

SQM SALAR S.A.

**INFORME N° 19 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
2016”**

INFORME N° 19 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 2016”

ÍNDICE

1	RESUMEN.....	20
1.1	SISTEMA SONCOR.....	26
1.1.1	Sistema Soncor: Sector norte, nacientes del Canal Burro Muerto.....	27
1.1.2	Sistema Soncor: Zona Aluvial.....	27
1.1.3	Sistema Soncor: Zona Marginal.....	29
1.1.4	Sistema Soncor: Zona Salmuera	33
1.1.5	Sistema Soncor: Nivel Lacustre.....	33
1.2	SISTEMA AGUAS DE QUELANA	35
1.2.1	Sistema Aguas de Quelana: Zona aluvial.....	36
1.2.2	Sistema Aguas de Quelana: Zona marginal	38
1.2.3	Sistema Aguas de Quelana: Zona Salmuera.....	39
1.2.4	Sistema Aguas de Quelana: Cuerpos de agua superficial	40
1.3	SISTEMA PEINE	40
1.3.1	Sistema Peine: Zona Marginal.....	41
1.3.2	Sistema Peine: Zona Salmuera	42
1.3.3	Sistema Peine: Nivel Lacustre	44
1.4	SISTEMA CUÑA SALINA.....	46
1.5	SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE	48
1.6	SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO	51
1.7	SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA	54
2	INTRODUCCIÓN.....	58
3	OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO	60
4	MATERIALES Y MÉTODOS	61
4.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO E INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO	61
4.2	PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR LAS VARIABLES AMBIENTALES	69
4.2.1	Niveles de agua superficial y subterránea	69
4.2.2	Calidad físico-química del agua.....	69

4.2.3	Aforos de caudal superficial	70
4.2.4	Caudal Bombeado de Pozos de Agua Industrial	70
4.2.5	Meteorología.....	70
4.2.6	Superficie lacustre	70
4.2.7	Resumen de parámetros registrados	70
4.3	METODOLOGÍAS.....	72
4.3.1	Monitoreo de nivel de pozos operativos y no operativos	72
4.3.2	Medición de parámetros físico-químicos en terreno y muestreo	72
4.3.3	Medición de superficies lacustres	73
4.3.4	Realización de aforos en cauces naturales.....	74
4.3.5	Medición Meteorología	74
4.4	MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	74
4.4.1	Parámetros físico-químicos medidos en terreno.....	75
4.4.2	Muestreo físico-químico	75
4.4.3	Estimación de superficies lacustres.....	75
4.4.4	Realización de aforos en cauces naturales.....	75
4.4.5	Medición Meteorología	75
4.5	INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS	76
5	RESULTADOS.....	78
5.1	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....	78
5.2	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO.....	95
5.2.1	Sistema Soncor	95
5.2.2	Sistema Aguas de Quelana	182
5.2.3	Sistema Peine.....	231
5.2.4	Sistema Vegetación Borde Este.....	265
5.2.5	Sistema Vegas de Tilopozo	278
5.2.6	Sistema Núcleo del Salar de Atacama.....	282
5.2.7	Sistema Cuña Salina.....	299
6	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	309
6.1	SISTEMA SONCOR.....	309
6.1.1	Niveles de agua subterránea.....	309
6.1.2	Niveles de agua superficial	310
6.1.3	Evolución del nivel lacustre	311
6.1.4	Meteorología.....	311
6.1.5	Nivel en pozos de bombeo de agua industrial y caudal bombeado	312
6.1.6	Calidad Química.....	312
6.1.7	Aforos	312
6.1.8	Evolución de la superficie de los sistemas lacustres	312
6.2	SISTEMA AGUAS DE QUELANA	322

6.2.1	Niveles de agua subterráneos.....	322
6.2.2	Niveles de agua superficial	325
6.2.3	Nivel en pozos de bombeo de agua industrial y caudal bombeado	325
6.2.4	Calidad química	325
6.3	SISTEMA PEINE	325
6.3.1	Niveles de agua subterráneos.....	325
6.3.2	Nivel de agua superficial en las lagunas	326
6.3.3	Calidad química	327
6.3.4	Aforos	327
6.3.5	Evolución de la superficie de los sistemas lacustres	327
6.4	SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE	337
6.4.1	Niveles de agua subterráneos.....	337
6.4.2	Calidad química	338
6.4.3	Nivel en pozo de bombeo de agua industrial y caudal bombeado	338
6.5	SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO	339
6.6	SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA	339
6.6.1	Niveles de agua subterráneos.....	339
6.6.2	Meteorología.....	340
6.6.3	Calidad Química.....	340
6.7	SISTEMA CUÑA SALINA.....	340
7	CONCLUSIONES.....	341
8	REFERENCIAS	342
9	GLOSARIO Y ABREVIACIONES.....	343

ANEXOS

ANEXO 1: LISTADO DE PERSONAL INVOLUCRADO EN CADA ACTIVIDAD RELACIONADO A ESTE INFORME

ANEXO 2: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DEL PSAH EN COORDENADAS UTM WGS84 HUSO 19S

ANEXO 3: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (M.S.N.M. DATUM UTM WGS84 HUSO 19S)

ANEXO 4: METODOLOGÍAS DE MUESTREO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y/O CONTROL DE CADA PARÁMETRO

ANEXO 5: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 6: NIVELES DE LOS POZO S DEL PLAN DE CONTINGENCIA (M.S.N.M. DATUM UTM WGS84 HUSO19S)

ANEXO 7: NIVELES DE LOS POZO S DEL PLAN DE CONTINGENCIA (M.S.N.M. DATUM UTM PSAD56 HUSO 19S)

ANEXO 8: SIMULACIONES EN LOS POZOS DE ALERTA QUE FORMAN PARTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL SISTEMA BORDE ESTE, ZONA DE ALERTA TEMPRANA	
ANEXO 9: REGISTRO DE CAUDALES BOMBEADOS POR MES EN LOS POZOS DE AGUA INDUSTRIAL (L/SEG)	
ANEXO 10: INFORMES DE CALIDAD QUÍMICA	
ANEXO 11: REGISTRO DE PUNTOS NO MONITOREADOS	
ANEXO 12: REPORTE ARCADIS DE VISITA A TERRENO JUNIO 2016	
ANEXO 13: MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE – CAMPAÑA ABRIL 2016	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1-1. Sistemas del Salar de Atacama.....	21
Figura 1-2: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH	22
Figura 1-3. Zonificación del Salar de Atacama.....	23
Figura 1-4: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial	25
Figura 1-5: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Soncor.....	26
Figura 1-6: Nivel observado (m.s.n.m.) reglilla L11-G1	27
Figura 1-7. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Mullay 1 (bombeo).....	28
Figura 1-8. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1.....	28
Figura 1-9. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1.....	29
Figura 1-10. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027	30
Figura 1-11. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6	30
Figura 1-12. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-13.....	31
Figura 1-13. Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla puente San Luis.....	31
Figura 1-14. Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L1-G4.....	32
Figura 1-15: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-7	32
Figura 1-16. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13	33
Figura 1-17: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Barros Negros	34
Figura 1-18: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Puilar	34
Figura 1-19: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa	35
Figura 1-20: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.....	36
Figura 1-21. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1 (ac. libre)	37
Figura 1-22. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3 (ac. confinado).....	37
Figura 1-23. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5.....	38
Figura 1-24. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1.....	39

Figura 1-25. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4.....	39
Figura 1-26: 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).....	40
Figura 1-27: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Peine.....	41
Figura 1-28. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2.....	42
Figura 1-29. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7.....	42
Figura 1-30. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17.....	43
Figura 1-31: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028.....	43
Figura 1-32: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua de la laguna Salada.....	44
Figura 1-33: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua de la laguna Saladita.....	45
Figura 1-34: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua de la laguna Interna.....	45
Figura 1-35: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.....	47
Figura 1-36. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio 2016.	48
Figura 1-37: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este.....	49
Figura 1-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15.....	50
Figura 1-39: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3.....	50
Figura 1-40. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5.....	51
Figura 1-41: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.....	52
Figura 1-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla de Tilopozo.....	53
Figura 1-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3.....	53
Figura 1-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1.....	54
Figura 1-45: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama.....	55
Figura 1-46: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-04.....	56
Figura 1-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040.....	56
Figura 1-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S.....	57
Figura 1-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906.....	57
Figura 4-1. Ubicación general del proyecto.....	62
Figura 4-2. Zonificación del Salar de Atacama.....	63
Figura 4-3. Esquema del movimiento del agua en cuenca del Salar de Atacama.....	64
Figura 4-4. Sistemas a proteger en el Salar de Atacama.....	66
Figura 4-5: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH.....	68
Figura 5-1: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial.....	79
Figura 5-2: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L7-4.....	82
Figura 5-3: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-4.....	82

Figura 5-4: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-5.....	83
Figura 5-5: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en la Reglilla/Pozo L1-G4	83
Figura 5-6: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5.....	84
Figura 5-7: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-9	84
Figura 5-8: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-8.....	85
Figura 5-9: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-12	85
Figura 5-10: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-8	86
Figura 5-11: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-10	86
Figura 5-12: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-3.....	87
Figura 5-13: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-17	87
Figura 5-14: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-4.....	88
Figura 5-15: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5.....	88
Figura 5-16: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-14	89
Figura 5-17: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-3.....	89
Figura 5-18: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-25	90
Figura 5-19: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-3.....	90
Figura 5-20: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-17	91
Figura 5-21: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-2	91
Figura 5-22: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-13	92
Figura 5-23: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-26	92
Figura 5-24: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-15	93
Figura 5-25: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-3.....	93
Figura 5-26: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-1	94
Figura 5-27: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor. Perfil L11 se presenta en Figura 5-28.....	96
Figura 5-28: Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor	97
Figura 5-29: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1.....	100
Figura 5-30: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-2.....	100
Figura 5-31: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-3.....	101
Figura 5-32: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-2.....	101
Figura 5-33: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-3.....	102
Figura 5-34: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-7.....	102
Figura 5-35: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1.....	103
Figura 5-36: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-2.....	103
Figura 5-37: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-6.....	104
Figura 5-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Mullay 1	104
Figura 5-39: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Allana.....	105

Figura 5-40: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027	106
Figura 5-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-1.....	106
Figura 5-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-2.....	107
Figura 5-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-3.....	107
Figura 5-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-4.....	108
Figura 5-45: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-5.....	108
Figura 5-46: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-6.....	109
Figura 5-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-7.....	109
Figura 5-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-01.....	110
Figura 5-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-4	110
Figura 5-50: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-5.....	111
Figura 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-6.....	111
Figura 5-52: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-7.....	112
Figura 5-53: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-8.....	112
Figura 5-54: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-9.....	113
Figura 5-55: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-10.....	113
Figura 5-56: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-11.....	114
Figura 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-12.....	114
Figura 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-13.....	115
Figura 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-14.....	115
Figura 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-15.....	116
Figura 5-61: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-16.....	116
Figura 5-62: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-4.....	117
Figura 5-63: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-5.....	117
Figura 5-64: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-8.....	118
Figura 5-65: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-10.....	118
Figura 5-66: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-11.....	119
Figura 5-67: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-12.....	119
Figura 5-68: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-13.....	120
Figura 5-69: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-15.....	120
Figura 5-70: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-17.....	121
Figura 5-71: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-18.....	121
Figura 5-72: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-19.....	122
Figura 5-73: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-21.....	122
Figura 5-74: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-22.....	123
Figura 5-75: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-24.....	123
Figura 5-76: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-3.....	124

Figura 5-77: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	124
Figura 5-78: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-5	125
Figura 5-79: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-7	125
Figura 5-80: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-10	126
Figura 5-81: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-11	126
Figura 5-82: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-12	127
Figura 5-83: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-1	127
Figura 5-84: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-2	128
Figura 5-85: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L1-G4. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua)	129
Figura 5-86: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G1	129
Figura 5-87: 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)	130
Figura 5-88: Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al puente San Luis	130
Figura 5-89: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Puente San Luis ("C." medición continua, "M.C." medición manual)	131
Figura 5-90: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Burro Muerto ("C." medición continua, "M.C." medición manual)	132
Figura 5-91: Nivel observado (m.s.n.m.) en la Reglilla L11-G1	132
Figura 5-92: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	133
Figura 5-93: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	134
Figura 5-94: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	134
Figura 5-95: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	135
Figura 5-96: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	135
Figura 5-97: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	136
Figura 5-98: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	136

Figura 5-99: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	137
Figura 5-100: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	137
Figura 5-101: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	138
Figura 5-102: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	138
Figura 5-103: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	139
Figura 5-104: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	139
Figura 5-105: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	140
Figura 5-106: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	140
Figura 5-107: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	141
Figura 5-108: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-07 (L2-6)	141
Figura 5-109: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13	142
Figura 5-110: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-14	142
Figura 5-111: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-14	143
Figura 5-112: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-20	143
Figura 5-113: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Barros Negros	144
Figura 5-114: Nivel observado (m.s.n.m.) en reglilla Puilar	145
Figura 5-115: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa	145
Figura 5-116: Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa	146
Figura 5-117: Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa	147
Figura 5-118: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa	147
Figura 5-119: Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa	148
Figura 5-120: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Mullay	148
Figura 5-121: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Allana	149
Figura 5-122: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4	151
Figura 5-123: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5	152
Figura 5-124: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6	153
Figura 5-125: Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4	154
Figura 5-126: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3	155

Figura 5-127: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4.....	156
Figura 5-128: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5.....	157
Figura 5-129: Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3.....	158
Figura 5-130: Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1	159
Figura 5-131: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07	160
Figura 5-132: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay	161
Figura 5-133: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación).....	162
Figura 5-134: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14	163
Figura 5-135: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana	164
Figura 5-136: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)	165
Figura 5-137: Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa.....	166
Figura 5-138: Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros	167
Figura 5-139: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa.....	169
Figura 5-140: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación)	170
Figura 5-141: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto	171
Figura 5-142: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación)	172
Figura 5-143: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros	173
Figura 5-144: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación)	174
Figura 5-145: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar	175
Figura 5-146: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar (continuación)	176
Figura 5-147: Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m ²).....	177
Figura 5-148: Caudal promedio diario en puente San Luis	178
Figura 5-149: Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)	179
Figura 5-150: Evolución de la superficie lacustre sistema Soncor medida a través de imágenes satelitales.....	181
Figura 5-151: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana. Nivel del agua subterránea y superficial.....	184
Figura 5-152: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-2	185
Figura 5-153: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3	185
Figura 5-154: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-4	186
Figura 5-155: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1	186
Figura 5-156: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-2	187
Figura 5-157: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-02.....	188

Figura 5-158: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3	188
Figura 5-159: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-8	189
Figura 5-160: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-11	189
Figura 5-161: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-12	190
Figura 5-162: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-14	190
Figura 5-163: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-5	191
Figura 5-164: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-11	191
Figura 5-165: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-14	192
Figura 5-166: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-15	192
Figura 5-167: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-9	193
Figura 5-168: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-11	193
Figura 5-169: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-12	194
Figura 5-170: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-13	194
Figura 5-171: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-15	195
Figura 5-172: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5	195
Figura 5-173: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-6	196
Figura 5-174: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-7	196
Figura 5-175: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1	197
Figura 5-176: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-2	197
Figura 5-177: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-3	198
Figura 5-178: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-5	198
Figura 5-179: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-6	199
Figura 5-180: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-7	199
Figura 5-181: Nivel observado (m.s.n.m.) 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)	200
Figura 5-182: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L4-10	201
Figura 5-183: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	202
Figura 5-184: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	202
Figura 5-185: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	203
Figura 5-186: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	203
Figura 5-187: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	204

Figura 5-188: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	204
Figura 5-189: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	205
Figura 5-190: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	205
Figura 5-191: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	206
Figura 5-192: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	206
Figura 5-193: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	207
Figura 5-194: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	207
Figura 5-195: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	208
Figura 5-196: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales) continua, puntos azules: mediciones manuales)	208
Figura 5-197: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	209
Figura 5-198: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	209
Figura 5-199: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	210
Figura 5-200: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	210
Figura 5-201: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	211
Figura 5-202: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	211
Figura 5-203: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	212
Figura 5-204: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	212
Figura 5-205: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo D2	213
Figura 5-206: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4 (SOPM-8)	213
Figura 5-207: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-6	214

Figura 5-208: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-16	214
Figura 5-209: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-4	215
Figura 5-210: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-9	215
Figura 5-211: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Camar 2	216
Figura 5-212: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Socaire 5B.....	216
Figura 5-213: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Camar 2	217
Figura 5-214: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B	218
Figura 5-215: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-3.....	219
Figura 5-216: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-6.....	220
Figura 5-217: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-8.....	221
Figura 5-218: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-9.....	222
Figura 5-219: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-12.....	223
Figura 5-220: Resultados de análisis físico-químico del pozo L5-3.....	224
Figura 5-221: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2	225
Figura 5-222: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2 (continuación)	226
Figura 5-223: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B.....	227
Figura 5-224: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B (continuación)...	228
Figura 5-225: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10.....	229
Figura 5-226: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 (continuación).....	230
Figura 5-227: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine.....	232
Figura 5-228: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-04.....	233
Figura 5-229: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-1.....	234
Figura 5-230: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2.....	234
Figura 5-231: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-3.....	235
Figura 5-232: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-4.....	235
Figura 5-233: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-5.....	236
Figura 5-234: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-6.....	236
Figura 5-235: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7.....	237
Figura 5-236: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-8.....	237
Figura 5-237: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-9.....	238
Figura 5-238: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-10.....	238
Figura 5-239: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-15.....	239
Figura 5-240: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1024.....	239
Figura 5-241: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028.....	240
Figura 5-242: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2018.....	240
Figura 5-243: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2037.....	241
Figura 5-244: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-03.....	241

Figura 5-245: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-11	242
Figura 5-246: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-12	242
Figura 5-247: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-13	243
Figura 5-248: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-14	243
Figura 5-249: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-16	244
Figura 5-250: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17	244
Figura 5-251: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Salada.....	245
Figura 5-252: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Saladita.....	246
Figura 5-253: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Interna.....	246
Figura 5-254: Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028	248
Figura 5-255: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1	249
Figura 5-256: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4.....	250
Figura 5-257: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna.....	251
Figura 5-258: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación)	252
Figura 5-259: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada.....	253
Figura 5-260: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación)	254
Figura 5-261: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita	255
Figura 5-262: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación)	256
Figura 5-263: Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m ²)	258
Figura 5-264: Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m ²)	260
Figura 5-265: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF	261
Figura 5-266: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida a través de imágenes satelitales.....	264
Figura 5-267: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Bordo Este	266
Figura 5-268: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-16	267
Figura 5-269: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-15	268
Figura 5-270: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-17	268
Figura 5-271: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-25	269
Figura 5-272: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-26	269
Figura 5-273: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-27	270
Figura 5-274: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-28	270

Figura 5-275: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15	271
Figura 5-276: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-17	271
Figura 5-277: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-13	272
Figura 5-278: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-14	272
Figura 5-279: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L9-1	273
Figura 5-280: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L9-2	273
Figura 5-281: Nivel observado (m.s.n.m.) en régimen estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) en el pozo de bombeo P2.....	274
Figura 5-282: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo P2	275
Figura 5-283: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2.....	276
Figura 5-284: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación).....	277
Figura 5-285: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo ...	278
Figura 5-286: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla de Tilopozo	279
Figura 5-287: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1	280
Figura 5-288: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-2	280
Figura 5-289: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3	281
Figura 5-290: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-4	281
Figura 5-291: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama	283
Figura 5-292: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1001	284
Figura 5-293: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906	285
Figura 5-294: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2028	285
Figura 5-295: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040	286
Figura 5-296: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo C4-B	286
Figura 5-297: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M1-C	287
Figura 5-298: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M2-C	287
Figura 5-299: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M7	288
Figura 5-300: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-101.....	288
Figura 5-301: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-324.....	289
Figura 5-302: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo EIA-5	289
Figura 5-303: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Sample 4	290
Figura 5-304: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPE-6	290
Figura 5-305: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-2	291
Figura 5-306: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-4	291
Figura 5-307: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-05	292
Figura 5-308: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-10	292
Figura 5-309: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-11	293
Figura 5-310: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-12C	293

Figura 5-311: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S	294
Figura 5-312: Precipitación diaria registrada en la estación KCL	294
Figura 5-313: Evaporación diaria registrada en la estación KCL	295
Figura 5-314: Velocidad del viento diaria registrada en la estación KCL	295
Figura 5-315: Temperatura media diaria registrada en la estación KCL	296
Figura 5-316: Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12c	297
Figura 5-317: Resultados de análisis físico-químico pozo 1001	298
Figura 5-318: Relación empírica entre la CE del agua subterránea y la concentración de SDT para el salar de Atacama (línea negra: regresión lineal; línea roja: IC +/- 75%)	300
Figura 5-319. Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.	301
Figura 5-320: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 1	302
Figura 5-321: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 2	302
Figura 5-322: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 3	303
Figura 5-323: Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio 2016	304
Figura 5-324: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 4 (surgente)	304
Figura 5-325: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 5	305
Figura 5-326: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3	305
Figura 5-327. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio 2016	306
Figura 5-328. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 6	307
Figura 5-329: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 7	307
Figura 5-330. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 a junio 2016	308
Figura 6-1: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2016.	314
Figura 6-2: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2016. (continuación).	315
Figura 6-3: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2016.	316
Figura 6-4: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2016 (continuación).	317
Figura 6-5: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2016	318
Figura 6-6: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2016 (continuación).	319
Figura 6-7. Relación entre el Volumen de Ingreso en Puente San Luis (m ³) y la Superficie total de la Laguna Barros Negros (m ²)	320
Figura 6-8. Relación entre el Volumen de Ingreso en Puente San Luis (m ³) y la Superficie total de la Laguna Chaxa (m ²)	321
Figura 6-9. Ubicación geográfica de zonza de afloramientos del canal Burro Muerto.	322
Figura 6-10: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2016.	329

Figura 6-11: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2016 (continuación).	330
Figura 6-12: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2016.	331
Figura 6-13: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2016 (continuación).	332
Figura 6-14: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2016.	333
Figura 6-15: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2016 (continuación).	334
Figura 6-16. Relación entre el Volumen de Ingreso en Salada (m^3) y la Superficie total de la Laguna Salada (m^2)	335
Figura 6-17. Relación entre el Volumen de Ingreso en Saladita (m^3) y la Superficie total de la Laguna Saladita (m^2)	336
Figura 6-18. Relación entre el Volumen de Ingreso en Saladita (m^3) y la Superficie total de la Laguna Interna (m^2)	336
Figura 6-19. Ubicación geográfica de zona de afloramientos del Sistema Peine	337

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1: Responsable y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control del presente informe	59
Tabla 4-1: Listado de parámetros registrados en el monitoreo del Plan de Seguimiento Ambiental	71
Tabla 5-1: Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota piezométrica de activación (WGS 1984)	80
Tabla 5-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia	81
Tabla 5-3: Puntos de monitoreo del sistema Soncor	97
Tabla 5-4: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril de 2016	180
Tabla 5-5: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana	182
Tabla 5-6: Puntos de monitoreo del sistema Peine	231
Tabla 5-7: Superficies lacustres medidas desde abril de 2008 hasta abril de 2016	263
Tabla 5-8: Superficies lacustres medidas en abril de 2015	263
Tabla 5-9: Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este	265
Tabla 5-10: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo	278
Tabla 5-11: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama	282
Tabla 5-12: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina	299
Tabla 5-13: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de SDT	300
Tabla 5-14: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de CE	300
Tabla 6-1. Principales precipitaciones (más de 5 mm) registradas en la Estación Meteorológica de Chaxa desde 2011 a la fecha	311



Tabla 6-2. Volúmenes anuales de Ingreso calculados a partir de datos de aforo del Sistema Socor	313
Tabla 6-3. Superficies totales de los sistemas lacustres de Soncor	313
Tabla 6-4. Volúmenes anuales de Ingreso calculados a partir de datos de aforo del Sistema Peine	327
Tabla 6-5. Superficies totales de los sistemas lacustres de Peine	328

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 2016 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

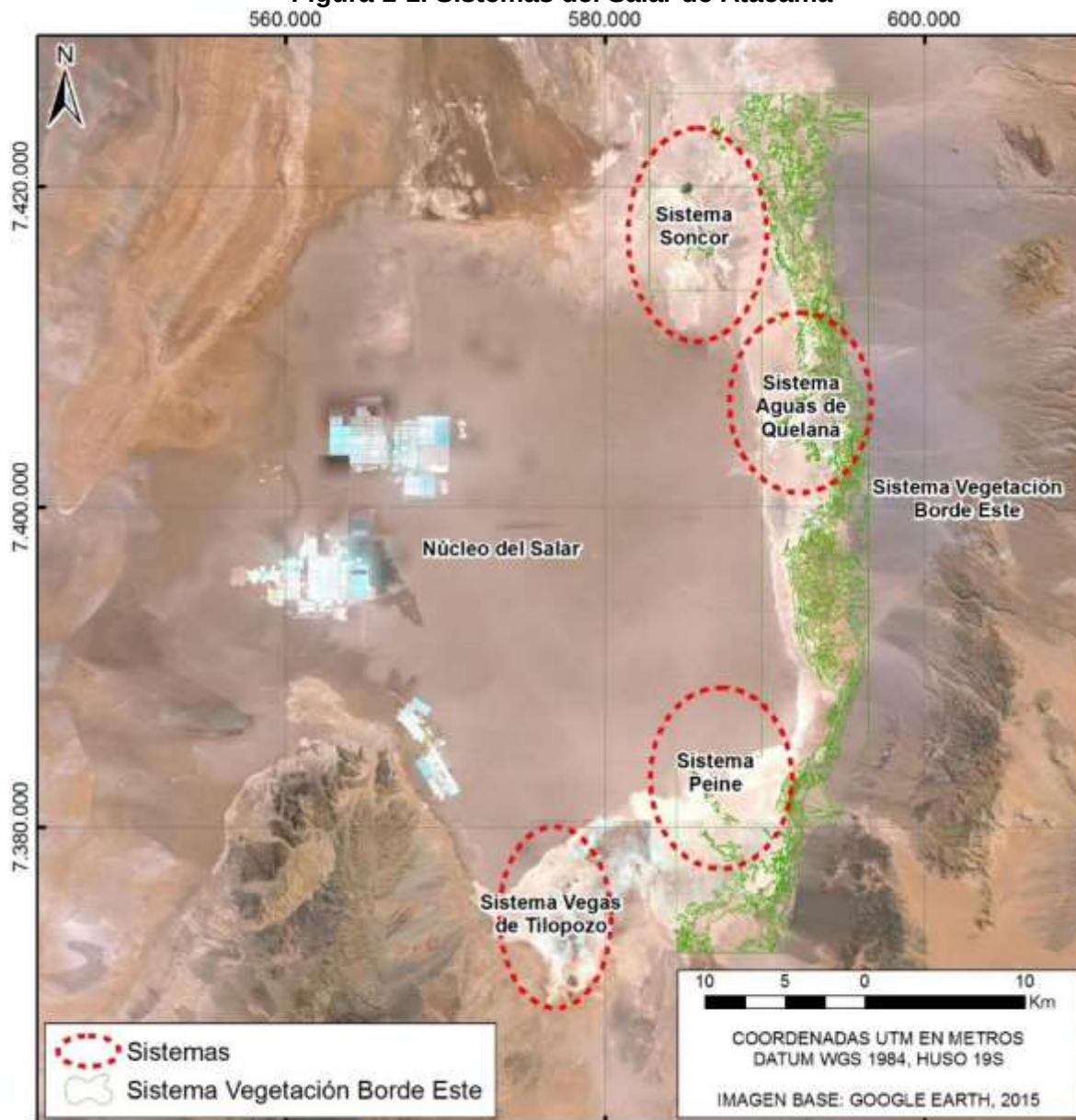
Las mediciones consideradas en el PSAH se fundamentan en:

- Proteger los sectores sensibles del Salar de Atacama, dentro de los que se tiene:
 - 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.
- En 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 (Figura 1-2):

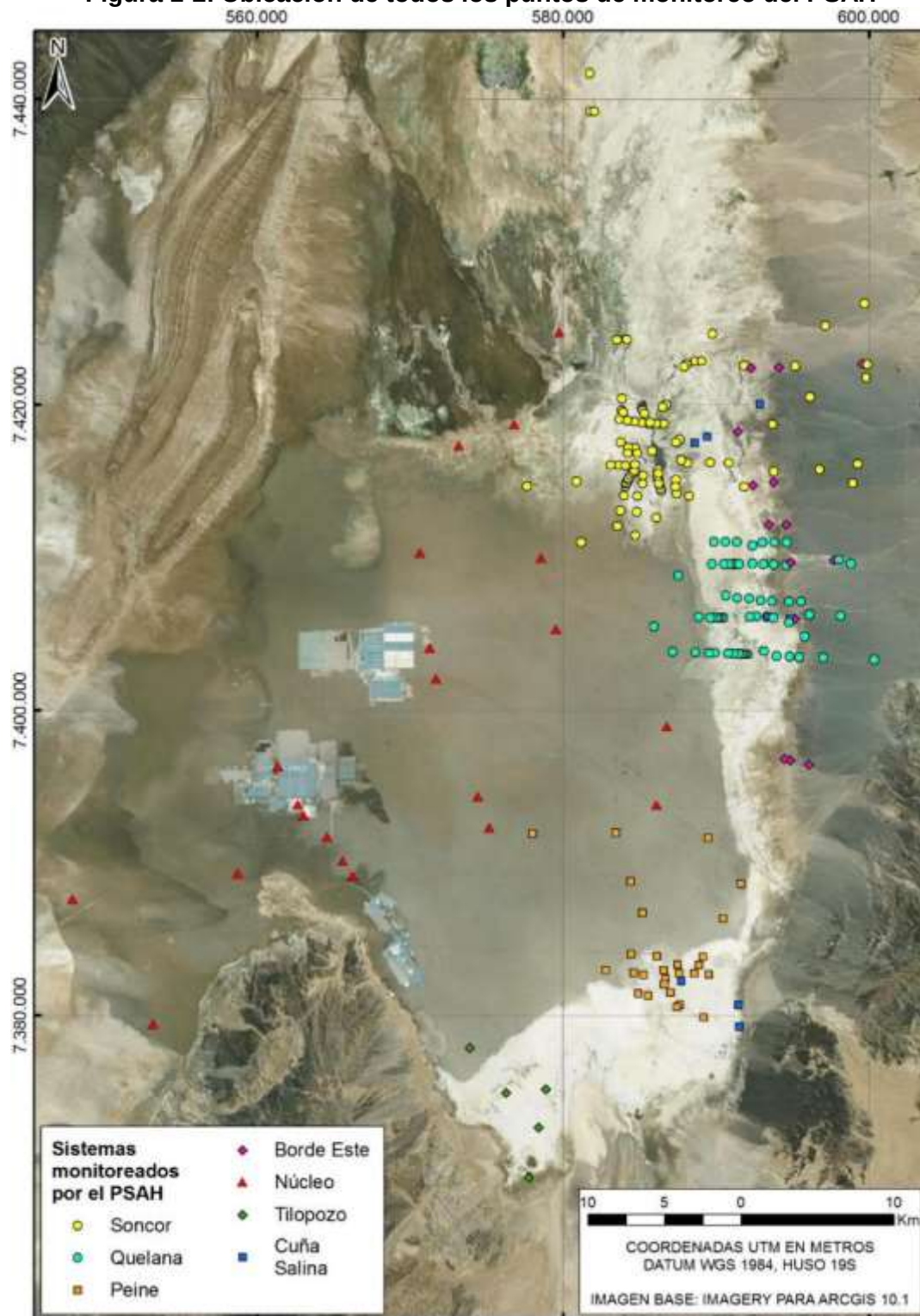
- 112 pozos someros;
- 84 pozos profundos;
- 5 pozos de bombeo de agua industrial;
- 18 reglillas para la medición del nivel de agua superficial;
- 4 estaciones de aforo de agua superficiales;
- 2 estaciones meteorológicas.

Figura 1-1. Sistemas del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

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



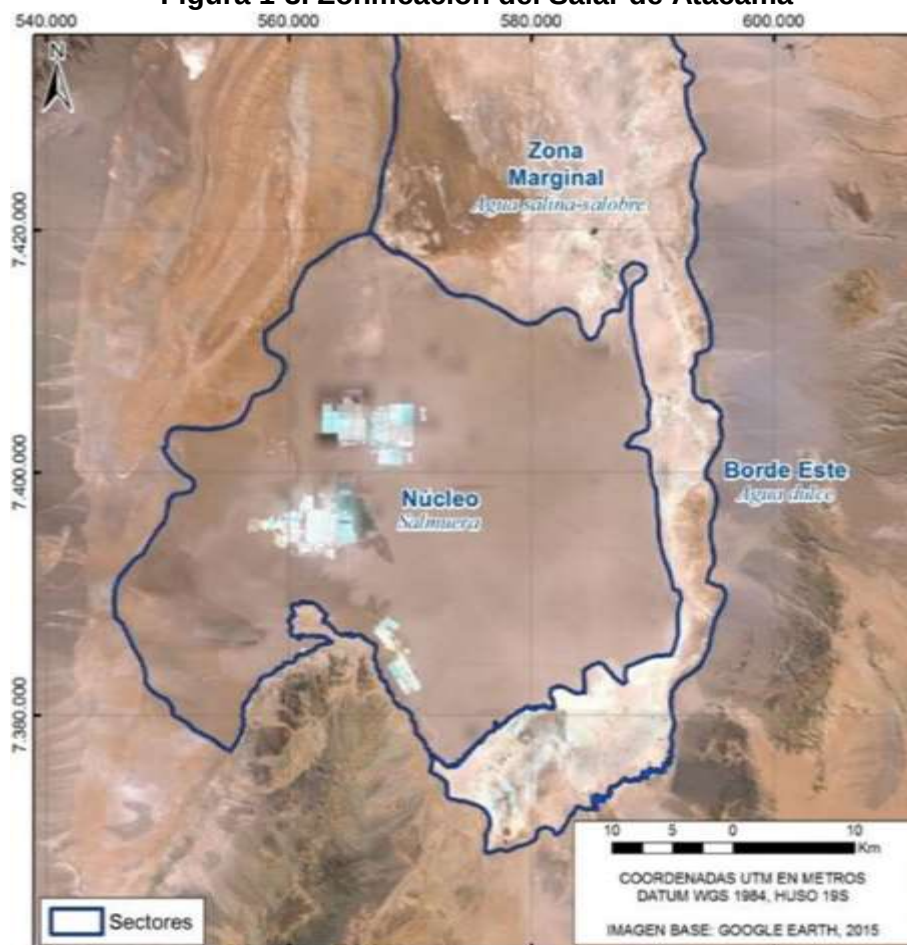
Fuente: Elaboración propia.

