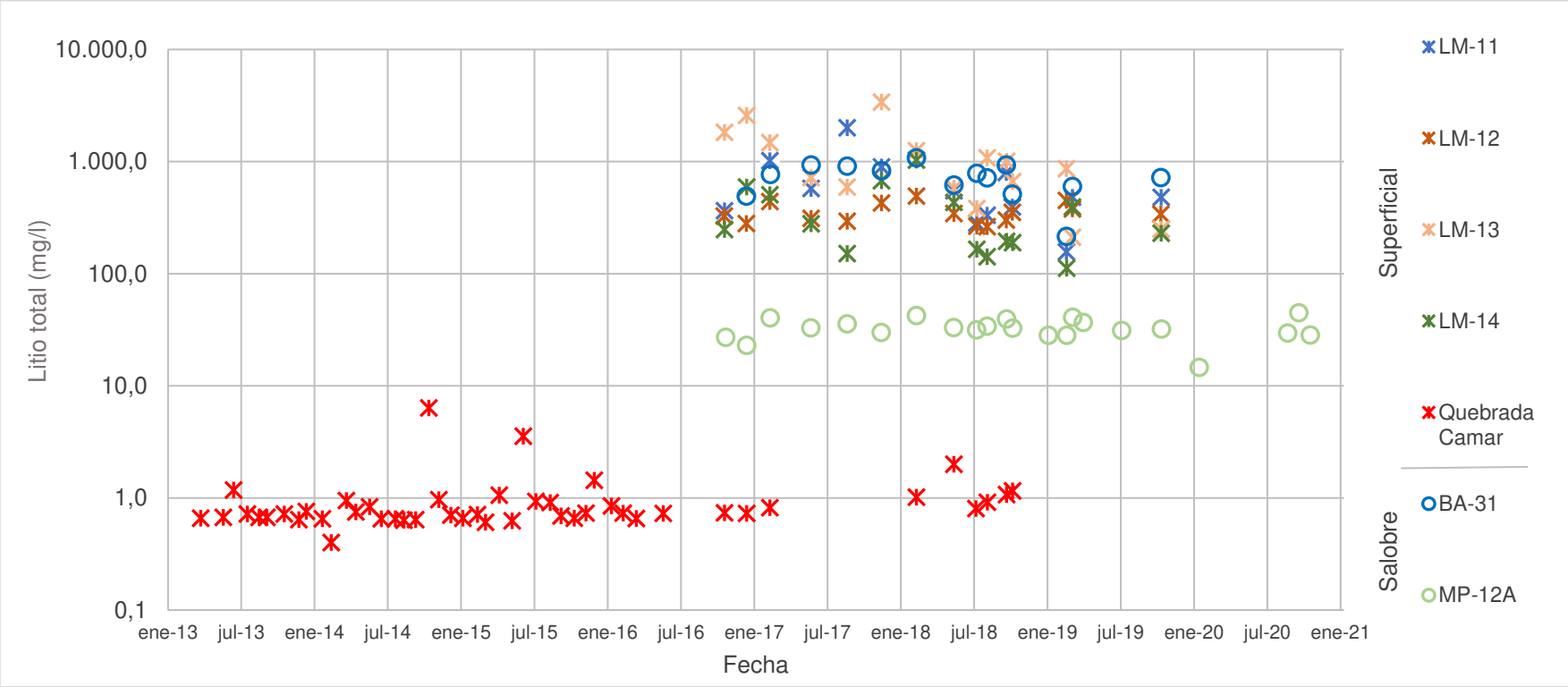
Figura 5-203 Variación Temporal: Fe total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	14	13	14	41	13	22
Min	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
P25	0,001	0,007	0,001	0,001	0,003	0,037	0,001
Mediana	0,021	0,131	0,001	0,001	0,030	3,210	0,007
P75	0,090	0,220	0,001	0,001	0,070	7,210	0,297
Max	0,351	0,634	0,034	0,093	0,328	15,600	7,825
RQ	0,089	0,213	0,000	0,000	0,067	7,173	0,296

Fuente: Elaboración propia

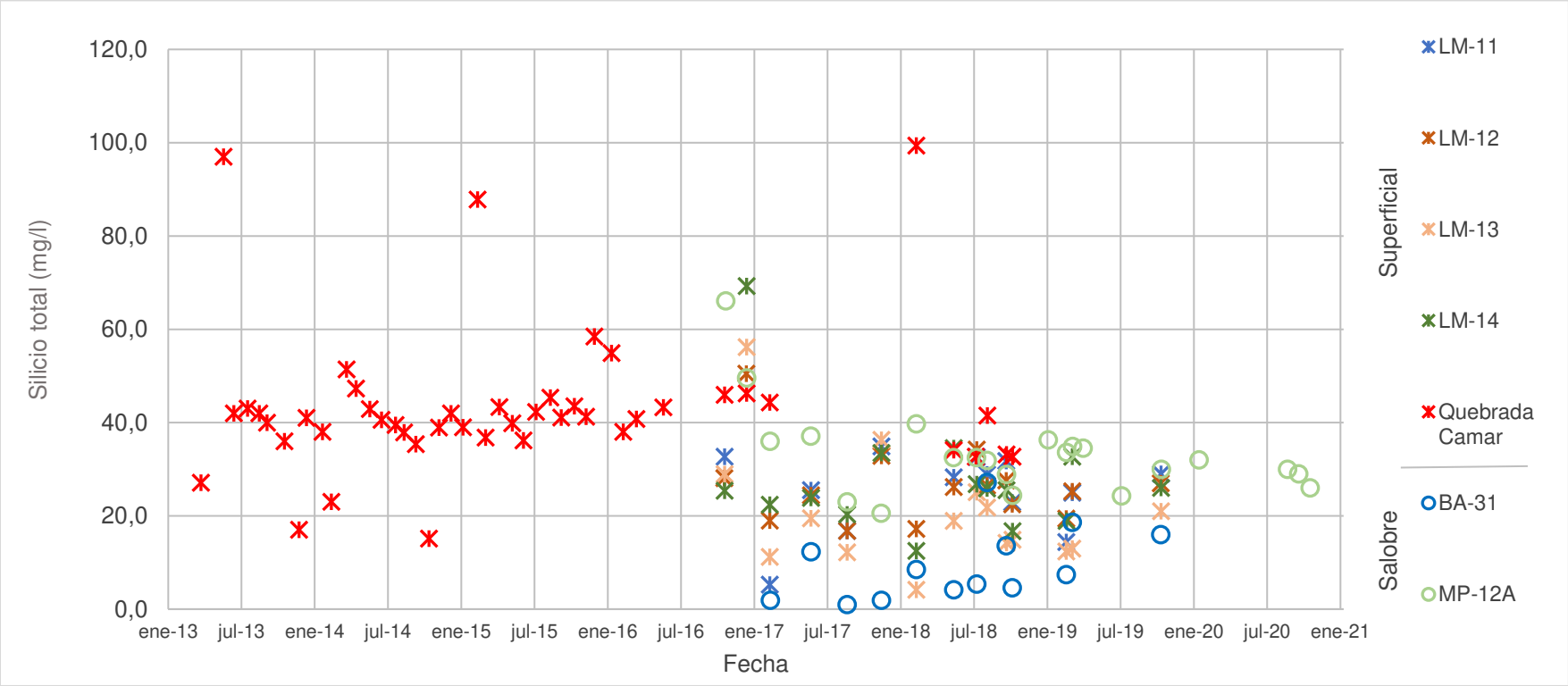
Figura 5-204 Variación Temporal: Li total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	14	22
Min	157,0	262,0	212,0	112,0	0,4	215,0	14,6
P25	348,8	293,0	579,0	165,0	0,7	578,5	28,4
Mediana	482,0	341,0	866,0	247,4	0,7	745,5	32,4
P75	849,5	427,0	1.475,0	506,0	0,9	916,5	37,4
Max	1.998,0	492,0	3.404,0	1.034,0	6,4	1.079,0	44,9
RQ	500,7	134,0	896,0	341,0	0,2	338,0	9,0

Fuente: Elaboración propia

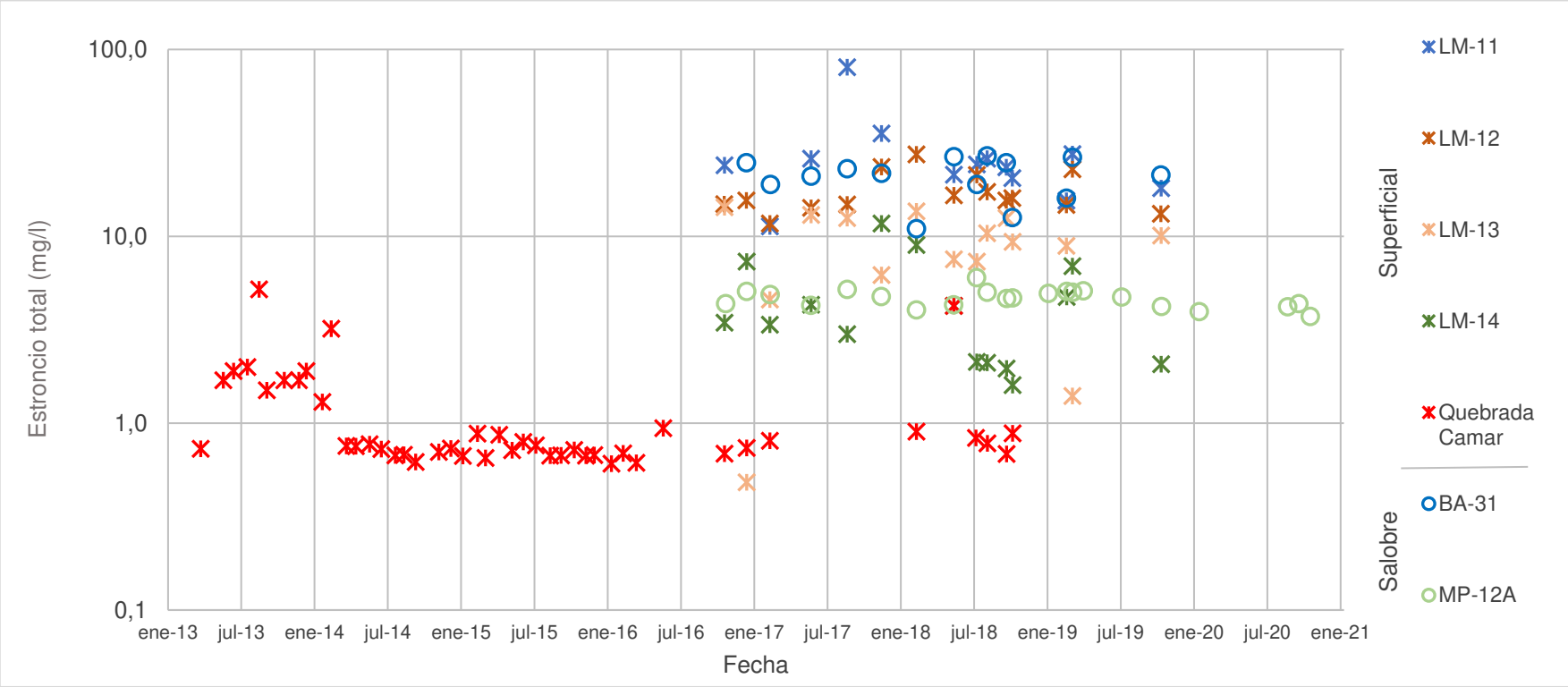
Figura 5-205 Variación Temporal: Si total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	46	13	22
Min	5,26	16,80	4,20	12,50	15,10	0,97	20,60
P25	19,85	19,40	12,40	20,30	36,64	3,03	28,18
Mediana	28,30	26,20	18,90	25,50	41,05	7,42	32,25
P75	32,20	28,13	25,10	32,70	43,73	14,80	36,08
Max	34,90	50,50	56,20	69,30	99,40	27,20	66,07
RQ	12,35	8,73	12,70	12,40	7,09	11,77	7,90

Fuente: Elaboración propia

Figura 5-206 Variación Temporal: Sr total en laboratorio histórico (mg/l), Sector Norte y Borde Este



	LM-11	LM-12	LM-13	LM-14	Quebrada Camar	BA-31	MP-12A
N° Datos	13	15	15	15	45	14	22
Min	11,30	11,70	0,48	1,60	0,61	11,00	3,73
P25	19,30	14,70	6,20	2,11	0,68	18,25	4,26
Mediana	24,01	15,60	9,35	3,45	0,76	21,55	4,71
P75	26,80	21,30	12,50	6,93	1,12	25,23	5,04
Max	80,50	27,50	14,30	11,70	5,20	27,00	6,02
RQ	7,50	6,60	6,30	4,82	0,44	6,98	0,78

Fuente: Elaboración propia

5.8.4 Química de los Pozos de Extracción

En consideración a la resolución de solicitud de interpretación de la RCA Nº21/2016, resuelta mediante la R.E. Nº1.472 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 M 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 Nº5"*. 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"*.

Sin perjuicio de lo anterior, se presentan los resultados de la química de los 3 pozos de extracción con derechos de aguas, pozos: Peine, Tilopozo y Tucúcaro, de los parámetros respectivos: calcio, litio, potasio, magnesio, sodio y sulfato, reportados en unidades de ppm (partes por millón).

En la Tabla 5-45, Tabla 5-46 y Tabla 5-47 se presentan los resultados registrados de calidad química en el año 2020 para dichos pozos. Asimismo, en el Anexo I se presentan los registros históricos. En la Tabla 5-48 se presentan los estadígrafos para los pozos, de los cuales se puede indicar que presentan baja dispersión por elemento, mientras que entre pozos se presenta un amplio rango de valores. Lo anterior se complementa con la Figura 5-207, donde se presentan los respectivos diagramas de caja.

Tabla 5-45 Resultados Calidad Química de pozo Peine año 2020

Mes	Densidad (g/cm^3)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,004	424,4	1,1	106,3	38,2	674,0	960,0
Febrero	1,003	452,5	1,0	108,2	37,8	703,6	870,0
Marzo	1,003	399,2	1,0	109,8	35,4	611,2	910,0
Abril	1,004	388,3	0,8	105,2	35,4	639,0	840,0
Mayo	1,005	414,5	1,1	113,0	40,2	648,9	940,0
Junio	1,004	414,0	0,8	105,5	35,2	646,0	937,6
Julio	1,004	378,8	0,8	105,4	37,9	630,4	917,1
Agosto	1,003	328,5	0,8	103,2	31,6	615,4	981,5
Septiembre	1,004	370,8	0,8	103,4	31,7	579,5	901,1
Octubre	1,002	417,0	1,0	110,0	35,0	671,0	925,0
Noviembre	1,003	444,0	1,0	110,0	38,0	614,0	982,0
Diciembre	1,003	444,0	1,0	109,0	36,0	624,0	1080,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-46 Resultados Calidad Química de pozo Tilopozo año 2020

Mes	Densidad (g/cm^3)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,002	130,6	4,9	96,2	79,8	596,1	440,0
Febrero	1,002	115,6	5,0	96,5	82,4	647,9	405,0
Marzo	1,002	135,4	5,1	95,1	77,0	531,6	410,0
Abril	1,003	131,1	4,8	96,4	81,9	591,6	380,0
Mayo	1,004	139,8	4,8	101,5	87,6	571,6	410,0
Junio	1,002	131,4	5,7	93,8	79,6	570,0	428,8
Julio	1,004	134,9	4,7	96,0	82,8	568,4	410,9
Agosto	1,002	120,9	4,6	94,5	79,5	573,4	461,4
Septiembre	1,003	119,5	4,8	97,3	83,5	618,5	420,2
Octubre	1,000	134,0	5,0	96,0	78,0	572,0	410,0
Noviembre	1,003	141,0	5,0	98,0	77,0	552,0	471,0
Diciembre	1,004	134,0	5,0	95,0	76,0	633,0	390,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-47 Resultados Calidad Química de pozo Tucúcaro año 2020

Mes	Densidad (g/cm^3)	Calcio (ppm)	Litio (ppm)	Magnesio (ppm)	Potasio (ppm)	Sodio (ppm)	Sulfato (ppm)
Enero	1,005	297,0	19,7	214,6	287,0	1742,1	920,0
Febrero	1,005	176,0	16,0	183,3	237,4	1598,4	850,0
Marzo	1,005	191,4	14,9	167,3	203,6	1303,4	780,0
Abril	1,005	189,8	15,4	168,4	220,2	1395,0	740,0
Mayo	1,005	178,7	15,2	168,5	212,0	1373,7	780,0
Junio	1,005	177,1	15,0	159,9	202,8	1354,2	801,5
Julio	1,007	180,0	10,0	160,0	230,0	1420,0	740,0
Agosto	1,005	156,5	14,7	164,6	214,2	1374,3	1006,7
Septiembre	1,005	144,4	10,0	146,4	217,9	1387,5	869,2
Octubre	1,004	191,0	17,0	174,0	229,0	1515,0	453,0
Noviembre	1,004	176,0	17,0	168,0	221,0	1381,0	800,0
Diciembre	1,005	176,0	17,0	164,0	214,0	1732,0	800,0

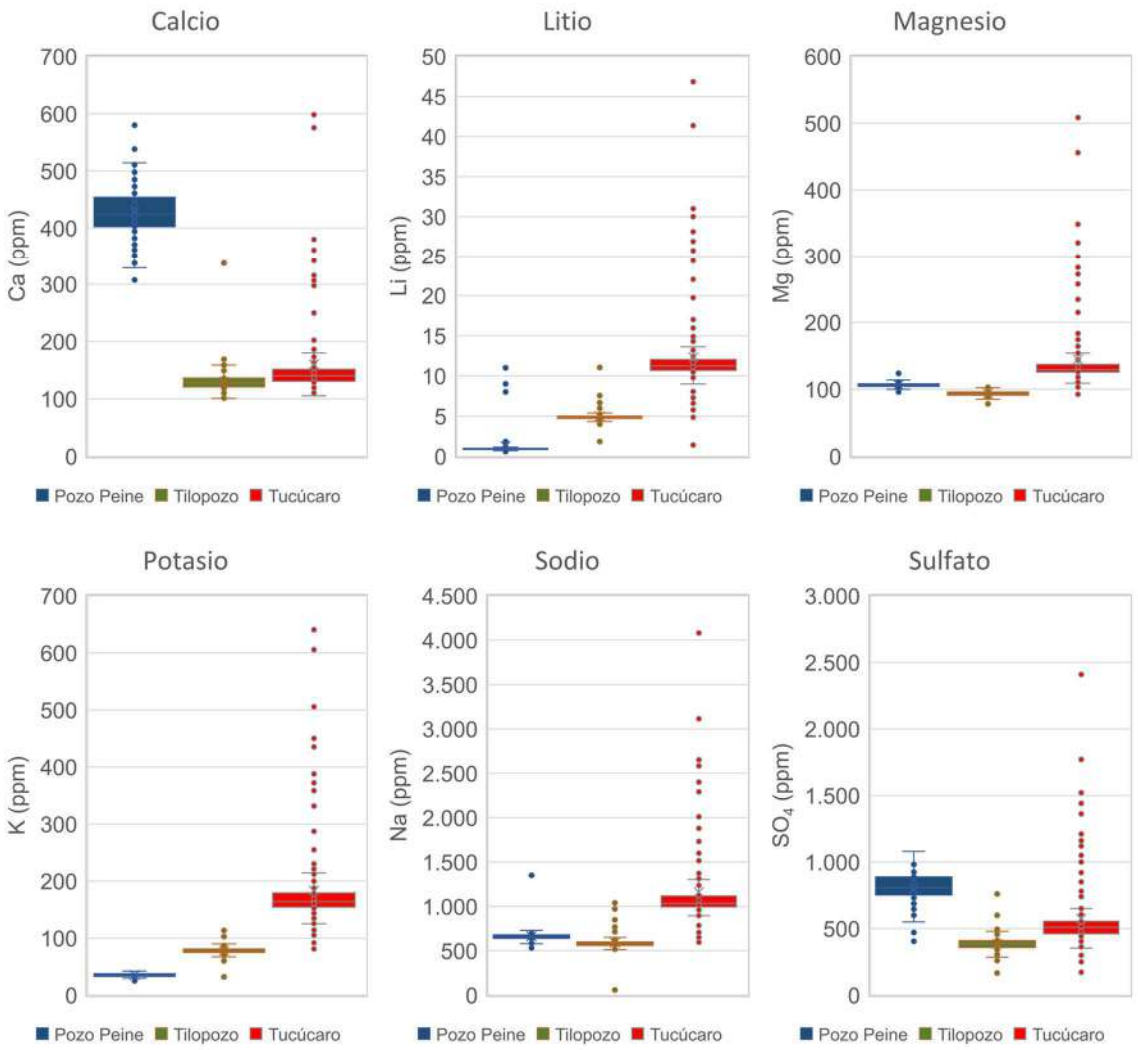
Fuente: Elaboración propia

Tabla 5-48 Estadígrafos, Calidad Química de pozos de bombeo agua dulce-salobre (ppm)

Pozo	Parámetro	Nº	Mín	P25	Mediana	P75	Máximo
Peine	Calcio	78	307	403	424	454	580
	Litio	78	0,6	0,9	0,9	1,0	11,0
	Magnesio	78	96	104	106	108	124
	Potasio	78	25	33	35	37	42
	Sodio	78	531	639	654	679	1.350
	Sulfato	78	404	752	807	889	1.080
Tilopozo	Calcio	163	101	121	129	136	337
	Litio	163	1,8	4,7	4,8	5,0	11,1
	Magnesio	163	78	91	93	96	108
	Potasio	162	32	75	78	81	113
	Sodio	163	59	561	579	599	1.040
	Sulfato	162	166	359	387	410	760
Tucúcaro	Calcio	163	105	131	140	152	598
	Litio	163	1,4	10,7	11,2	12,1	46,8
	Magnesio	162	93	126	129	137	508
	Potasio	162	81	154	164	179	640
	Sodio	163	596	993	1.035	1.118	4.081
	Sulfato	163	172	461	509	556	2.410

Fuente: Elaboración propia

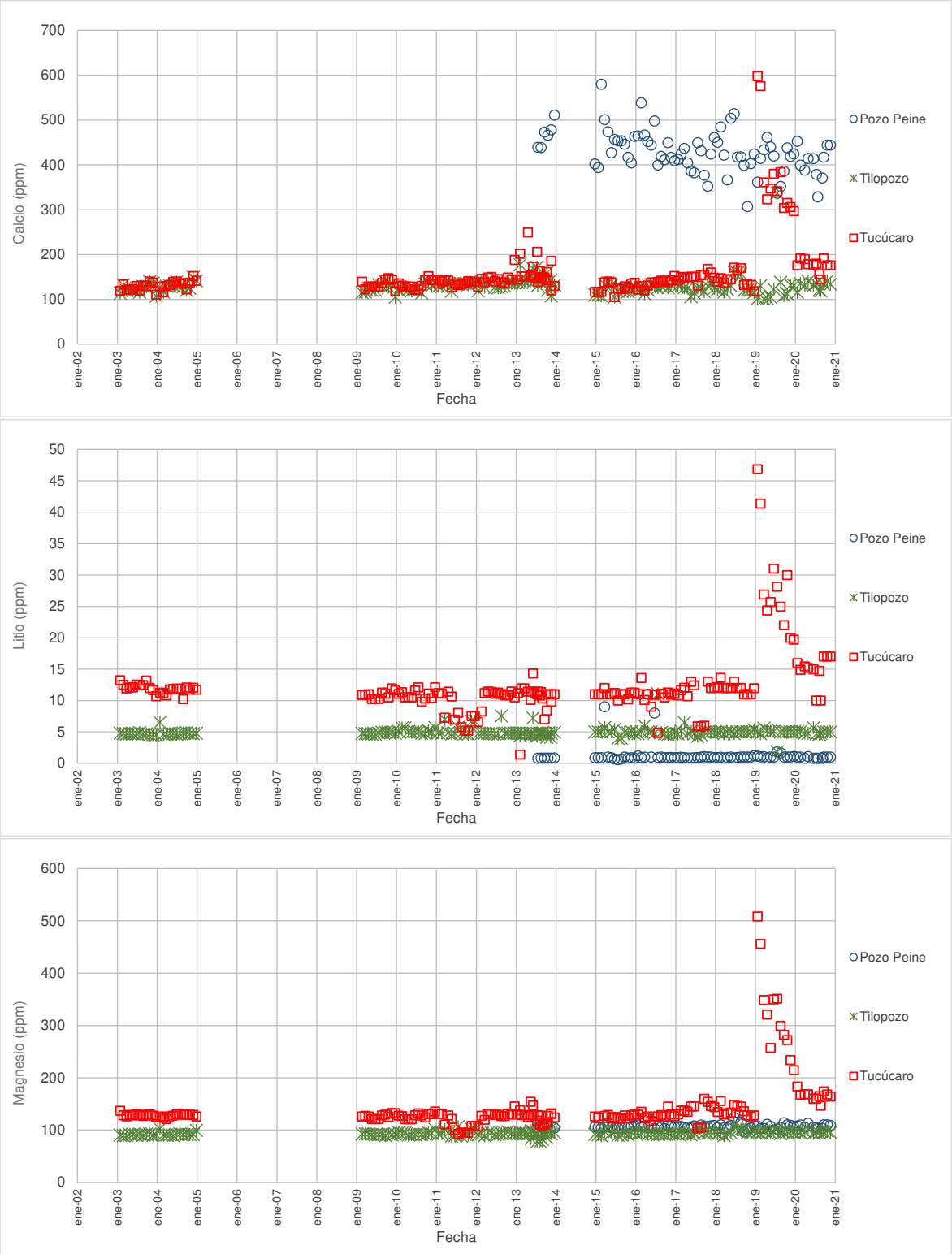
Figura 5-207 Diagrama de caja calidad química de pozos de bombeo agua dulce-salobre (ppm)



Fuente: Elaboración propia

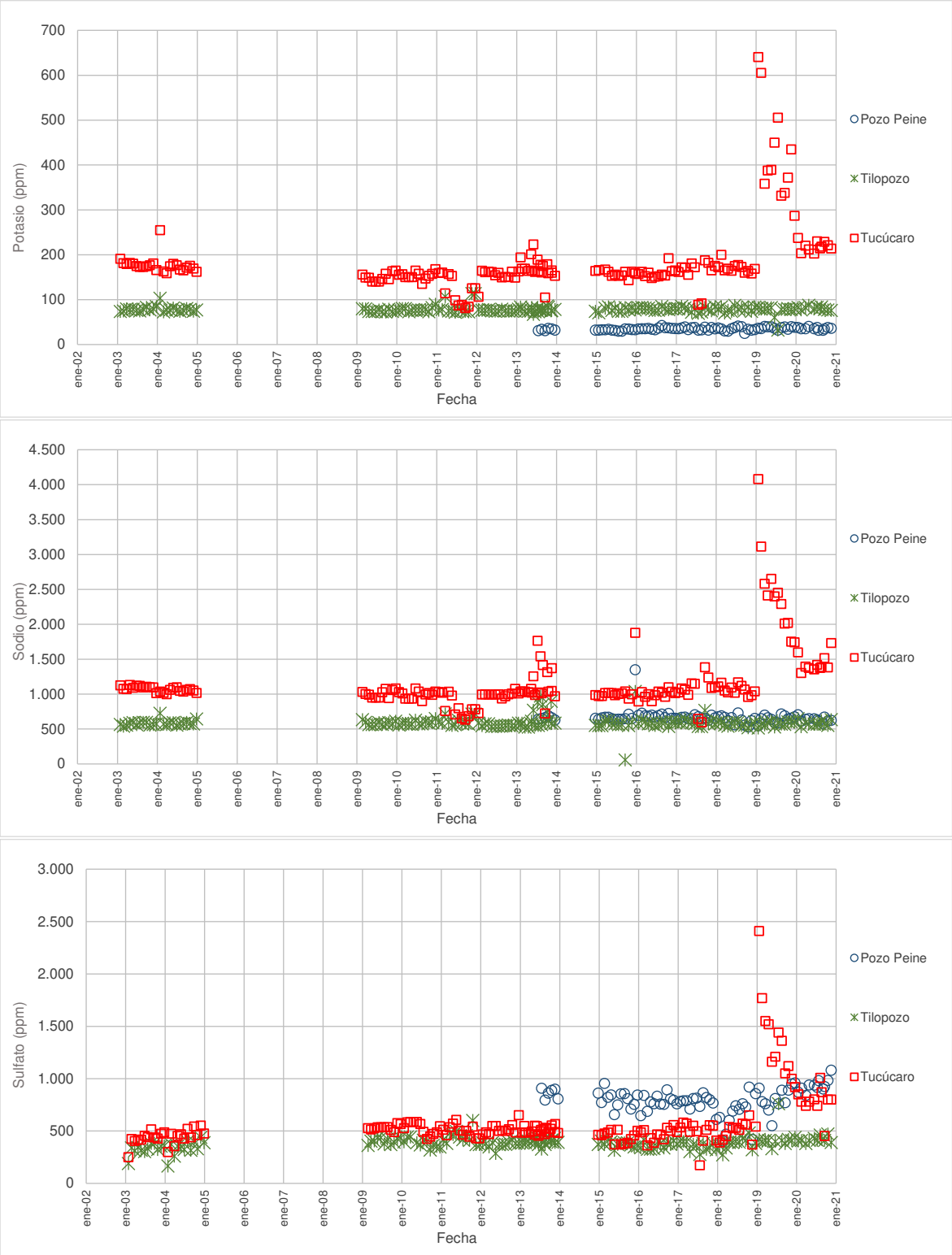
De la Figura 5-207 se desprende que las mayores concentraciones de sulfato y calcio ocurren en el pozo Peine, mientras que mayores concentraciones de litio, potasio y sodio caracterizan al pozo Tucúcaro. La Figura 5-208 presenta la gráfica histórica de la variación de calcio, litio y magnesio y la Figura 5-209 presenta la variación de potasio, sodio y sulfato 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. En la Figura 5-208 y en la Figura 5-209 se observa que, para los pozos Peine y Tilopozo, en el 2020, cada uno de los elementos monitoreados se mantiene dentro del rango histórico y estable en el tiempo. Sin embargo, el Pozo Tucúcaro, presentó en el año 2019 un alza en las concentraciones de todos los elementos. Lo anterior se da posterior al evento de precipitaciones de 2019, lo cual pudo provocar disolución de sales que ingresaron dada la ubicación del pozo Tucúcaro, y por ende no teniendo el mismo efecto en los otros dos pozos.

Figura 5-208 Variación temporal de Calcio, Litio y Magnesio en pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-209 Variación temporal de Potasio, Sodio y Sulfato en pozos Peine, Tilopozo y Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

5.9 Caudales bombeados en salmuera y en agua dulce-salobre

Durante el año 2020 fueron bombeados un total de 81 pozos de extracción de salmuera en las áreas de extracción A1 y A2, además de tres pozos de extracción de agua dulce-salobre correspondientes a los pozos Tilopozo, Tucúcaro y Peine.

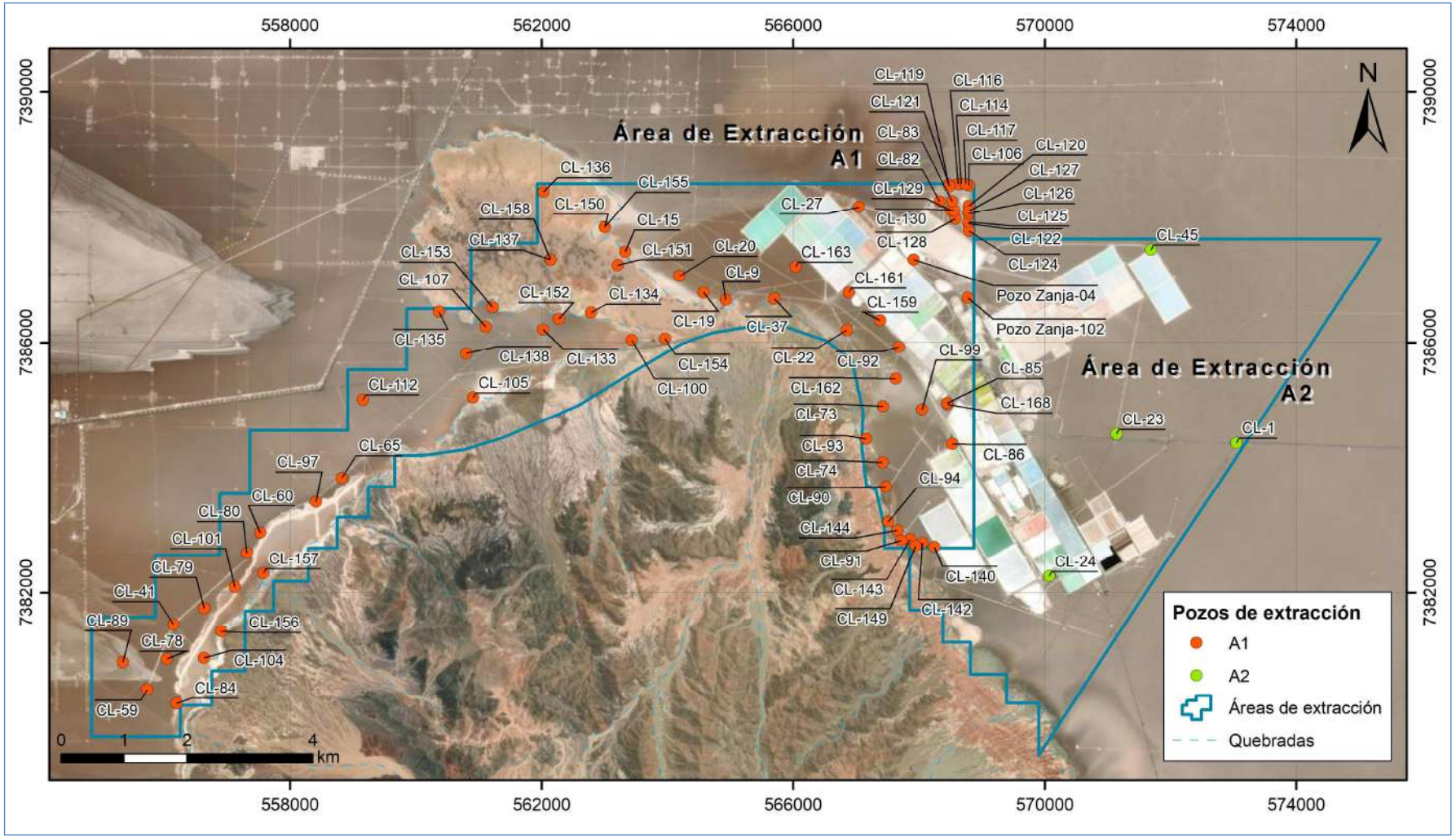
Se aclara que la cantidad de pozos bombeados a lo largo del tiempo es variable, y su dinámica responde a razones operacionales que se ajustan al caudal de bombeo aprobado ambientalmente.

Este capítulo presenta los resultados de los caudales bombeados durante 2020 junto al registro histórico representado en gráficos. En el Anexo J se presenta el registro histórico de todos los caudales bombeados, a escala mensual, desde los pozos de salmuera y desde los pozos de agua dulce-salobre.

5.9.1 Caudales bombeados en salmuera

La ubicación de los pozos de extracción de salmuera se enmarca en los polígonos A1 y A2, y su ubicación se representa en el mapa de la Figura 5-210. El detalle de los caudales bombeados durante 2020 se presenta en la Tabla 5-49.

