

**SQM SALAR S.A.**

**INFORME N° 21 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL  
HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS  
DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA**

**“INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO  
2017”**

---

# INFORME N° 21 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

## “INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO 2017”

### ÍNDICE

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>SISTEMA SONCOR</b> .....	<b>7</b>
1.1.1	Sistema Soncor: Sector norte, nacientes del Canal Burro Muerto .....	9
1.1.2	Sistema Soncor: Zona Aluvial .....	9
1.1.3	Sistema Soncor: Zona Marginal .....	11
1.1.4	Sistema Soncor: Zona Salmuera.....	13
1.1.5	Sistema Soncor: Nivel Lacustre .....	13
<b>1.2</b>	<b>SISTEMA AGUAS DE QUELANA</b> .....	<b>16</b>
1.2.1	Sistema Aguas de Quelana: Zona aluvial.....	17
1.2.2	Sistema Aguas de Quelana: Zona marginal .....	17
1.2.3	Sistema Aguas de Quelana: Zona Salmuera.....	19
1.2.4	Sistema Aguas de Quelana: Cuerpos de agua superficial.....	19
<b>1.3</b>	<b>SISTEMA PEINE</b> .....	<b>21</b>
1.3.1	Sistema Peine: Zona Marginal .....	22
1.3.2	Sistema Peine: Zona Salmuera .....	23
1.3.3	Sistema Peine: Nivel Lacustre.....	24
<b>1.4</b>	<b>SISTEMA CUÑA SALINA</b> .....	<b>26</b>
<b>1.5</b>	<b>SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE</b> .....	<b>28</b>
<b>1.6</b>	<b>SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO</b> .....	<b>32</b>
<b>1.7</b>	<b>SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA</b> .....	<b>35</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>41</b>

<b>4.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO E INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES</b>	<b>48</b>
4.2.1	Niveles de agua superficial y subterránea	48
4.2.2	Calidad físico-química del agua	48
4.2.3	Aforos de caudal superficial	48
4.2.4	Caudal Bombeado de Pozos de Agua Industrial	48
4.2.5	Meteorología	48
4.2.6	Superficie lacustre	49
4.2.7	Resumen de parámetros registrados	49
<b>4.3</b>	<b>METODOLOGÍAS</b>	<b>50</b>
4.3.1	Monitoreo de nivel de pozos operativos y no operativos	50
4.3.2	Medición de parámetros físico-químicos en terreno y muestreo de aguas superficiales y subterráneas	50
4.3.3	Medición de superficies lacustres	51
4.3.4	Realización de aforos en cauces naturales	52
4.3.5	Medición Meteorología	52
<b>4.4</b>	<b>MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS</b>	<b>52</b>
4.4.1	Medición de niveles y configuración de equipos de medición continua	52
4.4.2	Parámetros físico-químicos medidos en terreno	52
4.4.3	Muestreo físico-químico	53
4.4.4	Estimación de superficies lacustres	53
4.4.5	Realización de aforos en cauces naturales	53
4.4.6	Medición Meteorología	53
4.4.7	Medición caudal de pozos de agua industrial	53
<b>4.5</b>	<b>INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>56</b>
<b>5.1</b>	<b>ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS</b>	<b>56</b>
5.1.1	Sistema Soncor	62
5.1.2	Sistema Aguas de Quelana	65
5.1.3	Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa	68
5.1.4	Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex	71
5.1.5	Sistema Borde Este - Alerta Temprana	74

5.1.6	Pozos adicionales al PC.....	77
<b>5.2</b>	<b>REVISION DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....</b>	<b>81</b>
5.2.1	Sistema Soncor.....	81
5.2.2	Sistema Aguas de Quelana.....	82
5.2.3	Sistema Vegetación Borde Este.....	84
5.2.4	Subsistema vegetación Hidromorfa.....	86
5.2.5	Subsistema vegetación Brea-Atriplex.....	87
5.2.6	Subsistema Alerta Temprana.....	88
5.2.7	Sistema Peine.....	89
<b>5.3</b>	<b>MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO .....</b>	<b>91</b>
5.3.1	Sistema Soncor.....	91
5.3.2	Sistema Aguas de Quelana.....	179
5.3.3	Sistema Peine.....	229
5.3.4	Sistema Vegetación Borde Este.....	264
5.3.5	Sistema Vegas de Tilopozo.....	280
5.3.6	Sistema Núcleo del Salar de Atacama .....	285
5.3.7	Sistema Cuña Salina.....	302
<b>6</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>312</b>
<b>6.1</b>	<b>SISTEMA SONCOR .....</b>	<b>312</b>
6.1.1	Niveles de agua subterránea.....	312
6.1.2	Niveles de agua superficial .....	313
6.1.3	Evolución del nivel lacustre .....	314
6.1.4	Meteorología .....	314
6.1.5	Nivel en pozos de bombeo de agua industrial y caudal bombeado .....	314
6.1.6	Calidad Química.....	314
6.1.7	Aforos .....	315
6.1.8	Evolución de la superficie de los sistemas lacustres .....	315
<b>6.2</b>	<b>SISTEMA AGUAS DE QUELANA .....</b>	<b>329</b>
6.2.1	Niveles de agua subterráneos.....	329
6.2.2	Niveles de agua superficial .....	330
6.2.3	Nivel en pozos de bombeo de agua industrial y caudal bombeado .....	330
6.2.4	Calidad química .....	330

<b>6.3</b>	<b>SISTEMA PEINE</b> .....	<b>330</b>
6.3.1	Niveles de agua subterráneos.....	330
6.3.2	Nivel de agua superficial en las lagunas .....	331
6.3.3	Calidad química .....	331
6.3.4	Aforos .....	331
6.3.5	Evolución de la superficie de los sistemas lacustres .....	331
<b>6.4</b>	<b>SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE</b> .....	<b>339</b>
6.4.1	Niveles de agua subterráneos.....	339
6.4.2	Calidad química .....	340
6.4.3	Nivel en pozo de bombeo de agua industrial y caudal bombeado .....	340
<b>6.5</b>	<b>SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO</b> .....	<b>340</b>
<b>6.6</b>	<b>SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA</b> .....	<b>340</b>
6.6.1	Niveles de agua subterráneos.....	340
6.6.2	Meteorología .....	340
6.6.3	Calidad Química.....	340
<b>6.7</b>	<b>SISTEMA CUÑA SALINA</b> .....	<b>340</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>341</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>343</b>
<b>9</b>	<b>GLOSARIO Y ABREVIACIONES</b> .....	<b>344</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1. Sistemas del Salar de Atacama .....	2
Figura 1-2: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH .....	3
Figura 1-3. Zonificación del Salar de Atacama.....	4
Figura 1-4: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial .....	6
Figura 1-5: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Soncor.....	8
Figura 1-6: Nivel observado (m.s.n.m.) reglilla L11-1 .....	9
Figura 1-7. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Mullay 1 (bombeo).....	10
Figura 1-8. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1 .....	10
Figura 1-9. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1 .....	11
Figura 1-10. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027 .....	12
Figura 1-11. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6 .....	12
Figura 1-12. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13 .....	13
Figura 1-13: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Barros Negros .....	14
Figura 1-14: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Puilar. ....	14

Figura 1-15: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa .....	15
Figura 1-16: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.....	16
Figura 1-17: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1</b> .....	17
Figura 1-18: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5</b> .....	18
Figura 1-19: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1</b> .....	18
Figura 1-20: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4 (SOPM-08)</b> .....	19
Figura 1-21: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla L5-G3. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos).....	20
Figura 1-22: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Peine .....	21
Figura 1-23: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2</b> .....	22
Figura 1-24: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7</b> .....	22
Figura 1-25: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17</b> .....	23
Figura 1-26: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028</b> .....	23
Figura 1-27: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Salada.....	24
Figura 1-28: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Saladita.....	25
Figura 1-29: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Interna.....	25
Figura 1-30: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.....	26
Figura 1-31: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio 2017. ....	27
Figura 1-32: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este.....	29
Figura 1-33: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15</b> .....	30
Figura 1-34: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3</b> .....	30
Figura 1-35: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5</b> .....	31
Figura 1-36: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.....	32
Figura 1-37: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla de Tilopozo .....	33
Figura 1-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3 .....	33
Figura 1-39: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1.....	34
Figura 1-40: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama .....	35
Figura 1-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-04 .....	36
Figura 1-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040. ....	36
Figura 1-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S .....	37
Figura 1-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906 .....	37
Figura 4-1: Ubicación general del proyecto.....	42
Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama.....	43
Figura 4-3: Modelo conceptual de flujo en la cuenca. ....	44
Figura 4-4: Sistemas a proteger en la zona marginal.....	45
Figura 4-5: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH .....	47
Figura 5-1: Esquema conceptual de pozos de monitoreo .....	57
Figura 5-2: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial (DATUM WGS-84) .....	59
Figura 5-3: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L7-4 (WGS-84) ....	62
Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-4 (WGS-84) ....	63
Figura 5-5: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-5 (WGS-84) ....	63
Figura 5-6: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-G4 (WGS-84) .	64
Figura 5-7: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5.....	65

Figura 5-8: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-9.....	65
Figura 5-9: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-8.....	66
Figura 5-10: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-12.....	66
Figura 5-11: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-8.....	67
Figura 5-12: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-10.....	67
Figura 5-13: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-3.....	68
Figura 5-14: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-4.....	68
Figura 5-15: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5.....	69
Figura 5-16: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-10.....	69
Figura 5-17: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-17.....	70
Figura 5-18: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-27.....	70
Figura 5-19: Descenso del nivel observado desde noviembre de 2007 en el pozo L7-6.....	71
Figura 5-20: Descenso del nivel observado desde septiembre de 2007 en el pozo L2-7.....	71
Figura 5-21: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-3.....	72
Figura 5-22: Descenso del nivel observado desde agosto de 2007 en el pozo L4-7.....	72
Figura 5-23: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-1.....	73
Figura 5-24: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-3.....	73
Figura 5-25: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-28.....	74
Figura 5-26: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-13.....	75
Figura 5-27: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-25.....	75
Figura 5-28: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-11.....	76
Figura 5-29: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-3.....	76
Figura 5-30: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-1.....	77
Figura 5-31: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-14.....	78
Figura 5-32: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-17.....	78
Figura 5-33: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-2.....	79
Figura 5-34: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-25.....	79
Figura 5-35: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-26.....	80
Figura 5-36: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-15.....	80
Figura 5-37: Perfil esquemático del borde este del salar de Atacama.....	85
Figura 5-38: Perfil vertical esquemático del suelo en el límite oriental de la zona de conexión vegetación-acuífero.....	85
Figura 5-39: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor.....	92
FIGURA 5-40: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1.....	95
FIGURA 5-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-2.....	96
FIGURA 5-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-3.....	96
FIGURA 5-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-2.....	97
FIGURA 5-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-3.....	97
FIGURA 5-45: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-7.....	98
FIGURA 5-46: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1.....	98
FIGURA 5-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-2.....	99
FIGURA 5-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-6.....	99
FIGURA 5-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Mullay 1.....	100
FIGURA 5-50: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Allana.....	100
FIGURA 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027.....	101
FIGURA 5-52: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-1.....	101

FIGURA 5-53: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-2 .....	102
FIGURA 5-54: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-3 .....	102
FIGURA 5-55: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-4 .....	103
FIGURA 5-56: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-5 .....	103
FIGURA 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-6 .....	104
FIGURA 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-7 .....	104
FIGURA 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-01 .....	105
FIGURA 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-4.....	105
FIGURA 5-61: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-5.....	106
FIGURA 5-62: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-6.....	106
FIGURA 5-63: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-7.....	107
FIGURA 5-64: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-8.....	107
FIGURA 5-65: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-9.....	108
FIGURA 5-66: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-10.....	108
FIGURA 5-67: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-11.....	109
FIGURA 5-68: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-12.....	109
FIGURA 5-69: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-13.....	110
FIGURA 5-70: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-14.....	110
FIGURA 5-71: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-15.....	111
FIGURA 5-72: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-16.....	111
FIGURA 5-73: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-4.....	112
FIGURA 5-74: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-5.....	112
FIGURA 5-75: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-8.....	113
FIGURA 5-76: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-10.....	113
FIGURA 5-77: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-11.....	114
FIGURA 5-78: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-12.....	114
FIGURA 5-79: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-13.....	115
FIGURA 5-80: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-15.....	115
FIGURA 5-81: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-17.....	116
FIGURA 5-82: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-18.....	116
FIGURA 5-83: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-19.....	117
FIGURA 5-84: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-21.....	117
FIGURA 5-85: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-22.....	118
FIGURA 5-86: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-24.....	118
FIGURA 5-87: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-3.....	119
FIGURA 5-88: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	120
FIGURA 5-89: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-5.....	121
FIGURA 5-90: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-7.....	121
FIGURA 5-91: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-10.....	122
FIGURA 5-92: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-11.....	122
FIGURA 5-93: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-12.....	123
FIGURA 5-94: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-1.....	123
FIGURA 5-95: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-2.....	124
Figura 5-96: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L1-G4.....	126
Figura 5-97: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G1.....	126

Figura 5-98: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua) .....	127
Figura 5-99: Representación gráfica de las reglillas instaladas cercanas al puente San Luis .....	127
Figura 5-100: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual) .....	128
Figura 5-101: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Burro Muerto (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).....	128
Figura 5-102: Nivel observado (m.s.n.m.) en la Reglilla L11-G1 .....	129
Figura 5-103: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	130
Figura 5-104: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	130
Figura 5-105: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	131
Figura 5-106: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	131
Figura 5-107: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	132
Figura 5-108: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	132
Figura 5-109: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	133
Figura 5-110: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	133
Figura 5-111: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	134
Figura 5-112: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	134
Figura 5-113: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	135
Figura 5-114: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	135
Figura 5-115: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	136
Figura 5-116: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	136
Figura 5-117: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	137
Figura 5-118: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	137
Figura 5-119: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-07 (L2-6). .....	138
Figura 5-120: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13. ....	138
Figura 5-121: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-14. ....	139
Figura 5-122: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-14.....	139

Figura 5-123: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-20.....	140
Figura 5-124: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Barros Negros .....	141
Figura 5-125: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Puilar. ....	142
Figura 5-126: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa ....	142
Figura 5-127: Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa .....	144
Figura 5-128: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa.....	144
Figura 5-129: Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa .....	145
Figura 5-130: Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa.....	145
Figura 5-131: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Mullay. ....	146
Figura 5-132: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Allana.....	146
Figura 5-133: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4.....	148
Figura 5-134: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5.....	149
Figura 5-135: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6.....	150
Figura 5-136: Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4 .....	151
Figura 5-137: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3.....	152
Figura 5-138: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4.....	153
Figura 5-139: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5.....	154
Figura 5-140: Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3.....	155
Figura 5-141: Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1 .....	156
Figura 5-142: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07 .....	157
Figura 5-143: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay.....	158
Figura 5-144: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación).....	159
Figura 5-145: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14 .....	160
Figura 5-146: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana .....	161
Figura 5-147: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación).....	162
Figura 5-148: Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa.....	163
Figura 5-149: Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros .....	164
Figura 5-150: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa.....	166
Figura 5-151: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación) .....	167
Figura 5-152: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto .....	168
Figura 5-153: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación) .....	169
Figura 5-154: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros .....	170
Figura 5-155: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación) .....	171
Figura 5-156: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar .....	172
Figura 5-157: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar (continuación) .....	173
Figura 5-158: Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m <sup>2</sup> ).....	174
Figura 5-159: Caudal promedio diario en Puente San Luis .....	175
Figura 5-160: Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales) .....	176
Figura 5-161: Evolución de la superficie lacustre sistema Soncor medida a través de imágenes satelitales.....	178

Figura 5-162: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana. Nivel del agua subterránea y superficial.....	181
Figura 5-163: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-2.....	182
Figura 5-164: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3.....	182
Figura 5-165 Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-4.....	183
Figura 5-166 Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1.....	183
Figura 5-167: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-2.....	184
Figura 5-168: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-02.....	184
Figura 5-169: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3.....	185
Figura 5-170: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-8.....	185
Figura 5-171: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-11.....	186
Figura 5-172: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-12.....	186
Figura 5-173: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-14.....	187
Figura 5-174: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-5.....	187
Figura 5-175: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-11.....	188
Figura 5-176: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-14.....	188
Figura 5-177: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-15.....	189
Figura 5-178: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-9.....	189
Figura 5-179: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-11</b> .....	190
Figura 5-180: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-12</b> .....	190
Figura 5-181: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-13</b> .....	191
Figura 5-182: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-15.....	191
Figura 5-183: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5.....	192
Figura 5-184: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-6.....	192
Figura 5-185: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-7.....	193
Figura 5-186: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1</b> .....	193
Figura 5-187: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-2</b> .....	194
Figura 5-188: <b>Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-3</b> .....	194
Figura 5-189: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-5.....	195
Figura 5-190: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-6.....	195
Figura 5-191: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-7.....	196
Figura 5-192: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L5-G3.....	196
Figura 5-193: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L4-10.....	197
Figura 5-194: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	198
Figura 5-195: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	199
Figura 5-196: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	199
Figura 5-197: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	200
Figura 5-198: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	200
Figura 5-199: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	201

Figura 5-200: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	201
Figura 5-201: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	202
Figura 5-202: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	202
Figura 5-203: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	203
Figura 5-204: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	203
Figura 5-205: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	204
Figura 5-206: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	204
Figura 5-207: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	205
Figura 5-208: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	205
Figura 5-209: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	206
Figura 5-210: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	206
Figura 5-211: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	207
Figura 5-212: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	207
Figura 5-213: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	208
Figura 5-214: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	208
Figura 5-215: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) .....	209
Figura 5-216: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo D-2 .....	210
Figura 5-217: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4 (SOPM-8) .....	211
Figura 5-218: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-6 .....	211
Figura 5-219: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-16 .....	212
Figura 5-220: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-4 .....	212
Figura 5-221: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-9 .....	213
Figura 5-222: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Camar-2 .....	214
Figura 5-223: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Socaire-5B .....	214
Figura 5-224: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Camar-2 .....	215
Figura 5-225: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Socaire-5B. ....	215
Figura 5-226: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-3.....	217
Figura 5-227: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-6.....	218
Figura 5-228: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-8.....	219
Figura 5-229: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-9.....	220

Figura 5-230: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-8.....	221
Figura 5-231: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-8.....	222
Figura 5-232: Resultados de análisis físico-químico pozo Camar-2.....	223
Figura 5-233: Resultados de análisis físico-químico pozo Camar-2 (continuación).....	224
Figura 5-234: Resultados de análisis físico-químico pozo Socaire-5B .....	225
Figura 5-235: Resultados de análisis físico-químico pozo Socaire-5B continuación .....	226
Figura 5-236: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-10.....	227
Figura 5-237: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-10 (continuación) .....	228
Figura 5-238: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine.....	230
Figura5-239: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-04.....	231
Figura5-240: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-1 .....	232
Figura5-241: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2.....	232
Figura5-242: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-3.....	233
Figura5-243: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-4.....	233
Figura5-244: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-5.....	234
Figura5-245: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-6.....	234
Figura5-246: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7 .....	235
Figura5-247: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-8.....	235
Figura5-248: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-9.....	236
Figura5-249: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-10.....	236
Figura5-250: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-15.....	237
Figura5-251: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1024 .....	238
Figura5-252: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028 .....	239
Figura5-253: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2018. ....	239
Figura5-254: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2037. ....	240
Figura5-255: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-03.....	240
Figura5-256: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-11 .....	241
Figura5-257: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-12.....	241
Figura5-258: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-13.....	242
Figura5-259: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-14.....	242
Figura5-260: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-16.....	243
Figura5-261: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17.....	243
Figura 5-262: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Salada.....	244
Figura 5-263: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Saladita.....	245
Figura 5-264: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Interna.....	245
Figura 5-265: Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028 .....	247
Figura 5-266: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1 .....	248
Figura 5-267: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4.....	249
Figura 5-268: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna.....	251
Figura 5-269: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación).....	252
Figura 5-270: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada.....	253
Figura 5-271: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación).....	254
Figura 5-272: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita. ....	255

Figura 5-273: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación).....	256
Figura 5-274: Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m <sup>2</sup> ).....	258
Figura 5-275: Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m <sup>2</sup> ).....	259
Figura 5-276: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales).....	260
Figura 5-277: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida a través de imágenes satelitales.....	263
Figura 5-278: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este.....	265
Figura 5-279: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-16.....	266
Figura 5-280: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-15.....	267
Figura 5-281: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-17.....	268
Figura 5-282: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-25.....	269
Figura 5-283: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-26.....	269
Figura 5-284: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-27.....	270
Figura 5-285: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-28.....	270
Figura 5-286: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15.....	271
Figura 5-287: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-17.....	271
Figura 5-288: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-13.....	272
Figura 5-289: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-14.....	272
Figura 5-290: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L9-1.....	273
Figura 5-291: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L9-2.....	273
Figura 5-292: Nivel observado (m.s.n.m.) en régimen estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) en el pozo de bombeo P2.....	274
Figura 5-293: Nivel observado (m.s.n.m.) en régimen estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) en el pozo de bombeo CA-2015.....	274
Figura 5-294: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo P2.....	275
Figura 5-295: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo CA-2015.....	276
Figura 5-296: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2.....	278
Figura 5-297: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación).....	279
Figura 5-298: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo ...	281
Figura 5-299: Nivel observado (m.s.n.m.) en la Reglilla de Tilopozo.....	282
Figura 5-300: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1.....	283
Figura 5-301: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-2.....	283
Figura 5-302: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3.....	284
Figura 5-303: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-4.....	284
Figura 5-304: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama ....	286
Figura 5-305: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1001.....	287
Figura 5-306: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906.....	288
Figura 5-307: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2028.....	288
Figura 5-308: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040.....	289
Figura 5-309: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo C4-B.....	289
Figura 5-310: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M1-C.....	290

Figura 5-311: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M2-C .....	290
Figura 5-312: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M7 .....	291
Figura 5-313: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-101.....	291
Figura 5-314: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-324.....	292
Figura 5-315: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo EIA-5 .....	292
Figura 5-316: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SAMPLE-4 .....	293
Figura 5-317: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPE-6 .....	293
Figura 5-318: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-2 .....	294
Figura 5-319: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-4 .....	294
Figura 5-320: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-5 .....	295
Figura 5-321: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-10 .....	295
Figura 5-322: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-11 .....	296
Figura 5-323: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-12C.....	296
Figura 5-324: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S .....	297
Figura 5-325: Precipitación diaria registrada en la estación KCL .....	298
Figura 5-326: Evaporación diaria registrada en la estación KCL.....	298
Figura 5-327: Velocidad del viento diaria registrada en la estación KCL.....	299
Figura 5-328: Temperatura media diaria registrada en la estación KCL.....	299
Figura5-329: Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12C.....	300
Figura5-330: Resultados de análisis físico-químico pozo 1001.....	301
Figura 5-331. Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina. ....	303
Figura 5-332: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 1.....	304
Figura 5-333: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 2.....	305
Figura 5-334: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 3.....	305
Figura 5-335: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio 2017. ....	306
Figura 5-336: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 4.....	306
Figura 5-337: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 5.....	307
Figura 5-338: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3.....	308
Figura 5-339: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio de 2017. ....	309
Figura 5-340: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 6.....	309
Figura 5-341: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 7.....	310
Figura 5-342: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 a junio 2017. ....	311
Figura 6-1: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2017. ....	316
Figura 6-2: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2017. (continuación). ....	317
Figura 6-3: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2017.....	318
Figura 6-4: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2017 (continuación) .....	319
Figura 6-5: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2017.....	320
Figura 6-6: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2017 (continuación). ....	321
Figura 6-7: Imágenes Barros Negros entre los años 1964 y 2000.....	324
Figura 6-8: Imágenes Barros Negros entre los años 2006 y 2017.....	325
Figura 6-9: Localización de los puntos de observación considerados en el análisis.....	327



---

Figura 6-10: Registro de niveles piezométricos en los puntos L1-5; L1-G4; SOPM-14 y Reglilla Barros Negros. Se incluye también el registro de precipitación de la estación Chaxa de SQM. ....	328
Figura 6-11: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2017.....	333
Figura 6-12: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2017 (continuación).....	334
Figura 6-13: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2017.....	335
Figura 6-14: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2017 (continuación).....	336
Figura 6-15: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2017.....	337
Figura 6-16: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2017 (continuación).....	338
Figura 6-17. Ubicación geográfica de zona de afloramientos del Sistema Peine. ....	339

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe.....	39
Tabla 4-1: Listado de parámetros registrados en el monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental.....	49
Tabla 5-1: Identificación de Indicadores de Estado, según RCA 226/2006. ....	56
Tabla 5-2: Puntos de monitoreo del PC con su cota de activación, según RCA 226/2006 con levantamiento topográfico actualizada para el Sistema Soncor. ....	60
Tabla 5-3: Puntos de monitoreo del PC con su descenso de activación. ....	60
Tabla 5-4: Puntos de monitoreo adicionales voluntarios al PC.....	61
Tabla 5-5: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia.....	61
Tabla 5-6: Mínimo histórico con registros actualizados a junio de 2015 y 2017 .....	82
Tabla 5-7: Estadígrafos con registros actualizados a junio de 2015.....	82
Tabla 5-8: Estadígrafos con registros actualizados a junio de 2017 .....	82
Tabla 5-9 Descensos máximos permitidos en el nivel de agua de los indicadores de estado del Sistema Aguas de Quelana en función del mes de inicio del monitoreo .....	83
Tabla 5-10: Medición desde punto de referencia de activación del PC en el Sistema Aguas de Quelana .....	84
Tabla 5-11 Medición desde punto de referencia de activación del pc en el sistema vegetación hidromorfa .....	87
Tabla 5-12: Medición desde punto de referencia de activación del PC en el sistema subsistema vegetación Brea-Atriplex.....	88
Tabla 5-13 Medición desde punto de referencia de activación del pc en el sistema Borde Este Alerta Temprana.....	89
Tabla 5-14: Puntos de monitoreo del sistema Soncor.....	93
Tabla 5-15: Principales precipitaciones (más de 5 mm) registradas en la Estación Meteorológica de Chaxa desde 2011 hasta junio 2017.....	143
Tabla 5-16: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril de 2014. ....	177
Tabla 5-17: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2013 a abril de 2017. ....	177
Tabla 5-18: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana .....	179
Tabla 5-19: Puntos de monitoreo del sistema Peine .....	229



---

Tabla 5-20: Superficies lacustres medidas desde abril de 2015 hasta abril de 2012.....	262
Tabla 5-21: Superficies lacustres medidas desde abril de 2015 hasta abril de 2017.....	262
Tabla 5-22: Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este .....	264
Tabla 5-23: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.....	280
Tabla 5-24: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama .....	285
Tabla 5-25: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina .....	302
Tabla 6-1. Superficies totales de los sistemas lacustres de Soncor .....	315
Tabla 6-2: Imágenes recopiladas y analizadas para la Laguna Barros Negros. ....	322
Tabla 6-4. Superficies totales de los sistemas lacustres de Peine .....	332



---

## **ANEXOS**

- ANEXO 1: REPORTE BIOMA DE VISITA A TERRENO JUNIO 2017
- ANEXO 2: MEDICIONES AUDITORES EXTERNOS Y AUTORIDADES
- ANEXO 3: LISTADO DE PERSONAL INVOLUCRADO EN CADA ACTIVIDAD RELACIONADO A ESTE INFORME
- ANEXO 4: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (M.S.N.M. DATUM UTM WGS84 HUSO 19S)
- ANEXO 5: METODOLOGÍAS DE MUESTREO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y/O CONTROL DE CADA PARÁMETRO.
- ANEXO 6: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN
- ANEXO 7: REGISTRO DE PUNTOS NO MONITOREADOS
- ANEXO 8: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DEL PSAH EN COORDENADAS UTM WGS84 HUSO 19S
- ANEXO 9: CARTAS DE AVISO A LA SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE
- ANEXO 10: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA – SECTOR SONCOR
- ANEXO 11 : DESCENSOS DE LOS POZOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA
- ANEXO 12: NIVELES POZOS PC SONCOR (PSAD-56)
- ANEXO 13: REGISTROS METEOROLÓGICOS
- ANEXO 14: REGISTRO DE CAUDALES BOMBEADOS POR MES EN LOS POZOS DE AGUA INDUSTRIAL (L/SEG)
- ANEXO 15: FIGURAS DE CALIDAD QUÍMICA
- ANEXO 16: INFORMES DE CALIDAD QUÍMICA
- ANEXO 17: CERTIFICACIÓN ETFA LABORATORIO SGS
- ANEXO 18: INFORME DE SUPERFICIES LACUSTRES

## 1 RESUMEN

El presente informe reporta y analiza la información del Seguimiento Ambiental Hidrogeológico que se realiza en el Salar de Atacama, según Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 226/2006, presentando los registros actualizados a junio de 2017 de los diferentes parámetros ambientales monitoreados dentro del componente hidrogeológico (nivel de agua subterránea y superficial, superficie lacustre, parámetros meteorológicos, calidad físico-química, caudal bombeado y caudal superficial).

Las mediciones consideradas en el PSAH se realizan en seis sistemas del Salar de Atacama (Figura 1-1), los que son representativos de la dinámica del núcleo, y de los sistemas lacustres emplazados en la periferia del salar (zona marginal), y de la napa de agua dulce que alimenta las formaciones vegetales del borde este (zona aluvial). Los sistemas son:

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

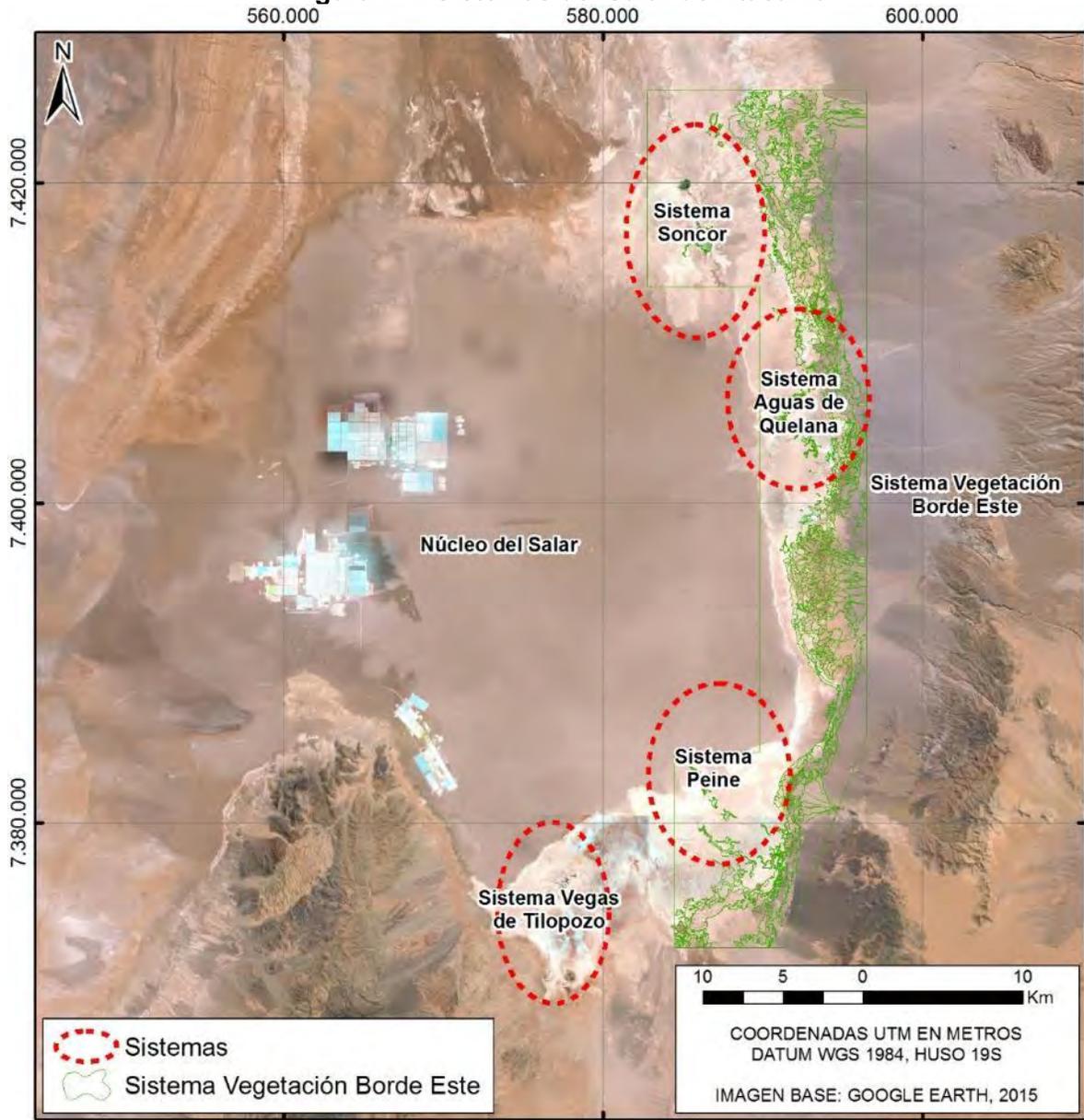
Las mediciones consideradas en el PSAH se fundamentan en:

- Proteger los sectores sensibles del Salar de Atacama (Figura 1-2):
  - Sistema lacustre de Soncor compuesto por tres lagunas principales, dos de las cuales, Chaxa y Barros Negros, se encuentran conectadas superficialmente a través de un canal natural y la tercera, laguna Puilar, es de menor tamaño y se ubica al este de las dos anteriores
  - Sistema Aguas de Quelana, compuesto por una serie de cuerpos lacustres desperdigados y sin continuidad ubicados al este del núcleo del Salar de Atacama
  - Sistema Peine, donde se encuentran las Lagunas Salada, Saladita e Interna.
  - Sistema Vegetación Borde Este donde se encuentra vegetación hidromorfa y arbustiva conectada al acuífero de agua subyacente.
- Proveer información para operar el Plan de Contingencia (PC).
- Caracterizar el comportamiento de la componente agua (subterránea y superficial) con el objetivo de entender su funcionamiento y evaluar si se detectan desviaciones en los sistemas que se busca proteger, respecto de las condiciones naturales históricamente observadas.

El PSAH se encuentra constituido por 225 puntos de monitoreo (47 de medición continua) que se desglosan de la siguiente manera:

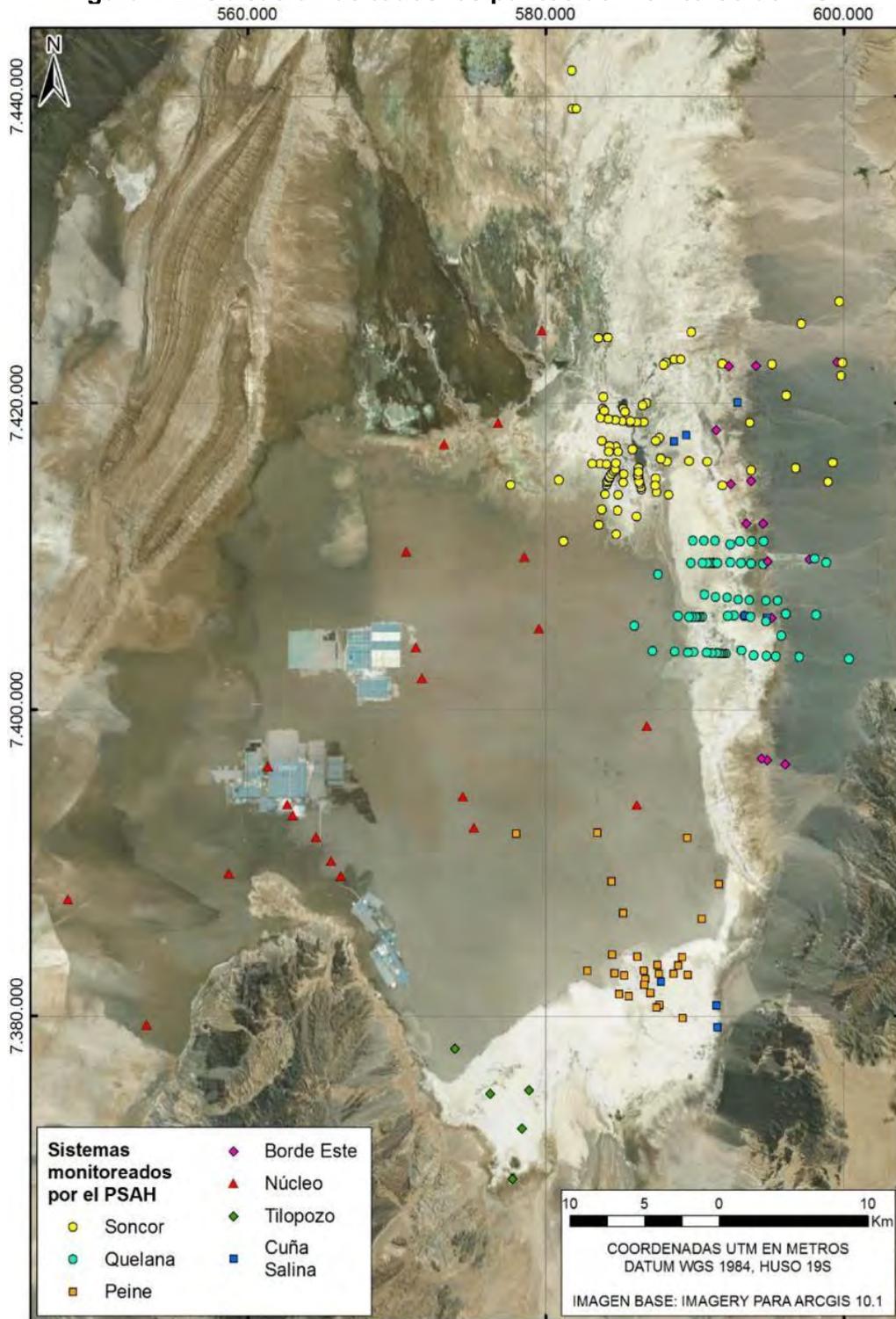
- 112 pozos someros;
- 84 pozos profundos;
- 5 pozos de bombeo de agua industrial;
- 18 reglillas para la medición del nivel de agua superficial;
- 4 estaciones de aforo de agua superficiales;
- 2 estaciones meteorológicas.

Figura 1-1. Sistemas del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-2: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH**



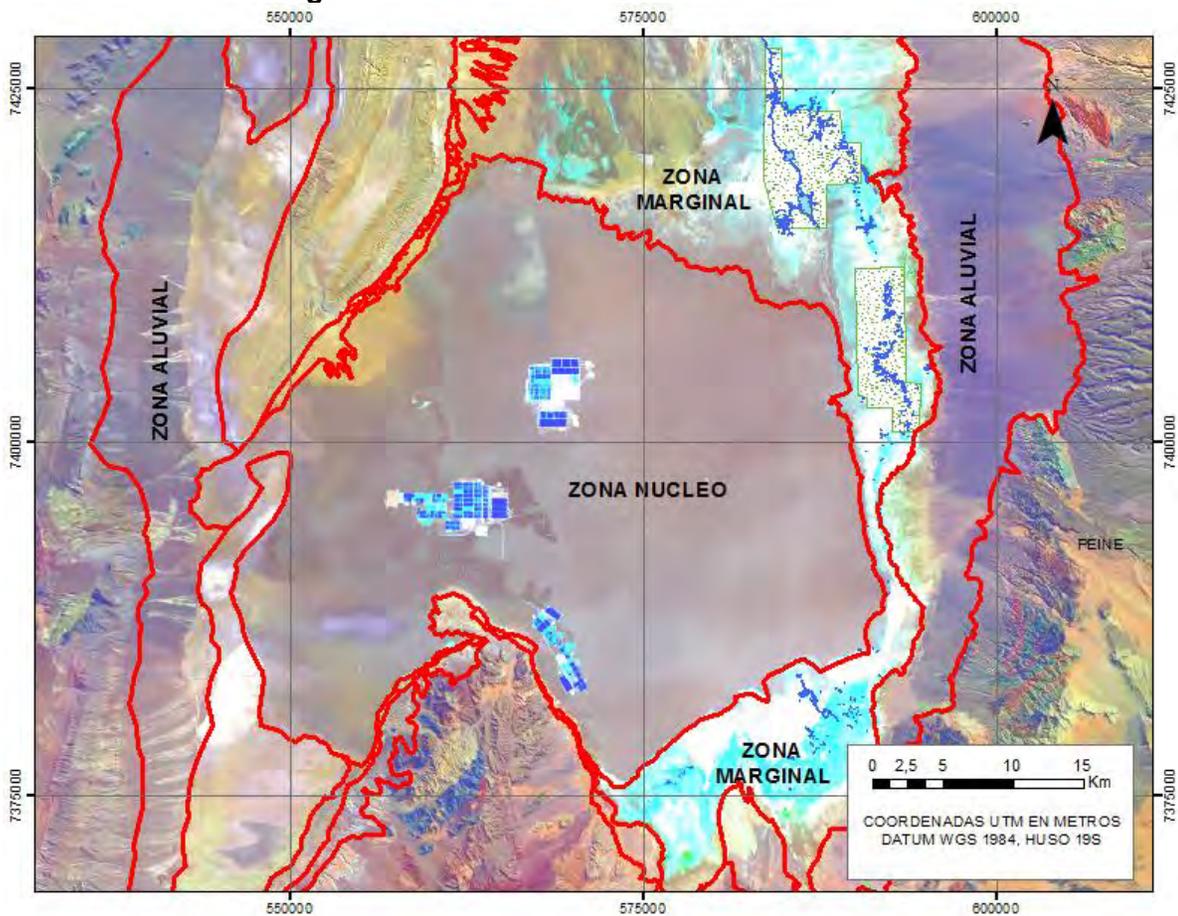
Fuente: Elaboración propia.

La dinámica de los sistemas hidrogeológicos del Salar de Atacama depende del balance recarga-descarga, donde existen acuíferos de agua dulce (Borde Este), agua salada (Zona Marginal) y salmuera (Núcleo), que son recargados principalmente por precipitaciones que ocurren en la zona alta de la cuenca generando recarga subterránea desde los acuíferos del Borde Este, del sector Sur (Tilopozo) y del sector Norte.

En la zona marginal se da la descarga principal por evaporación, dado que es en este sector donde se ubican los sistemas lacustres y niveles someros de agua subterránea. Las lagunas se producen por el afloramiento de agua subterránea, a veces en forma de canalización de los mismos afloramientos, en la zona donde se encuentra la cuña salina que marca la zona de equilibrio entre el sistema de agua dulce (aluvial) y el sistema de salmuera del núcleo. Cabe señalar que la mayoría de los puntos de medición se ubican en la zona marginal, justamente donde se encuentran los sistemas ambientales que son objeto de protección. Para mayor detalle revisar el capítulo 2, sección 4.1.

La zonificación del Salar de Atacama se presenta en la Figura 1-3, en ella se observa la ubicación de la zona marginal y el Borde Este dentro del Salar.

**Figura 1-3. Zonificación del Salar de Atacama**



Fuente: Elaboración propia.

Tal como se señaló anteriormente, uno de los objetivos principales del PSAH es proveer información para operar el Plan de Contingencias (PC), el cual está orientado a dar respuesta oportuna frente a comportamientos no previstos. El PC fue elaborado el año 2005 con motivo del EIA del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, y su diseño se sustentó en los resultados de 10 años de monitoreo de variables hidrogeológicas y bióticas, que indican que los sistemas a proteger toleran adecuadamente grandes variaciones hidrológicas estacionales e interanuales, situación que se ha corroborado desde el inicio del monitoreo del PSAH (mayo 2007) a la fecha. Por otra parte, y tal como fue debidamente fundamentado en el EIA, los caudales de bombeo de salmuera asociados al proyecto han sido calculados para que las extracciones no afecten los sistemas a proteger. Hasta la fecha se han realizado tres aumentos de extracción de salmuera acorde a los escalones de extracción definidos en la RCA. El último aumento ocurrió el 13 de agosto 2013, es así como actualmente el proyecto se encuentra en el tercer escalón de extracción de salmuera.

El PC se basa en zonas de protección definidas alrededor de los sistemas de lagunas y en sectores de vegetación en el Borde Este, contando con pozos de alerta temprana ubicados relativamente lejos de estos sistemas (Figura 1-4). Estos indicadores tienen asociada la activación del PC en dos fases:

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

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

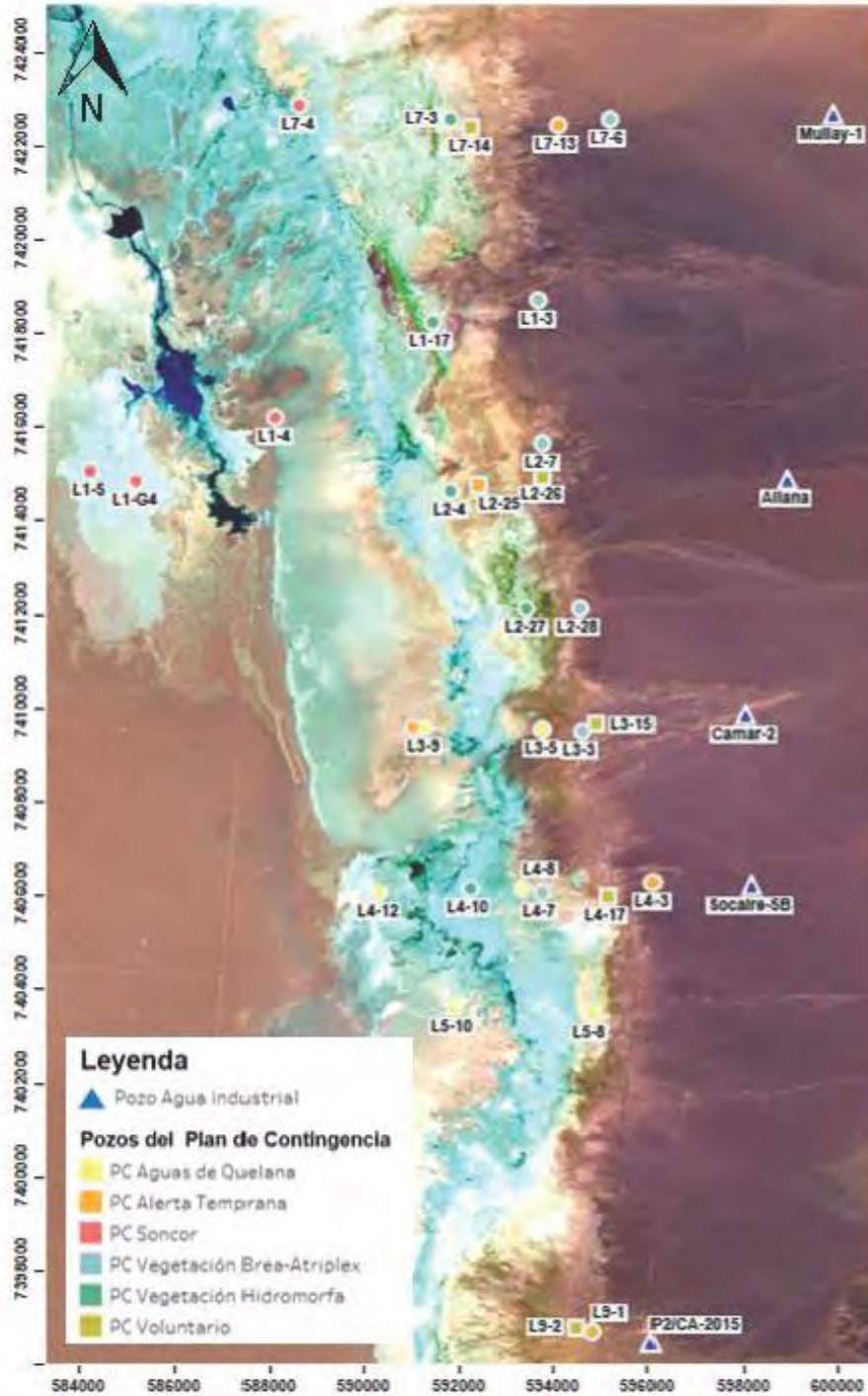
En la sección 5.1 se presenta en detalle en qué consiste el Plan de Contingencia para los sistemas que se busca proteger.

En dicha sección se incluye una breve descripción de los elementos a proteger, el tipo de seguimiento y el comportamiento para cada uno de los sistemas que conforman el PSAH. A modo de ejemplo, se muestran algunos indicadores, para mostrar el comportamiento general de cada sistema en base al registro de niveles y su ubicación espacial (núcleo, zona marginal y zona aluvial), presentando gráficos y figuras de ubicación con el objetivo de que el resumen sea un capítulo auto contenido. No obstante lo anterior, la meteorología y la calidad química se comentan a continuación de modo general, ya que su comportamiento es similar en toda el área de estudio.

La meteorología y, en especial, las precipitaciones, tienen una gran y casi inmediata influencia sobre los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, donde se observan incrementos importantes de nivel después de cada evento.

El registro histórico de la calidad química del agua no presenta una variación marcada ni una tendencia determinada.

**Figura 1-4: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial**

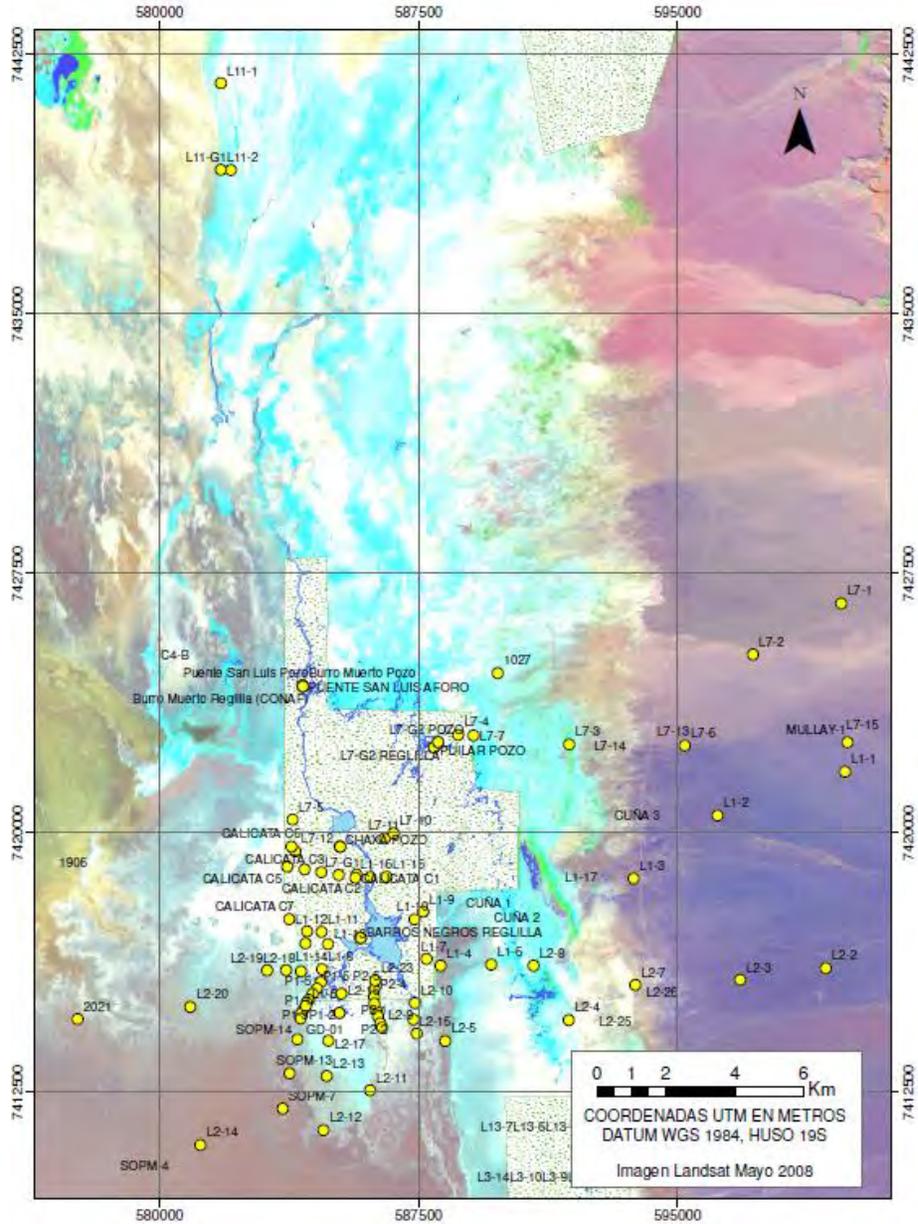


Fuente: Elaboración propia.

## **1.1 SISTEMA SONCOR**

Este sistema hídrico abarca parte de la zona aluvial, zona marginal y zona del núcleo. En la zona marginal existen las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar (objetos de protección del PC) y el canal Burro Muerto. Las lagunas Chaxa y Barros Negros son recargadas principalmente a través de agua superficial que proviene desde las nacientes ubicadas al norte del Salar de Atacama y a través del canal Burro Muerto, y además por recarga subterránea proveniente del acuífero del borde Este. En la zona aluvial del sistema Soncor se encuentran los pozos de bombeo de agua industrial Mullay y Allana desde donde se extrae agua industrial del acuífero del Borde Este. Los puntos de monitoreo de este sistema se presentan en la Figura 1-5.

**Figura 1-5: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Soncor**

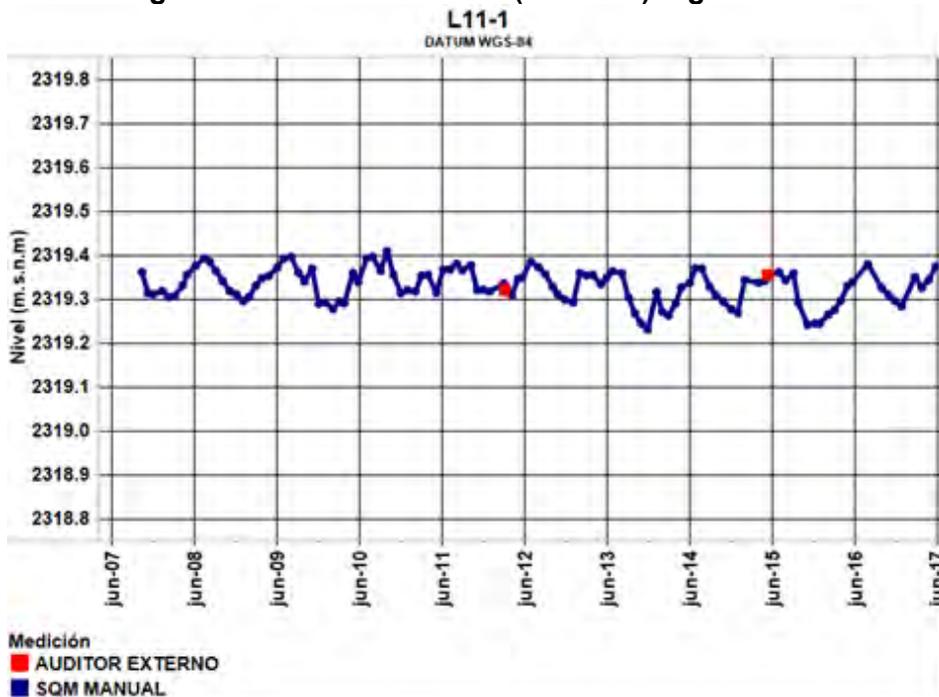


Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.1 Sistema Soncor: Sector norte, nacientes del Canal Burro Muerto

Tal como se señaló anteriormente, las lagunas Chaxa y Barros Negros del sistema Soncor son recargadas principalmente por un flujo de agua superficial a través del canal Burro Muerto, proveniente del sector de las nacientes, las que se encuentran a 20 Km aproximadamente al norte de la laguna Chaxa. Para ilustrar el comportamiento de los niveles de la napa en este sector, se presenta el nivel del punto L11-1, el que se ha mantenido estable en el tiempo. Los puntos de monitoreo emplazados en este sector fueron definidos para detectar cambios en la recarga, ya sea por acción de terceros aguas arriba o efectos naturales. Cabe destacar que un cambio en el comportamiento de este punto de observación no se relaciona con las actividades productivas que SQM desarrolla en la cuenca.

**Figura 1-6: Nivel observado (m.s.n.m.) reglilla L11-1**

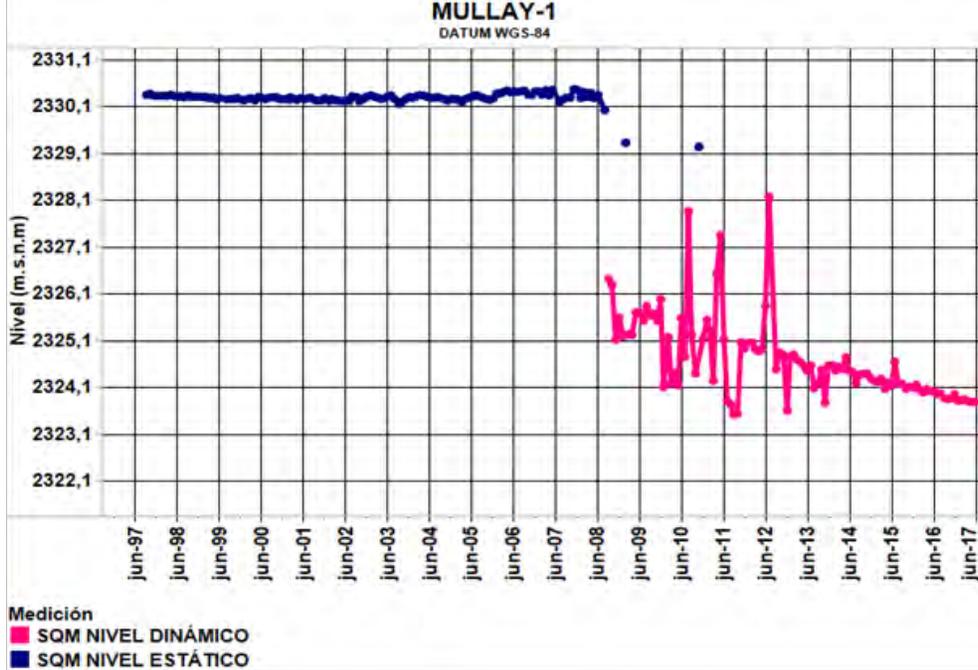


Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.2 Sistema Soncor: Zona Aluvial

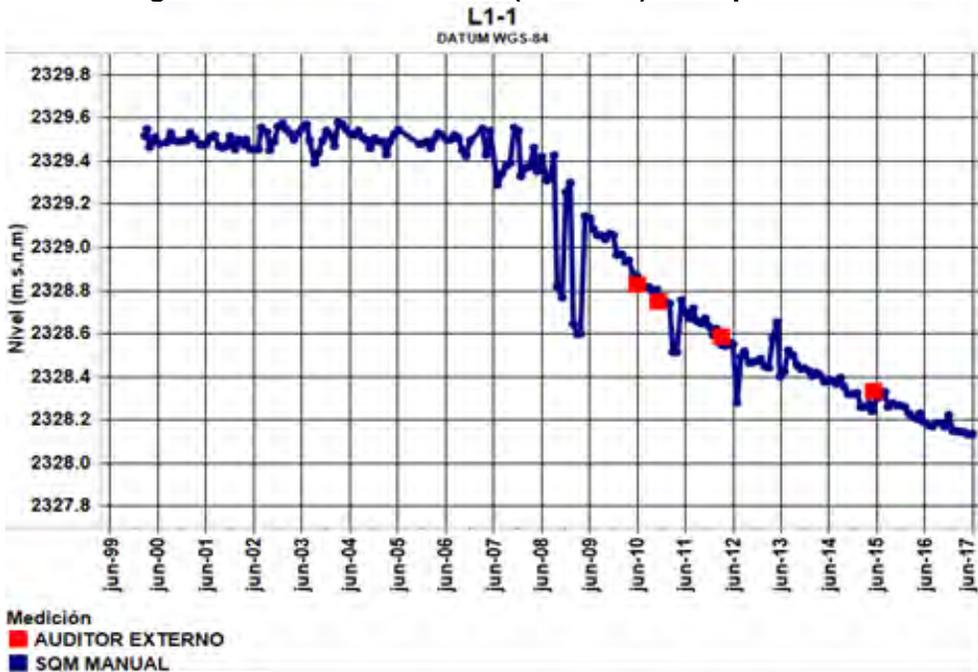
Esta zona se ubica en el margen este del sistema y su parámetro ambiental de mayor importancia monitoreado es el nivel de agua subterránea. La tendencia general de este parámetro es de suave descenso hacia la estabilización. El inicio del bombeo de los pozos de agua industrial en esta zona (pozos Allana y Mullay) fue en septiembre de 2008. En la Figura 1-7, Figura 1-8 y Figura 1-9 se presentan los diagramas de nivel de los pozos Mullay 1, L1-1 y L7-1 respectivamente. En éstos se observan los niveles dinámicos del pozo de bombeo de agua industrial (Mullay 1) con una tendencia de leve descenso. En los pozos de monitoreo L1-1 y L7-1, se observa un comportamiento de descenso provocado por la extracción en el pozo de bombeo de agua industrial.

**Figura 1-7. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Mullay 1 (bombeo)**



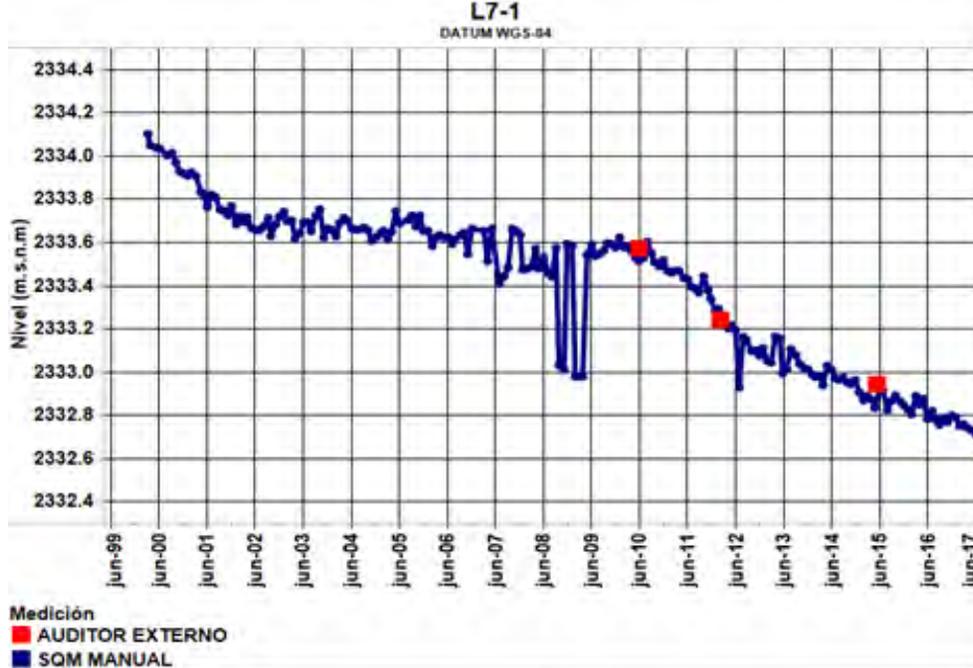
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-8. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-9. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1**



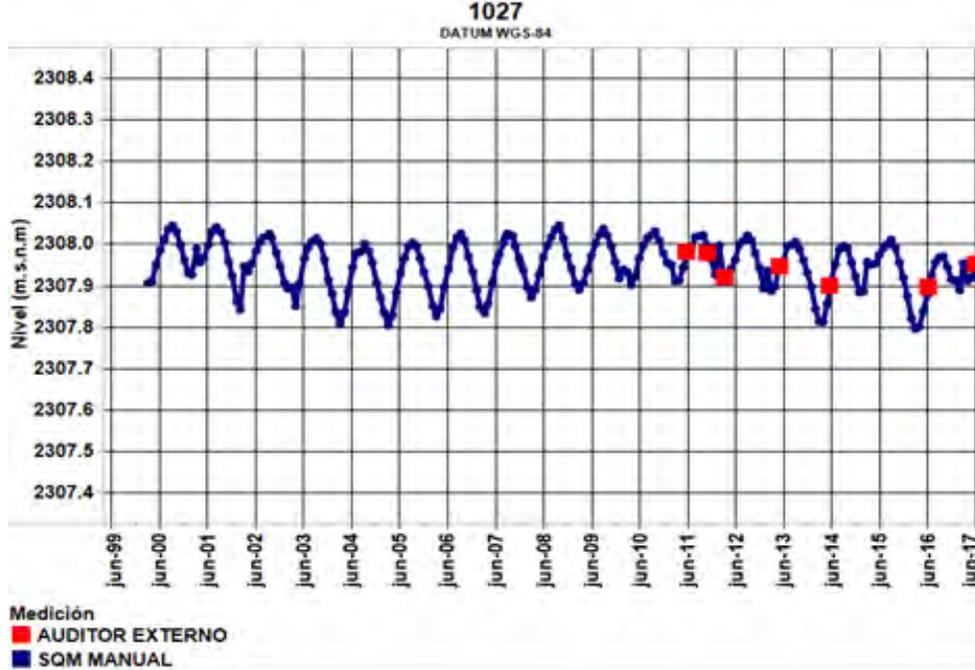
Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.3 Sistema Soncor: Zona Marginal

Corresponde a la zona de transición entre el agua y la salmuera del salar. Es en esta parte del sistema donde se encuentran los elementos objeto de protección, las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar.

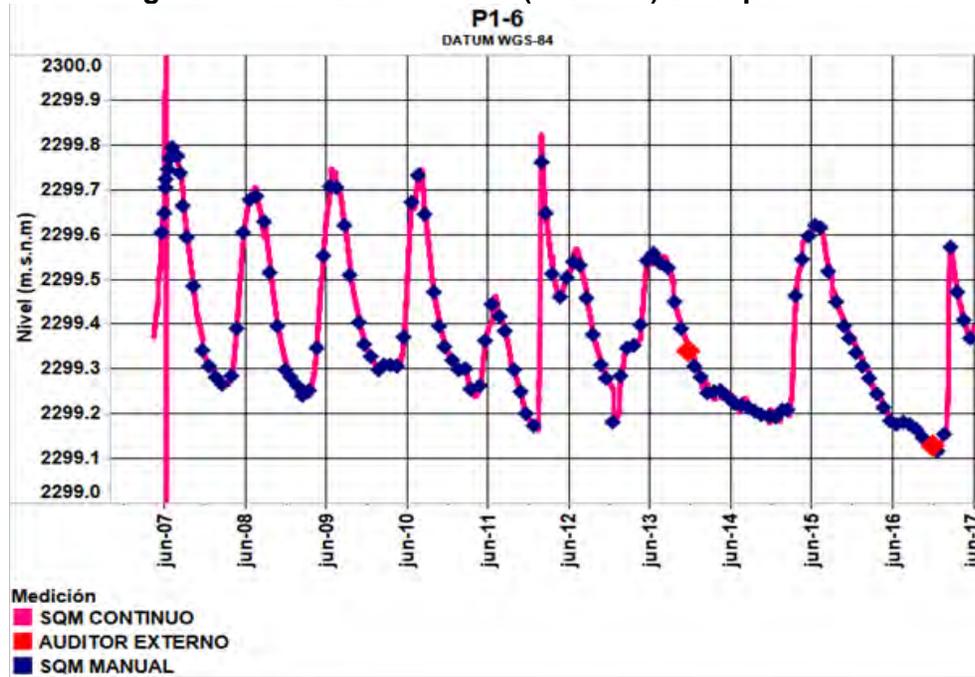
Los niveles se han mantenido en general estables dentro de su rango de variación estacional donde el proceso de control del nivel es la evaporación desde la superficie. Las precipitaciones registradas el 2012, 2013, 2015 y 2017 producen un aumento significativo de los niveles. Para ilustrar el comportamiento de los niveles de la napa en esta zona, en la Figura 1-10 y Figura 1-11 se presenta el comportamiento de los pozos 1027 y P1-6, respectivamente.

**Figura 1-10. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-11. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6**

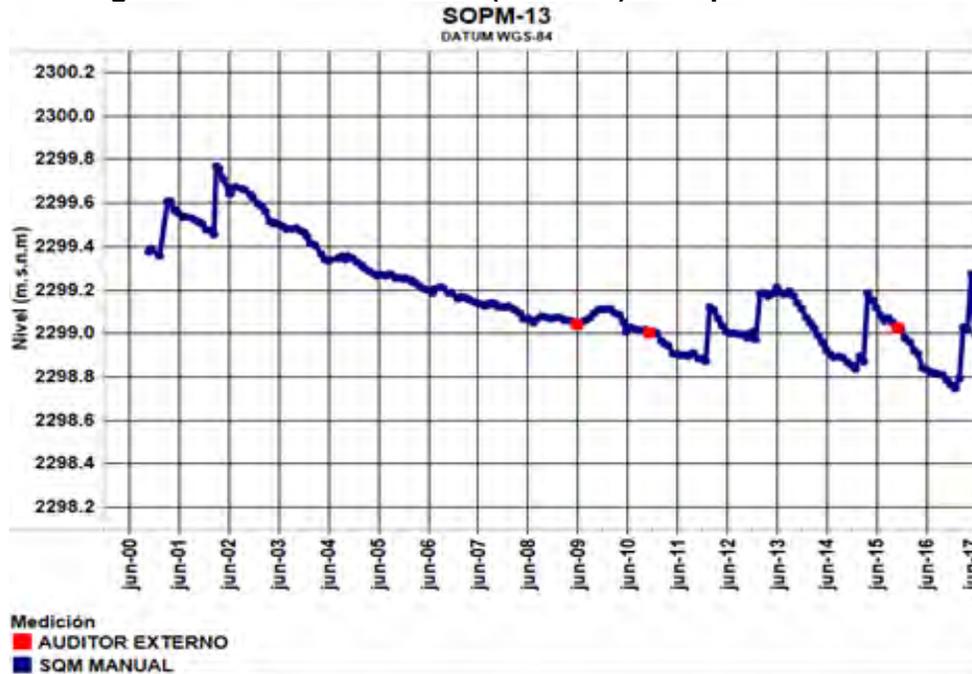


Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.4 Sistema Soncor: Zona Salmuera

Corresponde a la parte del núcleo del salar, acuífero del cual se realiza la extracción de salmuera. Los niveles en este sector tienen una tendencia al descenso como consecuencia fundamentalmente del bombeo de salmuera, los que presentan aumentos puntuales debido a la recarga directa por precipitación. En los últimos años, se observa una tendencia a la estabilización, con incrementos estacionales asociados a eventos de precipitaciones. Como ejemplo, se presenta el pozo SOPM-13 (Figura 1-12).

**Figura 1-12. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13**

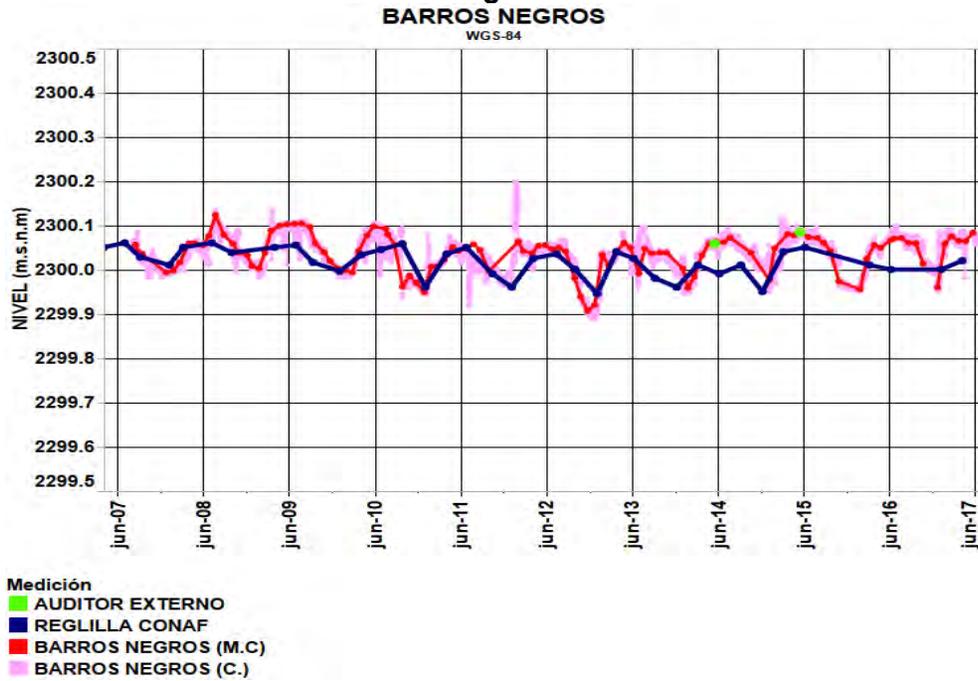


Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.5 Sistema Soncor: Nivel Lacustre

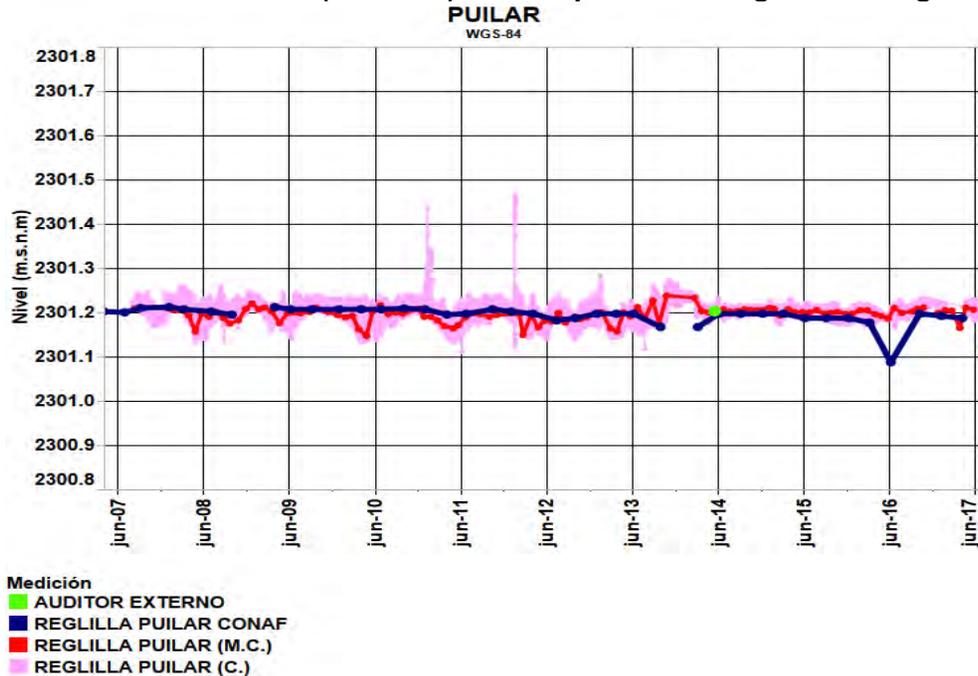
En este sistema se realizan mediciones de nivel de los cuerpos de agua superficial, lagunas Barros Negros (Figura 1-13), Puilar (Figura 1-14) y Chaxa (Figura 1-15), las que se han mantenido estables con oscilaciones estacionales en torno a los 10 cm. Las mediciones de nivel se realizan de manera manual tanto por SQM (M.C.) como por CONAF. Adicionalmente SQM tiene instalados transductores de presión para registrar el comportamiento de niveles de manera continua (C.).

**Figura 1-13: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Barros Negros**



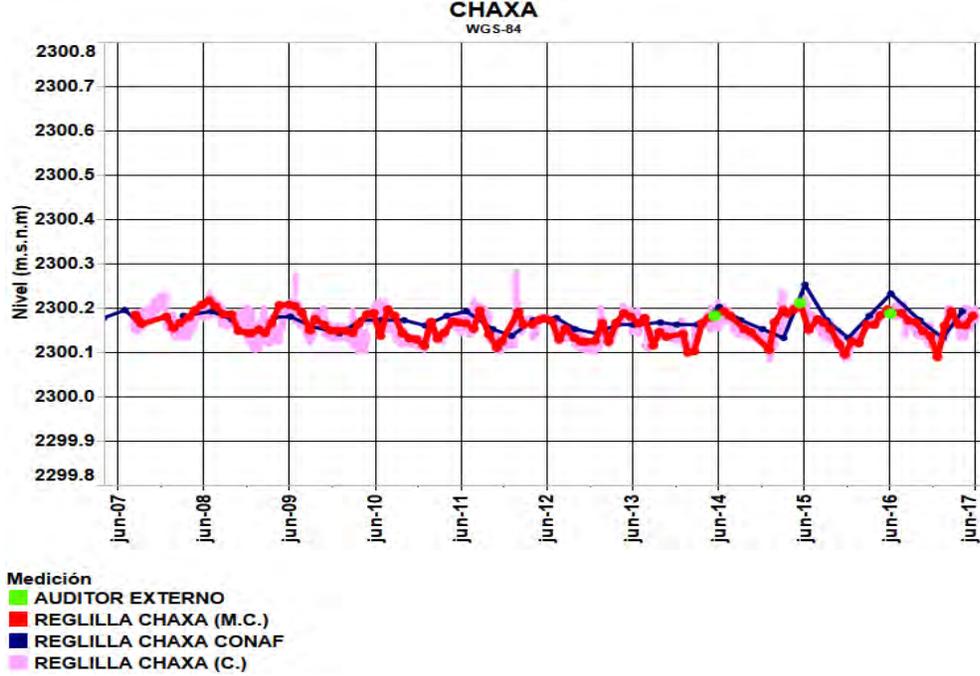
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-14: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Puilar.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-15: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa**



Fuente: Elaboración propia

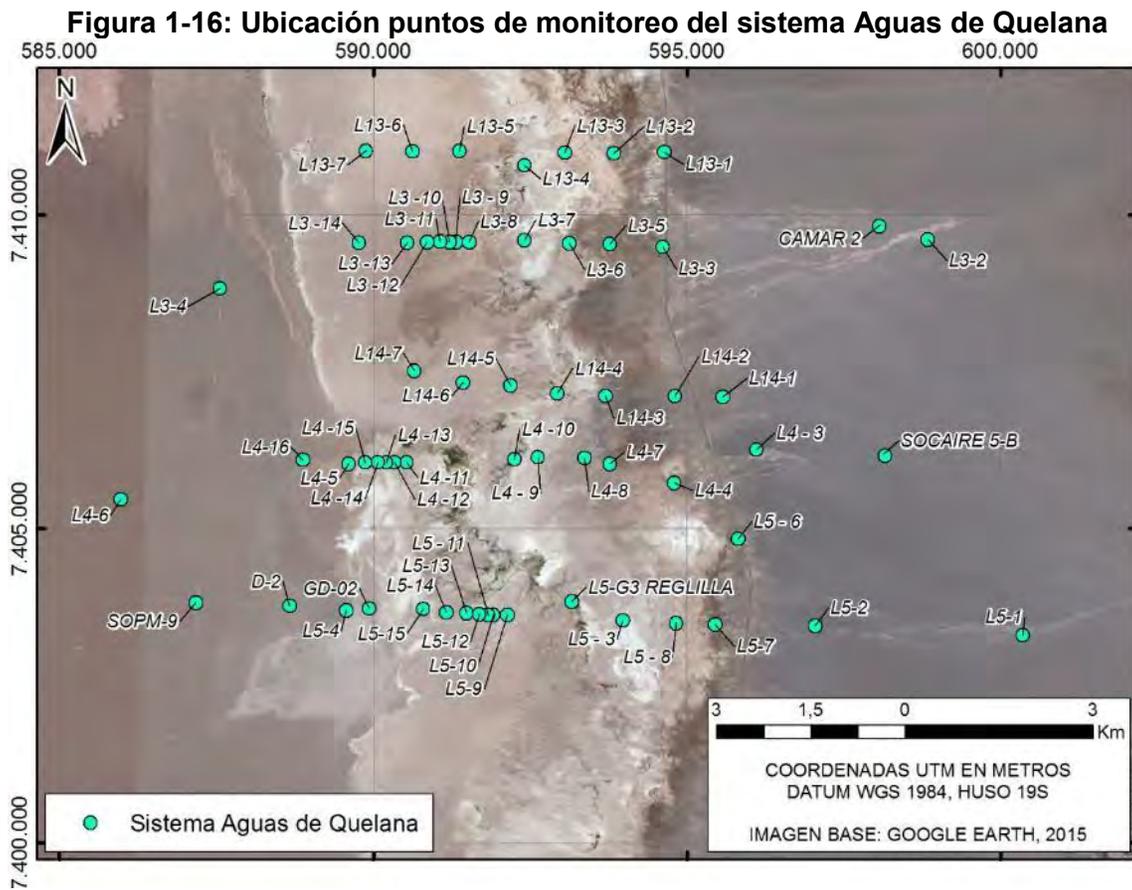
## 1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

En el Sistema Aguas de Quelana se identifican tres zonas: la zona aluvial, la zona marginal y la zona núcleo.

El objeto de protección del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico son los cuerpos de agua superficial correspondientes a pequeñas lagunas dispersas en la zona marginal de este sistema.

Los pozos Camar-2 y Socaire-5, ubicados en la zona aluvial de este sistema, cuya explotación se inició en marzo de 2008 y enero de 2000, respectivamente, aportan al abastecimiento de agua industrial del proyecto.

En la Figura 1-16 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de este sistema.

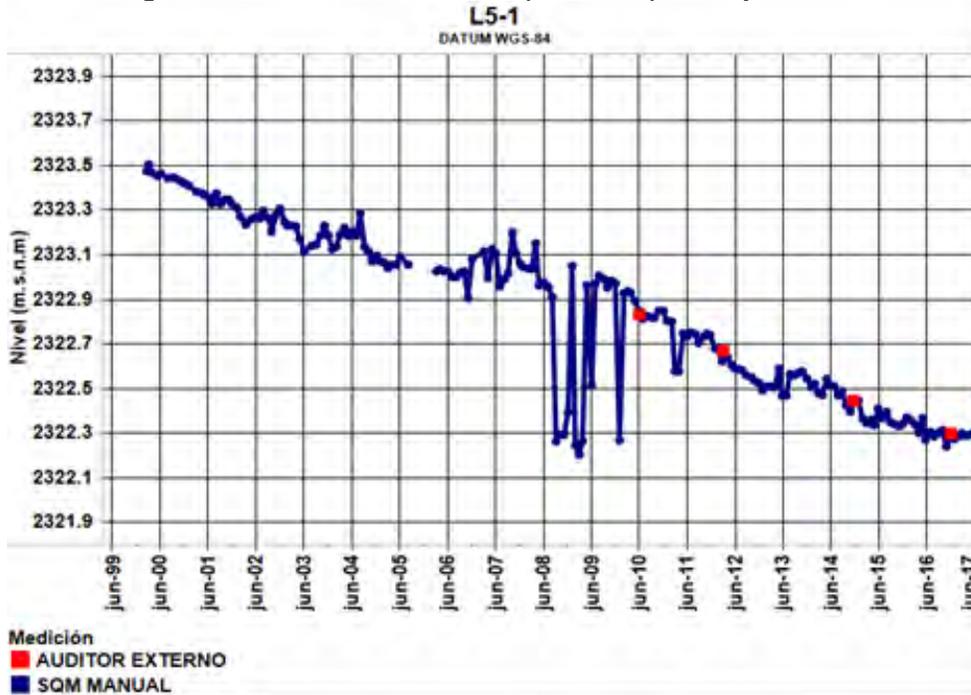


Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.1 Sistema Aguas de Quelana: Zona aluvial

En la Figura 1-17 se presenta los niveles del pozo L5-1.

**Figura 1-17: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1**



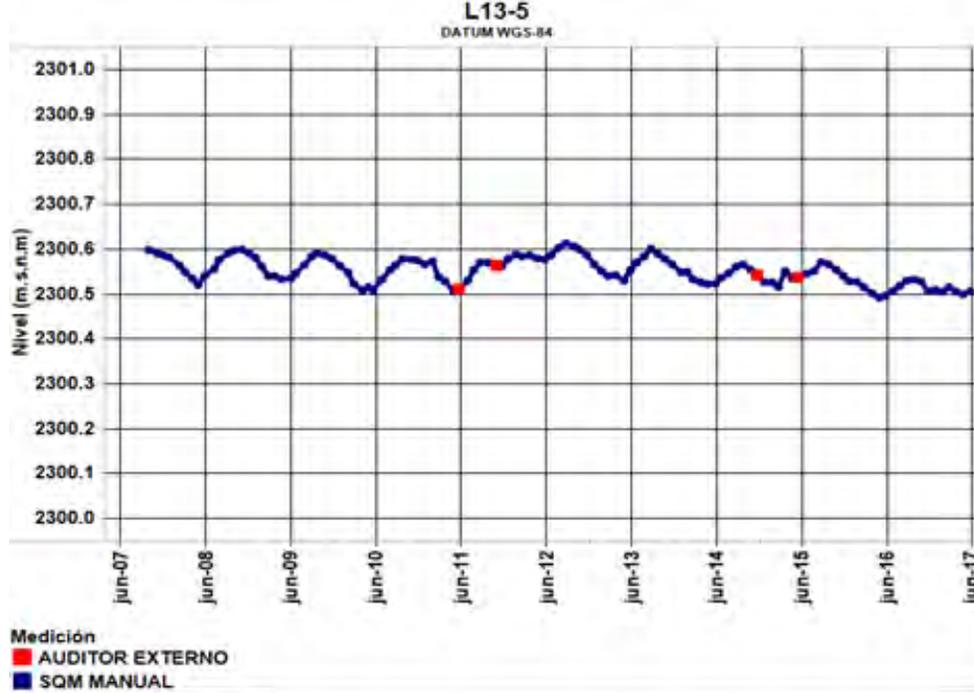
Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.2 Sistema Aguas de Quelana: Zona marginal

En esta zona del sistema se produce la transición entre agua y salmuera. El nivel freático se ubica próximo a la superficie y es controlado principalmente por la evaporación.

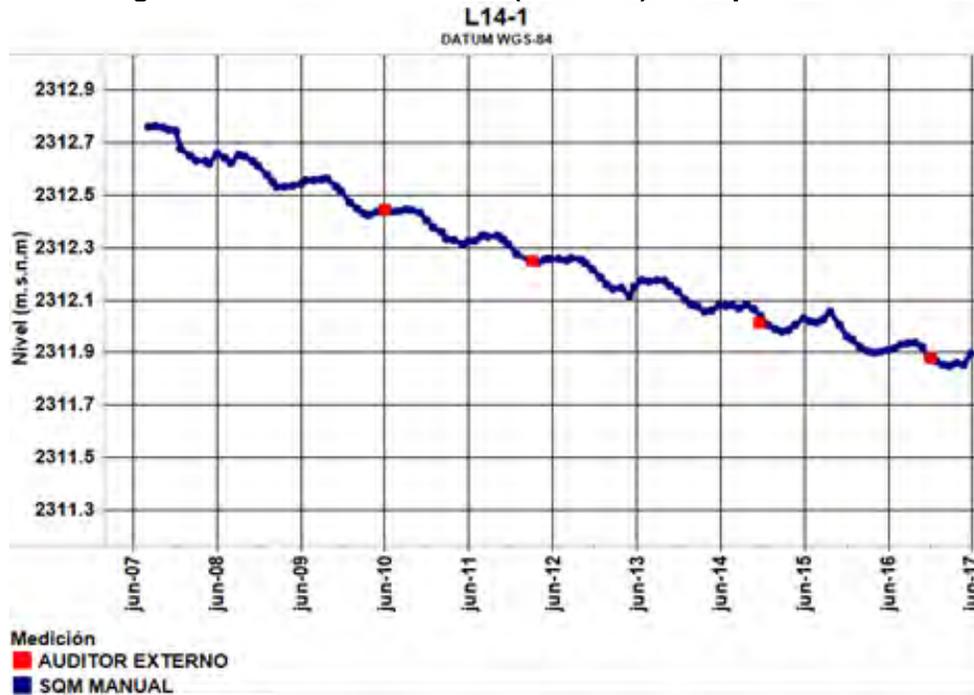
En esta zona, los niveles tienen un comportamiento influenciado por la evaporación, excepto los pozos que se encuentran más hacia el este, en el margen con la zona aluvial. En la Figura 1-18 y Figura 1-19 se presentan dos pozos a modo de ejemplo del comportamiento de esta zona, el pozo L13-5 con un comportamiento oscilatorio estable y el pozo L14-1 con tendencia al descenso por efecto del bombeo de los dos pozos de agua industrial existentes en la zona aluvial.

Figura 1-18. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-19. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1.

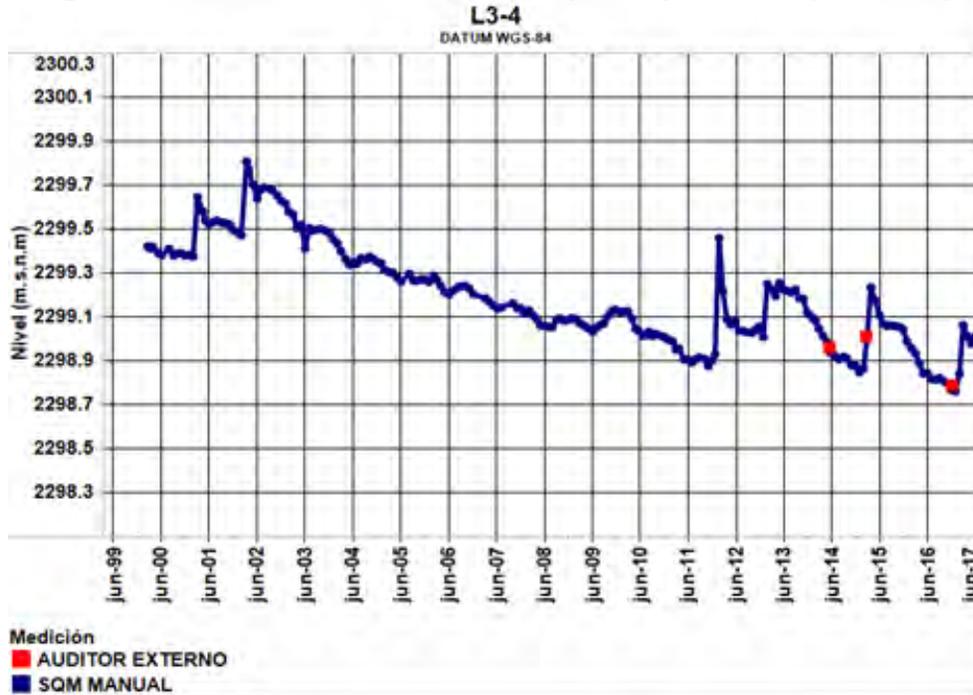


Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.3 Sistema Aguas de Quelana: Zona Salmuera

En esta zona se observa una tendencia de los niveles al descenso por efecto del bombeo de salmuera, con efectos puntuales de ascenso brusco producto de las precipitaciones como las ocurridas en los años 2012, 2013, 2015, 2016 y 2017. Se presenta, como ejemplo, el nivel en el pozo L3-4 (Figura 1-20).

**Figura 1-20. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4 (SOPM-08).**

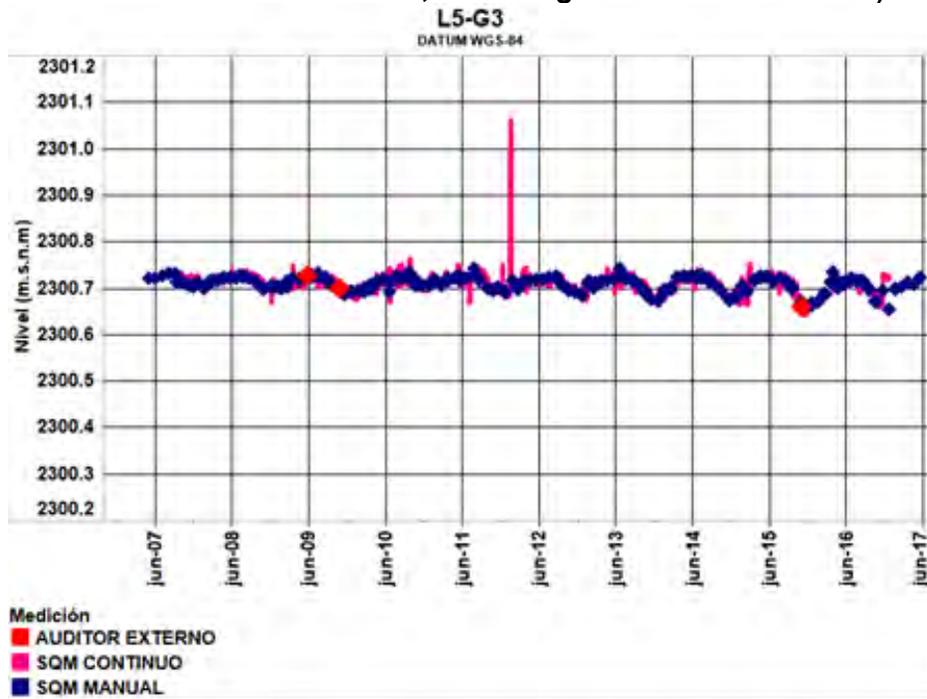


Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.4 Sistema Aguas de Quelana: Cuerpos de agua superficial

En este sistema se monitorean los niveles de los cuerpos de agua superficial mediante reglillas, las que muestran un comportamiento estacional controlado por la evaporación. A modo de ejemplo, se presenta el nivel del agua superficial en la reglilla L5-G3 (Figura 1-21).

**Figura 1-21: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla L5-G3. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos)**



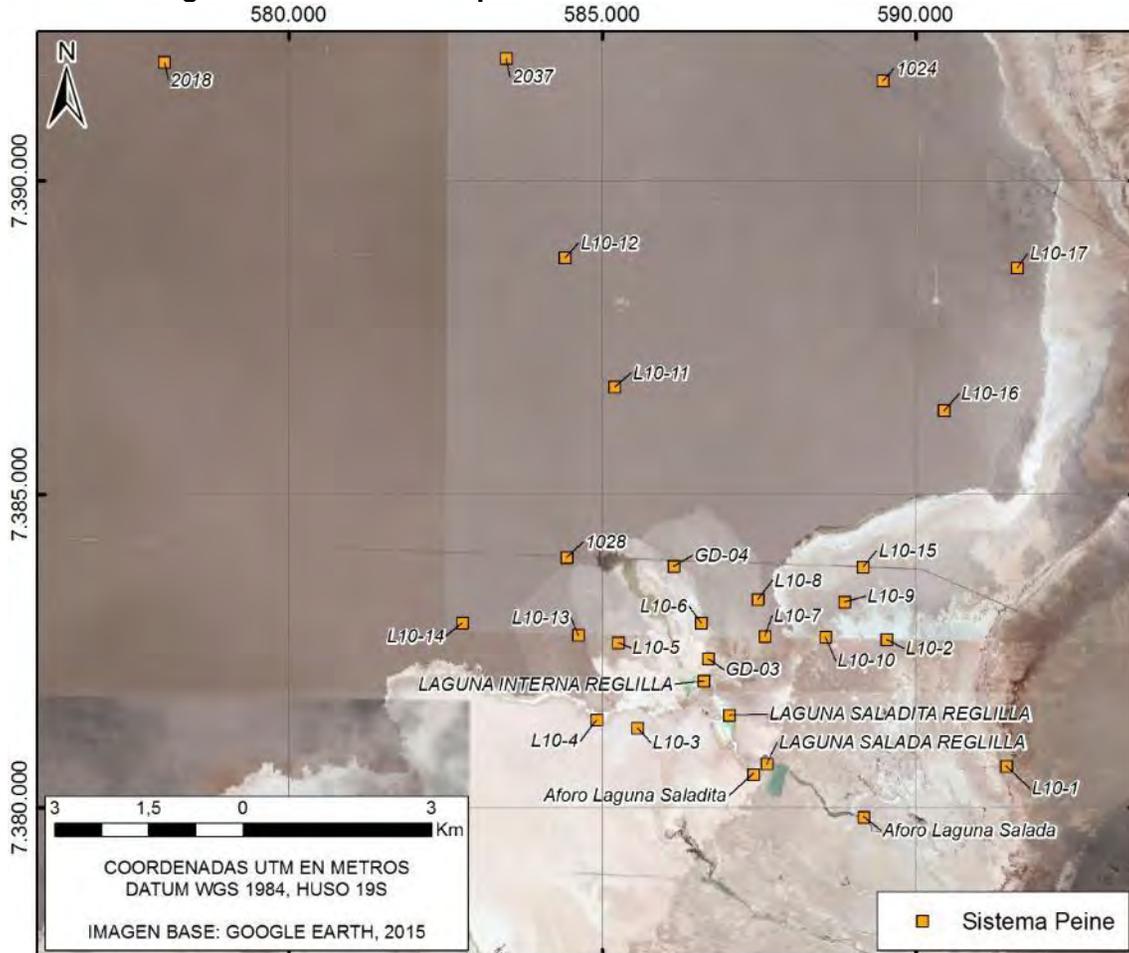
Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 SISTEMA PEINE

Este sistema comprende una zona marginal y una zona de salmuera (Figura 1-22). No existen pozos de agua industrial de SQM ubicados en el acuífero aluvial aledaño a estas zonas.

En este sistema los elementos a proteger son las lagunas Salada, Saladita e Interna, donde se observa que los niveles registrados se mantienen estables.

**Figura 1-22: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Peine**



Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.1 Sistema Peine: Zona Marginal

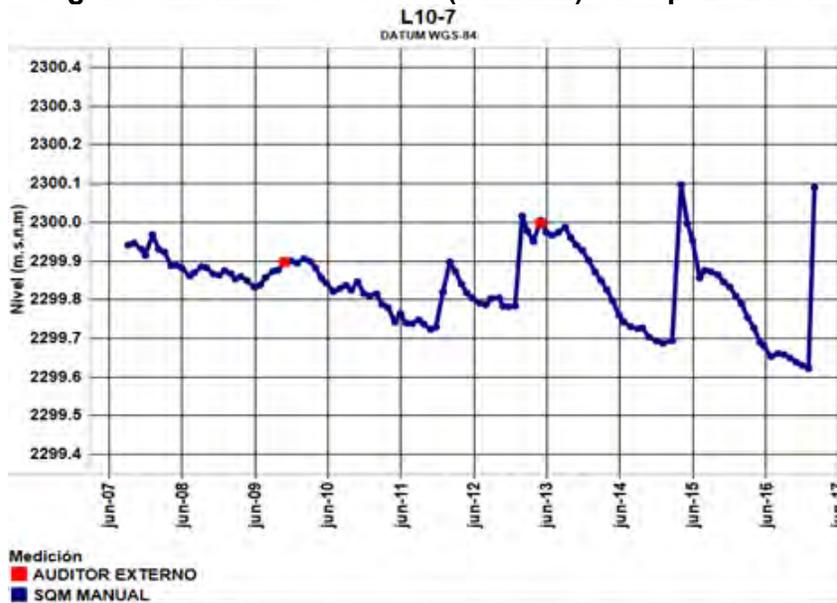
Se presentan los registros de niveles en los pozos L10-2 y L10-7, a modo de ejemplo del comportamiento de los niveles en esta zona (Figura 1-23 y Figura 1-24). Es importante mencionar que, desde el mes de marzo de 2017, no se ha logrado acceder a los pozos cercanos a las lagunas (L10-2 y L10-7). Se han realizado gestiones tanto con la Comunidad aledaña, como con organismos competentes, a objeto de reestablecer el tránsito al sector de los mencionados pozos.

**Figura 1-23. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-24. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7**

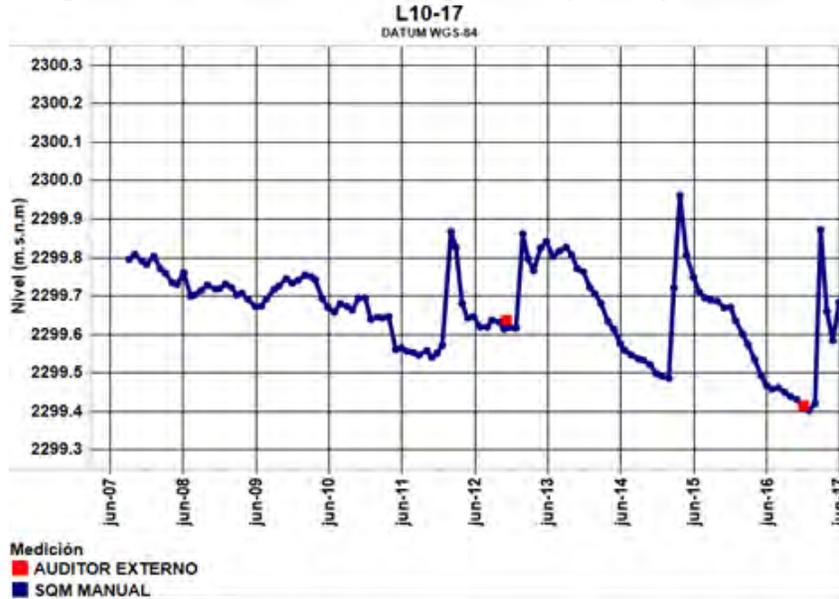


Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.2 Sistema Peine: Zona Salmuera

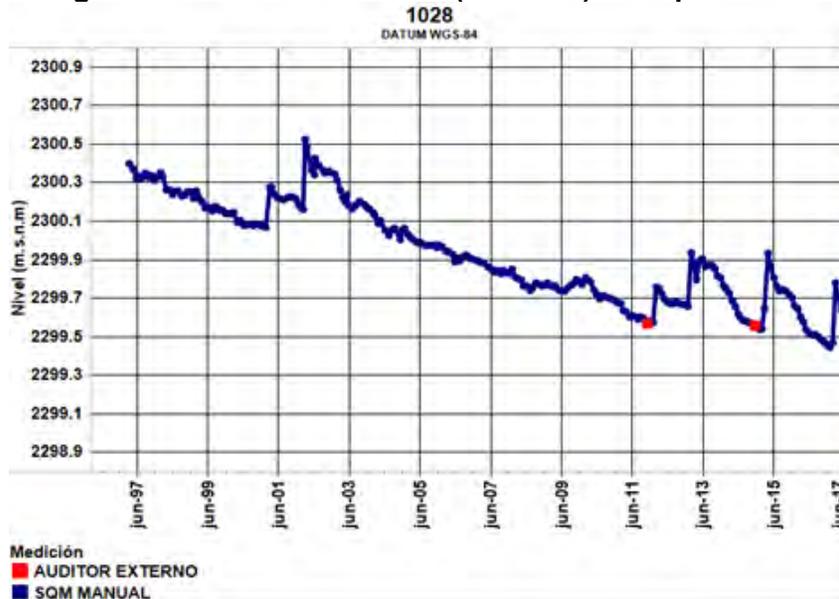
Los niveles de esta zona presentan un comportamiento general similar al observado en las zonas de salmuera de los otros sistemas. A modo de ejemplo del comportamiento de este sector, en la Figura 1-25 y Figura 1-26 se puede observar la evolución de los niveles en los pozos L10-17 y 1028 respectivamente.

**Figura 1-25. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-26: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028**



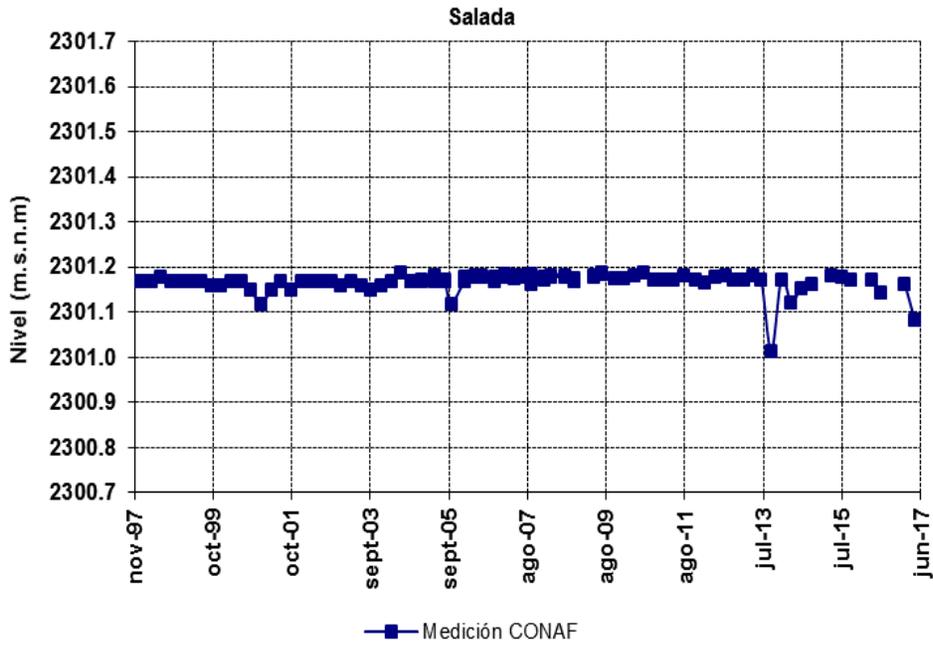
Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.3 Sistema Peine: Nivel Lacustre

Tal como se señaló anteriormente, en el sistema Peine, CONAF realiza medición de nivel lacustre en las lagunas Salada (Figura 1-27), Saladita (Figura 1-28) e Interna (Figura 1-29).

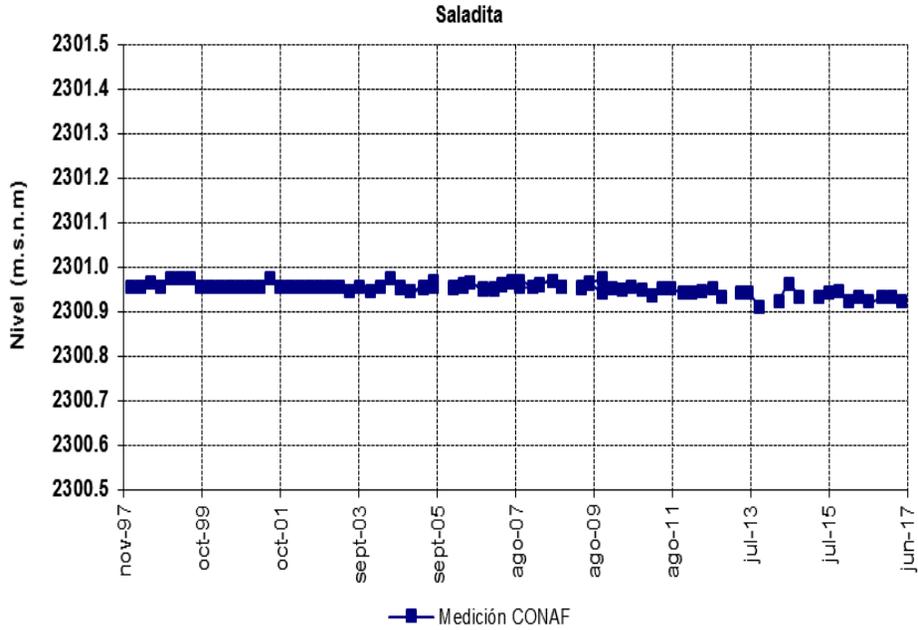
Respecto de Laguna Interna, CONAF ha informado que, entre abril de 2015 y junio de 2017, no se ha logrado tomar mediciones de nivel en la reglilla por encontrarse el punto de medición seco, producto de la dinámica de los límites del cuerpo lacustre.

**Figura 1-27: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Salada.**



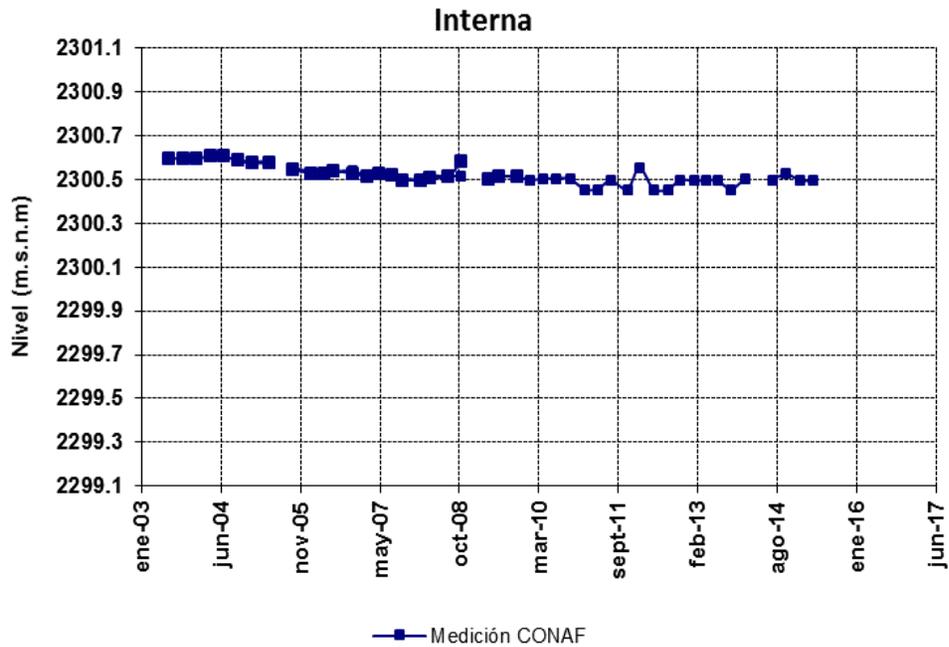
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-28: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Saladita.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-29: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Interna<sup>1</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

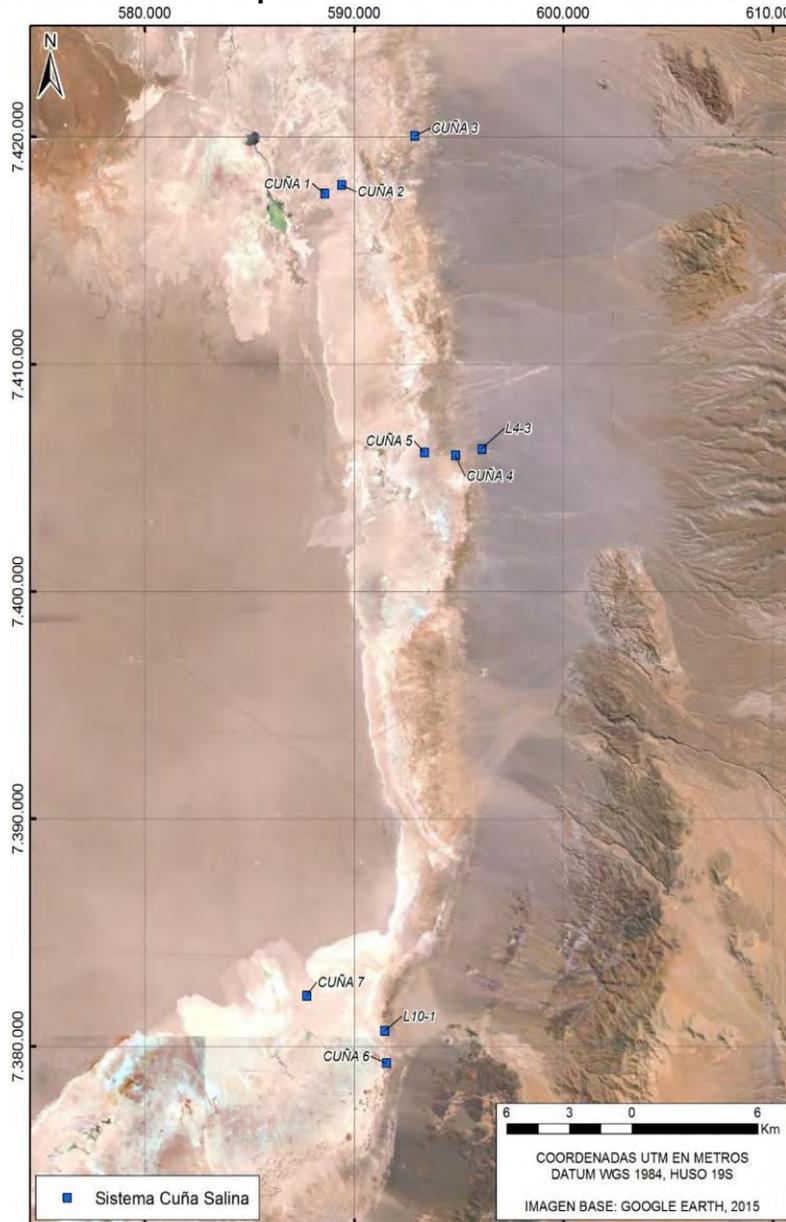
<sup>1</sup> La Reglilla Laguna Interna se encuentra sin agua durante las mediciones de febrero y mayo de 2017.

#### 1.4 SISTEMA CUÑA SALINA

La cuña salina corresponde a la zona de equilibrio entre el acuífero de agua dulce presente en los márgenes del núcleo y el acuífero de salmuera del núcleo. El seguimiento del sistema cuña se realiza mediante perfiles de Conductividad Eléctrica en 9 pozos de monitoreo (Figura 1-30). La profundidad a la que se encuentra la cuña salina (acuífero subyacente) disminuye al aproximarse al núcleo del salar.

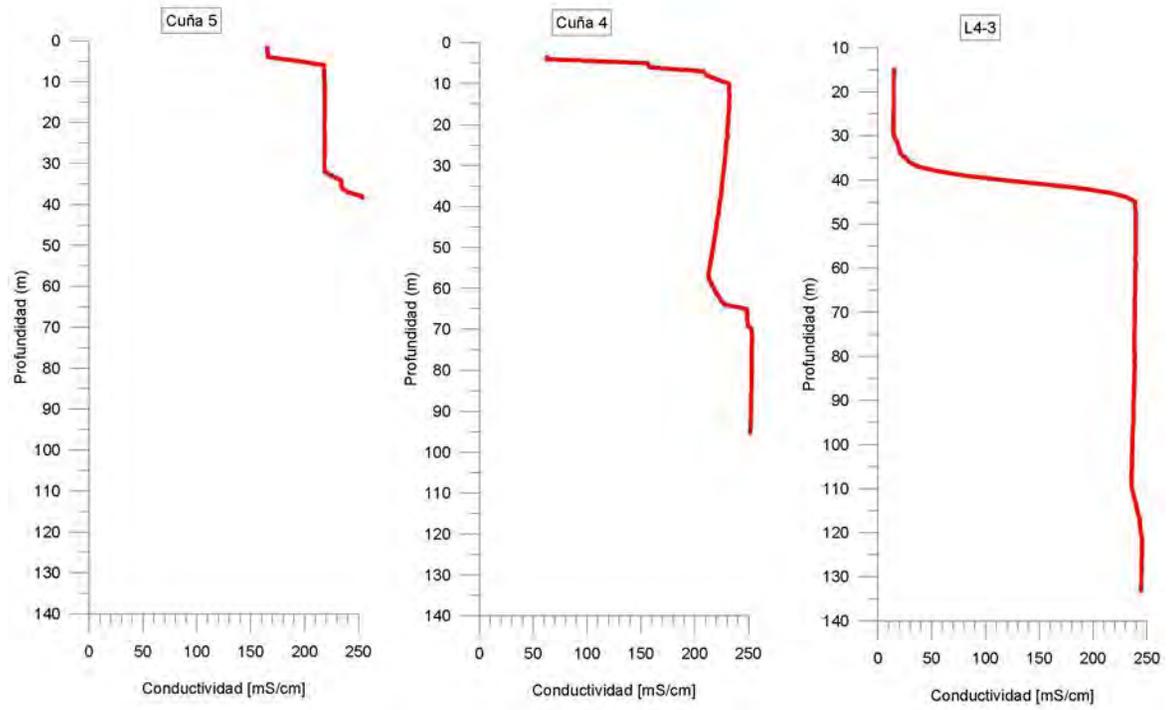
A modo de ejemplo en la Figura 1-31 se presentan tres perfiles de conductividad de la zona.

**Figura 1-30: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-31. Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio 2017.**



Fuente: Elaboración propia.

## **1.5 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE**

El monitoreo de este sistema tiene como objetivo proteger la vegetación Hidromorfa y la formación Brea-Atriplex. Entre esta zona y los pozos de bombeo de agua industrial, se sitúan pozos de monitoreo denominados de alerta temprana. A modo de ejemplo del comportamiento del nivel en esta zona, se presenta el registro de niveles del pozo L3-15 (Figura 1-33, alerta temprana), del pozo L3-3 (Figura 1-34, vegetación Brea Atriplex) y del pozo L3-5 (Figura 1-35, vegetación Hidromorfa). En la Figura 1-32 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de este sistema.

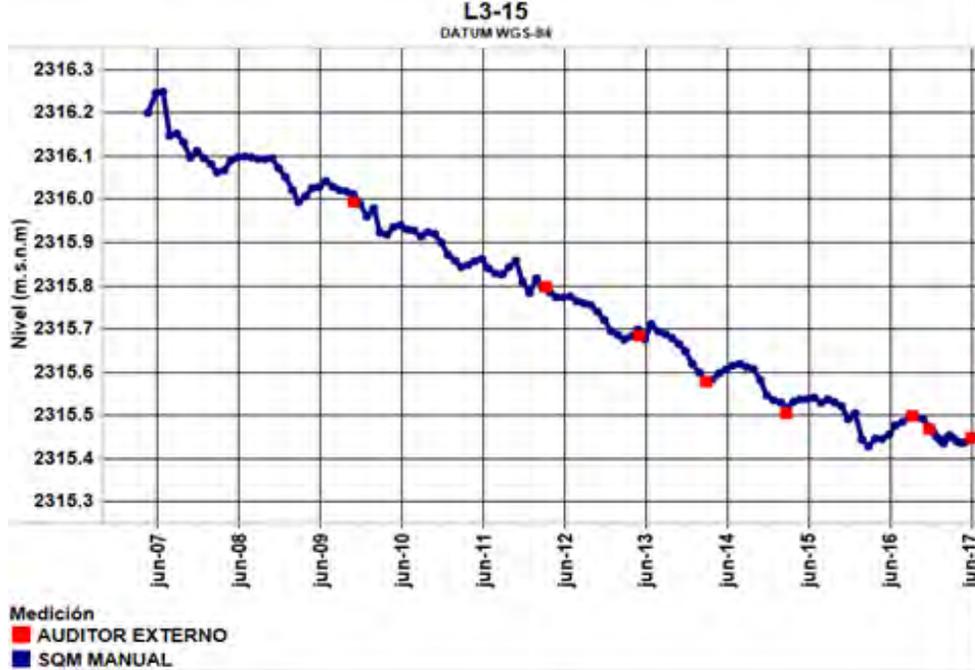
**Figura 1-32: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este<sup>2</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

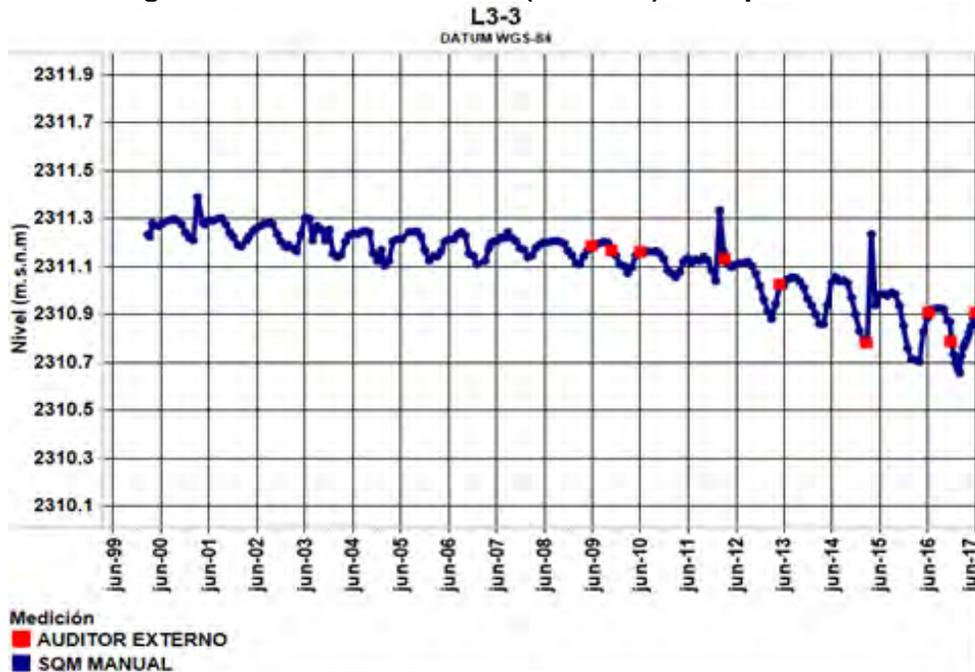
<sup>2</sup> A partir de Febrero de 2017 el pozo P2 fue reemplazado por el pozo CA-2015, según Res. 296/2016 de la DGA.

**Figura 1-33: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15**



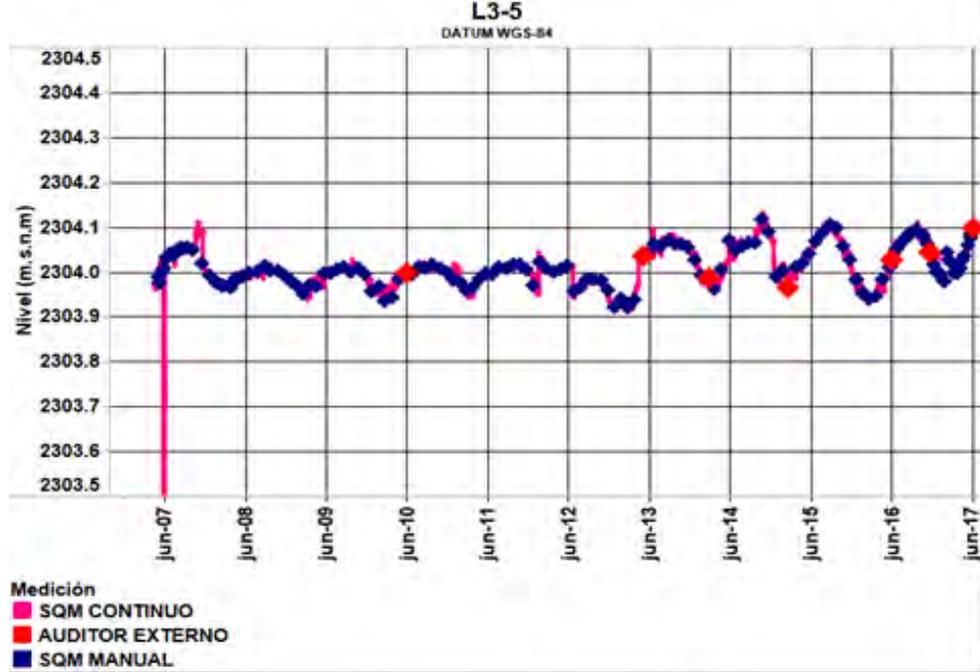
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-34: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-35. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5



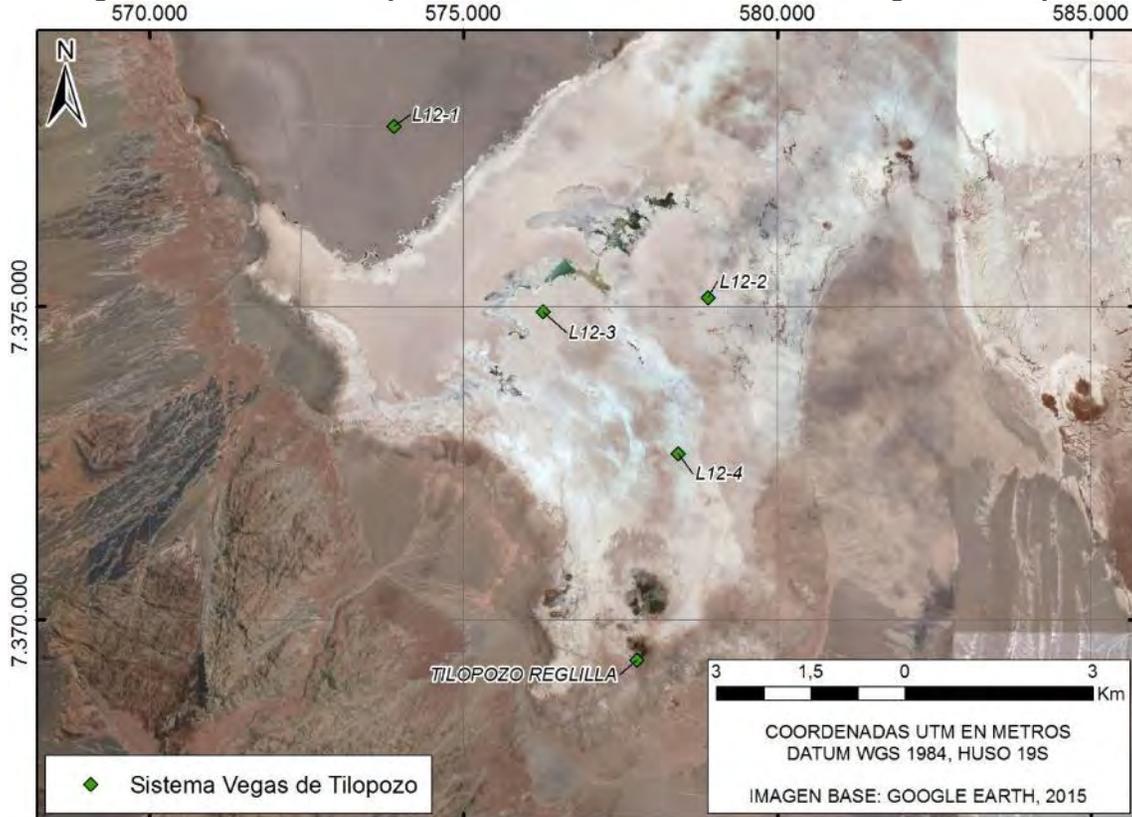
Fuente: Elaboración propia.

## 1.6 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO

El objetivo del monitoreo (ver pozos en Figura 1-36) de esta zona es la determinación del efecto del bombeo de salmuera en el núcleo del salar. A modo ilustrativo se presenta el nivel en la reglilla Tilopozo (Figura 1-37) y en el pozo L12-3 (Figura 1-38).

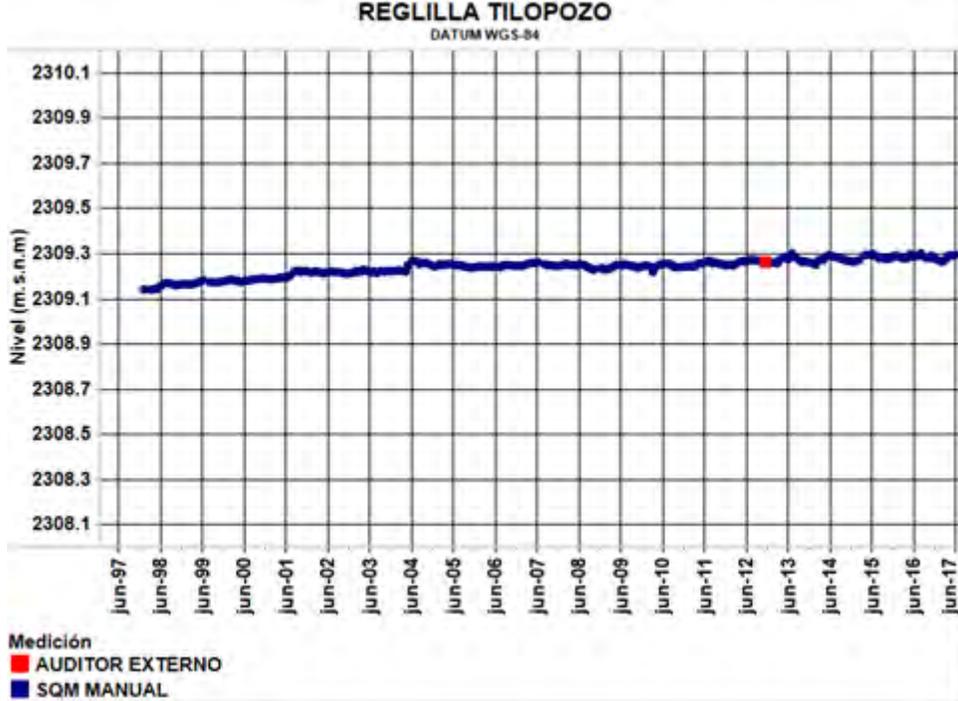
Cabe señalar que el pozo L12-1 (Figura 1-39) presenta un comportamiento similar al de los pozos clasificados como núcleo salino.

**Figura 1-36: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo**



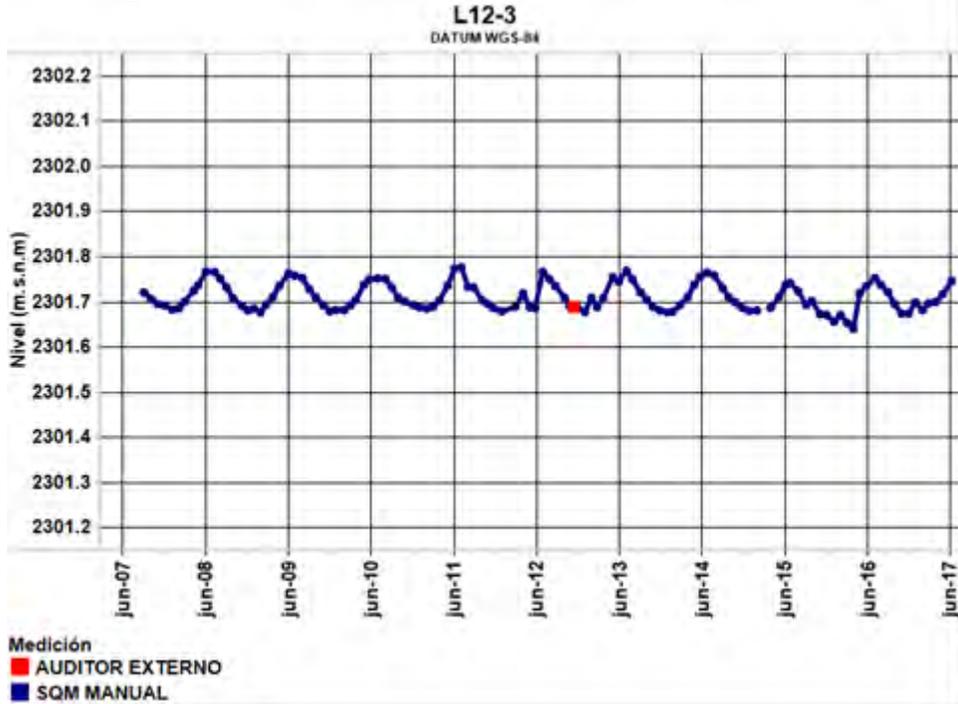
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-37: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla de Tilopozo**



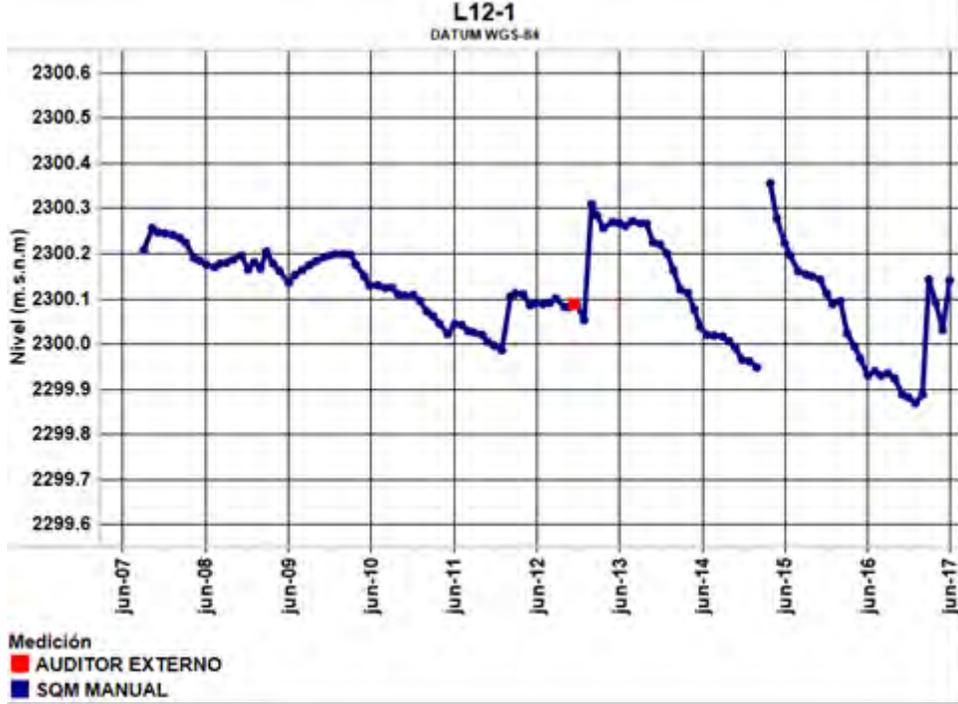
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-39: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1.

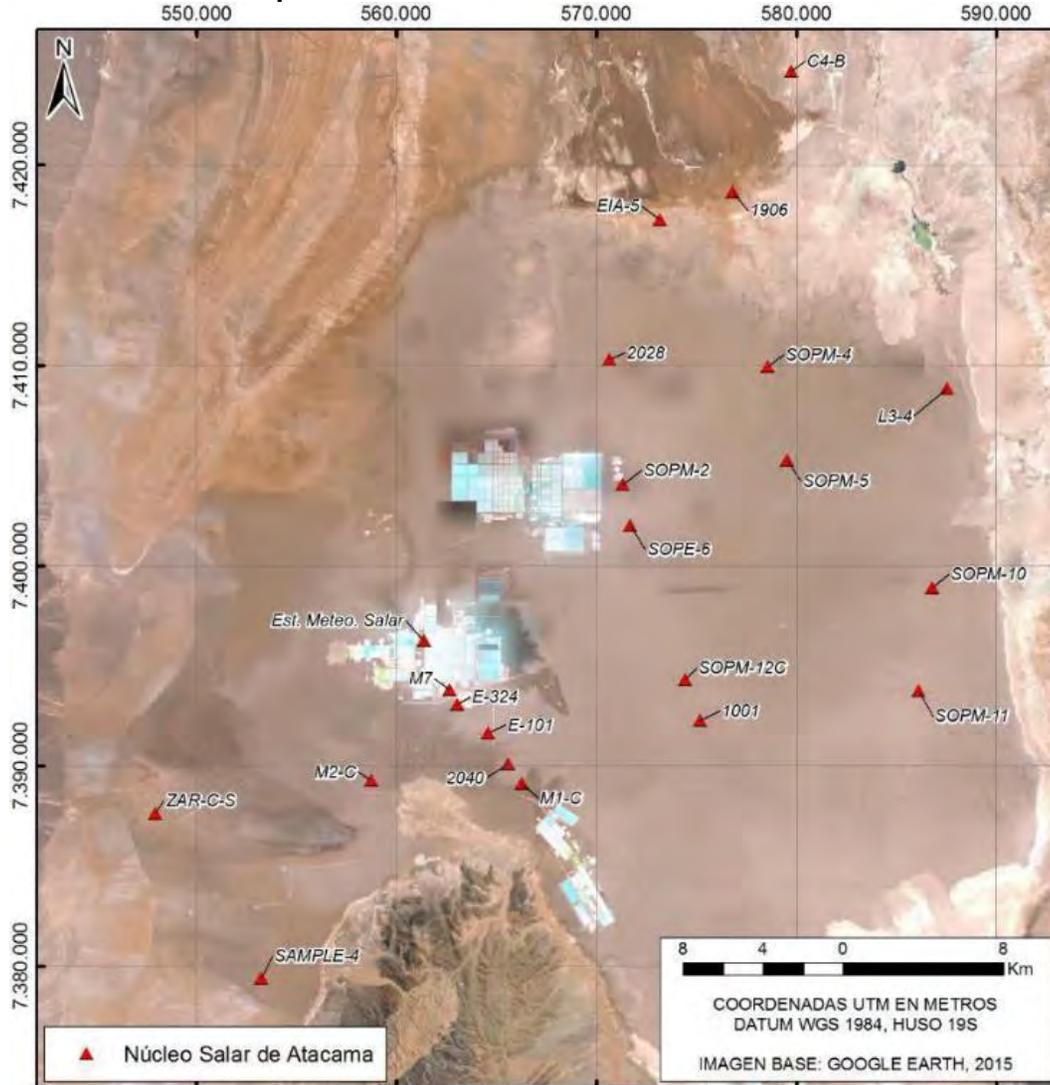


Fuente: Elaboración propia.

## 1.7 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

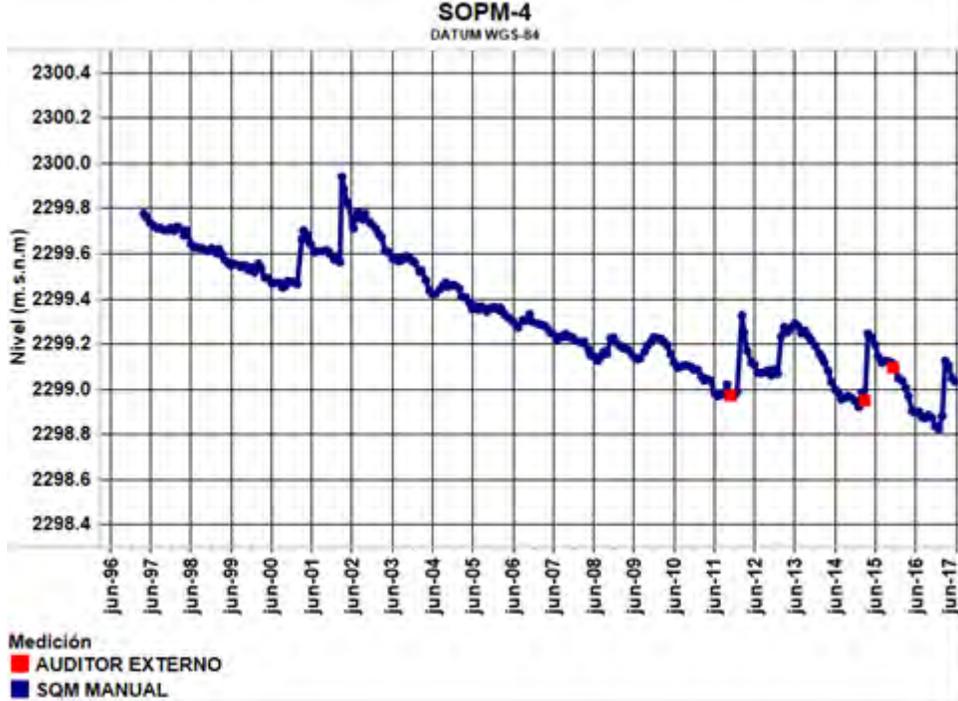
Este sistema corresponde a los pozos dentro del núcleo del Salar de Atacama (Figura 1-40), donde se registran distintos comportamientos según la zona monitoreada. Se presentan los pozos SOPM-04 y 2040, con un comportamiento similar en el último periodo. En cambio, el pozo ZAR-C-S, suroeste, tiene una tendencia al descenso constante, y el 1906, extremo norte, un comportamiento sin tendencia clara (Figura 1-41, Figura 1-42, Figura 1-43, Figura 1-44).

**Figura 1-40: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama**



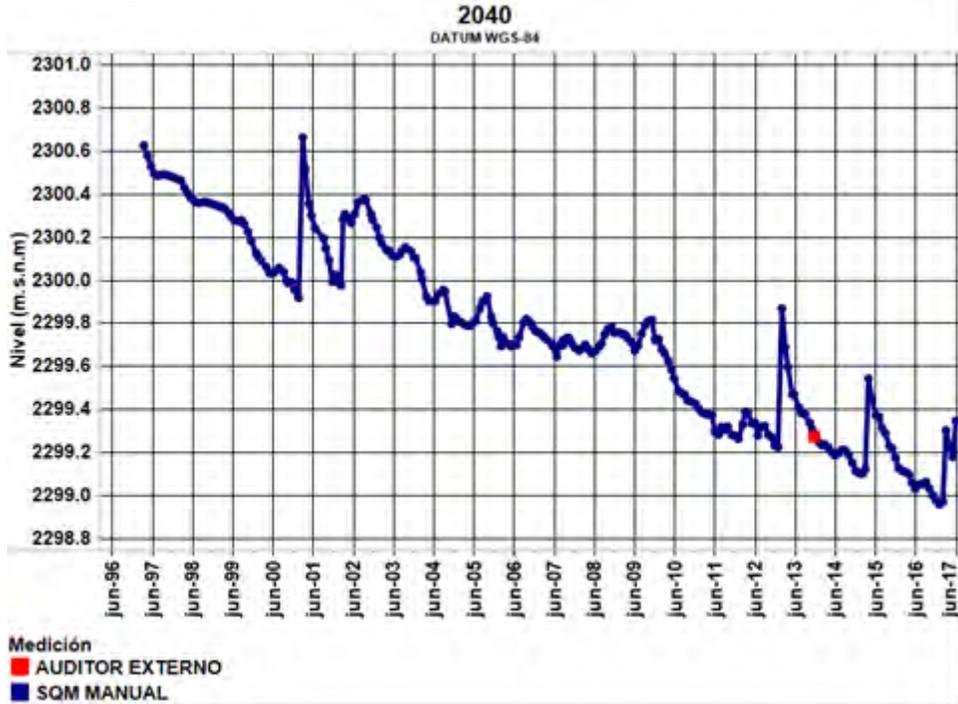
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-04



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040.