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 ocurre la descarga producto de la 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 dada la presencia de una zona de baja permeabilidad, la presencia de la cuña salina y la canalización de aguas superficiales. Cabe señalar que la mayoría de los puntos de medición se ubican en la zona marginal y en el borde este, justamente donde se encuentran los sistemas ambientales que son objeto de protección. Para mayor detalle revisar el capítulo 4, 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 impactos no previstos en el EIA y, en este sentido, es una herramienta de gestión ambiental que permite alertar sobre los sistemas lacustres en el rango de su variación histórica. 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:

- a. **Fase I:** Alerta Temprana → aumento de la frecuencia de medición
- b. **Fase II:** Medidas de Contingencia → reducción extracción de agua/salmuera

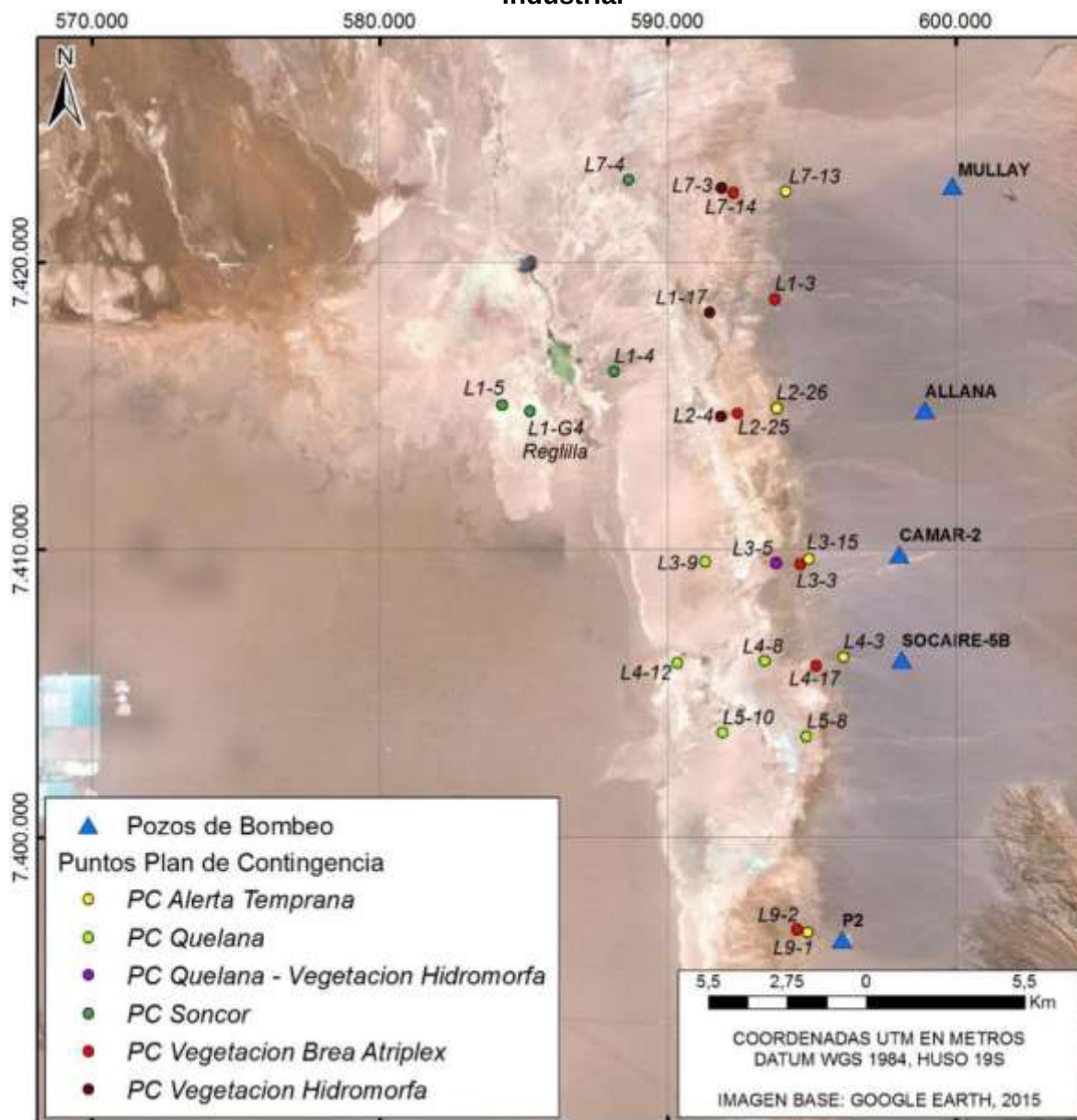
En la sección 5.1 se presenta en detalle en qué consiste el Plan de Contingencia para los sistemas que se busca proteger: sistemas lacustres de Soncor, Quelana y Peine y sistema de vegetación Borde Este.

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 concreto las precipitaciones tienen una gran y casi inmediata influencia en los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, los cuales muestran respuestas a las precipitaciones importantes con aumentos de nivel notorios.

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

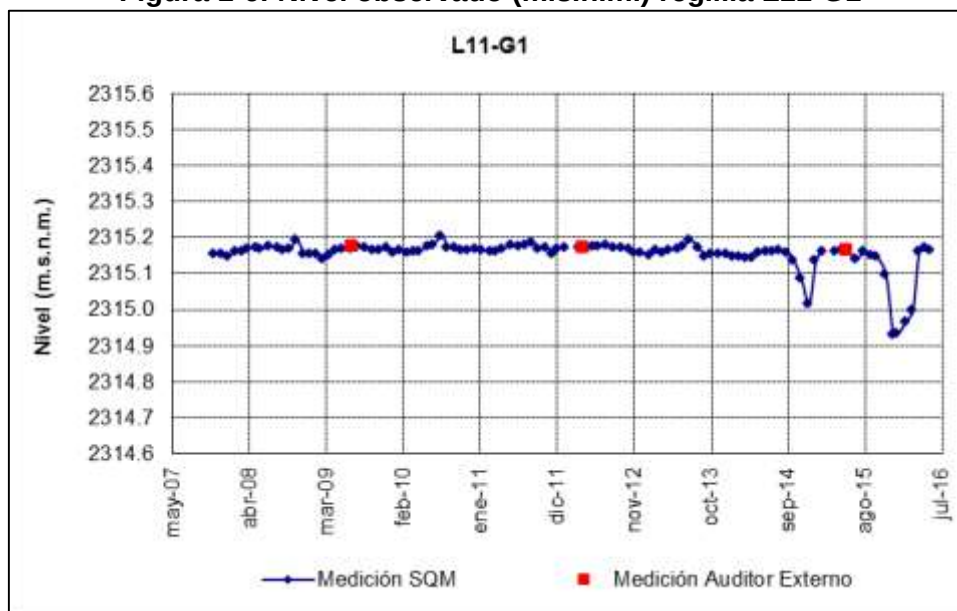


Fuente: Elaboración propia.

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

Tal como se señaló anteriormente el sistema Soncor es recargado por un flujo de agua superficial 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, en la Figura 1-6 se presenta el nivel de la reglilla L11-G1, el que se ha mantenido estable en el tiempo, aunque en los últimos dos años el valor mínimo observado bajó en forma importante presentando un comportamiento estacional. 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 y los cambios en estos no se relacionan con las actividades de SQM; es necesario mantener el seguimiento y análisis de estos puntos de monitoreo por un posible cambio de tendencia, e intentar identificar si existen actividades de algún tercero aguas arriba de esta naciente que haya provocado el cambio de comportamiento del nivel.

Figura 1-6: Nivel observado (m.s.n.m.) reglilla L11-G1



Fuente: Elaboración propia.

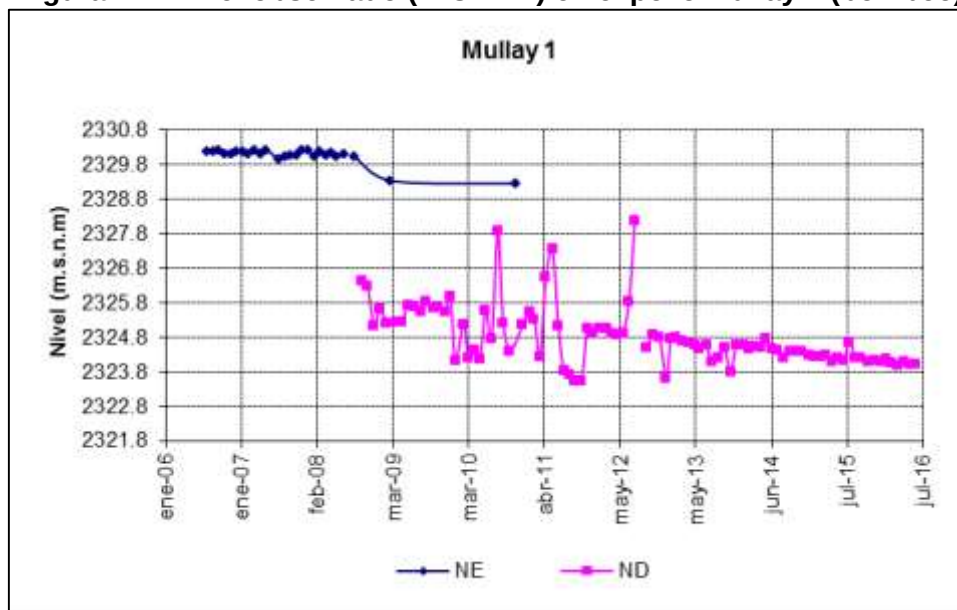
1.1.2 Sistema Soncor: Zona Aluvial

Esta zona se ubica en la parte alta del acuífero de agua dulce (al Este del núcleo del Salar de Atacama) y su parámetro ambiental de mayor importancia monitoreado es el nivel de agua subterránea. La tendencia general de este parámetro es de suave descenso a la estabilización en función de la cercanía al punto de extracción. El inicio del bombeo de los pozos de agua industrial en esta zona (pozos Allana y Mulla) 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 Mulla 1, L1-1 y L7-1 respectivamente. En éstos se observan los niveles dinámicos del pozo de bombeo de agua industrial (Mulla 1) con una tendencia de leve descenso. En los pozos

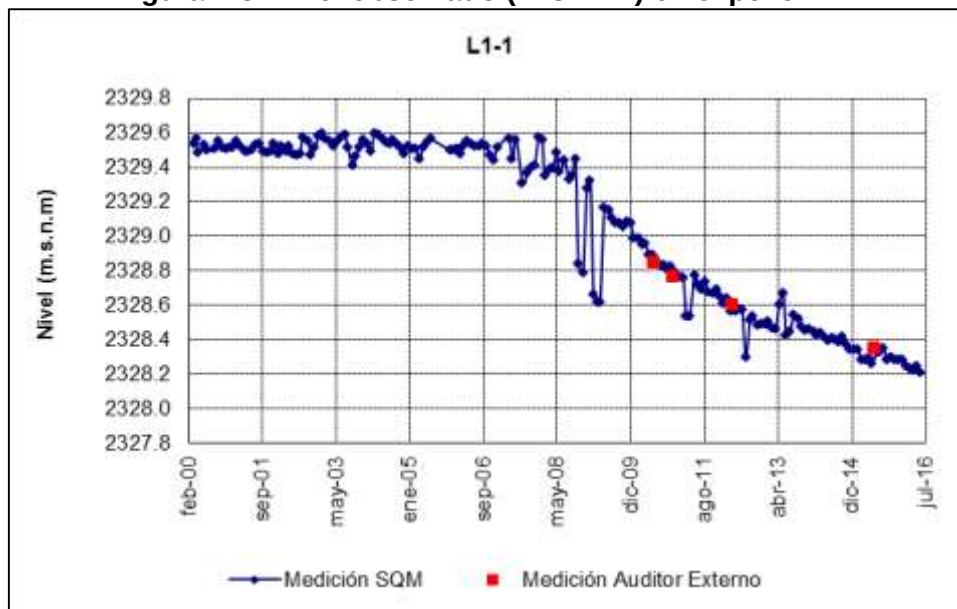
de monitoreo L1-1 y L7-1 se observa un comportamiento de descenso provocado por la extracción en el pozo de bombeo de agua industrial, pero de mayor magnitud en L1-1 por su ubicación más próxima a Mullay 1.

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



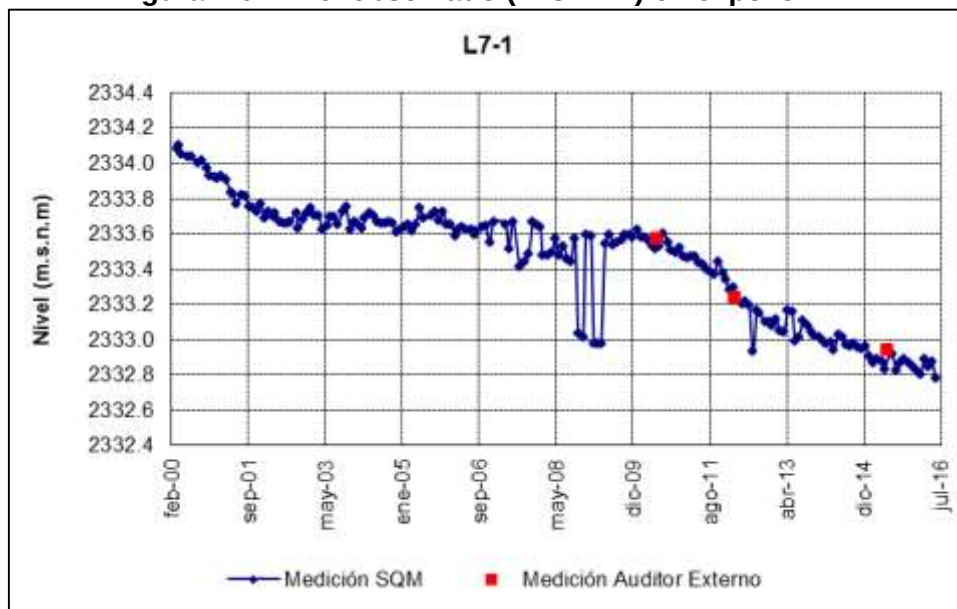
Fuente: Elaboración propia.

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

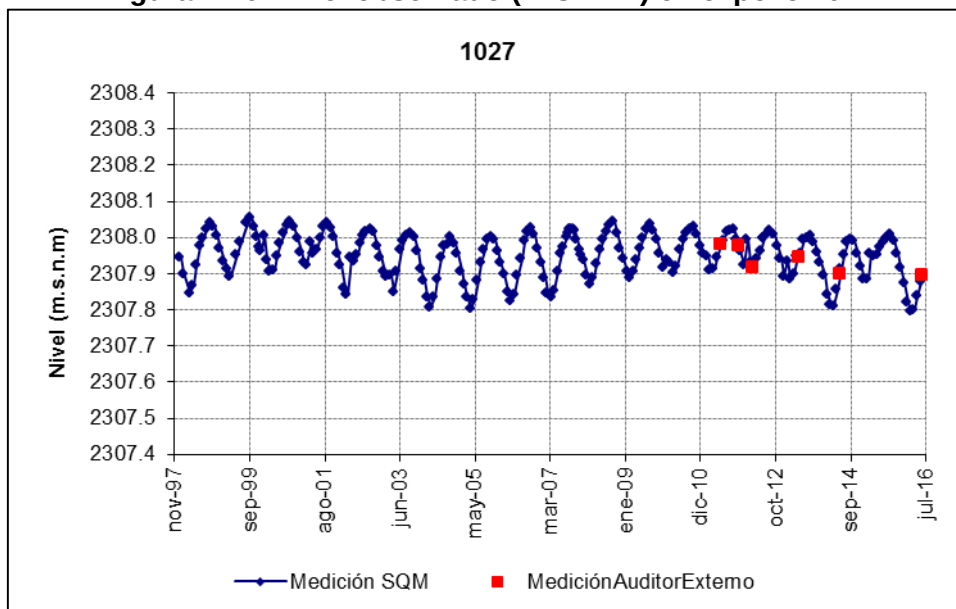
Corresponde a la zona de transición entre el agua dulce y la salmuera, en los contornos norte, este y sur del núcleo del Salar. Es en esta parte del sistema donde se encuentran los elementos con mayor interés de protección, las lagunas.

En la zona marginal del Sistema Soncor los niveles se han mantenido en general estables dentro de su rango de variación por su régimen estacional donde el proceso de control del nivel es la evaporación natural desde la superficie. Las precipitaciones registradas el 2012, 2013 y 2015 producen un aumento significativo de los niveles contrarrestando los descensos debidos a las épocas más secas como la ocurrida durante el año 2014. En la Figura 1-10 se presenta el comportamiento del pozo 1027 y en la Figura 1-11 del pozo P1-6, a modo de ilustración del comportamiento de los niveles de la napa en esta zona. Dentro de las variaciones estacionales observadas se pueden observar ciclos más húmedos y ciclos más secos, donde los eventos de mayor recarga por precipitaciones producen aumentos abruptos del nivel.

Adicionalmente se observa que el nivel en los pozos cercanos a la laguna Barros Negros están influenciados por el comportamiento de la laguna (L1-13, Figura 1-12) y el nivel en las reglillas que representan el comportamiento de cuerpos de aguas superficial se han mantenido estables con las variaciones estacionales propias de este sistema y también muestra los efectos de la recarga (como ejemplo reglilla puente San Luis, Figura 1-13 y reglilla L1-G4, Figura 1-14).

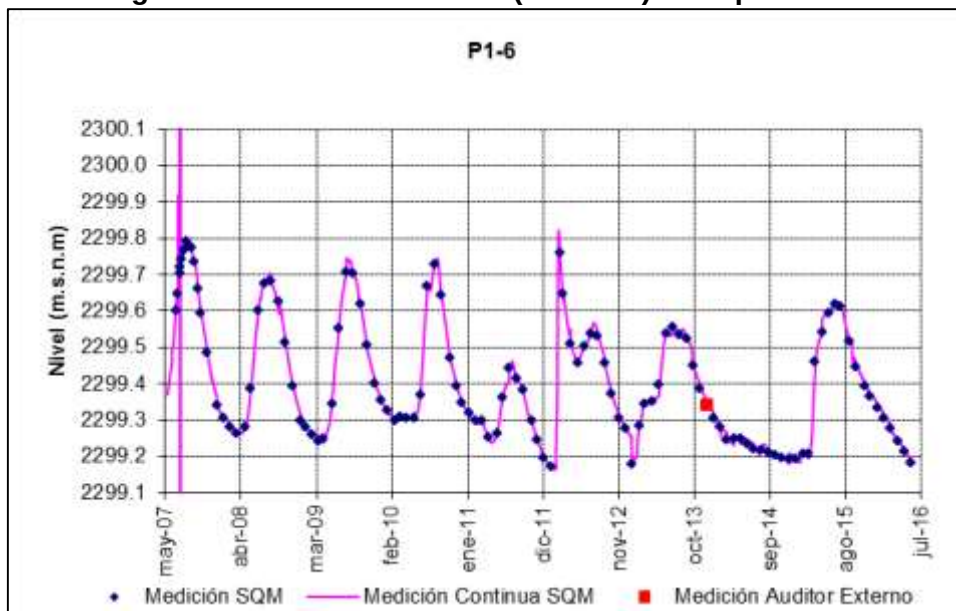
Adicionalmente se puede indicar que existen zonas de ascenso de nivel piezométricos por la descarga del agua subterránea en la zona Este de las lagunas (L1-7, Figura 1-15).

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



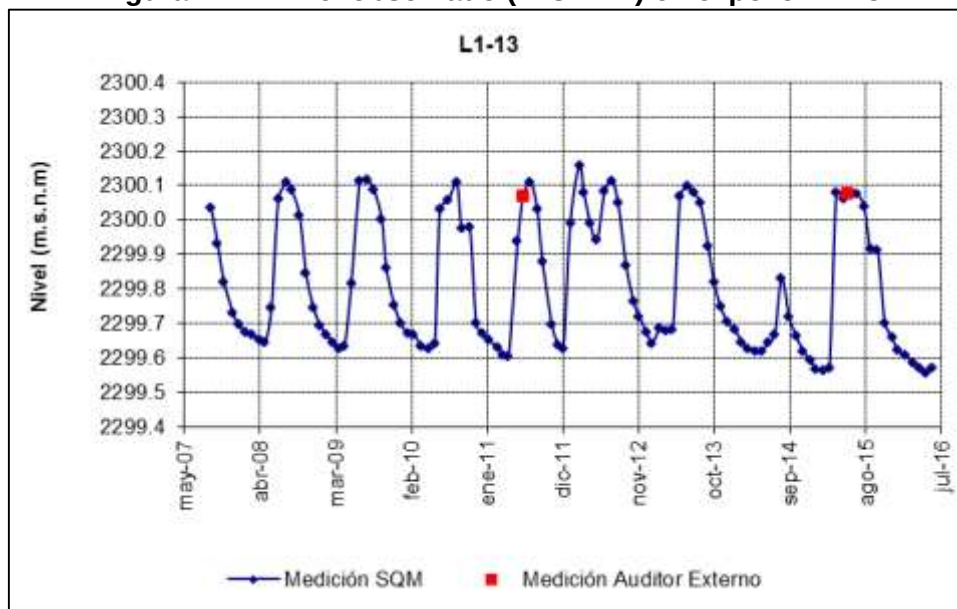
Fuente: Elaboración propia.

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



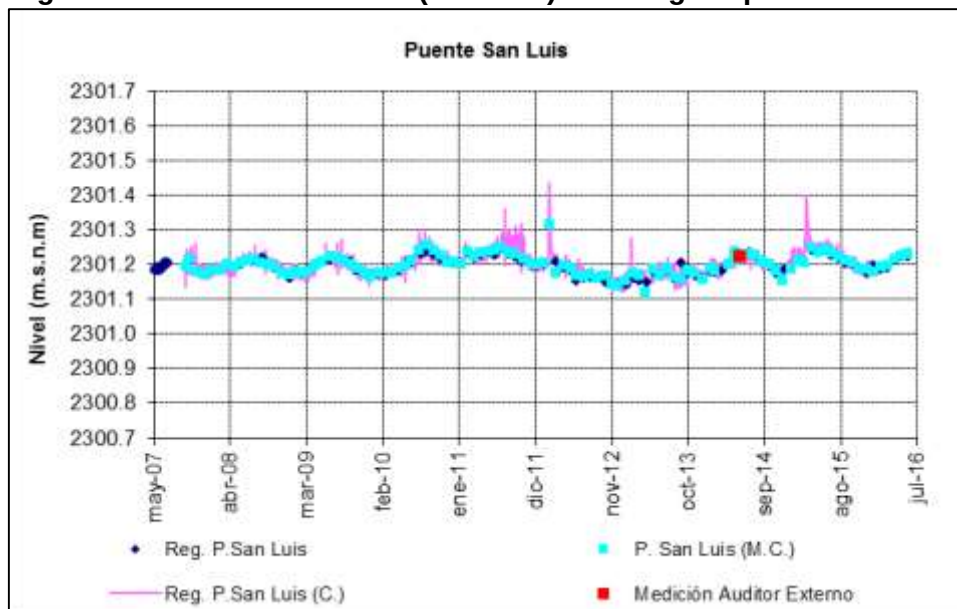
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-12. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-13



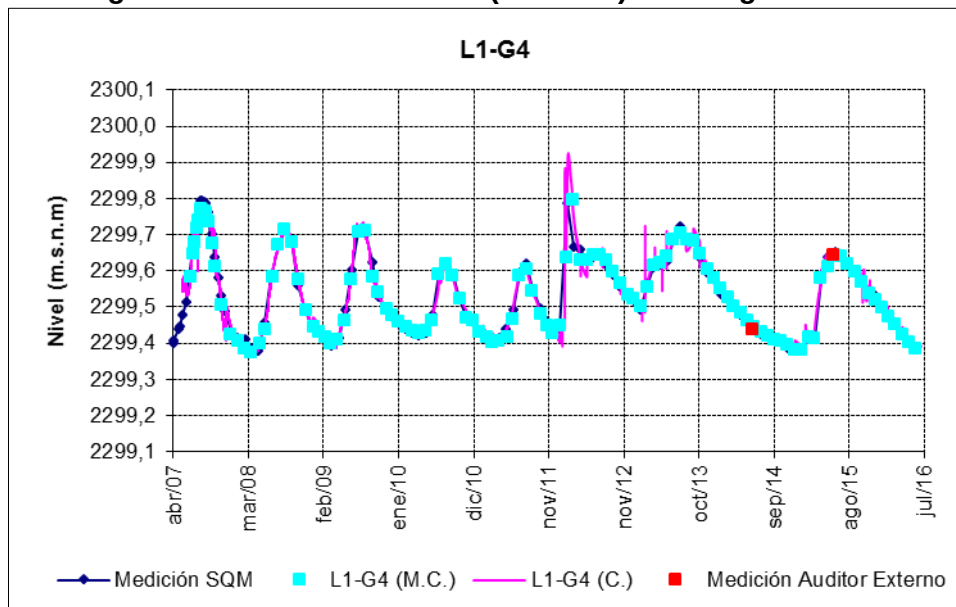
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-13. Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-14. Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L1-G4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-15: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-7



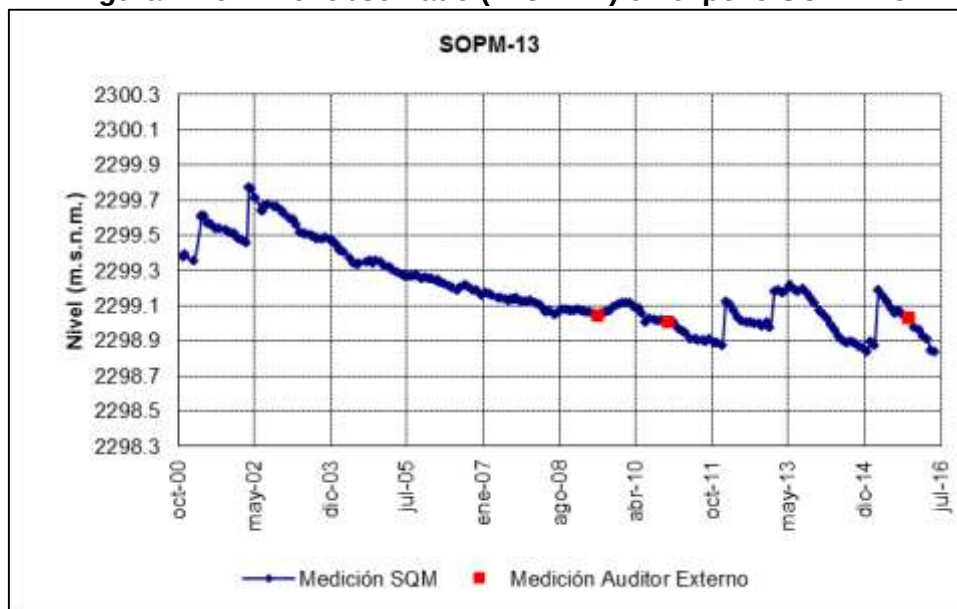
Fuente: Elaboración propia.

1.1.4 Sistema Soncor: Zona Salmuera

Esta parte del sistema 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 del bombeo de salmuera y en menor medida por efectos de la recarga, los que presentan aumentos puntuales debido a la precipitación directa. 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 1-16), en el que se pueden observar ciclos de aumento de los niveles por precipitación directa cada 10 años aproximadamente y descenso influenciado por bombeo de salmuera; sin embargo, este efecto no se transmite a las lagunas ubicadas en la zona marginal por zona de baja conductividad hidráulica y la presencia de la cuña salina.

Figura 1-16. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13

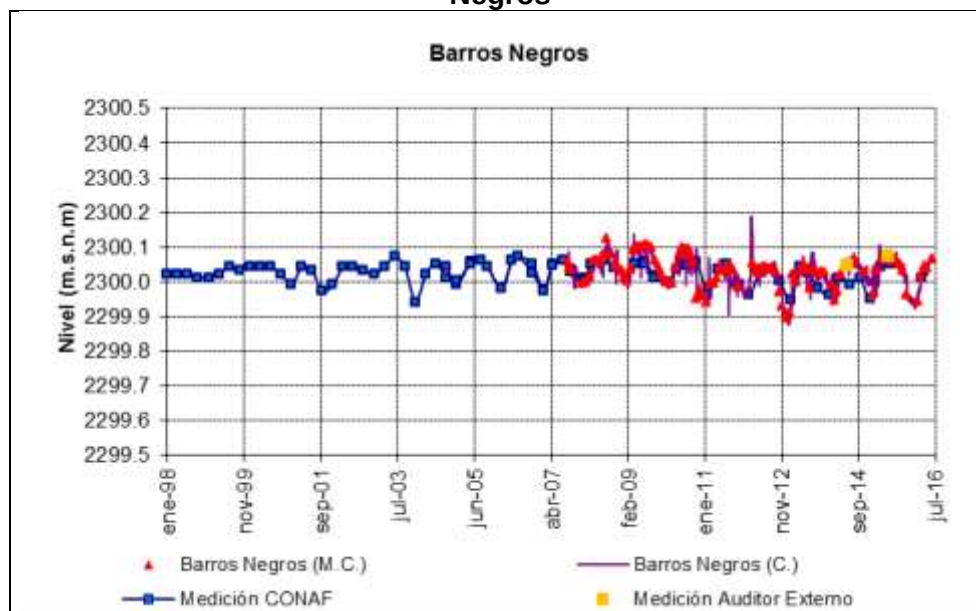


Fuente: Elaboración propia.

1.1.5 Sistema Soncor: Nivel Lacustre

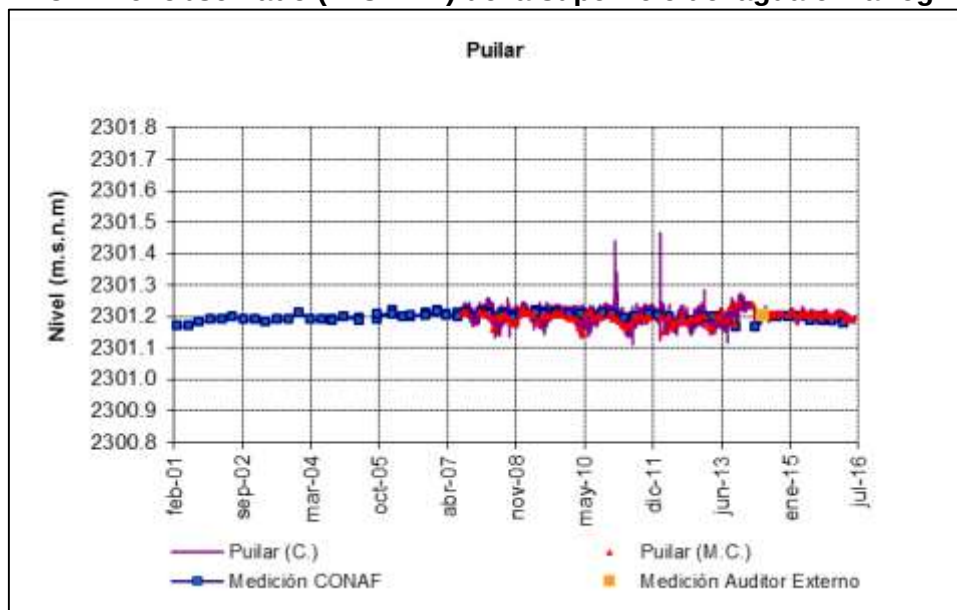
En este sistema se realizan mediciones directamente en los cuerpos de agua superficial que se busca proteger, las lagunas Barros Negros (Figura 1-17), Puilar (Figura 1-18) y Chaxa (Figura 1-19), los que se han mantenido estables con oscilaciones estacionales en torno a los 10 cm. Las mediciones de nivel se realizan de manera manual tanto por SQM (M.C.) como por parte de CONAF, adicionalmente SQM tiene instalados transductores de presión para registrar el comportamiento de niveles de manera continua (C).

Figura 1-17: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Barros Negros



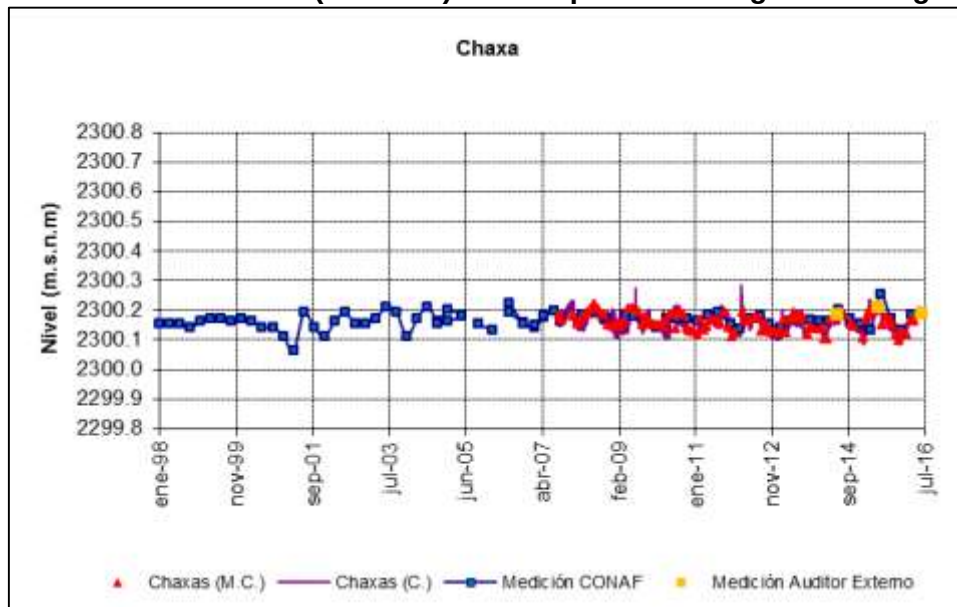
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-18: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Puilar



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-19: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

1.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

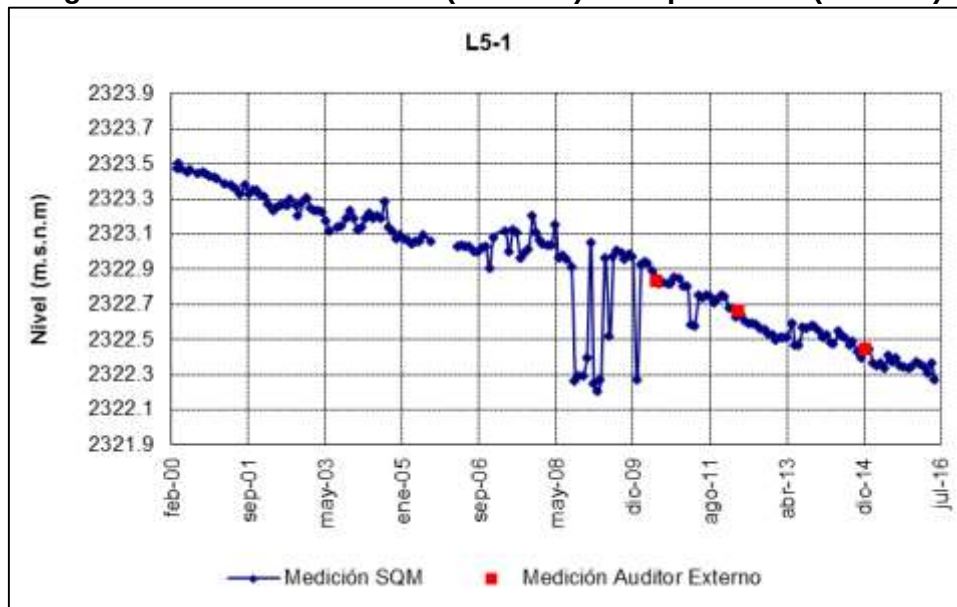
En el Sistema Aguas de Quelana existen tres zonas con comportamiento hidrogeológico distinto, la zona aluvial, la zona marginal y la zona núcleo.

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 5B, 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.

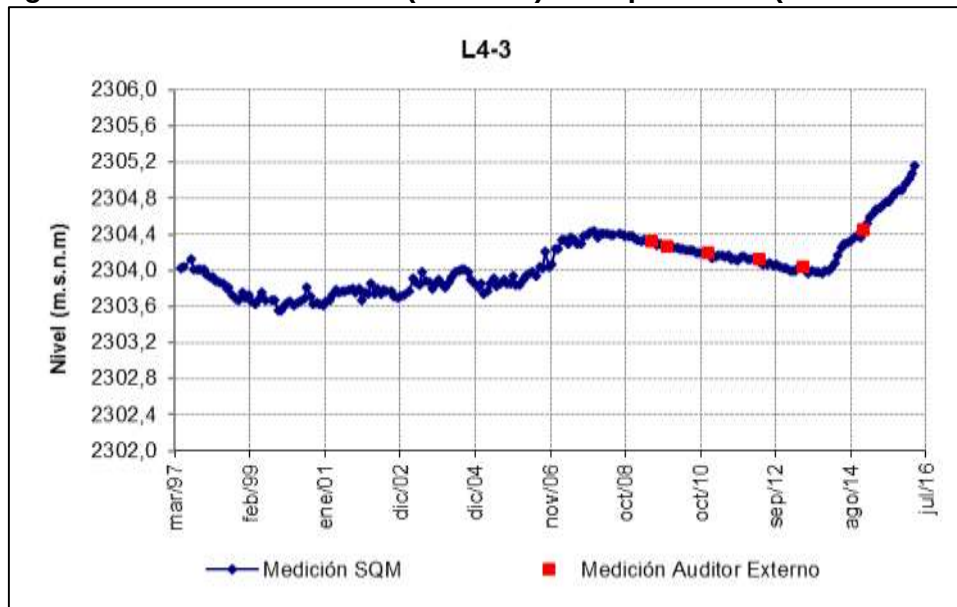
En la Figura 1-20 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de este sistema.

Figura 1-21. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1 (ac. libre)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-22. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3 (ac. confinado)



Fuente: Elaboración propia.

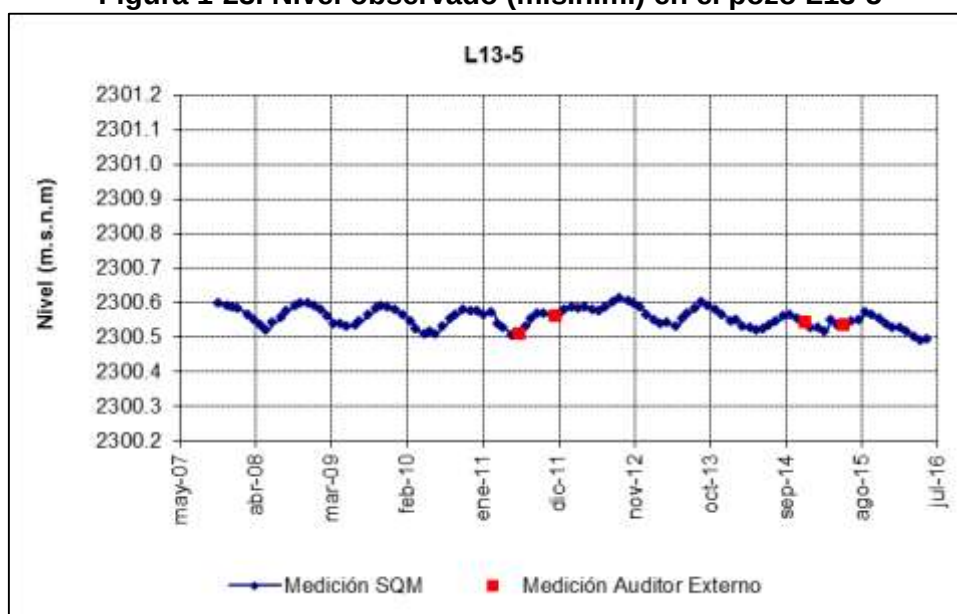
1.2.2 Sistema Aguas de Quelana: Zona marginal

En esta zona del sistema se produce la transición del agua dulce del acuífero hacia el agua salada/salmuera. El nivel de agua del acuífero está próximo a la superficie y es controlado principalmente por la evaporación.