Figura 5-210 Mapa de ubicación de los pozos de extracción de salmuera de Albemarle



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-49 Caudales y volúmenes bombeados en pozos de salmuera, año 2020

Pozo	Volumen/ Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m³/año]
ÁREA A1														
CL-9	Volumen [m³/mes]	8.202	6.439	7.757	5.872	4.147	9.513	9.384	6.703	0	6.759	7.683	6.725	79.184
	Caudal [L/s]	3,06	2,57	2,90	2,27	1,55	3,67	3,50	2,50	0,00	2,52	2,96	2,51	
CL-15	Volumen [m³/mes]	7.457	5.861	5.409	3.906	2.758	4.814	4.635	3.329	0	3.052	2.325	2.176	45.722
	Caudal [L/s]	2,78	2,34	2,02	1,51	1,03	1,86	1,73	1,24	0,00	1,14	0,90	0,81	
CL-19	Volumen [m³/mes]	55.152	59.195	66.393	61.319	39.840	57.026	61.922	61.865	59.836	61.982	56.911	53.452	694.893
	Caudal [L/s]	20,59	23,63	24,79	23,66	14,87	22,00	23,12	23,10	23,08	23,14	21,96	19,96	
CL-20	Volumen [m³/mes]	5.883	6.182	3.657	2.233	2.834	4.610	4.609	3.161	0	4.000	4.031	3.611	44.811
	Caudal [L/s]	2,20	2,47	1,37	0,86	1,06	1,78	1,72	1,18	0,00	1,49	1,56	1,35	
CL-22	Volumen [m³/mes]	37.285	35.148	38.229	39.242	38.918	35.155	34.479	38.671	35.808	35.078	34.214	32.885	435.112
	Caudal [L/s]	13,92	14,03	14,27	15,14	14,53	13,56	12,87	14,44	13,81	13,10	13,20	12,28	
CL-27	Volumen [m³/mes]	8.274	6.990	7.553	11.874	10.426	12.634	9.677	7.523	0	13.775	16.209	18.692	123.627
	Caudal [L/s]	3,30	2,61	2,82	4,58	3,89	4,87	3,61	2,81	0,00	5,14	6,25	6,98	
CL-37	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	3.921	4.647	4.130	7.426	0	0	0	20.124
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,51	1,73	1,54	2,86	0,00	0,00	0,00	
CL-41	Volumen [m³/mes]	23.481	19.871	17.501	21.773	23.769	21.322	21.680	21.229	21.691	21.920	21.684	20.709	256.630
	Caudal [L/s]	8,77	7,93	6,53	8,40	8,87	8,23	8,09	7,93	8,37	8,18	8,37	7,73	
CL-59	Volumen [m³/mes]	44.295	45.008	49.768	46.414	34.895	43.681	43.071	35.136	747	40.741	38.695	40.579	463.030
	Caudal [L/s]	16,54	17,96	18,58	17,91	13,03	16,85	16,08	13,12	0,29	15,21	14,93	15,15	
CL-60	Volumen [m³/mes]	62.026	57.966	60.390	58.703	57.723	57.258	57.424	58.223	56.718	59.121	57.343	55.784	698.679
	Caudal [L/s]	23,16	23,13	22,55	22,65	21,55	22,09	21,44	21,74	21,88	22,07	22,12	20,83	
CL-65	Volumen [m³/mes]	34.526	32.152	34.403	32.308	18.431	30.092	31.542	15.091	28.567	30.779	30.745	29.813	348.449
	Caudal [L/s]	12,89	12,83	12,84	12,46	6,88	11,61	11,78	5,63	11,02	11,49	11,86	11,13	
CL-73	Volumen [m³/mes]	4.583	4.074	1.636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.293
	Caudal [L/s]	1,71	1,63	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-74	Volumen [m³/mes]	7.839	6.756	7.368	6.593	6.868	10.170	7.945	8.112	6.503	6.486	6.684	5.990	87.314
	Caudal [L/s]	2,93	2,70	2,75	2,54	2,56	3,92	2,97	3,03	2,51	2,42	2,58	2,24	
CL-78	Volumen [m³/mes]	22.155	19.856	21.243	11.474	11.707	18.971	19.155	19.076	7.916	2.382	11.542	15.897	181.374
	Caudal [L/s]	8,27	7,92	7,93	4,43	4,37	7,32	7,15	7,12	3,05	0,89	4,45	5,94	
CL-79	Volumen [m³/mes]	32.525	27.374	25.448	13.401	21.930	27.505	25.785	622	0	26.185	26.127	11.504	238.406
	Caudal [L/s]	12,14	10,93	9,50	5,17	8,19	10,61	9,63	0,23	0,00	9,78	10,08	4,30	
CL-80	Volumen [m³/mes]	32.497	28.685	30.841	18.300	3.972	4.480	7.663	617	0	1.928	0	0	128.983
	Caudal [L/s]	12,13	11,45	11,51	7,06	1,48	1,73	2,86	0,23	0,00	0,72	0,00	0,00	
CL-82	Volumen [m³/mes]	15.080	12.601	13.428	13.897	13.211	11.991	15.299	15.244	10.906	11.848	19.063	16.996	169.564
	Caudal [L/s]	5,63	5,03	5,01	5,36	4,93	4,63	5,71	5,69	4,21	4,42	7,35	6,35	
CL-83	Volumen [m³/mes]	16.680	13.590	12.620	11.893	13.312	13.383	13.822	14.951	13.373	8.435	18.790	17.915	168.764
	Caudal [L/s]	6,23	5,42	4,71	4,59	4,97	5,16	5,16	5,58	5,16	3,15	7,25	6,69	
CL-84	Volumen [m³/mes]	9.743	8.102	6.584	7.597	0	0	0	978	570	0	0	0	33.574
	Caudal [L/s]	3,64	3,23	2,46	2,93	0,00	0,00	0,00	0,37	0,22	0,00	0,00	0,00	
CL-85	Volumen [m³/mes]	4.489	4.283	4.034	3.865	3.278	2.011	0	0	0	0	0	0	21.960
	Caudal [L/s]	1,68	1,71	1,51	1,49	1,22	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-86	Volumen [m³/mes]	9.046	7.483	6.722	5.799	2.283	0	3.075	5.515	2.373	1.906	13.709	10.912	68.823
	Caudal [L/s]	3,38	2,99	2,51	2,24	0,85	0,00	1,15	2,06	0,92	0,70	5,12	4,07	
CL-89	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	1.152	8.817	8.942	8.778	3.242	0	0	0	30.931
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	3,40	3,34	3,28	1,25	0,00	0,00	0,00	
CL-90	Volumen [m³/mes]	28.083	25.682	26.920	21.207	15.360	12.486	18.705	19.861	17.775	18.677	17.698	16.639	239.093
	Caudal [L/s]	10,48	10,25	10,05	8,18	5,73	4,82	6,98	7,42	6,86	6,97	6,83	6,21	
CL-91	Volumen [m³/mes]	11.401	8.872	8.621	8.559	4.146	6.938	10.726	10.628	10.005	10.894	12.039	9.385	112.214
	Caudal [L/s]	4,26	3,54	3,22	3,30	1,55	2,68	4,00	3,97	3,86	4,07	4,65	3,50	
CL-92	Volumen [m³/mes]	11.221	9.211	7.680	7.689	2.881	3.675	8.591	8.760	5.948	6.091	5.937	5.765	83.449
	Caudal [L/s]	4,19	3,68	2,87	2,97	1,08	1,42	3,21	3,27	2,29	2,27	2,29	2,15	
CL-93	Volumen [m³/mes]	9.011	4.375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.386
	Caudal [L/s]	3,36	1,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-94	Volumen [m³/mes]	19.757	19.743	18.592	15.880	17.639	15.835	16.386	16.898	15.693	16.404	16.137	15.913	204.877
	Caudal [L/s]	7,38	7,88	6,94	6,13	6,59	6,11	6,12	6,31	6,05	6,12	6,23	5,94	
CL-97	Volumen [m³/mes]	19.837	18.518	17.922	2.933	0	0	0	10.568	15.502	15.427	13.209	13.423	127.339
	Caudal [L/s]	7,41	7,39	6,69	1,13	0,00	0,00	0,00	3,95	5,98	5,76	5,10	5,01	
CL-99	Volumen [m³/mes]	9.136	8.140	7.402	7.064	3.108	5.031	7.221	7.571	8.105	8.913	7.476	7.401	86.568
	Caudal [L/s]	3,41	3,25	2,76	2,73	1,16	1,94	2,70	2,83	3,13	3,33	2,88	2,76	
CL-100	Volumen [m³/mes]	69.340	50.552	56.659	28.426	4.664	891	661	376	5.108	0	2.872	0	219.549
	Caudal [L/s]	25,89	20,18	21,15	10,97	1,74	0,34	0,25	0,14	1,97	0,00	1,10	0,00	

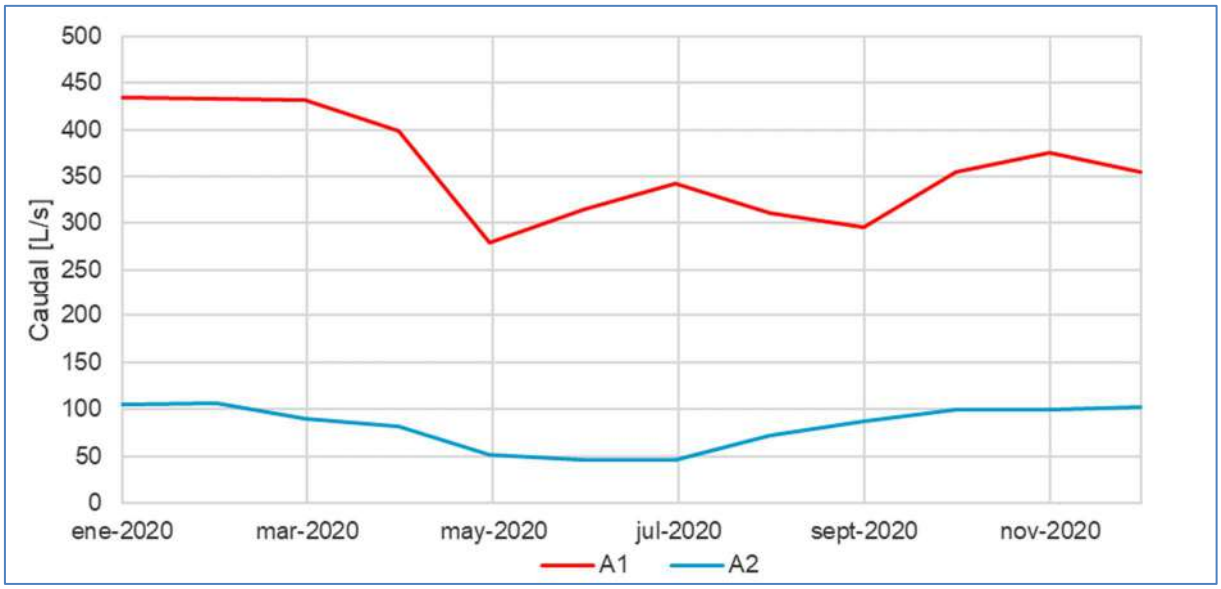
Pozo	Volumen/ Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m³/año]
ÁREA A1														
CL-101	Volumen [m³/mes]	24.995	25.208	26.981	26.648	0	0	595	0	0	0	0	0	104.427
	Caudal [L/s]	9,33	10,06	10,07	10,28	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-104	Volumen [m³/mes]	17.169	17.399	17.335	2.429	0	0	0	0	0	0	0	0	54.332
	Caudal [L/s]	6,41	6,94	6,47	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-105	Volumen [m³/mes]	3.999	604	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.603
	Caudal [L/s]	1,49	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-106	Volumen [m³/mes]	19.288	17.429	17.784	17.024	18.486	19.039	19.116	13.593	8.688	18.683	18.092	17.679	204.901
	Caudal [L/s]	7,20	6,96	6,64	6,57	6,90	7,35	7,14	5,08	3,35	6,98	6,98	6,60	
CL-107	Volumen [m³/mes]	56.806	53.881	55.536	44.950	47.258	47.466	47.845	39.757	34.803	50.198	41.780	47.158	567.438
	Caudal [L/s]	21,21	21,50	20,73	17,34	17,64	18,31	17,86	14,84	13,43	18,74	16,12	17,61	
CL-112	Volumen [m³/mes]	0	0	6.270	2.182	0	0	2.398	8.685	7.589	5.971	9.392	6.999	49.486
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	2,34	0,84	0,00	0,00	0,90	3,24	2,93	2,23	3,62	2,61	
CL-114	Volumen [m³/mes]	10.356	10.043	10.095	10.518	8.958	12.595	13.888	8.984	5.646	12.780	11.903	9.795	125.561
	Caudal [L/s]	3,87	4,01	3,77	4,06	3,34	4,86	5,19	3,35	2,18	4,77	4,59	3,66	
CL-116	Volumen [m³/mes]	6.690	6.561	6.967	3.470	6.504	7.154	7.173	7.435	7.245	8.090	8.104	7.855	83.248
	Caudal [L/s]	2,50	2,62	2,60	1,34	2,43	2,76	2,68	2,78	2,80	3,02	3,13	2,93	
CL-117	Volumen [m³/mes]	13.687	12.306	13.075	12.575	13.490	14.369	14.603	16.196	13.434	12.019	12.838	13.167	161.759
	Caudal [L/s]	5,11	4,91	4,88	4,85	5,04	5,54	5,45	6,05	5,18	4,49	4,95	4,92	
CL-119	Volumen [m³/mes]	7.948	7.050	6.586	6.452	6.500	6.967	8.488	9.100	8.135	8.971	8.003	8.725	92.925
	Caudal [L/s]	2,97	2,81	2,46	2,49	2,43	2,69	3,17	3,40	3,14	3,35	3,09	3,26	
CL-120	Volumen [m³/mes]	16.925	15.083	18.852	16.555	8.975	3.006	17.530	17.007	11.842	21.566	21.295	20.490	189.126
	Caudal [L/s]	6,32	6,02	7,04	6,39	3,35	1,16	6,54	6,35	4,57	8,05	8,22	7,65	
CL-121	Volumen [m³/mes]	24.315	23.220	24.127	21.677	25.314	25.074	24.147	24.225	23.449	23.362	22.732	21.893	283.535
	Caudal [L/s]	9,08	9,27	9,01	8,36	9,45	9,67	9,02	9,04	9,05	8,72	8,77	8,17	
CL-122	Volumen [m³/mes]	4.709	4.282	4.268	3.729	2.577	1.310	4.499	5.522	3.648	5.735	5.798	7.256	53.333
	Caudal [L/s]	1,76	1,71	1,59	1,44	0,96	0,51	1,68	2,06	1,41	2,14	2,24	2,71	
CL-124	Volumen [m³/mes]	5.380	5.965	5.958	5.596	5.247	7.705	8.211	8.178	6.035	8.132	8.753	7.969	83.129
	Caudal [L/s]	2,01	2,38	2,22	2,16	1,96	2,97	3,07	3,05	2,33	3,04	3,38	2,98	
CL-125	Volumen [m³/mes]	7.664	7.601	7.736	7.387	4.373	8.336	8.685	10.002	8.465	8.846	10.913	10.332	100.340
	Caudal [L/s]	2,86	3,03	2,89	2,85	1,63	3,22	3,24	3,73	3,27	3,30	4,21	3,86	
CL-126	Volumen [m³/mes]	5.590	5.259	4.853	4.234	3.186	5.406	5.170	3.962	4.062	10.859	12.568	11.502	76.651
	Caudal [L/s]	2,09	2,10	1,81	1,63	1,19	2,09	1,93	1,48	1,57	4,05	4,85	4,29	
CL-127	Volumen [m³/mes]	18.785	18.737	19.940	19.547	12.018	18.173	19.176	13.160	11.248	20.352	16.293	16.721	204.150
	Caudal [L/s]	7,01	7,00	7,44	7,54	4,49	7,01	7,16	4,91	4,34	7,60	6,29	6,24	
CL-128	Volumen [m³/mes]	8.530	7.563	6.603	6.056	6.711	8.470	9.219	8.097	3.000	3.157	9.953	9.415	86.774
	Caudal [L/s]	3,18	3,02	2,47	2,34	2,51	3,27	3,44	3,02	1,16	1,18	3,84	3,52	
CL-129	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.441	3.951	6.392
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	1,48	
CL-130	Volumen [m³/mes]	6.988	6.803	5.749	4.905	8.475	10.539	9.416	9.169	2.900	7.091	8.964	4.643	85.642
	Caudal [L/s]	2,61	2,72	2,15	1,89	3,16	4,07	3,52	3,42	1,12	2,65	3,46	1,73	
CL-133	Volumen [m³/mes]	26.906	31.970	29.764	24.973	14.409	8.970	19.093	26.209	24.650	25.825	26.285	24.871	283.925
	Caudal [L/s]	10,05	12,76	11,11	9,63	5,38	3,46	7,13	9,79	9,51	9,64	10,14	9,29	
CL-134	Volumen [m³/mes]	22.988	22.440	23.715	21.976	10.286	5.077	4.914	13.751	19.258	21.075	21.092	20.606	207.178
	Caudal [L/s]	8,58	8,96	8,85	8,48	3,84	1,96	1,83	5,13	7,43	7,87	8,14	7,69	
CL-135	Volumen [m³/mes]	15.842	11.869	0	1.130	0	153	9.054	1.011	1.060	0	0	0	40.119
	Caudal [L/s]	5,91	4,74	0,00	0,44	0,00	0,06	3,38	0,38	0,41	0,00	0,00	0,00	
CL-136	Volumen [m³/mes]	8.911	10.104	10.883	10.758	10.280	2.510	10.645	8.533	0	6.835	9.882	9.183	98.524
	Caudal [L/s]	3,33	4,03	4,06	4,15	3,84	0,97	3,97	3,19	0,00	2,55	3,81	3,43	
CL-137	Volumen [m³/mes]	11.773	17.326	18.620	16.816	7.573	14.917	14.637	13.689	0	15.744	16.864	17.597	165.556
	Caudal [L/s]	4,40	6,91	6,95	6,49	2,83	5,76	5,46	5,11	0,00	5,88	6,51	6,57	
CL-138	Volumen [m³/mes]	22.255	21.673	21.146	19.007	0	14.981	11.690	4.953	2.874	0	0	0	118.579
	Caudal [L/s]	8,31	8,65	7,90	7,33	0,00	5,78	4,36	1,85	1,11	0,00	0,00	0,00	
CL-140	Volumen [m³/mes]	24.184	22.871	22.841	25.558	26.884	25.449	27.971	26.595	25.111	26.883	26.948	25.545	306.840
	Caudal [L/s]	9,03	9,13	8,53	9,86	10,04	9,82	10,44	9,93	9,69	10,04	10,40	9,54	
CL-142	Volumen [m³/mes]	28.188	26.355	27.938	25.026	23.536	7.254	0	4.383	23.985	23.639	11.050	16.874	218.228
	Caudal [L/s]	10,52	10,52	10,43	9,66	8,79	2,80	0,00	1,64	9,25	8,83	4,26	6,30	
CL-143	Volumen [m³/mes]	22.773	19.842	20.037	16.916	16.842	19.280	20.132	19.644	18.338	10.461	6.515	2.214	192.994
	Caudal [L/s]	8,50	7,92	7,48	6,53	6,29	7,44	7,52	7,33	7,07	3,91	2,51	0,83	
CL-144	Volumen [m³/mes]	4.845	7.128	8.255	6.730	5.411	0	0	579	0	0	0	0	32.948
	Caudal [L/s]	1,81	2,84	3,08	2,60	2,02	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-149	Volumen [m³/mes]	8.335	13.219	15.586	12.071	13.540	2.646	0	882	8.615	3.629	0	0	78.523

Pozo	Volumen/ Caudal	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Volumen total [m³/año]
ÁREA A1														
	Caudal [L/s]	3,11	5,28	5,82	4,66	5,06	1,02	0,00	0,33	3,32	1,35	0,00	0,00	
CL-150	Volumen [m³/mes]	18.016	18.387	18.775	17.987	0	9.753	19.054	15.953	11.355	14.706	15.639	16.668	176.293
	Caudal [L/s]	6,73	7,34	7,01	6,94	0,00	3,76	7,11	5,96	4,38	5,49	6,03	6,22	
CL-151	Volumen [m³/mes]	10.860	13.146	11.942	14.912	5.875	11.354	14.368	13.593	12.870	13.010	12.740	12.101	146.771
	Caudal [L/s]	4,05	5,25	4,46	5,75	2,19	4,38	5,36	5,08	4,97	4,86	4,92	4,52	
CL-152	Volumen [m³/mes]	8.294	7.805	9.025	6.907	1.537	3.978	7.635	6.395	4.873	7.521	8.346	8.480	80.796
	Caudal [L/s]	3,10	3,12	3,37	2,66	0,57	1,53	2,85	2,39	1,88	2,81	3,17	7,08	
CL-153	Volumen [m³/mes]	0	0	9.412	22.219	12.351	16.406	19.852	19.050	15.987	20.023	18.348	19.772	173.420
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	3,51	8,57	4,61	6,33	7,41	7,11	6,17	7,48	7,08	7,38	
CL-154	Volumen [m³/mes]	0	0	6.550	15.130	3.789	700	3.388	5.059	0	9.981	8.996	8.818	62.411
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	2,45	5,84	1,41	0,27	1,26	1,89	0,00	3,73	3,47	3,29	
CL-155	Volumen [m³/mes]	18.484	18.621	18.999	17.270	4.058	13.958	18.684	0	17.469	22.054	21.883	21.110	192.590
	Caudal [L/s]	6,90	7,43	7,09	6,66	1,52	5,39	6,98	0,00	6,74	8,23	8,44	7,88	
CL-156	Volumen [m³/mes]	0	0	12.351	17.751	8.340	0	0	0	0	0	0	0	38.442
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	4,61	6,85	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-157	Volumen [m³/mes]	0	0	12.733	15.616	6.444	0	376	0	0	0	0	0	35.169
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	4,75	6,02	2,41	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CL-158	Volumen [m³/mes]	0	0	11.692	21.941	21.142	13.453	19.910	21.421	19.308	20.124	19.168	18.120	186.279
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	4,37	8,46	7,89	5,19	7,43	8,00	7,45	7,51	7,40	6,77	
CL-159	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.471	7.471
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,79	
CL-161	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.618	3.906	793	11.317
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,47	1,51	0,30	
CL-162	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	20.311	28.156	28.034	27.641	104.142
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,84	10,51	10,82	10,32	
CL-163	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.713	10.301	15.014
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,82	3,85	
CL-168	Volumen [m³/mes]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.191	13.255	23.446
	Caudal [L/s]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,93	4,95	
Pozo Zanja-04	Volumen [m³/mes]	22.287	18.573	19.292	16.651	15.184	21.341	20.838	21.767	43.446	33.547	28.038	20.079	281.043
	Caudal [L/s]	8,32	7,41	7,20	6,42	5,67	8,23	7,78	8,13	16,76	12,53	10,82	7,50	
Pozo Zanja-102	Volumen [m³/mes]	7.318	6.547	4.737	1.447	3.441	5.256	6.394	3.040	3.064	3.448	5.130	841	50.663
	Caudal [L/s]	2,73	2,61	1,77	0,56	1,28	2,03	2,39	1,14	1,18	1,29	1,98	0,31	
Volumen total anual área de extracción A1 [m³/año]														**11.383.155**
Caudal mensual A1 [L/s]		**433,50**	**433,26**	**432,27**	**398,51**	**279,36**	**314,53**	**341,94**	**311,08**	**295,75**	**355,39**	**376,05**	**350,98**	**-**
Caudal medio anual área de extracción A1 [L/s]														**359,97**
ÁREA A2														
CL-1	Volumen [m³/mes]	69.116	69.474	66.561	48.223	13.287	0	410	70.079	80.736	84.316	78.974	83.914	665.090
	Caudal [L/s]	25,80	27,73	24,85	18,60	4,96	0,00	0,15	26,16	31,15	31,48	30,50	31,30	
CL-23	Volumen [m³/mes]	68.117	65.084	53.028	46.569	39.089	35.505	41.654	60.717	84.078	78.451	67.741	73.587	713.620
	Caudal [L/s]	25,43	25,98	19,80	17,97	14,59	13,70	15,55	22,67	32,44	29,29	26,14	27,47	
CL-24	Volumen [m³/mes]	50.984	41.006	37.413	37.626	27.072	32.222	29.980	29.131	31.786	32.198	31.778	33.624	414.820
	Caudal [L/s]	19,04	16,37	13,97	14,52	10,11	12,43	11,19	10,88	12,26	12,02	12,26	12,55	
CL-45	Volumen [m³/mes]	92.976	91.701	84.002	78.226	57.584	50.462	50.011	32.753	28.217	70.564	77.935	84.735	799.166
	Caudal [L/s]	34,71	36,60	31,36	30,18	21,50	19,47	18,67	12,23	10,89	26,35	30,07	31,64	
Volumen total anual área de extracción A2 [m³/año]														**2.592.696**
Caudal mensual A1 [L/s]		**104,99**	**106,67**	**89,98**	**81,27**	**51,16**	**45,60**	**45,57**	**71,94**	**86,73**	**99,14**	**98,93**	**102,99**	**-**
Caudal medio anual área de extracción A1 [L/s]														**81,99**

Fuente: Elaboración propia

Los caudales mensuales de extracción de salmuera durante 2020 en las áreas A1 y A2 se presentan en la Figura 5-211. Los caudales mensuales promedio más bajos en las áreas A1 y A2 fueron de 279,36 L/s y 45,57 L/s, respectivamente, mientras que los caudales máximos fueron de 433,50 L/s y 106,67 L/s, respectivamente. Los caudales medios anuales en las áreas A1 y A2 fueron de 359,97 L/s y 81,99 L/s, respectivamente.

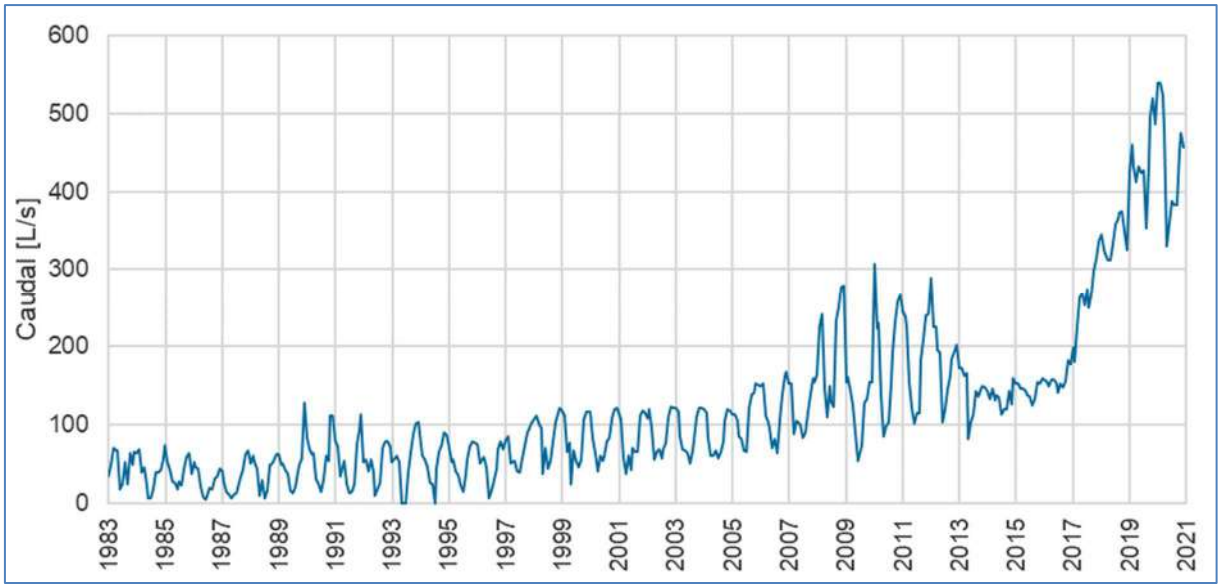
Figura 5-211 Caudales Promedios Mensuales en Salmuera de Albemarle por zona, año 2020



Fuente: Elaboración propia

La extracción histórica mensual de ambos polígonos en conjunto se muestra en la Figura 5-212, abarcando el periodo entre 1983 y 2020. Se observa que la menor extracción se desarrolla en los meses de invierno y que, por el contrario, la mayor extracción se desarrolla en los meses de verano, como consecuencia de la mayor capacidad de evaporación en los sistemas de pozas en los que se procesa la salmuera que se presenta en los meses cálidos.

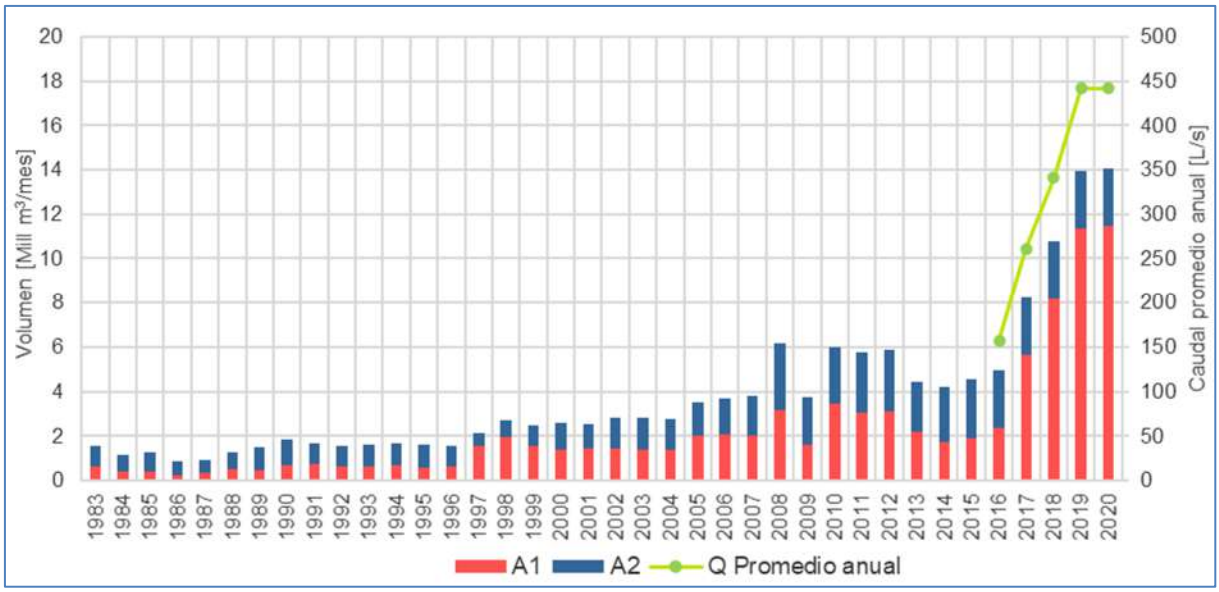
Figura 5-212 Extracción mensual de salmuera de Albemarle, periodo 1983-2020 (extracción total de zonas A1 y A2)



Fuente: Elaboración propia

Los resultados del volumen anual de extracción de ambas áreas (A1 y A2) en el período 1983-2020 se presenta en la Figura 5-213. En ella se observa que el volumen de extracción total del año 2020 fue de 13.975.851 m^3, lo que equivale a un caudal medio anual de 441,96 L/s que no excede el caudal medio anual establecido en la evaluación ambiental de 442 L/s.

Figura 5-213 Volumen anual y caudal medio anual en salmuera de Albemarle, periodo 1983-2020



Fuente: Elaboración propia

5.9.2 Caudales bombeados en agua dulce-salobre

La extracción de agua dulce-salobre se realiza desde los pozos de Tilopozo[13] y Tucúcaro[14], ubicados en la zona marginal, en el sector La Punta-La Brava. Ambos pozos cuentan con derechos de aprovechamiento de agua de 8,5 L/s y de 10 L/s, respectivamente, mientras que la aprobación ambiental para el ejercicio de sus derechos es por un máximo de 16,9 L/s entre ambos pozos. Adicionalmente, se cuenta con un derecho de aprovechamiento de 5 L/s en el pozo Peine[15] para el abastecimiento del campamento emplazado en esta localidad.

Los volúmenes y caudales bombeados en estos pozos durante 2020 se presentan resumidos en la Tabla 5-50.

Tabla 5-50 Caudales promedio y volúmenes bombeados de agua dulce-salobre, año 2020

Fecha	Tilopozo		Tucúcaro		Peine	
	Volumen [m³/s]	Caudal [L/s]	Volumen [m³/s]	Caudal [L/s]	Volumen [m³/s]	Caudal [L/s]
Enero	16.227	6,06	12.362	4,62	283	0,11
Febrero	13.589	5,42	7.654	3,05	94	0,04
Marzo	16.087	6,01	7.131	2,66	70	0,03
Abril	12.513	4,83	8.065	3,11	57	0,02
Mayo	16.743	6,25	5.101	1,90	52	0,02
Junio	10.223	3,94	4.082	1,57	62	0,02
Julio	13.052	4,87	1.143	0,43	73	0,03
Agosto	16.333	6,10	1.383	0,52	66	0,02
Septiembre	16.294	6,29	759	0,29	67	0,03
Octubre	17.201	6,42	3.155	1,18	47	0,02
Noviembre	14.966	5,77	5.884	2,27	55	0,02
Diciembre	16.149	6,03	8.217	3,07	53	0,02
Volumen anual [m³/año] / Caudal promedio anual [L/s]	**179.377**	**5,67**	**64.936**	**2,05**	**979**	**0,03**

Fuente: Elaboración propia

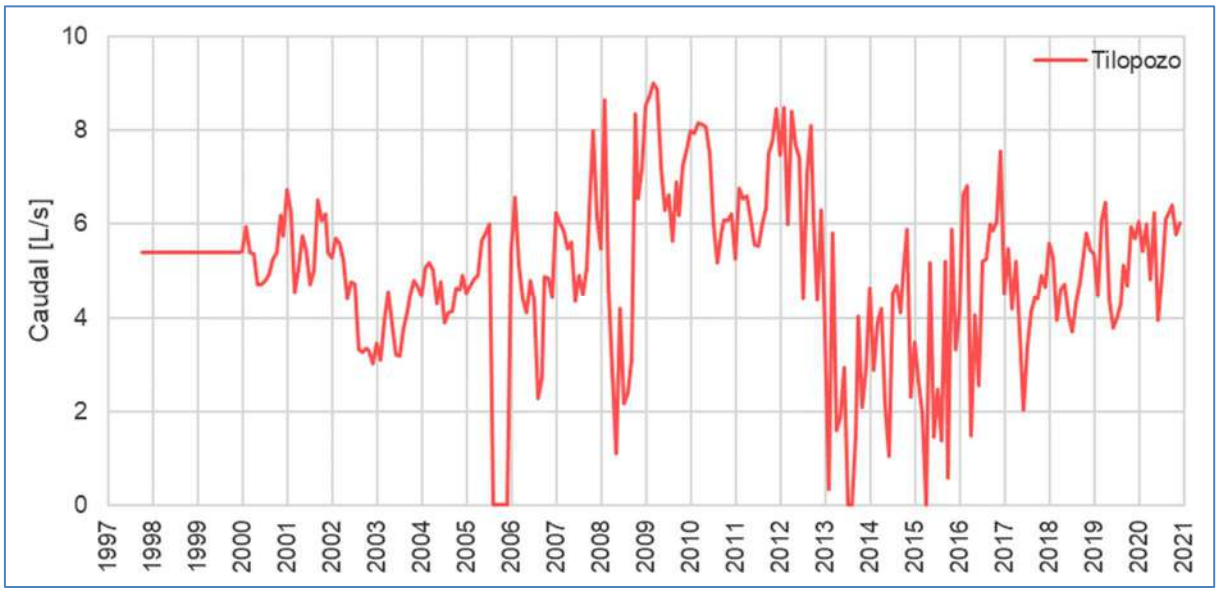
Los caudales históricos que han sido bombeados a diciembre 2020 en los pozos Tilopozo, Tucúcaro y Peine, respectivamente, se presentan en los gráficos de las figuras Figura 5-214, Figura 5-215 y Figura 5-216. En ellas se comprueba que las extracciones realizadas durante el año no sobrepasan los caudales aprobados ambientalmente, siendo, incluso, bastante menores.

13 Conforme a R.E. N°316/1983 DGA, permite aprovechamiento de aguas por 8,5 L/s.

14 Conforme a R.E. N°453/1996 DGA, permite aprovechamiento de aguas por 10,0 L/s.

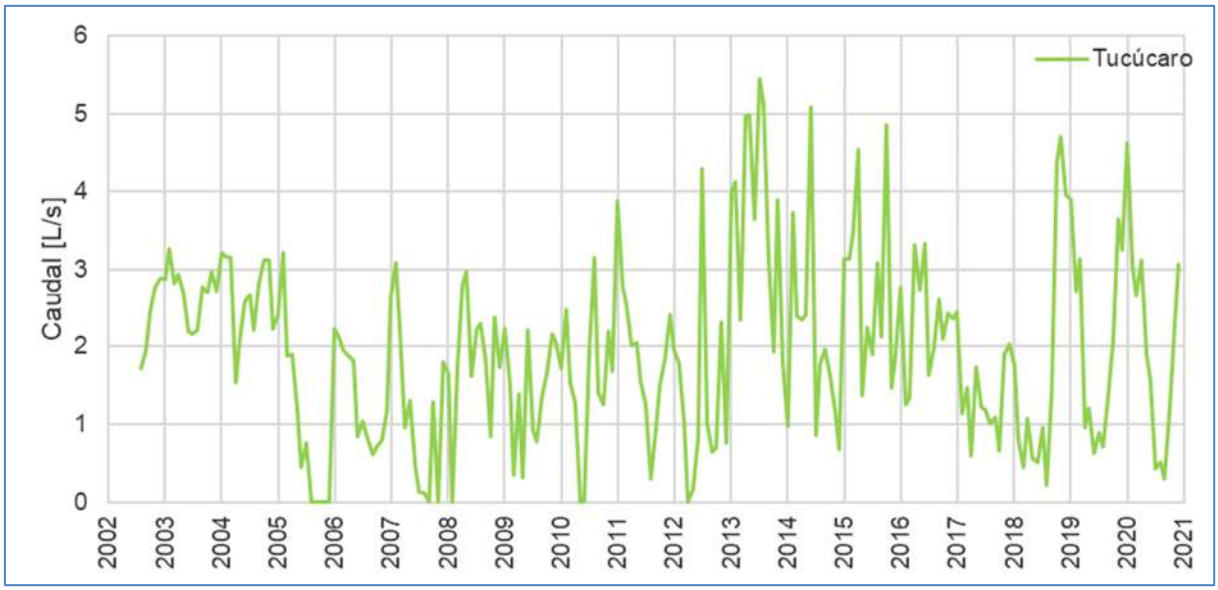
15 Conforme a R.E. N°584/2000 DGA, permite aprovechamiento de aguas por 5,0 L/s.