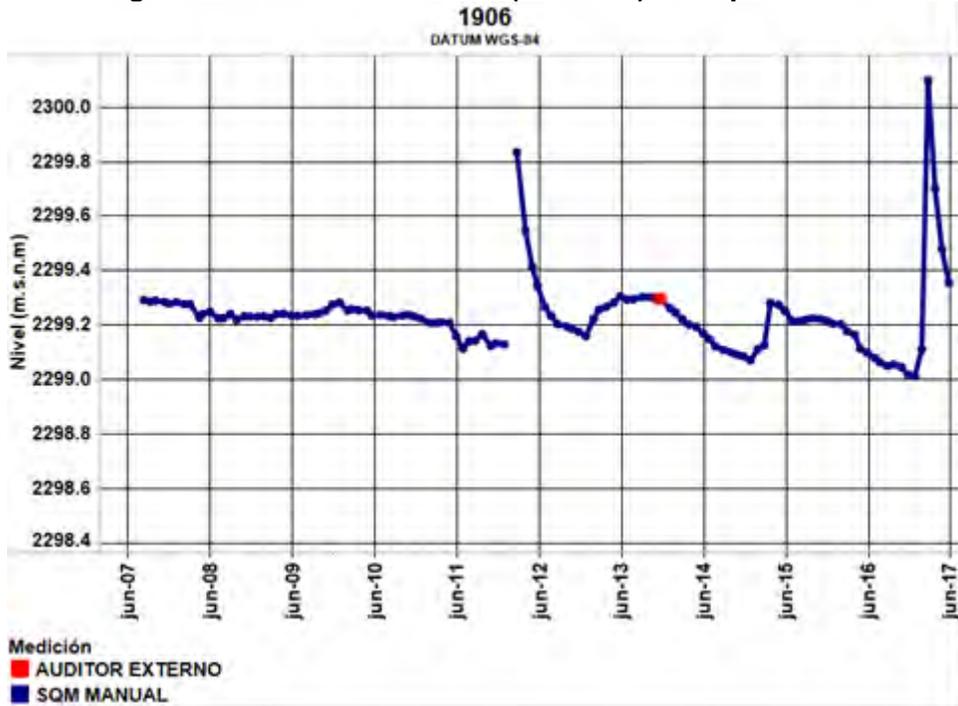
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906**



Fuente: Elaboración propia.

---

## 2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°21 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH), que forma parte de los compromisos ambientales de SQM SALAR derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 226/2006, que calificó favorablemente el proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, y que se detalla en el Considerando 10.2 de la RCA y en el ANEXO I de la Adenda III del EIA del proyecto. El presente informe incluye registros actualizados del monitoreo hidrogeológico desde el 2007 hasta junio de 2017.

Adicionalmente, este informe tiene a la vista el contenido de la Resolución Exenta N°1/Rol F-041-2016 del 28 de noviembre del 2016 y su rectificación emitida a través de la Resolución Exenta N°4/Rol F-041-2016 del 23 de diciembre del 2016, ambas de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

El PSAH considera la medición de todas las variables ambientales de monitoreo que reflejan el comportamiento hidrogeológico del sistema, es decir: componente agua (superficial y subterránea), así como meteorología. Entre los parámetros, se encuentran nivel del agua y salmuera subterránea, calidad química de los acuíferos, nivel de cuerpos de agua superficial, caudal de canales afluentes y/o efluentes de cuerpos de agua, superficies lacustres y caudales de bombeo de agua industrial. Esta información se presenta de manera ordenada para los siguientes sistemas de monitoreo:

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

Este informe además incluye los resultados de la campaña de terreno que realizó la Consultora BIOMA en junio de 2017 para auditar de manera aleatoria la información de monitoreo (Véase ANEXO 1 y ANEXO 2). En aquellos pozos visitados por BIOMA, se incorporó en los gráficos un punto rojo indicando la medición. Cabe señalar que campañas externas anteriores (previas a junio 2017) fueron realizadas por ARCADIS, DICTUC S.A. y por GeoHidrología Consultores Ltda., unificándolas todas con la leyenda “Medición Auditor Externo”.

Los resultados de los análisis físico-químicos fueron realizados por SGS Chile Ltda.; esta última corresponde a una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFAs), dando así cumplimiento al Decreto Supremo N° 38/2013, del Ministerio del Medio Ambiente, en cuanto establece que todas las actividades de muestreo, medición y/o análisis, que reporten los titulares de actividades o fuentes reguladas por la SMA, deberán ser ejecutadas por una ETFAs con autorización vigente. Por otro lado, las mediciones y análisis físico-químicos de las muestras de aguas realizadas como parte del convenio de CONAF – SQM son ejecutadas por la Universidad Católica del Norte, entidad autorizada también como ETFAs.

En resumen, la Tabla 2-1 muestra los responsables y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control, que se reportan a través del presente informe. Adicionalmente el ANEXO 3, se lista las personas involucradas en la ejecución de cada una de las actividades.

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

Responsable y participantes	Actividad realizada
SQM Salar S.A.	Mediciones de nivel freático, caudales y perfil de conductividad eléctrica.
	Muestreo y medición de parámetros de campo para análisis físico-químico
	Mantenimiento y descarga de datos de estaciones meteorológicas
CONAF (Universidad Católica del Norte - UCN y Sociedad de Estudios Ambientales y Recursos de Chile Ltda. - SEARCH)	Medición de nivel freático, área de superficies lacustres, análisis físico-químico
SGS Chile Ltda.	Muestreo de aguas y análisis de parámetros físico-químico
BIOMA	Visitas semestrales en terreno para validación de datos

Fuente: Elaboración propia.

---

### 3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

El objetivo del PSAH es asegurar que las variables hidrogeológicas relevantes que fueron objeto de evaluación ambiental evolucionan según lo proyectado, esto es, manteniendo las condiciones de funcionamiento natural del sistema, así como identificar eventuales anomalías ambientales y decidir la pertinencia de implementar medidas correctivas.

El PSA de las variables hidrogeológicas contempla mediciones en seis sistemas del salar de Atacama que son representativos de la dinámica del núcleo; los sistemas lacustre emplazados en la periferia del salar y de la napa de agua dulce que alimenta la vegetación del borde este.

Los sistemas objeto del PSA son los siguientes:

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

El PSA posee las siguientes características:

- Incluye todas aquellas variables que son requeridas para que el Plan de Contingencias permita identificar anomalías ambientales y, sobre esta base, decidir la pertinencia de implementar medidas correctivas.
- Cuantifica las variables que se relacionan con el balance hídrico de los sistemas lacustres, de modo de identificar la magnitud de las recargas, de las descargas y de una posible modificación de su comportamiento natural.
- Provee la información necesaria para la actualización del modelo numérico. Dicha actualización consiste en incorporar en el modelo numérico la información recopilada mediante el PSA, esto es, las series actualizadas del nivel de los acuíferos, de las variables meteorológicas (precipitación y evaporación), de las recargas y de los bombeos de salmuera y de agua dulce, de modo que se pueda comparar los valores predichos con los observados.

El presente informe incluye la información recogida a la fecha a través del PSAH, dando cuenta del funcionamiento hidrológico de los sistemas a proteger, de acuerdo a la RCA 226/2006.

## **4 MATERIALES Y METODOS**

En el presente capítulo se presenta una descripción de la zona de estudio, la infraestructura de monitoreo, los parámetros que se miden, la metodología y materiales utilizados en la medición y las incertidumbres asociadas a éstas. Todo lo anterior, dentro del periodo de enero a junio de 2017.

### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO E INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO**

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

El Salar de Atacama se encuentra a una altura de 2.305 msnm aprox., abarcando un área aproximada de 3.100 km<sup>2</sup> conformada por el núcleo de sal (deposito minero) que posee una superficie aprox. de 1.100 km<sup>2</sup>, rodeado por una zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km<sup>2</sup> de extensión aproximada, donde se encuentran sistemas de lagunas que albergan a flamencos y otras especies de avifauna (Reserva Nacional Los Flamencos).

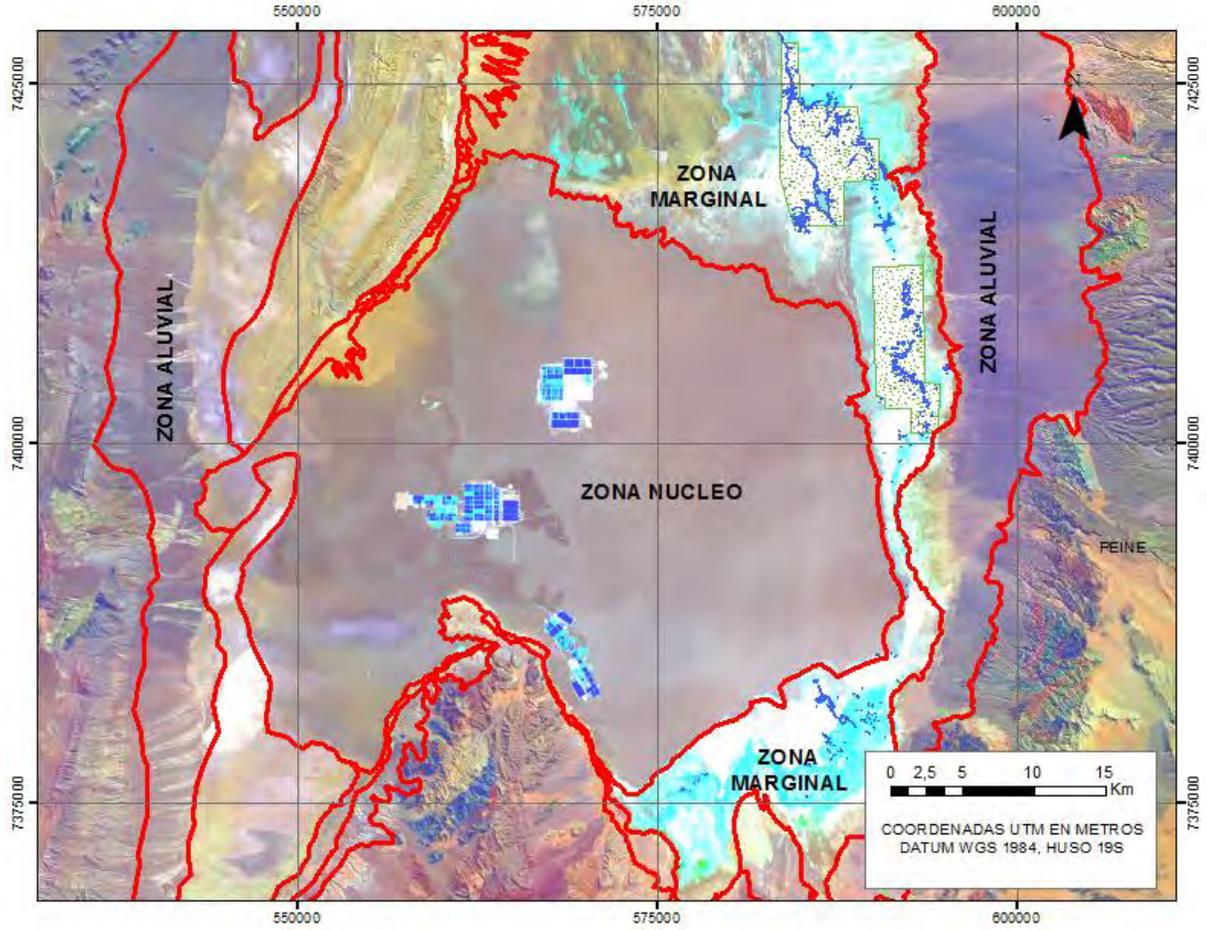
**Figura 4-1: Ubicación general del proyecto.**



RL: Rockwood Litio

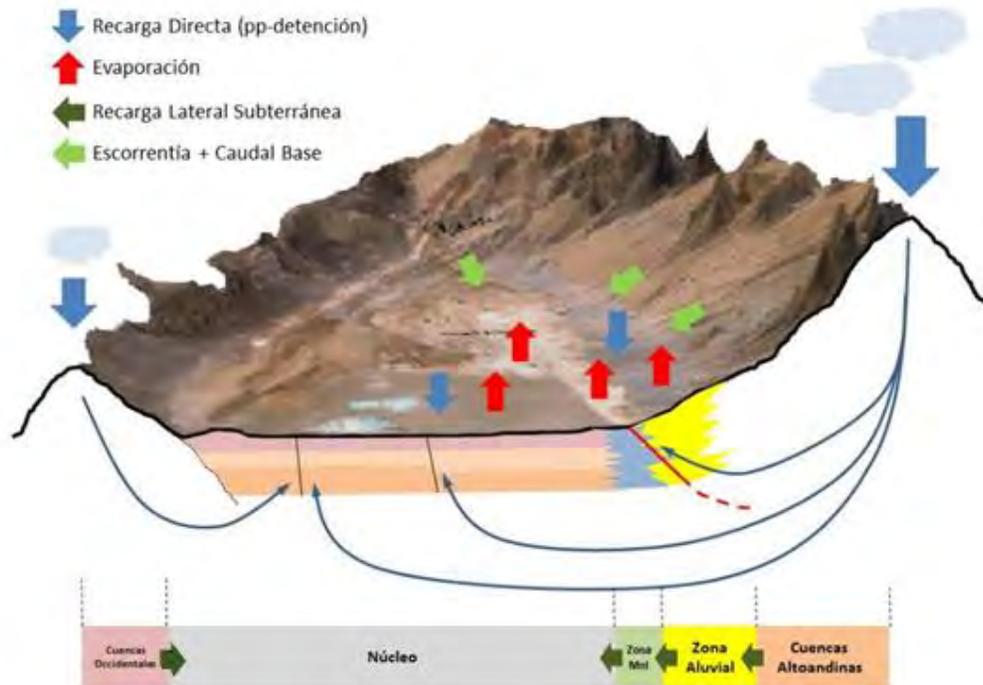
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4-2: Zonificación del Salar de Atacama**



Fuente: Elaboración propia.

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

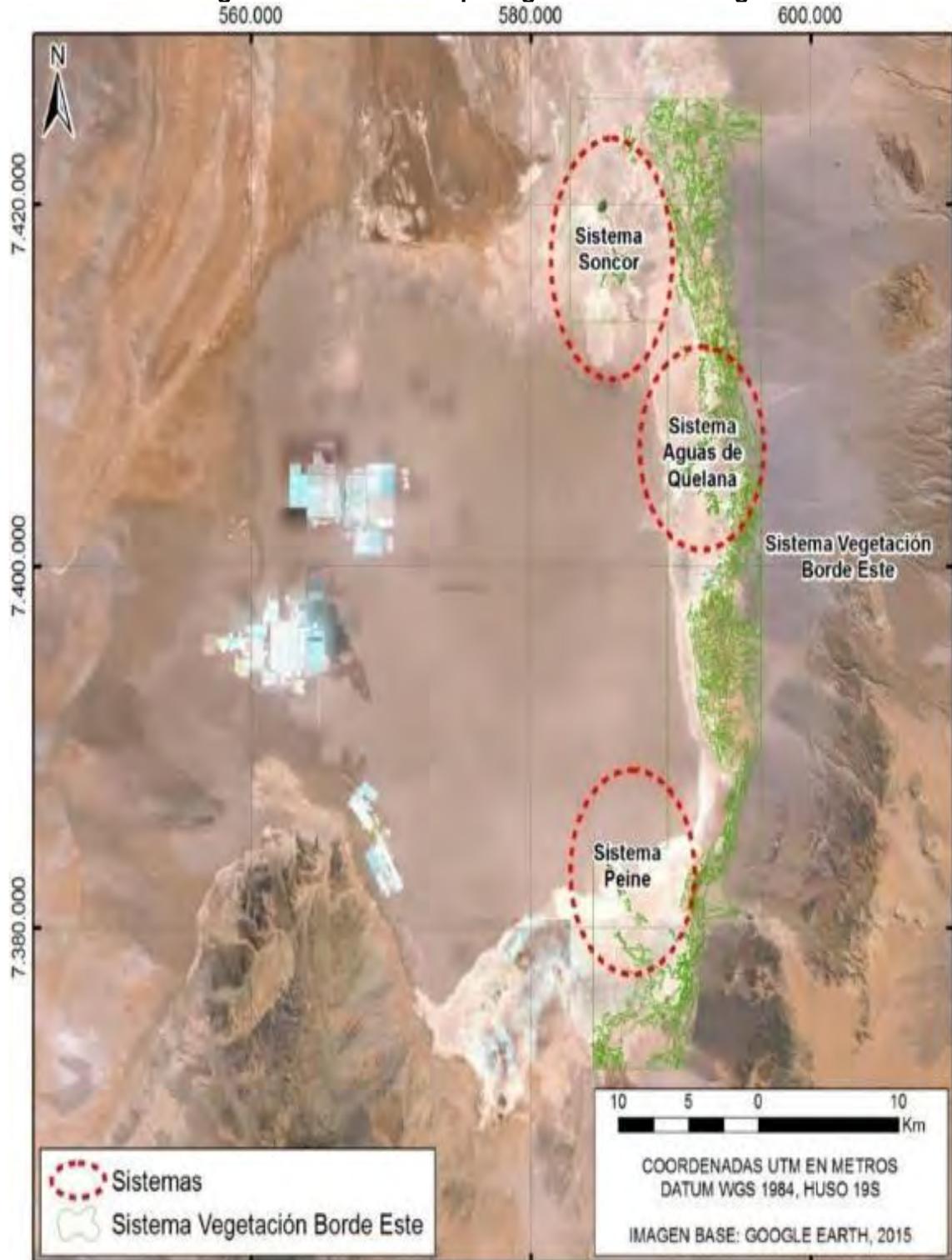


Fuente: Elaboración propia.

En la zona marginal se encuentran los sistemas lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, además del sistema Vegetación Borde Este (Figura 4-4).

- El sistema Soncor está compuesto por tres lagunas principales, dos de las cuales, Chaxa y Barros Negros, se encuentran conectadas superficialmente a través del Canal Burro Muerto y la tercera, laguna Puilar, es de menor tamaño y se ubica al noreste de las dos anteriores sin conexión superficial con ellas. El Canal Burro Muerto es una manifestación de afloramientos subterráneos en la zona norte del sistema Soncor. Este aporte es fundamental para el abastecimiento y mantenimiento de las lagunas Chaxa y Barros Negros.
- El sistema Aguas de Quelana está compuesto por una serie de cuerpos lacustres desperdigados y sin continuidad ubicados al Este del núcleo del Salar de Atacama (zona marginal).
- En el sistema Peine se encuentran las Lagunas Salada, Saladita e Interna.
- En el Sistema Vegetación Borde Este se encuentra la vegetación hidromorfa y arbustiva.

Figura 4-4: Sistemas a proteger en la zona marginal



Fuente: Elaboración propia

El PSAH del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” se encuentra constituido por 225 puntos de monitoreo, de los cuales 74 corresponden a puntos de monitoreo con registro previos a la RCA 226/2006 y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del proyecto, los cuales se habilitaron en su totalidad al 31 de octubre de 2007. Estos puntos, en algunos casos, forman parte de más de uno de los sistemas anteriormente indicados.

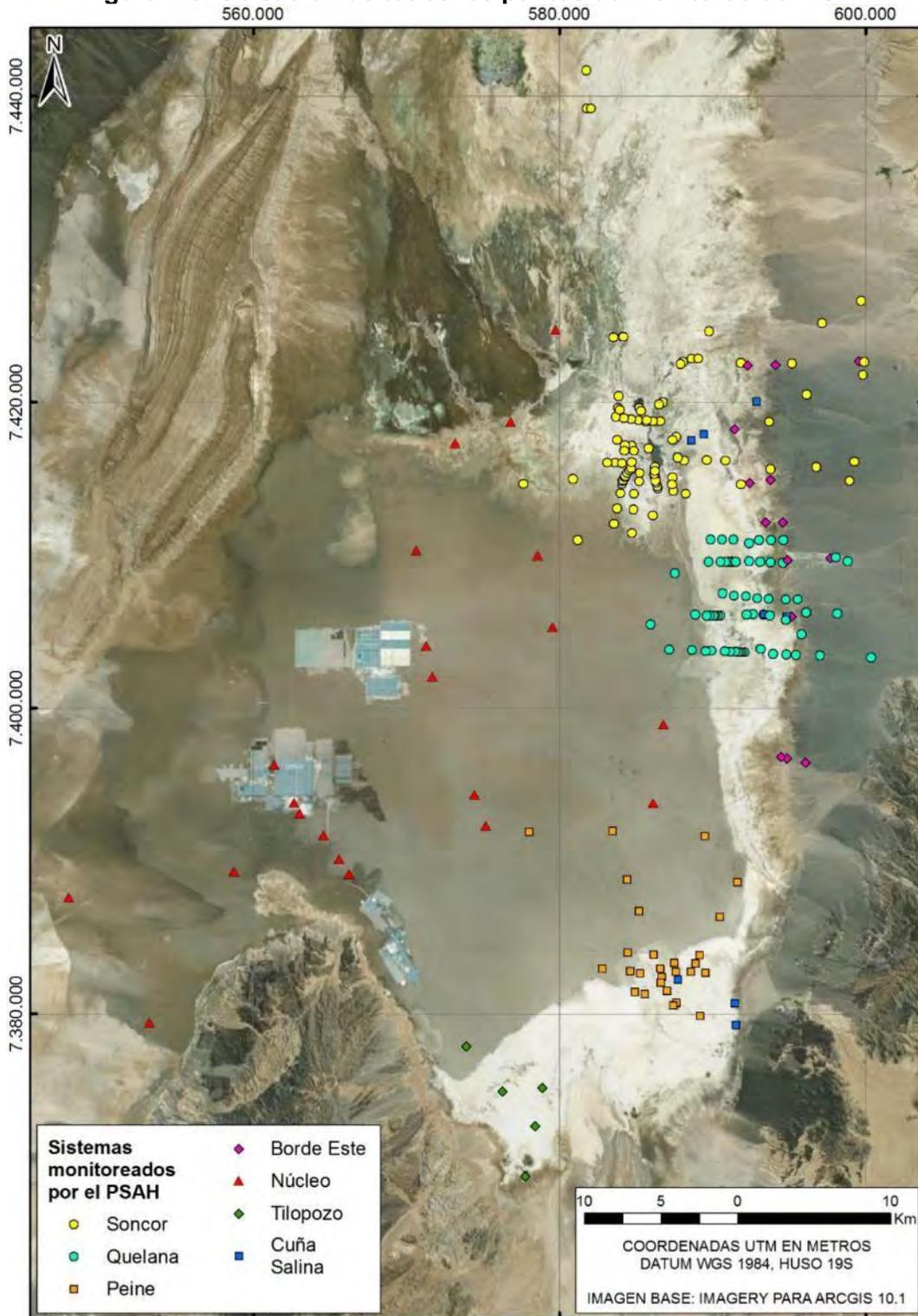
Los 225 puntos de monitoreo que conforman el PSAH, los mismos que se encuentran identificados en la RCA 226/2006, se pueden desglosar de la siguiente manera:

- 112 pozos someros;
- 84 pozos profundos;
- 5 pozos de bombeo de agua industrial;
- 18 reglillas para la medición del nivel de agua superficial;
- 4 estaciones de aforo de agua superficiales;
- 2 estaciones meteorológicas.

Del total de los puntos, 47 corresponden a puntos de medición continua de acuerdo a lo comprometido en la RCA 226/2006. Adicionalmente, se implementó una medición continua en la reglilla L7-G2 (Laguna Puilar), ya que se ubica en una zona con alto potencial de nidificación de flamencos, lo que permite realizar un monitoreo adecuado durante el período reproductivo en el sector.

Los puntos de monitoreo hidrogeológicos que conforman el PSAH se identifican en la Figura 4-5.

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



Fuente: Elaboración propia.

---

## 4.2 PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES

Los parámetros utilizados para caracterizar las variables ambientales son los siguientes:

- niveles de agua superficial y subterránea
- calidad físico-química del agua
- aforos de caudal
- caudal bombeado desde pozos de agua industrial
- meteorología
- superficie lacustre

### 4.2.1 Niveles de agua superficial y subterránea

El nivel del agua se reporta en metros sobre nivel del mar (m.s.n.m.). En el ANEXO 4 se indican los valores registrados durante el período enero-junio de 2017.

### 4.2.2 Calidad físico-química del agua

Los parámetros físicos que se miden en terreno son la Temperatura en grados centígrados (°C), Densidad en g/L, el pH en unidades de pH, y Conductividad Eléctrica en mS/cm.

Los parámetros químicos reportados son: arsénico, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza total, alcalinidad en mg/L de CaCO<sub>3</sub>, sólidos suspendidos, sólidos totales, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitratos, fosfatos, hidrocarburos totales, detergentes aniónicos, nitrógeno amoniacal, hierro, manganeso y zinc. Las concentraciones se expresan en mg/L (o múltiples como pueden ser los µg/L o g/L en función de su grado de concentración).

Otro parámetro es la concentración de coliformes fecales que se expresan en número más probable por 100 mL. Este parámetro indica la eventual contaminación por aguas residuales.

### 4.2.3 Aforos de caudal superficial

Se cuenta con puntos de aforo en los cauces naturales. En particular, en el Canal de Burro Muerto a la altura del Puente San Luis, se cuenta con un vertedero construido en las inmediaciones del Centro Turístico Chaxa. Estos puntos de aforo permiten conocer el caudal en L/s a partir de la altura de agua.

### 4.2.4 Caudal Bombeado de Pozos de Agua Industrial

La medición y registro del caudal bombeado en L/s es un parámetro que permite cuantificar el volumen de agua industrial extraído en cada pozo durante un periodo de tiempo determinado.

### 4.2.5 Meteorología

Los parámetros meteorológicos que se miden en las estaciones meteorológicas de acuerdo a lo comprometido en la RCA 226/2006, son precipitación en mm, evaporación en mm, velocidad del viento en m/s y temperatura del aire en °C, entre otros.

#### 4.2.6 Superficie lacustre

La superficie lacustre se mide en m<sup>2</sup> o km<sup>2</sup>.

#### 4.2.7 Resumen de parámetros registrados

En la Tabla 4-1 se presenta el listado de los parámetros registrados explicados en el capítulo 4.2, donde se indica la abreviatura más común utilizada, las unidades en que se expresan y el periodo de registro.

**Tabla 4-1: Listado de parámetros registrados en el monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental.**

Parámetro	Abreviatura Común	Unidades	Periodo de registro
Nivel de agua superficial		m y msnm	Continuo-Mensual
Nivel de agua subterránea		m y msnm	Continuo-Mensual
Descenso de agua superficial	m	m	Continuo-Mensual
Descenso de agua subterránea	m	m	Continuo-Mensual
Temperatura del agua	T	°C	Trimestral
pH	pH	unidades de pH	Trimestral
Alcalinidad	Alc	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Trimestral
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	Trimestral
Conductividad Eléctrica	CE	mS/cm o µS/cm	Trimestral
Sólidos Suspendidos		mg/L	Trimestral
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/L	Trimestral
Sodio	Na	mg/L	Trimestral
Potasio	K	mg/L	Trimestral
Calcio	Ca	mg/L	Trimestral
Magnesio	Mg	mg/L	Trimestral
Dureza Total		mg/L	Trimestral
Carbonato	CO <sub>3</sub>	mg/L	Trimestral
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	mg/L	Trimestral
Sulfato	SO <sub>4</sub>	mg/L	Trimestral
Cloruro	Cl	mg/L	Trimestral
Arsénico	As	mg/L	Trimestral
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/L	Trimestral
Fosfatos	PO <sub>4</sub>	mg/L	Trimestral
Hidrocarburos Totales		mg/L o µg/L	Trimestral
Detergentes Aniónicos		mg/L	Trimestral
Coliformes Fecales		NMP/100 mL	Trimestral
Nitrógeno Amoniacal	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	Trimestral
Hierro	Fe	mg/L	Trimestral
Manganeso	Mn	mg/L	Trimestral
Zinc	Zn	mg/L	Trimestral
Caudal Superficial	Qs	L/s	Continuo
Caudal de bombeo	Q	L/s	Continuo
Precipitación diaria	P	mm	Diario
Evaporación diaria	E	mm	Diario

Parámetro	Abreviatura Común	Unidades	Periodo de registro
Velocidad del viento	Vv	m/s	Diario
Temperatura del aire	Ta	°C	Diario
Superficie Lacustre		m <sup>2</sup> o km <sup>2</sup>	Trimestral-Anual

\* En las muestras de agua para calidad química no se miden todos los parámetros en cada una de las muestras (ANEXO I de la Adenda III del EIA del proyecto)

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 METODOLOGÍAS

A continuación, se expone un listado general de los pasos a realizar en los trabajos necesarios para la obtención de las variables ambientales requeridas, el detalle de la metodología se encuentra en el ANEXO 5.

#### 4.3.1 Monitoreo de nivel de pozos operativos y no operativos

##### 4.3.1.1 Secuencia para monitoreo de nivel de pozo y caudal de bombeo operativo

- Registrar fecha y hora de visita
- Medir y registrar el nivel dinámico/estático (mínimo 3 veces)
- Realizar limpieza del pozómetro con agua destilada una vez realizada la medición
- Registrar caudal instantáneo
- Registrar volumen acumulado
- Verificar y registrar apertura de válvula (cuando corresponda)
- Registrar observaciones (cuando corresponda)

##### 4.3.1.2 Secuencia para monitoreo de pozos de PSAH

- Registrar fecha y hora de visita
- Medir y registrar el nivel estático en el pozo (mínimo 3 veces)
- Realizar limpieza del pozómetro con agua destilada una vez realizada la medición
- Medir altura de referencia (cuando corresponda)
- Registrar observaciones (cuando corresponda)

#### 4.3.2 Medición de parámetros físico-químicos en terreno y muestreo de aguas superficiales y subterráneas

- Calibración de equipos (sonda multiparámetro)
- Etiquetado de envases
- Purgado de pozos (cuando corresponda)
- Toma de muestra y sellado de envases
- Vaciar muestra en probeta u otro recipiente (volumen según sea el caso) para medición de parámetros de terreno
- Medición con equipo multiparámetro y posterior registro de datos
- Registrar profundidad de la bomba (cuando corresponda)

- Registrar datos, condiciones ambientales y observaciones
- Confección de cadena de custodia
- Limpieza del material utilizado con agua destilada

### **4.3.3 Medición de superficies lacustres**

#### **4.3.3.1 Medición mediante imágenes satelitales**

La metodología seguida para la medición de superficies lacustres a través de imágenes satelitales fue aprobada por la COREMA Región de Antofagasta en Resolución Exenta N° 244/2010.

La metodología es la siguiente:

- Obtener imágenes satelitales de alta resolución en el mes de abril
- Georreferenciación de las imágenes satelitales
- Fusión de imágenes multiespectral y pancromática
- Transformaciones digitales (Índices MNDWI, TSAVI e IHS)
- Digitalización de contornos
- Control de terreno
- Delimitación de la superficie lacustre
- Definición de límites de cada laguna según criterios CONAF
- Identificación de áreas de inundación
- Calculo de superficie lacustre

#### **4.3.3.2 Medición mediante topografía**

Para las mediciones de los perímetros y áreas de las lagunas se realiza un levantamiento topográfico de las 6 lagunas con el GPS y con el método RTK. Donde la base queda fija en el hito de cada laguna y posteriormente se desplaza el receptor móvil tomando puntos. Este desplazamiento se realiza a pie, caminando por el margen de las lagunas.

La medición topográfica se realiza cada 5 años, de acuerdo a lo establecido en la Res. Exenta N° 244/2010.

#### **4.3.3.3 Medición mediante estacas perimétrales**

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

Desde cada estaca se mide la distancia hacia el borde del nivel de agua (pudiendo ser positivo o negativo, según el nivel del agua en relación a la estaca). Posteriormente los datos son ingresados al software ArcGis donde se generan los nuevos polígonos de las lagunas y se calcula el área del espejo de agua.

Todos los datos y resultados obtenidos hasta octubre del 2013 son de responsabilidad del cuerpo técnico de CONAF; luego la empresa consultora SEARCH contratada por CONAF

implementa su metodología de cálculo de área lacustre mediante estacas perimetrales a partir de enero de 2014.

Esta metodología presenta imprecisiones, pero CONAF ha mantenido su aplicación con el objeto de dar continuidad al seguimiento, dado que corresponde a la forma en que esa entidad ha realizado la estimación de superficies lacustres desde el inicio del convenio con SQM de monitoreo en 1997.

#### **4.3.4 Realización de aforos en cauces naturales**

- Definición del número de secciones del canal/cauce a aforar
- Medición del ancho de cada sección
- Medir la altura de agua en el límite de cada sección
- Medir la velocidad del agua en el centro de cada sección (3 repeticiones mínimo)
- Calcular el área de cada sección
- Calcular y sumar el caudal de cada sección (Método área-velocidad)

#### **4.3.5 Medición Meteorología**

La medición se realiza automáticamente cada 5 minutos para precipitación, evaporación, velocidad del viento y temperatura, mediante los sensores que se encuentran en las estaciones KCL y Chaxa. Esta información es descargada desde el data logger por personal de SQM semanalmente en el caso de la estación KCL y mensualmente en el caso de la estación Chaxa. Asimismo, la mantención de los sensores se realiza mensualmente.

### **4.4 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

En este apartado se listan los materiales utilizados en los trabajos de obtención de los parámetros ambientales requeridos. No se incluyen los materiales auxiliares, tales como camionetas u equipos de protección personal (EPP), los que se detallan en los procedimientos e instructivos del ANEXO 5.

#### **4.4.1 Medición de niveles y configuración de equipos de medición continua**

- Palm Win Situ, cable conector RS232, cargador para camioneta (según corresponda)
- Pozómetro.
- Densímetros con rangos: 1.0-1.1; 1.1-1.2; 1.2-1.3; 1.3-1.4 (según corresponda)
- Probeta (según corresponda).
- Piseta con agua destilada.
- Flexómetro.
- Tablet con planilla de pozos a monitorear.

#### **4.4.2 Parámetros físico-químicos medidos en terreno**

- Medidor multiparamétrico marca WTW, modelo pH\_Conc 330-340i.
- Manuales correspondientes de los medidores usados deben ser llevados a terreno y ser consultados en caso de dudas o manipulaciones no rutinarias.
- Soluciones de calibración para pH y conductividad eléctrica.
- Densímetros (rangos: 1.0-1.1; 1.1-1.2; 1.2-1.3; 1.3-1.4).
- Solución de mantención de electrodos, para el medidor multiparamétrico.
- Papel "tissue" u otros no abrasivos, paños de algodón de poca pelusa.

- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno
- Guantes desechables (especialmente para medición de parámetros orgánicos)
- Agua destilada/desionizada

#### **4.4.3 Muestreo físico-químico**

- Agua destilada
- Pozómetro
- Densímetros (rangos: 1.0-1.1; 1.1-1.2; 1.2-1.3; 1.3-1.4)
- Probeta
- Piseta con agua destilada
- Flexómetro
- Tablet con planilla de pozos a monitorear
- Bomba para purga y muestreo (si corresponde)
- Bailer de muestreo (si corresponde)
- Envases plásticos/vidrio de 1000, 500 y 250 mL
- Etiquetas autoadhesivas (si corresponde)
- Sistema de refrigeración (cooler y/o ice pack)
- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno

#### **4.4.4 Estimación de superficies lacustres**

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

#### **4.4.5 Realización de aforos en cauces naturales**

- Micromolinete
- Flexómetro
- Planillas de terreno

#### **4.4.6 Medición Meteorología**

- Evaporímetro: NOVALYNX 255-100
- Pluviómetro: Texas Electronics 525 M
- Barómetro: PTB 110 Vaisala
- Monitoreo del viento: Young 05103-5 WS
- Temperatura: T° HR HMP45C Vaisala
- Piranómetro CMP3

#### **4.4.7 Medición caudal de pozos de agua industrial**

- Flujometro (Totalizadores) : Endress+Hauser Flowtec

### **4.5 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS**

En la ejecución de cualquier medición existe siempre asociado un grado de error o incertidumbre que depende en gran medida de la habilidad y el conocimiento de la persona que realiza el muestreo y/o la medición, la precisión de los equipos, la representatividad de

las muestras y la calibración de equipos, entre otros factores. La definición de un procedimiento para realizar la medición y verificar su cumplimiento se realiza con el objetivo de minimizar y controlar las incertidumbres existentes.

En la obtención de la cota piezométrica las incertidumbres se concentran en la precisión de los equipos de medición como son el pozómetro ( $\pm 1$  mm), la observación de la medida por parte del monitor ( $\pm 5$  mm) y la precisión con la que se haya medido la cota del punto de referencia ( $\pm 1$  cm), esta última depende del equipo de medición topográfica usado, además de las condiciones climáticas, el tiempo transcurrido (minutos) durante los registros de la medición en el punto y la distancia a la estación base, pero, en general, es del orden de centímetros.

En la medición de parámetros físico-químicos en terreno y los parámetros medidos en laboratorios externos la incertidumbre recae en la representatividad de la muestra en la que se miden los parámetros, el estado de calibración y adecuación del rango de trabajo de los equipos de medición. En el caso de la necesidad de procesos, de preparación de la muestra, como diluciones u otras manipulaciones y procesos se incrementan las incertidumbres. Seguir los procedimientos en el caso de la medición de parámetros “in situ”, muestreo y cumplimiento de los estándares de calidad por parte de los laboratorios, minimizan y controlan la incertidumbre de los parámetros.

En la medición de caudales en cauces naturales, la incertidumbre recae en la medición del área de las secciones ( $\pm 0,1$  m<sup>2</sup>), la precisión de medición del molinete ( $\pm 0,1$  m/s) y el régimen del flujo de agua (laminar-turbulento).

Para el caso de las mediciones de precipitación, evaporación, temperatura y velocidad del viento, la incertidumbre asociada está ligada a la precisión de los equipos utilizados en las estaciones meteorológicas, los que se deben mantener limpios y realizar calibraciones, de acuerdo a lo indicado por el fabricante (mayor detalle ANEXO 6).

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

- Quickbird-II; 2,4x0,6 m
- Worldview-II; 2x0,5 m
- Geoeye-1; 1,65x0,4 m

Adicionalmente cada 5 años se mide topográficamente la superficie de las lagunas. El resultado es una medición directa de la superficie de las lagunas. De este modo, la medición del mes de abril se compara con los resultados de la medición a partir de las imágenes satelitales a modo de validación de éstas. La incertidumbre de este método depende de la cantidad de puntos que se tomen en el perímetro de la laguna y el número de satélites

disponibles durante la medición. El GPS (dependiendo del modelo) tiene un error aproximado de:

- Horizontal: 3 mm + 0,5 ppm (x longitud de línea de base)
- Vertical: 5 mm+ 0,5 ppm (x longitud de línea de base)
- Horizontal: 10 mm +1,0ppm
- Vertical: 15 mm + 1,0ppm

CONAF mide mediante estacas perimetrales la superficie de las lagunas en los meses de enero, abril, julio y octubre. Este método es aproximado ya que utiliza la presencia de agua en ciertos puntos prefijados (estacas) para generar polígonos y así estimar la superficie cubierta con agua, por lo que es menos exacto que el método de las imágenes satelitales y que la medición mediante topografía.

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

## 5 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones del PSAH para cada uno de los sistemas ambientales. Los puntos que no pudieron ser medidos son presentados en cada subcapítulo y detallados en el ANEXO 7. Previo a esto se presenta el estado del Plan de Contingencias con los límites considerados para cada parámetro según corresponde para la Fase I y Fase II.

### 5.1 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

Tal como se señaló anteriormente, uno de los objetivos principales del PSAH es proveer información para operar el Plan de Contingencias (PC), el cual está orientado a dar respuesta oportuna frente a impactos. El PC fue elaborado el año 2005 con motivo del EIA del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, y su diseño se sustentó en los resultados de 10 años de monitoreo de variables hidrogeológicas y bióticas, que indican que los sistemas a proteger toleran adecuadamente grandes variaciones hidrológicas estacionales e interanuales, situación que se ha corroborado desde el inicio del monitoreo del PSAH (mayo 2007) a la fecha. Hasta la fecha se han realizado tres aumentos de extracción de salmuera acorde a los escalones de extracción definidos en la RCA. El último aumento ocurrió el 13 de agosto 2013, es así como actualmente el proyecto se encuentra en el tercer escalón de extracción de salmuera

Para efectos del presente informe, se ha tenido a la vista lo indicado en la Resolución N°1/Rol F-041-2016, y su rectificación contenida en la Resolución N°4/Rol F-041-2016. Conforme a lo anterior, el PC se ajusta a lo indicado en los considerandos 11.2.1, 11.3.1 y 11.4.1 de la RCA 226/2006. En este sentido, los Indicadores de Estado corresponden a los presentados en la Tabla 5-1.

**Tabla 5-1: Identificación de Indicadores de Estado, según RCA 226/2006.**

SISTEMA	SUBSISTEMA	INDICADORES DE ESTADO
Soncor	-	L1-5
		L1-4
		L7-4
		L1-G4 REGLILLA
Aguas de Quelana	-	L5-8
		L4-8
		L3-5
		L3-9
		L5-10
		L4-12
Vegetación Borde Este	Vegetación Hidromorfa	L7-3
		L2-4
		L3-5
		L4-10
		L1-17
		L2-27
		L7-6
	Vegetación Brea-Atriplex	L2-7
		L3-3
		L4-7
		L9-1
		L1-3

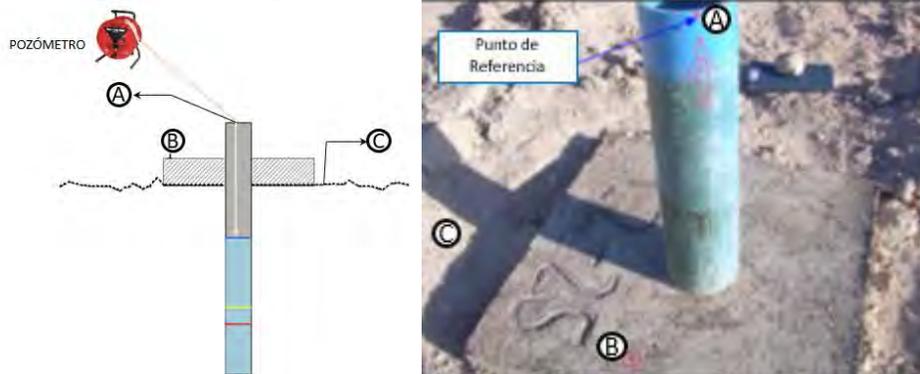
SISTEMA	SUBSISTEMA	INDICADORES DE ESTADO
		L2-28
		L7-13
	Alerta Temprana	L2-25
		L3-11
		L4-3
		L9-1

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, con el objeto de facilitar el análisis de la información relativa a las cotas de terreno, a partir de este informe, se corrige la nomenclatura estandariza de la siguiente forma (Figura 5-1):

- Punto A: Punto de referencia de la medición de nivel
- Punto B: Monolito
- Punto C: Terreno

**Figura 5-1: Esquema conceptual de pozos de monitoreo**



Fuente: Elaboración propia.

En base al esquema presentado en la Figura 5-1 las cotas de los puntos de referencia de los pozos del PC son las reportadas en ANEXO 8.

En la Tabla 5-2, Tabla 5-3, Tabla 5-4 y Tabla 5-5 se presentan los umbrales de activación de las distintas fases, mientras que en la Figura 5-2 se presenta la ubicación espacial de los puntos del PC. Cabe destacar que la activación de la Fase I del PC no implica afectación alguna, pues corresponde a una alerta temprana que simplemente implica aumentar la frecuencia de monitoreo a fin de anticipar un potencial efecto sobre el sistema a proteger. En el ANEXO 9 se muestran los respaldos de todos los reportes de activación y desactivación de Fase I para el primer semestre de 2017. A continuación se presenta un breve resumen de estos reportes.

- Para los pozos L3-3 y L2-28 del Sistema Borde Este en febrero de 2017 se informó a la Superintendencia de Medio Ambiente la activación de la Fase I y su posterior desactivación en marzo de 2017.

- En el Sistema Soncor para el pozo L1-5 y la Reglilla L1-G4 se informó la desactivación de la Fase I durante marzo de 2017<sup>3</sup>.
- En abril de 2017 se reportó la activación de Fase I para el pozo L2-28 y su posterior desactivación en mayo de 2017.
- El pozo L7-6 continua en Fase I durante todo el primer semestre de 2017

En el ANEXO 10 se presentan los valores medidos durante enero a junio de 2017 de los pozos que conforman el PC en Datum WGS-1984 y PSAD-56 para el Sistema Soncor, mientras que en el ANEXO 11 se muestran los descensos para los Sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este. En estos Anexos se puede corroborar que, considerando los valores umbrales de activación definidos en la RCA 226/2006 más levantamiento topográfico, hasta junio de 2017 no se ha sobrepasado el umbral de Fase II en ningún punto del plan de Contingencia.

De acuerdo a lo requerido por la Superintendencia de Medio Ambiente, a través del Ord. MZN N° 418/2016, en la Tabla 5-6, se indica las fechas de entrega de los siguientes informes del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico y el número de informe en que corresponde realizar la revisión del Plan de Contingencia, de acuerdo a lo establecido por la RCA.

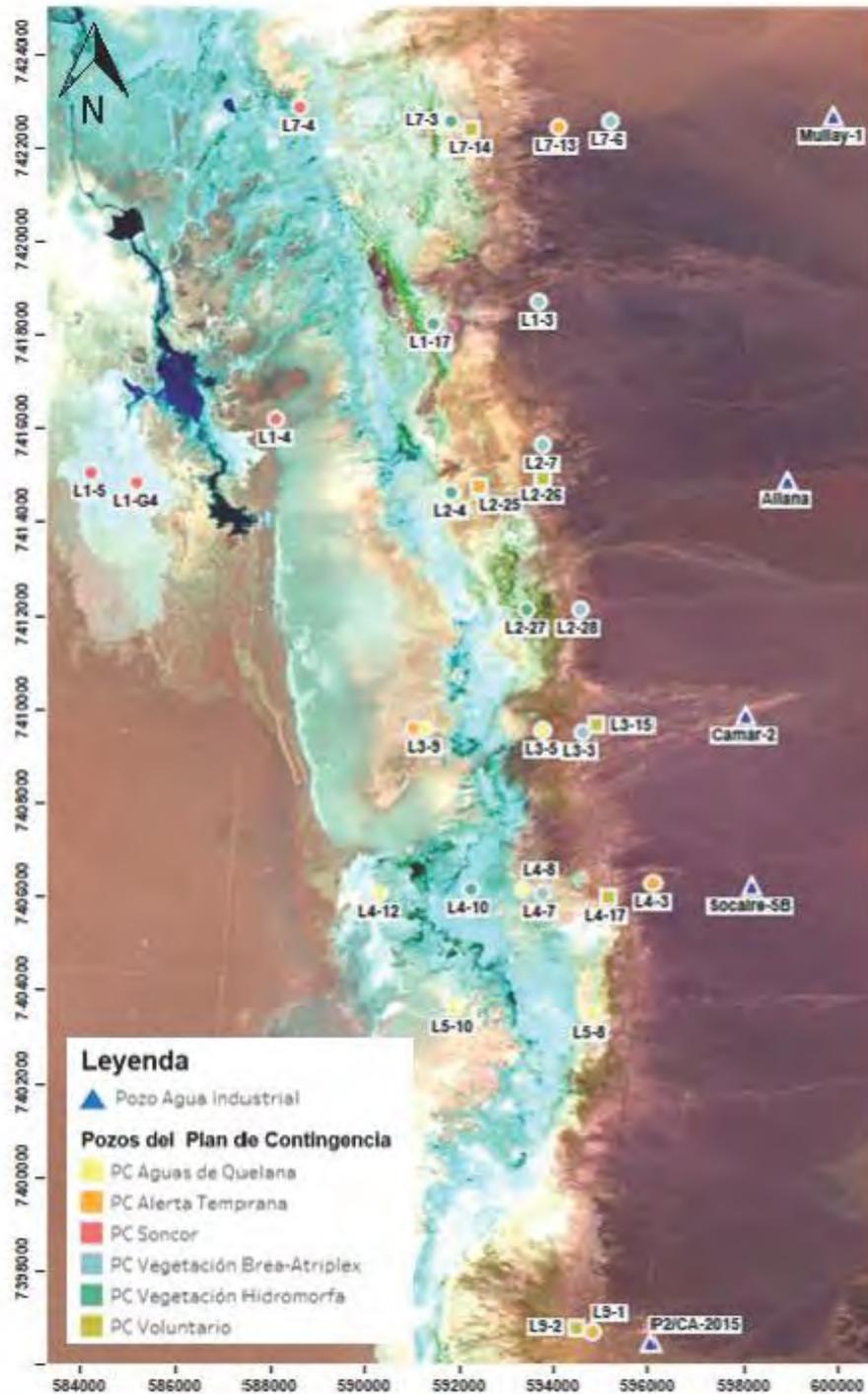
Desde la Figura 5-3 hasta la Figura 5-6 se presentan los niveles observados (m.s.n.m.) para los puntos de monitoreo del PC en el sistema Soncor. Desde la Figura 5-7 a la Figura 5-12 se muestran los descensos para los pozos del Sistema Aguas de Quelana y desde la Figura 5-13 hasta la Figura 5-30 se presentan los descensos del nivel observado en los Pozos PC del Sistema Borde Este (Vegetación Hidromorfa, Vegetación Brea-Atriplex y Alerta Temprana).

Adicionalmente, para mantener consistencia con los informes anteriores y poder realizar un seguimiento adecuado a los sistemas a proteger, se seguirá reportando los indicadores de alerta para los pozos L7-14, L2-25, L4-17 y L9-2, pertenecientes al subsistema Vegetación Brea-Atriplex, y para los pozos L2-26 y L3-15 del subsistema Alerta Temprana del Sistema de Vegetación Borde Este, que habían sido incorporados al PC en el Informe PSAH N° 1.

---

<sup>3</sup> El 28 de septiembre de 2016, se reportó a la SMA la activación de la Fase I para el pozo L1-5, aumentando la frecuencia de monitoreo de mensual a quincenal para todos los pozos del sistema Soncor. El código del comprobante de Aviso es el RIA1485. El 22 de marzo de 2017, se reportó a la SMA la desactivación de la Fase I para el pozo L1-5, disminuyendo la frecuencia de monitoreo quincenal a mensual, para todo el sistema Soncor. Comprobante de reporte RIA1485. El 28 de septiembre de 2016, se reportó a la SMA la activación de la Fase I para el pozo L1-G4, aumentando la frecuencia de monitoreo de mensual a quincenal para todos los pozos del sistema Soncor. El código del comprobante de Aviso es el RIA1485. El 22 de marzo de 2017, se reportó a la SMA la desactivación de la Fase I para el pozo L1-G4, disminuyendo la frecuencia de monitoreo quincenal a mensual, para todo el sistema Soncor. Comprobante de reporte RIA1485.

**Figura 5-2: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial (DATUM WGS-84)<sup>4 5</sup>.**



ente: Elaboración propia.

<sup>4</sup> Las coordenadas en Datum WGS-84 de los puntos del plan de contingencia se presentan en el ANEXO 8.

<sup>5</sup> A partir de Febrero de 2017 el pozo P2 fue reemplazado por el pozo CA-2015, según Res. 296/2016 de la DGA.

**Tabla 5-2: Puntos de monitoreo del PC con su cota de activación, según RCA 226/2006 con levantamiento topográfico actualizada para el Sistema Soncor<sup>6</sup>.**

Pozo	COORDENADAS PSAD 56		COORDENADAS WGS 84	
	Valor de activación Fase I (msnm)	Valor de activación Fase II (msnm)	Valor de activación Fase I (msnm)	Valor de activación Fase II (msnm)
L7-4	2301,35	2301,33	2302,20	2302,18
L1-4	2298,89	2298,86	2299,75	2299,72
L1-5	2298,54	2298,43	2299,40	2299,29
L1-G4 REGLILLA	2298,59	2298,43	2299,46	2299,30

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-3: Puntos de monitoreo del PC con su descenso de activación.**

Sistema	Pozo	Descenso Según RCA 226/2006		Medición Inicial		
		Fase I (m)	Fase II (m)	Medición desde punto de referencia (m)	Fecha	
Aguas de Quelana	L3-5	0,1	0,13	0,858	10-05-2007	
	L3-9	0,1	0,13	1,290	09-05-2007	
	L4-8	0,1	0,13	1,540	10-05-2007	
	L4-12	0,1	0,13	1,215	10-05-2007	
	L5-8	0,1	0,13	1,440	10-05-2007	
	L5-10	0,1	0,13	1,525	10-05-2007	
Vegetación Borde Este	Vegetación Hidromorfa	L7-3	0,33	0,38	1,165	31-05-2007
		L2-4	0,33	0,38	1,405	13-05-2007
		L3-5	0,33	0,38	0,858	10-05-2007
		L4-10	0,33	0,38	0,499	13-05-2007
		L1-17	0,33	0,38	0,898	13-05-2007
		L2-27	0,33	0,38	2,130	13-05-2007
	Vegetación Brea-Atriplex	L7-6	0,5	1,0	21,362	01-11-2007
		L2-7	0,5	1,0	4,365	02-09-2007
		L3-3	0,5	1,0	3,418	13-05-2007
		L4-7	0,5	1,0	1,532	08-09-2007
		L9-1	0,5	1,0	6,818	13-05-2007
		L1-3	0,5	1,0	7,122 + 0,183 <sup>7</sup>	13-05-2007
		L2-28	0,5	1,0	3,862	13-05-2007
	Alerta Temprana	L7-13	-	1,25	10,820	13-05-2007
		L2-25	-	0,88	1,522	13-05-2007
L3-11		-	0,86	1,445	13-05-2007	
L4-3		-	0,82	16,170	30-05-2007	
L9-1		-	0,86	6,818	13-05-2007	

Fuente: Elaboración propia.

<sup>6</sup> El Considerando 10.2.1 de la RCA 226/2006 indica que "todos los puntos que forman parte del PSA Hidrogeológico contarán con una topografía de detalle, que permitirá medir variaciones de nivel hasta de 1 cm. Finalmente, todos los puntos estarán referenciados topográficamente a un mismo punto de referencia, de modo de contar con mediciones que sean comparables".

<sup>7</sup> Posterior a las lluvias acontecidas en febrero de 2012, el pozo L1-3 desapareció debido a los aluviones registrados en el camino Tocano-Peine, por este motivo se perforó el 17 de marzo de 2012 un nuevo pozo a metros del pozo desaparecido. Las cotas y coordenadas del nuevo pozo se presentaron en el Informe N°11 del PSAH presentado en diciembre de 2012. La diferencia entre la cota del punto de referencia del pozo destruido por el aluvión de 2012 y la del pozo de reemplazo es de 0,183 metros, por lo tanto a partir de marzo de 2012, se deben sumar 0,183 m al nivel desde punto de referencia inicial de mayo de 2007.

**Tabla 5-4: Puntos de monitoreo adicionales voluntarios al PC<sup>8</sup>**

Pozo	Descenso Según RCA 226/2006		Medición Inicial	
	Fase I (m)	Fase II (m)	Medición desde punto de referencia (m)	Fecha
L7-14	0,5	1,0	2,599	13-05-2007
L4-17	0,5	1,0	2,556	13-05-2007
L9-2	0,5	1,0	5,270	13-05-2007
L2-25	0,5	1,0	1,522	13-05-2007
L2-26	-	0,78	4,578	13-05-2007
L3-15	-	0,85	3,862	13-05-2007

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-5: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia.**

Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Nota
Informe PSAH N° 22	dic-17	jun-18	
Informe PSAH N° 23	jun-18	oct-18	
5ta actualización del Modelo Ambiental	dic-17	mar-19	
Informe PSAH N° 24	dic-18	abr-19	
Informe PSAH N° 25	jun-19	oct-19	Revisión del Plan de Contingencia
Informe PSAH N° 26	dic-19	abr-20	
Informe PSAH N° 27	jun-20	oct-20	
6ta actualización del Modelo Ambiental	dic-19	mar-21	
Informe PSAH N° 28	dic-20	abr-21	
Informe PSAH N° 29	jun-21	oct-21	Revisión del Plan de Contingencia

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo, al Considerando 10.2.1 de la RCA 226/2006 y al cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencias, correspondería con ocasión del Informe PSAH N° 21, la revisión del Plan de Contingencias, de manera de incorporar en el modelo numérico la información recopilada mediante el Plan de Seguimiento (series actualizadas del nivel de los acuíferos, de las variables meteorológicas precipitación y evaporación, de las recargas y de los bombeos de salmuera y de agua dulce), de modo que se pueda comparar los valores predichos con los observados.

No obstante, considerando que la Superintendencia del Medio Ambiente se encuentra instruyendo actualmente un procedimiento administrativo sancionatorio (Expediente Rol D-041-2016) por hechos que dicen relación con la incorporación de ajustes al Plan de Contingencias (hecho infraccional N° 6), y que se encuentra pendiente a la fecha de presentación del presente informe la decisión respecto a un programa de cumplimiento propuesto por SQM Salar S.A., que incluye el sometimiento al Sistema de Evaluación de

<sup>8</sup> Los pozos presentados en esta tabla han sido reportados como pozos del Plan de Contingencia desde el Informe N°1 hasta el informe N° 20 del PSAH. Estos no se encuentran identificados en la RCA 226/2006 y se continúan incluyendo para mantener la trazabilidad de la información de seguimiento.

Impacto Ambiental de los planes de contingencia asociados al PSAH, se estima que no resulta oportuno proceder a la revisión del Plan de Contingencias e introducir nuevos ajustes en el modelo numérico.

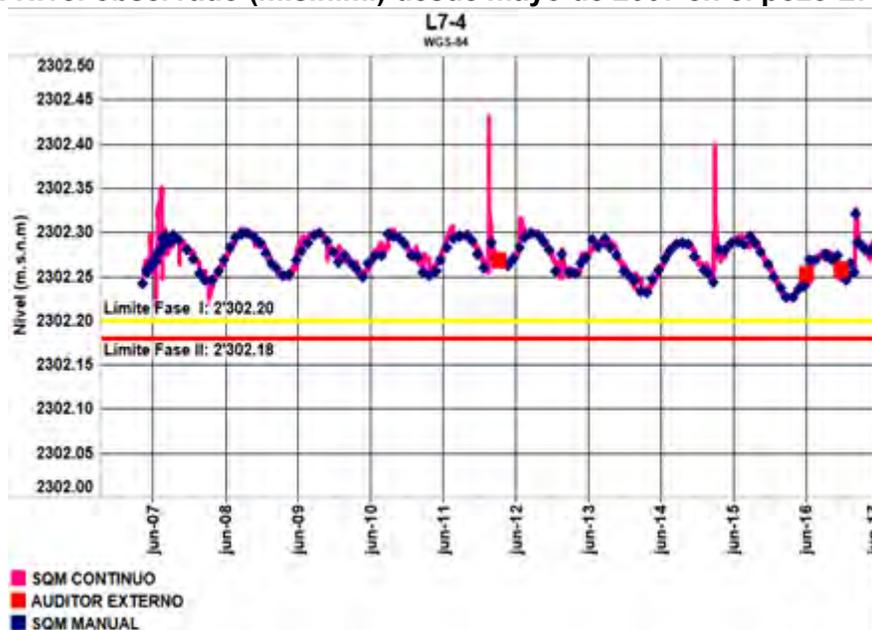
Sin perjuicio de lo anterior, es posible indicar que, a partir de la revisión de las series actualizadas del nivel de los acuíferos, de las variables meteorológicas precipitación y evaporación, de las recargas y de los bombeos de salmuera y de agua dulce, información recopilada mediante el PSAH, es posible concluir que no existe una modificación sustancial respecto de la última revisión, y en particular, en la comparación de los valores modelados y los observados]

En consecuencia, la revisión del Plan de Contingencias será materia de evaluación de impacto ambiental, conforme a lo comprometido en el marco del programa de cumplimiento en actual evaluación por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente.

### 5.1.1 Sistema Soncor

A continuación se presentan los resultados del Sistema Soncor en coordenadas WGS-84, este último requerido por SMA según Res. Ex. 223/2015. Los gráficos en el sistema PSAD-56 pueden ser observados en el ANEXO 12.

**Figura 5-3: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L7-4 (WGS-84)**



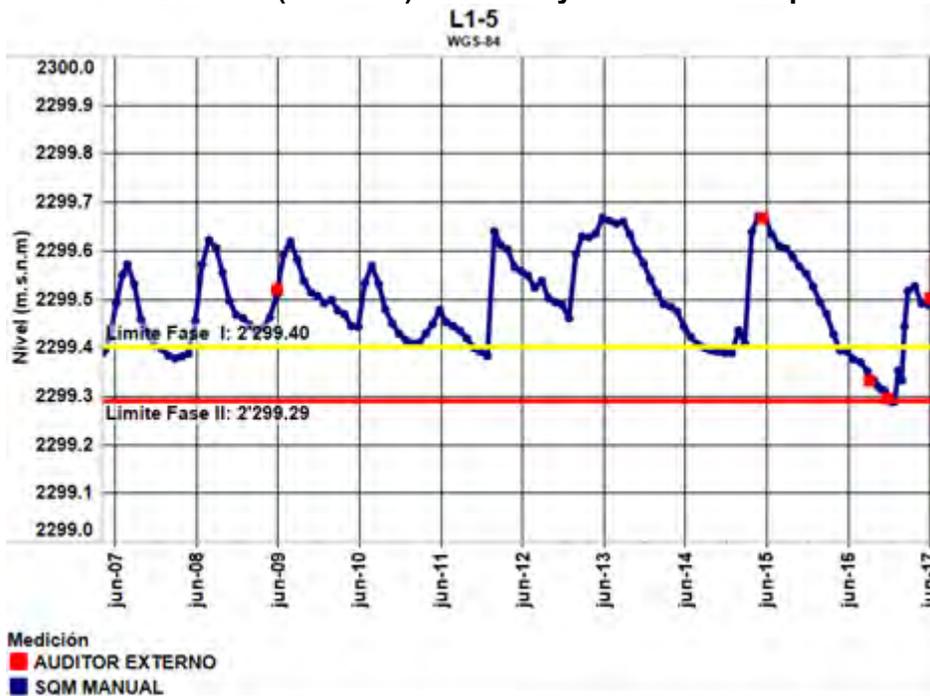
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-4 (WGS-84)



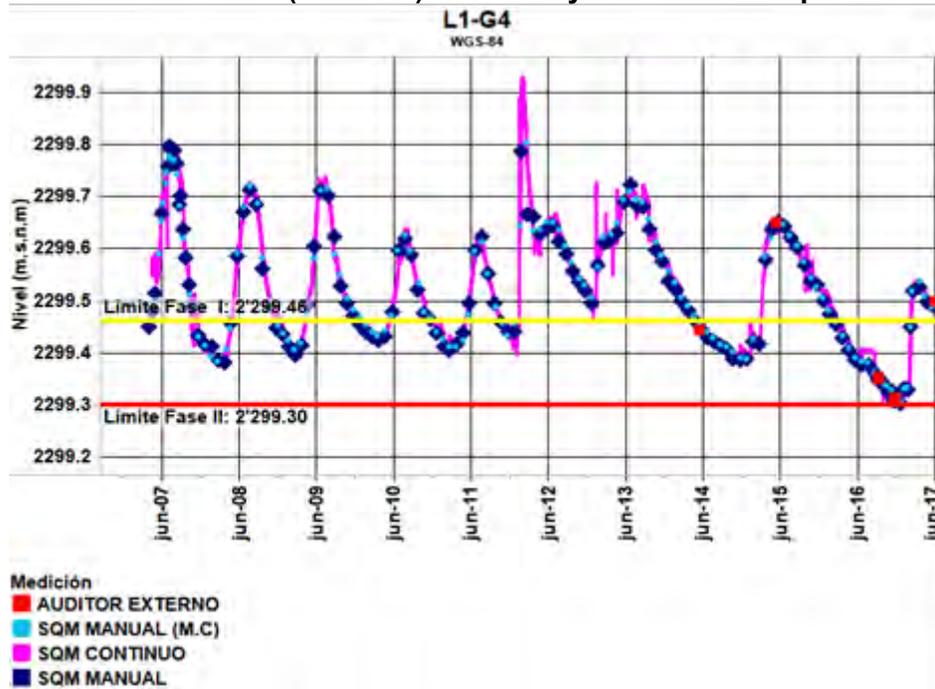
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-5: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-5 (WGS-84)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-6: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-G4 (WGS-84)

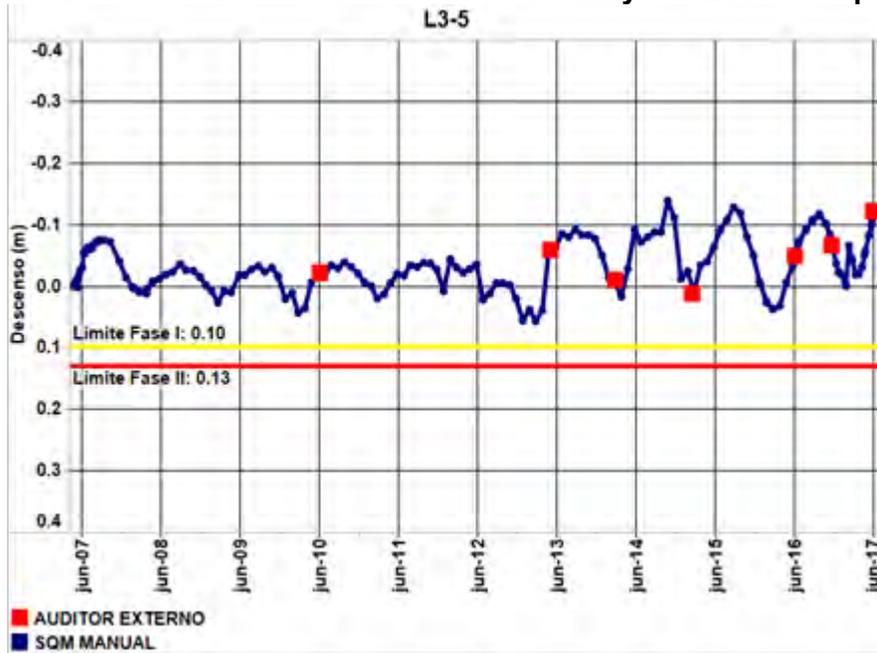


Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 Sistema Aguas de Quelana

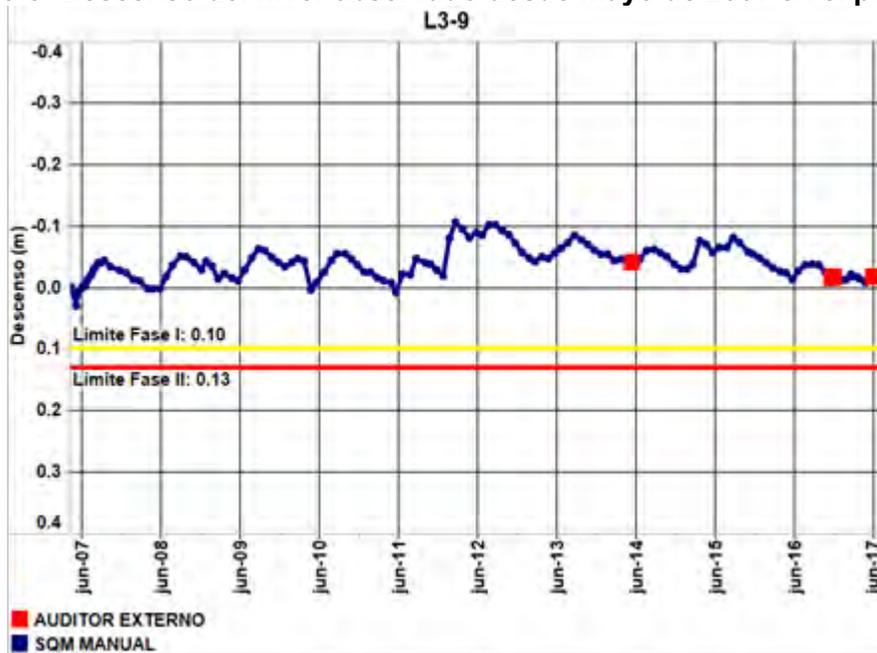
A continuación, se muestran los descensos obtenidos en los pozos del Sistema Aguas de Quelana desde su primer registro (mayo 2007) y los valores de Fase I y Fase II según RCA 226/2006.

**Figura 5-7: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5**



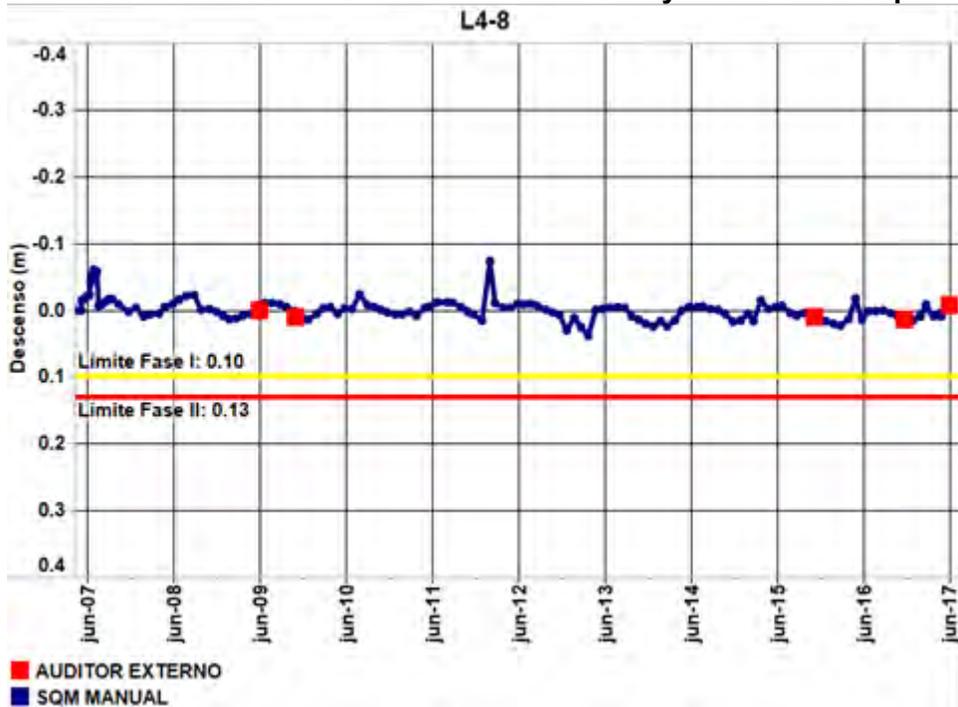
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-8: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-9**



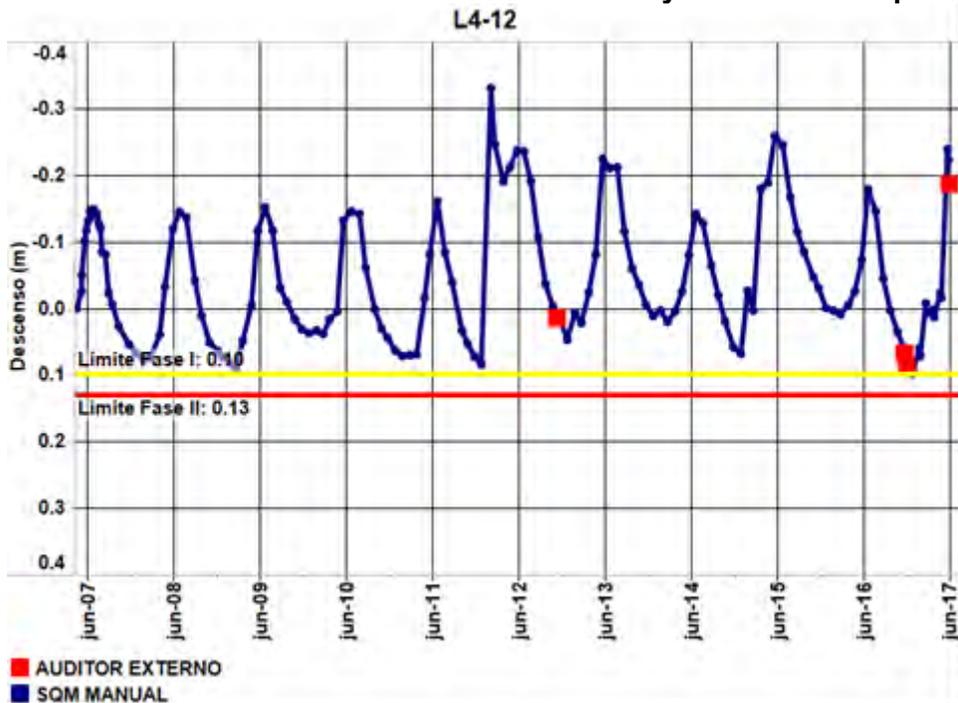
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-9: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-8**



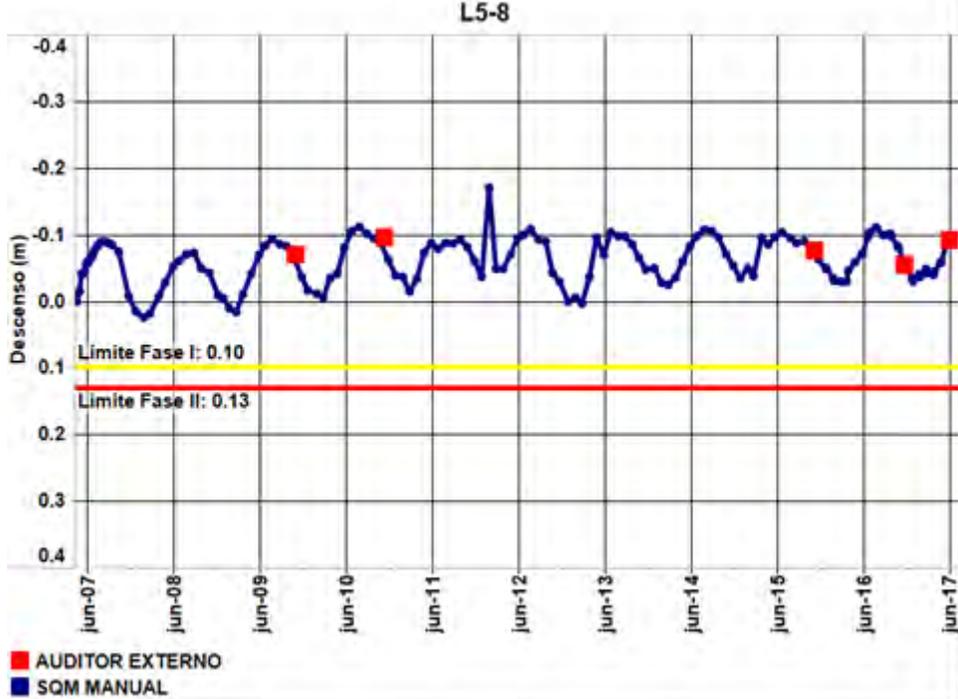
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-10: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-12**



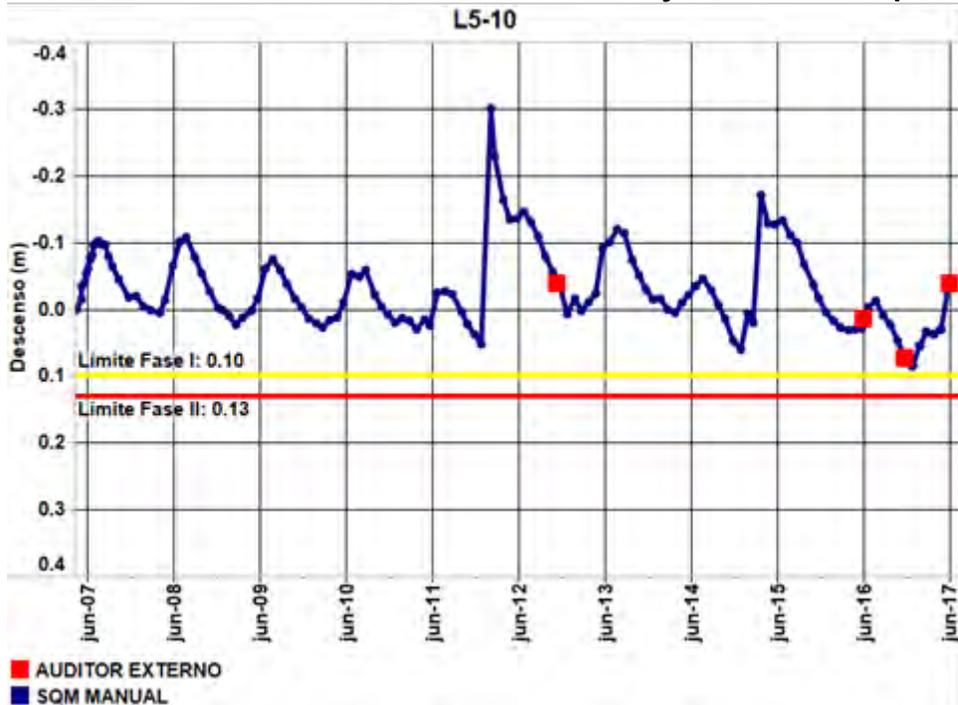
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-8



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-10

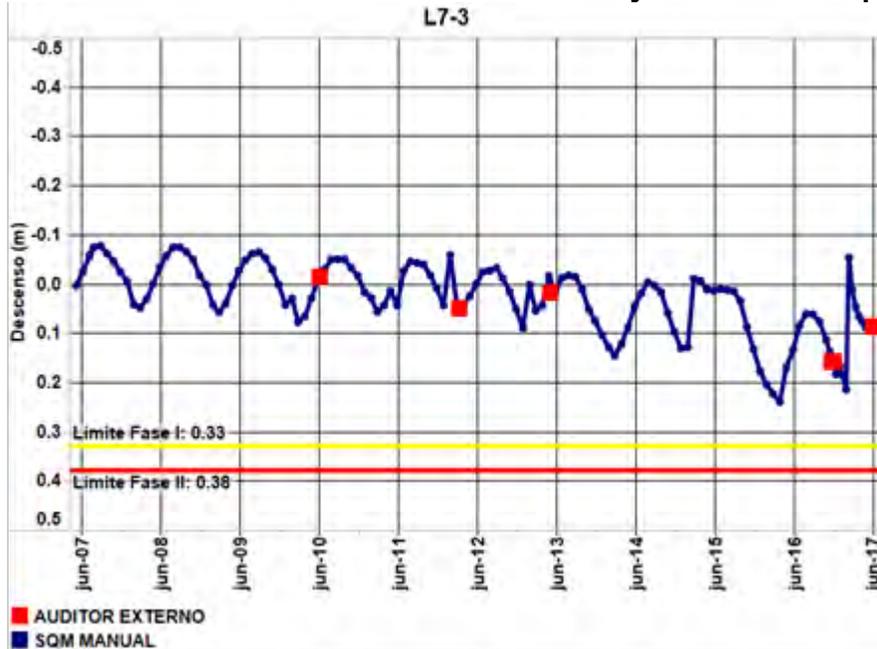


Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3 Sistema Borde Este - Vegetación Hidromorfa

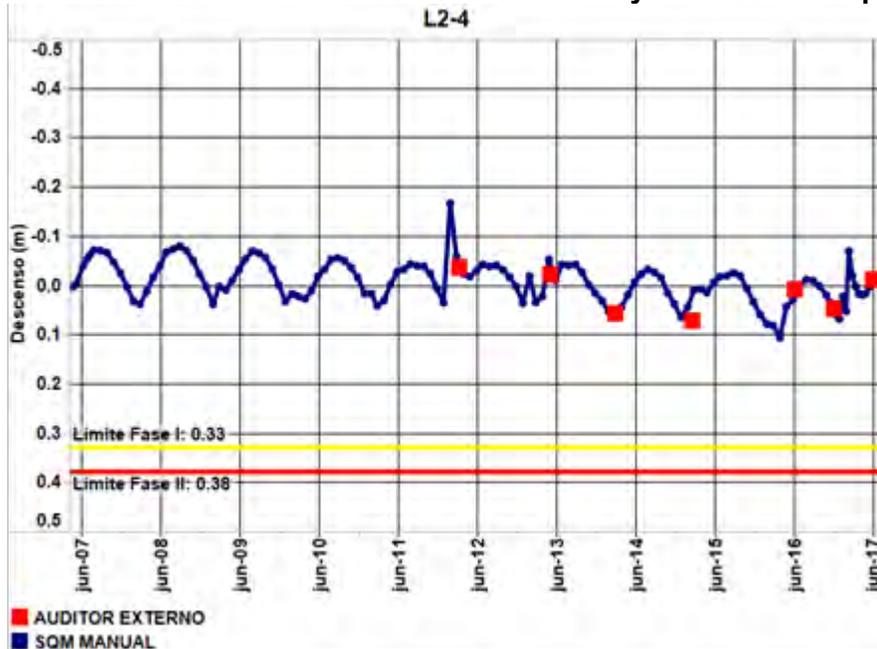
A continuación, se muestran los descensos registrados en los pozos del Sistema Borde Este – Vegetación Hidromorfa desde su primer registro (mayo 2007) y los valores de Fase I y Fase II según RCA 226/2006.

**Figura 5-13: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-3**



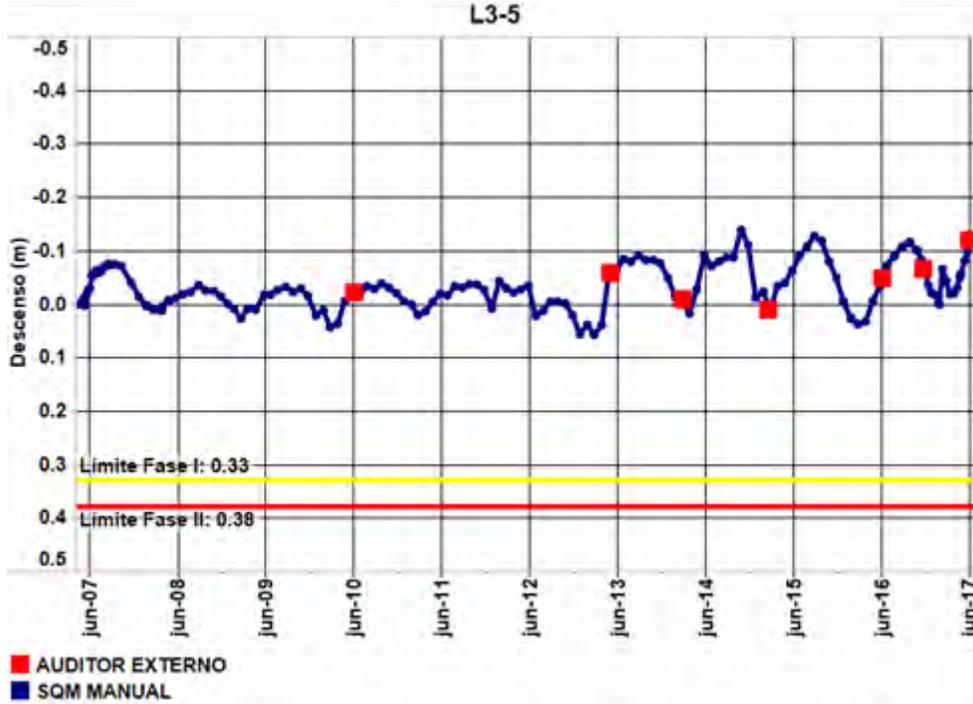
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-14: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-4**



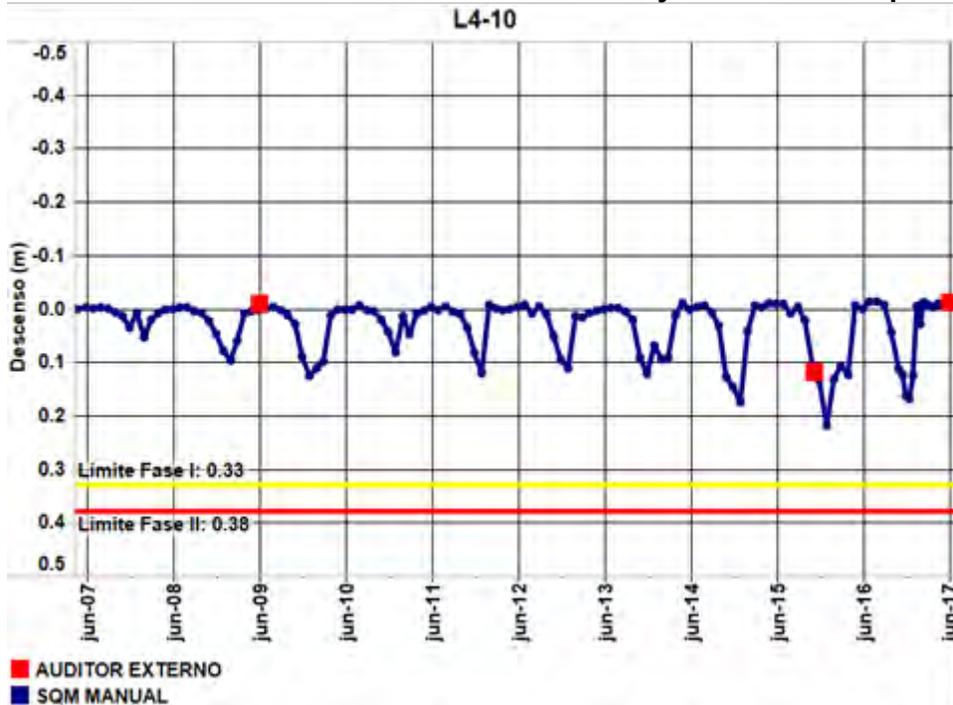
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-15: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5



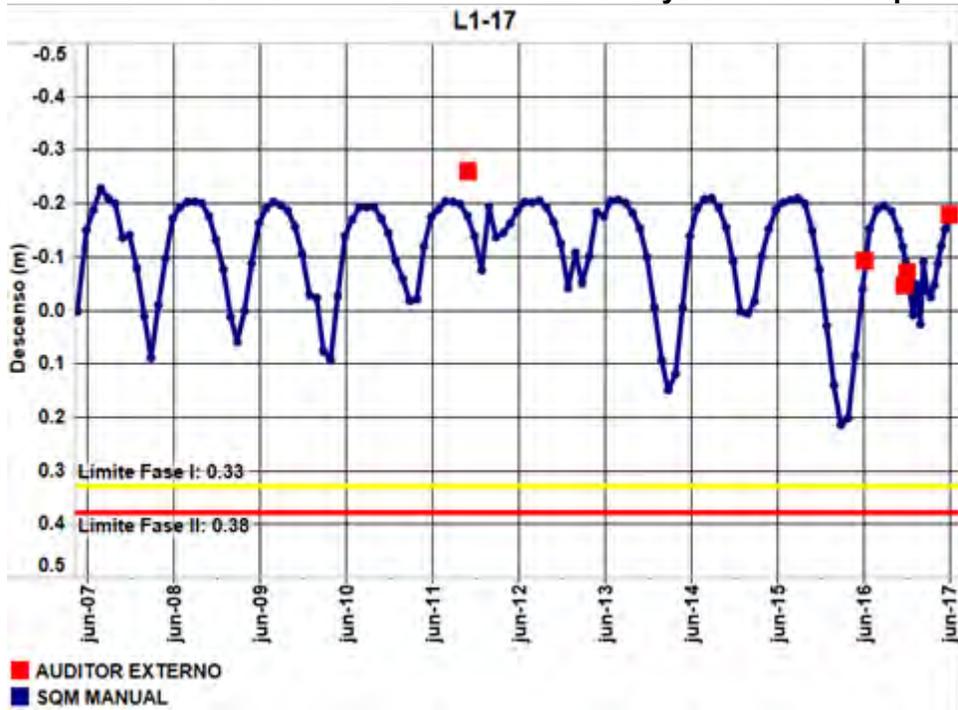
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-16: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-10.



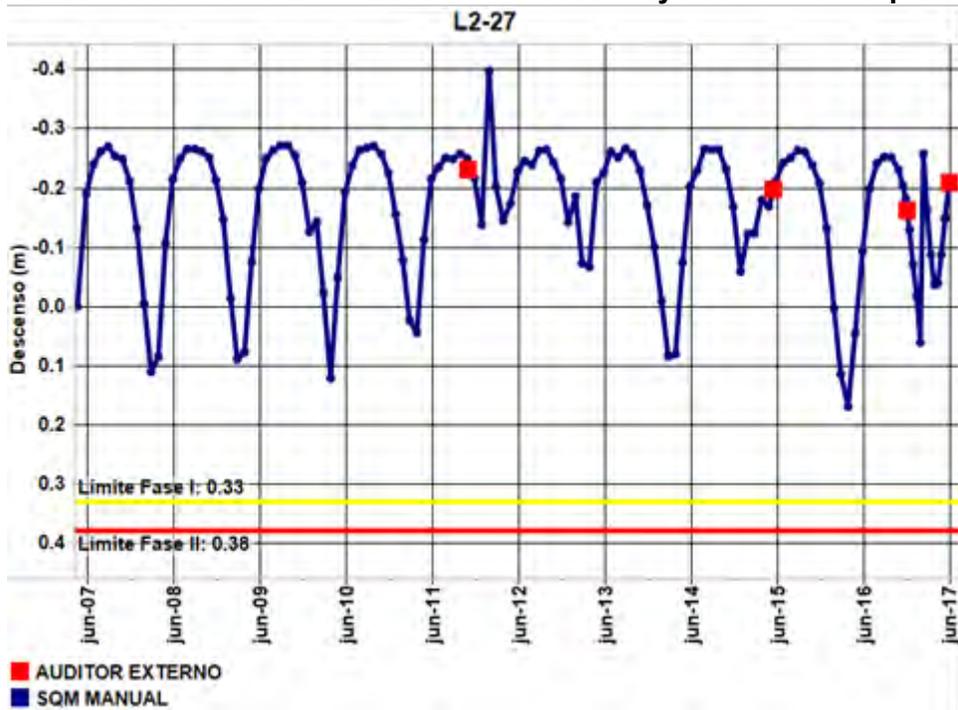
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-17: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-17



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-18: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-27.

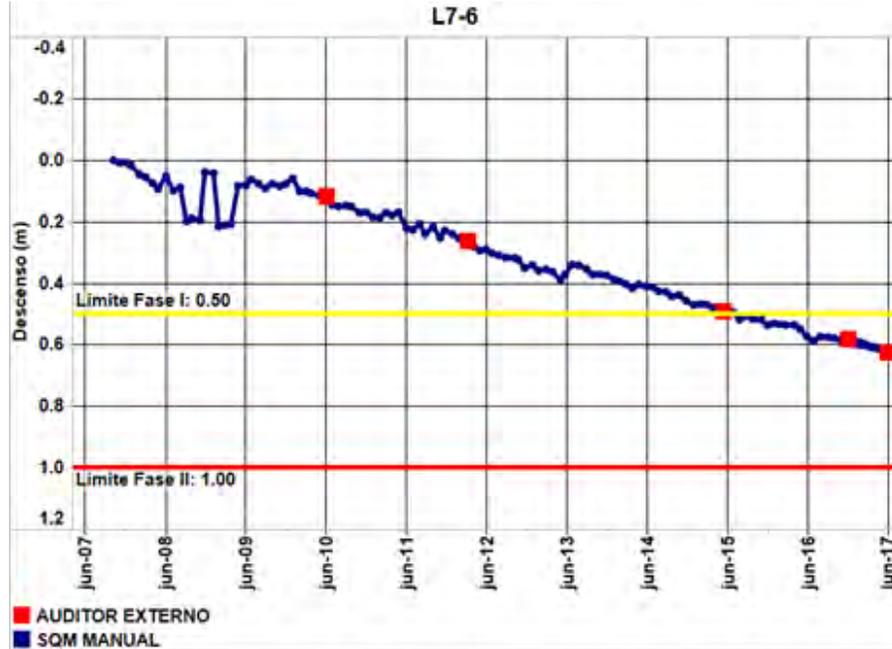


Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.4 Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex

A continuación, se muestran los descensos registrados en los pozos del Sistema Borde Este – Brea Atriplex y los valores de Fase I y Fase II según RCA 226/2006.

**Figura 5-19: Descenso del nivel observado desde noviembre de 2007 en el pozo L7-6.**



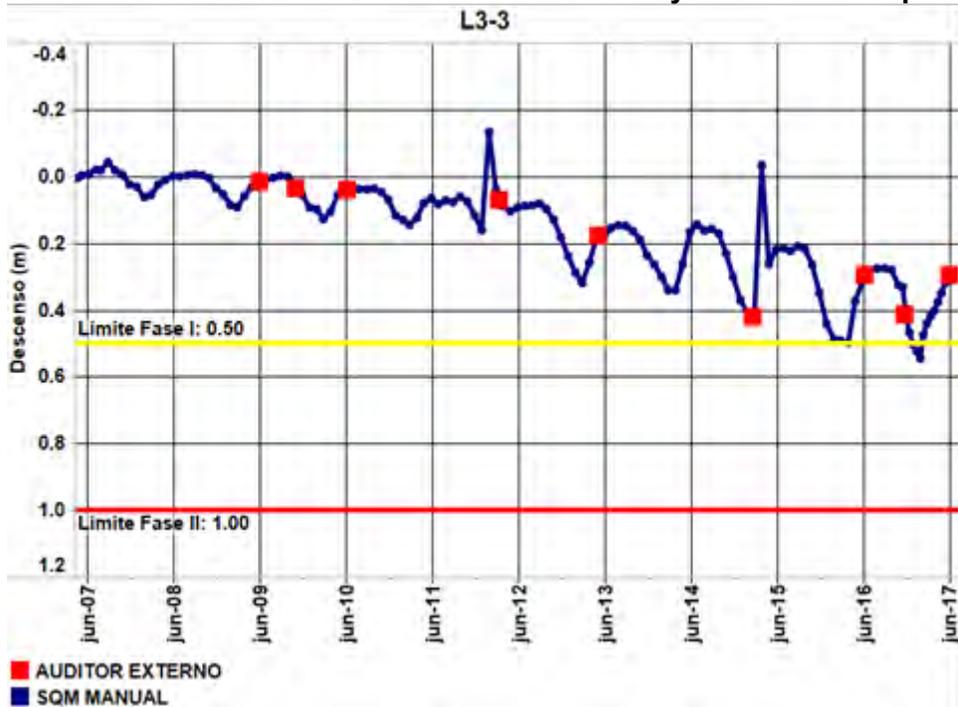
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-20: Descenso del nivel observado desde septiembre de 2007 en el pozo L2-7.**



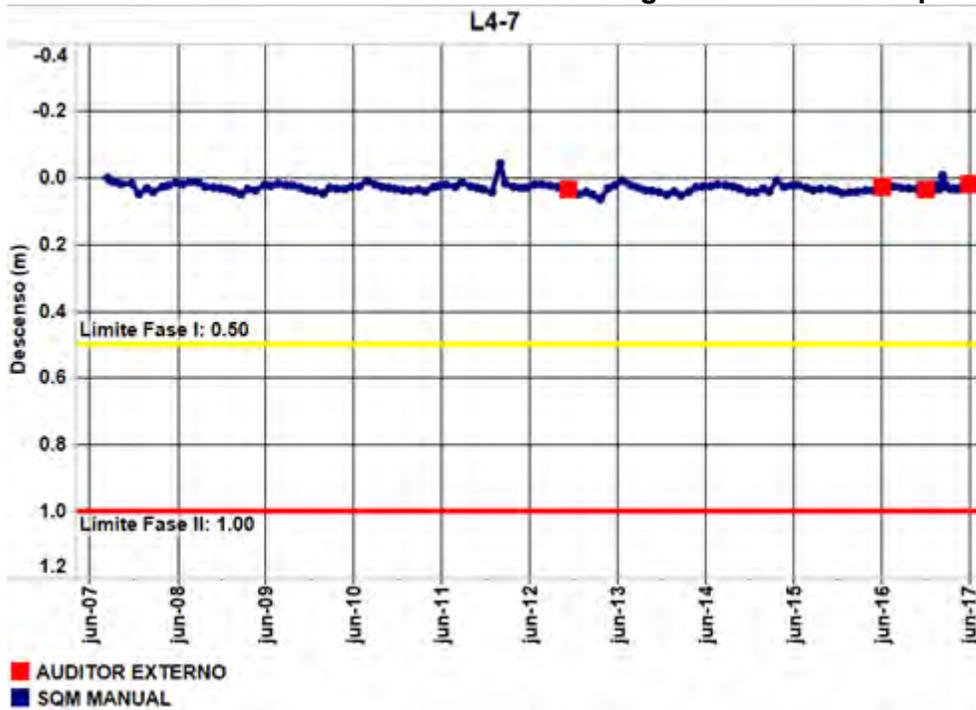
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-21: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-3



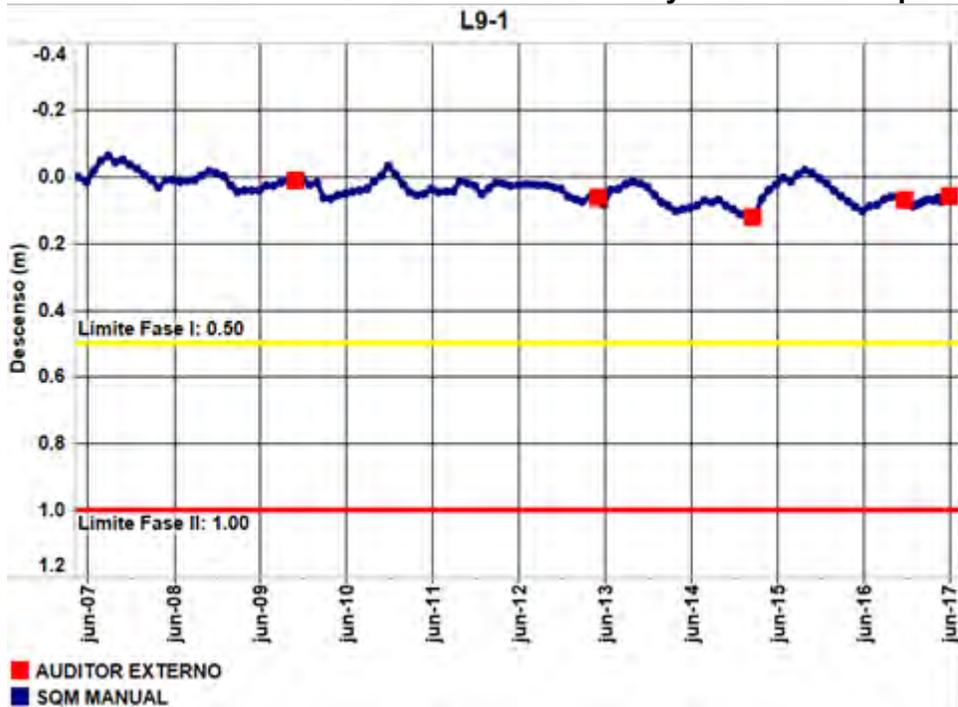
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-22: Descenso del nivel observado desde agosto de 2007 en el pozo L4-7.



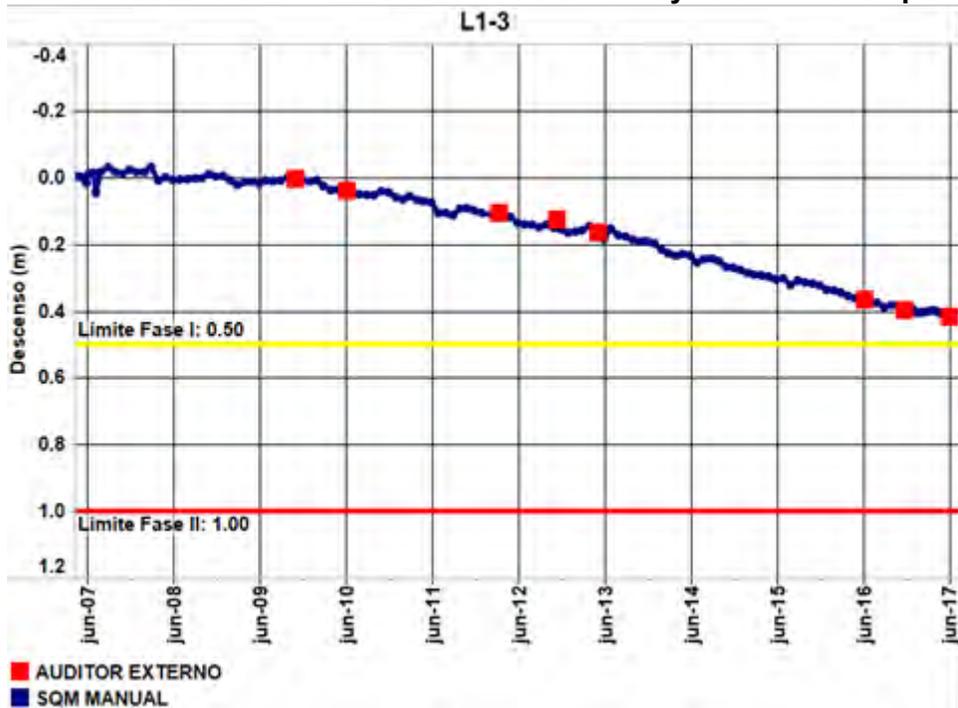
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-23: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-1.



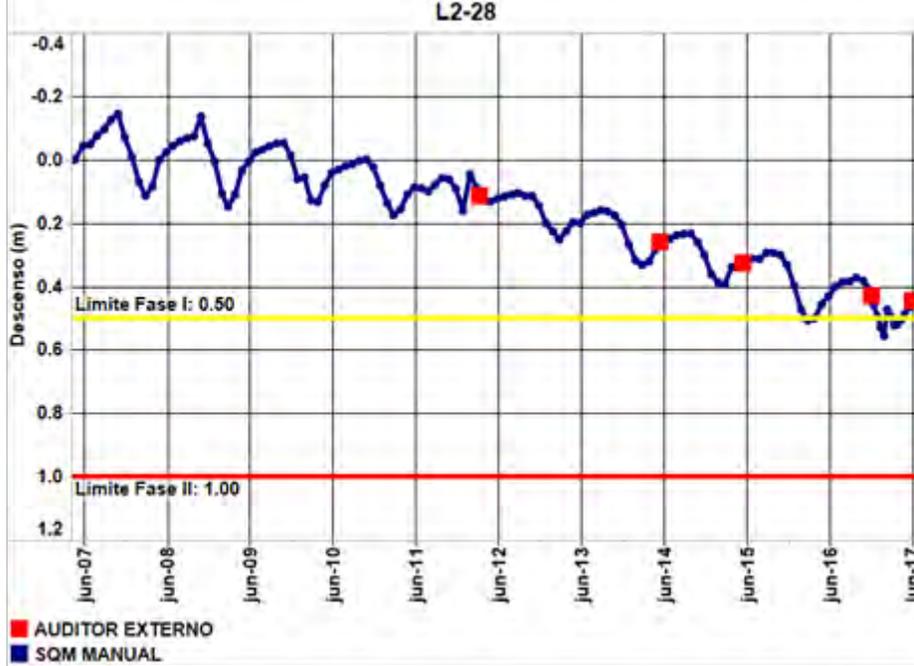
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-24: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-3



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-25: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-28.**



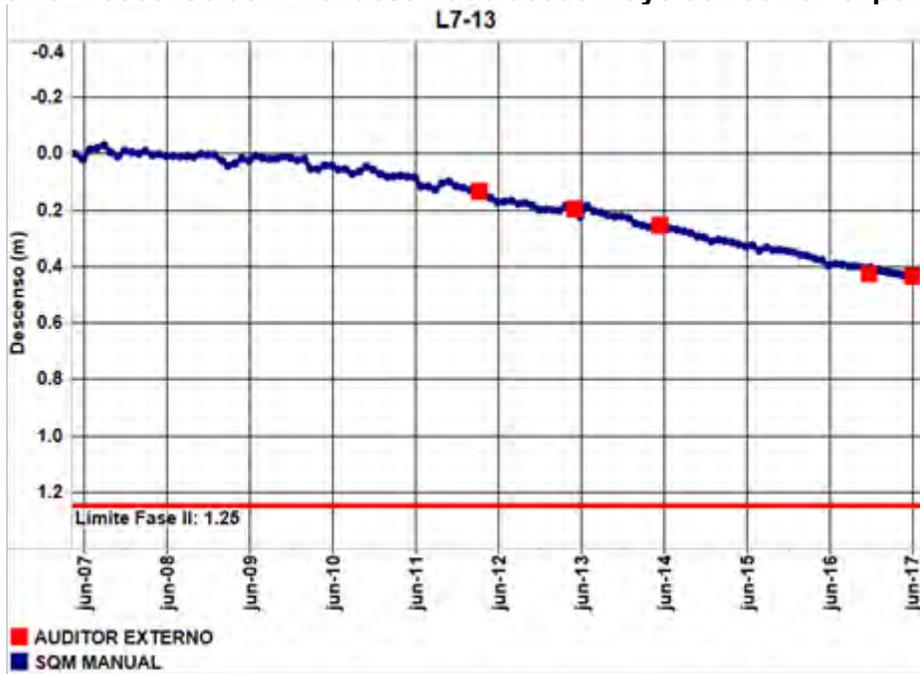
Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.5 Sistema Borde Este - Alerta Temprana

A continuación, se muestran los descensos registrados en los pozos del Sistema Borde Este – Alerta Temprana desde mayo 2007 y los valores de Fase II según RCA 226/2006<sup>9</sup>.

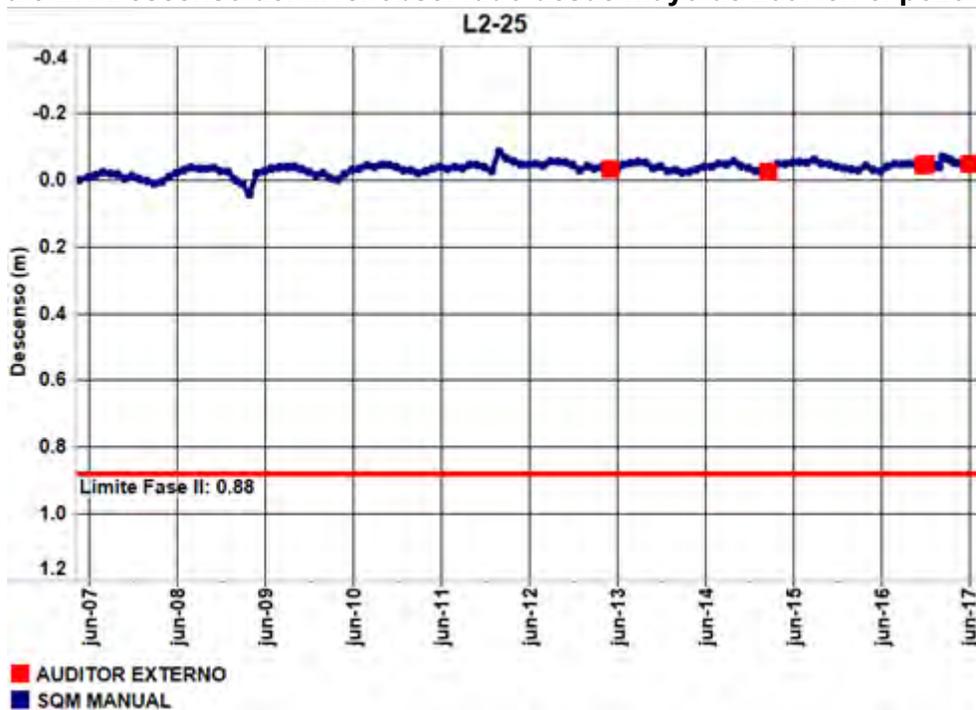
<sup>9</sup> Conforme al Considerando 11.4.1, Tabla 24, de la RCA 226/2006, los pozos ubicados en la zona de alerta temprana del Sistema Borde Este sólo consideran umbrales de activación para la Fase II.

**Figura 5-26: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-13**



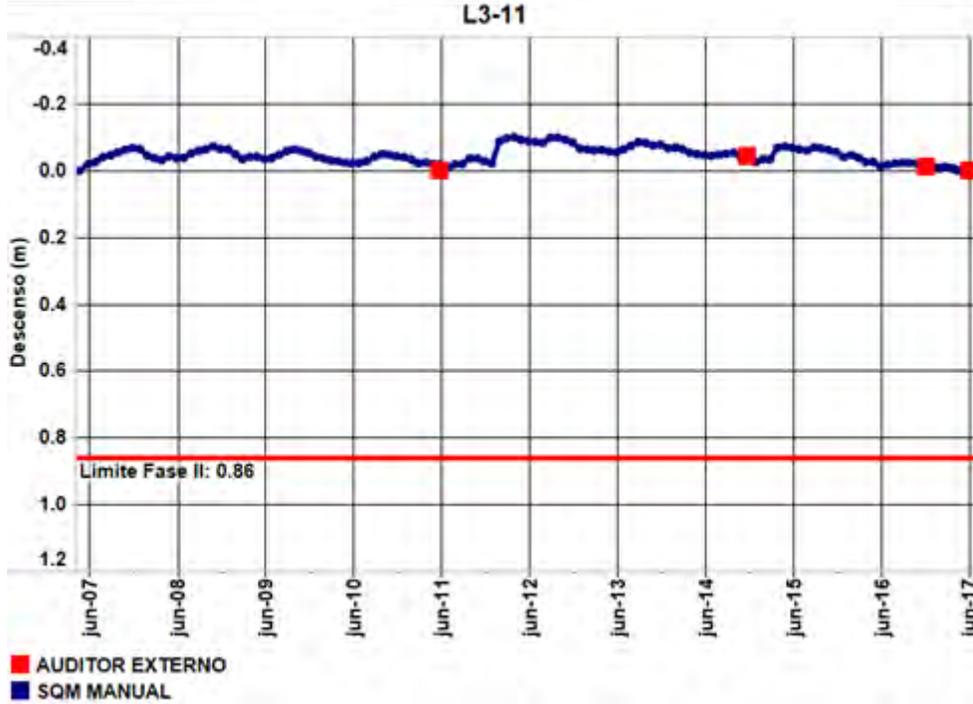
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-27: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-25.**



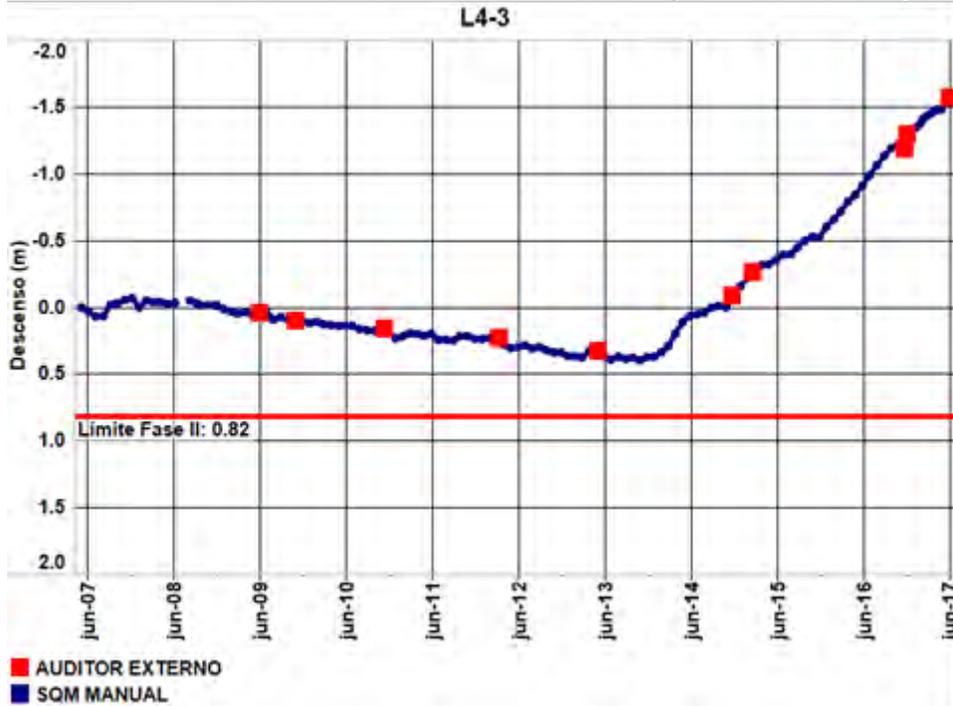
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-28: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-11.



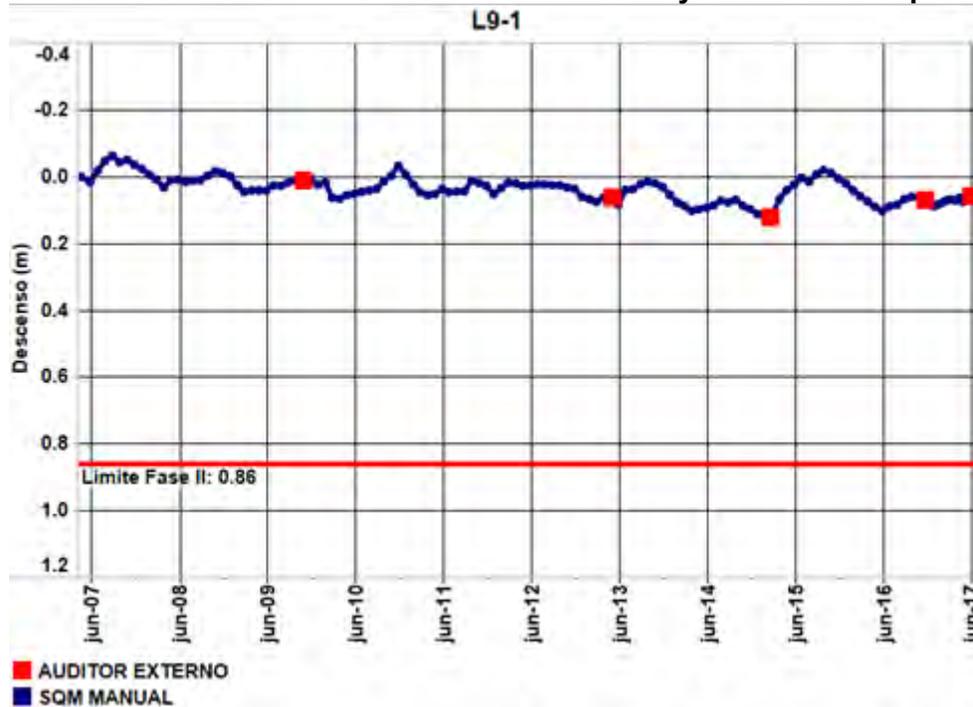
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-29: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-3



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-30: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-1.**

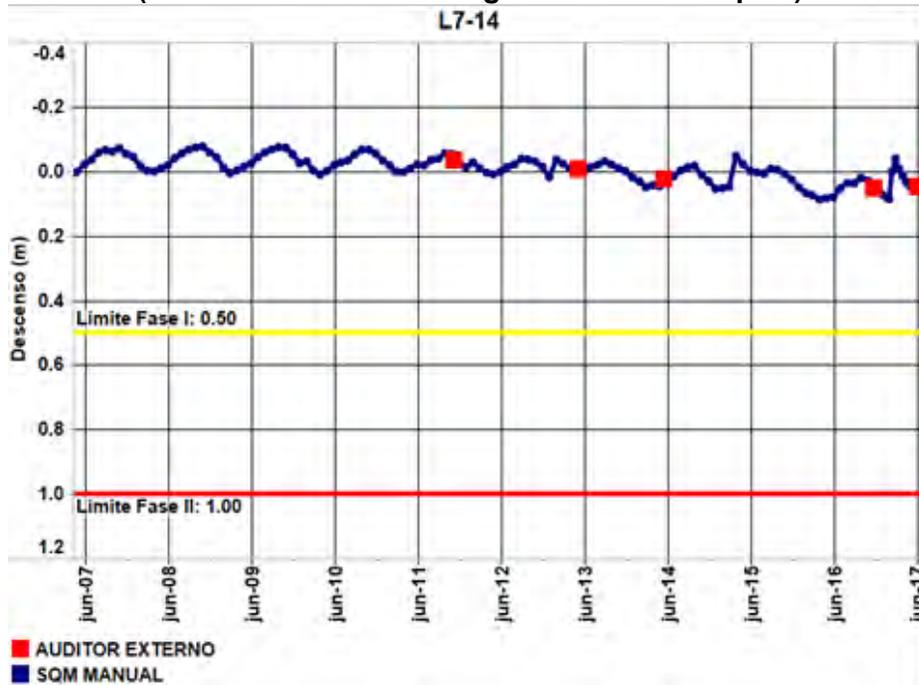


Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.6 Pozos adicionales al PC

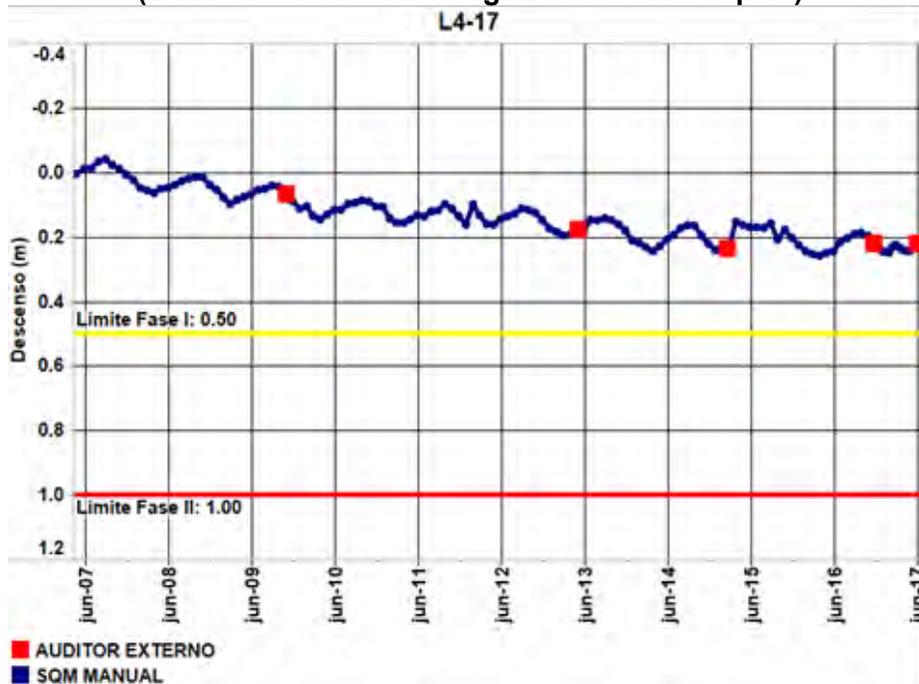
A continuación se presentan los pozos adicionales al Plan de Contingencia, que han sido reportados históricamente desde el informe N°1. Los valores de activación de Fase I y Fase II que han sido considerados para estos puntos corresponden a aquellos aplicables de acuerdo a su ubicación dentro del Sistema Borde Este, según se indica.

**Figura 5-31: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-14 (Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex)**



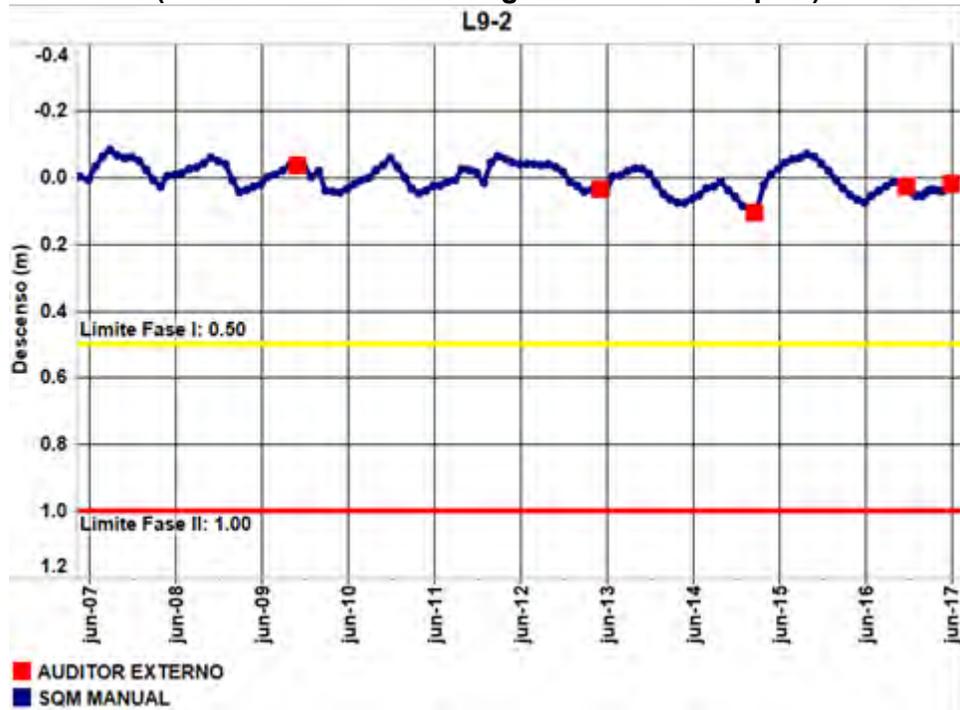
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-32: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-17 (Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex)**



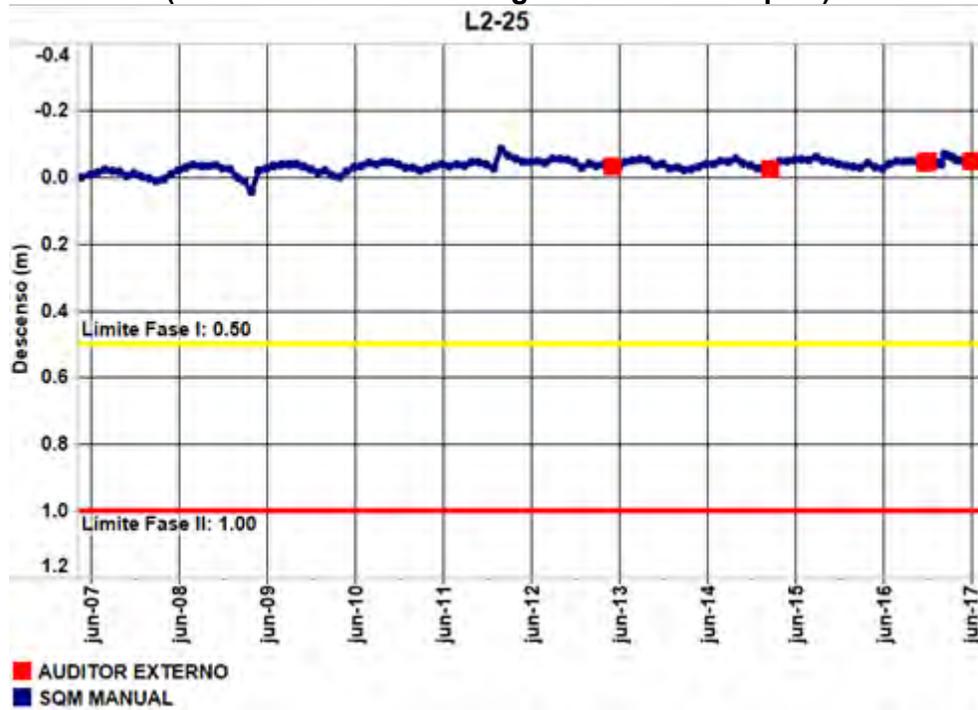
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-33: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-2 (Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex)**



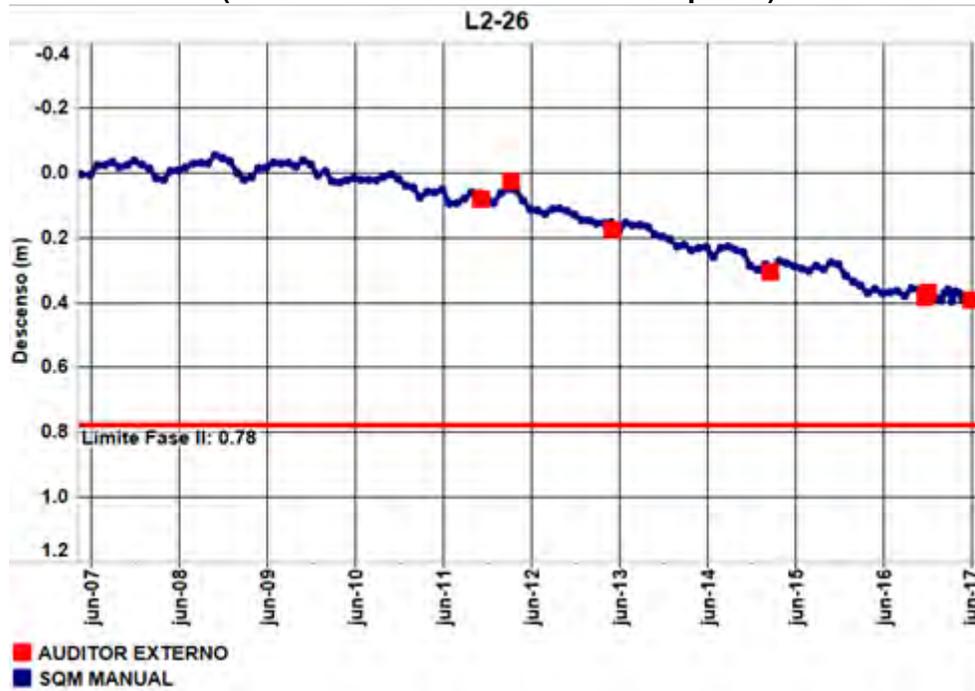
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-34: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-25 (Sistema Borde Este - Vegetación Brea-Atriplex)**



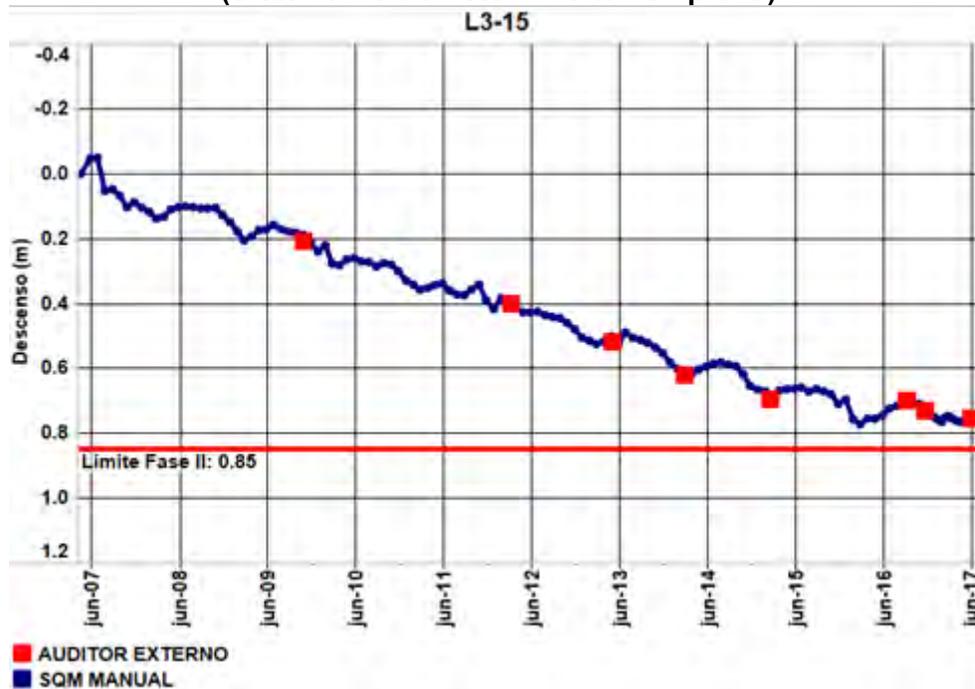
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-35: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-26 (Sistema Borde Este – Alerta Temprana)**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-36: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-15 (Sistema Borde Este – Alerta Temprana)**



Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 REVISIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

De acuerdo a los considerandos 11.1. f. y 15.4 de la RCA 226/2006, corresponde que el PC sea revisado cada dos años a fin de incorporar la información nueva que se obtenga de los puntos de control. Al respecto, la revisión del PC se realizó en los siguientes términos:

- Revisión de los valores de activación en función de la información histórica recopilada (promedios, desviación estándar, descensos máximos)
- Revisión de los indicadores de estado, de manera de evaluar la necesidad de incluir o excluir algunos indicadores de estado de acuerdo a su relación con el comportamiento lacustre.

Las revisiones realizadas al PC anteriormente se encuentran en los informes N°1, N°5, N°11, N°13 y N°17. La revisión que se muestra en el presente informe contempla el periodo julio 2015 a junio 2017.

Dado que se encuentra pendiente la evaluación de un programa de cumplimiento que compromete el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de la modificación del PC, la revisión se realiza solo a modo de ejercicio con el objeto de cumplir con los compromisos establecidos en la RCA y, por lo tanto, no existen cambios respecto de los valores de activación (umbrales) y los indicadores de estado que se encuentran establecidos.

A continuación, se presenta la revisión realizada para cada uno de los sistemas ambientales que componen el PC.

### 5.2.1 Sistema Soncor

Este sistema está compuesto por tres lagunas principales, dos de las cuales (Chaxa y Barros Negros), se encuentran conectadas superficialmente a través de un canal natural. La tercera laguna es de menor superficie (Puilar) y se ubica al este de las dos anteriores. El PC diseñado para este sistema busca proteger estos tres cuerpos lacustres, tanto de potenciales efectos del bombeo de salmuera desde el núcleo, como del bombeo de agua fresca desde el acuífero del Borde Este.

Los indicadores de estado de este sistema corresponden a los pozos L1-5, L1-4 y L7- 4 y la reglilla L1-G4 (agua superficial). El PC está diseñado en dos fases de modo de proveer además de la alerta temprana espacial (ubicación de indicadores alejados de las lagunas que se quiere proteger), de una alerta temprana temporal. El valor de activación (umbral), de la Fase I fue definido como el valor mínimo histórico que no ha provocado efectos sobre los sistemas que se quiere proteger. El valor de activación de la Fase II se determina a partir del promedio de la cota del agua para el mes en que más frecuentemente se produce el mínimo del año, menos dos veces su desviación estándar. Esta metodología se aplicó para los pozos que activan el PC, y así actualizar los estadígrafos con los registros extendidos hasta junio de 2017.

Las Tabla 5-7, Tabla 5-8 y Tabla 5-9 presentan un resumen de los valores de activación de Fase I y Fase II para el sistema Soncor a partir de la información acumulada al año 2015 y 2017, respectivamente (coordenadas UTM WGS 84 huso 19S).

**Tabla 5-6: Mínimo histórico con registros actualizados a junio de 2015 y 2017**

Pozo/ Reglilla	Valor de Activación Fase I Mínimo histórico pre-operacional (msnm)	Valor de Activación Fase I Mínimo histórico con registros a junio 2015 (msnm)	Valor de Activación Fase I I Mínimo histórico con registros a junio 2017 (msnm)
L7-4	2.302,19	2.302,19	2.302,19
L1-4	2.299,75	2.299,75	2.299,75
L1-5	2.299,37	2.299,37	2.299,29
L1-G4 Reglilla	2.299,37	2.299,37	2.299,30

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-7: Estadígrafos con registros actualizados a junio de 2015**

Pozo	Mes mínimo	Promedio (msnm)	Desviación estándar	Valor de activación Fase II
L7-4	Abril	2.302,24	0,03	2302,18
L1-4	Marzo	2.299,85	0,09	2299,67
L1-5	Abril	2.299,54	0,16	2299,22
L1-G4 Reglilla	Marzo	2.299,51	0,16	2299,19

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-8: Estadígrafos con registros actualizados a junio de 2017**

Pozo	Mes mínimo	Promedio (msnm)	Desviación Estándar	Valor de activación Fase II
L7-4	Abril	2.302,24	0,03	2302,18
L1-4	Marzo	2.299,86	0,09	2299,68
L1-5	Abril	2.299,54	0,15	2299,24
L1-G4 Reglilla	Marzo	2.299,51	0,17	2299,17

Fuente: Elaboración propia

Para la Fase I, los mínimos históricos durante el último periodo han cambiado en el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4.

Para la Fase II, se advierte una leve diferencia en los estadígrafos para el cálculo de los valores de activación. La diferencia que se observa no es significativa, lo que implica que los niveles se han comportado dentro de lo esperado y el sistema no ha presentado anomalías en su funcionamiento, tolerando adecuadamente las variaciones hidrológicas estacionales e interanuales así como la explotación que se realiza tanto por SQM como por terceros, sin que ello haya significado efectos detrimentales para los sistemas objeto de protección.

Por otro lado, cabe señalar que, en conformidad al programa de cumplimiento propuesto y en actual evaluación por parte de la SMA, los valores de activación (Umbral) para Fase I y Fase II considerados en este informe corresponden a los expresamente establecidos en la RCA 226/2006.

## 5.2.2 Sistema Aguas de Quelana

Este sistema está compuesto por una serie de cuerpos lacustres dispersos y sin continuidad ubicados al este del núcleo del Salar de Atacama, los que se busca proteger mediante el PC.

Respecto del sistema Aguas de Quelana, en el Considerando 11.3.1 de la RCA se definieron los valores de activación del PC de la Fase I y Fase II en términos de descensos máximos permitidos (no en términos de cota del nivel de la napa como en el caso del sistema Soncor), de acuerdo al mes de inicio del monitoreo en cada uno de los pozos. La definición de los umbrales en términos de descenso se explica porque los pozos contemplados en el PC para el sistema Aguas de Quelana, no habían sido construidos al momento de la elaboración del EIA. La definición de los descensos permitidos se realizó utilizando la información histórica disponible de los pozos L2-4, L3-3 y L5-3 que se ubican en la zona hidrogeológica de interés y a su variación estacional, la que se mantiene al analizar el registro de datos extendido a junio de 2017.

En este caso, la definición de los valores de activación de Fase (umbrales), del Plan de Contingencia no conlleva el cálculo de estadígrafos, por lo tanto no se contempla la revisión de los mismos.

Al igual que para el Sistema Soncor, se considera que el PC está funcionando de manera adecuada por lo que no existen motivos para introducir modificaciones.

La Tabla 5-10 reproduce la Tabla 21 contenida en el Considerando 11.3.1 de la RCA e indica el descenso máximo permitido para el sistema Aguas de Quelana según el mes en que se inicie el monitoreo en cada pozo. Dado que el monitoreo se inició en mayo de 2007 el descenso máximo permitido es de 10 cm, respecto de la profundidad de la napa o de su cota medida en mayo de 2007 para la Fase I. En el caso de Fase II el descenso máximo permitido es de 13 cm.

La Tabla 5-11 muestra los umbrales (descenso máximo en cm) calculados a partir de los niveles registrados el día 10 de mayo de 2007 (6 pozos del PC del sistema Aguas de Quelana).

**Tabla 5-9 Descensos máximos permitidos en el nivel de agua de los indicadores de estado del Sistema Aguas de Quelana en función del mes de inicio del monitoreo**

Mes	Descenso máximo (cm)	
	Fase I	Fase II
Enero	2	3
Febrero	2	3
Marzo	3	4
Abril	6	8
<b>Mayo</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
Junio	14	17
Julio	16	19
Agosto	16	19
Septiembre	13	16
Octubre	11	13
Noviembre	8	10

Mes	Descenso máximo (cm)	
	Fase I	Fase II
Diciembre	5	7

Fuente: Anexo II . Plan de Contingencia – Adenda III EIA del proyecto

**Tabla 5-10: Medición desde punto de referencia de activación del PC en el Sistema Aguas de Quelana**

Pozo	Medición desde punto de referencia mayo/2007 (m)	Descenso máximo (m)		Medición desde punto de referencia (m)	
		Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
L5-8	1,440	0,10	0,13	1,54	1,570
L4-8	1,540	0,10	0,13	1,64	1,670
L3-5	0,858	0,10	0,13	0,958	0,988
L3-9	1,290	0,10	0,13	1,390	1,420
L5-10	1,525	0,10	0,13	1,625	1,655
L4-12	1,215	0,10	0,13	1,315	1,345

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3 Sistema Vegetación Borde Este

El PC diseñado para este sistema busca proteger la vegetación presente en el Borde Este del Salar de Atacama del bombeo de agua industrial y, especialmente, la vegetación hidromorfa y la arbustiva conectada con el acuífero. Este sistema, además, considera la utilización de pozos de alerta temprana ubicados entre la zona de protección y los pozos de bombeo de agua industrial.

De acuerdo a lo indicado en el considerando 11.4.1 de la RCA, los valores de activación del PC del sistema Vegetación Borde Este se definieron en términos de descensos máximos permitidos respecto del mes de inicio del monitoreo del PSAH.

Durante la construcción de la infraestructura de monitoreo del proyecto (mayo de 2007), algunos puntos de control del PC contemplados en la RCA fueron modificados, en virtud de la posición definitiva de los pozos de observación. Estas modificaciones se realizaron ya que se constató que algunos pozos no permitían un monitoreo adecuado para el resguardo del sistema objeto de protección, por cuanto no se ubicaban en las zonas de vegetación a monitorear de acuerdo al subsistema del PC al que pertenecían, o bien se ubicaban en zonas sin vegetación, lo que fue presentado en el Informe N°1 del PSAH.

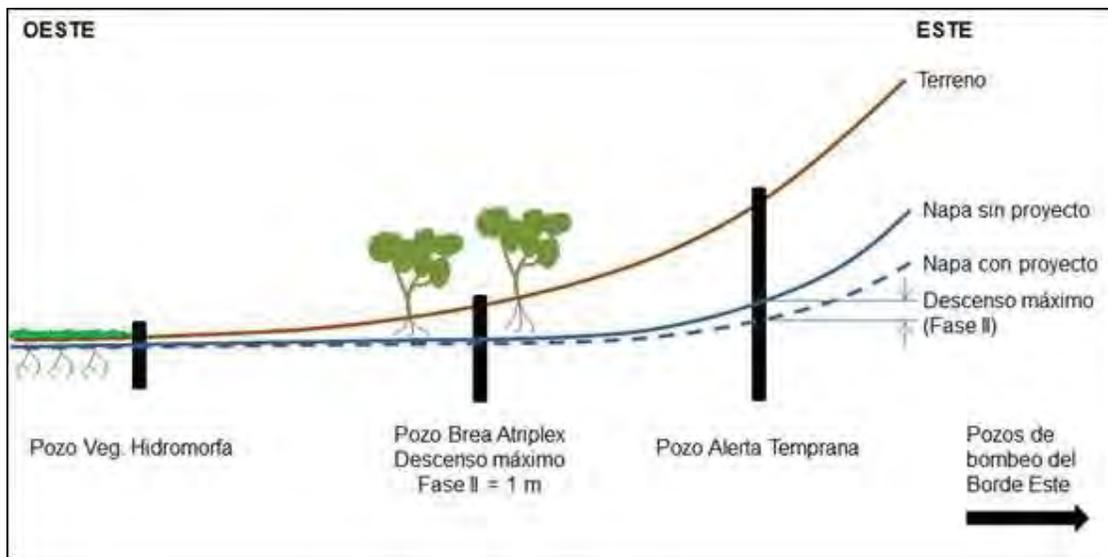
Las modificaciones realizadas no son significativas desde una perspectiva hidrogeológica ya que se emplazan en el mismo sector acuífero y, por tanto, en un sector de comportamiento hidrogeológico similar (sustento conceptual de la definición de los umbrales del PC). Conforme a lo anterior, el PC cubre parte importante del sector de vegetación del Borde Este y, además, se incluyen perfiles de pozos frente a cada uno de los pozos de bombeo de agua industrial.

Cabe señalar que los cambios implementados se encuentran todos abundantemente explicados, aclarados y justificados, en consecuencia, el registro histórico de nivel obtenido a partir de estos puntos permite su trazabilidad y verificación. No obstante lo anterior, considerando lo expresado en el programa de cumplimiento propuesto y en actual evaluación por parte de la SMA, se mantienen las mediciones en los pozos de monitoreo identificados en la RCA y, además, de forma voluntaria, la medición en aquellos pozos incorporados en la etapa de construcción de la red de monitoreo.

En la Figura 5-40 se muestra un perfil esquemático del Borde Este del Salar de Atacama, donde se puede observar la disposición de los pozos para el resguardo del sistema de vegetación del Borde Este. Hacia el oeste los pozos que alertan sobre potenciales efectos sobre la vegetación hidromorfa, en la zona central los pozos orientados a la protección de la vegetación Brea-Atriplex, y hacia el lado más oriental, fuera de la zona con vegetación los pozos de alerta temprana.

Asimismo, la Figura 5-41 corresponde a la Figura II.5.1 del Anexo II de la Adenda III del EIA (Plan de Contingencia) y muestra un perfil vertical esquemático del suelo, donde se muestra la profundidad de las raíces (3 m), la profundidad máxima de la napa para la cual las especies pueden capturar la humedad proveniente del acuífero (6 m) y el espesor de la zona húmeda que representa el sector de suelo desde el cual las plantas obtienen el agua (recordar que las plantas no extienden sus raíces directamente en el acuífero, excepto la vegetación hidromorfa y/o freatófitas). El espesor de la zona húmeda fue determinado sobre la base de la textura del suelo descrita en el estudio de enraizamiento de la formación Brea-Atriplex (Anexo IV de la Adenda II del EIA). Esta zona presenta un espesor de 4 m, proyectándose desde el espejo de agua hacia la superficie del terreno (ver sección 2.3.1 del Anexo III de la Adenda III del EIA).