En esta zona los niveles tienen un comportamiento estacional excepto los pozos que se encuentran más hacia el este, en el margen con la zona aluvial. En la Figura 1-23 y Figura 1-24 se presentan dos pozos a modo de ejemplo del comportamiento de esta zona, el pozo L13-5 con un comportamiento estacional estable y el pozo L14-1 con un comportamiento estacional con tendencia al descenso, en este último punto se detecta el efecto del bombeo de los dos pozos de agua industrial existentes en la zona aluvial.

En general se observan niveles constantes en el tiempo como es de esperar en este sector.

Figura 1-23. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-24. 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 y las recargas por precipitaciones importantes como las ocurridas en los años 2012, 2013 y 2015. Se presenta como ejemplo el nivel en el pozo L3-4 (Figura 1-25).

Figura 1-25. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4.



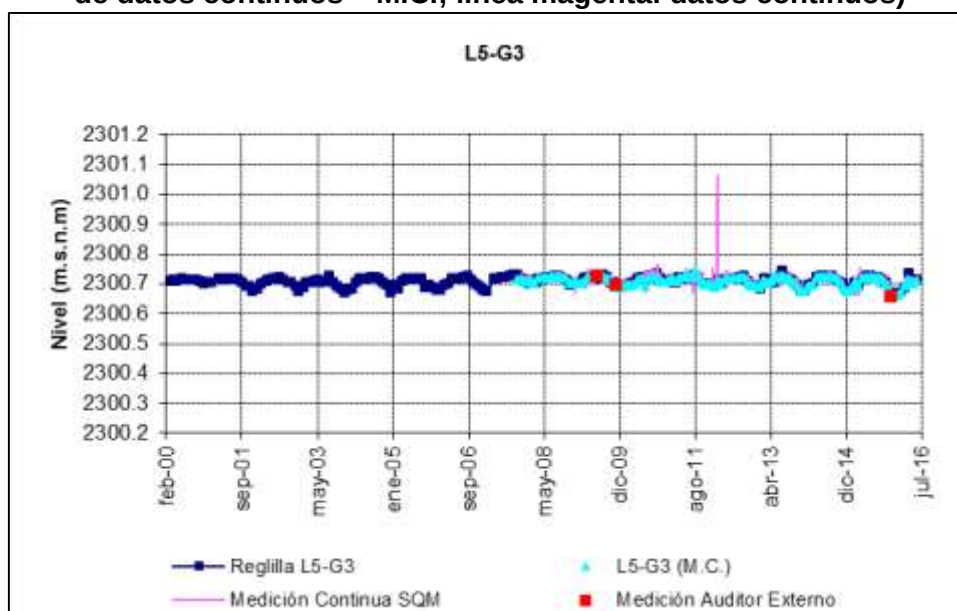
Fuente: Elaboración propia.

1.2.4 Sistema Aguas de Quelana: Cuerpos de agua superficial

En este sistema se monitorean los niveles en cuerpos de agua superficial mediante reglillas, los que muestran un comportamiento estacional controlado por la evaporación, y presentan un comportamiento estable en el tiempo.

A modo de ejemplo se presenta el nivel del agua superficial en la reglilla L5-G3 (Figura 1-26).

Figura 1-26: 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)



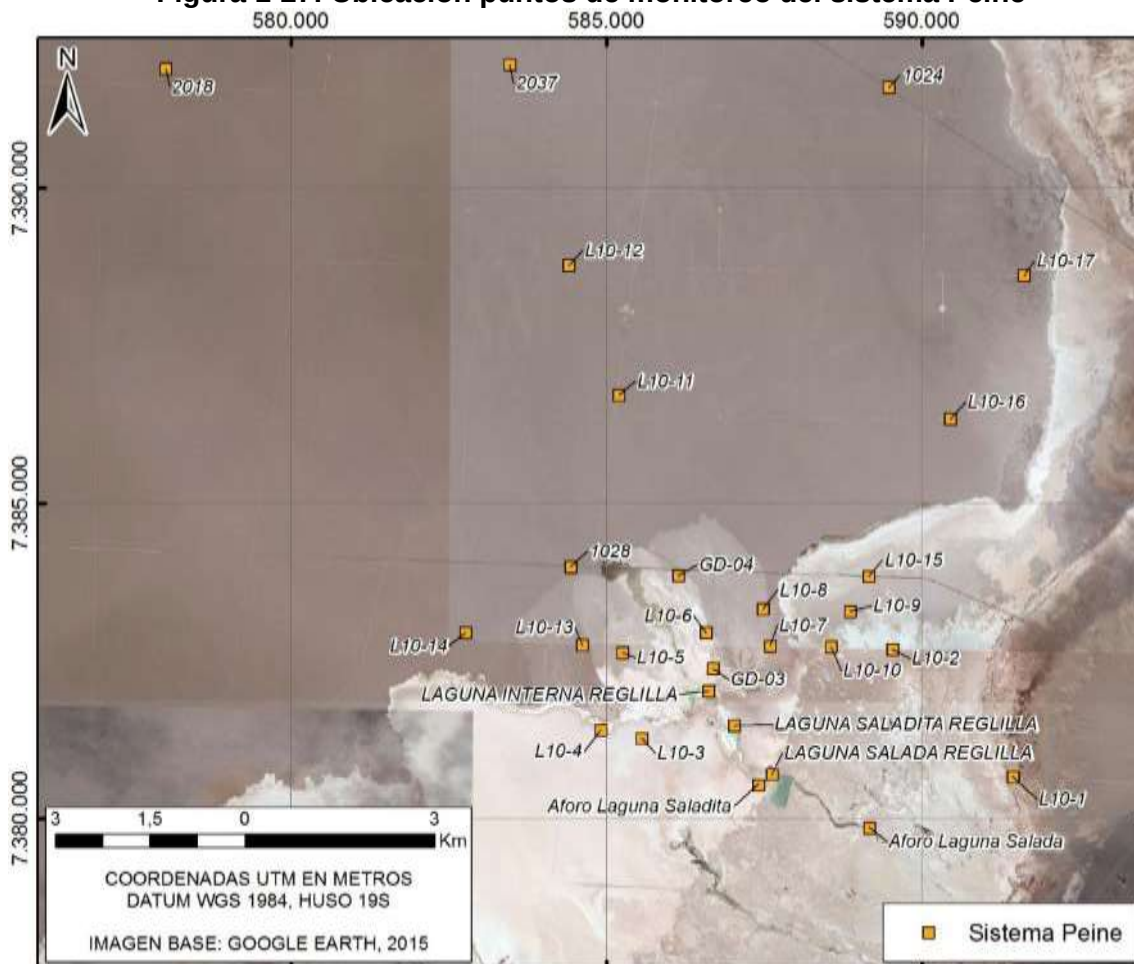
Fuente: Elaboración propia.

1.3 SISTEMA PEINE

Este sistema se puede dividir en la zona marginal y en la zona de salmuera. No existen pozos de agua industrial de SQM (Figura 1-27) ubicados en el acuífero aluvial aledaño a estas zonas que puedan afectar a este sistema.

En este sistema los elementos a proteger son las lagunas Salada, Saladita e Interna, donde se observa que los niveles registrados se mantienen estables. Las lagunas Salada, Saladita e interna son recargadas a través de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema. Destacando que la Laguna Interna es el final del sistema de agua superficial.

Figura 1-27: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

1.3.1 Sistema Peine: Zona Marginal

A diferencia de otras zonas marginales estudiadas, en este sistema no se observa un comportamiento de los niveles que esté siendo claramente influenciado por la evaporación. Los puntos de monitoreo se encuentran alrededor de las lagunas.

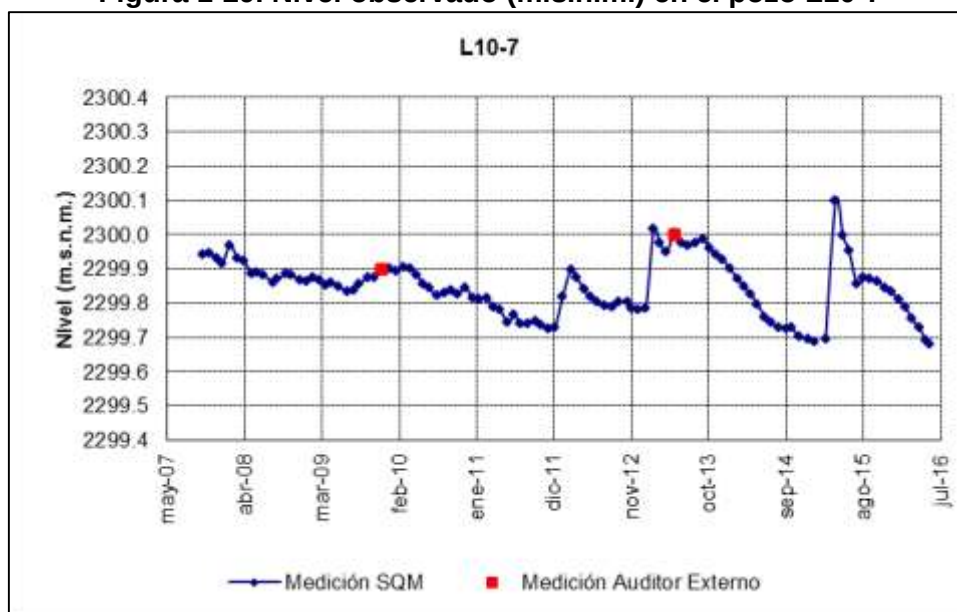
En esta zona los niveles se han mantenido estables o con una ligera tendencia al descenso. Así mismo las precipitaciones en las partes bajas de la cuenca, como las ocurridas en los veranos del 2012, 2013 y 2015 generaron un aumento significativo de los niveles. A continuación, se presentan los registros de niveles en los pozos L10-2 y L10-7 a modo de ejemplo del comportamiento de los niveles en esta zona (Figura 1-28 y Figura 1-29 respectivamente).

Figura 1-28. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-29. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7



Fuente: Elaboración propia.

1.3.2 Sistema Peine: Zona Salmuera

El comportamiento general es el mismo observado en las zonas de salmuera de los otros sistemas, con descensos producto de los bombeos de salmuera, tanto de Rockwood Litio

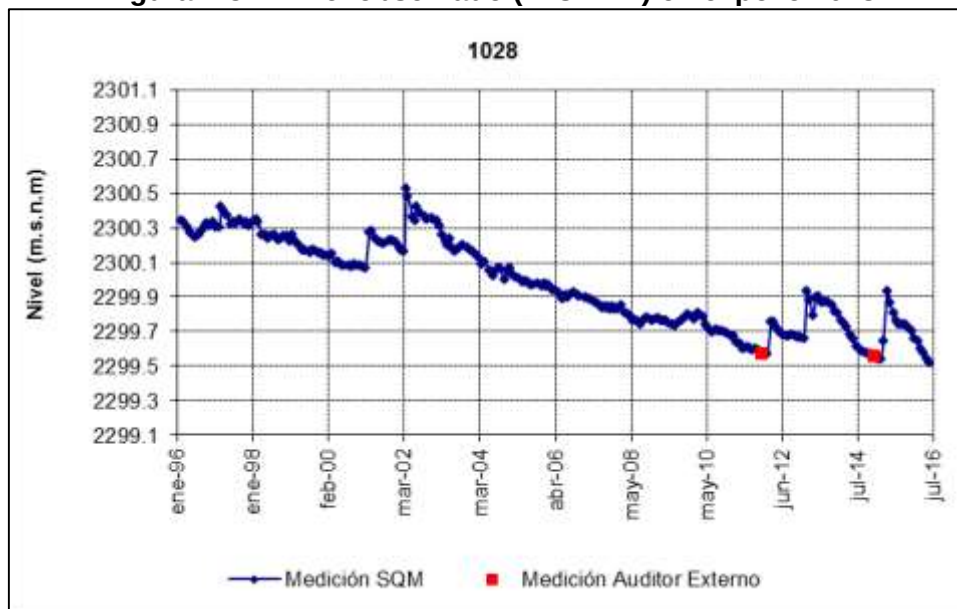
como SQM, y aumentos de nivel en los veranos producto de las precipitaciones. A modo de ejemplo del comportamiento de este sector, en la Figura 1-30 y Figura 1-31 se puede observar la evolución de los niveles en los pozos L10-17 y 1028 respectivamente.

Figura 1-30. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-31: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028



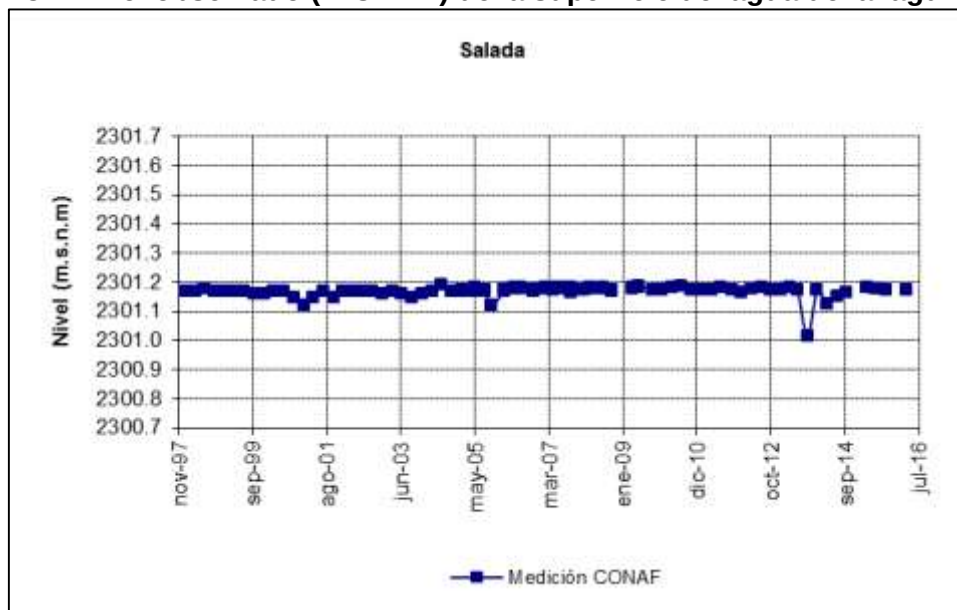
Fuente: Elaboración propia.

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 1-32), Saladita (Figura 1-33) e Interna (Figura 1-34).

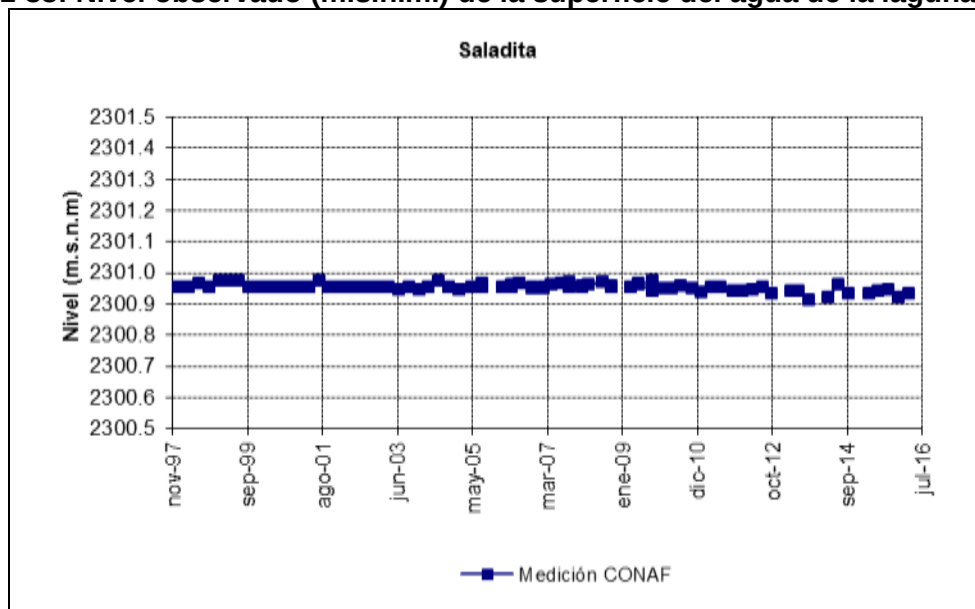
Respecto de Laguna Interna, CONAF ha informado que entre abril 2015 y junio 2016 no se ha logrado tomar mediciones de nivel en la reglilla por encontrarse el punto de medición seco, vale la pena aclarar que la laguna no está seca y más bien responde a la dinámica de esta.

Figura 1-32: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua de la laguna Salada



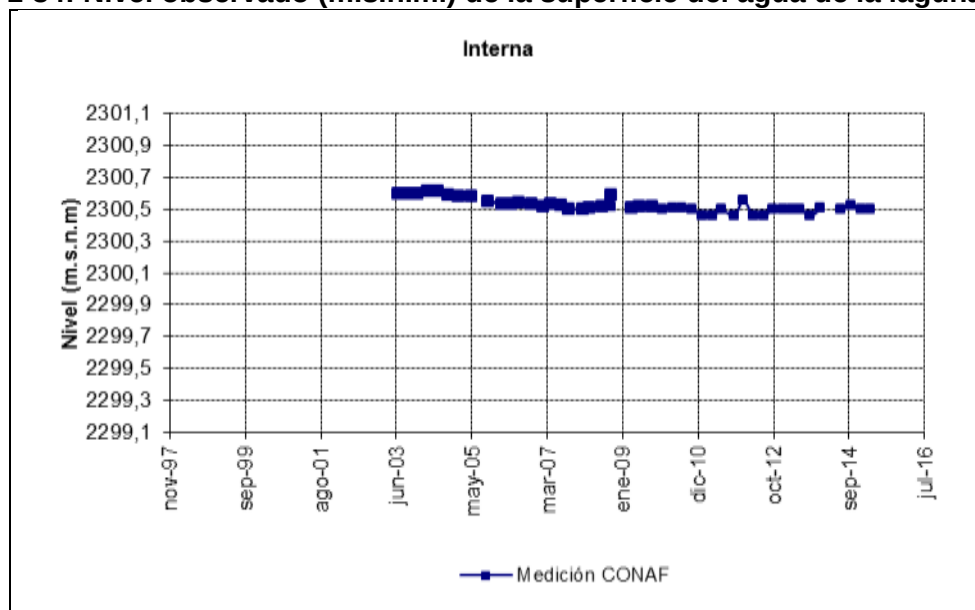
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-33: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua de la laguna Saladita



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-34: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua de la laguna Interna



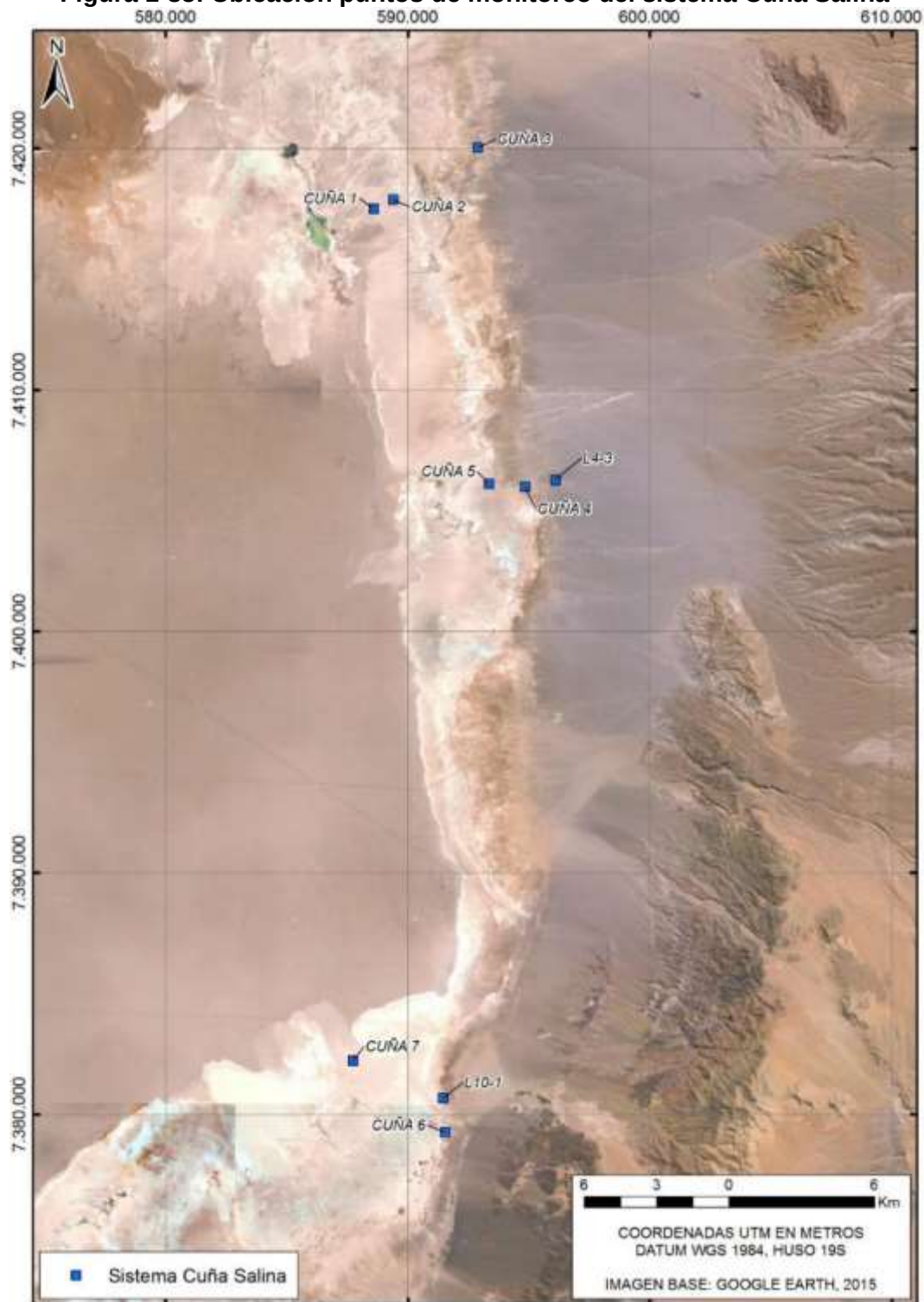
Fuente: Elaboración propia.

1.4 SISTEMA CUÑA SALINA

La cuña salina corresponde a la zona donde se enfrentan y distinguen dos acuíferos distintos, el acuífero libre de agua salobre más somero con aporte de agua de la recarga desde los márgenes de la cuenca y por debajo el acuífero de salmuera. La separación de estos dos cuerpos de agua y su evolución se realiza mediante perfiles de Conductividad Eléctrica en los 9 pozos de monitoreo (Figura 1-35). La profundidad a la que se encuentra la cuña salina (acuífero subyacente) disminuye al aproximarse al núcleo del salar.

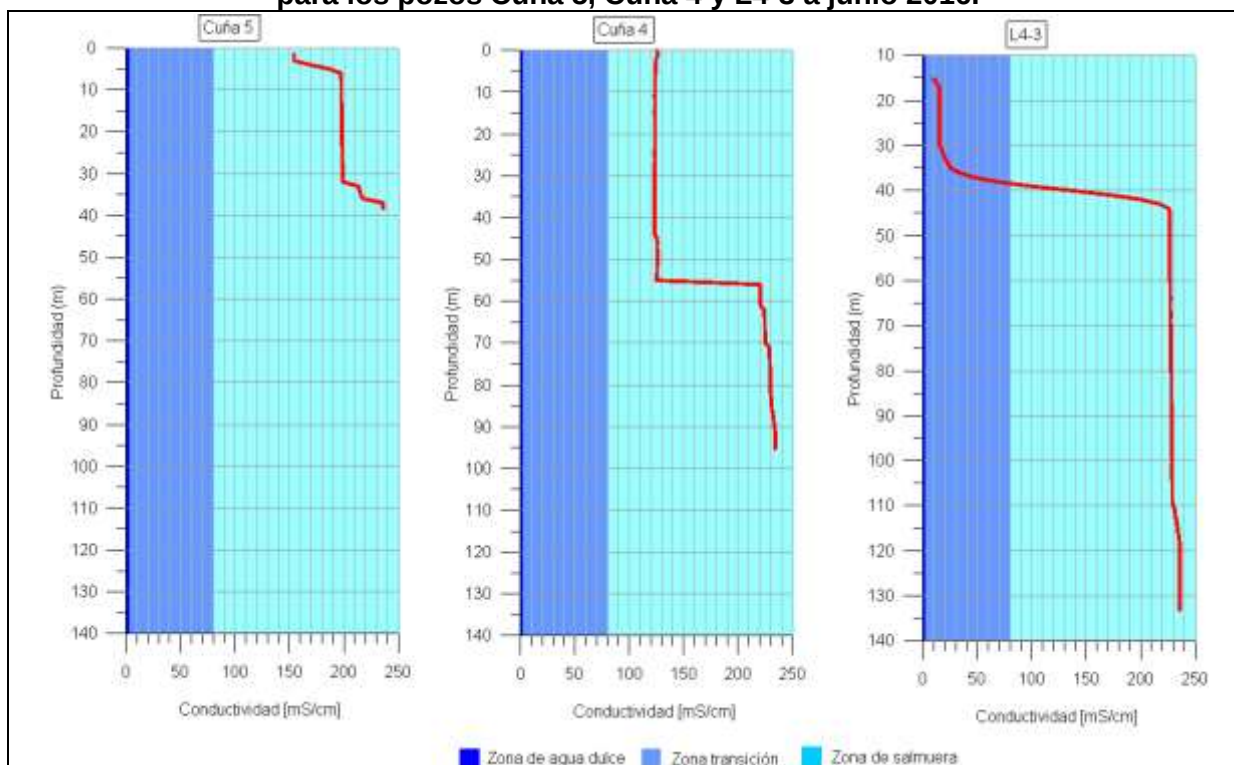
A modo de ejemplo en la Figura 1-36 se presentan tres perfiles de conductividad de la zona, en el pozo L4-3 la cuña salina se encuentra aproximadamente a los 43 m de profundidad, en el pozo Cuña 4 el cambio de salinidad se produce a los 55 m de profundidad aunque en la parte superior el agua contiene gran cantidad de sales disueltas ya que se ubica en la zona de salmuera, al igual que el pozo Cuña 5 donde todo el perfil de conductividad eléctrica corresponde a salmuera.

Figura 1-35: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-36. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio 2016.

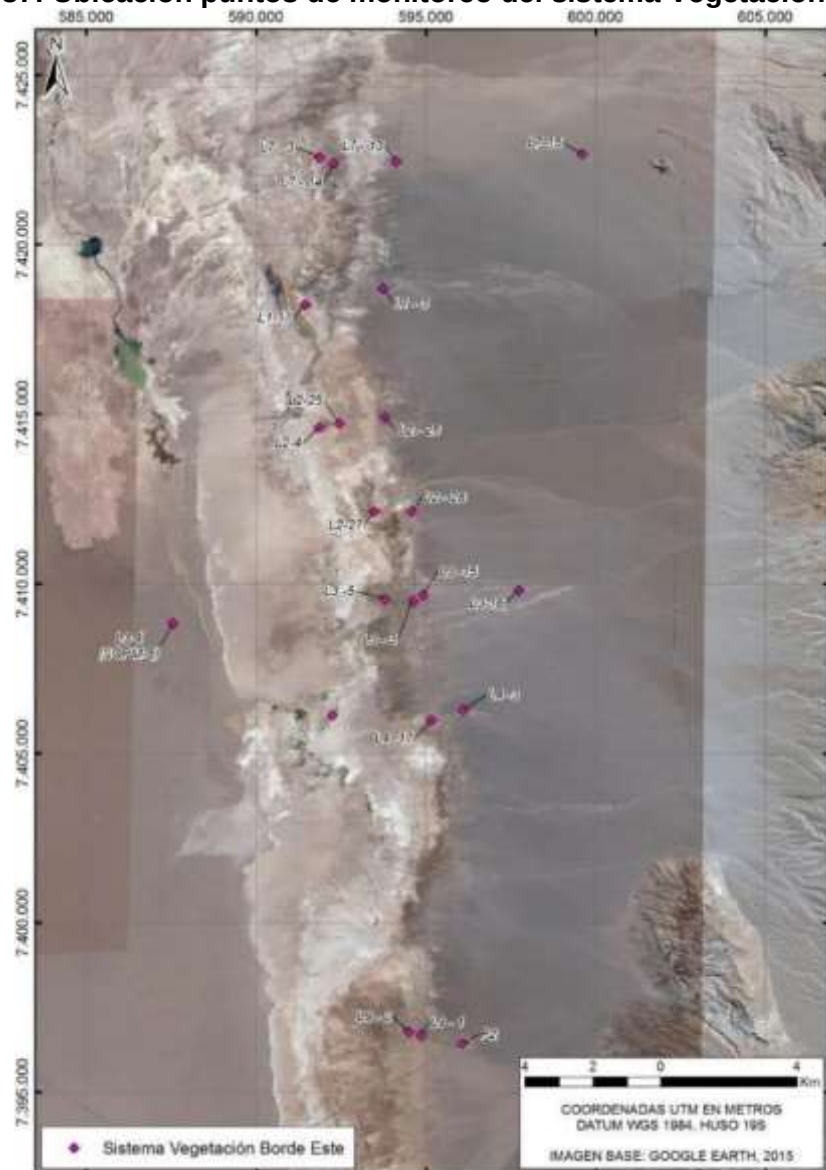


Fuente: Elaboración propia.

1.5 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

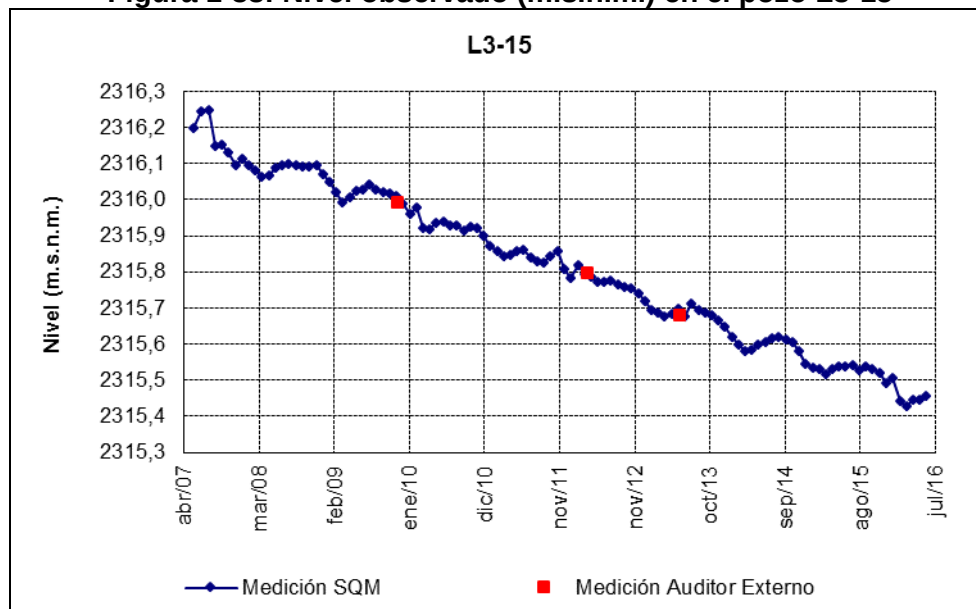
El monitoreo de este sistema tiene como objetivo proteger la vegetación Hidromorfa y la formación Brea-Atriplex ligadas, entre otras variables, a la existencia de la napa subterránea cerca de la superficie del suelo. Entre esta zona y los pozos de bombeo de agua industrial, se sitúan pozos de monitoreo 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 1-38) que forma parte de la alerta temprana, L3-3 (Figura 1-39) que busca proteger la vegetación Brea Atriplex y L3-5 (Figura 1-40) la vegetación Hidromorfa. Conjuntamente, en la Figura 1-37 se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de este sistema.

Figura 1-37: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este



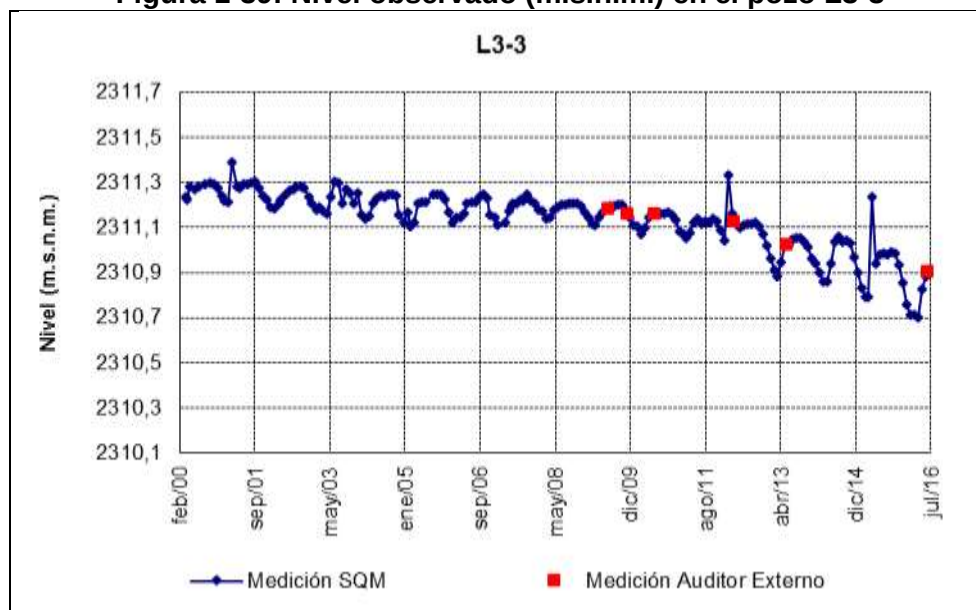
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-15



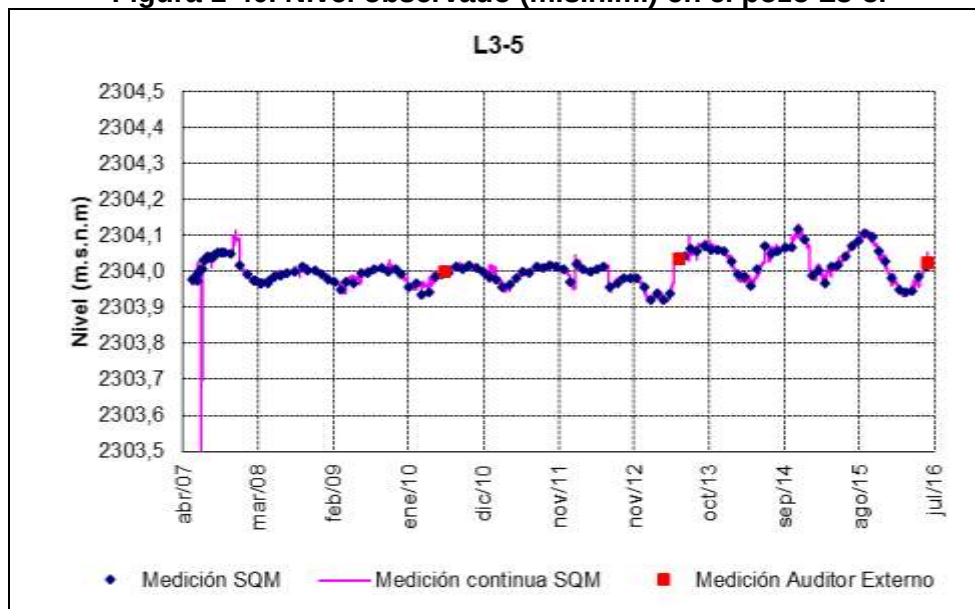
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-39: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-40. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5.