Figura 5-214 Caudales mensuales históricos bombeados en Tilopozo



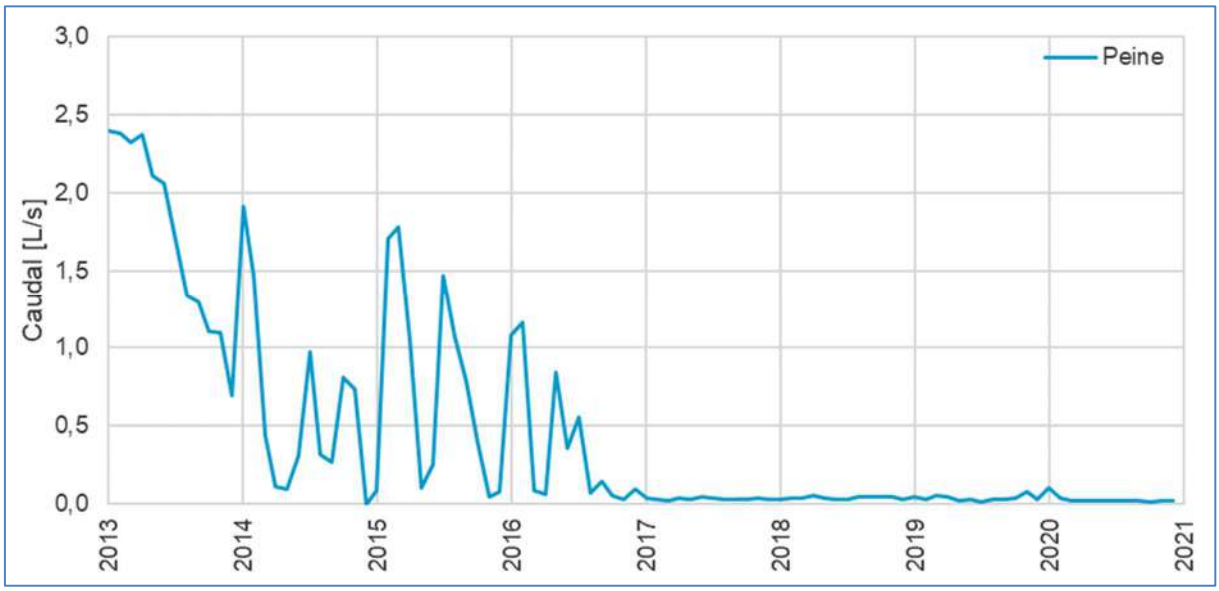
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-215 Caudales mensuales históricos bombeados en Tucúcaro



Fuente: Elaboración propia

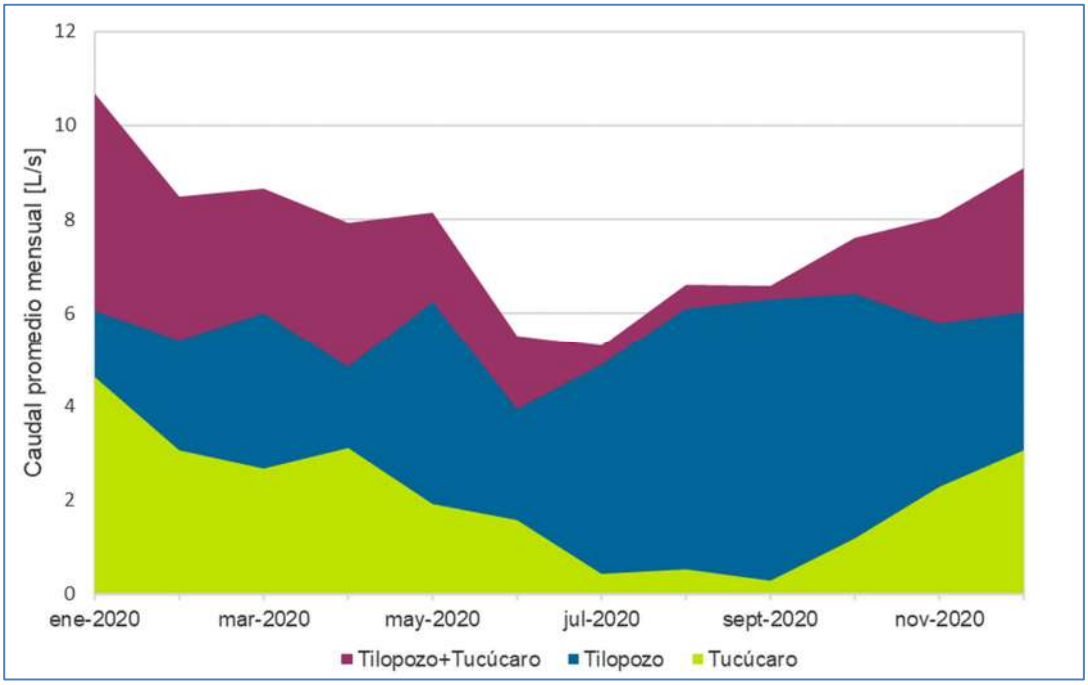
Figura 5-216 Caudales mensuales históricos bombeados en pozo Peine



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-217 se representan los caudales individuales de los pozos Tilopozo y Tucúcaro junto al caudal total entre ambos pozos durante 2020. En ella se observa que el caudal máximo bombeado en forma conjunta alcanza los 10,67 L/s en el mes de enero, mientras que el mínimo caudal bombeado en forma conjunta es de sólo 5,30 L/s, alcanzado en el mes de julio. El caudal promedio bombeado en forma conjunta es de 7,72 L/s.

Figura 5-217 Caudal extraído desde Tilopozo y Tucúcaro durante 2020



Fuente: Elaboración propia

5.10 Red del Plan de Alerta Temprana

A continuación, se presentan los resultados del año 2020 asociados a la red de monitoreo del Plan de Alerta Temprana (PAT), considerando los tres sectores de alerta:

- Sector de Alerta Núcleo
- Sector de Alerta Acuífero
- Sector de Alerta Norte

Es importante señalar que, si bien se estableció que la medición de niveles para la red de monitoreo del PSAH tiene una frecuencia mensual (frecuencia regular, sin activación del PAT), cuando existe una activación de PAT se incrementa a quincenal la medición de niveles freáticos, mensual la calidad y química e interfase salina.

En cuanto a que la condición de activación del PAT, para las Fases I y II de los sectores Alerta Núcleo y Alerta Acuífero, se da cuando el nivel registrado en cualquier punto de activación esté por debajo del umbral respectivo durante tres medidas consecutivas, cuando la frecuencia de monitoreo es mensual (frecuencia regular). En otras palabras, y considerando que ALB en ocasiones mide más de una vez al mes, para activar el PAT en dichos sectores debe considerarse que los niveles superen el umbral en 3 meses consecutivos y no en tres medidas consecutivas (las que perfectamente pueden estar dentro de un mismo mes).

5.10.1 Sector de Alerta Núcleo

Considerando que el año 2020 corresponde al quinto año calendario de operación del Proyecto, en la Tabla 5-51, se presentan los valores de los umbrales para los pozos asociados al PAT y que corresponden al cuarto año calendario de Proyecto. La ubicación de los puntos fue presentada en la Figura 4-13 del Capítulo 4 de este Informe Anual.

Tabla 5-51 Umbrales de Activación para el Cuarto Año de Explotación (2020)

Pozo	Umbral Fase I (m s.n.m.)	Umbral Fase II (m s.n.m.)	Umbral Final (m s.n.m.)
PN-05B	2.298,42	2.298,33	2.297,74
PN-08A	2.298,44	2.298,35	2.297,82
PN-14B	2.297,98	2.297,89	2.297,27
PN-16B	2.298,48	2.298,39	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.

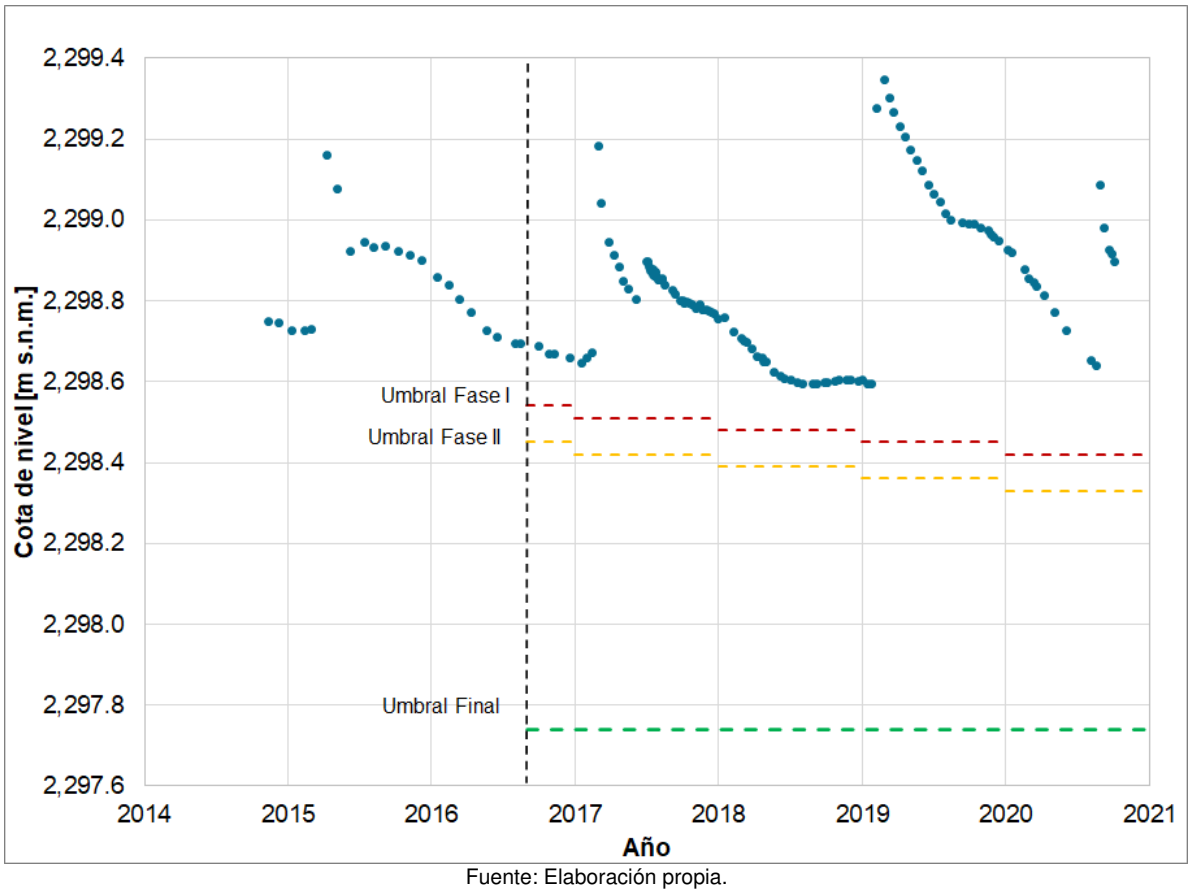
Cabe recordar que las condiciones de activación y desactivación para cada una de las Fases son las descritas en el numeral 4.3.2 del Anexo 3 de la Adenda 5 del Proyecto y que, a manera de resumen para la Fase I y Fase II, se tiene que la condición de activación se dará cuando el

nivel registrado esté por debajo del umbral respectivo durante tres medidas consecutivas, en cualquier punto de activación.

En función de los registros del año 2020, los cuales se presentan para cada pozo del PAT del sector Alerta Núcleo en las Figura 5-218, Figura 5-219, Figura 5-220 y Figura 5-221, se presenta la evolución de los niveles medidos en relación a los umbrales que les corresponde para cada fase de activación (Tabla 5-51).

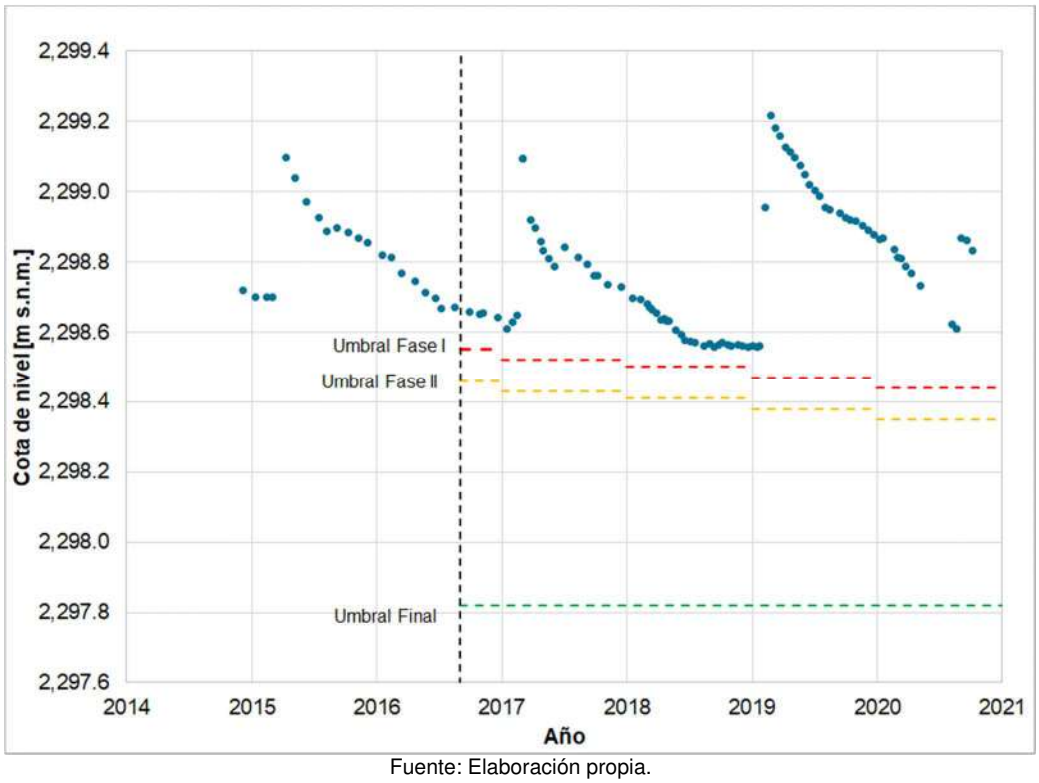
Cabe señalar que los umbrales indicados previamente, son aplicables desde el inicio de la fase de operación del Proyecto (28-09-2016) y es por esa razón que sólo se incorporan en los gráficos a partir de septiembre de 2016.

Figura 5-218 Niveles Punto de Monitoreo PN-05B



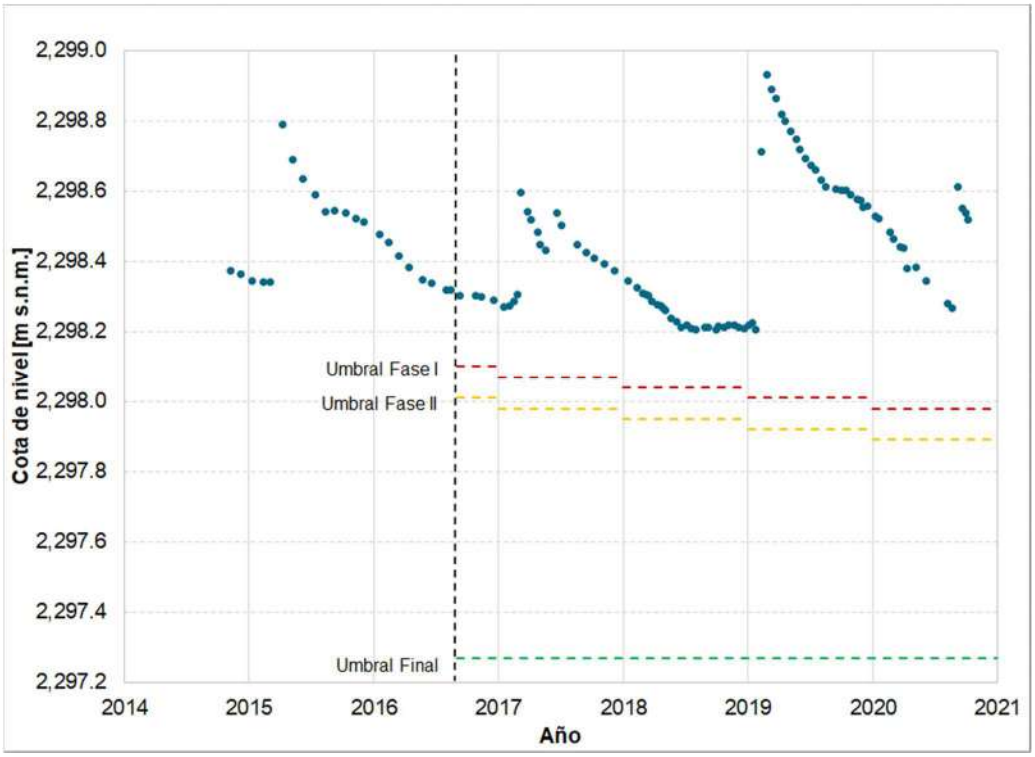
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-219 Niveles Punto de Monitoreo PN-08A



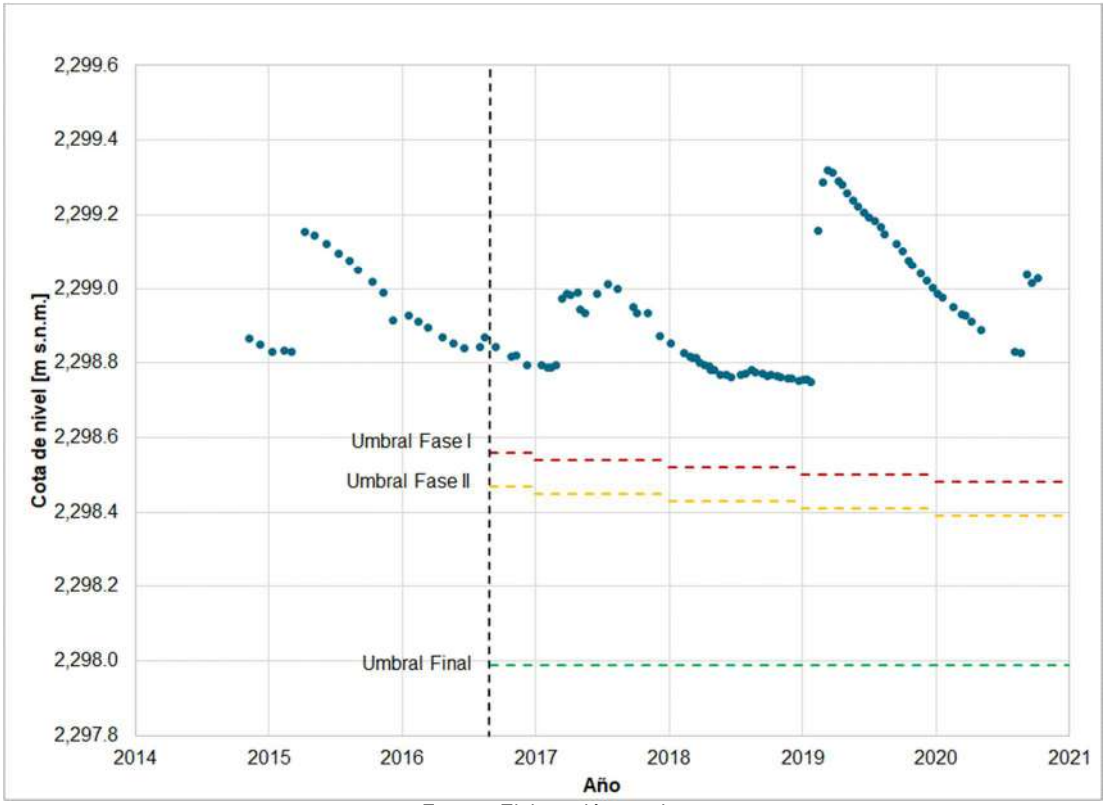
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-220 Niveles Punto de Monitoreo PN-14B



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-221 Niveles Punto de Monitoreo 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 el 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 aquella 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. En estos últimos tres años, la condición de activación estará dada 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, y en base a los resultados presentados, se puede indicar que, durante el año 2020, no se ha activado ninguna de las fases del PAT en el sector de Alerta Núcleo y a raíz de los eventos de lluvia de agosto de 2020 los niveles en todos los pozos PAT se encuentran a diciembre de 2020 entre 0,32 y 0,45 m por sobre el umbral.

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 de monitoreo del PSAH, los que se relacionan con la dinámica natural del sistema y cuyos niveles umbral son únicos, es decir, sin fases de activación. Estos puntos y sus respectivos umbrales se presentan en la Tabla 5-52. Asimismo, su ubicación fue presentada en la Figura 4-13 del Capítulo 4 de este Informe Anual.

Tabla 5-52 Umbrales de Activación Sector Alerta Acuífero

Pozo	Sistema lagunar	Umbral Fase única (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 de la Adenda 5.

Para este sector, quedó definida en la evaluación ambiental la condición bajo la cual se entenderá que los umbrales se consideran sobrepasados. Esta condición se verifica cuando el nivel registrado esté por debajo de su umbral, durante tres medidas consecutivas, en al menos un punto de activación.

En las Figura 5-222, Figura 5-223, Figura 5-224, Figura 5-225 y Figura 5-226 se presentan los niveles registrados en cada uno de los puntos del sector Alerta Acuífero, en relación al umbral establecido como condición de activación, respectivamente.

De las figuras indicadas, es posible apreciar que las fluctuaciones que muestran los niveles en los barrenos siguen un comportamiento estacional y que, con la excepción del punto de monitoreo BA-07, el umbral de cada punto no ha sido sobrepasado en ningún mes de medición.

El pozo BA-05 (Figura 5-222) presenta un comportamiento estacional, con registros de nivel siempre por sobre el umbral establecido para este pozo con una cota máxima de 2.300,125 m s.n.m. en septiembre de 2020 después de la lluvia de agosto y una cota mínima de 2.300,229 msnm en noviembre.

Para el punto BA-07 (Figura 5-223) ubicado en borde laguna la Punta se observa durante el mes de enero de 2019, los niveles registrados (con frecuencia quincenal) superaron dos veces el umbral establecido para este punto. Sin embargo, lo anterior no gatilló la activación del PAT ya que la superación del umbral debe darse para tres medidas consecutivas, cuando la

frecuencia de monitoreo es mensual (frecuencia regular). En otras palabras, se tiene que superar el umbral en 3 meses consecutivos para la activación del PAT. No obstante, es importante destacar que durante 2020 el nivel no ha superado el umbral.

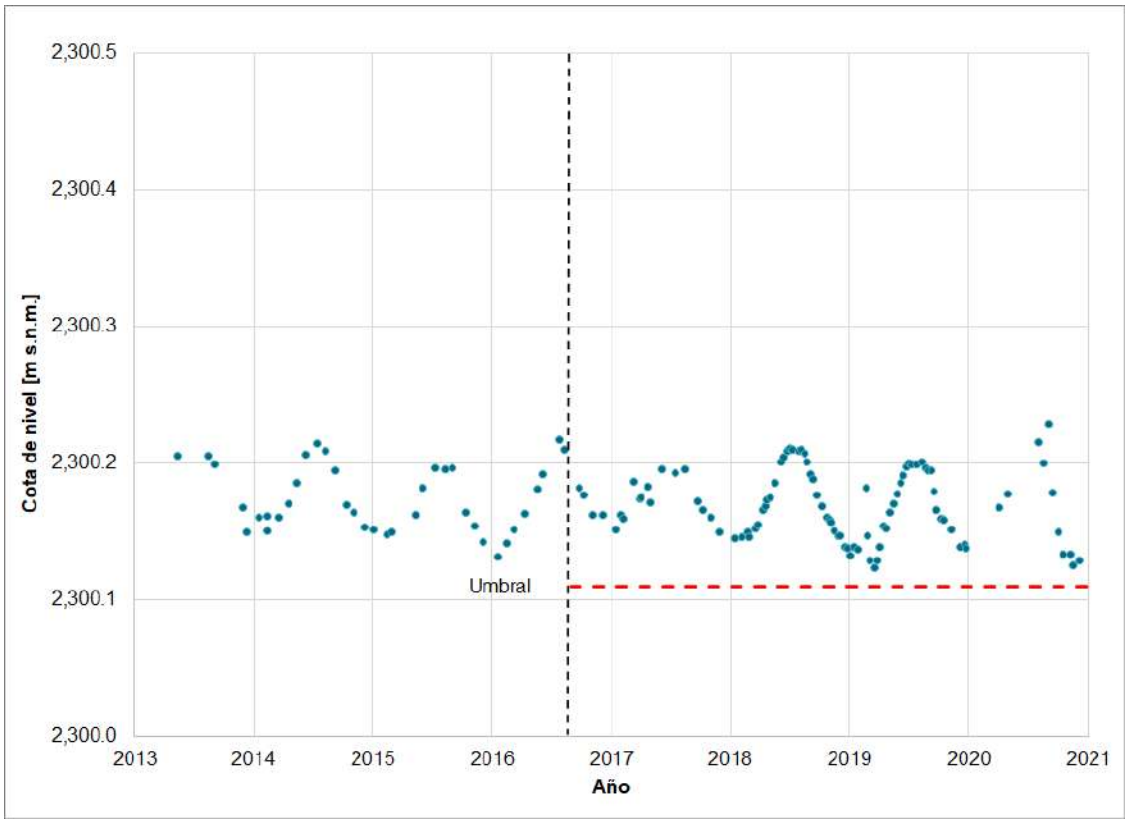
Considerando los datos históricos de dicho punto, desde antes de la operación del proyecto, particularmente desde 2014, se observa un leve tendencia general de descenso de los niveles registrados, llegando al punto más bajo de registro en enero de 2019.

Durante 2020 se observa un aumento considerable de nivel a fin de agosto con un 'peak' de 2.300,151 m s.n.m., este *peak* fue posterior a las lluvias que se presentaron en el Salar de Atacama dicho mes; posteriormente se observa descenso hasta diciembre, alcanzando una cota de 2.299,974 m s.n.m..

En el caso del punto de monitoreo BA-16 (Figura 5-224), para el año 2020, se observa un comportamiento similar al ocurrido en 2019 post lluvia. Los niveles aumentan, para luego disminuir abruptamente (lo que también se ve reflejado localmente en otros pozos de la zona), esto muestra una tendencia al descenso en el punto, que se ve reflejada con disminución de los valores mínimos en 2019 y 2020 comparados con años anteriores. Luego del efecto de las lluvias de agosto de 2020, el punto alcanza un nivel de 2.300,939 m s.n.m. en septiembre 2020, para posteriormente descender a un una cota de 2.300,825 m s.n.m. en diciembre de 2020.

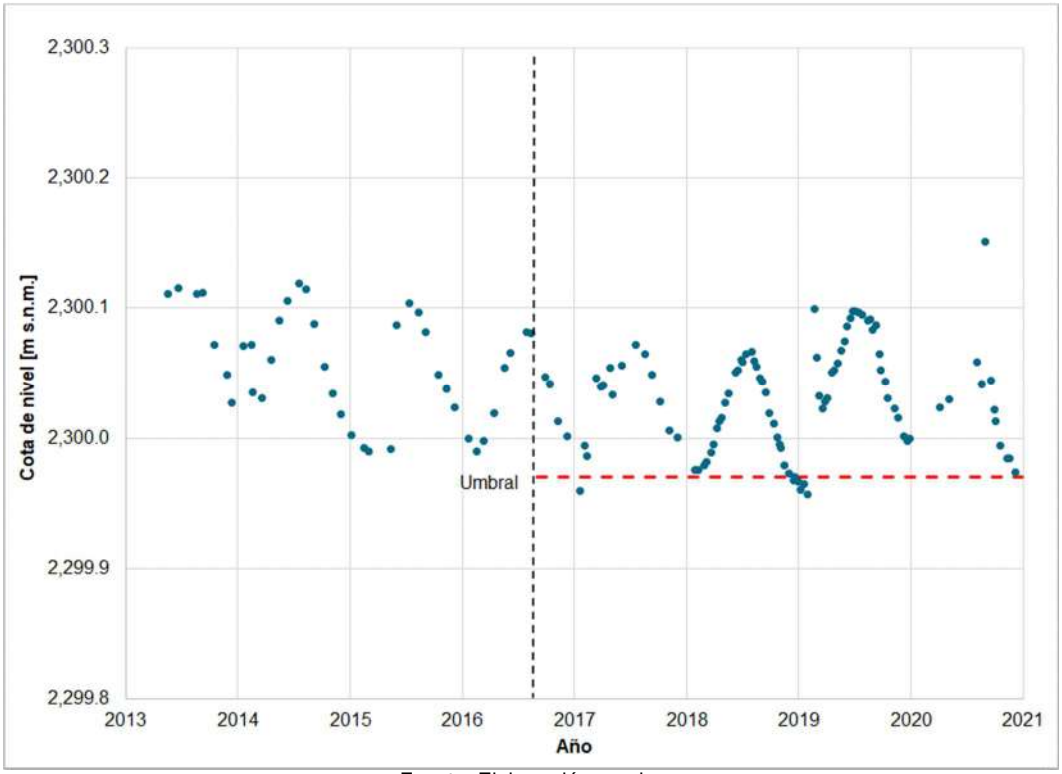
Los pozos BA-28 (Figura 5-225) y BA-30 (Figura 5-226), ubicados en el sistema lagunar de Peine, presentan un comportamiento estacional, siempre por sobre los valores de umbrales definidos para cada uno de ellos. Ambos pozos muestran un 'peak' en su nivel durante el mes de septiembre de 2.300,780 m s.n.m. (BA-28) y 2.301,652 m s.n.m. atribuible al efecto de las lluvias de agosto de 2020. A diferencia de lo que se observa en el Sistema La Punta La Brava, estos puntos, muestran una leve tendencia al ascenso de sus niveles.

Figura 5-222 Niveles Punto de Monitoreo BA-05



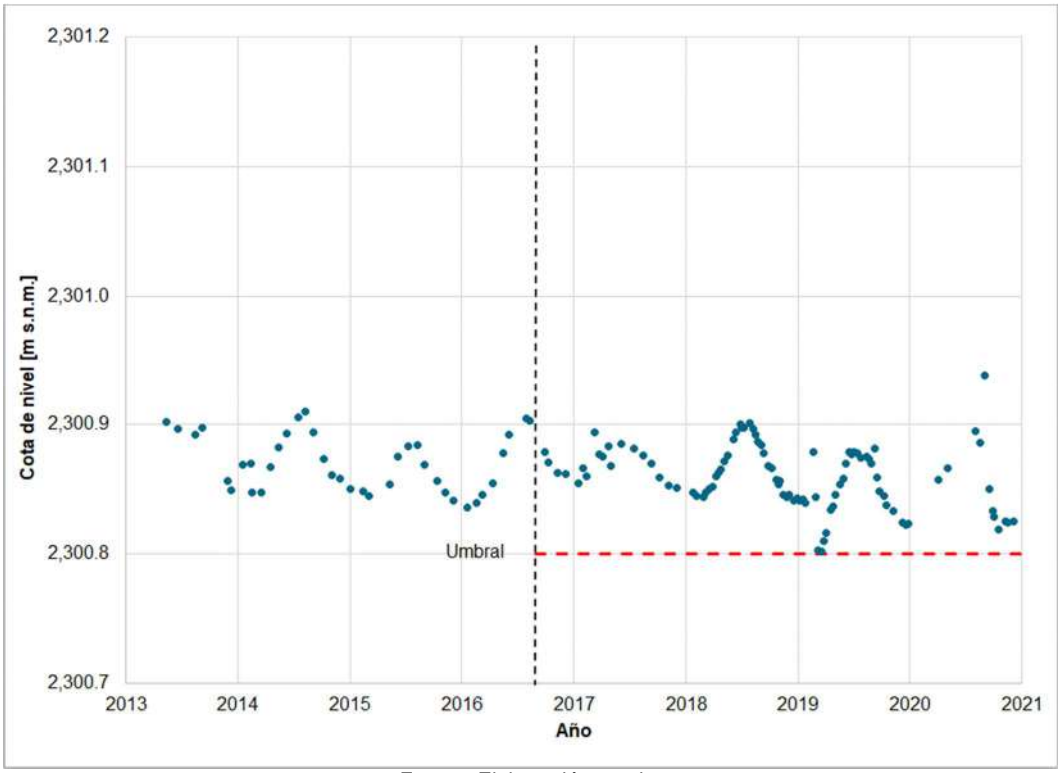
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-223 Niveles Punto de Monitoreo BA-07



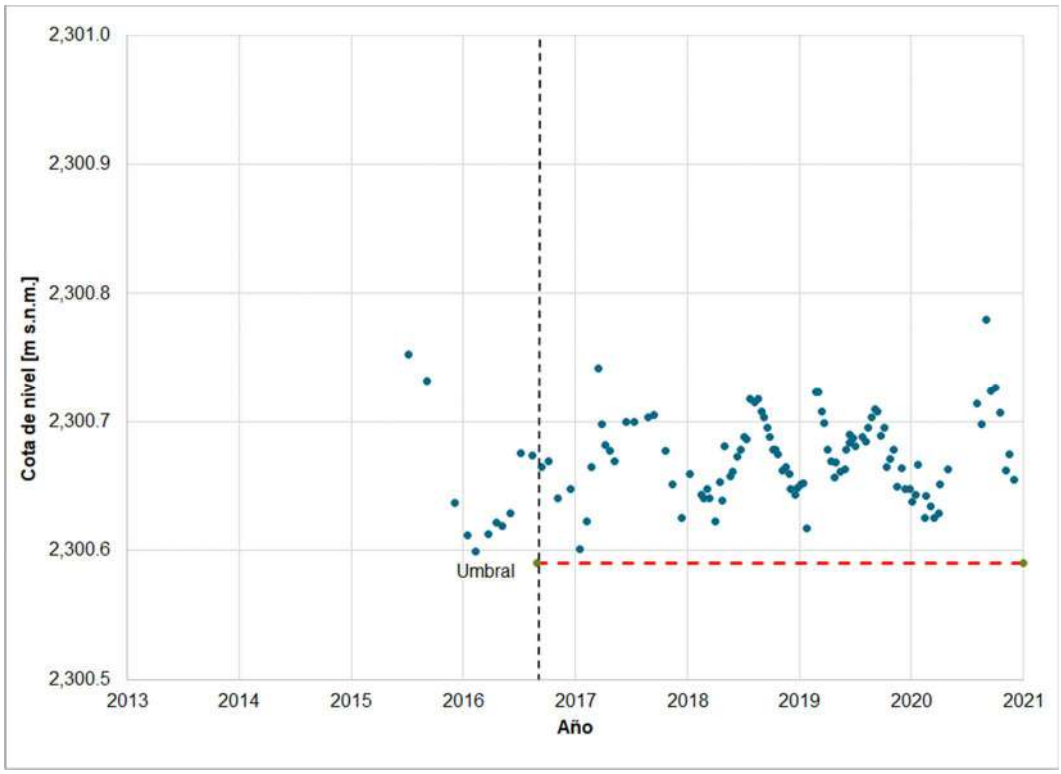
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-224 Niveles Punto de Monitoreo BA-16



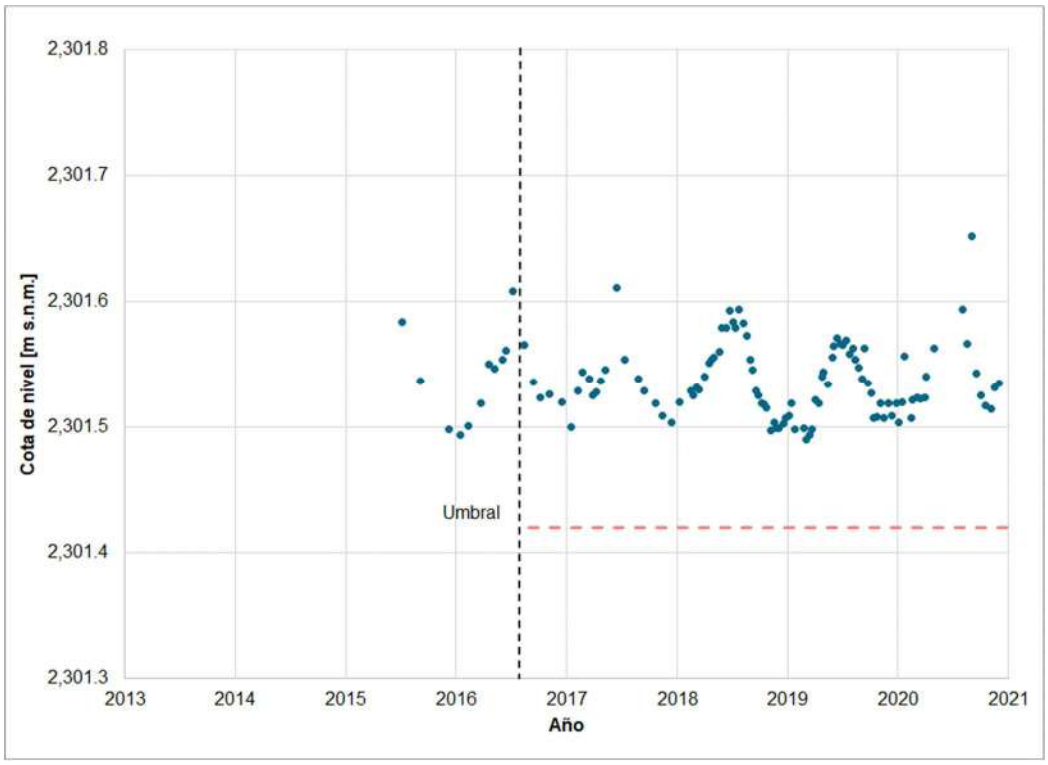
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-225 Niveles Punto de Monitoreo BA-28



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-226 Niveles Punto de Monitoreo BA-30



Fuente: Elaboración propia.

5.10.3 Sector de Alerta Norte

Para el sector de Alerta Norte, en el proceso de evaluación ambiental quedaron establecidas las condiciones de activación y desactivación de las distintas fases, con sus respectivos umbrales. Lo anterior se puede resumir indicando que se activan la Fase I y la Fase II, de manera consecutiva, cuando ALB reciba notificación por parte de la Autoridad Ambiental (SMA) de que SQM ha activado una de las Fases de su PAT con puntos de monitoreo en el mismo sector. 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 PSAH del 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 ALB, en caso de requerir activar las Fases de su PAT. No obstante, en el año 2020 SQM publica su información en línea a través de www.sqmsenlinea.com lo que permite acceder en forma permanente a la información que ahí se carga.

Dicho lo anterior, en la Tabla 5-53 se presentan los pozos y cotas de activación del PAT de ALB, aprobados en la RCA N°21/2016, las cuales tienen como referencia el Informe Nº15 del PSAH del Proyecto "Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama" de SQM. Asimismo, la ubicación de los puntos fue presentada en la Figura 4-13 del Capítulo 4.

Tabla 5-53 Cotas de Activación del Sector de alerta Norte

Nombre	Umbral Fase I (m s.n.m.)* PSAD56	Umbral Fase I (m s.n.m.)** WGS84	Umbral Fase II (m s.n.m.) PSAD56	Umbral Fase II (m s.n.m.)** WGS84
L1-G4 Pozo	2.298,51	2.299,37	2.298,35	2.299,21
L1-5	2.298,51	2.299,37	2.298,35	2.299,21
L3-9	2.299,37	2.300,25	2.299,34	2.300,22
L4-12	2.298,72	2.299,63	2.298,69	2.299,60
L5-10	2.299,05	2.299,97	2.299,02	2.299,94

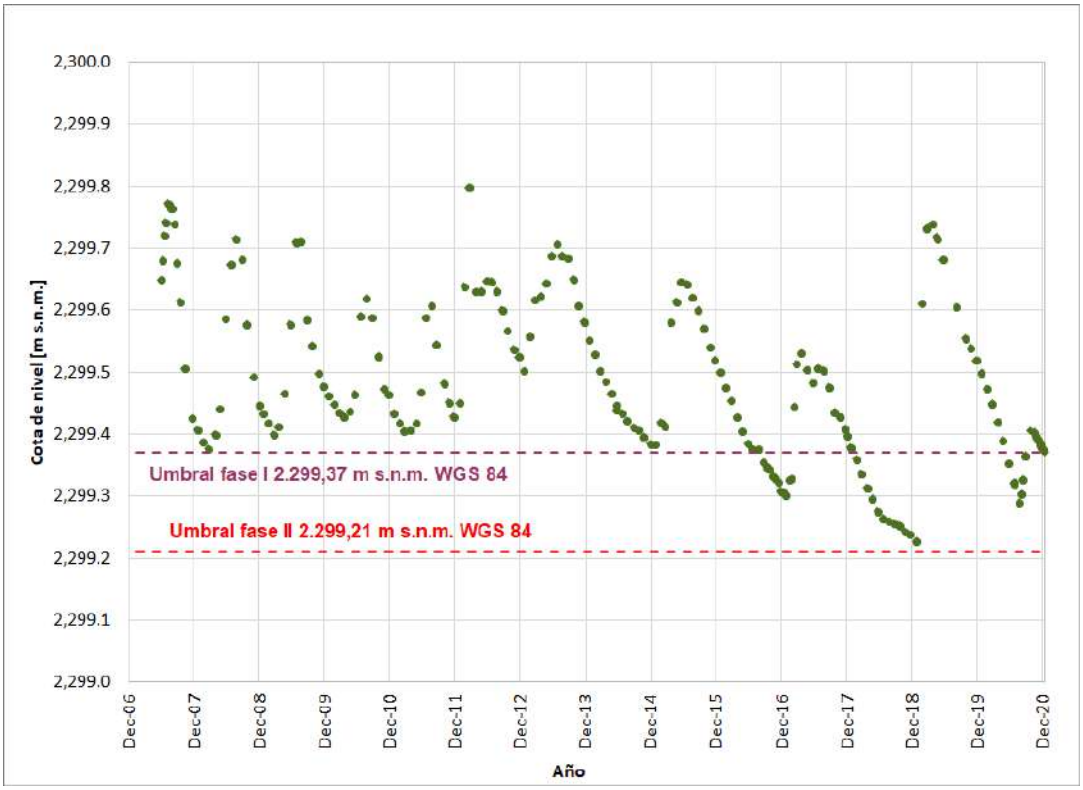
* Referencia topográfica según Informe Nº 15 del PSAH de SQM, en Datum PSAD56
**Referencia topográfica según Informe N° 17 del PSAH de SQM, en Datum WGS84
Fuente: Elaboración propia, en base a Tabla 4-12 Anexo 3 Adenda 5 y referencias indicadas.