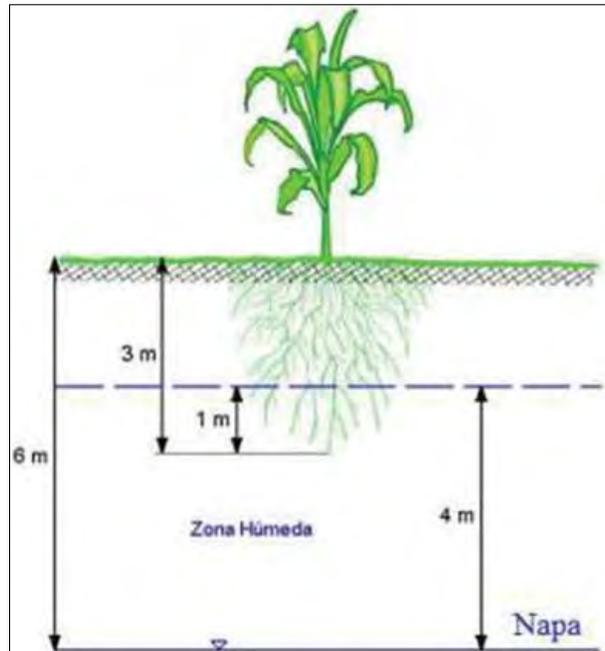
**Figura 5-37: Perfil esquemático del borde este del salar de Atacama**



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 5-38: Perfil vertical esquemático del suelo en el límite oriental de la zona de**

### conexión vegetación-acuífero



Fuente: Anexo II . Plan de Contingencia – Adenda III EIA del proyecto

A continuación, se presenta la revisión del PC de los 3 subsistemas que componen el sistema Vegetación Borde Este. En cada uno se indica cómo fueron definidos los umbrales y la revisión realizada, a partir de la cual se concluye que no se realizan modificaciones al PC de este sistema.

#### 5.2.4 Subsistema vegetación Hidromorfa

Para el caso del subsistema Vegetación Hidromorfa, los descensos máximos permitidos fueron definidos en función de:

- la profundidad de las raíces, descrita en el Anexo IV de la Adenda III del EIA del proyecto, lo que define un descenso máximo independiente de la posición de los pozos de monitoreo y del caudal de bombeo de los pozos de agua industrial del proyecto, y
- la fluctuación estacional del acuífero que es homogénea a lo largo de todo el sistema Aguas de Quelana, lo que define un valor dependiendo del mes en que se inicia el monitoreo,

Se estableció un descenso máximo de 28 cm para la Fase I y 33 cm para la Fase II. Tal como se señaló los descensos dependen de la profundidad de las raíces por lo que no se modifican a menos que se pueda indicar algo distinto a partir de nuevos estudios.

Cabe señalar que el umbral de la Fase II quedó definido durante la evaluación ambiental del proyecto, mediante oficio Ord. N°693 del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), de fecha 4 de octubre de 2006, el cual se pronunció favorablemente respecto del EIA del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, e indicó que su pronunciamiento

favorable quedaría condicionado a la incorporación y estricto cumplimiento de varios puntos indicados en el oficio citado. Específicamente, en el quinto punto se solicitó “Corregir los valores señalados en la Tabla II.5.1 (página 25 Anexo II – Plan de Contingencia – Adenda III) para la Fase II, ya que éstos solo deberían ser 5 cm más elevados que los valores correspondientes a la Fase I indicados en la misma Tabla”.

Atendido que a la presente fecha se encuentra pendiente la decisión por parte de la Superintendencia, d e respecto de una propuesta de programa de cumplimiento, se debe considerar el apartado 11.4.1 de la RCA 226/2006, en específico, la Tabla 23, y debido a que el monitoreo se inició en el mes de mayo de 2007, se considera el umbral de 0,38 metros como descenso máximo permitido para la zona de vegetación hidromorfa.

**Tabla 5-11 Medición desde punto de referencia de activación del pc en el sistema vegetación hidromorfa**

Punto	Medición desde Punto de Referencia Inicial Mayo/2007 (m)	Descenso máximo (m)		Medición desde punto de referencia máximos (m)	
		Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
L7-3	1,165	0,33	0,38	1,50	1,55
L2-4	1,405	0,33	0,38	1,74	1,79
L3-5	0,858	0,33	0,38	1,19	1,24
L4-10	0,499	0,33	0,38	0,83	0,88
L1-17	0,898	0,33	0,38	1,23	1,28
L2-27	2,130	0,33	0,38	2,46	2,51

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5 Subsistema vegetación Brea-Atriplex

Para el caso del subsistema Vegetación Brea-Atriplex los descensos máximos permitidos fueron definidos en función de la profundidad de las raíces. De acuerdo al “Estudio de profundidad de raíces en Tessaria absinthioides y Atriplex atacamensis, en sector oriental del Borde Este del Salar de Atacama” (Anexo IV de la Adenda II del EIA), la profundidad de las raíces de estas especies varía entre 1 y 3 m (promedio de 2 m).

De acuerdo a este análisis y tal como se indicó anteriormente las plantas poseen 1 m de sus raíces en la zona húmeda del suelo y por lo tanto, si se disminuye el nivel del acuífero en 1 m, se puede suponer que la zona húmeda disminuirá de manera concomitante, dejando las raíces “colgadas” respecto de su fuente de agua (zona húmeda). De este modo se explica el umbral de 1 m, en términos de descenso, definido para la Fase II de este subsistema.

Dado que el PC se divide en dos fases, se consideró un descenso máximo para los pozos de este subsistema de 50 cm para la Fase I y de 100 cm para la Fase II. En ambos casos, los descensos fueron definidos independientemente del registro de niveles del agua subterránea y se basaron en la configuración reticular de la vegetación explicada en la Figura 5-40, la que es relativamente homogénea a lo largo del Borde Este del Salar de Atacama.

En la Tabla 5-13 se muestran los valores de activación para este subsistema los que no se modifican dado que fueron definidos en función de la profundidad de las raíces, tal como se señaló anteriormente.

**Tabla 5-12: Medición desde punto de referencia de activación del PC en el sistema subsistema vegetación Brea-Atriplex**

Pozo	Medición desde punto de referencia mayo/2007 (m)	Descenso máximo (m)		Medición desde punto de referencia máximos (m)	
		Fase I	Fase II	Fase I	Fase II
L7-6	21,362	0,50	1,00	21,86	22,36
L2-7	4,365	0,50	1,00	4,87	5,37
L3-3	3,418	0,50	1,00	3,92	4,42
L4-7	1,532	0,50	1,00	2,03	2,53
L9-1	6,818	0,50	1,00	7,32	7,82
L1-3	7,122 + 0,183	0,50	1,00	7,81	8,31
L2-28	3,862	0,50	1,00	4,36	4,86

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.6 Subsistema Alerta Temprana

Los pozos de Alerta Temprana del sistema Vegetación Borde Este están ubicados al este de la vegetación Brea-Atriplex y permiten observar anticipadamente los potenciales efectos del bombeo de agua sobre las formaciones vegetales que son objeto de protección. Como parte del diseño del PC presentado en el EIA, se confeccionaron 5 modelos numéricos locales del sector Borde Este del Salar de Atacama, para cada pozo de bombeo de agua industrial: Mullay-1, Allana, Camar-2, Socaire-5B y P2. A partir de estos modelos se estimó el máximo descenso permitido en los pozos de Alerta Temprana de modo de asegurar que el nivel de los pozos de la Vegetación Brea-Atriplex no descendiera más de 1 m (umbral Fase II) al final de la operación del proyecto.

En la Figura 5-40 se observa de manera esquemática el máximo descenso en el pozo de alerta temprana que asegura un descenso igual o inferior a un metro en el pozo de vegetación Brea- Atriplex. Cabe señalar que los pozos de alerta temprana no contemplan un valor de activación de Fase I, sino solo y directamente la activación del PC en su Fase II, lo que conlleva de forma inmediata una disminución del caudal de bombeo de agua industrial de un 50% en el pozo más cercano.

Dado que parte de los pozos contemplados en el PC del subsistema Alerta Temprana no estaban construidos al momento de diseñarse el PC y que su ubicación definitiva varía ligeramente respecto de las coordenadas indicadas en la RCA, los descensos de la Fase II del PC para los pozos de alerta temprana fueron actualizados en el Informe N°1 del PSAH a través de nuevas simulaciones utilizando estos modelos locales, esta vez considerando la posición definitiva de los pozos del PC. Sin embargo, atendido que se encuentra pendiente de decisión una propuesta de programa de cumplimiento., se consideran los indicadores de estado (pozos) y valores de activación (umbrales) establecidos en la RCA 226/2006 para este subsistema.

En la Tabla 5-14 se presentan los valores de activación de la Fase II del subsistema de Alerta Temprana según RCA 226/2006.

**Tabla 5-13 Medición desde punto de referencia de activación del pc en el sistema Borde Este Alerta Temprana**

<b>Pozo</b>	<b>Medición Inicial Mayo 2007</b>	<b>Descenso para activación de la Fase II (m)</b>	<b>Medición desde punto de referencia para Fase II (m)</b>
L7-13	10,820	1,25	12,07
L2-25	1,522	0,88	2,40
L3-11	1,445	0,86	2,31
L4-3	16,170	0,82	16,99
L9-1	6,818	0,86	7,68

Fuente: Elaboración propia

Dado que los umbrales de este subsistema fueron calculados en función del alcance radicular de las plantas del subsistema Brea-Atriplex y ya que los niveles del acuífero se han comportado dentro de lo previsto, no se considera necesario realizar una actualización de los valores indicadores de estado y de los valores de activación, de este subsistema.

### **5.2.7 Sistema Peine**

En el Informe N°8 del PSAH, se propuso un PC para el sistema Peine, el cual, sin embargo, no reunía las mismas características de los demás sistemas ambientales.

Dado el compromiso establecido en la RCA 226/2006 sobre la realización de un plan de contingencia para el sistema Peine (Considerando 11.1), y la propuesta de programa de cumplimiento sometida a aprobación por parte de la SMA, se ha comprometido la elaboración y sometimiento a evaluación de impacto ambiental de un Plan de Contingencias que permita el resguardo del Sistema Peine, de características similares a los planes de contingencias previamente descritos, es decir, que identifique indicadores de estado y valores de activación para una fase de Alerta Temprana o Fase I y medidas de contingencia en caso de alcanzar valores de activación que puedan conllevar efectos potencialmente detrimentales en los sistemas a proteger..

En el intertanto, se han definido medidas de contingencia y valores de activación que permitan garantizar el funcionamiento del sistema en condiciones naturales, considerando la operación de SQM y terceros. En particular, los valores de activación propuestos han considerado los umbrales definidos para el mismo sistema en el marco de la Resolución Exenta 21/2016, de la Comisión de Evaluación de la Región de Antofagasta, asumiendo que los mismos se encuentran debidamente justificados y permiten el resguardo del Sistema Peine.

Como una consideración fundamental, cabe señalar que el sistema objeto de protección de Lagunas de Peine se encuentra aledaño a la faena de Rockwood Lithium (Albemarle) y que en la subcuenca aluvial de Monturaqui-Negrillar-Tilopozo aportante a esta zona, existe una explotación importante de agua industrial por parte de Minera Escondida Limitada. Al respecto, las intervenciones que desarrolla SQM en la cuenca de Salar de Atacama se ubican considerablemente más alejadas del objeto de protección, lo que permite suponer que una eventual afectación al comportamiento de este sistema correspondería a una respuesta del sistema producto del efecto sinérgico de todas estas intervenciones.

La información recopilada hasta la fecha, reportada en los informes sucesivos del PSAH, permite concluir que no se han registrado alteraciones en el Sistema Peine.

### 5.3 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

En este capítulo se presentan los registros de mediciones efectuadas desde enero a junio de 2017 en los puntos indicados en la Figura 4-5, agrupados según los siguientes sistemas<sup>10</sup>:

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

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

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

#### 5.3.1 Sistema Soncor

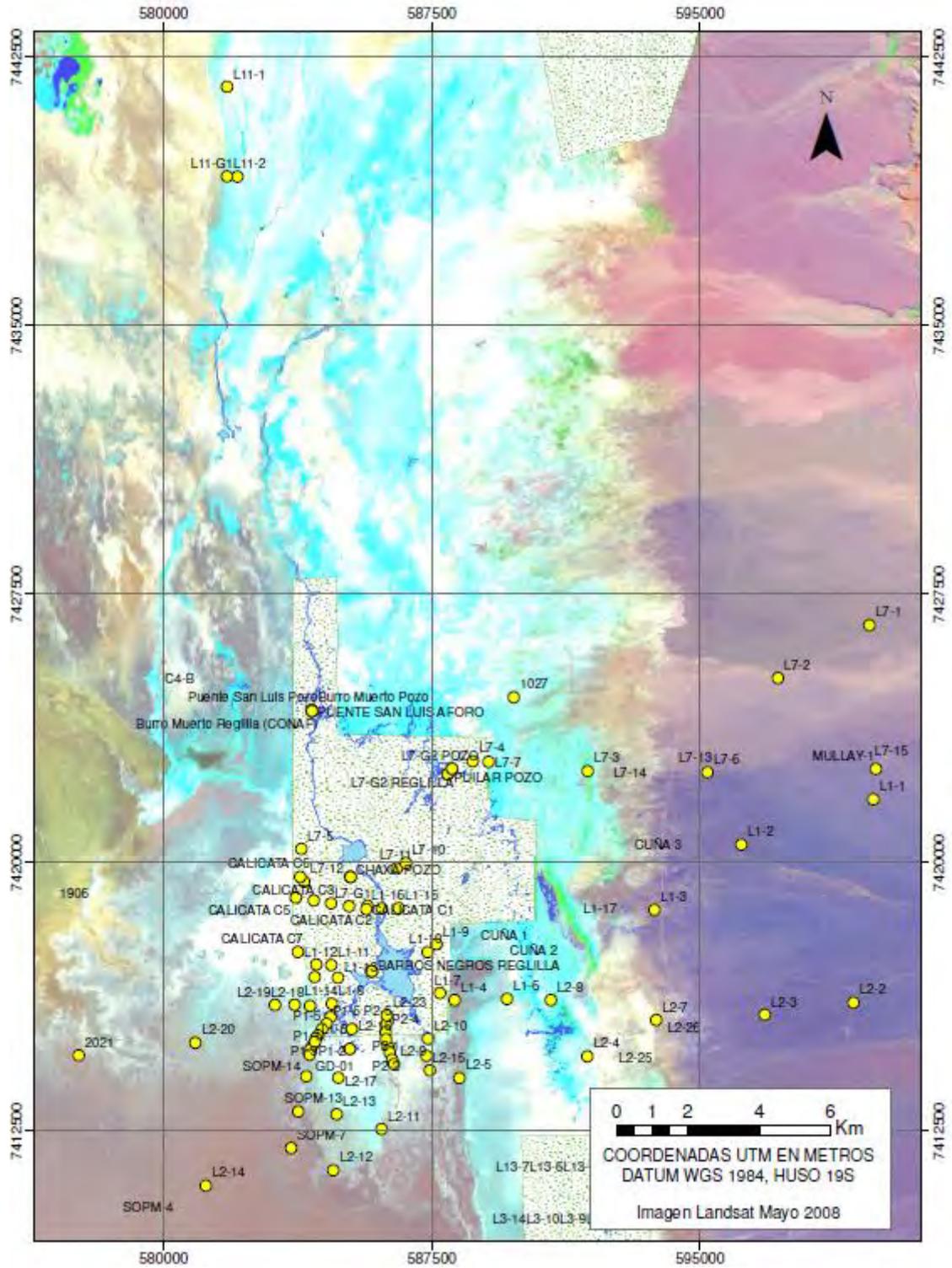
Los puntos de control de este sistema se encuentran entre las coordenadas 7.445.000 a 7.410.000 norte y 575.000 a 600.000 este. En la Figura 5-42 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo de este sistema.

En la Tabla 5-15 se indica los puntos de monitoreo del sistema Soncor, clasificados de acuerdo a la zona donde están emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y a su tipología (pozo profundo, pozo somero, reglilla, medición continua y nivel lacustre).

---

<sup>10</sup> Los sistemas objeto de protección son Soncor, Aguas de Quelana, Peine y Vegetación – Borde Este.

**Figura 5-39: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor.**



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5-14: Puntos de monitoreo del sistema Soncor**

<b>Punto de monitoreo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Tipología</b>
L1-1	Zona aluvial	Pozo profundo
L1-2	Zona aluvial	Pozo profundo
L1-3	Zona aluvial	Pozo somero
L2-2	Zona aluvial	Pozo profundo
L2-3	Zona aluvial	Pozo profundo
L2-7	Zona aluvial	Pozo profundo
L7-1	Zona aluvial	Pozo profundo
L7-2	Zona aluvial	Pozo profundo
L7-6	Zona marginal	Pozo profundo
Mullay-1	Zona aluvial	Pozo profundo
Allana	Zona aluvial	Pozo profundo
1027	Zona marginal	Pozo somero
RC-1	Zona marginal	Pozo somero
RC-2	Zona marginal	Pozo somero
RC-3	Zona marginal	Pozo somero
RC-4	Zona marginal	Pozo somero
RC-5	Zona marginal	Pozo somero
RC-6	Zona marginal	Pozo somero
RC-7	Zona marginal	Pozo somero
GD-01	Zona marginal	Pozo profundo
L1-4	Zona marginal	Pozo somero
L1-5	Zona marginal	Pozo profundo
L1-6	Zona marginal	Pozo somero
L1-7	Zona marginal	Pozo somero
L1-8	Zona marginal	Pozo somero
L1-9	Zona marginal	Pozo somero
L1-10	Zona marginal	Pozo somero
L1-11	Zona marginal	Pozo somero
L1-12	Zona marginal	Pozo somero
L1-13	Zona marginal	Pozo somero
L1-14	Zona marginal	Pozo somero
L1-15	Zona marginal	Pozo somero
L1-16	Zona marginal	Pozo somero
L2-4	Zona marginal	Pozo somero
L2-5	Zona marginal	Pozo profundo
L2-8	Zona marginal	Pozo somero
L2-10	Zona marginal	Pozo somero
L2-11	Zona marginal	Pozo somero
L2-12	Zona marginal	Pozo somero
L2-13	Zona marginal	Pozo somero
L2-15	Zona marginal	Pozo somero
L2-17	Zona marginal	Pozo somero
L2-18	Zona marginal	Pozo somero
L2-19	Zona marginal	Pozo somero
L2-21	Zona marginal	Pozo somero
L2-22	Zona marginal	Pozo somero
L2-24	Zona marginal	Pozo somero

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología
L7-3	Zona marginal	Pozo somero
L7-4	Zona marginal	Pozo somero
L7-5	Zona marginal	Pozo somero
L7-7	Zona marginal	Pozo somero
L7-10	Zona marginal	Pozo somero
L7-11	Zona marginal	Pozo somero
L7-12	Zona marginal	Pozo somero
L11-1	Zona marginal	Pozo somero
L11-2	Zona marginal	Pozo somero
L1-G4	Zona marginal	Reglilla
L7-G1	Zona marginal	Reglilla
L7-G2	Zona marginal	Reglilla
Puente San Luis	Zona marginal	Reglilla
Burro Muerto	Zona marginal	Reglilla
L11-G1	Zona marginal	Reglilla
P1-1	Zona marginal	Continuo
P1-2	Zona marginal	Continuo
P1-3	Zona marginal	Continuo
P1-4	Zona marginal	Continuo
P1-5	Zona marginal	Continuo
P1-6	Zona marginal	Continuo
P1-7	Zona marginal	Continuo
L2-9	Zona marginal	Continuo
P2-1	Zona marginal	Continuo
P2-2	Zona marginal	Continuo
P2-3	Zona marginal	Continuo
L2-16	Zona marginal	Continuo
P2-4	Zona marginal	Continuo
P2-5	Zona marginal	Continuo
L2-23	Zona marginal	Continuo
2021	Zona marginal	Continuo
SOPM-07	Salmuera	Pozo profundo
SOPM-13	Salmuera	Pozo somero
SOPM-14	Salmuera	Pozo somero
L2-14	Salmuera	Pozo somero
L2-20	Salmuera	Pozo somero
Barros Negros	Zona marginal	Reglilla
Puilar	Zona marginal	Reglilla
Chaxa	Zona marginal	Reglilla
Estación Meteorológica Chaxa	Zona marginal	Estación Meteorológica
Mullay	Zona Aluvial	Pozo de bombeo
Allana	Zona Aluvial	Pozo de bombeo
Aforo Barros Negros	Zona Marginal	Aforo
Aforo Puente San Luis	Zona marginal	Aforo
Chaxa	Zona Marginal	Superficie Lacustre
Barros Negros	Zona Marginal	Superficie Lacustre
Puilar	Zona Marginal	Superficie Lacustre

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.1 Nivel del agua subterránea y superficial

Se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Soncor. Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este. Para efectos de orden, sus niveles se presentan de igual forma en esta sección, sin perjuicio que son considerados en el marco del seguimiento del sistema Vegetación Borde Este.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, la empresa consultora BIOMA –en el marco de una auditoría de la información de monitoreo- realizó visitas y validaciones (junio 2017) en este sistema en los pozos L1-G4, L1-5, GD-01, L1-4, L3-14, L3-12, L3-11, L3-9, L4-15, L4-14, L4-12, L4-11, L5-12, L5-11, L5-10 y L5-9. Este informe se presenta en el ANEXO 1.

#### 5.3.1.1.1 Pozos en zona aluvial

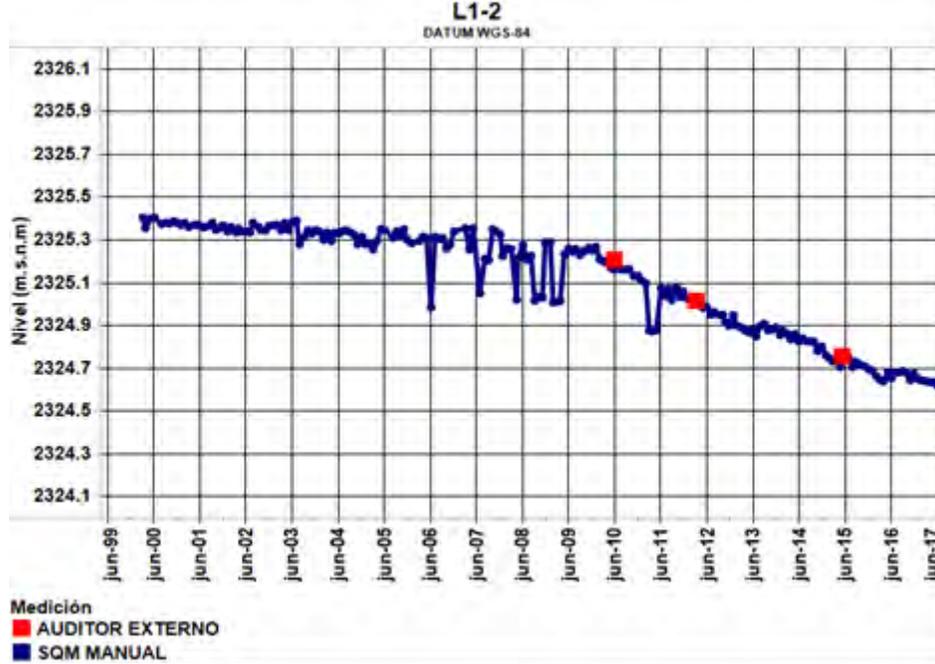
De la FIGURA 5-43 a FIGURA 5-53 se presentan los pozos de la zona aluvial del Sistema Soncor.

**FIGURA 5-40: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1**



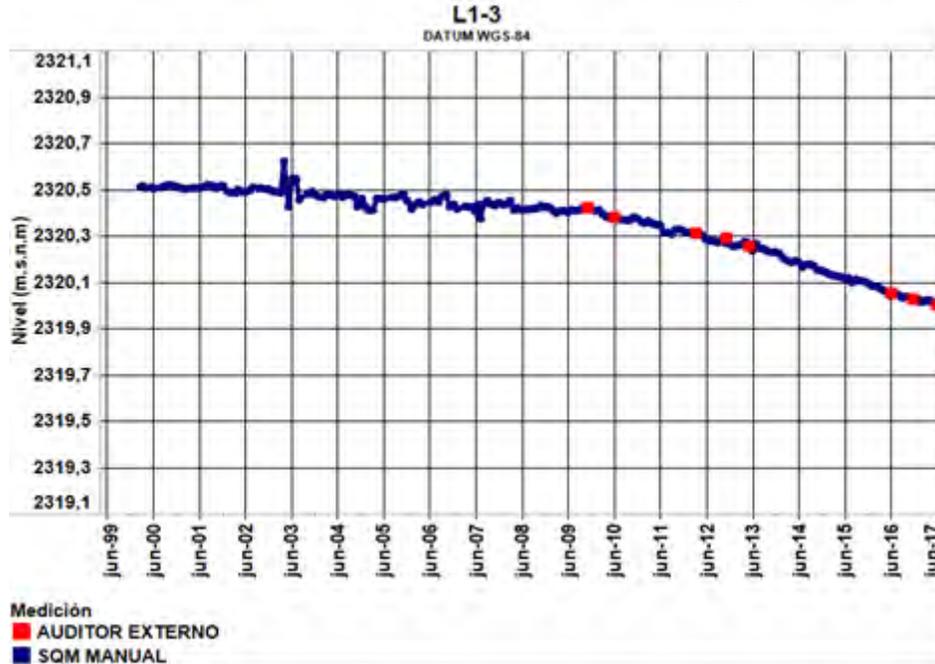
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-2**



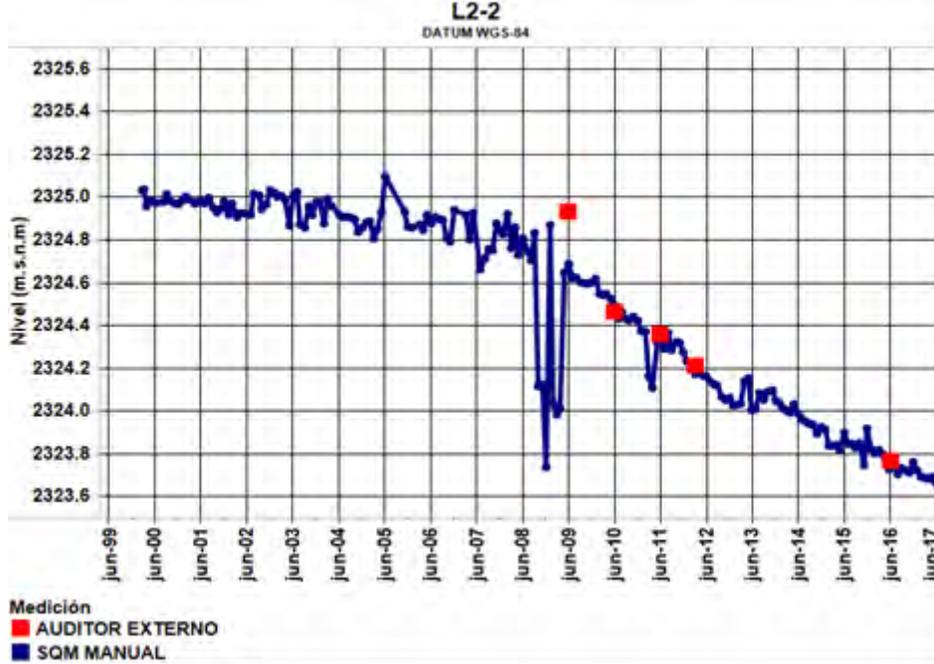
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-3**



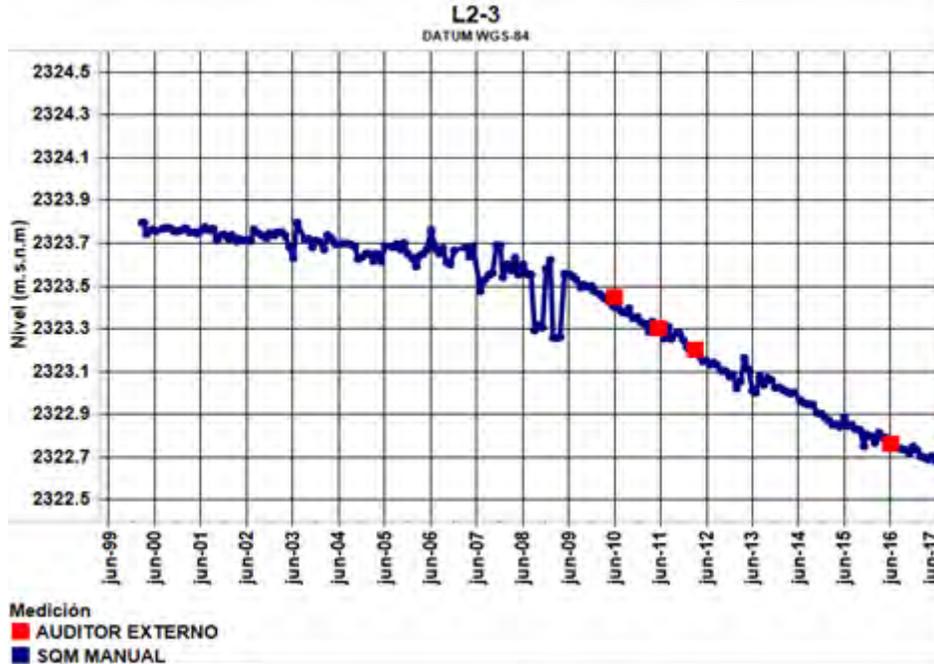
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-2**



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-3**



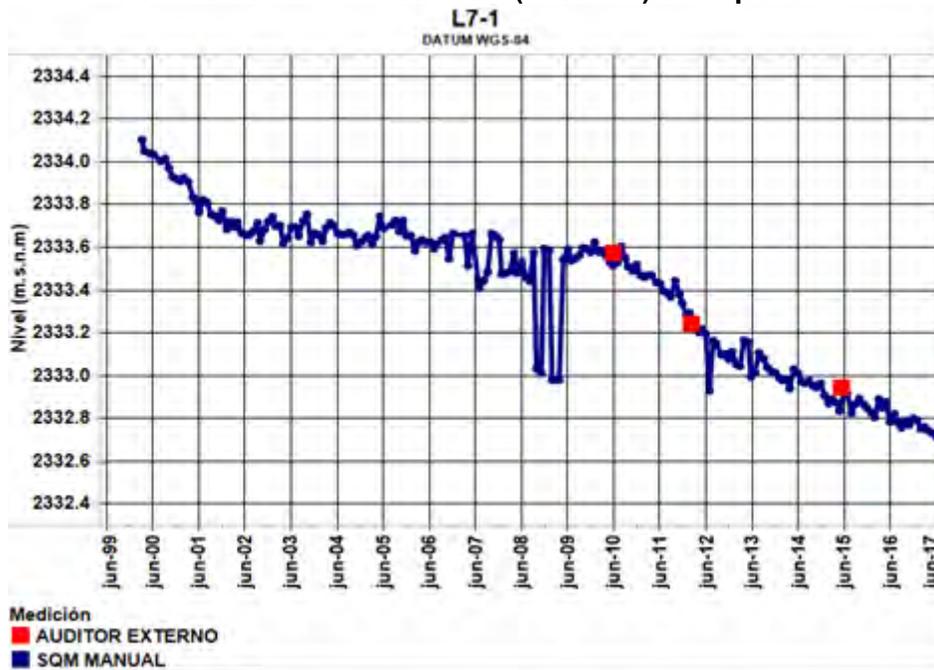
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-45: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-7**



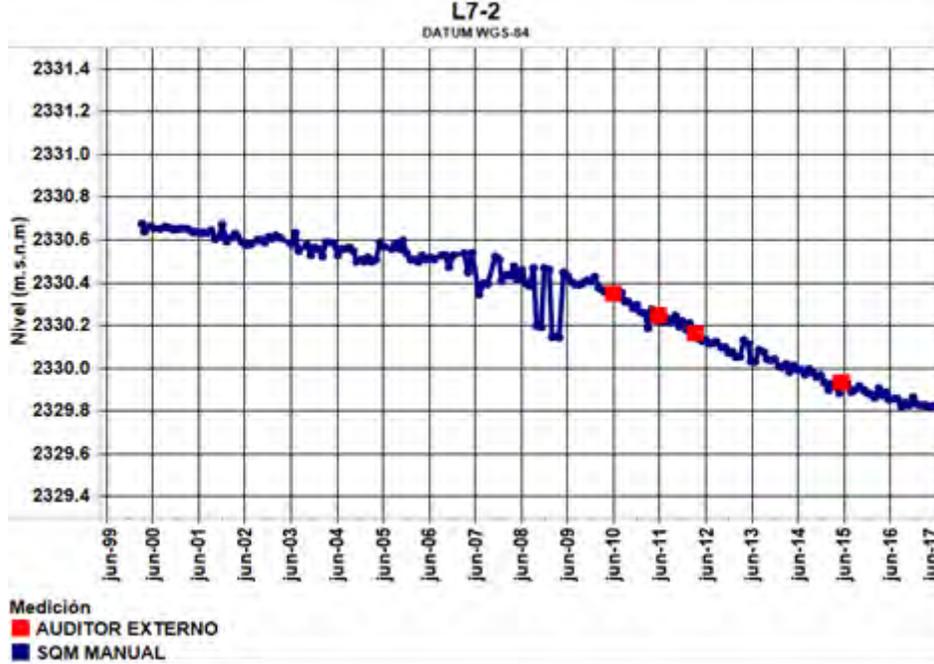
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-46: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1**



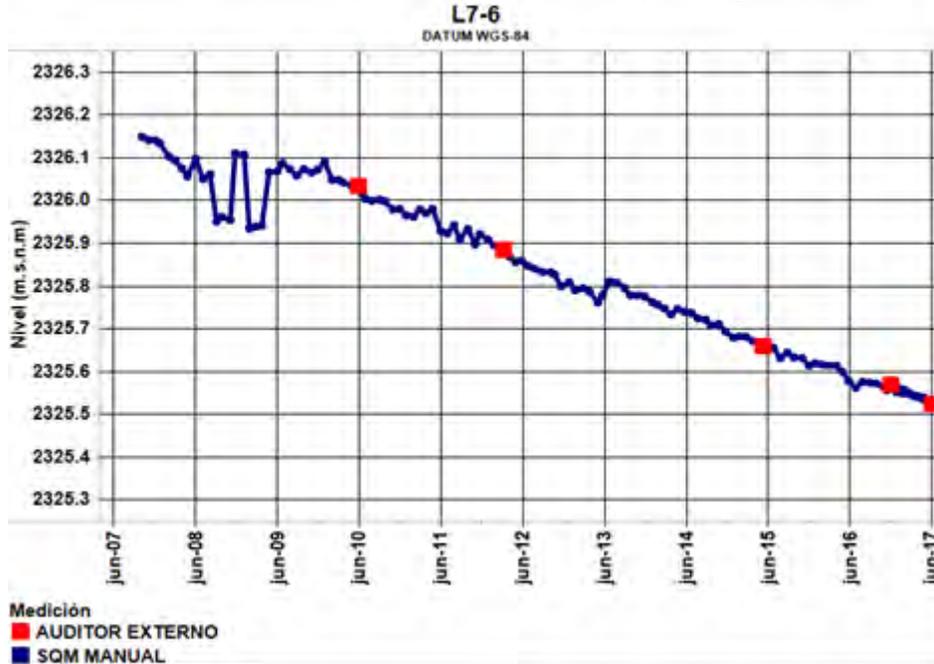
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-2**



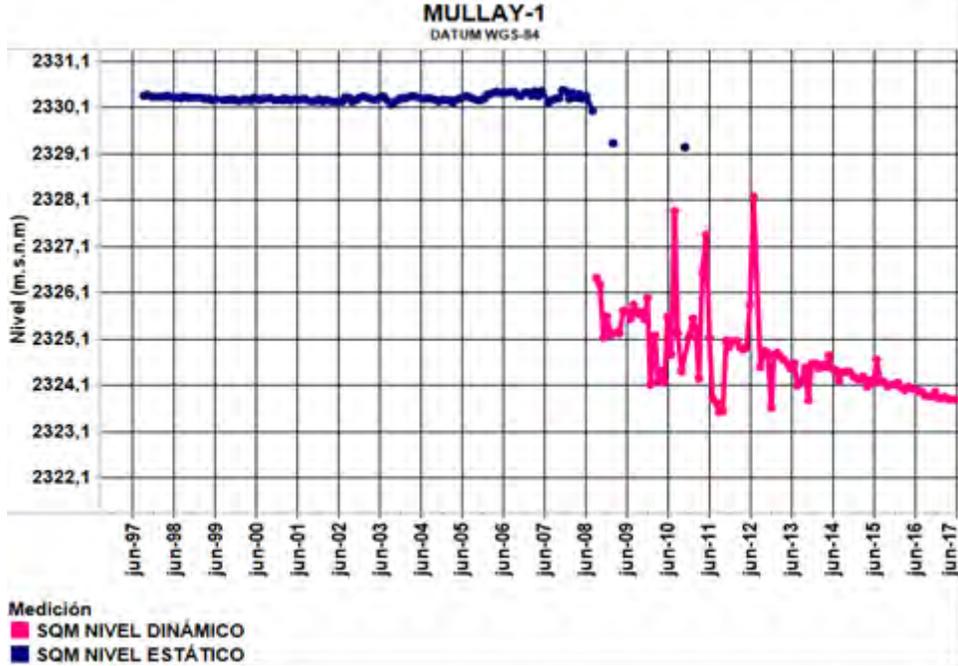
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-6**



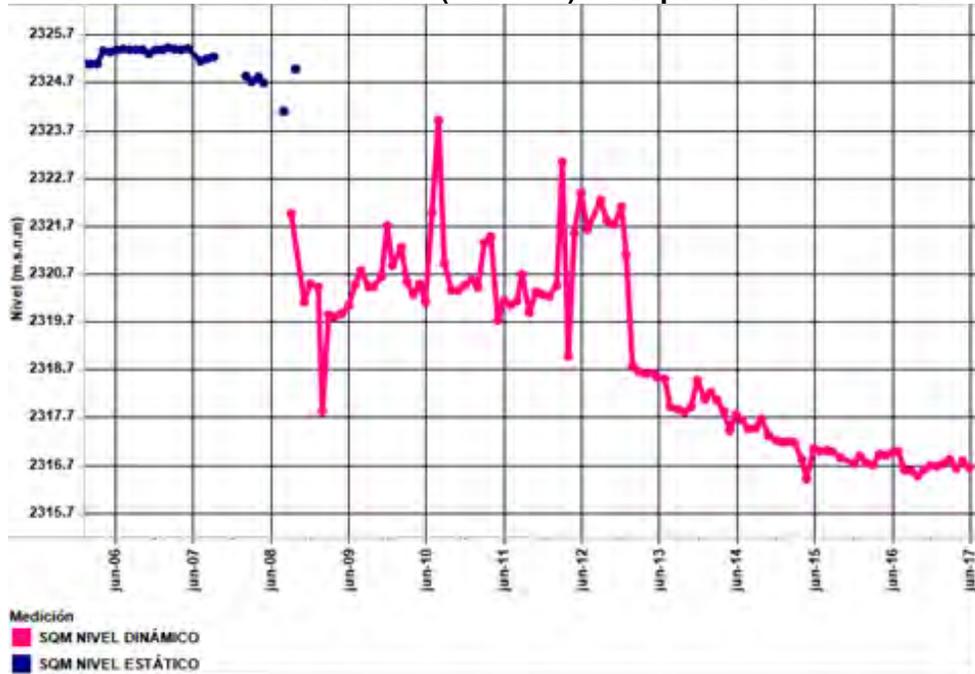
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo MULLAY 1**



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-50: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Allana**

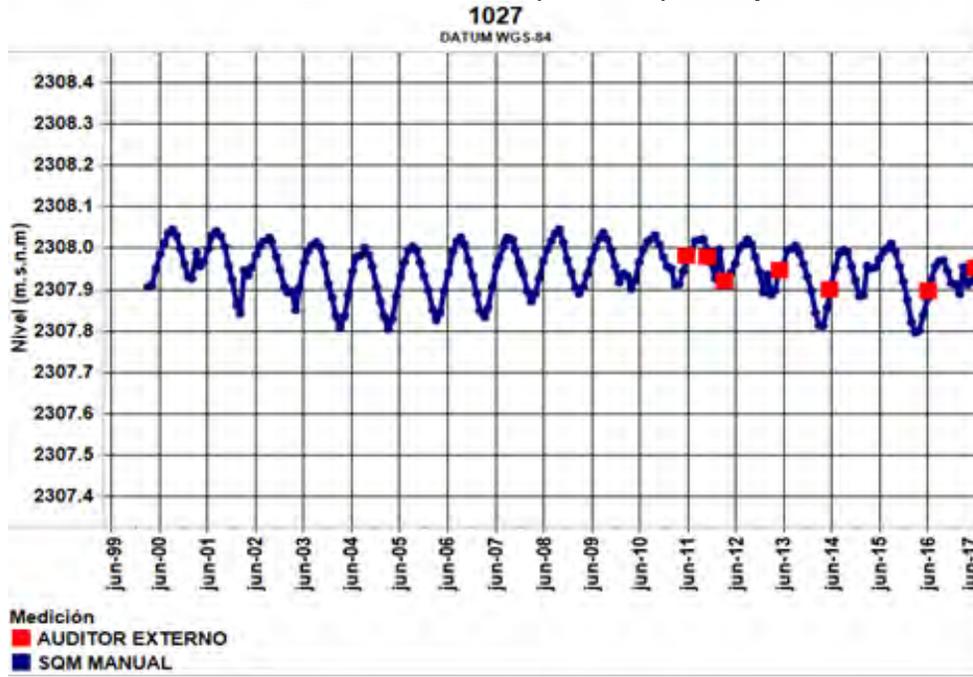


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.1.2 Pozos en zona marginal

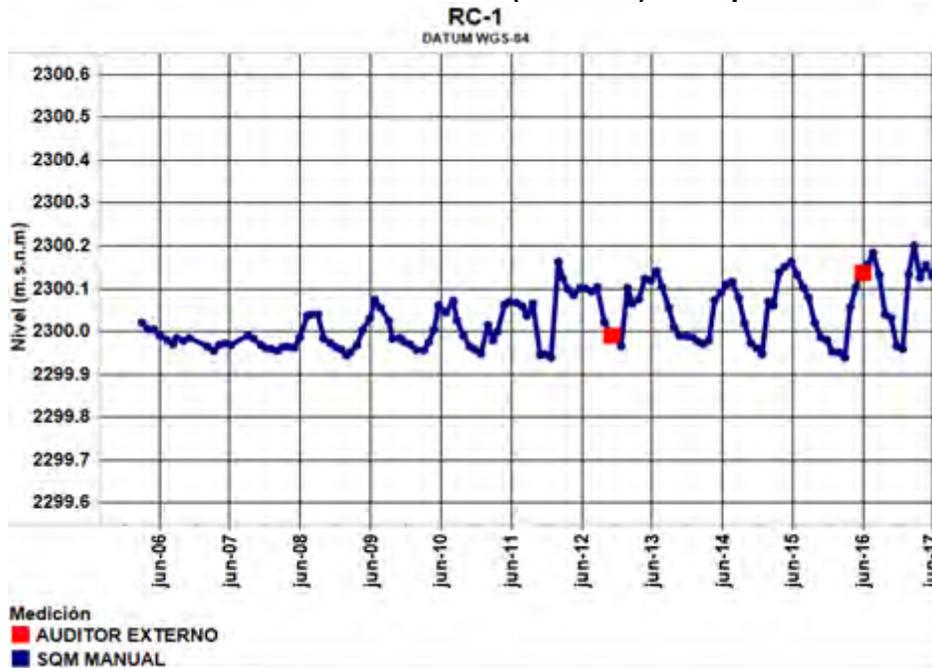
Los gráficos de niveles de esta zona se presentan desde la FIGURA 5-54 a FIGURA 5-98.

**FIGURA 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027**



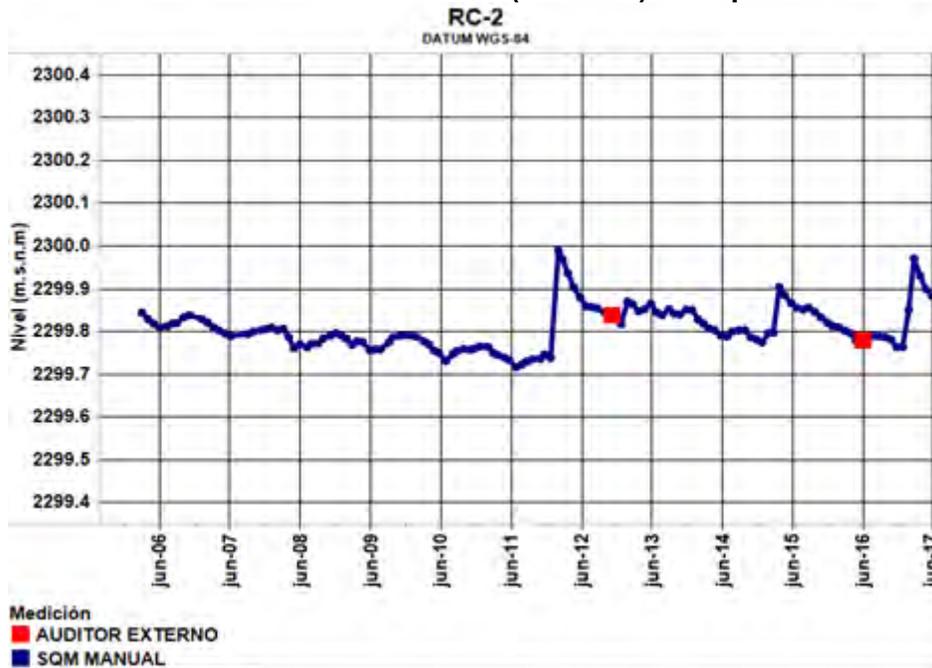
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-52: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-1**



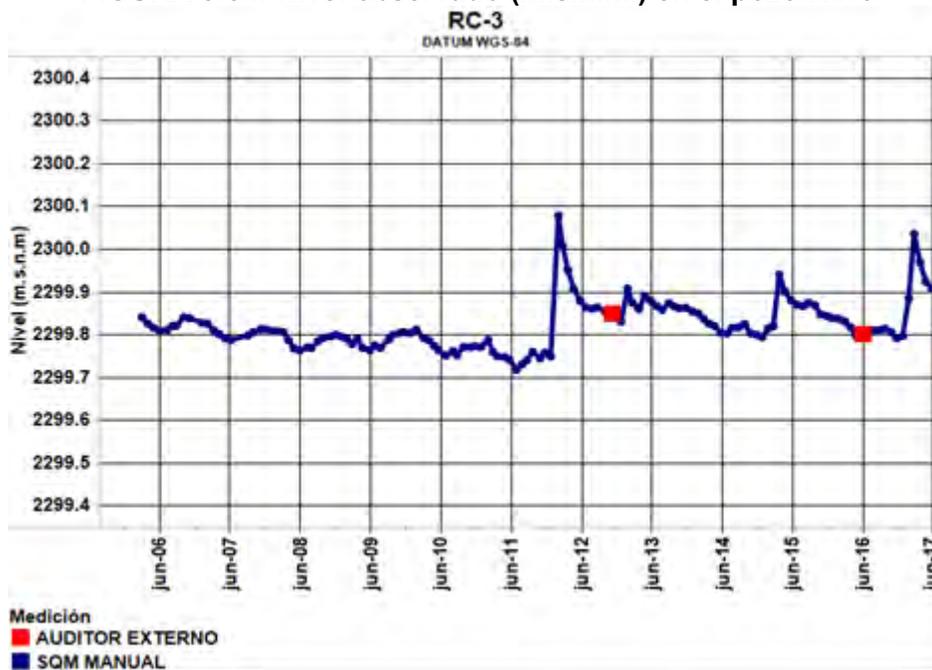
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-53: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-2**



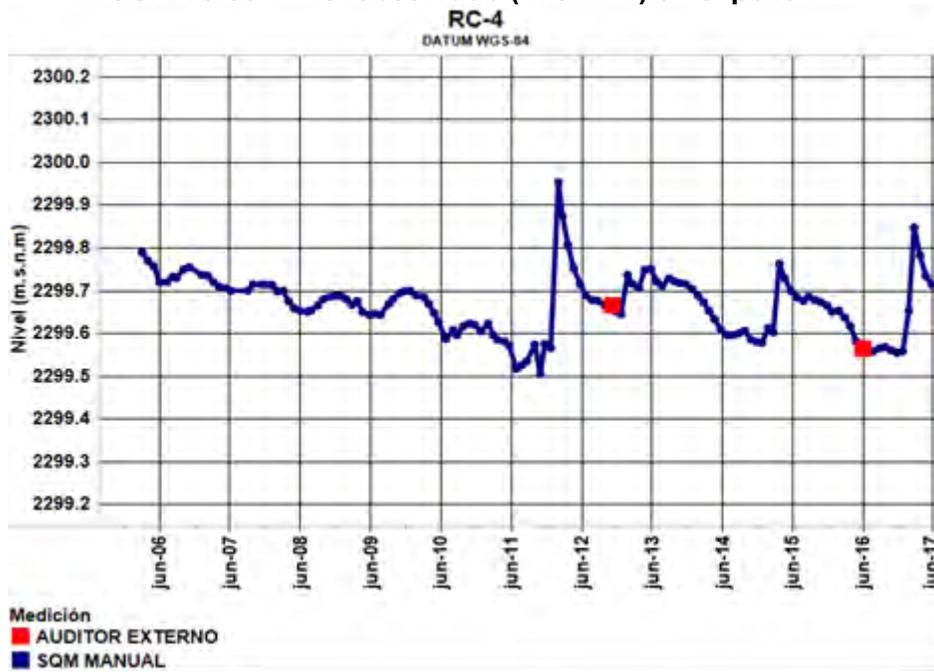
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-54: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-3**



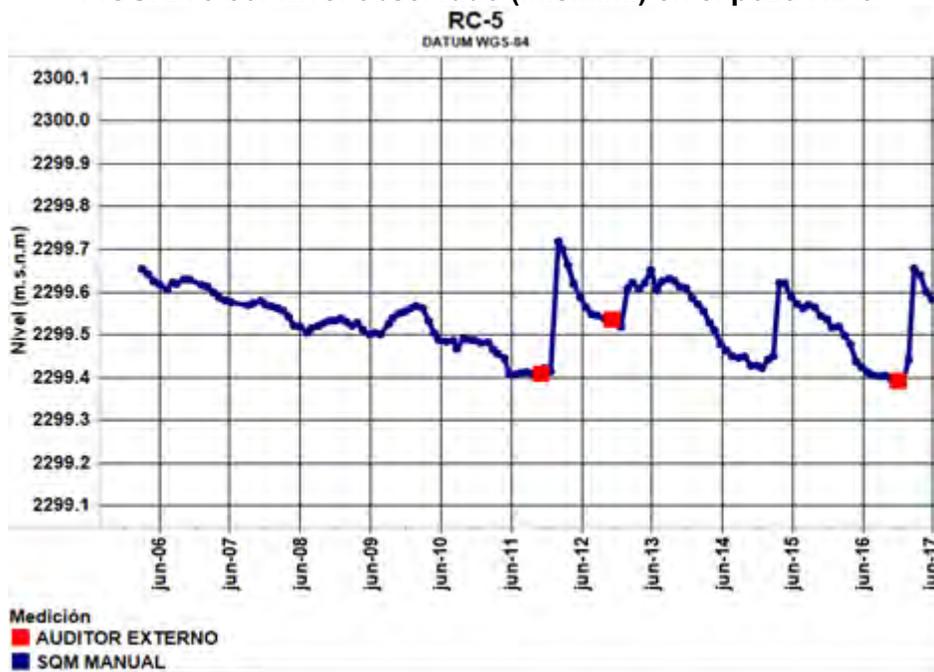
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-55: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-4**



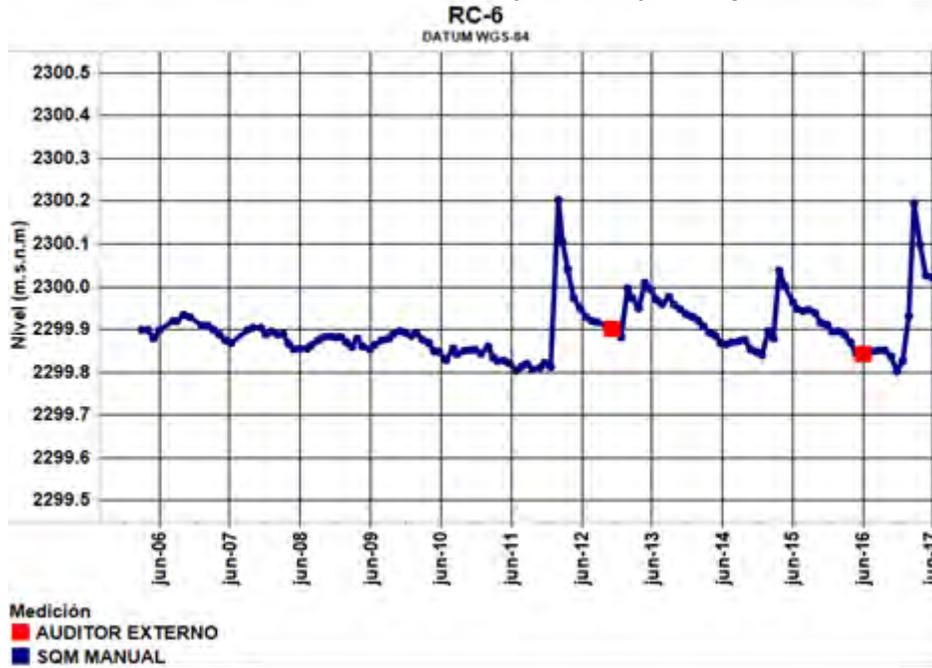
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-56: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-5**



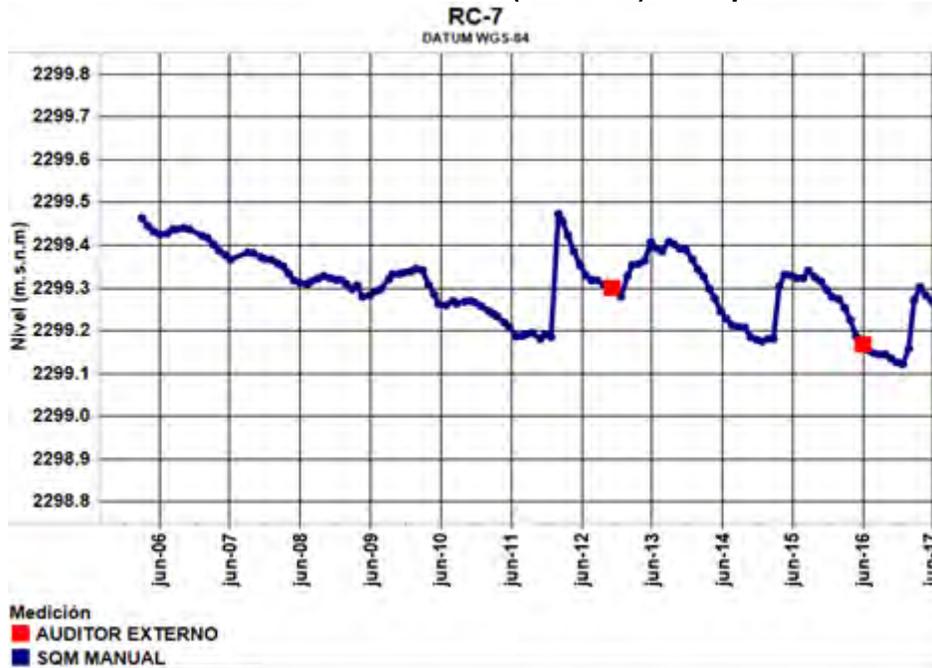
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-6**



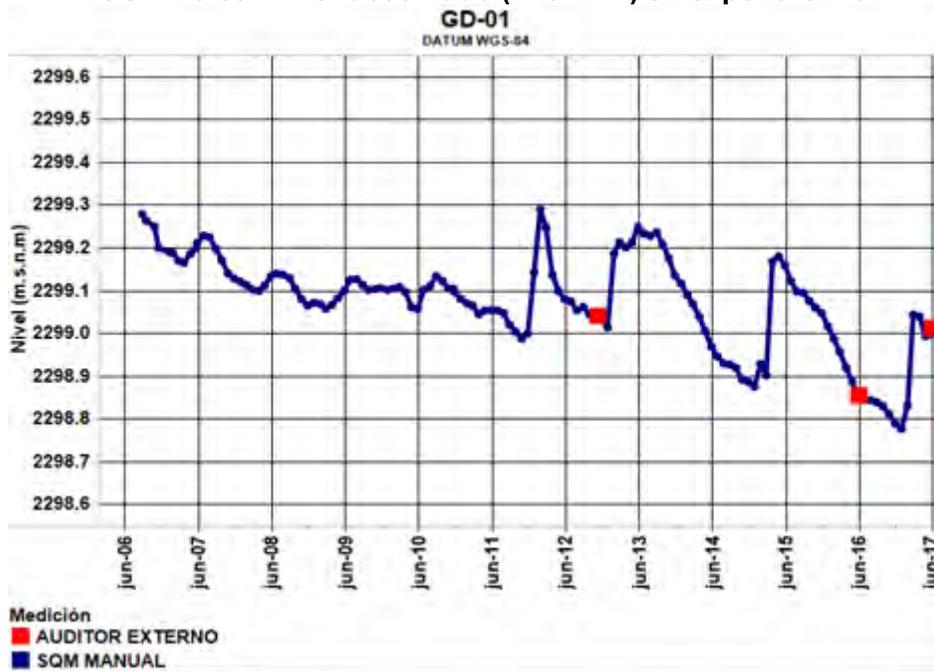
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-7**



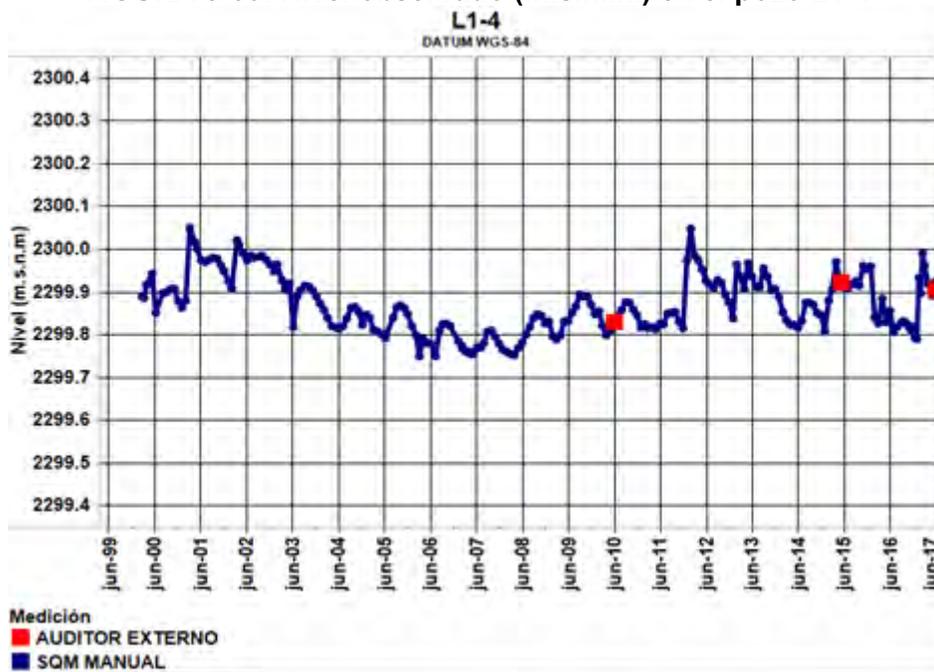
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-01**



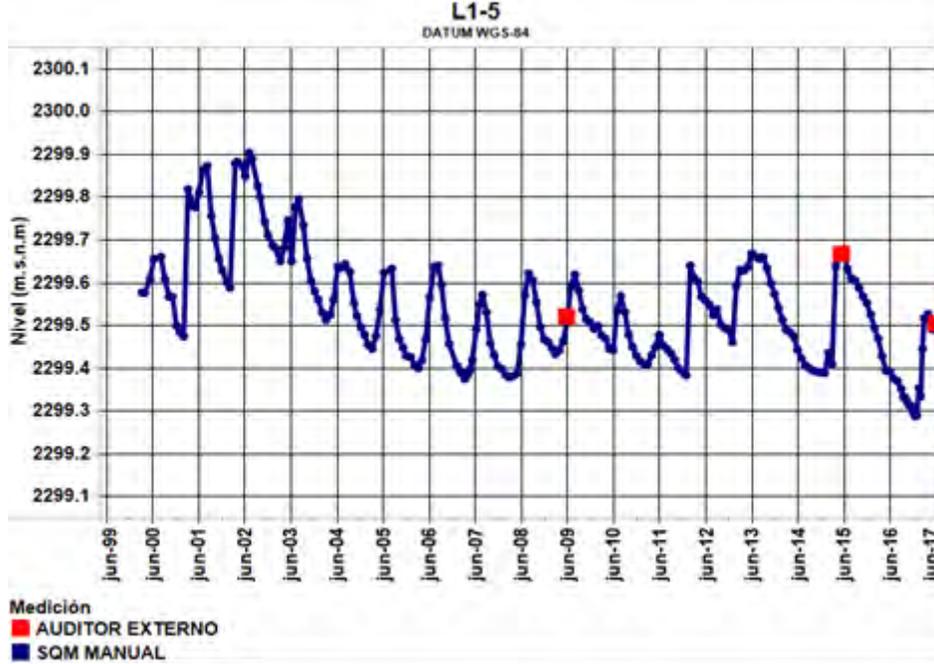
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-4**



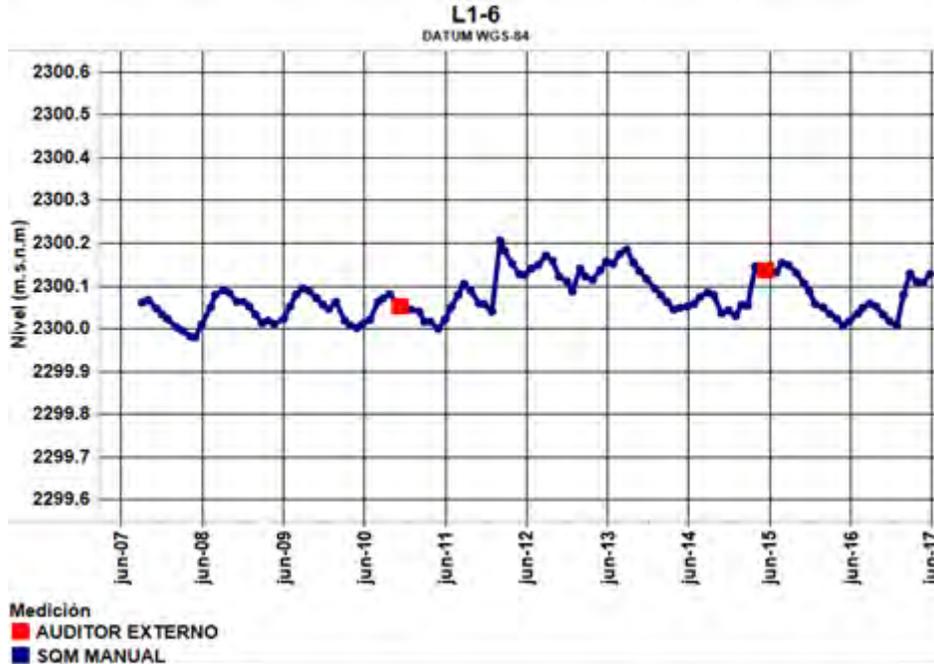
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-61: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-5**



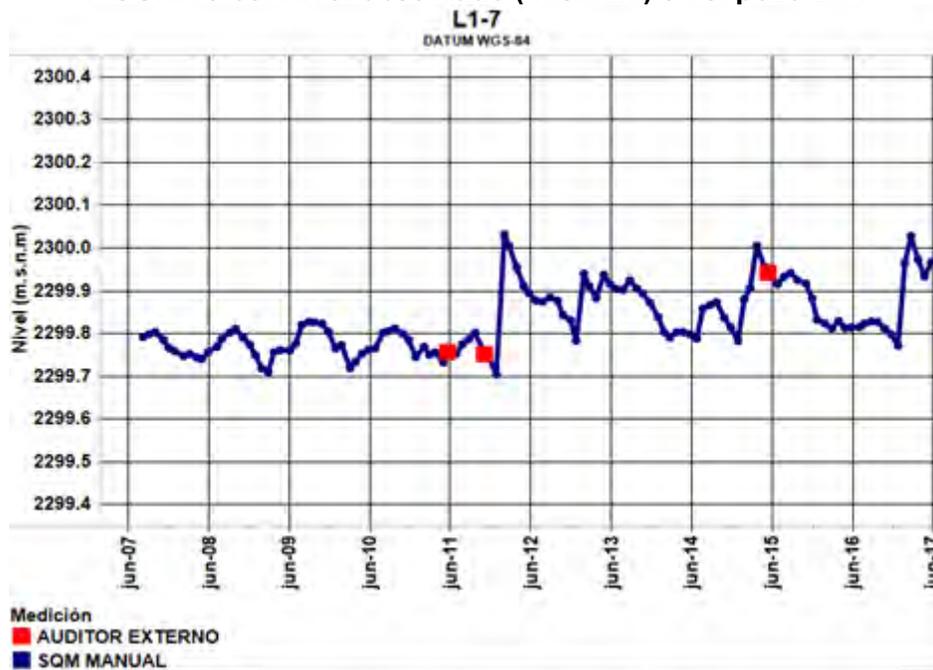
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-62: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-6**



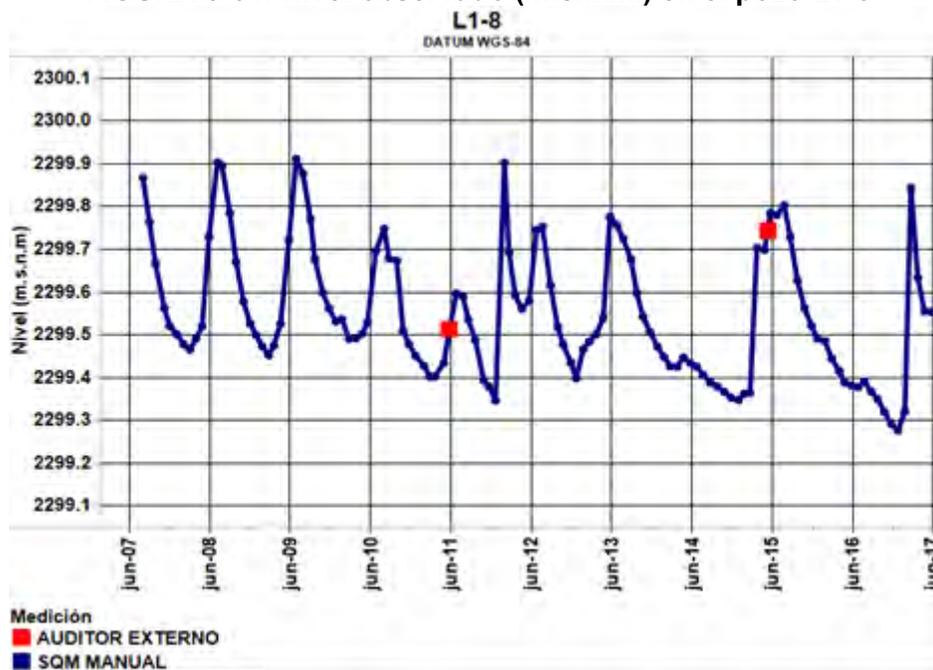
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-63: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-7**



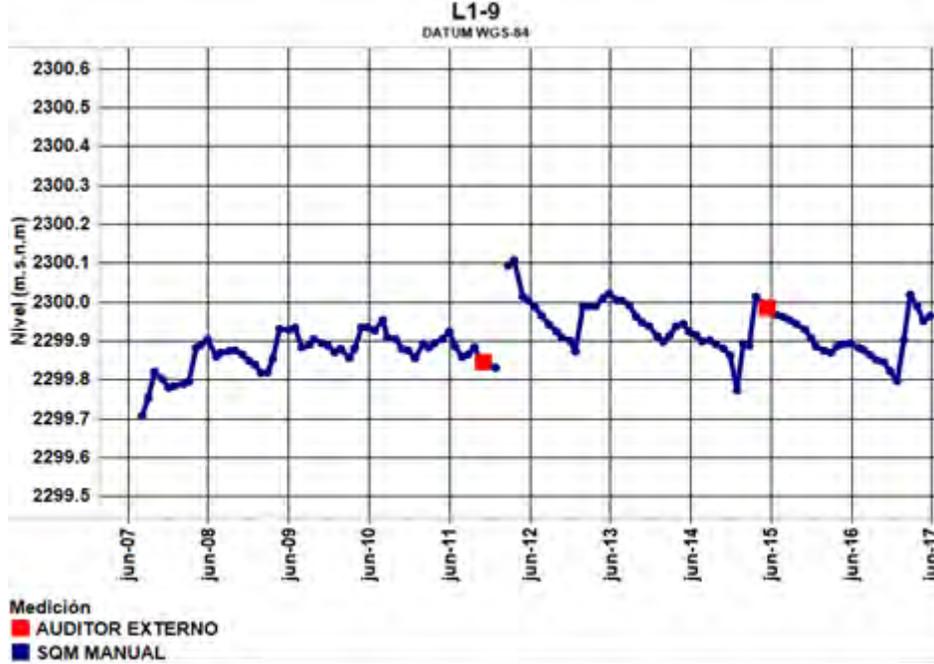
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-64: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-8**



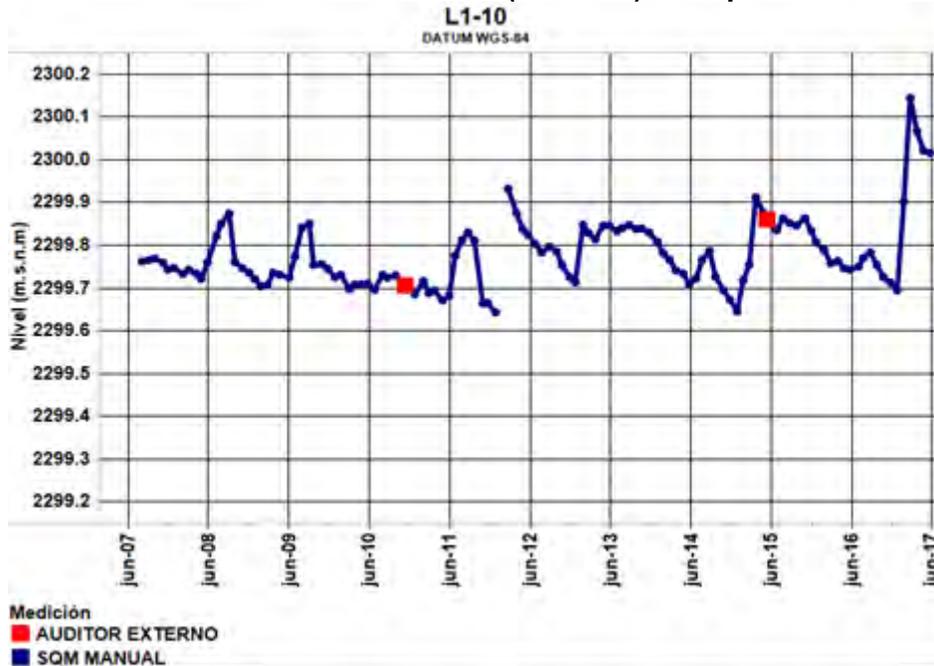
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-65: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-9**



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-66: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-10**



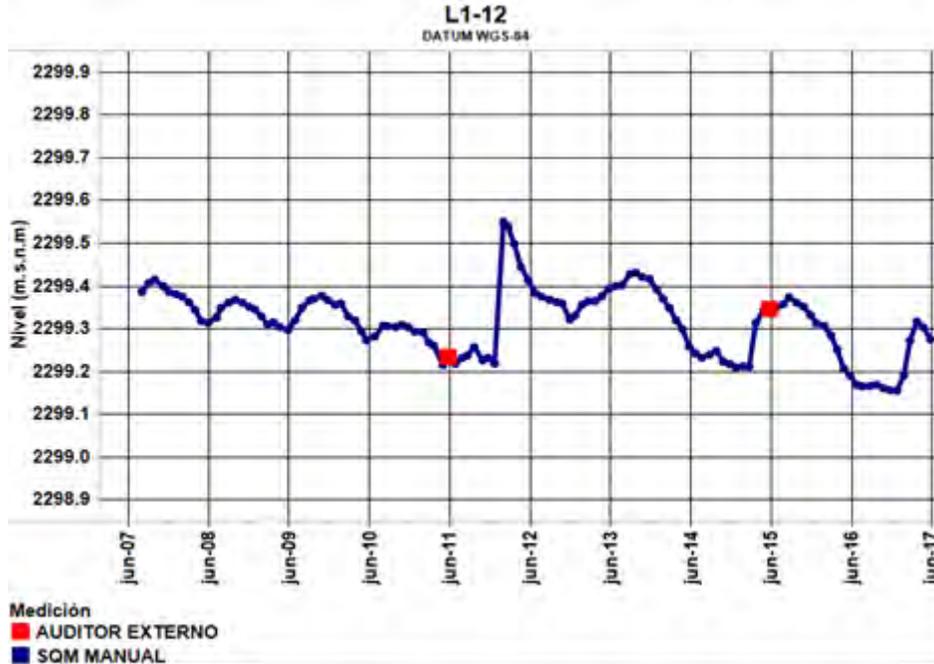
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-67: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-11**



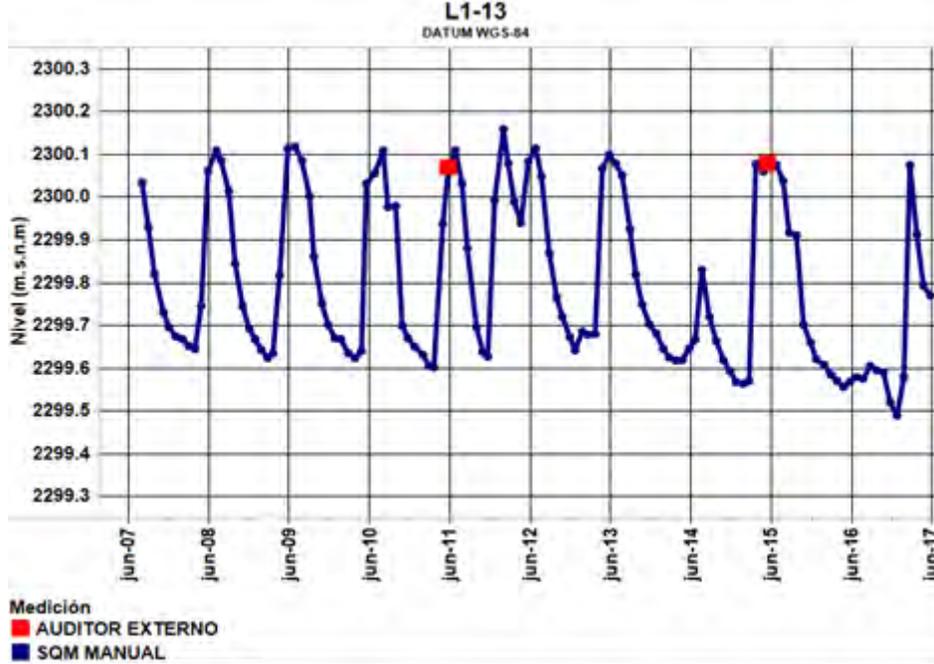
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-68: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-12**



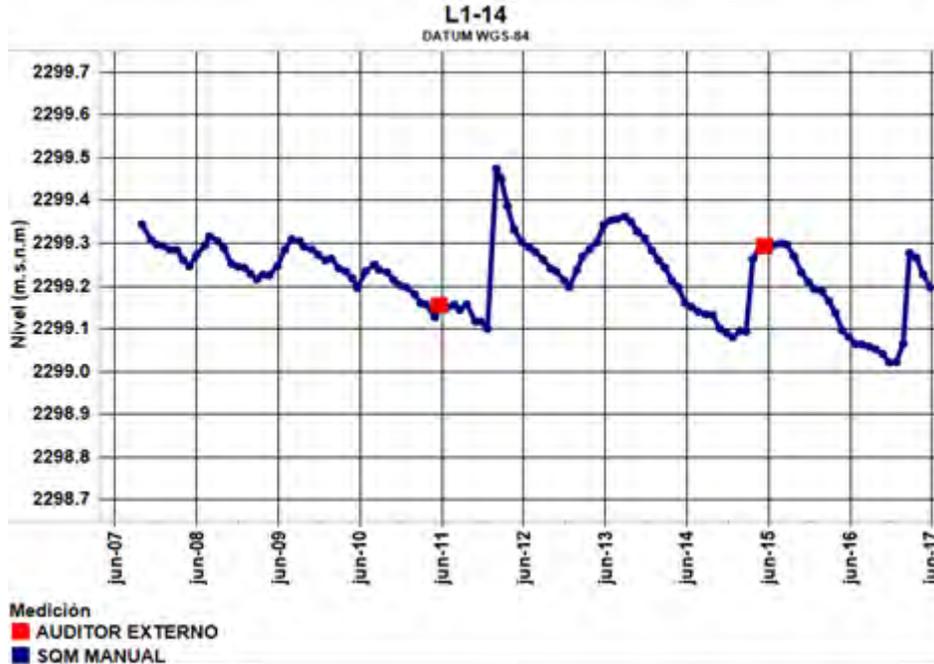
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-69: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-13**



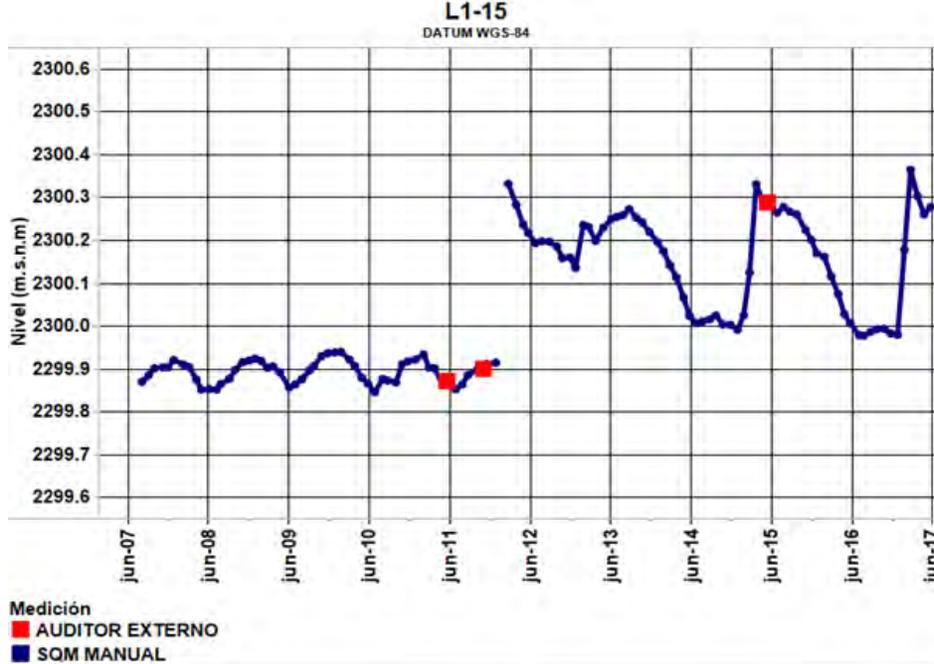
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-70: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-14**



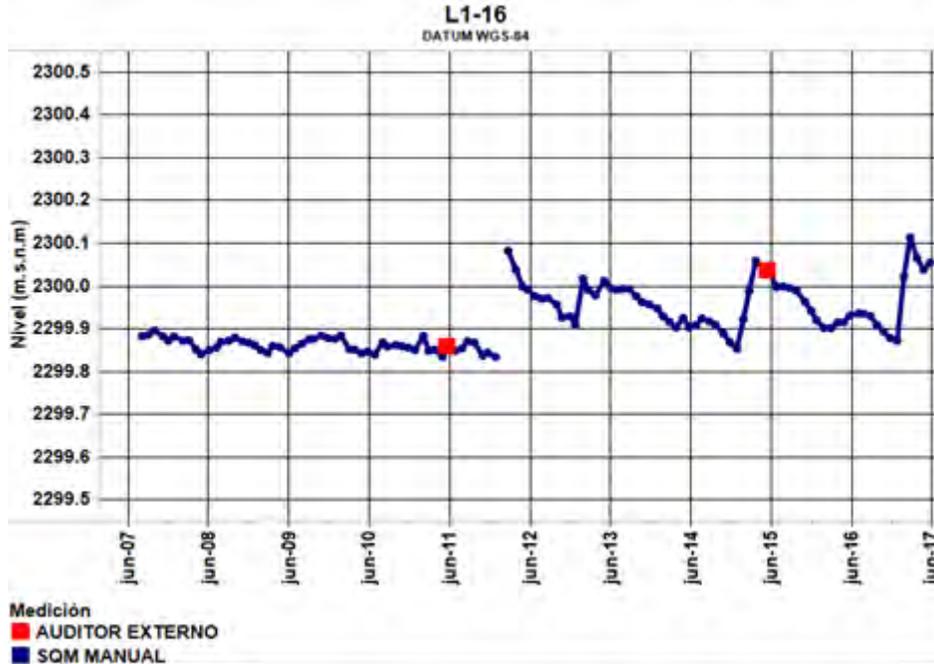
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-71: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-15**



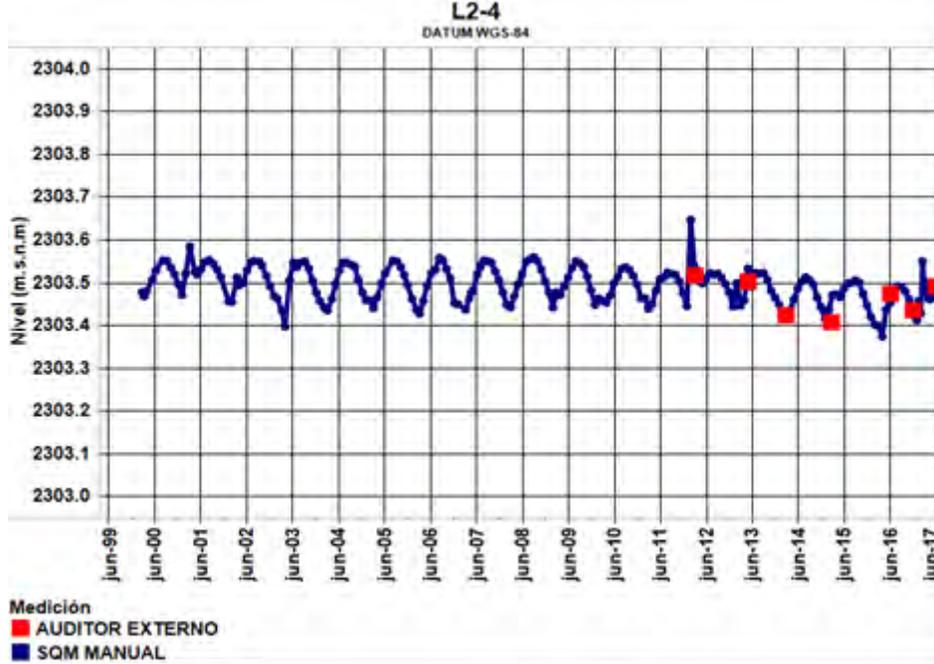
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-72: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-16**



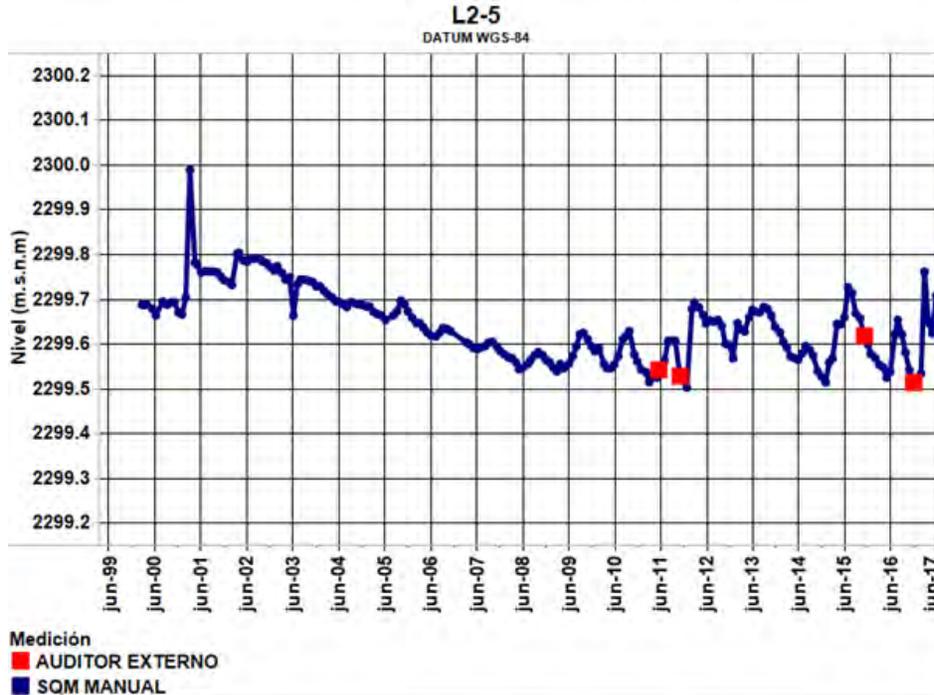
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-73: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-4**



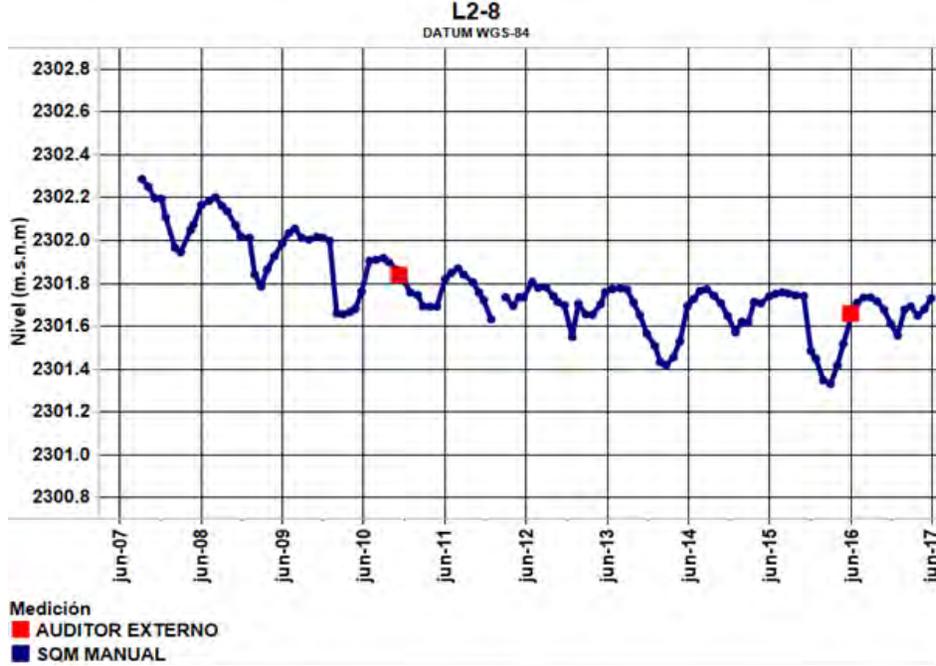
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-74: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-5**



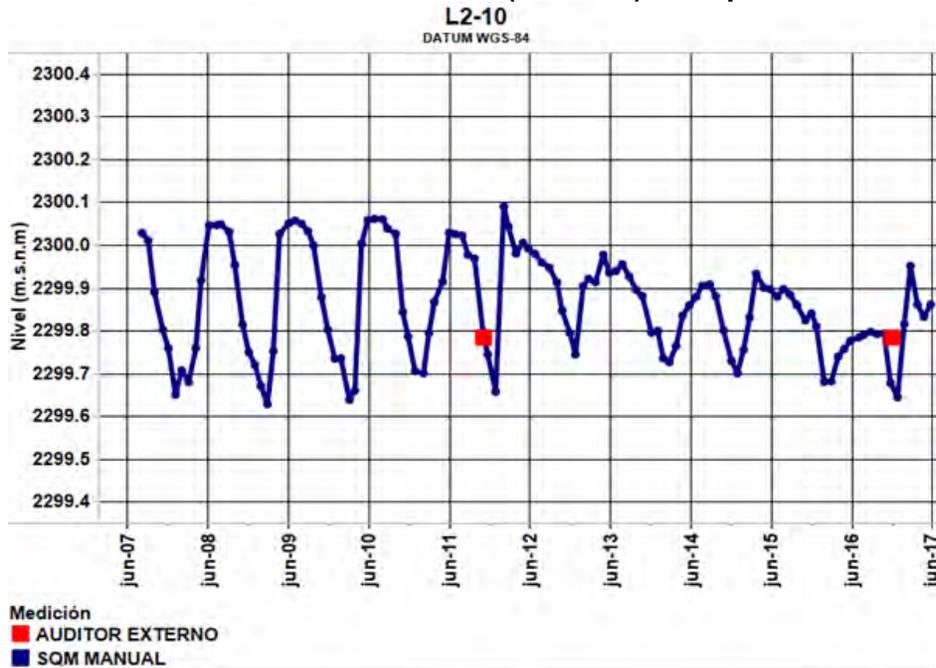
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-75: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-8**



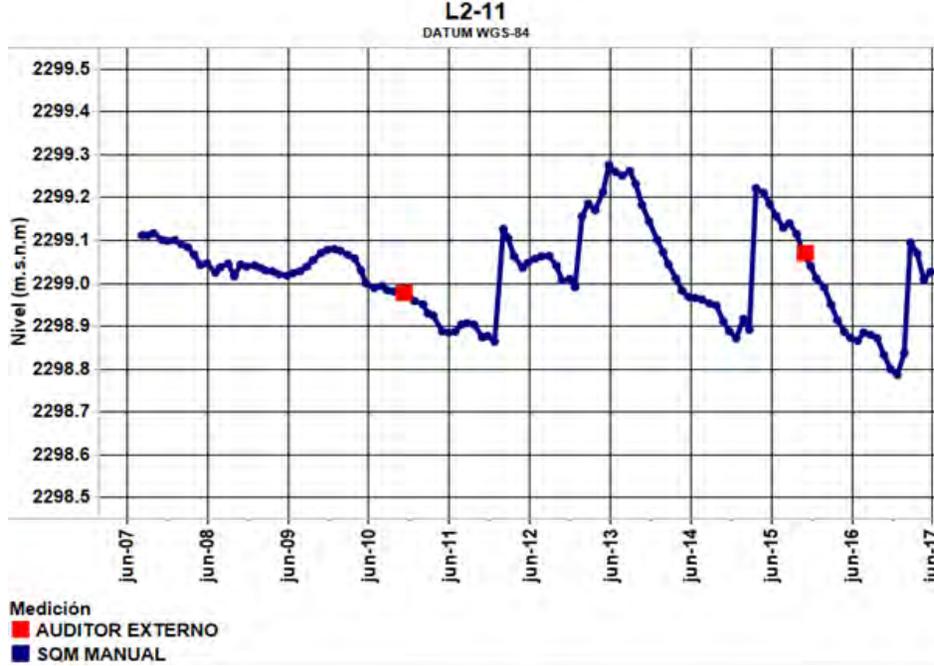
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-76: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-10**



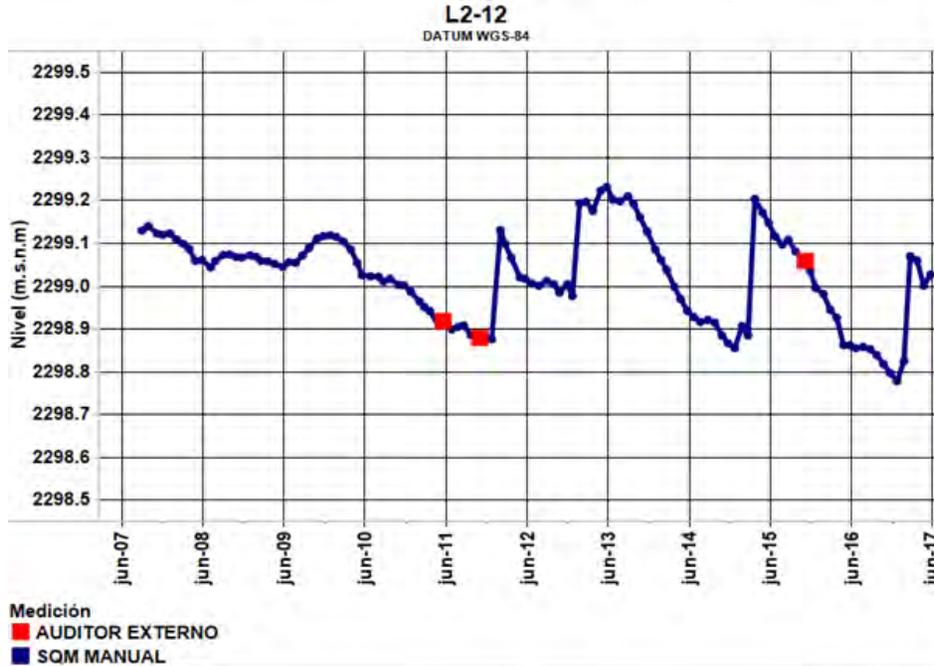
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-77: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-11**



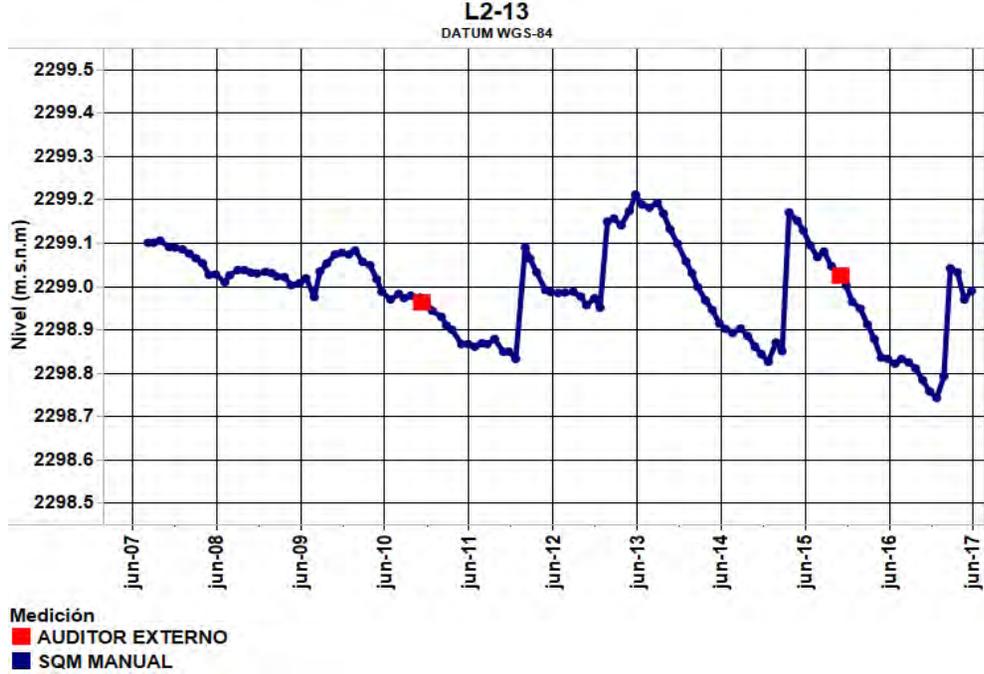
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-78: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-12**



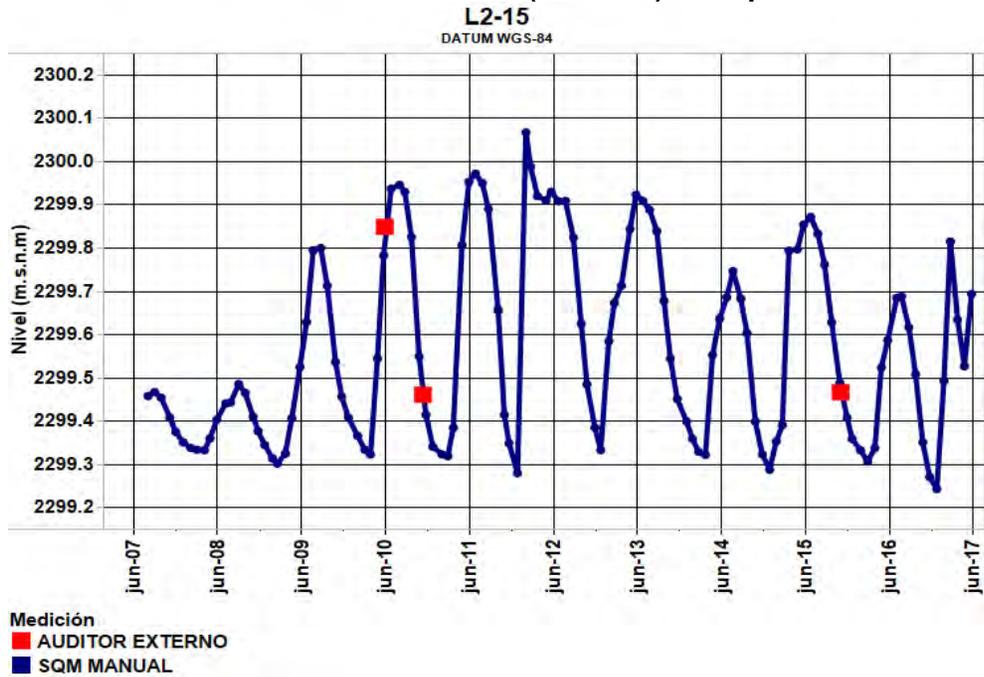
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-79: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-13**



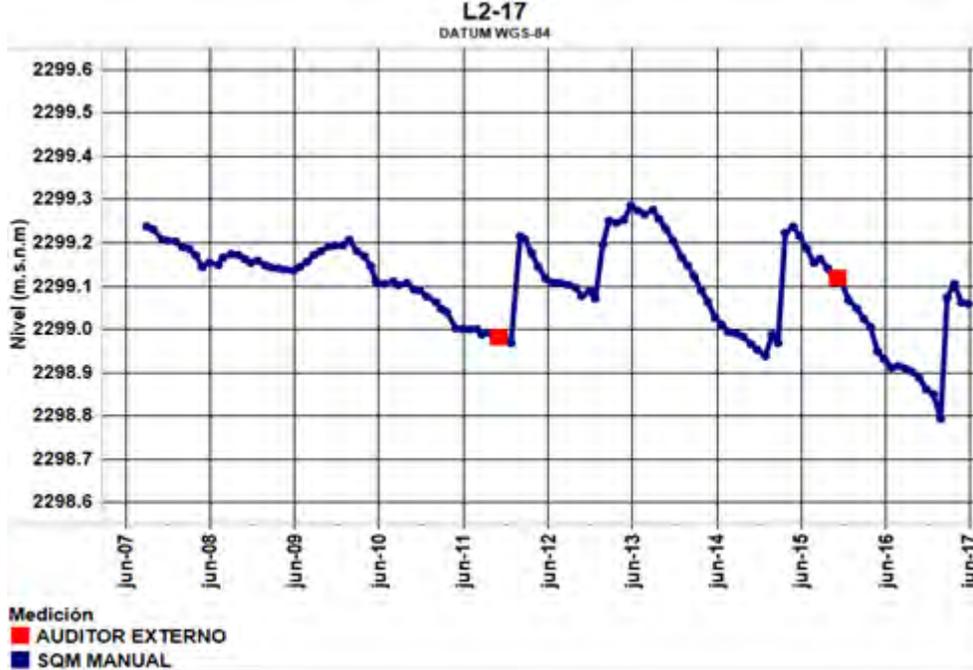
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-80: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-15**



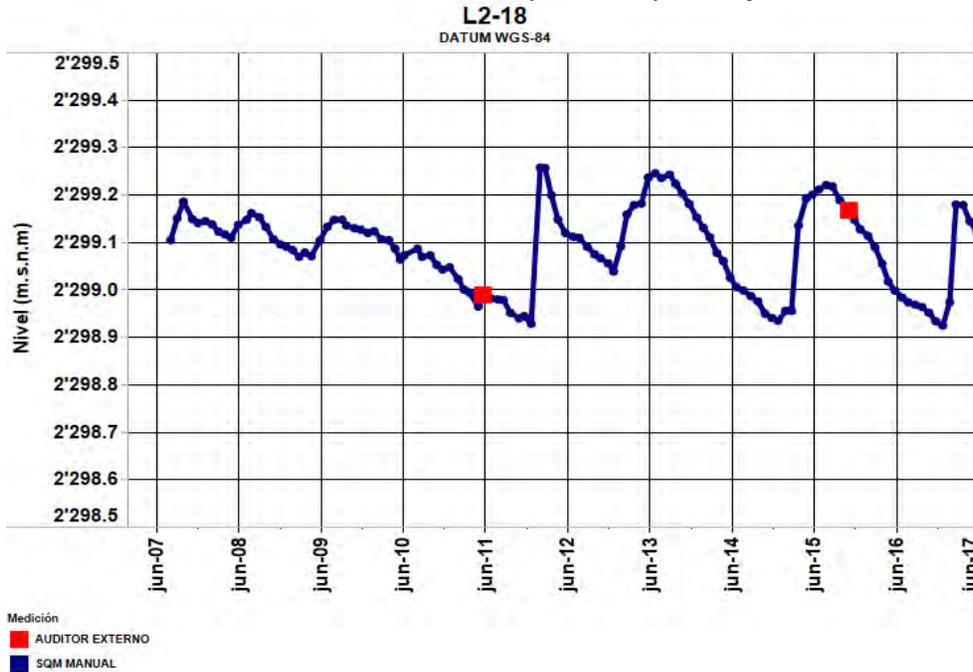
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-81: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-17**



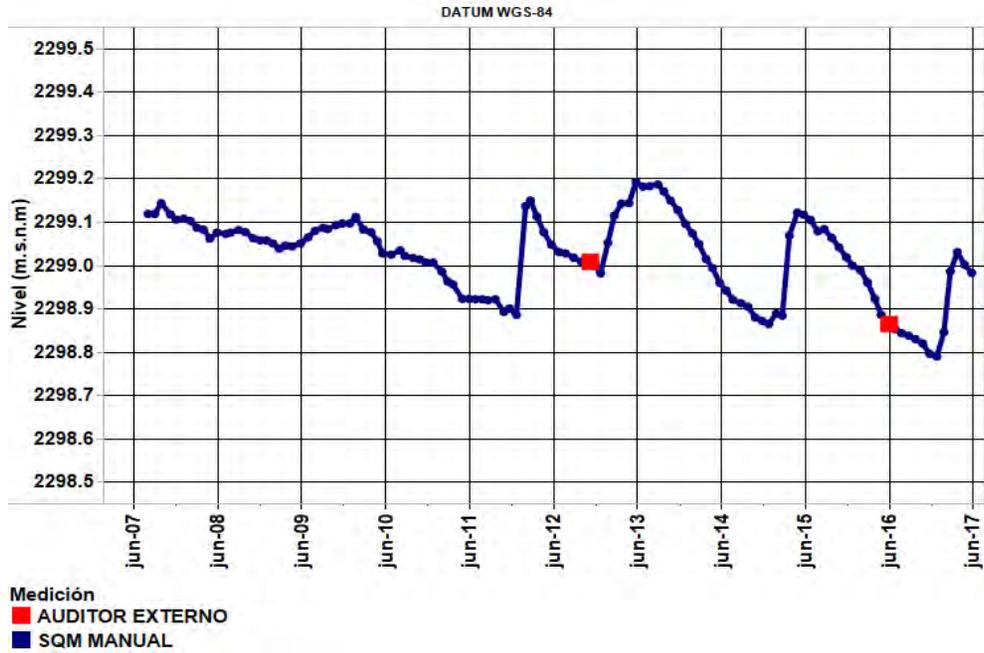
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-82: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-18**



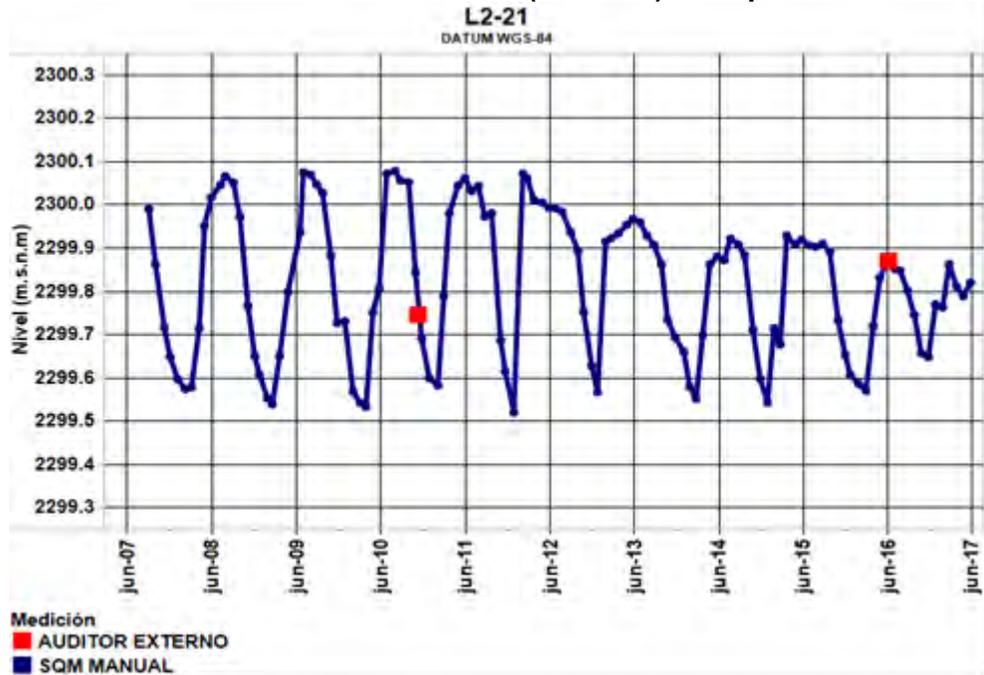
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-83: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-19**



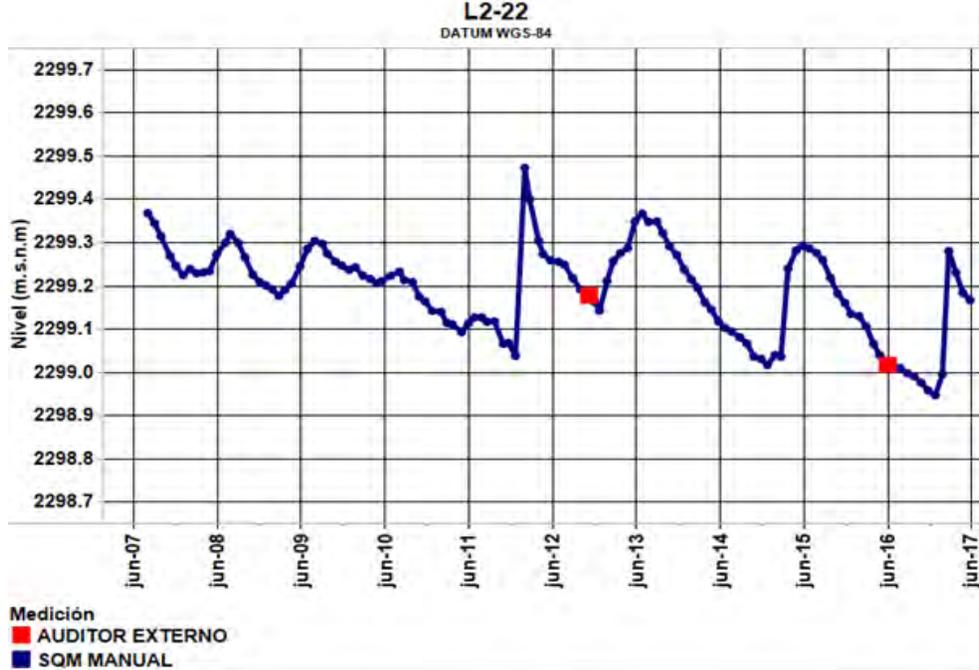
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-84: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-21**



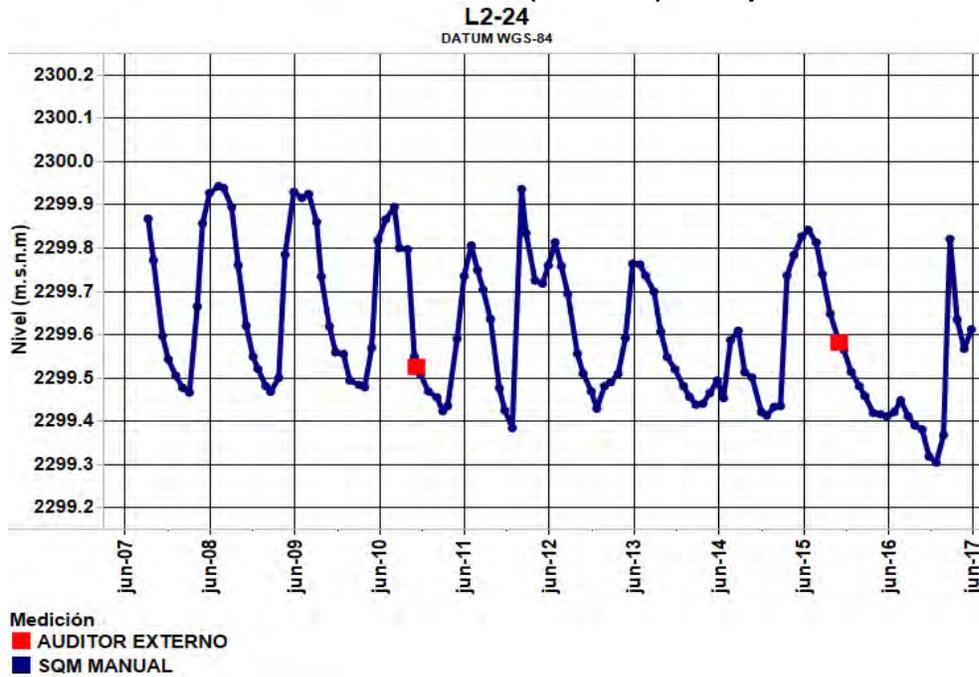
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-85: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-22**



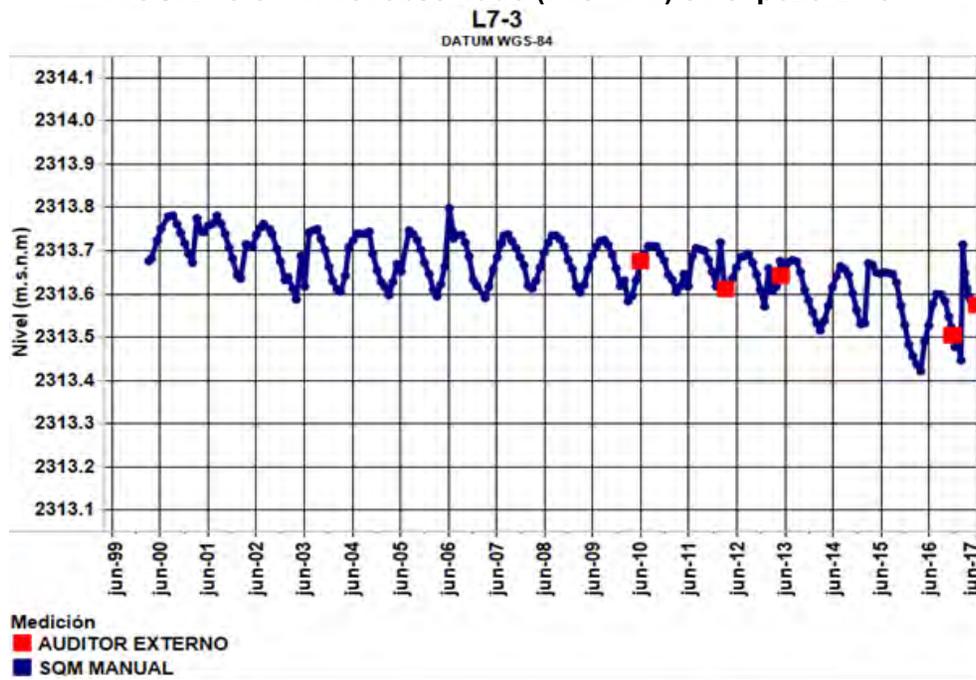
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-86: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-24**



Fuente: Elaboración propia.

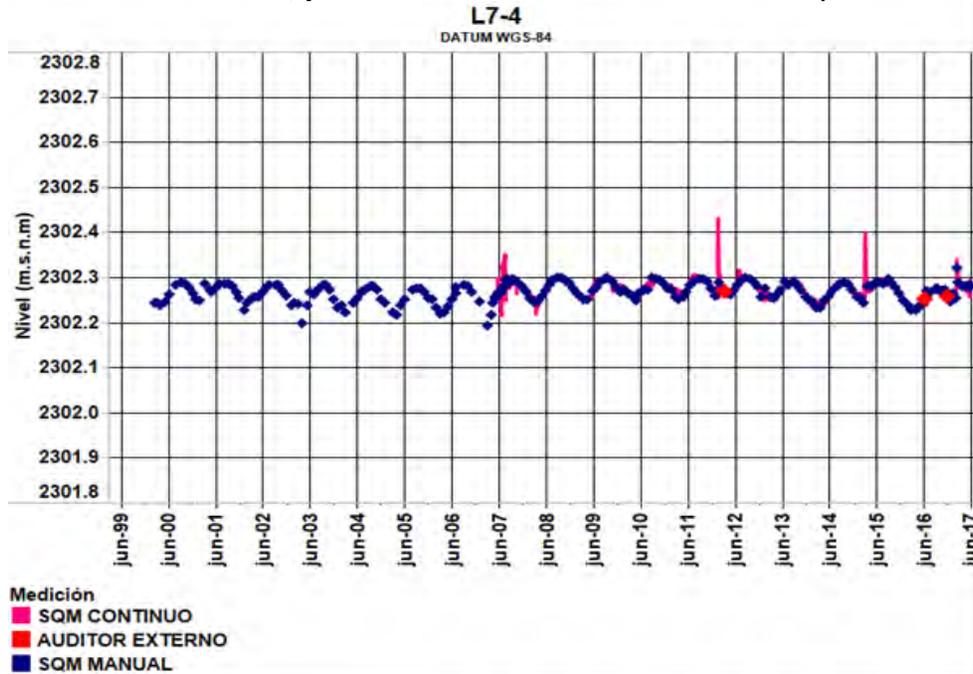
**FIGURA 5-87: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-3**  
**L7-3**  
 DATUM WGS-84



Fuente: Elaboración propia.

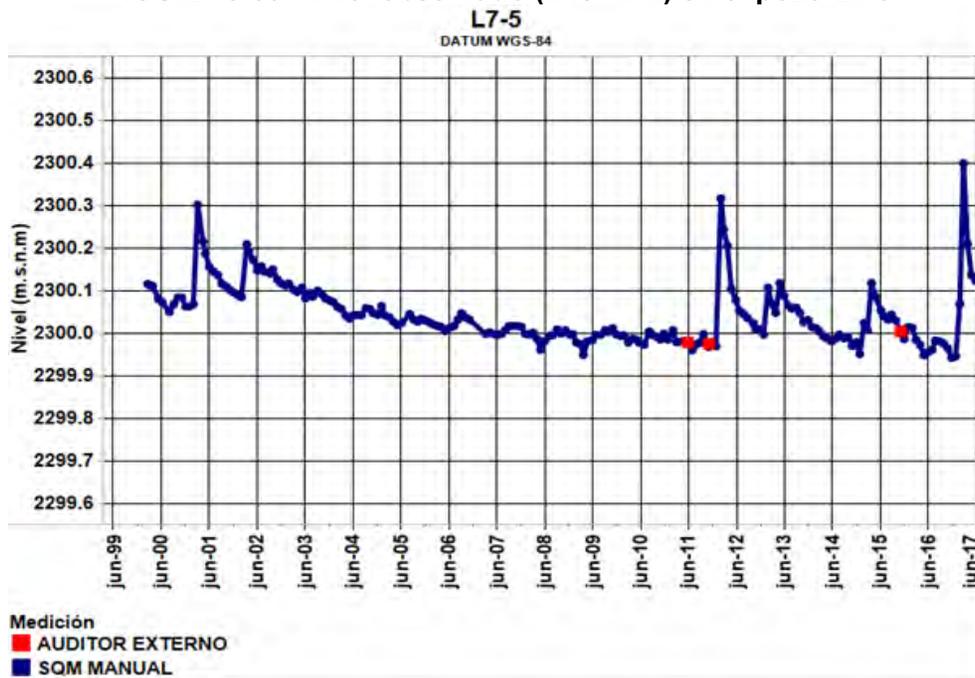
Dado que el pozo L7-4 tiene datos de medición continua desde mayo de 2007, es necesario presentar el seguimiento de este pozo con dos series (FIGURA 5-91). La primera muestra la serie histórica desde el año 2000 (azul), mientras que el segundo (magenta) muestra los datos a partir de mayo de 2007.

**FIGURA 5-88: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



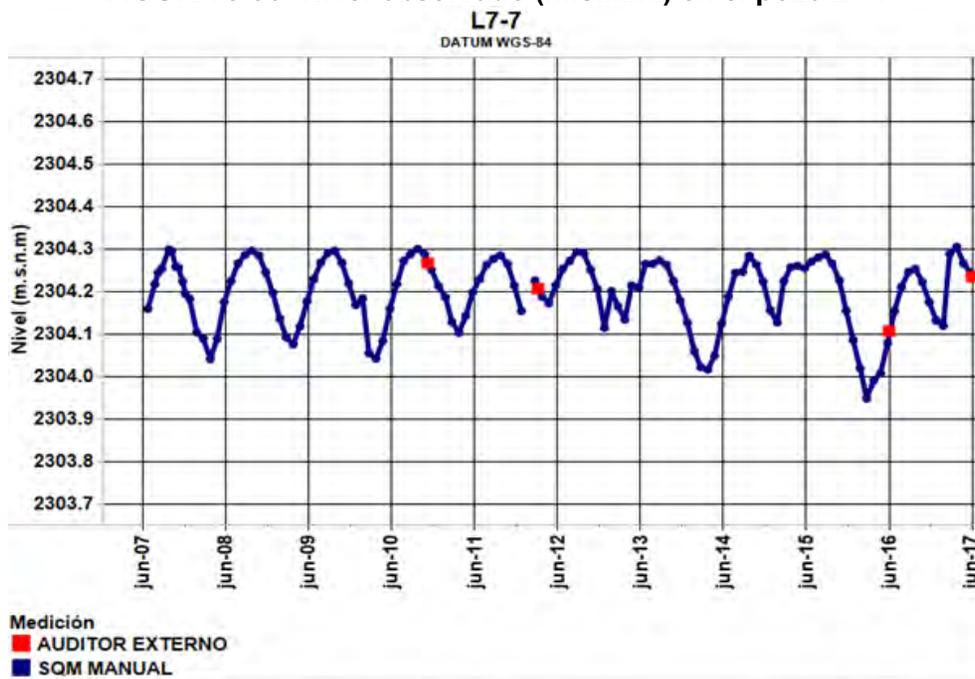
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-89: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-5**



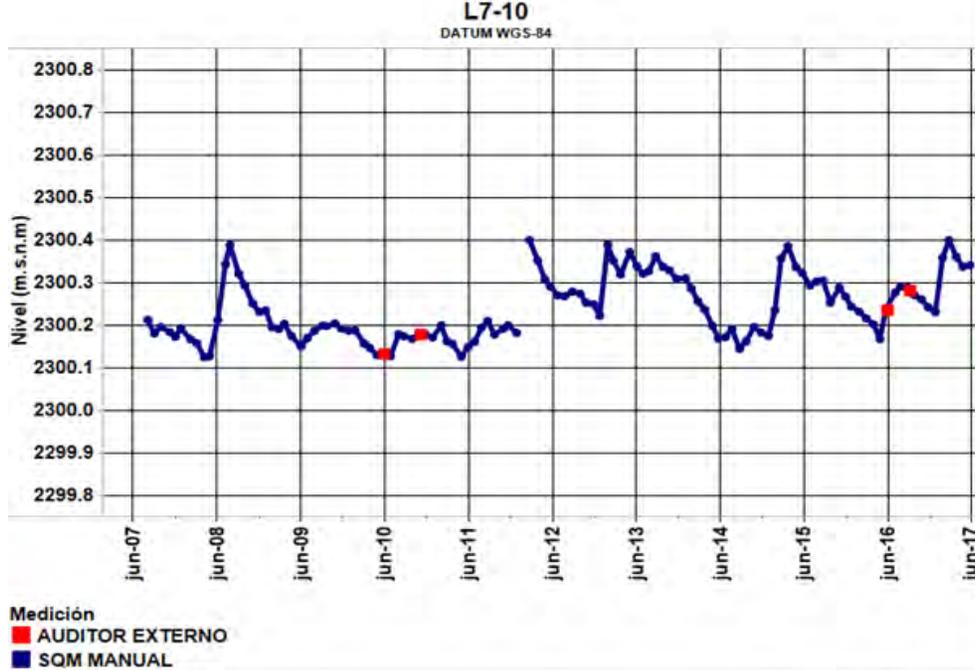
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-90: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-7**



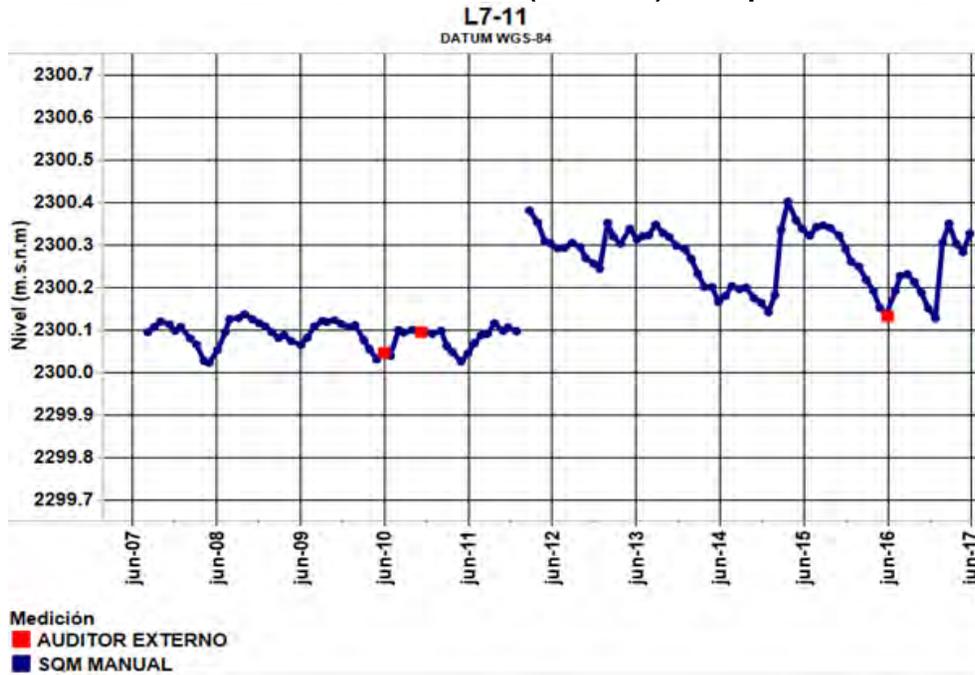
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-91: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-10**



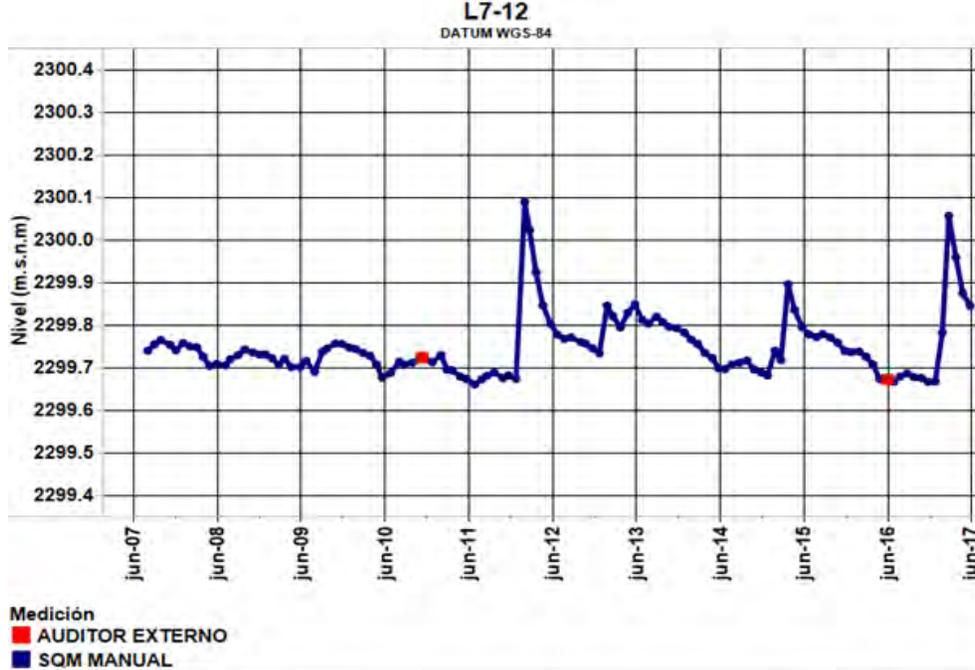
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-92: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-11**



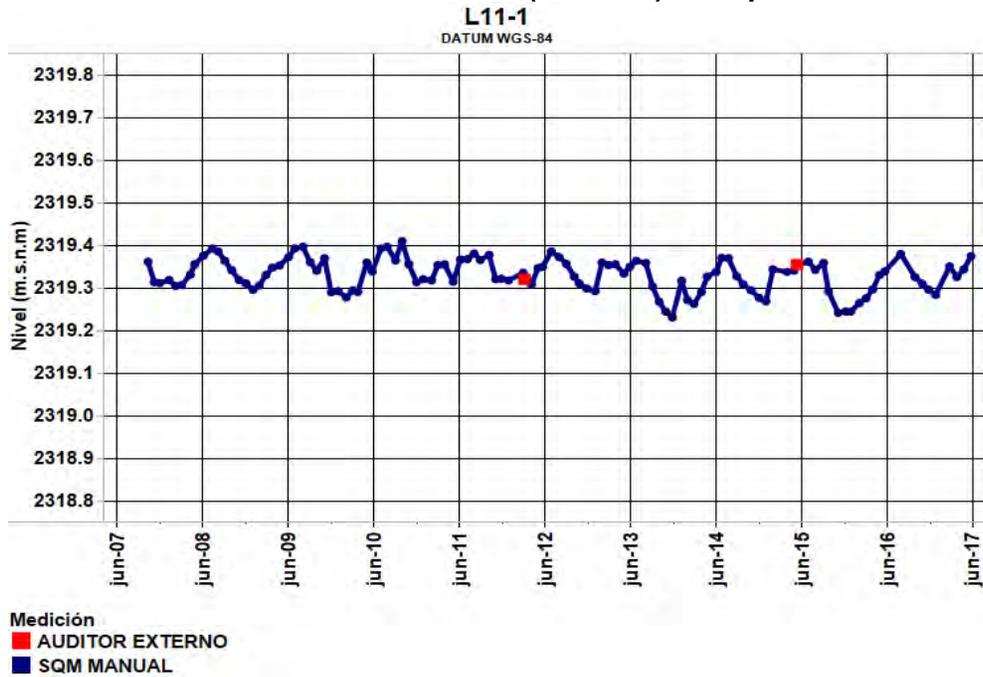
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-93: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-12**



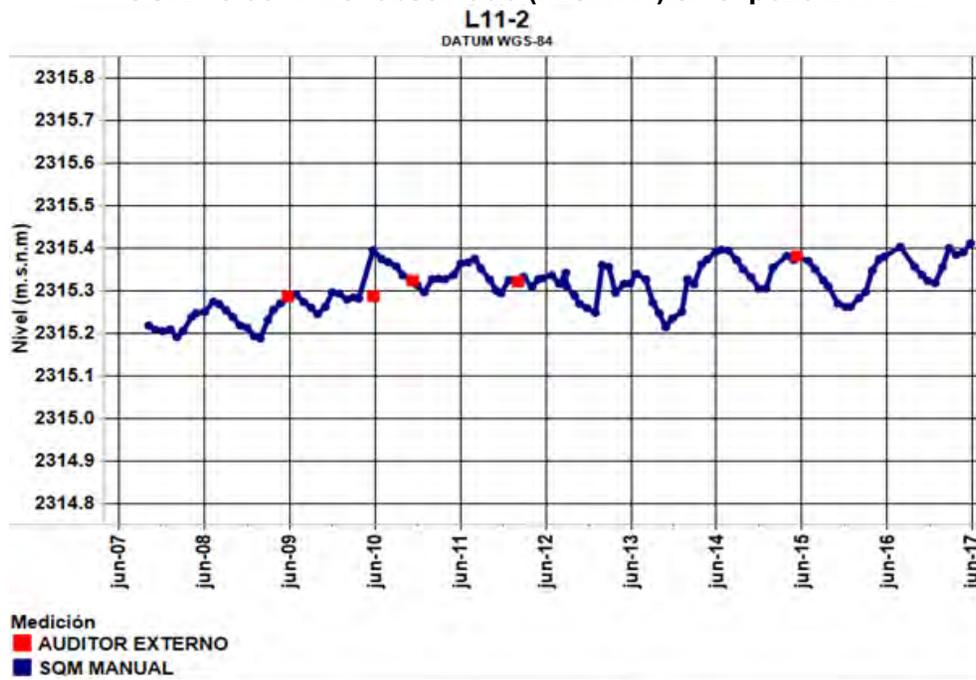
Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-94: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-1**



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 5-95: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-2**



Fuente: Elaboración propia.

---

### 5.3.1.2 Reglillas

Desde la Figura 5-99 a la Figura 5-105 se presentan los niveles de agua superficial de la reglilla L1-G4 (ubicada al sur de la laguna Barros Negros), la reglilla L7-G1 (ubicada al oeste del canal Burro Muerto), la reglilla L7-G2 (ubicada al este de la laguna Puilar), la reglilla Puente San Luis (ubicada aguas arriba del puente homónimo) y la reglilla L11-G1 (ubicada en el sector norte del salar).

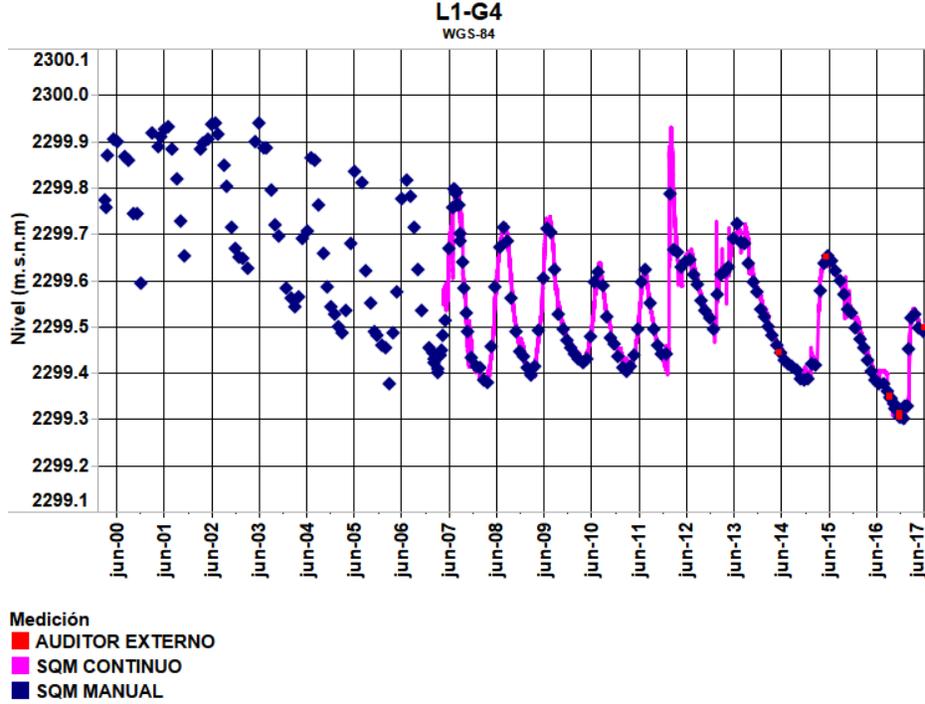
En el gráfico de la reglilla L1-G4 (Figura 5-99) se pueden observar los datos manuales medidos en color azul. En color fucsia (L1-G4 C), se presentan los niveles registrados por el instrumento de medición continua.

En la Figura 5-101 se puede contrastar la continuidad de datos registrados en el transductor de presión, en color magenta (L7-G2 C), con los datos históricos registrados manualmente, en color azul (L7-G2).

En la Figura 5-102 se presentan las reglillas instaladas en torno al puente San Luis. En orden:

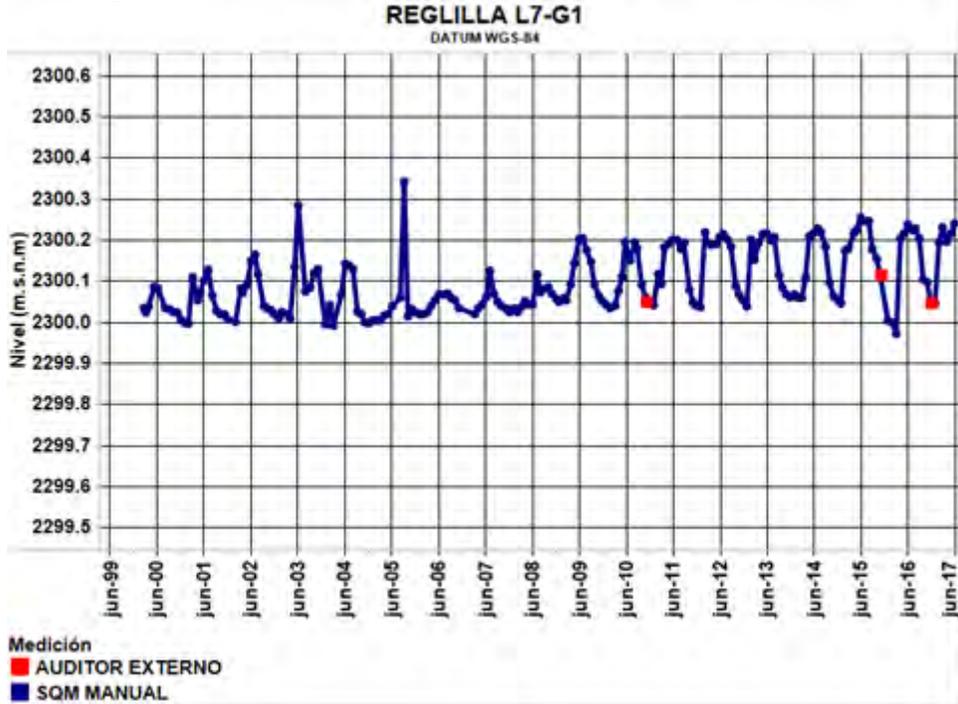
- a) aguas arriba del puente San Luis, donde existen dos reglillas que han sido monitoreadas históricamente por SQM (reglilla Puente San Luis nueva y antigua); la reglilla nueva es usada actualmente para soportar el transductor de presión que registra niveles de manera continua (se realizan además mediciones manuales en este punto), desde septiembre de 2007 hasta la actualidad;
- b) aforo puente San Luis, que corresponde a la medición que se realiza en la estación de aforo (estación de aforo Puente San Luis) y que presenta mediciones manuales y continuas;
- c) aguas abajo del puente San Luis, donde existen dos grupos de reglillas, unas medidas e instaladas por SQM (reglilla Burro Muerto), monitoreada desde septiembre de 2007, y otras que corresponden a reglillas instaladas por CONAF.