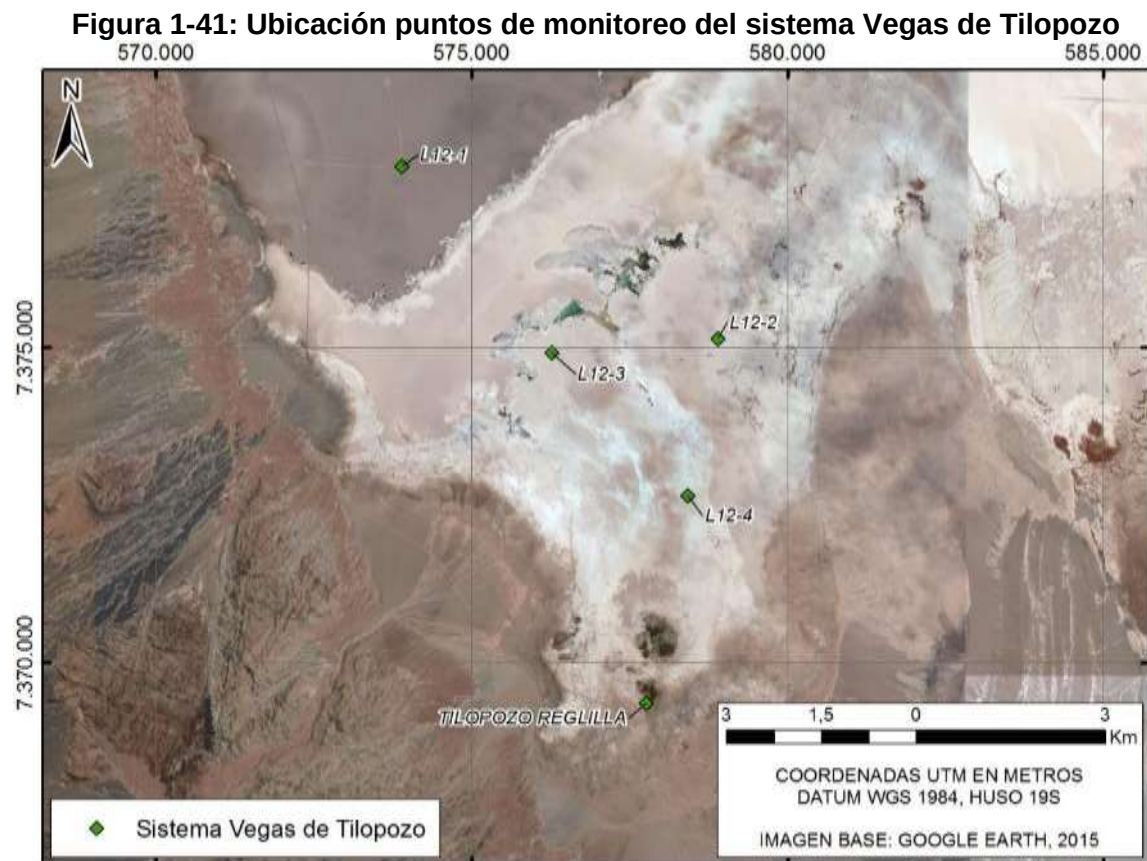


Fuente: Elaboración propia.

1.6 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO

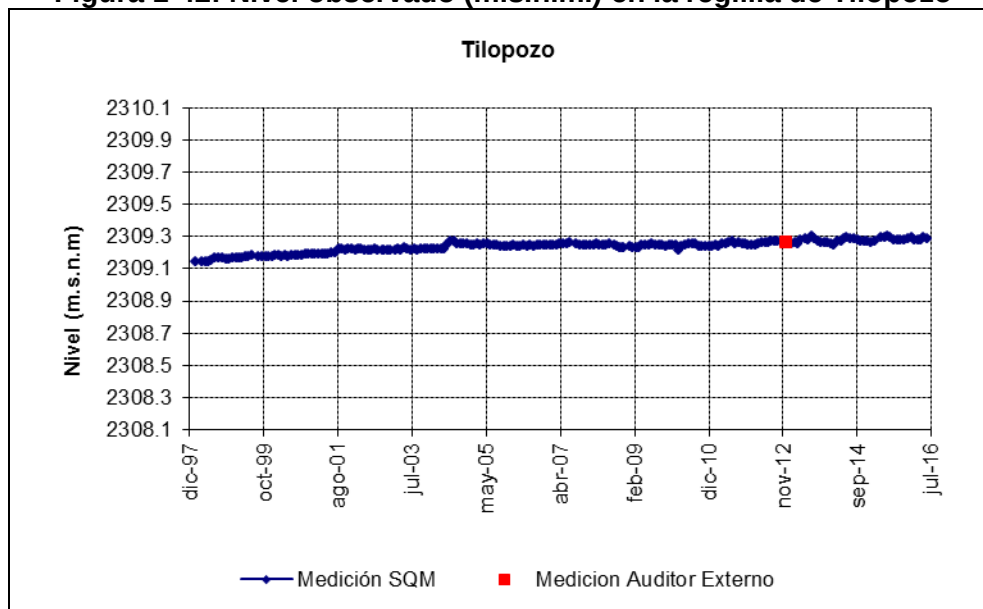
El objetivo del monitoreo (ver pozos en Figura 1-41) de esta zona es la determinación del efecto del bombeo de las explotaciones de salmuera tanto de SQM como de terceros situadas en el núcleo del salar, así como también de otros actores ubicados más al sur del Salar de Atacama. A modo ilustrativo se presenta el nivel en la reglilla Tilopozo (Figura 1-42) y en el pozo L12-3 (Figura 1-43).

Cabe señalar que el pozo L12-1 (Figura 1-44) presenta un comportamiento similar al de los pozos clasificados como núcleo salino con una tendencia al descenso producto de su cercanía a campo de pozos de extracción de salmuera de Rockwood Lithium, tendencia que se ve interrumpida por los eventos de precipitación importantes.



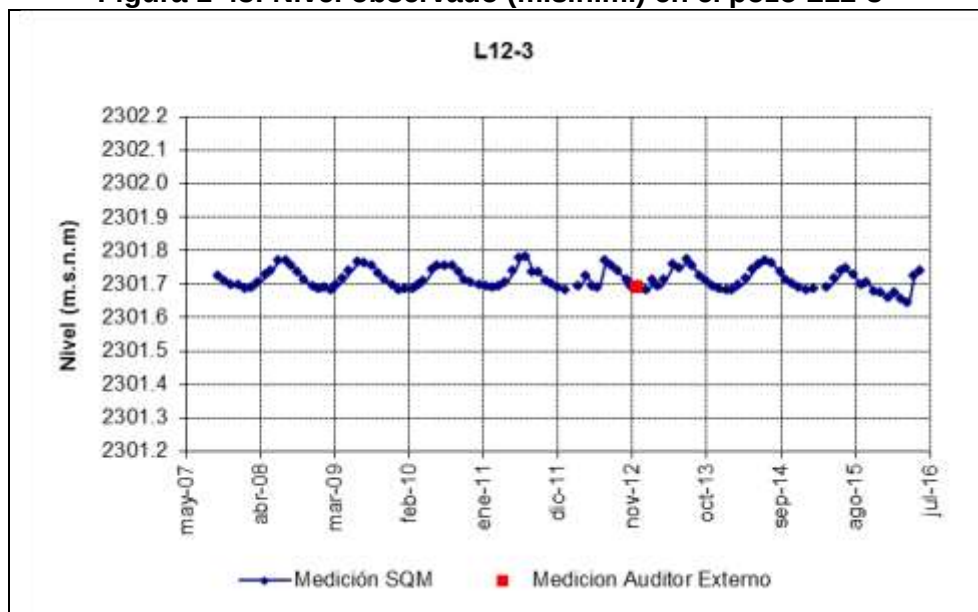
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla de Tilopozo



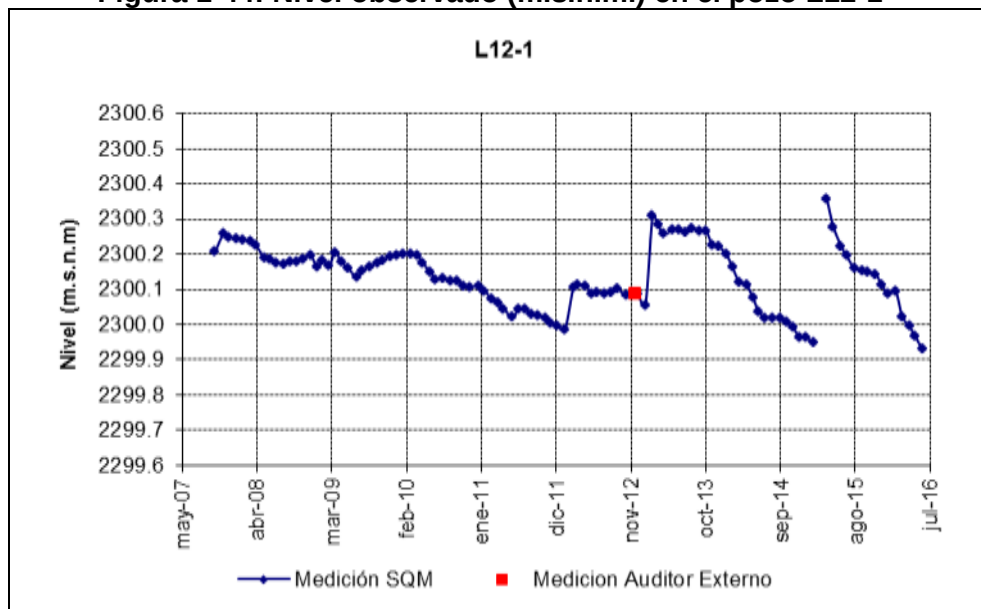
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1



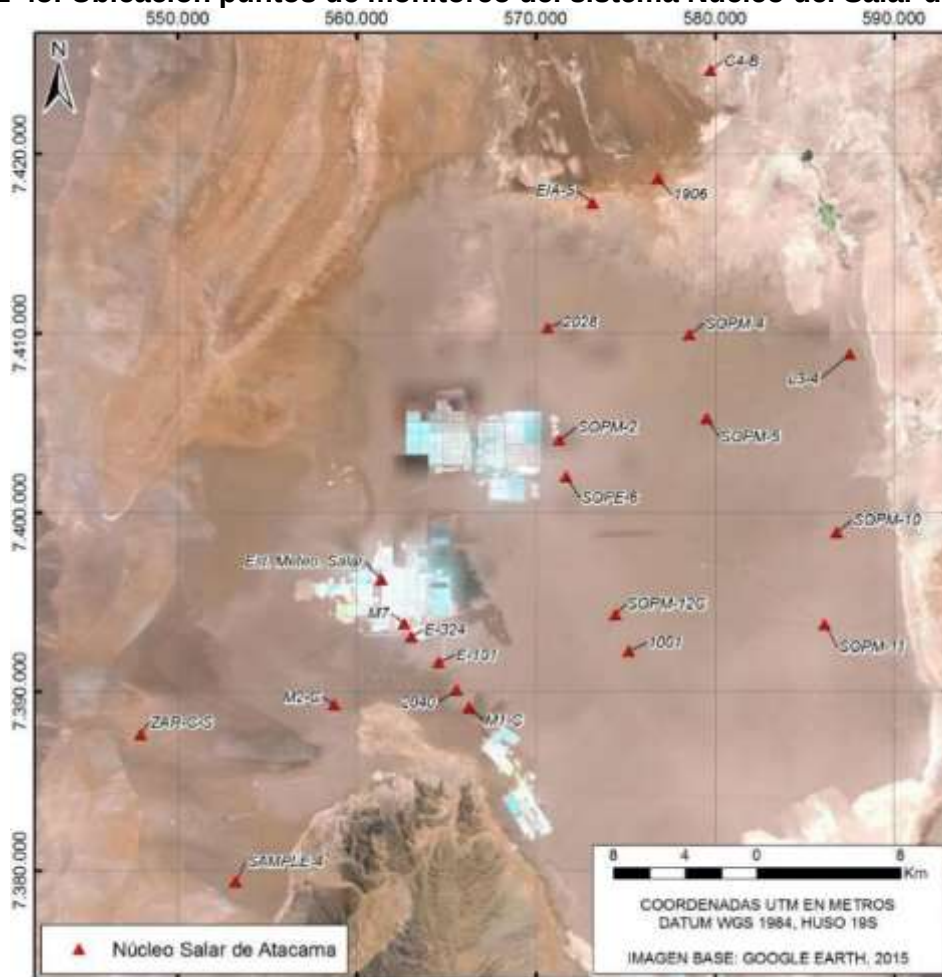
Fuente: Elaboración propia.

1.7 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Este sistema corresponde a los pozos dentro del núcleo del Salar de Atacama, en los cuales se observa un comportamiento heterogéneo de los pozos, el que se determina principalmente por su ubicación (ver Figura 1-45). En los pozos SOPM que se encuentran más alejados del bombeo de salmuera se observa una leve tendencia al descenso, cuya tasa de descenso cambia con los episodios de lluvias ocurridos en verano. A modo de ejemplo, se presenta el nivel en el pozo SOPM 4 (Figura 1-46).

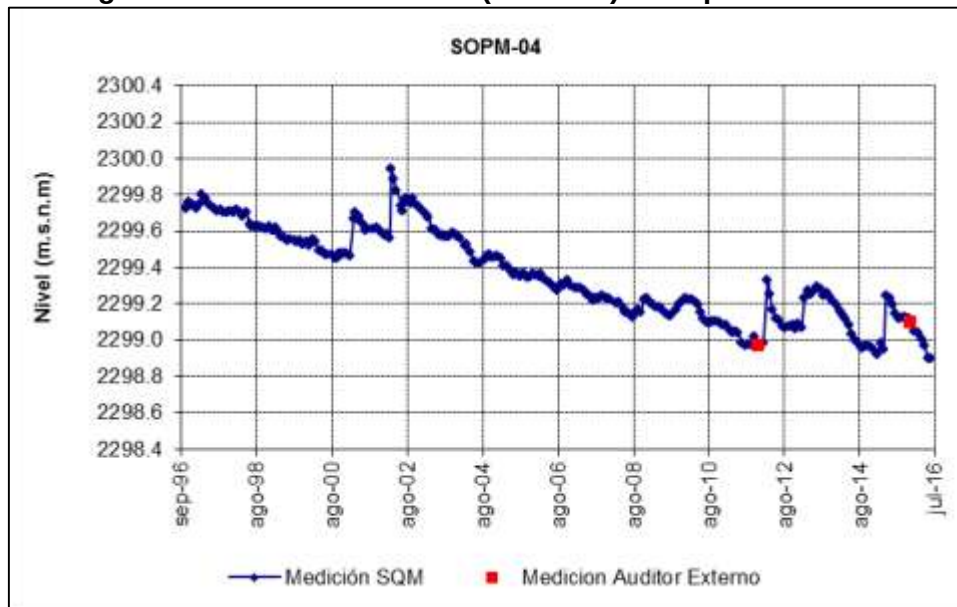
En los pozos más cercanos al sector de bombeo de salmuera, el descenso es más notorio que en los pozos SOPM (como ejemplo se presenta el pozo 2040, Figura 1-47). Asimismo, en el sector suroeste (ZAR-C-S, Figura 1-48) la napa ha disminuido sin tendencia a la estabilización y en el sector norte el nivel de la napa se ha mantenido constante con una muy leve tendencia a la disminución, pero con ascensos marcados producto de las precipitaciones en el sector. (1906, Figura 1-49).

Figura 1-45: Ubicación puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama



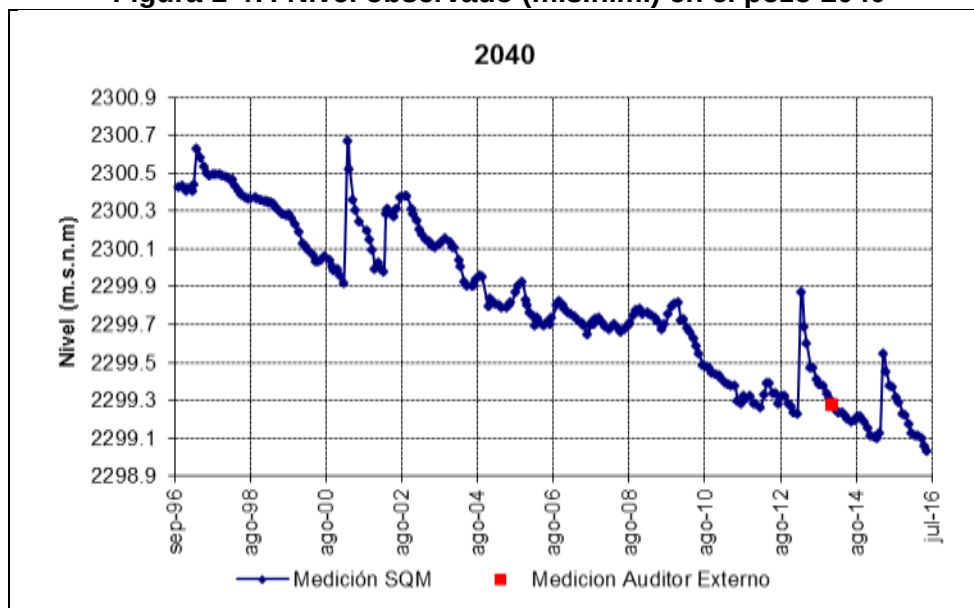
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-46: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-04



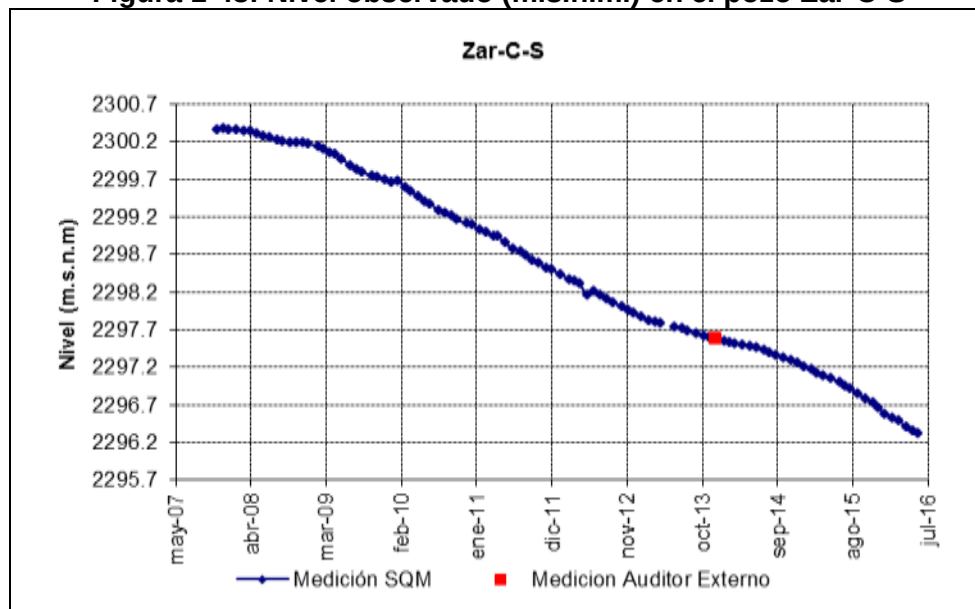
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040



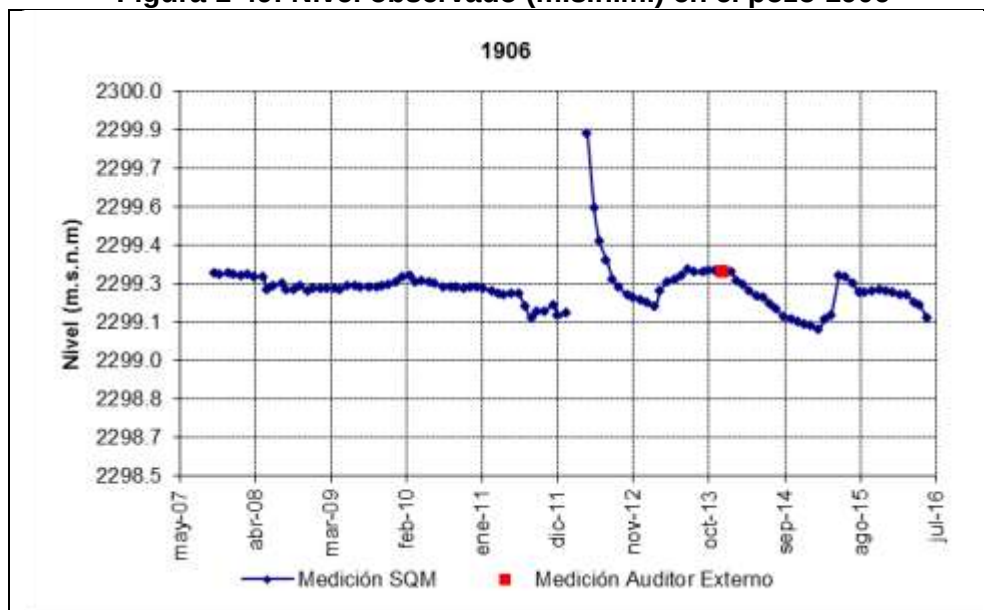
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-48: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Zar-C-S



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-49: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906



Fuente: Elaboración propia.

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°19 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH), que forma parte de las obligaciones 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”, el cual 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 hasta junio de 2016.

Para la elaboración de este informe se toma en consideración las instrucciones generales sobre la elaboración de informes de seguimiento ambiental dictado por la Superintendencia del Medio Ambiente en la Resolución Exenta N° 223/2015.

Adicionalmente, este informe recoge las observaciones emitida en el ORD. MZN N° 418/2016 por parte de la Superintendencia de Medio Ambiente, en particular lo relacionado a los resultados de los modelos locales se presenta en el ANEXO 8.

El PSAH considera la medición de todas las variables ambientales de monitoreo que reflejan el comportamiento hidrogeológico del sistema, es decir: meteorología, 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 o sectores ambientales:

- 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 una campaña de terreno que realizó la Consultora Arcadis en junio del 2016 para confirmar de manera aleatoria la información de monitoreo. En aquellos pozos visitados por Arcadis, se incorporó en los gráficos un punto rojo indicando la medición. Cabe señalar que campañas externas anteriores (previas al año 2015) fueron realizadas por DICTUC S.A. y por GeoHidrología Consultores Ltda., unificándolas todas con la leyenda “Medición Auditor Externo”.

ALS Patagonia S.A – Sucursal Antofagasta entrega los resultados de los análisis físico-químicos de las muestras de agua que toma SQM en terreno, la Universidad Católica del Norte realiza análisis físico-químico de las muestras de agua que toma CONAF en el marco del convenio entre SQM y CONAF, la Consultora Geobiota anualmente realiza mediciones de las superficies lacustres a través de imagen satelital y CONAF también estima las superficies lacustres a través de estacas perimetrales.

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 1, 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	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
ALS Patagonia S.A.	Análisis de parámetros físico-químico
Ingeniería, Asesoría y Servicios Limitada (INGEOSERV)	Medición (2015) en terreno de Superficie Lacustre mediante Topografía
Geobiota	Medición anual (abril) a través de imagen satelital de Superficie Lacustre
Arcadis	Visitas semestrales en terreno para validación de datos

Fuente: Elaboración propia.

3 OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

Las mediciones consideradas en el PSAH tienen como propósito realizar un seguimiento de diferentes variables ambientales de los sectores sensibles del Salar de Atacama, proveer información para operar el Plan de Contingencia (PC) y caracterizar el comportamiento de la componente agua (subterránea y superficial) con el objetivo de entender su funcionamiento y evaluar si han existido desviaciones en los sistemas que se busca proteger, respecto de sus condiciones naturales históricamente observadas.

Para ello, se contemplan mediciones en seis sistemas del Salar de Atacama:

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

Los informes semestrales del PSAH tienen como objetivo informar del estado hidrogeológico de los sistemas descritos anteriormente, mediante la presentación de toda la información de monitoreo comprometida en el Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico, además de un análisis del comportamiento de estos sistemas en el tiempo.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

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. Este capítulo permite contextualizar el PSAH y entender de manera conceptual el funcionamiento e interacción entre los diferentes sistemas y sus componentes hidrogeológicos posibilitando entender los resultados presentados y su posterior discusión.

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 (capital regional) (ver Figura 4-1. Ubicación general del proyecto).

El proyecto considera la extracción de salmuera (recurso mineral) desde el núcleo del Salar de Atacama, la que contiene altas concentraciones de litio y potasio, además de sulfato y boro. A partir de este recurso natural se produce productos de litio, cloruro de potasio, sulfato de potasio y sales de cloruro de magnesio.

Figura 4-1. Ubicación general del proyecto



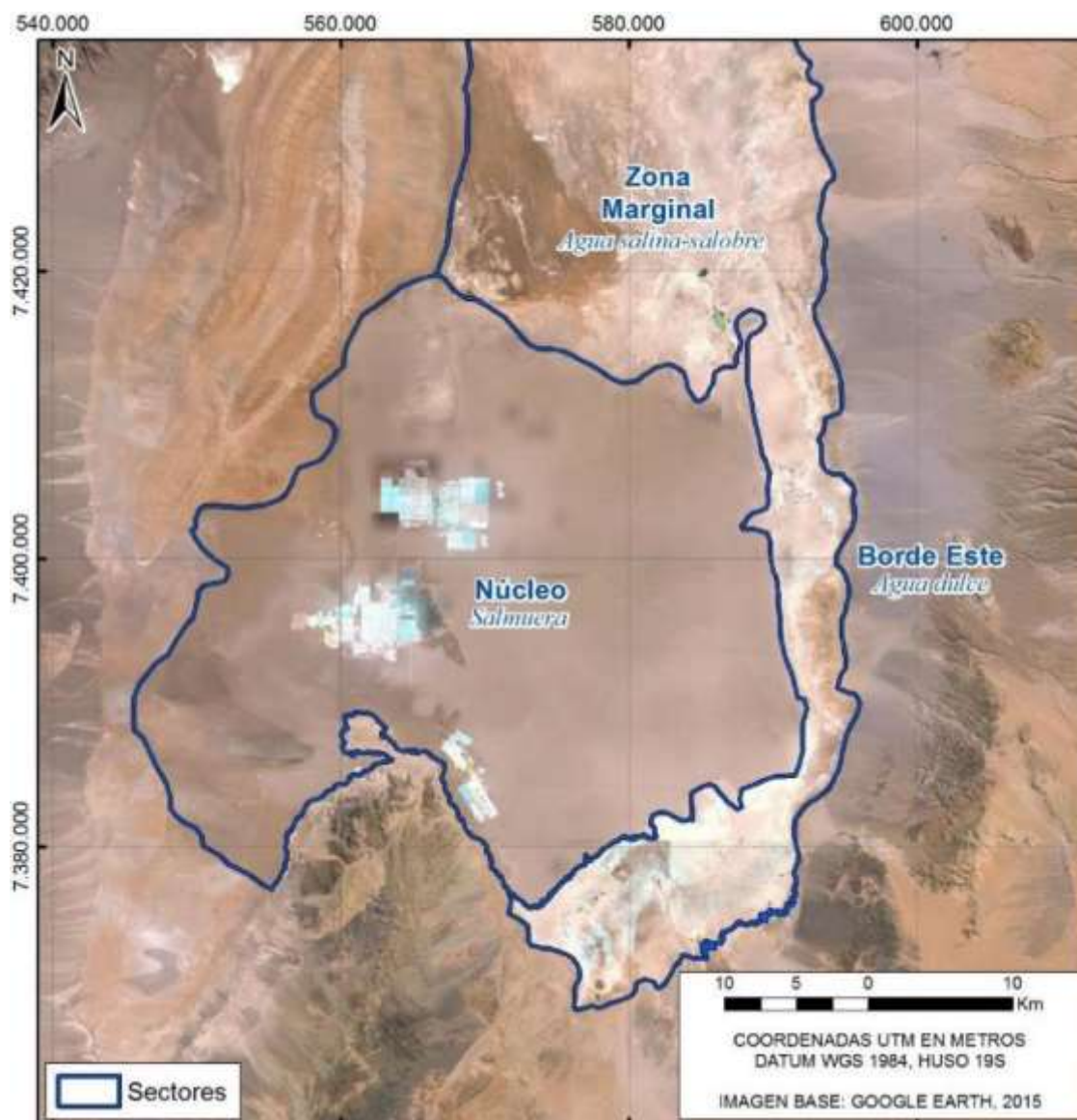
RL: Corresponde a Rockwood Litio

Fuente: Elaboración propia.

El Salar de Atacama se encuentra a una altura de 2.305 msnm aprox., posee 100 km de largo y 80 km de ancho aprox. abarcando un área de unos 3.100 km² conformada por el núcleo de sal (deposito minero) que posee una superficie aprox. de 1.100 km², rodeado por una zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km² de extensión aprox., y la presencia de acuíferos de agua dulce en la zona aluvial del borde Este del salar.

En la zona marginal se encuentran sistemas de lagunas que albergan a flamencos y otras especies de avifauna (Reserva Nacional Los Flamencos). Finalmente, además, está el sector llamado Borde Este (zona aluvial) donde existe vegetación (Figura 4-2).

Figura 4-2. Zonificación del Salar de Atacama



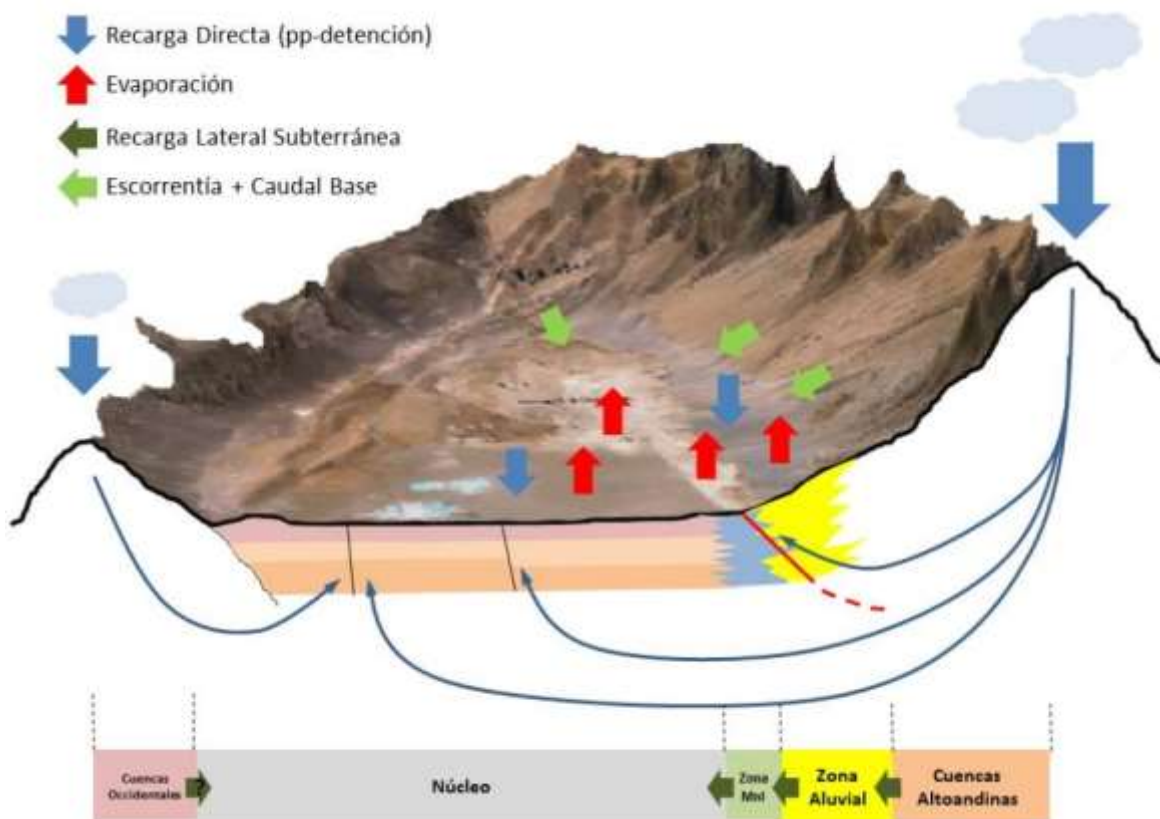
Fuente: Elaboración propia.

La zonificación indicada tiene relación con el movimiento de agua (Figura 4-3) en el Salar de Atacama (recarga y descarga).

La recarga de la zona marginal proviene de la infiltración por precipitaciones (lluvias y nieve) en los márgenes de la cuenca y que recargan los acuíferos de agua subterránea, donde además existe la escorrentía superficial y sub-superficial tanto del sector Norte como del sector Borde Este y desde el Sur de la cuenca. Dichas zonas están compuestas principalmente por material aluvial y depósitos salinos, de granulometría variable, provenientes de las partes altas de la cuenca. El agua subterránea corresponde principalmente a agua fresca (poco salina) que tiende a salinizarse a medida que se acerca a la zona marginal, debido a la concentración de sales producto de la evaporación y de la disolución de la matriz por donde circula el agua.

En la zona marginal ocurre la descarga natural por la gran evaporación producto del afloramiento de agua subterránea, al encontrarse el agua con la cuña salina y una zona de arcillas y yeso. (mayor detalle en la sección 5.2.7).

Figura 4-3. Esquema del movimiento del agua en cuenca del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que desde el norte del Salar de Atacama existe un escurrimiento superficial proveniente del sector de las nacientes que alimenta en forma directa el sistema de lagunas del norte del Salar de Atacama (Laguna Chaxa y Barros Negros) y se monitorea mediante aforos para medir el caudal. Esta recarga de agua es importante ya que su variación se relaciona directamente con el estado de los sistemas lacustres (niveles y superficies lacustres), y no así con el nivel del acuífero de salmuera que está aguas abajo de las lagunas.

Es importante indicar que la dinámica de estas lagunas, en particular la Laguna Barros Negros, varía en el tiempo, es así como se ha observado cambios en su morfología como también los lugares de descarga hacia el núcleo del salar, lo que se puede apreciar en algunos de los puntos de monitoreo de niveles, variaciones que no comprometen el estado de las lagunas. Estas variaciones naturales del sistema de lagunas, que se asocian a eventos importantes de lluvia.

En la zona marginal se encuentran los sistemas que se busca proteger, es decir, los sistemas lacustres de Soncor, Aguas de Quelana y Peine, además del sistema Vegetación Borde Este (Figura 4-4), por lo anterior, el proyecto cuenta con un PSAH que mide variables hidrogeológicas y permite caracterizarlos.

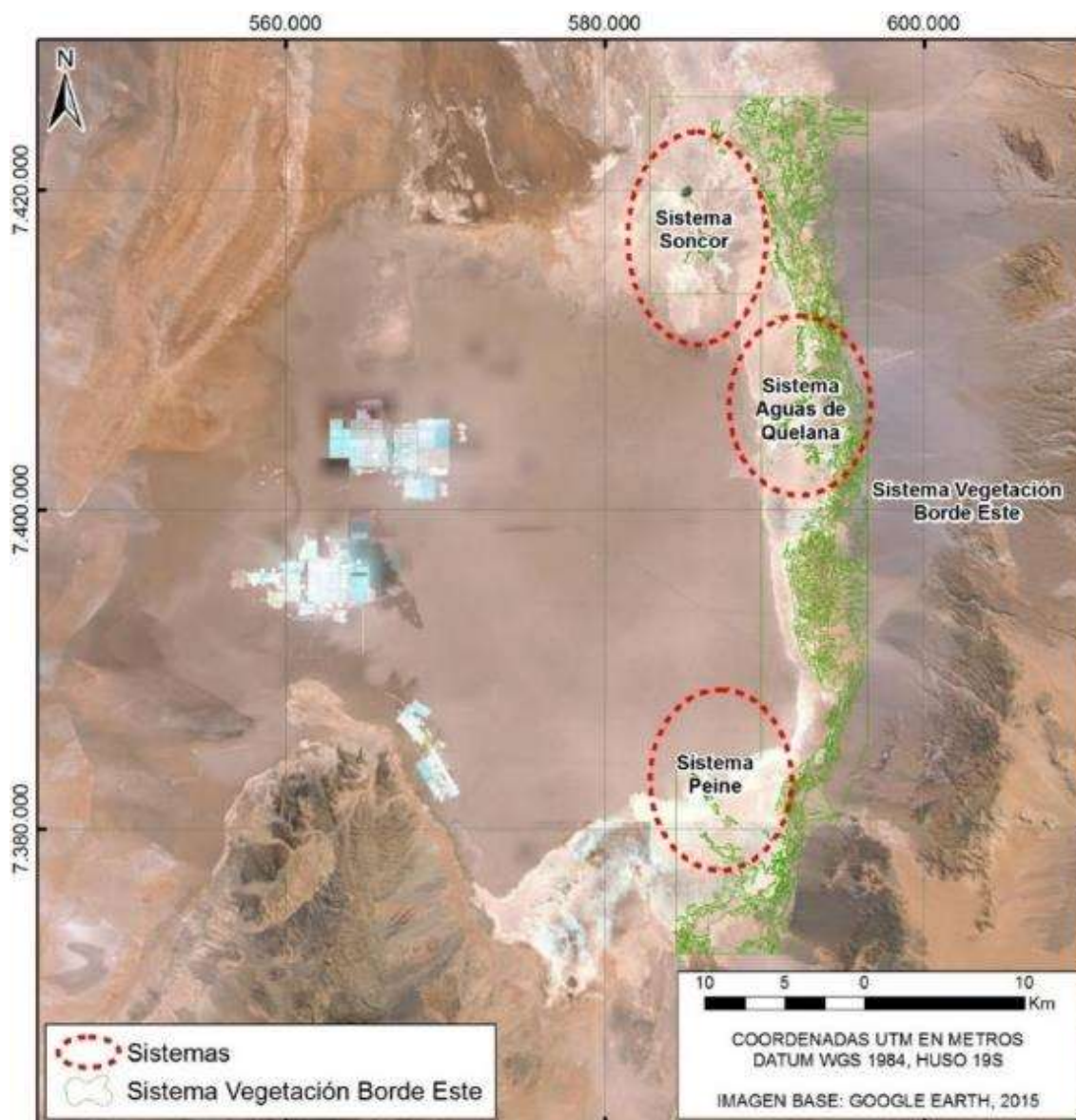
El sistema Soncor está compuesto por tres lagunas principales, dos de las cuales, Chaxa y Barros Negros, se encuentran conectadas superficialmente a través del Canal Burro Muerto y la tercera, laguna Puilar, es de menor tamaño y se ubica al noreste de las dos anteriores sin conexión superficial con ellas.