En la Figura 5-227 se muestra la evolución de los niveles de agua subterránea para el pozo de monitoreo L1-G4, junto con los umbrales del PAT Sector Alerta Norte de ALB, expresados en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) en Datum WGS84 (los umbrales presentados en el Anexo 3 de la Adenda 5 del proyecto se han transformado a Datum WGS-84 siguiendo la misma metodología utilizada por SQM).

Para el pozo L1-G4 se observa que, a partir de junio de 2020, los niveles de este punto de monitoreo descendieron bajo el umbral de activación de Fase I, sin embargo, en esa fecha la información de SQM no era pública, por ende no gatilló la activación del PAT. Por otra parte,

es importante indicar que en el mes de octubre el nivel aumentó a una cota de 2.299,406 m s.n.m., mostrando valores por sobre el umbral, aunque se observa un nuevo descenso a partir del mes de octubre con una cota de 2.299,371 m s.n.m. registrado a fines de diciembre de 2020.

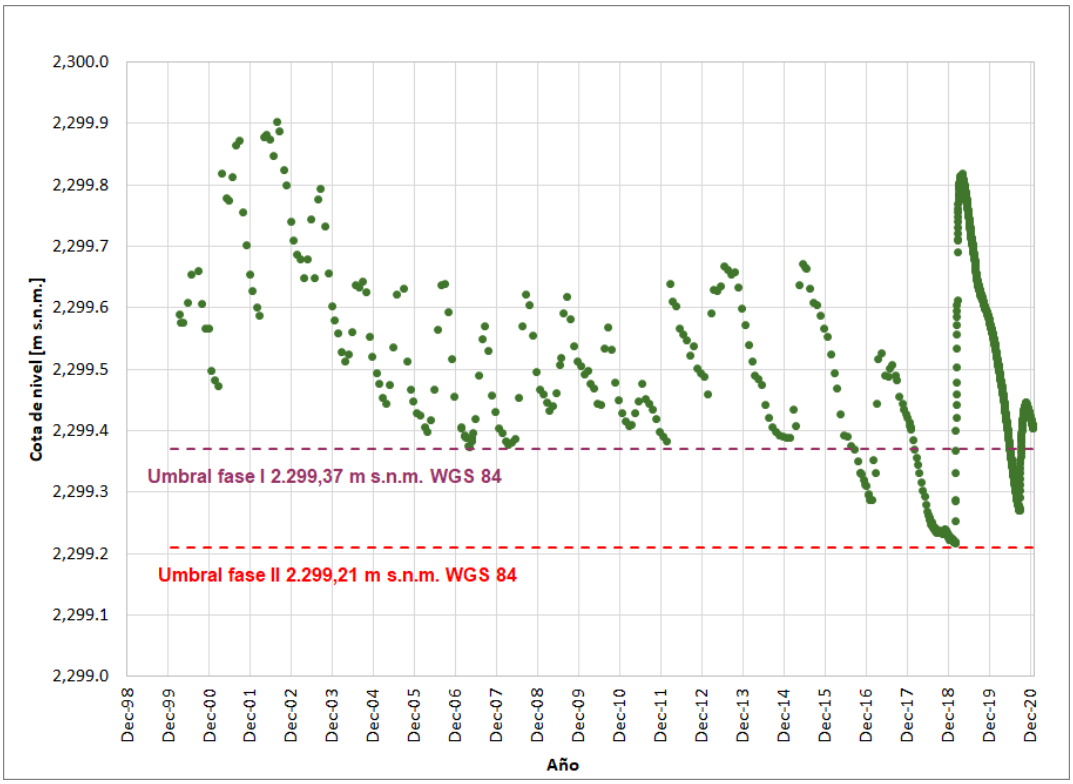
Figura 5-227 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-G4 Pozo



Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Informe Nº 24 del PSAH de SQM (hasta 2018) e información obtenida desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com..

En la Figura 5-228 se muestra la evolución de los niveles de agua subterránea para el punto de monitoreo L1-5, junto con los umbrales del PAT Sector Alerta Norte de ALB. Se observa que, a partir de junio de 2020, los niveles de este punto de monitoreo descendieron bajo el umbral de activación de Fase I. Lo anterior gatilló que se activara el PAT Sector Alerta Norte en Fase I de ALB en agosto de 2020, dado que Albemarle fue notificada por la SMA de esta activación de SQM, mediante una carta de la SMA (Resolución Exenta AFTA N° 110/2020) (Anexo M). No obstante, es importante indicar que en el mes de septiembre el nivel aumentó por sobre el umbral, desactivando la alerta. Sin embargo, se cumplieron todas las medidas que deben ejecutarse por activación de PAT en Fase I en este sector.

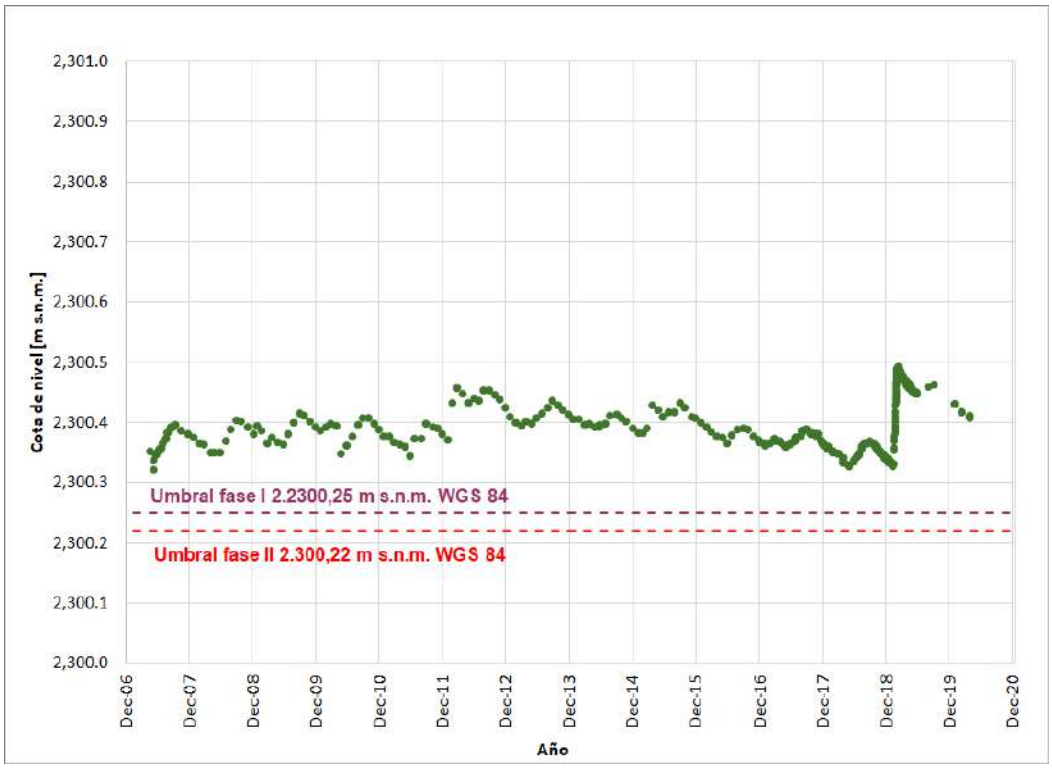
Figura 5-228 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L1-5



Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Informe Nº 24 del PSAH de SQM (hasta 2018) e información obtenida desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com..

En la Figura 5-229 se muestra la evolución de los niveles de agua subterránea para el punto de monitoreo L3-9, junto con los umbrales del PAT Sector Alerta Norte de ALB. Según las mediciones realizadas por SQM se registra una cota de 2.300,408 m s.n.m. hasta el mes de abril de 2020 que se encuentra 0,16 m por sobre el umbral de Fase I. No hay más mediciones de niveles después de abril de 2020, esto, debido al cierre preventivo de todas las Áreas Silvestres Protegidas del Estado administradas por CONAF como medida para evitar el contagio del virus que produce el COVID-19 (Carta Oficial N° 10/2020 y Carta Oficial N° 16/2020).

Figura 5-229 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L3-9

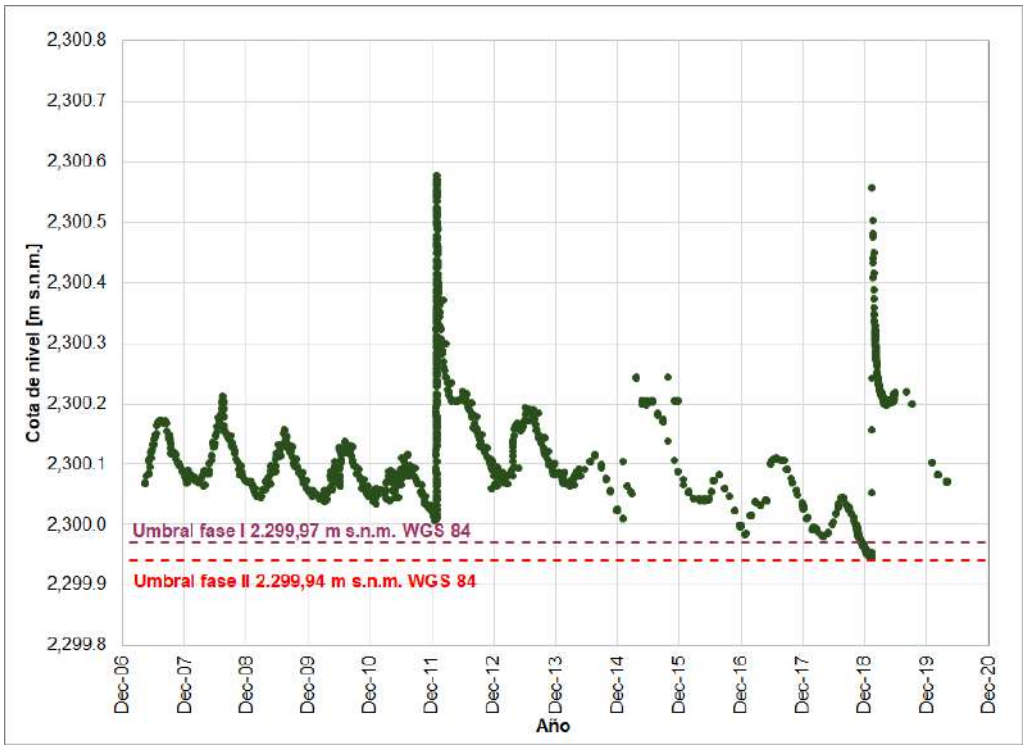


Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Informe Nº 24 del PSAH de SQM (hasta 2018) e información obtenida desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com..

En la Figura 5-230 se muestra la evolución de los niveles de agua subterránea del punto de monitoreo L5-10 junto con los umbrales del PAT Sector Alerta Norte de ALB, expresados en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) en Datum WGS84. Se observa que durante 2020, SQM solamente logró realizar mediciones del nivel durante los meses de enero, febrero y abril de 2020 porque el pozo se encuentra dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos. Esto, debido al cierre preventivo de todas las Áreas Silvestres Protegidas del Estado administradas por CONAF como medida para evitar el contagio del virus que produce el COVID-19 (Carta Oficial N° 10/2020 y Carta Oficial N° 16/2020).

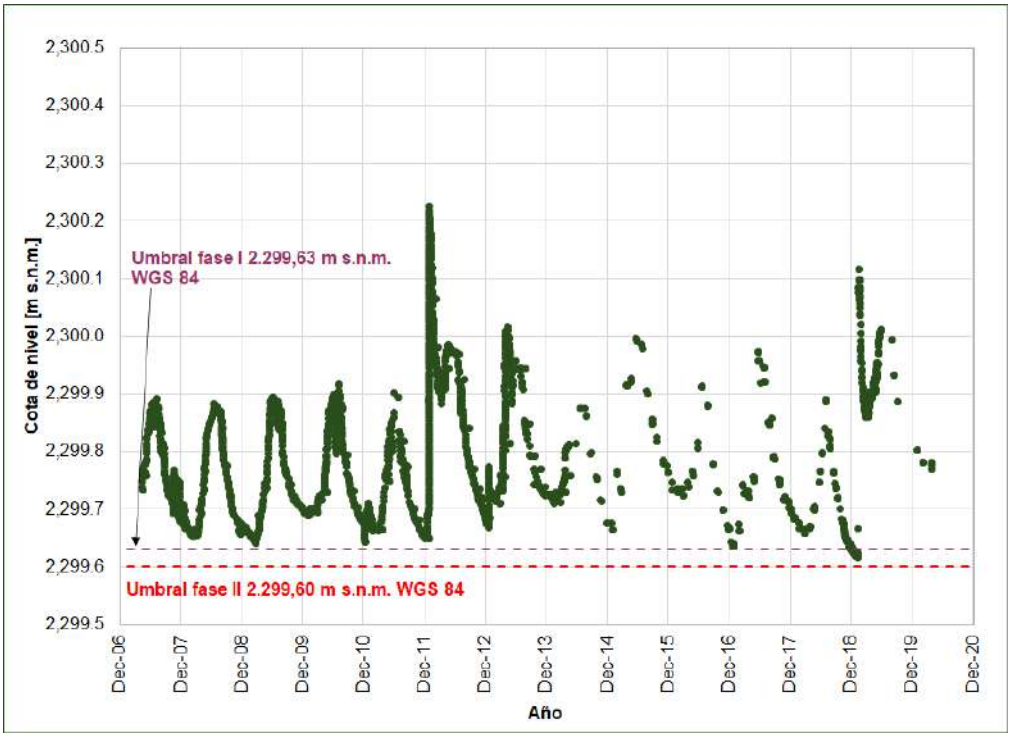
En la Figura 5-231 se muestra la evolución de los niveles de agua subterránea del punto de monitoreo L4-12 junto con los umbrales del PAT Sector Alerta Norte de ALB, expresados en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) en Datum WGS84. Se observa que, durante 2020 SQM, logró solamente realizar mediciones del nivel durante los meses de enero, febrero y abril de 2020 porque el pozo se encuentra dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos. Esto, debido al cierre preventivo de todas las Áreas Silvestres Protegidas del Estado administradas por CONAF como medida para evitar el contagio del virus que produce el COVID-19 (Carta Oficial N° 10/2020 y Carta Oficial N° 16/2020).

Figura 5-230 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L5-10



Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Informe Nº 24 del PSAH de SQM (hasta 2018) e información obtenida desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com.

Figura 5-231 Evolución Niveles Estáticos y Umbrales Punto de Monitoreo L4-12



Fuente: Elaboración propia, en base a datos del Informe Nº 24 del PSAH de SQM (hasta 2018) e información obtenida desde la plataforma publica www.sqmsenlinea.com).

Para dar contexto y detallar lo señalado en el análisis de las figuras precedentes, respecto a la activación del PAT Sector Alerta Norte de ALB en 2020, se debe señalar que ALB recibió una carta de la SMA (Resolución Exenta AFTA N°110/2020), a través del Sistema Electrónico de Fiscalización Ambiental, a raíz de un reporte del titular SQM Salar S.A. que exponía lo siguiente:

- *"Aviso de incidente Ambiental ID 7281: Con fecha 01 de agosto de 2020, se registró en el pozo L1-5, del Sistema Soncor, una medición de nivel de 2.299,289 msnm (Datum WGS84) dato medido desde el punto de referencia que constituye un nivel medido inferior al umbral de activación de la Fase II (2.299,29 msnm, WGS84)."*

Así, producto de la activación del PC de SQM Salar S.A y en respuesta al requerimiento de la SMA debido a esta nueva activación, ALB activó también su PAT en Sector Alerta Norte y sus medidas asociadas a la Fase I, lo que conllevó al aumento de la frecuencia de monitoreo de las variables correspondientes, pasando de mensual a quincenal para la variable niveles freáticos y de trimestral a mensual en el caso de la posición de interfase salina y calidad de aguas. Este aumento en la frecuencia de monitoreo se materializó en los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020, en los puntos de la red de monitoreo del PSAH donde se compromete el monitoreo de cada una de las variables indicadas, lo que fue reportado mediante la carta "ALB-GMA-2020-SMA-023 (Cod: 100540)", "ALB-GMA-2020-SMA-030 (Cod: 101864)", "ALB-GMA-2020-SMA-034 (Cod: 103131)" y "ALB-GMA-2020-SMA-040 (Cod: 103943) Todas las cartas de respaldo se presentan en Anexo M de este Informe.

No obstante lo anterior, con relación al PAT en Sector Alerta Norte y sus medidas asociadas a la Fase I, los monitoreos de niveles y calidad de aguas no se lograron ejecutar en la Reserva Nacional Los Flamencos, abarcando el periodo de agosto a diciembre de 2020. Esto, debido al cierre preventivo de todas las Áreas Silvestres Protegidas del Estado administradas por CONAF como medida para evitar el contagio del virus que produce el COVID-19 (Carta Oficial N° 10/2020 y Carta Oficial N° 16/2020).

En el marco de clarificar los pasos que se debieron realizar y las medidas adoptadas, se describen textuales cada una de las medidas establecidas en el PAT de ALB, en particular para el denominado Sector Alerta Norte, al activarse la Fase I, y que se encuentra contenido en el numeral 4.5 del Anexo 3 de la Adenda N°5, del EIA "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama", donde se establecen las siguientes medidas:

"4.5.3 Plan de Medidas sector de alerta Norte

4.5.3.1 Medidas Fase I

Cuando se active la Fase I del Plan de Alerta Temprana del Sector de Alerta Norte deberán realizarse las siguientes acciones preventivas:

d) Aumentar la frecuencia de monitoreo de las variables hídricas durante 3 meses:

Con el fin de facilitar la identificación de la causa de la activación de la Fase I del sector de alerta Norte se aumentará la frecuencia de monitoreo de las variables de niveles freáticos, calidades químicas y posición de la cuña salina, incluidas en la Tabla 4-7 (ver Tabla 2-3 presente informe)*, en la frecuencia que se indica, para todos los puntos de monitoreo considerados en el Plan de Seguimiento Ambiental (Tabla 3-1).*

El aumento de la frecuencia de monitoreo se mantendrá por un período de tres meses después de activada esta Fase I del PAT, aunque esta se desactive en un período menor y no se extenderá por más de tres meses.

e) Entregar mensualmente a la autoridad los datos de monitoreo en formato digital:

Se entregará a la autoridad ambiental, en forma mensual, durante todo el período de activación de esta Fase I todos los datos brutos de monitoreo del PSA en formato de hoja de cálculo, para que estén a disposición de la autoridad y quien los solicite para los análisis que se consideren oportunos.

f) Activar la herramienta de verificación del efecto sinérgico y entrega de resultados:

Utilizando el modelo numérico MODFLOW desarrollado en el proceso de evaluación ambiental del proyecto, o actualizado a posteriori, se activará la herramienta de verificación del efecto sinérgico (ver metodología en el capítulo 5 de este documento) para discernir las causas y grado de contribución de los diferentes actores en la cuenca de los descensos medidos en el Núcleo del Salar.

Dentro de los 6 meses siguientes contados desde que Rockwood tomó conocimiento directamente o le fue notificado por la autoridad la activación de la Fase I del PC de SQM se entregará a la autoridad de la II Región el informe con los resultados obtenidos y sus conclusiones. El contenido del informe será el indicado en el punto 5.4 de este anexo."

Con respecto a la acción preventiva a), reiterando, se aumentó la frecuencia de monitoreo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020 en las variables y frecuencia indicadas en la Tabla 5-54. En el caso de la acción preventiva b), se ha entregado a la autoridad ambiental, en forma mensual durante todo el periodo de activación, todos los datos brutos de monitoreo del PSAH en formato de hoja de cálculo. Dicha información ha quedado respaldada por todas las cartas entregadas a la Autoridad durante los meses de septiembre a noviembre de 2020. En Anexo M de este Informe Anual se entrega el Respaldo de todas estas cartas.

Tabla 5-54 Aumento de la frecuencia monitoreo para la activación PAT

Monitoreo	Frecuencia normal	Frecuencia Activación PAT (por tres meses)
Niveles freáticos	Mensual	Quincenal
Calidad de agua del acuífero y las lagunas	Trimestral	Mensual
Posición de la Interfase Salina	Trimestral	Mensual

Fuente: Tabla 4-7 de Anexo 3 Adenda 5.

Finalmente, en el caso de la acción preventiva c), se activó la herramienta de verificación del efecto sinérgico y se realizó la entrega de resultados en el informe *"Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico Salar de Atacama; Activación PAT RCA 21/2016; Sector de Alerta Norte, Fase I"* con fecha 4 de febrero de 2021 a la SMA, dando cumplimiento al numeral 10.20 de la RCA N° 21/2016.

6 DISCUSIONES

El presente capítulo entrega las discusiones de los resultados del PSAH 2020, cuyo análisis se estructura como sigue:

i. En relación a los límites establecidos en RCA Nº21/2016.
ii. Análisis del año hidrológico.
iii. Análisis de la evolución de la evapotranspiración.
iv. Análisis integrado de la información por sectores.
v. Discusión y revisión del estado del PAT.
vi. En relación con reportabilidad en planillas Formato Res. Nº894/2019.
vii. En relación con entregables 2020, en el marco de la RCA Nº21/2016.

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.

Bajo este contexto, en el numeral 6.7 de este capítulo, se detalla todo lo entregado durante el año 2020, que incluye la entrega de la actualización del Modelo Hidrogeológico en marzo 2021 a la SMA.

6.1 Análisis en relación a límites establecidos en la RCA N°21/2016

En la presente sección se realiza un análisis del comportamiento de las variables ambientales en el presente PSAH con respecto a los niveles o límites comprometidos en 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 2020 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 2020, junto con la superficie mínima histórica.

Tabla 6-1 Superficie cubiertas por Lagunas

Sistema Lagunar	Superficie Mínima Histórica (ha)	Superficie Mínima 2020 (ha)
La Punta-La Brava	31,6 (verano)	28,4 (verano)
Peine	48,9 (verano)	54,2 (invierno)
Aguas de Quelana	11,3 (verano)	8,5 (verano)
Soncor	192,4 (verano)	168,9 (verano)

Fuente: Elaboración propia

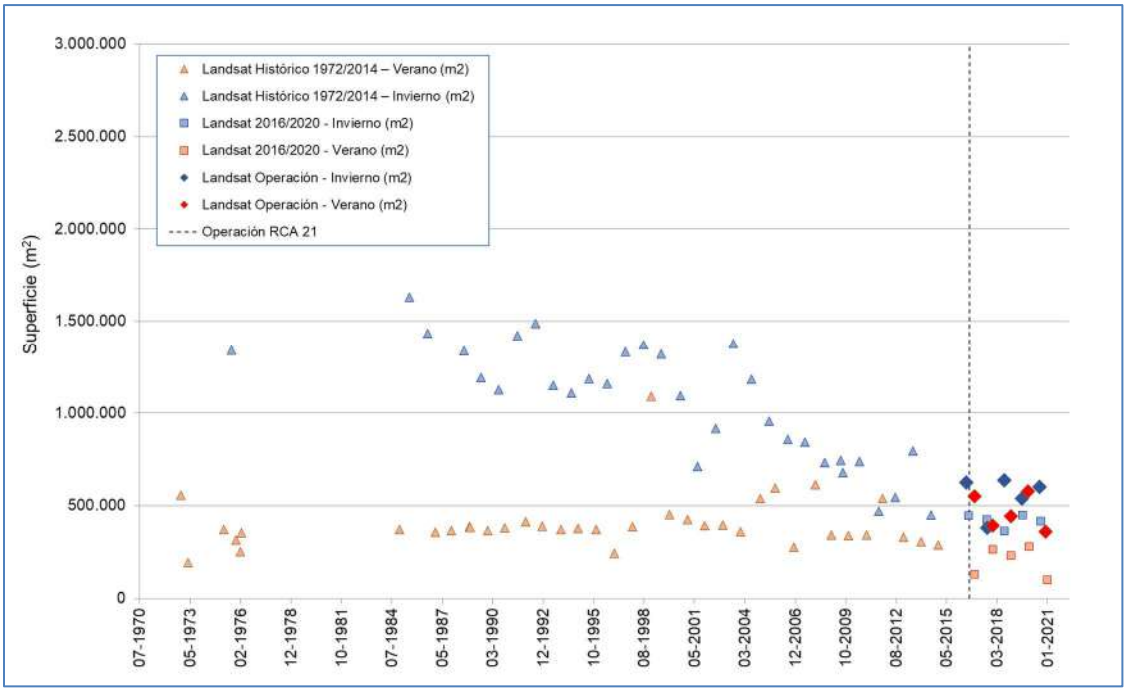
Según los resultados, para la comparación de superficies determinadas con imágenes satelitales de alta resolución, no todas las superficies lagunares para el año de monitoreo 2020 se encuentran por sobre el mínimo histórico. El sistema Lagunar Peine se presenta en condiciones por sobre los registros históricos, mientras que los demás sistemas lagunares presentaron superficies mínimas en verano (diciembre 2020), por debajo de la condición mínima histórica indicada en la Adenda 5 del proyecto. Es importante señalar que, dentro de esta comparativa, las superficies históricas en AR fueron determinadas en meses distintos a los reportados semestralmente en el PSAH (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la alta variabilidad intranual existente en estos sistemas.

Las variables que se relacionan con los sistemas lagunares son principalmente la evaporación y su fuente de recarga, por la influencia de las precipitaciones y/o flujos subterráneos, teniendo un efecto en las superficies ocupadas por las lagunas con cierto desfase (meses).

El mínimo histórico registrado en el Sistema Lagunar La Punta-La Brava en la Adenda 5 del EIA del proyecto a partir de imágenes de alta resolución corresponde al mes de febrero 2014 y el mínimo de la serie levantada en la fase de operación del proyecto corresponde a diciembre de 2020. Esta diferencia entre los meses de reporte entre el PSAH y lo levantado en la Adenda 5 del EIA del proyecto puede generar diferencias en la identificación de los mínimos para la serie de verano. Por otra parte, las menores superficies registradas de diciembre de 2018 y diciembre de 2020 no presentan lluvias asociadas y ambas están precedidas de varios meses de nula precipitación.

Al analizar el registro histórico de las imágenes Landsat para este sistema lagunar (Figura 6-1) se puede observar que la máxima extensión de las lagunas se produce durante los meses de invierno (indicados en colores celestes y azules en la imagen); y con los registros más bajos en general en verano, dándose en marzo 1973, diciembre 1996, diciembre 2006, diciembre 2016, diciembre 2018 y diciembre 2020. Si bien se observa una tendencia histórica al descenso de las superficies asociadas a los inviernos (julio – agosto), las superficies registradas en los veranos (enero – febrero, diciembre) presentan estabilidad en sus valores a excepción de un evento de alza en enero del año 1999. En general, se observa que la diferencia entre superficies entre los inviernos y veranos se ha ido acortando desde el año 2008, mostrando en dicho año, un quiebre en la tendencia de las superficies de invierno. Mayores detalles de este análisis se puede revisar en Anexo C (informe “Superficie cubierta por Lagunas”) de este Informe.

Figura 6-1 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector La Punta y la Brava.

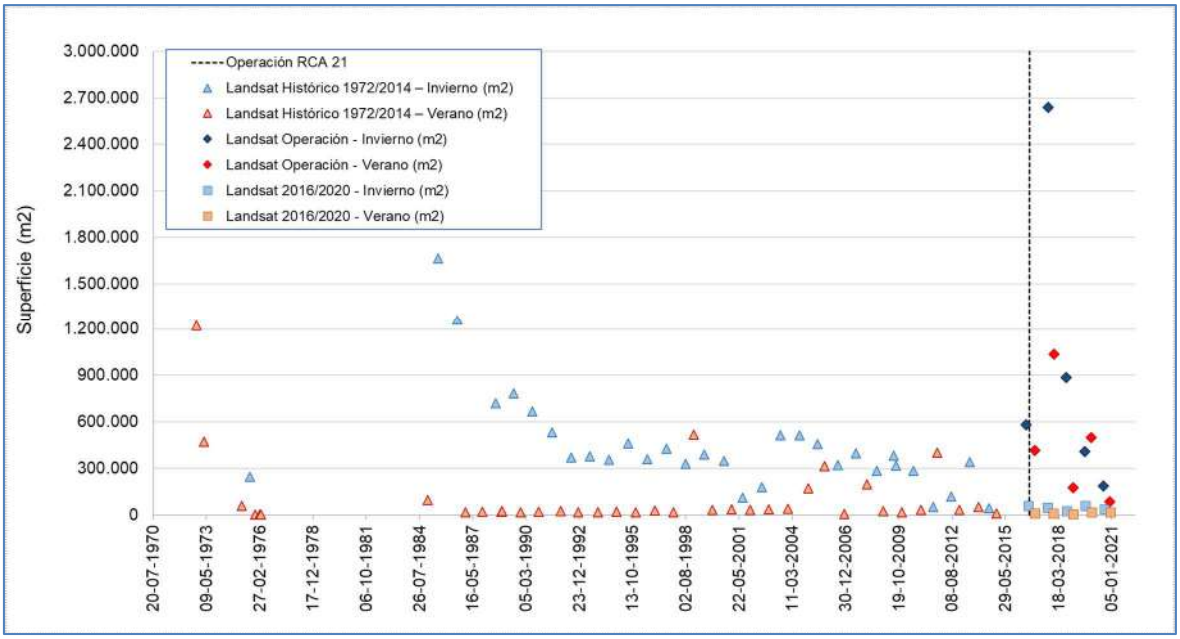


Fuente: Albemarle- "Anexo C Superficies Cubiertas por Lagunas- año 2020"

Por otra parte, si se analiza el sistema Aguas de Quelana, según lo observado en el registro histórico de imágenes Landsat (1972-2014), en la Adenda 5 del EIA del Proyecto se indica que "[…] *el complejo de Aguas de Quelana es el único que se ha llegado a observar prácticamente seco, sin apenas lámina libre de agua detectable por satélite con la resolución que permite el sensor montado sobre los satélites LANDSAT*" *[Ref.: línea de base Apéndice L: Monitoreo satelital Lagunas*].

Para mayor entendimiento, la Figura 6-2 muestra la variación de los registros históricos desde imágenes Landsat del Sistema Aguas de Quelana. En la serie temporal histórica de NDWI, se puede observar que la máxima extensión de las lagunas se produce principalmente durante los meses de invierno, indicados en colores celestes en la gráfica. La superficie promedio en invierno es de 384.263 m^2, con máximo de 1.665.409 m^2 y mínimo de 24.300 m^2 (agosto 2018). Para la condición de verano la superficie promedio alcanza los 98.598 m^2, con una superficie máxima de 1.224.432 m^2 (octubre de 1972) y mínima de 2.469 m^2 (noviembre de 1975, febrero y marzo 1976). En este caso, se observa la mayor diferencia entre las superficies de los periodos de invierno y verano, siendo en el periodo de verano donde se producen las mayores bajas del sistema, donde se observa que los cuerpos de agua pueden llegar a reducirse hasta en un 98%.

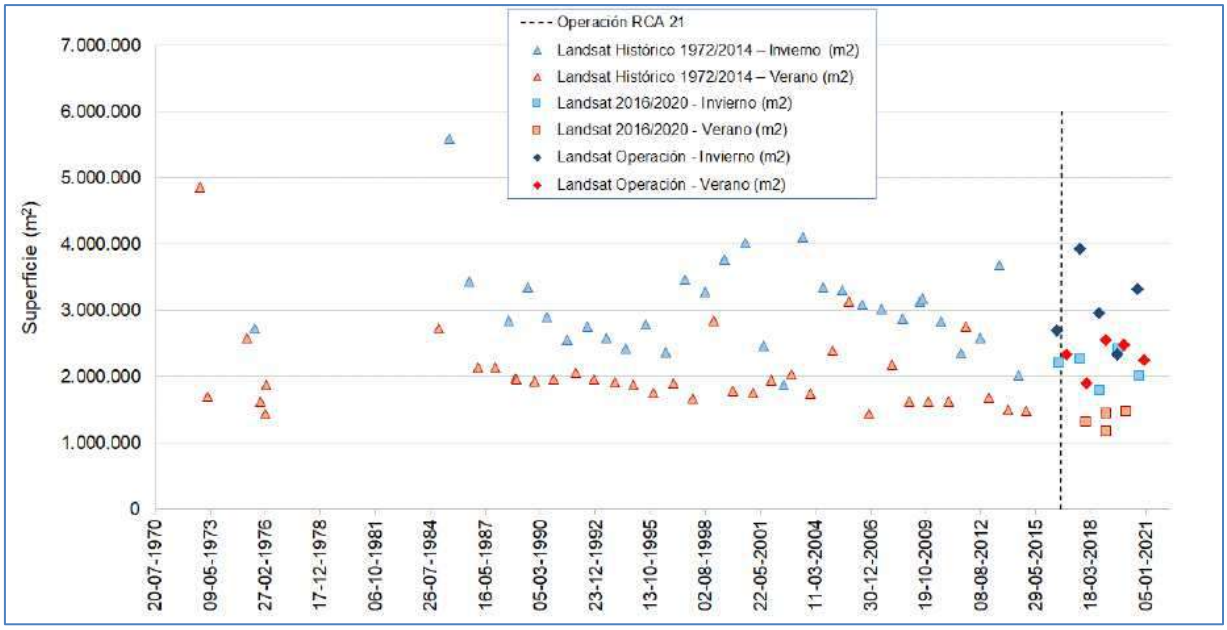
Figura 6-2 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Aguas de Quelana.



Fuente: Albemarle "Anexo C Superficies Cubiertas por Lagunas- año 2020"

La Figura 6-3 muestra la variación de los registros históricos mediante el índice NDWI - Landsat de Soncor. Se observa que la máxima extensión de las lagunas se produce durante los meses de invierno con una superficie promedio de 2.929.620 m^2 y con máximo de 5.594.631 m^2 (julio de 1985) y mínimo de 1.793.700 m^2 (agosto de 2018). Para el verano la superficie promedio es de 1.961.793 m^2 con un rango entre 4.856.771 m2 y 1.177.200 m^2. Para el sector de Soncor la diferencia entre las superficies de los periodos de invierno y verano puede alcanzar aproximadamente el 60%.

Figura 6-3 Variación interanual de las superficies lagunares mediante el uso de imágenes Landsat reportadas en el PSAH e históricas, Sector Soncor.



Fuente: Albemarle "Anexo C Superficies Cubiertas por Lagunas- año 2020"

De lo anterior, queda en evidencia la alta variabilidad interanual que tienen los sistemas y de la evolución temporal que éstos manifiestan. Mayores detalles para los cuatros sistemas lagunares son presentados en Anexo C del presente informe.

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 2020 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 cíclicas estacionales en sus niveles, con máximos en los meses de invierno y mínimos en los meses de verano, destacando en 2020 el aumento inusual de las cotas en el mes de agosto producto de los eventos de precipitación que tuvieron lugar en el invierno estacional, que difiere de eventos anteriores de recarga desarrollados durante el invierno altiplánico.

En particular, las variaciones anuales del nivel durante 2020 en el sector La Punta-La Brava oscilan frecuentemente entre los 10 cm y los 20 cm. En cuanto a la amplitud de los registros en el caso particular del punto LM-01 (Laguna La Punta) éste presentó la amplitud máxima, de

16 cm, con los valores mínimos de la serie de datos registrados en los meses de noviembre y diciembre.

La amplitud mínima se observó en el limnímetro LM-16, el que presenta la misma oscilación natural con una amplitud de 4,0 cm, y con una diferencia de aproximadamente 7,0 m en valor absoluto de la cota del espejo de agua con respecto a los otros limnímetros, debido a que este punto se encuentra hacia el sur, aguas arriba del sector lagunar en la zona de Tilopozo.

Por su parte, en el sistema Peine durante 2020, se observó un comportamiento más heterogéneo entre los distintos puntos de medición. Se tiene que los puntos de monitoreo LM-07 y LM-08 (Laguna Saladita) tienen una variación mínima, a diferencia de los puntos de monitoreo LM-05 y LM-06 (Laguna Salada), que registran mayor variación, aunque sin superar los 2 cm aproximadamente. En cambio, los limnímetros LM-09 y LM-10 (Laguna Interna) presentan una mayor variabilidad, con diferencias de casi 3 cm en ambos puntos para el año 2020. Respecto a la variación histórica de estos últimos, se tiene que los años 2017 y 2019 presentaron grandes ascensos de sus cotas producto de las lluvias, de casi 30 cm. en el verano 2019, no así el 2020, en donde se observan sólo variaciones estacionales menores.