**Figura 5-96: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L1-G4.**



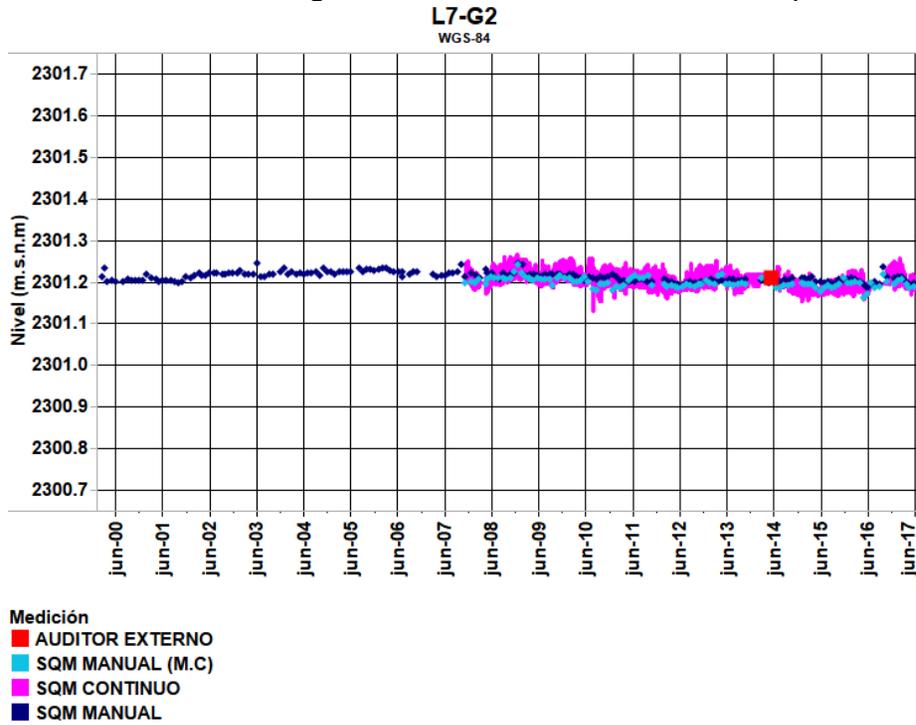
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-97: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G1**



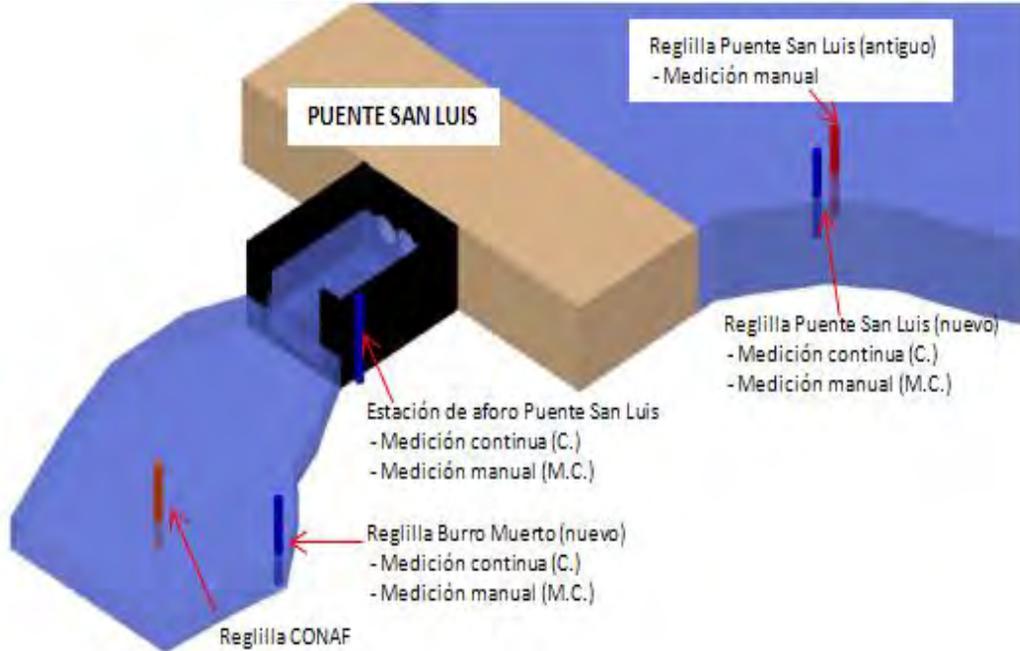
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-98: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua)**



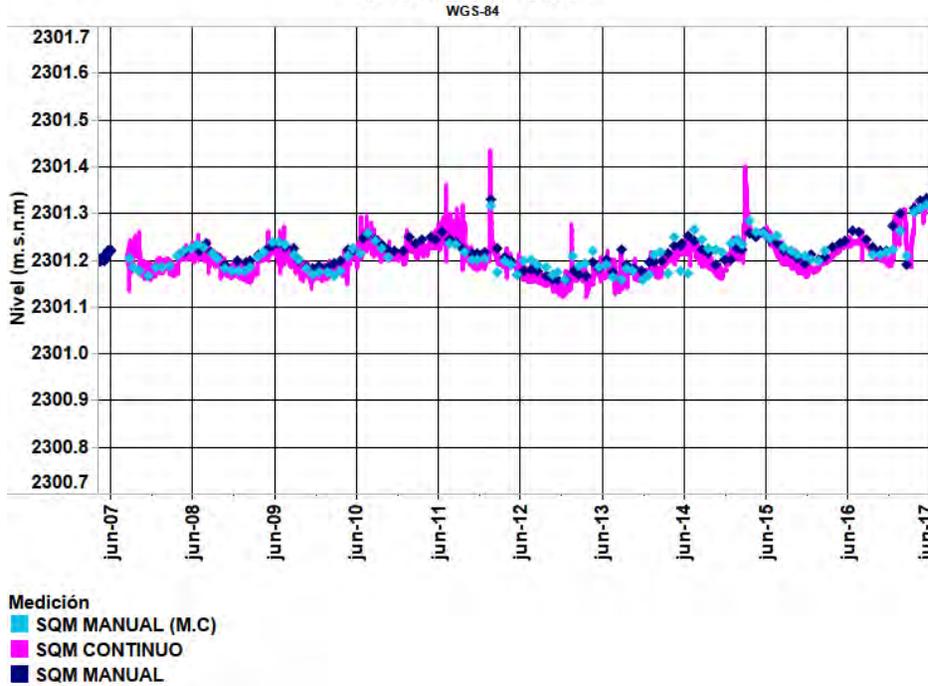
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-99: Representación gráfica de las reglillas instaladas cercanas al puente San Luis**



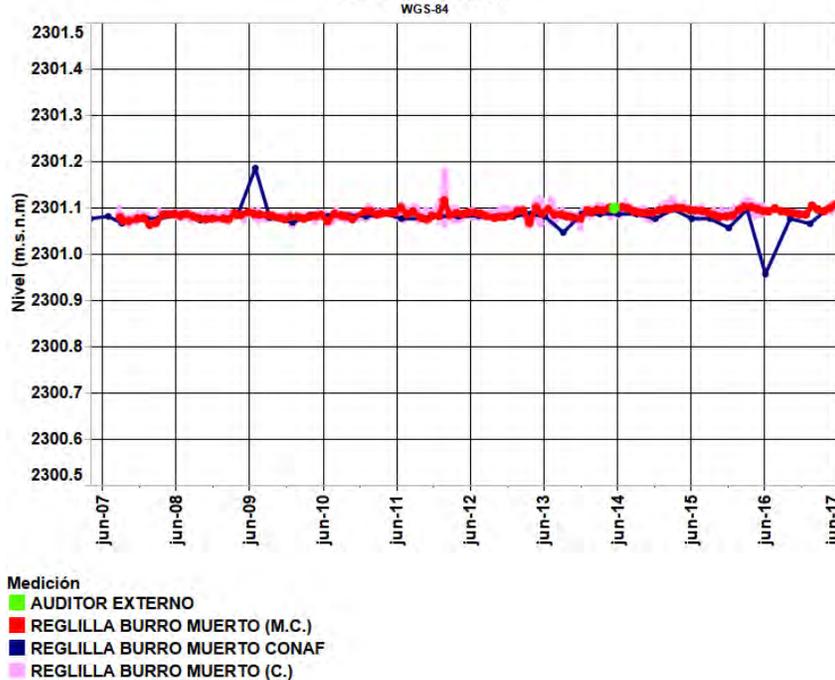
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-100: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)**  
**PUENTE SAN LUIS**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-101: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Burro Muerto (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)**  
**BURRO MUERTO**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-102: Nivel observado (m.s.n.m.) en la Reglilla L11-G1**

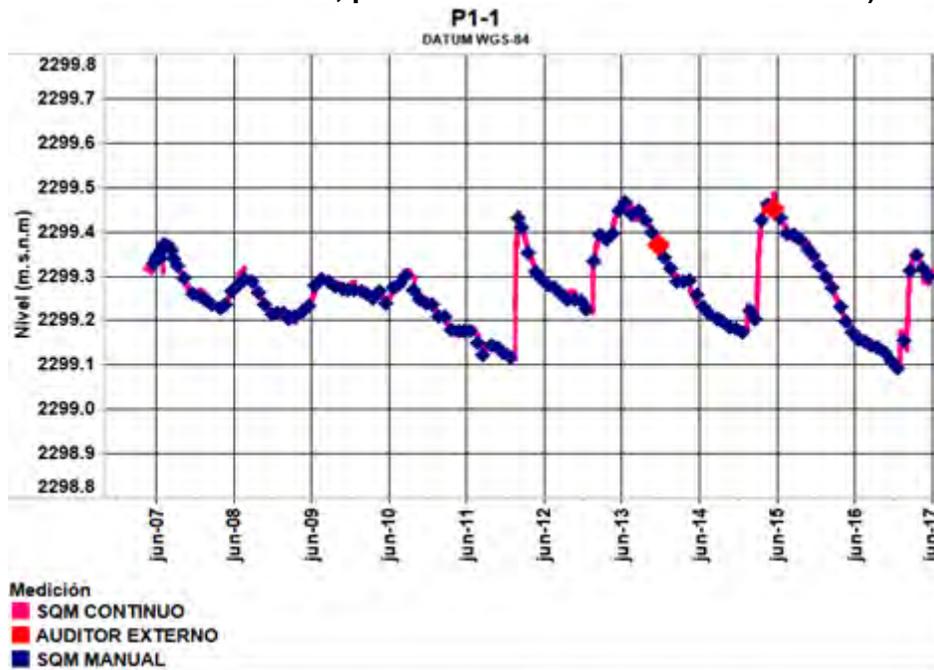


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.3 Pozos con medición continua de nivel

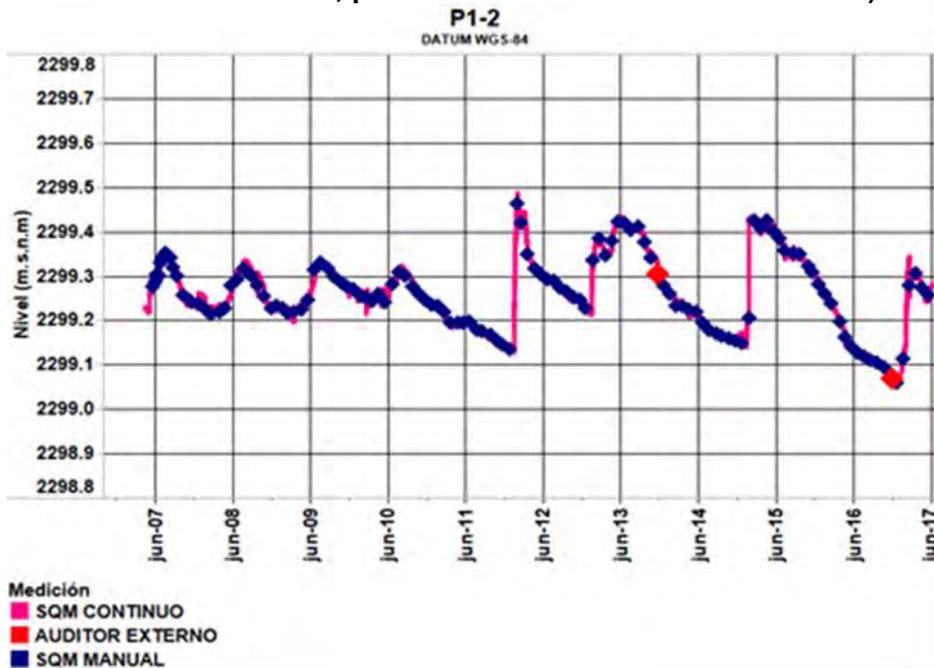
De la Figura 5-106 a la Figura 5-112 se presentan los niveles continuos medidos en el perfil D1, pozos P1-1 al P1-7. En tanto, desde la Figura 5-113 a la Figura 5-120 se presentan los niveles continuos medidos en el perfil D2, pozos L2-9 al L2-23. Finalmente, en la Figura 5-121 se aprecian los niveles del pozo 2021.

**Figura 5-103: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



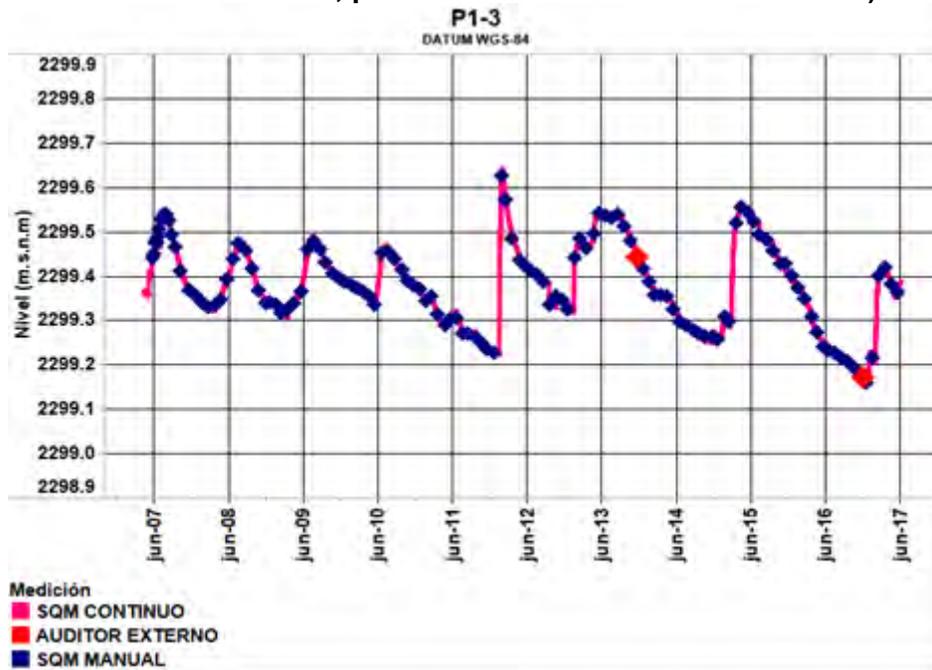
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-104: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



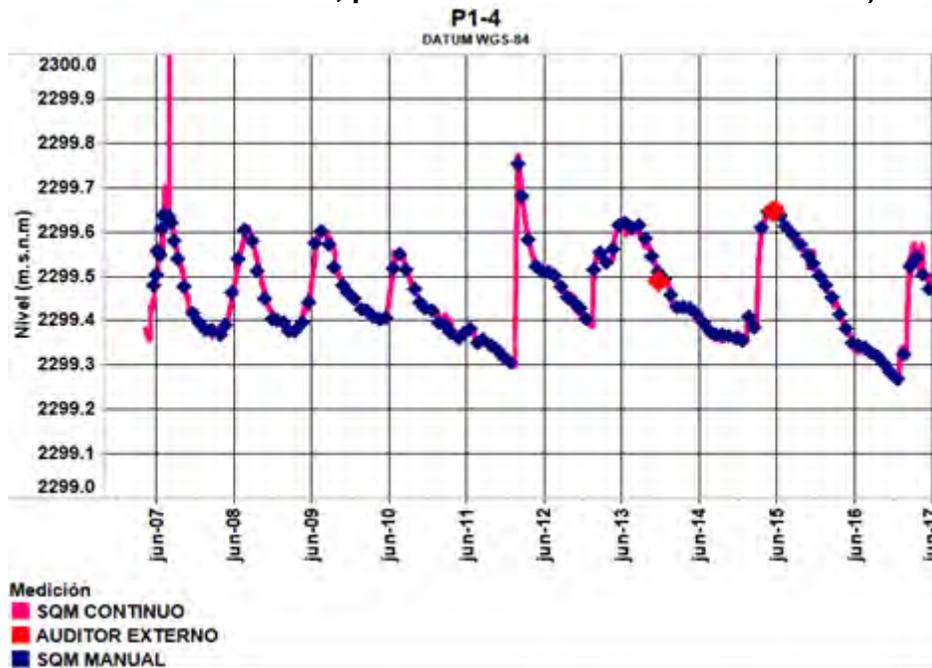
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-105: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



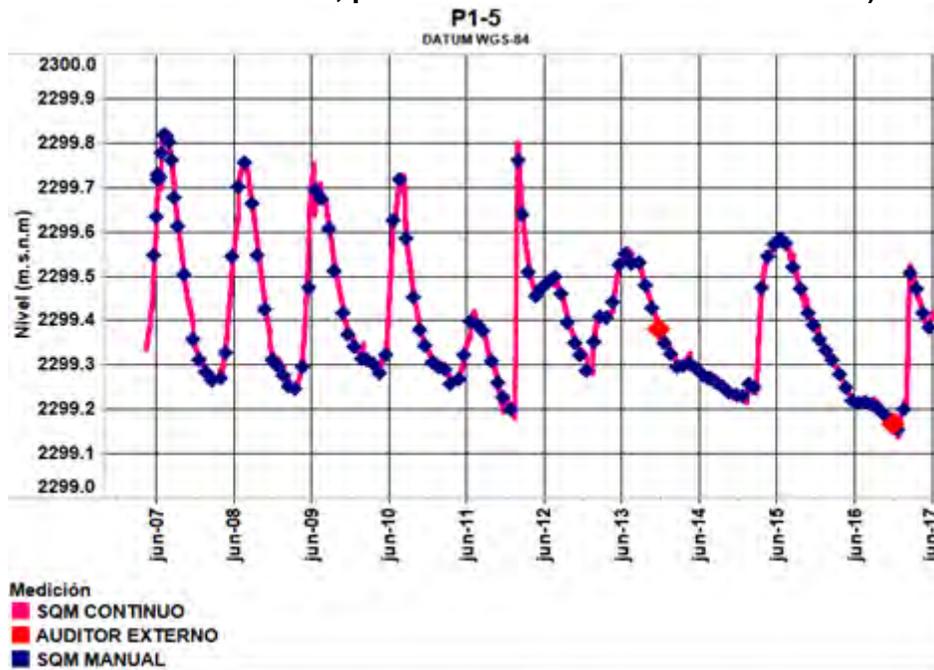
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-106: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



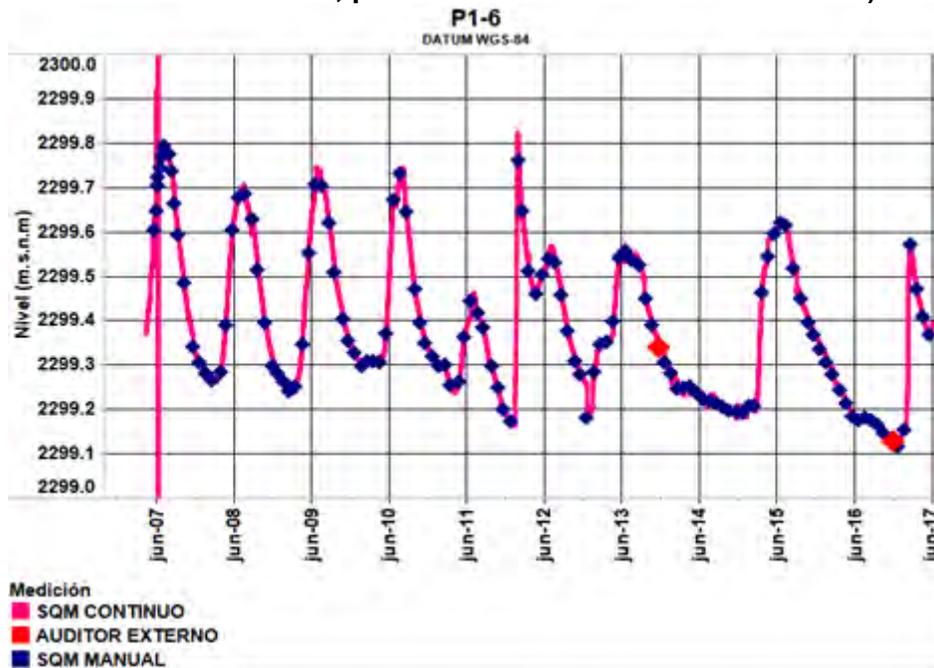
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-107: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



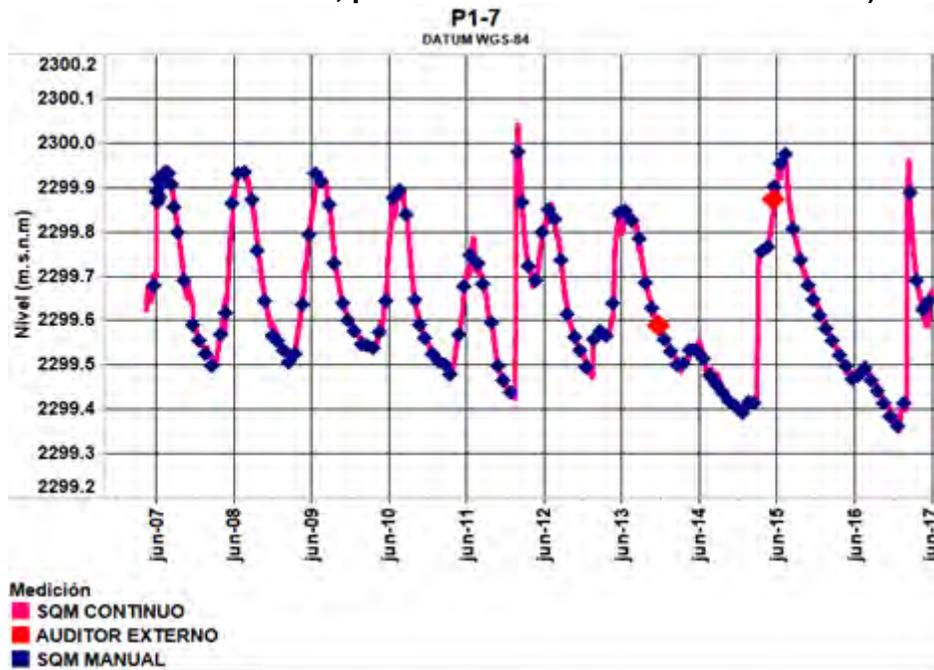
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-108: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



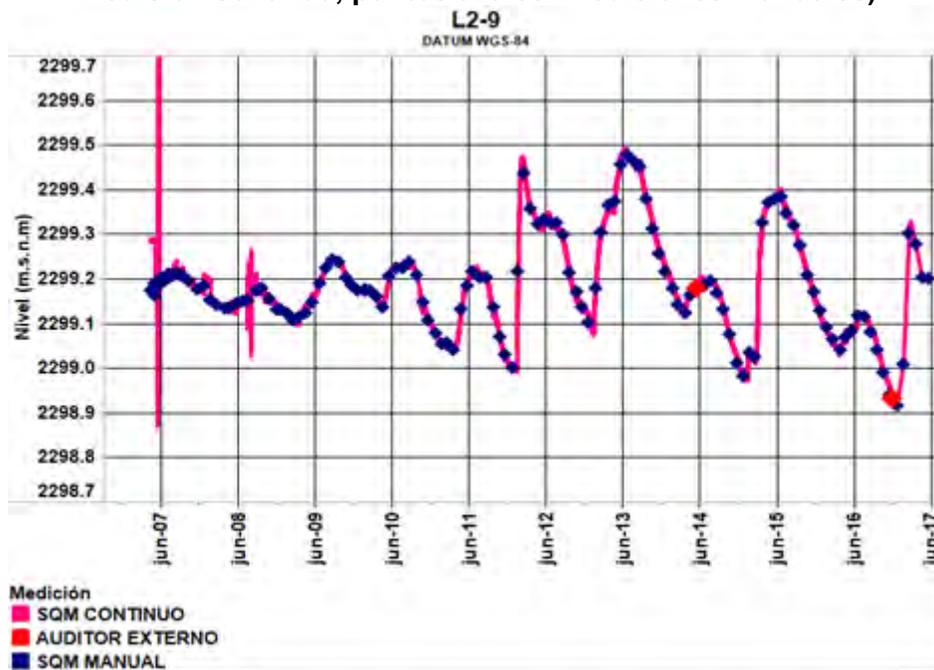
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-109: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



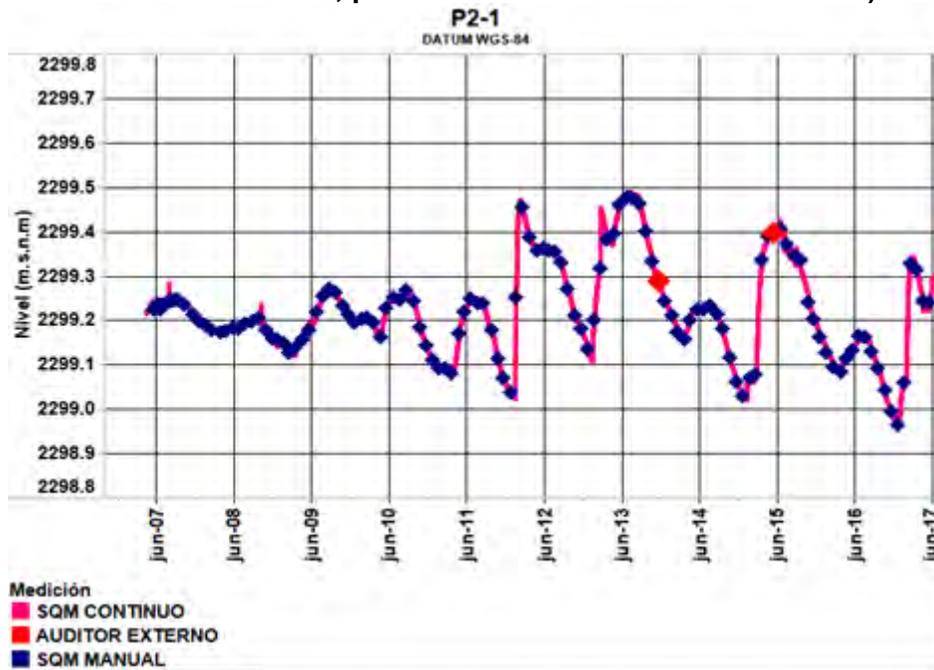
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-110: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



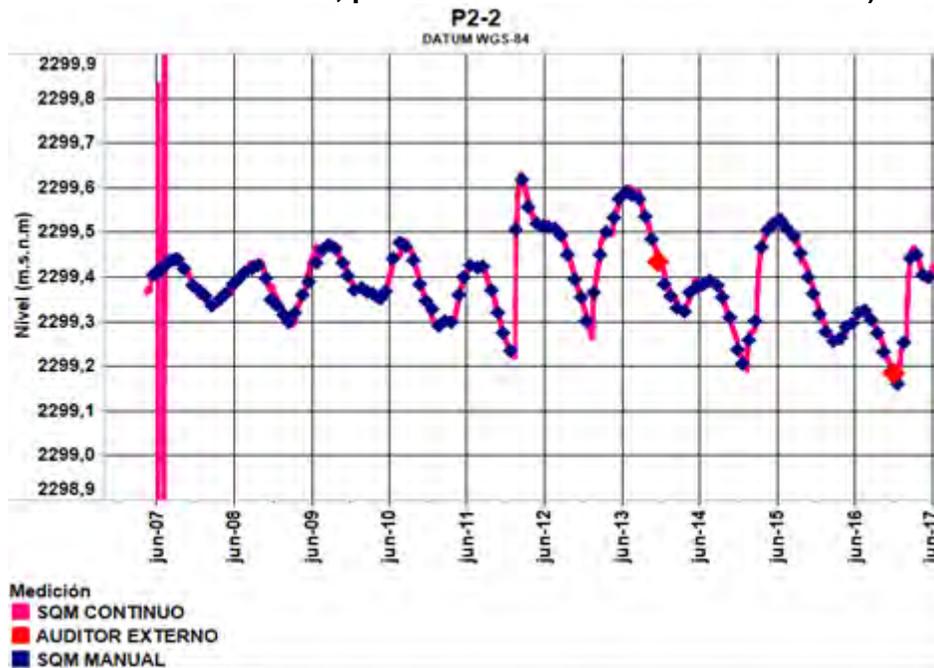
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-111: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



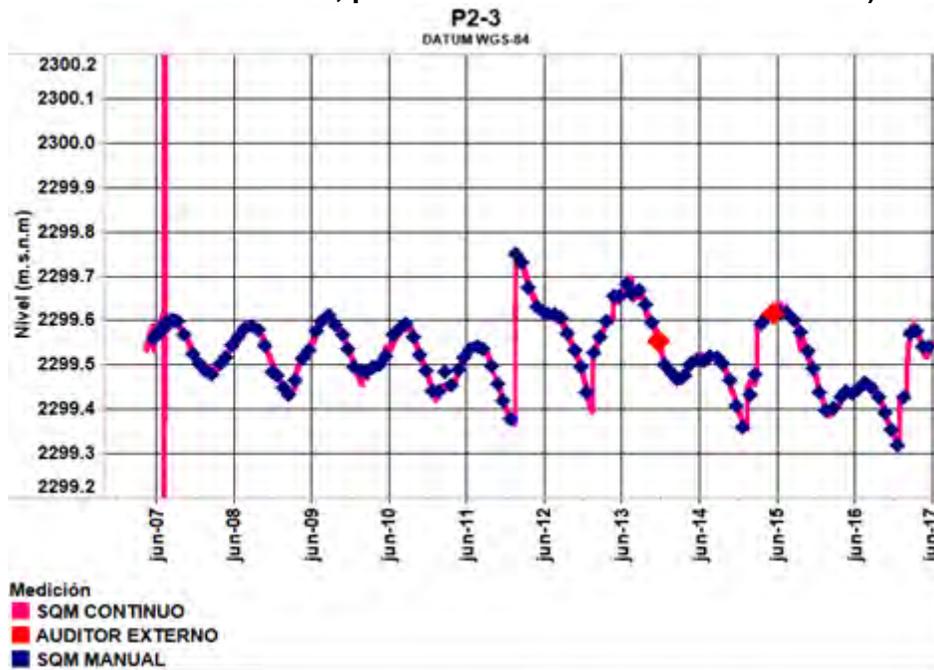
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-112: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



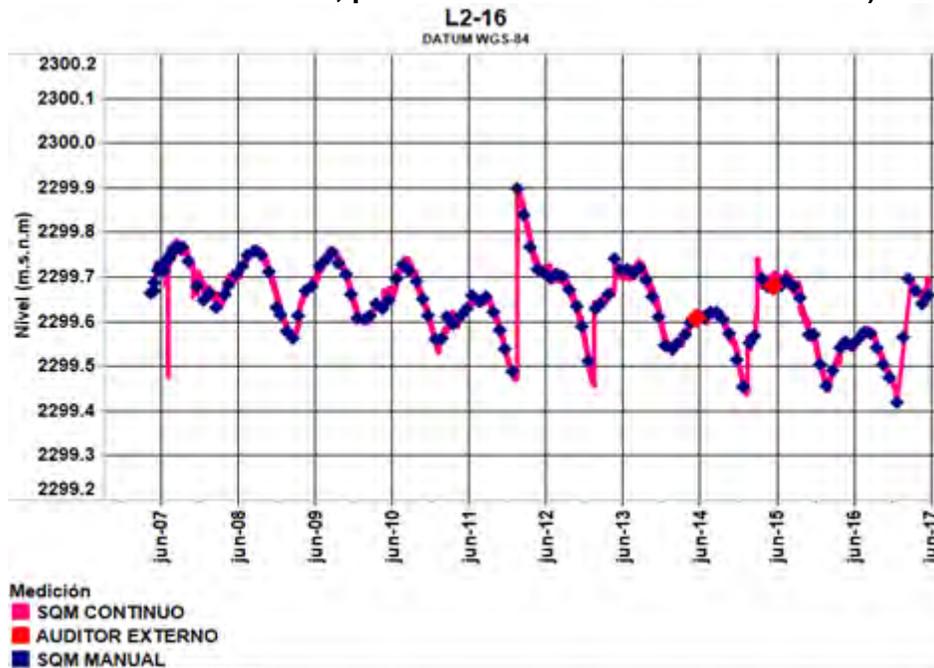
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-113: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



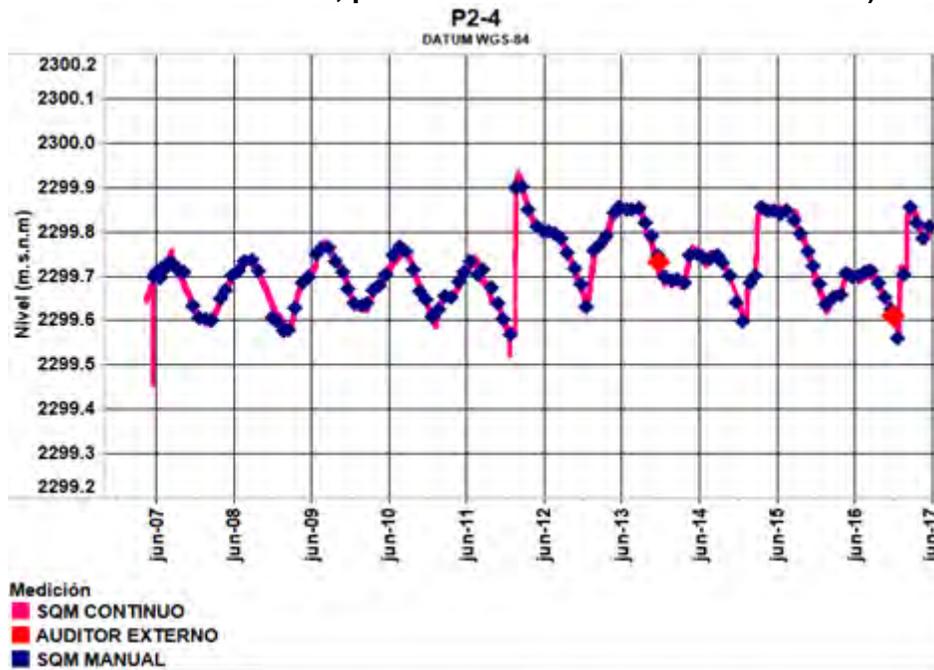
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-114: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



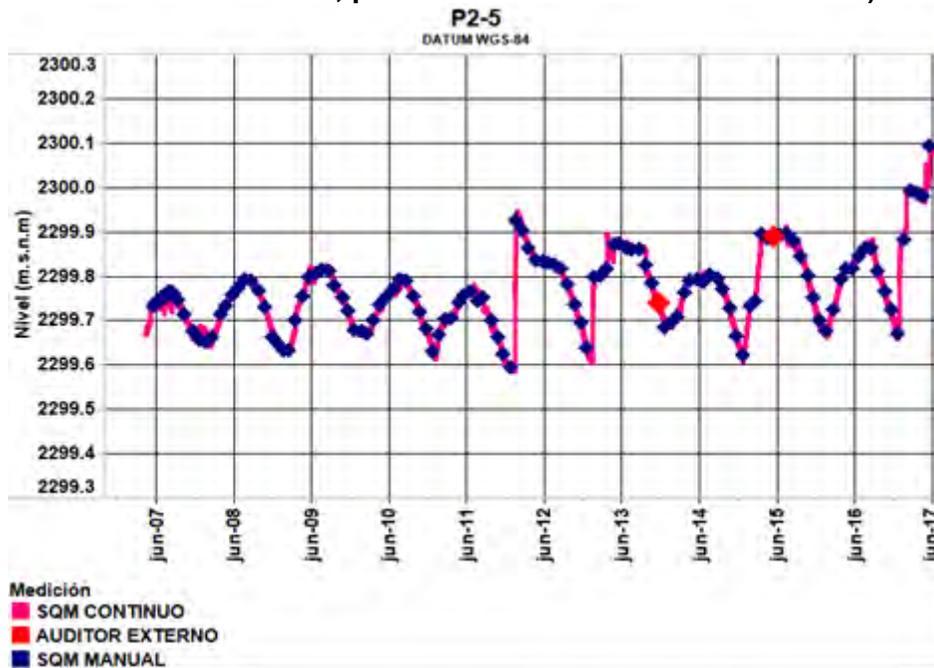
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-115: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



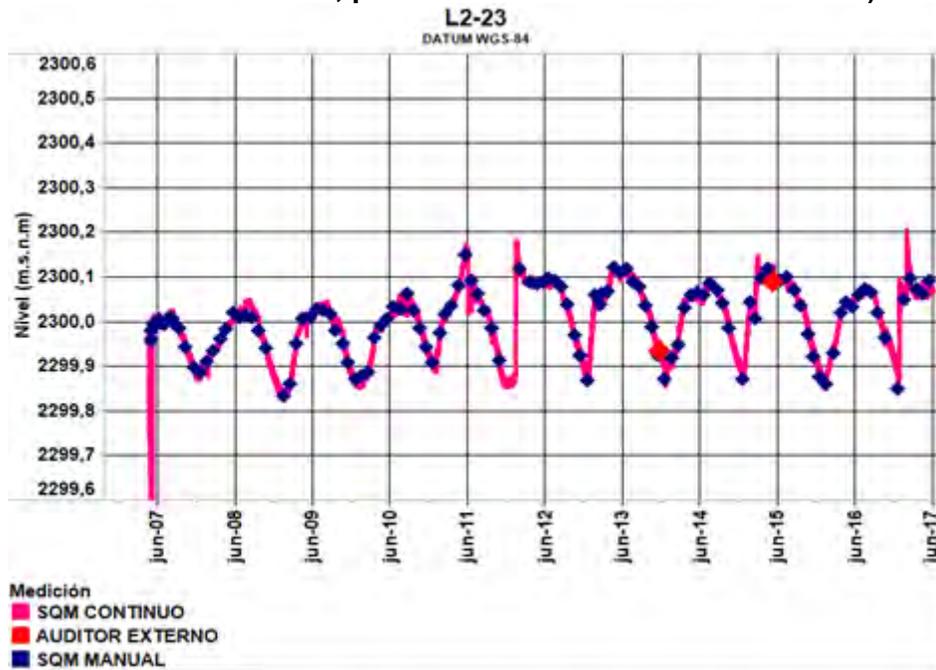
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-116: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



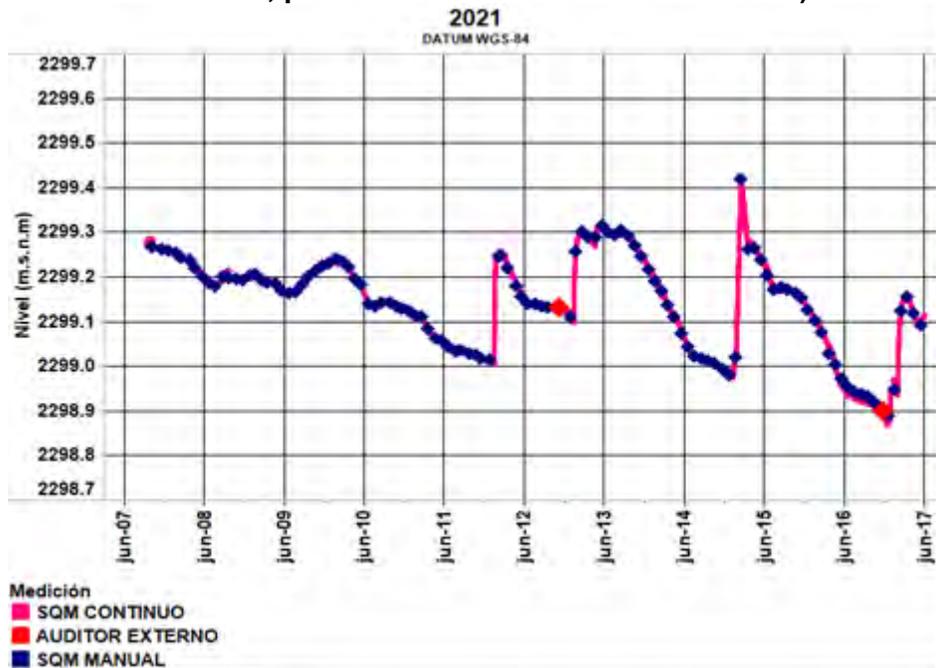
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-117: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-118: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**

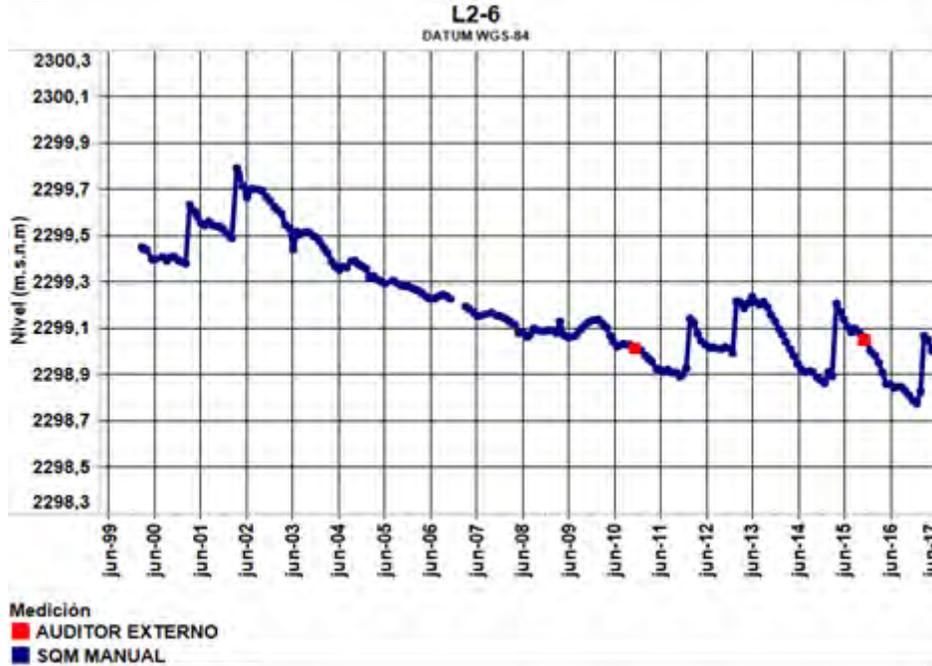


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.4 Pozos de Salmuera

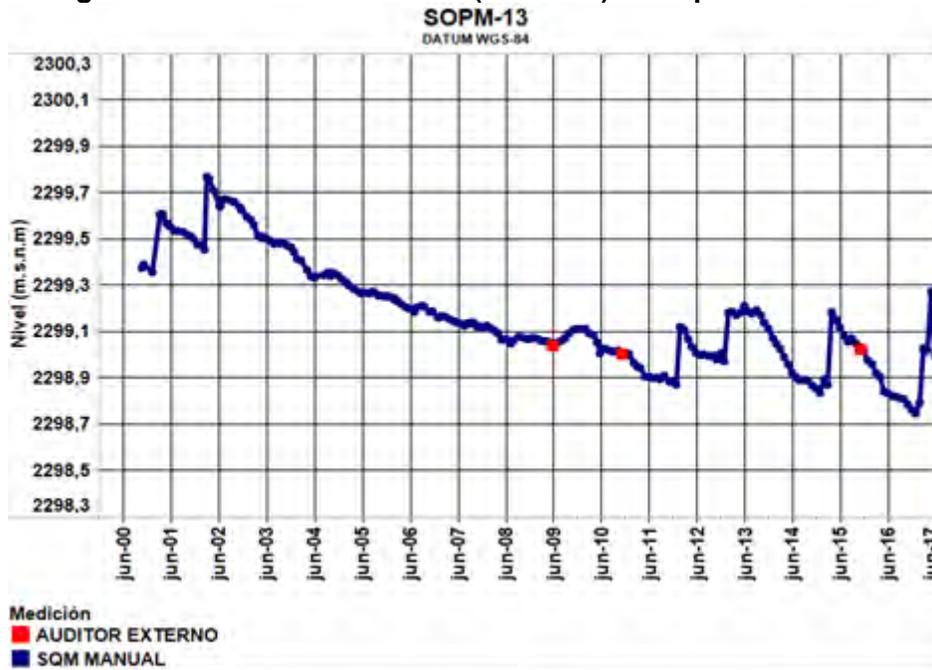
De la FIGURA 5-122 a la FIGURA 5-126 se presentan los pozos pertenecientes al sistema Soncor, que están ubicados en el sector del núcleo del Salar de Atacama.

**Figura 5-119: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-07 (L2-6).**



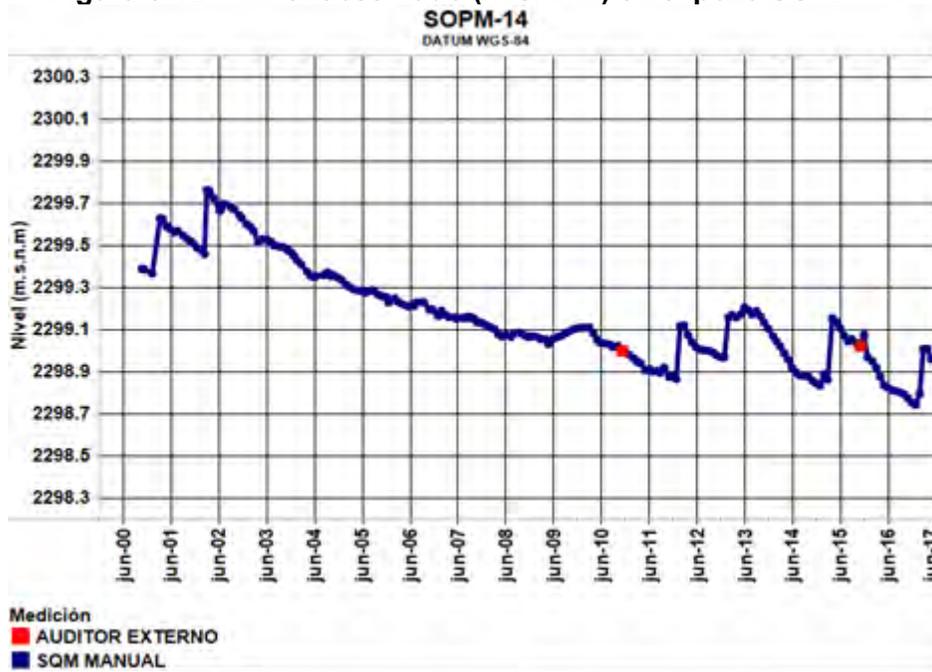
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-120: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13.**



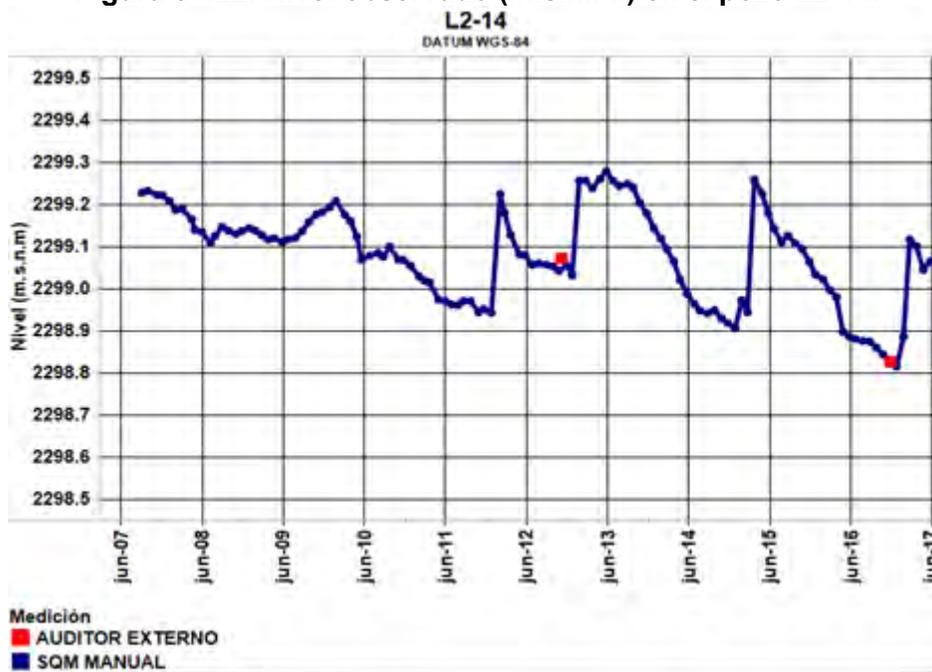
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-121: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-14.**



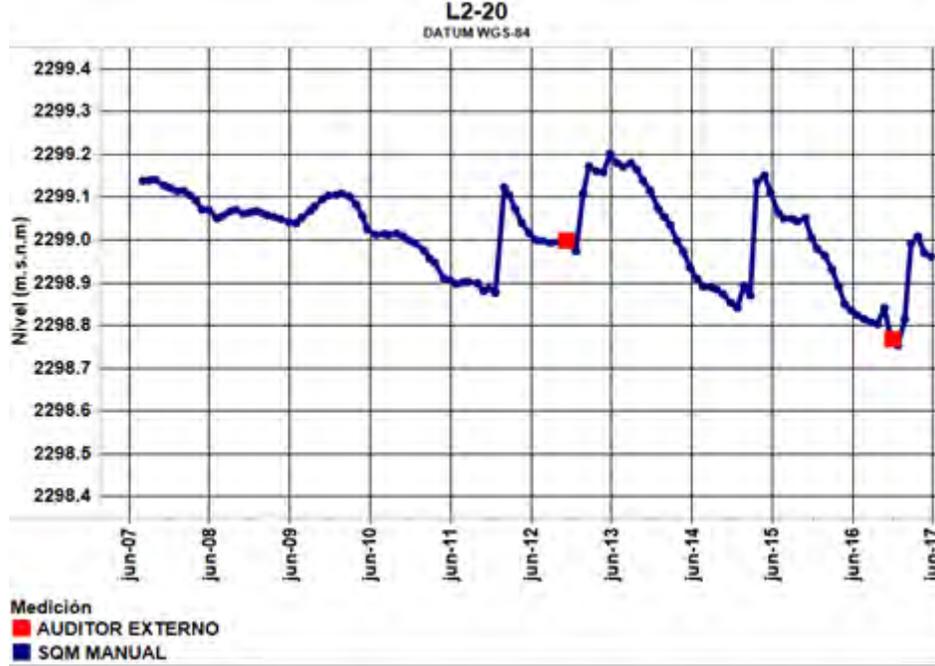
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-122: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-14.**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-123: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-20.



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.5 Nivel lacustre

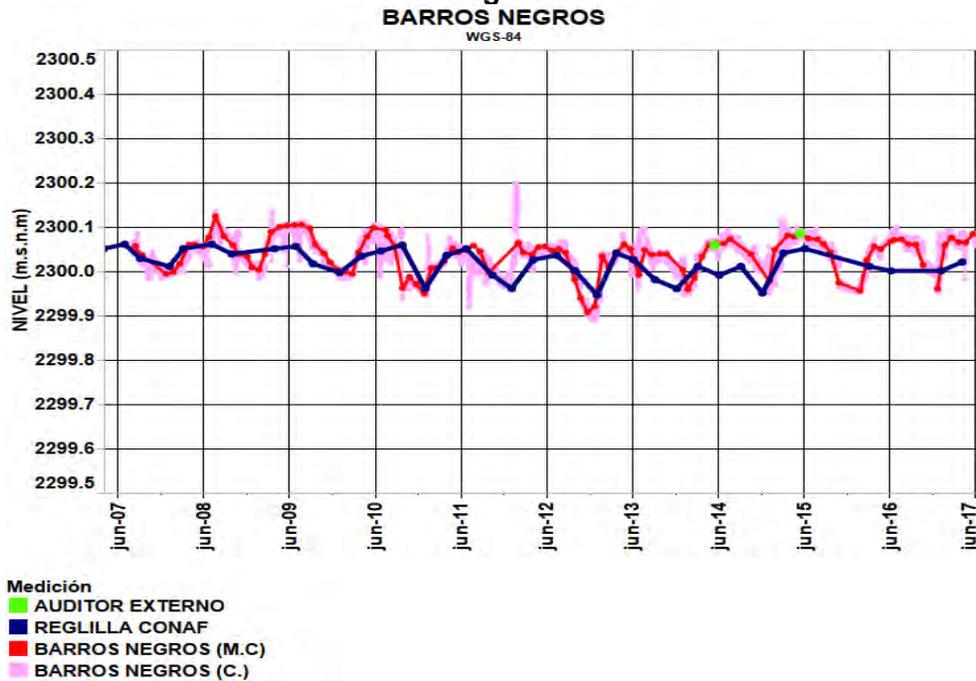
A continuación, se presentan los niveles continuos medidos en las lagunas del sistema Soncor, Barros Negros, Chaxa y Puilar (Figura 5-127, Figura 5-128 y Figura 5-129). Además, se presentan las mediciones trimestrales que realizó CONAF en el marco del convenio específico CONAF – SQM Salar S.A., vigente para el periodo 2014-2019, relativo al “Plan de Monitoreo Ambiental Hábitat y Avifauna del Salar de Atacama”.

Cada una de las lagunas cuenta con tres mediciones de nivel:

- mediciones continuas en las reglillas de SQM
- mediciones manuales en las reglillas de SQM
- mediciones manuales en las reglillas de CONAF

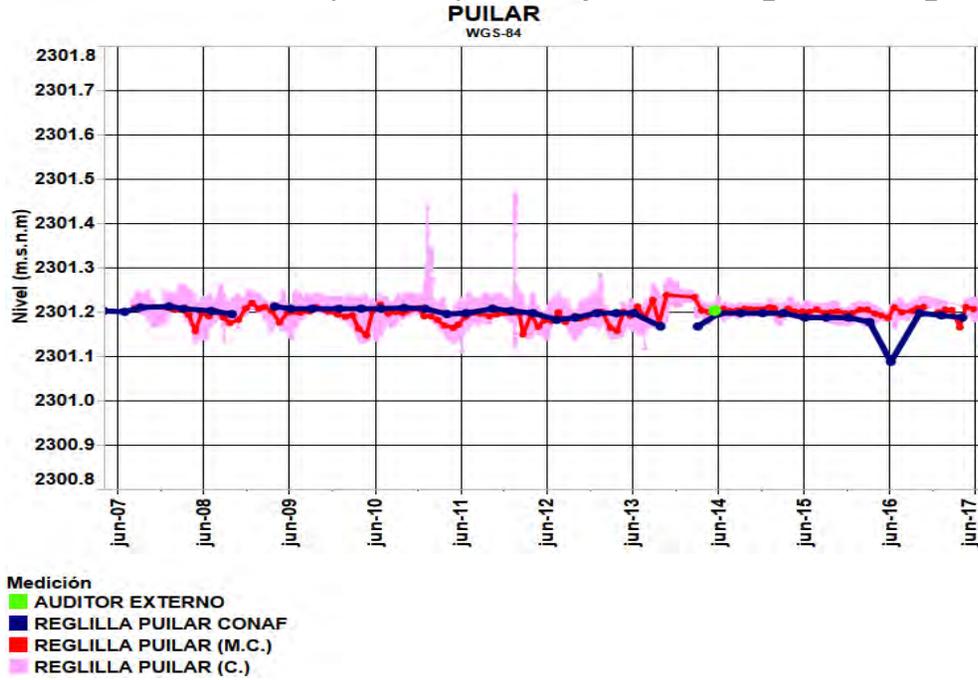
Como se indicó en informes anteriores, se reporta como “Medición CONAF” el registro de la reglilla metálica.

**Figura 5-124: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Barros Negros**



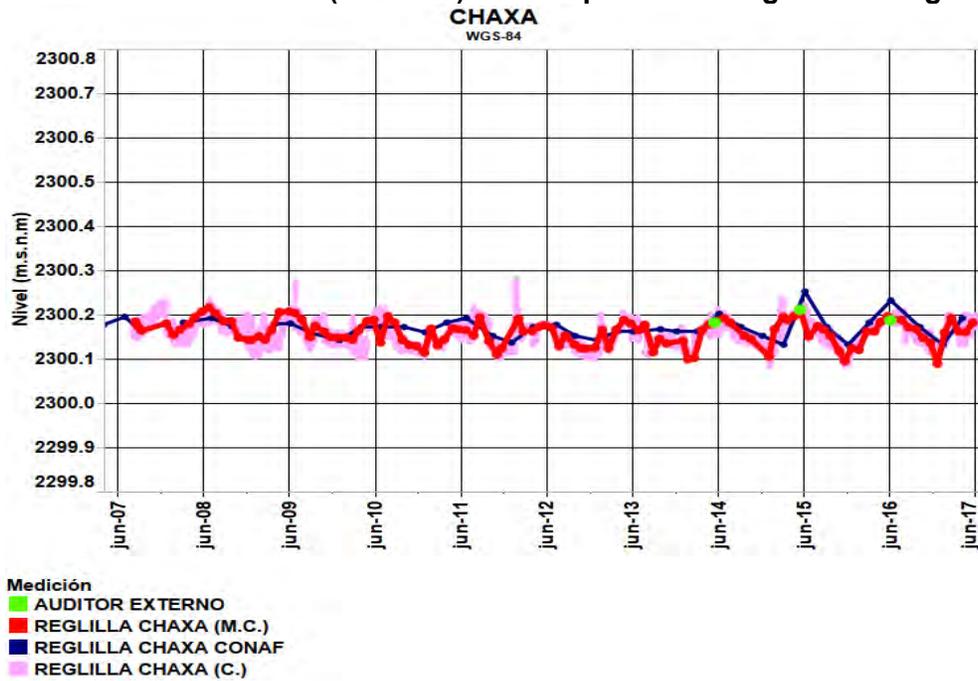
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-125: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Puilar.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-126: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.6 Meteorología

Desde la Figura 5-130 a la Figura 5-133 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica Chaxa que forman parte del PSAH, precipitación, evaporación, velocidad y temperatura diaria. En la Tabla 5-16 se muestran las precipitaciones sobre 5 mm en la Estación Chaxa hasta junio de 2017. Para mayor información sobre los datos meteorológicos ver el ANEXO 13<sup>11</sup>.

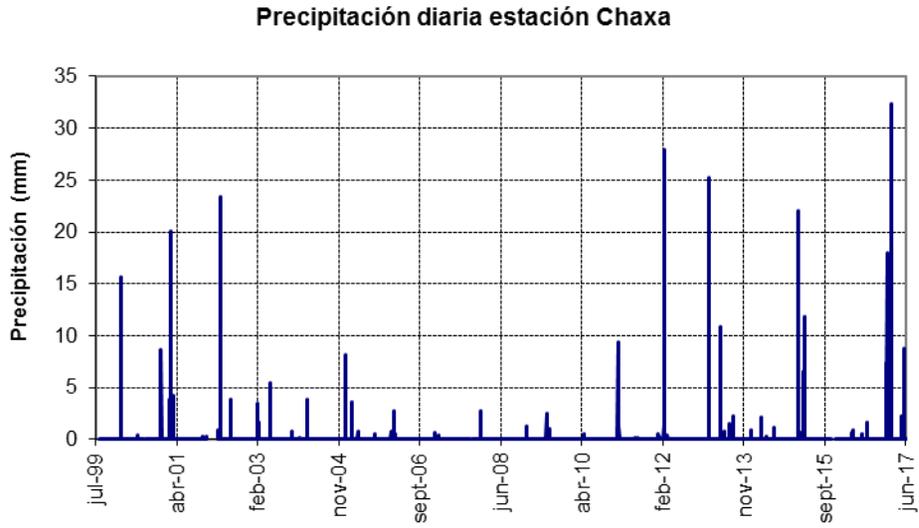
**Tabla 5-15: Principales precipitaciones (más de 5 mm) registradas en la Estación Meteorológica de Chaxa desde 2011 hasta junio 2017**

Fecha	Precipitación (mm)
2-Feb-2011	9,4
10-Feb-2012	27,9
11-Feb-2012	10,9
08-Feb-2013	25,2
17-May-2013	10,9
06-Feb-2015	22,0
18-Mar-2015	6,5
25-Mar-2015	11,9
21-01-2017	7,40
23-01-2017	18,00
26-01-2017	15,90
23-02-2017	16,10
24-02-2017	7,10
25-02-2017	32,30
07-06-2017	8,80

Fuente: Elaboración propia.

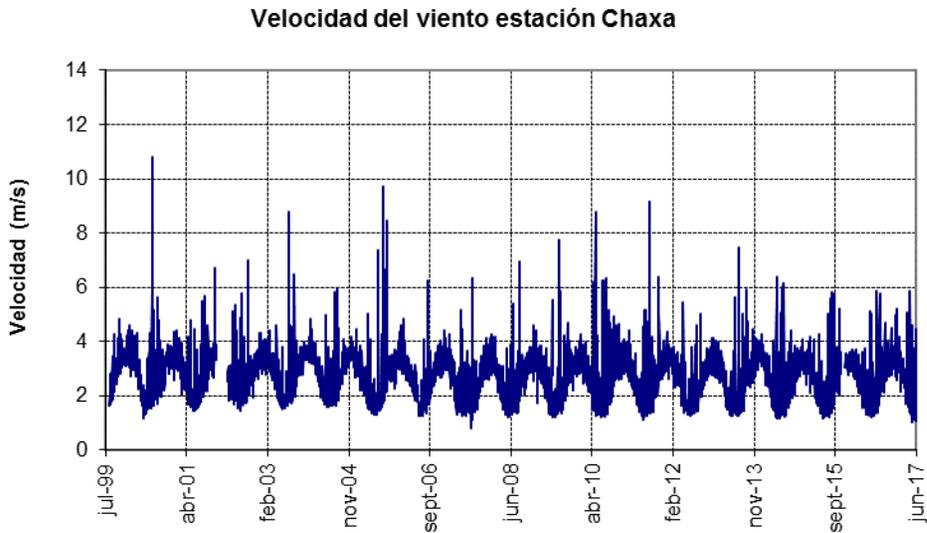
<sup>11</sup> Las Estación Chaxa presentó problemas durante el año 2017, por lo anterior se contrató a la Consultora WSP para que realizara un relleno estadístico de la información faltante. El informe completo se presenta en el ANEXO 13.

**Figura 5-127: Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa**



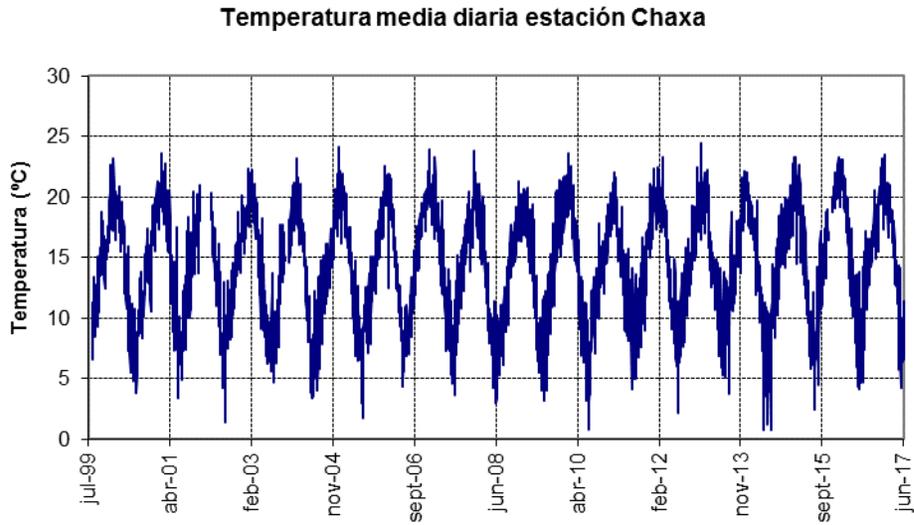
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-128: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa**



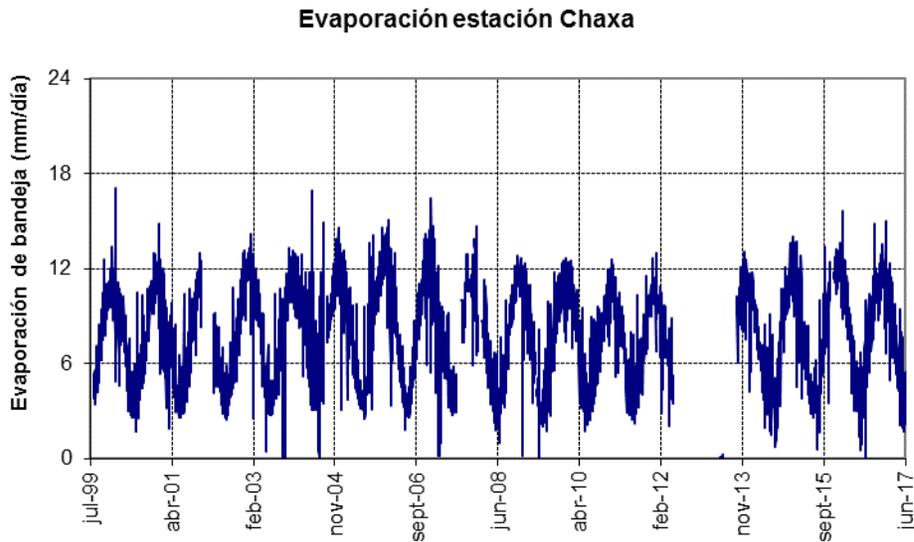
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-129: Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-130: Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa<sup>12</sup>**



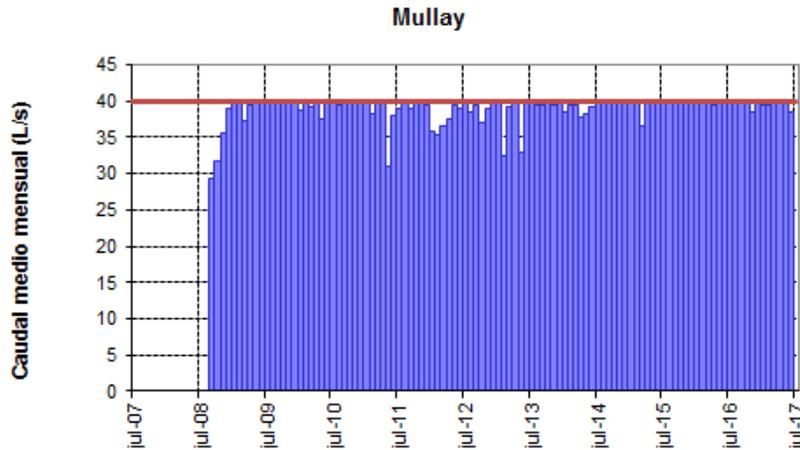
Fuente: Elaboración propia..

<sup>12</sup> Es importante mencionar que la falta de datos entre mediados de mayo 2012 hasta octubre 2013 se debe al corte de camino producido por las lluvias, lo que imposibilitó el transporte del agua necesaria para el tanque evaporímetro. El detalle de esta situación se reportó en el informe N°10 del PSA:

### 5.3.1.7 Caudal bombeado

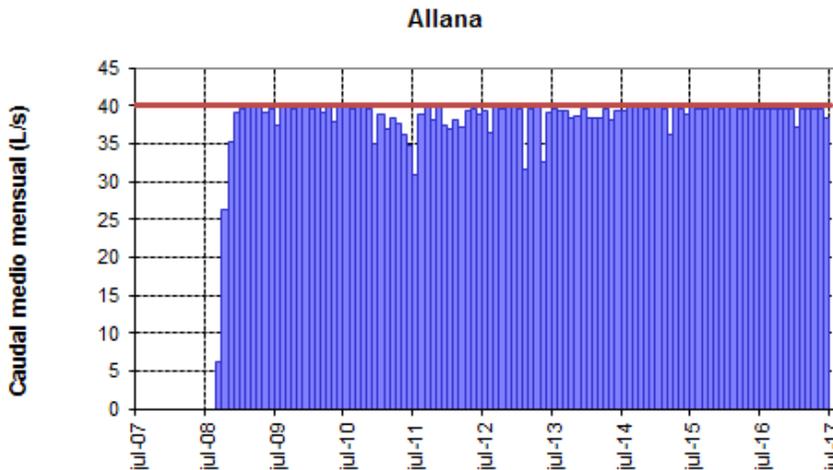
En la Figura 5-134 y Figura 5-135 se muestran los caudales<sup>13</sup> medios mensuales bombeados de los pozos Mullay-1 y Allana respectivamente, mientras que en la tabla del ANEXO 14 se muestran los valores registrados.

**Figura 5-131: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Mullay<sup>14</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-132: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Allana<sup>15</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>13</sup> Los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6.

<sup>14</sup> Línea Roja representa el límite de bombeo establecidos por la RCA 226/2006 para el pozo Mullay. Los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6.

<sup>15</sup> Línea Roja representa límite de bombeo establecidos por la RCA 226/2006 para el pozo Allana. Los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6.

---

### **5.3.1.8 Calidad química**

Los pozos que forman parte del monitoreo de la calidad química del agua subterránea en el sistema Soncor son: L1-4, L1-5, L1-6, L1-G4, L2-3, L2-4, L2-5, L7-3, L7-G1, SOPM-07, SOPM-14, Mullay 1 y Allana. Si bien los pozos L2-4 y L7-3 son parte del monitoreo de la calidad del agua tanto para el sistema Soncor como para el sector Vegetación Borde Este, para efectos de orden, los resultados se presentan en esta sección. Desde la Figura 5-136 a la Figura 5-150 se presentan los datos recogidos en terreno y los resultados de los análisis químicos realizados por ALS Environmental y SGS Chile Ltda. para cada uno de los pozos previamente señalados. En el ANEXO 15 se presentan los informes de los análisis químicos reportados para el último semestre, los valores históricos fueron presentados en los respectivos informes anteriores. En el ANEXO 17 se muestran el certificado de acreditación de SGS Chile Ltda. como ETFA.

Respecto del análisis químico de las lagunas, personal de SQM tomó muestras de agua desde las lagunas Chaxa y Barros Negros. En estas muestras se midieron coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, hidrocarburos totales y detergentes en ambas lagunas. Los resultados entregados se presentan desde la Figura 5-151 hasta la Figura 5-152.

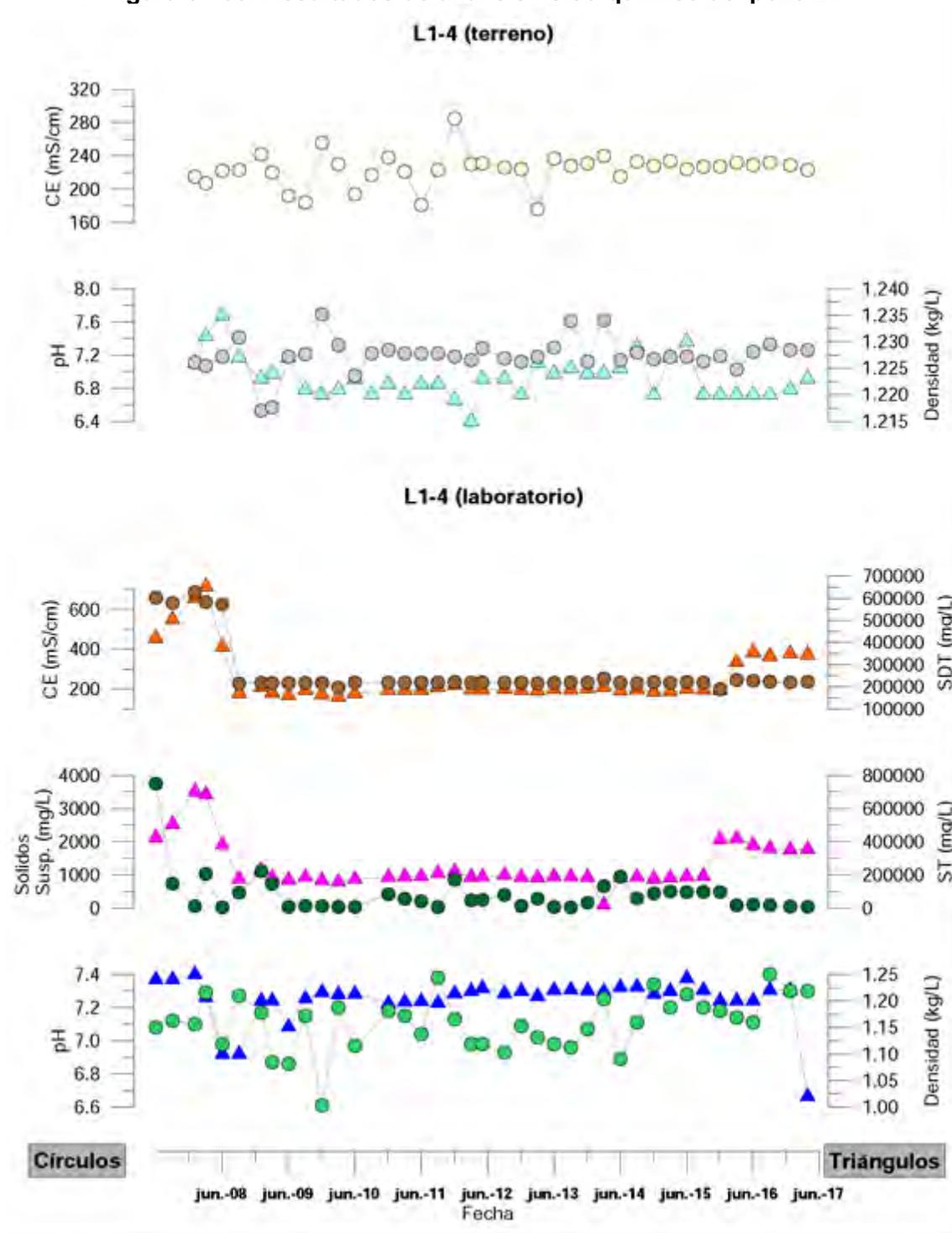
CONAF, como parte del convenio de monitoreo que posee actualmente con SQM, mide sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza total, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, arsénico, nitrato, fosfato, pH, temperatura y oxígeno disuelto en los cuatro cuerpos de agua del Sistema Soncor, las mediciones se realizan en forma trimestral. Los resultados de estos análisis se presentan de la Figura 5-153 a la Figura 5-160.

Es importante notar que, en los gráficos de hidroquímica, las series representadas con un círculo tienen su escala gráfica al lado izquierdo y las que se representan con un triángulo tienen su escala gráfica al lado derecho.

#### **5.3.1.8.1 Muestreo de aguas realizado por SQM**

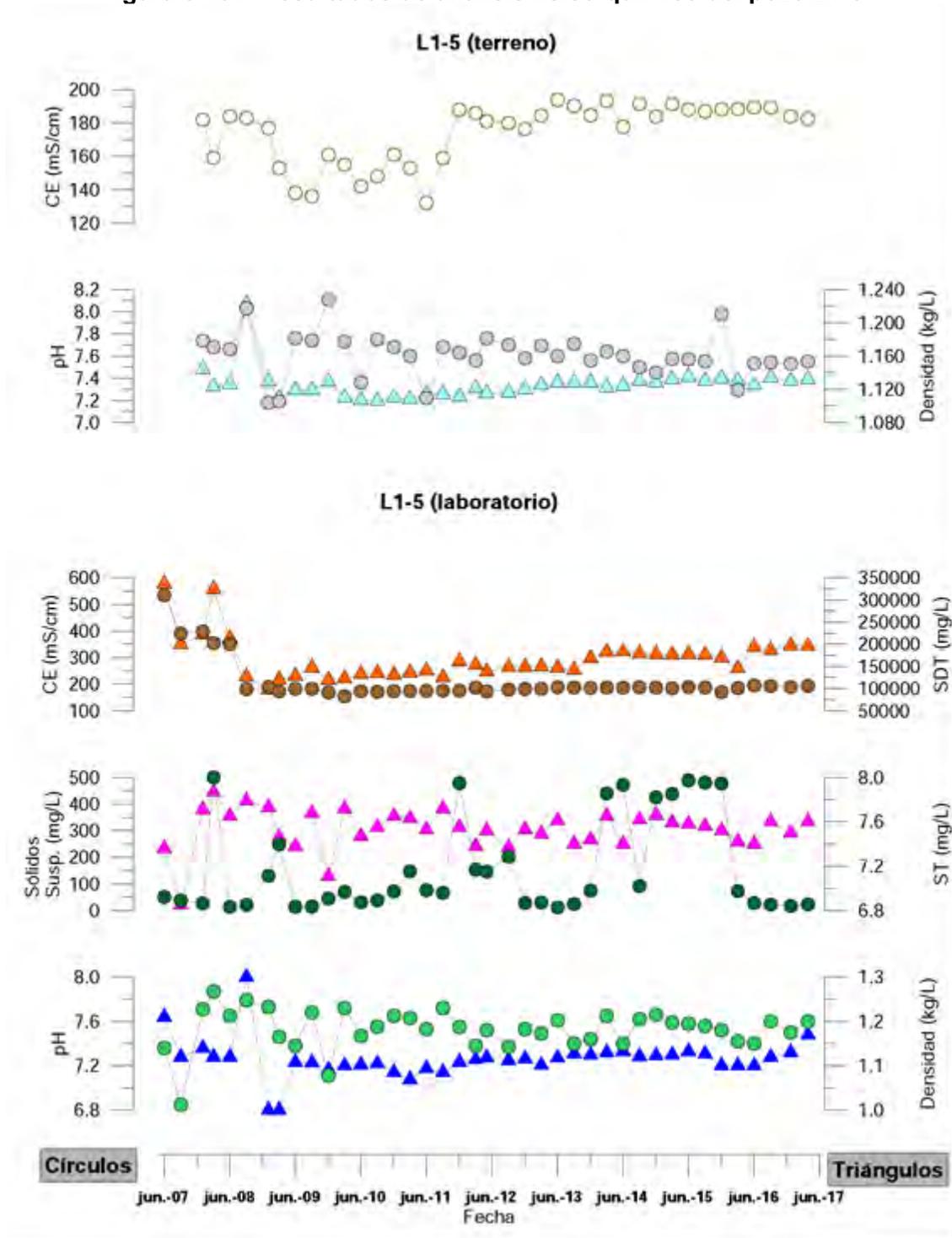
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por SQM y analizadas por el laboratorio ALS Environmental y SGS Chile Ltda.

**Figura 5-133: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4**



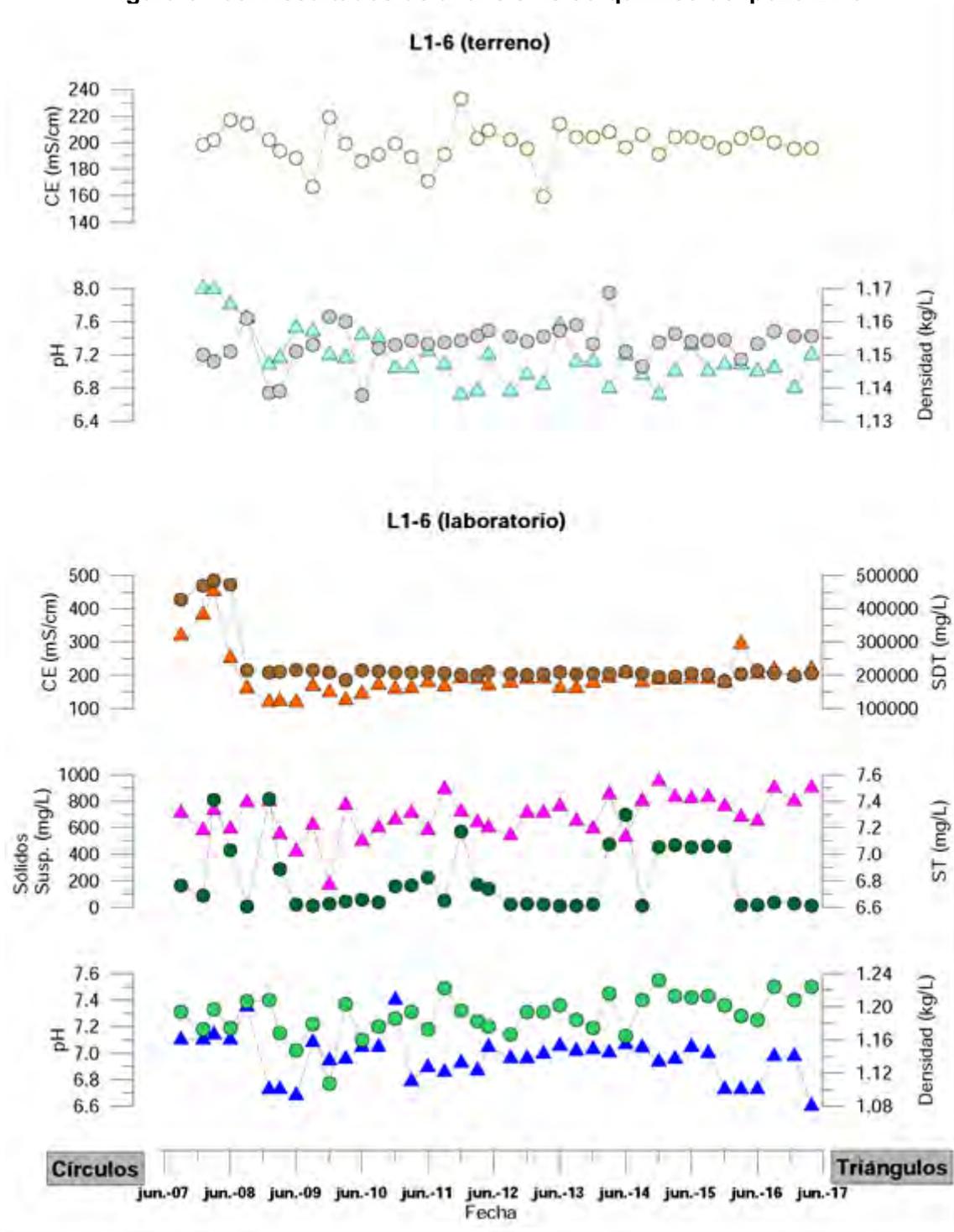
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-134: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5**



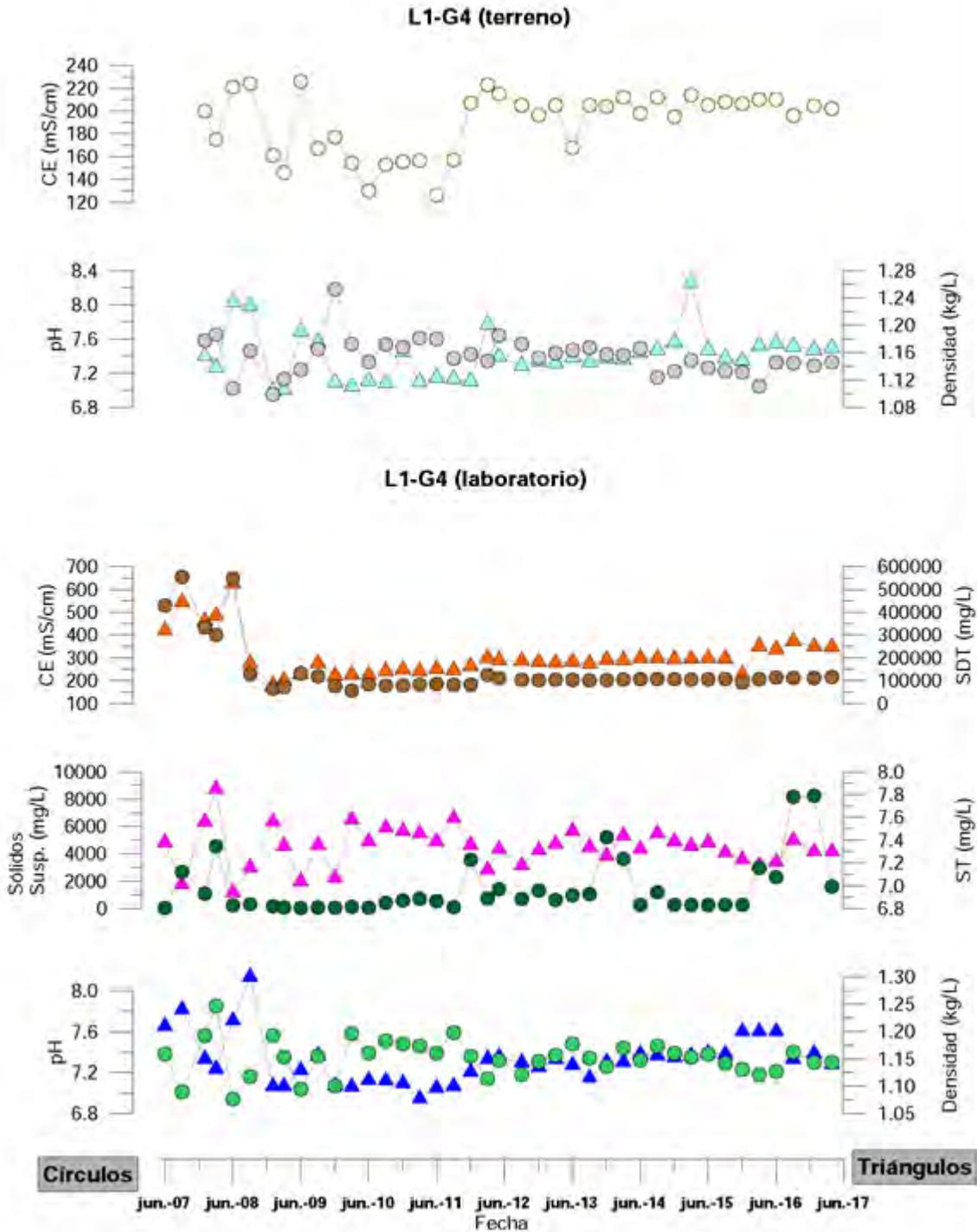
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-135: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6**



Fuente: Elaboración propia.

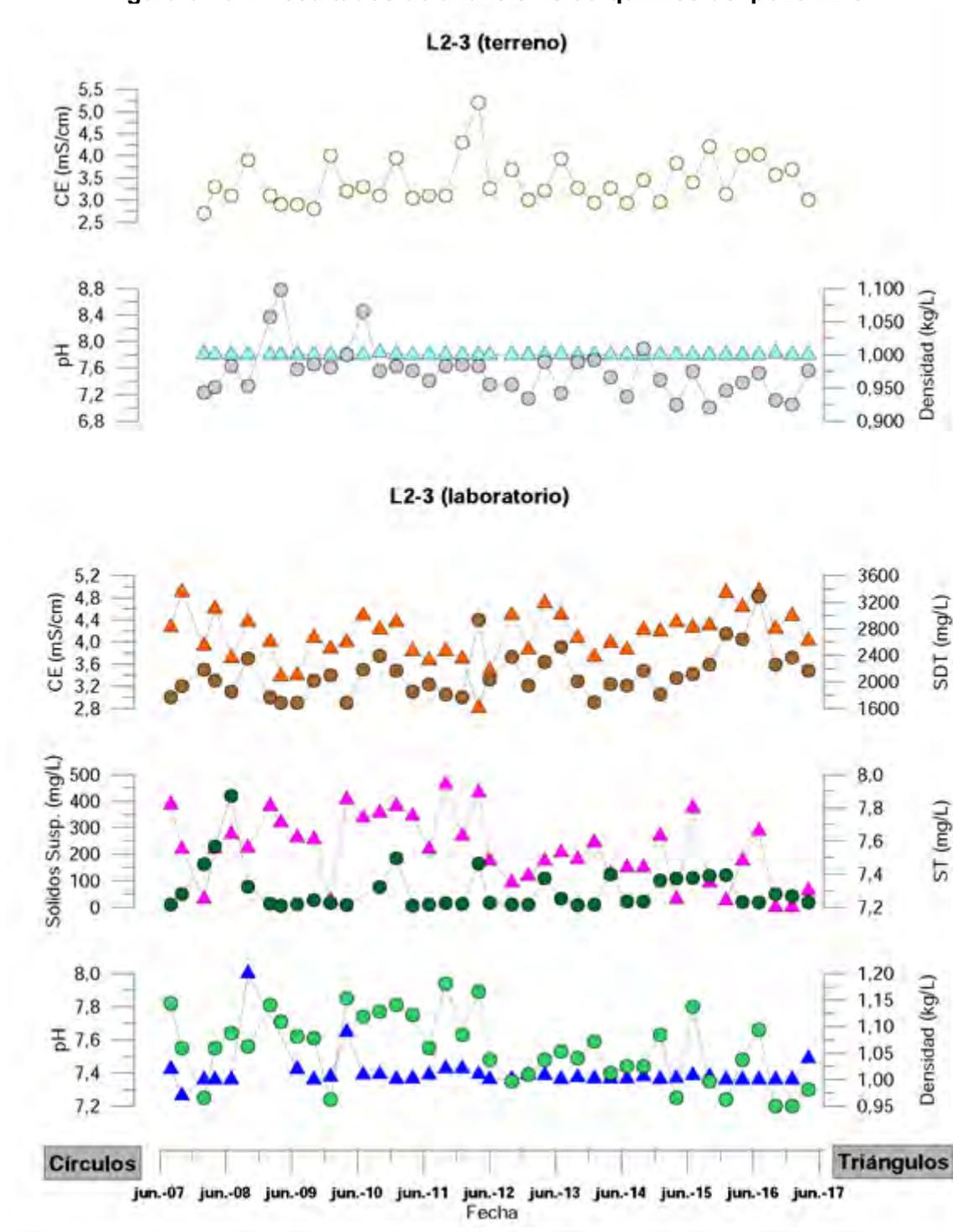
Figura 5-136: Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4



7z

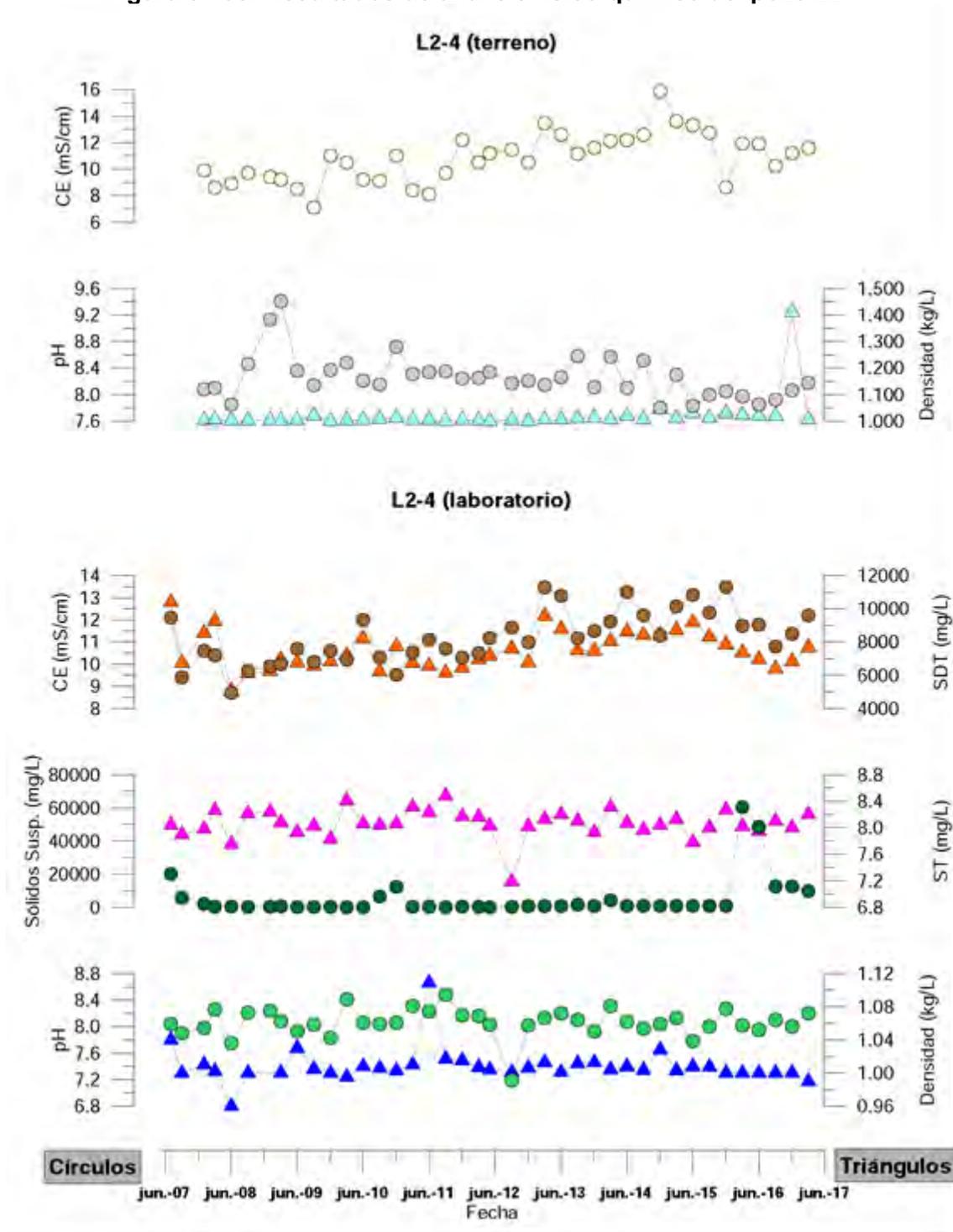
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-137: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3



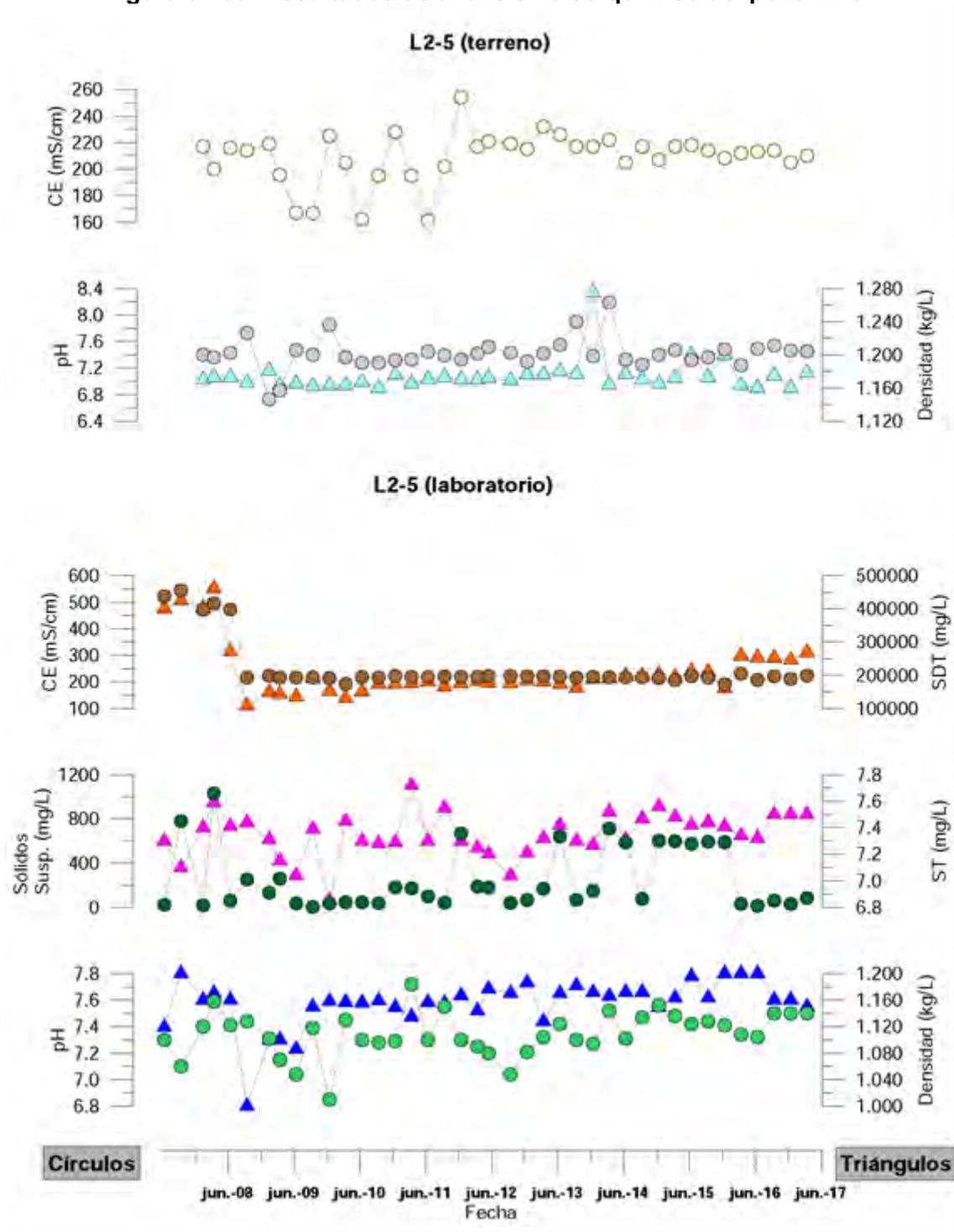
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-138: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4



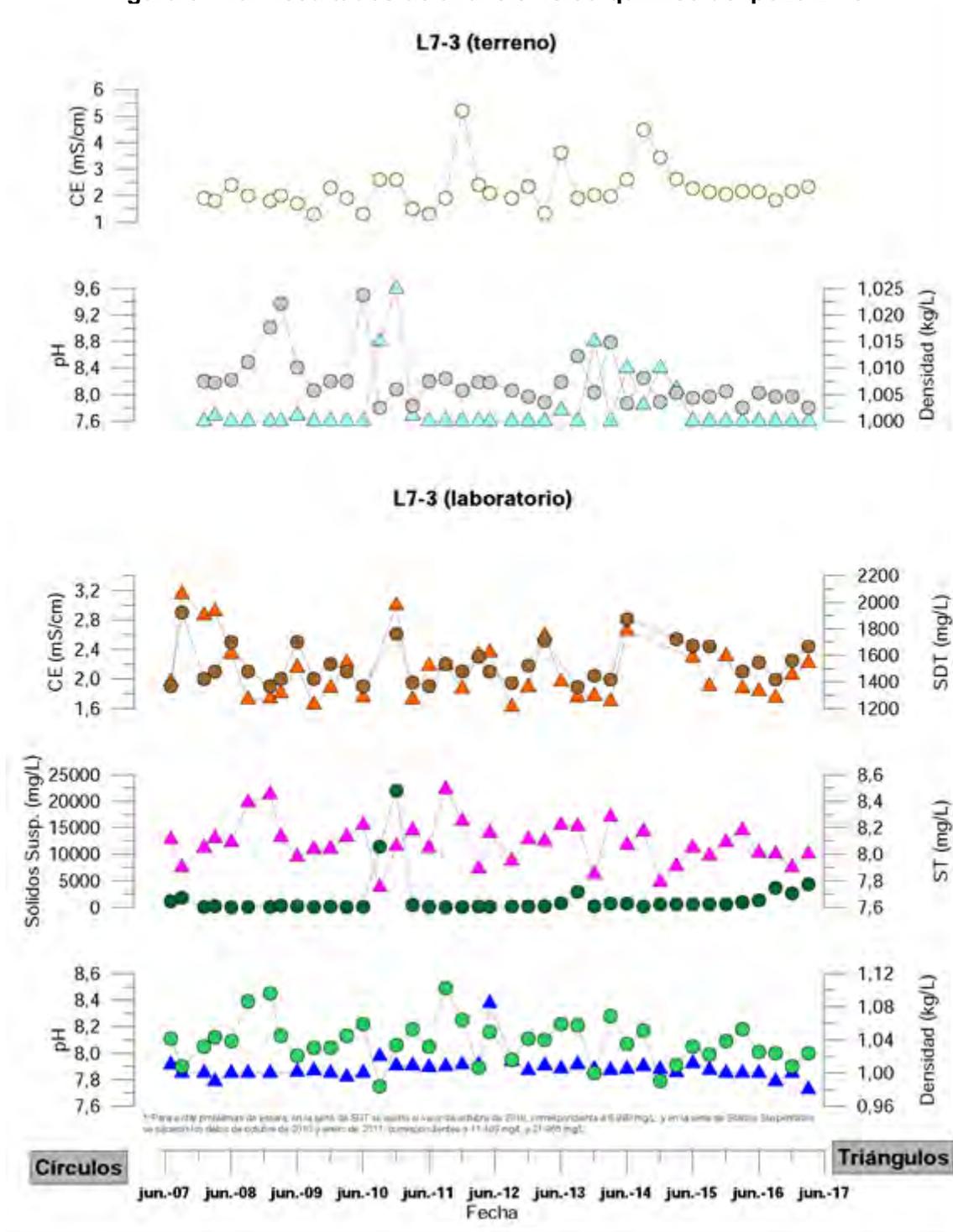
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-139: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5



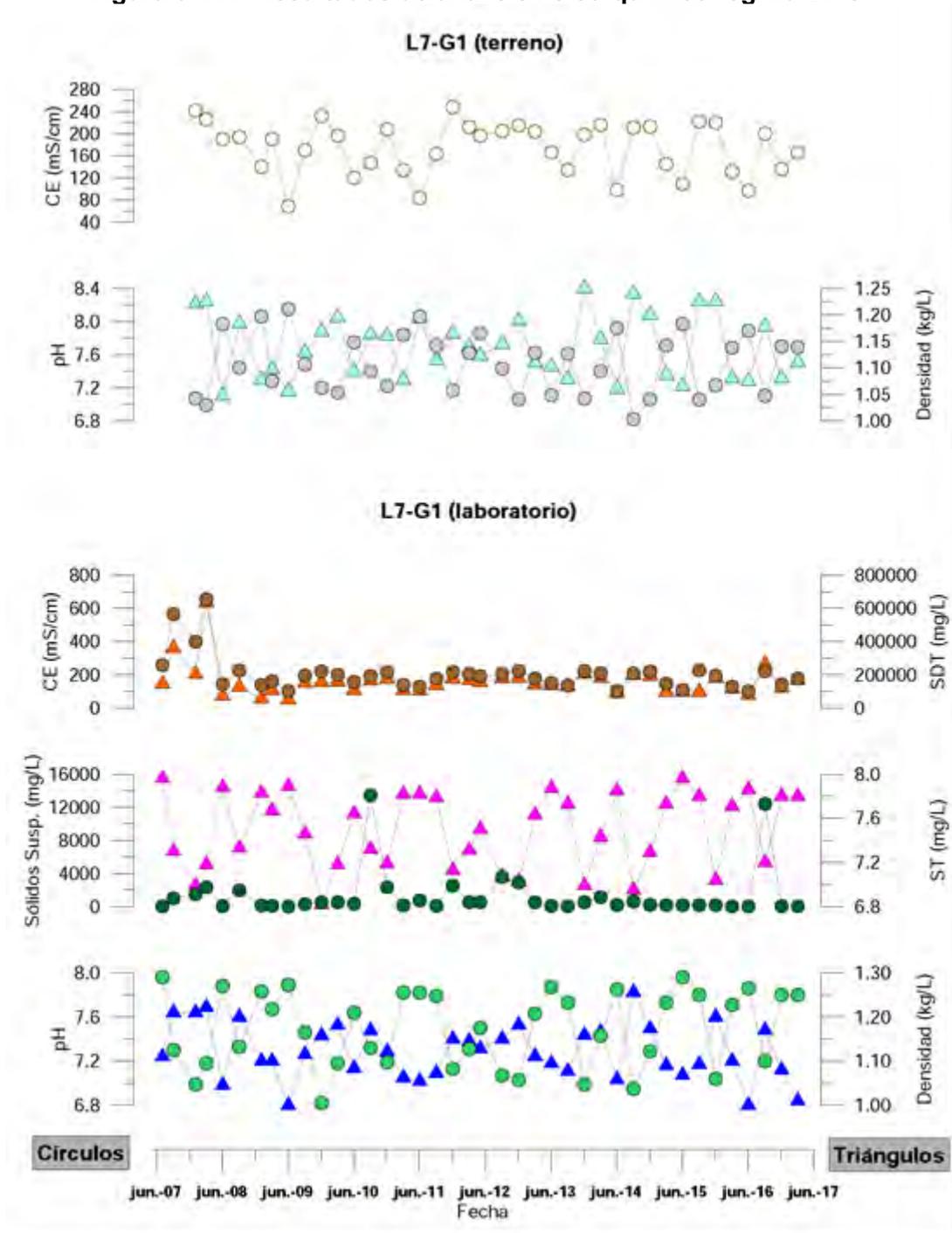
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-140: Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3



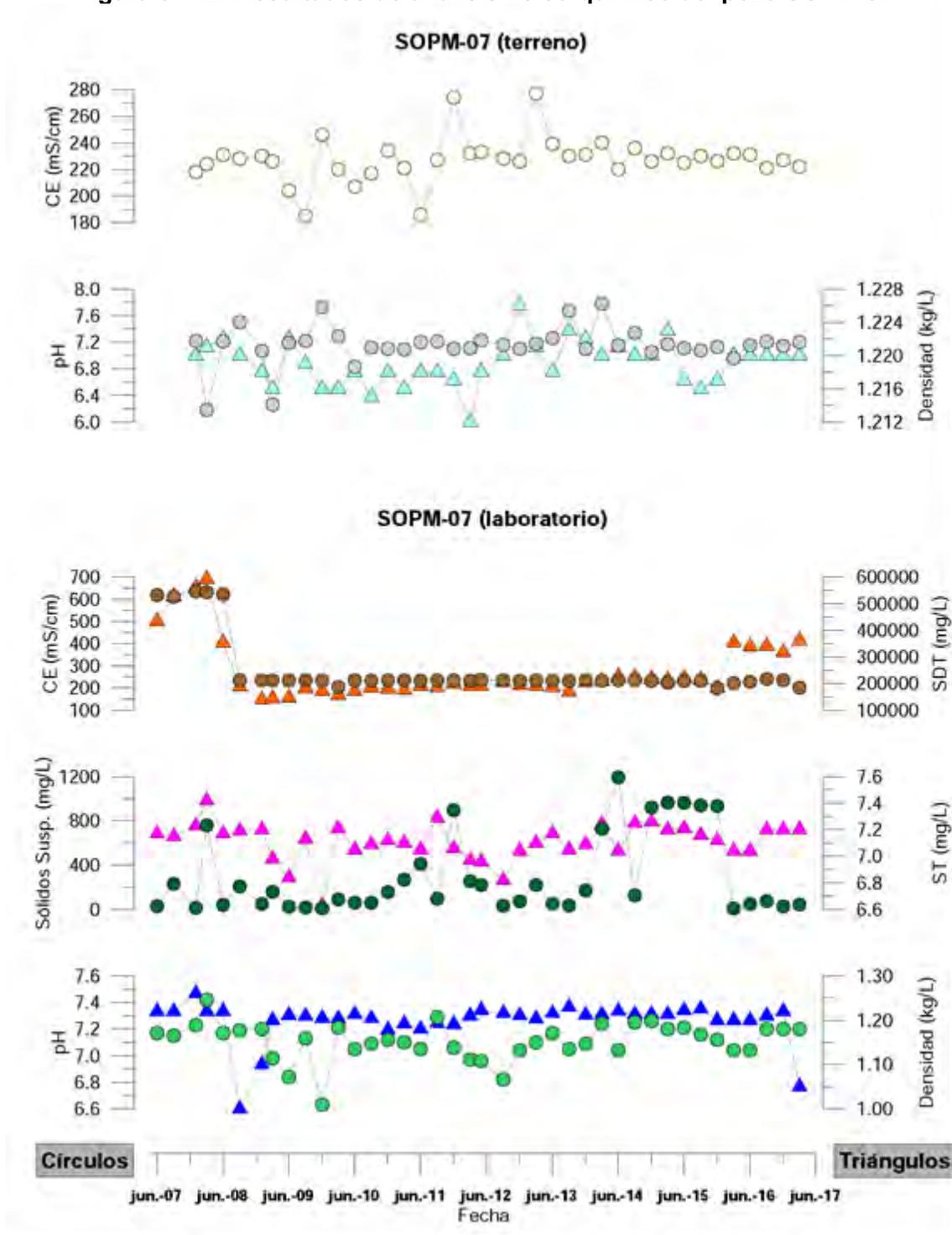
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-141: Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1**



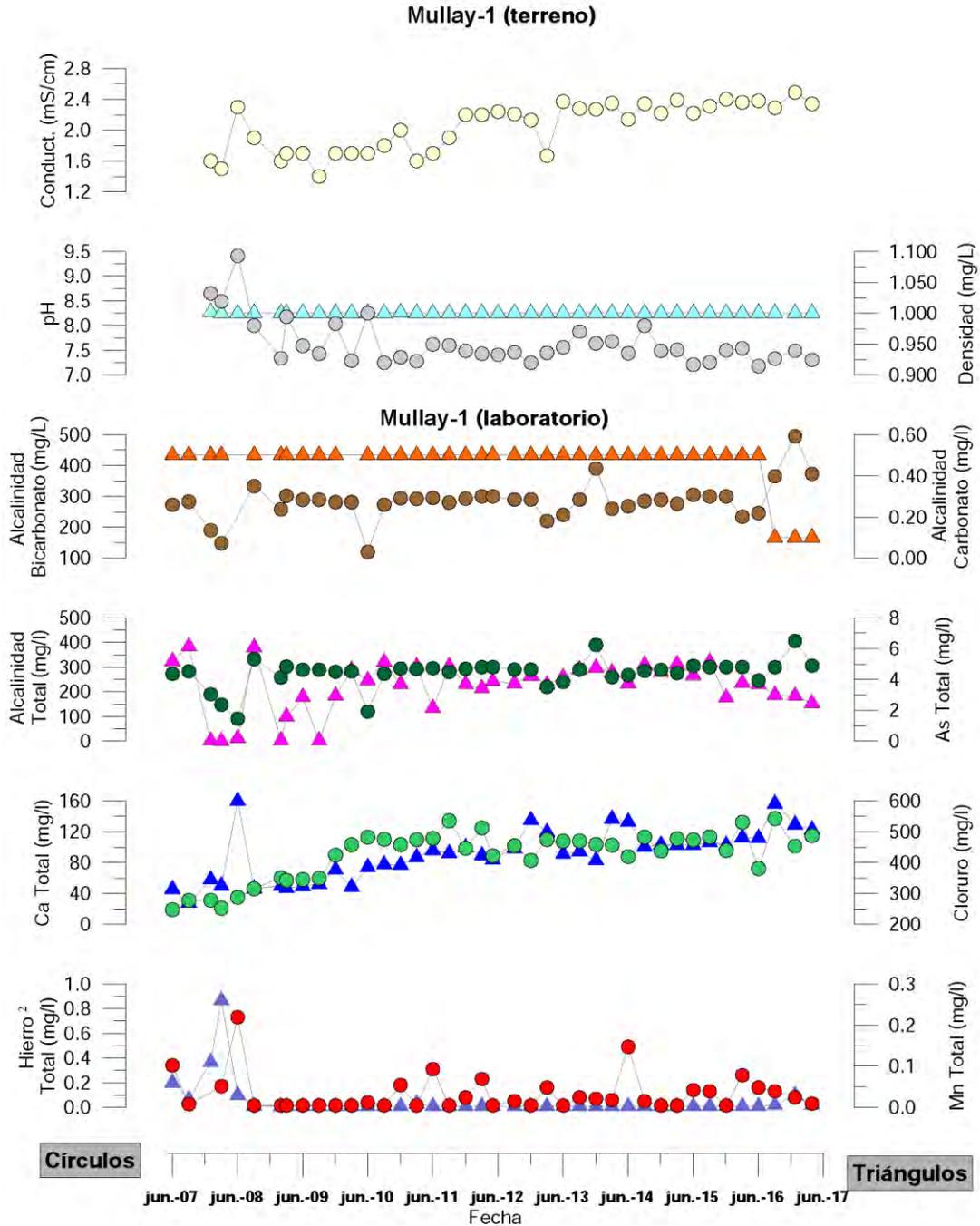
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-142: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07



Fuente: Elaboración propia.

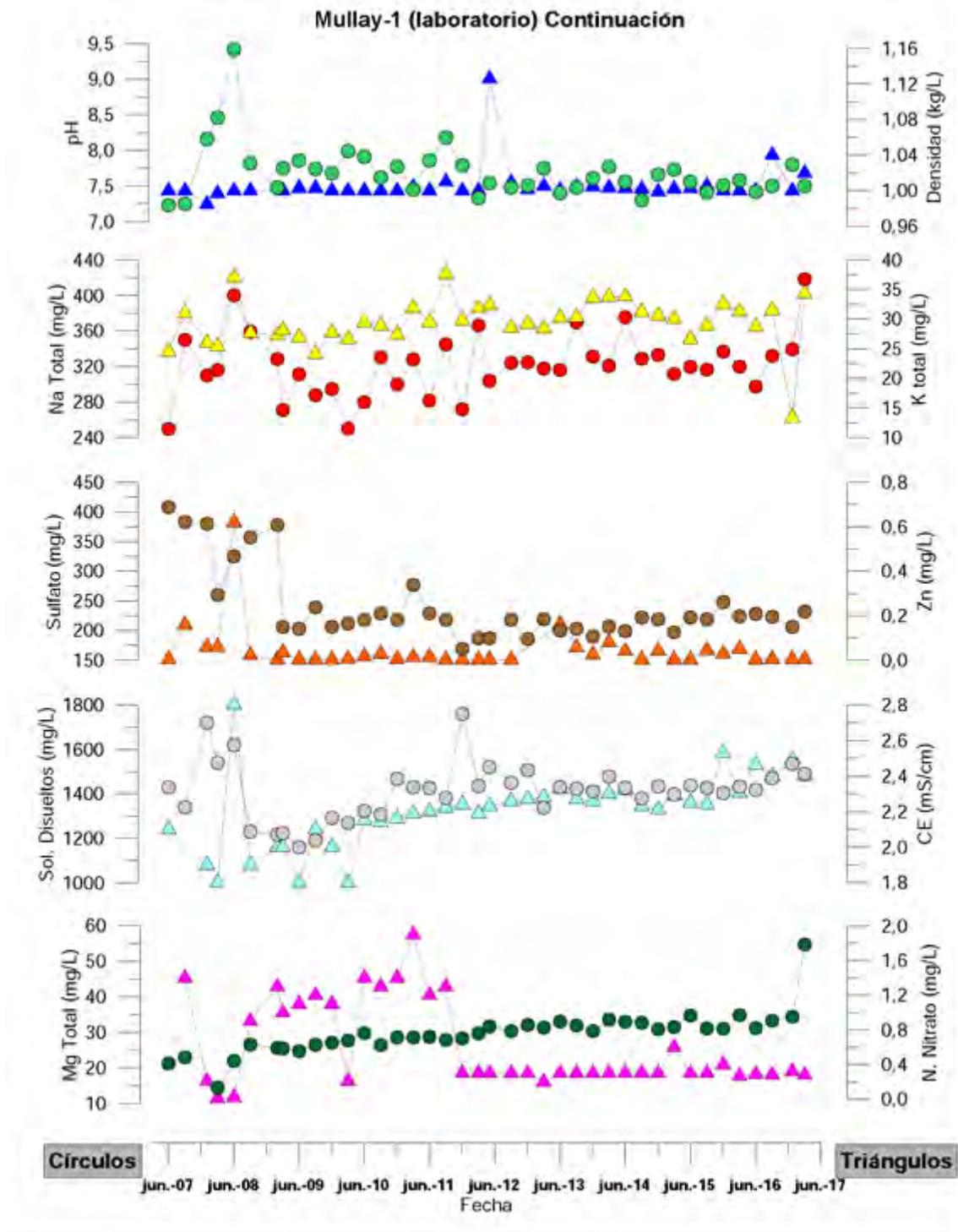
**Figura 5-143: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay16**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>16</sup> Para evitar problemas de escala a la serie del Hierro Total se ocultó el dato de febrero de 2008 igual a 88.2 mg/L. La diferencia en el valor de Alcalinidad Carbonato reportada se debe a que SGS presenta un límite de detección de 0,2 mg/l en comparación a los 1,0 mg/l de ALS.

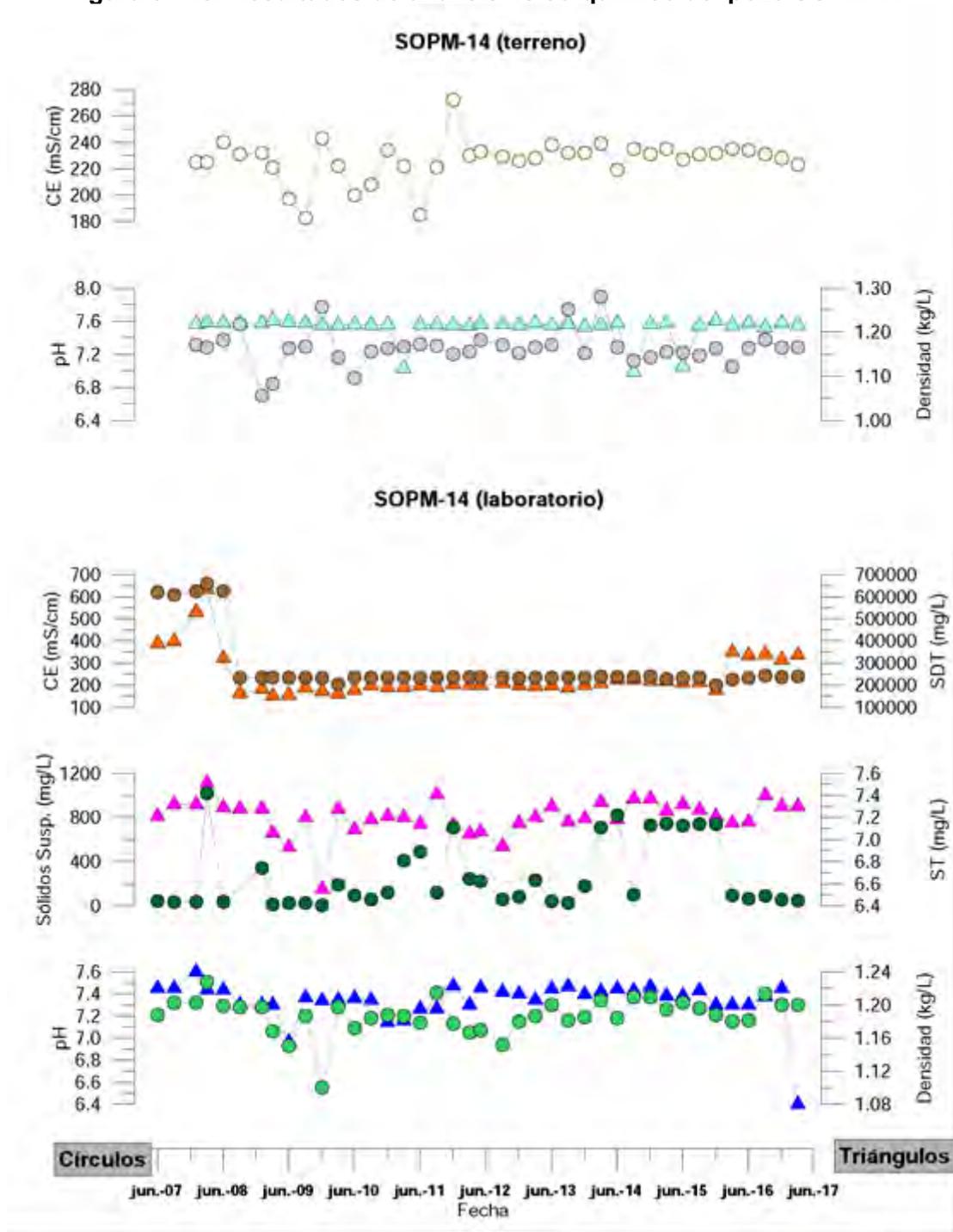
Figura 5-144: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación)<sup>17</sup>



Fuente: Elaboración propia.

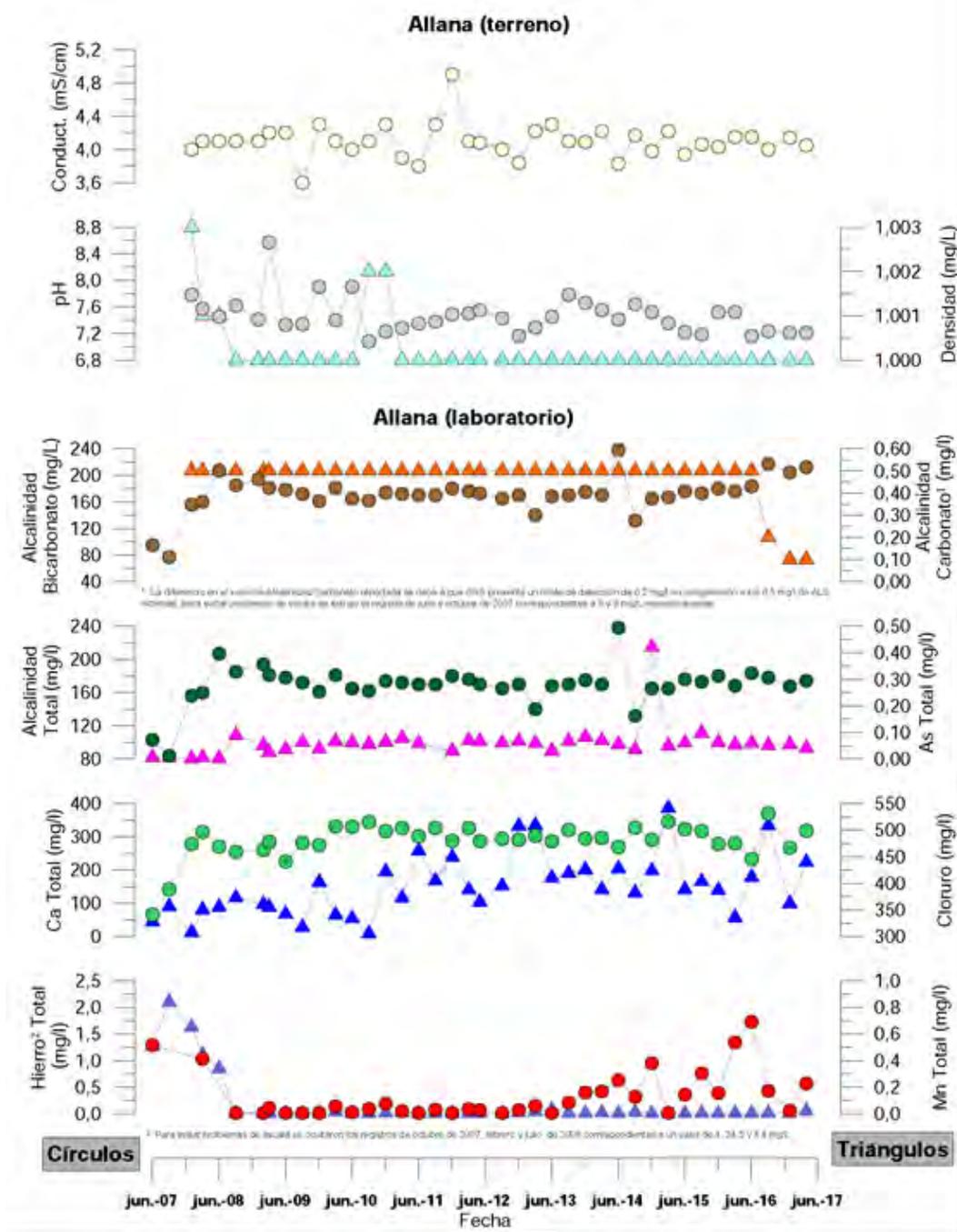
<sup>17</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de Magnesio Total se le sacó el dato de febrero de 2008 correspondientes a 95 mg/L y a la serie del Nitrógeno Nitrato se le sacó el dato de julio de 2007 correspondientes a 134 mg/L.

Figura 5-145: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14



Fuente: Elaboración propia.

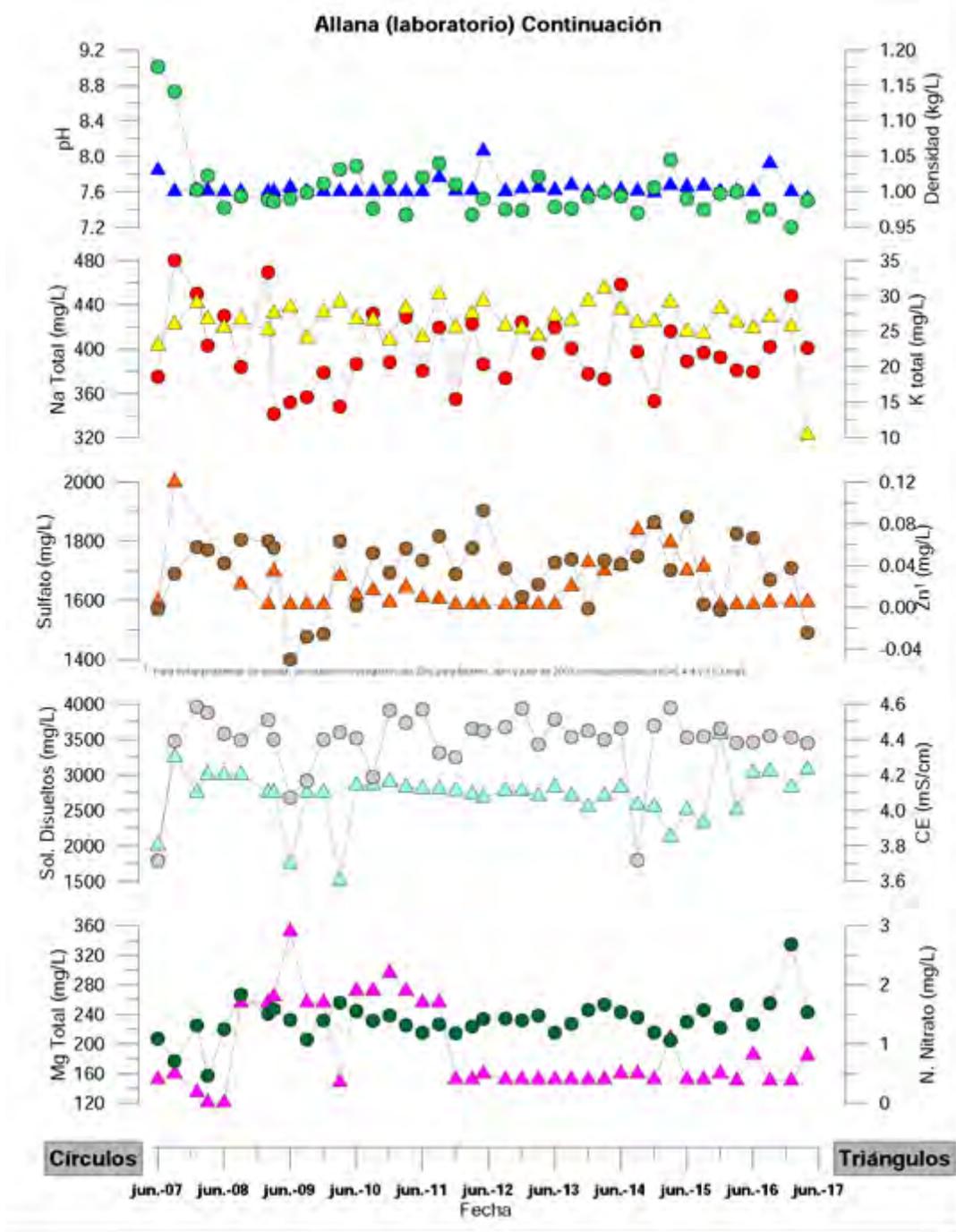
**Figura 5-146: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana18**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>18</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de alcalinidad carbonato se le sacó el dato de julio y octubre de 2007, correspondientes a un valor de 8 y 9 mg/L respectivamente, a la serie de Hierro Total se le sacó el dato de octubre de 2007, y febrero y julio de 2008 correspondientes a un valor de 4; 24,5 y 4,4 mg/L respectivamente. Para evitar problemas de escala se ocultaron los registros de octubre de 2007, febrero y julio de 2008 correspondientes a un valor de 4; 24,5 y 4,4 mg/L.

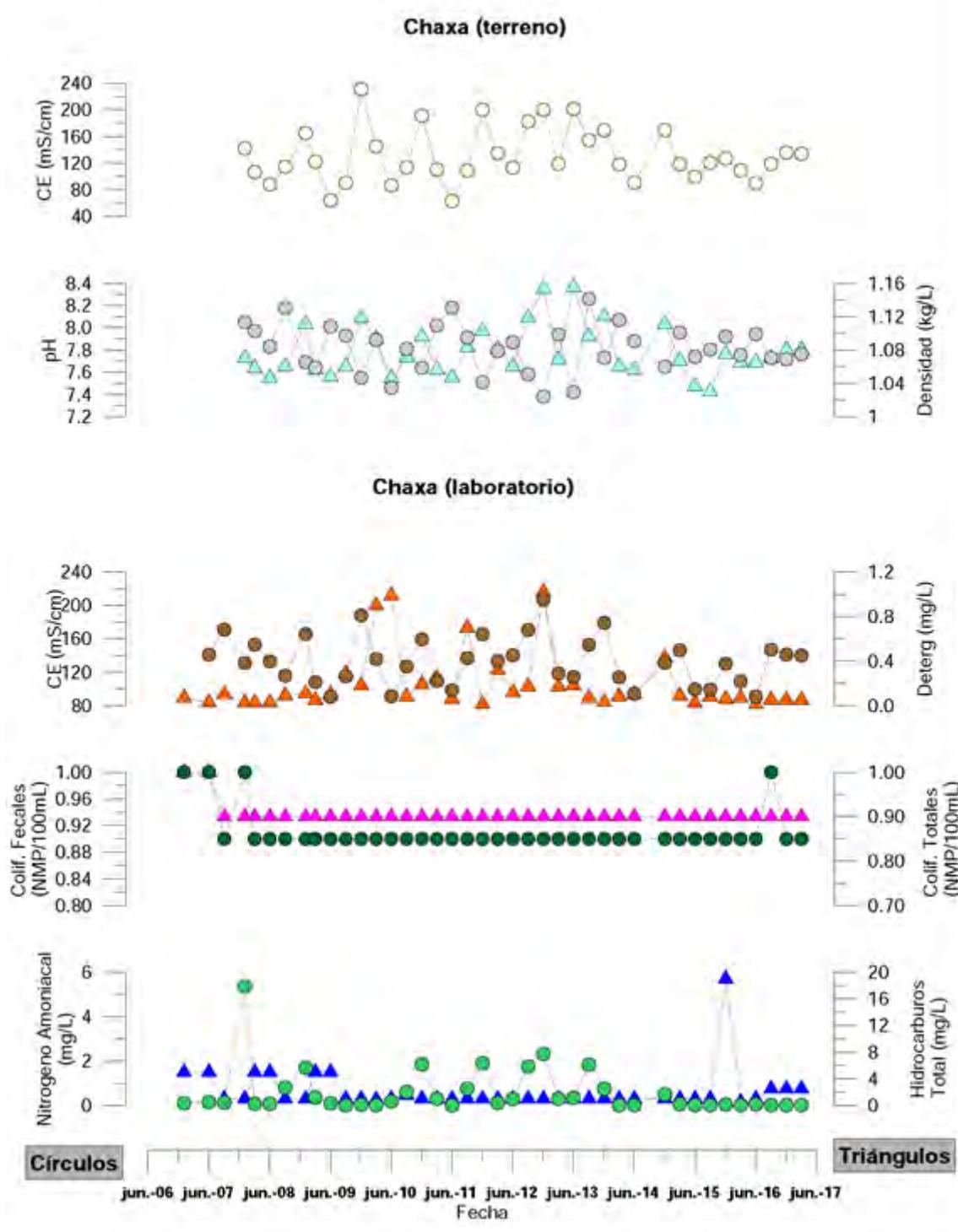
Figura 5-147: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)<sup>19</sup>



Fuente: Elaboración propia.

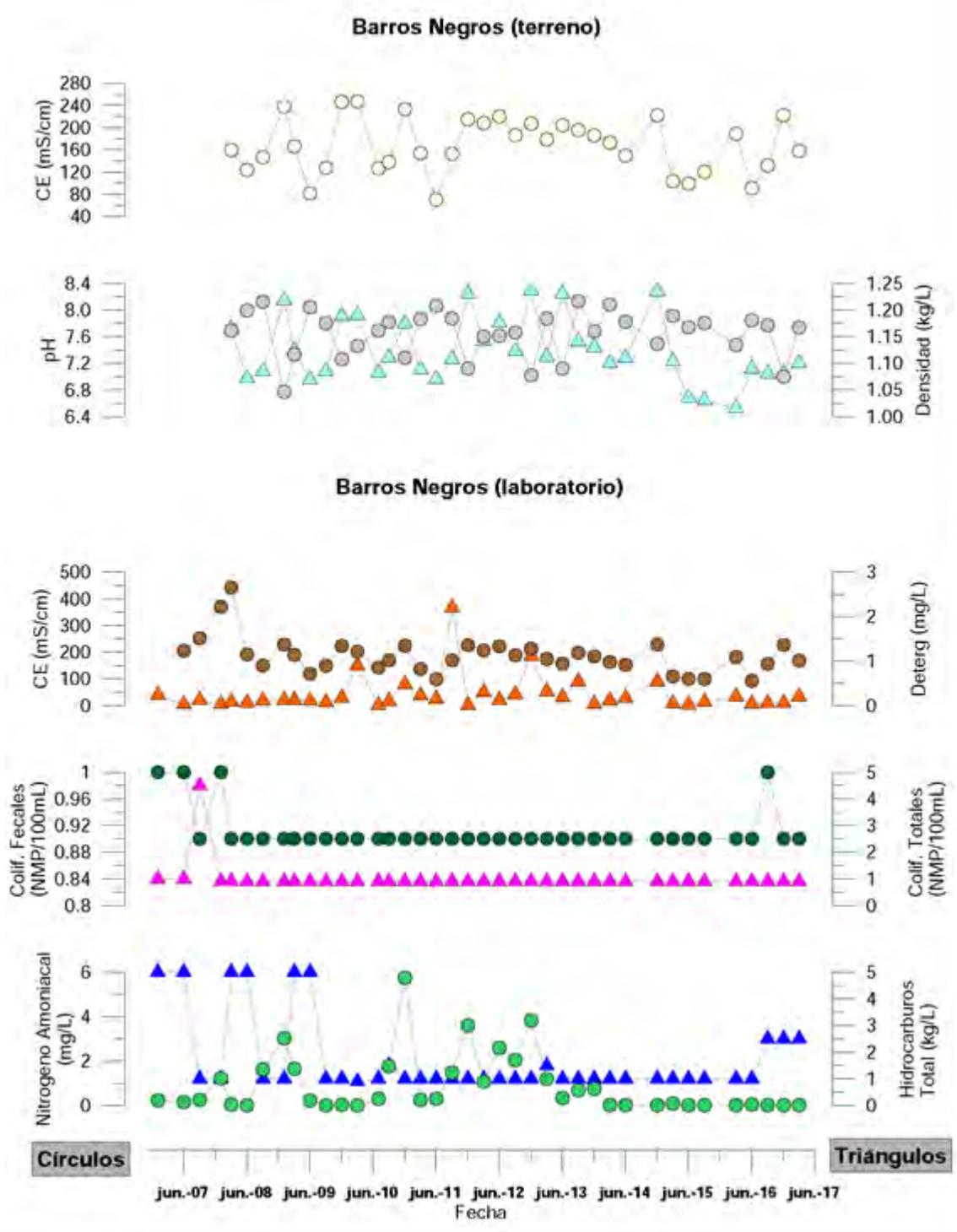
<sup>19</sup> Para evitar problemas de escala, a la serie de Zinc Total se le sacó el dato de febrero, abril y julio de 2008 correspondientes a 6,96; 4,4 y 11,3 mg/L respectivamente.

**Figura 5-148: Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-149: Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros**

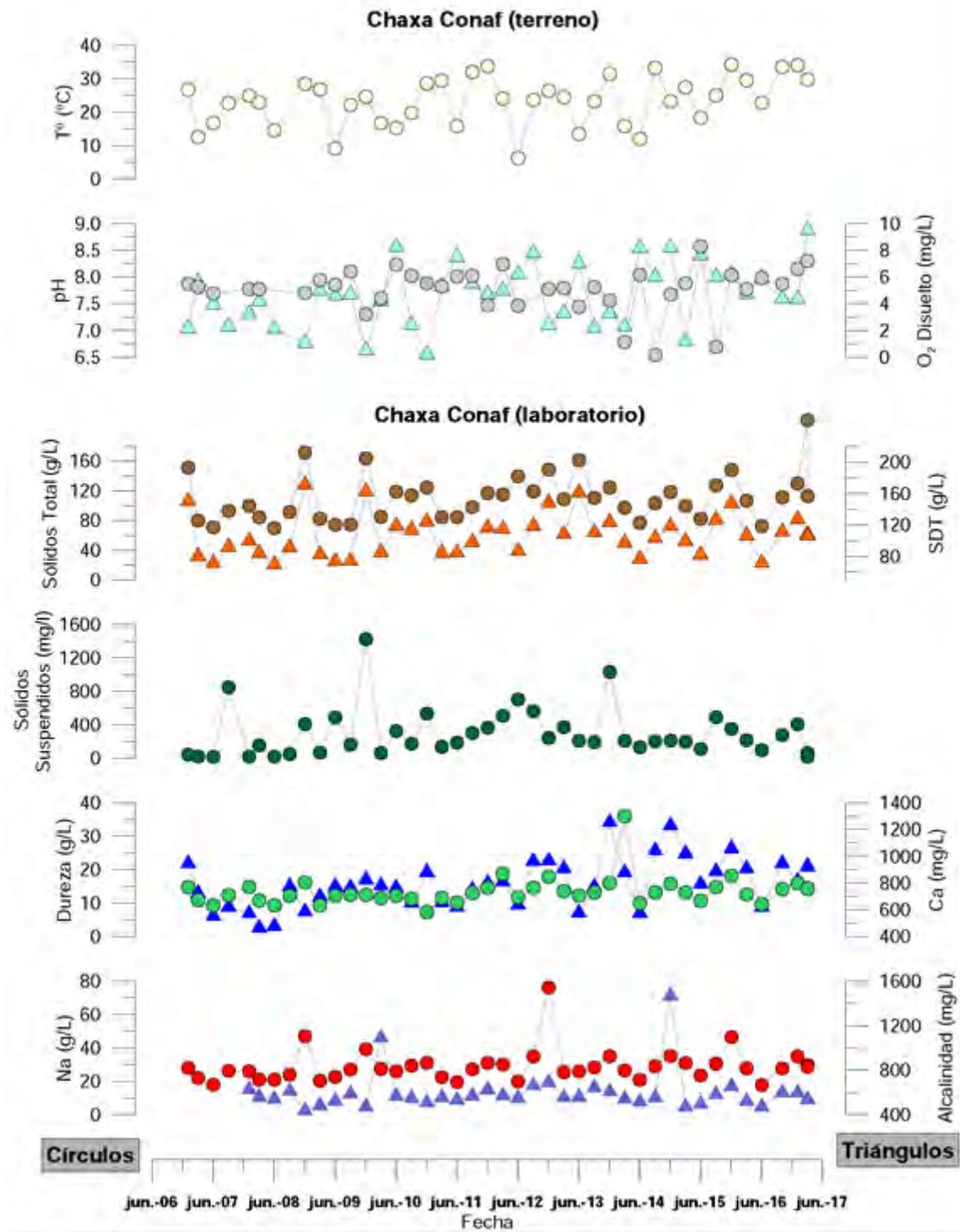


Fuente: Elaboración propia.

#### **5.3.1.8.2 Muestreo de agua realizado por CONAF**

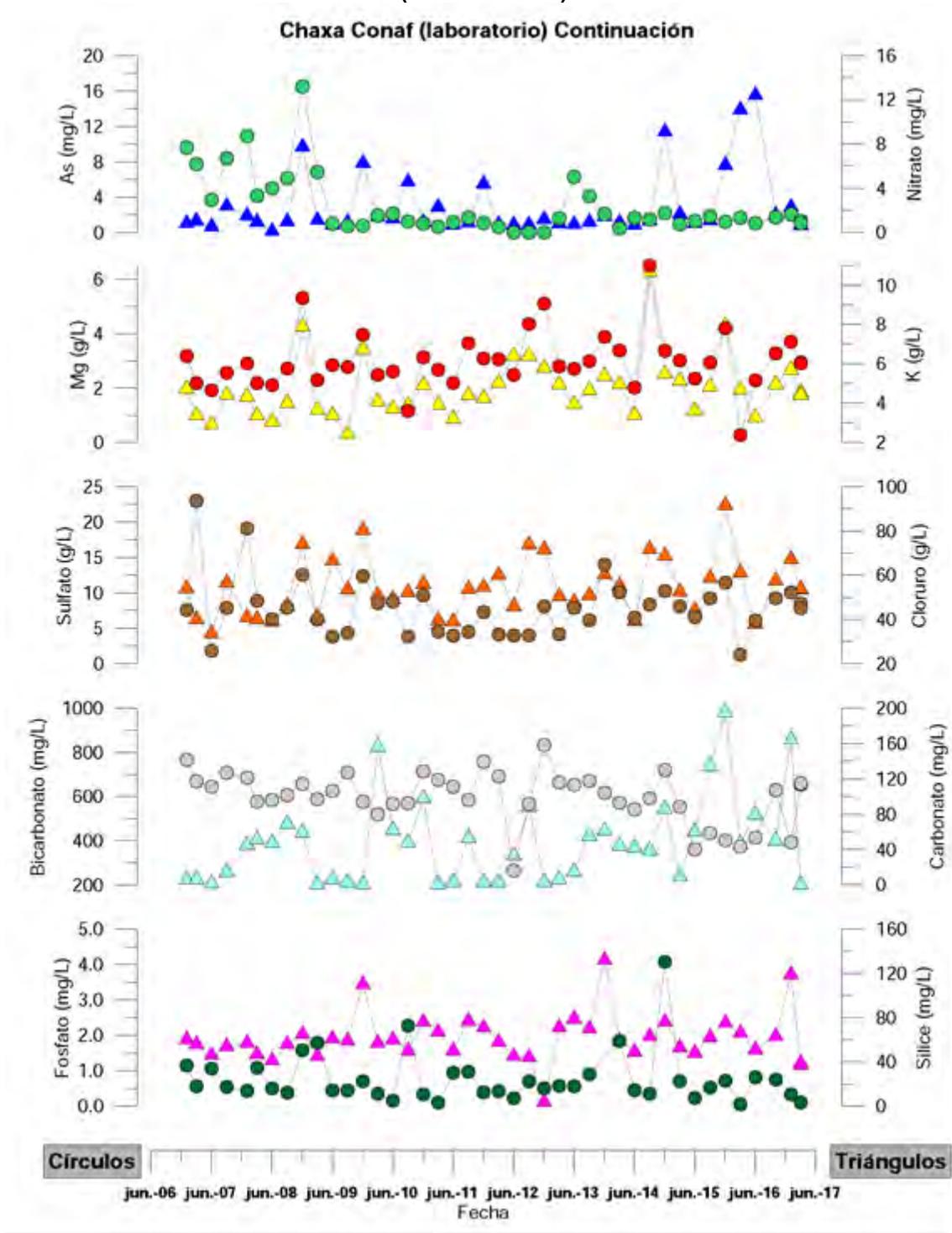
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por CONAF.

**Figura 5-150: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa**



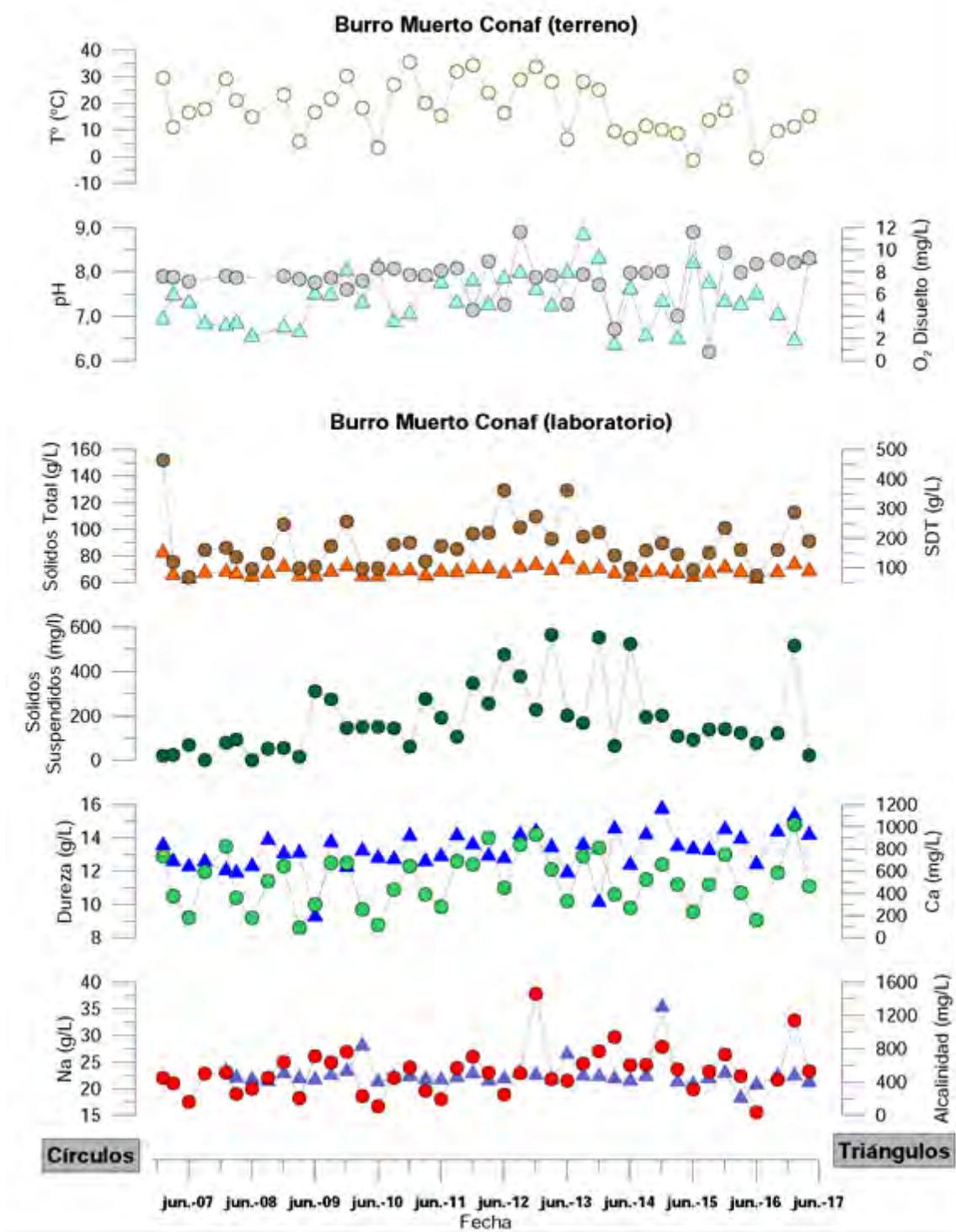
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-151: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación)**



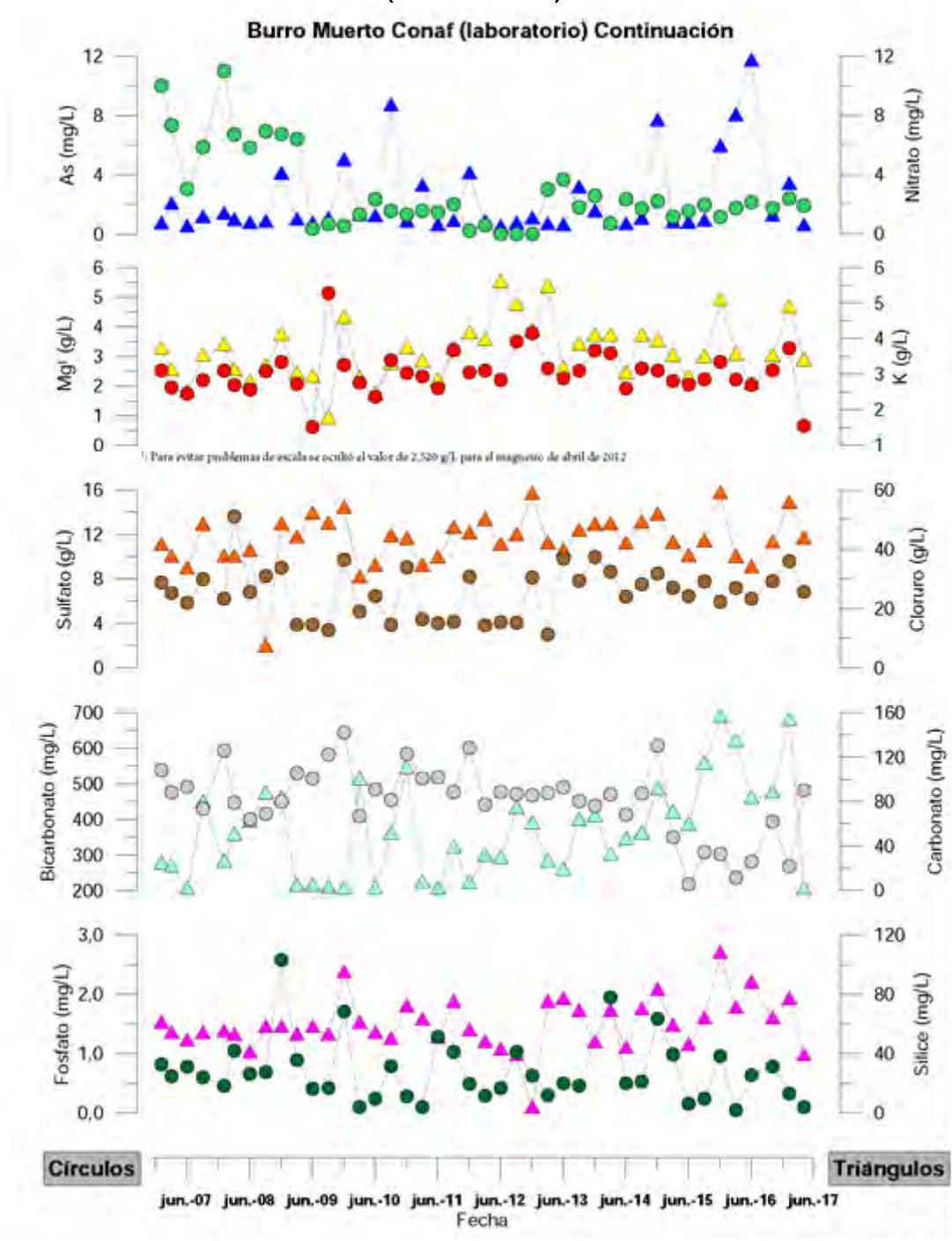
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-152: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto**



Fuente: Elaboración propia.