El 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.

El Sistema Vegetación Borde Este se encuentra la vegetación Hidromorfa y arbustiva.

Figura 4-4. Sistemas a proteger en el Salar de Atacama



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 antiguos y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del PSAH, los cuales se habilitaron en su totalidad el 31 de octubre de 2007.

Los 225 puntos de monitoreo que conforman el PSAH se pueden desglosar de la siguiente manera:

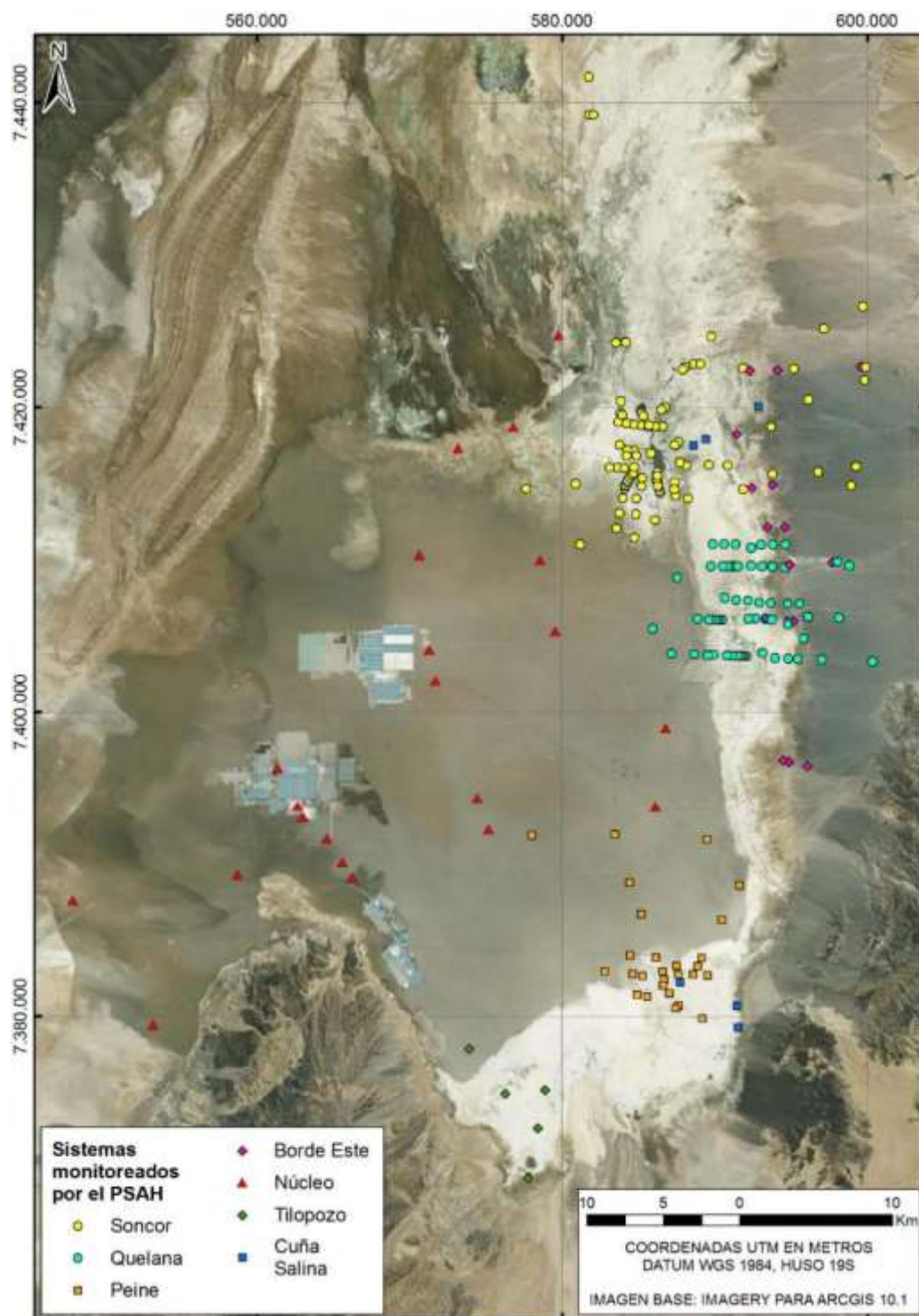
- 112 pozos someros;
- 84 pozos profundos;
- 5 pozos de bombeo de agua industrial;
- 18 reglillas para la medición del nivel de agua superficial;
- 4 estaciones de aforo de agua superficiales;
- 2 estaciones meteorológicas.

Del total de los puntos, 47 corresponden a puntos de medición continua exigidos en la RCA 226/2006 que aprueba el proyecto. 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 imposibilita realizar un monitoreo adecuado durante el período reproductivo de los flamencos.

Los puntos de monitoreo hidrogeológicos que conforman el PSAH se encuentran distribuidos en el núcleo, en la zona marginal y en el borde este del Salar de Atacama (Figura 4-5). La gran mayoría de los puntos de medición se ubican en la zona marginal y en el borde este, justamente donde se encuentran emplazados los sistemas ambientales que son objeto de protección y en zonas que requieren un adecuado seguimiento.

En el ANEXO 2 se presenta el levantamiento topográfico realizado a los puntos del PSAH en coordenadas UTM WGS 84 Huso 19S.

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 han sido agrupados en niveles de agua superficial y subterránea, calidad físico-química del agua, aforos de caudal, caudal bombeado a través de pozos de agua industrial, meteorología y superficie lacustre. A continuación, se describen los parámetros utilizados pertenecientes a los grupos mencionados. En la Tabla 4-1, se muestra resumen de todos los parámetros que se miden en el Plan de Seguimiento Ambiental y las unidades en que se expresan.

4.2.1 Niveles de agua superficial y subterránea

El nivel del agua expresada en unidades de metros sobre nivel del mar (m.s.n.m.) es un parámetro que indica la energía potencial gravitatoria del agua. A partir de este parámetro se establece la relación entre distintos cuerpos de agua y la dirección del flujo de agua tanto a escala local como regional. En el ANEXO 3 se indican los valores registrados durante el período Enero-junio del 2016.

4.2.2 Calidad físico-química del agua

El agua en la naturaleza contiene gran cantidad de elementos y moléculas que pueden estar en diferentes estados, como por ejemplo disueltos, sólidos o hidratados. En el ciclo hidrológico el agua entra en contacto con los materiales que componen la atmósfera y litosfera, debido a procesos como son la erosión, disolución, entre otros, y van incorporando elementos en su matriz formada por moléculas de agua. La calidad del agua depende de los elementos que contienen el agua, la forma en que se encuentran y la cantidad y proporción de éstos. Los parámetros que permiten la caracterización del agua se pueden agrupar en parámetros físicos y en parámetros químicos.

Los parámetros físicos-químicos de la calidad del agua 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 que se monitorean son las concentraciones expresadas en mg/L (o múltiples como pueden ser los µg/L o g/L en función de su grado de concentración) de arsénico, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza total, alcalinidad en mg/L de CaCO₃, sólidos suspendidos, sólidos totales, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, nitratos, fosfatos, hidrocarburos totales, detergentes aniónicos, nitrógeno amoniacal, hierro, manganeso y zinc.

Otro parámetro es la concentración de coliformes fecales que se expresan en número más probable por 100 mL, este parámetro indica la contaminación por aguas residuales de poblaciones en el entorno.

4.2.3 Aforos de caudal superficial

El caudal superficial de los cursos de agua es el parámetro que nos permite conocer la cantidad de agua que transita por un cauce superficial por unidad de tiempo. Para este efecto se cuenta con puntos de aforo del cauce natural, además de 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 registrados en las estaciones meteorológicas son los datos diarios de precipitación en mm, la evaporación en mm, la velocidad del viento en m/s y la temperatura del aire en °C. La medición de los parámetros meteorológicos más relevantes permite diferenciar la variabilidad estacional e interanual.

4.2.6 Superficie lacustre

La superficie lacustre es un parámetro importante para poder evaluar las variaciones en el área de una laguna, este parámetro se mide en m² o km².

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		msnm	Continuo-Mensual
Nivel de agua subterránea		msnm	Continuo-Mensual
Temperatura del agua	T	°C	Trimestral
pH	pH	unidades de pH	Trimestral
Alcalinidad	Alc	mg CaCO ₃ /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 ₃	mg/L	Trimestral
Bicarbonato	HCO ₃	mg/L	Trimestral
Sulfato	SO ₄	mg/L	Trimestral
Cloruro	Cl	mg/L	Trimestral
Arsénico	As	mg/L	Trimestral
Nitratos	NO ₃	mg/L	Trimestral
Fosfatos	PO ₄	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 ₄ ⁺	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
Velocidad del viento	Vv	m/s	Diario
Temperatura del aire	Ta	°C	Diario
Superficie Lacustre		m ² o km ²	Trimestral-Anual

* En las muestras de agua para calidad química no se miden todos los parámetros en cada una de las muestras, sino que son distintos y dependen del objetivo de cada muestra, tal como se señala en el 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 4.

4.3.1 Monitoreo de nivel de pozos operativos y no operativos

4.3.1.1 *Secuencia para monitoreo de nivel de pozo de bombeo operativo*

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

4.3.1.2 *Secuencia para monitoreo de pozos de PSAH*

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

4.3.2 Medición de parámetros físico-químicos en terreno y muestreo

- Calibración de equipos (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
- Anotar profundidad de la bomba (cuando corresponda)
- Registrar datos, condiciones ambientales y observaciones
- 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 (cuando corresponda)
- 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.

Este tipo de medición se realiza cada 5 años¹ para mantener una comparación con la metodología anterior a la oficial e indicada en el punto anterior.

4.3.3.3 Medición mediante estacas perimetrales

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

¹ De acuerdo a la Res. Exenta 224/2010 de la Comisión Regional del Medio Ambiente, Región Antofagasta.

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

Esta metodología es la más imprecisa de todas, pero se mantiene porque es la forma que Conaf ha realizado la estimación de superficies lacustres desde el inicio del convenio con SQM de monitoreo en 1997; Conaf decide continuar con esta estimación para no perder continuidad del seguimiento.

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

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. Mayor detalle de los equipos se presenta en el punto 4.4.5 y en el ANEXO 5.

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 obstante, no se incluyen los materiales auxiliares como pudieran ser las camionetas u equipos de protección personal (EPP), estos están detallados en los procedimientos incluidos en el Medición de niveles de agua

- 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.

4.4.1 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

4.4.2 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 de 1000, 500 y 250 mL.
- Etiquetas autoadhesivas (si corresponde).
- Ficha de información de muestreo y parámetros de terreno.

4.4.3 Estimación de superficies lacustres

- Imágenes satelitales de alta resolución (mes de abril).
- GPS cartográfico Trimble® Nomad® 900G.
- Mediciones topográficas de perímetro con estacas de CONAF.

4.4.4 Realización de aforos en cauces naturales

- Micromolinete.
- Flexómetro.
- Planillas de terreno.

4.4.5 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.

4.5 INCERTIDUMBRES ASOCIADAS A LOS MÉTODOS UTILIZADOS

En la obtención de cualquier parámetro ambiental hay asociado un grado de incertidumbre ya sea por el factor humano de quién realice el muestreo, precisión de los equipos, representatividad de las muestras y calibración de equipos entre otros. El establecimiento de procedimientos pautados en la obtención de parámetros ambientales y 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, la observación de la medida por parte del monitor y la precisión con la que se haya medido la cota del punto de referencia, 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 centímetro.

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 incrementan la incertidumbre. Seguir los procedimientos en el caso de la medición de parámetros “in situ”, muestreo y la seriedad en el 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, la precisión de medición del molinete 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 5).

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 indirectamente aporta información del grado de humedad que hay en superficie, este valor 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 que estén durante la medición al alcance en el lugar de trabajo. 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.

5 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones del PSAH para cada uno de los sistemas ambientales definidos. 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

El Plan de Contingencias (PC) está orientado a dar respuesta oportuna frente a impactos no previstos en el EIA y, en este sentido, es una herramienta de gestión ambiental que permite alertar sobre los sistemas lacustres en el rango de su variación histórica. El PC fue elaborado el año 2005 con motivo del EIA del proyecto, 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 de manera tal de garantizar que las extracciones no afecten los sistemas protegidos. 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 aprobado en la RCA 226.

En la Tabla 5-1 se presentan los umbrales de activación de las distintas fases en conjunto a las cotas piezométricas del PC y en la Figura 5-1 su ubicación espacial.

De acuerdo a los nuevos requerimientos de la Superintendencia de Medio Ambiente, mediante la Resolución N° 223/2015 “Instrucciones Generales sobre elaboración del plan de seguimiento de variables ambiental y la remisión de información al sistema electrónico de seguimiento ambiental”, los informes de seguimiento ambiental deben indicar la ubicación de los puntos o sitios de muestreo, medición, análisis y/o control expresado en sistema de coordenadas UTM datum WGS 84, por lo que se calcularon los umbrales de PC utilizando la misma metodología del EIA con el nivel de la napa en coordenadas UTM WGS 84.

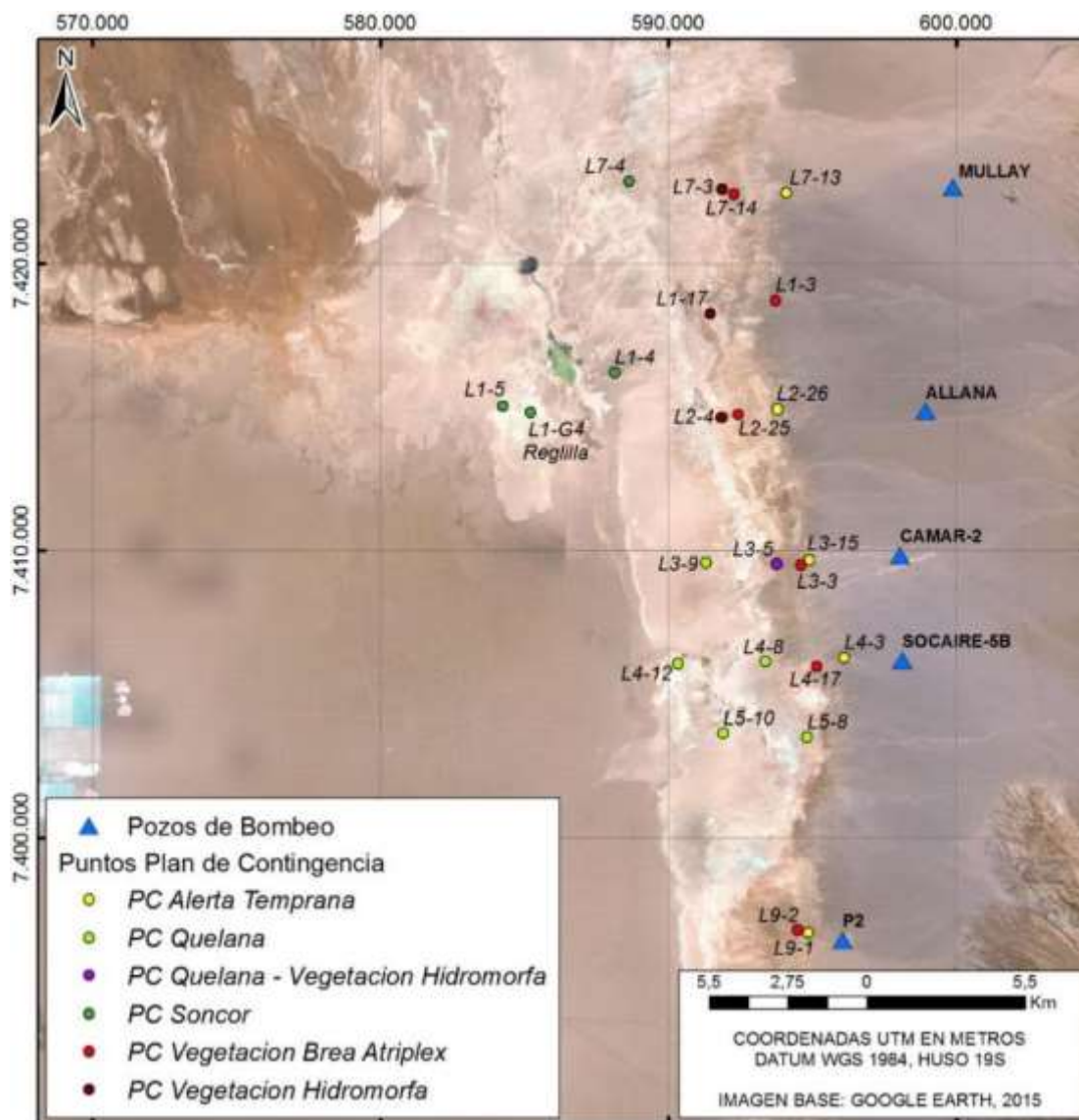
En el ANEXO 6 se presentan los valores medidos durante enero a junio 2016 de los pozos del PC en Datum WGS-1984, según lo solicitado por la Superintendencia de Medio Ambiente, en ANEXO 7 se muestra en los valores en Datum PSAD-56, donde se puede corroborar que hasta junio 2016 no se han sobrepasado los umbrales o Fase I 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 5-2, 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 las futuras revisiones al Plan de Contingencia.

Además de lo indicado anteriormente, en atención a lo señalado por la DGA a través de los Ordinarios 287/2014, 617/2015 y 542/2016, puestos en conocimiento de SQM mediante Ord.

MZN 418/2016 de la SMA, en cuanto al Plan de Contingencia para el Sistema Peine, cabe señalar que éste será complementado en los próximos meses.

Figura 5-1: Ubicación puntos del Plan de Contingencia y pozos de bombeo de agua industrial



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-1: Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota piezométrica de activación² (WGS 1984)

Sistema	Pozo	UTM Este	UTM Norte	Medición May/07	Descenso Fase I	Descenso Fase II	Cota Fase I	Cota Fase II
SONCOR	L7-4	588.645,26	7.422.857,86	2.302,24	0,05	0,07	2.302,19	2.302,17
	L1-4	588.137,91	7.416.184,62	2.299,75	0,00	0,08	2.299,75	2.299,67
	L1-5	584.418,52	7.415.394,02	2.299,39	0,02	0,18	2.299,37	2.299,21
	L1-G4 Pozo	585.210,67	7.414.816,62	2.299,48	0,11	0,27	2.299,37	2.299,21
	L1-G4 Reglilla	585.209,91	7.414.816,88	2.299,48	0,11	0,27	2.299,37	2.299,21
AGUAS DE QUELANA	L3-5	593.776,02	7.409.547,43	2.303,98	0,10	0,13	2.303,88	2.303,85
	L3-9	591.314,03	740.9573,46	2.300,35	0,10	0,13	2.300,25	2.300,22
	L4-8	593.360,43	740.6127,78	2.301,28	0,10	0,13	2.301,18	2.301,15
	L4-12	590.333,97	7.406.056,63	2.299,73	0,10	0,13	2.299,63	2.299,60
	L5-8	594.827,12	7.403.503,25	2.303,66	0,10	0,13	2.303,56	2.303,53
	L5-10	591.910,90	7.403.629,28	2.300,07	0,10	0,13	2.299,97	2.299,94
VEGETACIÓN HIDROMORFA	L7-3	591.858,28	7.422.583,15	2.313,66	0,28	0,33	2.313,38	2.313,33
	L1-17	591.453,18	7.418.238,88	2.306,58	0,28	0,33	2.306,30	2.306,25
	L2-4	591.850,74	7.414.608,96	2.303,48	0,28	0,33	2.303,20	2.303,15
	L3-5	593.776,02	7.409.547,43	2.303,98	0,28	0,33	2.303,70	2.303,65
VEGETACIÓN BREA ATRIPLEX	L7-14	592.286,51	7.422.403,41	2.315,73	0,50	1,00	2.315,23	2.314,73
	L1-3	593.724,57	7.418.707,93	2320,42	0,50	1,00	2.319,92	2.319,42
	L2-25	592.439,51	7.414.726,68	2.308,77	0,50	1,00	2.308,27	2.307,77
	L3-3	594.614,77	7.409.496,34	2.311,20	0,50	1,00	2.310,70	2.310,20
	L4-17	595.169,37	7.405.962,95	2.306,45	0,50	1,00	2.305,95	2.305,45
	L9-2	594.486,72	7.396.786,42	2.308,93	0,50	1,00	2.308,43	2.307,93
ALERTA TEMPRANA	L7-13	594.116,42	7.422.455,20	2.323,67	-	1,42	-	2.322,25
	L2-26	593.786,54	7.414.918,14	2.318,80	-	0,78	-	2.318,02
	L3-15	594.922,47	7.409.664,06	2.316,20	-	0,85	-	2.315,35
	L4-3	596.113,20	7.406.265,01	2.303,56*	-	0,92	-	2302,64
	L9-1	594.862,35	7.396.682,17	2.309,75	-	0,87	-	2.308,88

* Corresponde al nivel mínimo histórico registrado en este pozo

² Información presentada en el Informe N°17 del PSAH del proyecto Cambios y Mejoras (Sistema WGS-84) y que es equivalente al informe N°16 en el Sistema PSAD-56.

Tabla 5-2: Cronograma de entrega de informes y revisiones del Plan de Contingencia.

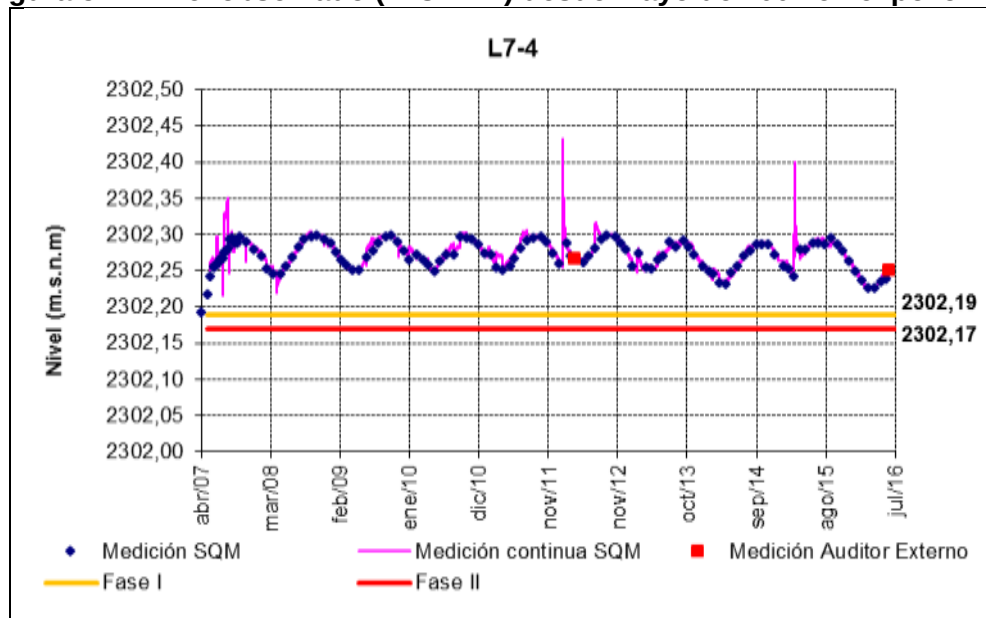
Número de Informe	Actualizado a:	Fecha de entrega	Nota
Informe PSAH N° 19	jun-16	dic-16	
4 ^{ta} actualización del Modelo Ambiental	dic-15	mar-17	Conforme a Ord. SMA N° 1748/2016
Informe PSAH N° 20	dic-16	abr-17	
Informe PSAH N° 21	jun-17	oct-17	Revisión del Plan de Contingencia
Informe PSAH N° 22	dic-17	abr-18	
Informe PSAH N° 23	jun-18	oct-18	
5 ^{ta} 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	
6 ^{ta} 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.

Desde la Figura 5-2 hasta la Figura 5-5 se presentan los niveles observados (m.s.n.m.) para los puntos de monitoreo del PC en el sistema Soncor. Desde la Figura 5-6 a la Figura 5-11 se muestran los descensos para los pozos del Sistema Aguas de Quelana y conjuntamente, desde la Figura 5-12 hasta la Figura 5-26 se presentan los descensos del nivel observado en los Pozos PC del Sistema Bordo Este (Vegetación Hidromorfa, Vegetación Brea-Atriplex y Alerta Temprana).

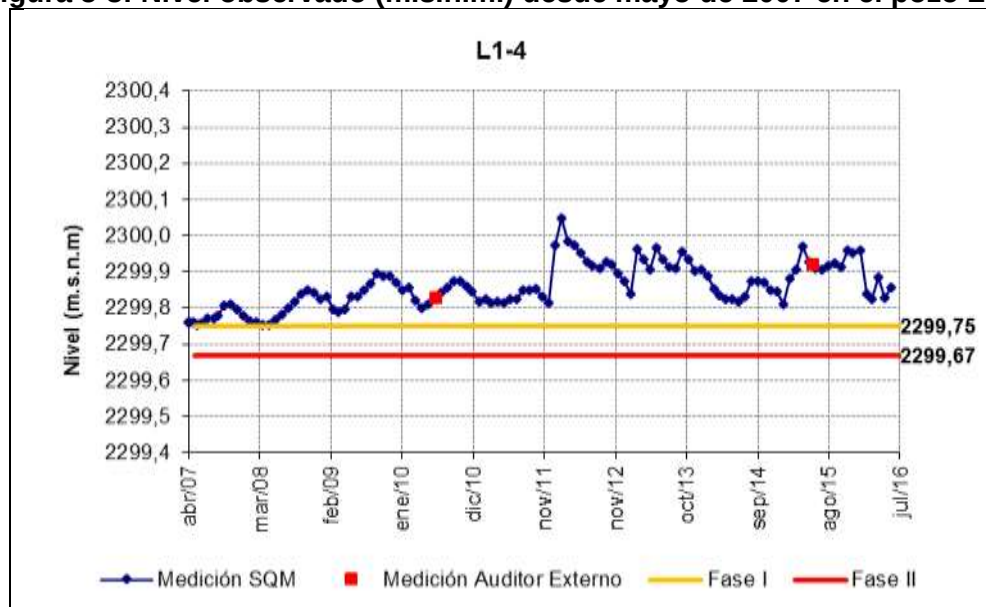
Sistema Soncor

Figura 5-2: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L7-4



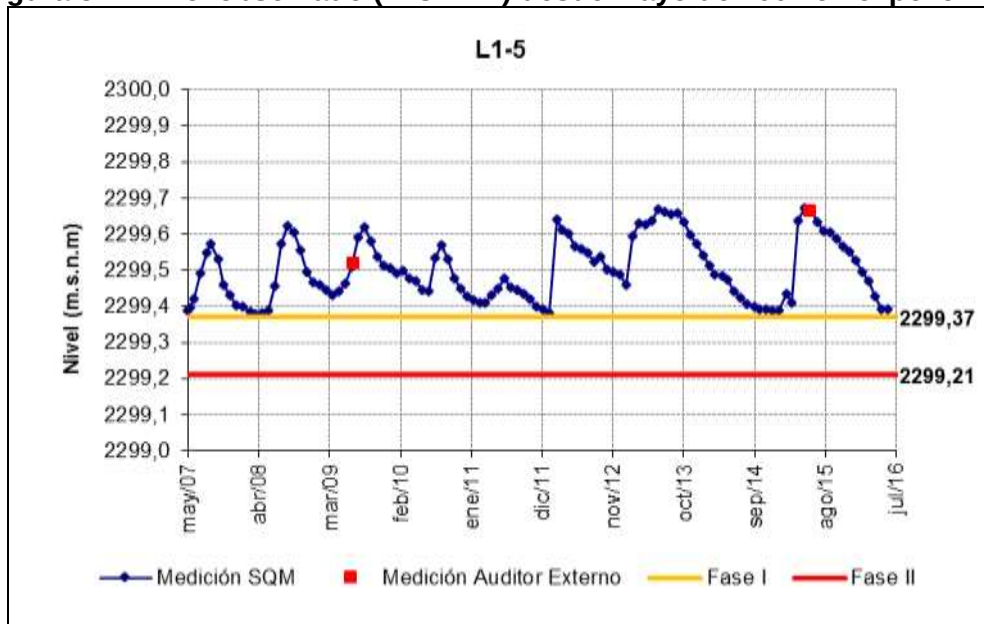
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en el pozo L1-4



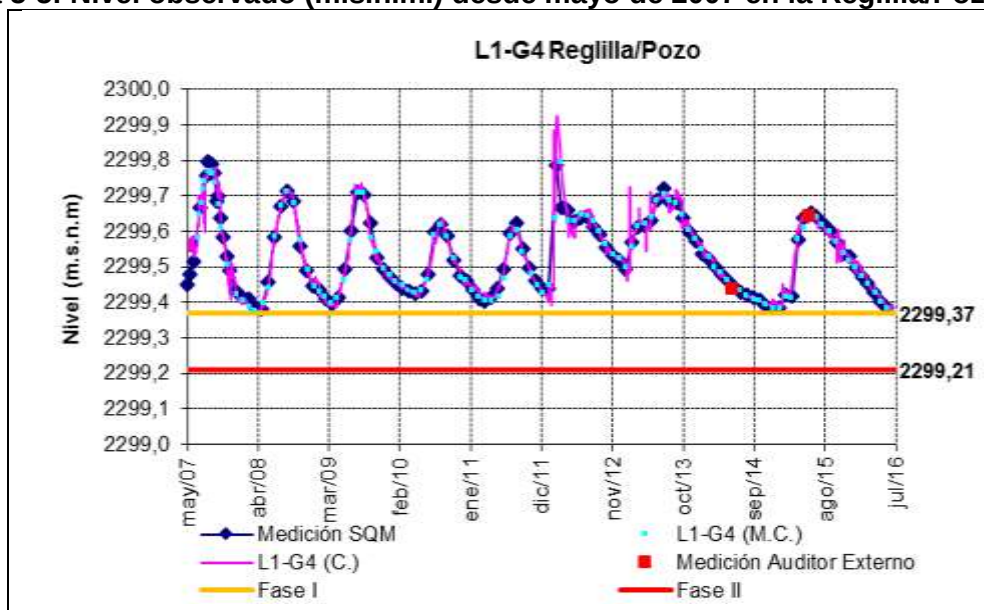
Fuente: Elaboración propia.

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



Fuente: Elaboración propia.

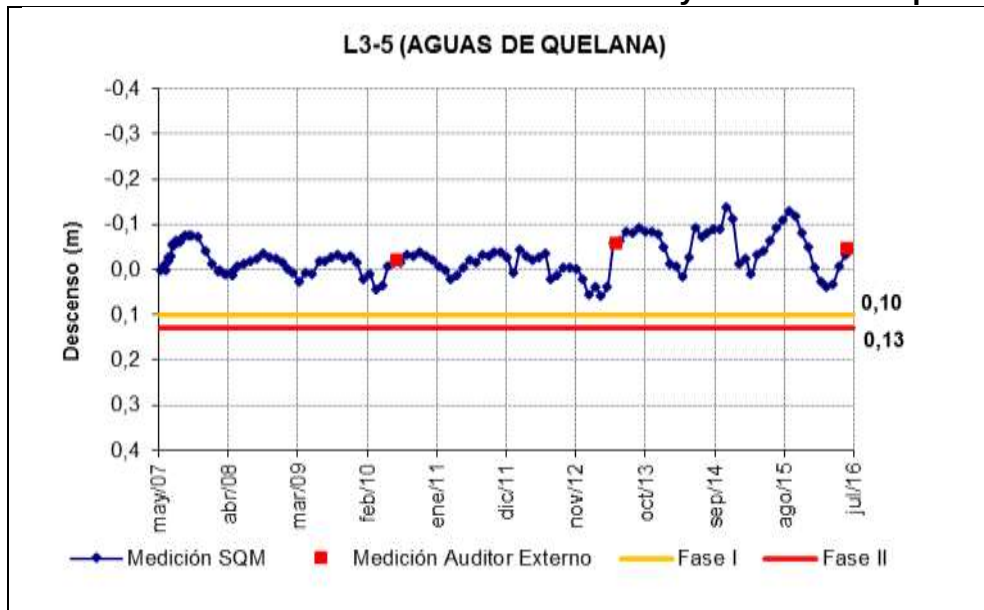
Figura 5-5: Nivel observado (m.s.n.m.) desde mayo de 2007 en la Reglilla/Pozo L1-G4



Fuente: Elaboración propia.

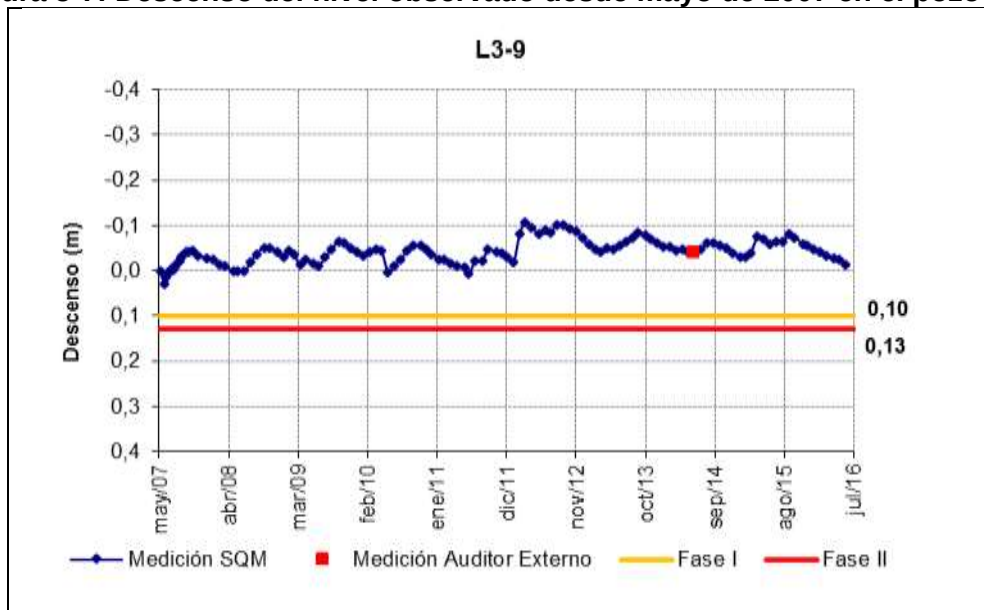
Sistema Aguas de Quelana

Figura 5-6: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-5



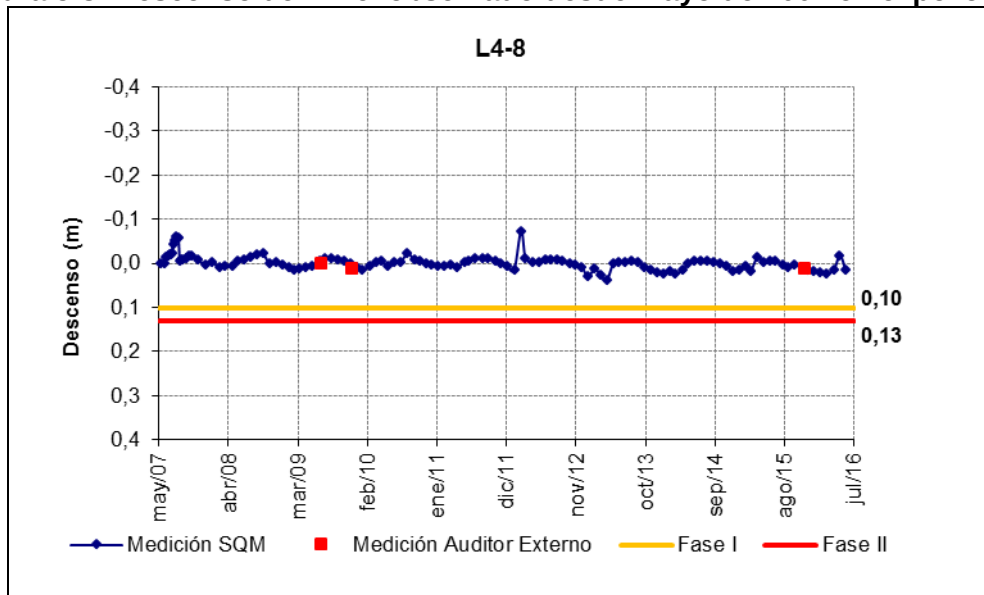
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-7: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-9



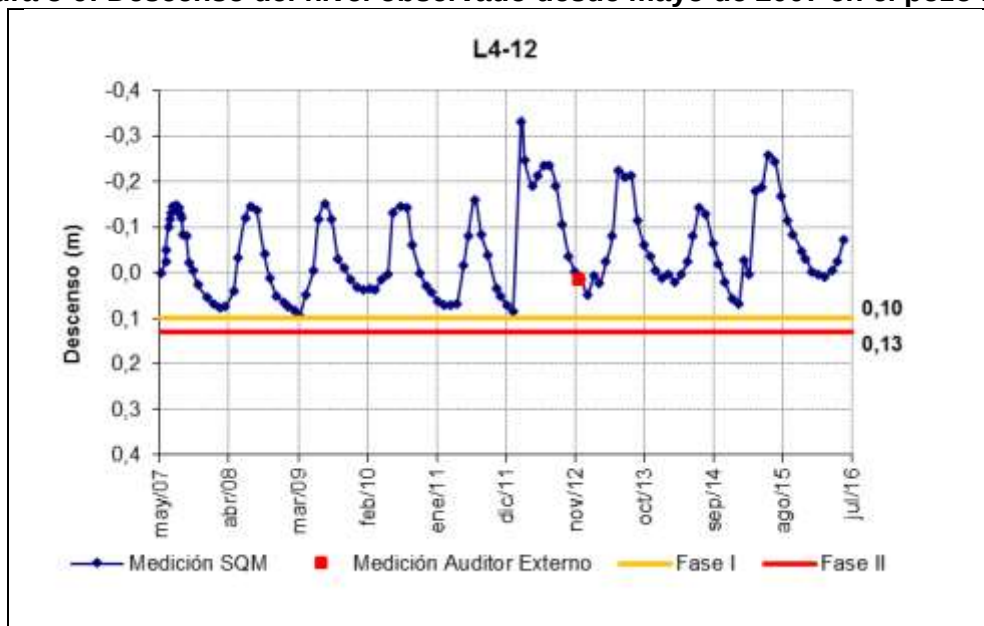
Fuente: Elaboración propia.