Las cotas más bajas del nivel de agua registradas en el sector corresponden a las del limnímetro LM-17, debido a que este limnímetro se sitúa a un kilómetro al Noroeste de la Laguna Interna, en la zona de avance de ésta y más cercano a la zona del Núcleo del Salar. También se observa un comportamiento histórico 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, con un gran aumento de su nivel en el mes de septiembre, en forma posterior a las precipitaciones de agosto 2020.

Finalmente, en el sector Norte y Borde Este no se cuenta con nuevos registros debido a que el acceso a la Reserva Nacional Los Flamencos, administrada por CONAF, se encontró cerrada durante 2020 con ocasión de la pandemia COVID-19

En general, se observa una estabilidad en los valores de nivel limnimétrico en las lagunas, con valores máximos en invierno y mínimos en verano, lo que se atribuye a la variación estacional.

Según todo lo previamente mencionado, las variaciones de niveles limnimétricos de las lagunas 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 2020 con los valores históricos, ambos presentados en el Capítulo 5.5.

En general los puntos estudiados se encuentran dentro la variación histórica observada en períodos anteriores. En el sistema Peine, los puntos AFP-01, AFP-02, AFP-03 y AFP-04 muestran valores similares a lo observado durante el año 2018 y valores menores durante los meses de verano. En el caso particular del punto AFP-03, durante septiembre de 2020 se registró el mínimo histórico de la estación (14,74 L/s) el que corresponde a aproximadamente 4 L/s inferiores al mínimo anterior (17,10 L/s, septiembre de 2016). La Antecepresa Tilomonte y la Vertiente Peine presentan caudales aforados durante el año 2020 dentro del rango histórico.

Dado estos antecedentes, los valores registrados durante el año 2020 se mantienen dentro de la variación histórica, a excepción del punto AFP-03 donde se registró el mínimo histórico en diciembre de 2020 (14,74 L/s).

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 2020, 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 estimado en base a los registros históricos de precipitación.

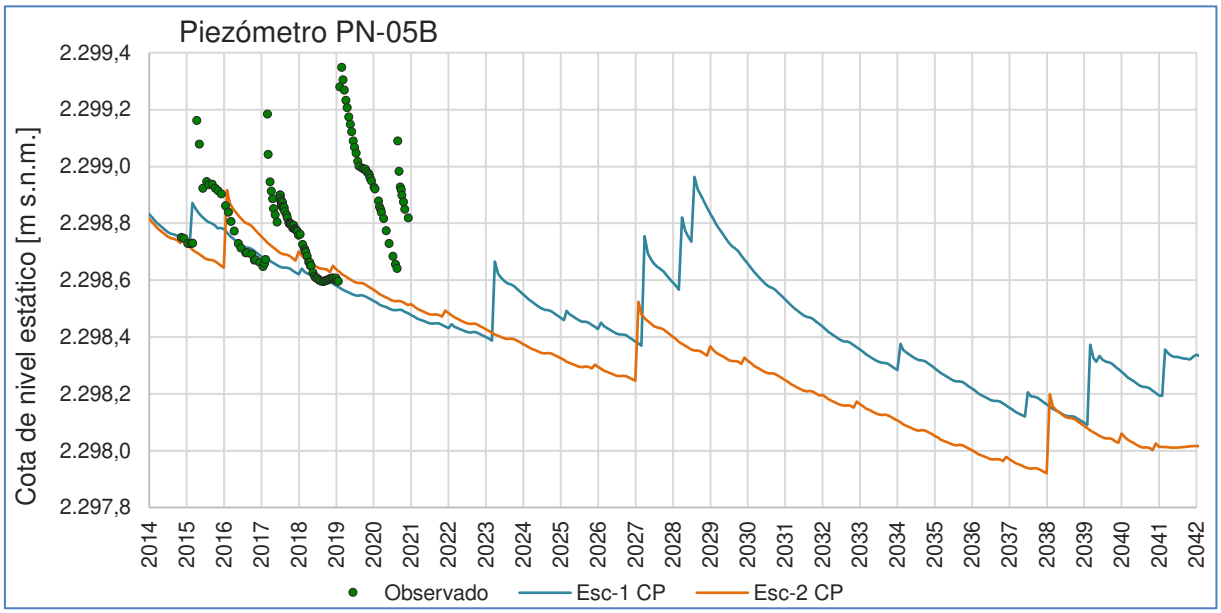
El escenario de recarga reducida analiza la respuesta del sistema a la condición con Proyecto ante situaciones hidrológicas extremas y que conlleven montos de recarga por precipitación menores a los estimados como más probables de acuerdo a la estadística histórica y utilizada en la evaluación del Proyecto. 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 de los niveles freáticos del sector 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 6-4 se presentan las series simuladas en los dos escenarios considerados versus los valores observados. Al respecto, se observa como los niveles observados presentan cuatro aumentos súbitos, los que se asocian a eventos de precipitación registrados a comienzos de los años 2015, 2017, 2019 y de agosto de 2020, los que hacen que, por un lado, los niveles suban y, por el otro, las tasas de descenso inmediatamente después de las precipitaciones, sea mayor a la tasa en régimen previo al evento. Durante septiembre de 2020 se tiene una tasa de descenso similar a la que venía desde el 2019.

Si se comparan los niveles observados con los simulados en Esc1-CP y en Esc2-CP, se observa que los niveles observados muestran en un comienzo (2015) un comportamiento que se mantenía dentro de las líneas de tendencia de lo modelado, hasta diciembre 2018. Entre esos años, los niveles se fueron ajustando, tal como fue en el aumento súbito de nivel al evento de precipitación del año 2015, simulado en el 2015 (Esc1-CP) y modelado en 2016 (Esc2-CP), pero no siendo así para el segundo aumento súbito de precipitaciones del año 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 ni tampoco para comienzos del 2019. Lo anterior se observa claramente en la Figura 6-4, en donde, para el agosto de 2020, se produce un aumento muy elevado de los niveles en todos los pozos, producto de las precipitaciones, niveles que posteriormente descienden con una fuerte tasa durante el resto del año. Durante el último trimestre de 2020, la tendencia de descenso se observa mayor a la esperada según el modelo, pero con niveles muy por sobre lo proyectado y no mostrando aún una estabilización a la fecha.

Figura 6-4 Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozos PAT



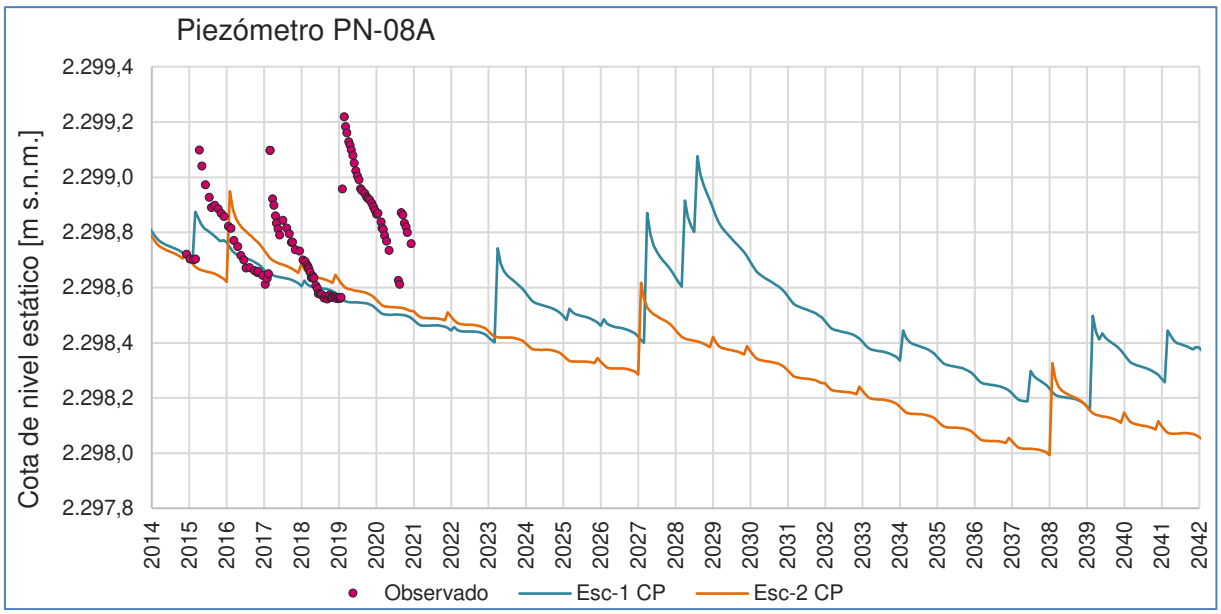
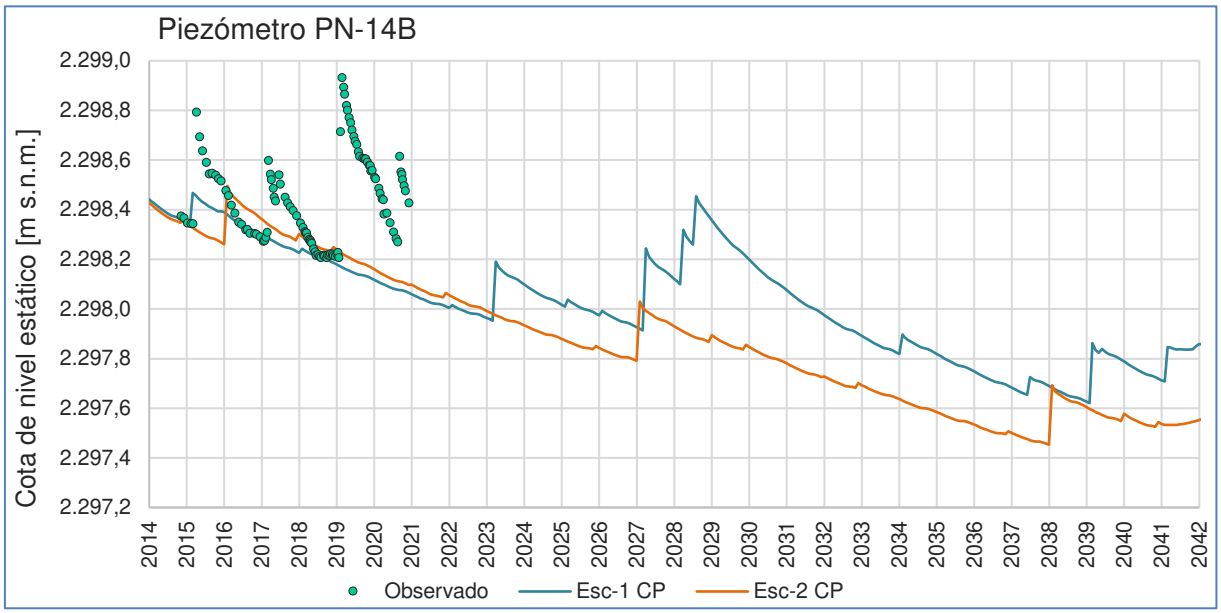
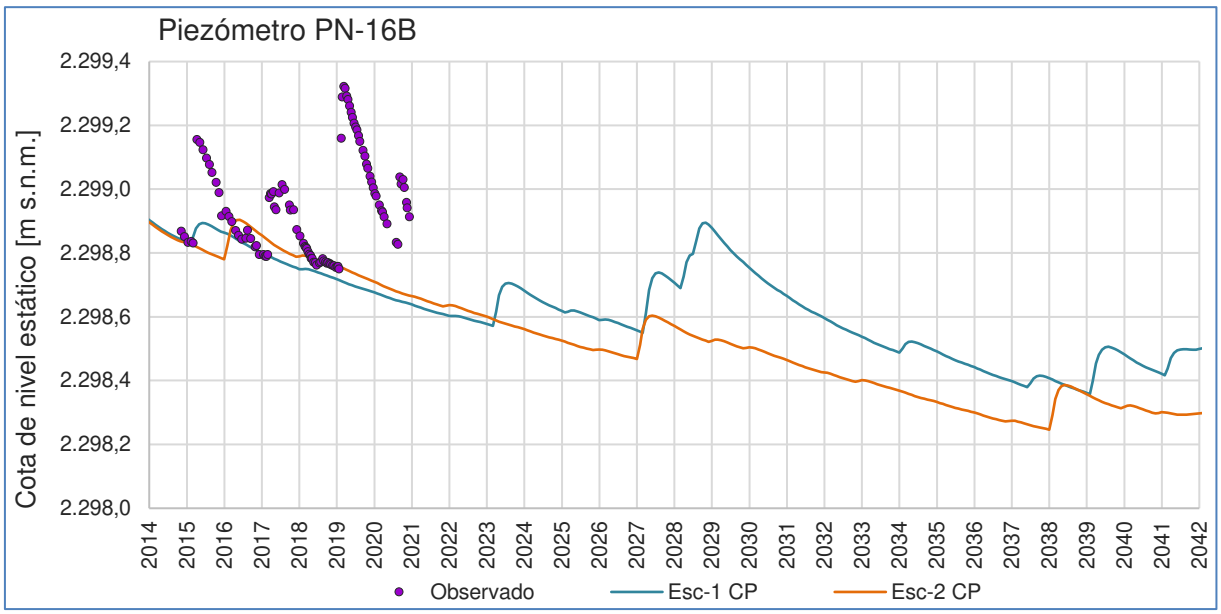


Figura 6-4 (Cont.) Comparación de niveles simulados versus niveles observados en pozos PAT





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 2020 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 Sección 5.6.1. En la zona Sur de las Lagunas en algunos pozos como BA-07, BA-08, BA-16, y MP-03C se reconoce una tendencia leve al descenso de niveles en su registro en el orden de 0,10 a 0,15 m.

Lo mismo ocurre para el sistema Peine presentado en la Sección 5.6.2, en donde, en todos los puntos de monitoreo situados en el entorno de las lagunas se reconoce que los niveles de aguas subterráneas también se han mantenido dentro de los rangos de oscilación natural registrados históricamente hasta la fecha.

En ambos sectores, en general, presentaron 'peaks' de niveles en agosto 2020, producto de las lluvias acontecidas. Los puntos de monitoreo ubicados en cotas altas, entre la Zona Marginal y quebradas aportantes, presentaron niveles estables y con influencia estacional mientras que en las zonas más cercanas al Núcleo se observan más frecuentemente ascensos notorios en los niveles producto de los eventos de lluvias altiplánicas ocurridos en los años 2015, 2017 y 2019, y de lluvia estacional ocurrida en 2020.

Se destaca que los niveles freáticos presentan mayor variabilidad y mayor respuesta a las precipitaciones mientras más cercano es el punto de monitoreo al Núcleo. Esto se puede observar en la Figura 5-46 y Figura 5-47 para los niveles de los piezómetros someros situados en la zona Este, Norte y Sur del sistema lagunar La Punta-La Brava, y en la Figura 5-50 para el sistema lagunar Peine. En dichas figuras se observa que los niveles presentaron incrementos de nivel en el primer trimestre de 2015, 2017 y 2019 y tercer trimestre de 2020, relacionados con los eventos de precipitaciones acontecidos en dichos períodos del año.

El alza en los niveles reconocida en el verano del año 2019 fue, para la mayoría de los piezómetros someros, la mayor desde que se tiene registro, mientras que el alza en los niveles acontecida en agosto 2020 es inusual por cuanto ocurre durante el invierno estacional en circunstancias de que la recarga histórica tiene lugar durante los meses del invierno altiplánico.

En el entorno del sistema lagunar La Punta y La Brava se registraron aumentos de nivel producto de las precipitaciones de verano de 2020 de hasta 0,60 m (observado en BA-11) en el periodo enero a febrero de 2019 y en el entorno del sistema lagunar de Peine de hasta 0,79 m (observado en MPS-CA).

Por otro lado, el registro histórico del sector Norte y Borde Este sólo incorpora datos de 2020 en los pozos MP-12A y MP-12C ya que no se pudo acceder al pozo BA-31 por encontrarse cerrada la Reserva Nacional Los Flamencos. La tendencia observada en MP-12A y MP-12C responde a variaciones estacionales mientras se reconoce una leve alza de los niveles en el periodo 2019-2020.

Los niveles freáticos de agua dulce-salobre observados en 2020, en términos generales para todos los sectores, son consistentes con la data histórica y su comportamiento responde a variaciones estacionales, respondiendo a eventos de precipitación. Se observa que los eventos de recarga de 2019 y 2020 han favorecido el sistema, incrementando las cotas de los pozos más someros y cercanos al núcleo como los ubicados en el Norte de las lagunas La Punta y La Brava, y en la Laguna Interna, en el sector Peine. Es importante destacar que los niveles de agua dulce-salobre (aguas someras) están altamente influenciados por lo que sucede a nivel superficial, incluyendo los eventos de precipitación, y también por sus recargas subterráneas y procesos de evaporación, relacionados con la variabilidad estacional. De los registros de barrenos ubicados al norte de las lagunas, se observa que los sistemas no están siendo afectados por el bombeo de los pozos de extracción en el núcleo, siendo consistente con el modelo conceptual del Salar.

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 2020 con los valores históricos, ambos presentados en el capítulo 5.7.

En general, para todos los puntos de monitoreo de todos los sectores, se han mantenido los rangos de profundidad entre los cuales se presenta la variación de conductividad eléctrica, evidenciando que en general, no han existido modificaciones en la posición de la interfase salina.

Para el sector La Punta – La Brava se tiene que la posición de la Interfase Salina se encuentra entre los 11 a 14 metros de profundidad para el pozo MP-01C, en la zona de las lagunas y a los 68 a 74 metros de profundidad en MP-09C, en la zona más alejada hacia el sur, cercano a Tilopozo. En el sector Peine, la posición de la interfase salina se encuentra desde los 3 a 5 metros de profundidad en la zona intermedia de lagunas (MPS-AC y MPS-CC) y los 90 a 110

metros de profundidad en zona más alejada hacia el sur (PP-03). En el sector Norte y Borde Este, la posición de la Interfase Salina se encuentra entre los 20 y 70 metros de profundidad (MP-12C), único punto de medición.

Se destaca para todos los sectores que la Interfase Salina se encuentra a mayor profundidad a medida que los puntos donde se realiza la medición se alejan del sector Núcleo hacia la Zona Marginal del salar.

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 2020 con los valores históricos, ambos presentados en la sección 5.8

Los resultados por sector muestran que para las aguas subterráneas someras y aguas más profundas los elementos analizados varían de acuerdo a los rangos y variabilidad natural histórica, no presentando mayores diferencias en comparación con años previos.

Junto a lo anterior, al analizar los diagramas de Piper se observa que la clasificación de aguas otorgada para cada sector se mantiene. En general, las aguas son del tipo cloruradas sódicas, salvo en las vertientes o escurrimientos superficiales de Vertiente Peine y Anterepresa Tilomonte que se clasifican como cloruradas sódico-cálcicas. Para Quebrada Camar, la cual no se pudo medir en todo el 2020[16], se clasifica, de acuerdo con el Informe N°4 del PSAH, como un agua de composición intermedia sulfatada sódica.

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 2020, presentados en el capítulo 5.9.1 y 5.9.2, respectivamente, con los valores autorizados ambientalmente. Este análisis se presenta a continuación

[16] Durante 2020 no se obtuvo autorización por parte de la Comunidad, los monitoreos se suspendieron por COVID-19, o bien no se contó con autorización de CONAF para acceder al punto.

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

Área de Bombeo	Previo a RCA Nº21/2016	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)
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: Modificado de Tabla 5-17 Anexo 1, Adenda 5 y Tabla 1 RCA Nº21/2016.

El Proyecto inició su fase de operación el 28 de septiembre de 2016 por lo que, desde octubre de 2018, el límite de extracción total quedó fijado en 442 L/s, lo cual se mantiene para el año 2020.

Tal y como se indica en el capítulo 5.9.1, el volumen de extracción total de las áreas A1 y A2 para 2020 fue de 13.975.851 m^3, lo que es equivalente a un caudal medio anual de 441,96 L/s (359,97 L/s para A1 y 81,99 L/s para A2). Por lo anterior, la extracción de ALB no excede al caudal medio anual establecido en la evaluación ambiental, el cual es de 442 L/s.

A la fecha de entrega de este informe, Albemarle se encuentra atendiendo la solicitud de la SMA (Res 427/2021), sobre los volúmenes reportados de salmuera. Se ha pedido ampliación de plazo, mediante las cartas 2021 03 15 ALB-GMA-2021-SMA-012 y 2021 03 24 ALB-GMA-2021-SMA-015.

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. Durante el año 2020 el caudal promedio bombeado en forma conjunta fue de 7,7 L/s, conformado por 5,67 L/s desde pozo Tilopozo y 2,06 L/s desde pozo

Tucúcaro, de manera que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Adicionalmente, también se cuenta con autorización para extraer un máximo de 5 L/s del pozo Peine, para uso en el campamento emplazado en dicha comunidad. Desde Julio de 2016 el caudal extraído por este pozo fue disminuyendo paulatinamente, con una extracción anual media de 0,03 L/s durante 2020.

6.1.7.3 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. Durante el año 2020 el caudal promedio bombeado en forma conjunta fue de 7,7 L/s, conformado por 5,67 L/s desde pozo Tilopozo y 2,05 L/s (Tabla 5-50 de la sección 5.9) desde pozo Tucúcaro, de manera que los caudales de extracción se mantuvieron dentro de lo autorizado ambientalmente.

Adicionalmente, también se cuenta con autorización para extraer un máximo de 5 L/s del pozo Peine, para uso en el campamento emplazado en dicha comunidad. Desde Julio de 2016 el caudal extraído por este pozo fue disminuyendo paulatinamente, con una extracción anual media de 0,03 L/s durante 2020 (Tabla 5-50 de la sección 5.9).

6.2 Análisis del año hidrológico

La disponibilidad de agua en la zona juega un rol importante en los sistemas de interés ambiental de la zona, lo que depende principalmente de la ocurrencia de precipitaciones que generar recarga de los sistemas subterráneos y generen aportes a los cauces superficiales. Para abordar esta temática, se presenta a continuación un análisis hidrológico del año 2020 en relación con el registro histórico, para caracterizar el tipo de año hidrológico en términos de la probabilidad de excedencia.

Para realizar el análisis hidrológico, se consideraron las precipitaciones anuales de las estaciones meteorológicas ubicadas en el Salar de Atacama. En este estudio 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 Precipitaciones anuales (mm)

Año	Estación Meteorológica (Pp en mm)							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	Rockwood / SCL
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	-	-	-	-
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	35,0	48,0	-	259,5	35,0	-
1986	15,5	116,1	40,0	46,6	-	187,0	60,5	-
1987	69,5	148,1	47,5	97,2	-	282,9	60,9	-
1988	0,0	9,0	0,0	0,0	-	75,7	3,1	-
1989	12	91,3	42,5	40,0	-	132,7	40,5	-
1990	14,1	64,0	-	33,1	-	128,3	25,5	-
1991	0,0	9,6	-	0,8	-	82,4	2,0	-
1992	11,0	7,5	-	16,5	-	45,0	8,1	-
1993	10,5	37,9	-	13,8	-	124,1	20,1	-
1994	1,5	42,4	-	10,0	-	116,6	12,4	-
1995	17,5	81,3	-	2,0	-	180,5	28,5	-

Año	Estación Meteorológica (Pp en mm)							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	Rockwood / SCL
1996	11,5	20,2	-	24,5	48,0	20,5	16,0	-
1997	26,5	129,1	-	60,5	82,0	186,6	60,5	34,5
1998	9,0	30,1	-	14,0	9,0	79,9	2,0	5,5
1999	18,5	70,2	-	23,0	38,0	243,0	25,5	8,5
2000	5,5	112,7	-	70,0	112,5	244,7	37,9	9,4
2001	37,5	194,3	-	55,0	161,0	421,7	98,5	85,9
2002	79,0	100,9	-	34,0	99,0	71,5	58,8	42,0
2003	48,0	21,6	-	24,0	50,0	36,0	17,0	2,0
2004	1,5	42,8	-	13,5	41,5	6,8	5,0	1,5
2005	17,5	67,2	-	17,0	58,7	110,2	33,0	8,5
2006	4,0	4,5	-	14,2	28,7		13,4	7,6
2007	0,0	4,1	-	0,0	11,9	53,4	8,1	0,0
2008	0,0	35,6	-	4,8	40,0	123,1	5,2	10,0
2009	2,5	20,5	-	3,8	2,7	36,7	6,0	2,4
2010	2,0	16,9	-	1,5	12,0	8,8	2,0	0,0
2011	28,4	70,6	7,2	102,9	41,0	207,0	43,9	16,72
2012	38,0	220,7	113,9	121,2	194,0	352,7	90,4	0,0
2013	37,5	71,5	96,6	73,4	133,0	94,2	46,5	42,5
2014	3,5	55,6	12,8	1,0	6,0	63,4	2,4	4,2
2015	58,5	88,4	36,9	126,1	186,0	0,0	89,2	40,55
2016	0,0	87,8	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	3,28
2017	46,0	182,1	-	0,0	192,2	174,8	166,2	65,7
2018	8,0	89,1	-	-	53,0	155,9	32,9	3,5
2019	3,5	126,2	-	-	177.0	-	212,0	48,2
2020	12,6	63,8	**-**	**-**	4,2	122,0	36,0	30,2
Promedio	**19,8**	**76,1**	**32,9**	**39,3**	**71,3**	**128,8**	**42,0**	**20,2**

Fuente: Elaboración propia

Para caracterizar el comportamiento hidrológico de cada una de las estaciones, se ajustó a la estadística disponible de cada una de éstas con una función de probabilidad tipo Weibull, la cual se considera adecuada para representar probabilidades de excedencia de precipitaciones anuales. En la Tabla 6-4 se presentan los porcentajes de excedencia característicos para cada una de las series.

Tabla 6-4 Precipitación Anual para diferentes probabilidades de excedencia

Probabilidad Excedencia	Estación Meteorológica (pp en mm)							
	Peine	Río Grande	San Pedro de Atacama	Socaire	Talabre	El Tatio	Camar	SCL/Rockwood
95%	0,0	7,9	0,0	0,0	0,8	1,0	2,0	0,0
85%	1,5	19,4	2,7	1,3	5,8	27,5	5,1	1,1
50%	13,3	68,7	23,6	24,5	48,0	119,3	27,0	8,5
10%	48,6	175,1	85,7	113,9	188,5	275,9	97,8	57,0
5%	65,7	214,1	107,8	127,7	193,5	351,0	160,0	80,9

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6-5 muestra la precipitación anual registrada durante el año 2020 en las estaciones meteorológicas de la zona. Cabe destacarla ausencia de registro en las estaciones San Pedro de Atacama y Socaire pertenecientes a la DGA. En la Tabla 6-5 se indica el porcentaje de probabilidad de excedencia (Pexc %) para cada una de las estaciones de acuerdo con la precipitación registrada para el año 2020 en las estaciones con las que se cuenta registro.

Tabla 6-5 Precipitación Anual Año 2020 (mm)

Probabilidad Excedencia	Estación Meteorológica					
	Peine	Río Grande	Talabre	El Tatio	Camar	SCL/Rockwood
Pp 2020 (mm)	12,6	63,8	4,2	122,0	36,0	30,2
Pexc (%)	51	56	88	49	40	37

Fuente: Elaboración propia

Las estaciones meteorológicas muestran valores entre el 40% y el 60% de excedencia a excepción de las estaciones SCL/Rockwood y Talabre, las cuales presentaron 32% y 88% de excedencia, respectivamente. Dados estos resultados, se puede concluir que el año 2020 corresponde a un año normal en términos de precipitaciones, en donde la estación SCL/Rockwood ubicada en el Núcleo del Salar y que presentó un porcentaje de excedencia del 32%, tiene un registro que supera la media histórica y que favorece la recarga del sistema, mientras que, en el otro extremo, la estación Talabre de la DGA, ubicada al NE del Salar de Atacama, muestra un porcentaje de excedencia mayor al 75%, con registros de precipitaciones característicos de un año seco.

6.3 Análisis de la evolución temporal de la evapotranspiración

El titular ha realizado mediciones de la evapotranspiración en el Salar de Atacama desde el año 2013 a través del método de domo. Los resultados obtenidos indican una variabilidad temporal y espacial de la evapotranspiración, expresada en la sección 5.3. El análisis histórico de los sectores definidos en el PSAH indica que en términos generales la evapotranspiración muestra un comportamiento estacional, donde las mayores tasas de evapotranspiración se dan en los meses de verano y menores tasas en los meses de invierno.

Para el año 2020 se observan valores dentro del rango histórico en cada una de las estaciones, y similares a lo observado entre los años 2017 a 2019. En el sector de la salmuera del núcleo el rango de las tasas de evapotranspiración de 2020 varía desde un mínimo de 0,035 mm/d durante junio a un máximo de 0,443 mm/d en septiembre de 2020. En cambio, en el sector del acuífero las tasas varían entre 0,066 mm/d en junio de 2020 y 1,478 mm/d en marzo de 2020. Por último, en el sector de las lagunas se presenta una variación entre 0,114 m/d en diciembre y 4,745 mm/d en marzo en el sector La Punta-La Brava.

Durante el mes de septiembre de 2020 existen aumentos locales en la tasa de evapotranspiración en algunas estaciones (hasta una tasa máximo de 2,422 mm/d en el sector de La Punta-La Brava), esto se relaciona principalmente a la influencia de las precipitaciones de agosto de 2020 en el salar, debido a la evaporación del agua retenida en el suelo.

De manera en particular, en el sector La Punta-La Brava se observa un comportamiento estacional donde los máximos se concentran en los meses de primavera-verano (octubre a marzo). Se observa una similitud entre las tasas de evapotranspiración determinadas durante los años 2017 a 2020, los que son menores en comparación a los registrados durante los años 2013 a 2016, asociado con un cambio en la estación meteorológica. La estación EVT-19, la que corresponde a una superficie lagunar, registra los valores más altos del sector al tratarse de una superficie libre, mientras que los puntos EVT-20, EVT-21 y EVT-22 (estaciones que monitorean evapotranspiración desde el acuífero) poseen menores tasas de evapotranspiración. Durante el año 2020 se determinaron tasas dentro de la variabilidad histórica observada en 2019 (0,170 y 1,038 mm/d), a excepción de las mediciones efectuadas en los puntos EVT-20 y EVT-21 durante el mes de septiembre, las que presentan mayores tasas de evapotranspiración debido a la humedad retenida en el suelo luego de precipitaciones.

El sector Peine no ha mostrado cambios importantes en la variabilidad histórica desde el inicio del registro, donde las tasas determinadas durante el año 2020 se encuentran en el rango histórico y la variabilidad e histórica. En general se observan los máximos en los meses de primavera-verano (octubre a marzo) y los mínimos en la temporada de otoño-invierno (abril a

septiembre). El punto EVT-18, correspondiente al espejo de agua de la Laguna Interna, posee los valores más altos de evapotranspiración del sector en comparación a las estaciones EVT-15, EVT-16, EVT-17 y EVT-23 (tasas hasta 4,7 mm/d), los que evaporan directamente del acuífero.

El sector Norte y Borde Este cuenta con registro completo solo para los puntos EVT-11 y EVT-12. Las tasas determinadas se encuentran en lo observado históricamente, con un rango de variación similar al del año 2019 (0,120 a 0,853 mm/d). El Punto EVT-5 corresponde a un espejo de Agua, del cual se cuentan con mediciones de marzo y diciembre, con tasas consistentes con el registro histórico.

Durante el año 2020, el sector Núcleo muestra valores coincidentes con lo observado con el registro histórico. El punto EVT-10 posee la tasa máxima de evapotranspiración del año durante el mes de septiembre de 2020 para este sector (0,4 mm/día), la que se encuentra asociado a las precipitaciones observadas durante el mes de agosto.

Las menores tasas de evapotranspiración se registran en el sector Núcleo (valores mínimos de 0,04 mm/d), en comparación a las determinadas en los demás sectores, donde los valores generalmente no son inferiores a 0,1 mm/d con la excepción de un valor en el sector de Norte y Borde Este de 0,07 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.

6.4 Análisis integrado de la información por sectores

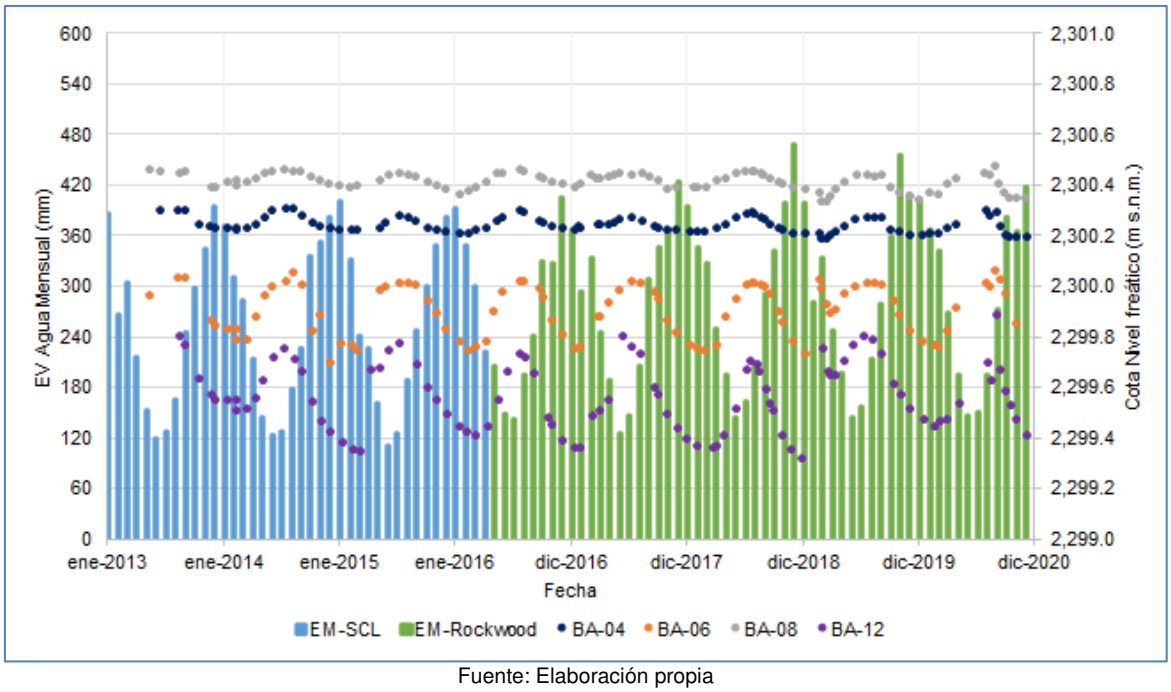
En el presente capítulo se lleva a cabo un análisis integrado de las variables monitoreadas en el Salar de Atacama en el marco del PSAH, tomando en consideración la información histórica disponible con énfasis a los datos levantados durante el año 2020.

Debido a la gran cantidad de puntos de monitoreo e información disponible, en esta sección se han graficado las variables de los puntos más representativos de cada uno de los sectores, así como algún comportamiento que muestre una diferencia con respecto a 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 Salar. En el año 2020 las mediciones de niveles de agua subterráneas indican que se mantienen la tendencia histórica observada en el registro presentado en el capítulo 5 de resultados. Se observan oscilaciones en el nivel durante el año, con ascensos durante la temporada de invierno y descensos durante los meses de verano debido principalmente a la evaporación desde el salar (Figura 6-5), también es posible observar la influencia de las precipitaciones en el nivel observado en los pozos los cuales muestra luego de lluvias (Figura 6-6).

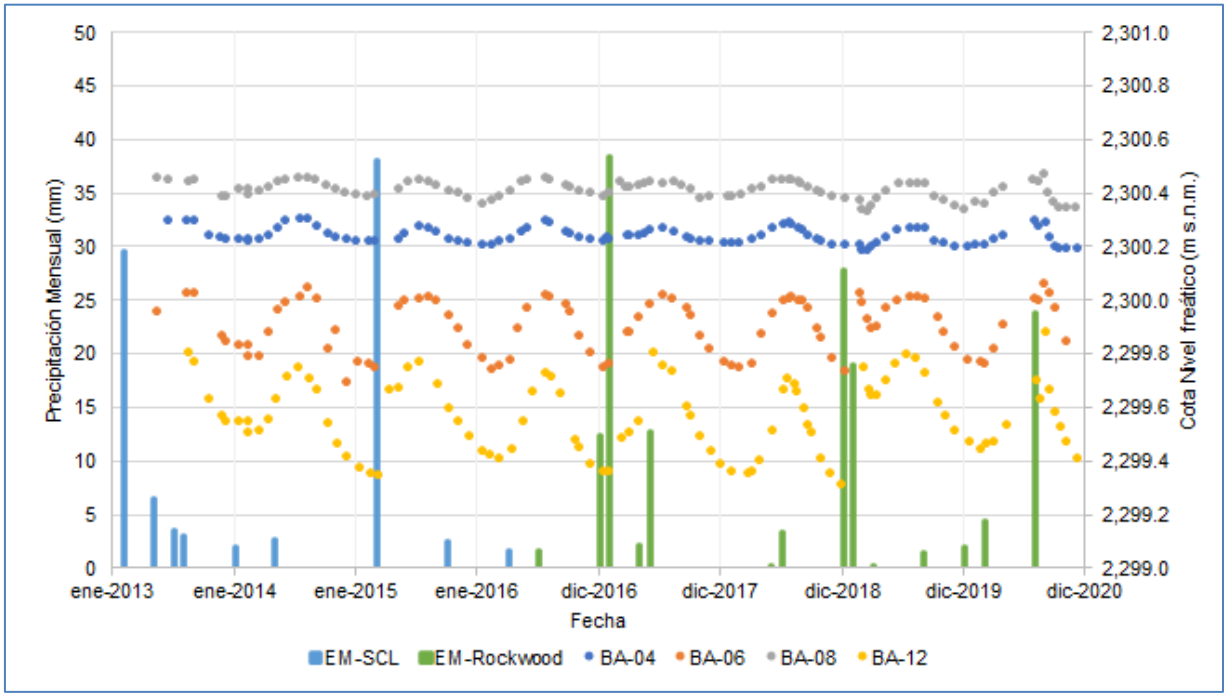
Figura 6-5 Evolución de nivel en relación con la evaporación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Los pozos someros ubicados al sur de las lagunas (por ejemplo, BA-04 y BA-08) presentan una menor oscilación estacional con respecto a los pozos ubicados al norte de éstas (por ejemplo, BA-06 y BA-12), asociado a la profundidad de extinción y el potencial de evaporación, que dependen de la fuente de recarga local, como son las precipitaciones a medida que se acercan al Núcleo del Salar. Esto es claro durante los eventos de precipitación, dónde por ejemplo se observa en febrero del año 2019 un aumento de nivel de aproximadamente 40 cm en el pozo BA-12, en comparación de los aproximadamente 10 cm del pozo BA-04.