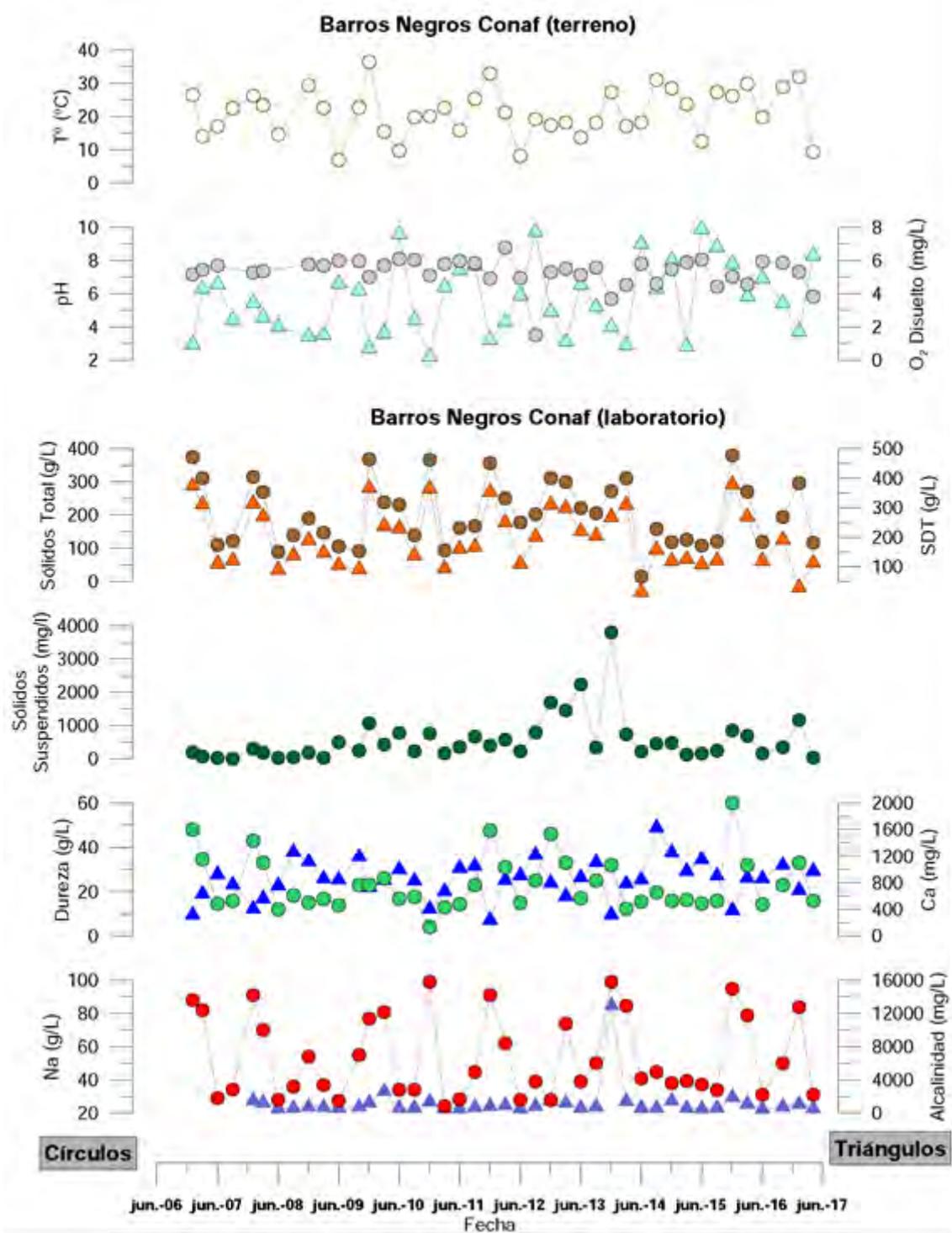
**Figura 5-153: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación)<sup>20</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

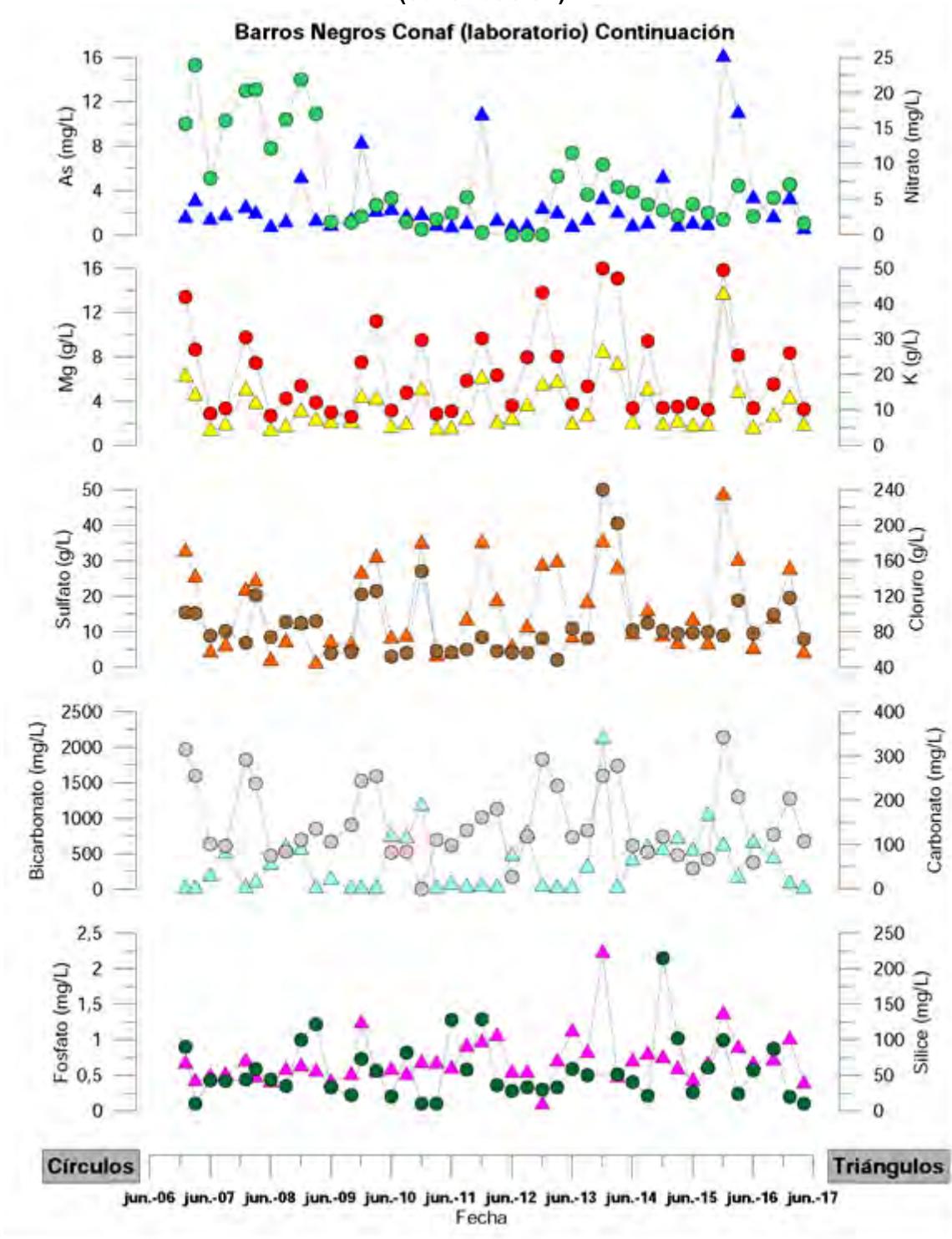
<sup>20</sup> El Magnesio correspondiente a una medición de 2.520 g/L en abril de 2012 fue sacado del gráfico para evitar problemas de escala.

**Figura 5-154: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros**



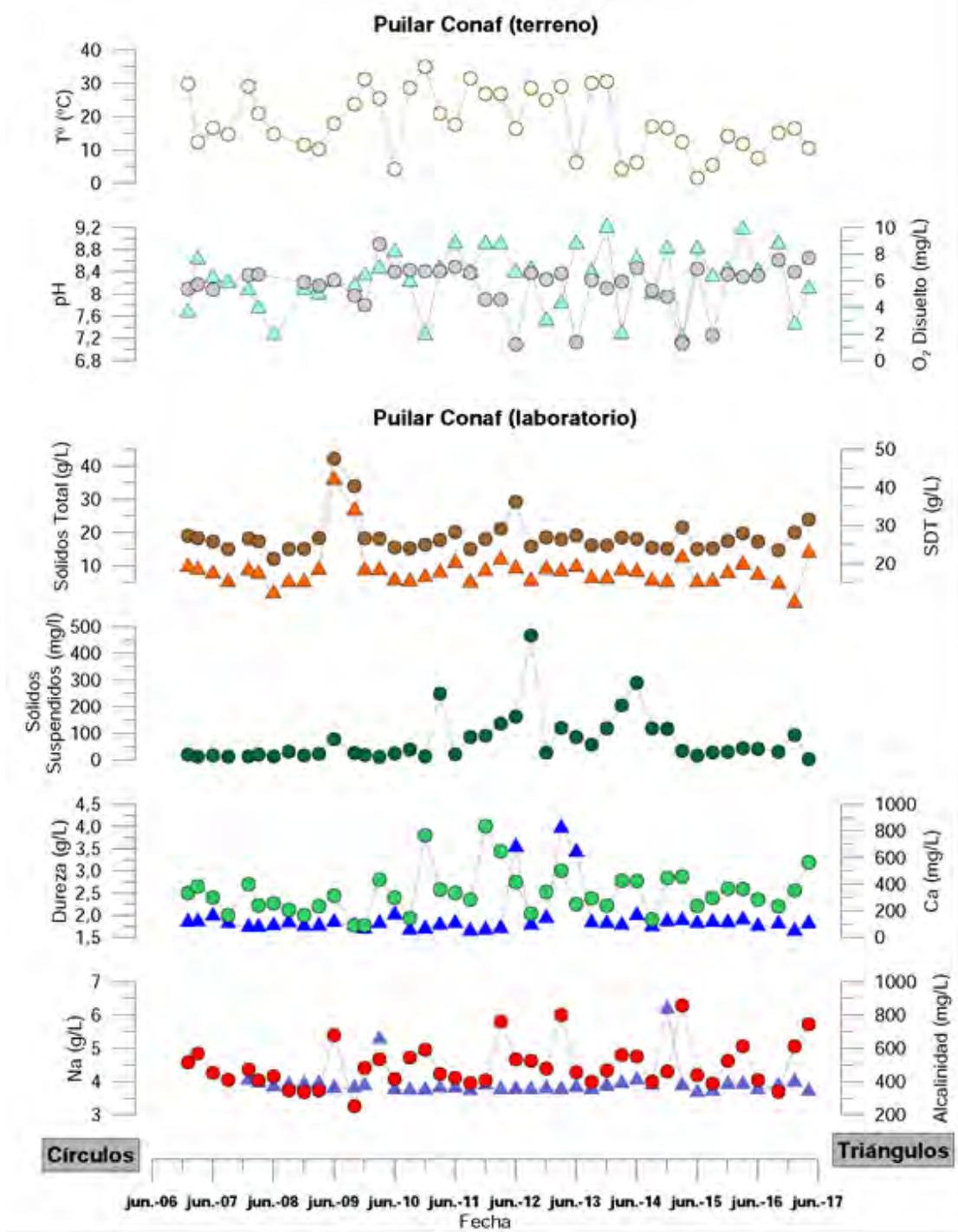
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-155: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación)**



Fuente: Elaboración propia.

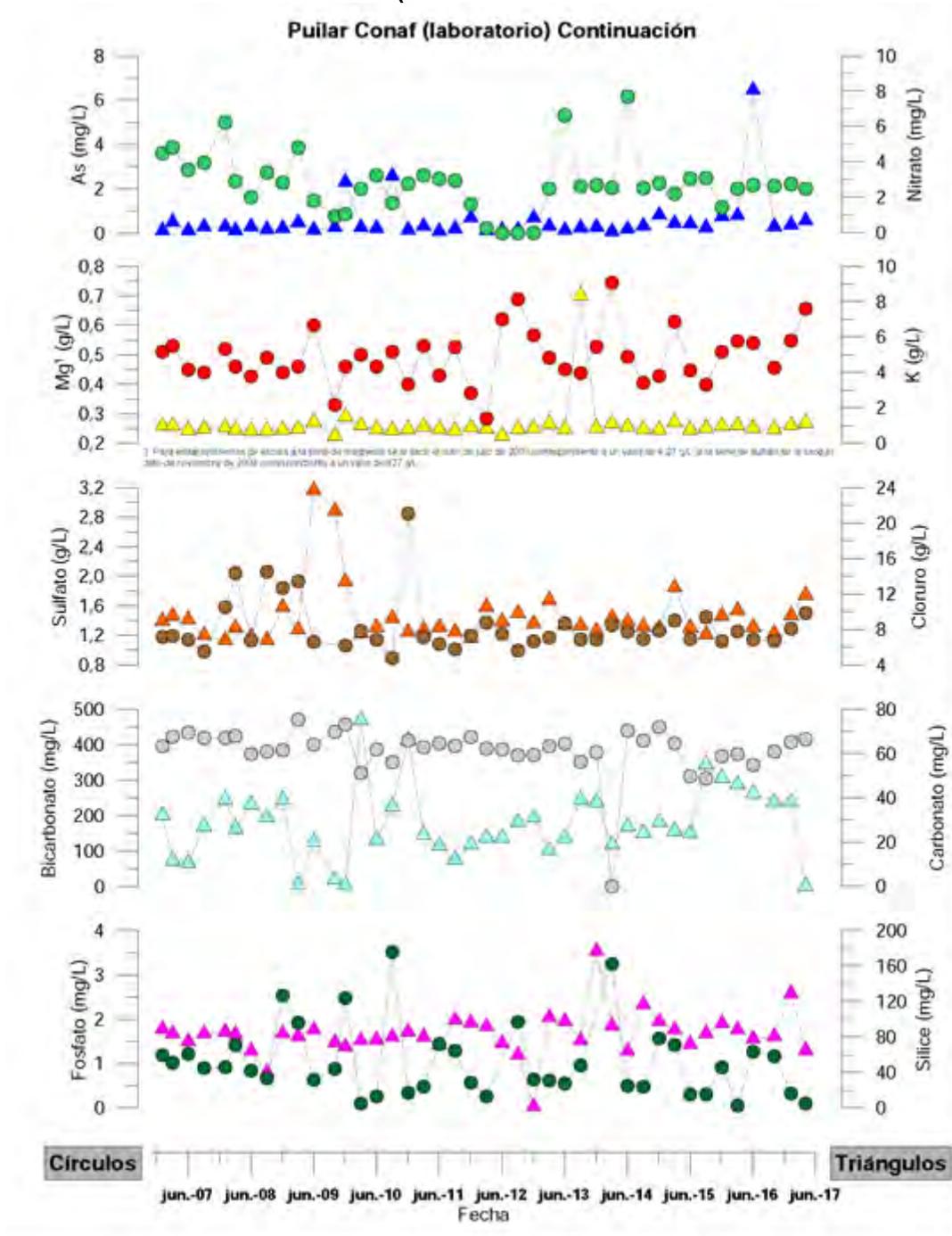
**Figura 5-156: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar21**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>21</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de dureza se extrajo el dato de enero de 2009 correspondiente a un valor de 38 g/L.

**Figura 5-157: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar<sup>22</sup> (continuación).**



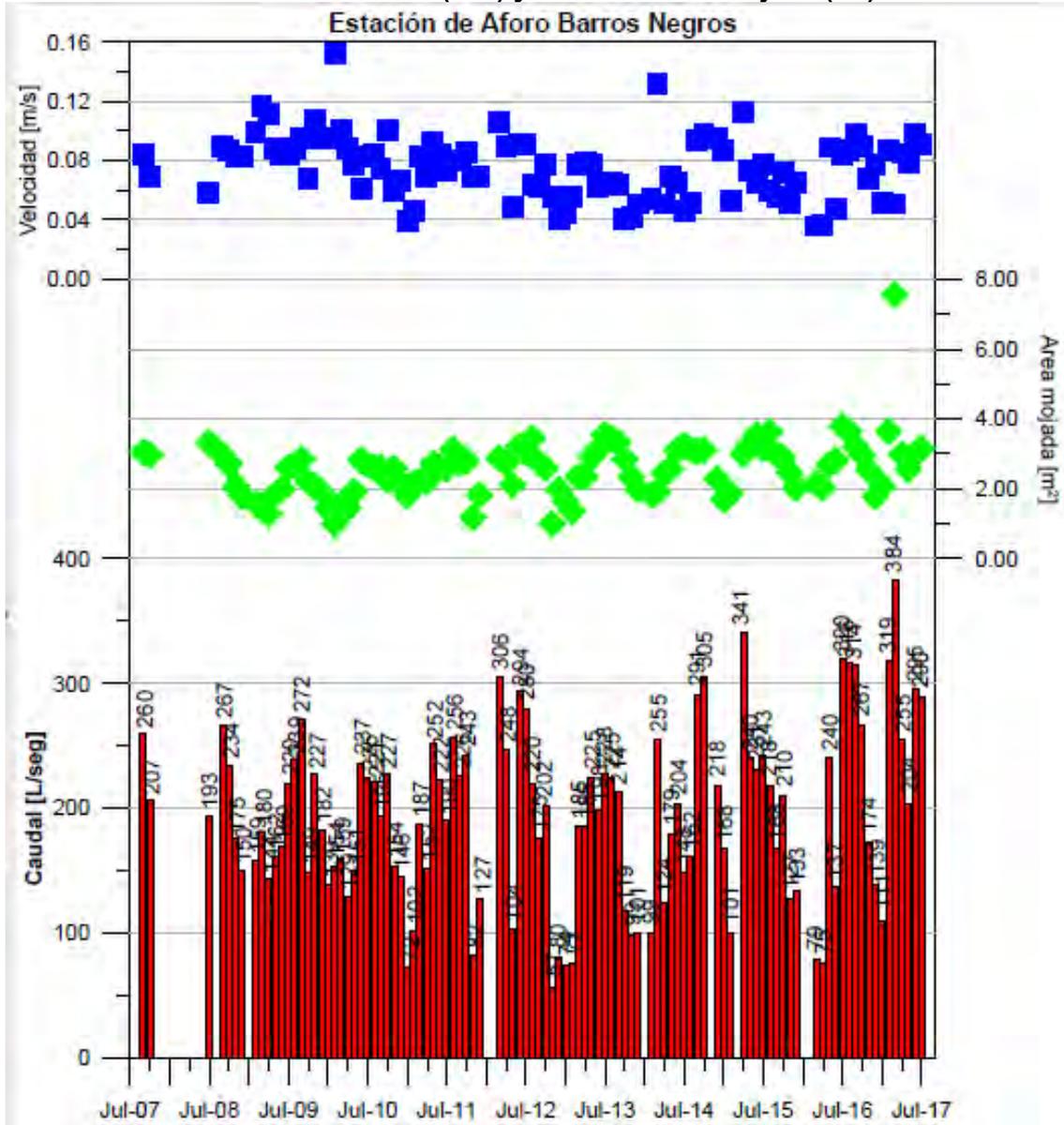
Fuente: Elaboración propia.

<sup>22</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de magnesio se le sacó el dato de julio de 2008 correspondiente a un valor de 4,27 g/L; a la serie de sulfato se le sacó el dato de noviembre de 2009 correspondiente a un valor de 827 g/L.

### 5.3.1.9 Aforos

En esta sección se presentan las mediciones de caudal en el aforo de la laguna Barros Negros (Figura 5-161) y el aforo en el puente San Luis (Figura 5-162).

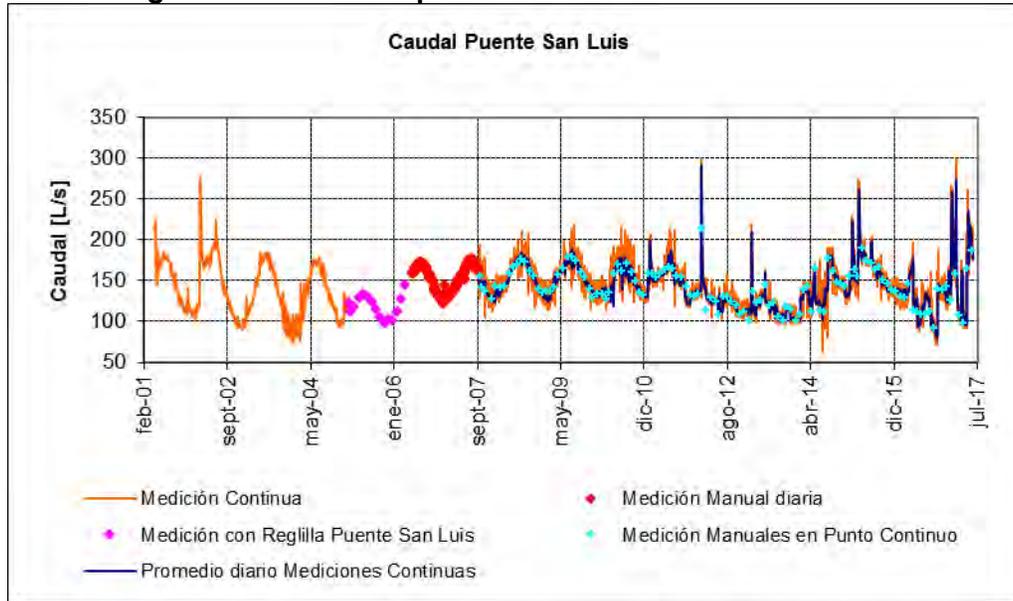
**Figura 5-158: Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m<sup>2</sup>)**



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-162 presenta el caudal monitoreado en el puente San Luis. En ella se observan los registros continuos (línea naranja), el promedio diario de mediciones continuas (línea azul), las mediciones manuales en el punto de medición continua (punto celeste), las mediciones manuales diarias (punto rojo) y cálculo de caudales según la reglilla Puente San Luis (punto magenta). Esta estación se ubica aguas arriba de la laguna Chaxa.

**Figura 5-159: Caudal promedio diario en Puente San Luis**



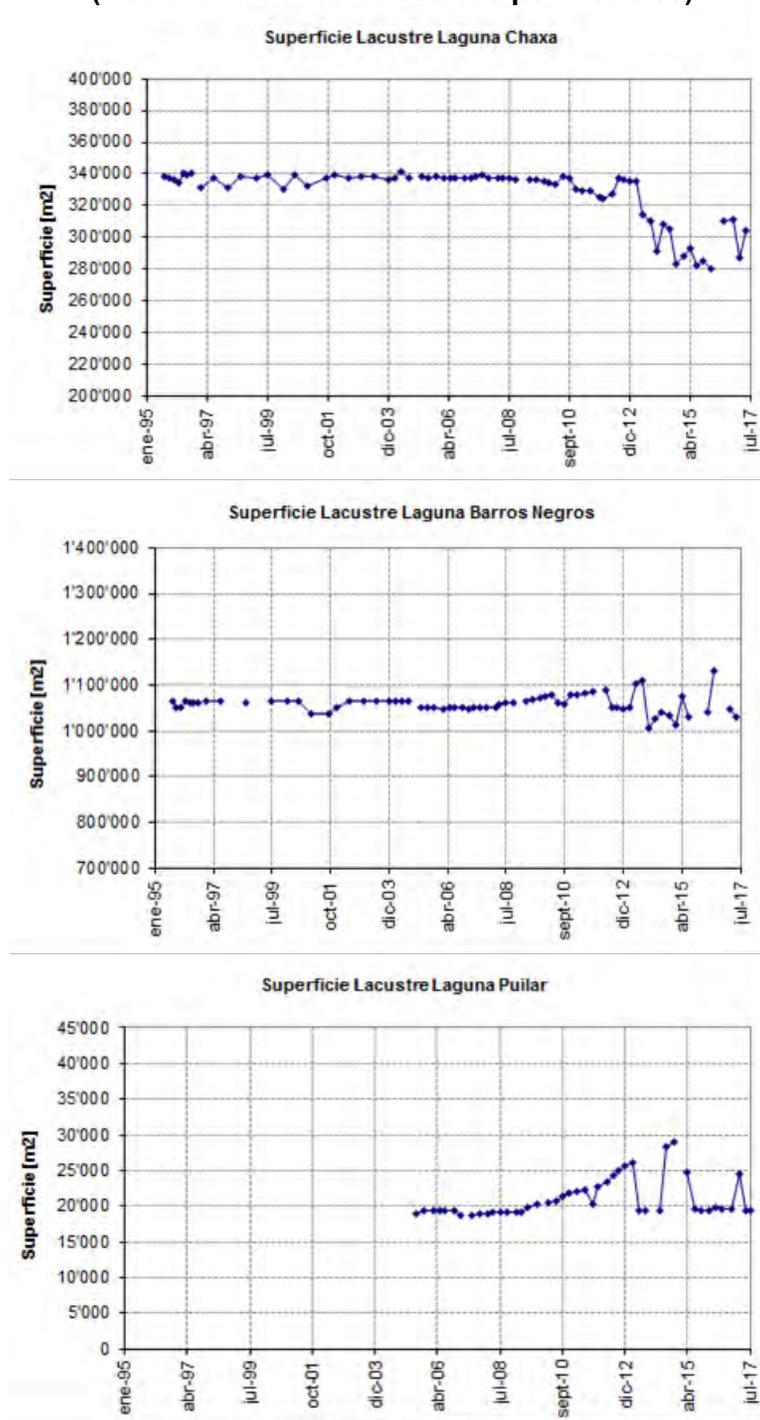
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.1.10 Superficie Lacustre

En la Figura 5-163 se presenta la evolución de la superficie lacustre de los cuerpos de agua del sistema Soncor medidos por CONAF en forma trimestral. Las mediciones realizadas por CONAF son el resultado de las mediciones a través de estacas perimetrales. Con respecto a las mediciones realizadas en el sector de la laguna Puilar, ésta sólo corresponde a la superficie del canal de aporte y no al de la laguna como tal, debido que fue incorporado inicialmente como un seguimiento experimental durante el año 2004.

En la Tabla 5-17 se presentan las mediciones realizadas a través de topografía y del método de imágenes satelitales. Las mediciones de topografía sólo se realizaron hasta el año 2010 con frecuencia anual, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, se estableció que las mediciones de topografía se realizarán cada 5 años siendo la última medición la que se realizó en abril 2015. La metodología aprobada formalmente por la autoridad para realizar la medición es a través de imagen satelital, la que se realiza anualmente en abril. En la Figura 5-164 se grafican los resultados obtenidos a través del método de imágenes satelitales para cada una de las lagunas desde 2009 a 2017.

**Figura 5-160: Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-16: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril de 2014.**

Sistema Lacustre	Laguna	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2008			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2009			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2010			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2011	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2012
		Topografía	Imagen satelital	Dif. (%)	Topografía	Imagen satelital	Dif. (%)	Topografía	Imagen satelital	Dif. (%)	Imagen satelital	Imagen satelital
Soncor	Barros Negros (cuerpo principal)	1.055.856	1.093.625	3,6	1.130.213	1.152.803	2	1.073.413	1.048.924 <sup>23</sup>	2,3	1.083.311	1.085.391
	Barros Negros (áreas aledañas)	-	-	-	-	-	-	173.986	154.737 <sup>24</sup>	12,4	242.137	241.942
	Chaxa	313.750	329.224	5	310.739	336.644	8	309.365	308.357	0,3	305.433	300.248
	Puillar <sup>3</sup>	65.854	63.154	4	76.857	65.439	17	71.311	69.267	3,0	70.003	68.280

**Tabla 5-17: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2013 a abril de 2017.**

Sistema Lacustre	Laguna	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2013	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2014	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2015			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2016	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2017
		Imagen Satelital	Imagen Satelital	Topografía	Imagen Satelital	Dif. (%)	Imagen Satelital	Imagen Satelital
Soncor	Barros Negros (cuerpo principal)	1.063.325	1.064.767	1.128.655	1.116.891	1,0	1.051.449	1.289.158
	Barros Negros (áreas aledañas)	192.643	193.848	389.896	263.359	32,5	131.257 + 13.067 (Barros negros Sur) <sup>25</sup>	207.049 + 312.329 (Barros Negros Sur)
	Chaxa	295.786	296.162	311.239	297.955	4,3	291.397	293.310
	Puillar <sup>26</sup>	68.264	68.419	80.941	68.940	17,4	67.151	69.434

Fuente: Elaboración propia.

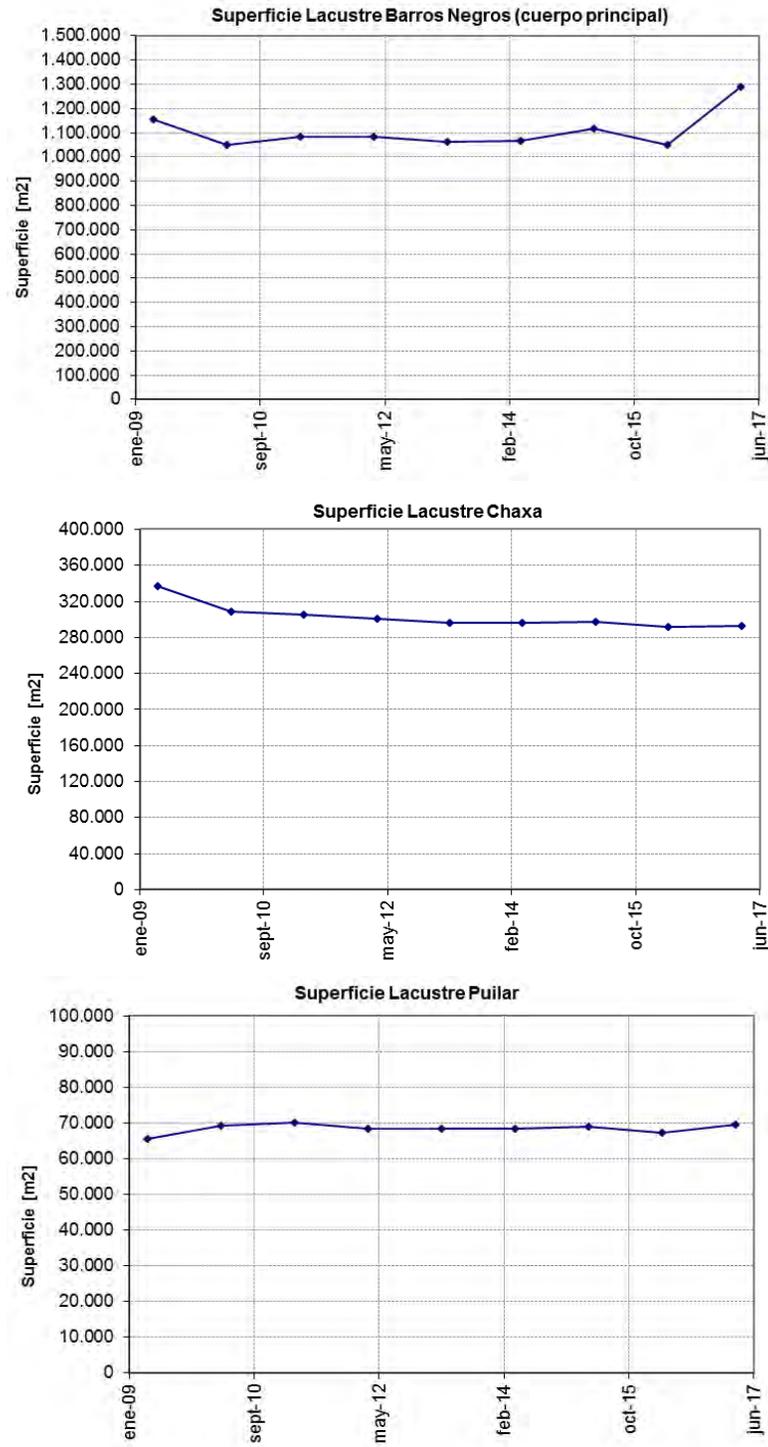
<sup>23</sup> En años anteriores se incorporó dentro de la superficie de esta laguna lo que ahora se definió como área de inundación sector este, la que ahora fue incluida en las áreas de inundación o aledañas. Para efectos de comparación con años anteriores habría que sumar la superficie de este sector (40.084 m<sup>2</sup>) a la superficie indicada, quedando en 1.089.008 m<sup>2</sup>

<sup>24</sup> El monitoreo 2010 incluye dos áreas de inundación más que los monitoreos anteriores (2008-2009), esto se debe a que así quedó establecido en la metodología aprobada a través de la resolución exenta 244/2010. La superficie de áreas de inundación (154.737 m<sup>2</sup>) corresponde al Sector conocido como Cola de Pez (104.729 m<sup>2</sup>), Sector este (40.084 m<sup>2</sup>) y sector Sur (9.924 m<sup>2</sup>).

<sup>25</sup> A partir del 2016 se comienza a hacer un seguimiento al desborde sur de la Laguna Barros Negros

<sup>26</sup> En el monitoreo 2010, las superficies fueron calculadas mediante límites adicionales propuestos. Conforme a lo anterior, a fin de comparar los resultados con los monitoreos pasados, los resultados según análisis satelital y topografía, considerando límites históricos, corresponderían a 68.977 m<sup>2</sup> y 70.236 m<sup>2</sup> respectivamente. La variación entre metodología sería a 1.8%

**Figura 5-161: Evolución de la superficie lacustre sistema Soncor medida a través de imágenes satelitales**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2 Sistema Aguas de Quelana

Los puntos de monitoreo en el sistema Aguas de Quelana se ubican al este del Salar de Atacama, entre las coordenadas 7.415.000 a 7.400.000 norte y 585.000 a 602.000 este.

En la Figura 5-165 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo y en la Tabla 5-19 su clasificación de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera), y a su tipología (pozo profundo, pozo somero, reglilla y medición continua).

**Tabla 5-18: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana**

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología
L3-2	Zona aluvial	Pozo profundo
L4-3	Zona aluvial	Pozo somero
L4-4	Zona aluvial	Pozo somero
L5-1	Zona aluvial	Pozo profundo
L5-2	Zona aluvial	Pozo profundo
GD-02	Zona marginal	Pozo profundo
L3-3	Zona marginal	Pozo somero
L3-8	Zona marginal	Pozo somero
L3-11	Zona marginal	Pozo somero
L3-12	Zona marginal	Pozo somero
L3-14	Zona marginal	Pozo somero
L4-5	Zona marginal	Pozo somero
L4-11	Zona marginal	Pozo somero
L4-14	Zona marginal	Pozo somero
L4-15	Zona marginal	Pozo somero
L5-9	Zona marginal	Pozo somero
L5-11	Zona marginal	Pozo somero
L5-12	Zona marginal	Pozo somero
L5-13	Zona marginal	Pozo somero
L5-15	Zona marginal	Pozo somero
L13-5	Zona marginal	Pozo somero
L13-6	Zona marginal	Pozo somero
L13-7	Zona marginal	Pozo somero
L14-1	Zona marginal	Pozo somero
L14-2	Zona marginal	Pozo somero
L14-3	Zona marginal	Pozo somero
L14-5	Zona marginal	Pozo somero
L14-6	Zona marginal	Pozo somero
L14-7	Zona marginal	Pozo somero
L5-G3	Zona marginal	Reglilla
L4-10	Zona marginal	Reglilla
L3-5	Zona marginal	Continuo
L3-6	Zona marginal	Continuo
L3-7	Zona marginal	Continuo
L3-9	Zona marginal	Continuo
L3-10	Zona marginal	Continuo
L3-13	Zona marginal	Continuo
L4-7	Zona marginal	Continuo

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología
L4-8	Zona marginal	Continuo
L4-9	Zona marginal	Continuo
L4-12	Zona marginal	Continuo
L4-13	Zona marginal	Continuo
L5-3	Zona marginal	Continuo
L5-6	Zona marginal	Continuo
L5-7	Zona marginal	Continuo
L5-8	Zona marginal	Continuo
L5-10	Zona marginal	Continuo
L5-14	Zona marginal	Continuo
L13-1	Zona marginal	Continuo
L13-2	Zona marginal	Continuo
L13-3	Zona marginal	Continuo
L13-4	Zona marginal	Continuo
L14-4	Zona marginal	Continuo
D2	Salmuera	Pozo profundo
L3-4 (SOPM -08)	Salmuera	Pozo profundo
L4-6	Salmuera	Pozo profundo
L4-16	Salmuera	Pozo somero
L5-4	Salmuera	Pozo profundo
SOPM -09	Salmuera	Pozo profundo
Camar 2	Zona aluvial	Pozo profundo
Socaire 5B	Zona aluvial	Pozo profundo
Camar 2	Zona Aluvial	Pozo de bombeo
Socaire 5B	Zona Aluvial	Pozo de Bombeo

Fuente: Elaboración propia.

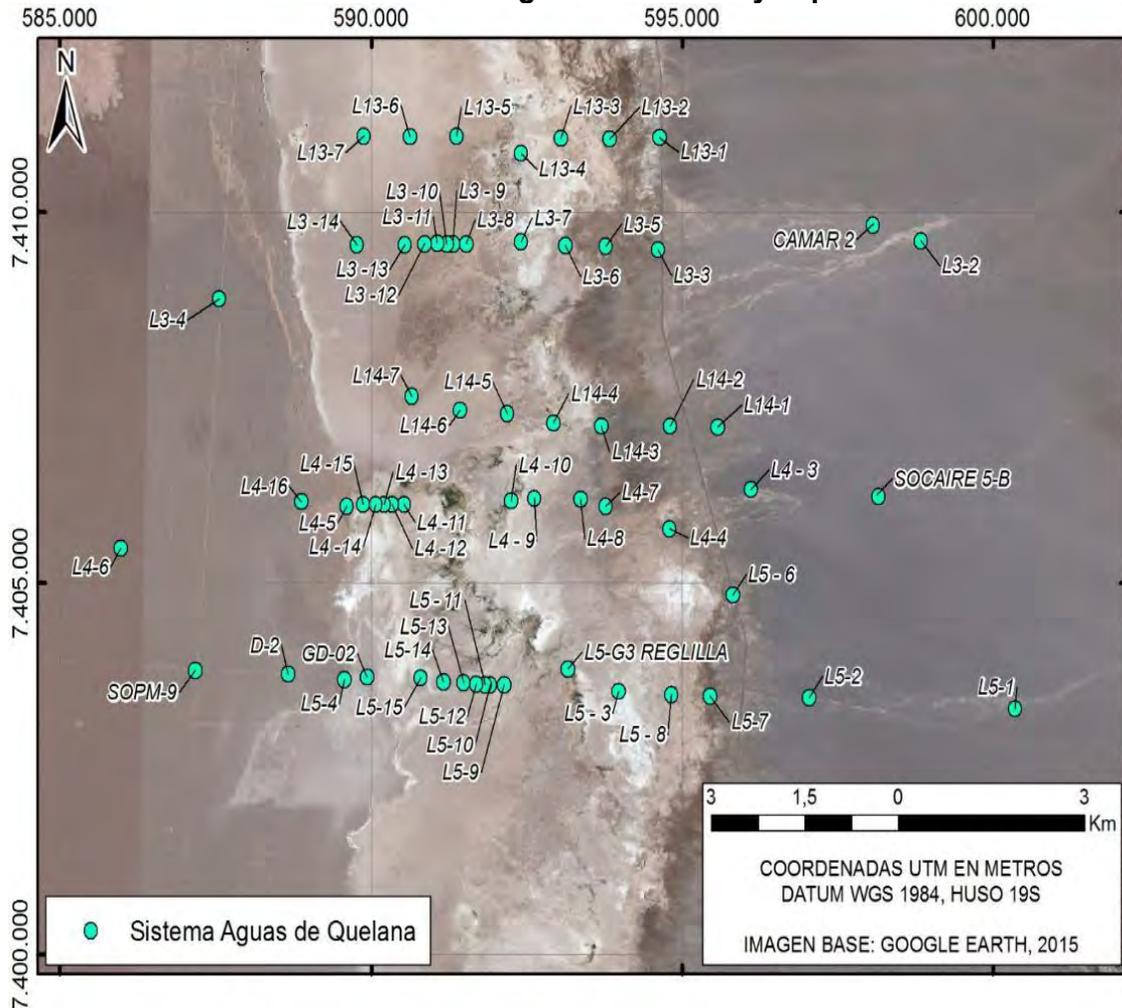
### 5.3.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Aguas de Quelana.

Los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 son parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, pero serán presentados sólo en esta sección. El pozo L3-4, también denominado SOPM-8, es parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Núcleo del Salar de Atacama y solo se presentará en la sección asociada al Sistema Aguas de Quelana.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, BIOMA realizó visitas y validaciones (junio 2017) en este sistema en los pozos L9-1, L9-2, L5-7, L5-8, L6-6, L4-3, L4-7, L4-10, L3-3, L3-5, L3-15, L2-28, L2-27, L2-26, L2-4, L2-7, L1-17, L1-3, L7-14, L7-3, L7-13, L7-6, 1027 y L7-7.

**Figura 5-162: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana. Nivel del agua subterránea y superficial**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2.1.1 Pozos en zona aluvial

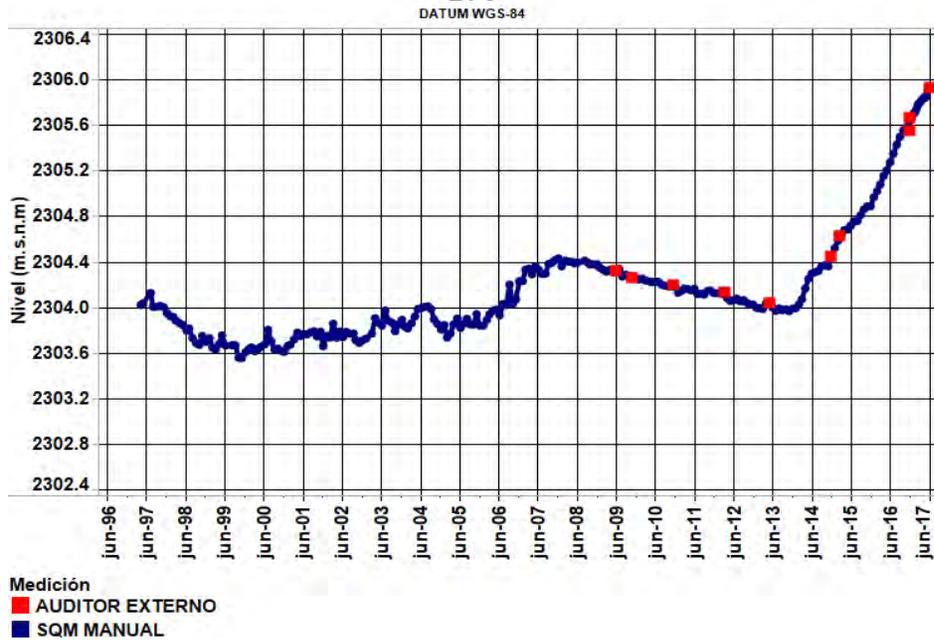
Los pozos L3-2, L4-3, L4-4, L5-1 y L5-2 corresponden a pozos de la zona aluvial ubicados un acuífero de agua dulce, los cuales se presentan a continuación:

**Figura 5-163: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-2**



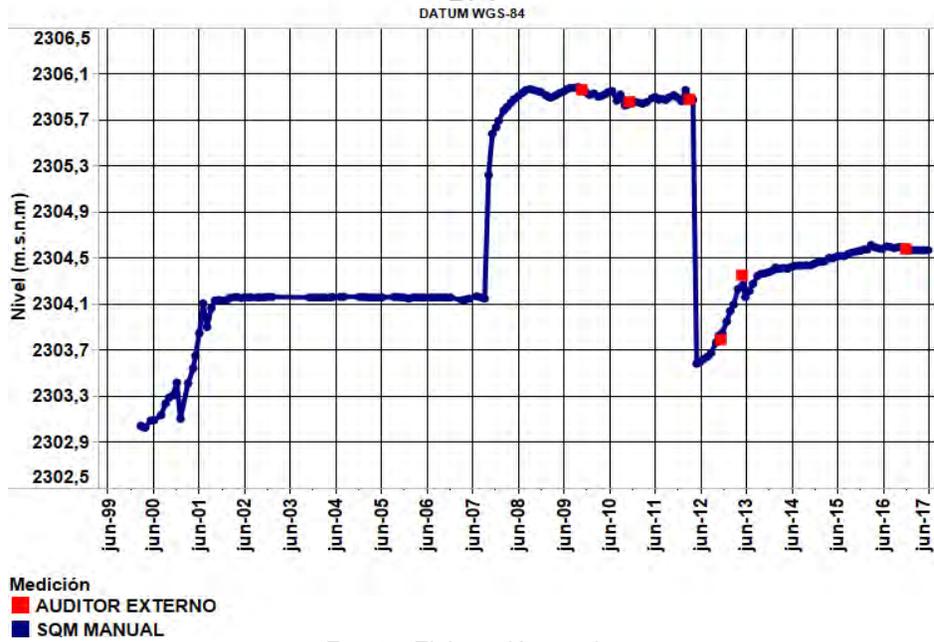
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-164: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3**



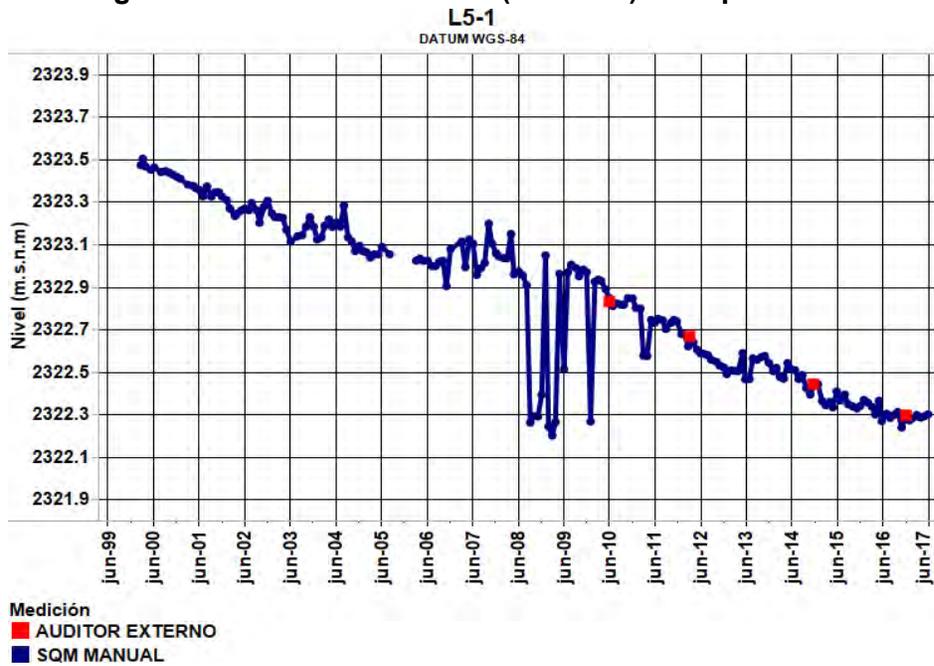
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-165 Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-4**



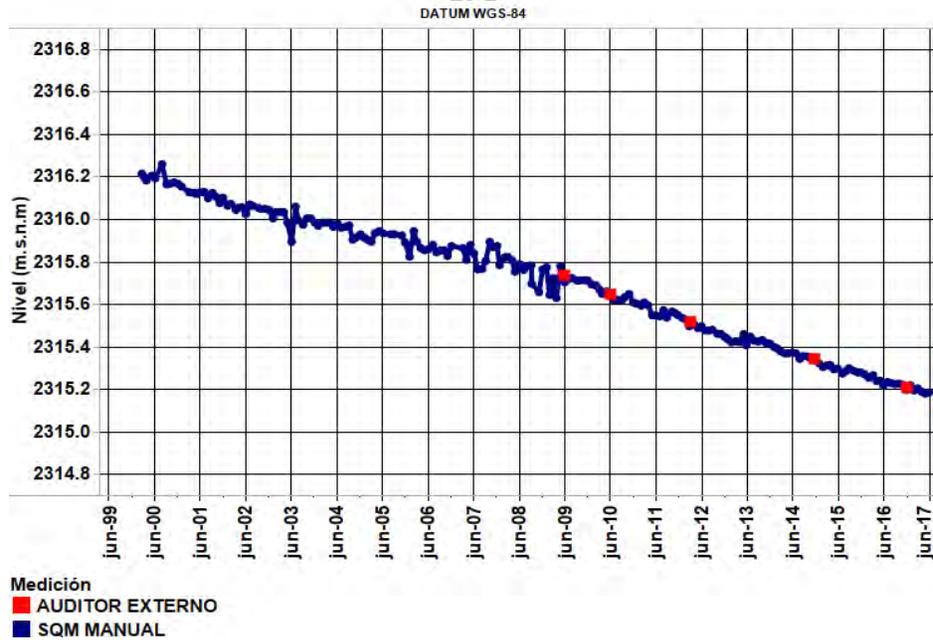
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-166 Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-167: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-2**

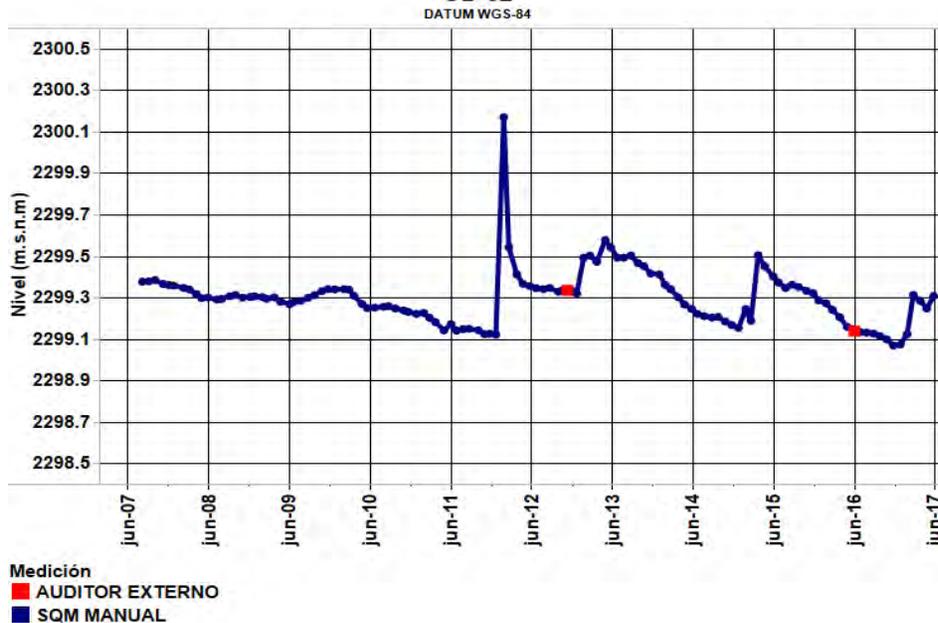


Fuente: Elaboración

### 5.3.2.1.2 Pozos en zona marginal

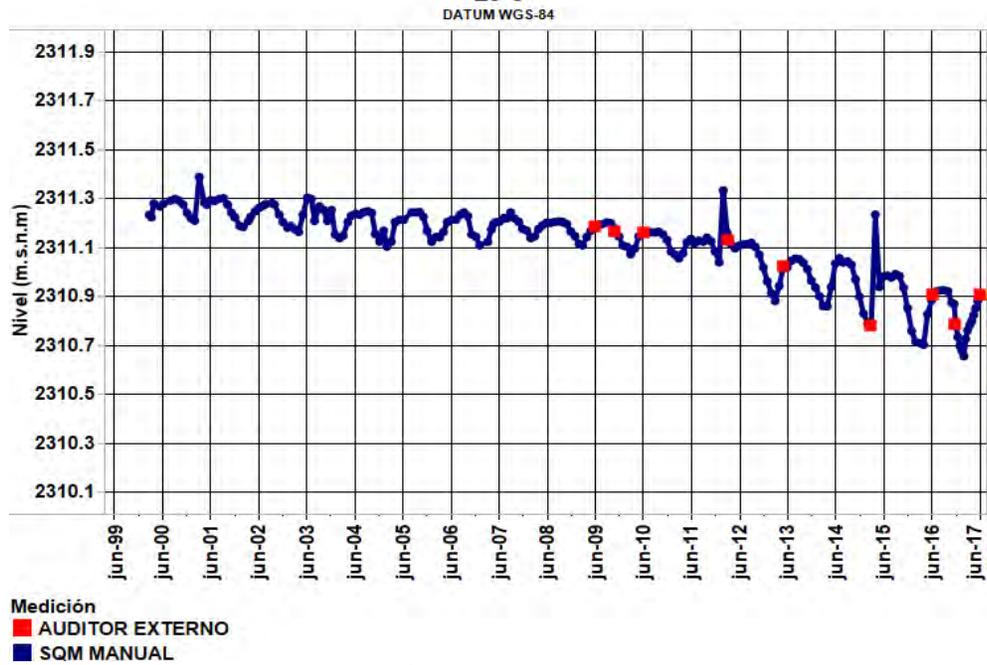
Desde la Figura 5-171 a Figura 5-194 se exponen los pozos del Sistema Aguas de Quelana ubicados en la zona marginal. Cabe destacar los pozos L3-3 y L4-5 son los únicos pozos en la zona marginal con datos anteriores a 2007.

**Figura 5-168: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-02**



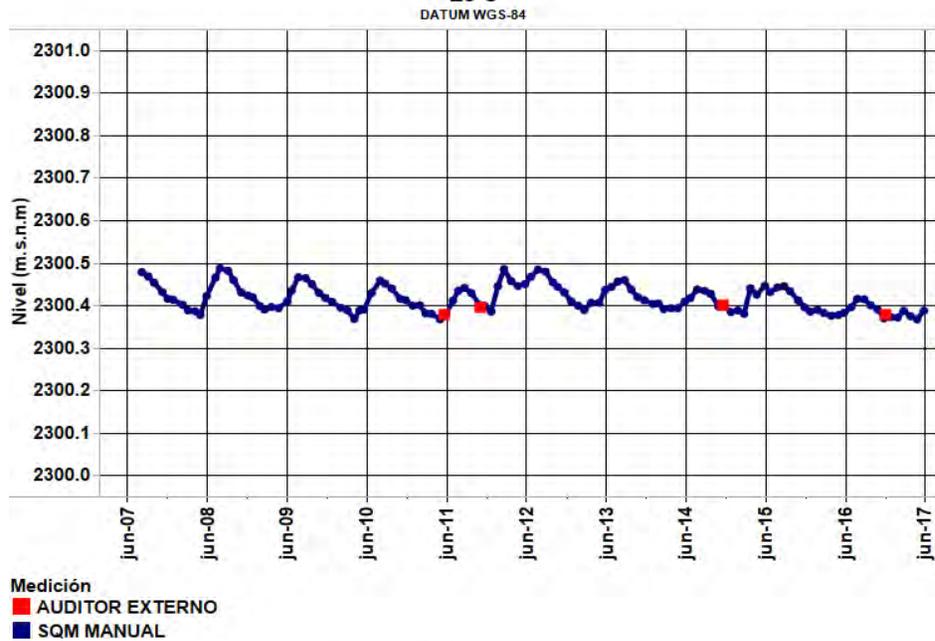
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-169: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3**



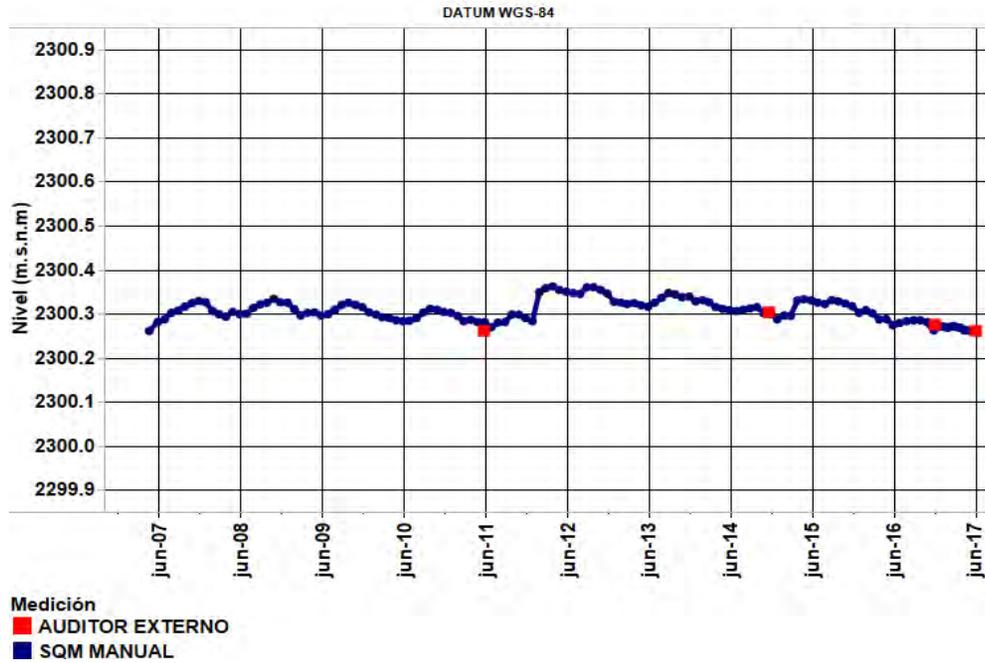
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-170: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-8**



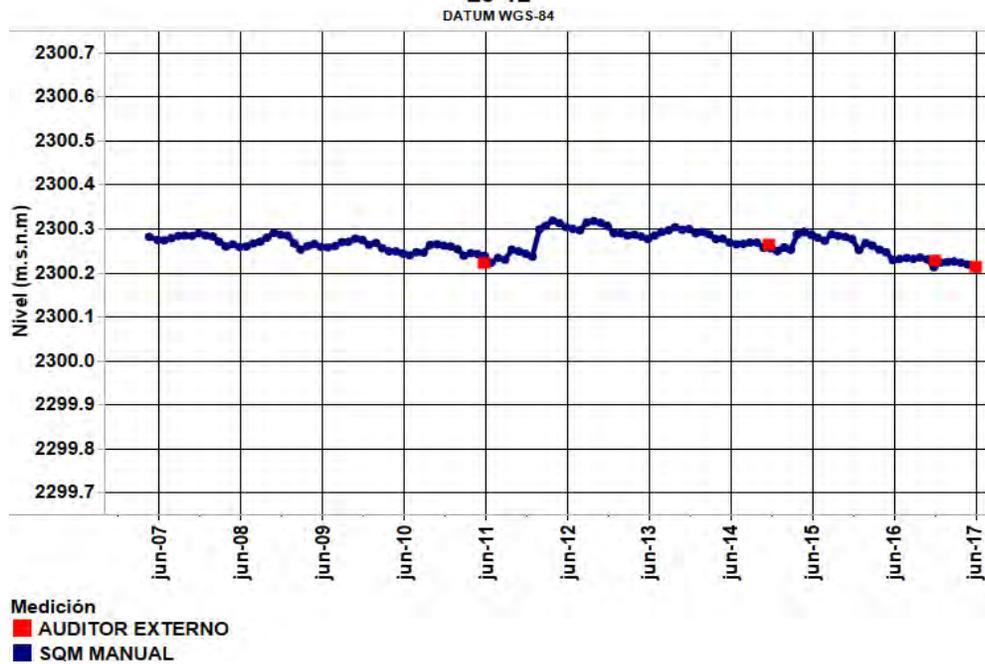
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-171: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-11**



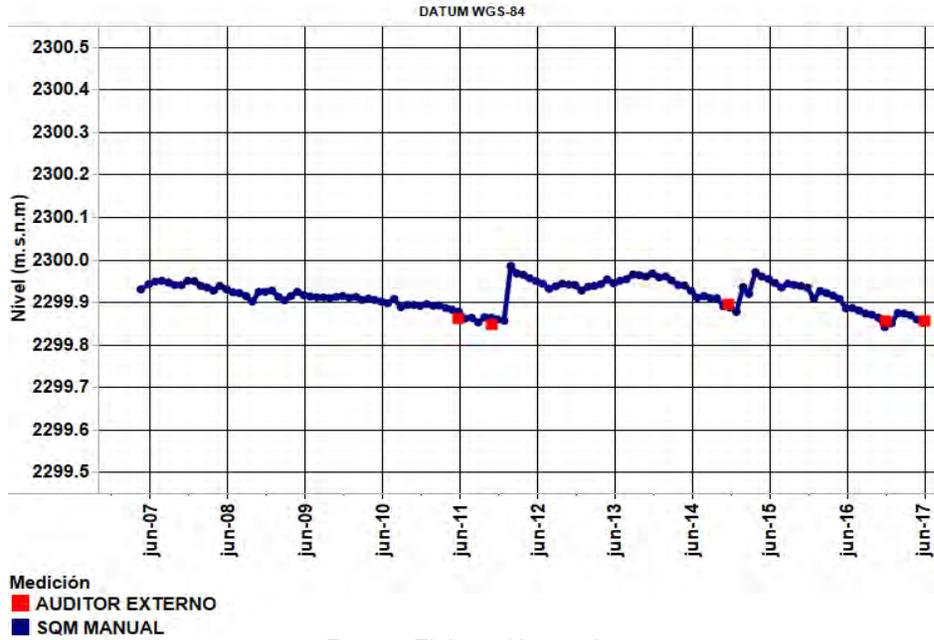
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-172: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-12**



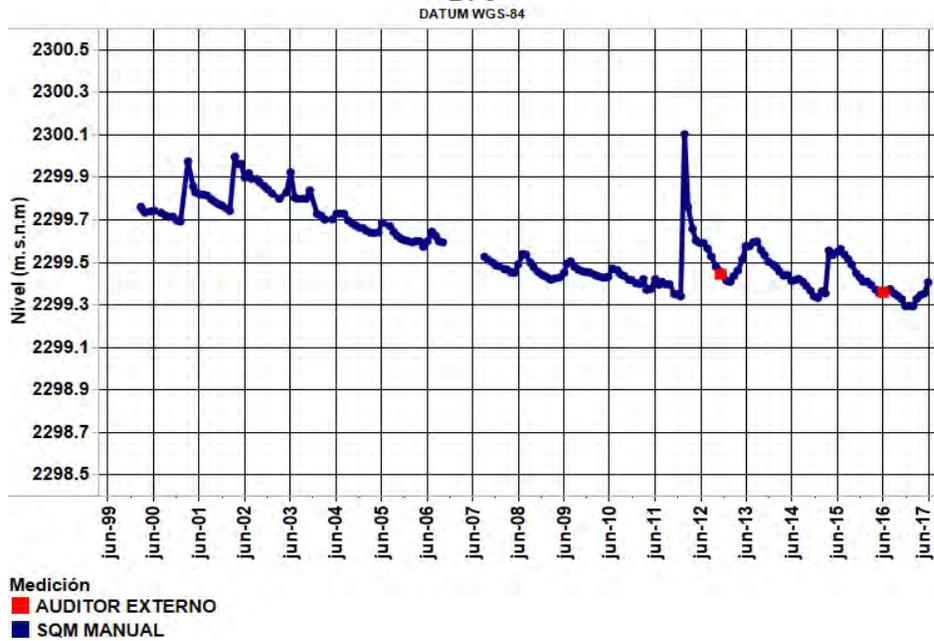
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-173: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-14**



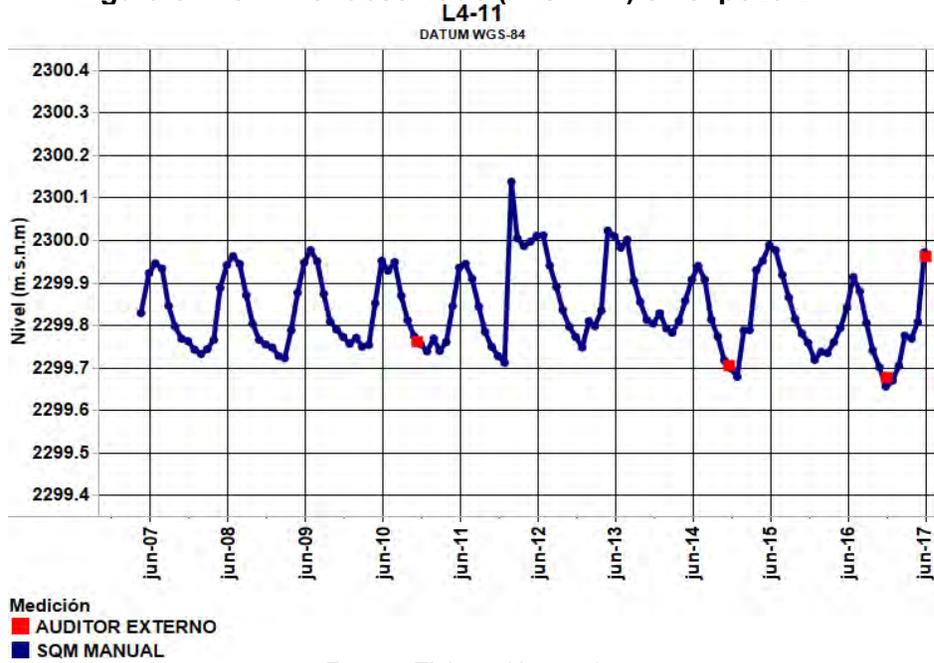
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-174: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-5**



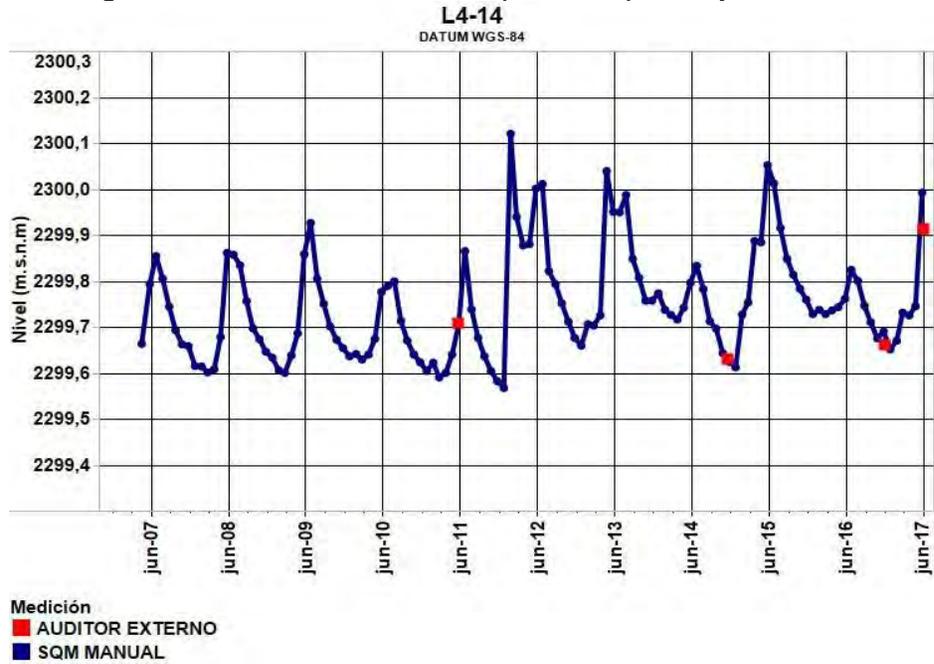
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-175: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-11**



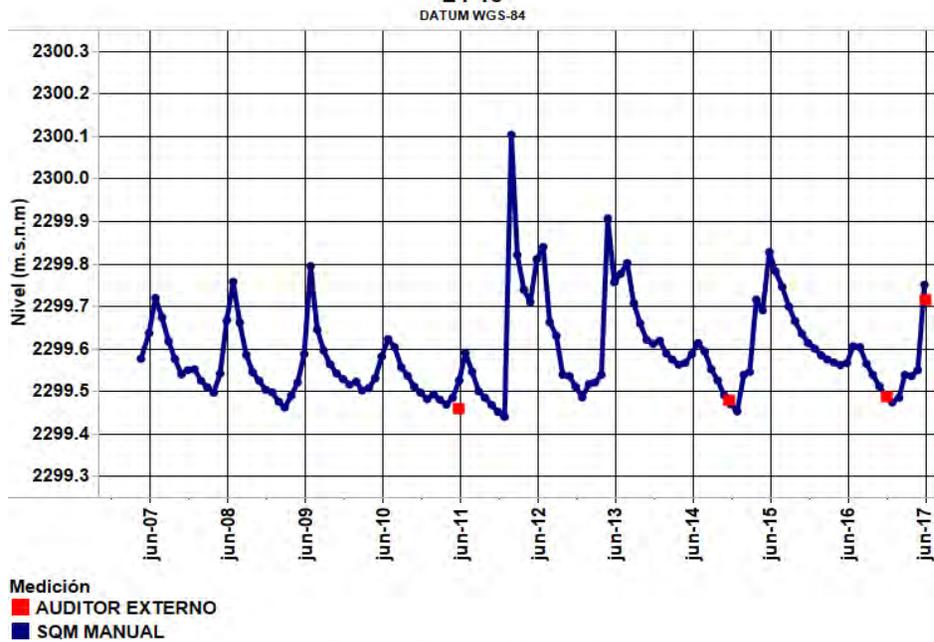
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-176: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-14**



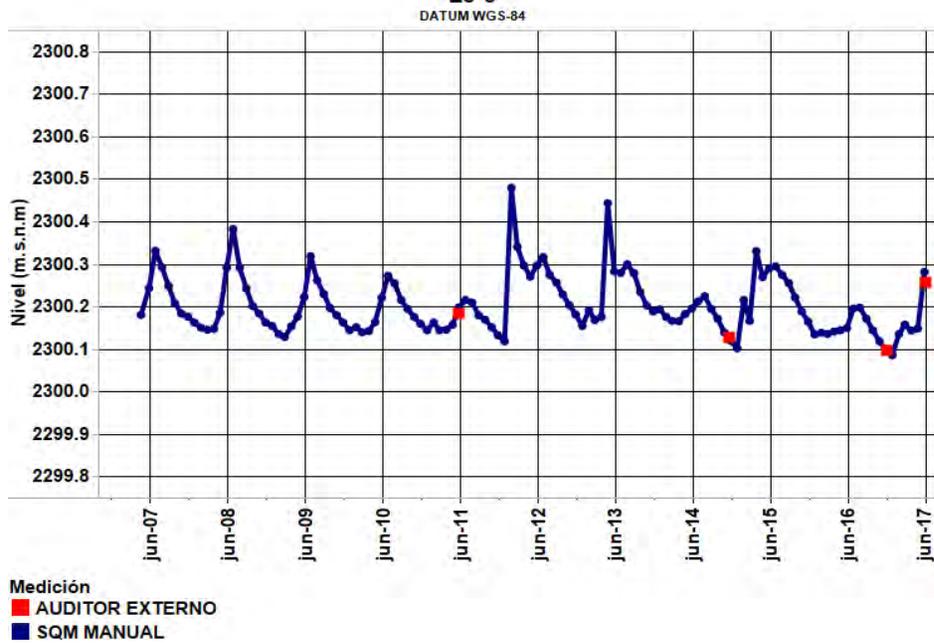
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-177: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-15**



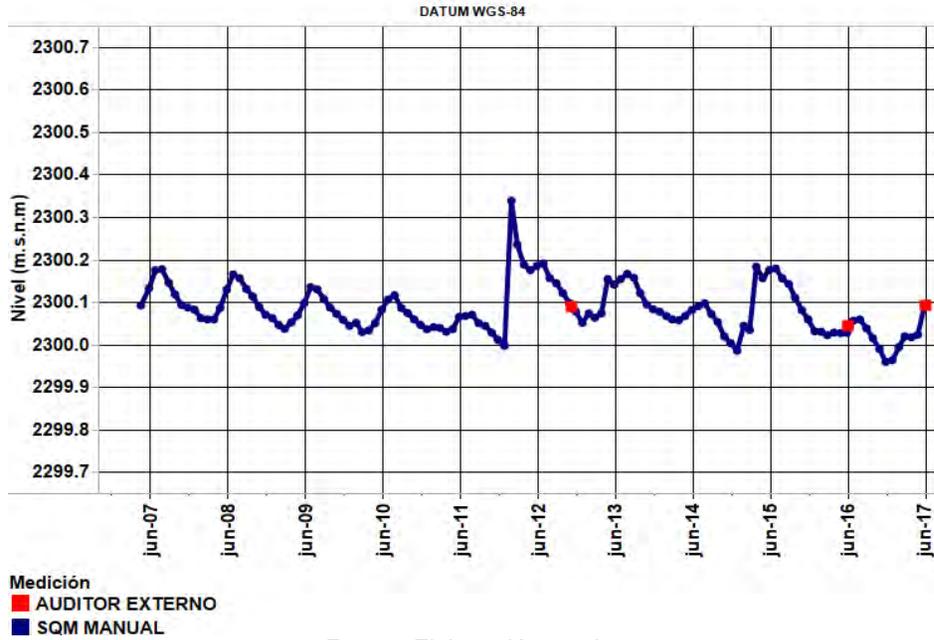
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-178: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-9**



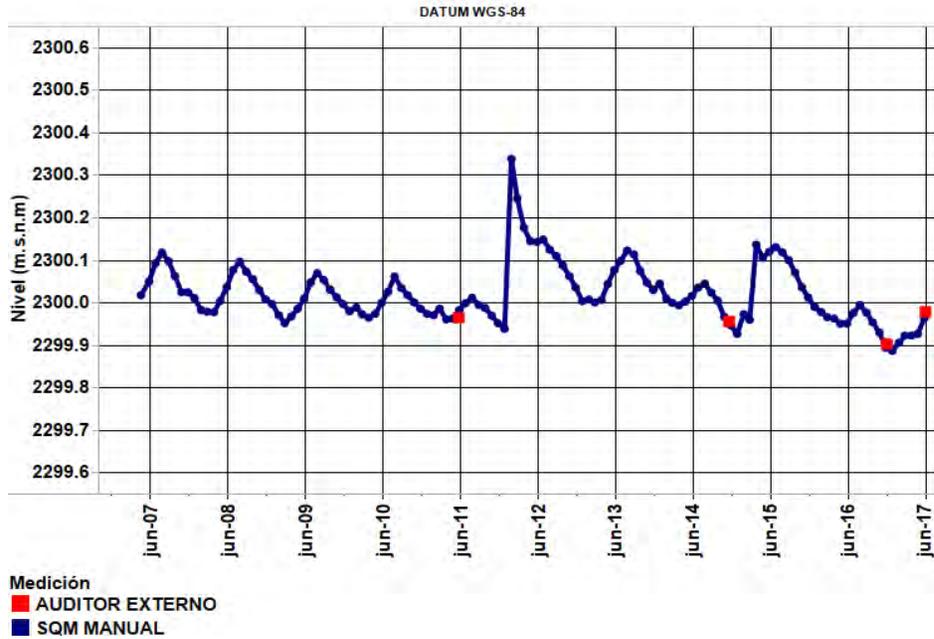
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-179: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-11**



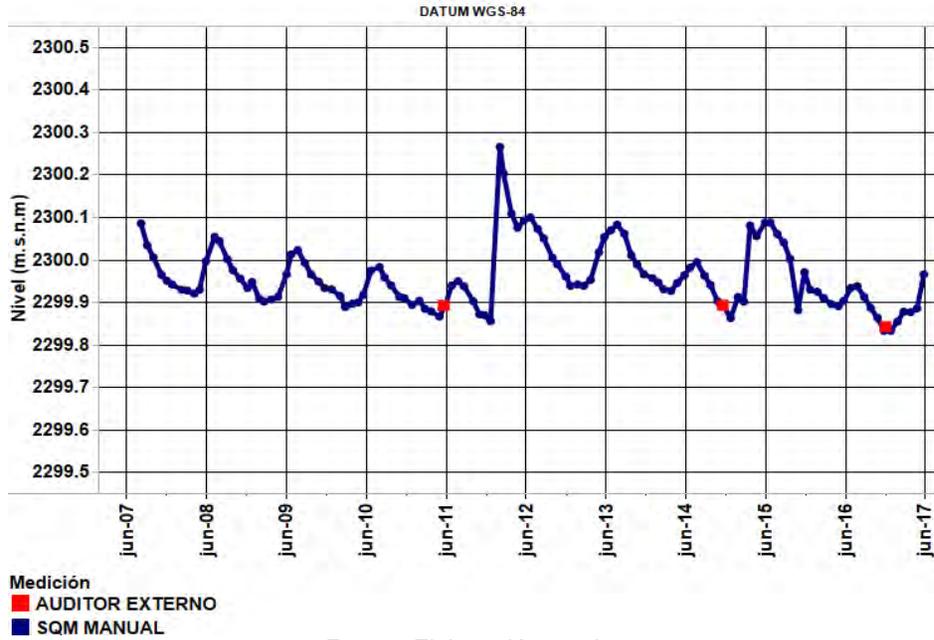
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-180: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-12**



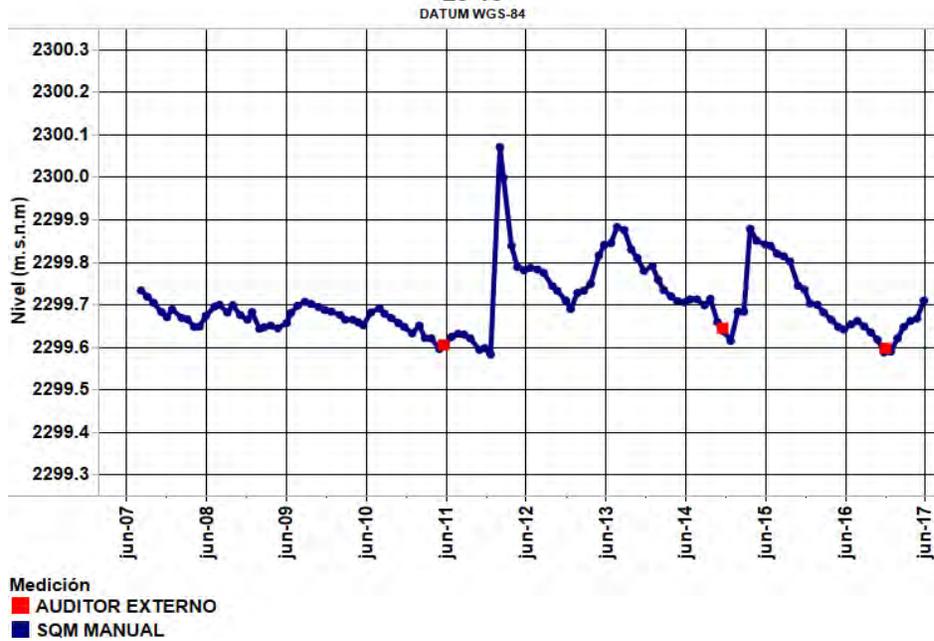
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-181: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-13**



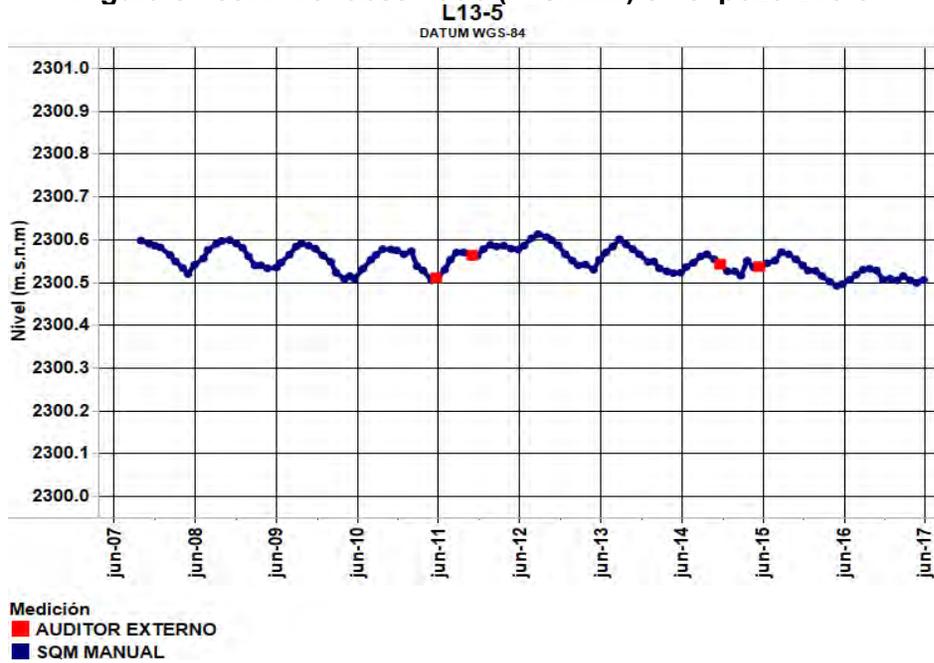
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-182: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-15**



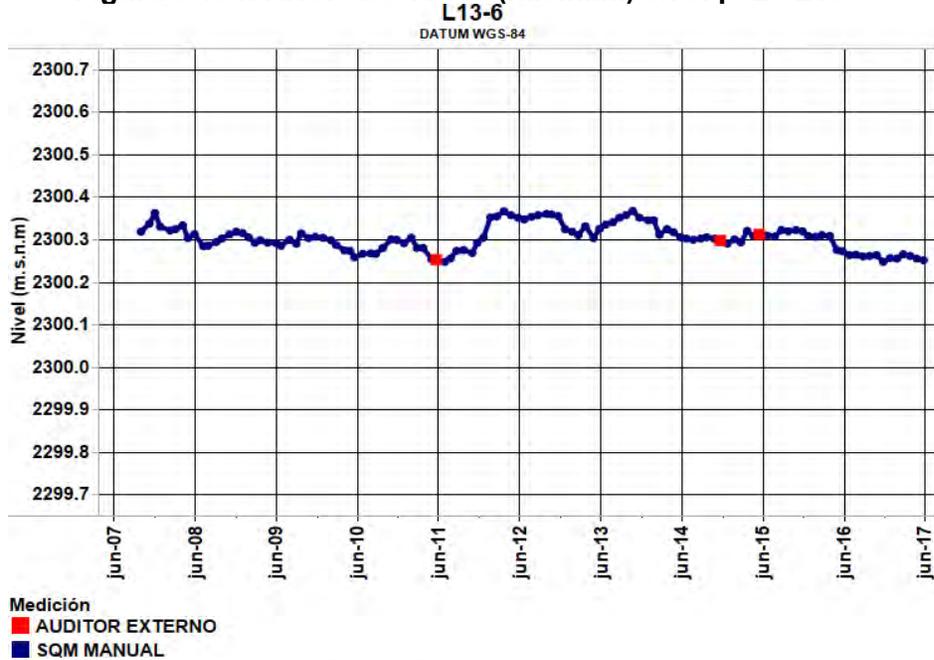
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-183: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5**



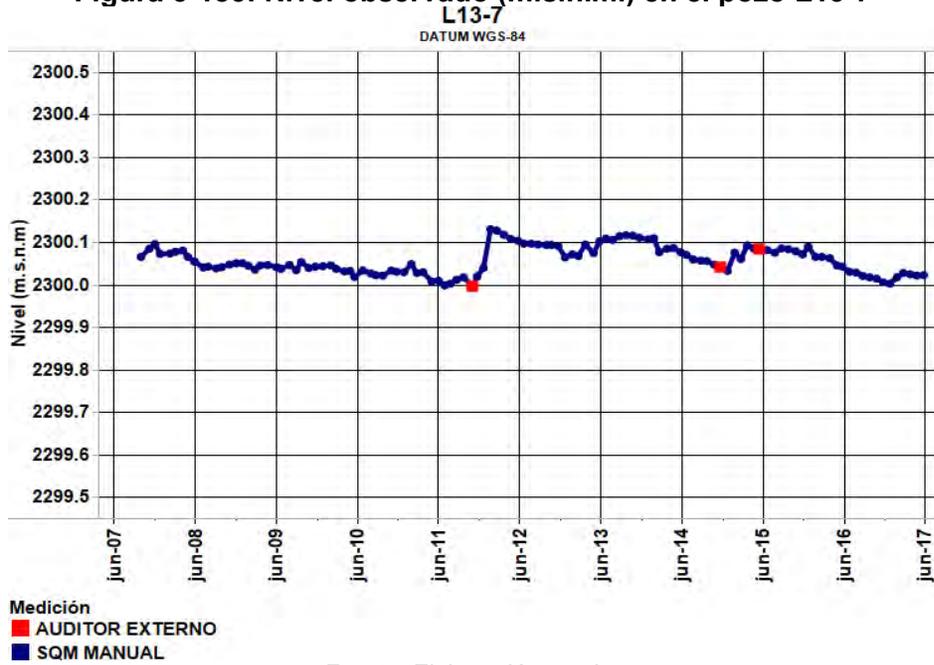
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-184: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-6**



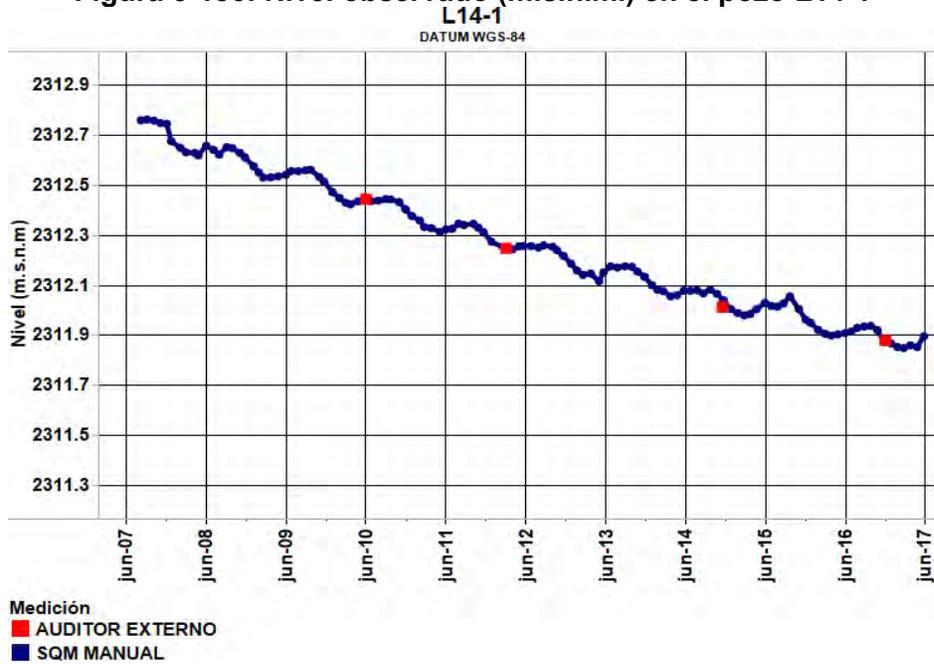
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-185: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-7**



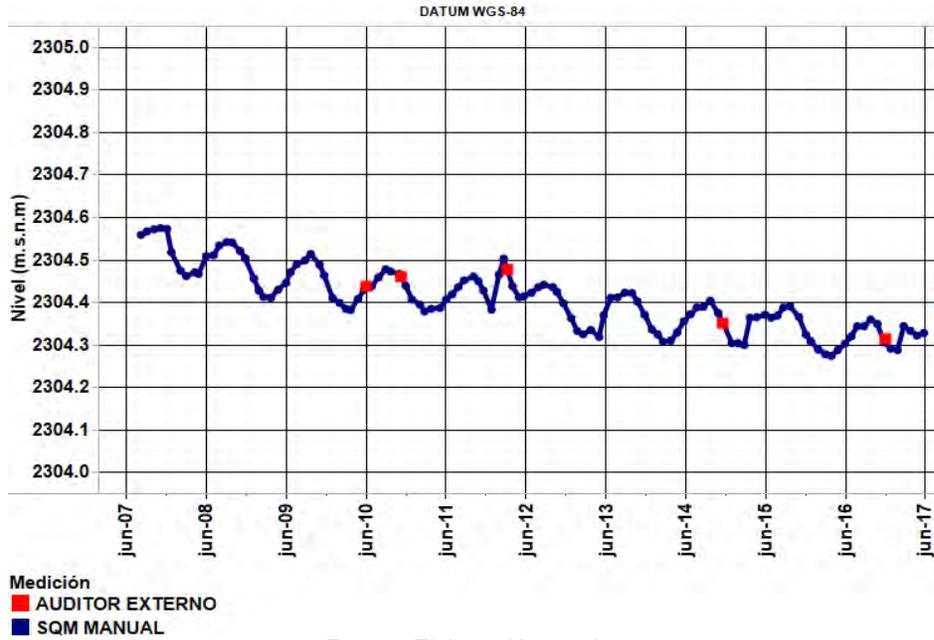
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-186: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1**



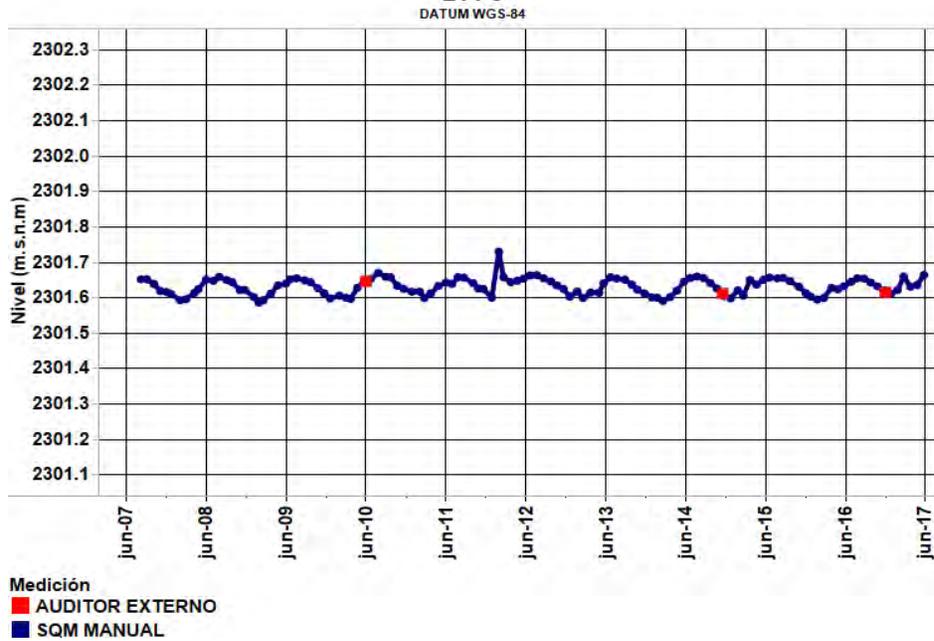
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-187: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-2**



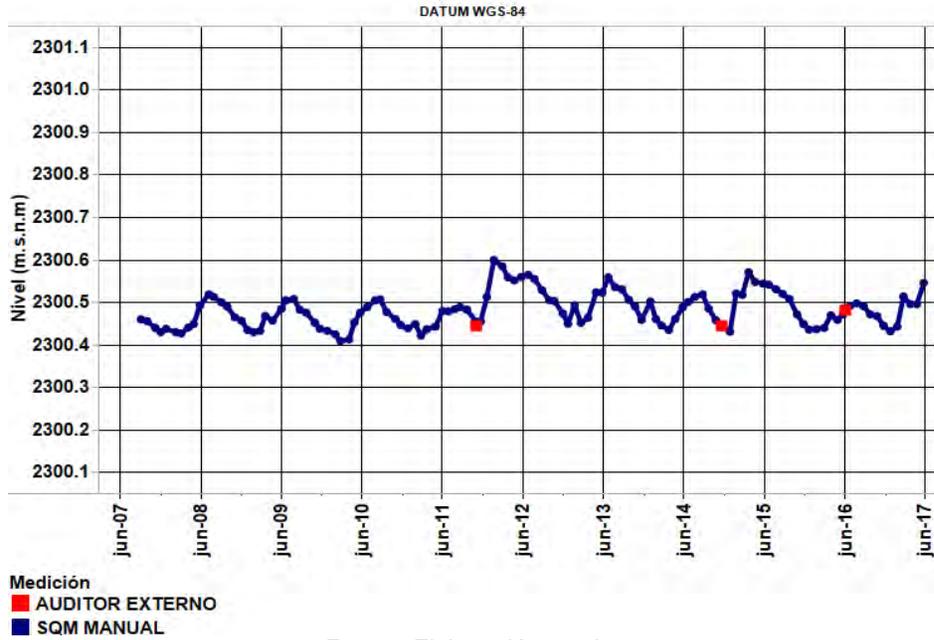
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-188: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-3**



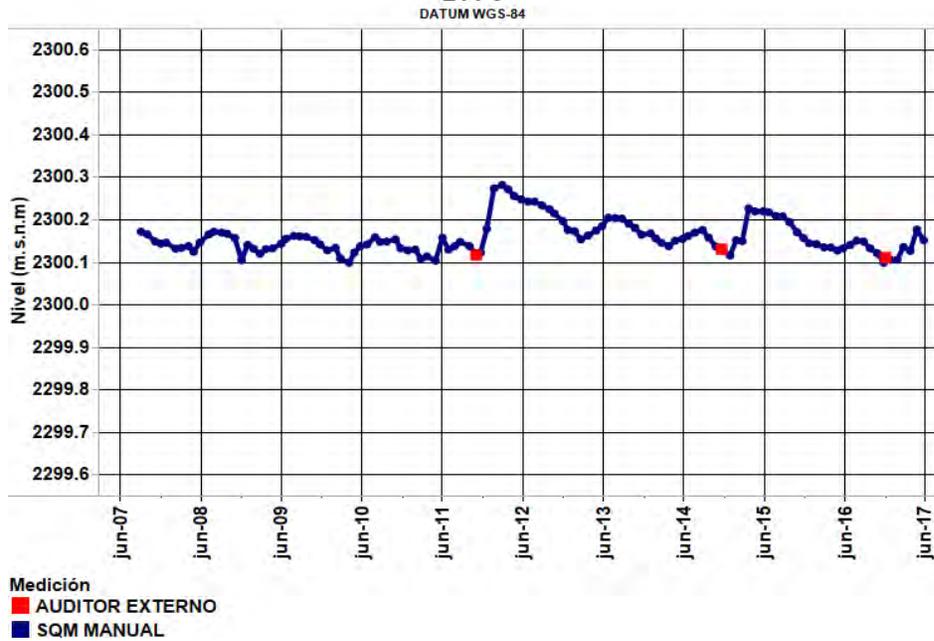
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-189: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-5**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-190: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-6**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-191: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-7**

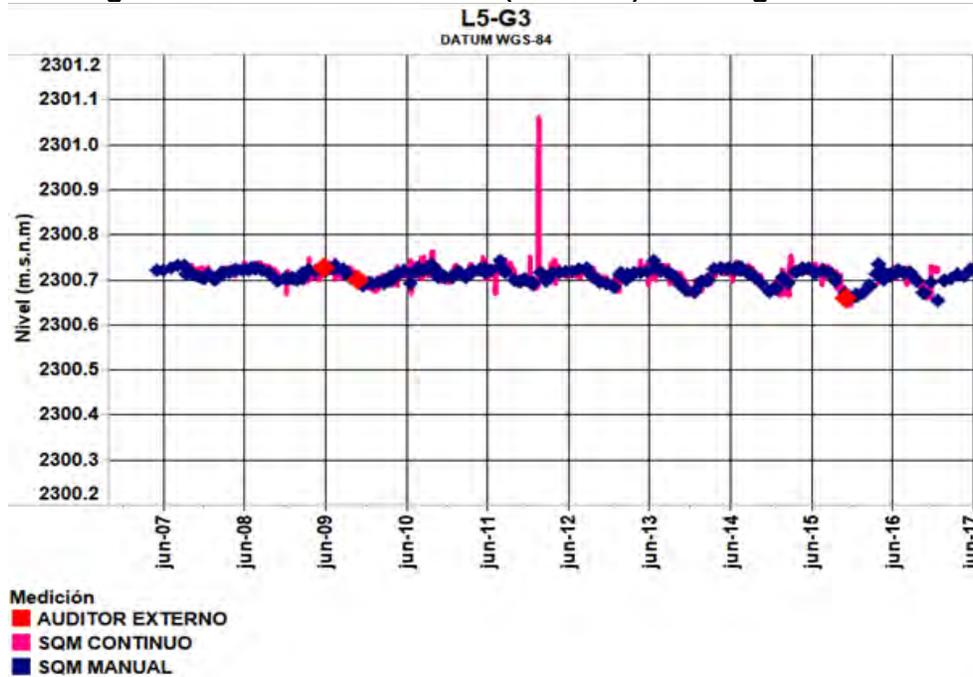


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2.1.3 Reglillas

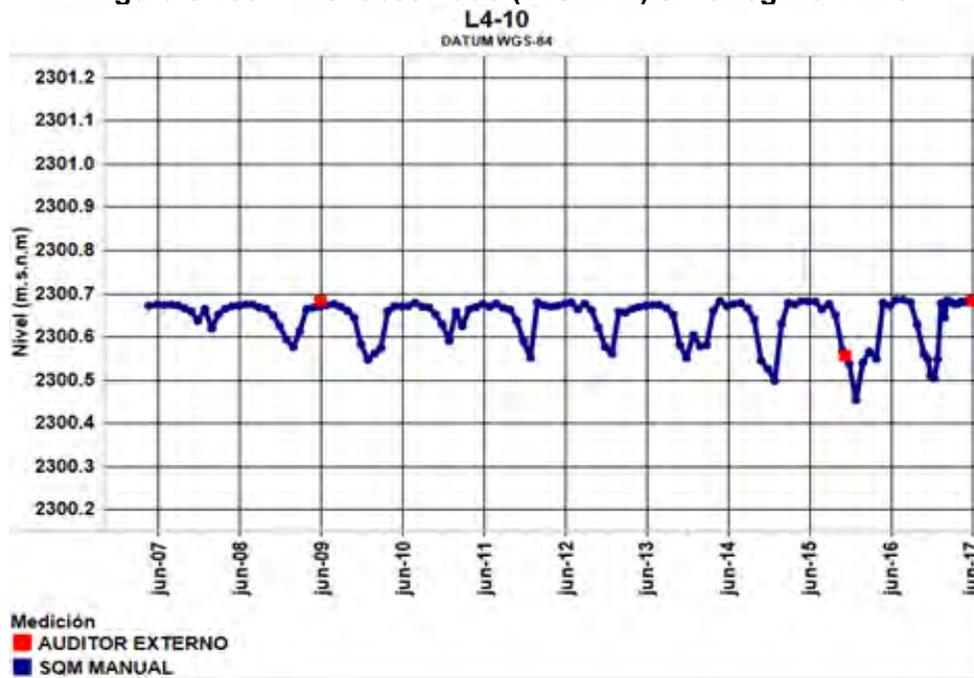
Desde la Figura 5-195 a la Figura 5-196 se muestra los niveles mensuales observados en las reglillas ubicadas en el sector Aguas de Quelana.

**Figura 5-192: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L5-G3.**



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-193: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L4-10

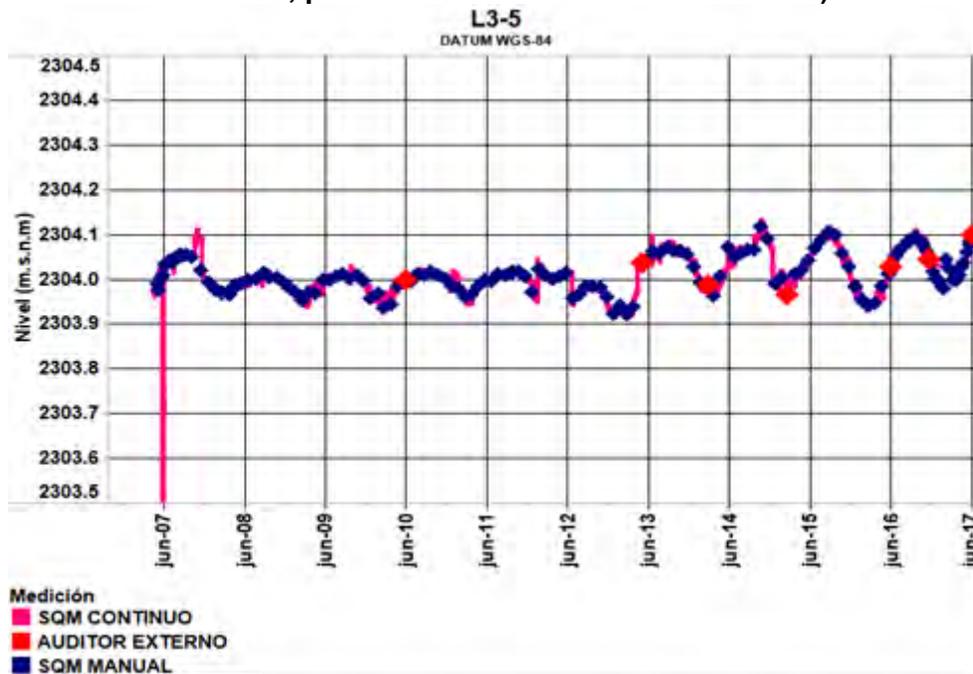


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2.1.4 Pozos con medición continua

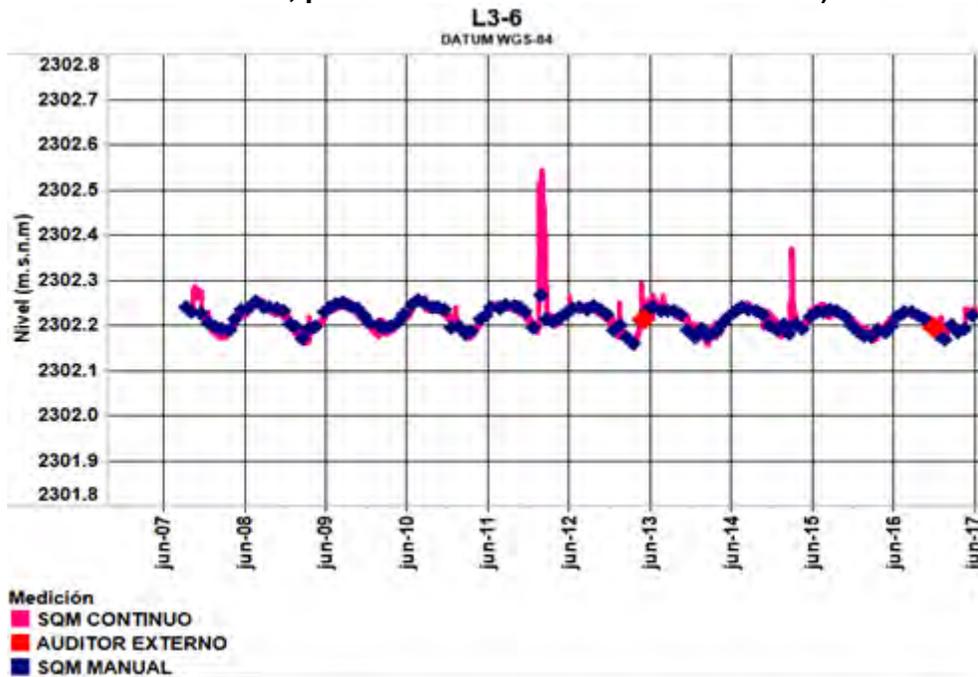
En Aguas de Quelana se implementaron 22 pozos con medición continua de nivel, los cuales se presentan desde la Figura 5-197 hasta la Figura 5-218. Es importante recordar que aquellos pozos ubicados en sectores con densidad del agua variable deben ser recalibrados permanentemente.

**Figura 5-194: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



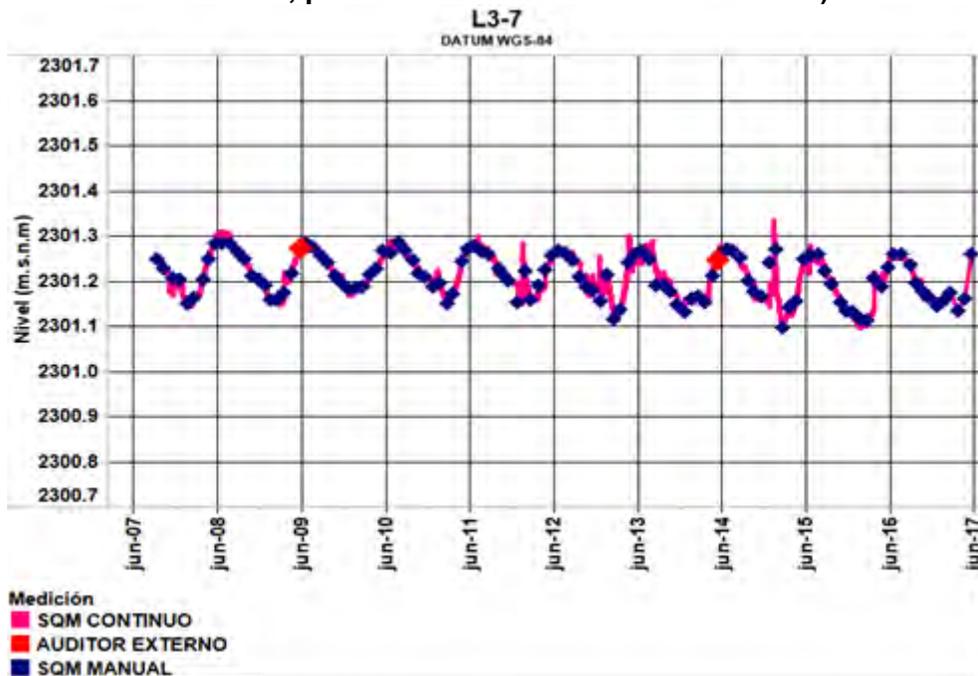
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-195: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



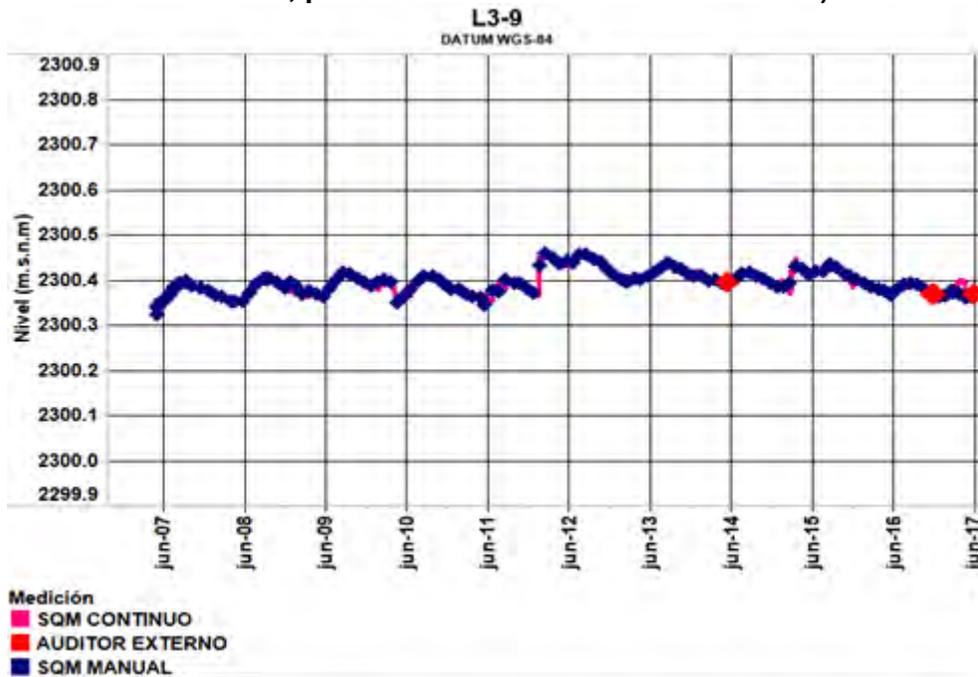
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-196: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



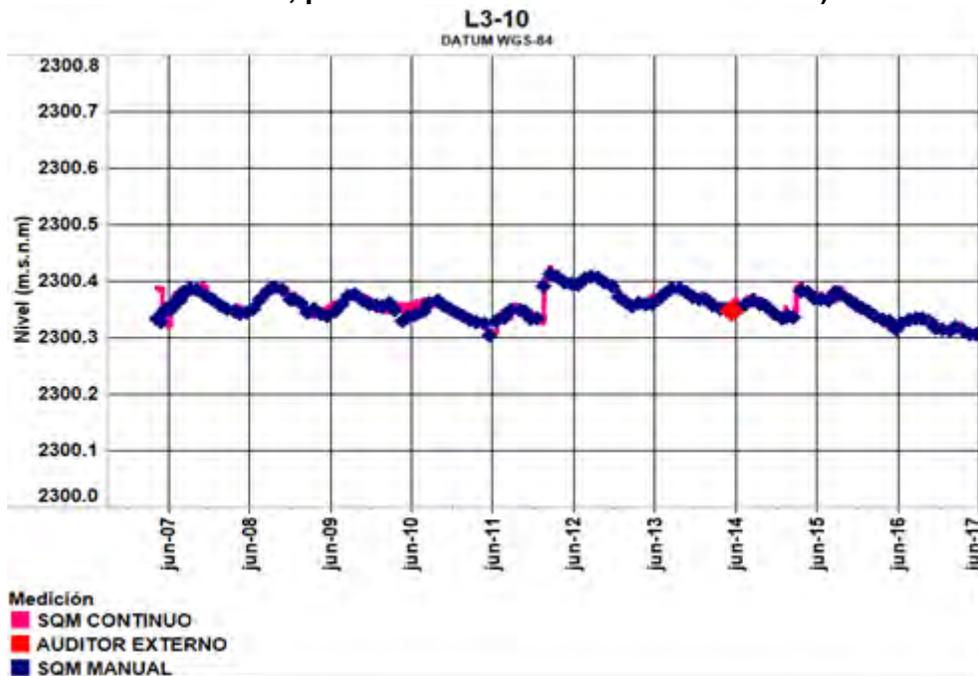
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-197: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



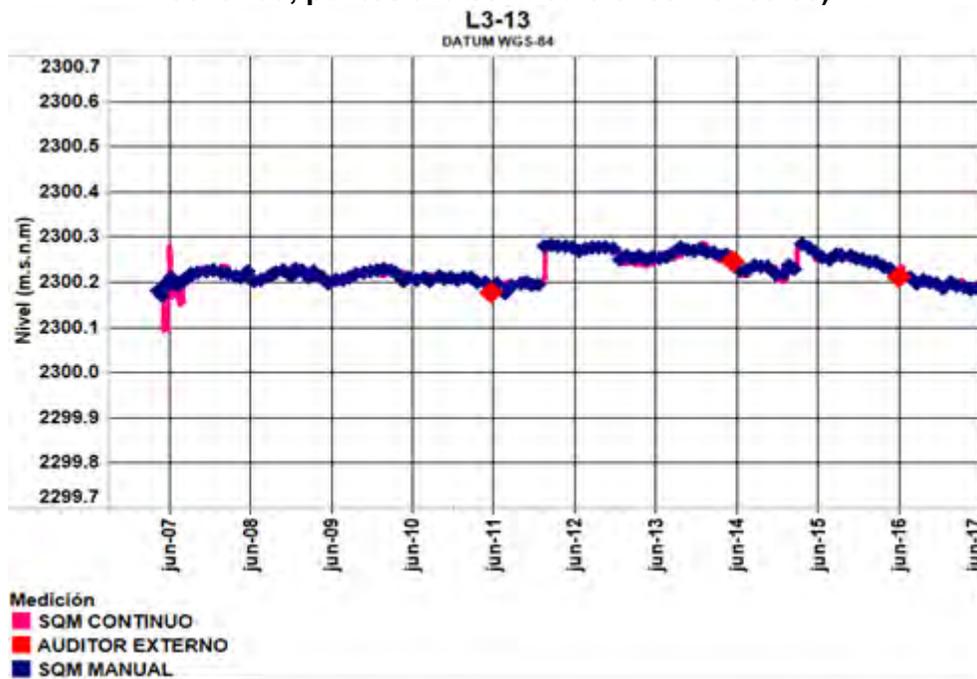
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-198: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



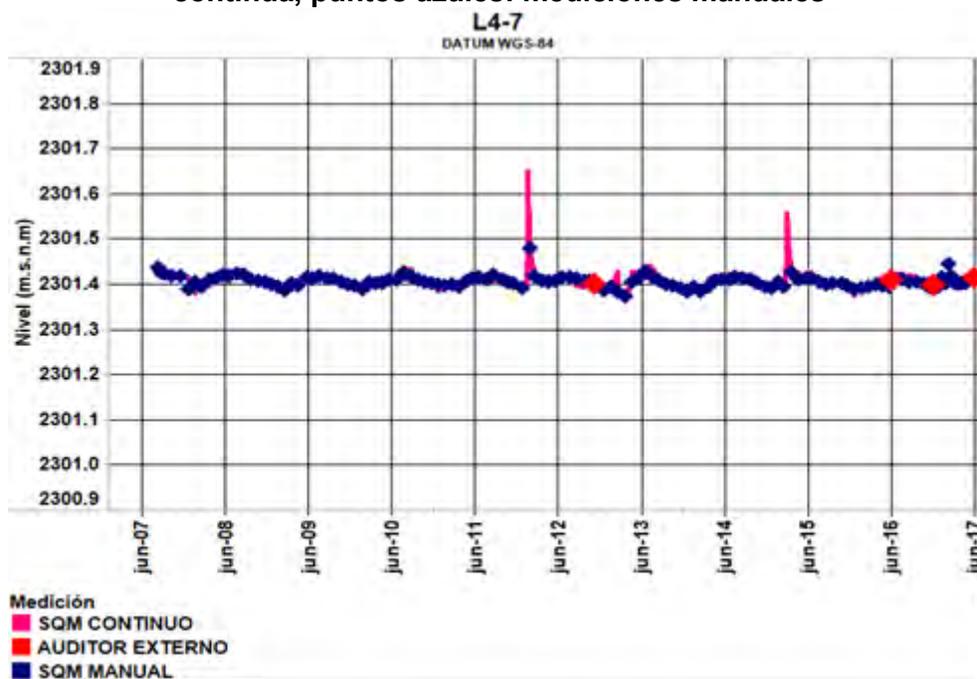
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-199: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



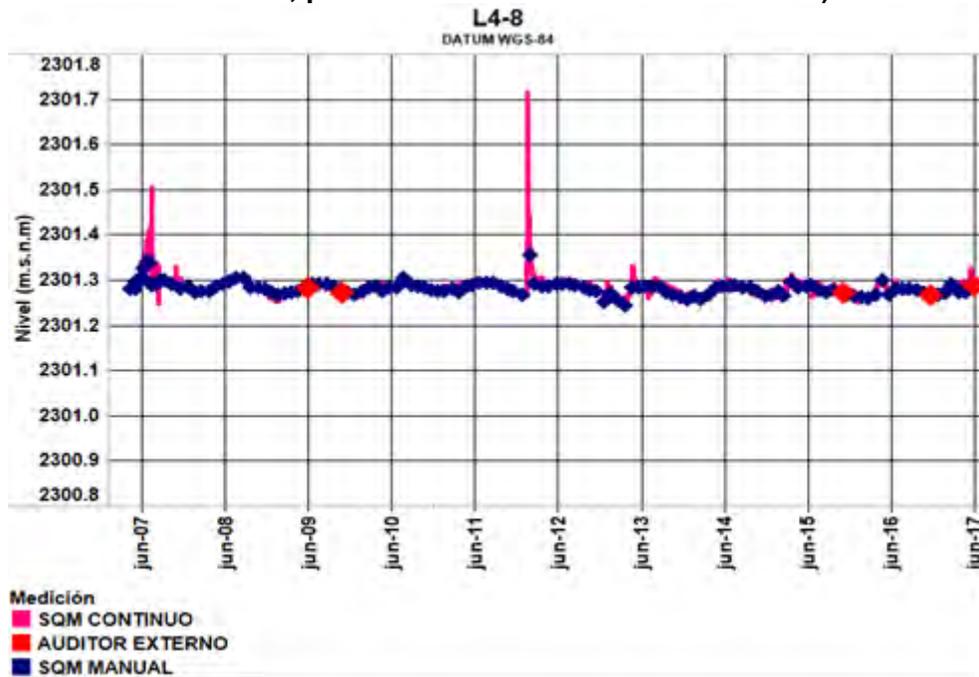
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-200: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



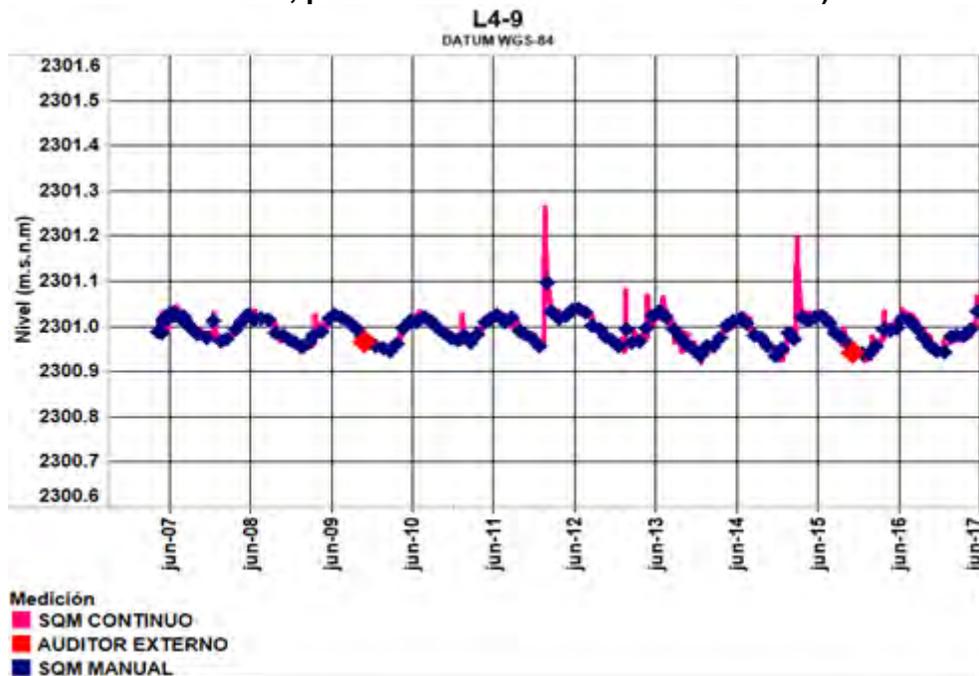
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-201: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



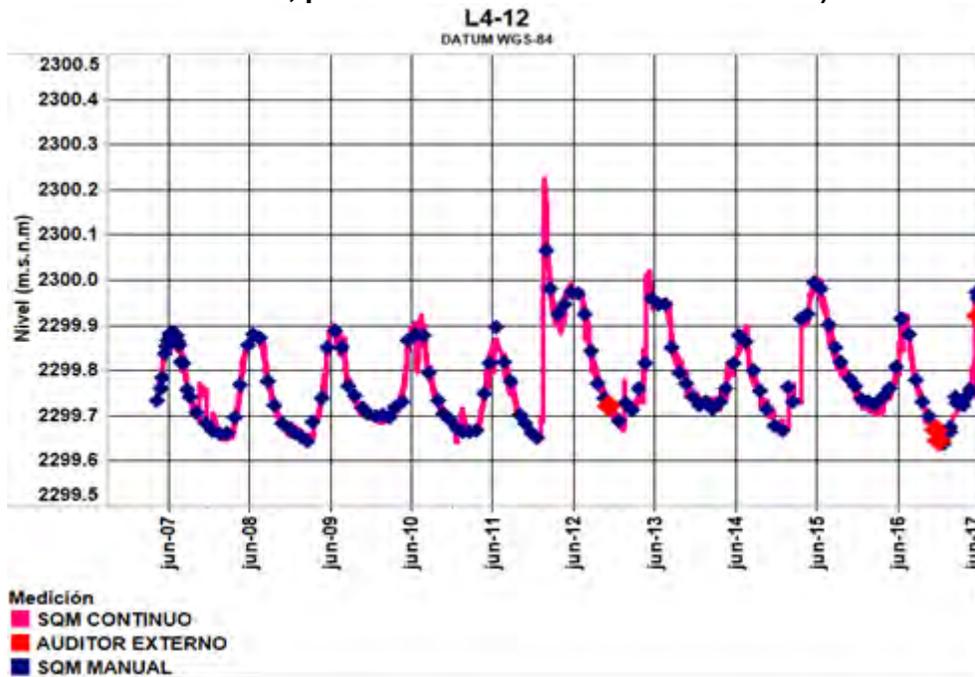
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-202: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



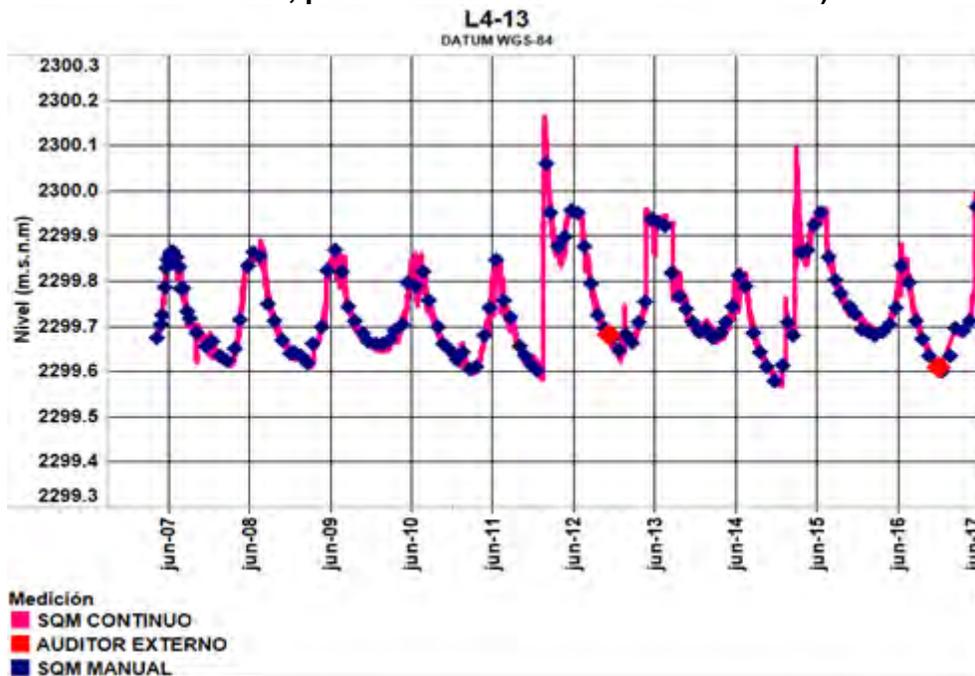
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-203: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



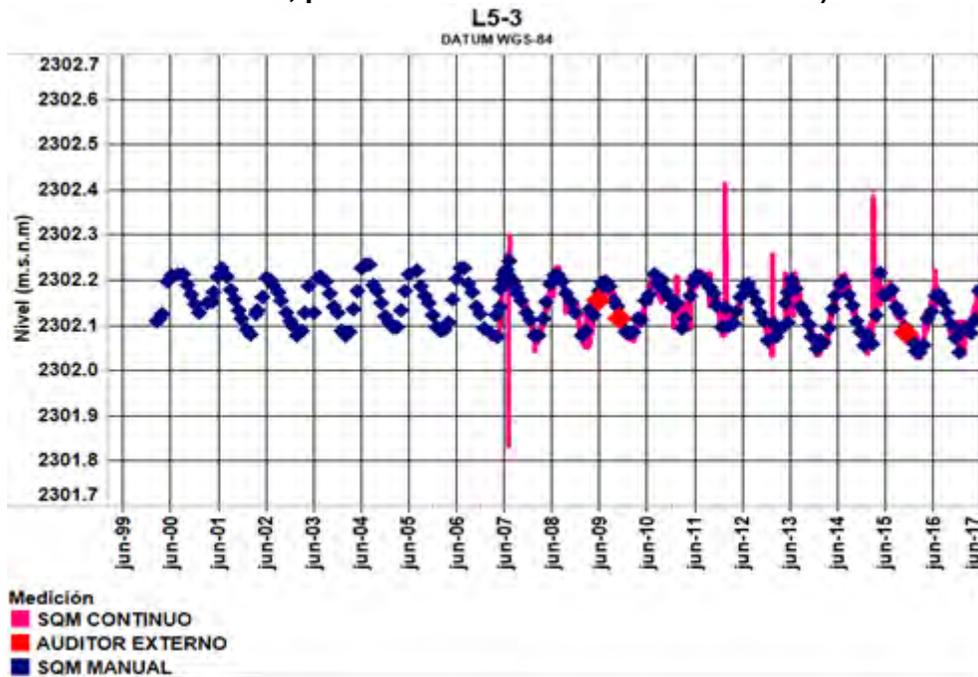
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-204: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



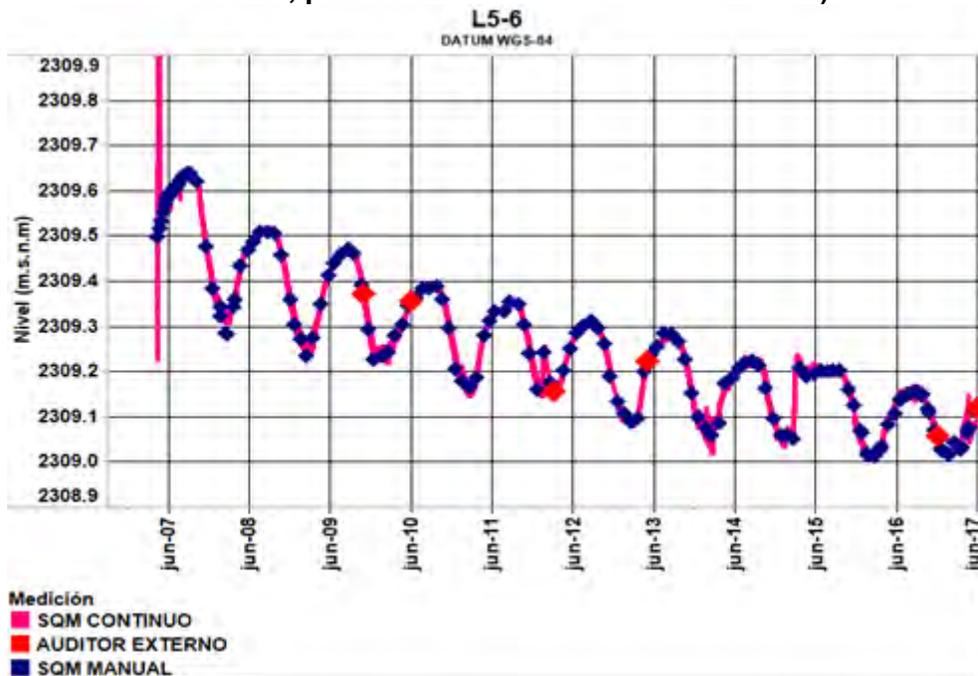
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-205: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



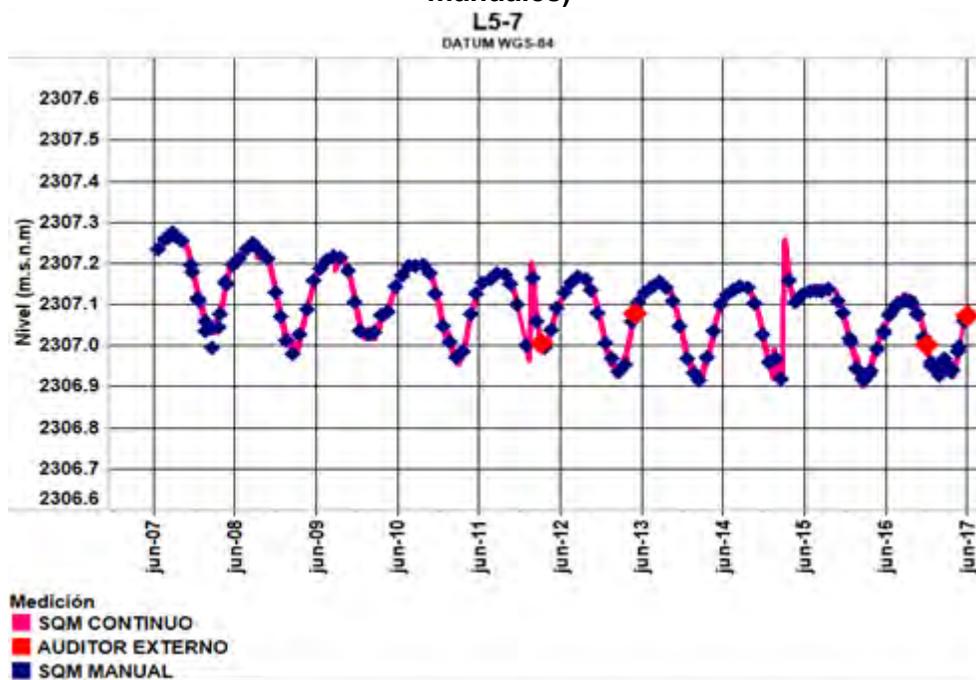
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-206: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



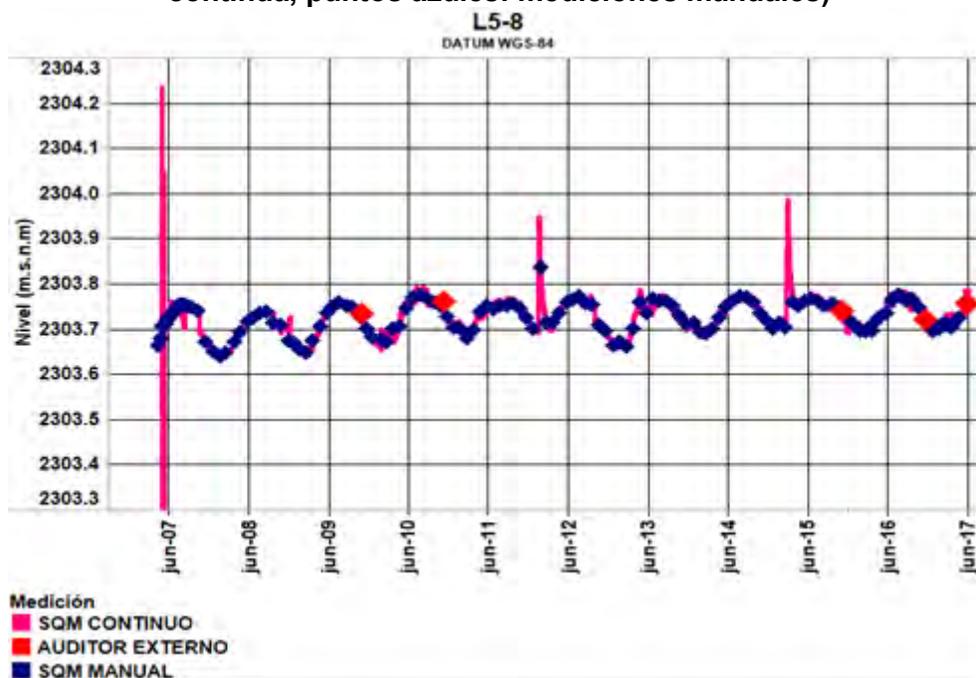
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-207: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



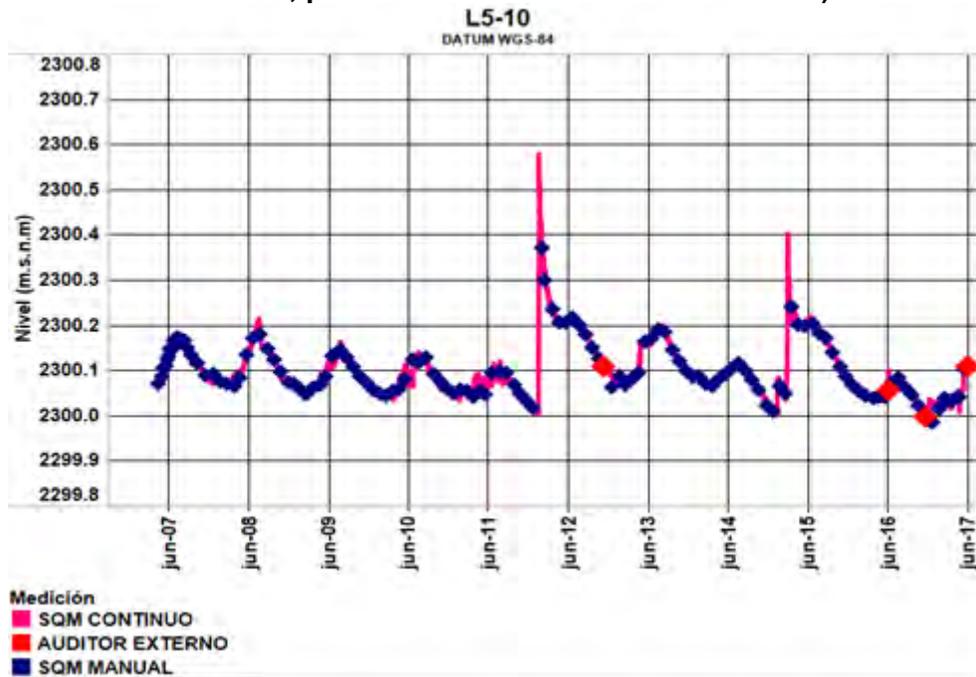
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-208: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



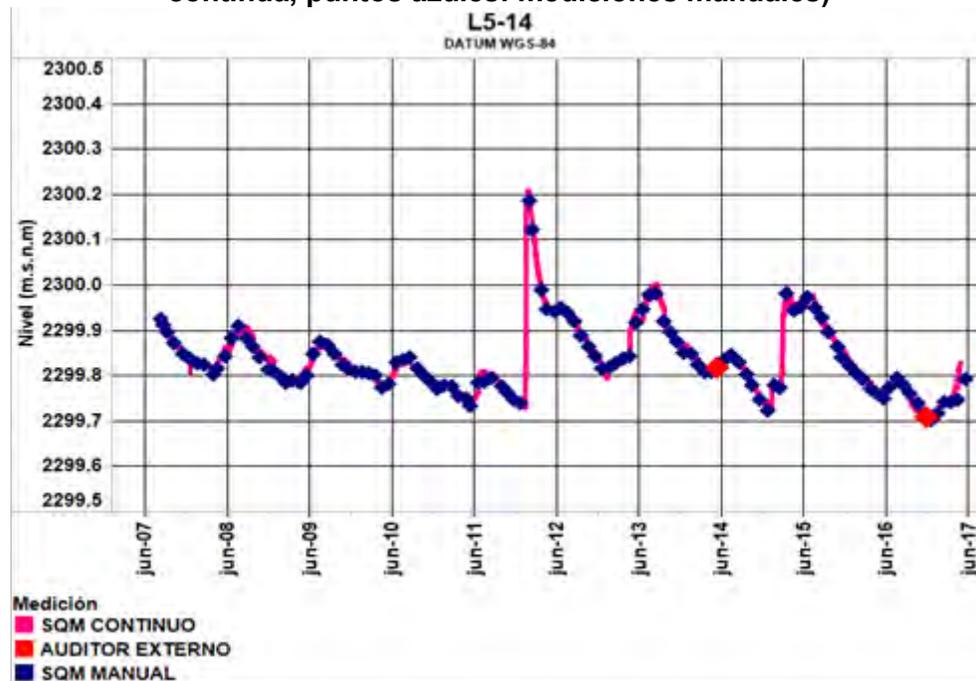
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-209: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



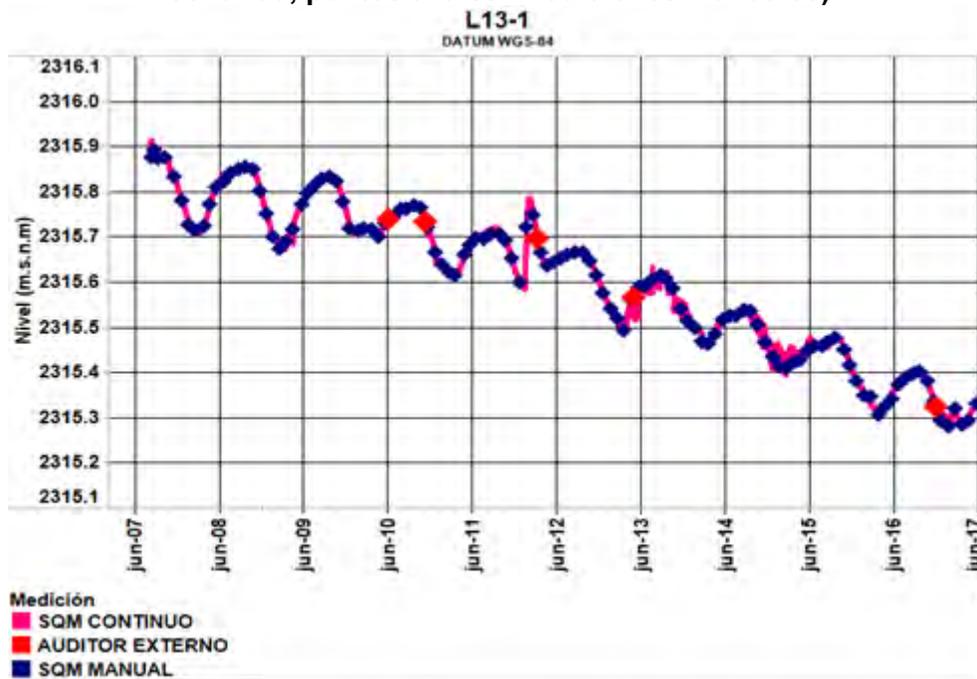
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-210: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



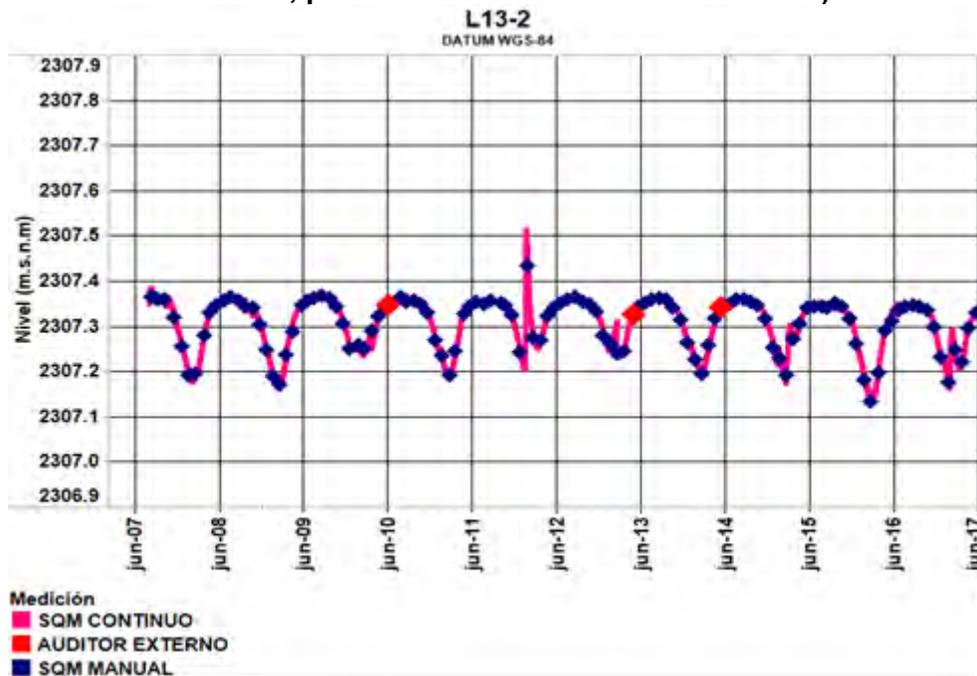
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-211: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



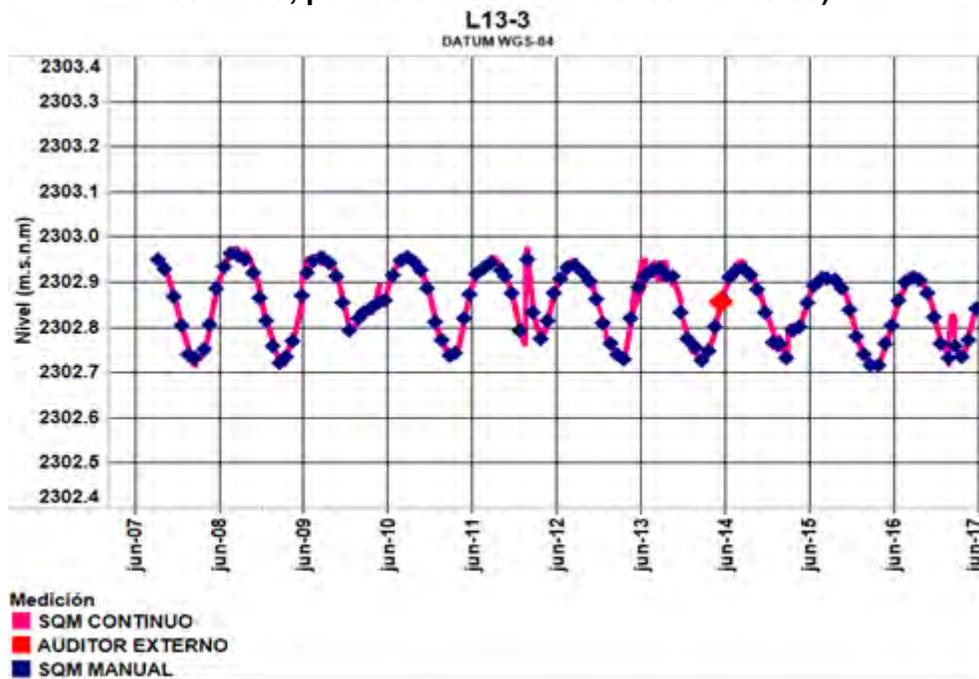
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-212: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



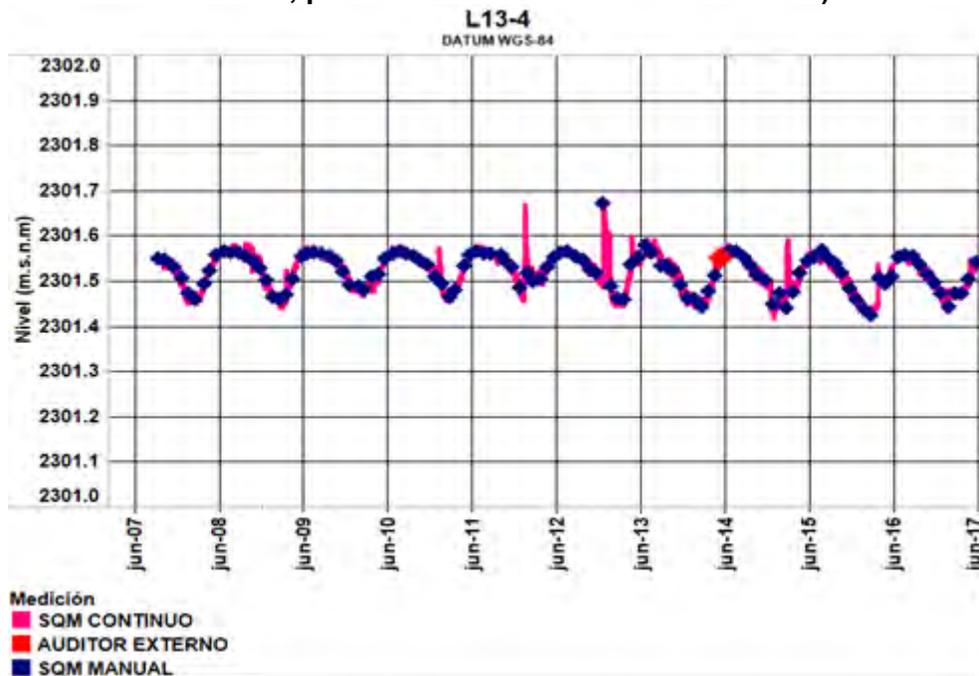
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-213: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



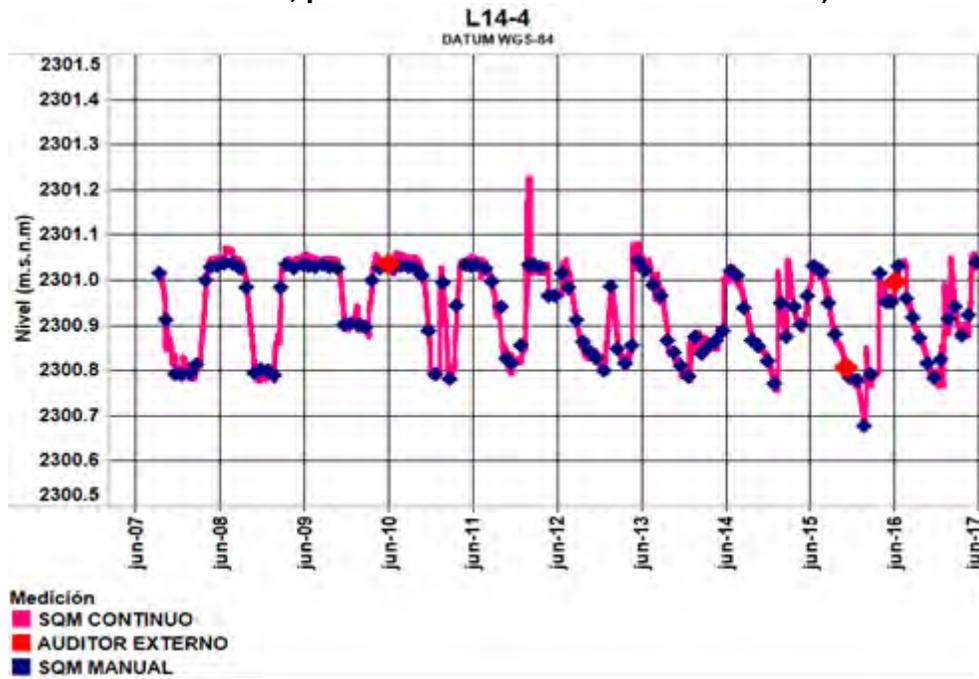
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-214: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-215: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2.1.5 Pozos de salmuera

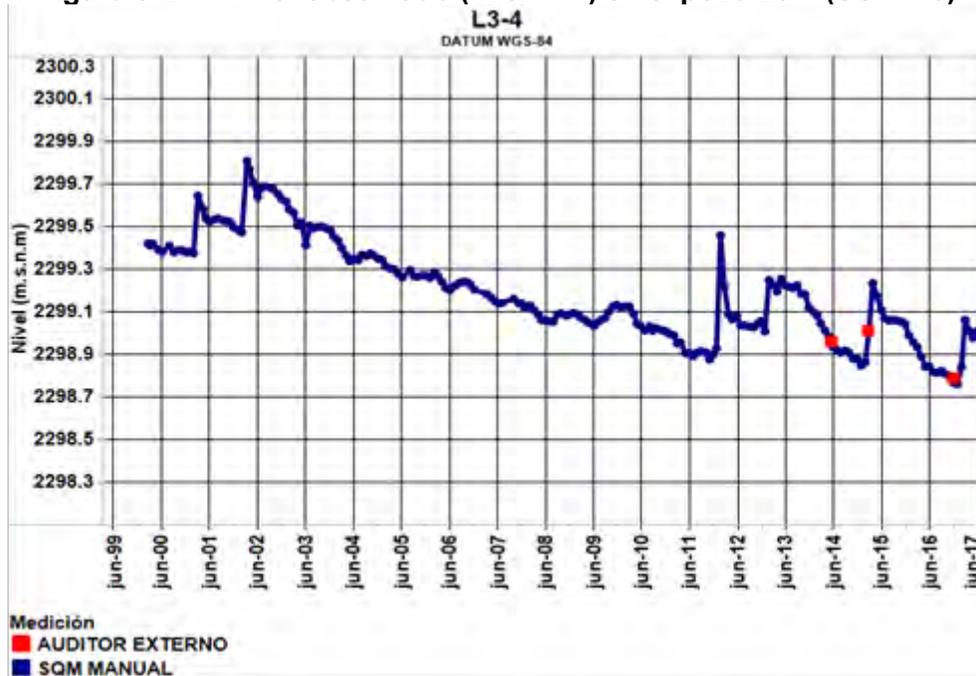
Desde la Figura 5-219 a la Figura 5-224 se presentan los niveles en los pozos del PSAH del sistema Aguas de Quelana catalogados como pozos de salmuera y que se ubican en el acuífero del núcleo.