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



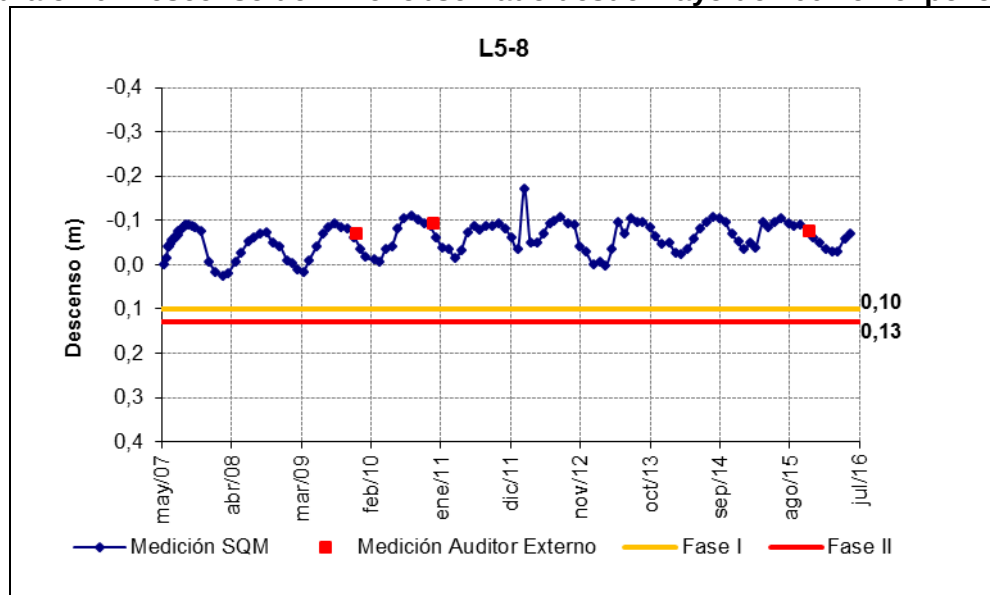
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-9: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-12



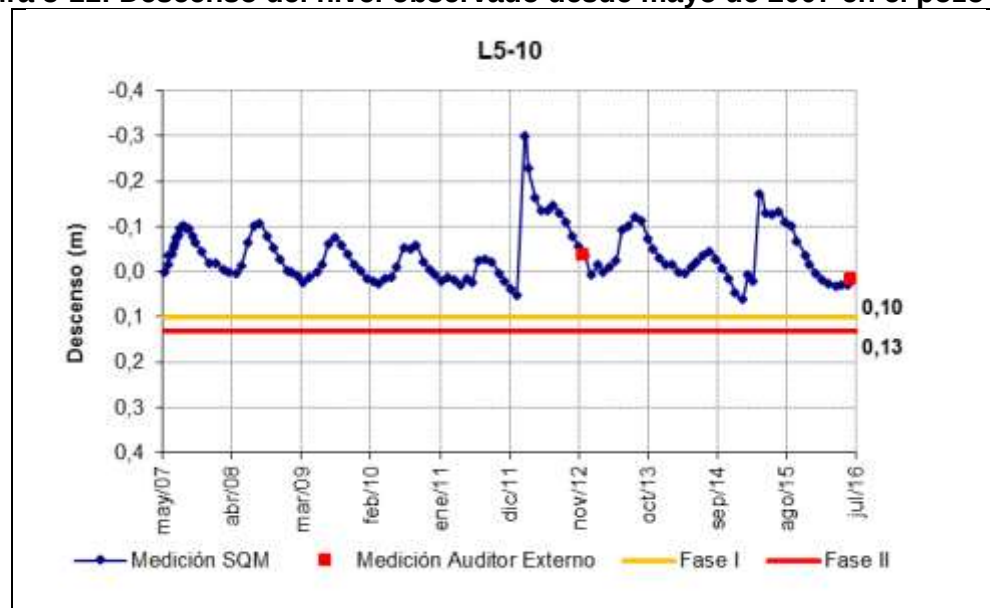
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-10: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-8



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L5-10

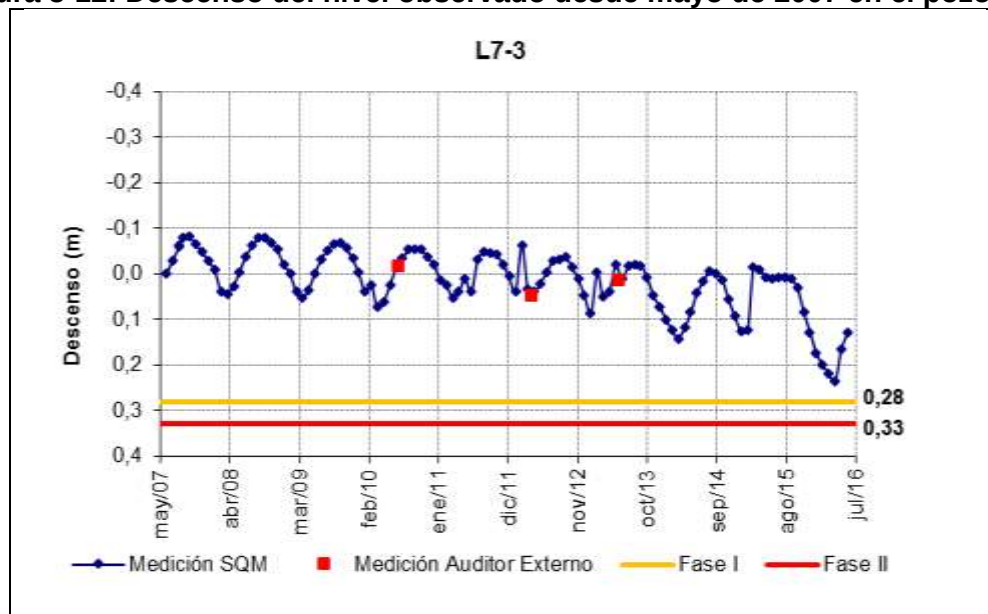


Fuente: Elaboración propia.

Sistema Borde Este

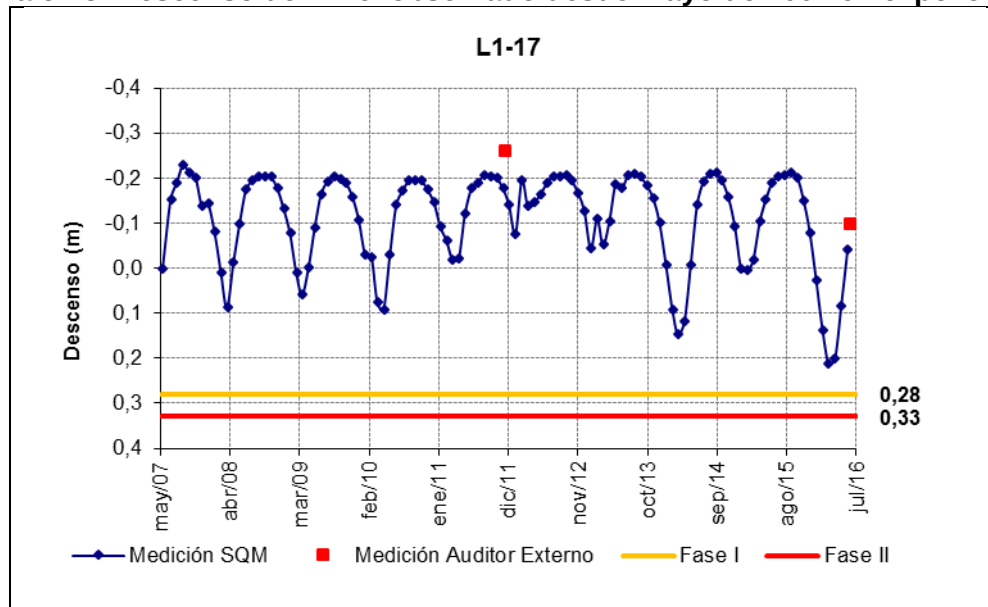
Vegetación Hidromorfa

Figura 5-12: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-3



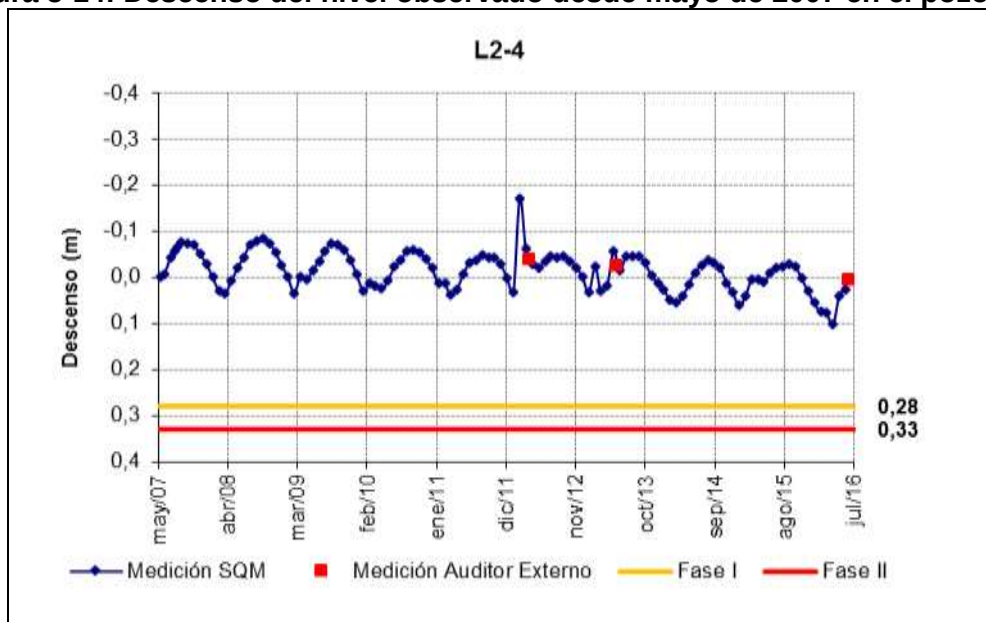
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-13: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-17



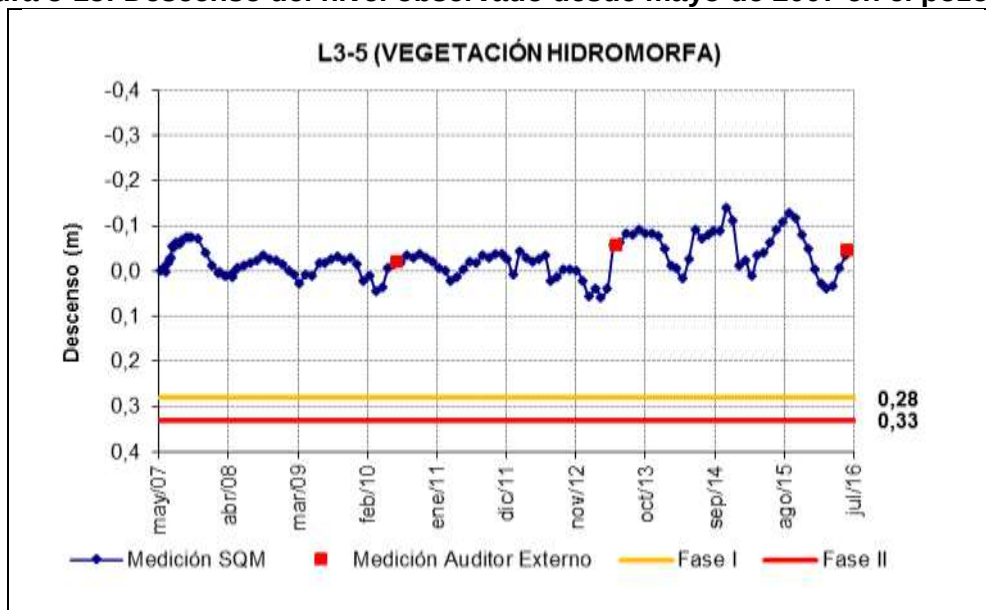
Fuente: Elaboración propia.

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

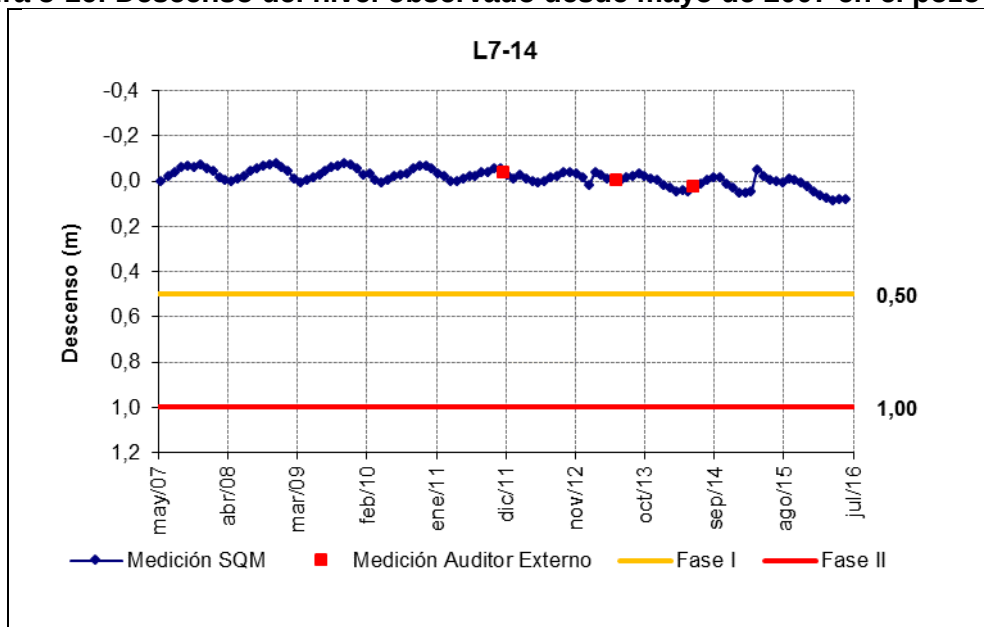


Fuente: Elaboración propia.

Sistema Borda Este

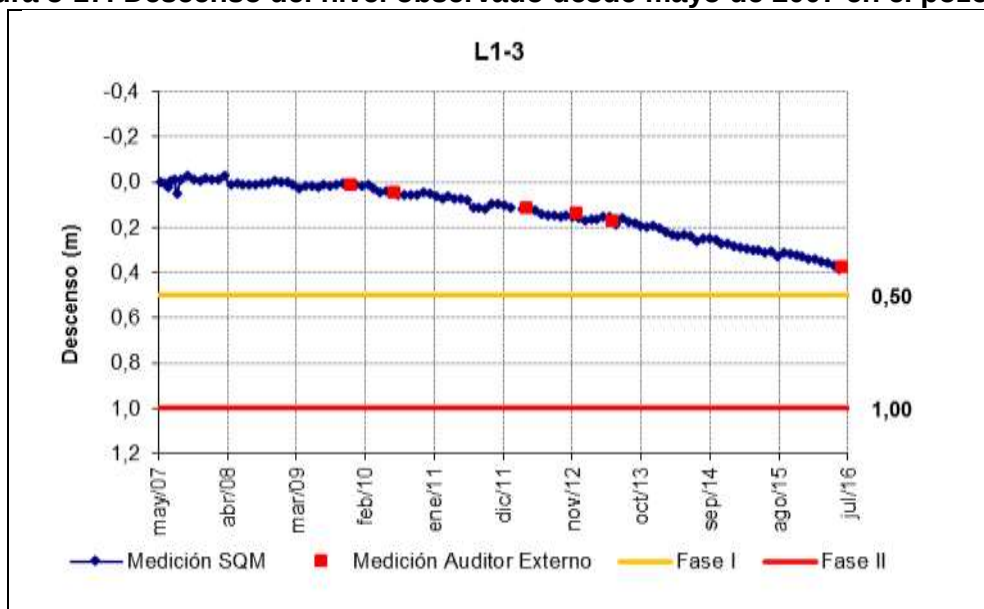
Vegetación Brea-Atriplex

Figura 5-16: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-14



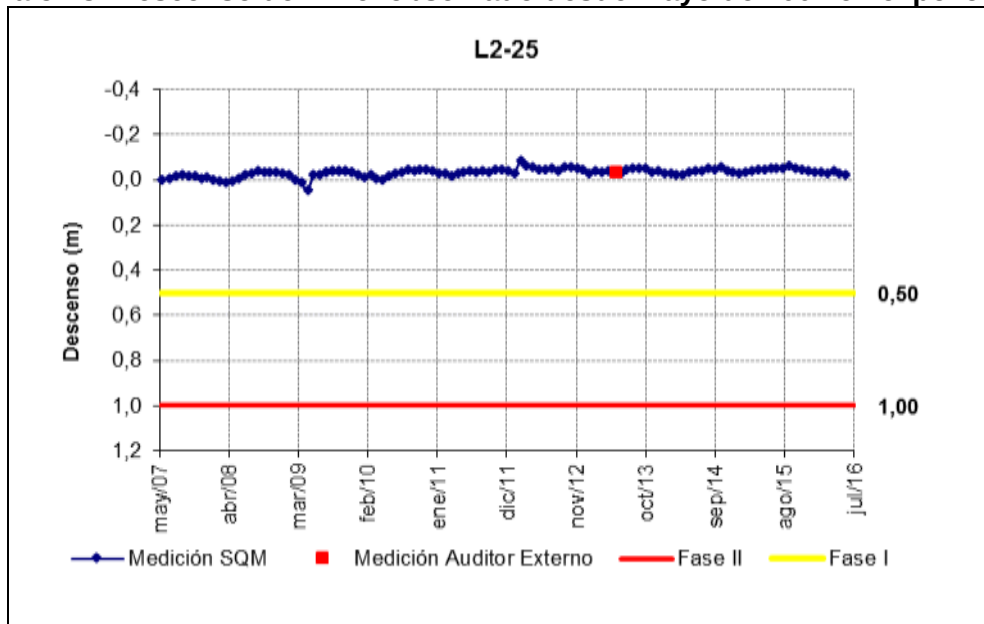
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-17: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L1-3



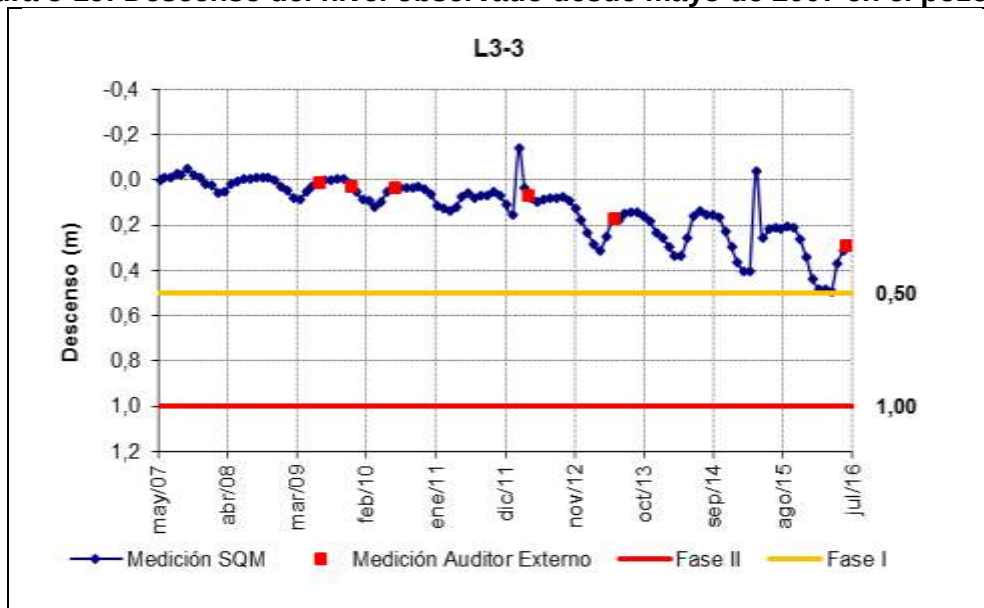
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-18: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-25



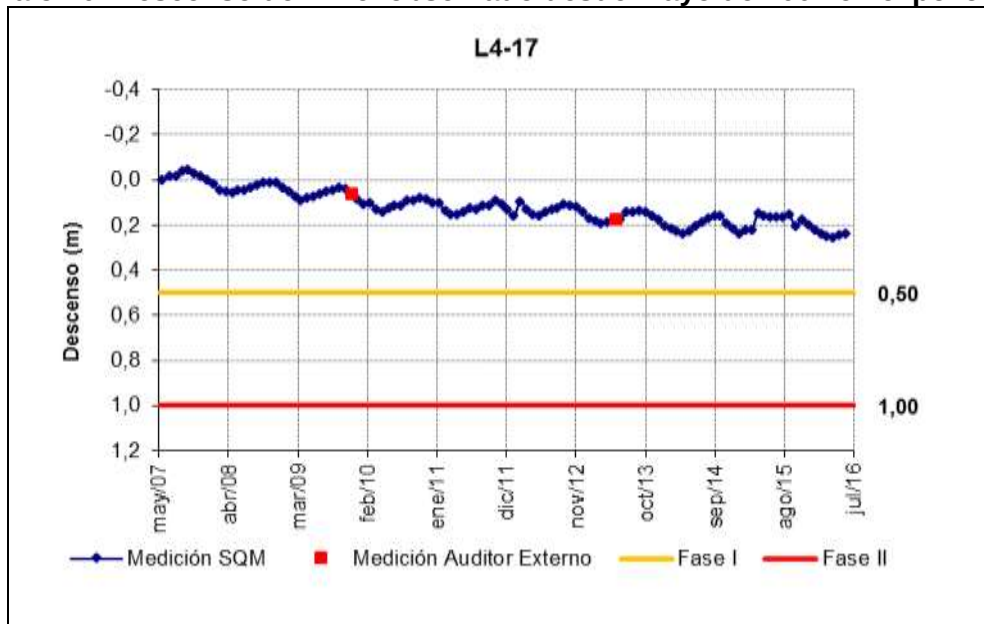
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-19: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-3



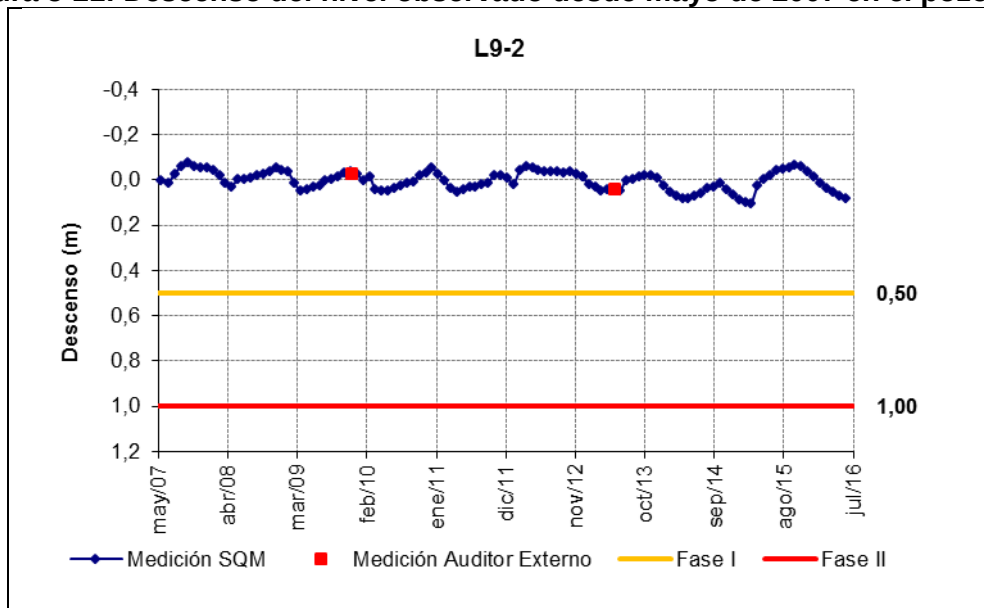
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-20: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-17



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-21: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-2

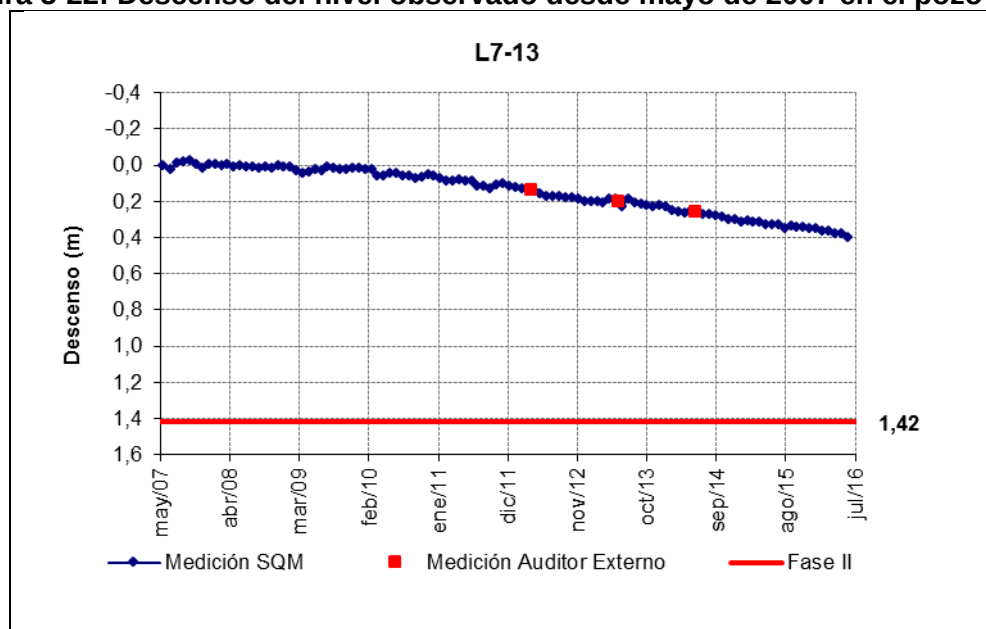


Fuente: Elaboración propia.

Sistema Borde Este

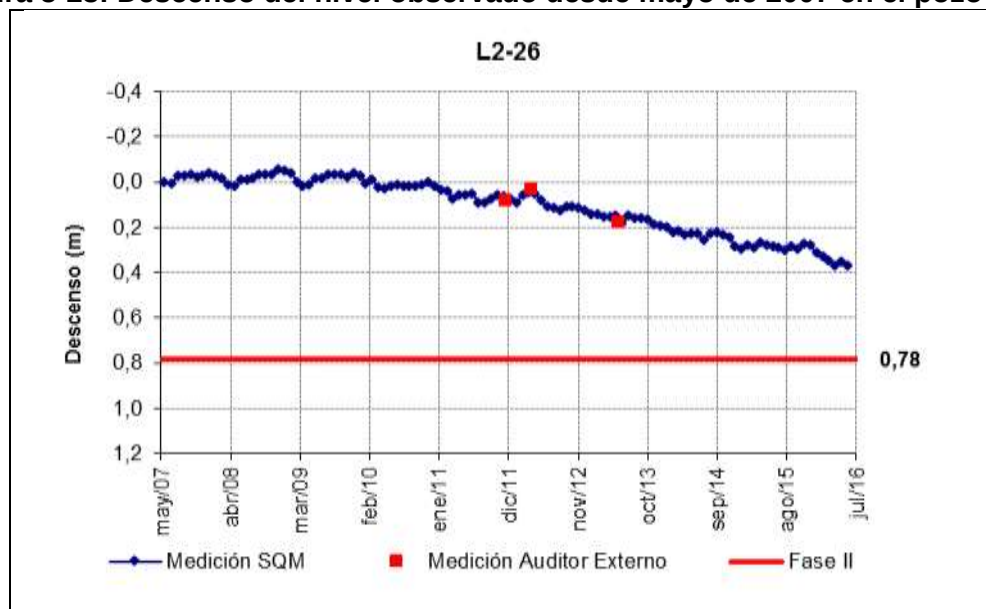
Alerta Temprana

Figura 5-22: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L7-13



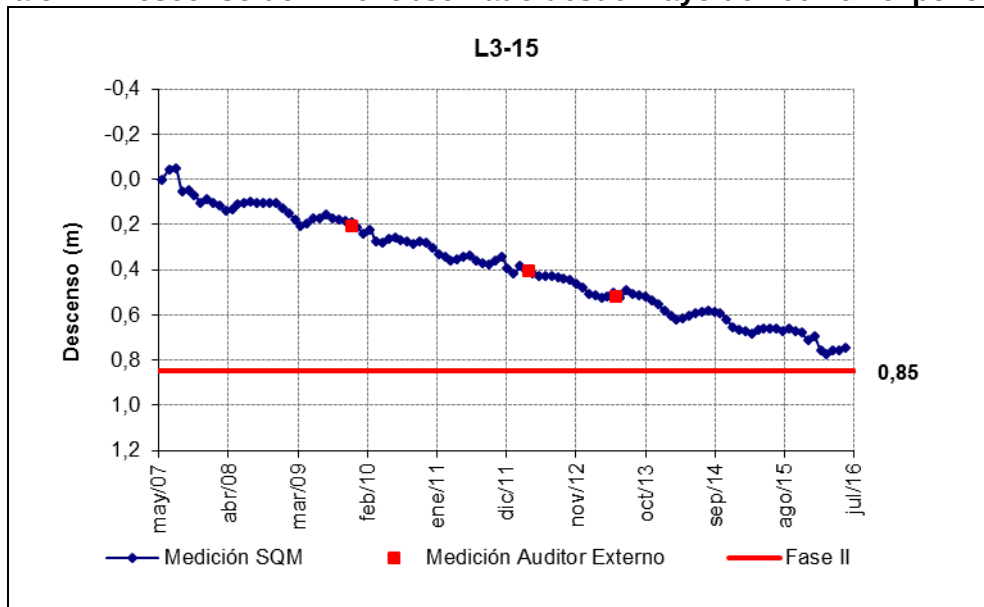
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-23: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L2-26



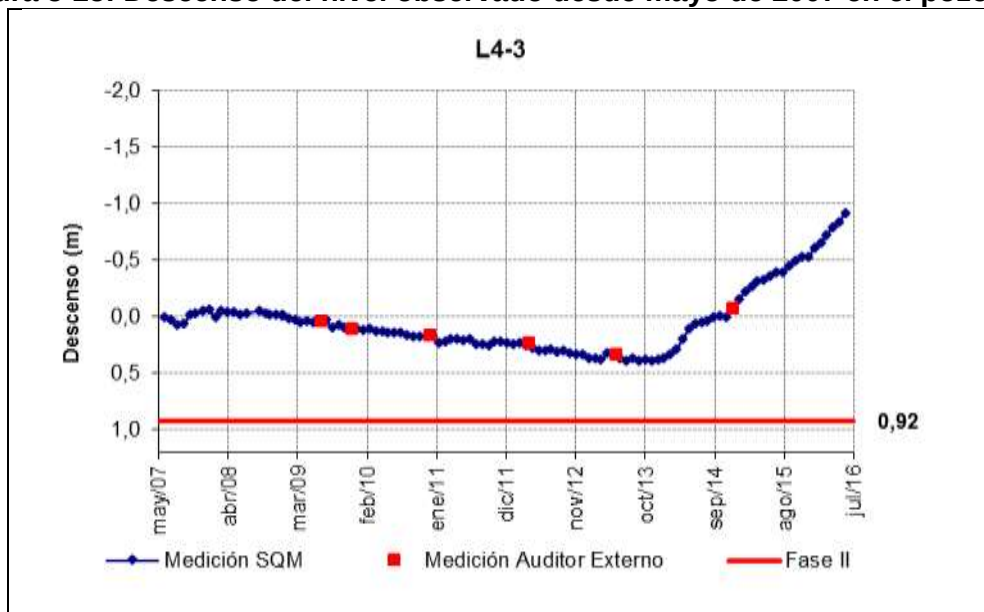
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-24: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L3-15



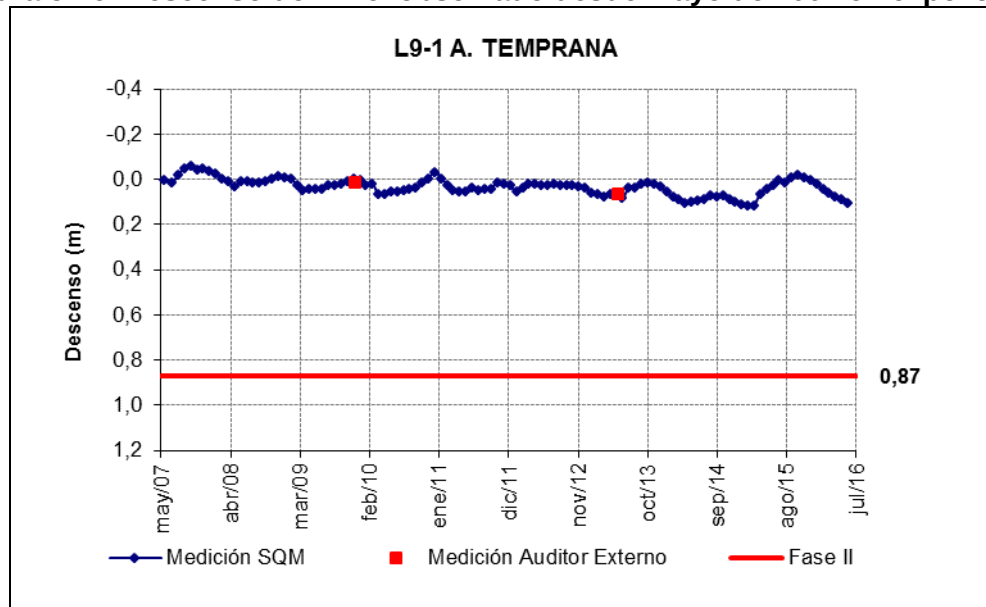
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-25: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L4-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-26: Descenso del nivel observado desde mayo de 2007 en el pozo L9-1



Fuente: Elaboración propia.