Figura 6-6 Evolución de nivel en relación con la precipitación en la zona de transición. Sistema La Punta-La Brava

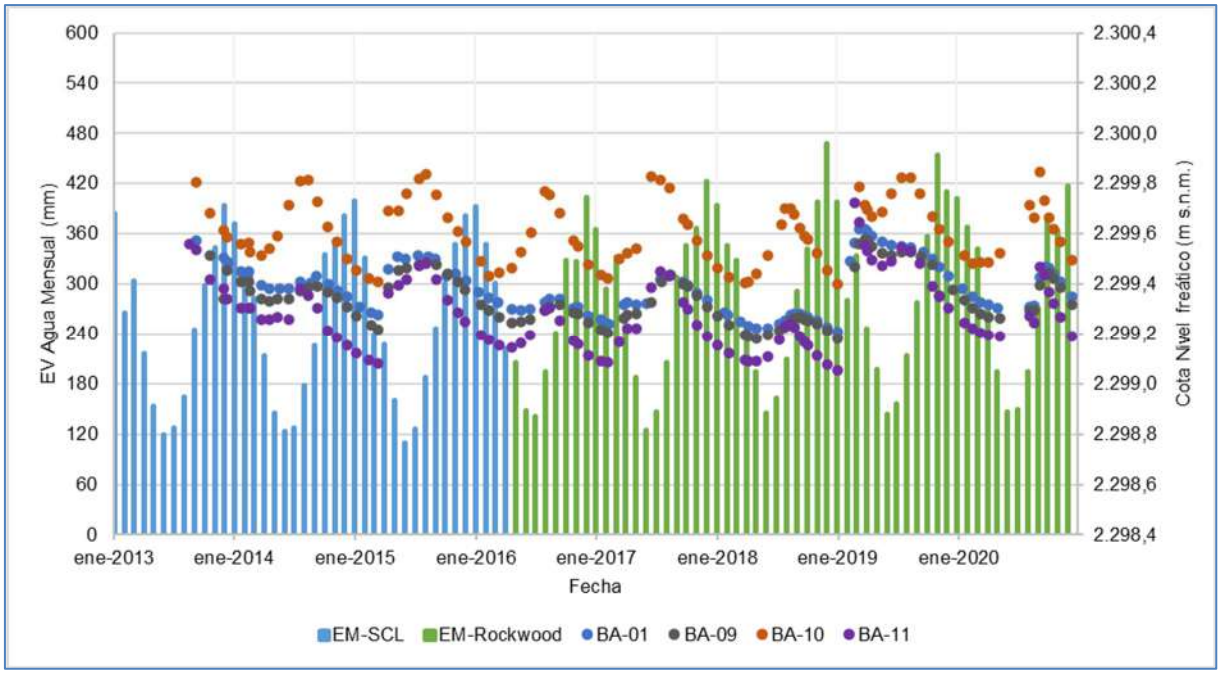


Fuente: Elaboración propia

Los niveles de los piezómetros del sector muestran variaciones a nivel estacional, no obstante, estás oscilaciones se encuentran contenidas entre un intervalo estable durante el período analizado. Este comportamiento está explicado por las variaciones estacionales en las tasas de evaporación.

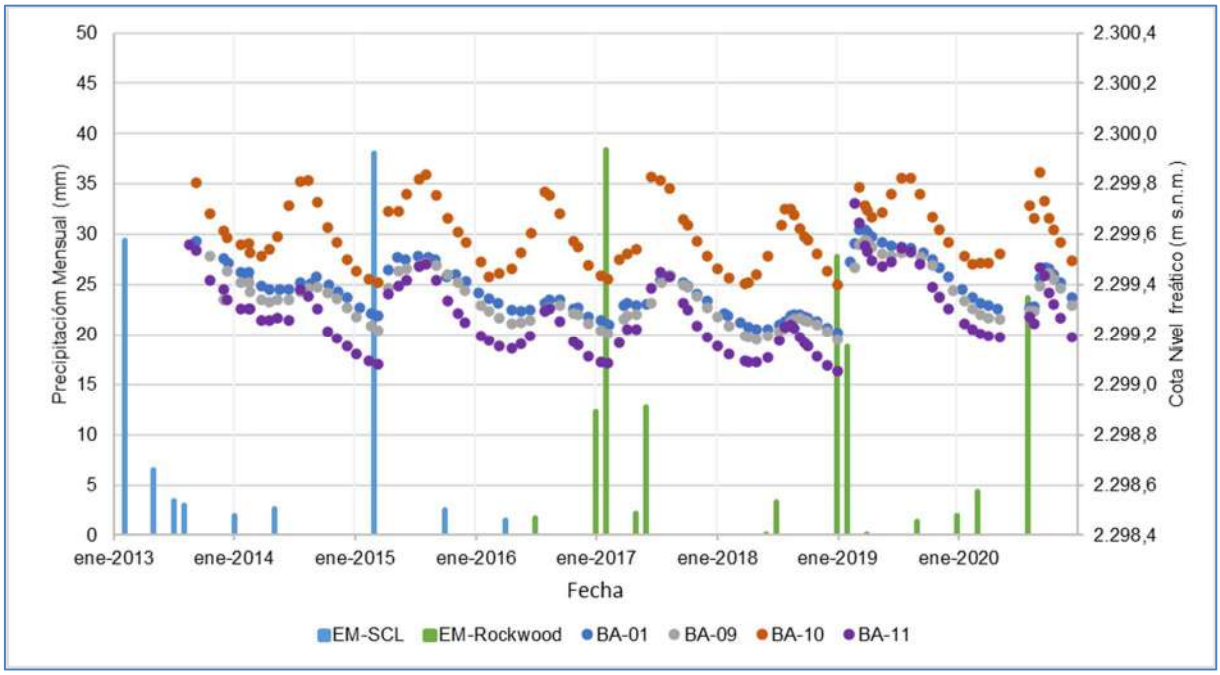
Los pozos más cercanos al Núcleo, al norte de las lagunas La Punta y La Brava muestran las oscilaciones estacionales asociadas a la evaporación y precipitaciones vista en el sector más cercanos a las lagunas (Figura 6-7 y Figura 6-8). En general la tendencia es estable, con una leve tendencia a la baja observada hasta el año 2018 y luego un aumento en los niveles asociados a las precipitaciones de febrero de 2019 y agosto de 2020. Los niveles del sector presentan un comportamiento inverso con respecto a la evaporación y los mayores aumentos en la cota de agua están relacionados a eventos de precipitación.

Figura 6-7 Evolución de nivel en relación con la evapotranspiración en la zona de transición, línea norte. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-8 Evolución de nivel en relación con la precipitación en la zona de transición, línea norte. Sistema La Punta-La Brava

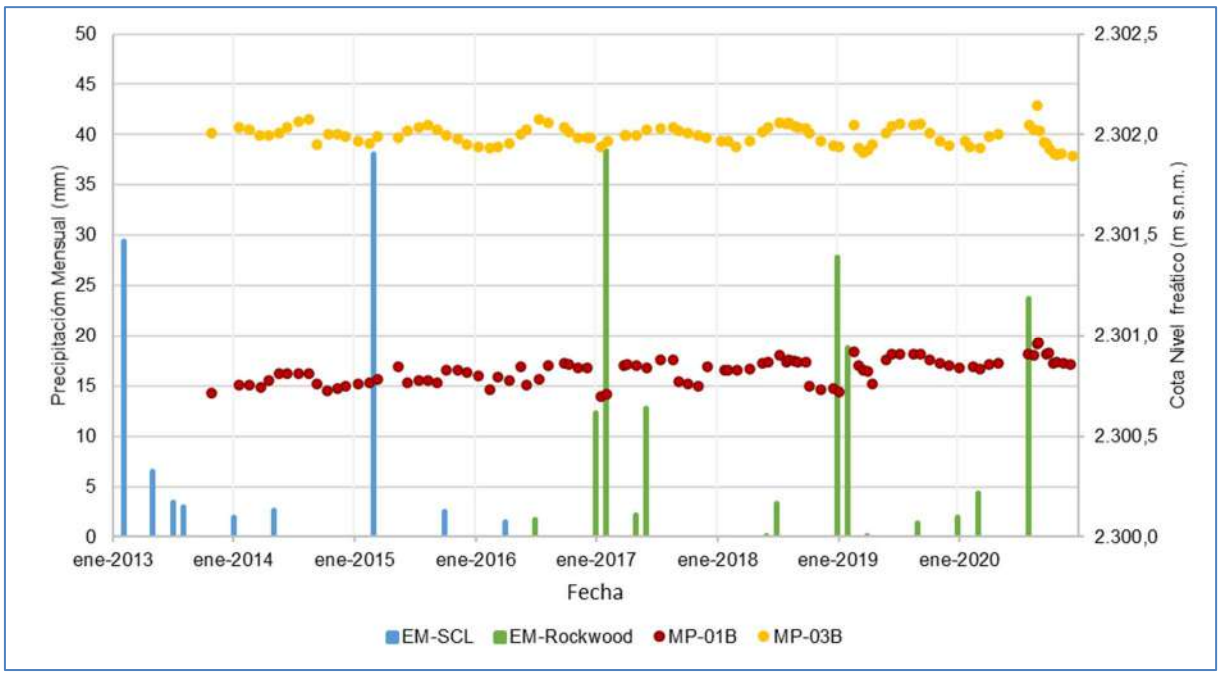


Fuente: Elaboración propia

Al costado este de las lagunas La Punta y La Brava existen pozos profundos habilitados bajo la Interfase Salina los que miden niveles de salmuera (Figura 6-9). En este caso, se observa

una menor respuesta de los niveles ante los eventos de precipitación en el salar, con respecto a los pozos someros (barrenos), mostrando variaciones centimétricas y presentan estabilidad en todo el período de registro.

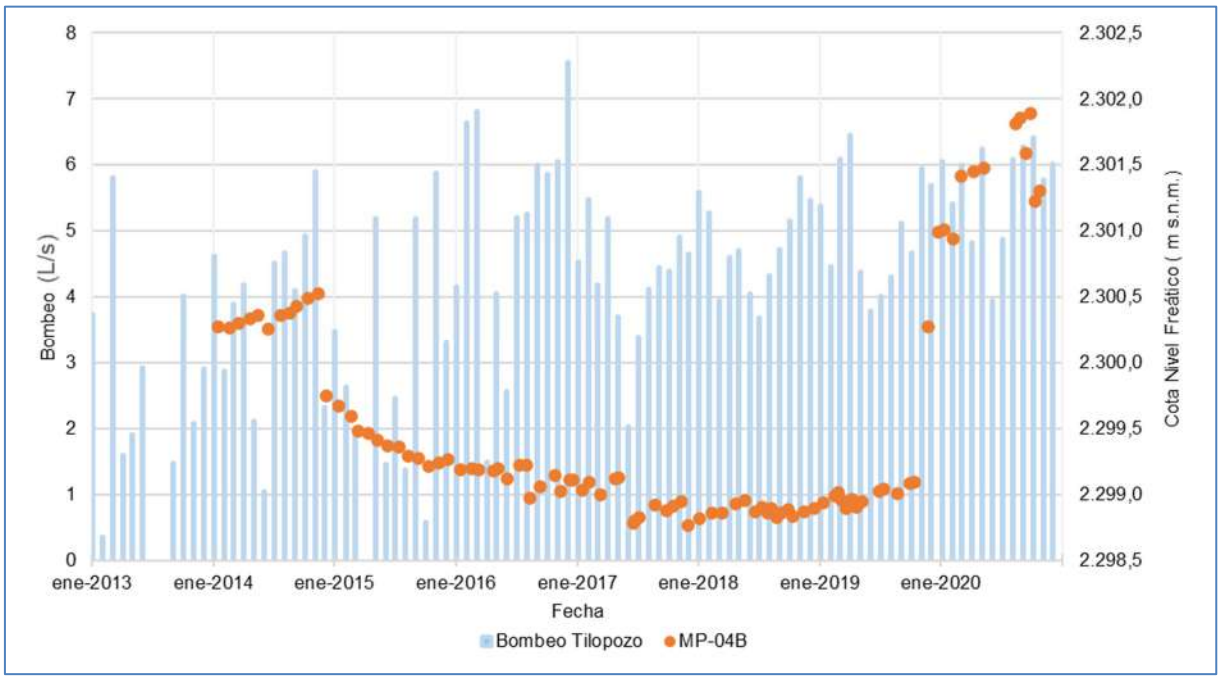
Figura 6-9 Evolución de nivel profundos en relación con la precipitación en la zona de transición, línea norte. Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En las cercanías del pozo de agua industrial Tilopozo, en el límite sur del sector La Punta – La Brava se encuentra el piezómetro profundo MP-04B, habilitado en salmuera. La Figura 6-10 muestra la evolución de niveles en el piezómetro MP-04B y la serie de bombeos de agua industrial en el pozo Tilopozo. Se observa una tendencia al descenso en el nivel de Pozo MP-04B entre 2015 y 2018, la que luego pasa a una tendencia al alza durante 2019 y registra un aumento notorio a inicios de 2020, mientras que el caudal extraído se mantiene sin mayor variación.

Figura 6-10 Evolución de niveles profundos próximos a pozo Tilopozo. Sistema La Punta-La Brava

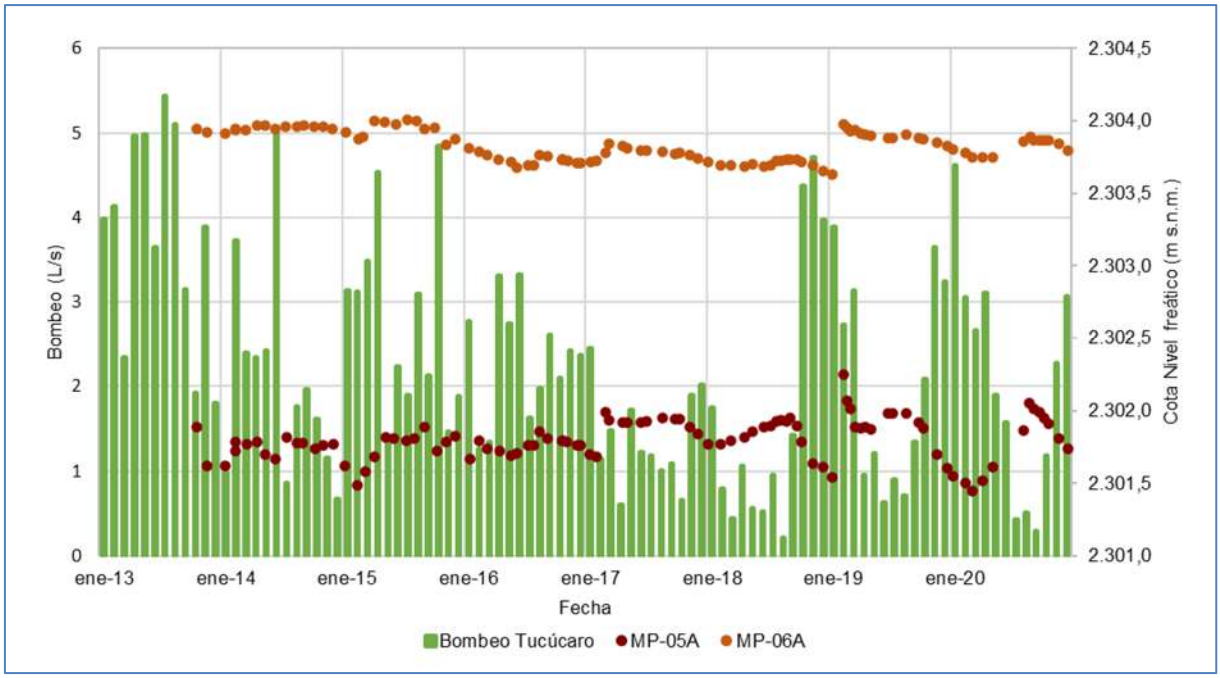


Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el titular cuenta con piezómetros habilitados en aguas subterráneas someras de composición salobre en las mismas plataformas que los pozos anteriormente mencionados. En la Figura 6-11 y Figura 6-12 se muestra la evolución de los niveles de estos pozos, los que corresponden a MP-04A, MP-05A y MP-06A los que mantienen, en general, un nivel estable dentro del registro histórico, con aumentos relacionados principalmente a eventos de precipitación. En la Figura 6-11 se indican los caudales de extracción del pozo de aguas industrial Tucúcaro, ubicado en borde oeste, con respecto a los niveles de los pozos someros cercanos (MP-05A y MP-06A). En ambos pozos se observa una influencia del bombeo desde Tucúcaro, evidenciado por las tendencias al descenso en estos pozos coincidentes con el aumento de los caudales de extracción. Estos efectos se ven más marcados en el pozo MP-05A debido a su mayor cercanía con el punto de captación. Durante el año 2020, en ambos pozos se observa un aumento de nivel en el segundo semestre, asociado a las precipitaciones de agosto de 2020.

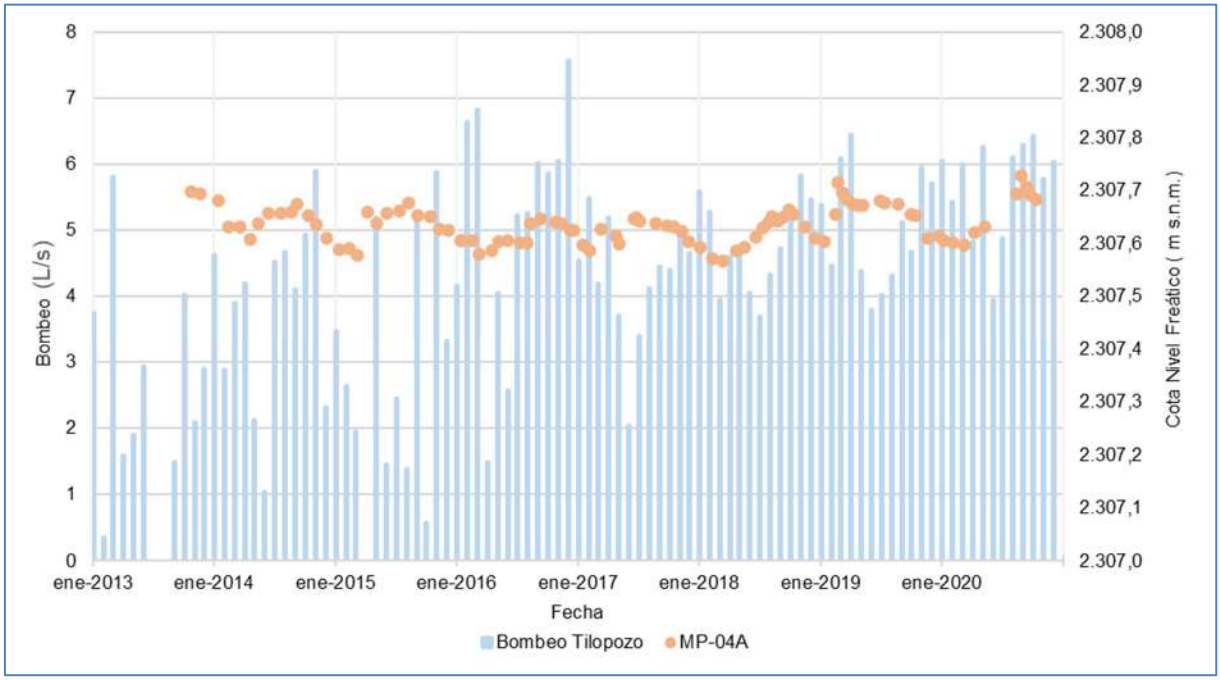
Por otra parte, el pozo MP-04A, ubicado cercano a Tilopozo, muestra descensos sincrónicos con el aumento del bombeo de agua industrial del pozo Tilopozo y viceversa. Los niveles también registran ascensos de nivel producto de precipitaciones, como es posible observar en el segundo semestre del año 2020.

Figura 6-11 Evolución niveles piezómetros someros próximos a pozo Tucúcaro. Borde Oeste, Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

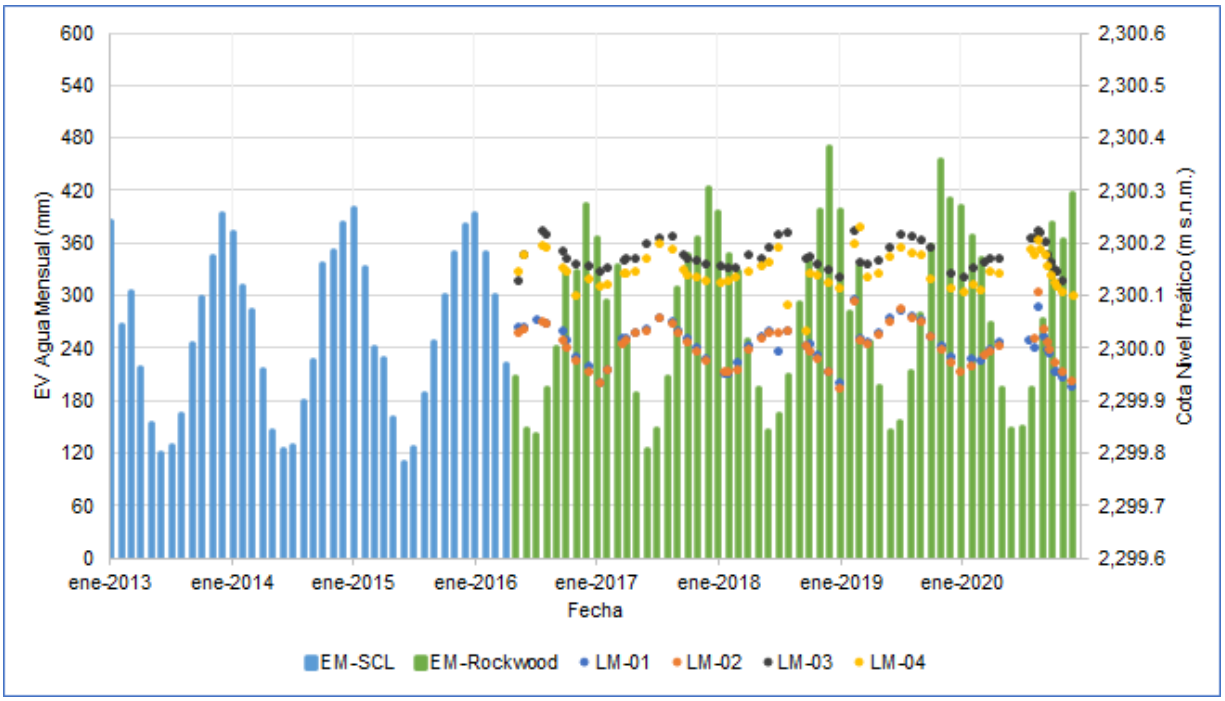
Figura 6-12 Evolución niveles piezómetro somero próximo a pozo Tilopozo. Borde Sur, Sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

Los niveles de los limnímetros ubicados en el sistema lagunar La Punta – La Brava (Figura 6-13) muestran un comportamiento estable desde el inicio del monitoreo (mayo de 2016). De la misma manera que los pozos descritos anteriormente, muestran una variación estacional en sus niveles asociadas a la evaporación y las precipitaciones registradas en el Salar. Durante el año 2020 la tendencia histórica se mantiene, mostrando un aumento de nivel durante el segundo semestre asociado a las precipitaciones de agosto de 2020.

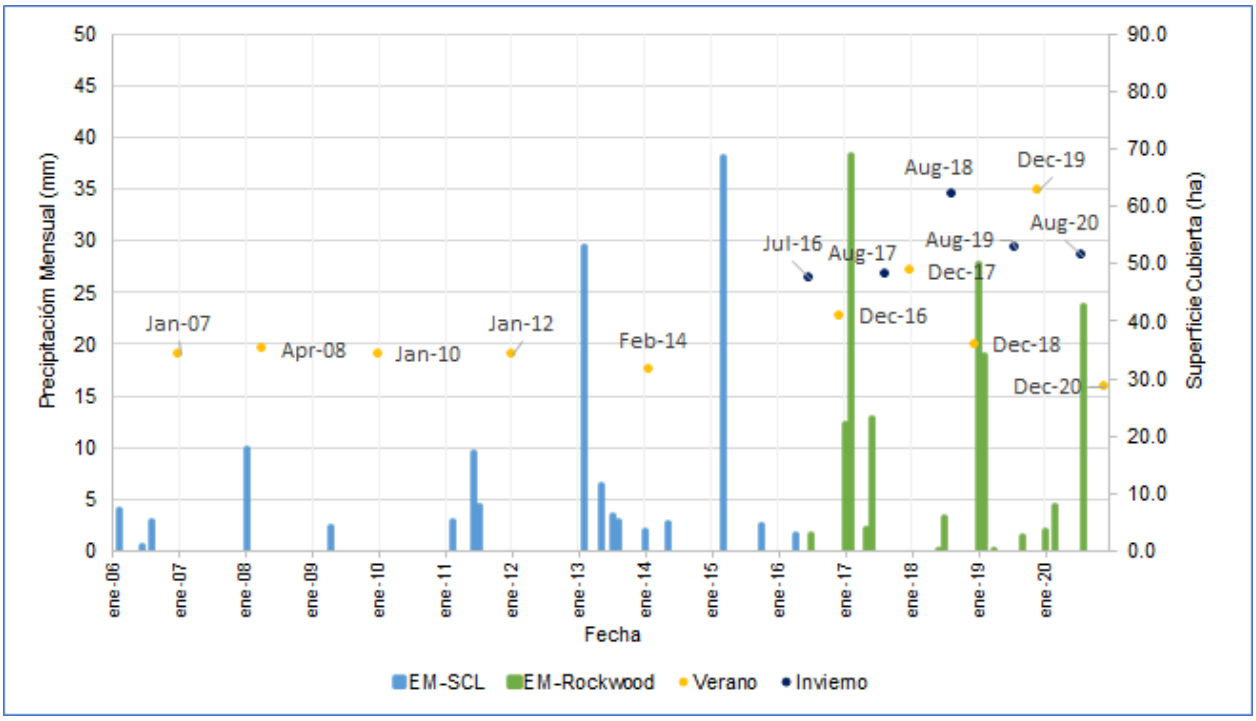
Figura 6-13 Evolución de niveles en las lagunas del sistema La Punta-La Brava



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6-14 se muestran la evolución temporal de la superficie cubierta por las lagunas del sistema La Punta – La Brava. La información levantada desde las imágenes satelitales evidencia un comportamiento estacional, donde en general, las mayores superficies se registran durante los meses de invierno, exceptuando los años 2017 y 2019. Durante el año 2020 se registró el mínimo histórico con de la superficie lagunar con respecto a lo indicado en la Adenda 5 del EIA del Proyecto. Como fue expresado en la sección 6.1.1 los registros históricos de las imágenes Landsat muestran un mayor rango de variación que lo indicado por las imágenes de alta resolución presentado en la Adenda 5, indicando superficies cubiertas menores. Otro aspecto a considerar corresponde a que el mínimo histórico de las imágenes consideradas en la Adenda 5 fueron medidas en meses diferentes a los períodos de reporte del PSAH. Detalles de la información de evolución de lagunas, ver Anexo C.

Figura 6-14 Evolución histórica de superficie lagunar sistema La Punta- La Brava



Fuente: Elaboración propia

Dado el análisis histórico realizado en la superficie lagunar se observa que la estacionalidad no está controlada únicamente por el régimen de precipitaciones, sino también por la evaporación, lo que se traduce tanto en una variabilidad tanto intranual como interanual.

De acuerdo al modelo conceptual y a la información de línea de base, el origen de la alimentación de las lagunas del Sistema La Punta y La Brava se sitúa en las zonas distales en el extremo sur de la cuenca a mayor altura, caracterizadas por aguas cloruradas sódicas, dulces a salobres, y de composición isotópica ligera representativa de las aguas de recarga de la región, provenientes de los acuíferos de Monturaqui y Negrillar. Después de atravesar los acuíferos de Monturaqui y Negrillar, las aguas alcanzan la Zona Marginal de manera subterránea a través del Callejón de Tilopozo, no existiendo evidencias de un cauce activo que pudiese producir escorrentía superficial. Una vez que las aguas subterráneas llegan a la Zona Marginal, comienza a producirse evaporación directamente desde el terreno, comenzando la dinámica de disolución y precipitación de sales. En el área de las lagunas LP-LB de este sistema, debido a la magnitud del flujo subterráneo procedente del sur, se genera una interfase salina, que se dispone perpendicular al flujo, por lo que el agua dulce-salobre se ve forzada a ascender, aflorando en superficie, dando origen a las lagunas.

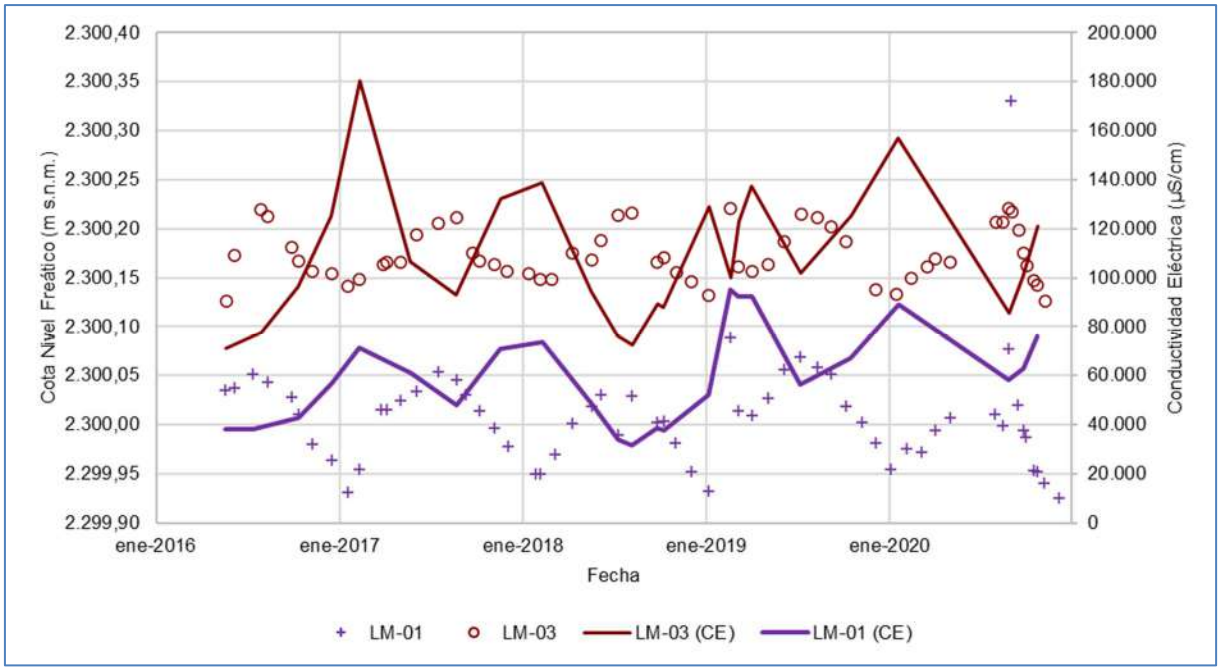
De lo anterior, se tiene que la evolución y dinámica de las lagunas, además de la evaporación y precipitaciones, depende fundamentalmente de su fuente de recarga basal, que recibe desde los flujos subterráneos desde el sur.

Respecto de la calidad química, tomando como indicador de la calidad de las aguas la conductividad eléctrica, se puede señalar que el incremento de ésta en las aguas subterráneas someras (agua dulce/salobre) se produce a medida que se acerca al Núcleo desde la Zona Marginal, en la dirección del flujo subterráneo. De este modo, las conductividades más bajas se detectan en los piezómetros MP-04A y MP-09A, ubicados al sur del sistema lagunar La Punta – La Brava. La conductividad más alta del período de registro fue medida en el punto de monitoreo MP-05A (noviembre de 2013) y, en 2020, se registra en el punto MP-06A, ambos ubicados en las cercanías del Núcleo y con un menor aporte de los flujos de recargas desde las subcuencas aportantes. El incremento de la conductividad eléctrica está relacionado a la disolución de sales durante el recorrido de las aguas desde la Zona Marginal hacia el Núcleo y a la evaporación que aumentan las concentraciones de sales en el fluido.

Este proceso es ilustra en la Figura 6-15, dónde se presenta la evolución de niveles en las lagunas (LM-01 y LM-03) frente a su conductividad eléctrica. Se observa una relación inversa entre el nivel y la conductividad eléctrica, específicamente, las mayores conductividades eléctricas se registran en períodos de niveles bajos y viceversa. Además, en las lagunas, la conductividad eléctrica es mayor que en las aguas subterráneas someras y profundas, debido a los procesos de evaporación cuyo máximo se da en las superficies libres.

Por último, la Interfase Salina se presenta en general estable durante el año 2020 sin mostrar cambios importantes dentro del año y con respecto al registro histórico. Espacialmente, la Interfase Salina se encuentra a mayor profundidad a medida que los puntos de monitoreo se van alejando del Núcleo.

Figura 6-15 Evolución de nivel frente conductividad eléctrica en lagunas sistema La Punta-La Brava



CE: Conductividad Eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Resumen y/o Conclusiones

A continuación, se presentan los principales análisis presentados para el sector La Punta – La Brava:

- Los niveles registrados durante el año 2020, tanto de agua subterránea como lagunares, se mantienen dentro del comportamiento histórico evidenciando el comportamiento estacional registrado históricamente. Se observa un aumento de nivel en los pozos del sector durante septiembre de 2020, asociado a los eventos de precipitación de agosto de 2020.
- La calidad de química de las muestras analizadas durante el año 2020 se encuentra dentro de la variabilidad histórica y natural del sector.
- La Interfase Salina permanece en general estable durante el año 2020 y dentro de lo observado históricamente para los puntos de medición. Se observa una profundización de la cuña salina a medida que aumenta la distancia con el Núcleo.
- La superficie lagunar calculada mediante imágenes satelitales de alta resolución durante el año 2020 presentó la estacionalidad esperada según los registros históricos. En diciembre de 2020 se registró el mínimo histórico para imágenes de alta resolución, sin embargo, analizando las imágenes Landsat presentadas en la Adenda 5 (1973-2015), éstas se comportan de acuerdo a la evolución histórica.

- A partir del monitoreo efectuado durante el año 2020, 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 corresponde al 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.

El funcionamiento del Sistema Peine consiste en que las aguas de las lagunas son alimentadas por agua subterránea procedente del sureste. En la zona donde el nivel freático del acuífero de agua salobre intercepta la superficie del terreno, se sitúan los puntos de surgencia, que se disponen a lo largo de un canal situado a unos 2 km al sur de la Laguna Salada. Una vez en superficie, el agua comienza a sufrir proceso de evaporación con más intensidad, fluyendo a través de la Laguna Salada, luego por la Laguna Saladita y finalmente hacia la Laguna Interna, a través de una serie de canales de ancho variable y muy poco espesor de lámina de agua. 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.

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 los niveles medidos durante el año 2020 de los puntos comprometidos del borde este y sur del sistema lagunar Peine siguen la tendencia observada durante el registro histórico, con oscilación estacionaria dentro del rango esperado (Figura 6-16). Estos niveles reaccionan a los eventos de precipitación, los que producen un ascenso para luego retornar a la tendencia observada.

La evaporación posee un rol importante en el control de los niveles freáticos de la zona, la Figura 6-17 muestra la relación inversa existente entre la evaporación y los niveles, existiendo

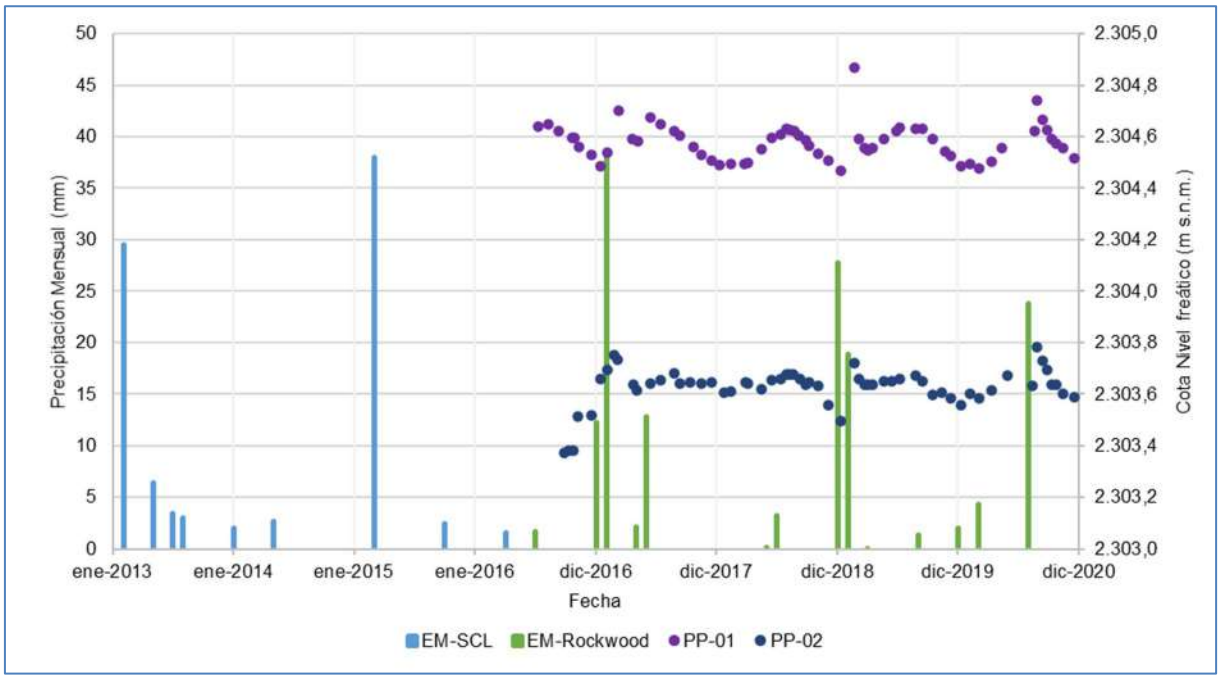
mayores descensos cuando la evaporación es más mayor. Este comportamiento se observa en todos los pozos del sector Peine.