**Figura 5-216: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo D-2**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-217: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4 (SOPM-8)**



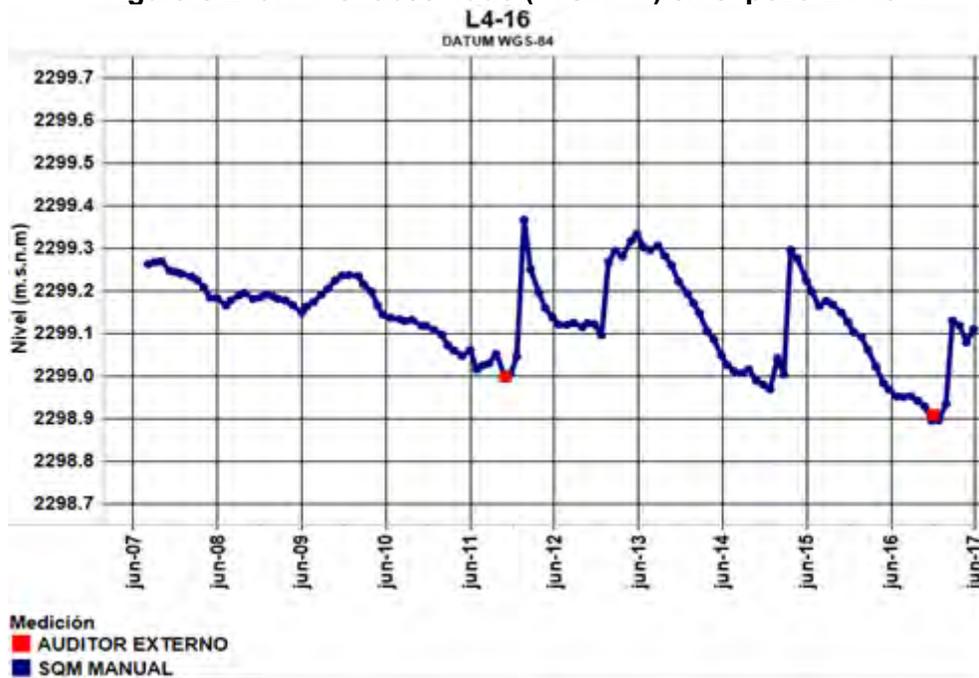
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-218: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-6**



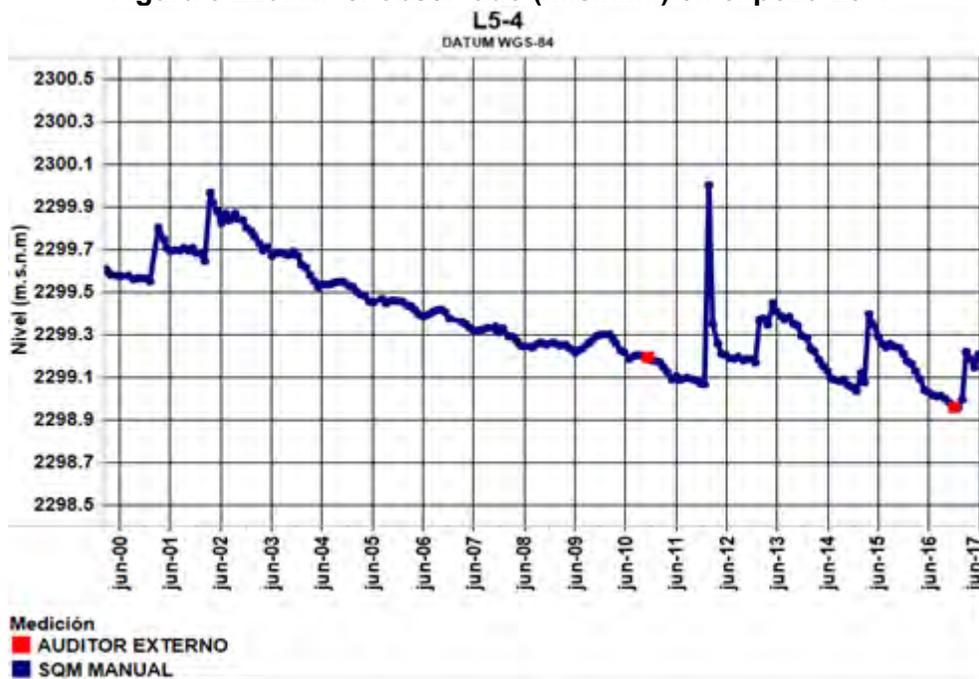
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-219: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-16**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-220: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-4**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-221: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-9**

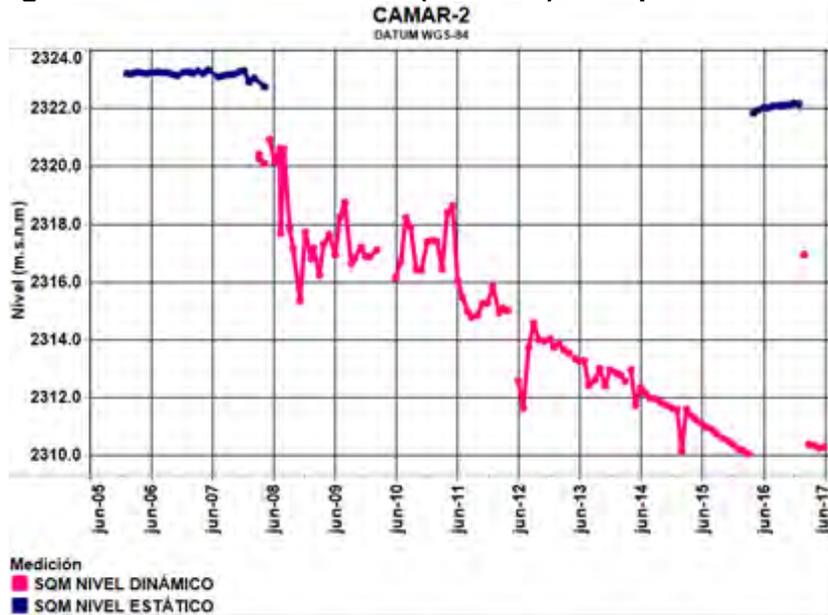


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.2.1.6 Pozos de bombeo

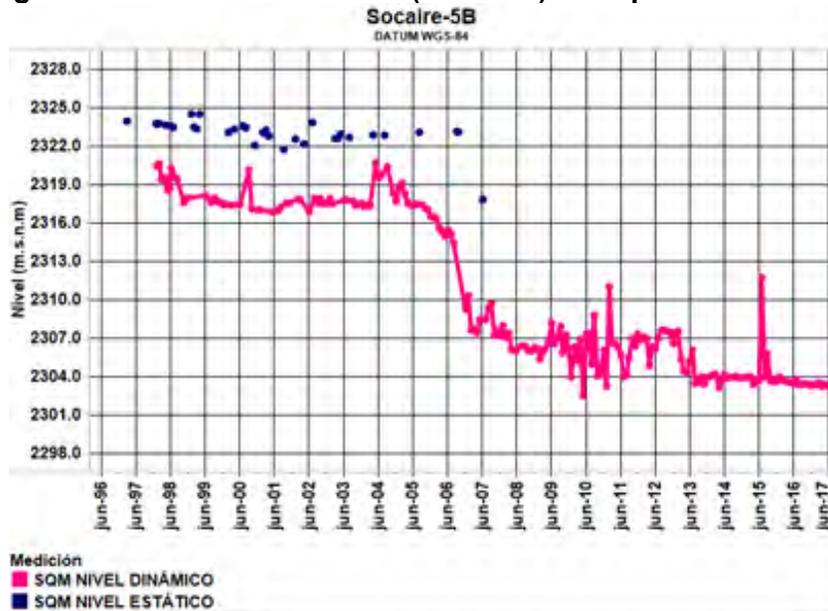
En la Figura 5-225 y Figura 5-226 se presentan los niveles observados en los pozos de bombeo de agua industrial Camar-2 y Socaire-5B, respectivamente.

**Figura 5-222: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Camar-2<sup>27</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-223: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Socaire-5B**



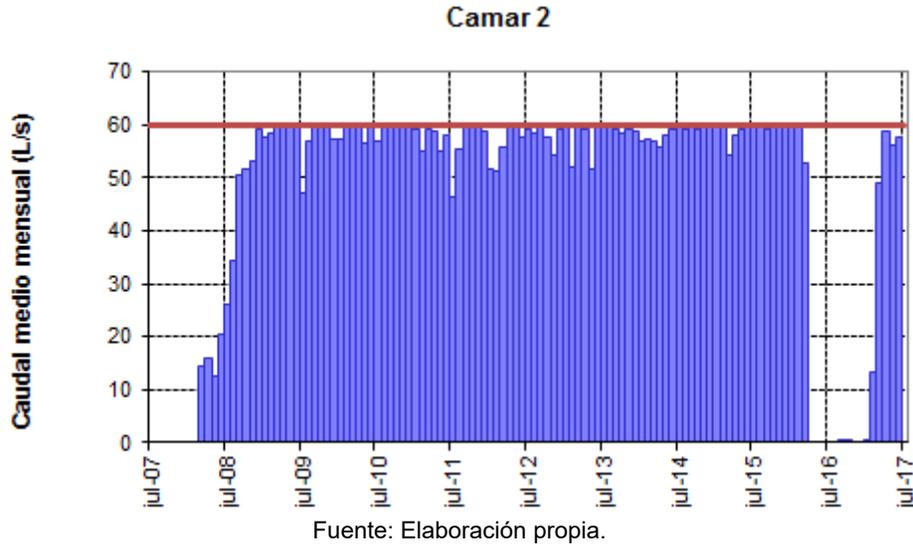
Fuente: Elaboración propia.

<sup>27</sup> El pozo Camar no operó durante el 2<sup>do</sup> semestre del 2016.

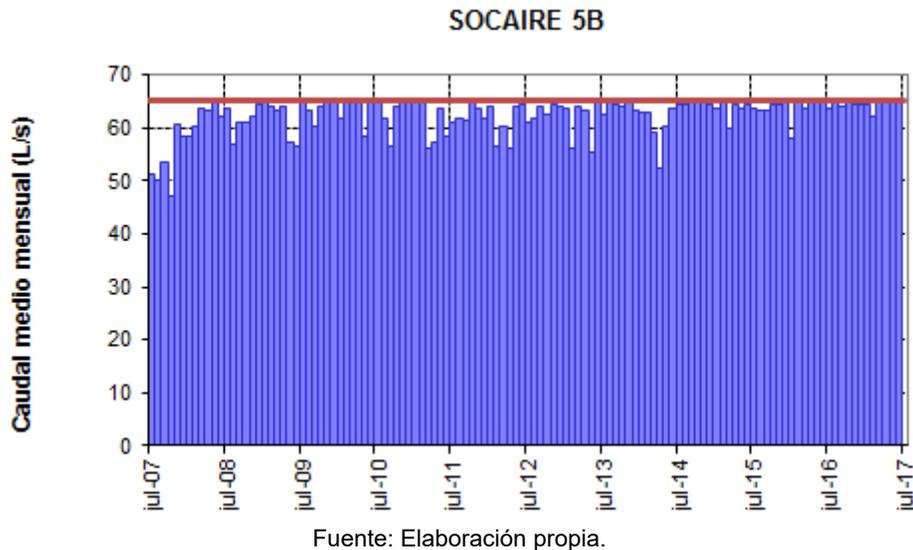
### 5.3.2.2 Caudal bombeado

En el sector aguas arriba del sistema Aguas de Quelana se explota agua industrial desde los pozos Camar-2 y Socaire-5B, cuyos caudales medios mensuales extraídos se presentan en la Figura 5-227 y Figura 5-228 respectivamente. Cabe indicar que el pozo Camar-2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008. En la tabla del ANEXO 14 se muestran los valores registrados de los caudales bombeados.

**Figura 5-224: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Camar-2<sup>28</sup>.**



**Figura 5-225: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Socaire-5B.<sup>29</sup>**



<sup>28</sup> Línea Roja representa límite de bombeo establecidos por la RCA 226/2006 para el pozo Camar y los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6, además cabe indicar que este pozo no operó durante el 2<sup>do</sup> semestre de 2016.

<sup>29</sup> Línea Roja representa límite de bombeo establecidos por la RCA 226/2006 para el pozo Socaire 5B, los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6.

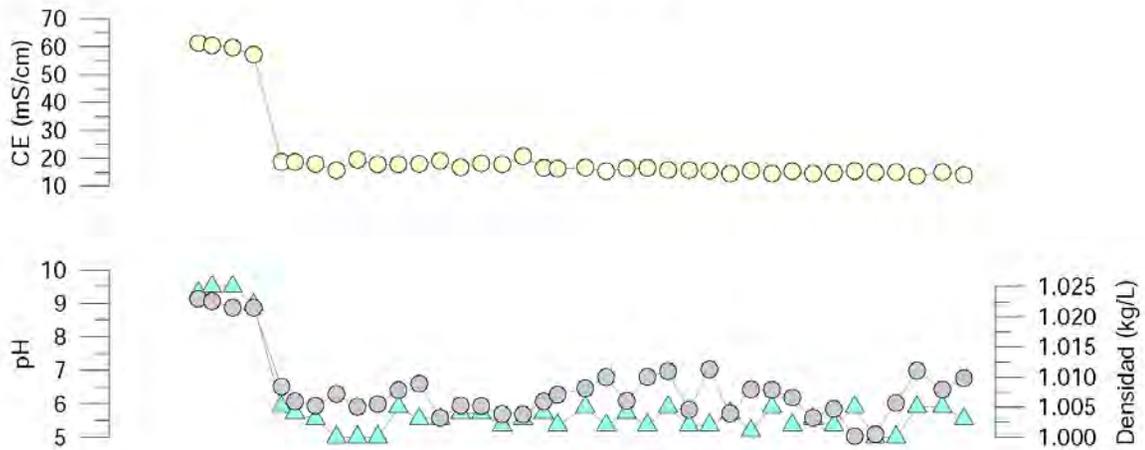
### 5.3.2.3 Calidad química

Los pozos en que se monitorea la calidad química del agua subterránea en el sistema Aguas de Quelana son: L4-3, L4-6, L4-8, L4-9, L4-12, L5-3, Camar 2 y Socaire-5B además de la reglilla L4-10, los cuales se muestran en el ANEXO 15. Los análisis para este periodo fueron realizados por el laboratorio SGS Chile Ltda., cuyos certificados se adjuntan en el ANEXO 16. Resultados anteriores fueron presentados en los informes del PSAH respectivo. El pozo L4-3 es parte del monitoreo de la calidad del agua de los sistemas Aguas de Quelana, Borde Este y Cuña Salina.

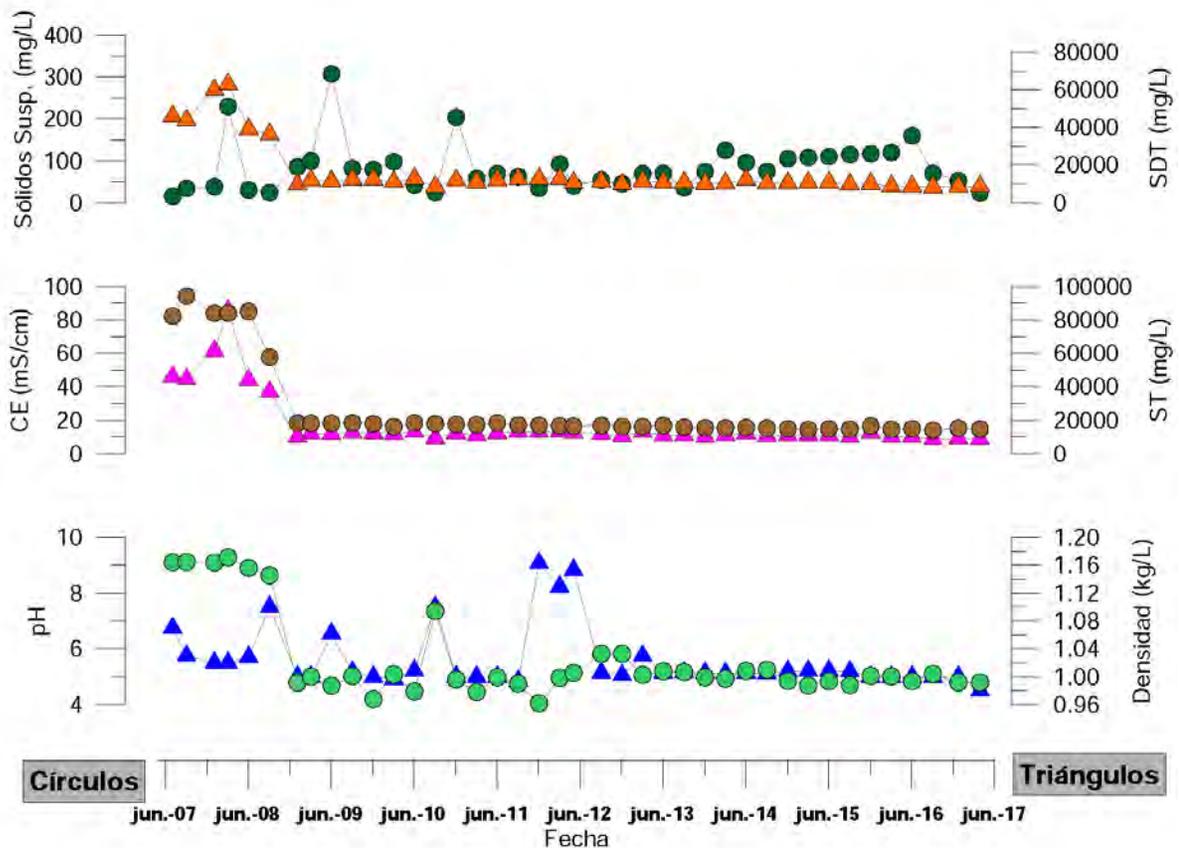
Es importante mencionar que en los gráficos de hidroquímica, las series representadas con un círculo tienen las unidades de medida al lado izquierdo y las que se representan con un triángulo tienen las unidades de medida al lado derecho.

Figura 5-226: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-3

L4-3 (terreno)

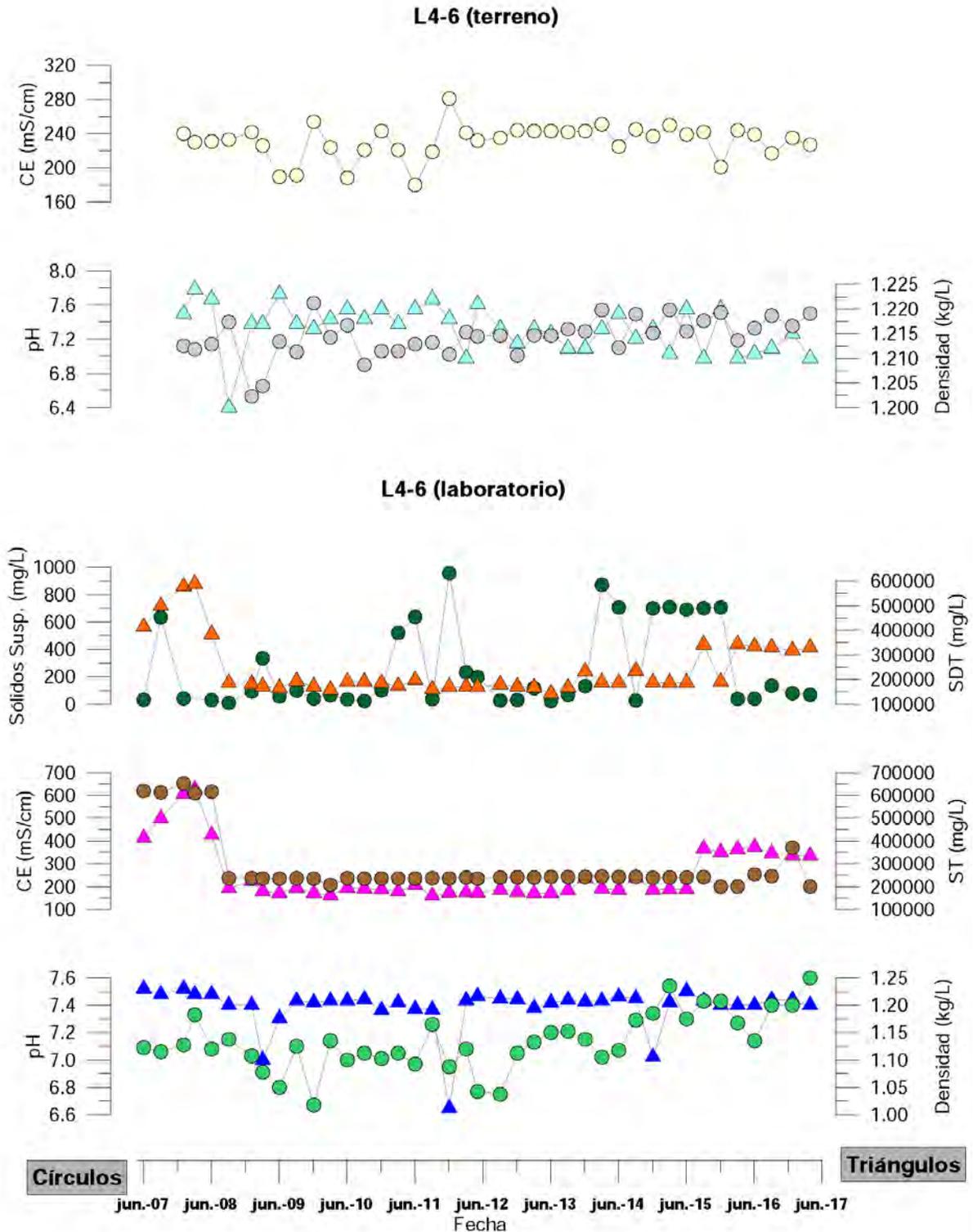


L4-3 (laboratorio)



Fuente: Elaboración propia

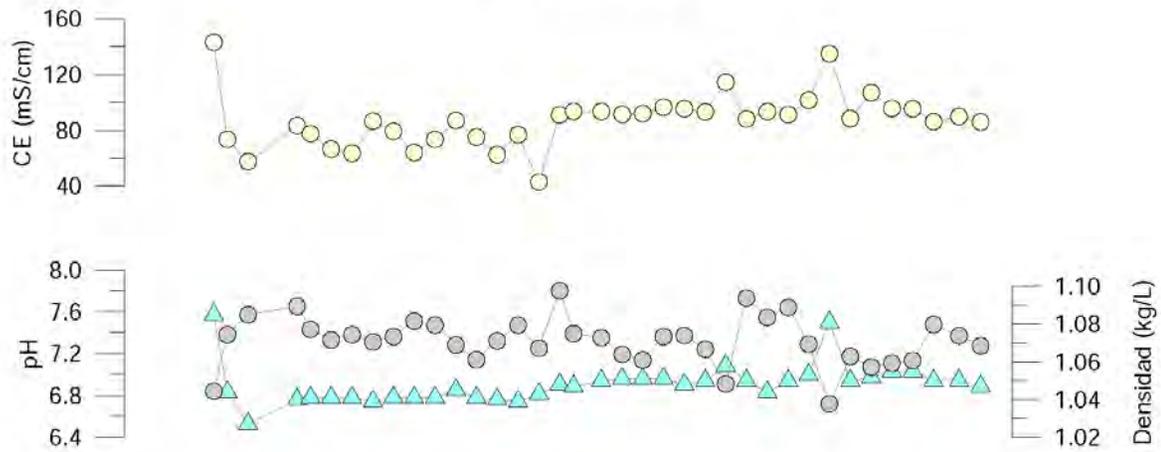
**Figura 5-227: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-6**



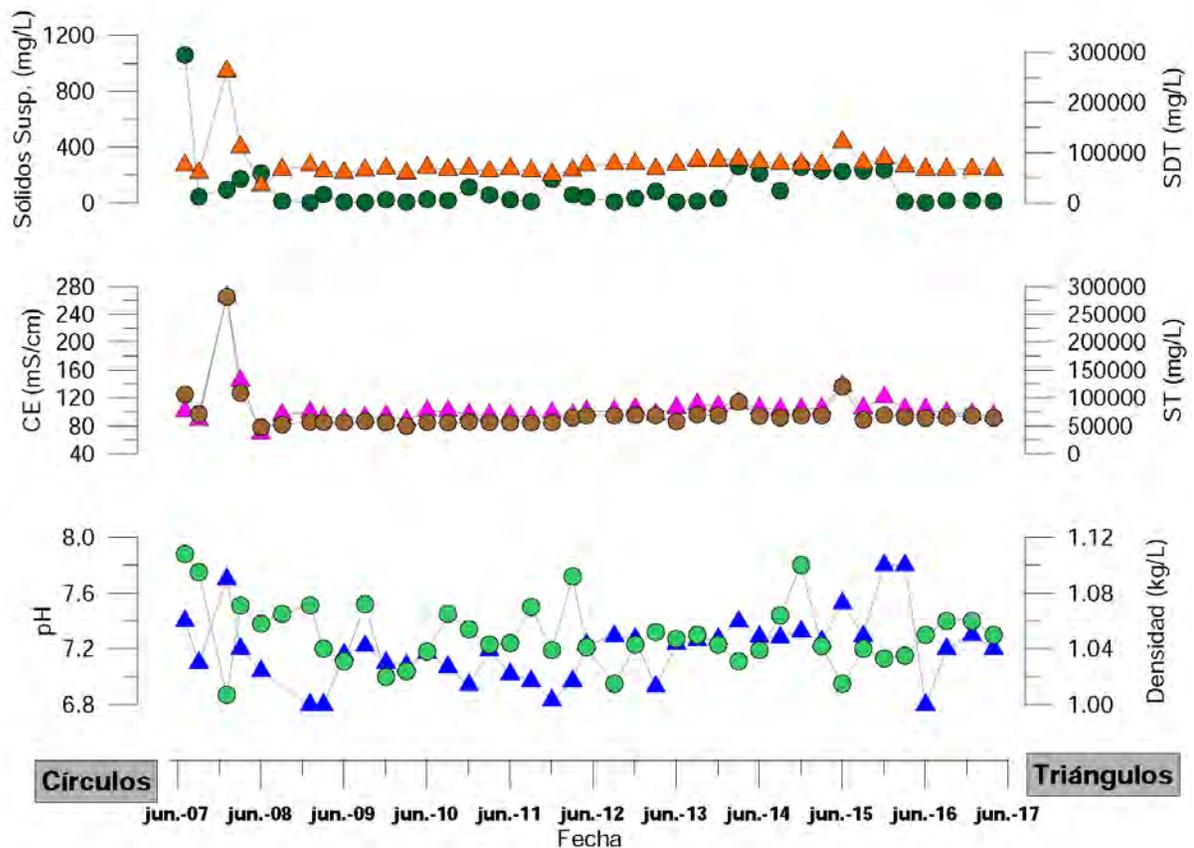
*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 5-228: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-8**

**L4-8 (terreno)**

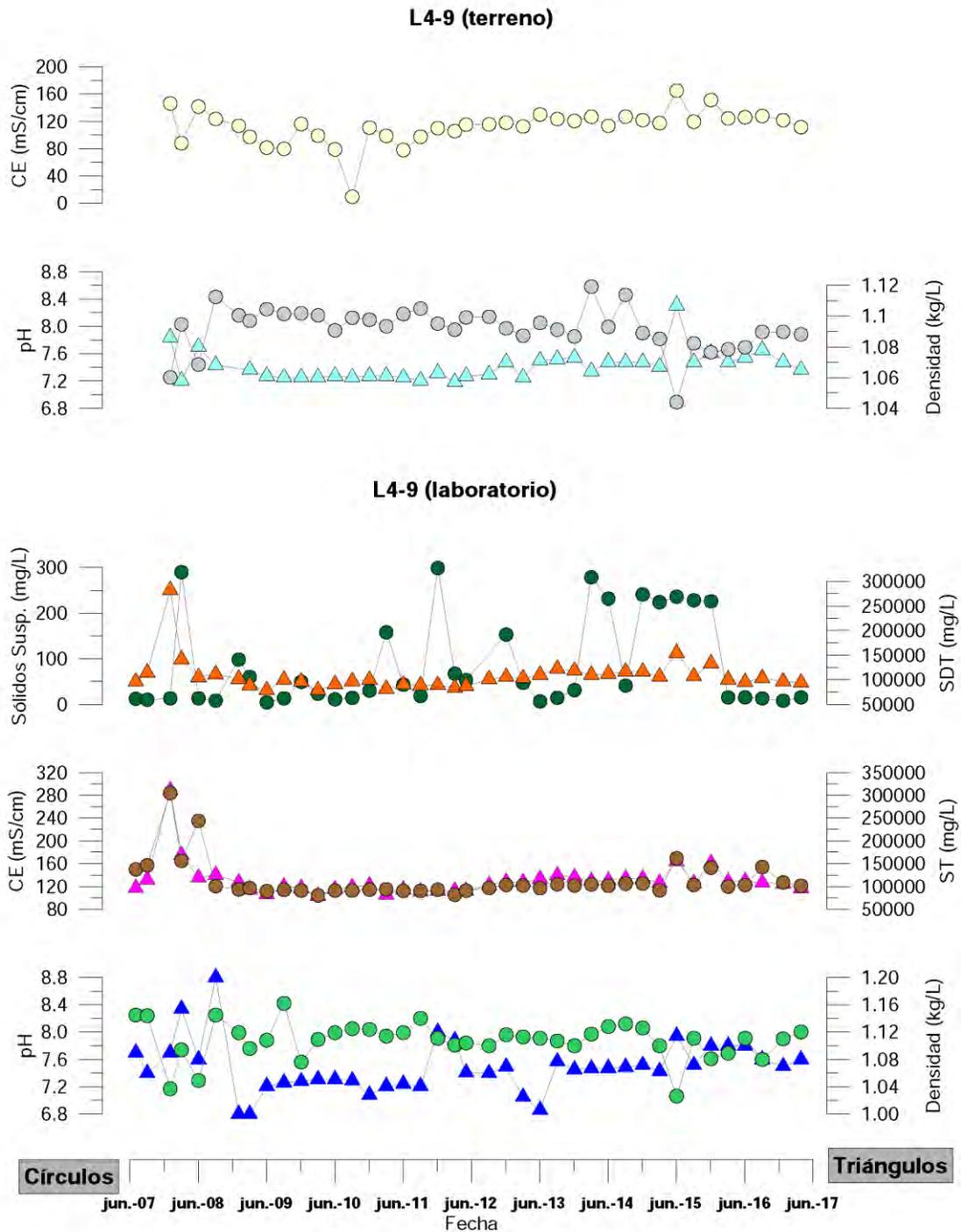


**L4-8 (laboratorio)**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-229: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-9<sup>30</sup>**

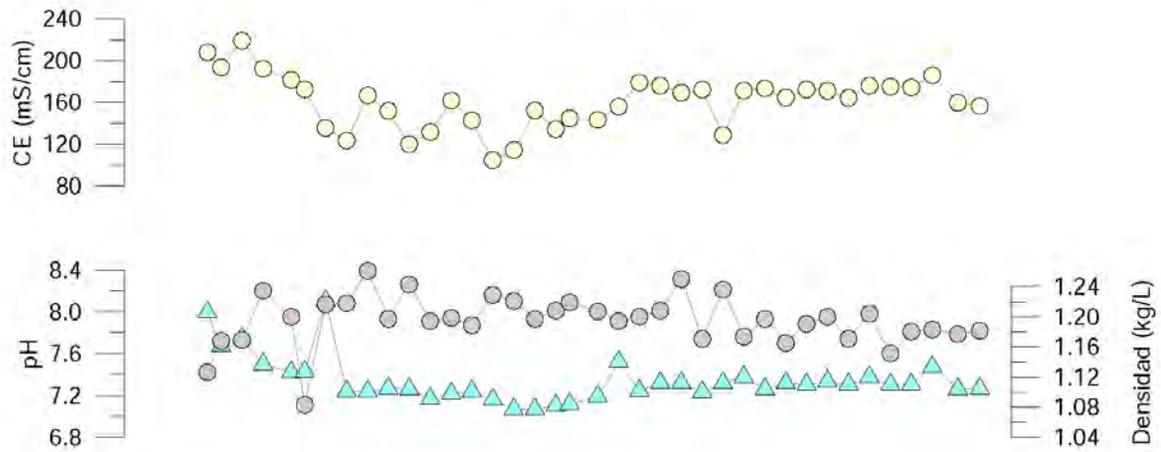


Fuente: Elaboración propia

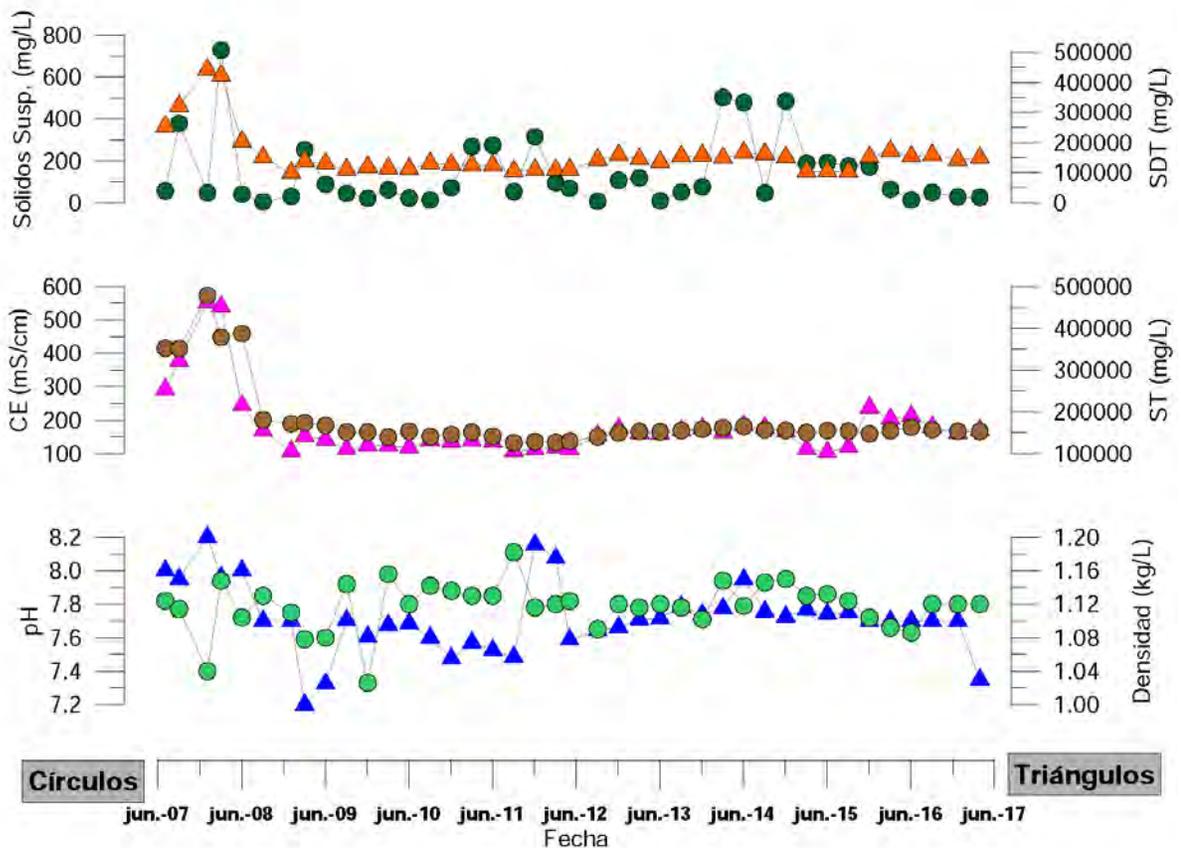
<sup>30</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de densidad se le sacó el dato de febrero de 2009 correspondiente a un valor de 1,59 g/L.

**Figura 5-230: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-8**

**L4-12 (terreno)**

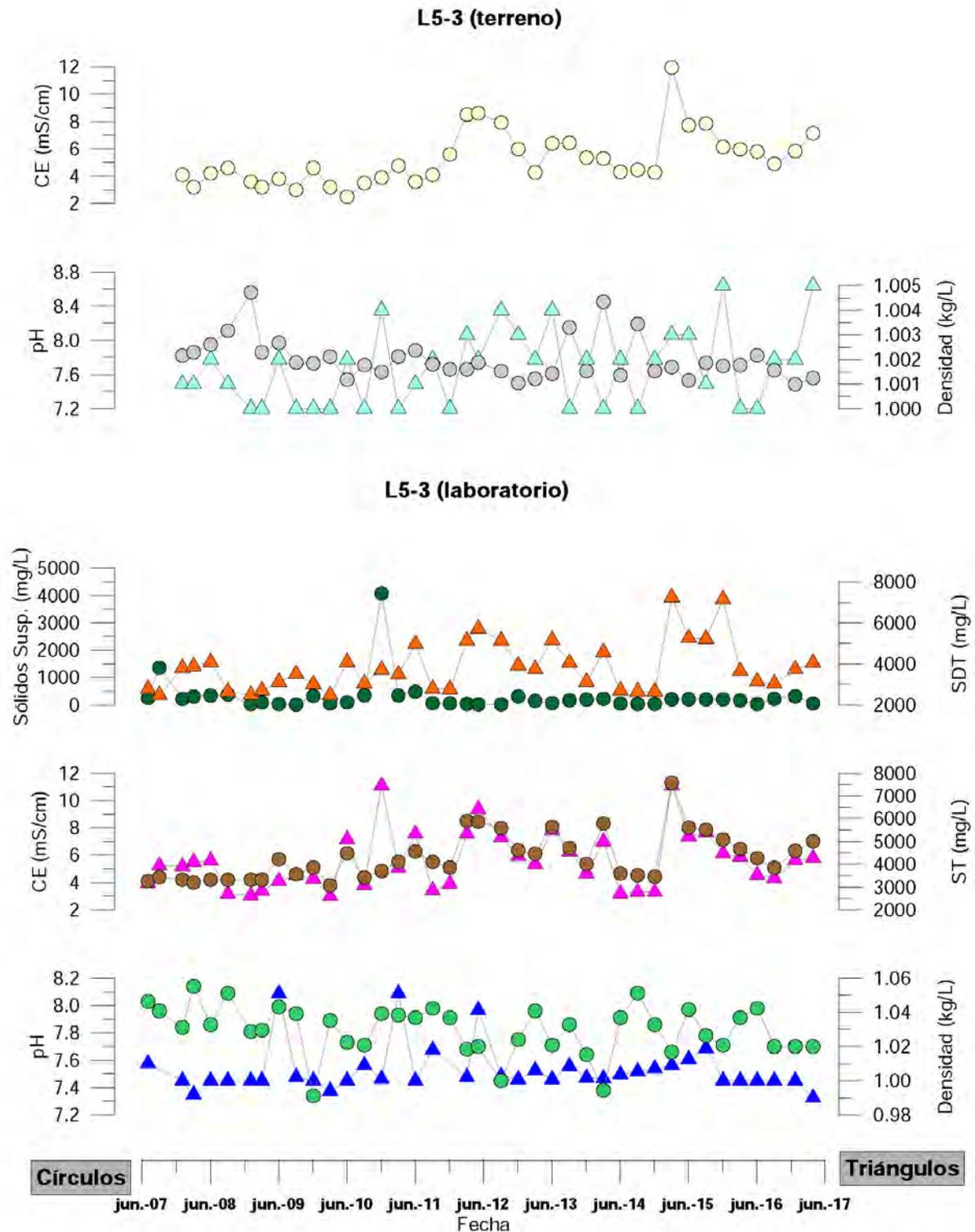


**L4-12 (laboratorio)**



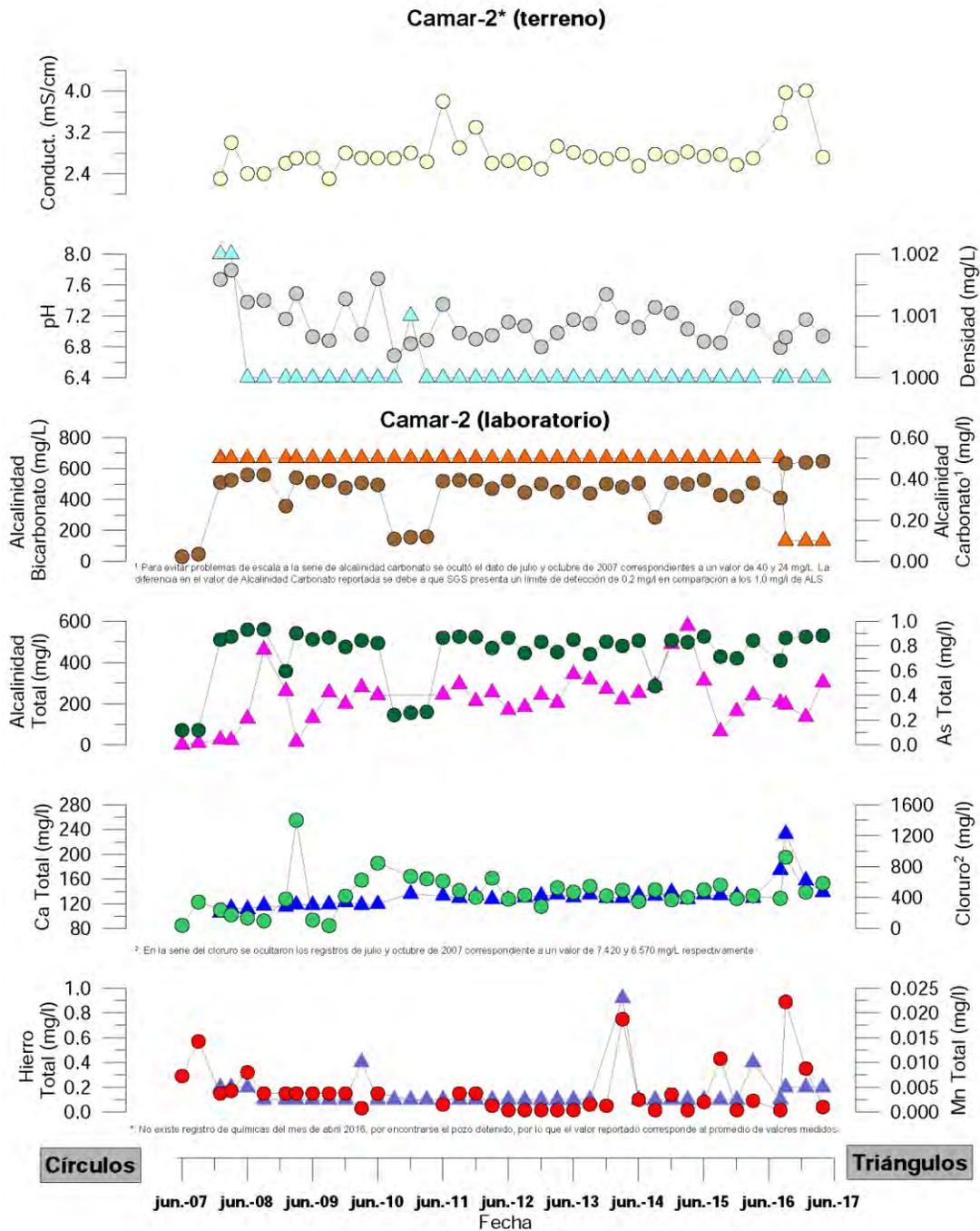
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-231: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-8**



Fuente: Elaboración propia

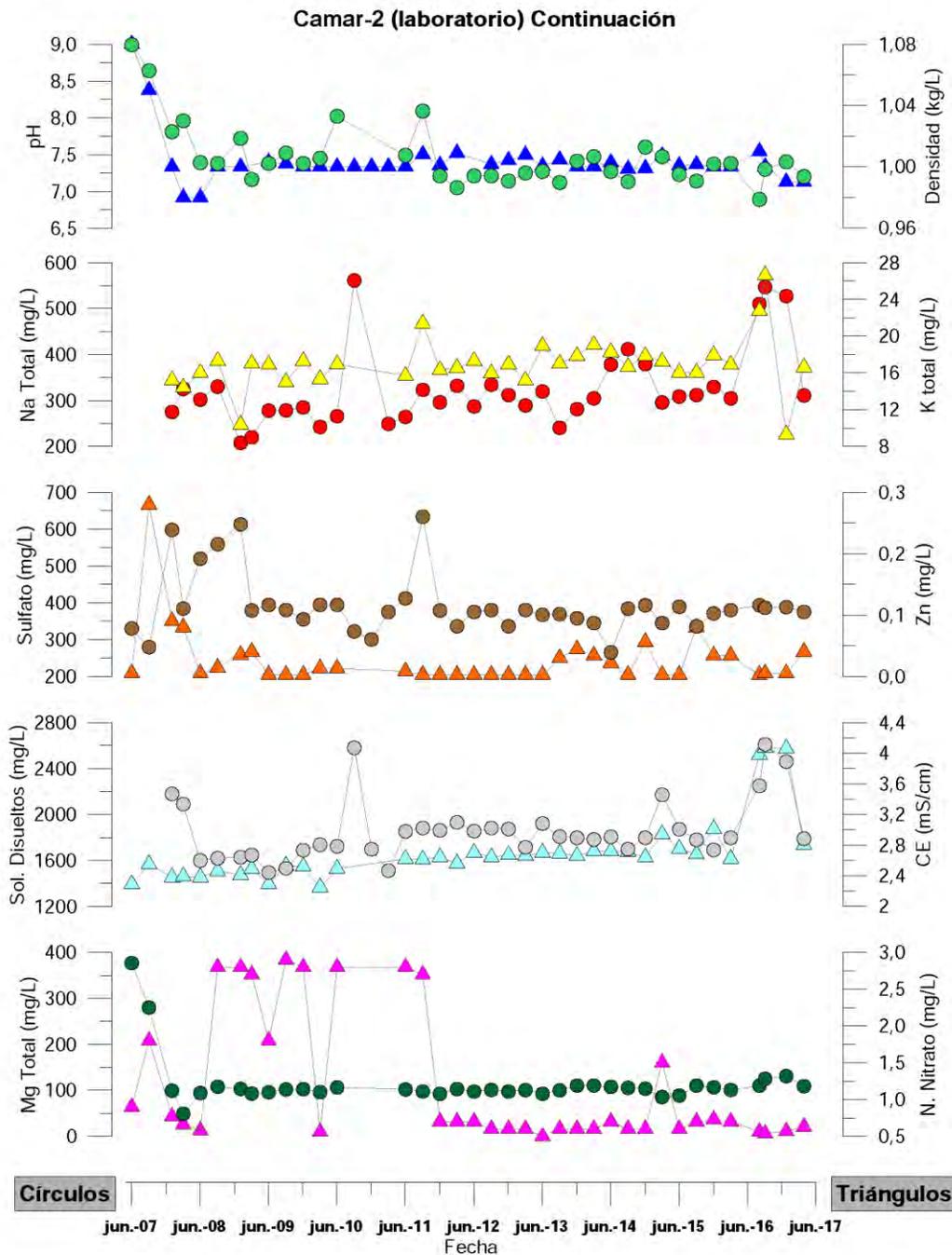
**Figura 5-232: Resultados de análisis físico-químico pozo Camar-2<sup>31</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>31</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de alcalinidad carbonato se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondientes a un valor de 40 y 24 mg/L respectivamente; a la serie del Cloruro se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a un valor de 7.420 y 6.570 mg/L respectivamente. No existe registro de químicas del mes de abril 2016, por encontrarse el pozo detenido, por lo que el valor reportado corresponde al promedio de valores medidos.

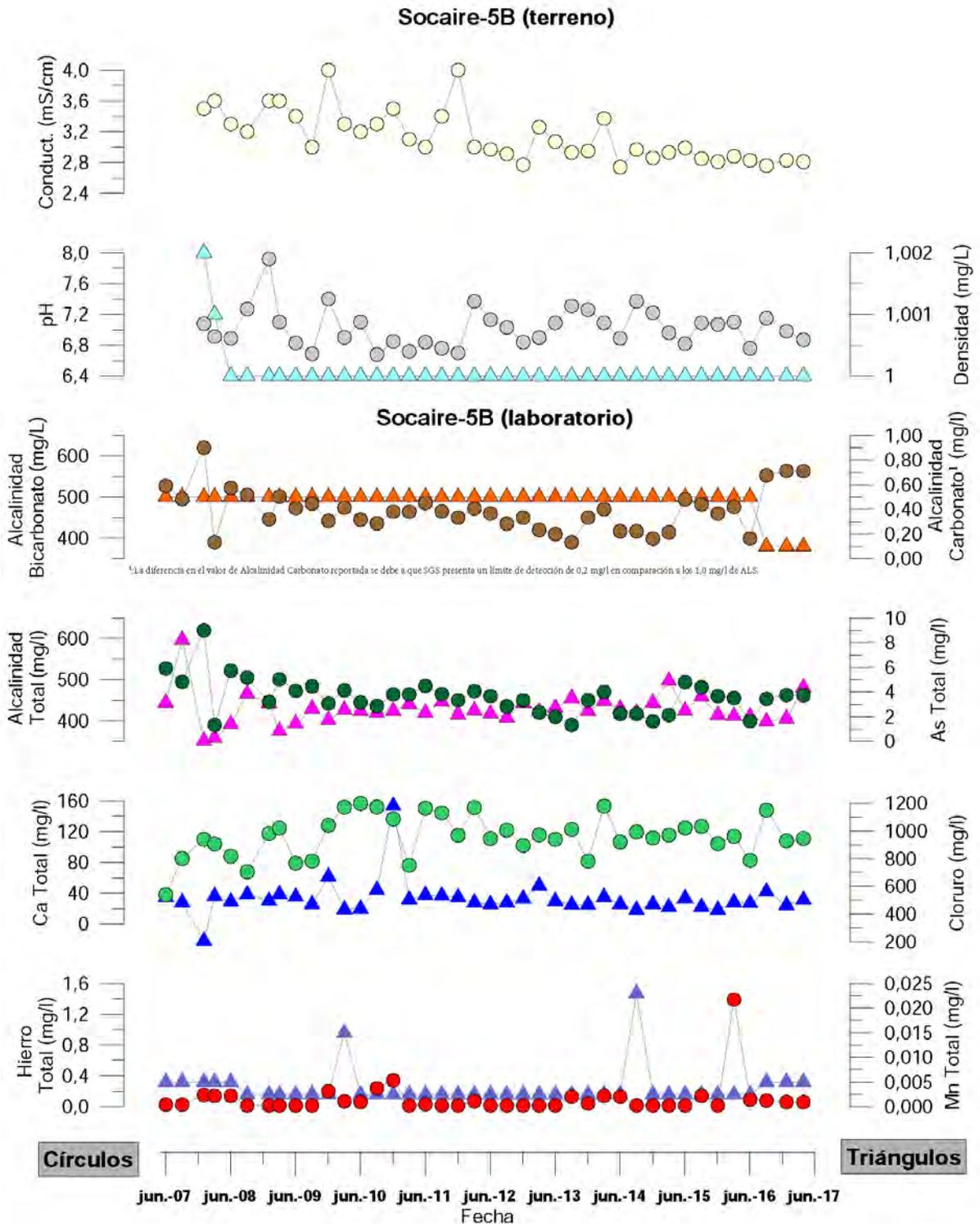
**Figura 5-233: Resultados de análisis físico-químico pozo Camar-2 (continuación)<sup>32</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

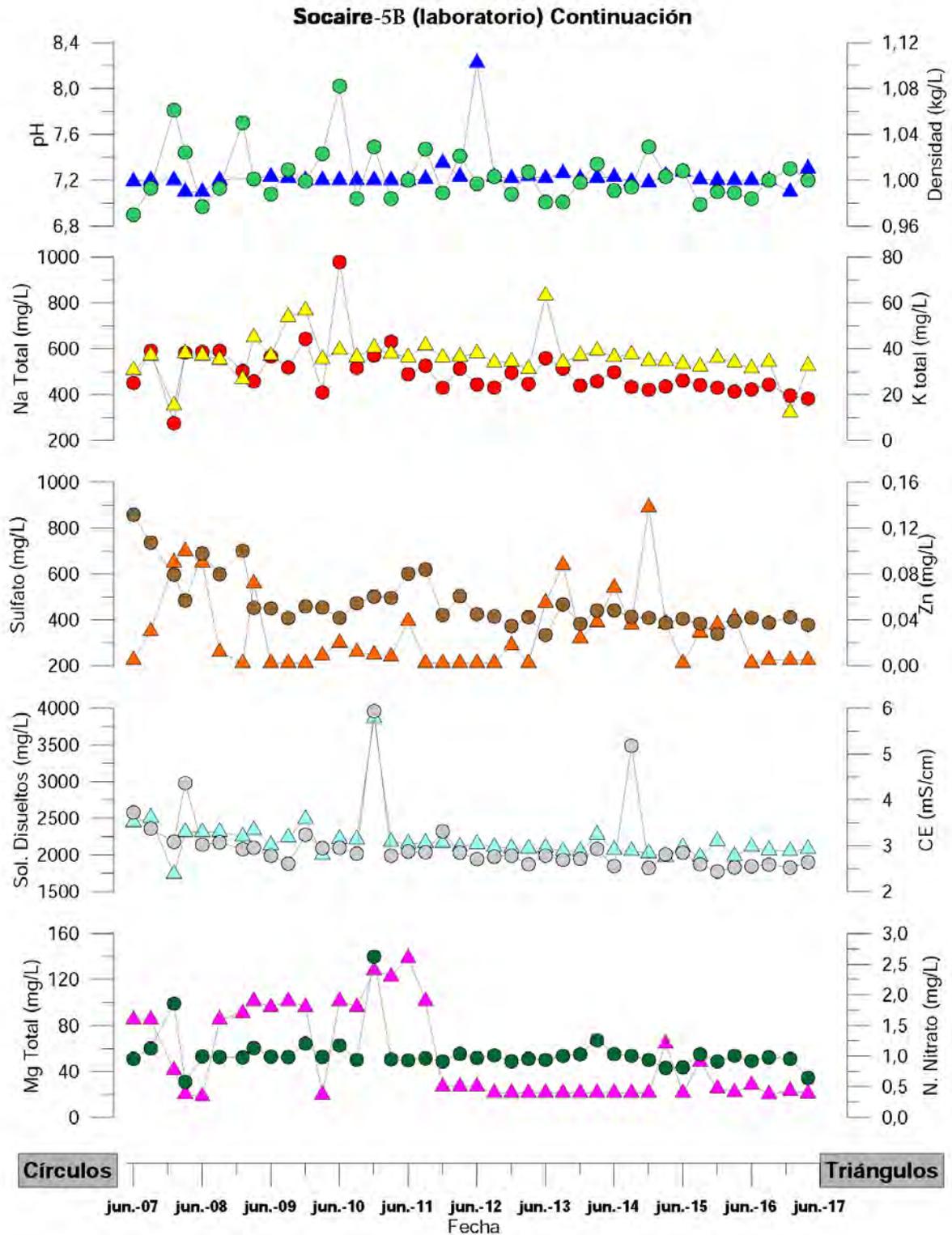
<sup>32</sup> Para evitar problemas de escala a la serie del magnesio total se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a un valor de 377 y 280 mg/L respectivamente; a la serie de SDT se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a un valor de 19.500 y 15.600 mg/L respectivamente; a la serie de potasio total se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a una medición de 350 y 420 mg/L respectivamente. No existe registro de químicas del mes de abril 2016, por encontrarse el pozo detenido, por lo que el valor reportado corresponde al promedio de valores medidos

**Figura 5-234: Resultados de análisis físico-químico pozo Socaire-5B**

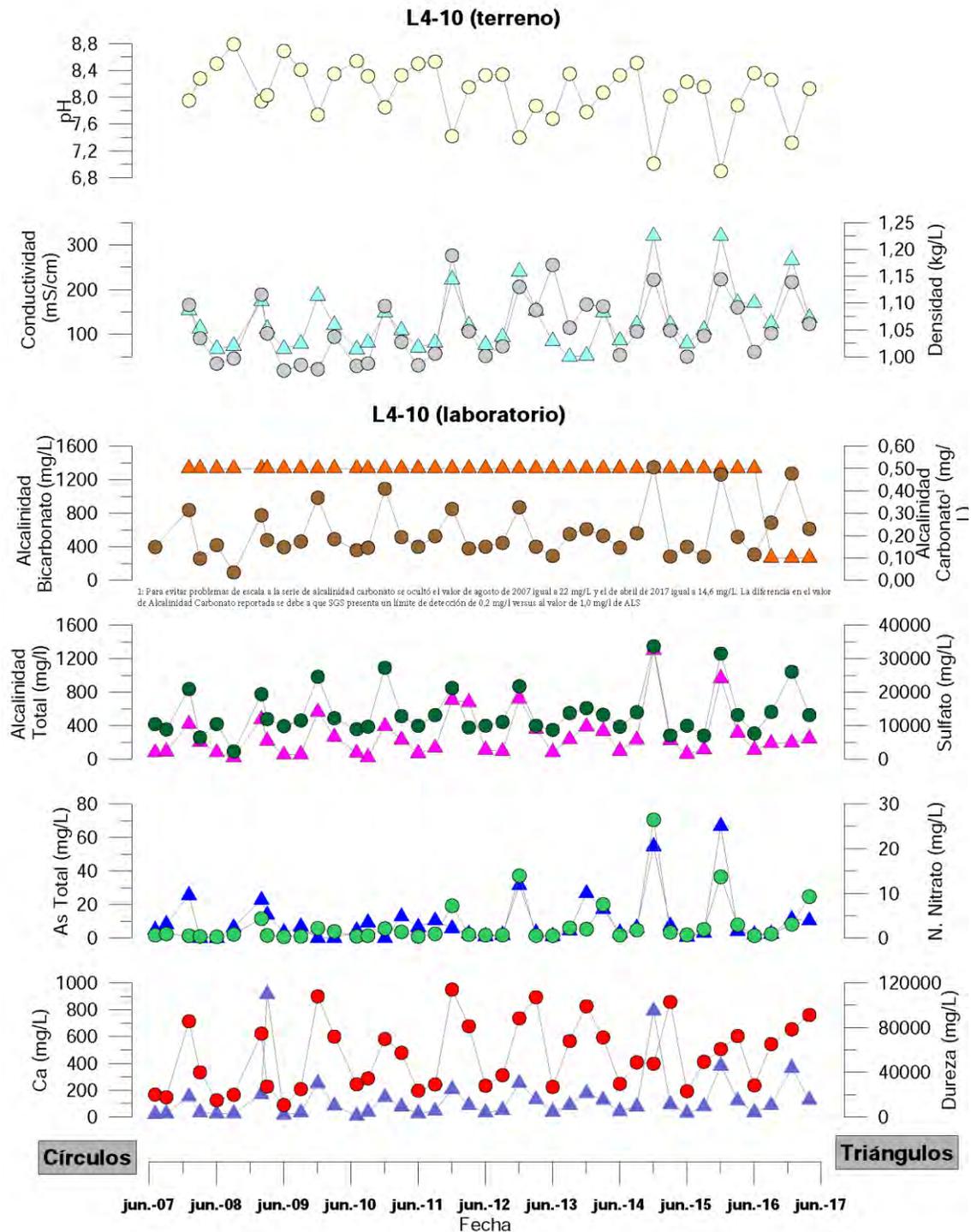


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-235: Resultados de análisis físico-químico pozo Socaire-5B continuación**



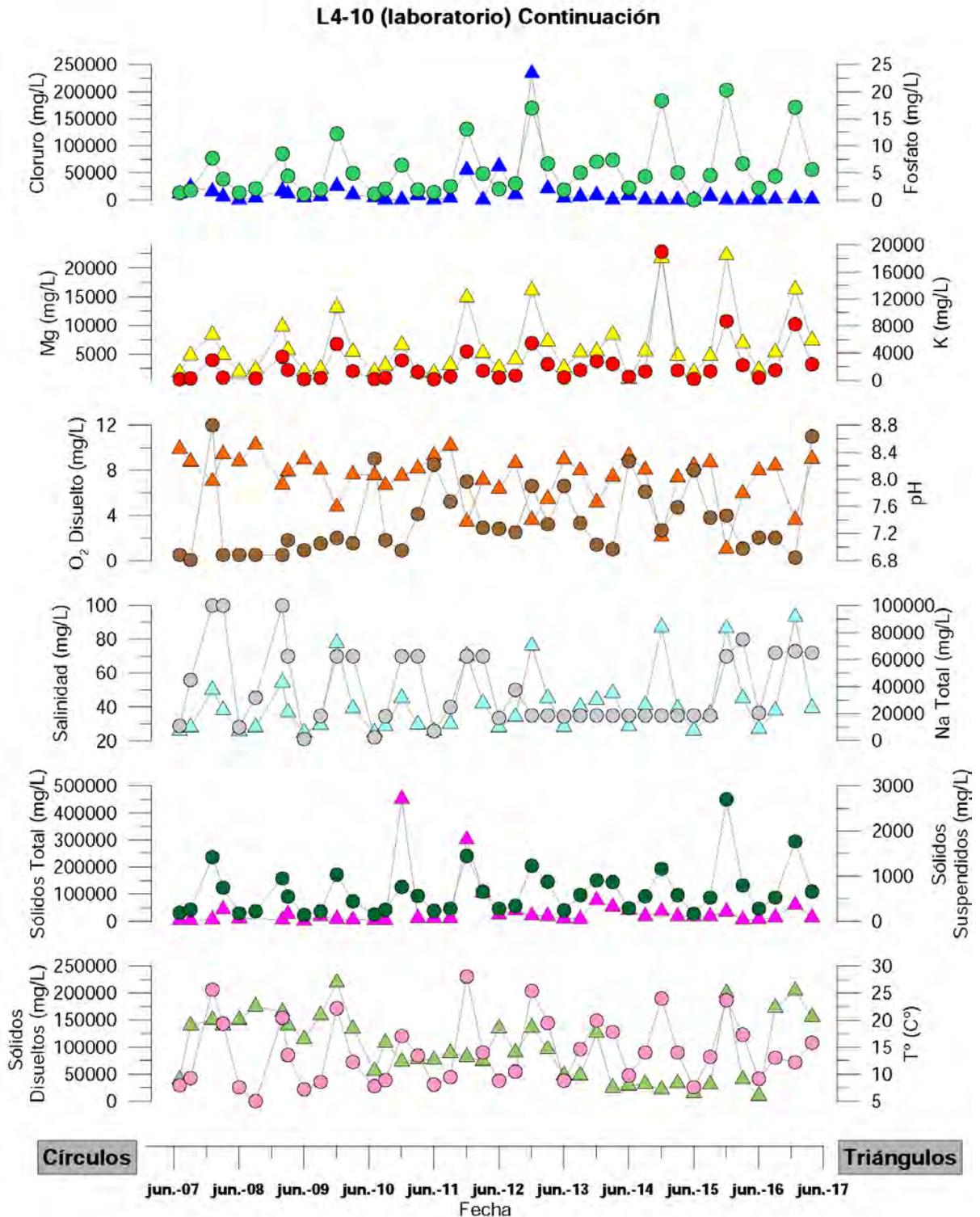
**Figura 5-236: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-10<sup>33</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>33</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de alcalinidad carbonato se le sacó el dato de agosto de 2007 correspondiente a un valor de 22 mg/L.

**Figura 5-237: Resultados de análisis físico-químico pozo L4-10 (continuación)**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3 Sistema Peine

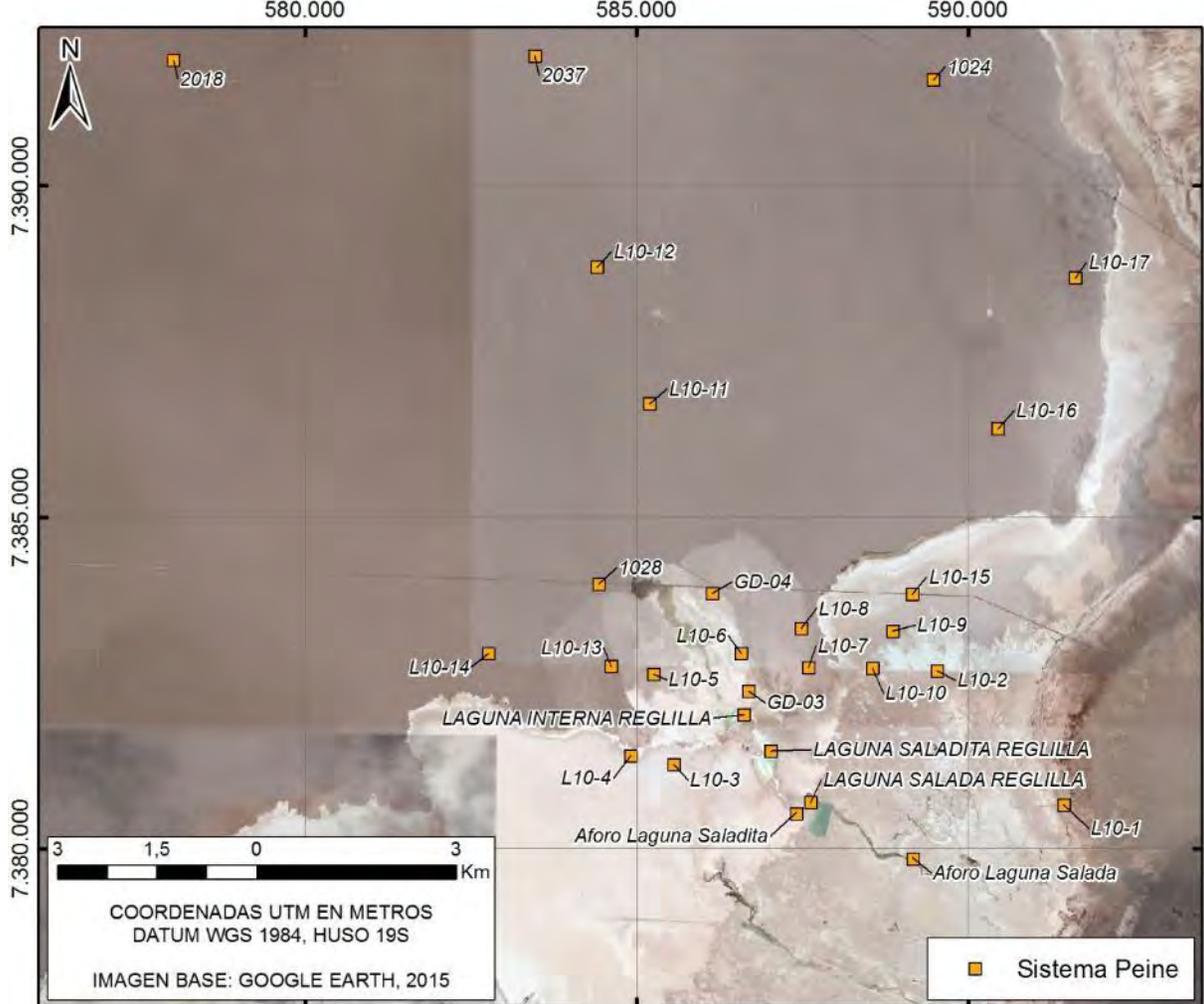
Los puntos de monitoreo del sistema Peine se encuentran ubicados al sureste del Salar de Atacama, entre las coordenadas 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 592.000 este. En la Figura 5-241 se muestra la distribución geográfica de los puntos. En la Tabla 5-20 se indican los puntos de monitoreo del sistema, clasificándolos de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal y sector de salmuera), y a su tipología (pozo profundo, pozo somero y nivel lacustre).

**Tabla 5-19: Puntos de monitoreo del sistema Peine**

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología
GD-04	Zona marginal	Pozo profundo
L10-1	Zona marginal	Pozo profundo
L10-2	Zona marginal	Pozo somero
L10-3	Zona marginal	Pozo somero
L10-4	Zona marginal	Pozo somero
L10-5	Zona marginal	Pozo somero
L10-6	Zona marginal	Pozo somero
L10-7	Zona marginal	Pozo somero
L10-8	Zona marginal	Pozo somero
L10-9	Zona marginal	Pozo somero
L10-10	Zona marginal	Pozo somero
L10-15	Zona marginal	Pozo somero
1024	Salmuera	Pozo somero
1028	Salmuera	Pozo profundo
2018	Salmuera	Pozo somero
2037	Salmuera	Pozo somero
GD-03	Salmuera	Pozo profundo
L10-11	Salmuera	Pozo somero
L10-12	Salmuera	Pozo somero
L10-13	Salmuera	Pozo somero
L10-14	Salmuera	Pozo somero
L10-16	Salmuera	Pozo somero
L10-17	Salmuera	Pozo somero
Laguna Salada Reglilla	Zona marginal	Reglilla
Laguna Saladita Reglilla	Zona marginal	Reglilla
Laguna Interna Reglilla	Zona marginal	Reglilla
Aforo Salada	Zona marginal	Aforo
Aforo Saladita	Zona marginal	Aforo
Laguna Salada	Zona marginal	Superficie Lacustre
Laguna Saladita	Zona marginal	Superficie Lacustre
Laguna Interna	Zona marginal	Superficie Lacustre

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-238: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial

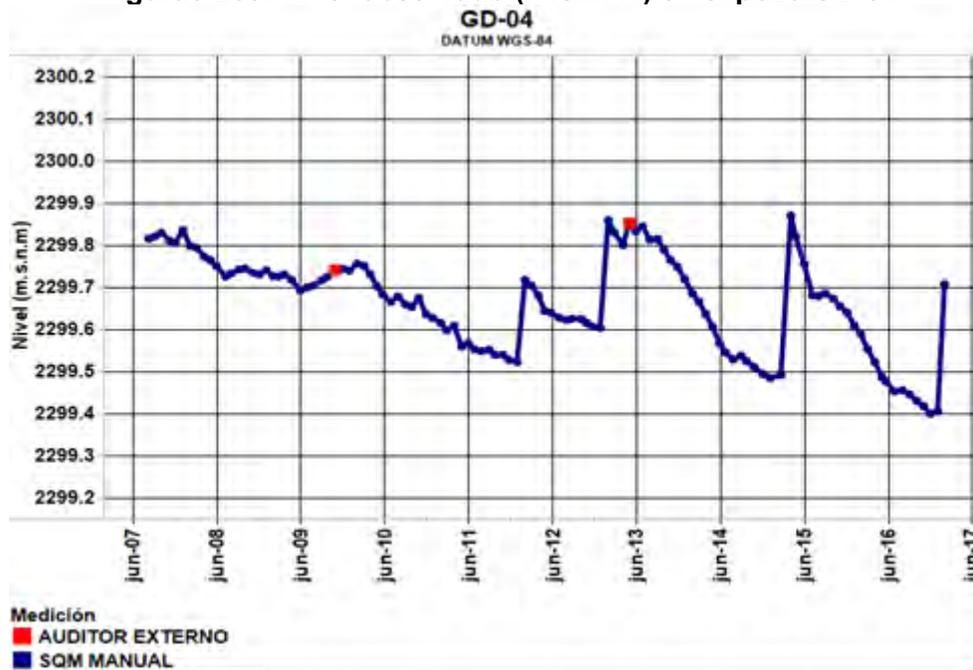
Se presentan los niveles de todos los pozos que son parte de la red de monitoreo del PSAH para el sistema Peine.

El pozo L10-1 es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina y será presentado solo en esta sección

#### 5.3.3.1.1 Pozos en zona marginal

Desde la Figura 5-204 hasta la Figura 5-215 se presentan los niveles en los pozos pertenecientes al Sistema Peine que se ubican en la zona marginal.

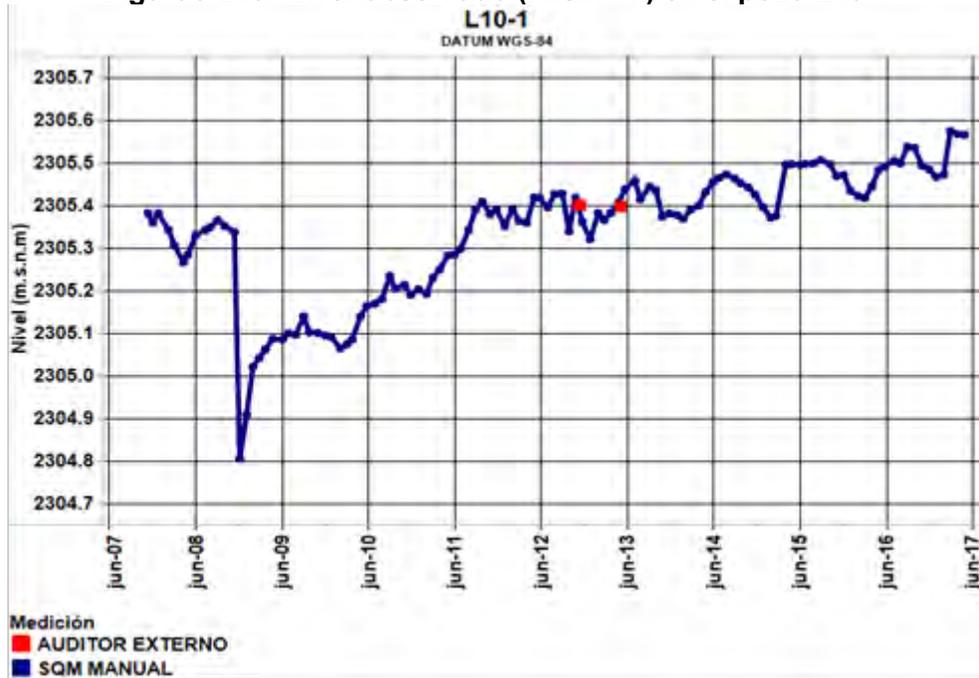
**Figura5-239: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-04**



Fuente: Elaboración propia.

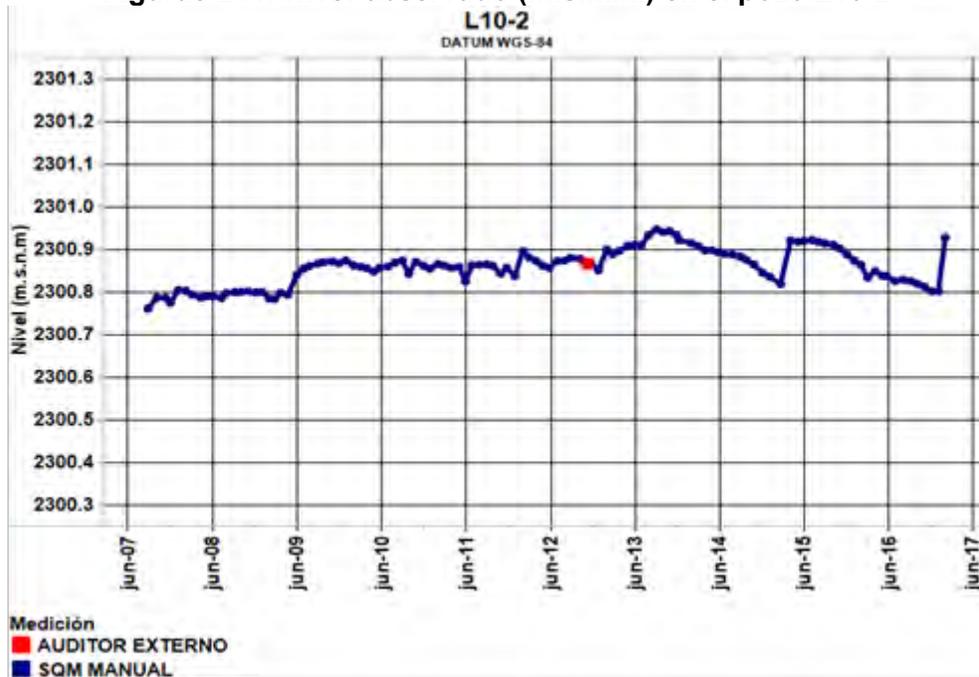
Posterior a un muestreo de agua en el pozo L10-1, el cual se realizó con una bomba de bajo caudal en diciembre de 2008, la recuperación del nivel inicial tardó más de lo esperado. Se puede observar que la recuperación podría estar afectada por la estacionalidad invierno/verano, lo que se refleja de forma similar a escalones de ascenso en lugar de ascenso continuo.

**Figura5-240: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-1**



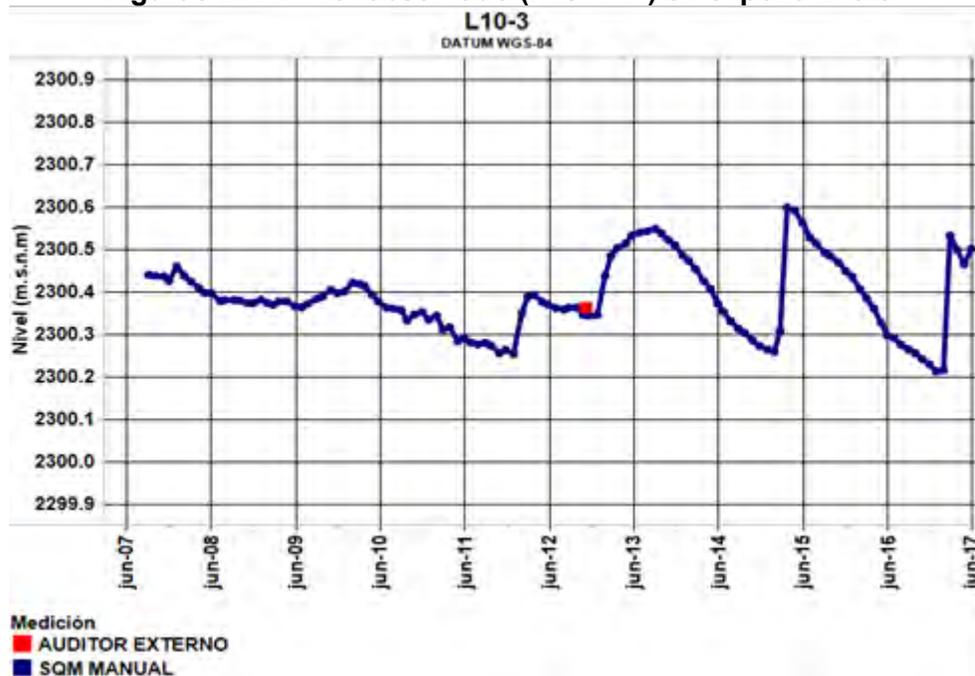
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-241: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2**



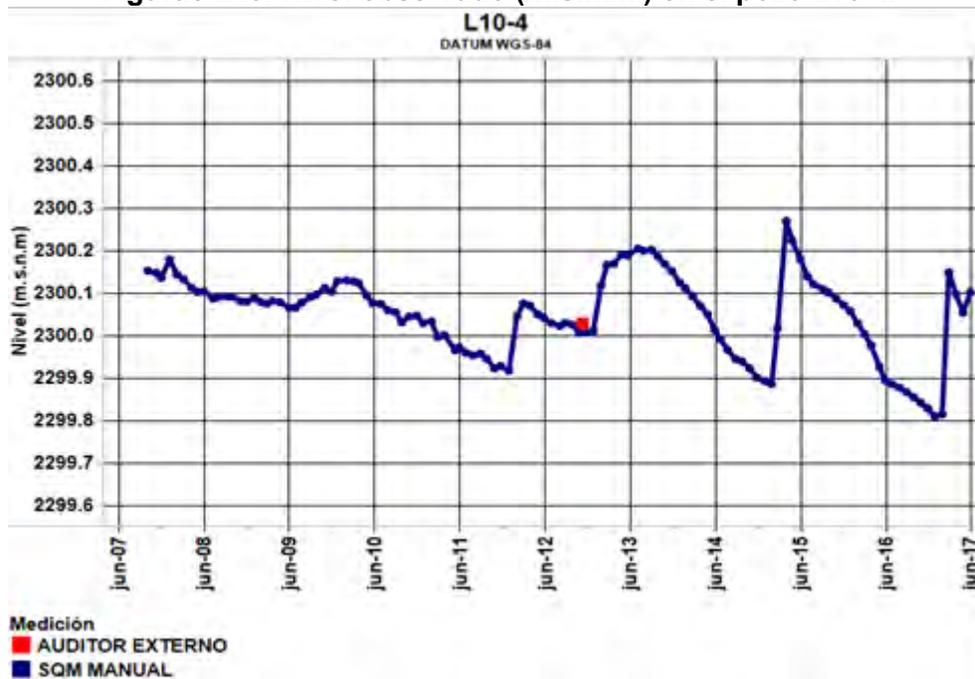
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-242: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-3**



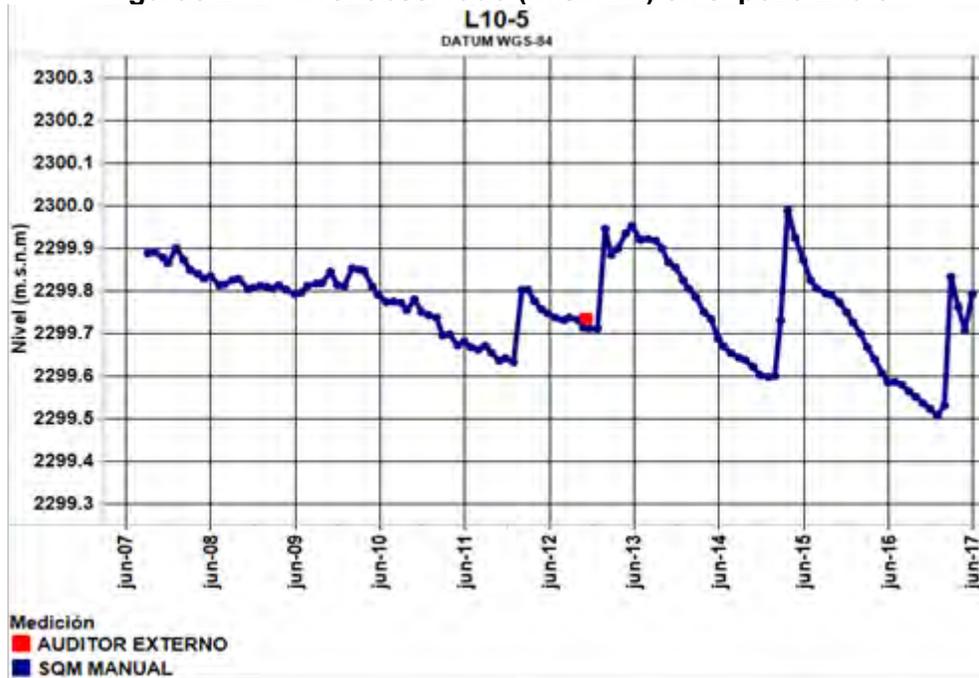
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-243: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-4.**



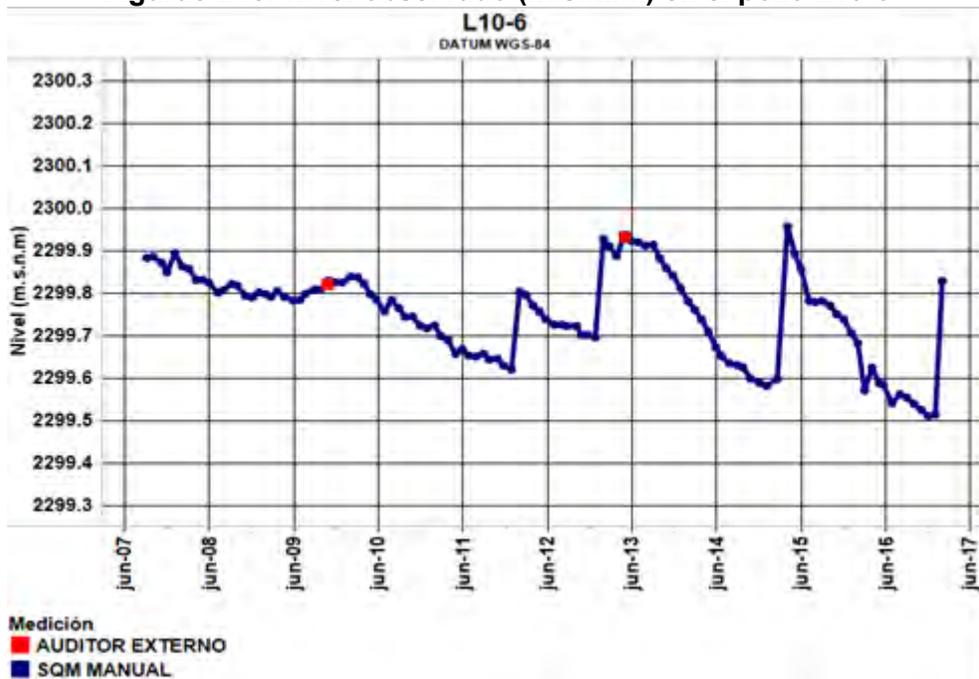
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-244: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-5**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-245: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-6**



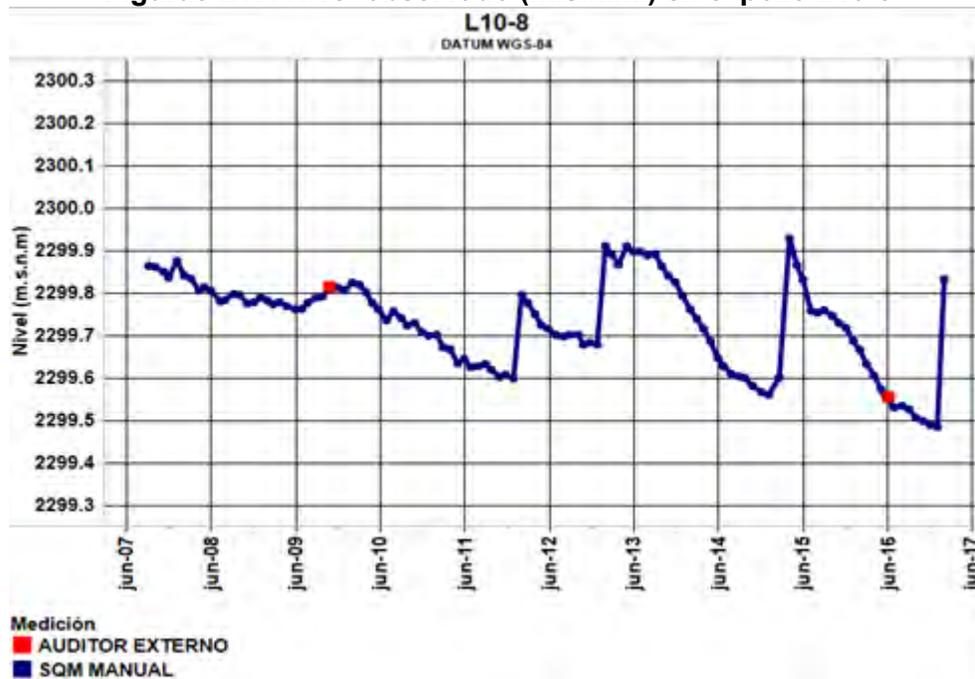
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-246: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7**



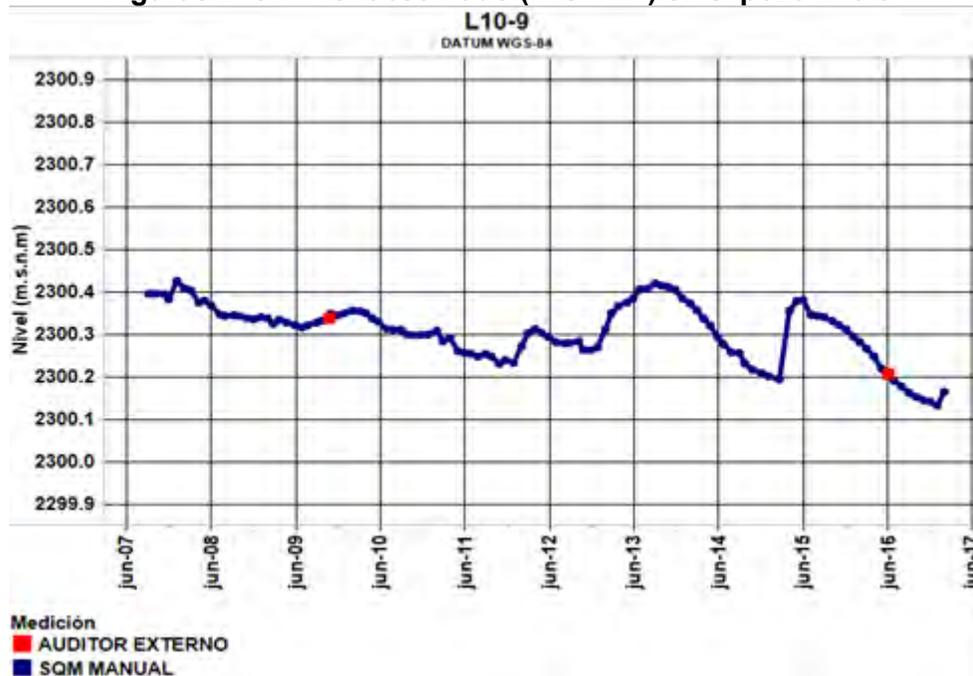
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-247: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-8**



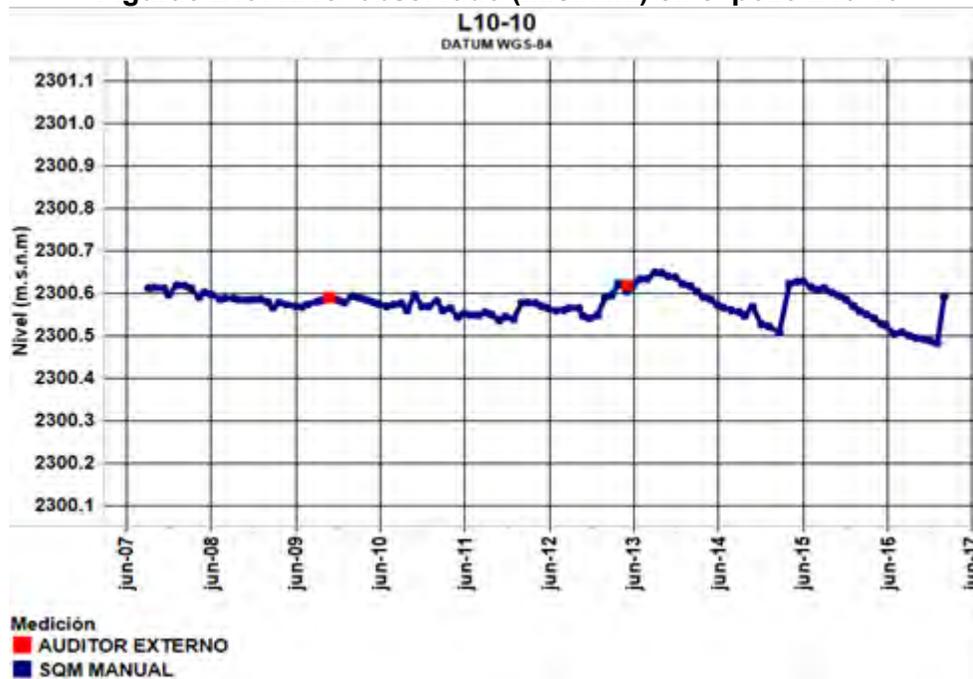
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-248: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-9**



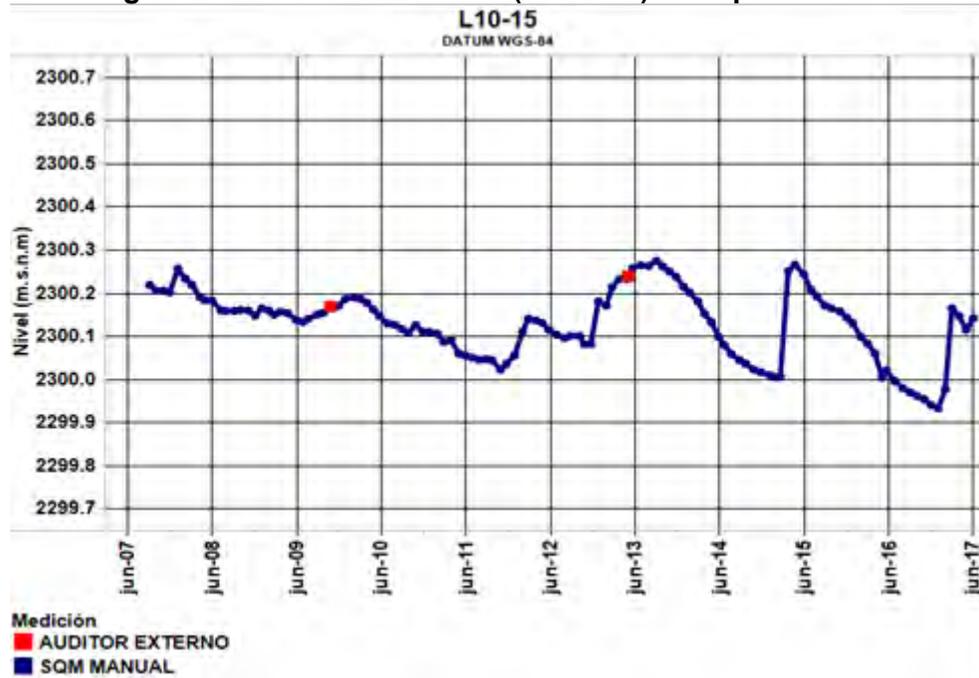
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-249: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-10**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-250: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-15**

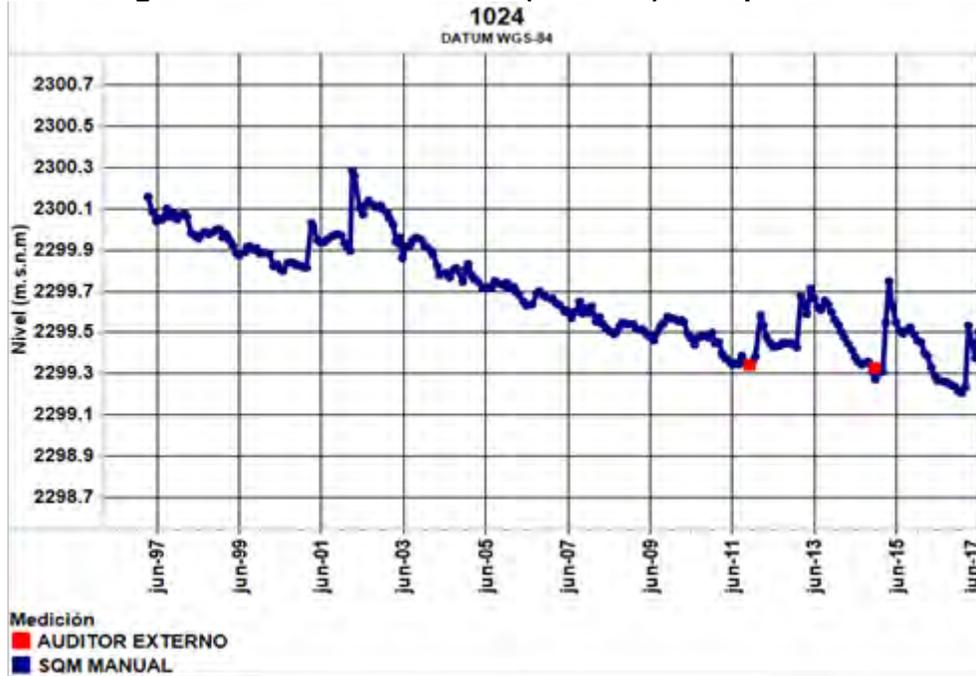


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3.1.2 Pozos de salmuera

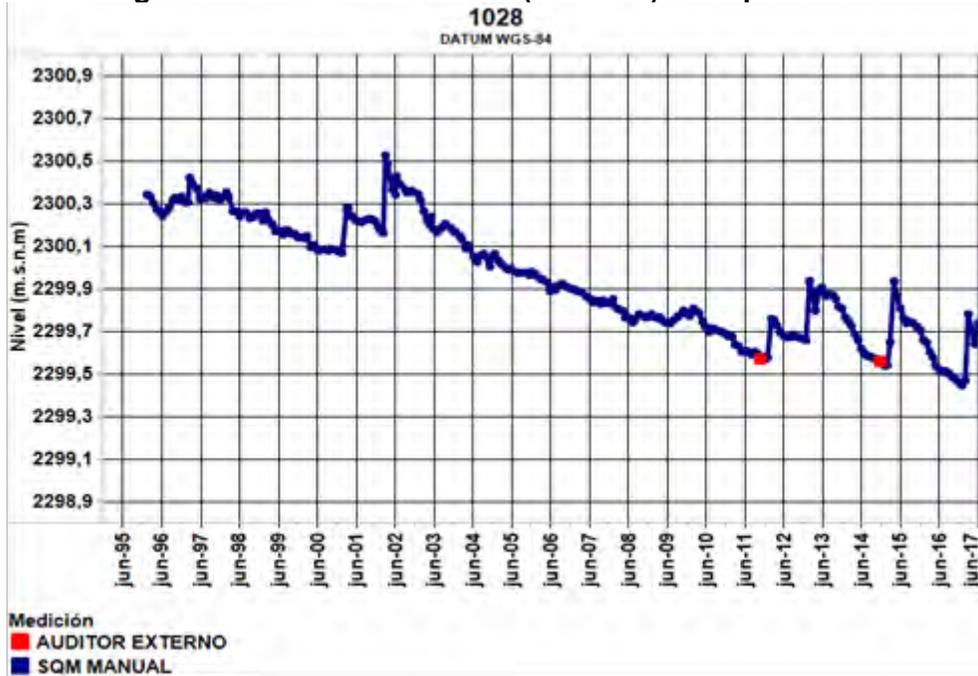
Desde la Figura5-254 hasta la Figura5-264 se presentan los pozos ubicados en el sector del núcleo del Salar que pertenecen al Sistema Peine.

**Figura5-251: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1024**



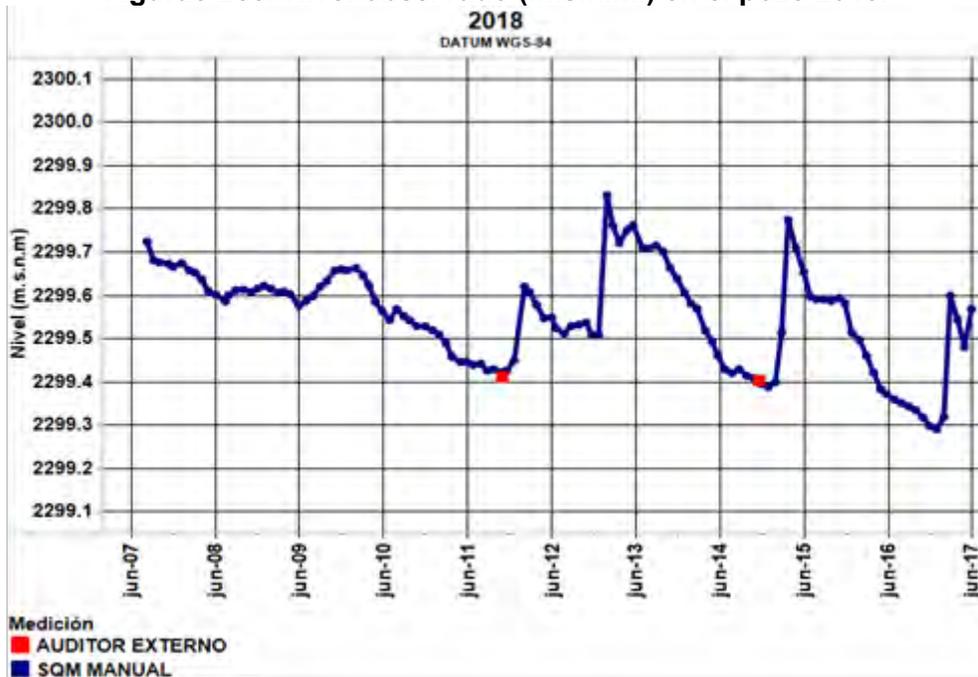
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-252: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028**



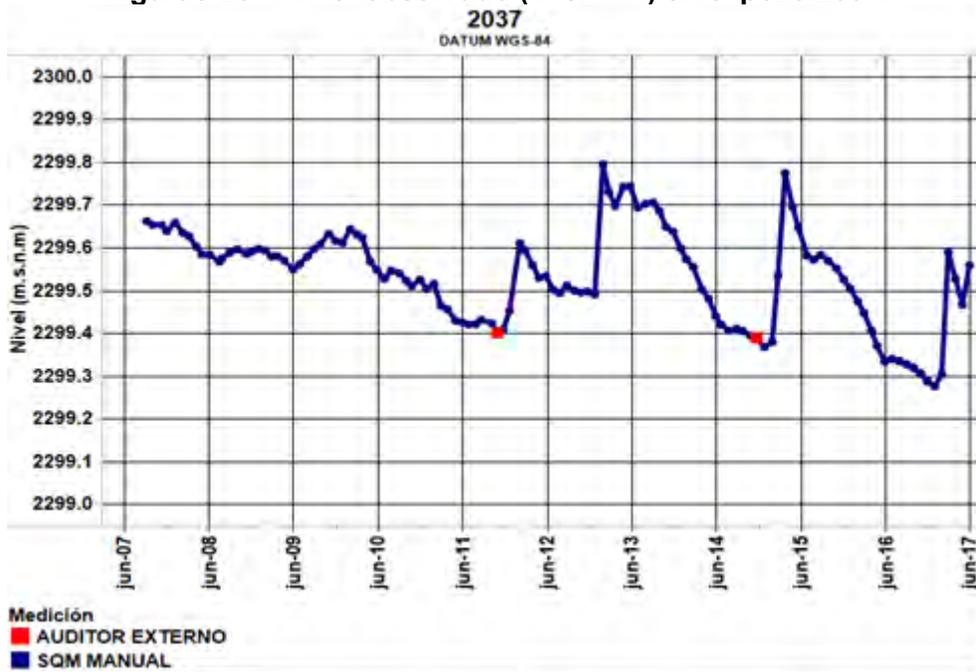
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-253: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2018.**



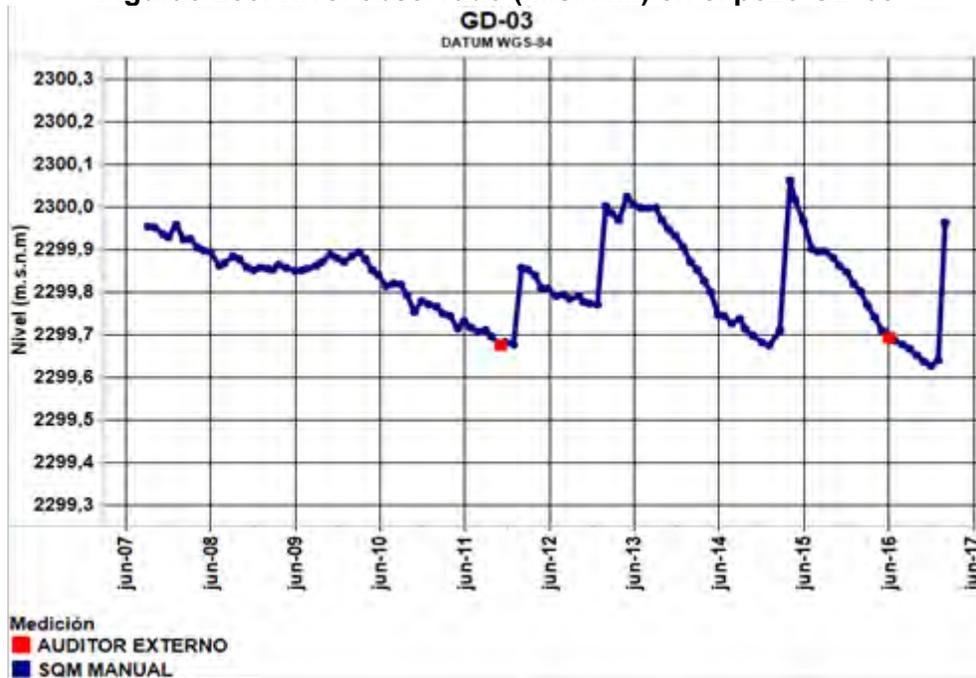
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-254: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2037.**



Fuente: Elaboración propia.

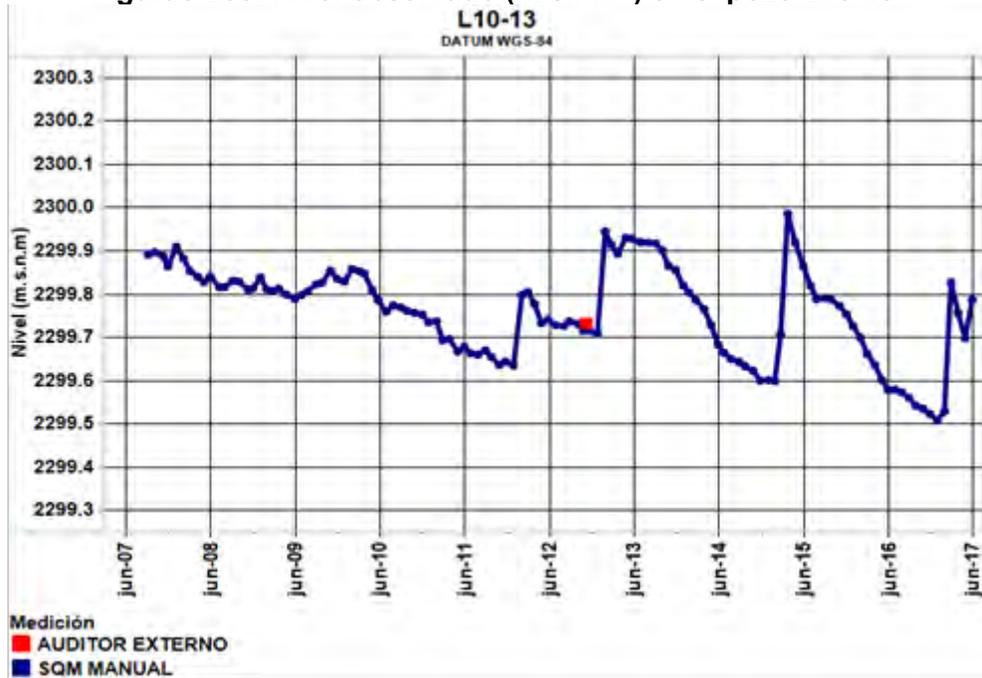
**Figura5-255: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-03**



Fuente: Elaboración propia.

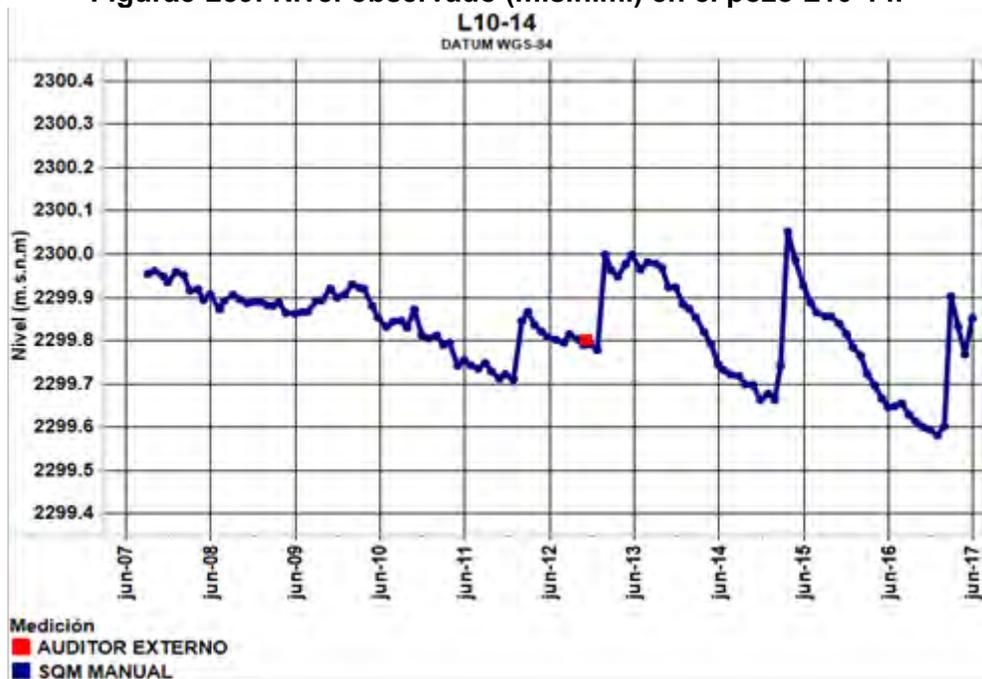


**Figura5-258: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-13.**



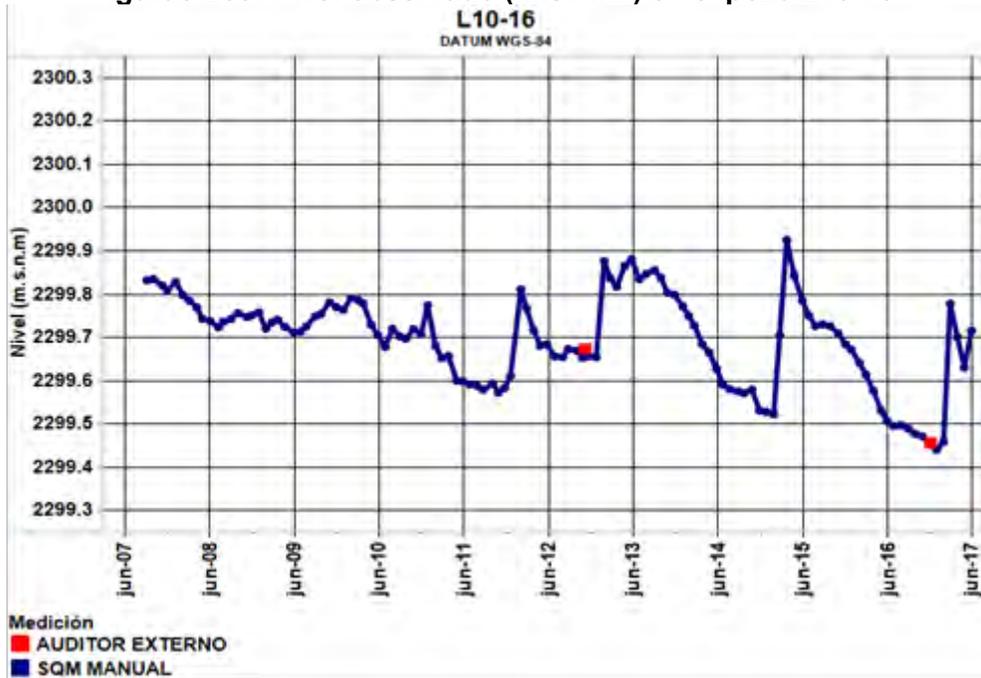
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-259: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-14.**



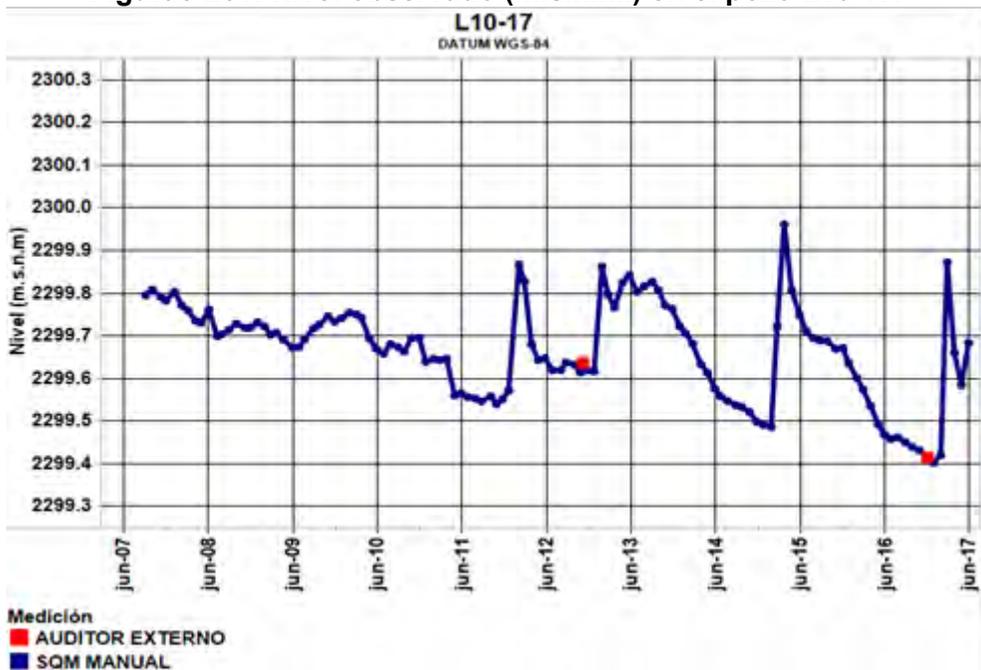
Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-260: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-16.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-261: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17.**



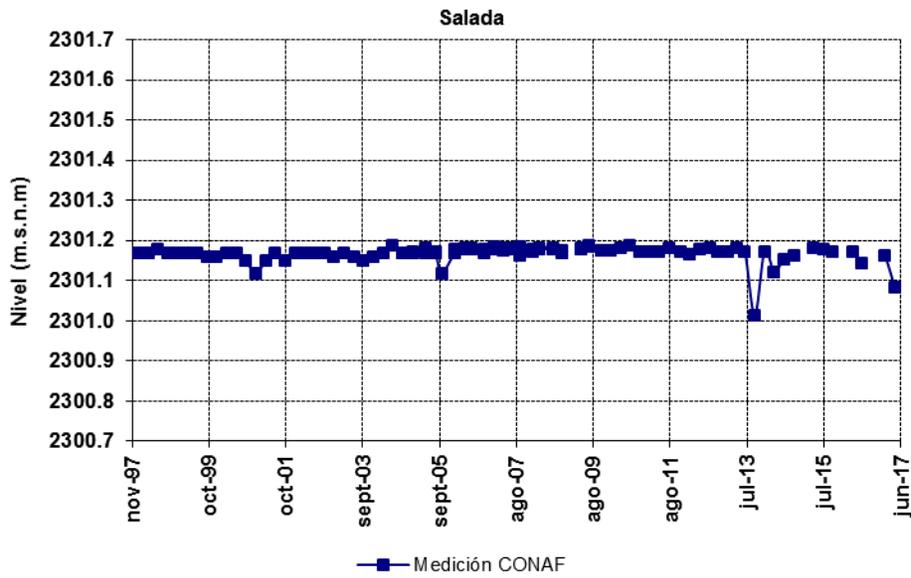
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.3.2 Nivel lacustre

Las mediciones del nivel lacustre para el sistema Peine son realizadas directamente por CONAF y se incluyen en esta sección en virtud del convenio entre CONAF y SQM (Figura 5-265 a Figura 5-267).

Por parte de CONAF no se informan registros de nivel de Laguna Interna, correspondientes a las visitas de los años 2016 y 2017, atendido que en el lugar donde está ubicada la reglilla no hay agua. La laguna Interna es muy variable en su morfología de un año a otro, por encontrarse en la zona terminal o de descarga de las lagunas Salada y Saladita; por lo que pueden aparecer y desaparecer nuevas zonas inundadas de un año a otro, dependiendo de las precipitaciones en la zona<sup>34</sup>.

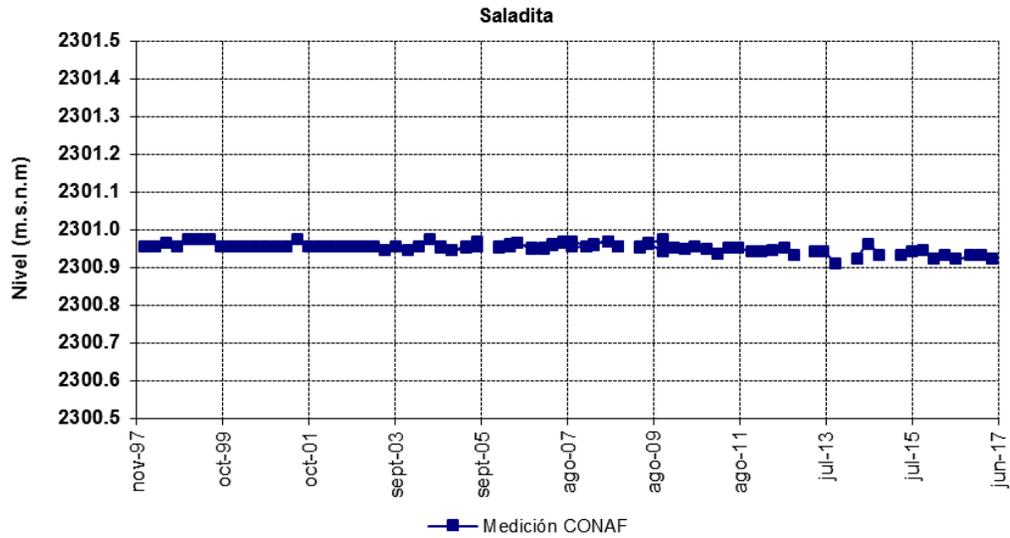
**Figura 5-262: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Salada.**



Fuente: Elaboración propia.

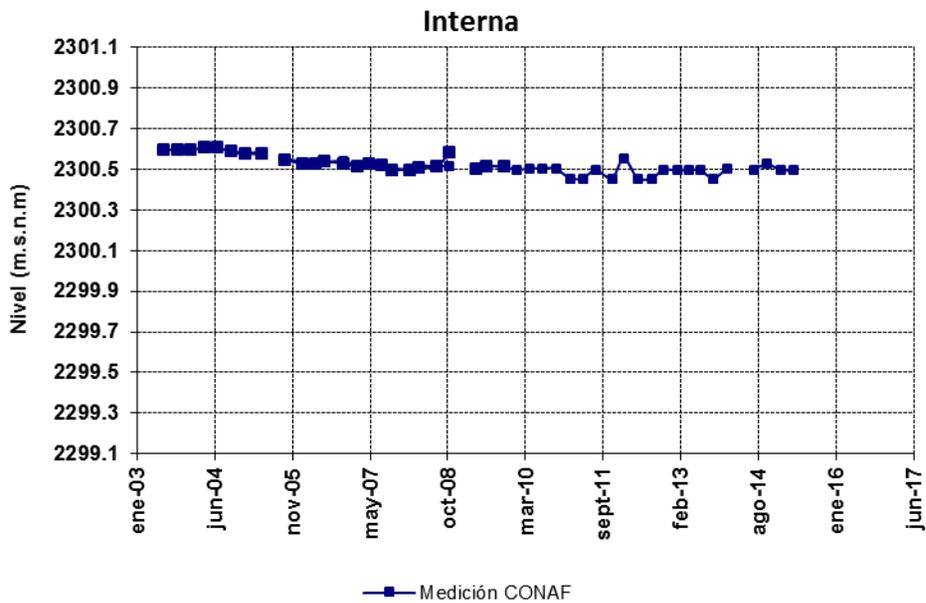
<sup>34</sup> En este sentido, EIA del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, Capítulo 5, punto 5.6.8.

**Figura 5-263: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Saladita.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-264: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Interna<sup>35</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>35</sup> La Reglilla Laguna Interna se encuentra sin agua durante las mediciones desde noviembre 2016 a la fecha de cierre de este informe..

### **5.3.3.3 Calidad química**

Los pozos del sistema Peine en que se monitorea calidad química del agua subterránea son: 1028, L10-1 y L10-4. Desde la Figura 5-268 a la Figura 5-270 se presenta las mediciones efectuadas en terreno por SQM y los resultados de los análisis químicos realizados por el laboratorio ALS Environmental. En el ANEXO 16 se presenta los informes de análisis químicos.

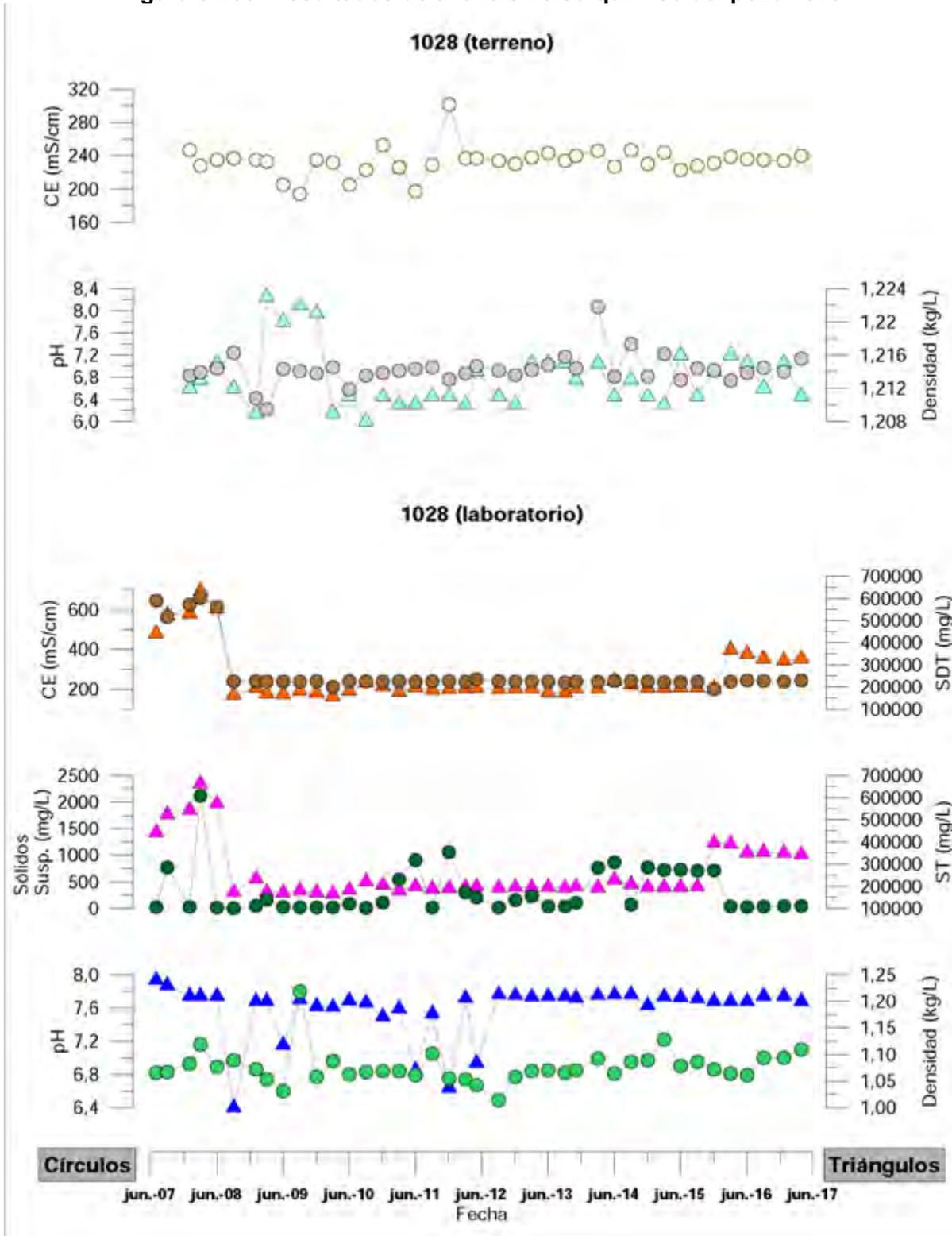
Respecto a los parámetros de calidad del agua de las lagunas del sistema Peine, CONAF realiza el muestreo en el marco del convenio que actualmente posee con SQM. Los parámetros que se miden son sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza total, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, arsénico, nitrato, fosfato, pH, temperatura y oxígeno disuelto.

Desde la Figura 5-271 a la Figura 5-276 se muestran los resultados para las lagunas Interna, Salada y Saladita. El pozo L10-1 es parte del monitoreo de la calidad del agua de los sistemas Peine y Cuña Salina y se presenta sólo en esta sección. Es importante notar que en los gráficos de hidroquímica, las series representadas con un círculo están asociadas a los ejes del lado izquierdo y las que se representan por un triángulo están asociadas a los ejes del lado derecho.

#### **5.3.3.3.1 Muestreo realizado por SQM**

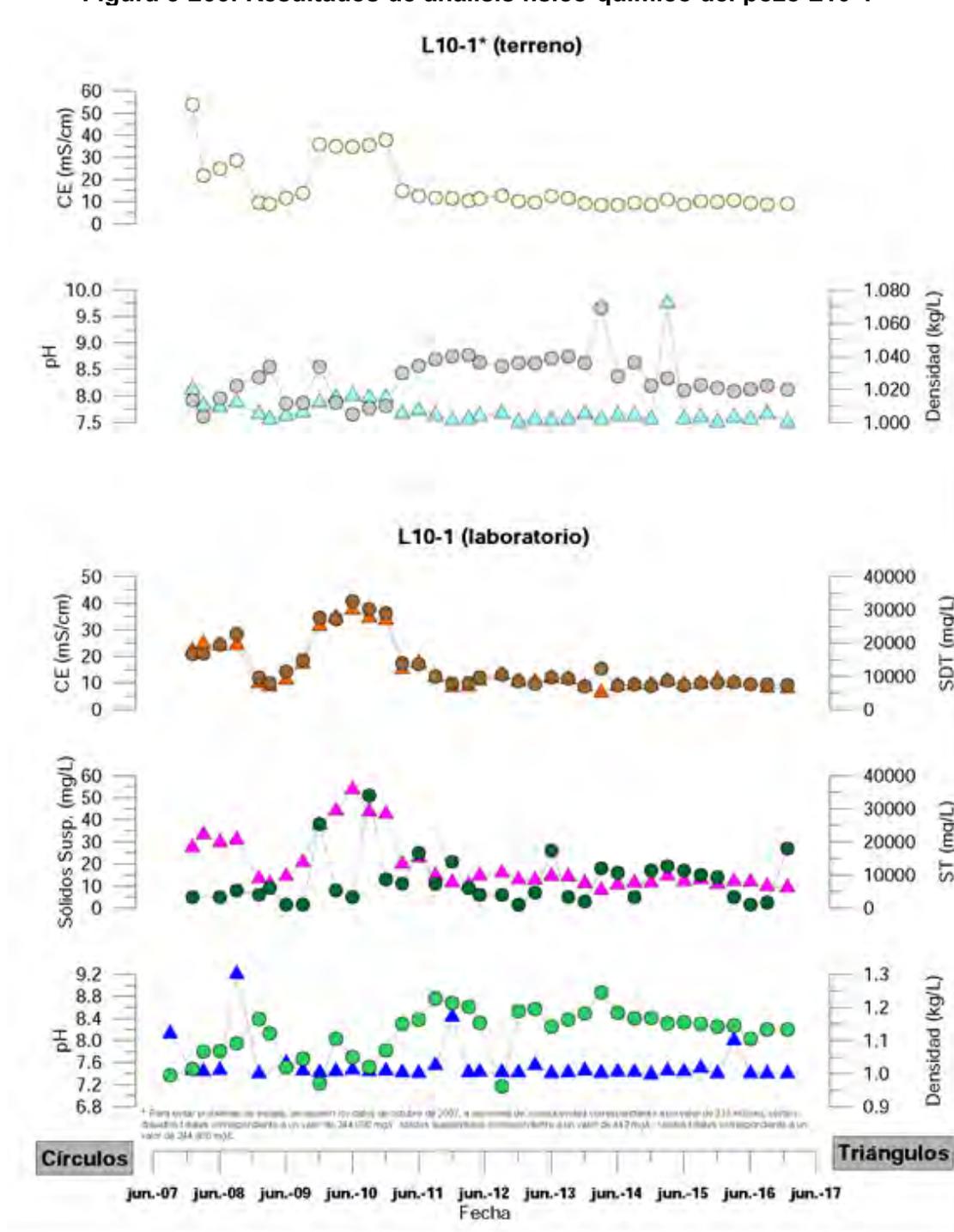
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por SQM y analizadas por el laboratorio SGS.

Figura 5-265: Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028



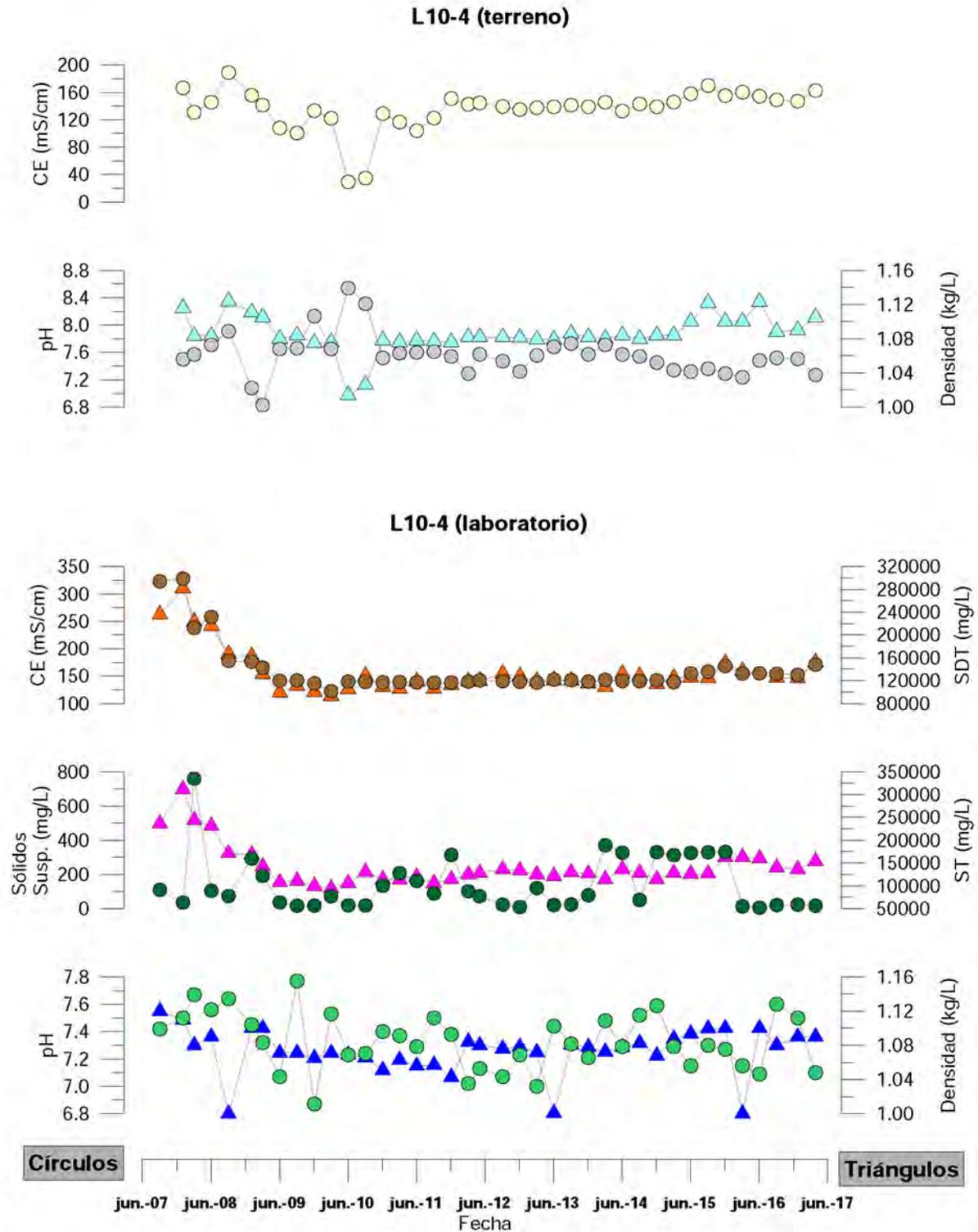
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-266: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1<sup>36</sup>



<sup>36</sup> Para evitar problemas de escala, se sacaron los datos de octubre de 2007, a las series de: conductividad correspondiente a un valor de 313 mS/cm; sólidos disueltos totales correspondiente a un valor de 244.000 mg/L; sólidos suspendidos correspondiente a un valor de 442 mg/L; sólidos totales correspondiente a un valor de 244.800 mg/L.