5.2 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

En este capítulo se presentan los registros de mediciones efectuadas hasta junio de 2016 en los puntos indicados en la Figura 4-5, agrupados según los siguientes sistemas:

- 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

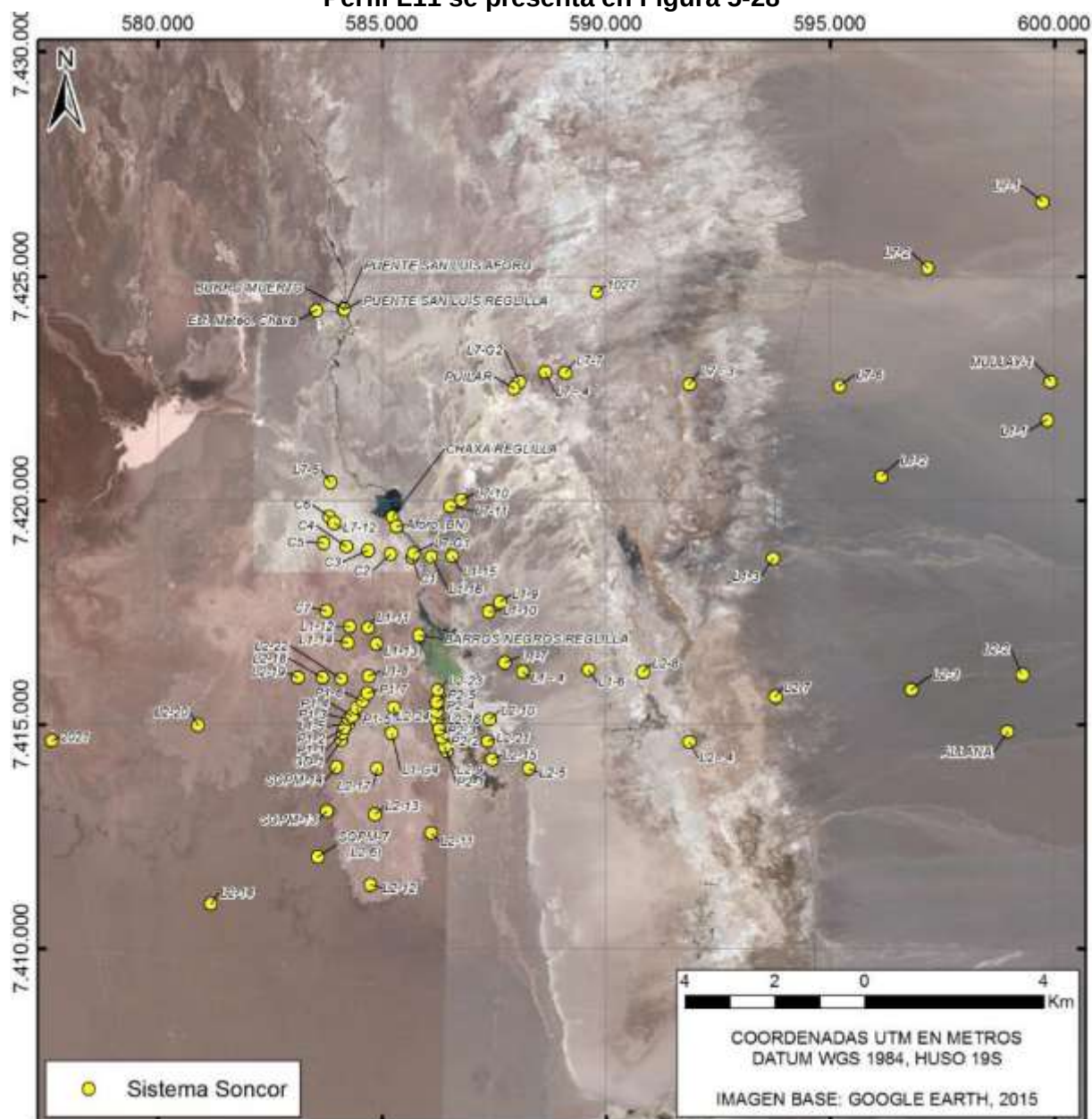
5.2.1 Sistema Soncor

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 5-27 y en la Figura 5-28 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo de este sistema.

En la Tabla 5-3 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). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el gráfico de registro de nivel.

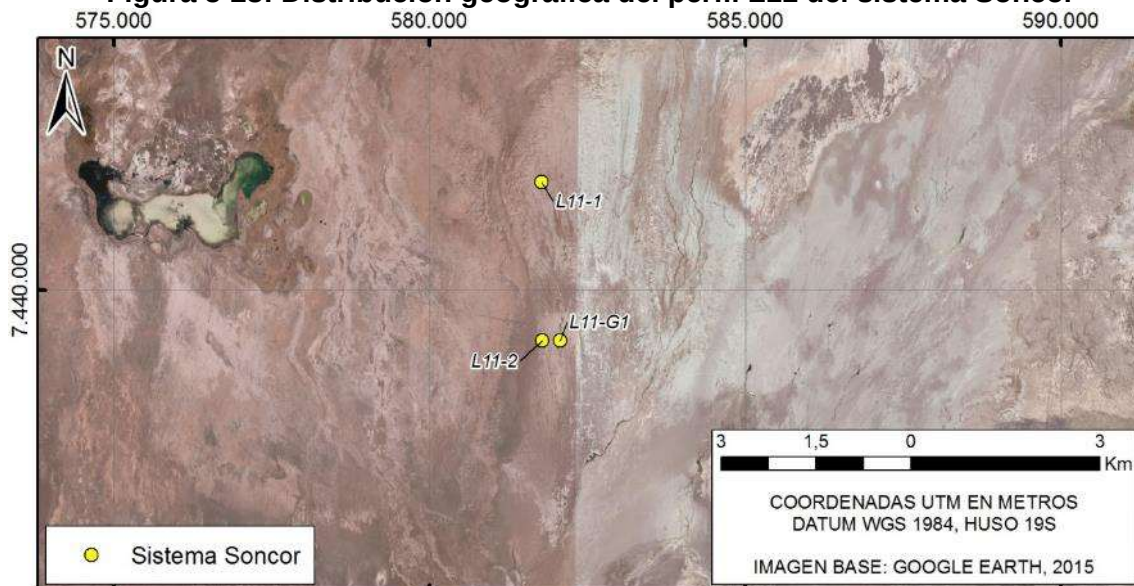
Adicionalmente, todos los puntos del Plan de Contingencia, cuentan con una gráfica que indica el descenso/ascenso de niveles desde el inicio del monitoreo en marzo del 2007 y la distancia medida desde el punto de referencia.

Figura 5-27: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor.
Perfil L11 se presenta en Figura 5-28



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-28: Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-3: Puntos de monitoreo del sistema Soncor

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L1-1	Zona aluvial	Pozo profundo	100
L1-2	Zona aluvial	Pozo profundo	100
L1-3	Zona aluvial	Pozo somero	101
L2-2	Zona aluvial	Pozo profundo	101
L2-3	Zona aluvial	Pozo profundo	102
L2-7	Zona aluvial	Pozo profundo	102
L7-1	Zona aluvial	Pozo profundo	103
L7-2	Zona aluvial	Pozo profundo	103
L7-6	Zona marginal	Pozo profundo	104
Mullay-1	Zona aluvial	Pozo profundo	104

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
Allana	Zona aluvial	Pozo profundo	105
1027	Zona marginal	Pozo somero	105
RC-1	Zona marginal	Pozo somero	106
RC-2	Zona marginal	Pozo somero	107
RC-3	Zona marginal	Pozo somero	107
RC-4	Zona marginal	Pozo somero	108
RC-5	Zona marginal	Pozo somero	108
RC-6	Zona marginal	Pozo somero	109
RC-7	Zona marginal	Pozo somero	109
GD-01	Zona marginal	Pozo profundo	110

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L1-4	Zona marginal	Pozo somero	110
L1-5	Zona marginal	Pozo profundo	111
L1-6	Zona marginal	Pozo somero	111
L1-7	Zona marginal	Pozo somero	112
L1-8	Zona marginal	Pozo somero	112
L1-9	Zona marginal	Pozo somero	113
L1-10	Zona marginal	Pozo somero	113
L1-11	Zona marginal	Pozo somero	114
L1-12	Zona marginal	Pozo somero	114
L1-13	Zona marginal	Pozo somero	115
L1-14	Zona marginal	Pozo somero	115
L1-15	Zona marginal	Pozo somero	116
L1-16	Zona marginal	Pozo somero	116
L2-4	Zona marginal	Pozo somero	117
L2-5	Zona marginal	Pozo profundo	117
L2-8	Zona marginal	Pozo somero	118
L2-10	Zona marginal	Pozo somero	118
L2-11	Zona marginal	Pozo somero	119
L2-12	Zona marginal	Pozo somero	119
L2-13	Zona marginal	Pozo somero	120
L2-15	Zona marginal	Pozo somero	120
L2-17	Zona marginal	Pozo somero	121
L2-18	Zona marginal	Pozo somero	121

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L2-19	Zona marginal	Pozo somero	122
L2-21	Zona marginal	Pozo somero	122
L2-22	Zona marginal	Pozo somero	123
L2-24	Zona marginal	Pozo somero	123
L7-3	Zona marginal	Pozo somero	124
L7-4	Zona marginal	Pozo somero	124
L7-5	Zona marginal	Pozo somero	125
L7-7	Zona marginal	Pozo somero	125
L7-10	Zona marginal	Pozo somero	126
L7-11	Zona marginal	Pozo somero	126
L7-12	Zona marginal	Pozo somero	127
L11-1	Zona marginal	Pozo somero	127
L11-2	Zona marginal	Pozo somero	128
L1-G4	Zona marginal	Reglilla	129
L7-G1	Zona marginal	Reglilla	129
L7-G2	Zona marginal	Reglilla	130
Puente. San Luis	Zona marginal	Reglilla	131
Burro Muerto	Zona marginal	Reglilla	132
L11-G1	Zona marginal	Reglilla	132
P1-1	Zona marginal	Continuo	133
P1-2	Zona marginal	Continuo	133
P1-3	Zona marginal	Continuo	134
P1-4	Zona marginal	Continuo	135
P1-5	Zona marginal	Continuo	135
P1-6	Zona marginal	Continuo	136
P1-7	Zona marginal	Continuo	136
L2-9	Zona marginal	Continuo	137
P2-1	Zona marginal	Continuo	137
P2-2	Zona marginal	Continuo	138
P2-3	Zona marginal	Continuo	138
L2-16	Zona marginal	Continuo	139
P2-4	Zona marginal	Continuo	139

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
P2-5	Zona marginal	Continuo	140
L2-23	Zona marginal	Continuo	140
2021	Zona marginal	Continuo	141
SOPM-07	Salmuera	Pozo profundo	141
SOPM-13	Salmuera	Pozo somero	142
SOPM-14	Salmuera	Pozo somero	142
L2-14	Salmuera	Pozo somero	143
L2-20	Salmuera	Pozo somero	143
Barros Negros	Zona marginal	Reglilla	144
Puilar	Zona marginal	Reglilla	145
Chaxa	Zona marginal	Reglilla	145

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
Estación meteorológica Chaxa	Zona marginal	Estación Meteorológica	146
Mullay	Zona Aluvial	Pozo de bombeo	148
Allana	Zona Aluvial	Pozo de bombeo	149
Aforo Barros Negros	Zona Marginal	Aforo	177
Puente San Luis aforo	Zona marginal	Aforo	178
Chaxa	Zona Marginal	Superficie Lacustre	179
Barros Negros	Zona Marginal	Superficie Lacustre	179
Puilar	Zona Marginal	Superficie Lacustre	179

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1 Nivel del agua subterránea y superficial

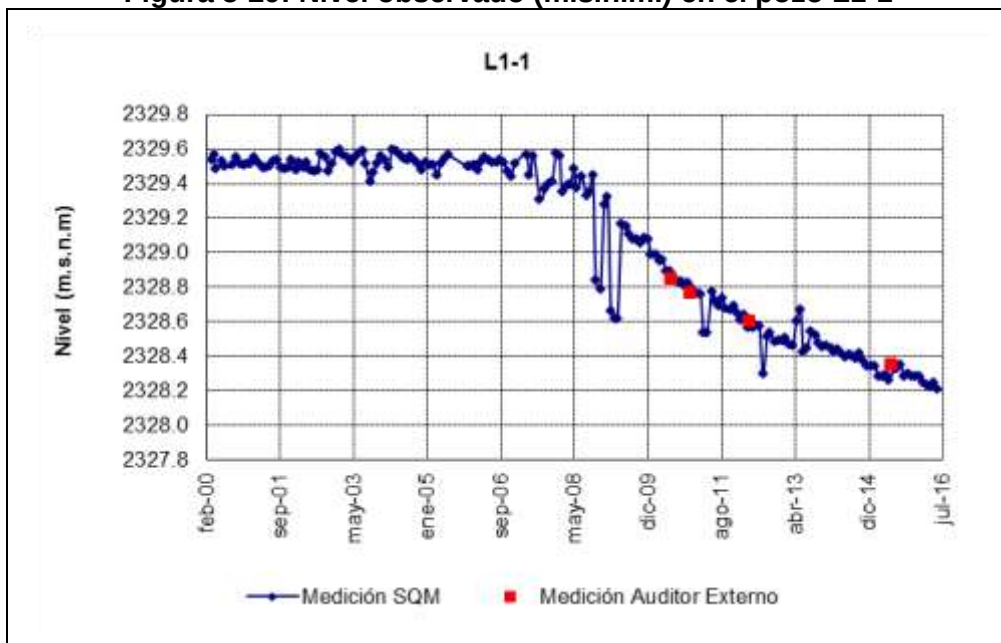
En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos y reglillas que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Soncor, niveles representados gráficamente desde la Figura 5-29 a la Figura 5-115. Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 (Figura 5-31, Figura 5-62 y Figura 5-76, respectivamente) forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este y serán presentados sólo en esta sección.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, Arcadis realizó visitas y validaciones (junio de 2016) en este sistema en los pozos L1-3, L2-2, L2-3, L2-7, 1027, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-6, RC-7, GD-01, L2-4, L2-8, L2-19, L2-21, L2-22, L7-4, L7-7, L7-10, L7-11, L7-12, CHAXA REGLILLA. Este informe se presenta en el ANEXO 12.

5.2.1.1.1 Pozos en zona aluvial

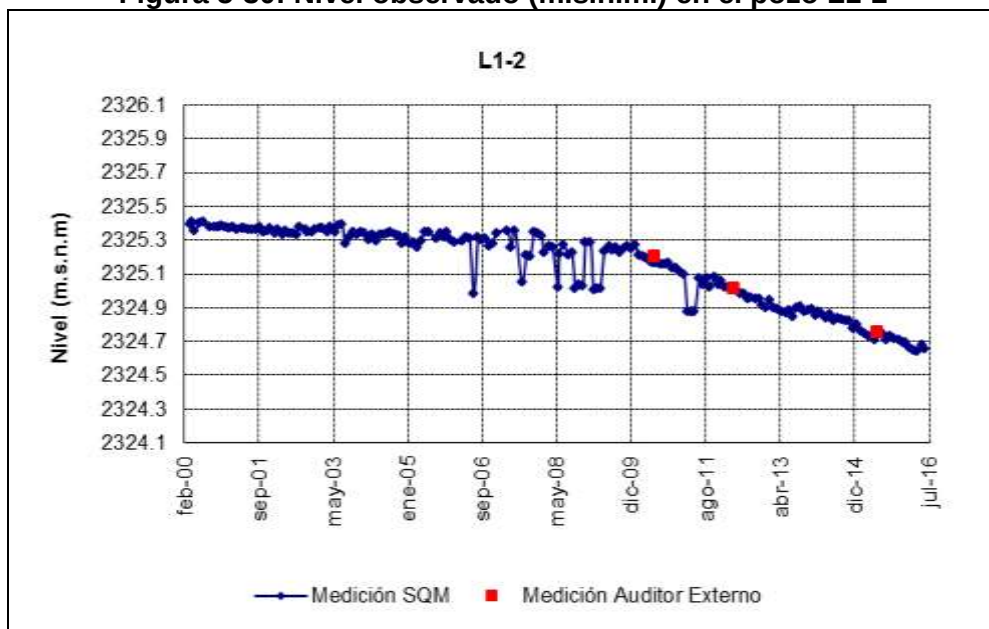
De la Figura 5-29 a la Figura 5-39 se presentan los pozos de la zona aluvial del Sistema Soncor.

Figura 5-29: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-1



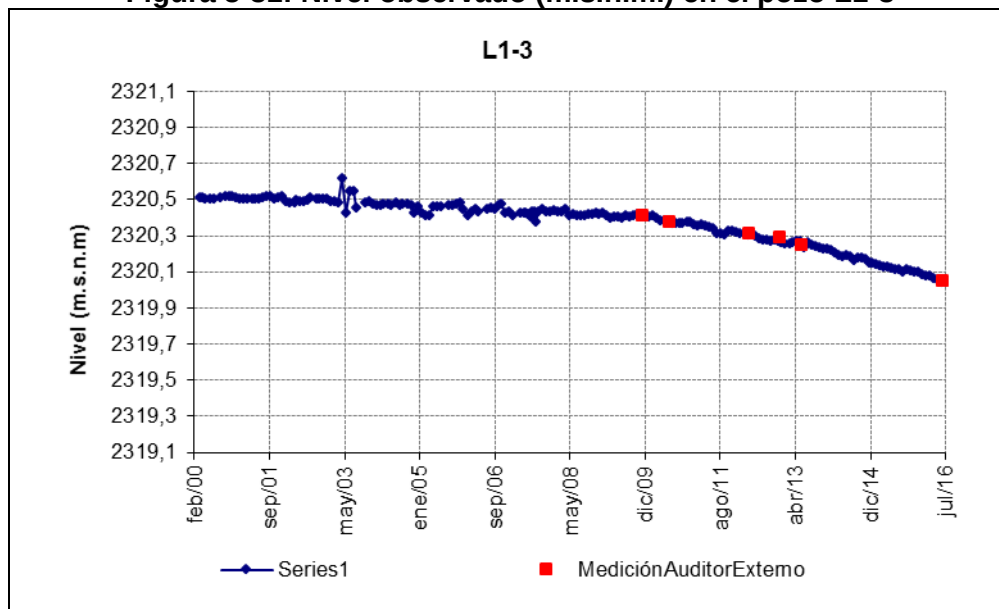
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-30: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-2



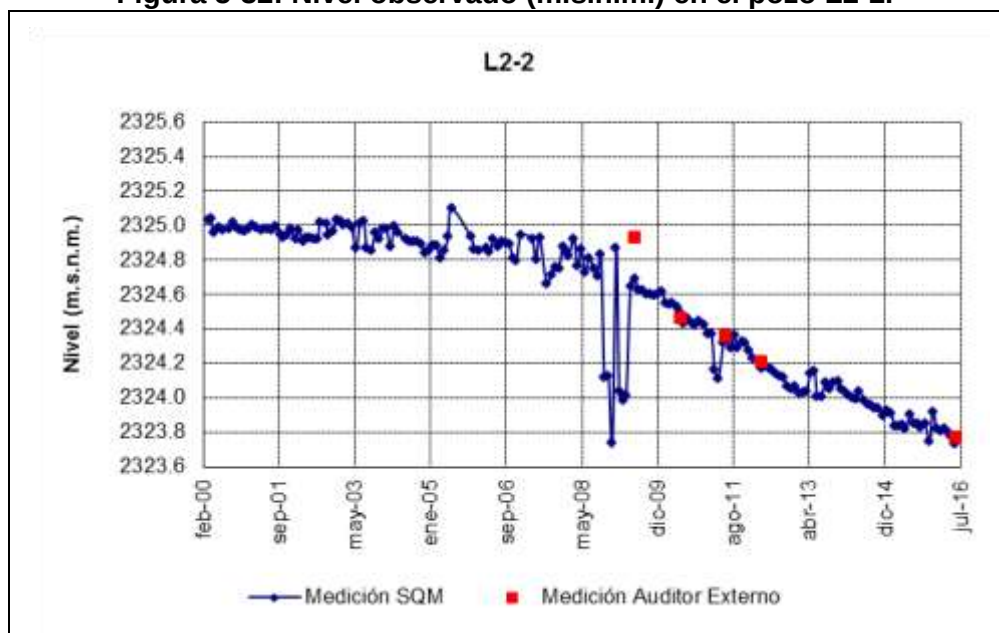
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-31: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-3



Fuente: Elaboración propia.

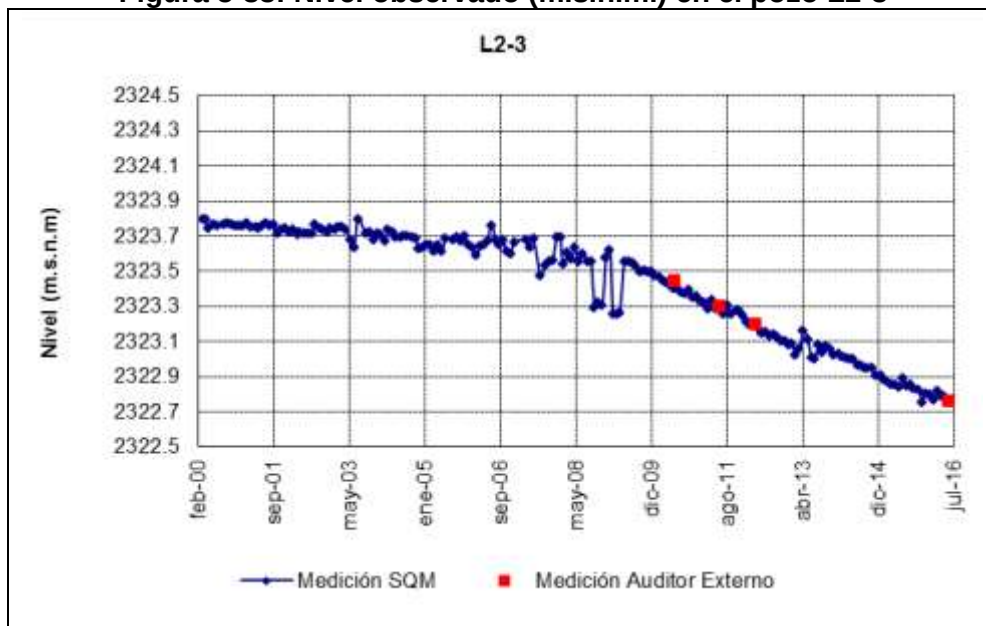
Figura 5-32: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-2.³



Fuente: Elaboración propia.

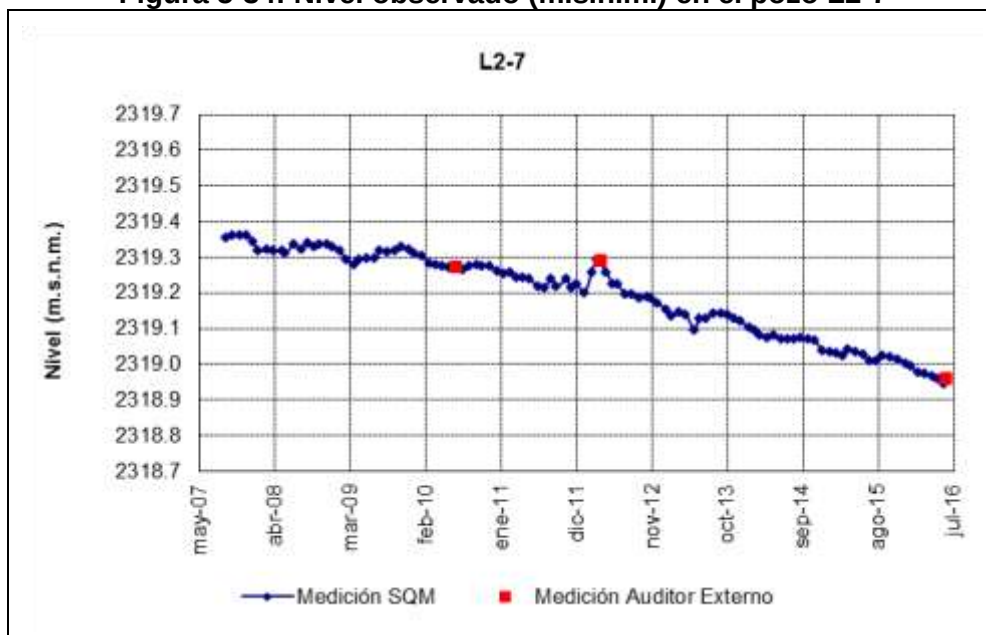
³ La diferencia observada entre la primera medición SQM y DICTUC S.A. se explica porque éstas fueron realizadas en diferentes fechas y es un pozo que posee gran variación por su cercanía a un pozo de bombeo de agua industrial.

Figura 5-33: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-3



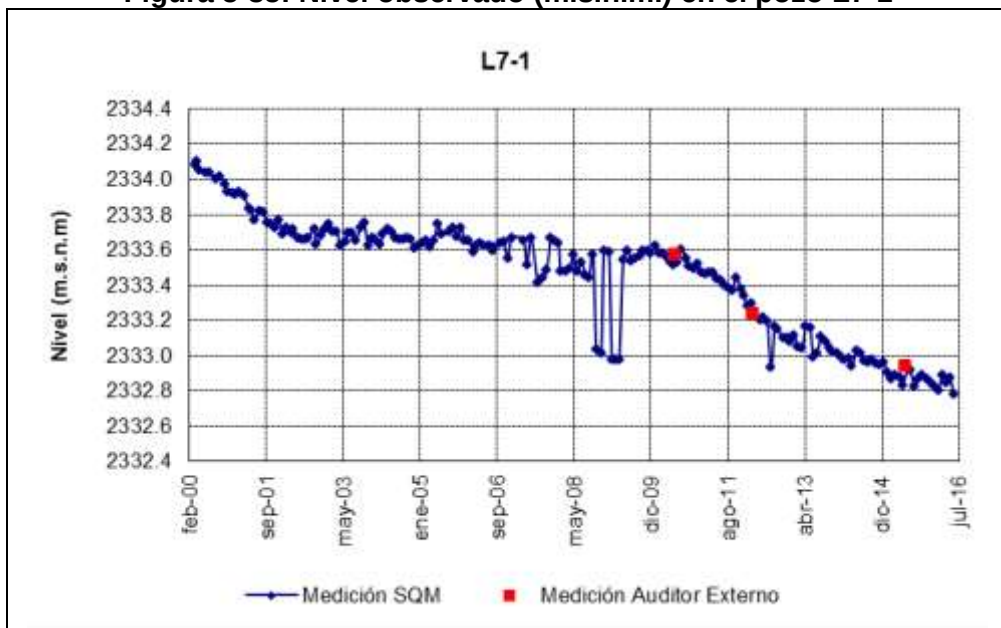
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-34: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-7



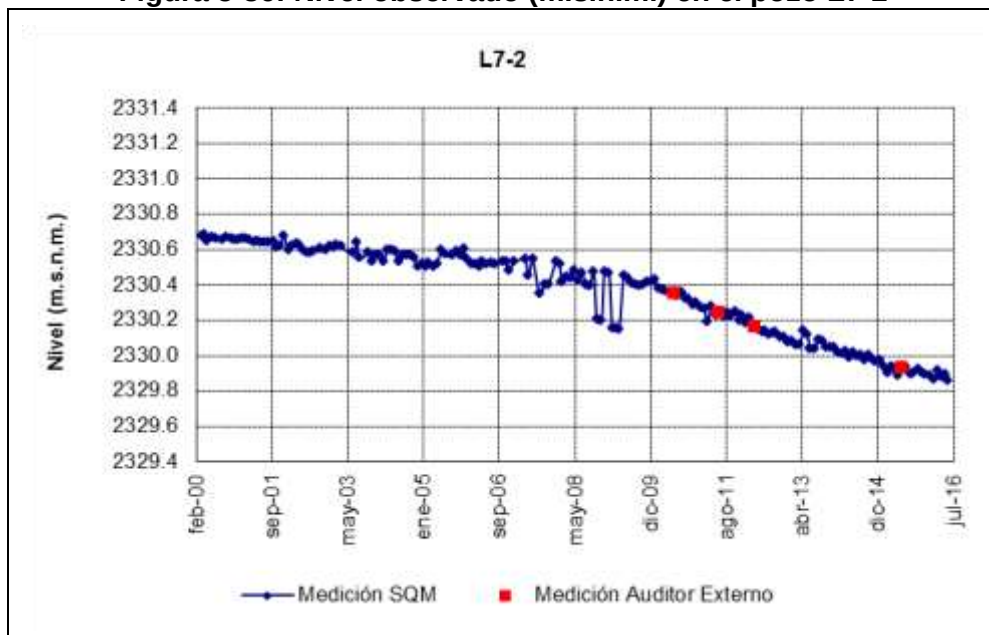
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-35: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-1



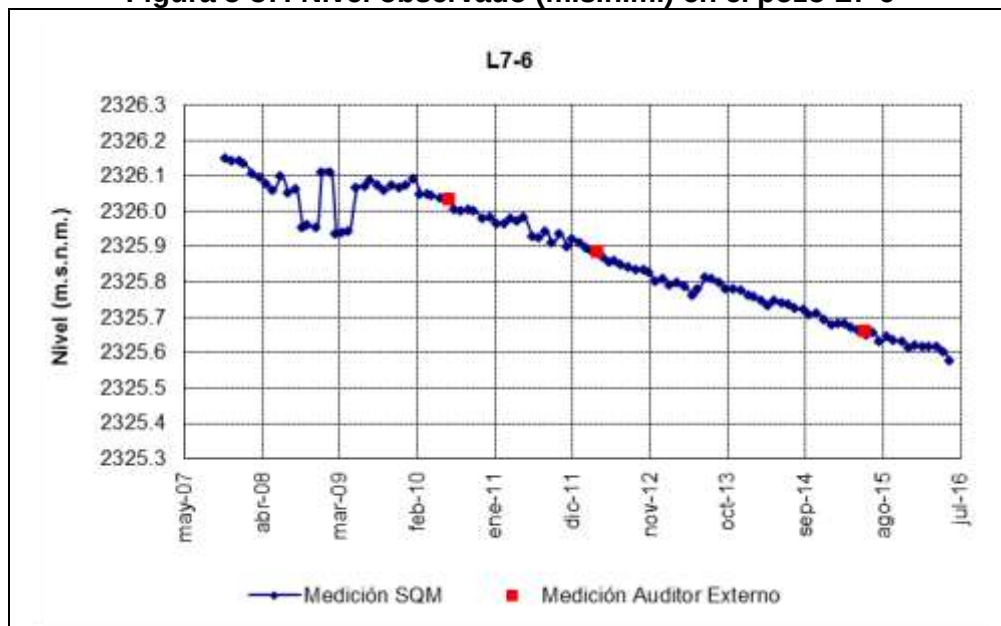
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-36: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-2



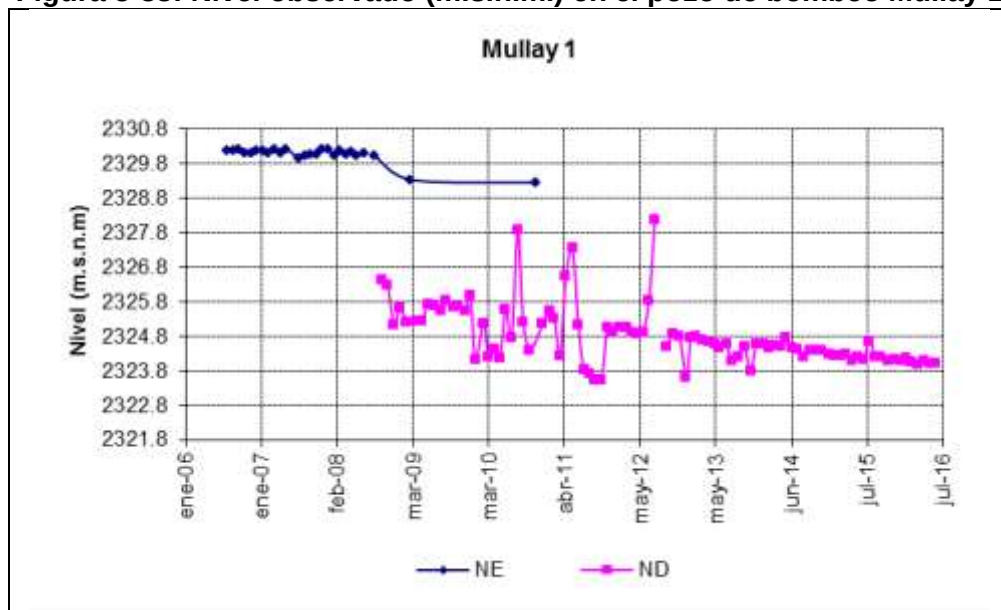
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-37: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-6



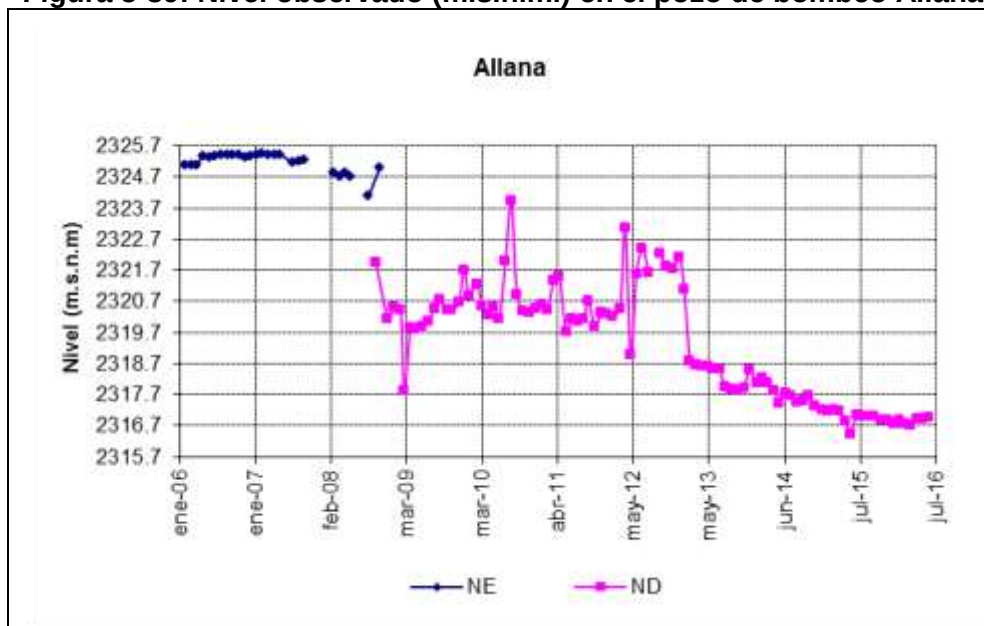
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-38: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Mullay 1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-39: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo de bombeo Allana

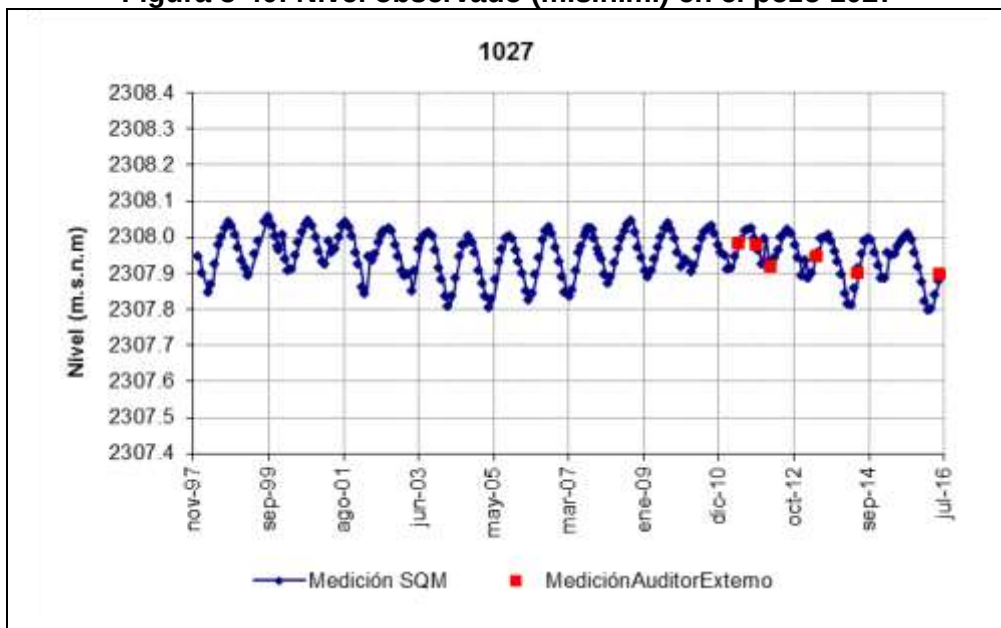


Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.2 Pozos en zona marginal

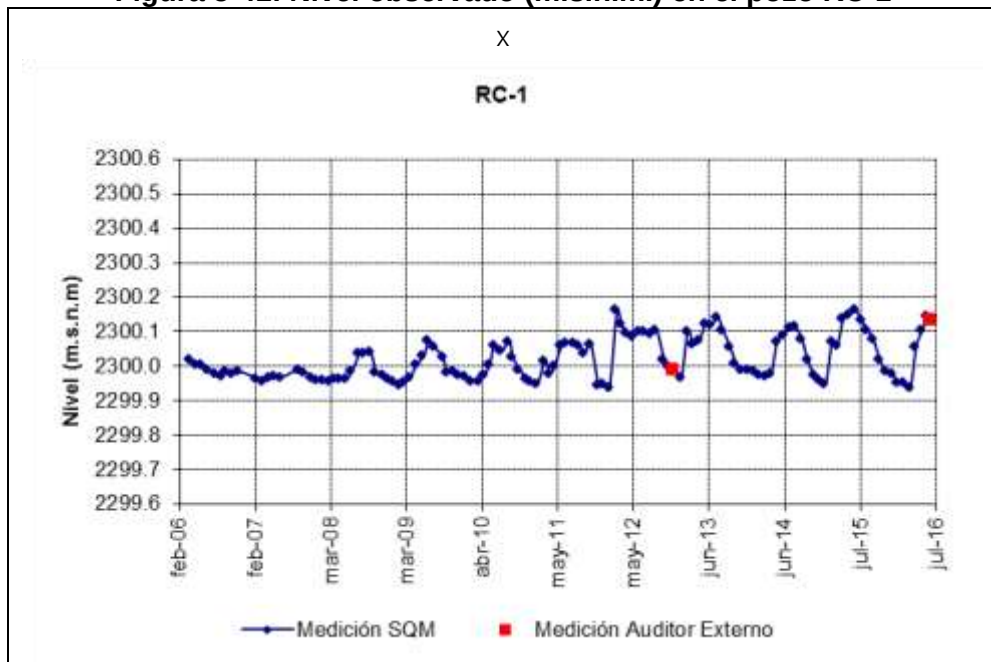
Durante el primer semestre del 2016 se observa la misma tendencia periódica y estacional sin observar descensos importantes. Los pozos del PC tampoco muestran cambios de tendencia. Los gráficos de tendencia de esta zona se presentan desde la Figura 5-40 a Figura 5-84.