Los niveles registrados durante el año 2020 en la zona de agua salobre, BA-21, BA-28 y BA-30, en las cercanías del sistema lagunar Peine se encuentran dentro de la tendencia histórica (Figura 6-18). Es posible observar una menor variación estacional a medida que los puntos son más cercanos al Núcleo y una clara respuesta ante los eventos de precipitación.

El piezómetro BA-21, ubicado entre las lagunas Salada y Saladita, muestra una alta sensibilidad a las precipitaciones, generando aumentos notorios en los niveles posteriormente a los eventos para luego descender paulatinamente. El año 2020 este pozo muestra el mismo fenómeno durante el mes de septiembre, luego de las precipitaciones del mes de agosto.

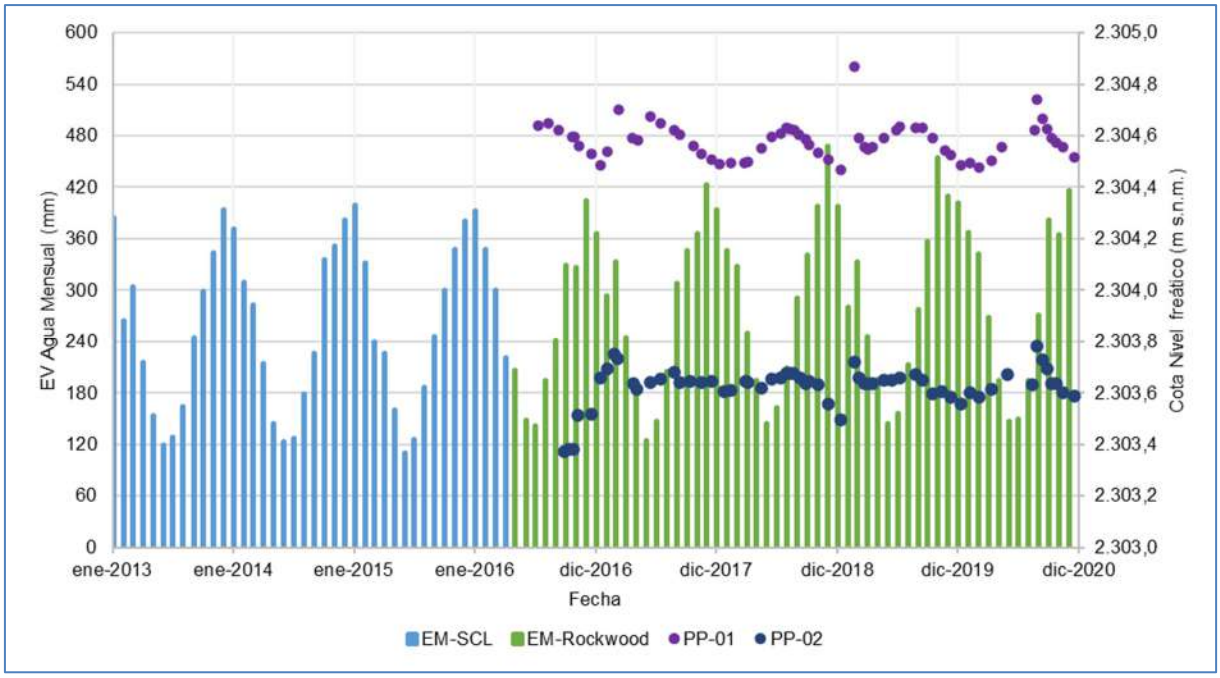
En la zona de la Laguna Interna, BA-17 y MPS-CA (Figura 6-19) los niveles presentan, en general una tendencia descendente, entre períodos de lluvias, la que se ve interrumpida periódicamente por eventos de precipitación, los que generan ascensos de nivel. Esta tendencia al descenso estaría relacionada a la proximidad a la zona de extracción de salmuera. Durante el año 2020, las precipitaciones de agosto generan un aumento de nivel de aproximadamente 30 cm en los pozos BA-17 y MPS-CA.

Figura 6-16 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y precipitaciones en el borde Este. Sistema Peine



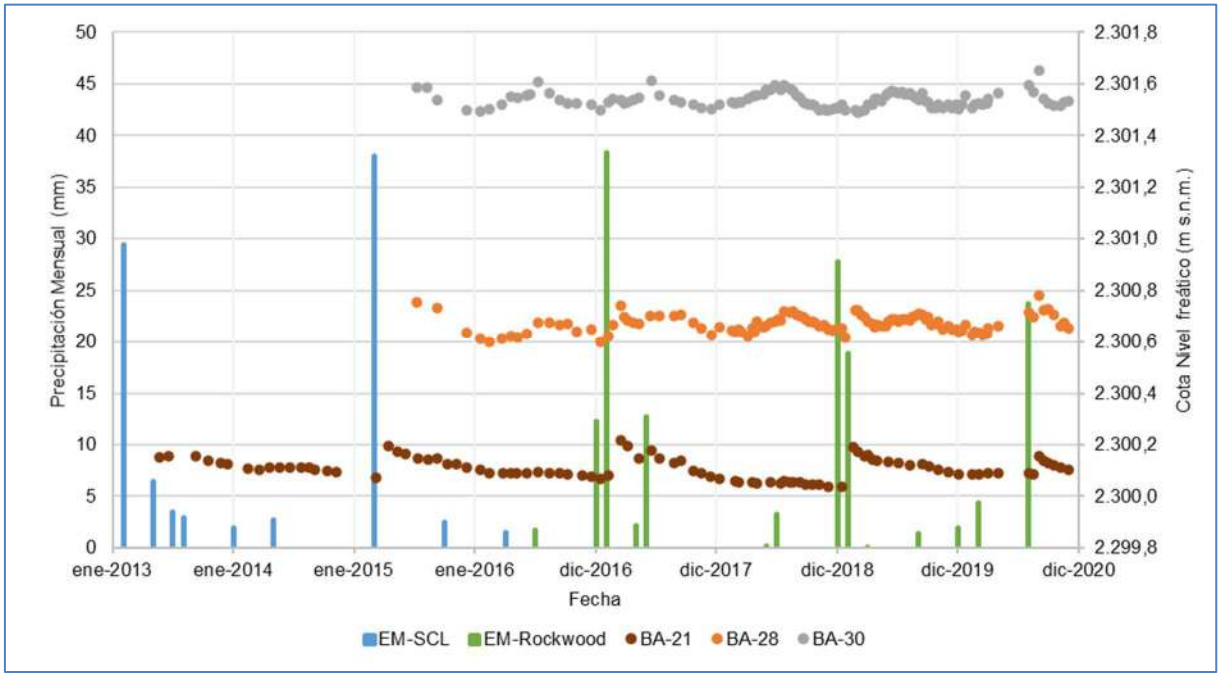
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-17 Evolución de niveles acuífero dulce-salobre y evaporación en el borde Este. Sistema Peine



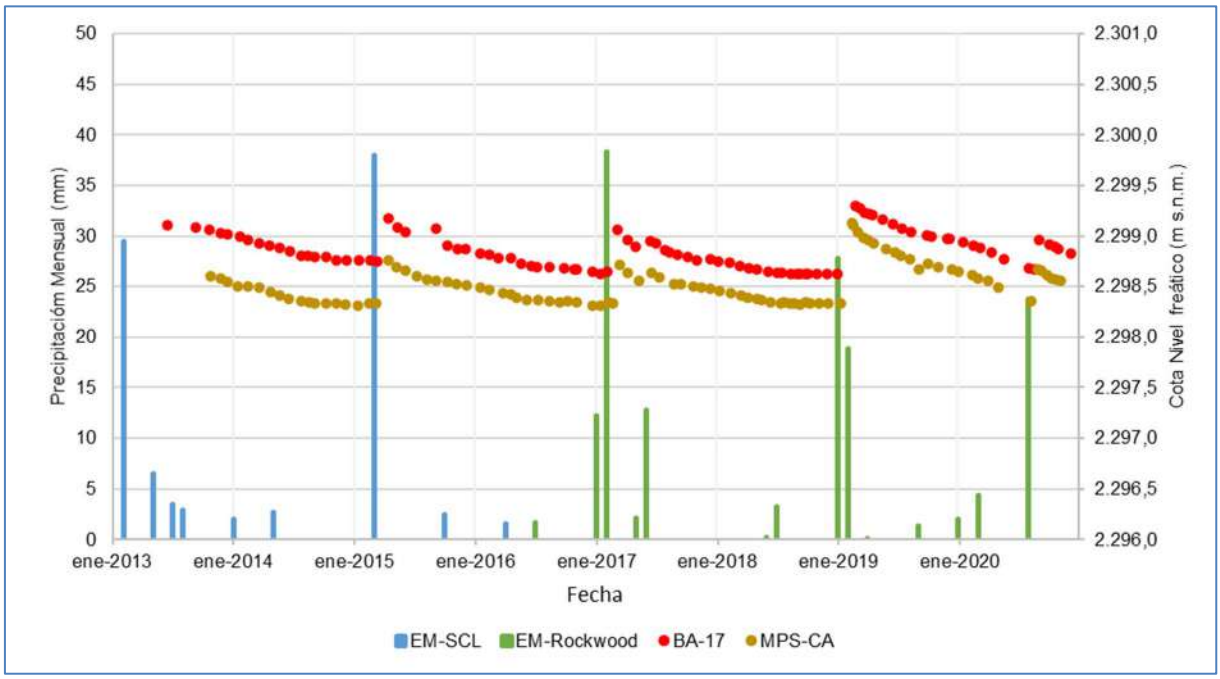
Fuente: Elaboración propia

Figura 6-18 Evolución de niveles en relación a la precipitación mensual. Sistema Lagunar Peine.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-19 Evolución de niveles en el sector de la laguna Interna. Sector Peine

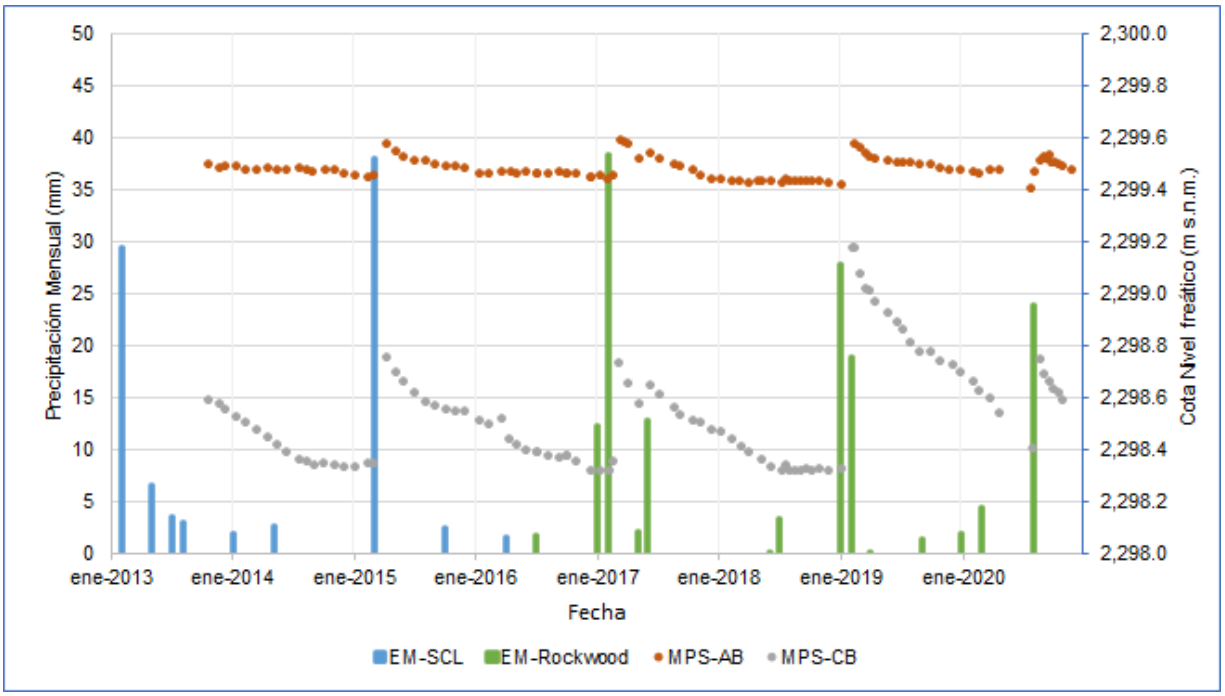


Fuente: Elaboración propia

Estos antecedentes muestran que la recarga sobre el Núcleo es directa 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 y flujo subsuperficial.

Los pozos MPS-AB y MPS-CB, Figura 6-20, pertenecientes al sector, se encuentran habilitados por debajo de la Interfase Salina registrando niveles de salmuera. De la Figura se observa que el nivel del pozo MPS-AB se ha mantenido estable desde el inicio de las mediciones con aumentos locales asociadas a los eventos de precipitación. El nivel del pozo MPS-CB muestra el mismo patrón, pero con ascensos y descensos más notorios. Durante el inicio de 2020 mantienen la tendencia observada durante 2019 para luego en el mes de septiembre mostrar un ascenso debido a precipitaciones.

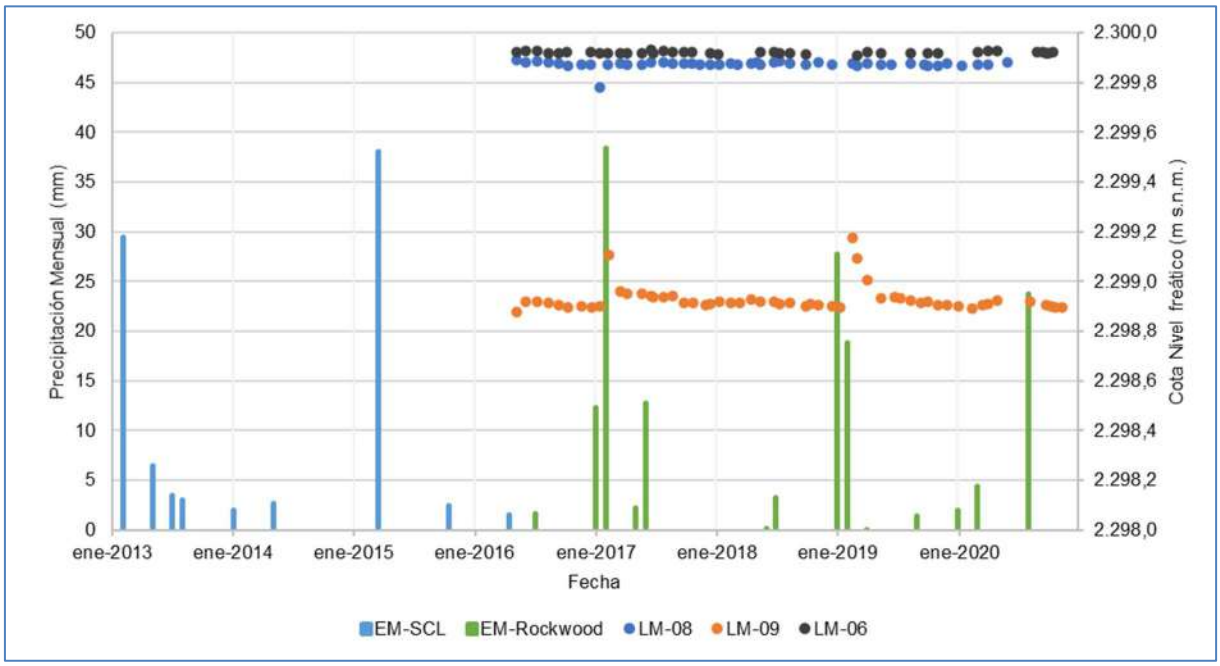
Figura 6-20 Evolución de niveles profundos, salmuera. Sector Peine



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, los niveles limnímetros se muestran estables, manteniendo la variación estacional de menor amplitud que la registradas en los pozos someros, y con una menor respuesta a las precipitaciones (Figura 6-21). No se observa una estacionalidad asociada con el efecto de la evaporación en los puntos LM-06 y LM-08. En cambio, el aumento brusco de nivel que se observa en 2017 y en 2019 en la Laguna Interna (LM-09), se interpreta como respuesta a las precipitaciones ocurridas en el período estival de cada año. Este comportamiento, no presenta ninguna relación con lo observado en los puntos de la 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.

Figura 6-21 Evolución de niveles de lagunas en Sistema Peine.



Fuente: Elaboración propia

Se observa 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.

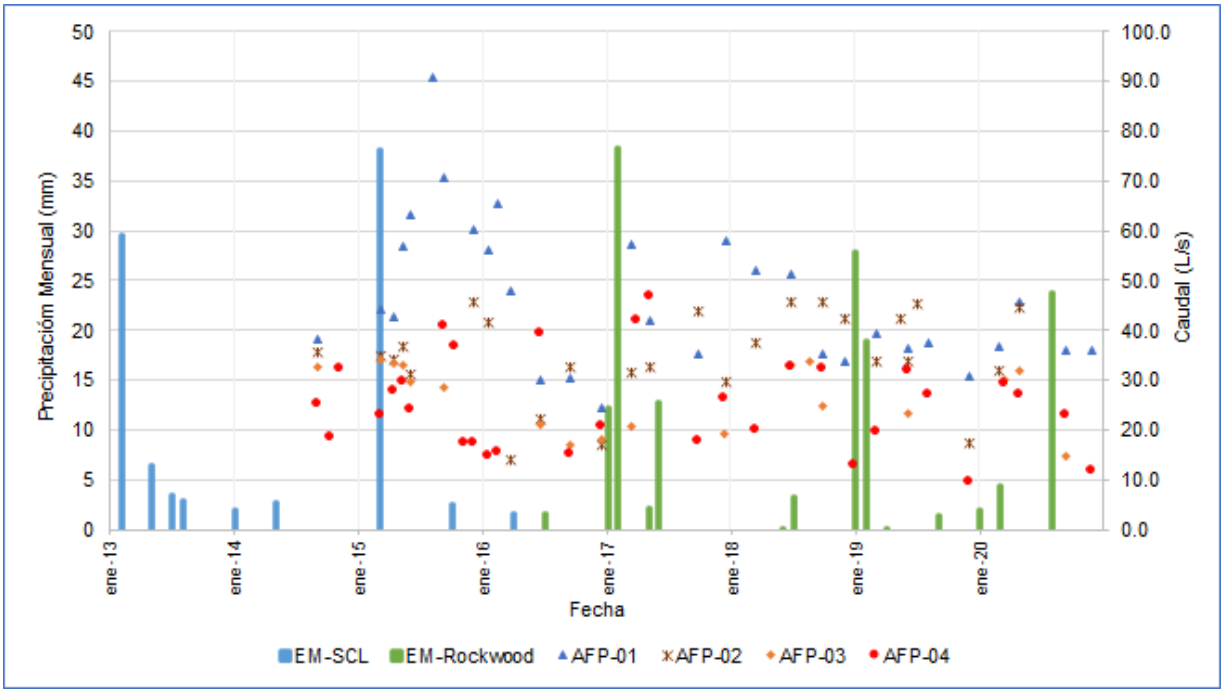
En términos de los aforos superficiales realizados en el sistema lagunar Peine (Figura 6-22) se observa que los caudales de entrada de la laguna Salada son mayores (estaciones AFP-01 y AFP-02) que los caudales de salida de ésta y entrada de la laguna Saladita (estación AFP-03). La diferencia entre ambos caudales se relaciona principalmente a la evaporación y la infiltración mientras avanza el flujo.

Además, en la Figura 6-22 se observa que a la medida que avanza hay una disminución en los caudales aforados en los canales de tránsito de las lagunas Salada, Saladita e Interna. Lo anterior se relaciona con la fecha de las mediciones, dado que los aumentos de caudal posiblemente sucedan inmediatamente después de las lluvias con una corta duración.

A nivel espacial, se observa una disminución de caudal aguas abajo de laguna Salada, que 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.

El registro histórico muestra una alta variabilidad en cada uno de los puntos de medición. Las mediciones realizadas durante el año 2020 se encuentran dentro de lo observado en las campañas anteriores de monitoreo.

Figura 6-22 Evolución histórica de Caudales Aforados Sistema Peine



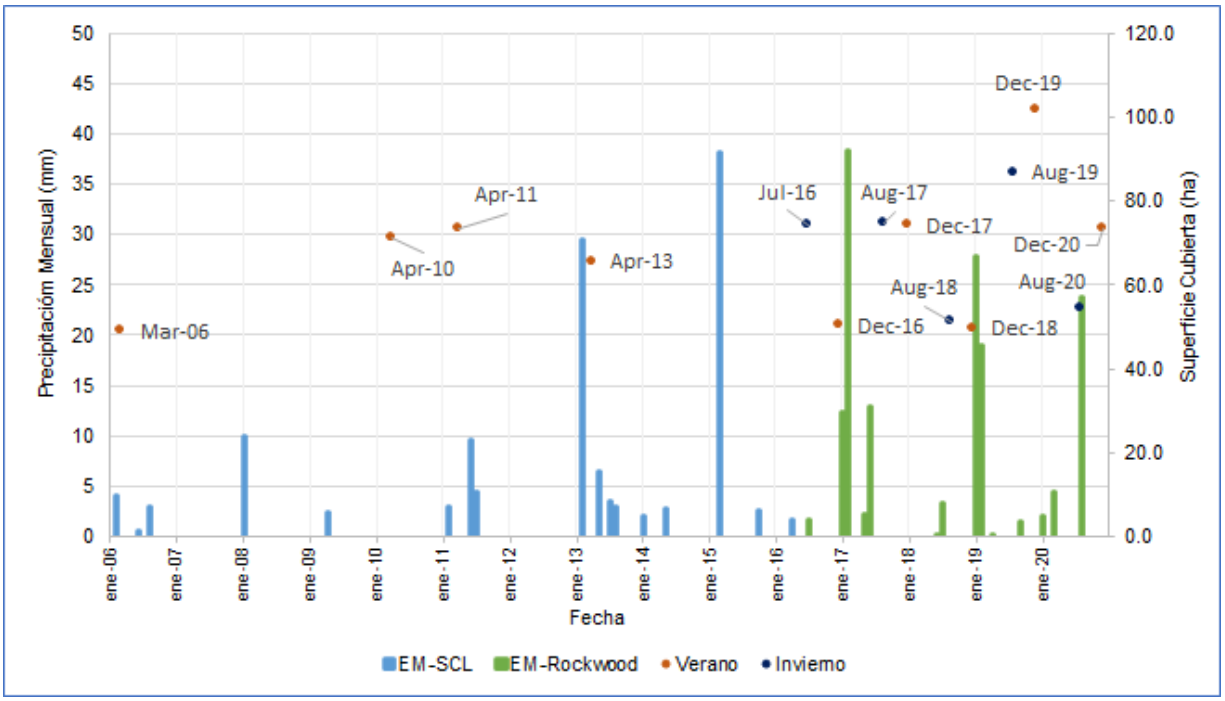
Fuente: Elaboración propia

En general, la superficie cubierta por el sistema lagunar Peine Figura 6-23 son mayores durante los meses de invierno (julio y agosto) y menores en la temporada de verano (diciembre). Esta tendencia se ha visto invertida durante los años 2019 y 2020, donde se ha observado que las superficies cubiertas en verano son mayores que las de inverno (Figura 6-23). En términos históricos, el área calculada mediante imágenes de alta resolución para 2020 se encuentra sobre los mínimos históricos.

Con respecto a la variación de las superficies semestrales del PSAH desde imágenes de alta resolución, para el sector Peine, se puede observar sólo en el año 2016 una cierta variabilidad estacional reflejada por una diferencia entre el área de invierno con la de verano. Sin embargo, para el resto de los años 2017 a la fecha, las áreas resultan ser muy similares, en donde incluso las áreas de verano resultaron ser superiores a las de invierno en el 2019 y 2020. Lo anterior, junto con los resultados de superficie desde imágenes Landsat, corrobora el modelo conceptual planteado durante la evaluación del proyecto, respecto a que en general no se observa una variación estacional de la superficie lagunar Peine por influencia de la evaporación.

Mediante el análisis histórico de los sistemas lagunares de La Punta - La Brava y Peine, se estableció que, tras la ocurrencia de fenómenos meteorológicos con precipitaciones importantes, el aumento de la superficie lagunar persiste alrededor de 6 meses y puede ser sostenida hasta 1 año en el caso de ocurrir nuevos eventos. Existe por tanto una dinámica intra e interanual en estos sistemas controlado tanto por las precipitaciones, como por efecto de la evaporación y por el aumento de flujos subsuperficiales y subterráneos

Figura 6-23 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Peine vs Precipitación mensual



Fuente: Elaboración propia

Respecto de la calidad química, en este sector Peine, también las aguas subterráneas muestran un incremento de la conductividad eléctrica hacia el Núcleo del Salar. De esta forma, las aguas menos mineralizadas se detectan en la estación Antepresa Tilomonte y en los piezómetros MP-07A y MP-08A (Figura 5.43), habilitados en aguas subterráneas someras, de agua 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 µS/cm (Figura 5.43).

En general, 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 la máxima 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, en general, la profundidad de medición de la Interfase Salina en los piezómetros del sector de Peine monitoreados durante 2020 no ha sufrido cambios en relación a los registros históricos de cada punto, por lo que se interpreta que la posición de la Interfase Salina se ha mantenido constante.

Resumen y/o conclusiones

A continuación, se presentan los principales análisis presentados para el sector Peine:

- Los niveles registrados durante el año 2020 en el sector, tanto para aguas subterráneas y aguas superficiales de lagunas, se encuentran dentro de la variabilidad natural registrada en las campañas de monitoreo, presentan variaciones estacionales relacionadas con la evaporación y aumentos bruscos asociados a eventos de precipitación.
- Los niveles analizados de los pozos habilitados en profundidad responden a los eventos de precipitación, los cuales producen aumentos de nivel para luego presentar una tendencia al descenso.
- En relación con la química del agua, las muestras analizadas durante el año 2020 muestran valores dentro de la tendencia histórica.
- La Interfase Salina permanece establece durante el año 2020, profundizándose a medida que los puntos de alejan del Núcleo.
- En relación con la superficie lagunar calculada mediante imágenes de alta resolución, para el sector Peine, del PSAH para el sector Peine, se encuentran sobre los mínimos históricos de AR, con una variación estacional no influenciada por la evaporación, donde no se evidencia una correlación directa entre la precipitación registrada en la estación meteorológica DGA - Peine y Planta Albemarle, y las variaciones en el área de ocupación de los cuerpos de agua. Dentro de esta comparativa, es importante destacar que las superficies históricas en AR han sido determinadas en meses distintos a los reportados semestralmente en el PSAH (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la variabilidad intranual mostrada anteriormente.

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 separada.

6.4.3.1 Sistema 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. El registro histórico muestra niveles estables con una leve variabilidad estacional (Figura 6-24). Se han registrado dos aumentos de nivel asociados a eventos de precipitación en el pozo (2019 y 2020), en donde se registran ascensos inferiores a 10 cm en el pozo a causa de la infiltración.

Figura 6-24 Evolución de niveles de pozos de aguas someras, salobres, al Sur del Sistema Aguas de Quelana

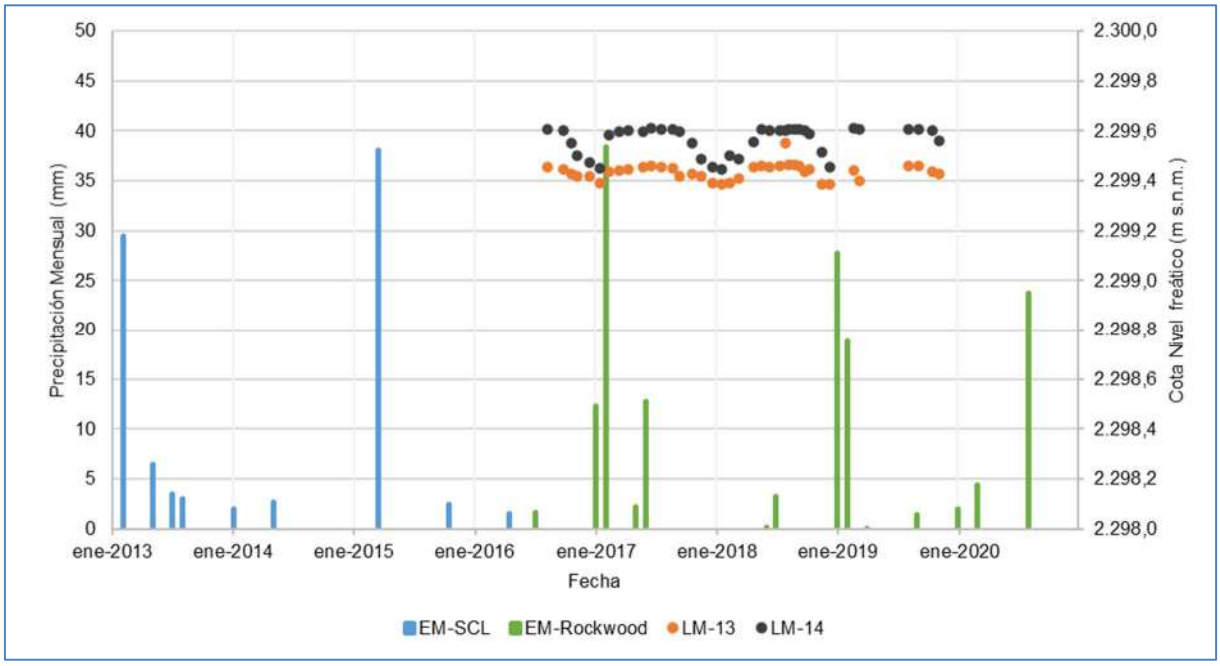
Fuente: Elaboración propia

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 esta área.

Debido a las restricciones de acceso a los parques nacionales debido a la Pandemia del COVID-19 no se pudo realizar el monitoreo de los limnímetros del sistema lagunar Aguas de Quelana durante el año 2020. El registro histórico muestra un comportamiento estacional

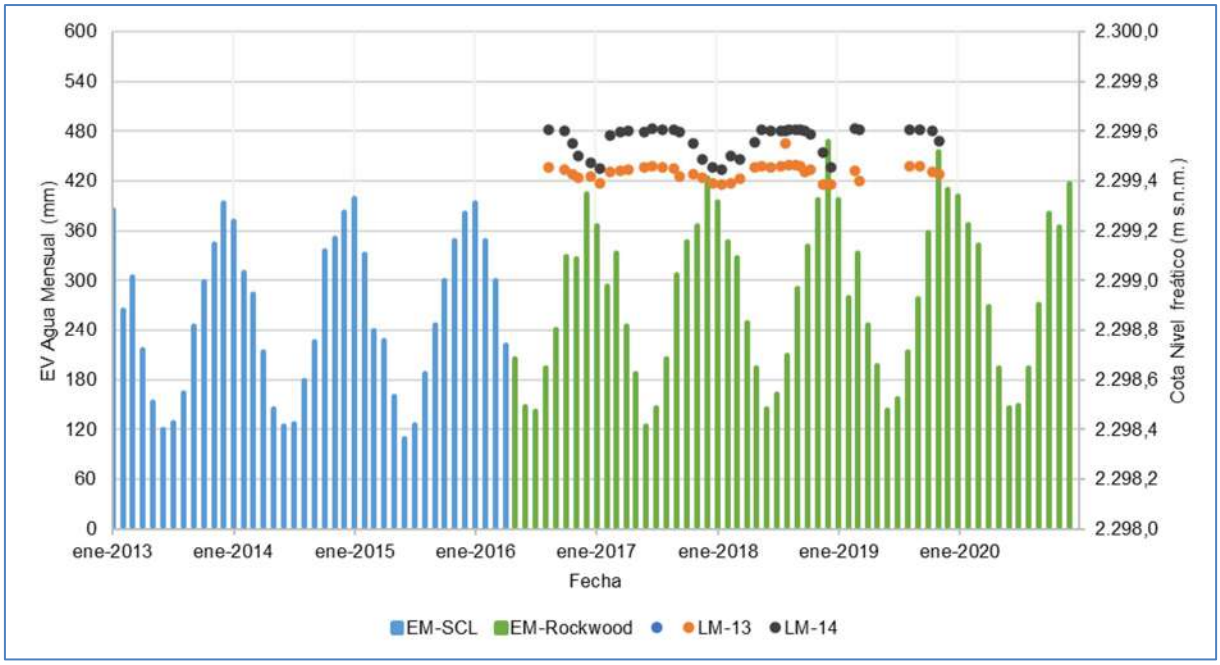
asociado a la evaporación que ocurre en el salar y registra aumento relacionado a eventos de precipitaciones (Figura 6-25 y Figura 6-26).

Figura 6-25 Evolución de niveles de aguas superficiales versus precipitación. Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

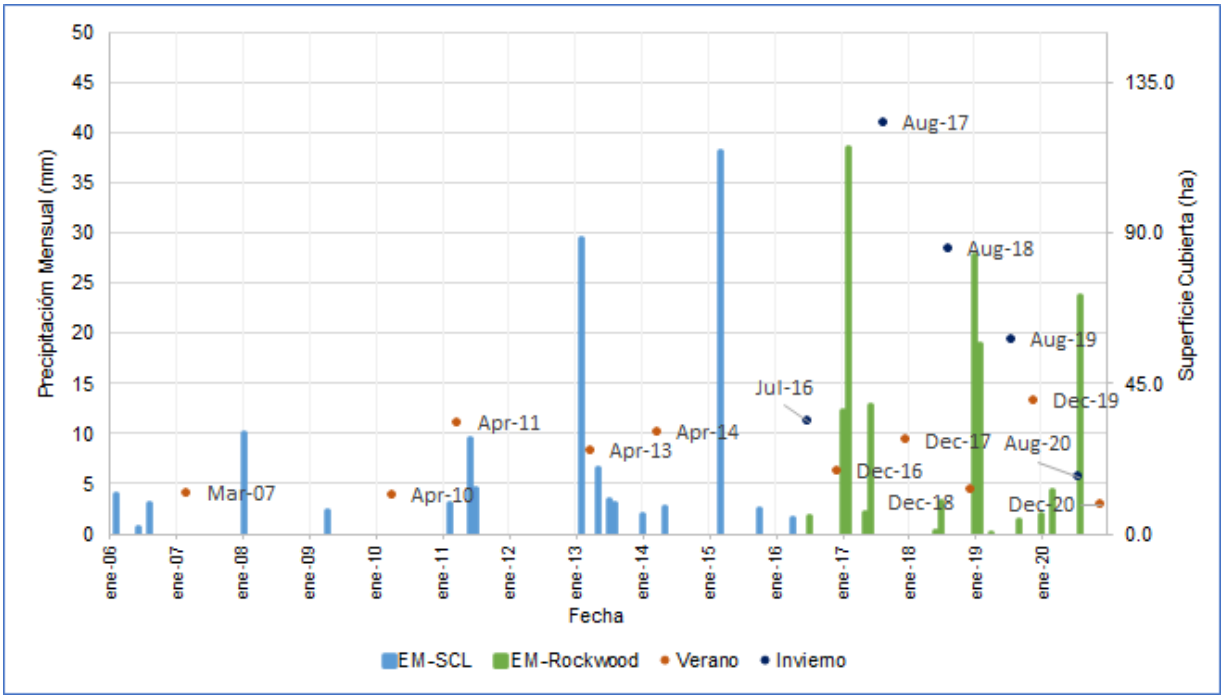
Figura 6-26 Evolución de niveles de aguas superficiales versus evaporación. Sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

La superficie cubierta por el sistema laguna Aguas de Quelana en general muestra un comportamiento estacional, donde los máximos se registran durante los meses de invierno y los mínimos en los meses de verano (Figura 6-27). Durante el año 2020 se observa el mínimo histórico registrado para la serie por el método de imágenes de alta resolución.

Figura 6-27 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Aguas de Quelana



Fuente: Elaboración propia

Según lo observado en el registro histórico de imágenes Landsat (1972-2014), en la Adenda 5 del EIA del Proyecto se indica que el complejo de Aguas de Quelana es el único que se ha llegado a observar prácticamente seco, sin apenas lámina libre de agua. Este antecedente permite inferir que la superficie cubierta por el sistema Aguas de Quelana puede ser menor a lo indicado en la Adenda 5.

Los perfiles de conductividad eléctrica efectuados en el sector (piezómetro MP-12C), indica que la Interfase Salina, no ha presentado cambios en la ubicación en relación con los registros históricos durante el año 2020.

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 es escaso para establecer tendencias históricas claramente definidas. A continuación, según los nuevos antecedentes se tiene que:

- Los niveles medidos en las aguas subterráneas someras (salobres) 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 las que están asociadas a la evaporación.
- Durante el año 2020 no se han detectado cambios en la ubicación de la Interfase Salina en este sector.
- En el sistema lagunar se observan 2 tipos de agua; aguas intermedias cloruradas sódicas, 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.
- 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.
- 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.

6.4.3.2 Sistema Lagunar Soncor

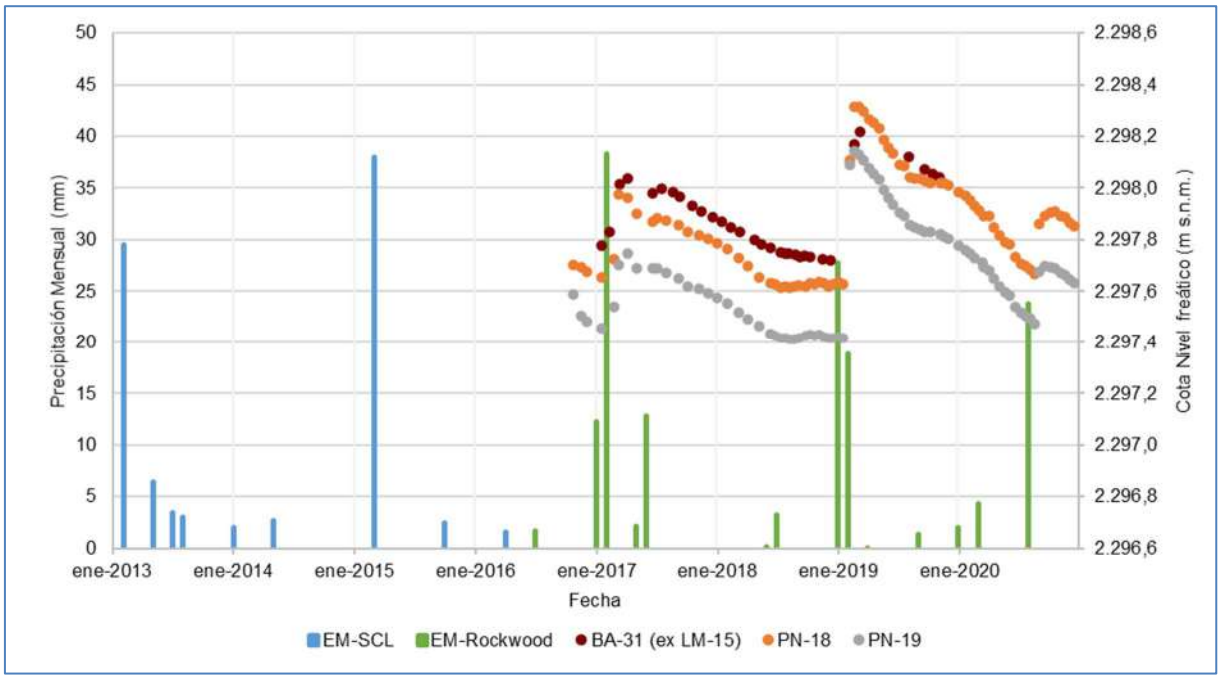
Este sector abarca el área de la Zona Marginal, alrededor del sistema lagunar Soncor y el área frente a las lagunas del Borde Este.