**Figura 5-267: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4**

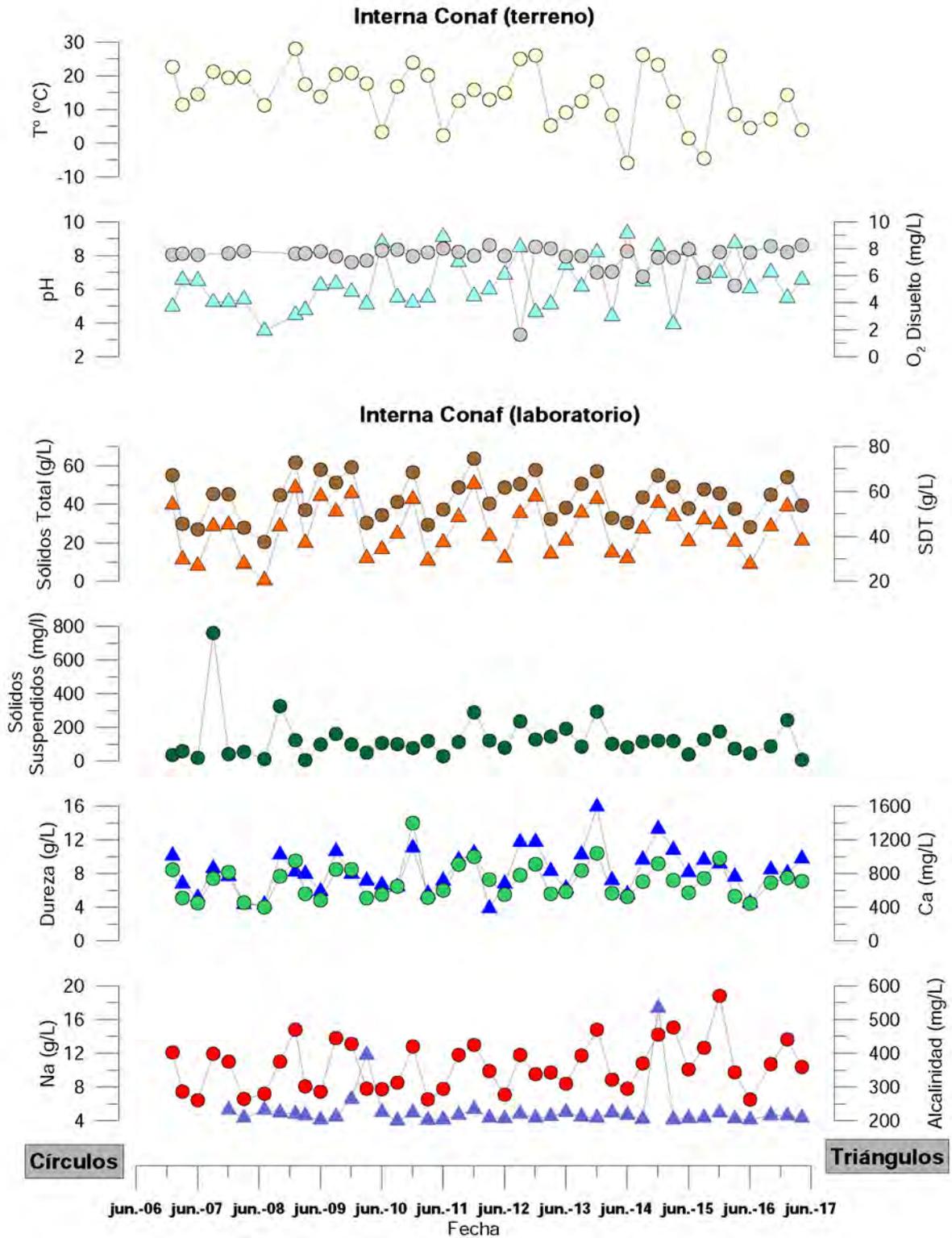


Fuente: Elaboración propia.

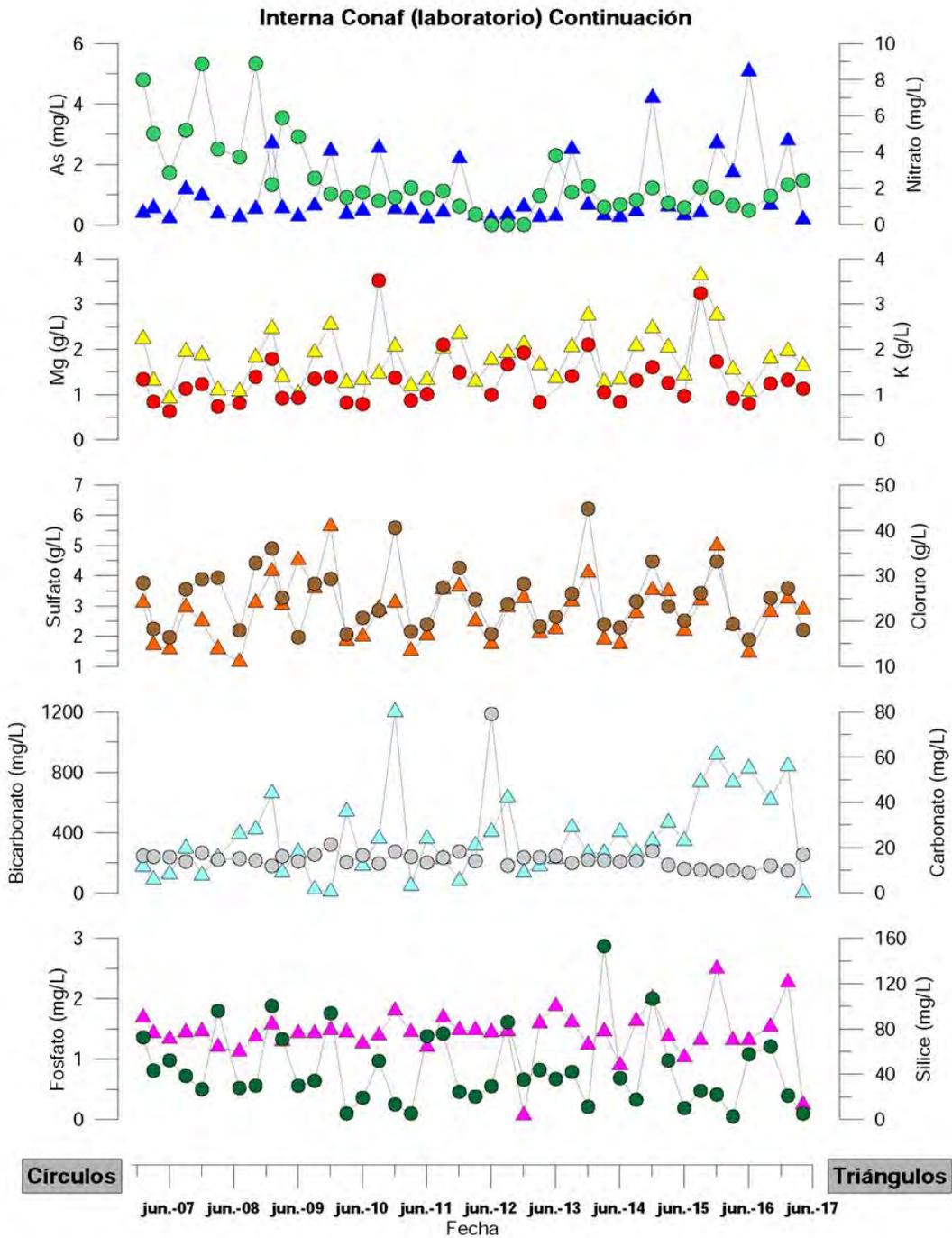
#### **5.3.3.3.2 Muestreo realizado por CONAF**

A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por CONAF.

**Figura 5-268: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna.**



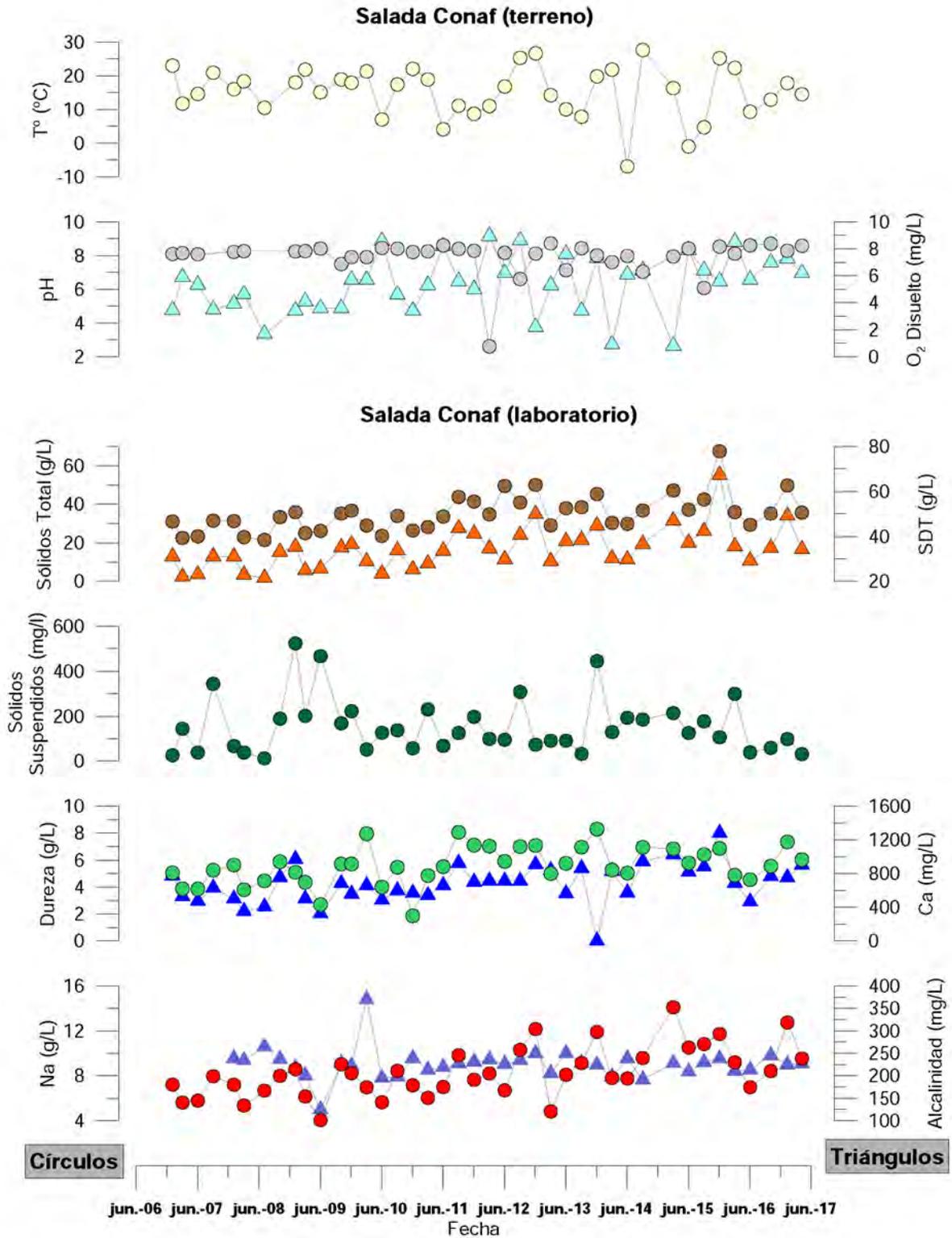
**Figura 5-269: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación)<sup>37</sup>**



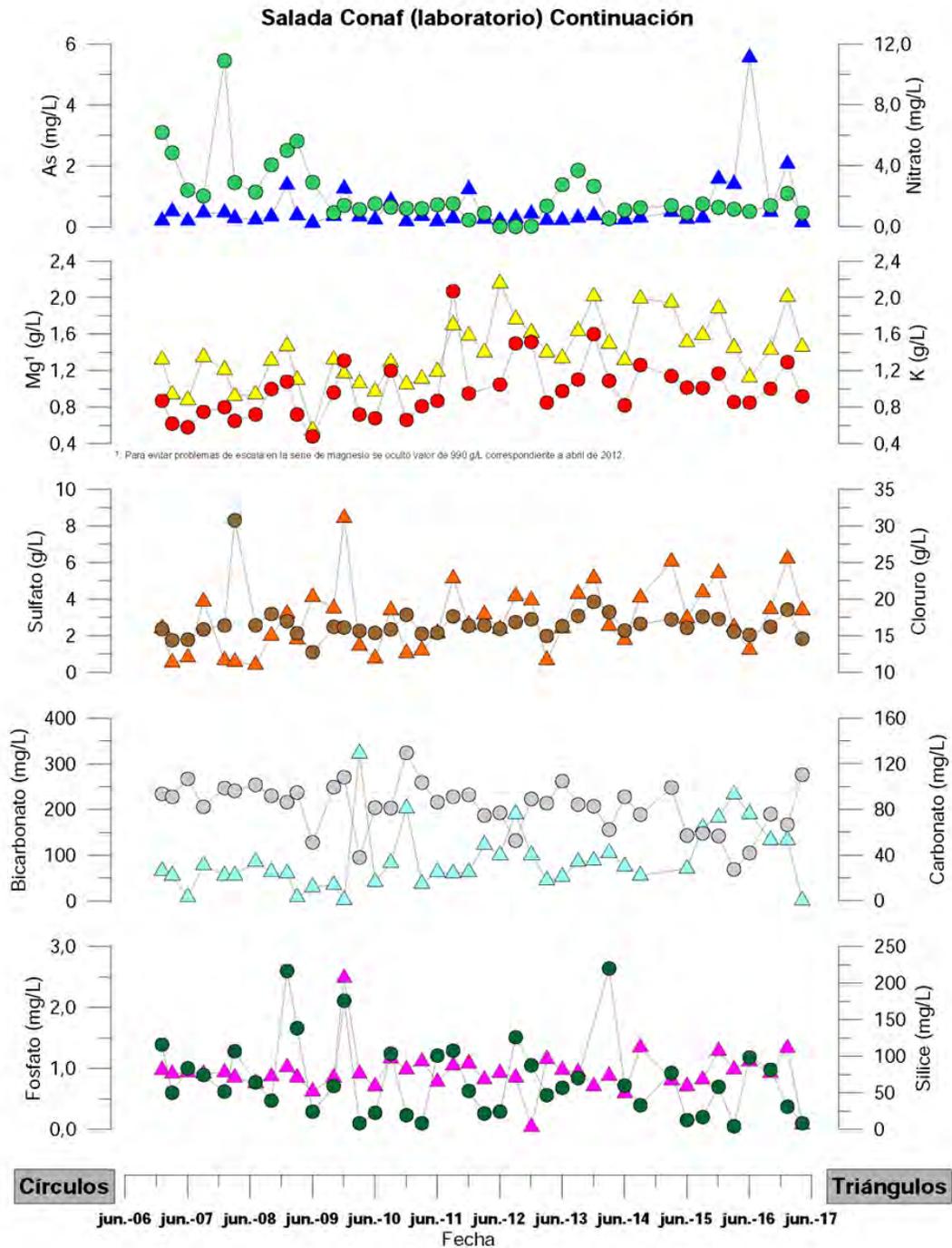
Fuente: Elaboración propia.

<sup>37</sup> Para evitar problemas de escala a la serie de magnesio se le sacó el dato de abril de 2012 correspondiente a un valor de 501 g/L.

**Figura 5-270: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada**



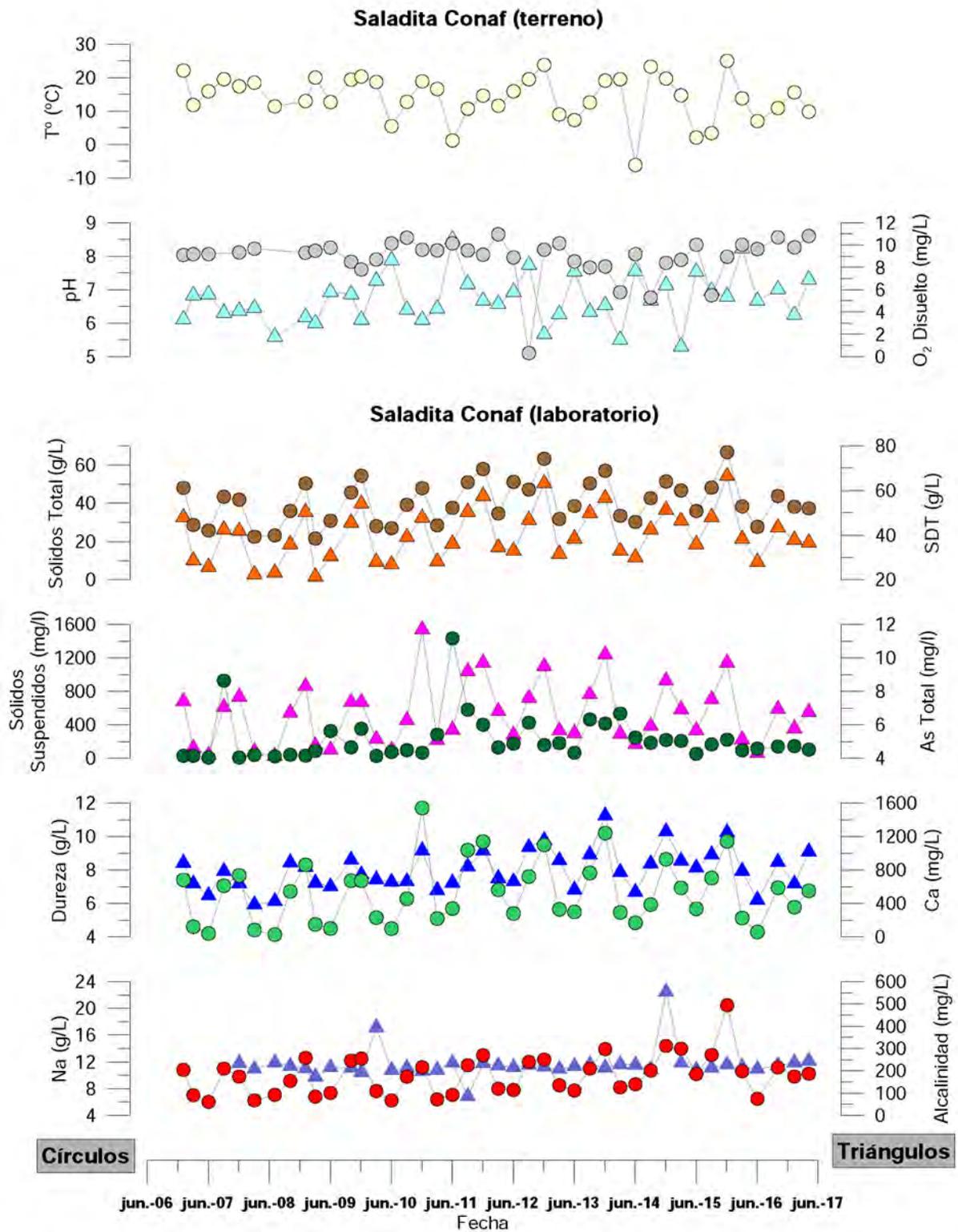
**Figura 5-271: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación)<sup>38</sup>.**



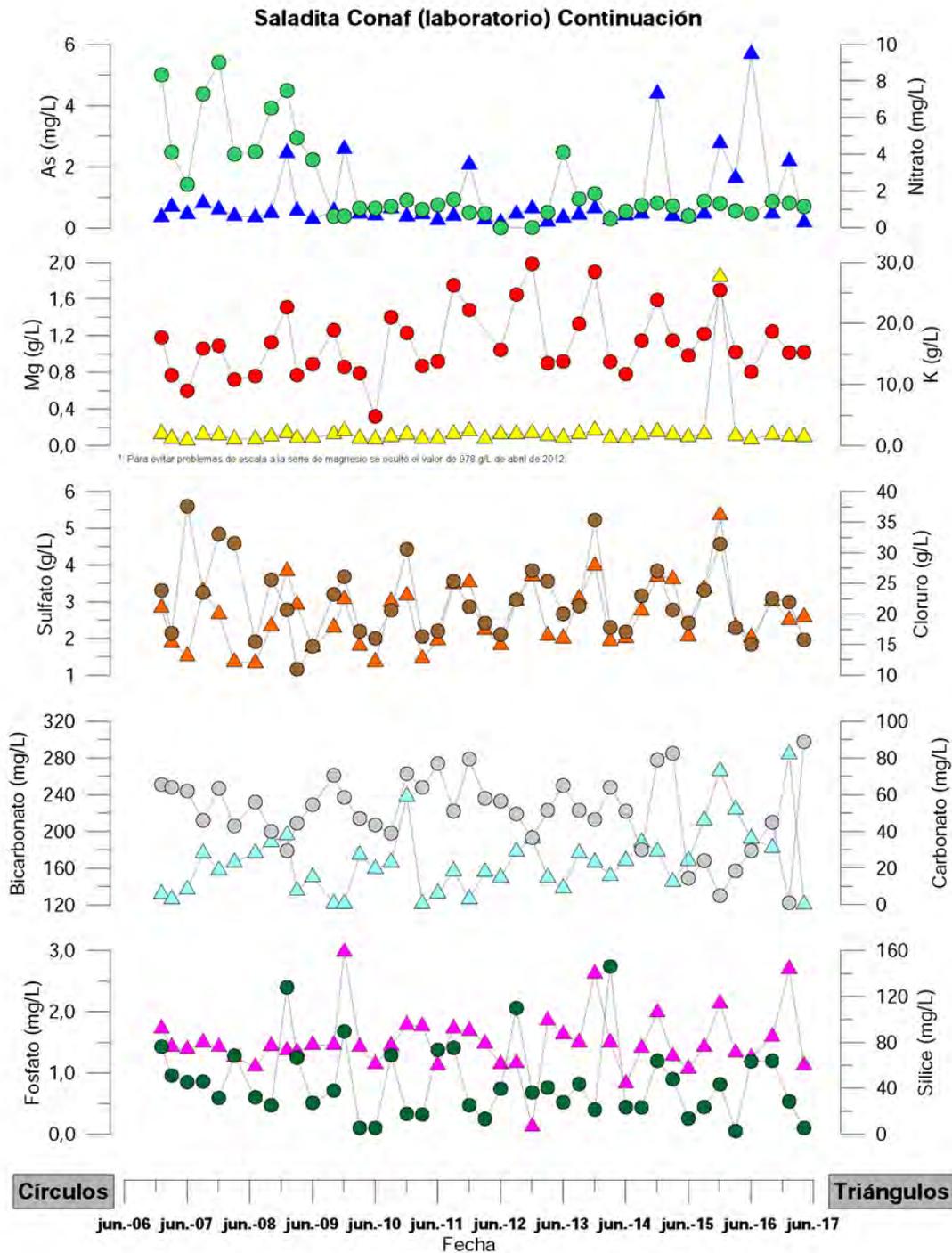
Fuente: Elaboración propia.

<sup>38</sup> Para evitar problemas de escala, en la serie de magnesio no se presenta el dato de abril de 2012 correspondiente a un valor de 990 g/L.

**Figura 5-272: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita.**



**Figura 5-273: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación)<sup>39</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>39</sup> Para evitar problemas de escala, en la serie de magnesio no presenta el dato de abril de 2012 correspondiente a un valor de 978 g/L.

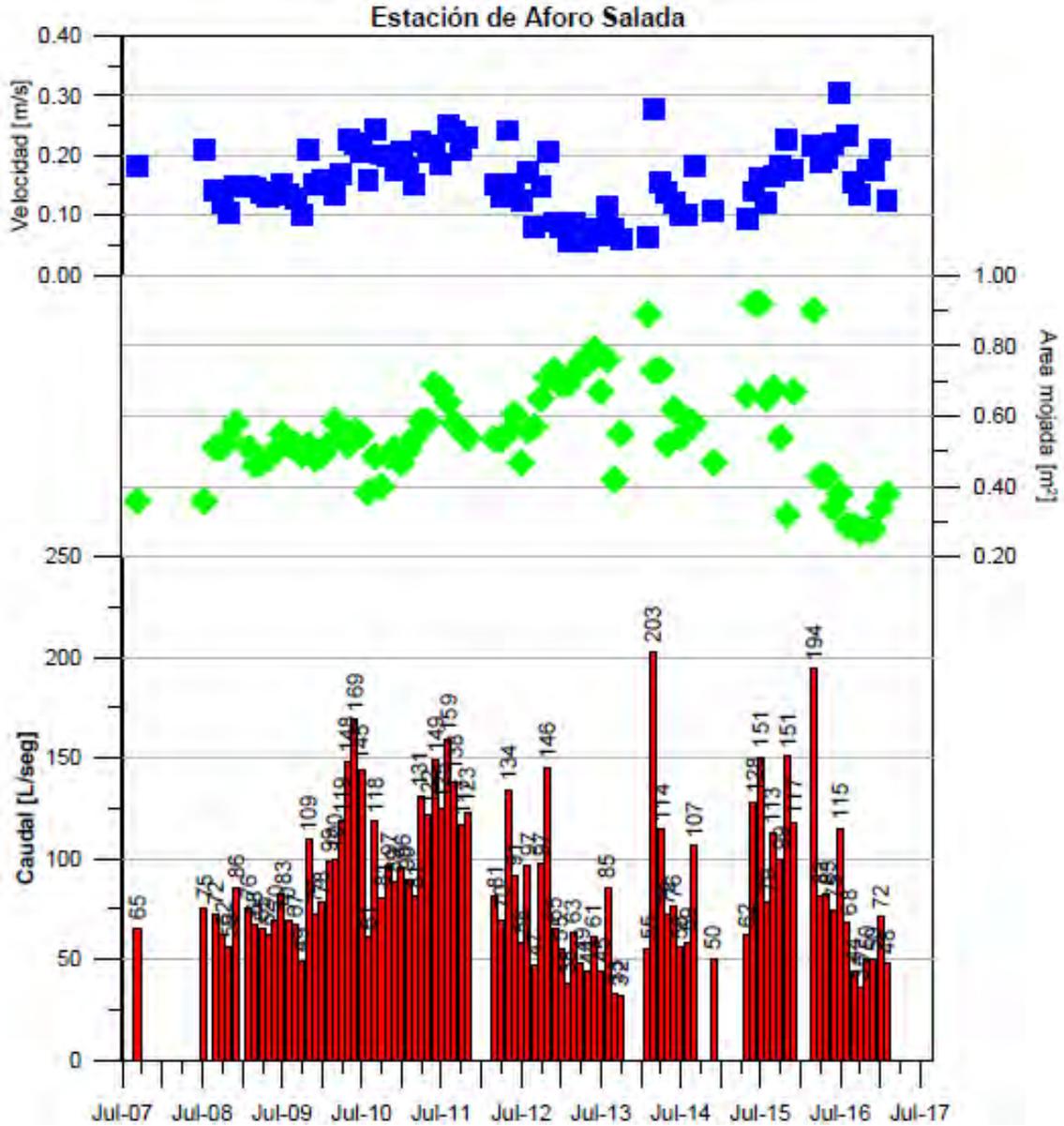
#### **5.3.3.4 Aforos**

A continuación, se presentan los aforos del Sistema Peine, correspondiente a la estación de aforo de las lagunas Salada y Saladita.

##### **5.3.3.4.1 Laguna Salada**

Las mediciones en Laguna Salada son realizadas a través de un sistema manual con frecuencia mensual que consiste en medir la velocidad y sección en el punto de aforo. Los caudales calculados son presentados en la Figura 5-277.

Figura 5-274: Aforo laguna Salada<sup>40</sup>. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m<sup>2</sup>)



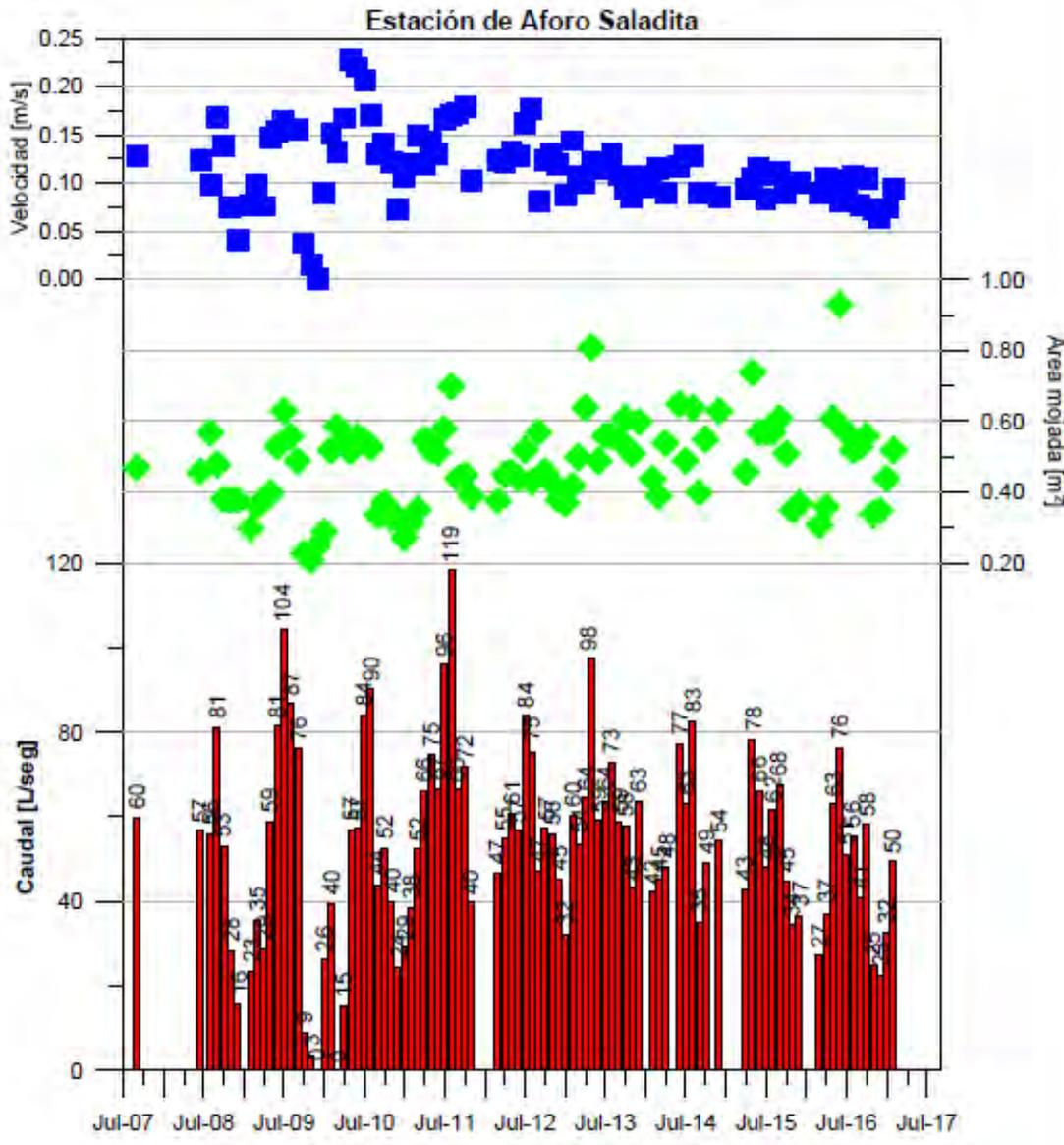
Fuente: Elaboración propia.

<sup>40</sup> Para el aforo de Laguna Salada del mes de febrero no se ingresó debido al mal estado de los caminos provocado por las lluvias ocurridas durante ese mes. Los meses de Marzo- Abril- Mayo y Junio no se aforo debido a la prohibición de ingreso al interior de la Barrera Peine.

### 5.3.3.4.2 Laguna Saladita

Los registros manuales de caudal con que cuenta SQM para esta estación de aforo se presentan en la Figura 5-278.

**Figura 5-275: Aforo laguna Saladita<sup>41</sup>. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m<sup>2</sup>)**



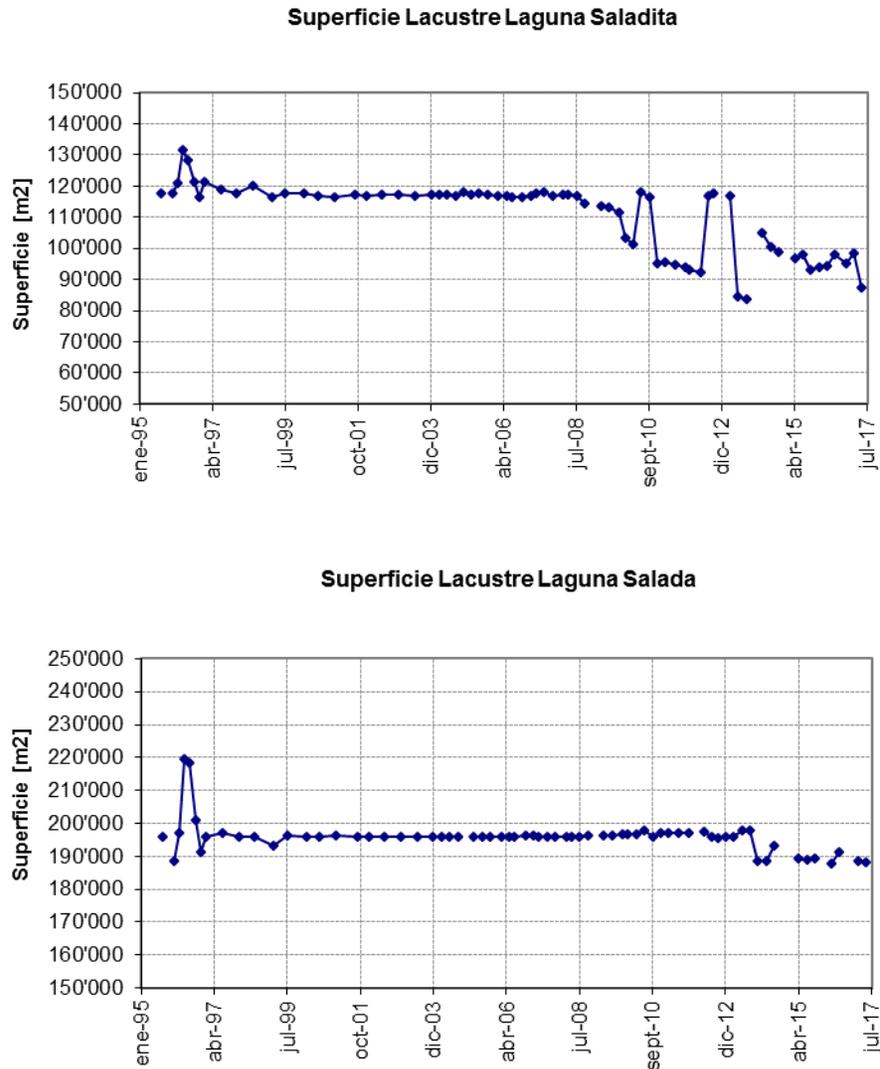
Fuente: Elaboración propia.

<sup>41</sup> Para el aforo de Laguna Saladita del mes de febrero no se ingresó debido al mal estado de los caminos provocado por la lluvias ocurridas durante febrero. Los meses de marzo, abril, mayo y junio no se aforo debido a la prohibición de ingreso al interior de la Barrera Peine. Los registros de los puntos no visitado se encuentran en el ANEXO 7

### 5.3.3.5 Superficie lacustre

En el marco del convenio CONAF – SQM Salar S.A, se presentan los resultados de las mediciones de superficie de las lagunas, efectuadas con estacas perimetrales (Figura 5-279).

**Figura 5-276: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)**



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5-20 Tabla 5-21 se presentan las mediciones realizadas a través de topografía y del método de imágenes satelitales; las mediciones de topografía se realizaron con frecuencia anual hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010 quedó establecido que las mediciones de topografía sólo se realizarán cada 5 años (la última se efectuó el año 2015), y por otro lado, en la misma resolución se establece la metodología para realizar la

medición a través de imagen satelital, actividad que se realiza en el mes de abril de cada año. En la Figura 5-280 se muestran los resultados gráficamente.

**Tabla 5-20: Superficies lacustres medidas desde abril de 2015 hasta abril de 2012**

Sistema Lacustre	Laguna	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2008			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2009			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2010			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2011	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2012
		Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Imagen satelital	Imagen satelital
Peine	Salada	147.500	176.126	19,4	199.394	196.616	2	199.067	198.178	0,4	199.521	196.398
	Saladita	118.284	99.665	18,7	110.502	105.274	5	107.149	108.022	0,8	110.394	116.315
	Interna	-	-	-	246.295	199.968	23	231.590	198.838	16,5	182.616	246.828

Fuente: Elaboración propia.

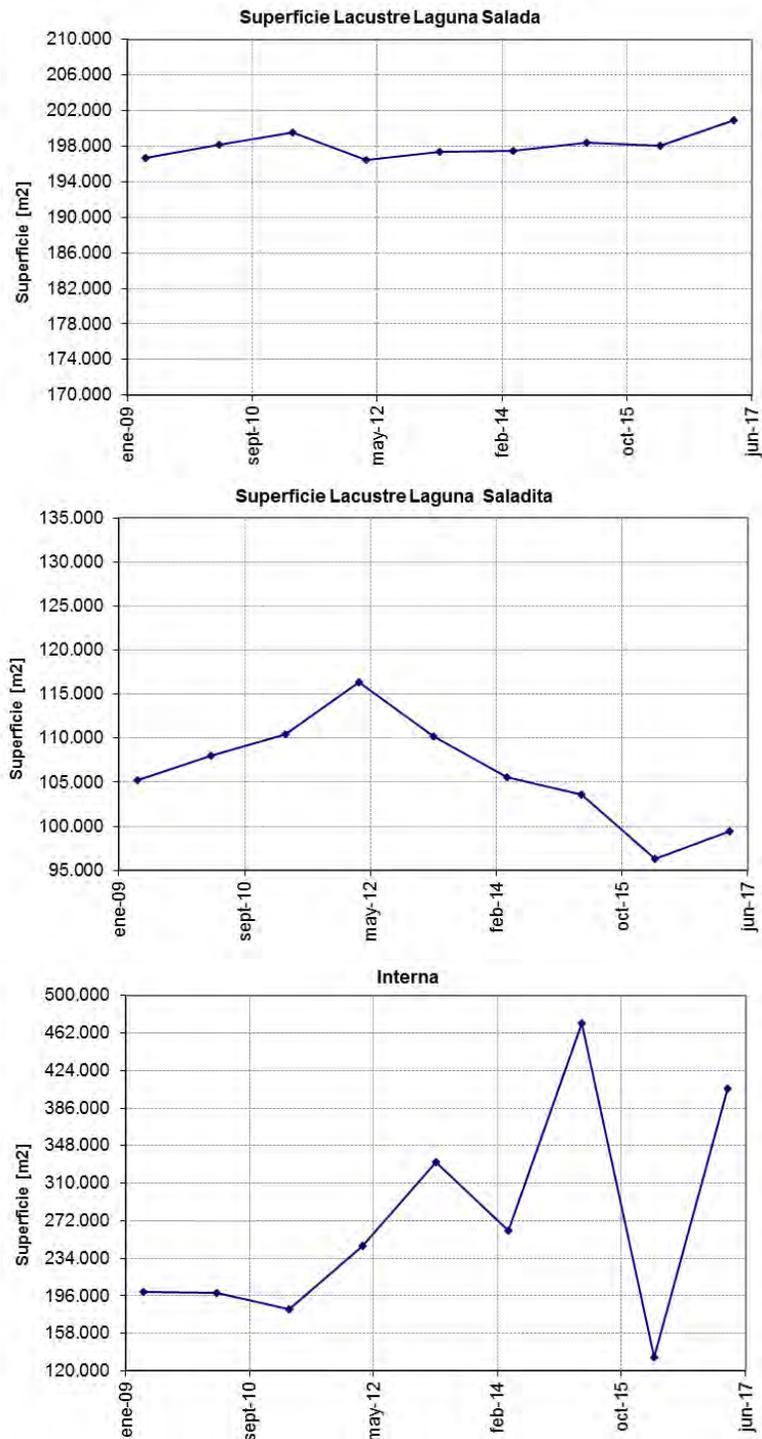
**Tabla 5-21: Superficies lacustres medidas desde abril de 2015 hasta abril de 2017**

Sistema Lacustre	Laguna	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2013	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2014	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2015			Superficie (m <sup>2</sup> ) 2016	Superficie (m <sup>2</sup> ) 2017
		Imagen Satelital	Imagen Satelital	Topografía	Imagen Satelital	DIF. SUP. (%)	Imagen Satelital	Imagen Satelital
Peine	Salada	197.314	197.427	172.725	198.429	13,0	198.028	200.958
	Saladita	110.227	105.522	84.177	103.638	18,8	96.262	99.410
	Interna	331.075	261.763	85.846 <sup>42</sup>	472.172	81,8	134.054	405.302

Fuente: Elaboración propia.

<sup>42</sup> Superficie Lacustre no consideró nueva zona inundada. No es comparable con medición de imagen satelital.

**Figura 5-277: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida a través de imágenes satelitales**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4 Sistema Vegetación Borde Este

Los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este se encuentran al este del Salar de Atacama entre las coordenadas 7.425.000 a 7.395.000 norte y 590.000 a 600.000 este. En la Figura 5-281 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

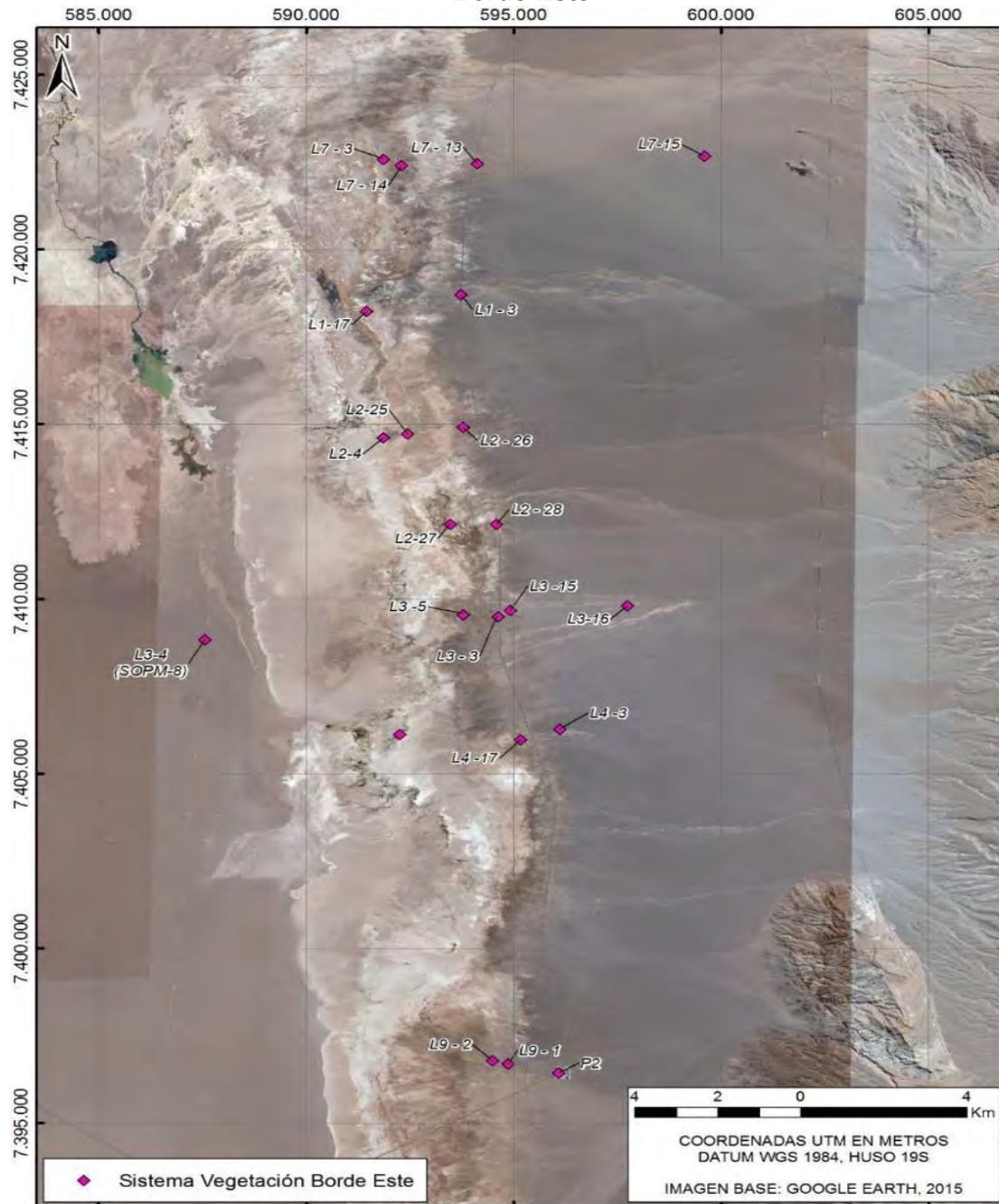
En la Tabla 5-23 se presenta los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este clasificando de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y su tipología (pozo profundo y pozo somero).

**Tabla 5-22: Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este**

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología
P2	Zona Aluvial	Pozo profundo
L1-17	Zona marginal	Pozo somero
L2-25	Zona marginal	Pozo somero
L2-26	Zona marginal	Pozo profundo
L2-27	Zona marginal	Pozo somero
L2-28	Zona marginal	Pozo profundo
L3-15	Zona marginal	Pozo profundo
L3-16	Zona aluvial	Pozo profundo
L4-17	Zona marginal	Pozo somero
L7-13	Zona marginal	Pozo profundo
L7-14	Zona marginal	Pozo somero
L7-15	Zona aluvial	Pozo profundo
L9-1	Zona marginal	Pozo profundo
L9-2	Zona marginal	Pozo profundo
P2	Zona aluvial	Pozo de bombeo

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-278: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presentan los niveles de los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegetación Borde Este. Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 pertenecen a la red de monitoreo del sistema Soncor y del sistema Vegetación Borde Este, siendo presentados en las secciones anteriores.

Los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 son parte del monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, presentándose en la sección del Sistema Aguas de Quelana.

El pozo L3-4 (SOPM-8) es parte del monitoreo de los sistemas Vegetación Borde Este y Núcleo del Salar de Atacama y será presentado sólo en esta sección.

#### 5.3.4.1.1 Pozos en zona aluvial

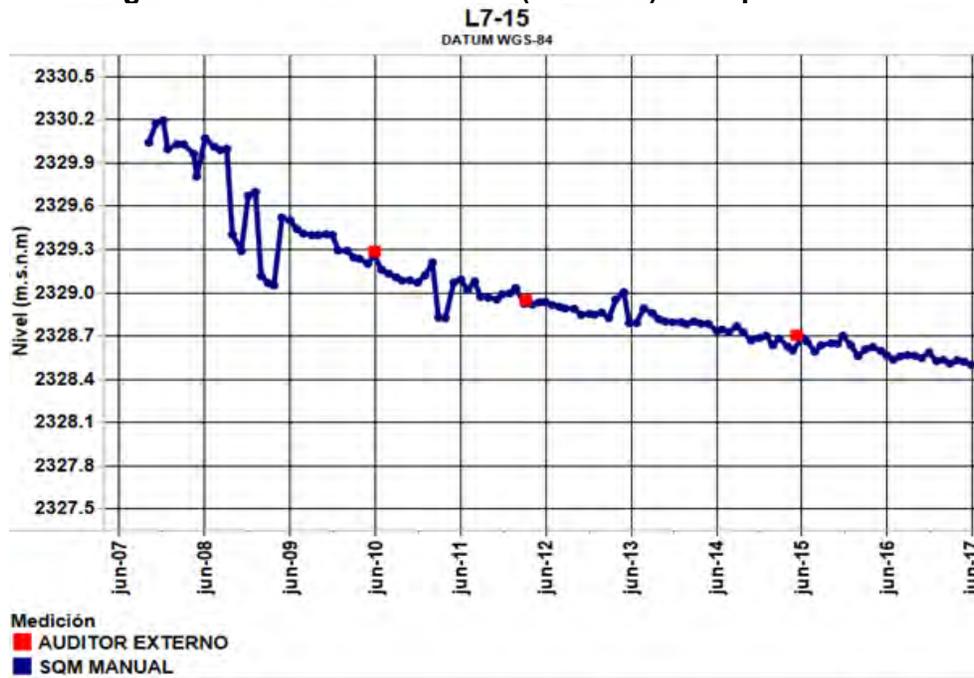
En la Figura 5-282 y Figura 5-283 se presenta el nivel del agua subterránea en los pozos L3-16 y L7-15 pertenecientes a la zona aluvial del sistema Borde Este.

**Figura 5-279: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-16.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-280: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-15.**

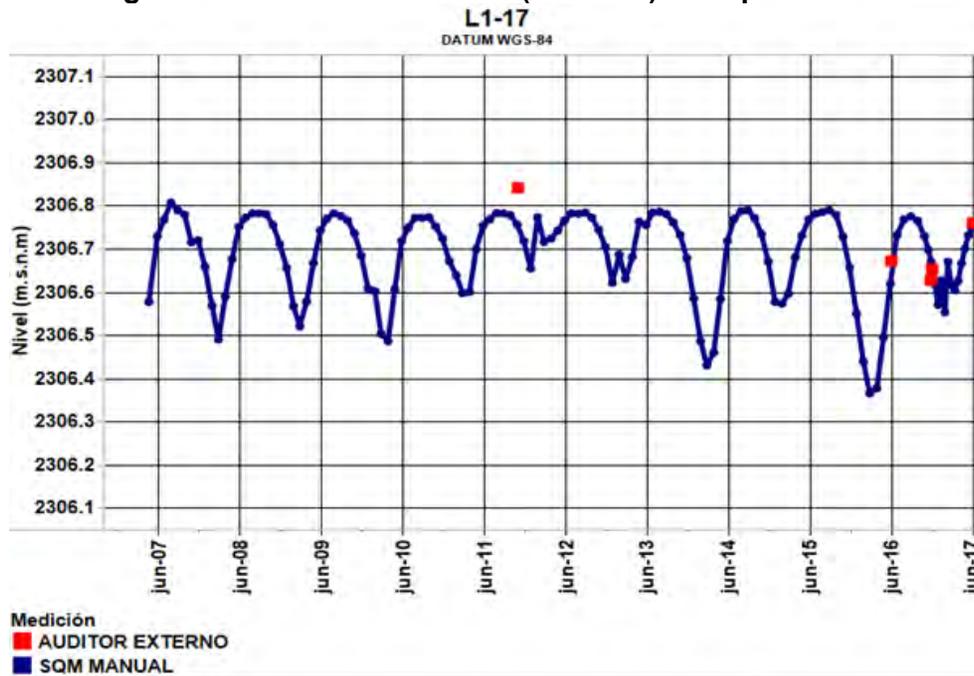


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4.1.2 Pozos en zona marginal

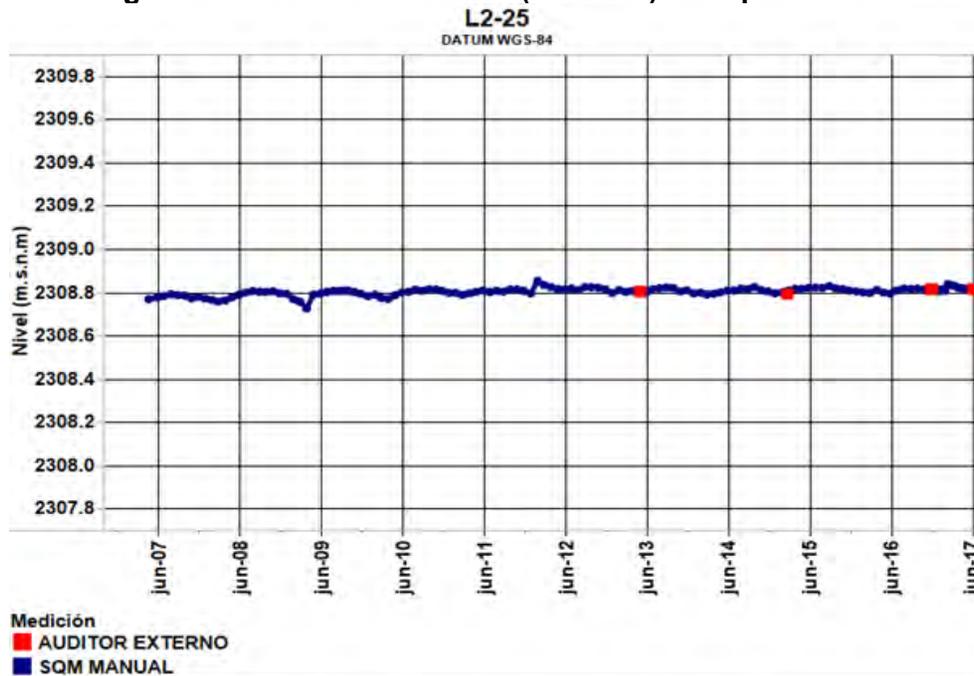
Desde la Figura 5-284 hasta la Figura 5-294 se presentan los pozos dentro de la zona marginal.

**Figura 5-281: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-17.**



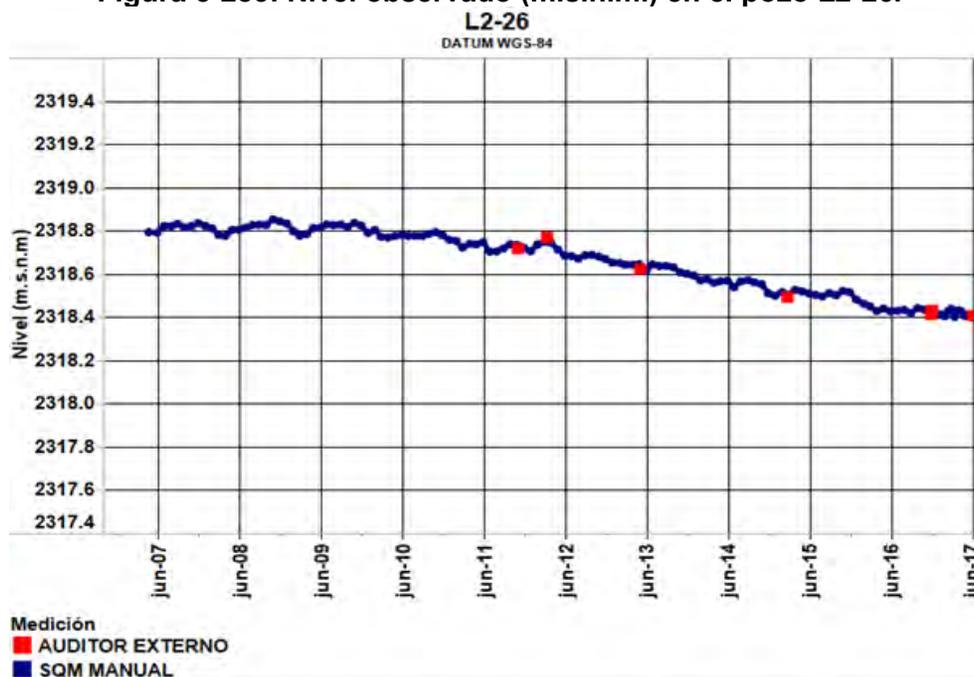
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-282: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-25.**



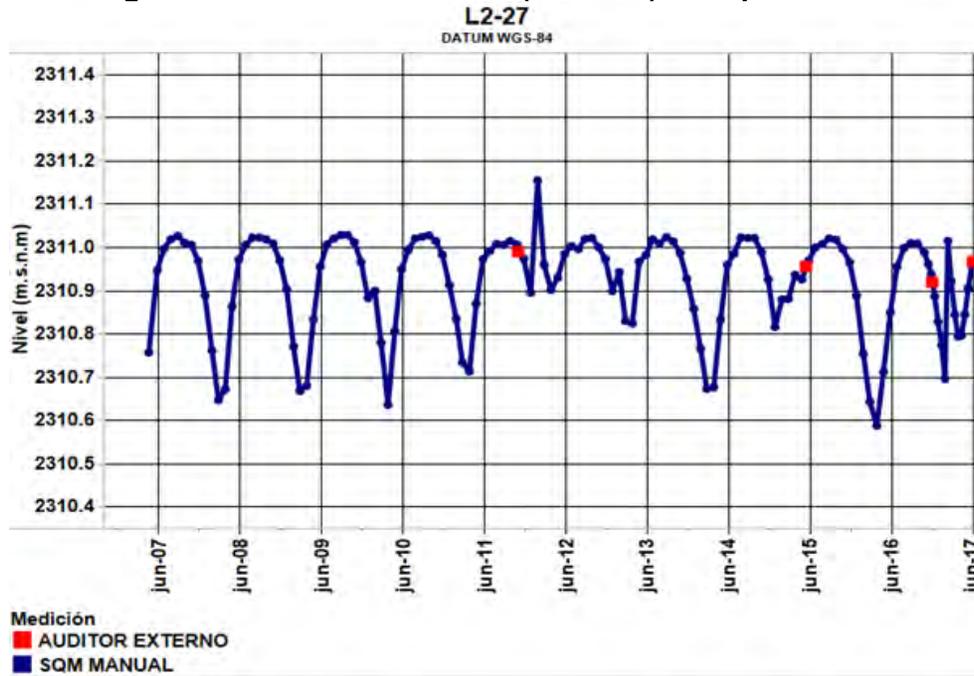
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-283: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-26.**



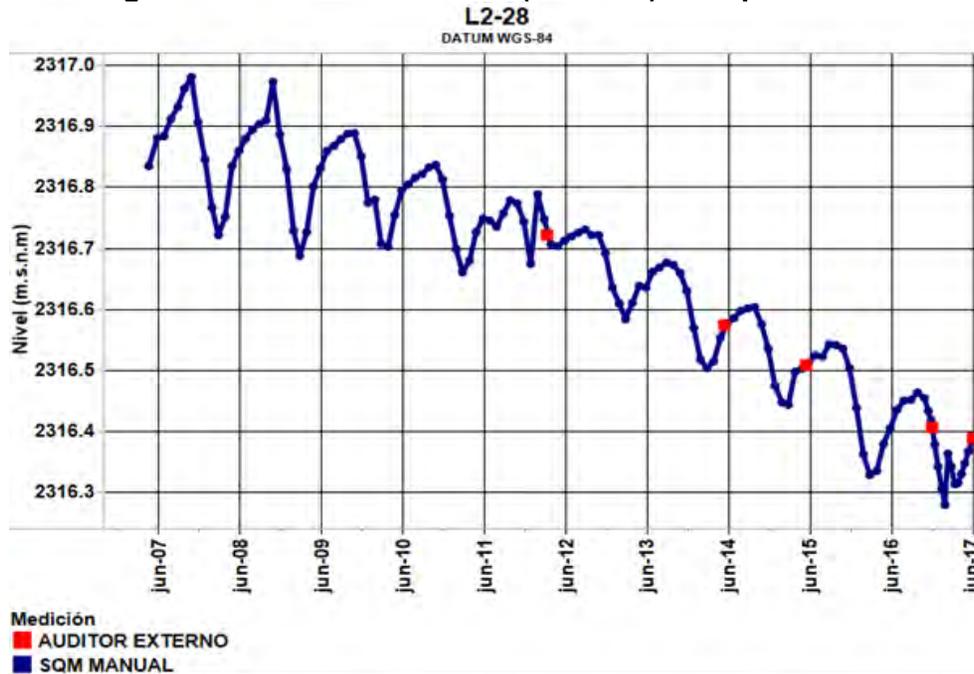
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-284: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-27.**



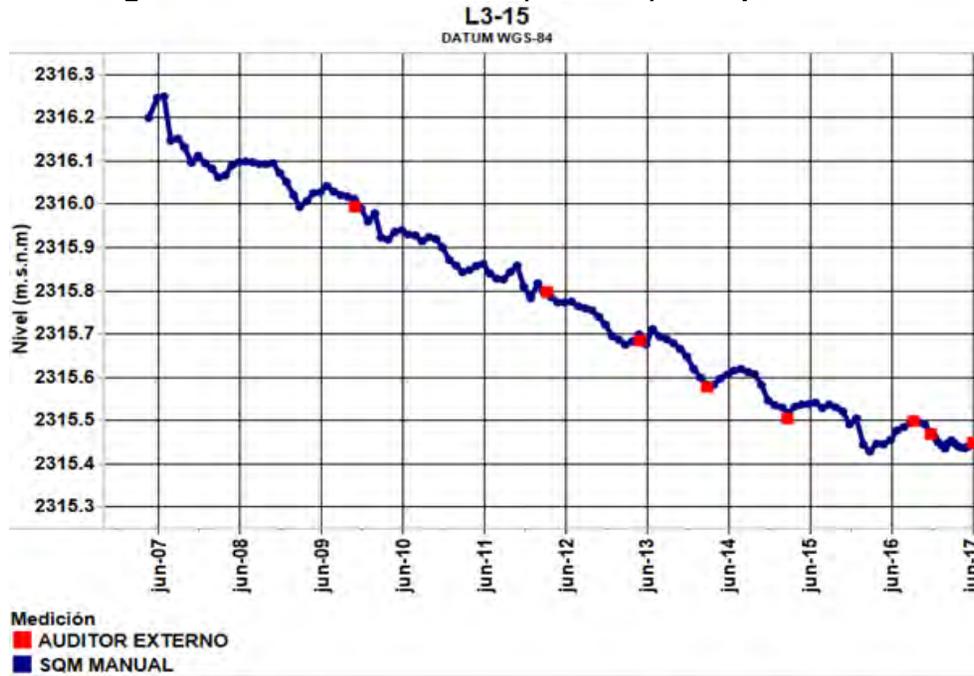
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-285: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-28.**



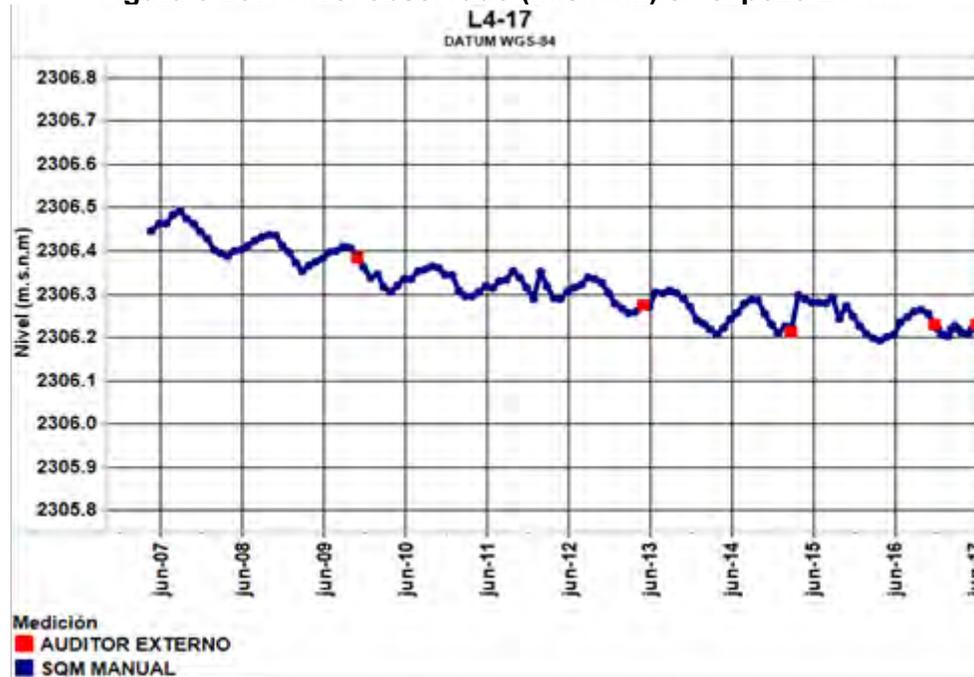
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-286: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15.**



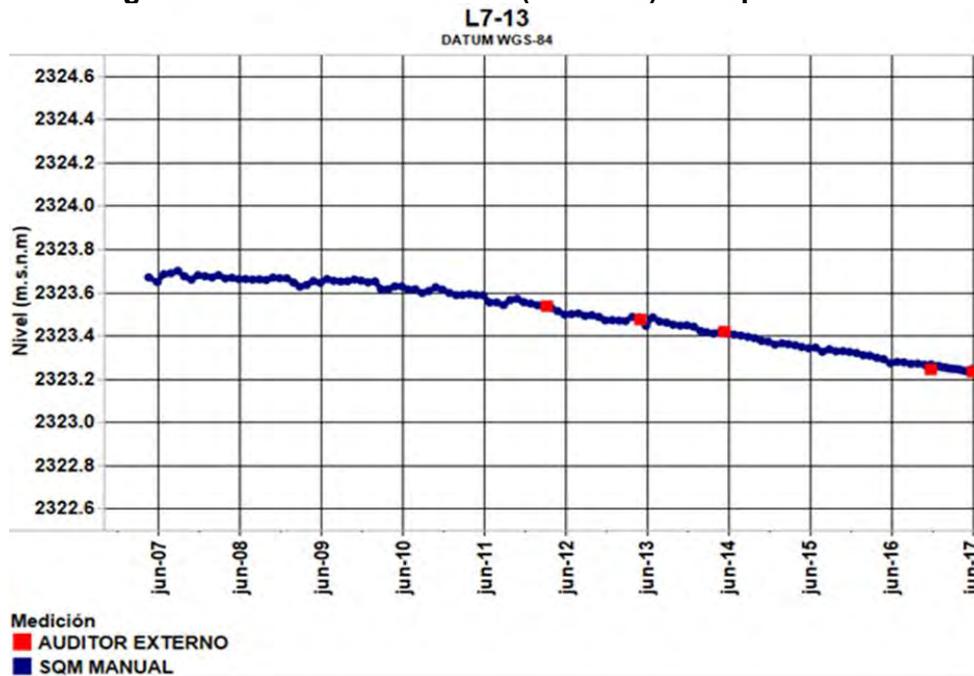
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-287: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-17.**



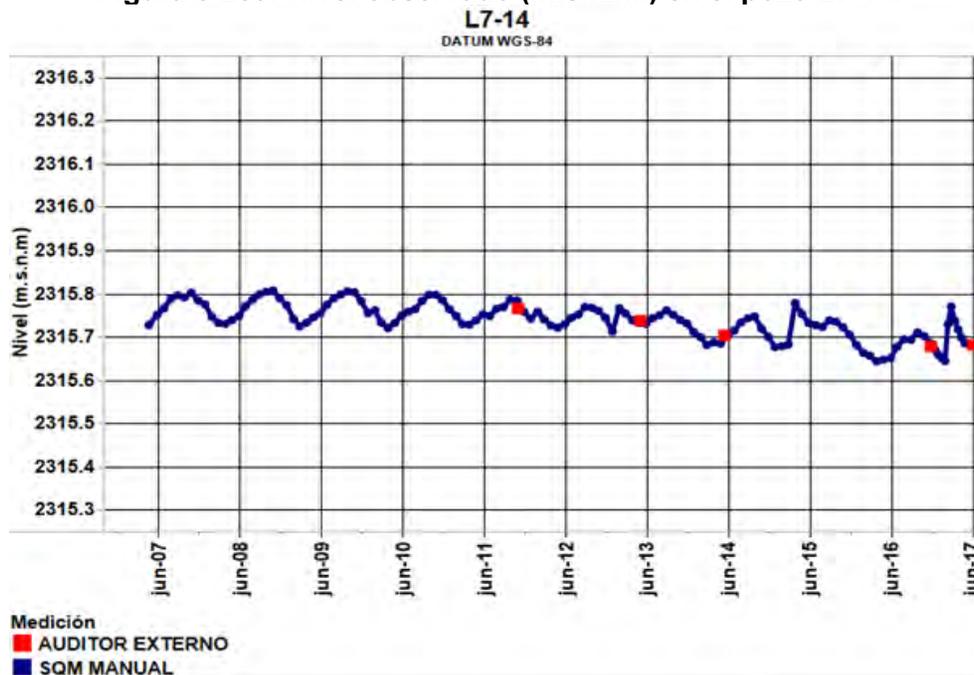
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-288: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-13.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-289: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-14.**



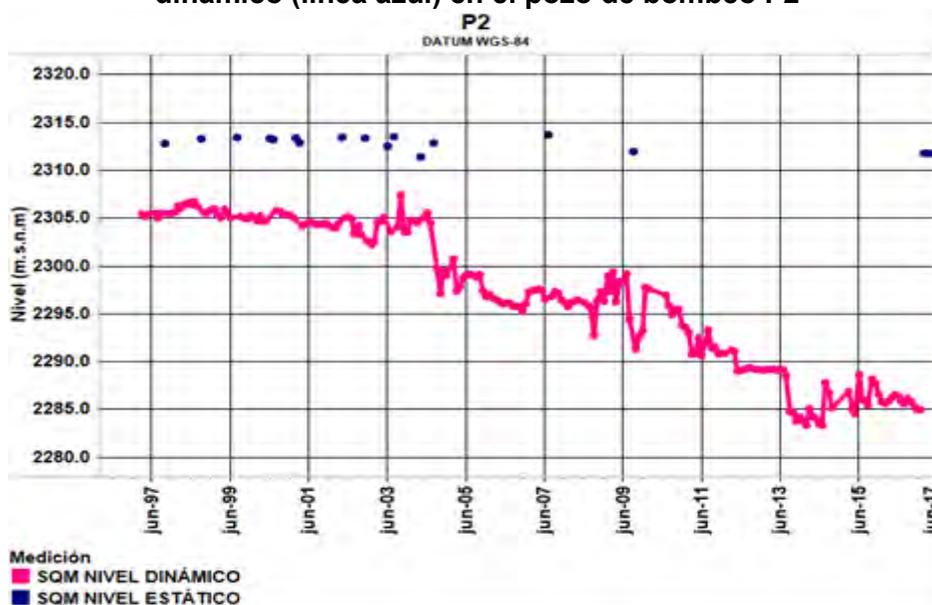
Fuente: Elaboración propia.



### 5.3.4.2 Pozos de bombeo

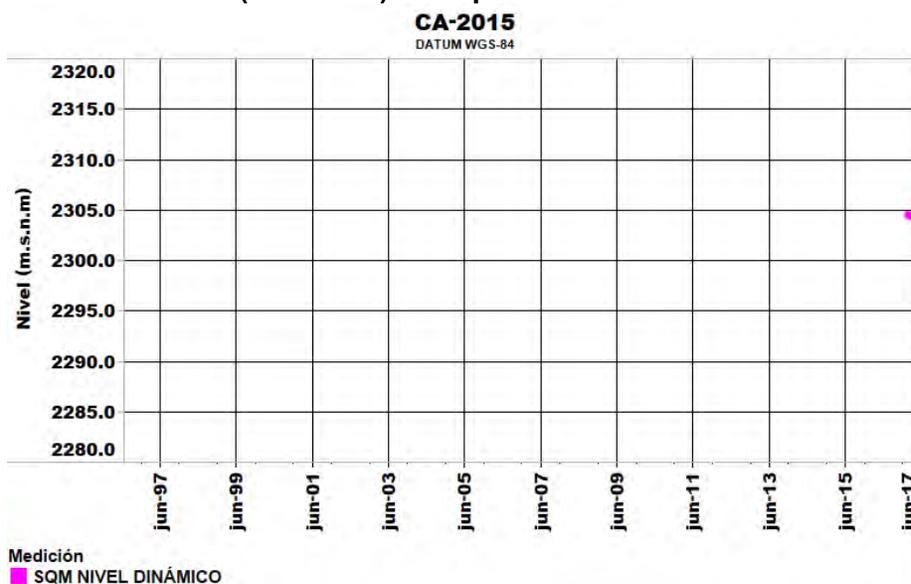
En la Figura 5-295 se presenta el nivel estático y dinámico observado en el pozo de bombeo de agua industrial P2. A partir de febrero de 2017 el pozo P2 fue reemplazado por el pozo CA-2015, según Res. 296/2016 de la DGA.

**Figura 5-292: Nivel observado (m.s.n.m.) en régimen estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) en el pozo de bombeo P2**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-293: Nivel observado (m.s.n.m.) en régimen estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) en el pozo de bombeo CA-2015**

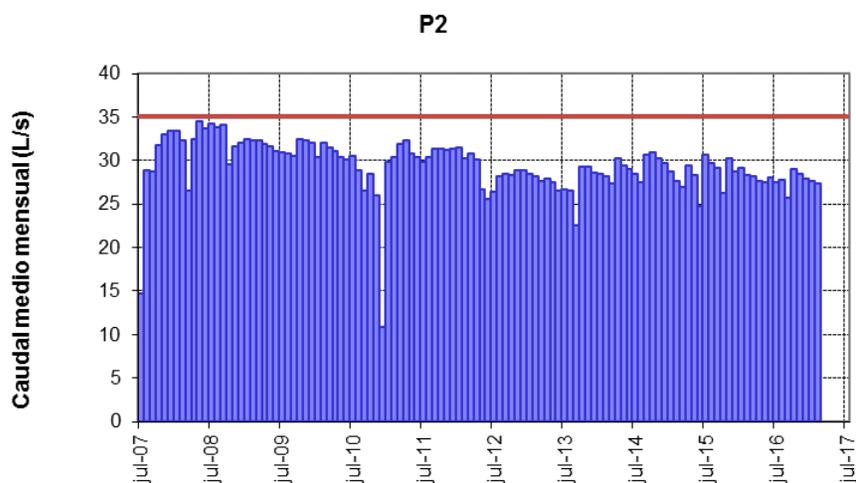


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.4.3 Caudal bombeado

En el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, los pozos P2 y CA-2015 son los únicos pozos ubicados en el sector, cuyo caudal medio mensual extraído se presenta en la Figura 5-296 y Figura 5-297. El pozo CA-2015 reemplaza al pozo P2 a partir de febrero de 2017, según Resolución DGA N° 296-2016, que autoriza el cambio de punto de captación de derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas subterráneas, de ejercicio permanente y continuo por un caudal de 35,0 litros por segundo, equivalentes a 1.103.760 metros cúbicos anuales. Los caudales extraídos no han superado los derechos otorgados a partir del inicio del PSAH (35 L/s). En el ANEXO 14 se muestra el registro de caudales bombeados.

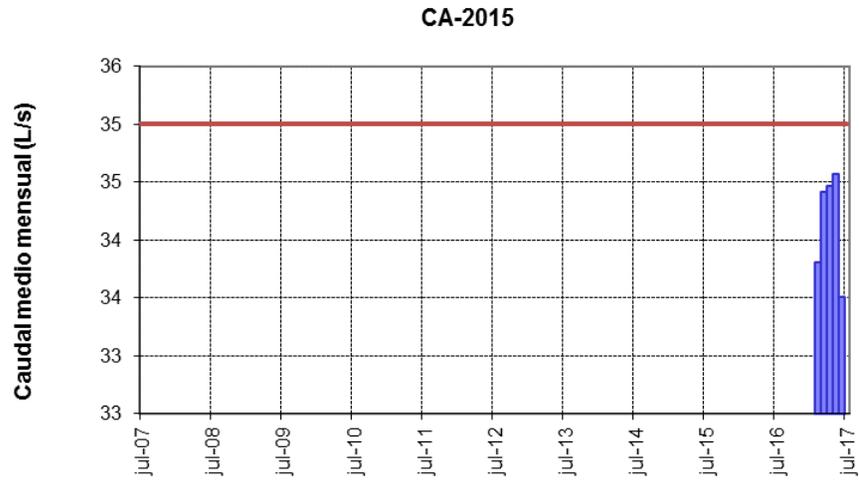
**Figura 5-294: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo P2<sup>43</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>43</sup> Línea Roja representa límite de bombeo establecidos por la RCA 226/2006, los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6

Figura 5-295: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo CA-2015<sup>44</sup>.



Fuente: Elaboración propia.

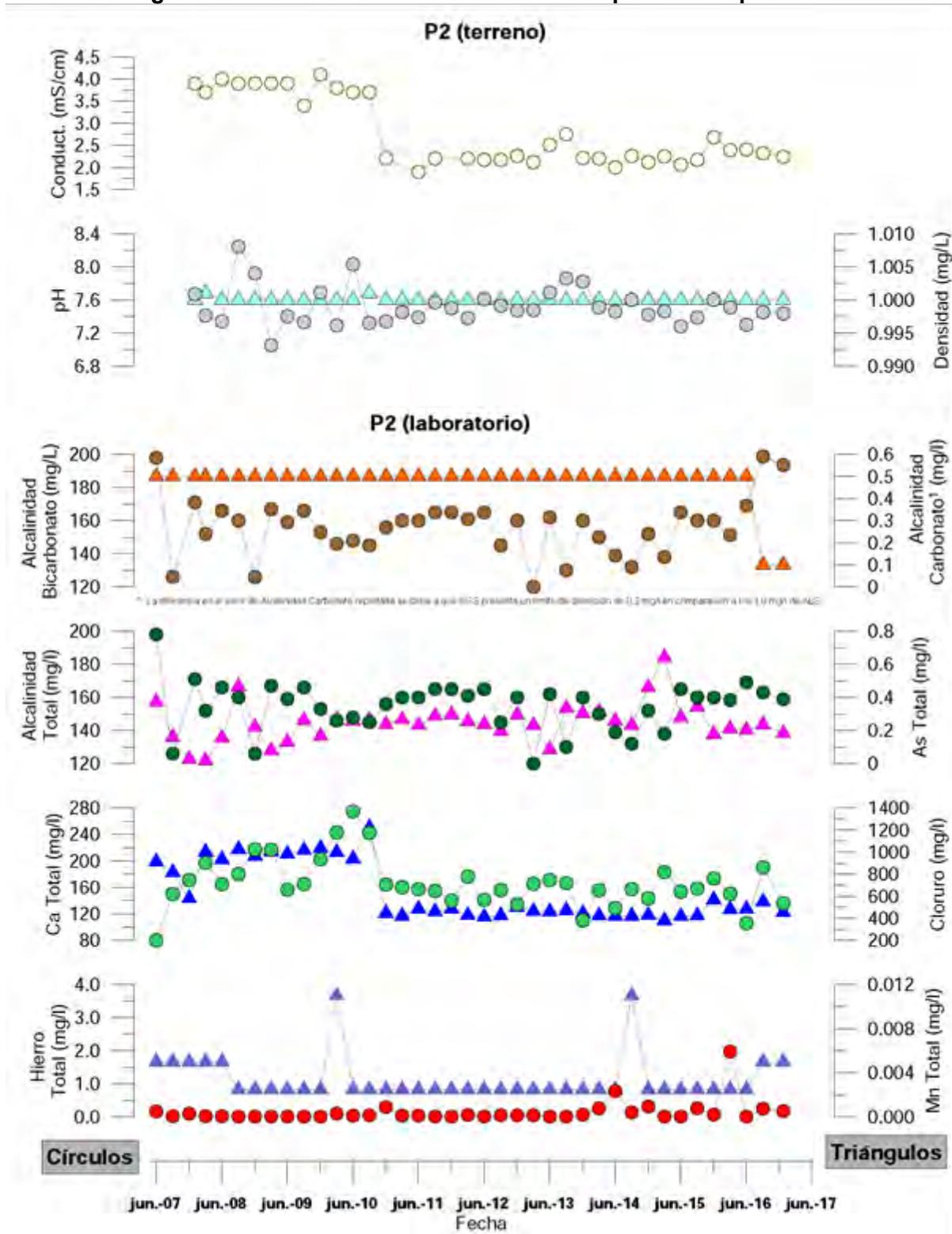
<sup>44</sup> Línea Roja representa límite de bombeo establecidos por la RCA 226/2006, los certificados de calibración de los flujómetros se encuentran en el ANEXO 6

#### **5.3.4.4 Calidad química**

Los pozos existentes para monitorear la calidad del agua subterránea en el sistema Vegetación Borde Este son: L2-4, L4-3, L7-3 y el pozo de bombeo de agua industrial P2. Los análisis fueron realizados por SGS, cuyos informes se adjuntan en el ANEXO 10.

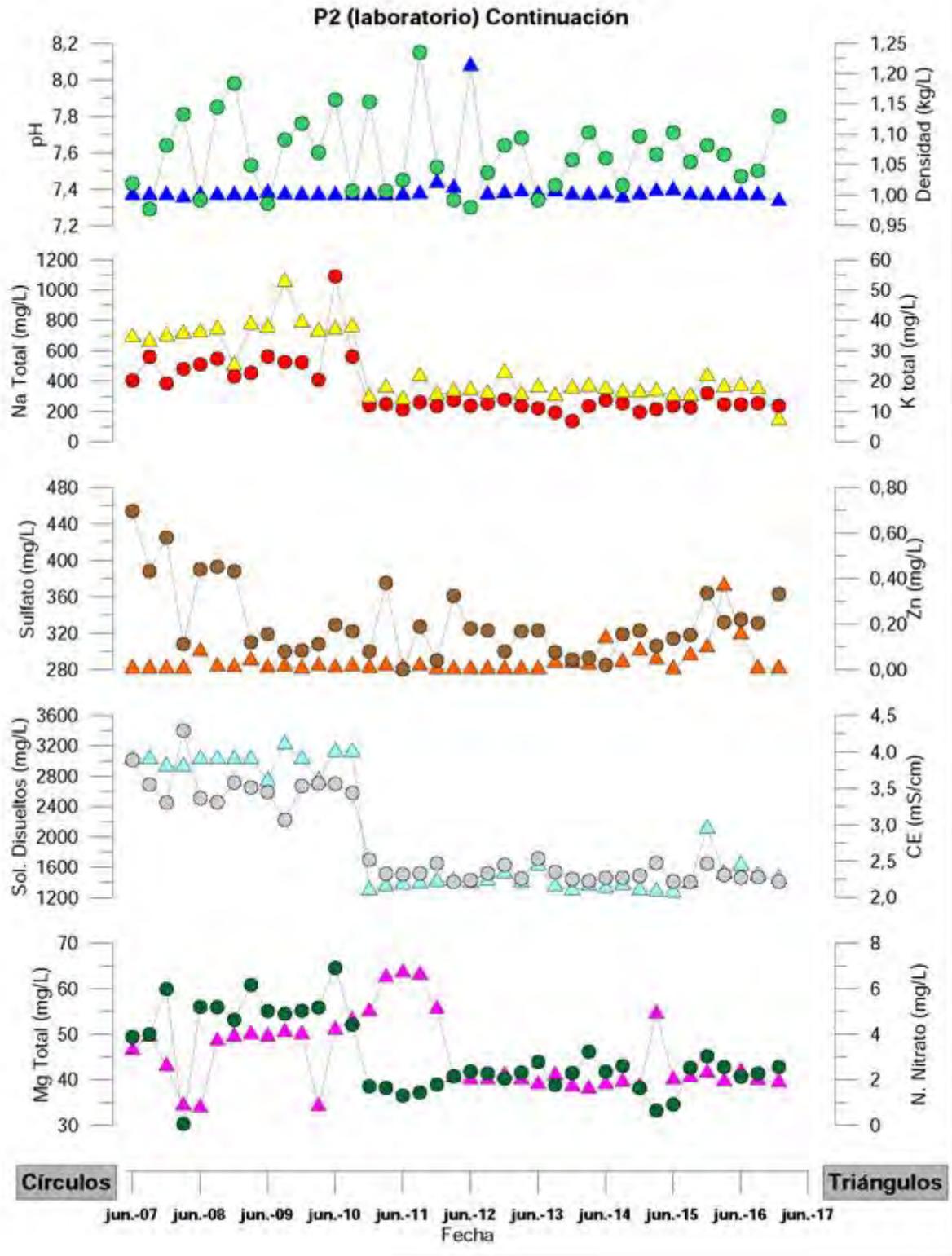
Los resultados de los análisis químicos de los pozos L2-4 y L7-3 se presentan en secciones anteriores, mientras que los resultados del pozo L4-3 se presentan en la sección 5.3.2.3. En la Figura 5-298 y Figura 5-299 se muestra los resultados de los análisis químicos realizados en el pozo de bombeo de agua industrial P2.

Figura 5-296: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-297: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación)**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.5 Sistema Vegas de Tilopozo

Los puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo se encuentran al sureste del Salar de Atacama, entre las coordenadas 7.378.000 a 7.370.000 norte y 573.000 a 580.000 este.

En la Figura 5-300 se muestra la distribución geográfica de los puntos y en la Tabla 5-24 se indica los puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo, clasificándolos de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y a su tipología (pozo somero y reglilla).

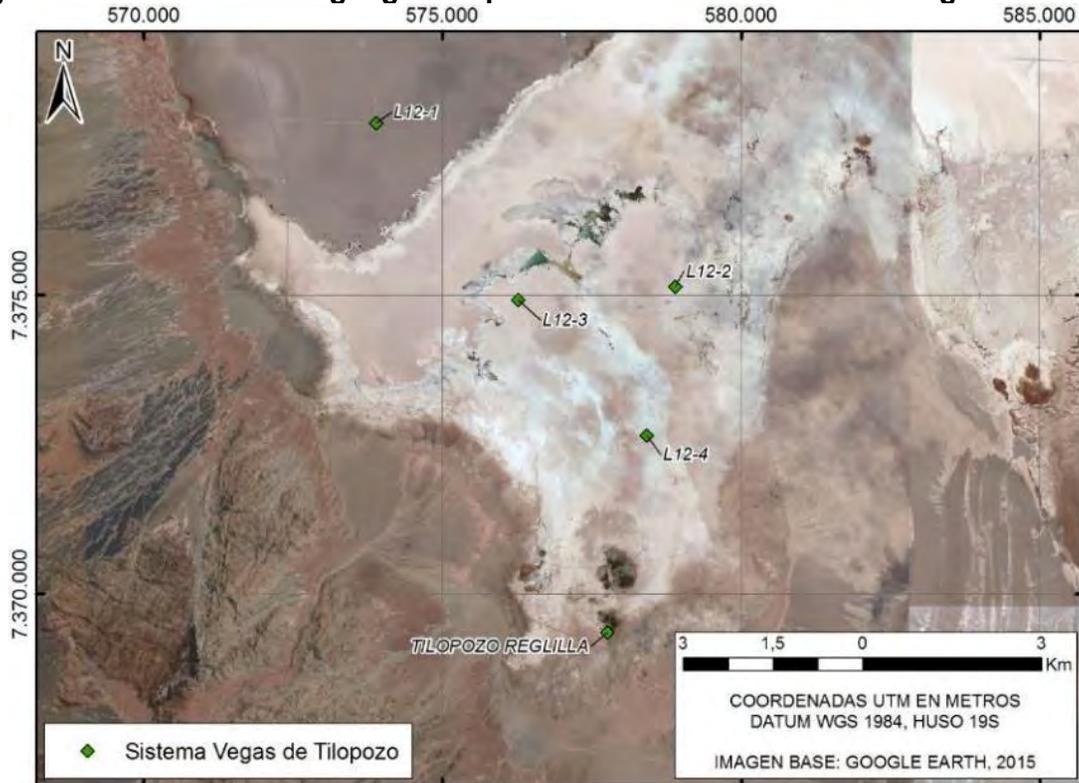
**Tabla 5-23: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.**

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología
Reglilla Tilopozo	Zona marginal	Reglilla
L12-1 <sup>45</sup>	Zona marginal	Pozo somero
L12-2	Zona marginal	Pozo somero
L12-3e	Zona marginal	Pozo somero
L12-4	Zona marginal	Pozo somero

Fuente: Elaboración propia.

<sup>45</sup> Durante el segundo semestre de 2016, el Antepozo del punto L12-1 fue destruido por un camión por lo cual este se reconstruyó. Lo anterior implica un cambio en la cota del punto de referencia desde los 2302,348 a los 2302,296 (m.s.n.m) DATUM WGS-84. Todo lo anterior se reportó en el Informe N° 20 del PSAH.

**Figura 5-298: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo**

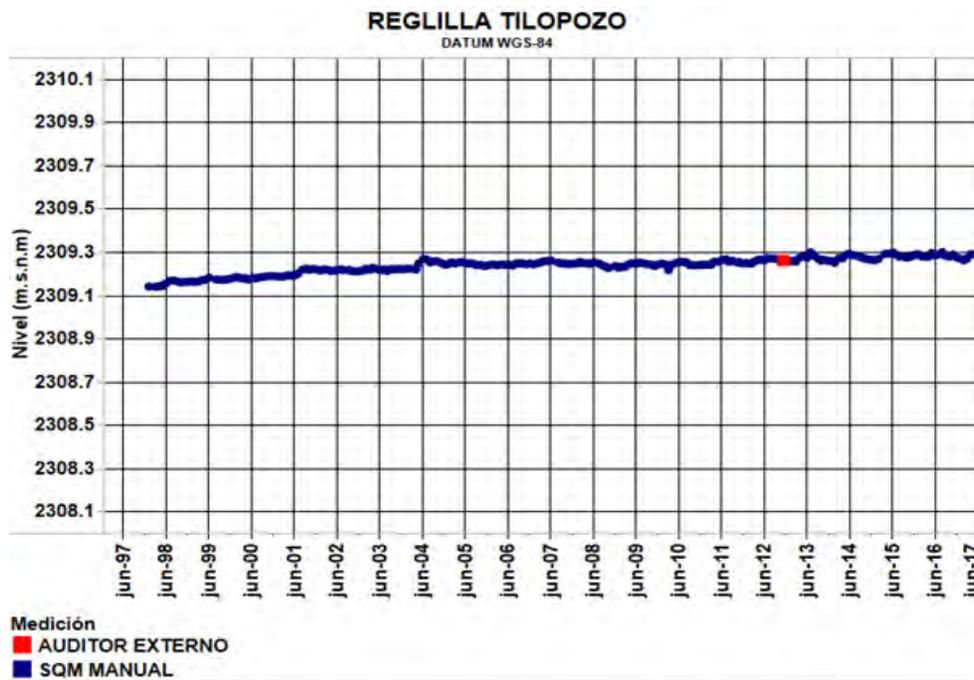


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.5.1 Nivel del agua subterránea y superficial

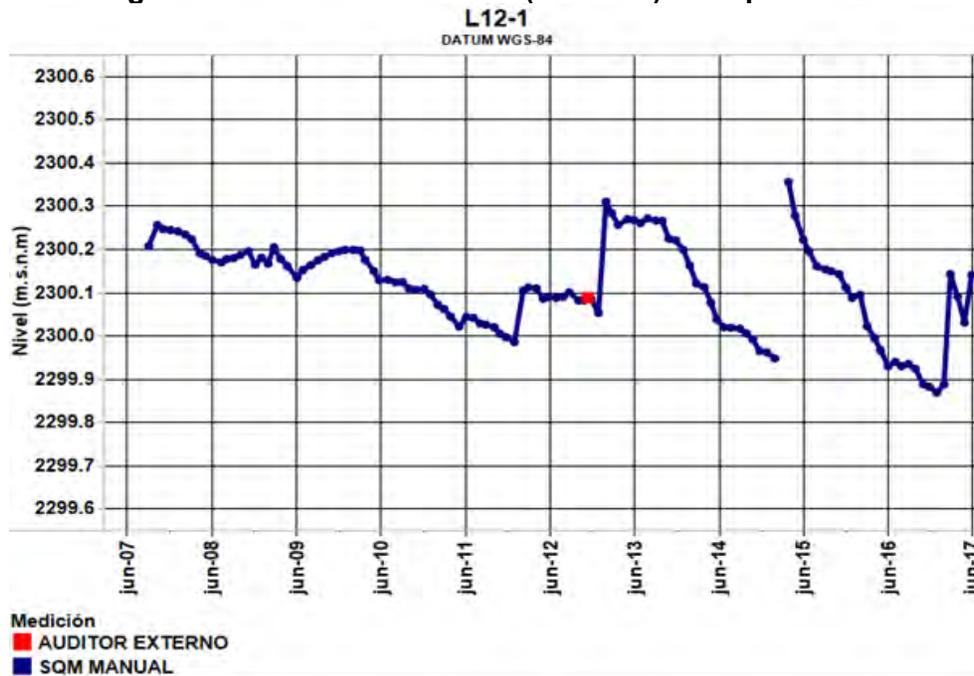
En esta sección se presenta el nivel de los pozos construidos en la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegas de Tilopozo (Figura 5-301 y Figura 5-305).

**Figura 5-299: Nivel observado (m.s.n.m.) en la Reglilla de Tilopozo**



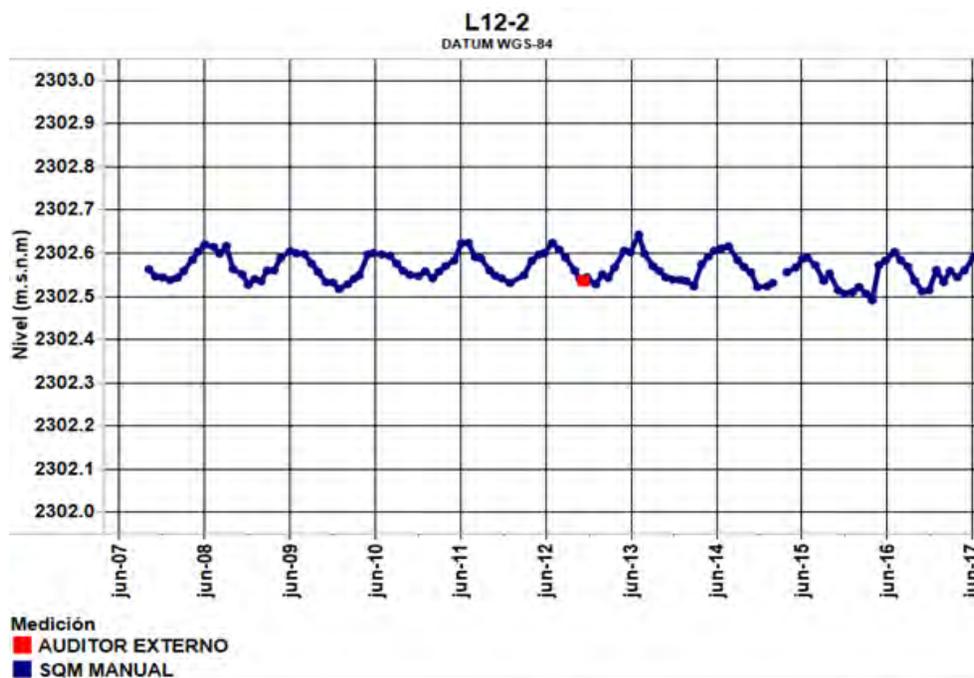
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-300: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1**



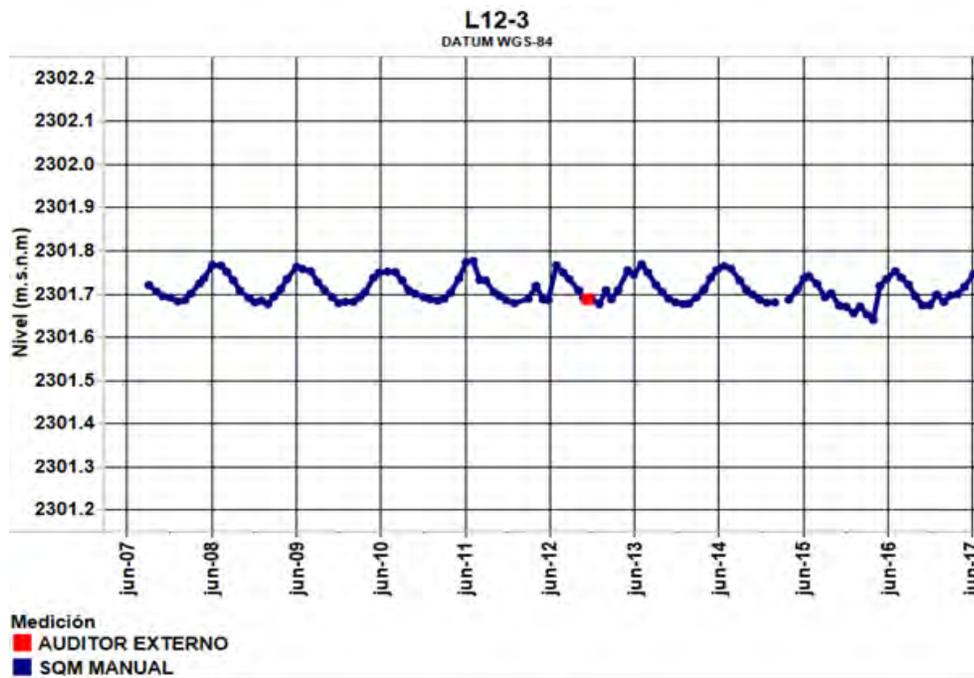
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-301: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-2**



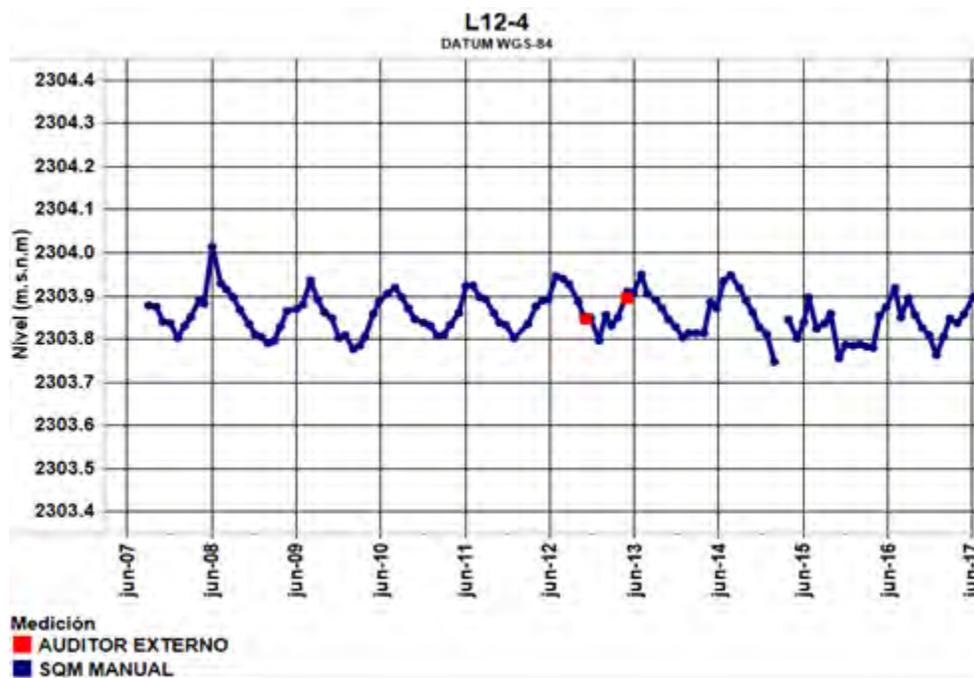
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-302: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-303: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-4



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.6 Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama se encuentran entre las coordenadas 7.425.000 a 7.379.000 norte y 547.000 a 588.000 este.

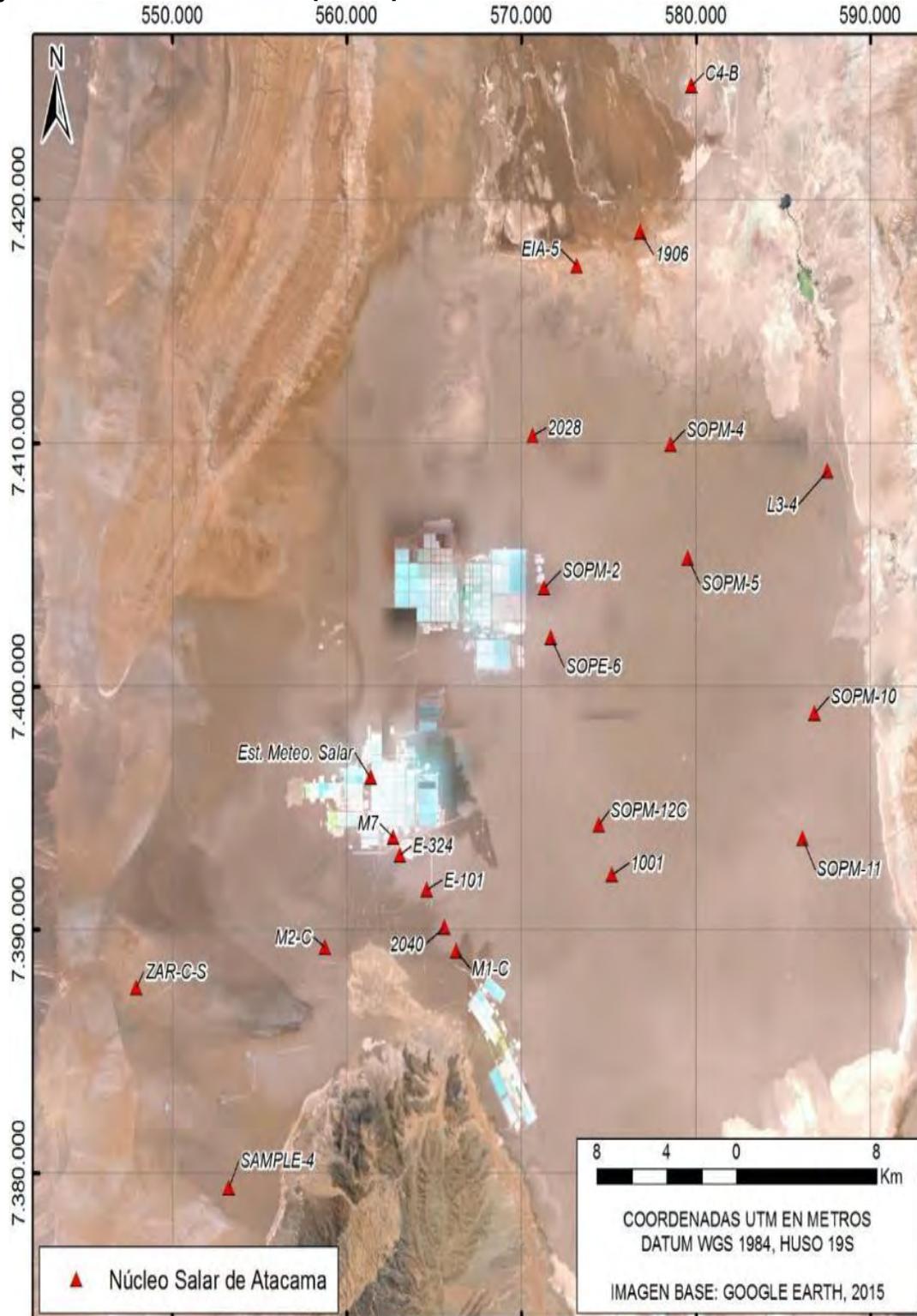
En la Figura 5-306 se muestra la distribución geográfica de dichos puntos y en la Tabla 5-25 se indican los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama, siendo todos clasificados como salmuera.

**Tabla 5-24: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama**

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología
1001	Salmuera	Pozo profundo
1906	Salmuera	Pozo profundo
2028	Salmuera	Pozo profundo
2040	Salmuera	Pozo profundo
C4-B	Salmuera	Pozo somero
M1-C	Salmuera	Pozo profundo
M2-C	Salmuera	Pozo profundo
M7	Salmuera	Pozo profundo
E-101	Salmuera	Pozo profundo
E-324	Salmuera	Pozo profundo
EIA-5	Salmuera	Pozo profundo
Sample-4	Salmuera	Pozo somero
SOPE-6	Salmuera	Pozo profundo
SOPM -02	Salmuera	Pozo profundo
SOPM -04	Salmuera	Pozo profundo
SOPM -05	Salmuera	Pozo profundo
SOPM-10	Salmuera	Pozo profundo
SOPM -11	Salmuera	Pozo somero
SOPM -12C	Salmuera	Pozo profundo
Zar-C-S	Salmuera	Pozo somero
Estación meteorológica KCl	Salmuera	Estación meteorológica

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-304: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama**

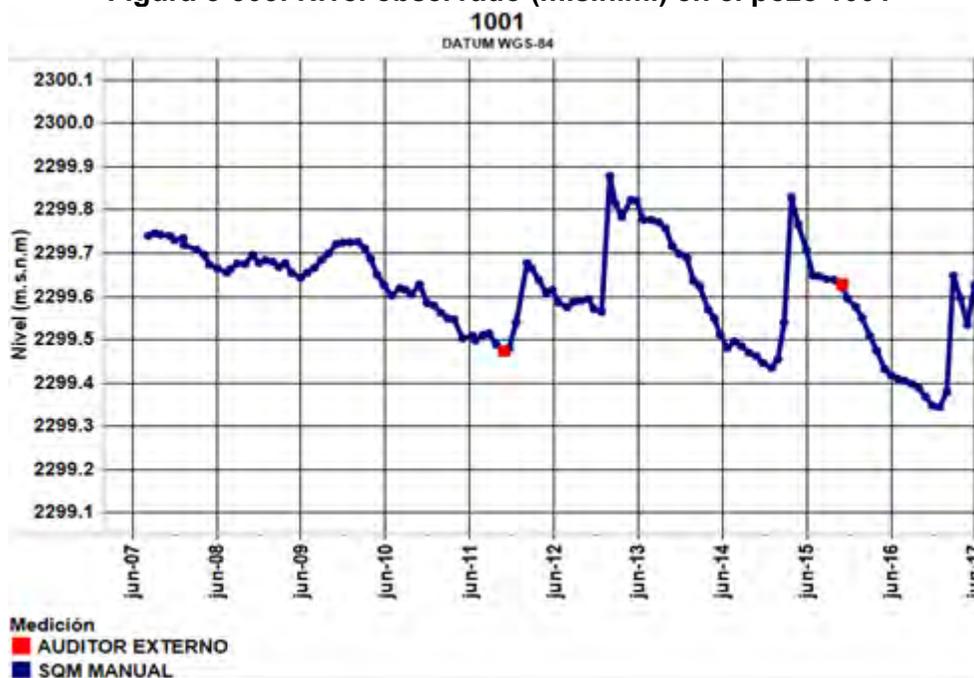


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.6.1 Nivel de la salmuera

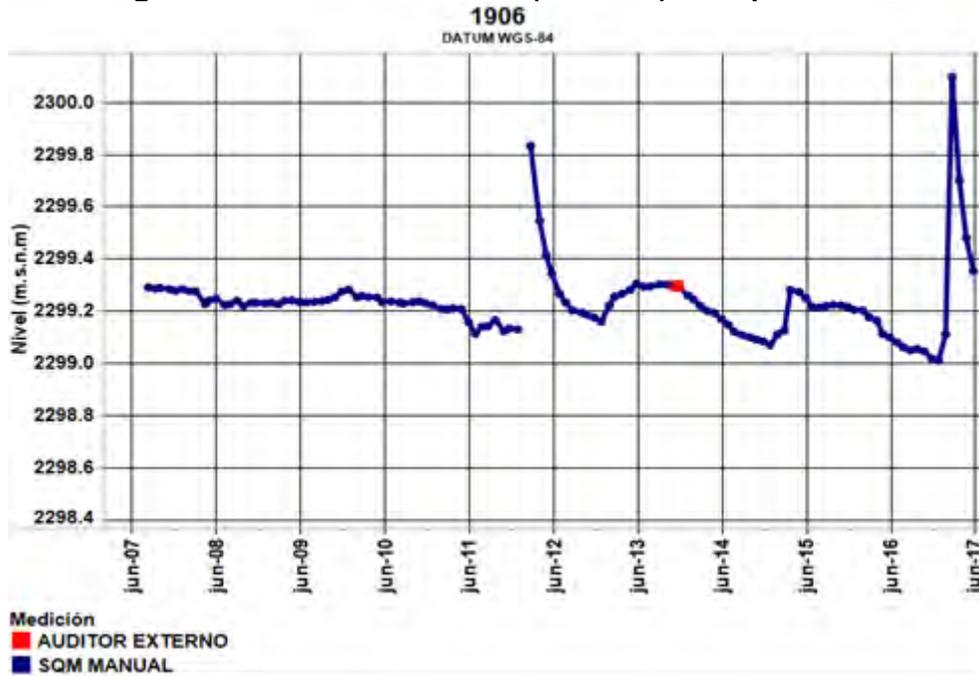
En este anexo se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Núcleo del Salar de Atacama (Figura 5-307 a Figura 5-326). El pozo SOPM-8 (L3-4) pertenece a la red de monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y Núcleo del Salar de Atacama, por lo cual no se presenta en este subcapítulo, presentándose en el apartado sobre el sistema Aguas de Quelana.

**Figura 5-305: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1001**



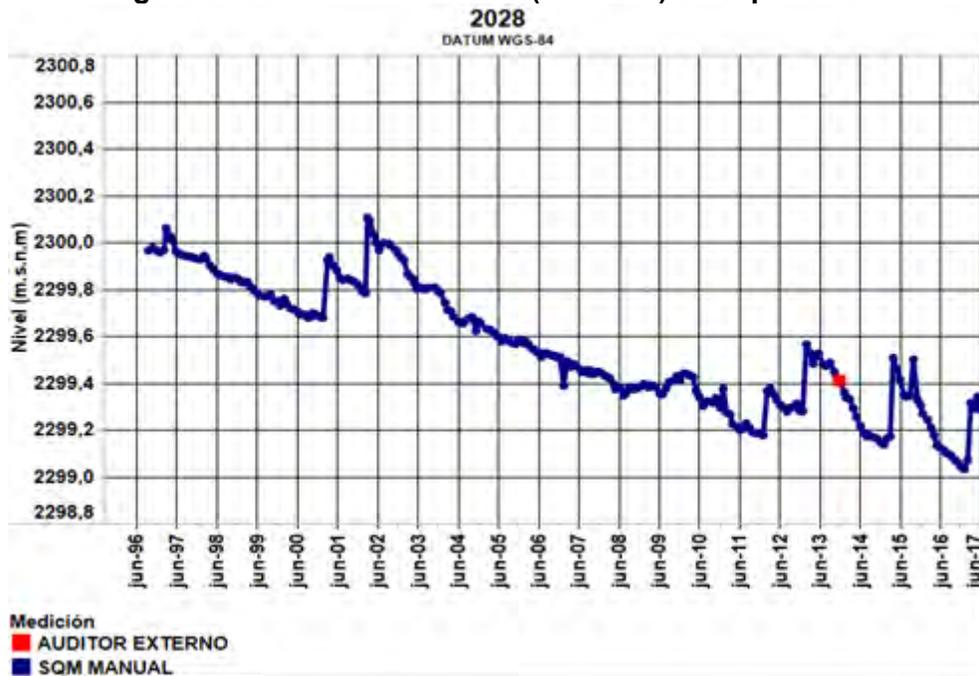
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-306: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906**



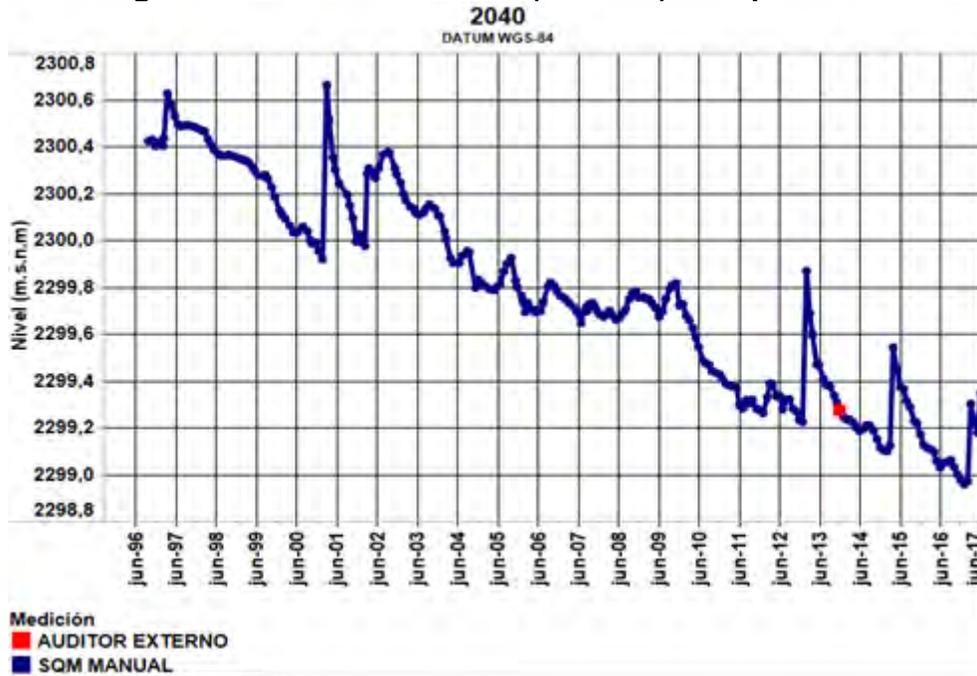
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-307: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2028**



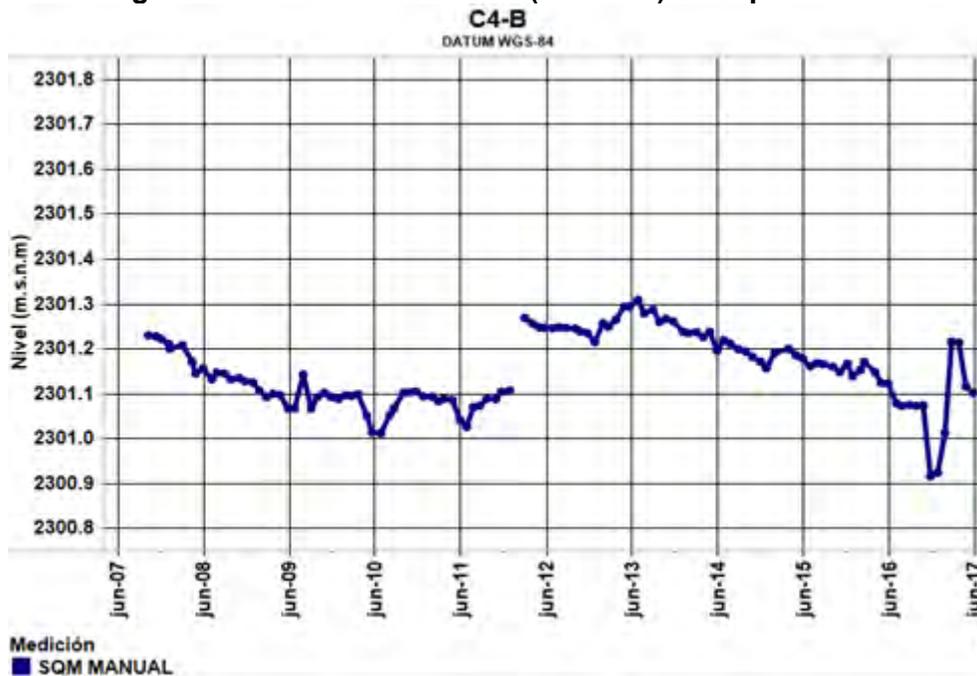
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-308: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040**



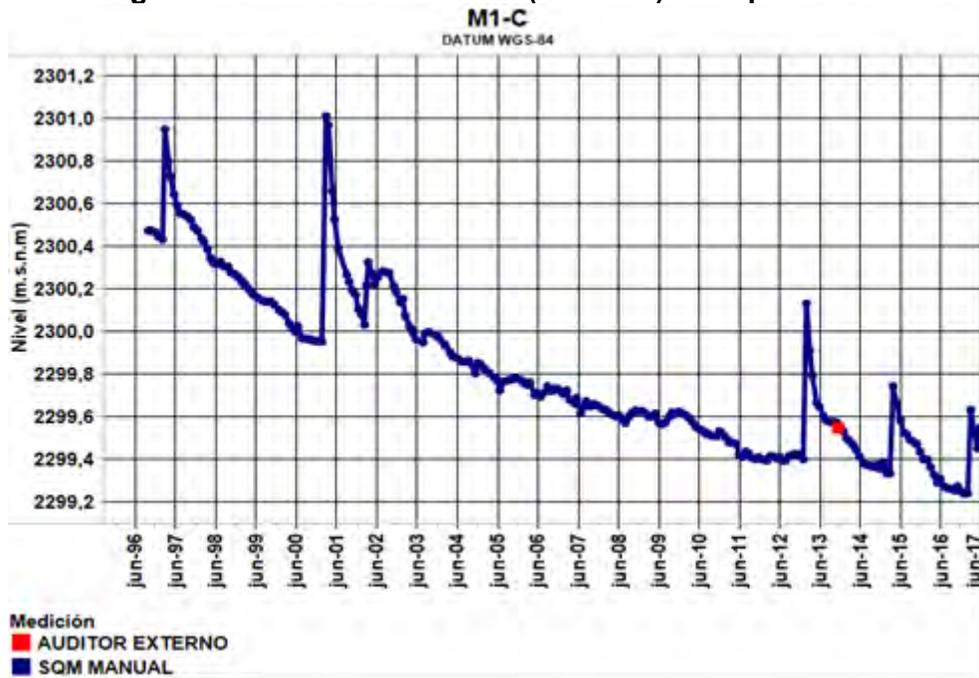
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-309: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo C4-B**



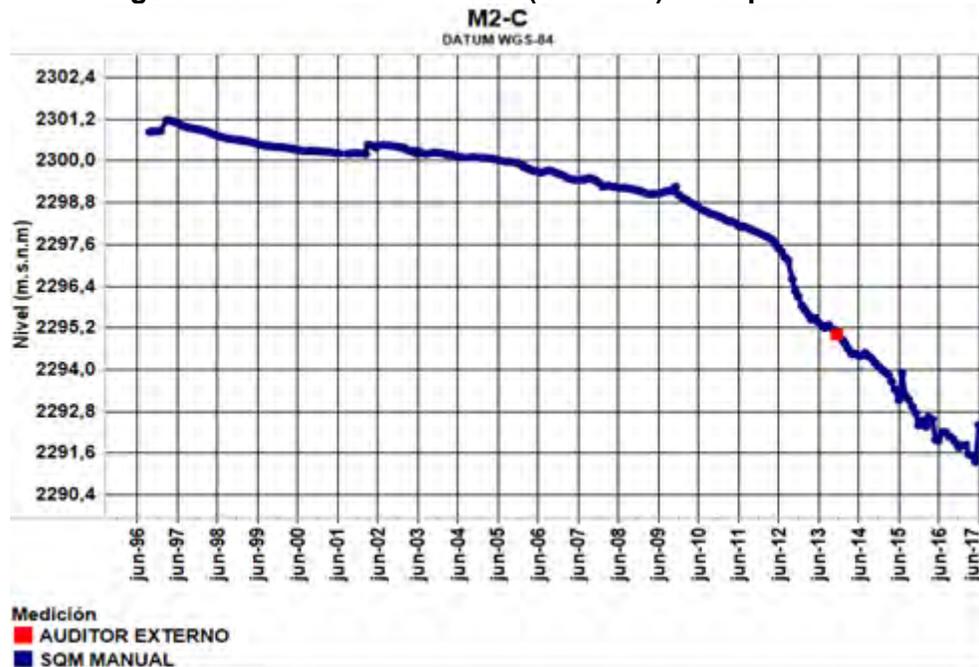
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-310: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M1-C**



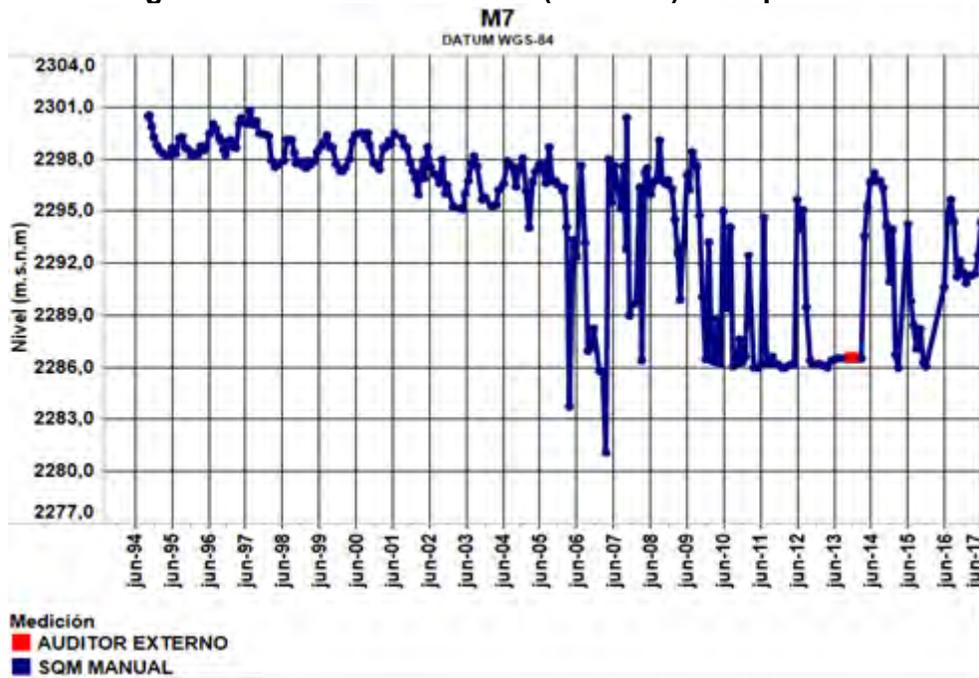
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-311: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M2-C**



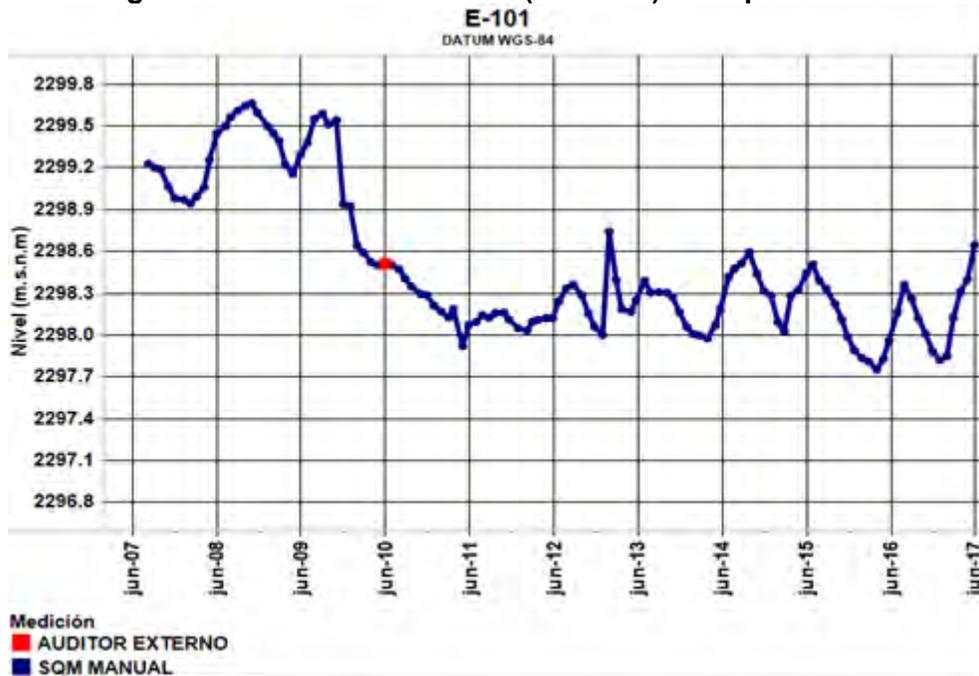
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-312: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M7**



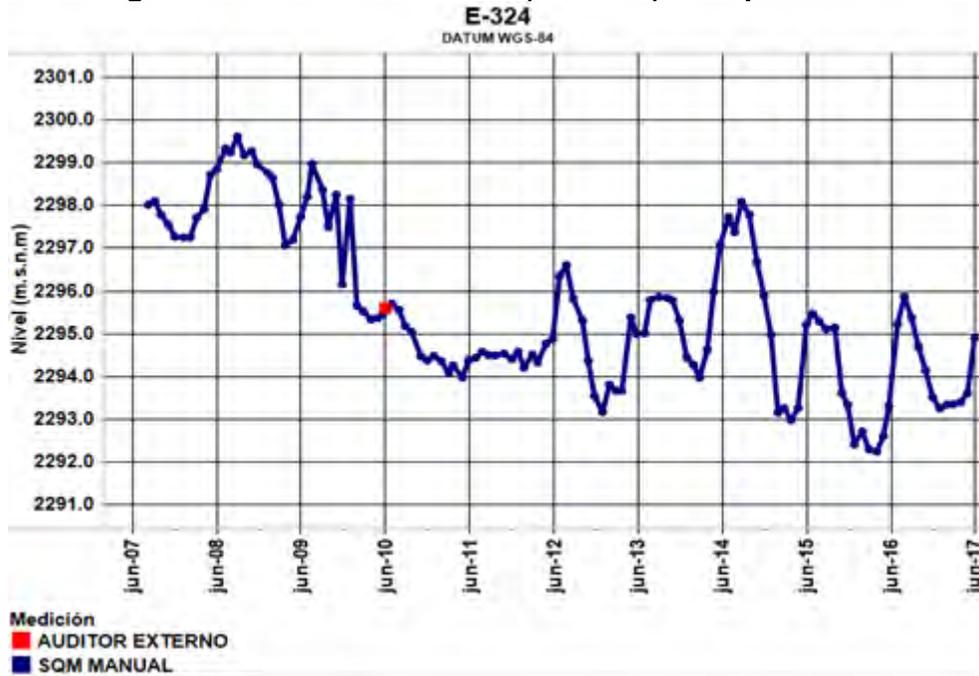
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-313: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-101**



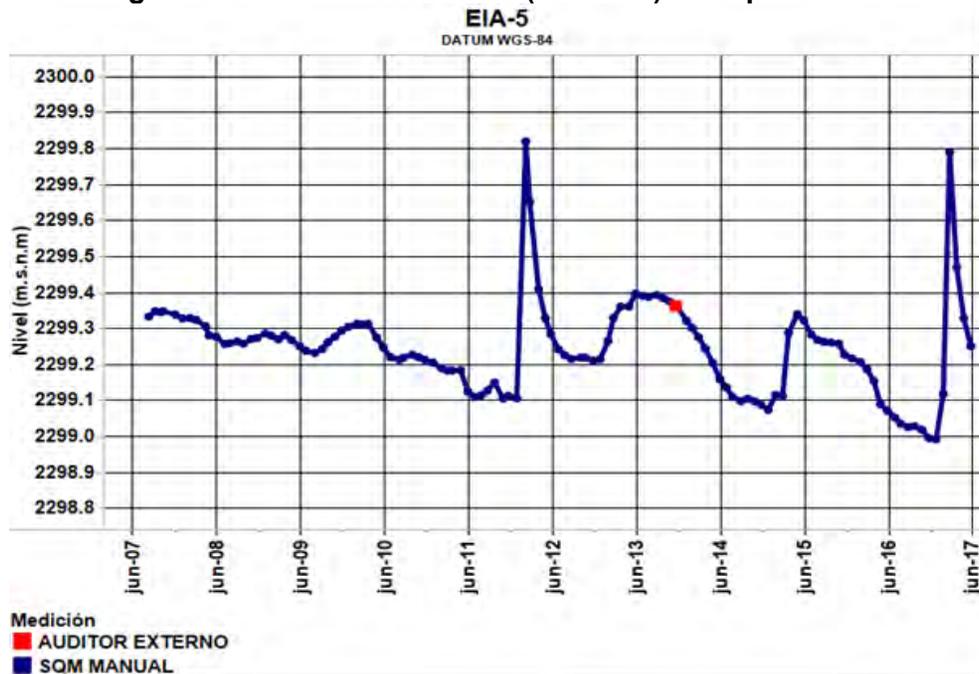
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-314: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-324**



Fuente: Elaboración propia.

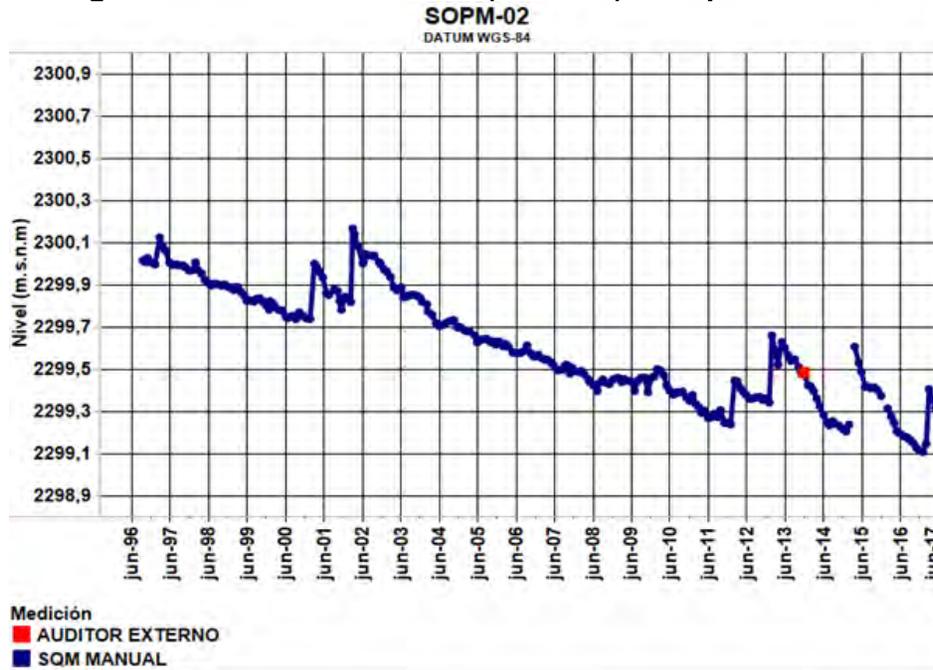
**Figura 5-315: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo EIA-5**



Fuente: Elaboración propia.

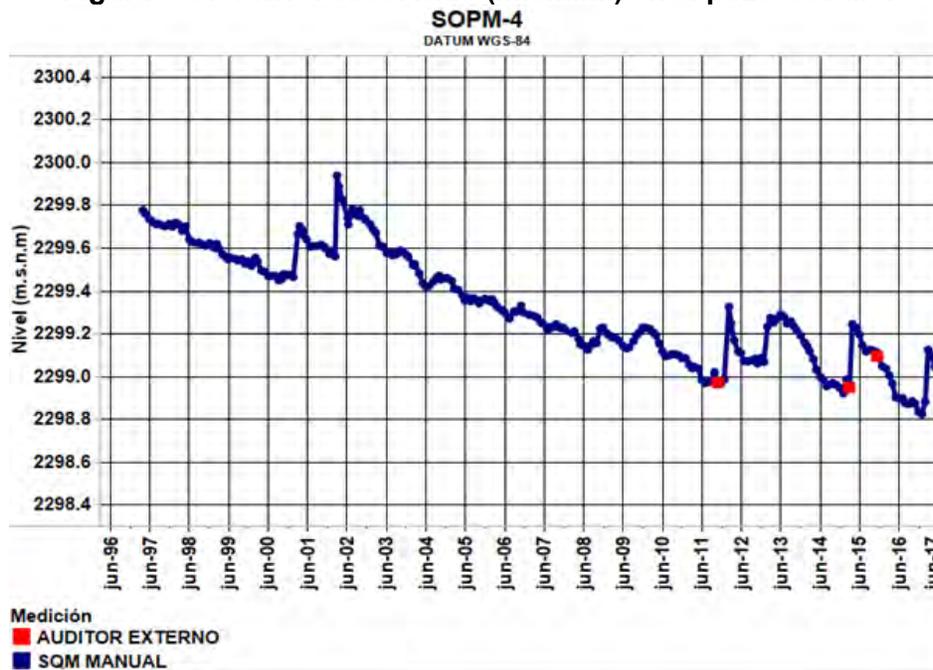


**Figura 5-318: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-2**



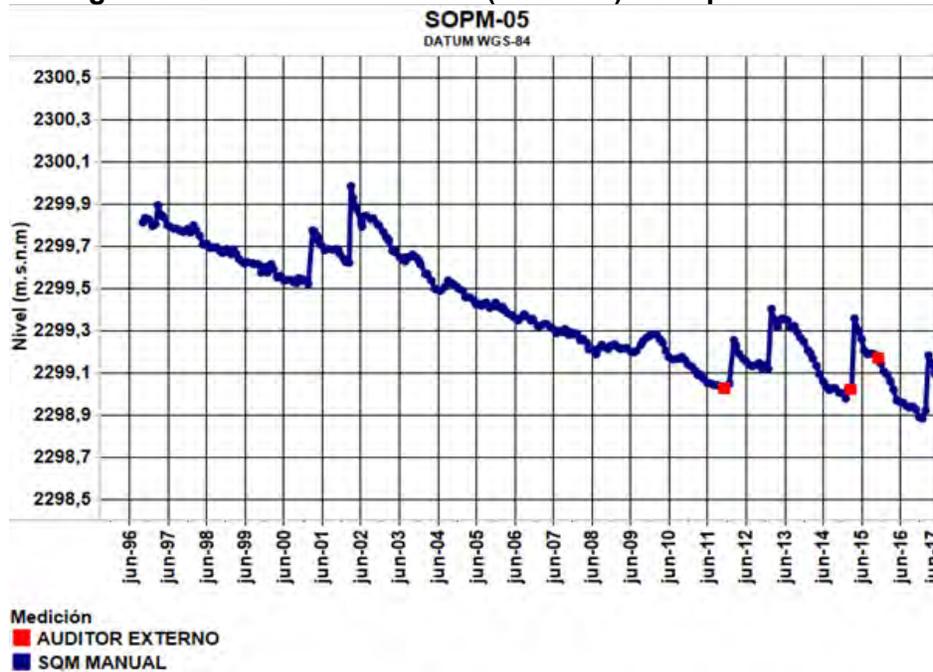
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-319: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-4**



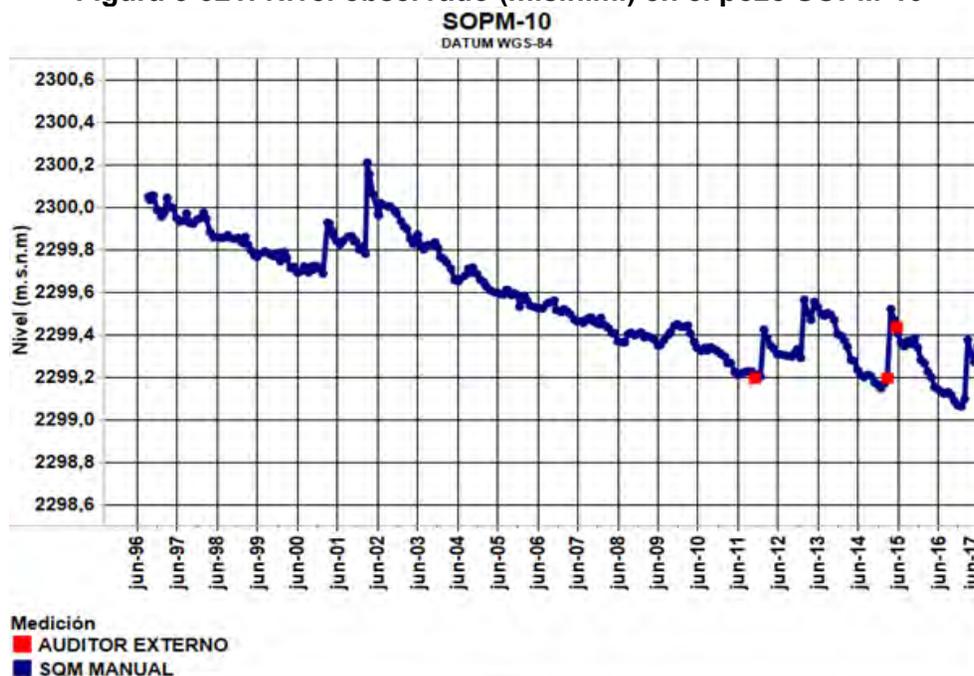
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-320: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-5**



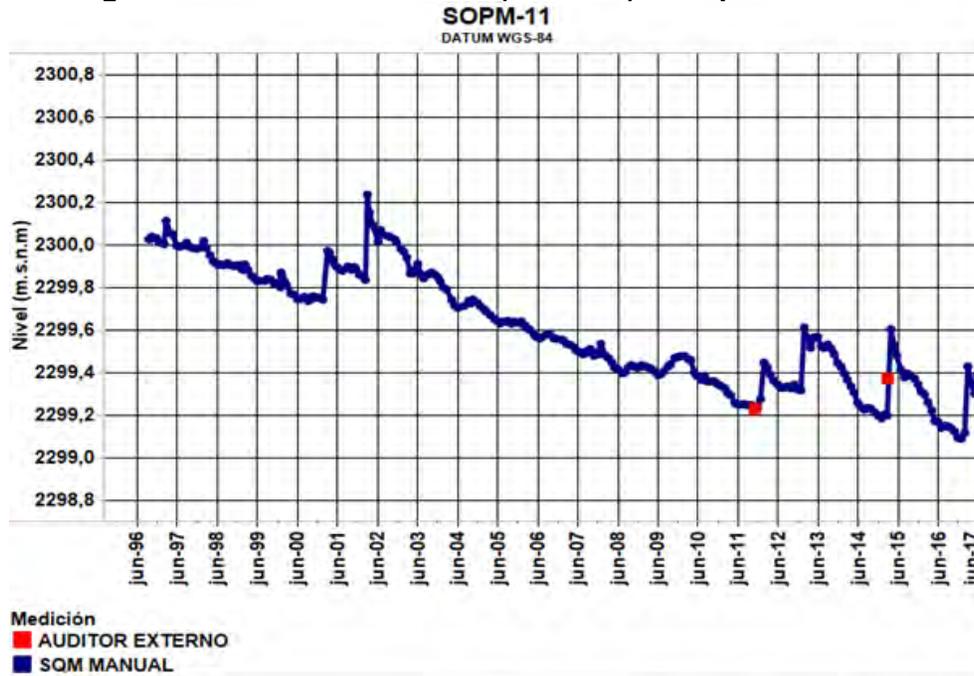
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-321: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-10**



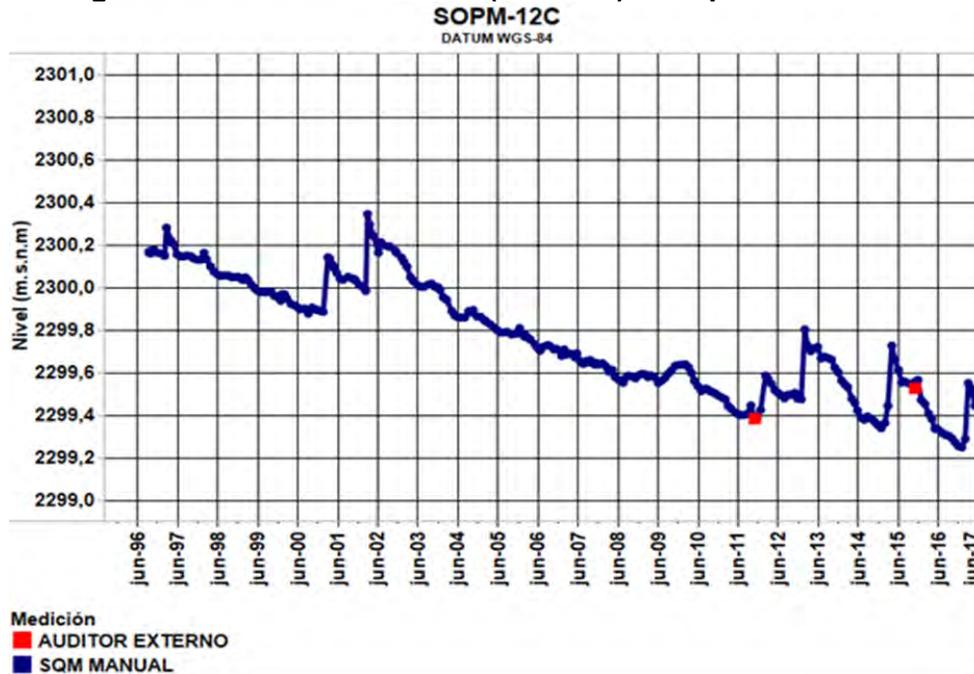
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-322: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-11**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-323: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-12C**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-324: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S**

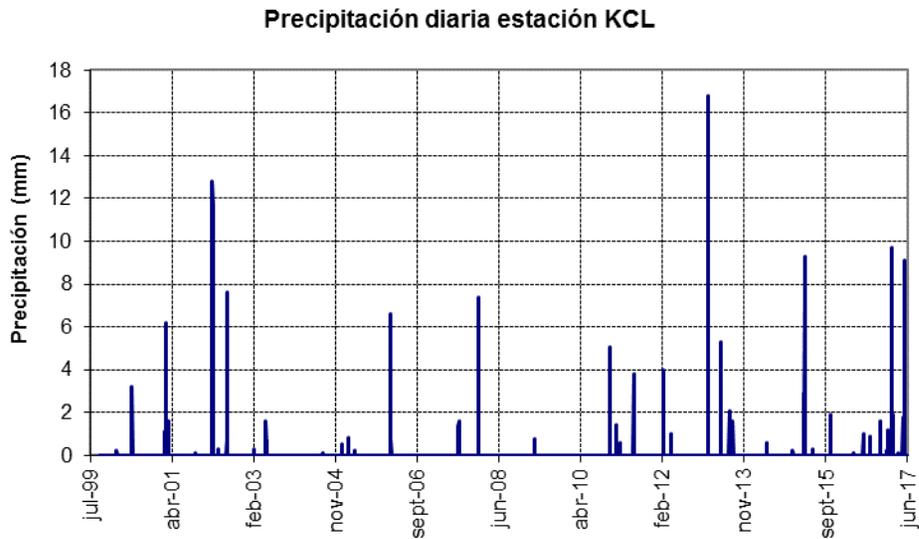


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.6.2 Meteorología

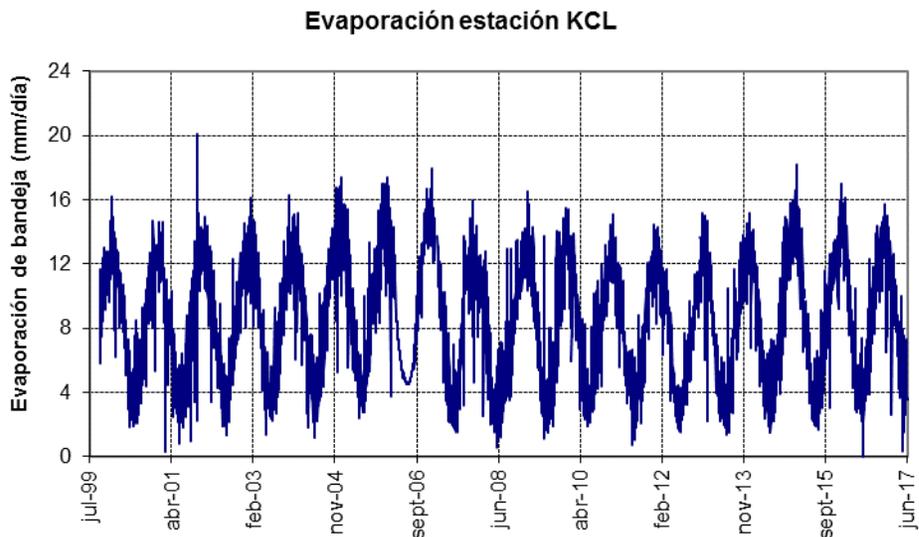
Entre la Figura 5-327 y la Figura 5-330 se presenta las variables registradas por la estación meteorológica KCL. En el ANEXO 13 se muestran los datos recopilados en el primer semestre de 2017.

**Figura 5-325: Precipitación diaria registrada en la estación KCL**



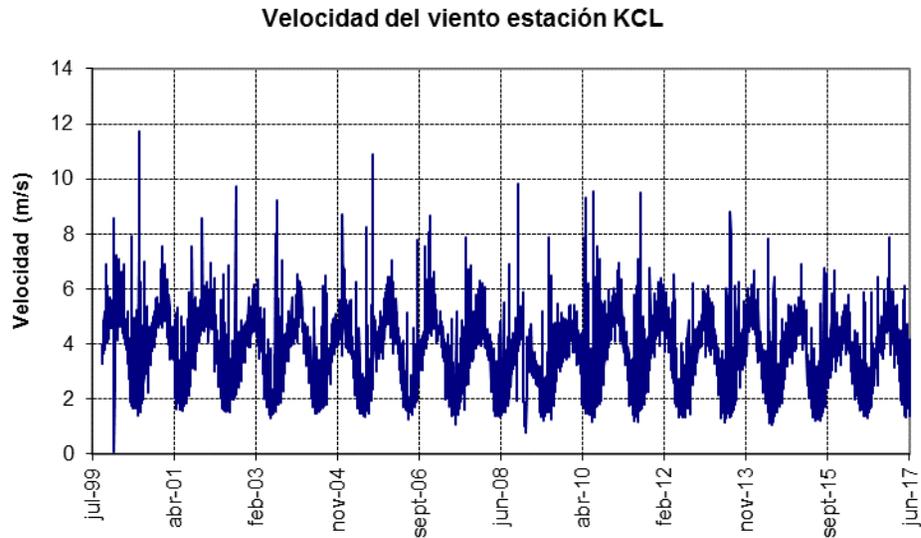
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-326: Evaporación diaria registrada en la estación KCL**



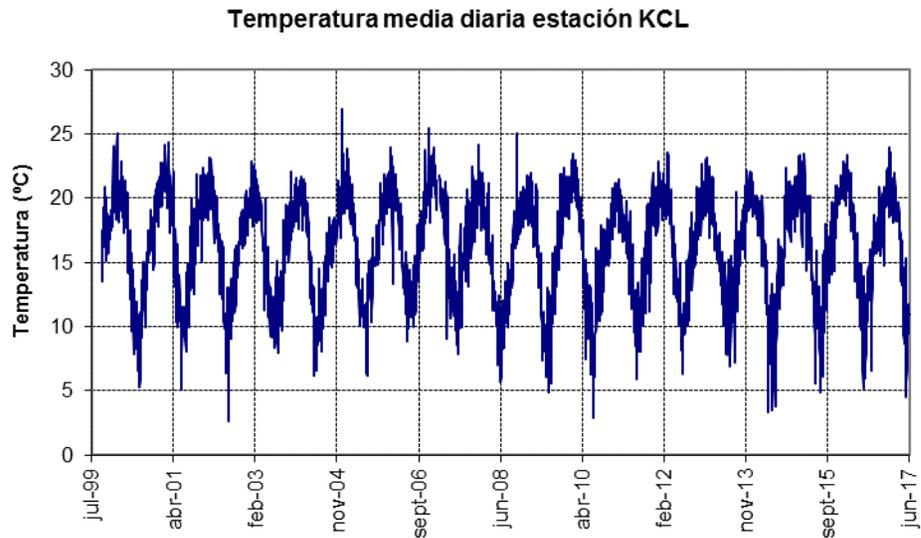
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-327: Velocidad del viento diaria registrada en la estación KCL**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-328: Temperatura media diaria registrada en la estación KCL**

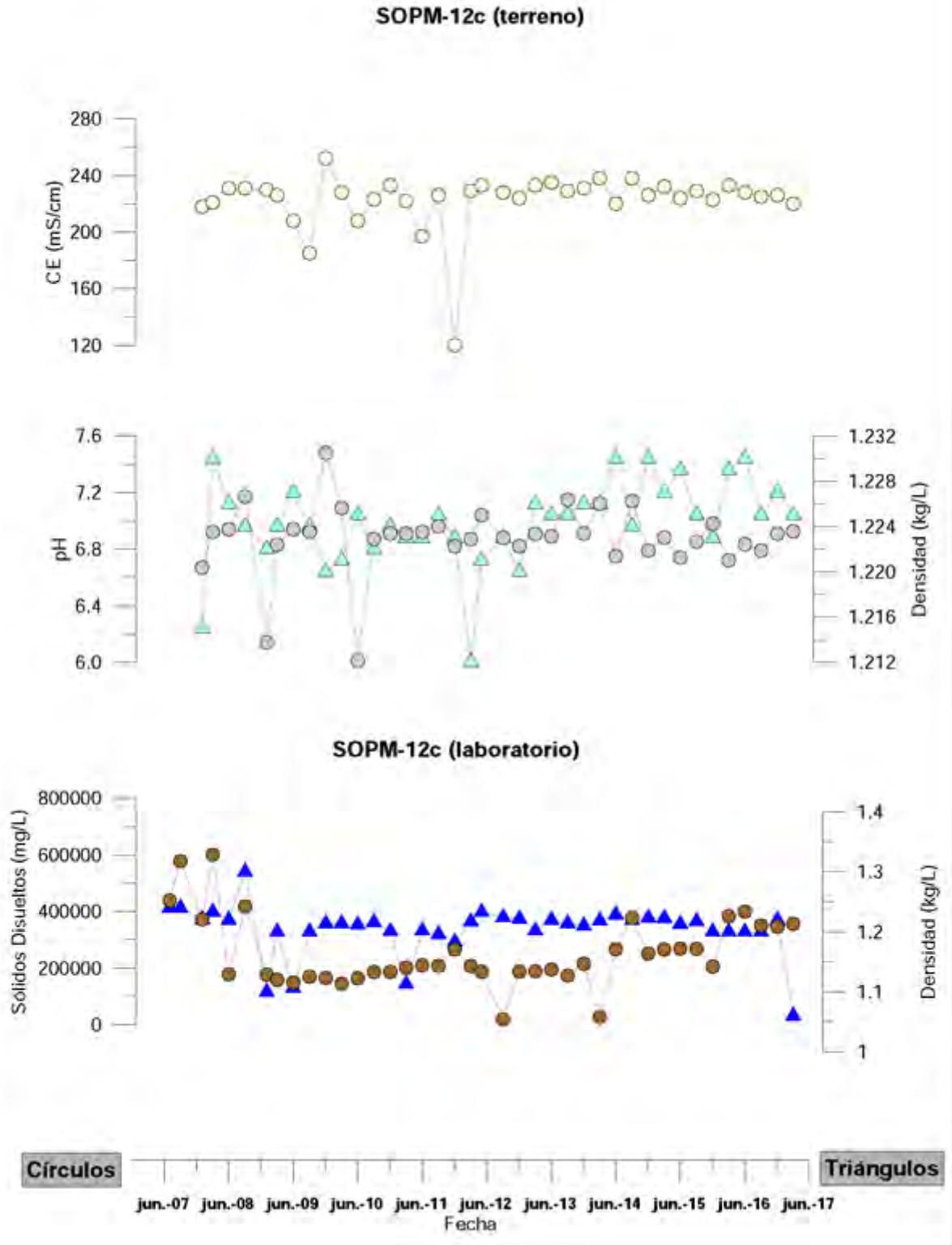


Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.6.3 Calidad química

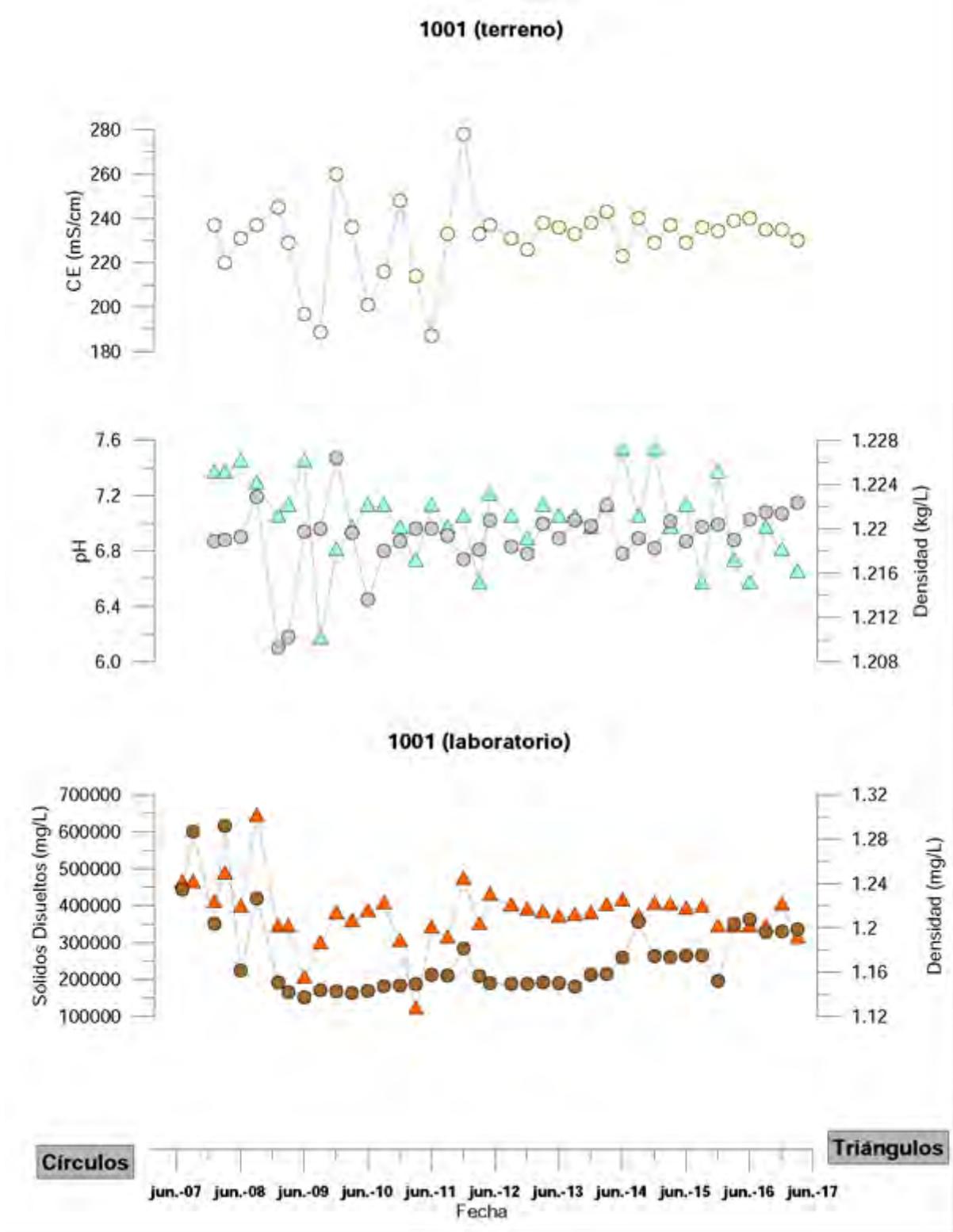
Los pozos existentes que monitorean la calidad del agua subterránea en el sistema Núcleo del Salar de Atacama son SOPM-12C y 1001. En el ANEXO 16 se adjuntan los informes de los análisis químicos de estos pozos.

**Figura5-329: Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12C**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura5-330: Resultados de análisis físico-químico pozo 1001**



Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.7 Sistema Cuña Salina

El sistema Cuña Salina representa la zona de transición y equilibrio entre el acuífero de agua del borde este o aluvial y el acuífero de salmuera alojado en el núcleo.

Los puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina se encuentran al este del Salar de Atacama, entre las coordenadas 7.420.000 a 7.381.000 norte y 587.000 a 597.000 este. En la Figura 5-333 se aprecia la distribución geográfica de dichos puntos.

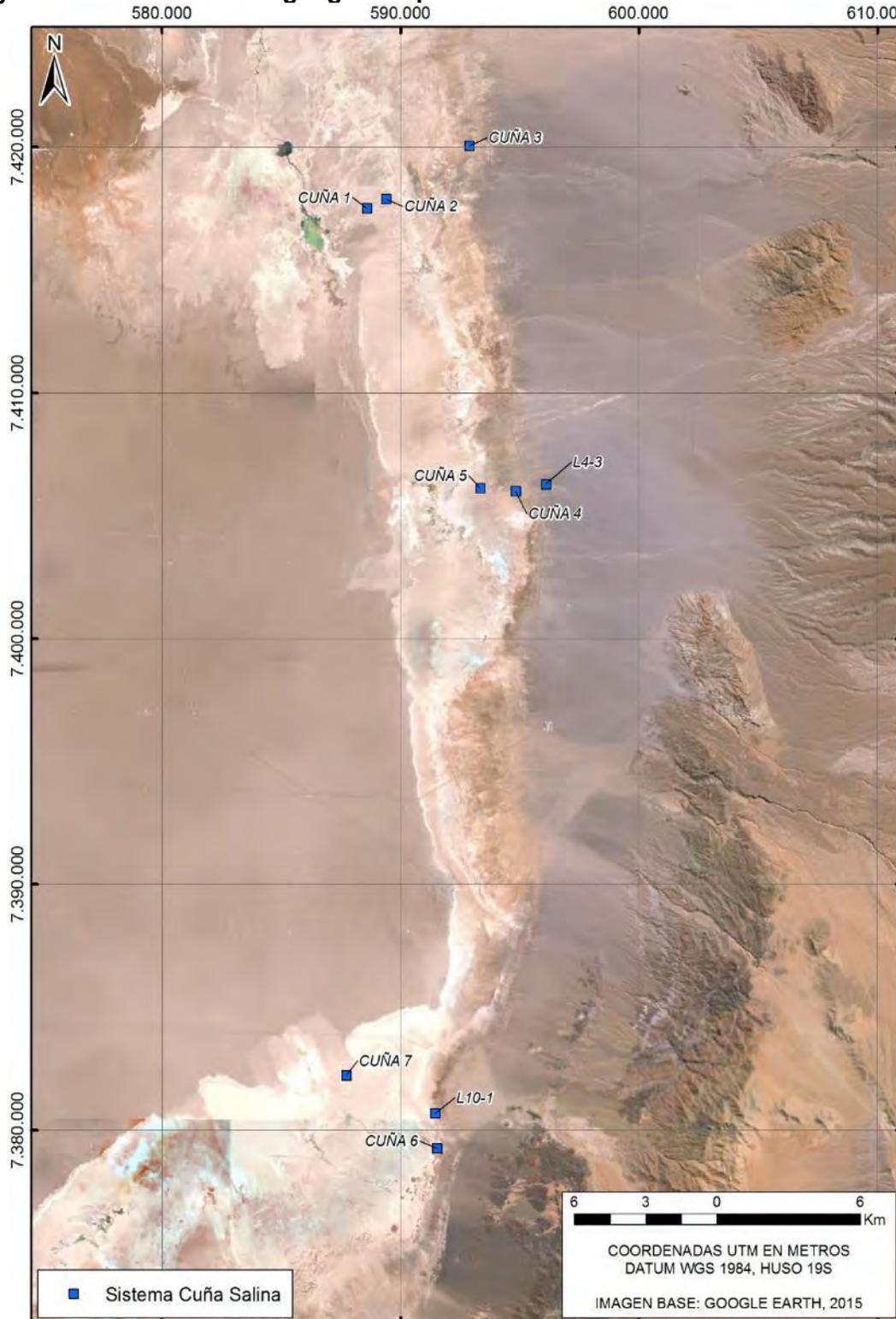
Los pozos que monitorean el sistema Cuña Salina son: L4-3, Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6, Cuña 7 y L10-1, cuya profundidad, zona en la que se encuentran y página donde se muestra el gráfico de nivel se muestran en la Tabla 5-26. El pozo L10-1 es parte del monitoreo de nivel del sistema Peine, razón por la cual sus niveles no se presentan en este subcapítulo, y su gráfico puede ser consultado en la sección 5.3.3.1. Los pozos clasificados como cuña están emplazados íntegramente en la zona marginal.

**Tabla 5-25: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina**

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Profundidad (m)
Cuña 1	Zona marginal	Pozo cuña	22
Cuña 2	Zona marginal	Pozo cuña	24
Cuña 3	Zona marginal	Pozo cuña	140
Cuña 4	Zona marginal	Pozo cuña	95
Cuña 5	Zona marginal	Pozo cuña	38
L4-3	Zona marginal	Pozo cuña	95
Cuña 6	Zona marginal	Pozo cuña	122
Cuña 7	Zona marginal	Pozo cuña	42
L10-1	Zona marginal	Pozo cuña	162

Fuente: Elaboración propia.

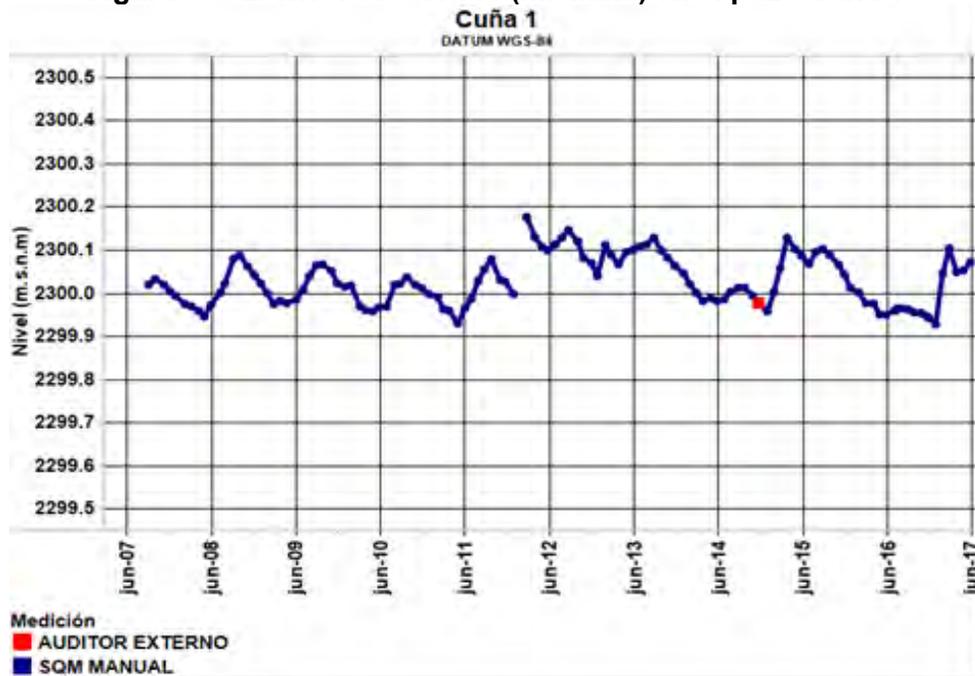
**Figura 5-331. Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.**



Fuente: Elaboración propia.

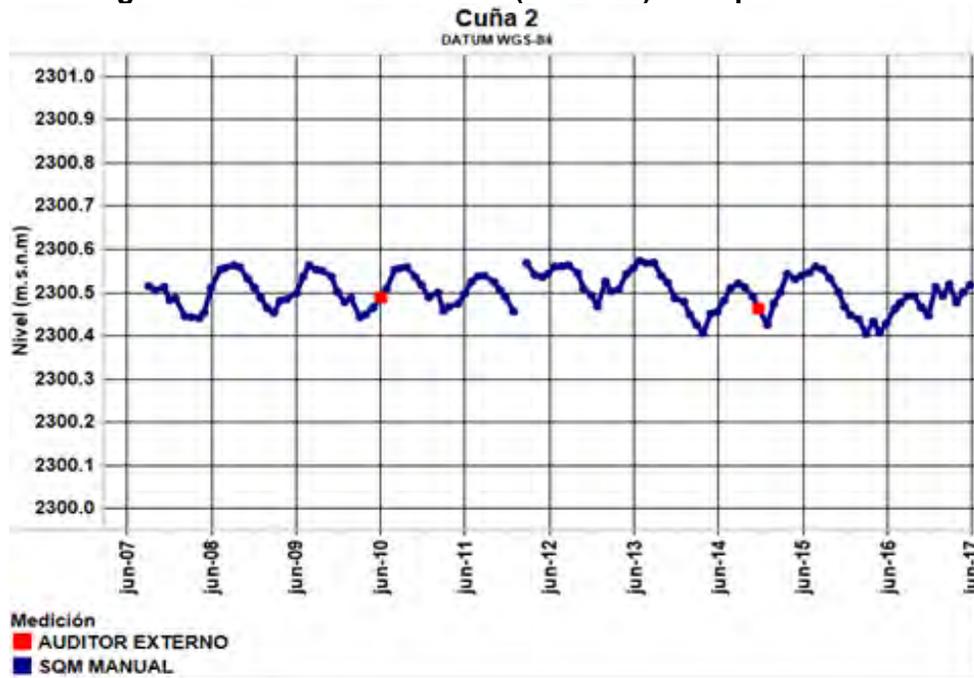
SQM Salar realizó mediciones del perfil de conductividad en todos los pozos listados en la Tabla 5-26. Estos perfiles se presentan en la Figura 5-337, Figura 5-341 y Figura 5-344. Los resultados son ordenados de norte a sur para cada perfil cuña.

**Figura 5-332: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 1**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-333: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 2**



Fuente: Elaboración propia.

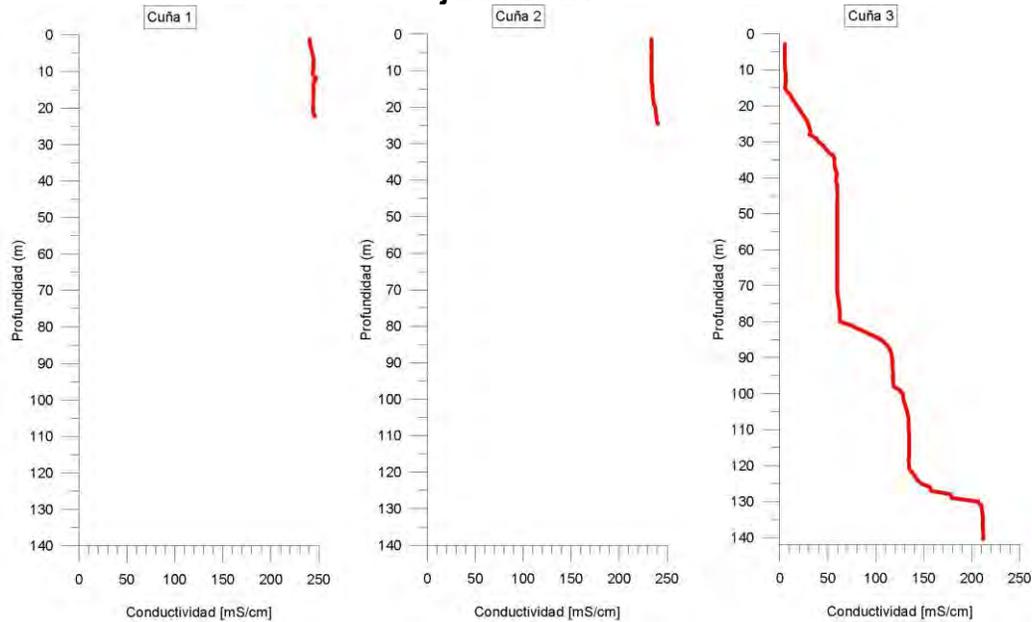
**Figura 5-334: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 3**



Fuente: Elaboración propia.

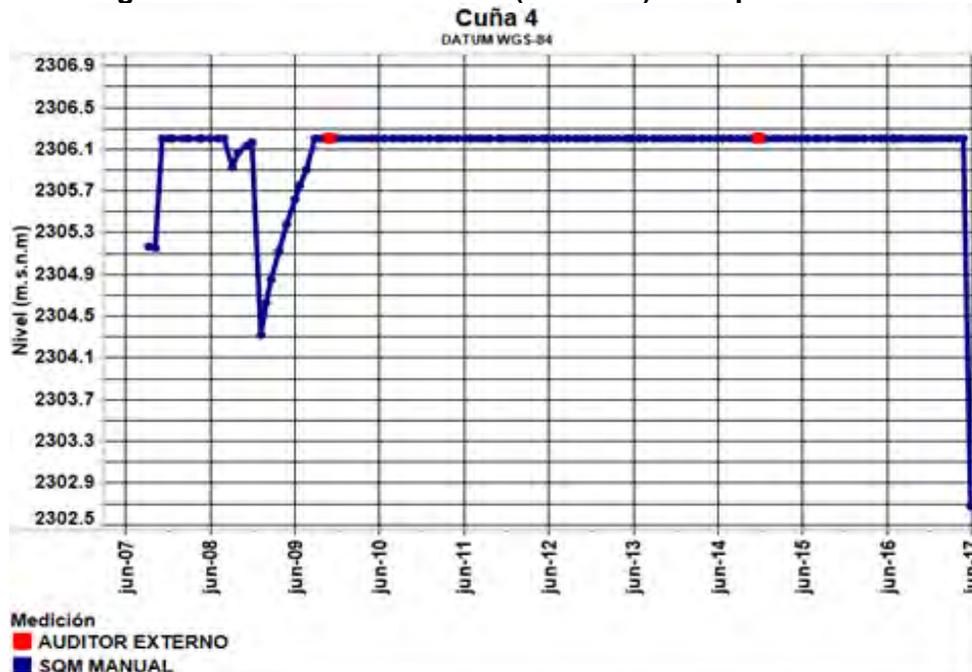
La Figura 5-337 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3.

**Figura 5-335: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio 2017.**



Fuente: Elaboración propia.

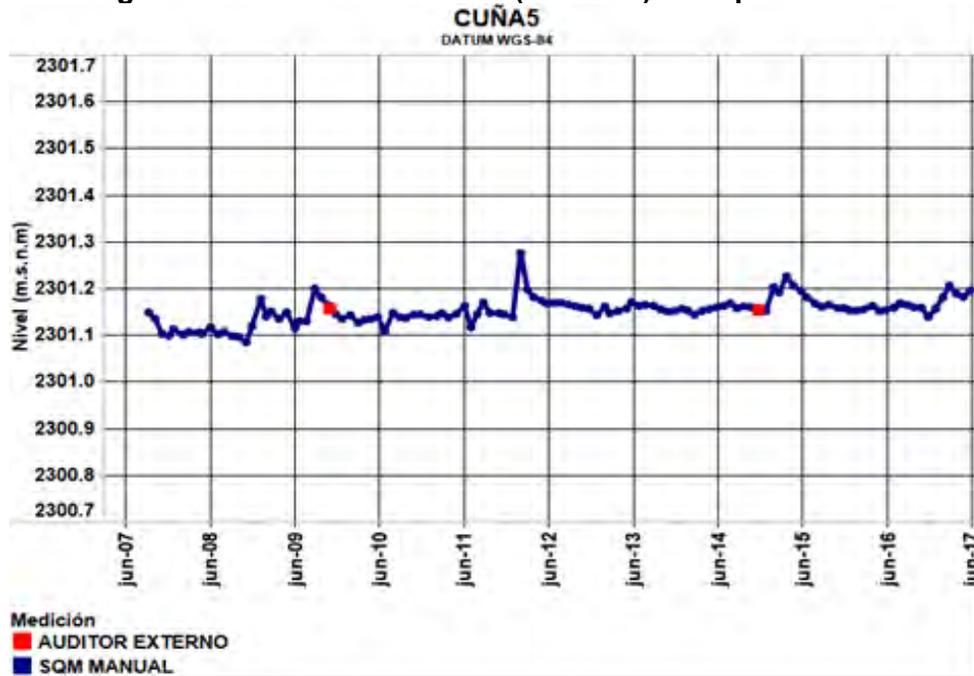
**Figura 5-336: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 4**



Fuente: Elaboración propia.

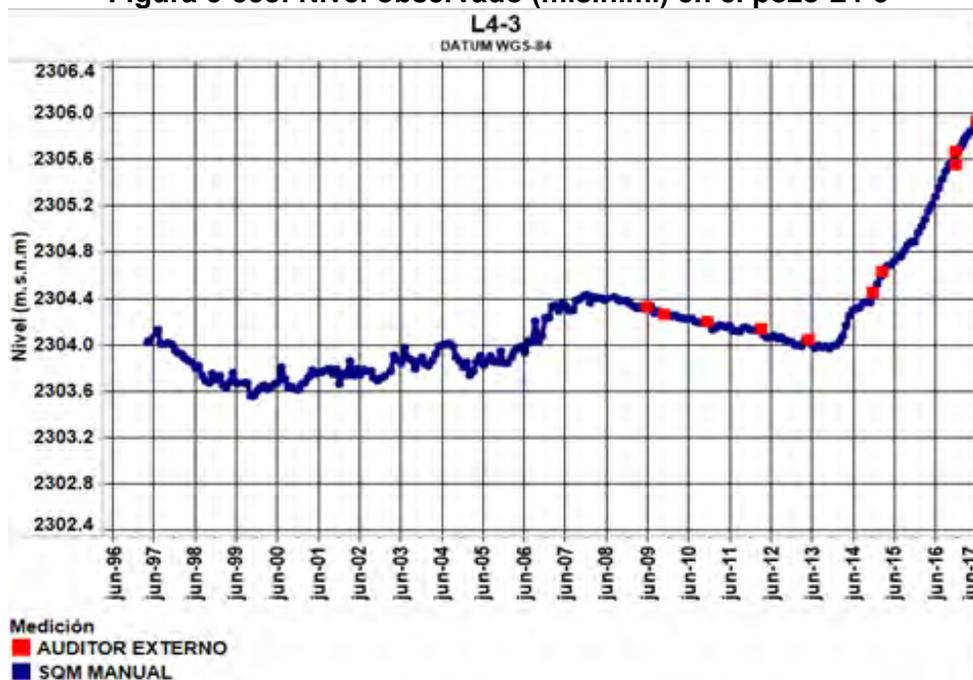
En la figura anterior se puede observar un descenso brusco de los niveles del pozo Cuña 4 y a pesar de las investigaciones realizadas no se logró concluir a que se debió este descenso brusco. Al cierre de este informe el nivel no se había recuperado, aunque mediciones posteriores ya muestran un nivel surgente como ha sido su comportamiento habitual.

**Figura 5-337: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 5**



Fuente: Elaboración propia.

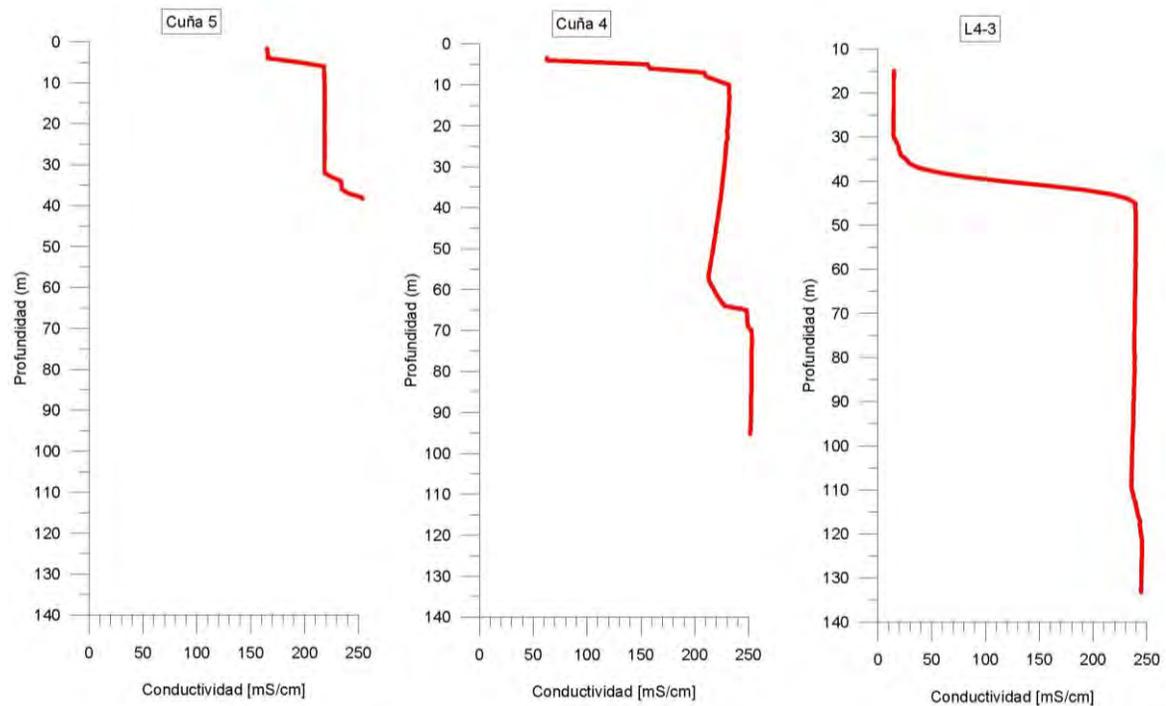
**Figura 5-338: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3**



Fuente: Elaboración propia.

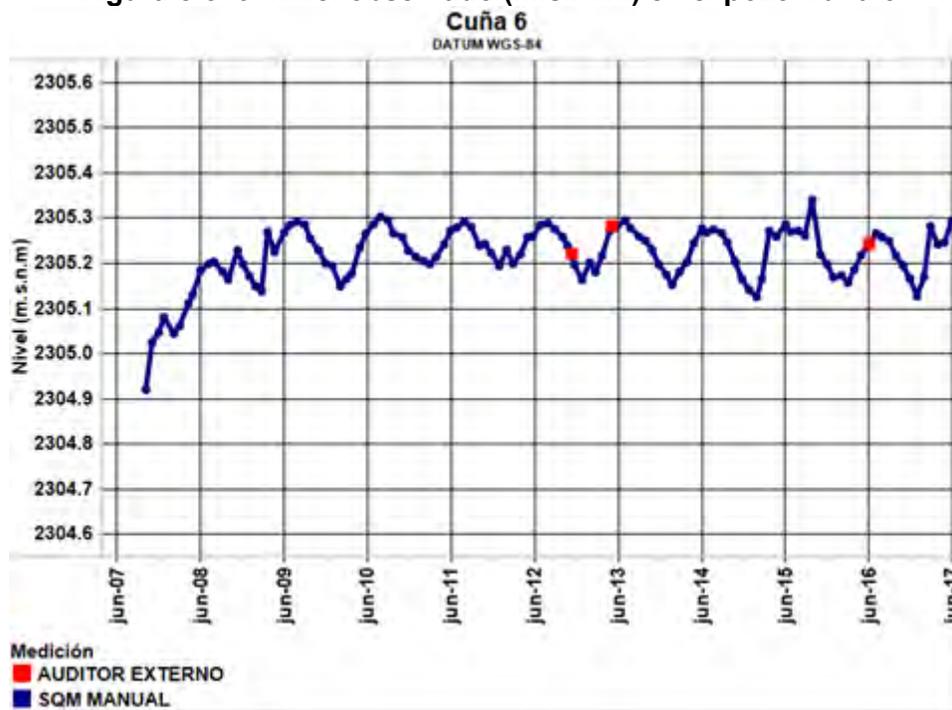
La Figura 5-341 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3.

**Figura 5-339: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio de 2017.**



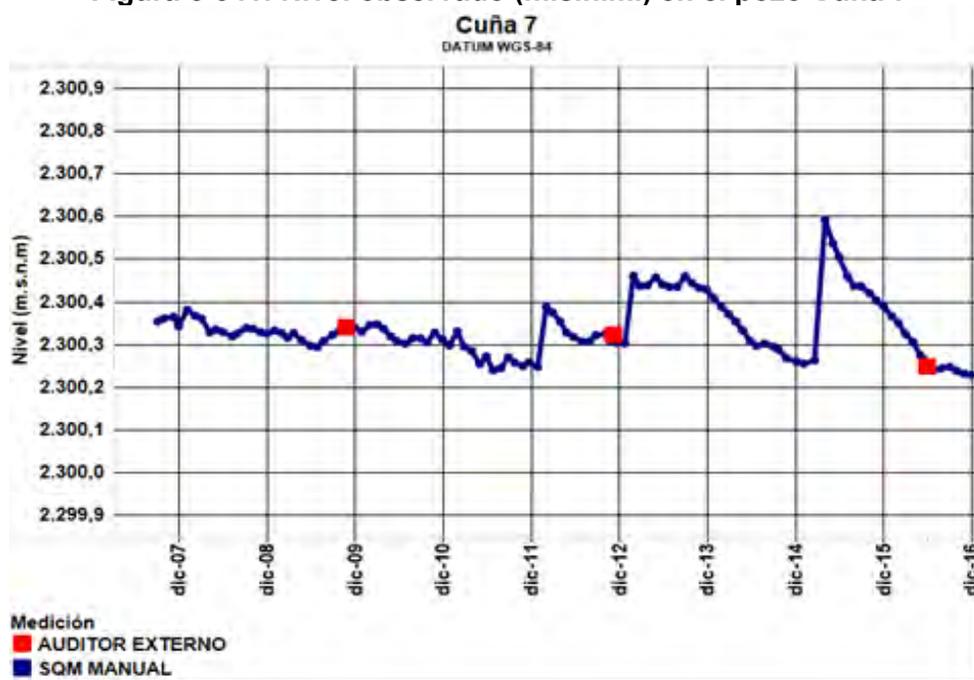
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-340: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 6**



Fuente: Elaboración propia.

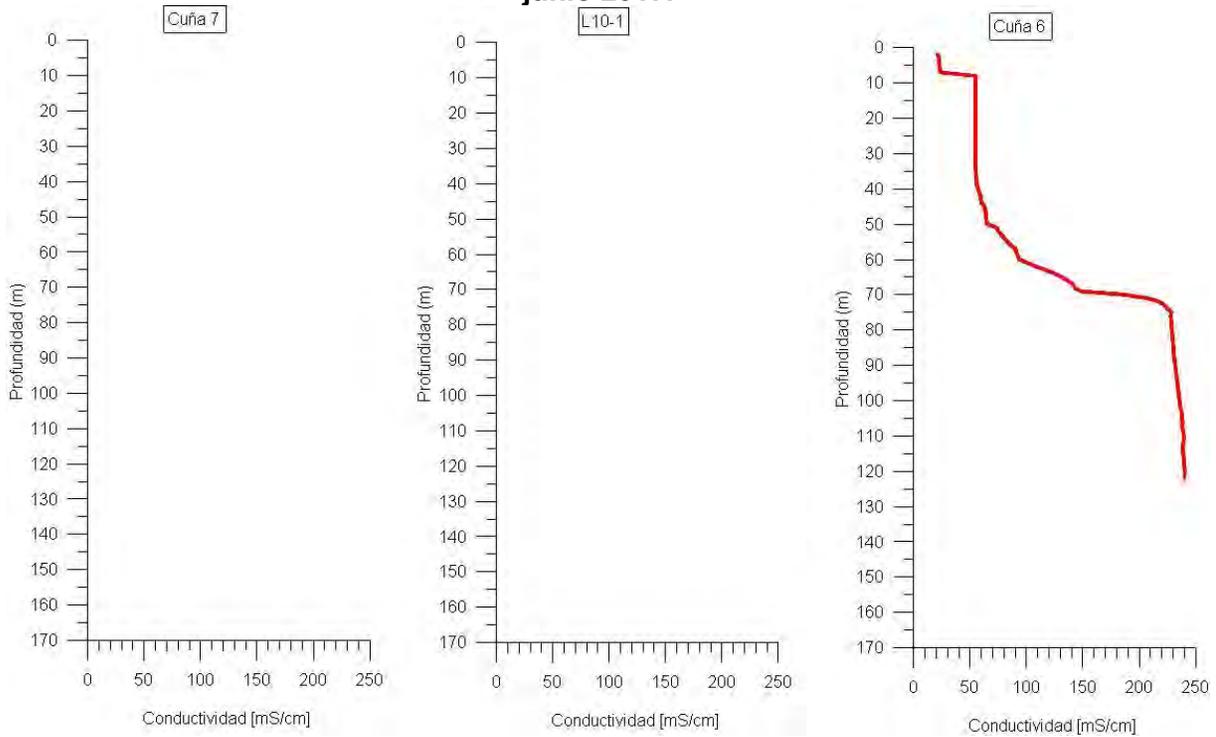
Figura 5-341: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 7



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-344 presenta los perfiles de conductividad eléctrica de los pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1. Para los pozos Cuña 7 y L10-1 no existen los perfiles de conductividad para el período reportado debido a que no se permitió el ingreso al interior de la barrera Peine.

**Figura 5-342: Perfil de conductividad eléctrica en los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 a junio 2017.<sup>46</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>46</sup>En junio de 2017, no hubo autorización para ingresar al interior de la Barrera Peine por lo tanto no se pudieron realizar las mediciones para los perfiles de conductividad de los pozos cuña 7 y L10-1.

---

## 6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se discuten los resultados obtenidos en el PSAH a junio de 2017.

### 6.1 SISTEMA SONCOR

#### 6.1.1 Niveles de agua subterránea

##### 6.1.1.1 Pozos en zona aluvial

En septiembre de 2008, los pozos Mullay-1 y Allana comenzaron la extracción de agua industrial, lo que produjo un cambio en el comportamiento histórico de los niveles observados en algunos pozos de la zona aluvial, de acuerdo a lo esperado. Los pozos L1-1, L1-2, L2-2 y L2-3 muestran un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de extracción de agua en esta zona.

Los datos del primer semestre de 2017 confirman las tendencias observadas y comentadas previamente. En el pozo de bombeo de agua industrial Allana, el nivel dinámico presenta una tendencia a la estabilización durante el 2017. En el caso del pozo Mullay-1, se observa la misma tasa de descenso de los últimos años (20 cm/año aproximadamente).

El pozo L7-6 se ubica en la zona aluvial, sin embargo en la RCA se considera como un pozo del PC para la vegetación Brea-Atriplex. Su evolución está influenciada por el bombeo del pozo Mullay, lo que ha provocado la activación del Plan de Contingencia en su Fase I en noviembre de 2016. A partir de esa fecha, se ha aumentado la frecuencia de monitoreo a cada 15 días, de acuerdo lo indicado en la RCA<sup>47</sup>.

##### 6.1.1.2 Pozos en zona marginal

En esta zona los efectos del bombeo son muchos menos evidentes que en la zona aluvial, como cabe esperar.

Los pozos L7-10, L1-15, L1-4, ubicados al este de las lagunas Barros Negros y Chaxa, presentan un comportamiento al alza, a partir de enero de 2017.

Los pozos 1027, L7-3, L2-4 presentan un comportamiento oscilatorio producto de la estacionalidad de la evaporación invierno-verano.

Los pozos L1-5, L1-8, L1-11, L2-17, ubicados al oeste de la laguna Barros Negros, presentan un comportamiento oscilatorio estacional asociado a la evaporación así como, presumiblemente, a los desbordes de la Laguna Barros Negros. Además, posterior a enero de 2017 estos pozos presentaron alzas por sobre los 20 cm en sus niveles.

El registro histórico de los pozos de salmuera muestra un descenso constante interrumpido, esporádicamente, por ascensos bruscos asociados a las precipitaciones. Esto se observa en el verano de 2017, donde los niveles en esta zona aumentaron más de 10 centímetros, posterior a las lluvias de enero de 2017.

---

<sup>47</sup> El 7 de diciembre de 2016, se reportó a la SMA la activación de la Fase I para el pozo L7-6, aumentando la frecuencia de monitoreo de mensual a quincenal para todos los pozos del sistema Vegetación Borde Comprobante de reporte RIA1715.

Dentro del grupo de pozos zona núcleo del sistema Soncor se encuentra el pozo L1-5, el cual es clasificado como pozo del Plan de Contingencia. Este pozo activó su Fase I durante septiembre de 2016, lo que generó un aumento en la frecuencia de monitoreo de acuerdo a lo indicado en la RCA 226/2006<sup>48</sup>. El 5 de marzo de 2017<sup>49</sup> este pozo deja de estar en Fase I, por lo anterior las mediciones para este sondaje en el mes de abril volvieron a ser mensuales.

Revisando los niveles de las lagunas, se puede apreciar que estos se mantienen dentro de su registro histórico sin tendencia, lo que implica que el bombeo, tanto de salmuera como de agua industrial, no las ha afectado.

### 6.1.2 Niveles de agua superficial

Los niveles de las aguas superficiales registrados en las reglillas presentan oscilaciones estacionales ligadas a la evaporación y al flujo de ingreso de aguas a las lagunas a través del canal Burro Muerto.

Durante el año 2014 y 2016 no se observa el efecto estacional en la reglilla L1-G4 observado en la época invernal desde el año 2007 al 2013. Durante febrero de 2017 se observa un aumento de los niveles de esta reglilla, posiblemente debido a las precipitaciones ocurridas durante el verano de 2017.

Al igual que el pozo L1-5, la reglilla L1-G4 que es clasificada como un punto del Plan de Contingencia, también activó su fase I durante septiembre de 2016, generando un aumento en la frecuencia de monitoreo de acuerdo a lo indicado en la RCA 226/2006<sup>50</sup>. El 5 de marzo de 2017<sup>51</sup> esta reglilla deja de estar en Fase I, por lo anterior las mediciones para este punto en el mes de abril volvieron a ser mensuales.

En la reglilla L7-G1 se observa un comportamiento oscilatorio estacional desde el invierno del año 2009, el cual se mantiene hasta el año 2017. Podría desprenderse del registro anterior que el traspaso de aguas desde la Laguna Chaxa a la laguna Barros Negros se mantiene dentro del rango histórico.

Los niveles observados en la reglilla L7-G2 han permanecido sustancialmente estables desde el año 2001 hasta el 2017.

En la reglilla del Puente San Luis, se aprecia que los niveles entre los años 2014 y 2017 vuelven a tener la tendencia oscilatoria con tendencia al alza. Posterior al episodio de febrero 2012, los niveles disminuyeron producto de la rotura del muro de represamiento de la estación de aforo del mismo nombre a causa de las lluvias registradas ese año. Para mayor detalle, esto se encuentra mencionado en informes N°11 al N°14 del PSAH.

<sup>48</sup>El 28 de septiembre de 2016, se reportó a la SMA la activación de la Fase I para el pozo L1-5, aumentando la frecuencia de monitoreo de mensual a quincenal para todos los pozos del sistema Soncor. El código del comprobante de Aviso es el RIA1485.

<sup>49</sup> El 22 de marzo de 2017, se reportó a la SMA la desactivación de la Fase I para el pozo L1-5, disminuyendo la frecuencia de monitoreo quincenal a mensual, para todo el sistema Soncor. Comprobante de reporte RIA1485.

<sup>50</sup>El 28 de septiembre de 2016, se reportó a la SMA la activación de la Fase I para el pozo L1-G4, aumentando la frecuencia de monitoreo de mensual a quincenal para todos los pozos del sistema Soncor. El código del comprobante de Aviso es el RIA1485.

<sup>51</sup> El 22 de marzo de 2017, se reportó a la SMA la desactivación de la Fase I para el pozo L1-G4, disminuyendo la frecuencia de monitoreo quincenal a mensual, para todo el sistema Soncor. Comprobante de reporte RIA1485.

En la reglilla Burro Muerto se observa que los niveles permanecen estables con una leve tendencia al alza desde el segundo semestre del año 2007 hasta el 2017.

De la misma manera, se observa en la reglilla L11-G1 que los niveles se mantienen estables desde comienzo de las mediciones (noviembre 2007) hasta el primer semestre del año 2014. A fines del 2014 y 2015, se observa un descenso pronunciado de los niveles bajo la superficie del terreno. Este efecto no se registra en fechas posteriores.

### **6.1.3 Evolución del nivel lacustre**

En la Reglilla Puilar se observa un comportamiento estacional con un aumento de la amplitud en los registros de niveles más recientes.

Para el caso de la laguna Barros Negros y Chaxa, los resultados de las mediciones muestran que no existe variaciones importantes fuera del comportamiento histórico.

Cabe señalar, que la Laguna Barros Negros presenta desbordes tanto en la zona oeste (“Cola de Pez”) como en la zona sur. Los desbordes y su magnitud pueden influir en la evolución de los niveles freáticos de los sectores aledaños.

### **6.1.4 Meteorología**

Como se aprecia en los resultados de las mediciones presentadas, para la zona del núcleo del Salar, desde enero de 2005 hasta diciembre de 2016 no se registran precipitaciones que sobrepasaran los 5 mm. Durante el primer semestre de 2017 se presentaron precipitaciones por sobre los 8 mm.

Para la evaporación, velocidad del viento y temperatura se observa un comportamiento oscilatorio característico dado por la estacionalidad.

### **6.1.5 Nivel en pozos de bombeo de agua industrial y caudal bombeado**

Los pozos de bombeo de agua industrial ubicados frente al sistema Soncor (Mullay 1 y Allana) iniciaron sus operaciones el día 15 de septiembre de 2008. Ambos pozos han bombeado caudales menores a los derechos otorgados y autorizados ambientalmente (40 L/s en cada uno) desde su puesta en operación y sus niveles se han comportado de acuerdo a lo esperado.

### **6.1.6 Calidad Química**

Respecto de la calidad química del agua, tanto en pozos de monitoreo como en las lagunas, se observan valores relativamente estables en los parámetros analizados, es decir, sin cambios bruscos respecto de los valores históricos y sin cambios de tendencia.

El cambio del valor de la Alcalinidad Carbonatada (mg/l) se debe probablemente al cambio del laboratorio y a la disminución del límite de detección de este parámetro.

### 6.1.7 Aforos

Los caudales obtenidos para el aforo Barros Negros y Puente San Luis son consistentes con los valores históricos, sin embargo en el verano de 2017 se observa un aumento de los caudales, probablemente asociado a las precipitaciones que ocurrieron en este periodo.

De manera particular se puede apreciar nuevamente el comportamiento oscilatorio del Puente San Luis, después de la reparación del desborde (2013), lo que reflejaría que efectivamente la estación está midiendo correctamente, incluso alcanzando a registrar las aportaciones del primer semestre del 2015. Adicionalmente se puede apreciar un ligero descenso en los caudales de esta estación de aforo durante el 2016, esto podría ser por la disminución de precipitaciones durante este año. En 2017 se observa un aumento debido a las precipitaciones ocurridas durante el verano.

### 6.1.8 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

Se aprecia que el cuerpo principal de las superficie lacustre se mantiene constante en las últimas mediciones realizadas por CONAF.

Las lagunas que componen el sistema Soncor corresponden a: Chaxa, Barros Negros y Puilar.

En la Tabla 6-1 se presentan los valores de las superficies lagunares medidas.

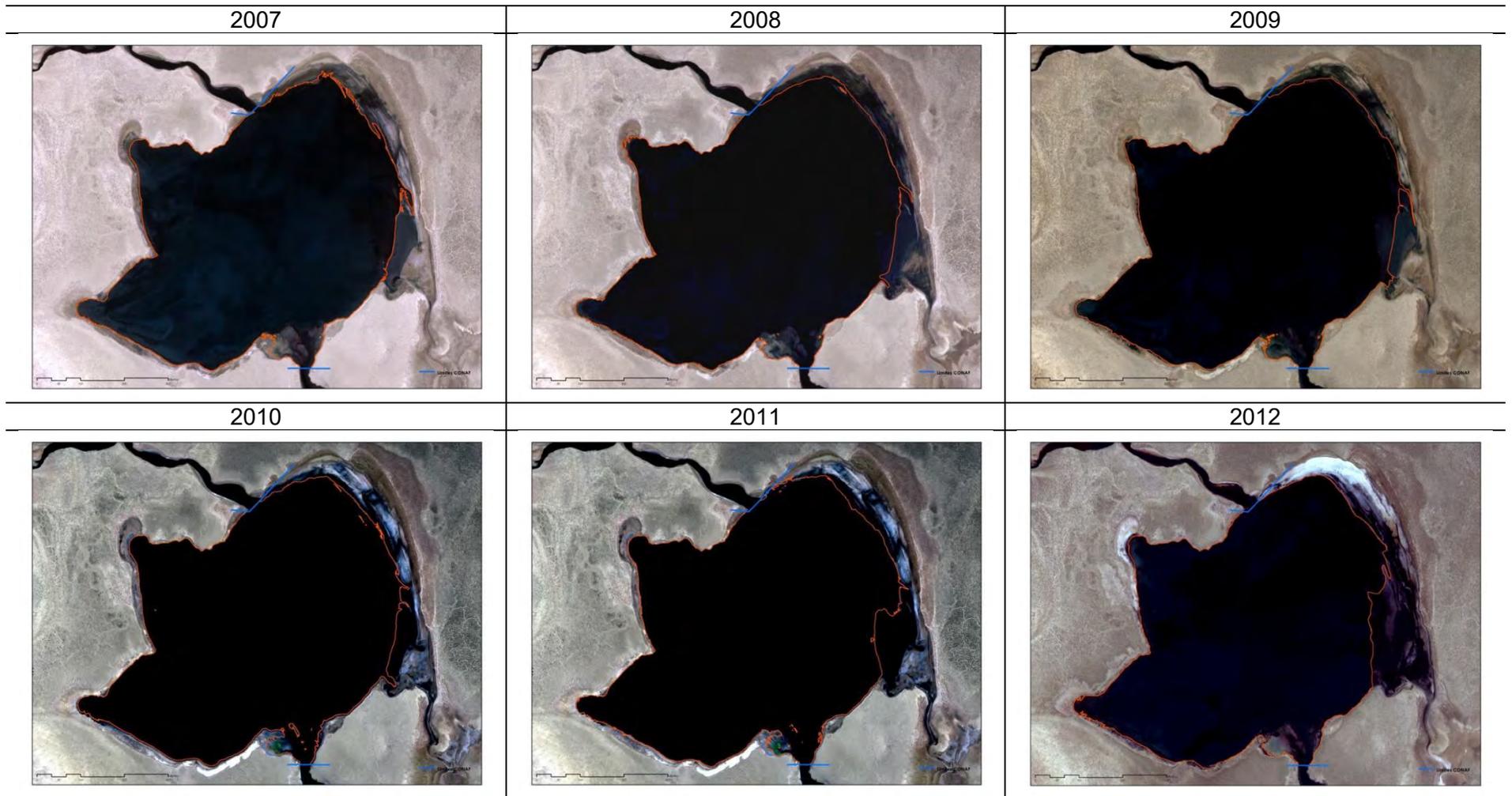
**Tabla 6-1. Superficies totales de los sistemas lacustres de Soncor**

AÑO	Sistema Soncor		
	Chaxa (m <sup>2</sup> )	Barros Negros (m <sup>2</sup> )	Puilar (m <sup>2</sup> )
2007	311623	1228274	69728
2008	315363	1272249	69823
2009	316764	1324016	70360
2010	308357	1203661	69267
2011	305433	1325448	70003
2012	300248	1327333	68280
2013	295786	1255968	68264
2014	296162	1258615	68419
2015	297955	1380250	68940
2016	291397	1195773	67151
2017	293310	1289158	69434
<b>Promedio</b>	<b>302945</b>	<b>1278250</b>	<b>69061</b>

Fuente: elaboración propia.

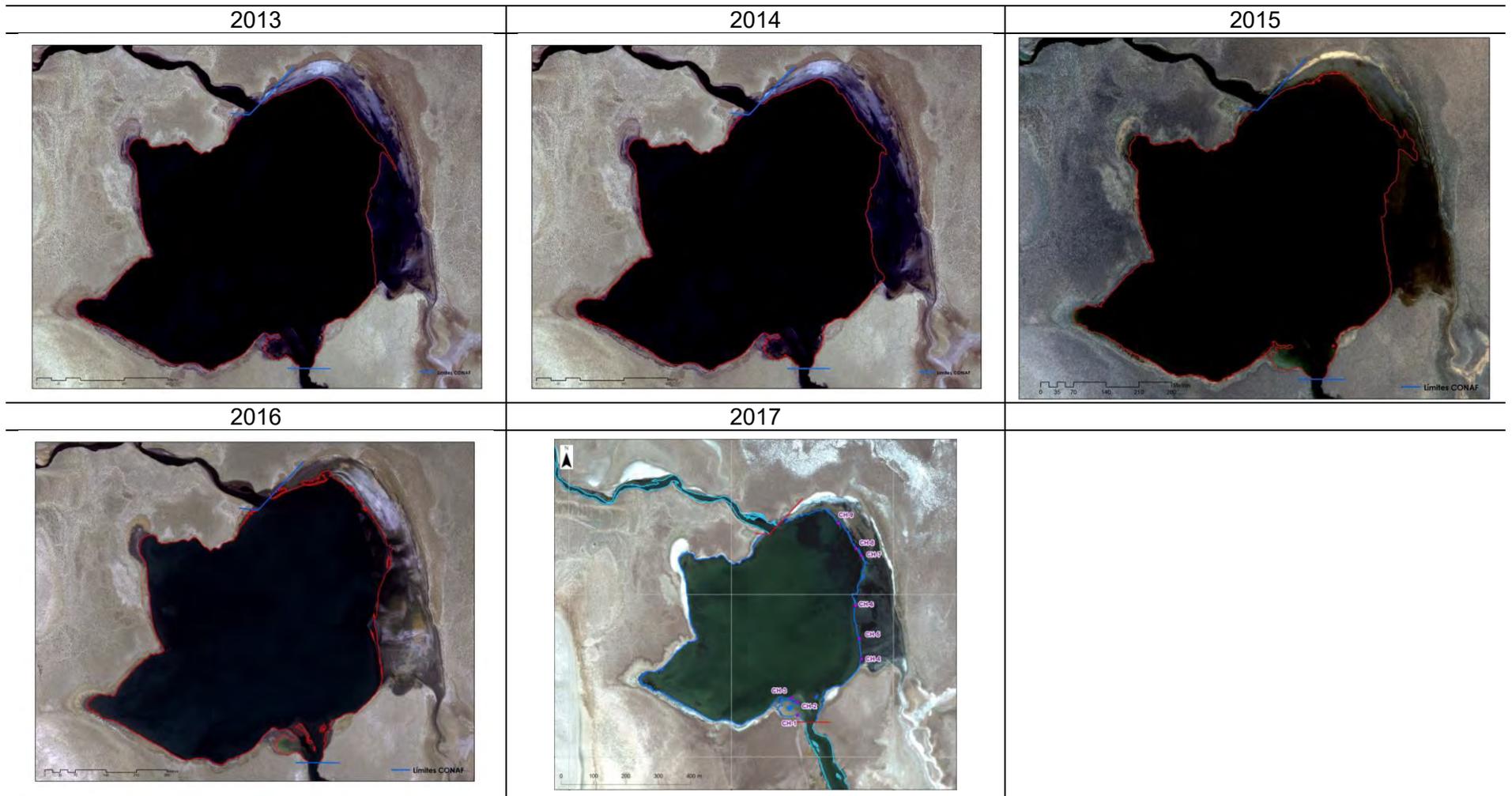
Desde la Figura 6-1 a la Figura 6-6, se muestra la evolución de las superficies de manera gráfica desde el año 2007 al 2017 para las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar.

**Figura 6-1: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2017.**



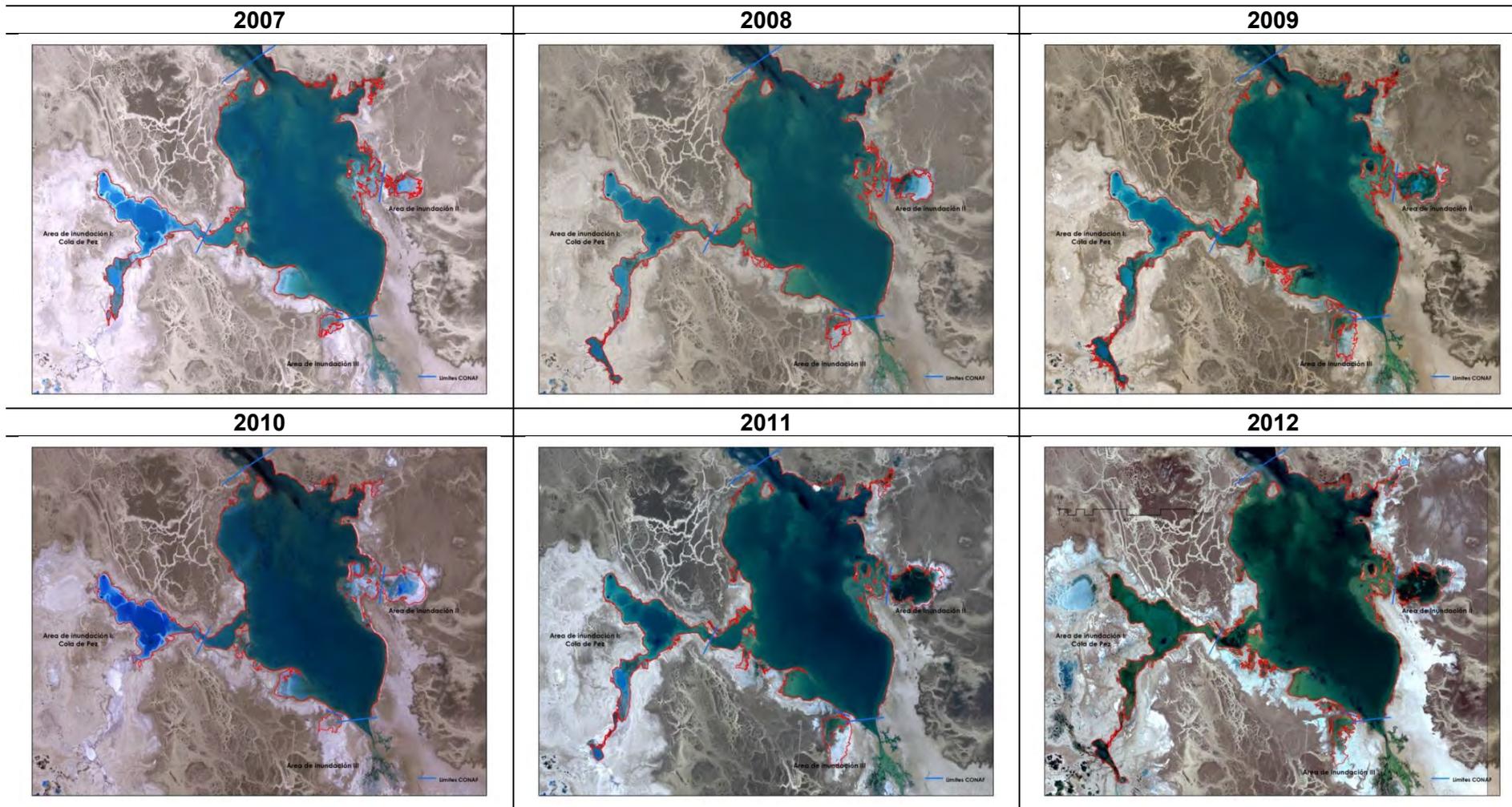
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-2: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2017. (continuación).



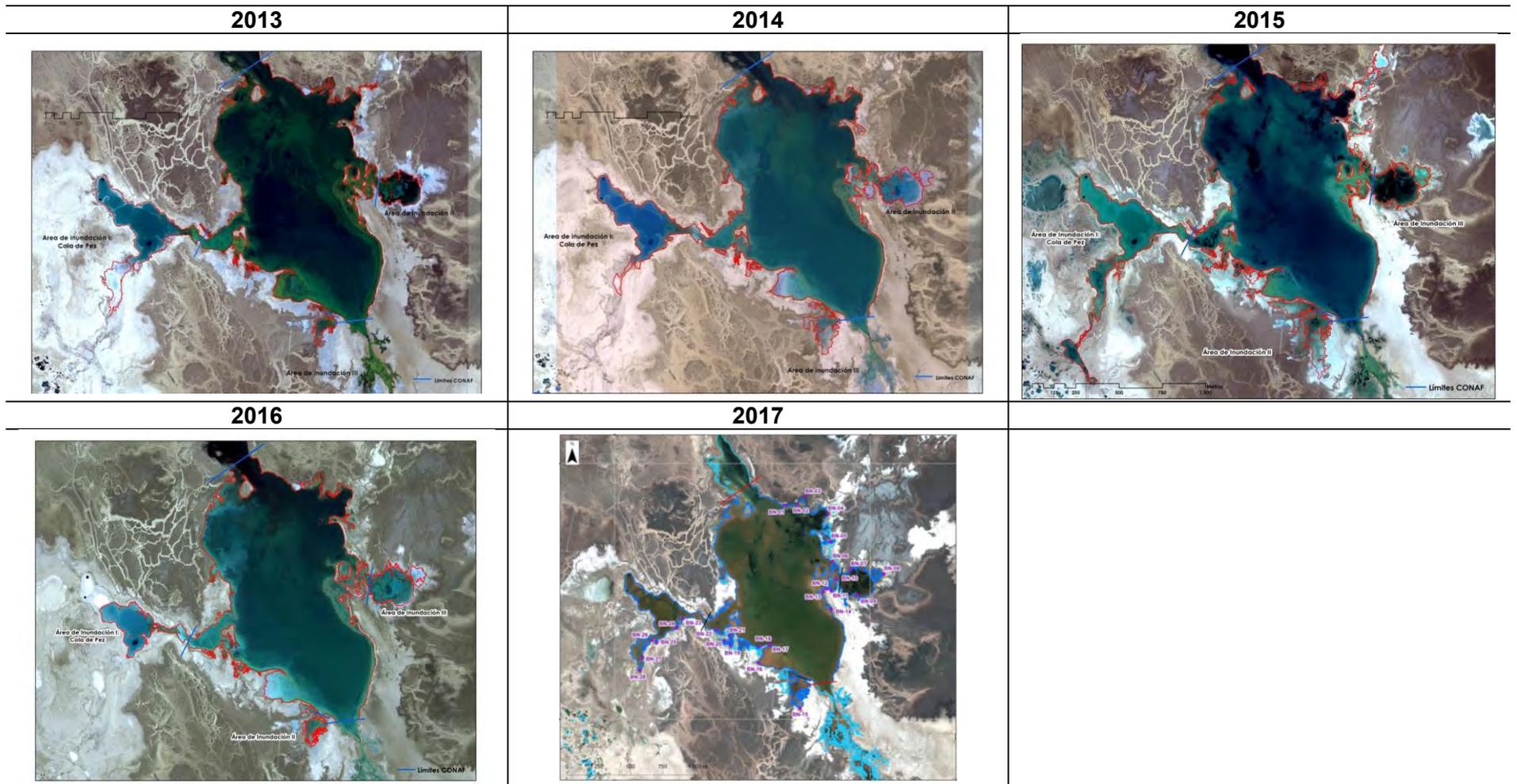
Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-3: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2017.**



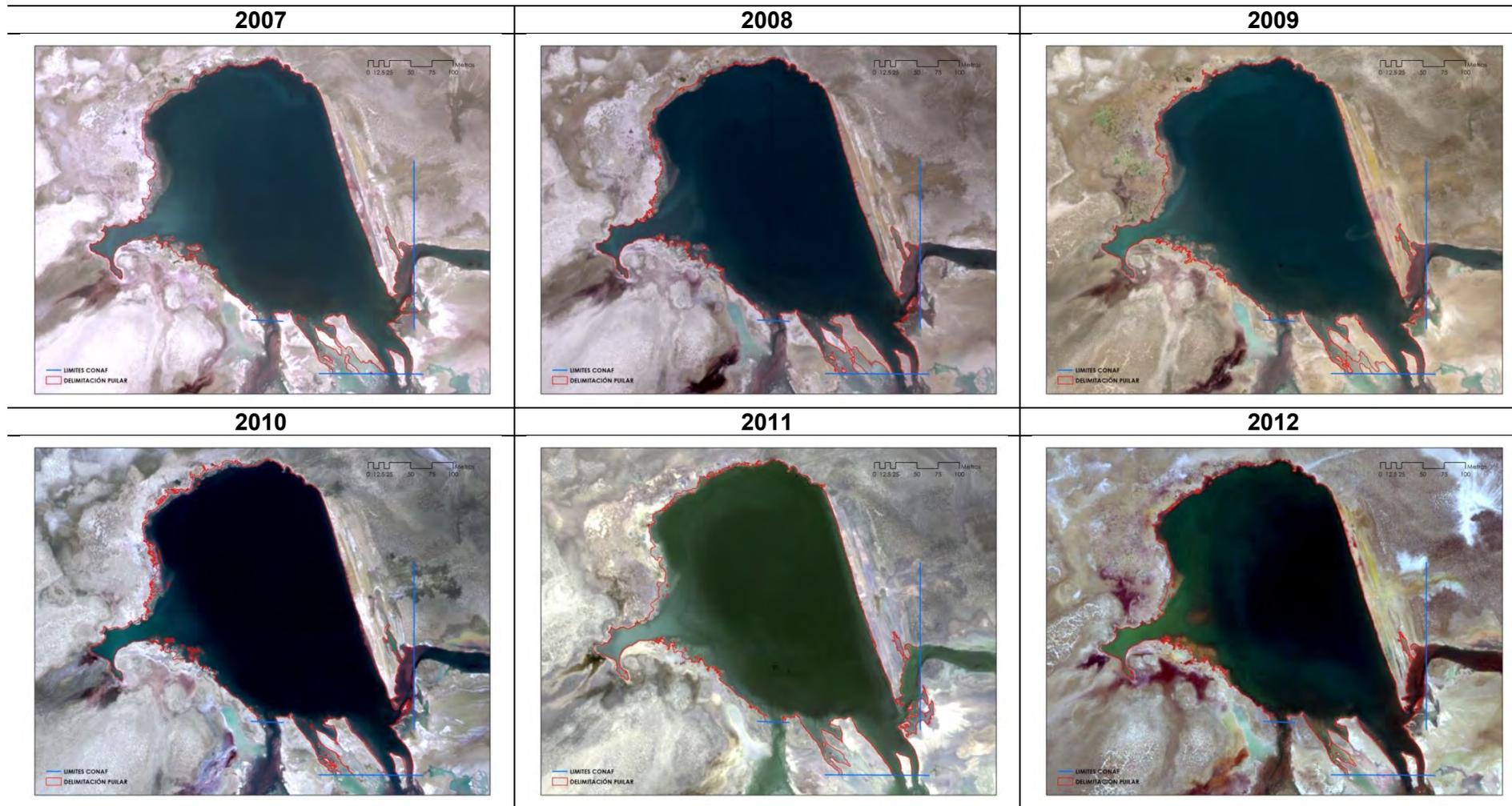
Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-4: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2017 (continuación)**



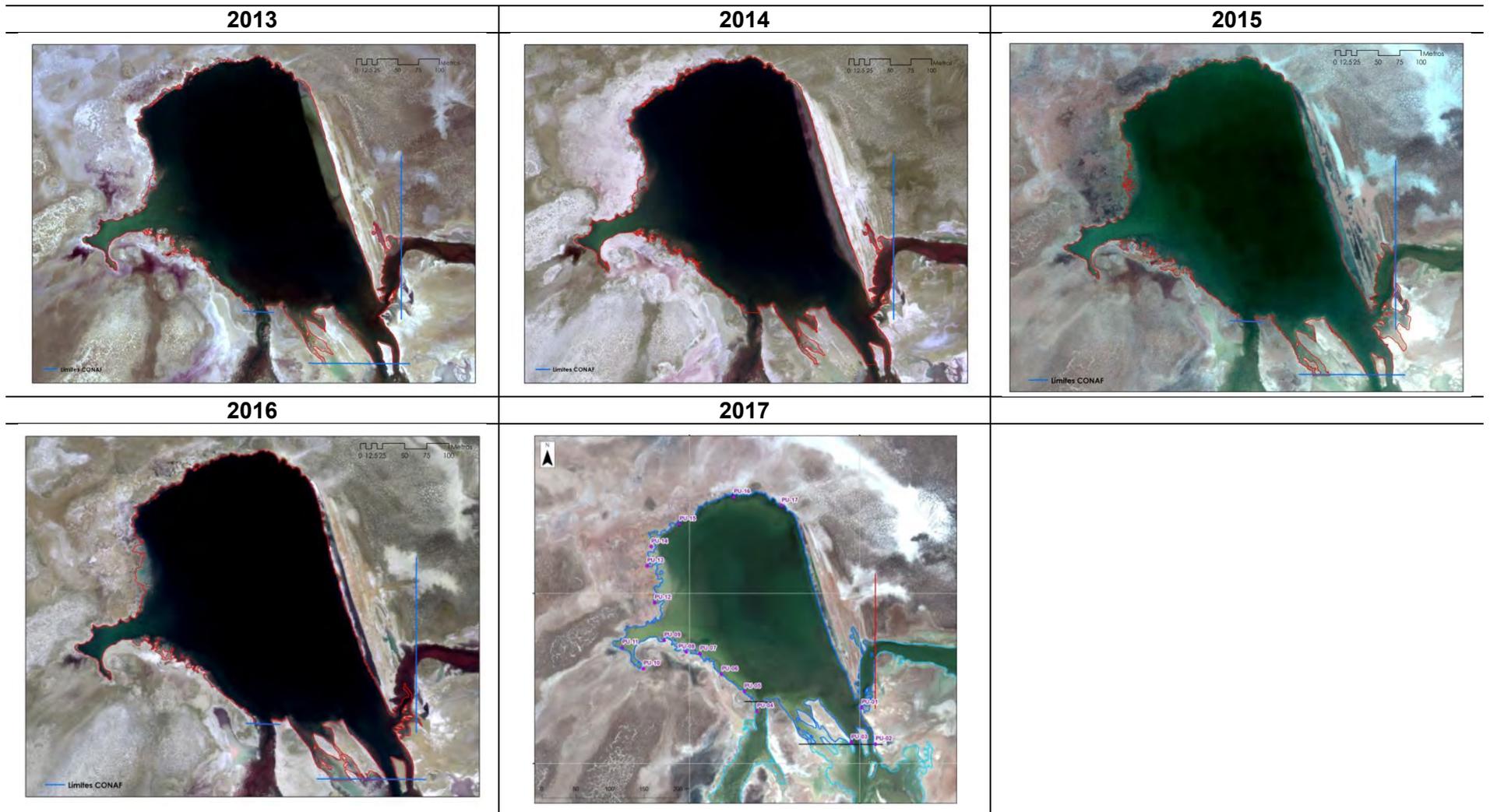
Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-5: Delimitación Laguna Pular entre los años 2007 a 2017.**



Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-6: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2017 (continuación).**



Fuente : Elaboración propia

### 6.1.8.1 Acerca del cambio en la dinámica del desbordamiento de la Laguna Barros Negros, y su implicancia en el comportamiento de los niveles en pozos del PC.

Al analizar el comportamiento histórico registrado en el sistema Soncor, específicamente en su cuerpo terminal correspondiente a la Laguna Barros Negros, es posible comprobar que su dinámica interna, propia y natural, de desbordamiento no permanece estable a lo largo del tiempo. Este cambio en la dinámica de desborde se traduce en un incremento importante de las áreas de inundación asociadas con la zona de Desborde Sur, al menos desde al año 2012 a la fecha. Esto se verifica no sólo con la imagen satelital del mes de abril de cada año (RCA 226/2016, Considerando 10.2.2, Tabla 5), reportado dentro del marco del PSA, sino que también con series de registros de imágenes más extensas en el tiempo. Por otro lado, y de manera simultánea al aumento de área inundada del Desborde Sur, la superficie inundada correspondiente a la zona de desbordamiento denominada “Cola de Pez” (Área de Inundación I; Anexo 18, Zona Oeste) se ha visto ostensiblemente reducida para el mismo período.

Para entender mejor este fenómeno e identificar los factores que podrían incidir en esta variabilidad, se ha revisado y contrastado la información histórica de imágenes, meteorología, superficie lagunar y niveles piezométricos cercanos a la laguna, específicamente, en el entorno inmediato de las zonas de desborde de Cola de Pez y Sur.

#### 6.1.8.1.1 Análisis de Imágenes

En base a la información disponible, se han escogido una serie de 12 imágenes (Figura 6-7 y Figura 6-8) entre 1964 y 2017, representativas de la evolución de la dinámica de la Laguna Barros Negros, especialmente aquellas relacionadas con el área de inundación I (Cola de Pez) y Desborde Sur. Parte de estas imágenes fueron presentadas en el informe “Estudio de Superficies Lacustres en el Salar de Atacama 1961-2007” (Pramar Consultores, 2007).

**Tabla 6-2: Imágenes recopiladas y analizadas para la Laguna Barros Negros.**

FECHA	TIPO	FUENTE	ESCALA	RESOLUCIÓN
Junio de 1964	Fotografía aérea B/N	IGM-64, vuelo AEROSERVICE	1:70.000	-
Mayo de 1981	Fotografía aérea B/N	SAF-81, vuelo CH60	1:60.000	-
Julio de 1985	Imagen Satelital Landsat 5	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>	-	Multiespectral: 60 m
Agosto de 1990	Imagen Satelital Landsat 5	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>	-	Multiespectral: 30 m
Julio de 1994	Imagen Satelital Landsat 5	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>	-	Multiespectral: 30 m
Febrero de 2000	Imagen Satelital Landsat 7	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>	-	Multiespectral: 30 m
Marzo de 2006	Imagen satelital Quickbird II	Digital Globe-06	-	Multiespectral: 2,4 m; Pancromático: 0,6 m
Abril de 2009	Imagen satelital Quickbird II	Digital Globe-09	-	Multiespectral: 2,4 m; Pancromático: 0,6 m
Abril de 2012	Imagen Satelital Landsat 8	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>	-	Multiespectral: 30 m; Pancromático: 15 m
Mayo de 2013	Imagen Satelital Landsat 8	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>	-	Multiespectral: 30 m; Pancromático: 15 m

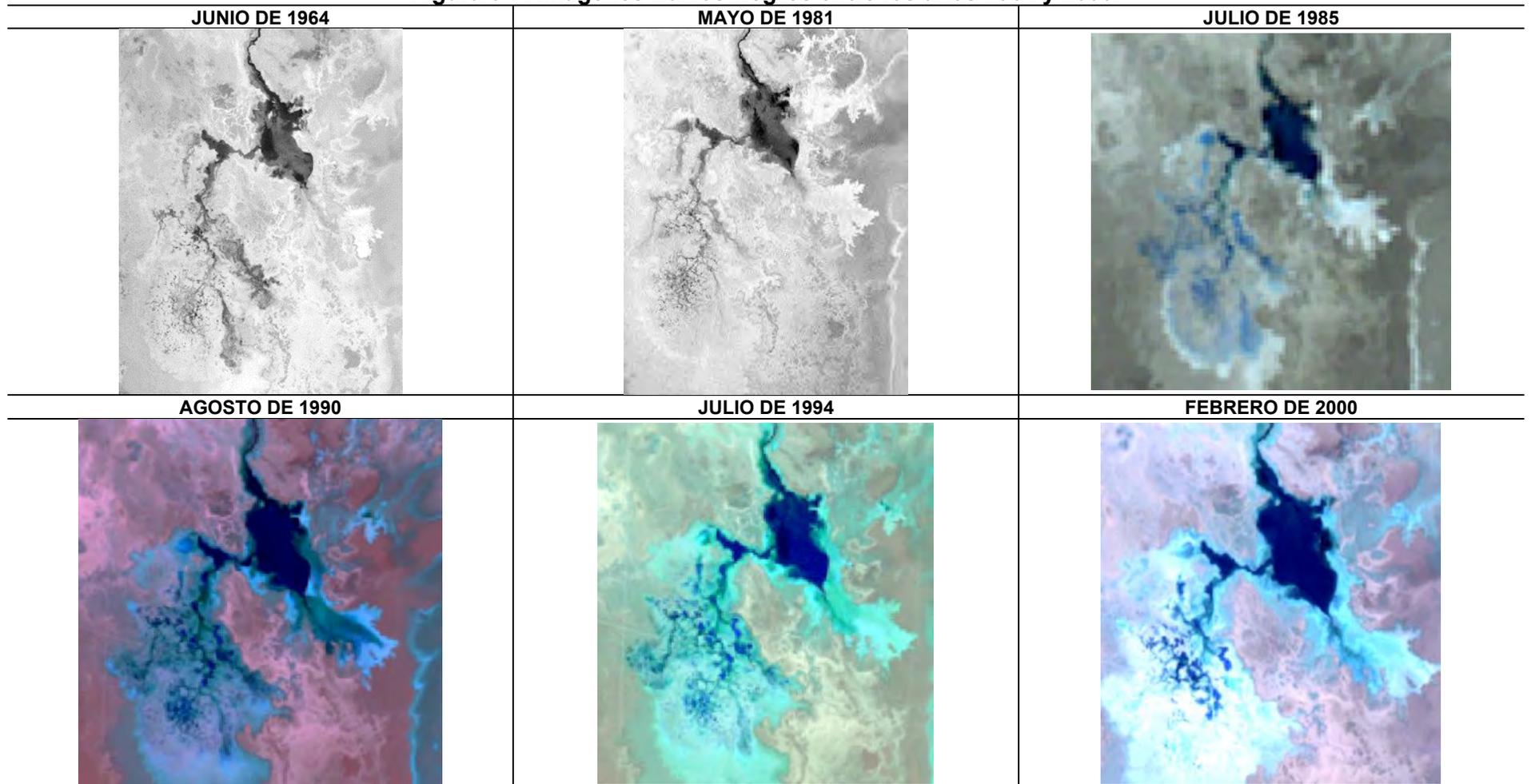
FECHA	TIPO	FUENTE	ESCALA	RESOLUCIÓN
Agosto de 2014	Imagen Satelital Landsat 8	<a href="https://earthexplorer.usgs.gov">https://earthexplorer.usgs.gov</a>		Multiespectral: 30 m; Pancromático: 15 m
Abril de 2017	Imagen Satelital GeoEye-1	Digital Globe-17		Multiespectral: 2 m; Pancromático: 0,5 m

Fuente : Elaboración propia.

Se ha analizado el conjunto de imágenes recopiladas, previa georreferenciación de las fotografías aéreas disponibles. En el caso de las imágenes satelitales, este análisis ha consistido en aplicar una combinación de bandas que permita la discriminación entre cuerpos de agua y de suelo. Para las fotografías, se ha preservado, en lo posible, su resolución al momento de escanearlas, con el fin de mantener el detalle y diferencias cromáticas que pueden ser obviadas al momento de su digitalización. Posteriormente, se ha interpretado el área que corresponde al cuerpo principal, Desborde Sur y Cola de Pez, mediante observación directa de la imagen.

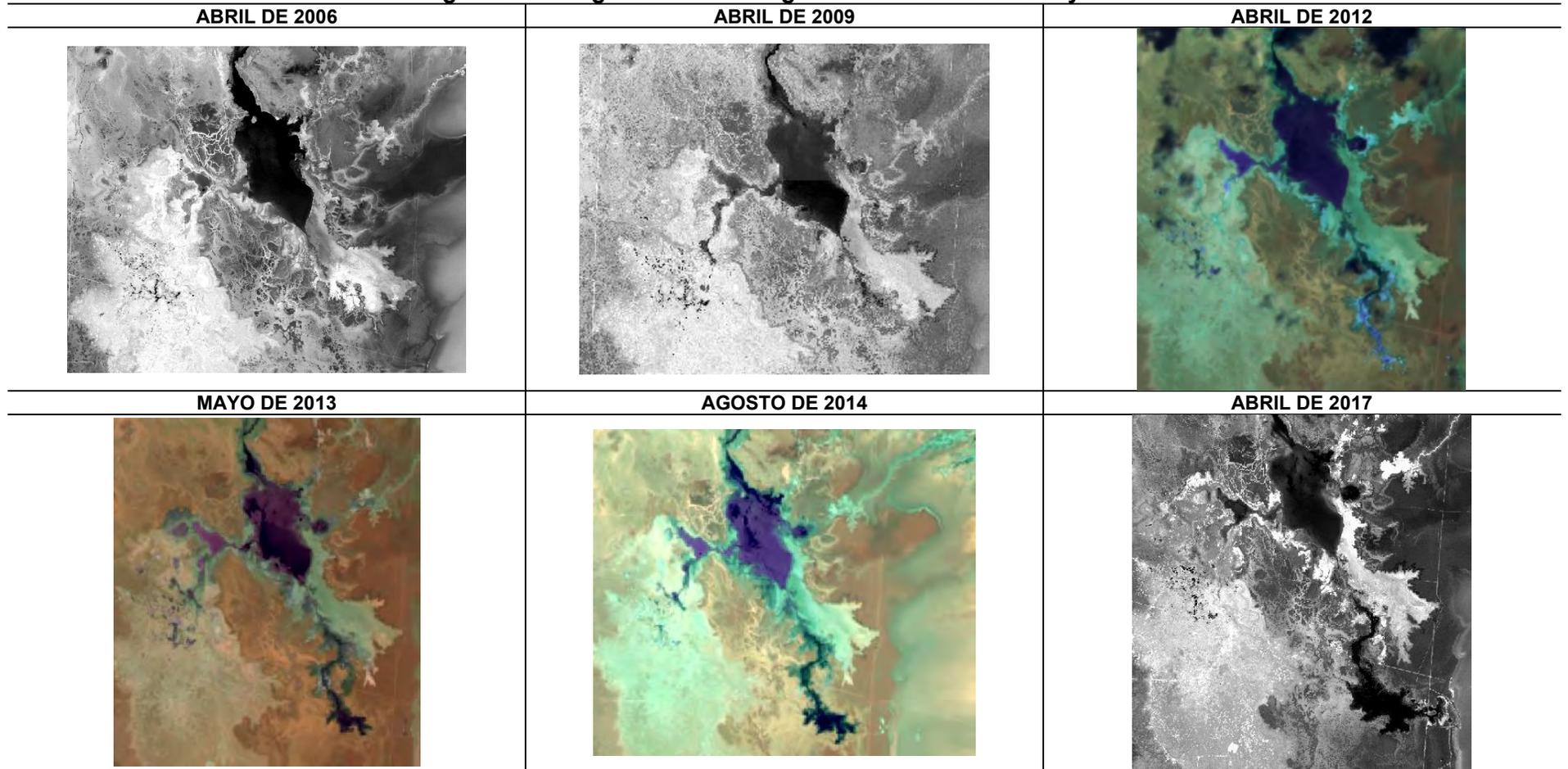
En la Figura 6-7 y Figura 6-8 se presenta la serie de imágenes seleccionadas. El análisis de la serie temporal de imágenes permite concluir que en el período que abarcan las décadas de 1970, 1980 y 1990, el sector de Cola de Pez constituía la zona de desborde principal de la Laguna Barros Negros. Se observa, durante este primer período, la ocurrencia de manifestaciones de cuerpos de agua dispersos en toda la extensión de la zona de desborde, interconectados por una red de canales bien definidos que nacen desde el cuerpo principal de la laguna. A comienzos de 2012, se puede observar que estos cuerpos de agua y canales disminuyen notoriamente, tanto en su extensión como en la definición de la red de canales que la constituía. Es a partir de este mismo año (2012) que el área de desborde Sur comienza a manifestarse más notoriamente con un cuerpo de agua bien definido durante el período de máximos estacionales, y un extenso canal de comunicación entre la laguna principal y el cuerpo de agua terminal. Esta condición se ha mantenido sin mayores cambios hasta la actualidad (2017).

**Figura 6-7: Imágenes Barros Negros entre los años 1964 y 2000.**



Fuente : Elaboración propia.

**Figura 6-8: Imágenes Barros Negros entre los años 2006 y 2017.**



Fuente : Elaboración propia.

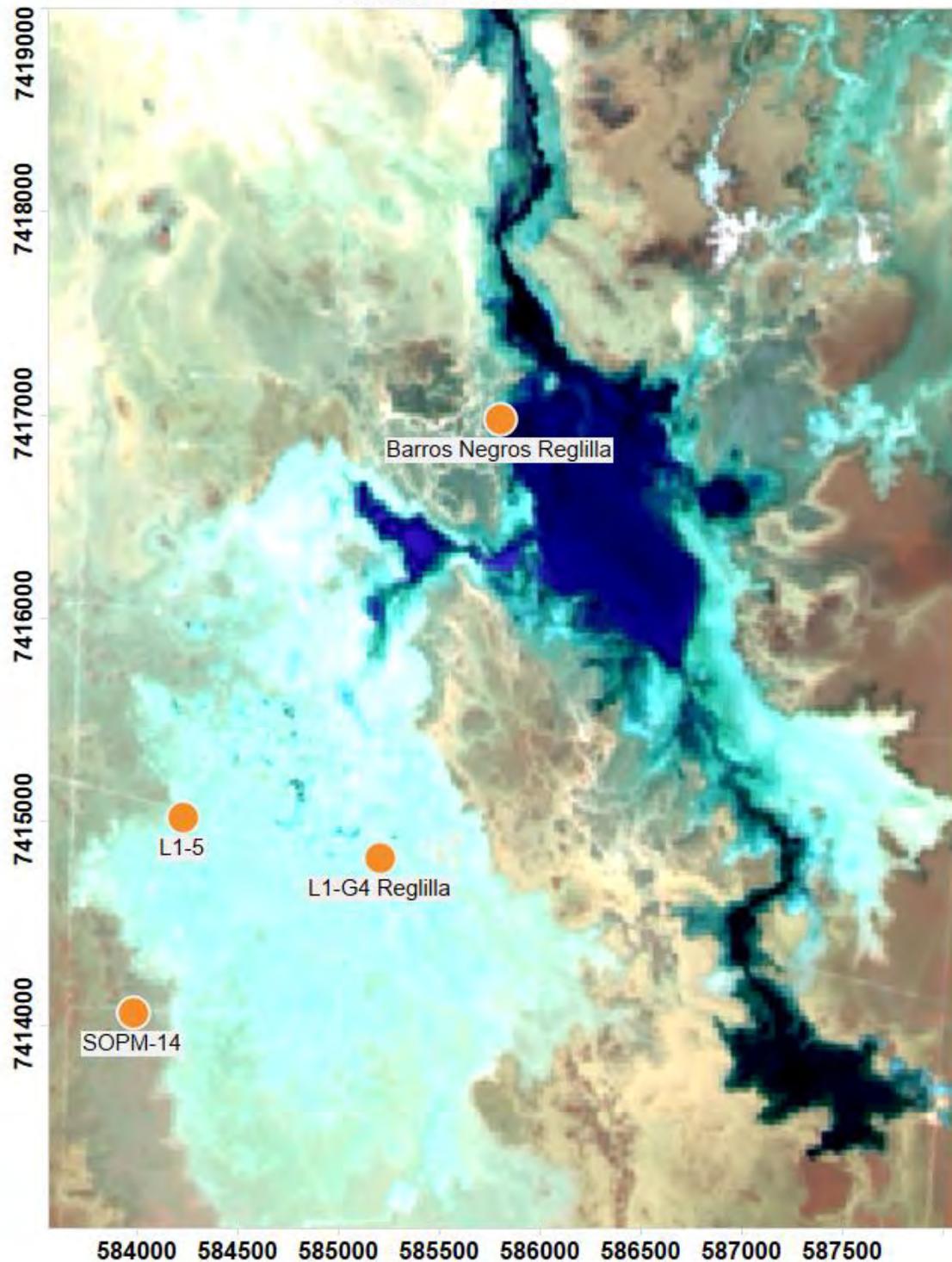
#### **6.1.8.1.2 Comportamiento Niveles en Pozos del PSA y PC**

El cambio en la dinámica de desbordamiento de la Laguna Barros Negros, descrito anteriormente, no sólo tiene repercusiones sobre la forma en que la laguna rebosa sus excedentes, sino que también se ha verificado que este cambio morfológico interno y natural de la laguna tiene un efecto sobre los comportamientos de los niveles piezométricos en los puntos de observación ubicados directamente en estas áreas de inundación.

Para verificar este proceso se analizó el registro de niveles en los pozos del PSA ubicados en la zona de desborde de Cola de Pez, así como datos de meteorología correspondientes a la Estación Chaxa de SQM. En particular, se estudió el registro de dos indicadores de estado que forman parte del Plan de Contingencia del PSA, y que se ubican directamente sobre la zona de inundación de Cola de Pez: el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4. Se incluyeron, además, en este análisis el piezómetro SOPM-14, con el objetivo de contrastar el comportamiento de un pozo que refleje la dinámica exclusivamente del núcleo aledaño a la zona marginal, y la reglilla Barros Negros, como una referencia de la cota de nivel del espejo agua en la Laguna, ambos incluidos en la Tabla 5, Considerando 10.2.2, de la RCA 226/2016. En la Figura 6-9 se presenta la ubicación de los 4 puntos analizados.

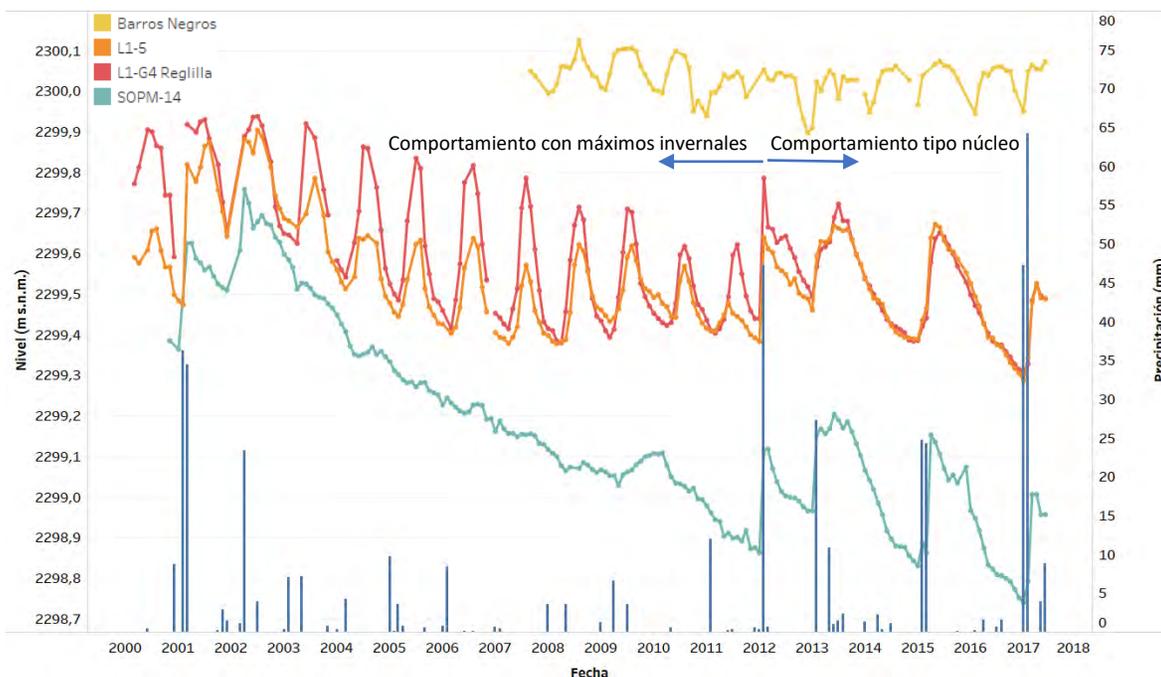
**Figura 6-9: Localización de los puntos de observación considerados en el análisis.**

Imagen Landsat 8 combinación de bandas 752, tomada en Septiembre de 2016 Sistema de Coordenadas UTM en metros  
Proyección WGS84 Zona 19 Sur



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-10: Registro de niveles piezométricos en los puntos L1-5; L1-G4; SOPM-14 y Reglilla Barros Negros. Se incluye también el registro de precipitación de la estación Chaxa de SQM.**



Fuente: Elaboración propia.

El registro de nivel piezométrico en los dos puntos de observación ubicados sobre el área de desborde en Cola de Pez (L1-5 y L1-G4) comienza en el año 2000. Desde un inicio, el comportamiento de ambos puntos es muy similar, presentando una estacionalidad interanual bien definida, controlada por los ciclos de evaporación (Figura 5-130). Este comportamiento estacional se va atenuando de forma gradual y constante, reflejado por una disminución sostenida de los niveles máximos anuales registrados en los inviernos, entre los años 2002 y 2011. Esta atenuación es más importante en el piezómetro más somero L1-G4 (reglilla), lo que concuerda con una pérdida de recarga superficial en el tiempo. Esto produce que la cota de los máximos interanuales vaya disminuyendo hasta desaparecer a partir de las precipitaciones de los días 10 y 11 de febrero del 2012 (Tabla 5-15).

Por su parte, el pozo SOPM-14, situado aproximadamente 1 km. al sudoeste, evidencia un comportamiento tipo núcleo muy claro, influenciado por los descensos inducidos y previstos por la extracción de salmuera, y respuestas muy definidas a los principales episodios de recarga directa por precipitaciones en el núcleo (ver Figura 4). Se puede observar también el comportamiento al descenso de este piezómetro durante el período entre 2002 y 2012. Este período corresponde a un ciclo de sequía hidrológica (baja intensidad de precipitaciones), lo que queda de manifiesto en el comportamiento al descenso, sin ciclicidad interanual característico del núcleo.

A partir del año 2012, y coincidente con un episodio de precipitación en el área (ver Figura 4), los puntos de observación L1-5 y L1-G4 adoptan el mismo comportamiento que el SOPM-14, con períodos de descenso que se interrumpen únicamente cuando ocurren episodios de recarga directa por precipitaciones (2013, 2015 y 2017), y una ausencia absoluta de estacionalidad interanual.

No obstante este cambio en la dinámica de desborde de la Laguna Barros Negros y el consecuente cambio de comportamiento de los niveles en los pozos aledaños a la descarga, el nivel de la laguna reflejado en el registro de la reglilla Barros Negros (Figura 1-13), se ha mantenido estable dentro de las oscilaciones históricas, sin cambio de tendencia.

## **6.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA**

### **6.2.1 Niveles de agua subterráneos**

#### **6.2.1.1 Pozos en zona aluvial**

Los pozos L3-2, L5-1 y L5-2 se observa un claro descenso, dentro de lo esperado, producido por el bombeo de agua industrial desde el pozo Camar 2.

El pozo L4-3 tiene un comportamiento oscilatorio cíclico. Los niveles en el pozo L4-3 aumentan desde el mes de noviembre de 2013 hasta la fecha de elaboración de este informe, sin que se aprecie un cambio de tendencia al alza.

#### **6.2.1.2 Pozos en zona marginal**

En esta zona, los pozos L13-1, L3-3, L14-2, L14-1, L5-6 y L5-7 presentan un comportamiento oscilatorio característico debido a la evaporación. Es posible que en algunos de ellos se advierta el efecto del bombeo.

Los pozos L3-5, L3-9, L3-10, L4-9, L4-12, L4-13, L5-10, L13-2, L13-3, L13-4 y L14-4 presentan un comportamiento oscilatorio característico debido a la evaporación, con incrementos importantes del nivel en los veranos de 2012, 2015 y 2017, producto de las precipitaciones.

Cabe destacar el comportamiento del pozo L5-8, que presenta una oscilación característica debida a la evaporación y una tendencia al alza de los niveles en los últimos años.

La zona lagunar difusa se mantiene estable en el tiempo.

A modo de conclusión, se observa que los pozos emplazados en este sector presentan un claro comportamiento estacional y sin grandes variaciones en sus niveles, siendo más marcado en aquellos pozos que presentan una menor profundidad de la napa. No se observan descensos importantes salvo en los pozos cercanos a los pozos de bombeo.

#### **6.2.1.3 Pozos en el sector del núcleo**

En general, los niveles en los pozos de este sector tienden a la disminución gradual y responden claramente a los eventos intensos de precipitación (de 20 mm, o más) con ascensos bruscos. Producto de las lluvias de febrero 2012, se observan ascensos superiores a los 20 cm (pozos D2, L3-4 y L5-4). Durante el segundo semestre de 2015 los niveles han aumentado como respuesta a las precipitaciones en los meses de febrero y marzo 2015. Las

---

precipitaciones del verano de 2017 provocaron un aumento aproximado de 20 centímetros en los niveles de esta zona.

### **6.2.2 Niveles de agua superficial**

En las reglillas de medición de nivel de agua superficial de este sector se aprecia un comportamiento estacional estable, sin mostrar influencia de la extracción de los pozos de agua industrial.

### **6.2.3 Nivel en pozos de bombeo de agua industrial y caudal bombeado**

Los caudales de agua industrial que se extraen desde los pozos Camar 2 y Socaire 5B no han sobrepasado los derechos de aprovechamiento otorgados y autorizados ambientalmente, por un caudal de 60 y 65 L/s respectivamente.

Se observa una tendencia a la estabilización del nivel dinámico del pozo Socaire-5B y del pozo Camar-2, posterior a la suspensión de la explotación de este pozo.

### **6.2.4 Calidad química**

Se observan valores relativamente estables en los parámetros analizados tanto en los pozos monitoreados como en los cuerpos superficiales (Reglilla L4-10).

Al observar los resultados del pozo Camar 2, se puede apreciar que algunos parámetros salen de la tendencia, esto podría deberse al aumento de las concentraciones de algunos parámetros producto de que este pozo no se encontraba operando.

El cambio del valor de la Alcalinidad Carbonatada (mg/l) se debe al cambio del laboratorio y a la disminución del límite de detección de este parámetro.

## **6.3 SISTEMA PEINE**

### **6.3.1 Niveles de agua subterráneos**

#### **6.3.1.1 Pozos en zona marginal**

La información recopilada muestra un comportamiento distinto al observado en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, ya que no se observa un comportamiento oscilatorio (claramente estacional) en los niveles observados a través de estos pozos.

El comportamiento de los pozos L10-1 y L10-2 es distinto al general, presentando una leve tendencia al alza de sus niveles.

Las precipitaciones de los veranos de 2012, 2013, 2015 y 2017 han generado, así como en otros sectores, aumentos bruscos de los niveles freáticos.

Es presumible que el comportamiento de los niveles en este sector refleje todas las extracciones de salmuera en núcleo y posiblemente las extracciones de agua dulce en el acuífero de la sub-cuenca aportante.

### **6.3.1.2 Pozos en el sector del núcleo**

Los pozos de este sistema presentan un comportamiento típico de descenso, por vía de la extracción de salmuera, con respuesta rápida y brusca a los eventos de precipitación intensos.

### **6.3.2 Nivel de agua superficial en las lagunas**

Los niveles registrados en las lagunas son sustancialmente estables.

### **6.3.3 Calidad química**

Respecto de la calidad química, en términos generales se observan valores relativamente estables en los parámetros analizados. En algunos puntos se observa un comportamiento estacional, con aumentos en la concentración en verano y disminución en invierno, ratificando el efecto que tiene la evaporación sobre los cuerpos de agua de este sistema (lagunas Salada, Saladita e Interna).

### **6.3.4 Aforos**

Los aforos realizados en la laguna Salada y Saladita presentan valores consistentes con los resultados de informes anteriores. A partir de febrero de 2017 no ha sido posible medir en estos puntos.

### **6.3.5 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres**

Las lagunas Salada, Saladita e Interna son alimentadas por un canal que es el resultado de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema.

Según las imágenes Satelitales, durante el 2017 las superficies lacustres de las lagunas Salada, Saladita e Interna presentan un aumento en relación al 2016.

La Laguna Interna<sup>52</sup> presenta variaciones de área pronunciadas respecto de las otras lagunas, justamente porque se encuentra al final del sistema y se ve influenciada por las descargas de laguna Saladita. En particular, en el año 2013, se aprecia un aumento de hasta un 70% del área respecto del promedio observado en los años previos y, en 2014 a 2015, un aumento del 180%.

La laguna Interna es muy variable en su morfología de un año a otro, como ya mencionado, por encontrarse en la zona terminal o de descarga de las lagunas Salada y Saladita. A demostración de lo anterior, la medición de área por estacas perimetrales y por imagen satelital presentan diferencias relevantes, porque el primero de los dos sistemas de medición no es capaz de tener en cuenta el cambio de área inundada. Por ende, en este caso, definitivamente la medición por imagen satelital es la más adecuada y confiable.

A continuación, se presentan la variación temporal de los sistemas lacustres Peine. Las Lagunas que componen este sistema (Figura 5-241) son: Salada, Saladita e Interna. Es importante destacar, que la Laguna Interna es formada por los desbordes de la Laguna Saladita.

---

<sup>52</sup> Actualmente, Interna se considera como la zona de descarga de Salada y Saladita.

En la Tabla 6-4 se presentan los valores de las superficies lagunares medidas y que son presentados en detalle en la y en particular para el año 2017 en el ANEXO 18.

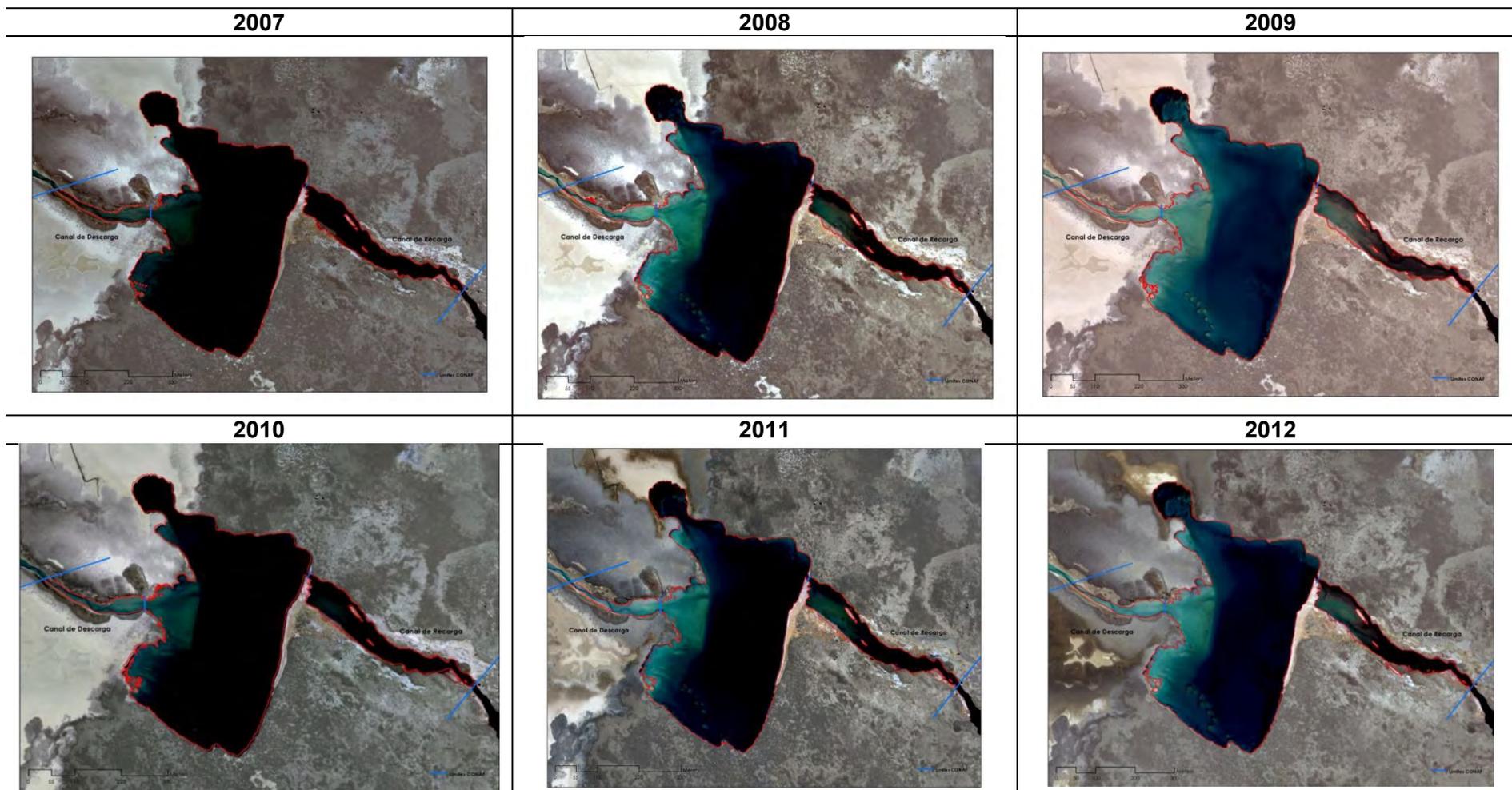
**Tabla 6-3. Superficies totales de los sistemas lacustres de Peine**

AÑO	Sistema Peine		
	Salada (m <sup>2</sup> )	Saladita (m <sup>2</sup> )	Interna (m <sup>2</sup> )
2007	200220	113001	182497
2008	199967	113240	175958
2009	199511	109968	191671
2010	198178	108022	198838
2011	199521	110394	182616
2012	196398	116315	246828
2013	197314	110227	331075
2014	197427	105522	261763
2015	198492	103638	472172
2016	198028	96262	134054
2017	200985	99410	405302
<b>Promedio</b>	<b>198731</b>	<b>107818</b>	<b>252979</b>

Fuente: elaboración propia.

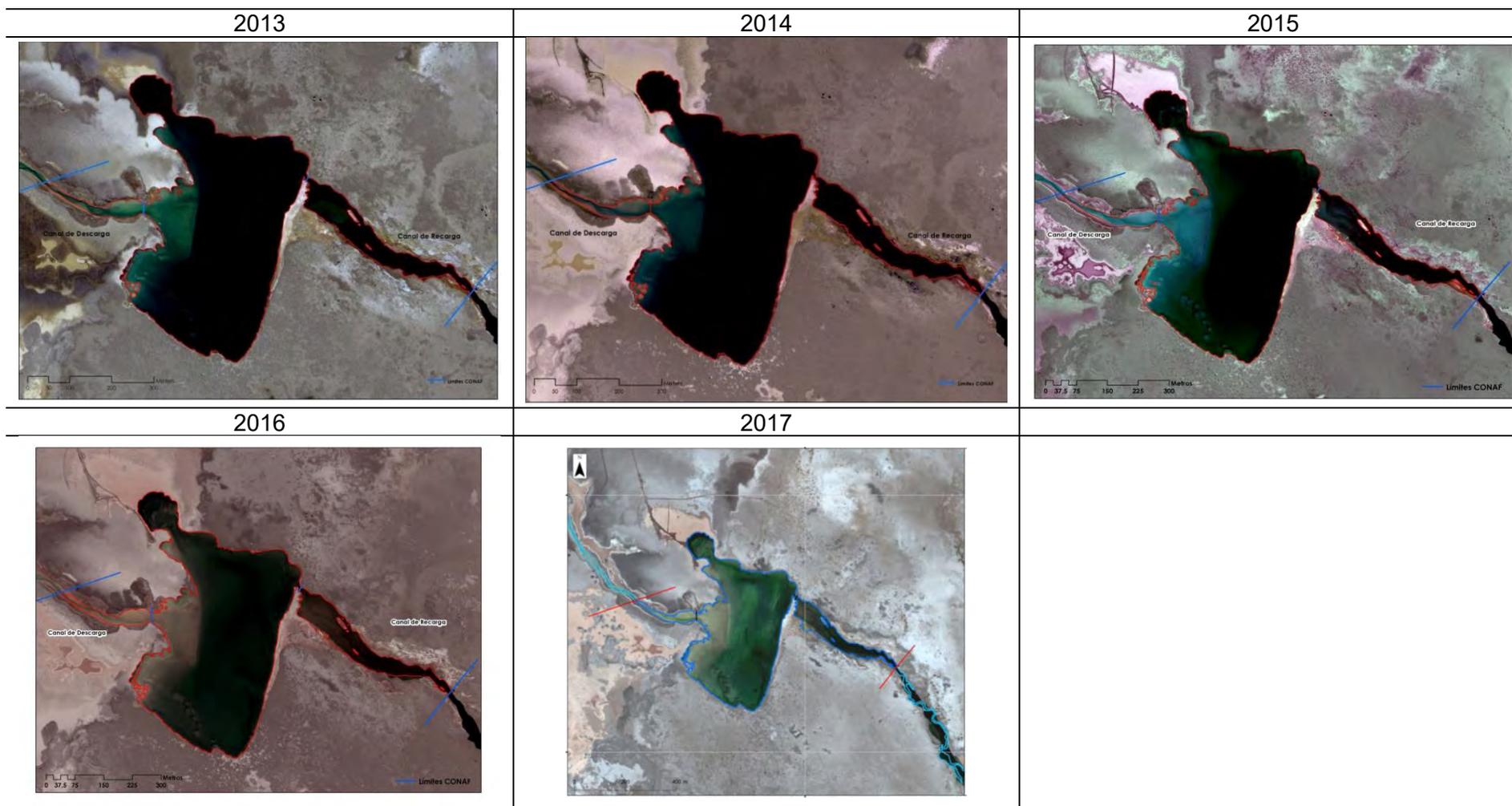
Desde la Figura 6-11 a la Figura 6-15, se muestra la evolución de las superficies de manera gráfica desde el año 2007 al 2016 para las lagunas Salada, Saladita e Interna.

**Figura 6-11: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2017.**



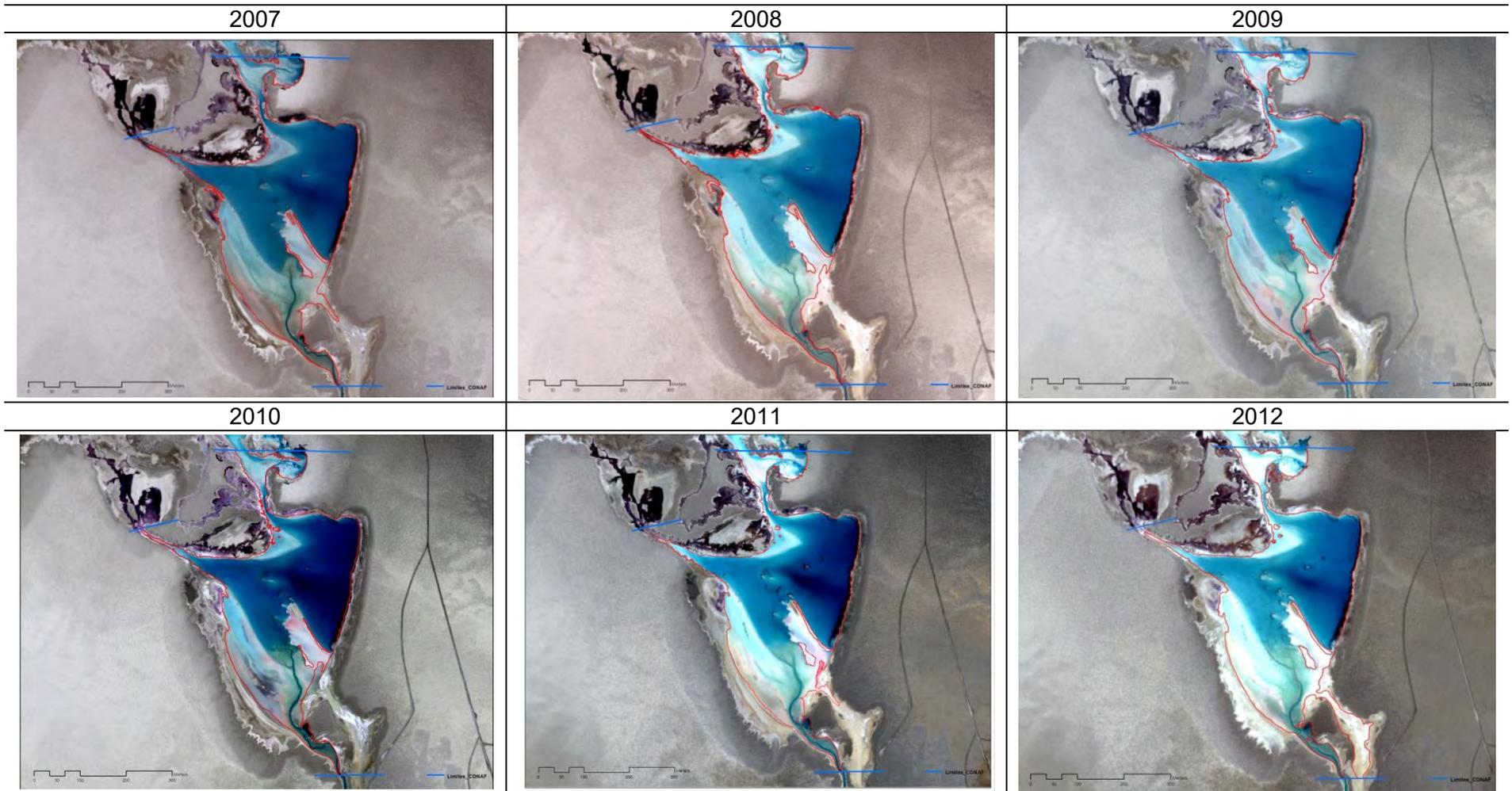
Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-12: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2017 (continuación).**



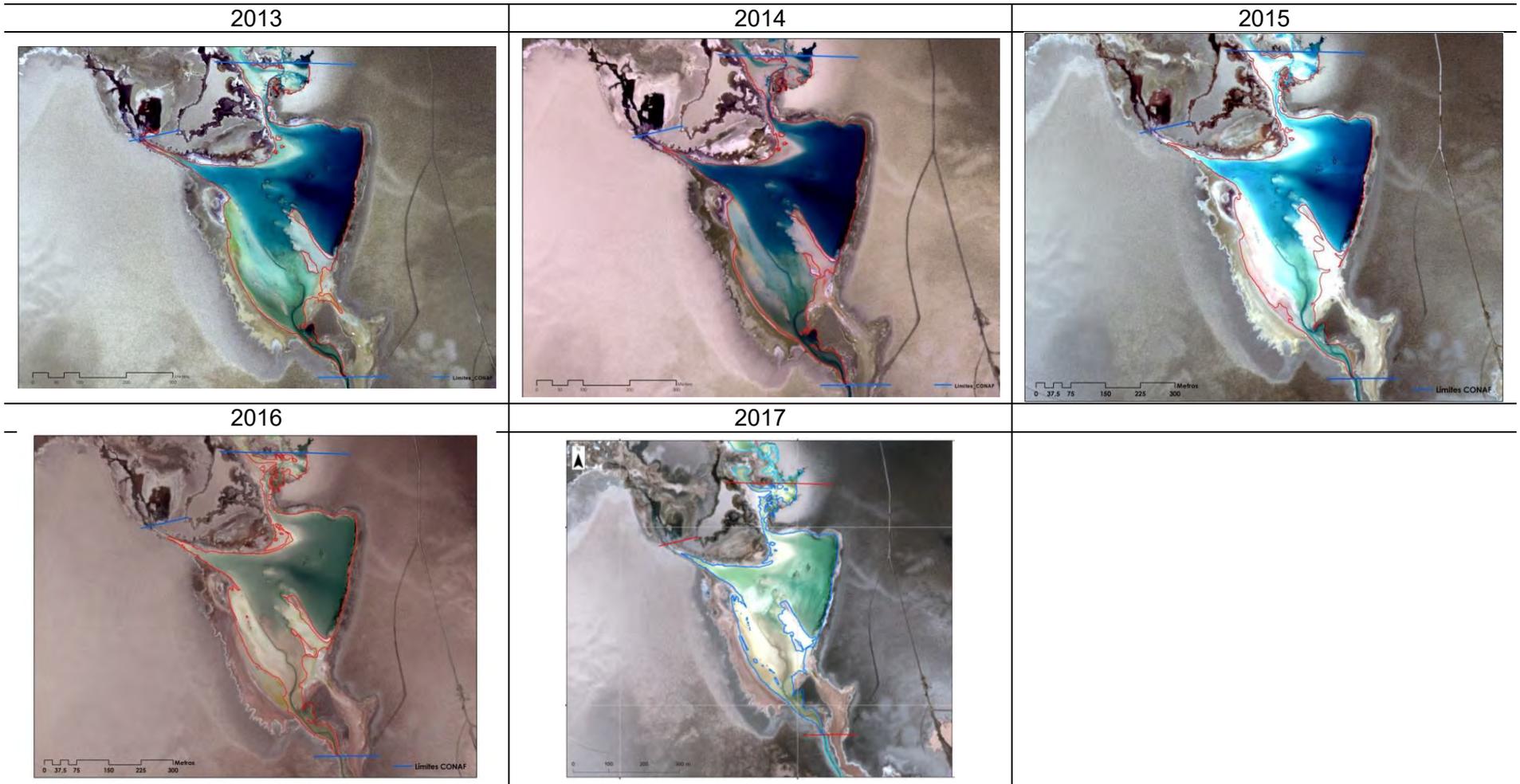
Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-13: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2017.**



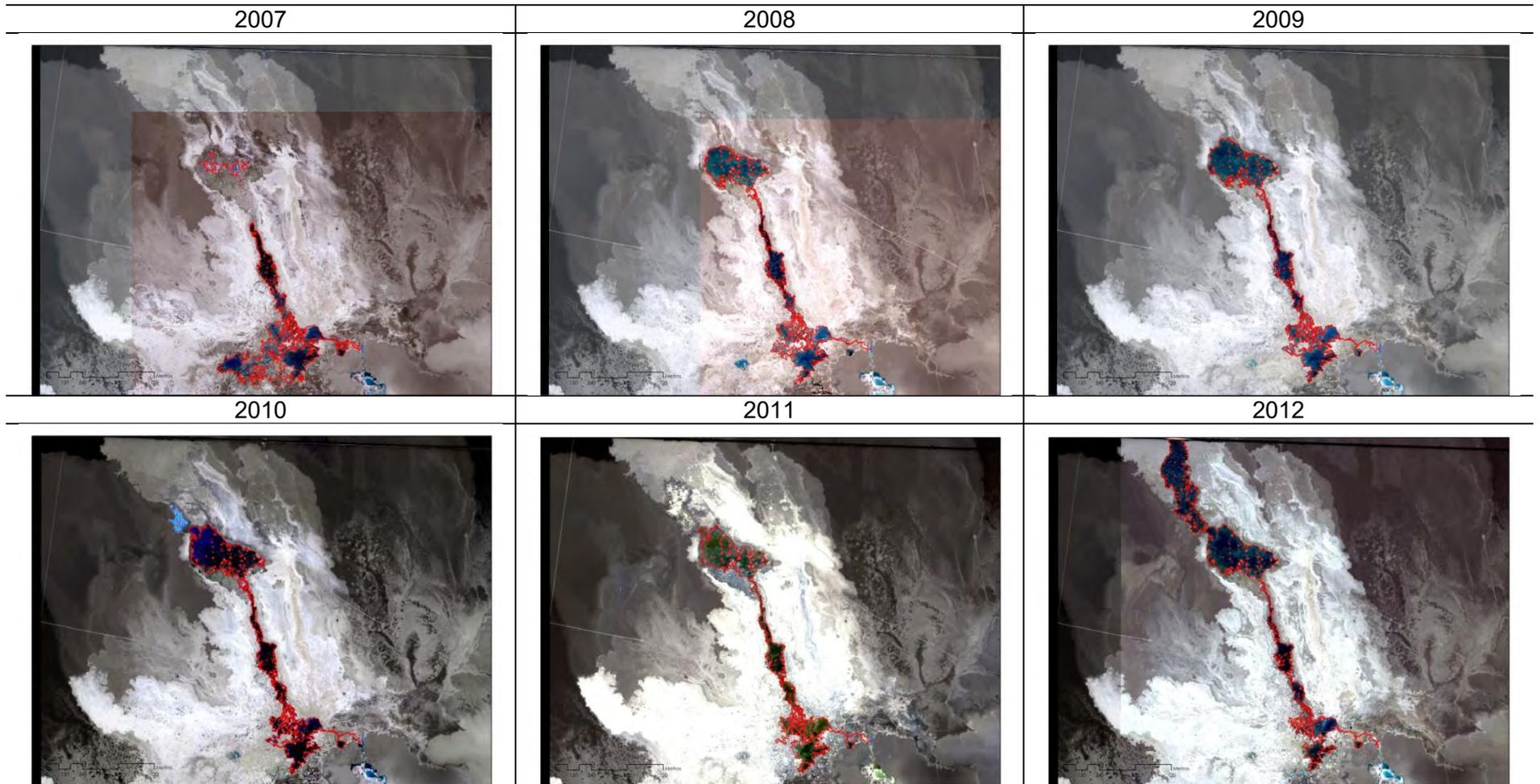
Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-14: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2017 (continuación).**



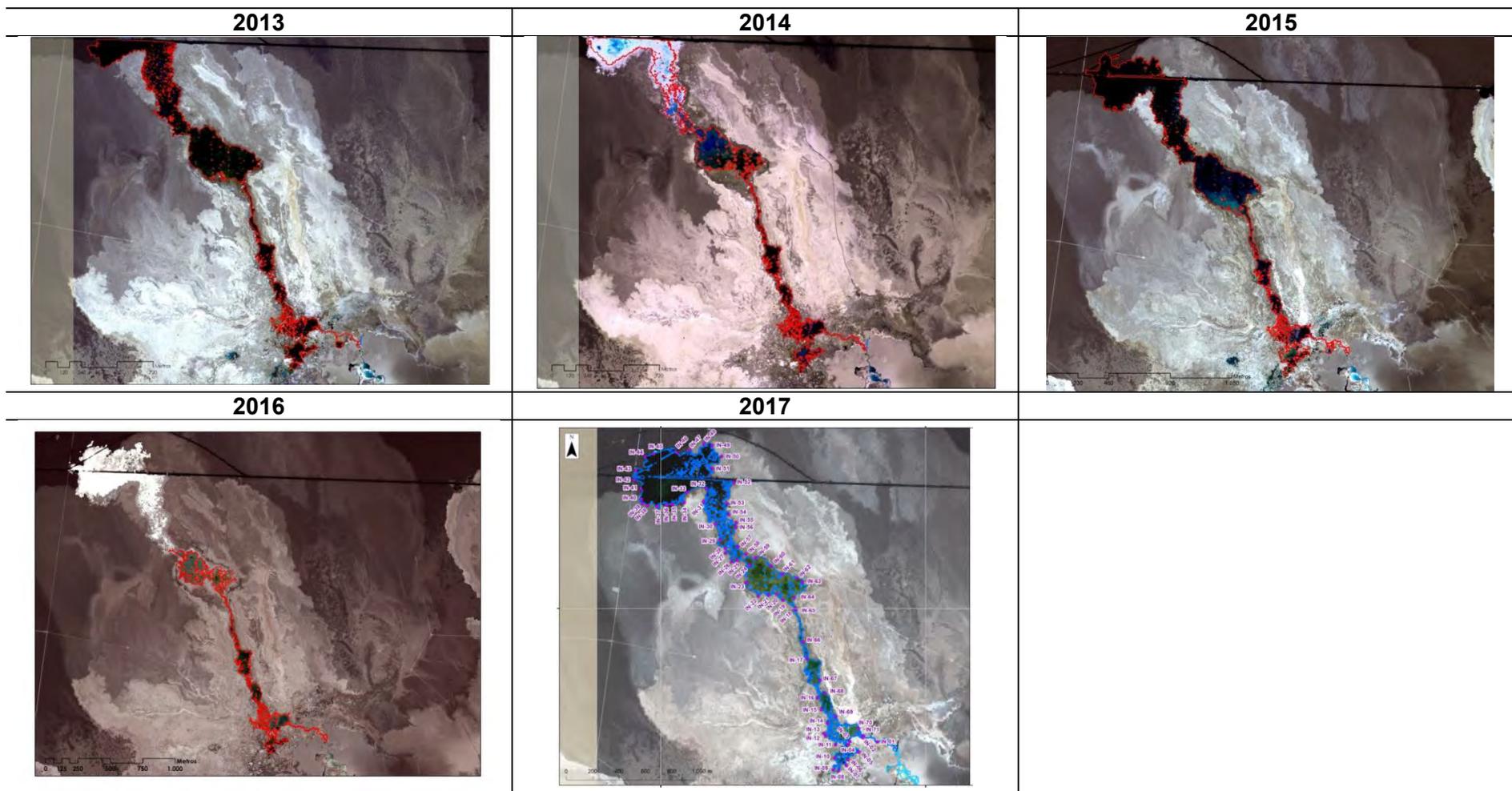
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-15: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2017.



Fuente : Elaboración propia

**Figura 6-16: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2017 (continuación).**

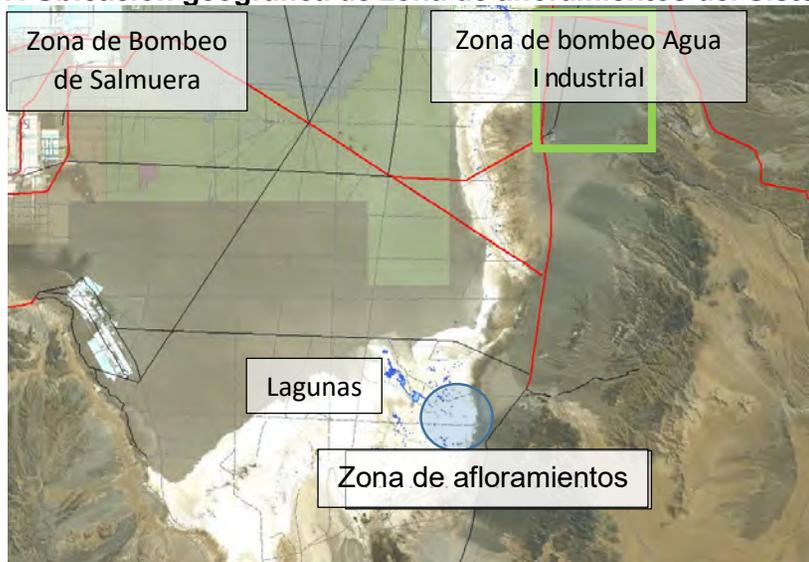


Fuente : Elaboración propia.

Las extracciones tanto de Salmuera como de agua industrial por parte de SQM no pueden influir en los afloramientos naturales, ya que los bombeos no se realizan en los acuíferos de los afloramientos, como se observa en la Figura 6-19.

No obstante exista una buena relación entre las variables analizadas, es necesario desarrollar análisis complementarios que incluyan batimetría de los cuerpos lagunares y la evaporación. La inclusión en el análisis de dos variables adicionales y su comparación con el volumen de ingreso a las lagunas y su extensión permitirá una comprensión aún más afinada de la dinámica del funcionamiento de estos sistemas.

**Figura 6-17. Ubicación geográfica de zona de afloramientos del Sistema Peine.**



Fuente : Elaboración propia

## 6.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

### 6.4.1 Niveles de agua subterráneos

#### 6.4.1.1 Pozos en zona aluvial

Este sistema tiene el mismo comportamiento que el sistema Aguas de Quelana ya que comparten pozos de monitoreo.

#### 6.4.1.2 Pozos en zona marginal

En esta zona existen pozos que presentan una clara estacionalidad controlada por la evaporación y pozos con una dinámica influenciada por el bombeo de agua del acuífero aluvial (pozos Mullay y Camar 2).

También existen pozos con un comportamiento mixto, donde se mezclan los dos comportamientos anteriormente descritos.

Los eventos de precipitación de los veranos de 2012, 2013 y 2015 se manifiestan en forma de frenado la recuperación de niveles.

---

#### **6.4.2 Calidad química**

Respecto de la calidad química del pozo P2 y CA-2015, en términos generales se observan valores relativamente estables en los parámetros analizados. No se observan grandes cambios o algún punto fuera de tendencia.

El cambio del valor de la Alcalinidad Carbonatada (mg/l) se debe al cambio del laboratorio y a la disminución del límite de detección de este parámetro.

#### **6.4.3 Nivel en pozo de bombeo de agua industrial y caudal bombeado**

Se puede observar la estabilización de los niveles dinámicos del pozo P2 durante el año 2015 y un volumen de extracción equivalente inferior al caudal autorizado por 35 L/seg, lo anterior, debido a un problema estructural del pozo, razón por la cual solo se han extraído 25 a 28 L/seg aproximadamente. A partir de febrero de 2017, el pozo P2 fue reemplazado por el CA-2015 el cual ha bombeado caudales bajo los 35 l/s.

### **6.5 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO**

En este sistema, el pozo L12-1 presenta un comportamiento tipo núcleo, con ascensos bruscos debidos a precipitaciones intensas.

Los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 en cambio presentan un comportamiento de tipo oscilatorio dominado por los ciclos de mayor y menor evaporación.

Se observa en la reglilla de Tilopozo una tendencia al ascenso de los niveles.

### **6.6 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA**

#### **6.6.1 Niveles de agua subterráneos**

En términos generales, en este sector se observa una tendencia al descenso debida al bombeo de salmuera. La cercanía a los centros de bombeo se refleja en descensos más pronunciados.

En una parte de los pozos de este sector se observa el efecto de las precipitaciones intensas y directas sobre el núcleo, con ascensos rápidos y bruscos de niveles.

#### **6.6.2 Meteorología**

Durante el 2017, se han registrado precipitaciones por sobre los 5 mm en la estación meteorológica KCL.

#### **6.6.3 Calidad Química**

Respecto de la calidad química de los pozos, en términos generales se observa que los parámetros medidos se mantienen dentro de los rangos observados en el tiempo sin saltos bruscos en la magnitud de éstos, ni cambios de tendencia.

### **6.7 SISTEMA CUÑA SALINA**

En general, los niveles registrados en estos pozos son estables, con algún comportamiento estacional (Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 7).

En el pozo L4-3 los niveles han aumentado de forma sostenida, con un comportamiento que se diferencia claramente de los otros pozos.

---

## 7 CONCLUSIONES

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico abarca una gran extensión espacial, con 225 puntos de monitoreo en los que se registran 35 parámetros, con diferente frecuencia de medición en función del punto y del parámetro monitoreado (desde medición continua a frecuencia trimestral).

El PSAH permite caracterizar el comportamiento hidrogeológico general del Salar de Atacama y otorga información clave para proteger los sistemas lacustres y vegetativos. Permite además generar un reporte completo y oportuno a la autoridad ambiental.

Los efectos del bombeo de salmuera se observan en el sector Núcleo, con valores de descenso que decrecen a medida que aumenta la distancia desde los centros de bombeo.

Los efectos del bombeo de agua industrial se observan básicamente en el acuífero aluvial del borde este.

No se ha registrado en ningún momento, tanto en el período objeto de este informe, como en el resto de la ejecución del Proyecto “Cambios y Mejoras en la Operación Minera del Salar de Atacama”, la activación de la Fase II en ningún pozo de la red del Plan de Contingencia.

Por su parte, a la fecha de presentación del presente informe, se encuentran activados en Fase I la reglilla L1-G4, el pozo L7-6, L1-5, L2-28 y L3-3, por lo que se mantiene una frecuencia de monitoreo quincenal para el sistema Borde Este y Soncor.

Como indica el Considerando 11,1 de la RCA N° 226/2006, la Fase I corresponde a una alerta temprana que gatilla una mayor frecuencia de monitoreo a fin de anticipar un potencial efecto sobre el sistema a proteger, sin que existan efectos potencialmente detrimentales.

A partir del análisis de los registros del PSAH, es evidente la influencia de las precipitaciones directas sobre el Salar, con un ascenso brusco y rápido de los niveles en respuesta a los eventos más intensos de lluvia.

El registro histórico de la calidad química del agua no presenta alteraciones ni tendencia a cambio, razón por la cual se asume que las extracciones tanto de salmuera como de agua dulce no han afectado esta variable.

El nivel y la superficie de los sistemas lagunares objeto de protección registran un comportamiento estable y sin tendencia, dentro de las variaciones históricas.

Se ha verificado un cambio en el comportamiento del desborde de la Laguna Barros Negros, desde un desborde principal ubicado en el sector conocido como “Cola de Pez” (Zona de Inundación I) entre, al menos, el año 1964 y hasta el año 2011, para dar paso, desde el año 2012, a un desborde principal ubicado en el sector sur de la laguna (Zona de Desborde Sur). Esta condición se ha mantenido hasta la actualidad.

La disminución de la descarga de agua superficial desde la Laguna Barros Negros hacia la zona de desborde de Cola de Pez, desde el año 2012 a la fecha, ha inducido a su vez un cambio en el comportamiento de los niveles observados en los puntos de del PSA ubicados en este sector; en particular, se destaca el cambio de comportamiento evidenciado en los pozos L1-5 y L1-G4 (pozos del plan de contingencia del Sistema Soncor), los que pasan de

ser representativos de una dinámica de estacionalidad interanual a un comportamiento más propio del núcleo.

Este cambio de dinámica de descarga de la Laguna Barros Negros se interpreta como un evento natural de la morfología interna de la laguna, gatillado por fenómenos meteorológicos, propio de este tipo de sistemas lacustres.

No obstante, este cambio en la dinámica de desborde de la Laguna Barros Negros y el consecuente cambio de comportamiento de los niveles en los pozos aledaños a la descarga, el nivel de la laguna reflejado en el registro de la reglilla Barros Negros, se ha mantenido estable dentro de las oscilaciones históricas, sin cambio de tendencia.

Se deben estudiar las implicancias de este cambio sobre la representatividad del PC en el sector de desborde de Cola de Pez.

Lo anterior demuestra que los efectos del bombeo de salmuera y agua se mantienen dentro de las previsiones, sin afectaciones a los sistemas bajo protección.

## **8 REFERENCIAS**

Chuvieco, E., 2002. Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Ediciones Ariel. 578p.

Siddiqui, Y. 2003. The modified IHS method for fusing satellite imagery. ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings, May 5-9, 2003.

Fetter, C.W. 2001 Applied Hydrogeology 4th Edition. Prentice Hall.

## 9 GLOSARIO Y ABREVIACIONES

**Antepozo:** Tubería metálica o de PVC que protege a un pozo.

**Cota piezométrica:** Altura del agua/salmuera respecto al nivel medio del mar.

**Cota de punto de referencia:** Altura del punto de referencia respecto al nivel medio del mar, desde donde se mide el nivel del agua y/o salmuera.

**Cota punto :** Definición equivalente a Cota de punto de referencia indicada en los Informes N°1 y N°2 de Integrant, 2007.

**DGA:** Dirección General de Aguas.

**Georreferenciación:** Proceso que consiste en ligar o relacionar una información geográfica a uno o varios puntos en común

**Limnómetro:** Reglilla graduada para medición de nivel.

**Salmuera:** Solución altamente concentrada en sales, puede estar presente de manera superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a 100.000 mg/L. o análogamente de acuerdo a lo definido en este informe para el Salar de Atacama, con conductividades mayores a 142,9 mS/cm.

**Zona de transición:** Agua superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos entre 3.000 y 100.000 mg/L. o análogamente, aguas con conductividades entre 2,2 y 142,9 mS/cm.

**C.:** Registros Continuos de nivel.

**M.C.:** Mediciones manuales en pozos con registro Continuo.

**m.s.n.m.:** Metros sobre nivel medio del mar

**PC:** Plan de Contingencia.

**PSA:** Plan de Seguimiento Ambiental.

**PSAH:** Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

**PSAD56:** Datum geodésico o sistema de referencia geodésico provisional sudamericano del año 1956 (Provisional Sudamericano datum 1956).

**WGS84:** sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (que significa Sistema Geodésico Mundial 1984).



## **ANEXOS**

---



---

**ANEXO 1: REPORTE BIOMA DE VISITA A TERRENO JUNIO 2017**

**ANEXO 2: MEDICIONES AUDITORES EXTERNOS Y AUTORIDADES**

**ANEXO 3: LISTADO DE PERSONAL INVOLUCRADO EN CADA ACTIVIDAD RELACIONADO A ESTE INFORME**

**ANEXO 4: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (M.S.N.M. DATUM UTM WGS84 HUSO 19S)**

**ANEXO 5: METODOLOGÍAS DE MUESTREO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y/O CONTROL DE CADA PARÁMETRO.**

**ANEXO 6: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN**

**ANEXO 7: REGISTRO DE PUNTOS NO MONITOREADOS**

**ANEXO 8: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DEL PSAH EN COORDENADAS UTM WGS84 HUSO 19S**

**ANEXO 9: CARTAS DE AVISO A LA SUPERINTENDENCIA DE MEDIO AMBIENTE**

**ANEXO 10: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA – SECTOR SONCOR**

**ANEXO 11 : DESCENSOS DE LOS POZOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA**

**ANEXO 12: NIVELES POZOS PC SONCOR (PSAD-56)**

**ANEXO 13: REGISTROS METEOROLÓGICOS**

**ANEXO 14: REGISTRO DE CAUDALES BOMBEADOS POR MES EN LOS POZOS DE AGUA INDUSTRIAL (L/SEG)**

**ANEXO 15: FIGURAS DE CALIDAD QUÍMICA**

**ANEXO 16: INFORMES DE CALIDAD QUÍMICA**

**ANEXO 17: CERTIFICACIÓN ETFA LABORATORIO SGS**

**ANEXO 18: INFORME DE SUPERFICIES LACUSTRES**