El nivel de agua subterránea de la Zona Marginal en el sector se monitorea mediante el piezómetro somero BA-31. Durante el año 2020 no se pudo realizar el monitoreo de este punto debido a las restricciones de acceso derivadas de la Pandemia de COVID-19. No obstante, se observa en el registro histórico una tendencia al descenso originada por la extracción de salmuera en el Núcleo del Salar, interrumpida por las alzas de nivel asociadas a eventos de precipitación (Figura 6-28).

Por otra parte, los piezómetros PN-18 y PN-19 se ubican en las cercanías del sistema lagunar Soncor, en el Núcleo de Salar. En estos pozos se observa el mismo comportamiento descrito para el piezómetro somero BA-31, pero registran un efecto más marcado de la extracción de salmuera. La información levantada durante el año 2020 indica, en primera instancia, una continuación del descenso observado durante el año 2019 y luego una recuperación originada por el evento de precipitaciones de agosto de 2020.

De la misma manera que los pozos anteriormente mencionados, los piezómetros presentan un cierto componente estacional, dado por las variaciones temporales de evaporación. También se observa una relación entre el nivel y los eventos de precipitación más importantes, provocando un ascenso abrupto en los niveles.

Figura 6-28 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 6-29. Se observa un comportamiento estacional con máximos en invierno y mínimos en verano, en una relación inversa con la evaporación y con ascensos de nivel como respuesta a las precipitaciones. 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 interpretan que son producidas principalmente por evaporación.

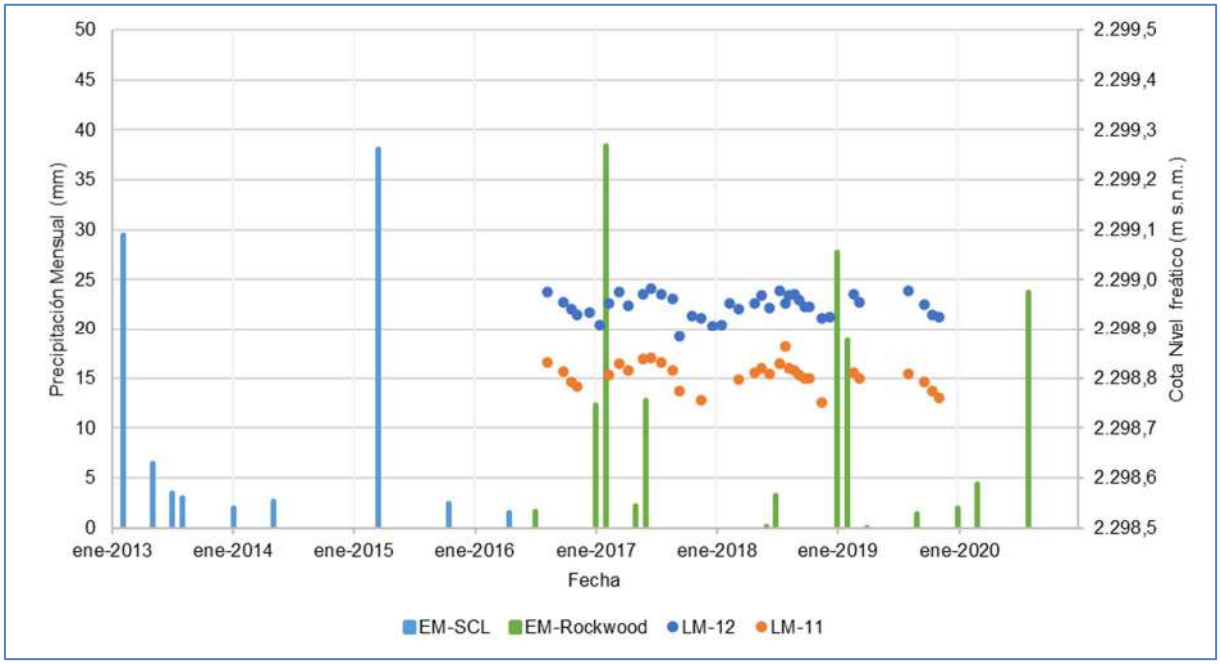
En la Figura 6-30 se presenta la serie de la superficie cubierta por el sistema lagunar Soncor en relación a la evolución de las precipitaciones en el Salar. Se puede observar una

estacionalidad, donde las superficies mínimas del sistema lagunar se dan en los meses de verano y los máximos en la temporada de invierno. En el año 2020 todas las superficies determinadas se encuentran por sobre el mínimo histórico.

En el Sector de Soncor no se dispone de piezómetro para monitorear la posición de la Interfase Salina, el punto más cercano en el que se monitorea esta variable es el MP-12C, tratado en el análisis del sistema de Aguas de Quelana.

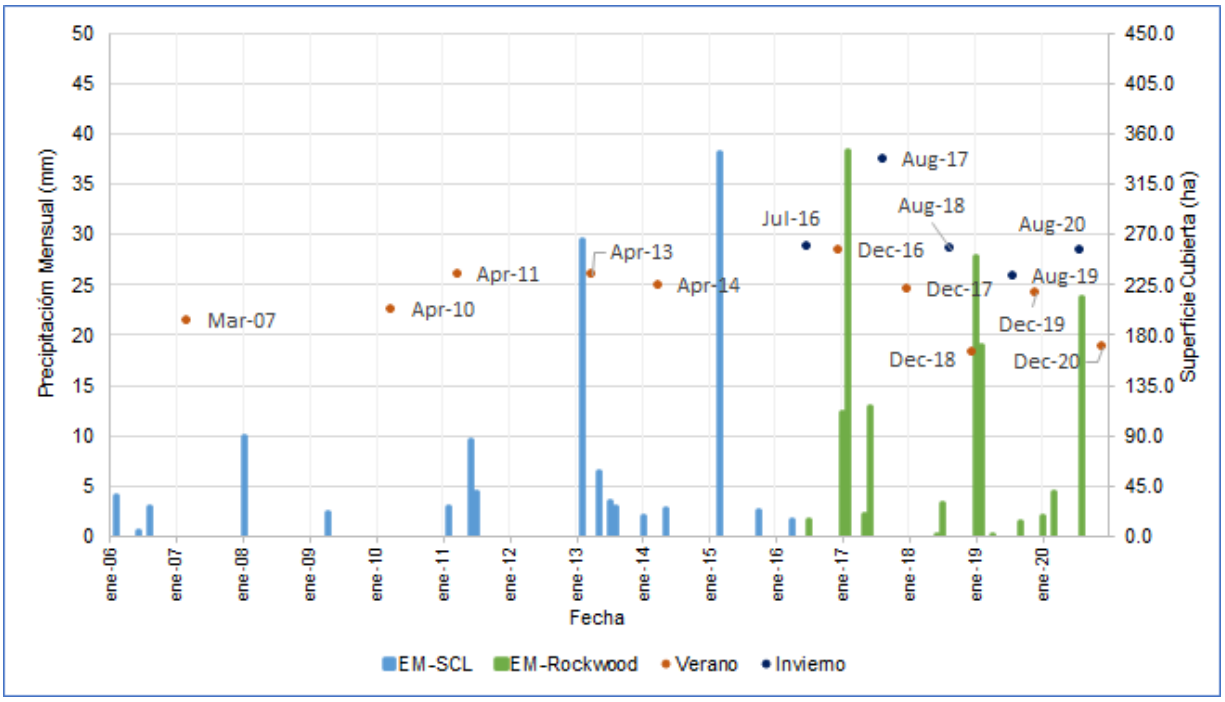
El flujo que se avanza desde la Laguna Chaxa (LM-12) hacia laguna Barros Negros (LM-11) sufre un aumento de su conductividad eléctrica a medida que se acerca al Núcleo, con valores similares a los de las aguas subterráneas del sector en el punto BA-31. Esto se debe, por una parte, a la concentración por evaporación de las aguas a medida que circulan por el sistema lagunar en dirección al núcleo y, por otra parte, a la disolución de sales presentes en el Salar.

Figura 6-29 Evolución de Nivel de Aguas superficiales en el Sistema lagunar Soncor



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-30 Evolución histórica de superficie lagunar sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia

Resumen y/o conclusiones

El monitoreo de las variables comprometidas en este PSAH en el sistema Lagunar Soncor ha comenzado el año 2016, por lo que el registro histórico de monitoreo hasta el momento es escaso para establecer una tendencia histórica clara. No obstante, los puntos más importantes del análisis son:

- Durante el año 2020, los piezómetros PN-18 y PN-19 (cercanos al sistema lagunar Soncor) muestran un descenso durante el primer semestre del año, coincidente con la tendencia del año 2019, para luego mostrar un ascenso por precipitaciones en agosto del 2020. No se cuenta con información para el año 2020 en el resto de los pozos debido a las restricciones asociadas a la Pandemia de COVID-19.
- La química del agua del sector se mantiene dentro de los rangos históricos y esperados, no presentando variaciones relevantes. Quebrada Camar no se pudo medir en el 2020, debido a las restricciones de acceso.
- En relación con las superficies históricas en AR (Adenda 5 RWL, 2015), las superficies semestrales del PSAH se presentan sobre el mínimo de Adenda 5 AR (1.924.000 m^2) en los registros 2016 – 2020, a excepción de diciembre 2020 donde se presenta bajo el mínimo; con variabilidad estacional entre registros. Dentro de esta comparativa, es importante destacar que las superficies históricas en AR han sido determinadas en

meses distintos a los reportados semestralmente en el PSAH (agosto y diciembre), aspecto importante a considerar, dada la variabilidad intranual mostrada anteriormente.

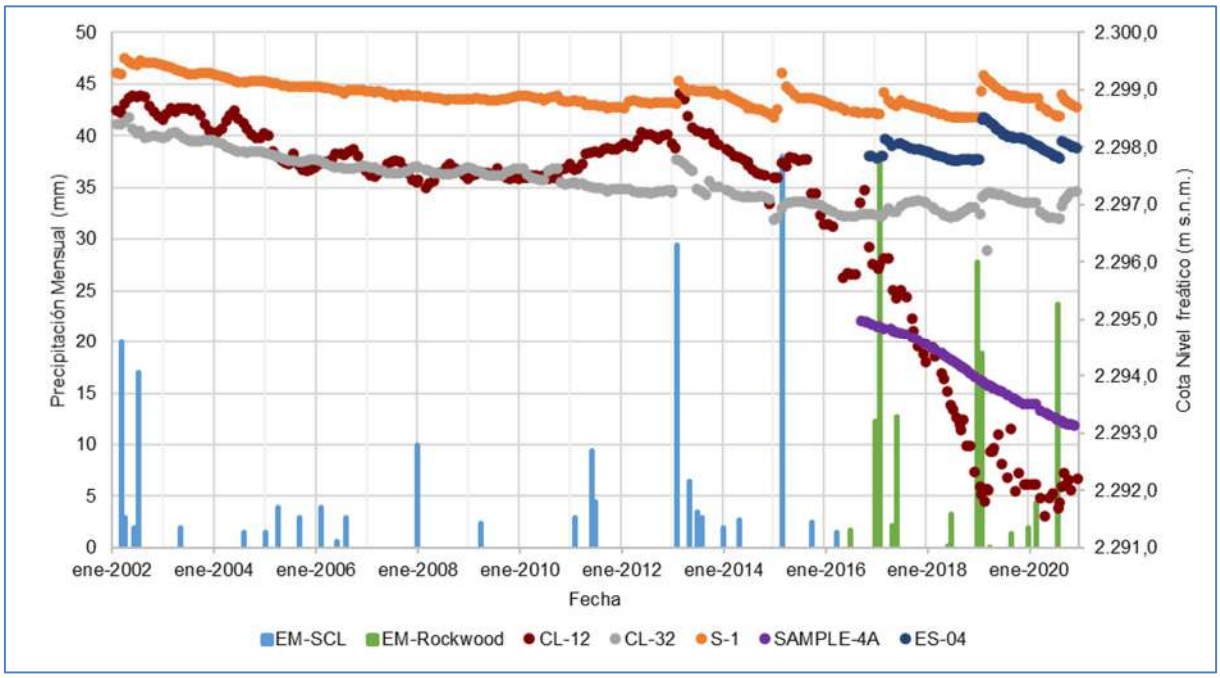
- A partir de los resultados del monitoreo efectuado durante el año 2020, se confirma el modelo conceptual establecido, tal y como se detalla a continuación:
  - El flujo subterráneo que alimenta a las lagunas proviene del Este (según los explicado en Adenda 5 también proceden del Norte, pero a partir 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 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.

En la Figura 6-31 se muestra la evolución de las series temporales de niveles de algunos de los pozos de Núcleo con respecto a las precipitaciones medidas en las estaciones meteorológicas SCL y Rockwood, con el fin de analizar el comportamiento general de los niveles del núcleo. En particular, para el sector centro norte del Núcleo se tiene al piezómetro ES-04, para la zona este se tiene el piezómetro S-1, para la zona oeste se tiene el piezómetro Sample 4A, y para la zona de producción se tiene el piezómetro CL-12 y CL-32, ubicados en el área de extracción A1. Se puede observar que los niveles en estos piezómetros reaccionan a los eventos de precipitaciones, generándose un aumento brusco en el nivel y luego retomando una tendencia al descenso. Una excepción a este comportamiento es el punto Sample-4A, ubicado en el margen oeste del Núcleo. Este comportamiento también fue observado para el evento de precipitaciones de agosto de 2020.

Figura 6-31 Evolución de los niveles de Salmuera en el Sector Núcleo



Fuente: Elaboración propia

Luego de esta alza de nivel, todos los piezómetros muestran una tendencia al descenso, la cual tiende a disminuir desde mitad de año en los piezómetros S-1, ES-04 y CL-32 después de las lluvias. Para 2020 estos pozos indican un nuevo descenso durante el primer semestre del año para luego volver a ascender debido a precipitaciones.

En cambio, los piezómetros CL-12 y Sample-4A mantienen su tendencia de descenso hasta fines de 2020 (CL-12 muestra una leve recuperación durante los últimos meses de 2020). En general, los descensos son más pronunciados en las zonas próximas a áreas de extracción de salmuera, ya sean de Albemarle o SQM (Pozo CL-12 o Sample-4A), y disminuyen conforme se alejan de la misma (ES-04).

Resumen y/o Conclusiones

Los niveles en el Núcleo presentan en general, una tendencia al descenso, registrando ascensos de nivel en respuesta a los eventos de precipitación y recarga del sistema. En la Zona de producción, los niveles presentan un comportamiento variable y con tendencia al descenso, influenciados por la explotación de los pozos productivos. Desde el año 2016 se observa un mayor descenso en el pozo CL-32, el cual está asociado al aumento de la extracción de salmuera en el Salar y cuyo efecto es menor a medida que se aleja de la zona productiva. 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 2020, tal como fue presentado en la sección 5.9, es posible indicar que no se han sobrepasados los umbrales en ninguna de las mediciones realizadas ni se ha activado ninguna de las fases del PAT Sector de alerta Núcleo ni del Sector de alerta Acuífero.

En relación al Sector de alerta Núcleo, en la sección 5.10 se presentaron los niveles observados versus los umbrales y en sección 6.1.4 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 5-237 a Figura 5-240), para verificar el comportamiento de niveles del Núcleo. De lo anterior, se tiene que los niveles observados durante el 2020 presentaron un alza en el mes de agosto-septiembre, producto de las lluvias acontecidas en el Salar durante los días 24 y 25 de agosto. El efecto de las lluvias rompe la tendencia de descenso observado desde febrero de 2019 hasta el mes de julio 2020 generando un aumento en el nivel entre 0,19 y 0,45 m.

Finalmente, respecto del comportamiento de los niveles en los puntos que se ubican en el Sector de alerta Acuífero (Figura 5-241 a Figura 5-245 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, finalizó el año 2020 con una cota de 2299,974 m s.n.m, 0,004 m por sobre el umbral. Por otra parte, y según lo esperado los niveles de BA-05, BA-16, BA-28 y BA-30 se mantienen con fluctuaciones estacionales por el efecto de la evaporación, pero con valores máximos de BA-05 y BA-16 mayores al de años anteriores producto de las lluvias de agosto. Cabe señalar que los niveles de todos los piezómetros someros ubicados en el sistema lagunar Peine y La Punta La Brava asociados al PAT presentan una oscilación estacional asociado con los efectos de evaporación según la data histórica registrada hasta la fecha.

Por otro lado, como se explica en la sección 4.2.7 de este informe, el PAT en el Sector de alerta Norte contempla 5 puntos de activación que corresponden a aquellos pertenecientes al Plan de Contingencia de SQM (RCA N°226/2006 de la COREMA Región de Antofagasta, proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” del titular SQM Salar S.A.). La condición de activación para Albemarle consiste en que la autoridad ambiental notifique que SQM ha activado la Fase I o Fase II de su PAT y la verificación que este nivel se encuentra bajo los umbrales establecidos en la RCA N° 21/2016 como resultado de la activación de uno de sus pozos (L5-10; L4-12; L3-9; L1-5 y/o L1-G4 Pozo).

Como se ha indicado en el Capítulo 2 y en la sección 5.10.3 que, producto de la activación del PC de SQM Salar S.A y en respuesta al requerimiento de la SMA debido a esta activación, ALB activó también su PAT en Sector Alerta Norte y sus medidas asociadas a la Fase I, numeral 4.5 del Anexo 3 de la Adenda 5, donde se establecen 3 acciones preventivas: a) aumentar la frecuencia de monitoreo durante 3 meses, b) entregar mensualmente los datos a la autoridad en formato digital; y, c) activar la herramienta de efecto sinérgico.

Con respecto a la acción preventiva a), se aumentó la frecuencia de monitoreo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2020 en la variables y frecuencia indicadas en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6. Aumento de la frecuencia monitoreo para la activación PAT.

Monitoreo	Frecuencia normal	Frecuencia Activación PAT (por tres meses)
Niveles freáticos	Mensual	Quincenal
Calidad de agua del acuífero y las lagunas	Trimestral	Mensual
Posición de la Interfase Salina	Trimestral	Mensual

Fuente: Tabla 4-7 de Anexo 3 Adenda 5.

En el caso de la acción preventiva b), se entregó a la autoridad ambiental, en forma mensual, durante todo el periodo de activación todos los datos brutos de monitoreo del PSAH en formato de hoja de cálculo poniéndolos a disposición de la autoridad y quienes los soliciten para los

análisis que se consideren oportunos, los respaldos de dichas entregas se adjuntan en el Anexo M de este Informe.

Finalmente, en el caso de la acción preventiva c), se activó la herramienta de verificación del efecto sinérgico y se realizó la entrega de resultados con fecha 04 de febrero de 2021 a la SMA, con el documento identificado como *"Informe de Verificación de Efecto Sinérgico"*, dando cumplimiento así al numeral 10.16 y 10.20 de la RCA N° 21/2016, carta se adjunta en el Anexo M. Con esta herramienta se busca entender el origen de la activación del PAT, mediante modelación numérica, la contribución de cada operación al descenso observado en el punto de activación, según quedo definido en el Anexo 3 de la Adenda 5 del EIA del Proyecto.

Respecto de los resultados del análisis el efecto sinérgico, se concluye que los descensos en el punto L1-5, a la fecha de evaluación del efecto sinérgico (4 de agosto de 2020) respecto del nivel a noviembre de 1997 no se vinculan al aumento de extracción asociados a la RCA Nº21/2016, sino que a las extracciones históricas. Lo anterior se concluye a partir de los resultados de la modelación realizada, donde los niveles sin y con los 300 L/s adicionales de extracción no muestran diferencias en el punto L1-5. Según los resultaos de a la modelación el efecto natural en el punto L1-5 es de 1,2 cm que representa una contribución sobre el descenso total de 7%, siendo el descenso generado por la operación de SQM de 15,2 cm, que equivale a una contribución de 93%.

6.6 En relación Reportabilidad a entregables 2020, en el marco de la RCA Nº21/2016

El Informe del Plan de Seguimiento Ambiental –PSAH- da cumplimiento a lo establecido en: el Considerando Nº 7 de la RCA Nº21/2016 en lo relacionado con la componente hídrica (agua); al Considerando Nº 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 de este informe.

En la evaluación ambiental del Proyecto quedó establecido, además de la entrega anual del Informe del PSAH, una serie de compromisos indicados en el Considerando Nº10 de condiciones o exigencias específicas de la RCA Nº21/2016. Relacionado con lo anterior, y con las variables del PSAH, en Anexo M de este Informe Anual, se adjunta toda la información de respaldo entregadas a la SMA durante el año 2020 y a continuación se presenta un resumen de cada una de ellas.

6.6.1 En relación con la Topografía Considerando 10.3 de RCA de RCA Nº21/2016

El considerando 10.3 establece que “El Titular deberá remitir un completo informe de la nivelación de precisión a realizar respecto de cada uno de los puntos de medición que lo requieran (pozos, reglillas y todos los otros puntos del PAS y PAT) con los debidos antecedentes de respaldo”.

- Con fecha de 24 de agosto de 2020 Albemarle entregó un levantamiento topográfico georreferenciado de los puntos de monitoreo pertenecientes a la red del PSAH con coordenados UTM Datum WGS 84.
- Con una carta de la misma fecha se señaliza que debido a las diferencias que se presentan entre ambos levantamientos topográficos (lo de 2020 y el levantamiento original de 2014 y 2015) se estima necesario mantener la topografía levantada entre 2014 y 2015 como la vigente para el cálculo de nivel de agua y salmuera.

6.6.2 En relación con los Lisímetros, Considerando 10.5 y 10.6 de RCA Nº21/2016.

- Con fecha 18 de diciembre de 2020 Albemarle sostuvo una reunión con la SMA y DGA donde se señala que se han realizado los esfuerzos para que los lisímetros funcionen, no obteniendo los resultados esperados.
- Albemarle presentará un informe técnico mostrando el comportamiento observado de los lisímetros, en conjunto con una propuesta para la transformación de los equipos a carga variable.

6.6.3 En relación con Modelo Hidrogeológico, Considerando 10.7 de RCA Nº21/2016

- Con fecha 29 de marzo de 2019, Albemarle entregó a la SMA el Informe y Modelo Hidrogeológico consistente en la "*Primera Actualización del Modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama"* según RCA Nº21/2016 de ALB. Dicha entrega fue realizada en los plazos comprometidos, que correspondía a los 6 meses de cumplidos los 2 años de operación, establecida en el Anexo 3 de la Adenda 5 y en Condiciones específicas del Considerando 10.7 de la RCA Nº21/2016.
- Durante el mes de marzo de 2021, Albemarle realizará la entrega a la SMA del Informe "Segunda Actualización del Modelo de Flujo de Agua Subterránea en el Salar de Atacama" según lo expresado en la RCA Nº21/2016, que implica realizar una actualización y revisión del modelo hidrogeológico cada 2 años.

6.6.4 En relación con Verificación Efecto Sinérgico, Considerando 10.16 y 10.20 de RCA Nº21/2016

- Se dio por activado el PAT de Albemarle en el sector alerta Norte debido a la notificación por parte de la SMA mediante la Resolución Exenta AFTA N°110/2020, la cual indica que con fecha 03 de agosto de 2020 se indica un reporte de incidente ambiente ambiental, del titular SQM Salar S.A, donde se registró en el pozo L1-5, del Sistema Soncor, una medición de 2.299,289 m s.n.m. (Datum WGS84), dato medido desde el punto de referencia que constituye un nivel medido inferior al umbral de activación de Fase II (2.299,29 m s.n.m. WGS84). Para dar cumplimiento a lo estipulado como acción preventiva de dicho PAT (Anexo 3 de la Adenda 5, letra c)), se activó la herramienta de verificación del efecto sinérgico y se realizó la entrega dentro de los plazos establecidos, esto es dentro de los primeros 6 meses siguientes a la notificación de la activación, con carta de fecha 04 de febrero de 2021 a la SMA, con el documento identificado como *"Informe de Verificación de Efecto Sinérgico"*, dando cumplimiento así al numeral 10.16 y 10.20 de la RCA N° 21/2016.
- Respecto de los resultados del análisis el efecto sinérgico, se concluye que los descensos en el punto L1-5, a la fecha de evaluación del efecto sinérgico (4 de agosto de 2020) respecto del nivel a noviembre de 1997 no se vinculan al aumento de extracción asociados a la RCA Nº21/2016, sino que a las extracciones históricas. Lo anterior se concluye a partir de los resultados de la modelación realizada, donde los niveles sin y con los 300 L/s adicionales de extracción no muestran diferencias en el punto L1-5. Según los resultaos de a la modelación el efecto natural en el punto L1-5 es de 1,2 cm que representa una contribución sobre el descenso total de 7%, siendo el descenso generado por la operación de SQM de 15,2 cm, que equivale a una contribución de 93%.

6.7 En relación a la conexión en línea y reporte electrónico para el monitoreo del componente hídrico, Resolución Exenta Nº 1.314.

La Res. Ex. SMA N° 1.314 se establece lo siguiente:

"Información histórica: todos los registros anteriores a la fecha a la que se dará inicio a la reportabilidad en línea exigida en esta Resolución, deberán ser informados a esta Superintendencia como parte de la instalación del sistema de monitoreo. Para ello, cada titulo debería acompañar las respectivas bases de datos con la información histórica de caudales de extracción de salmuera, caudales de reinyección de salmuera, caudales de extracción de agua subterránea y niveles (agua subterránea y/o salmuera), según corresponda, siguiendo los formatos de la Res. Ex. SMA No 894 de fecha de junio de 2019 que "Dicta instrucciones para la elaboración y remisión de informes de seguimiento del componente ambiental agua", considerando los formatos más recientes publicados en la web de la SMA".

Albemarle cumple cabalmente con la entrega los datos de niveles, aforos superficiales, volúmenes bombeados y calidad de agua en los formatos correspondientes,

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 hídrico. Asimismo, da cumplimiento a los considerandos correspondientes a la componente hídrica, asociados al Considerando 7, 10.18 y 10.19 de la RCA Nº21/2016, que calificó favorablemente el Proyecto "Modificaciones y Mejoramiento del Sistema de Pozas de Evaporación Solar en el Salar de Atacama".

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 2020 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 2020 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 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 2020, no fueron sobrepasados los umbrales definidos en ninguna de las mediciones realizadas, ni se activaron las fases PAT en el Sector de alerta Núcleo ni en el Sector de alerta Acuífero.
- Por otro lado, en agosto de 2020 se activó la Fase I del Plan de Contingencia por parte de SQM, lo que conllevó a la activación de la Fase I del PAT del Sector de alerta Norte de Albemarle, debido a que el punto de monitoreo L1-5, de la Red PSAH PAT de ALB Sector Alerta Norte, se mostraron bajo los umbrales de la Fase I. Por lo anterior, se tomaron las medidas correspondientes relacionadas a la activación de esta fase.
- El presente informe de seguimiento entrega la información levantada en terreno y analizada, dando cumplimiento a lo establecido en la R.E. Nº 223/2015 de la SMA, y además entrega la información del año 2020 en el formato indicado en la RES SMA Nº894/2019, permitiendo de esta manera 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.

Del monitoreo del PSAH 2020 y del análisis integrado de las variables se puede concluir que:

De los registros de precipitación diaria, de la estación meteorológica EM-Rockwood se tiene que el año 2020 con una precipitación total anual de 30,2 mm/año, equivalente a 37% de Prob. Excedencia del registro histórico. Durante los meses de enero y marzo se registraron precipitaciones menores (un total de 6,4 mm durante verano), no obstante, en el mes de agosto se registró un total de 23,8 mm que provocan alzas de niveles de agua en los puntos de monitoreo. En concreto, las lluvias fueron una fuente de alteración de corta duración en las tendencias históricas de algunos de los pozos de monitoreo durante el último trimestre del año.

Los resultados para la tasa de EVT, en general, muestran valores máximos en marzo y valores mínimos para el mes de agosto. En general, los valores de tasa de EVT se mueven en los mismos rangos de los últimos 3 años, con variaciones estacionales.

Para el caso de las Superficies Cubiertas por Lagunas durante el año 2020 la mayor superficie lagunar se registró en el sistema Soncor durante la campaña de invierno y los mínimos se presentan en el sistema Aguas de Quelana durante el mes de diciembre. Destacan los registros de verano del año 2020 de aguas de Quelana, Soncor y La Punta – La Brava de Pleiades-1A, los cuales fueron menores que los valores mínimos históricos AR presentados en la Adenda 5 del EIA del Proyecto. No obstante, en imágenes Landsat de media resolución, se hizo un análisis histórico desde el año 1979, donde se puede observar la variabilidad de las superficies en ciclos más largos, mostrando valores similares a los reportados en diciembre 2020.

Sector La Punta – La Brava

Para el Sector La Punta-La Brava, en 2020, los niveles subterráneos en este sector del acuífero mantienen la tendencia histórica mostrando estabilidad con variaciones estacionales. Los ascensos de nivel se observan en invierno y descensos en verano producto principalmente de la evaporación, no obstante, durante 2020 el comportamiento cíclico fue interrumpido por las precipitaciones de agosto, generando un aumento mayor en los niveles durante el mes de septiembre. Los piezómetros someros ubicados al sur de las lagunas (por ejemplo, BA-04 y BA-08) presentan una amplitud de oscilación menor a los ubicados al Norte (por ejemplo, BA-01 y BA-11), lo que se explicaría por una menor influencia de las precipitaciones y evaporación respecto de los puntos ubicados al norte de las lagunas y que están más cerca del Núcleo del Salar. Además, los puntos ubicados entre las lagunas y el Núcleo (BA-06 y BA-12), presentan una respuesta más marcada ante evolución de la evaporación.

Los niveles del acuífero se mantienen estables, oscilando entre las mismas cotas asociado con una estacional provocada por evaporación y mantenida por una recarga subterránea de carácter permanente proveniente de las cuencas aportantes del sureste, hecho que valida el modelo conceptual de funcionamiento de este sector lagunar.

En este sector La Punta - La Brava, al sur de las lagunas existe leves tendencias a la baja en algunos pozos (BA-07, BA-08, BA-16 y MP-03C). Los niveles de salmuera en este sector (habilitados en profundidad), en general, se muestran estables y sin influencia directa del régimen de precipitaciones históricas.

La evolución del nivel de salmuera, considerando por ejemplo el piezómetro MP-04B, que se ubica a escasos metros del pozo de agua industrial Tilopozo, permite verificar la desconexión entre el nivel del pozo profundo y el caudal extraído desde agua superficial, ya que no se ve un descenso en el nivel de MP-04B asociado con variaciones en el caudal de extracción.

Para el año 2020 las áreas calculadas para el sistema lagunar La Punta-La Brava, en los meses de agosto y diciembre, invierno y verano respectivamente, se encuentran dentro de los registros máximos y mínimos según el análisis de la imagen Landsat. En la superficie lagunar se observa que la estacionalidad no está controlada únicamente por el régimen de precipitaciones, sino también por la evaporación, lo que se traduce tanto en una variabilidad tanto intranual como interanual.

A partir del monitoreo efectuado durante el año 2020, 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.

Sector Peine

Para el Sector Peine, las zonas de recarga representadas por los pozos PP-01 y PP-02 (entre la Zona Marginal y la zona de pie de monte de la cordillera Andina), siguen las tendencias esperadas con respecto a los niveles de agua durante el año 2020, mostrando fluctuaciones estacionales (PP-01) y sensibles a las precipitaciones de mayor intensidad (PP-02), que producen ascensos bruscos del nivel y que inmediatamente al finalizar el evento de precipitación retoman la tendencia.

En el sistema lagunar Peine, los niveles representados por BA-28 y BA-30 se muestran estables dentro de los ciclos estacionales históricos, presentando máximos en invierno y

mínimos en verano. Las variaciones estacionales de sus niveles estarían asociadas a los procesos de evaporación, y se observa que cuando la tasa de evaporación aumenta, se presentan los niveles más profundos y viceversa. Las variaciones estacionales no superan los 0,1 m de diferencia entre las cotas mínima y máxima.

Los niveles del acuífero de agua dulce-salobre, mientras más próximos se encuentran los pozos de monitoreo al Núcleo, muestran menor ciclicidad estacional, presentando, por el contrario, una respuesta más brusca ante las precipitaciones (por ejemplo, los pozos del sector Laguna Interna).

En el sector de la Laguna Interna, en el sistema lagunar Peine, los niveles presentan un descenso continuo después de los eventos de precipitaciones de 2019 debido a la proximidad a las zonas de extracción de salmuera, lo que se refleja, por ejemplo, en el piezómetro BA-17 y BA-18. No obstante, el efecto de las lluvias de agosto genera un aumento brusco en el nivel en el orden de 0,2 m y posteriormente los niveles comienzan a descender inmediatamente después. Lo anterior muestra que la recarga sobre el Núcleo es directa 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.

Los niveles registrados, muestran 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.

Por otra parte, los aforos realizados durante el 2020, en general, muestran que los caudales de entrada (35-40 l/s) a la laguna Salada (AFP-01 y AFP-02) son mayores que los registrados en la salida de ésta y a los caudales de entrada (<35 l/s) de la laguna Saladita (AFP-03) debido a pérdidas ocurridas por evaporación y/o infiltración, que disminuyen el caudal en la dirección del flujo.

Al analizar las precipitaciones con los datos de aforos, no se aprecia una relación directa entre los eventos de precipitación y los caudales aforados en los canales de tránsito entre las lagunas Salada, Saladita e Interna.

En general, el cálculo de la superficie ocupada por las lagunas en Peine muestra extensiones máximas en los meses de verano (enero) y mínimos en los meses de invierno (julio y agosto) o poca diferencia entre estaciones.

La conductividad eléctrica (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 la máxima CE.

A partir del monitoreo efectuado durante el año 2020, se confirma el modelo conceptual de funcionamiento del sistema lagunar Peine, donde las zonas de recarga se ubican al sureste del sistema lagunar, y están constituidas por aguas de composición clorurada sódico, 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.

Sector Norte y Borde Este

El Sector Norte y Borde Este, está constituido por el sistema lagunar de Soncor y el sistema lagunar Aguas de Quelana.

Para el sector de Aguas de Quelana, la evolución de niveles de este sector está condicionada por la recarga producto de las precipitaciones y por la variación en las tasas de evaporación, que son mayores en verano y menores en invierno.

Las variaciones del área ocupada por estas lagunas se asocian a un comportamiento estacional, con extensiones mayores en inverno que en verano y, también, a una variación intra-anual condicionada por el régimen de precipitaciones de los años anteriores.

Los pozos MP-12A y MP-12C ubicados en el borde este mantienen la tendencia al aumento en sus niveles del orden de 0,1 m sin observar aumentos importantes por los eventos de precipitaciones.

La conductividad eléctrica (CE) muestra diferencias entre las aguas de las lagunas, las vertientes y las aguas subterráneas del acuífero de agua dulce-salobre. Los valores más bajos se localizan en la vertiente Camar, correspondientes a aguas de recarga al acuífero. Los valores más altos del sistema se registran en las lagunas, lo que se interpreta como consecuencia de procesos de evaporación del agua de recarga durante su tránsito hacia el Núcleo y/o interacción entre el agua y la roca que genera la 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, aunque más próximas a las primeras.

Los resultados obtenidos para el año 2020 y las mediciones de CE de las aguas va incrementando desde el Este hacia el Oeste, corroborando el modelo conceptual. El Sistema Aguas de Quelana, 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.

En cuanto a la superficie lagunar, se puede observar que la evolución histórica es estacional, al igual que los niveles lagunares, aumentando el área en invierno y disminuyendo en verano. El comportamiento de estos cuerpos de agua es complejo y se encuentra asociado tanto a los efectos estacionales de la evaporación, como al régimen intranual de las precipitaciones.

En el tránsito entre Laguna Chaxa (LM-12) hacia laguna Barros Negros (LM-11) se produce un aumento de la conductividad eléctrica (CE), con valores similares a los registrados en las aguas subterráneas del sector (BA-31). Lo anterior confirma que la evaporación y la disolución de sedimentos evaporíticos produce una concentración de sales y por tanto un aumento de la conductividad eléctrica 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 a través de canales superficiales naturales.

Finalmente es necesario concluir que, en general, todas las variables monitoreadas a través del PSAH, cumplen a diciembre del 2020, con los límites establecidos en la evaluación ambiental indicados en la RCA Nº21/2016.

8 REFERENCIAS

ALBEMARLE-SGA. “Informe Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico Salar de Atacama”, Activación PAT RCA N° 21/2016, Sector de Alerta Norte, Fase I, en fecha 18.06.2018.

ALBEMARLE-SGA. “Informe Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico Salar de Atacama”, Activación PAT RCA N° 21/2016, Sector de Alerta Norte, Fase I, en fecha 04.07.2019.

ALBEMARLE-SGA. “Informe Herramienta de Verificación del Efecto Sinérgico Salar de Atacama”, Activación PAT RCA N° 21/2016, Sector de Alerta Norte, Fase I, en fecha 01.08.2020.

ALBEMARLE-SGA. “Informe Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH) Nº3, período Enero-Diciembre 2018. Entregado a SMA marzo 2019.

ALBEMARLE-SGA. “Informe Plan de Seguimiento Ambiental Hídrico (PSAH) Nº4, período Enero-Diciembre 2019. Entregado a SMA marzo 2020.

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.