Figura 5-40: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1027



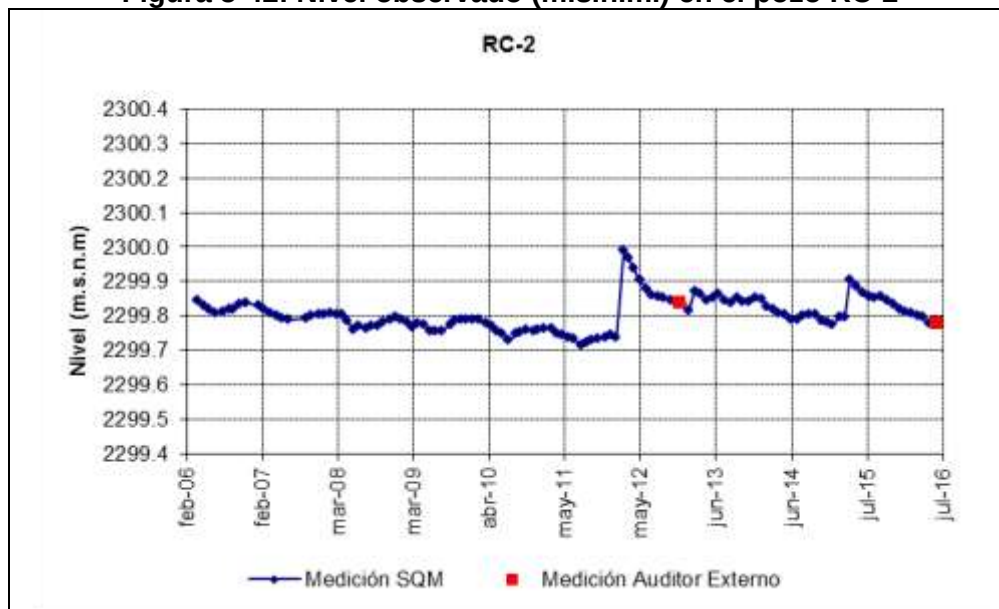
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-41: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-1



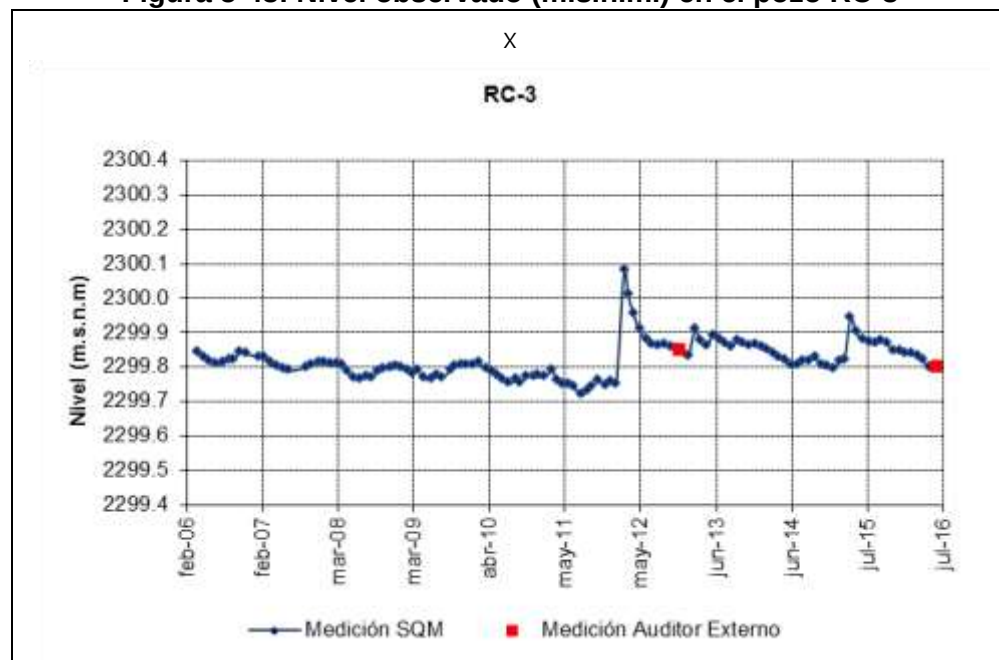
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-42: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-43: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-3



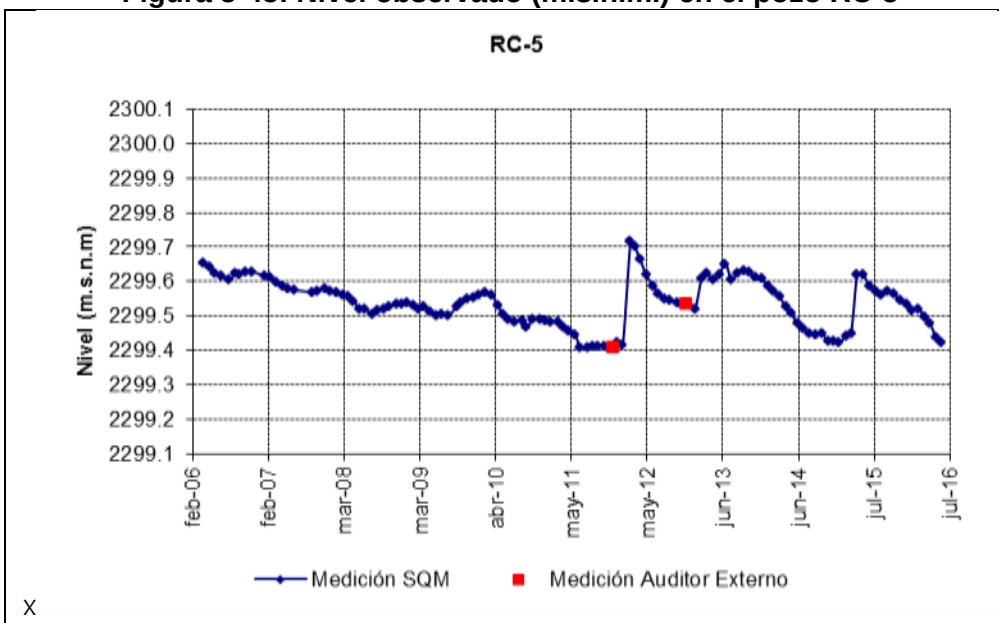
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-44: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-4



Fuente: Elaboración propia.

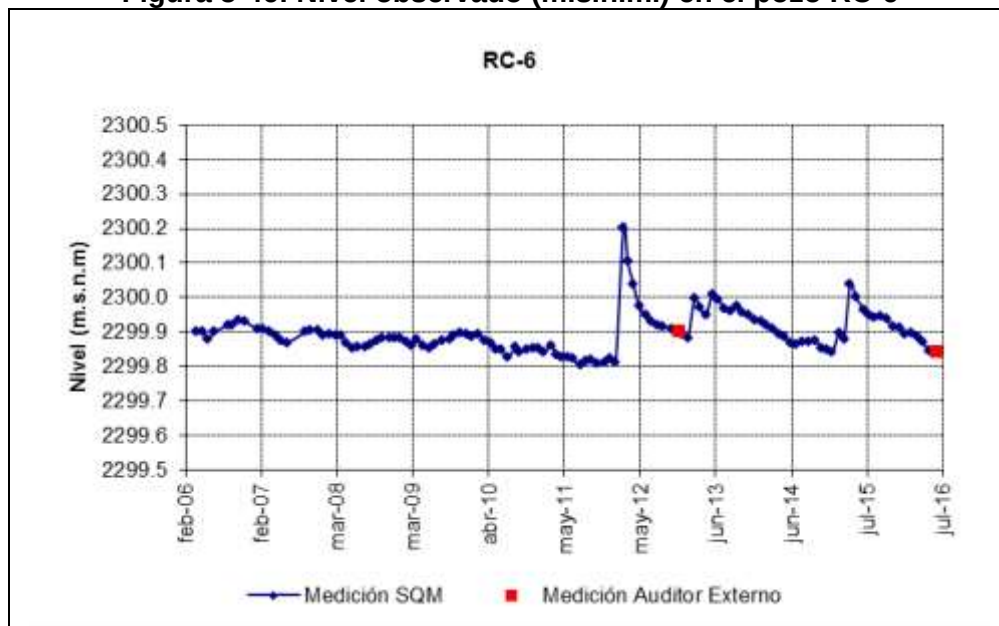
Figura 5-45: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-5



X

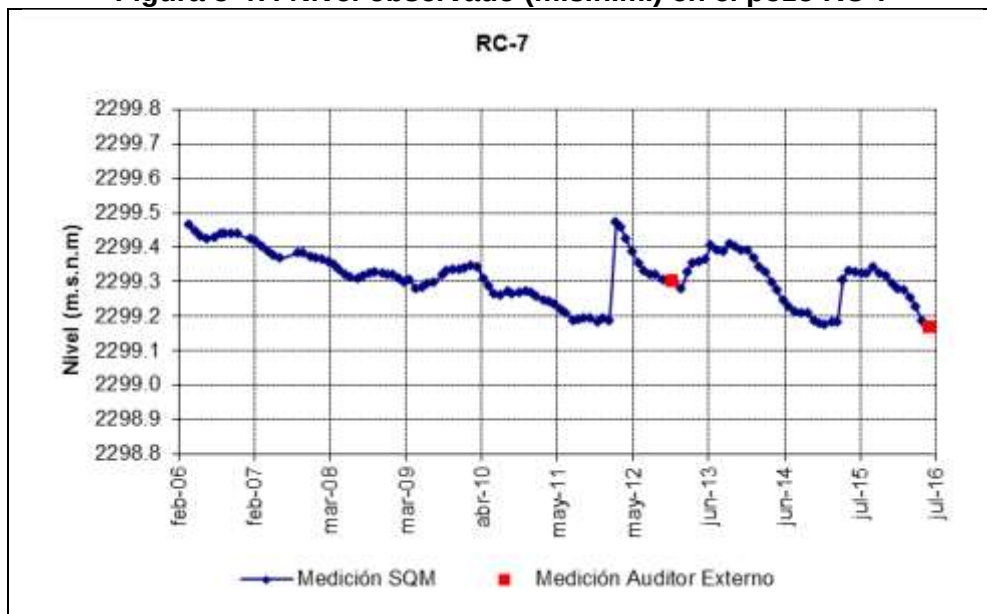
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-46: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-6



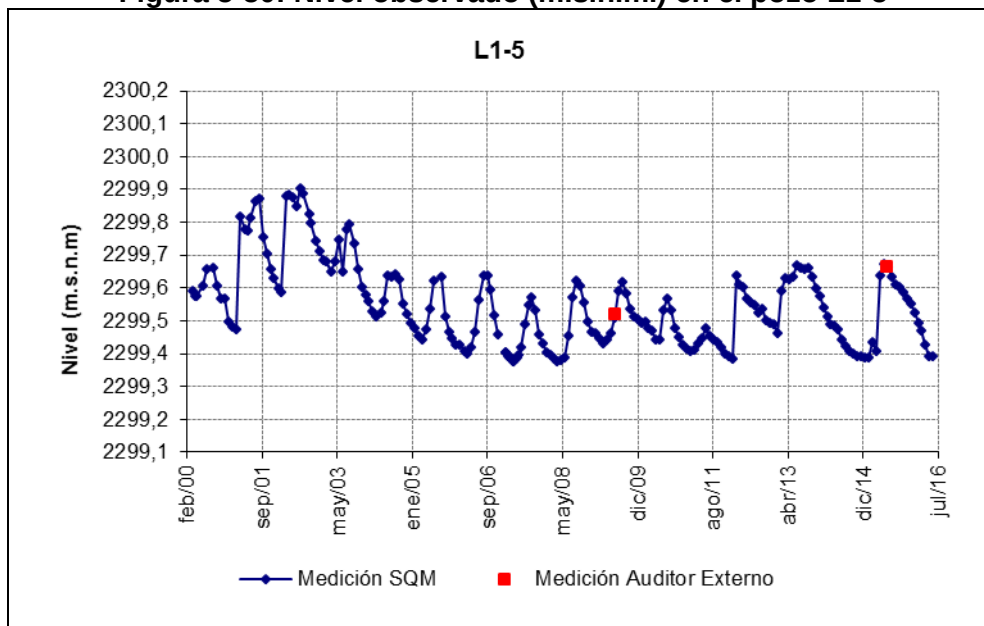
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-47: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo RC-7



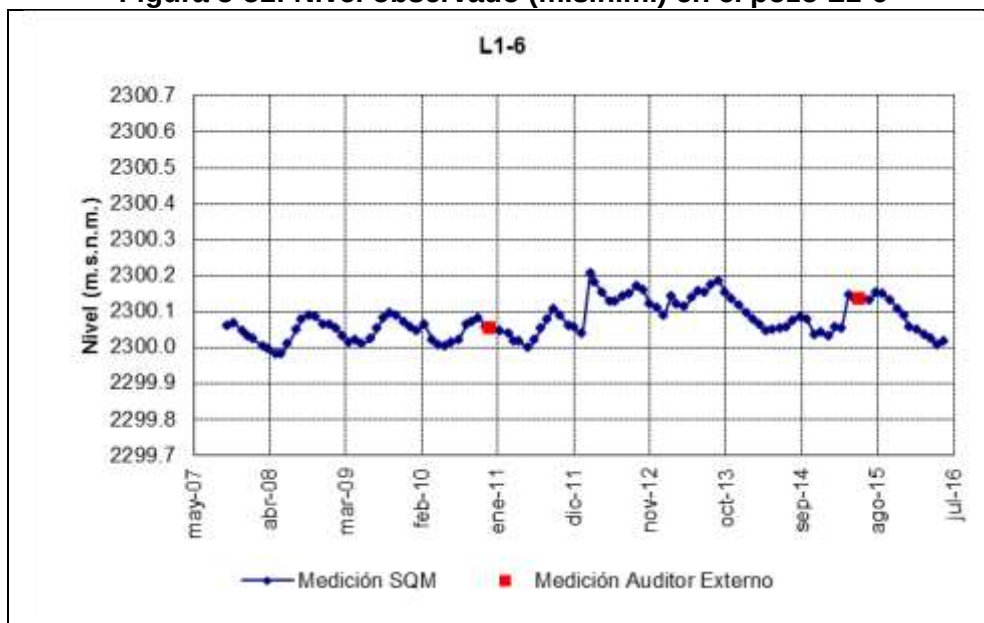
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-50: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-5



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-51: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-6



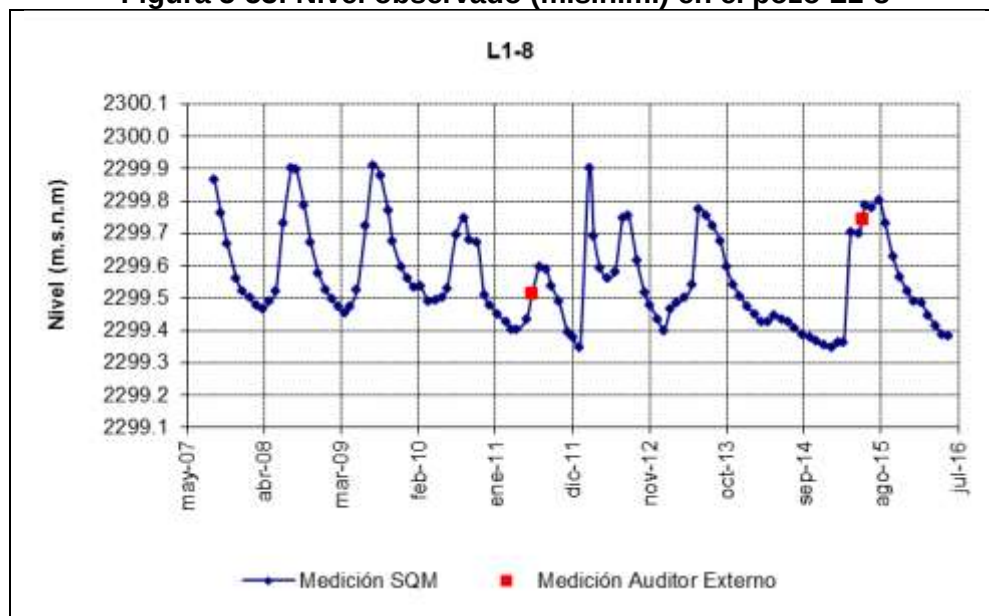
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-52: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-7



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-53: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-8



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-54: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-9



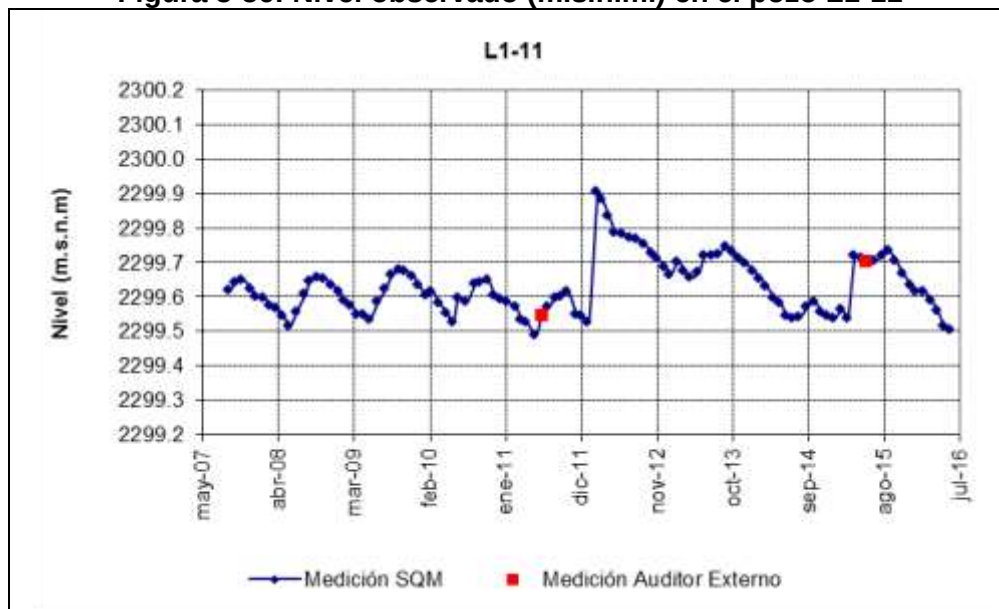
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-55: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-10



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-56: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-11



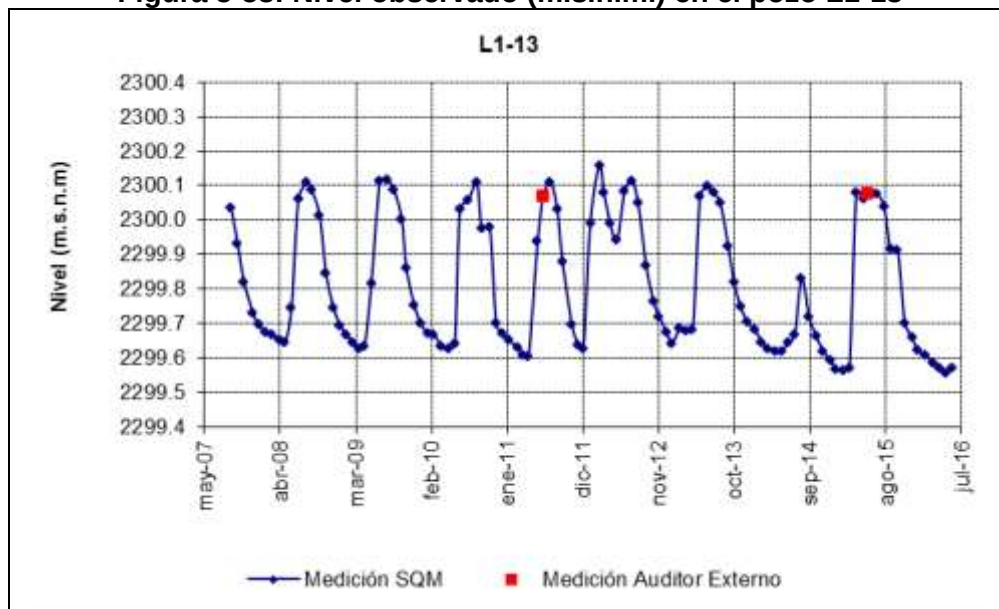
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-57: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-12



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-58: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-13



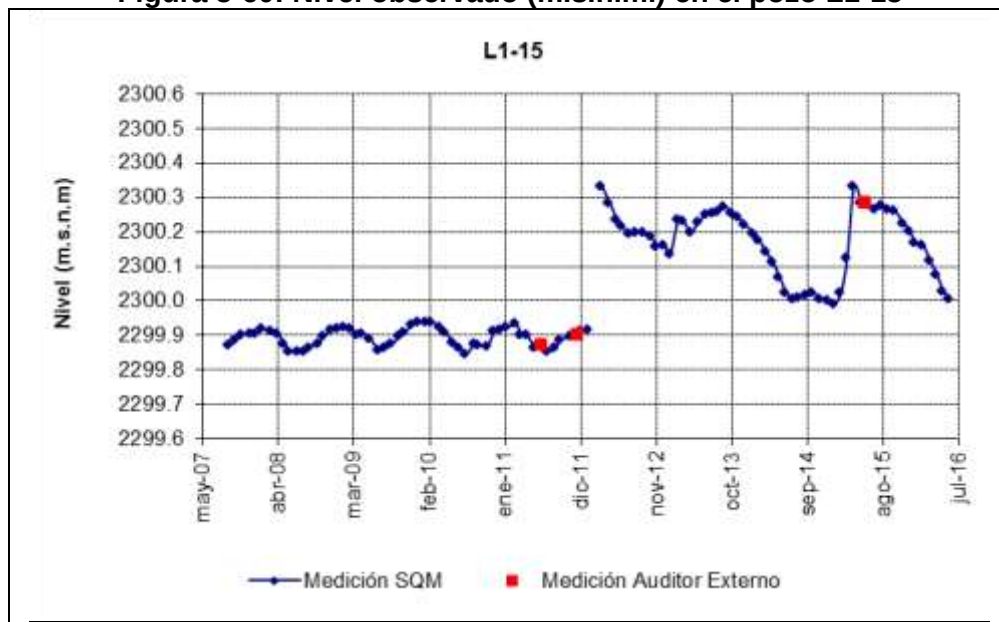
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-59: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-14



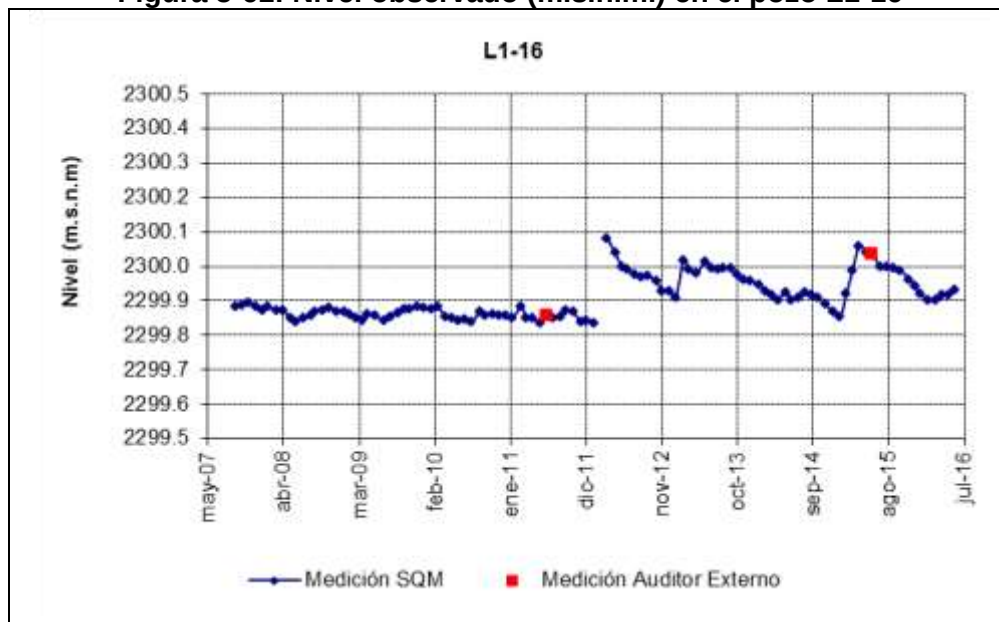
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-60: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-15



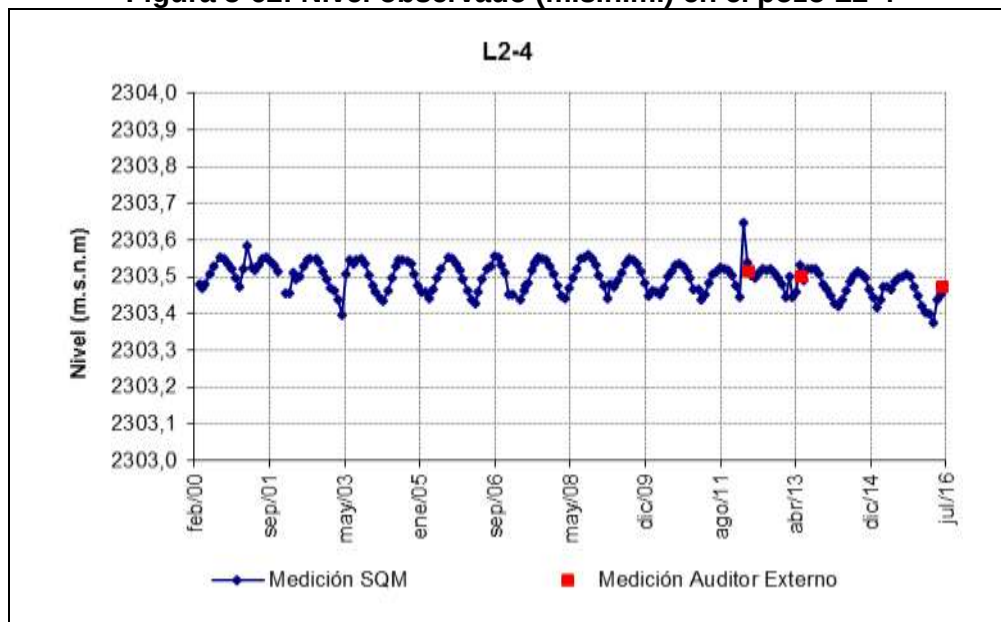
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-61: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-16



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-62: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-63: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-5



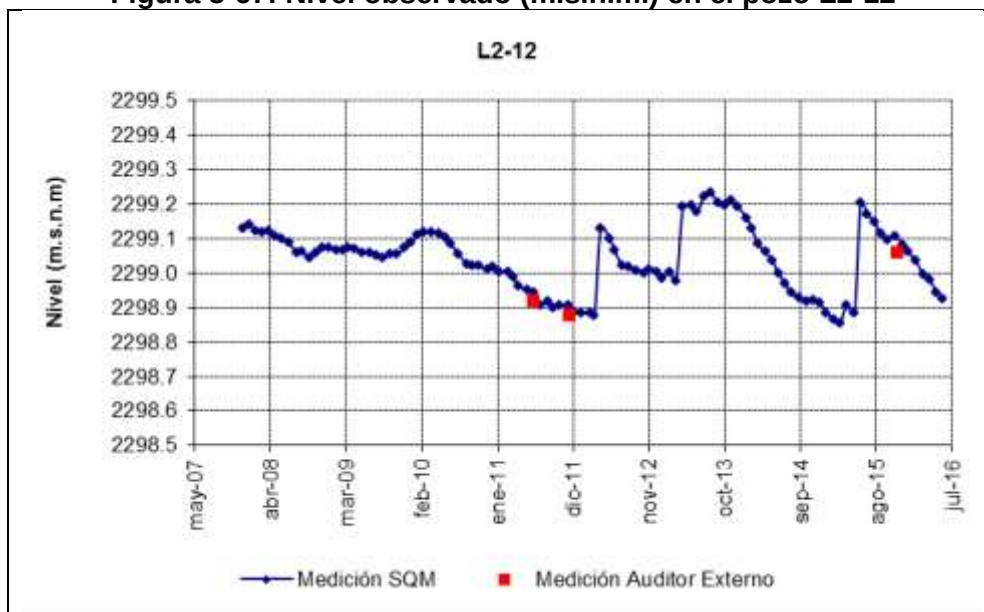
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-66: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-11



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-67: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-12



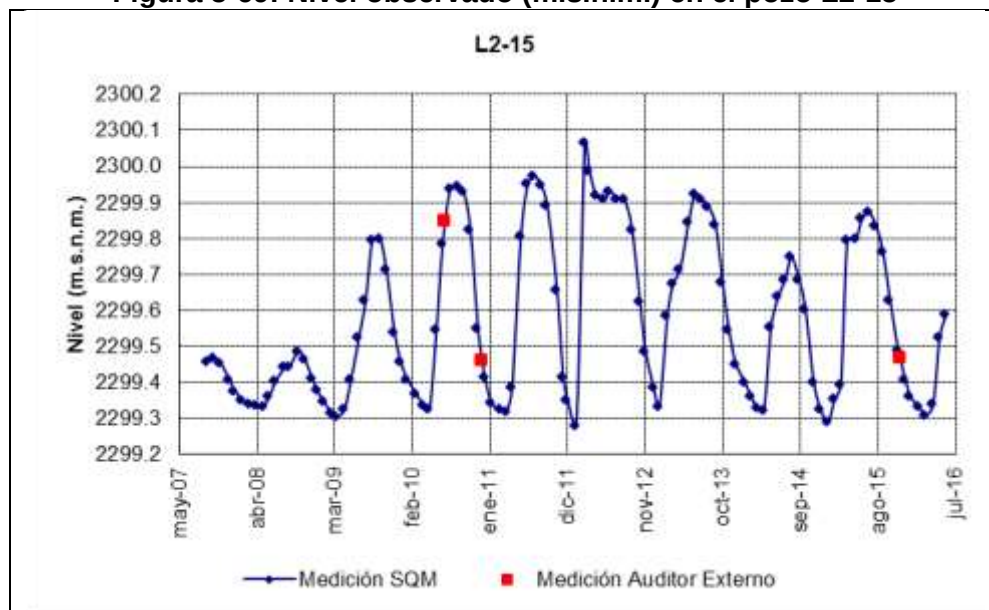
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-68: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-13



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-69: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-15



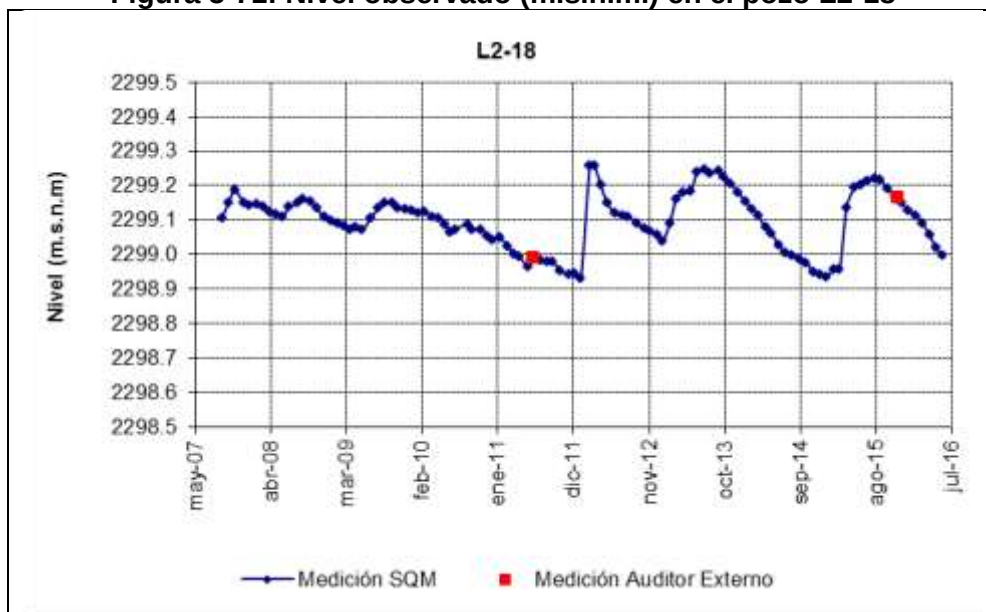
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-70: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-17



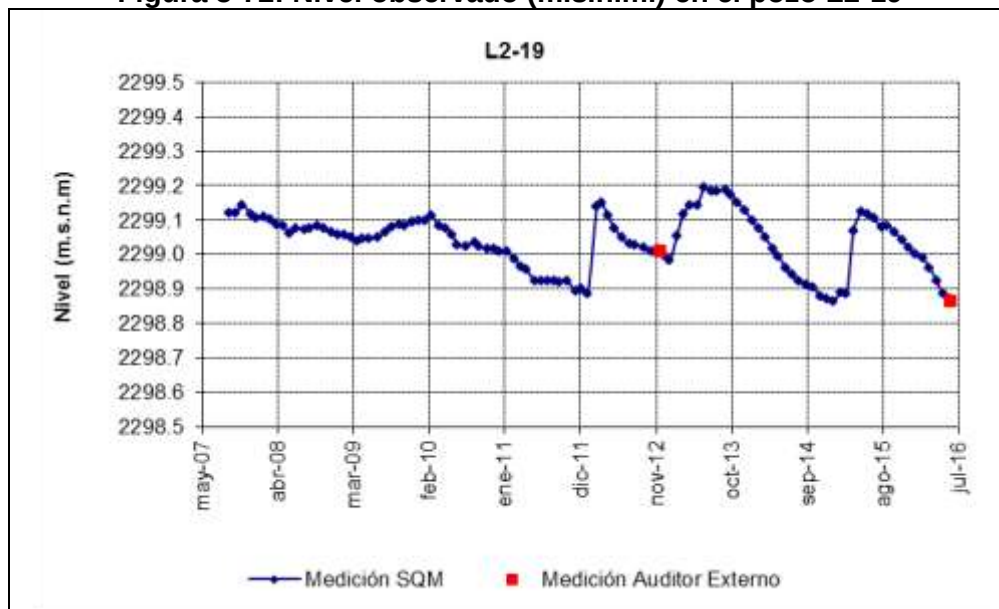
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-71: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-18



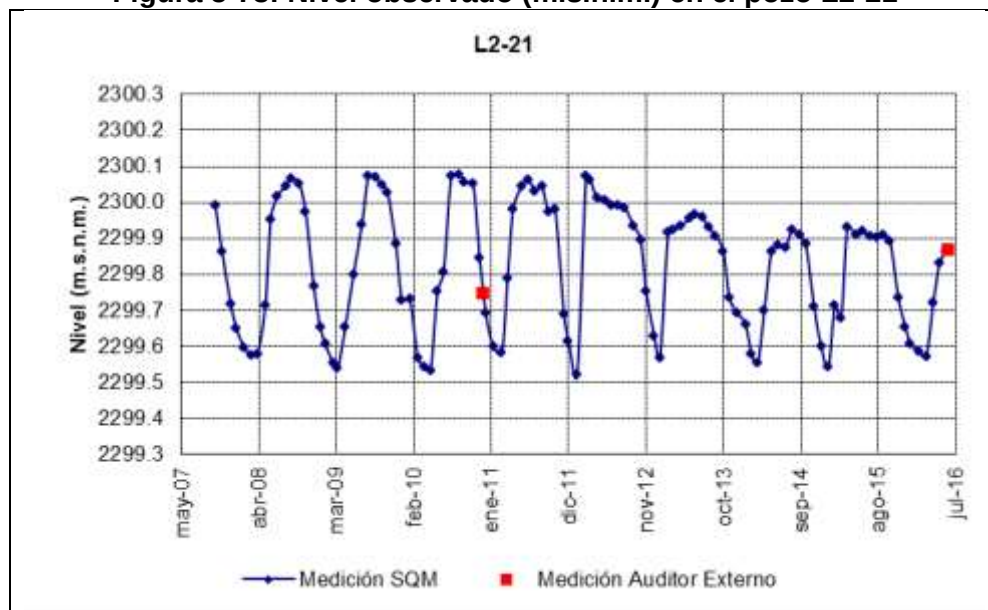
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-72: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-19



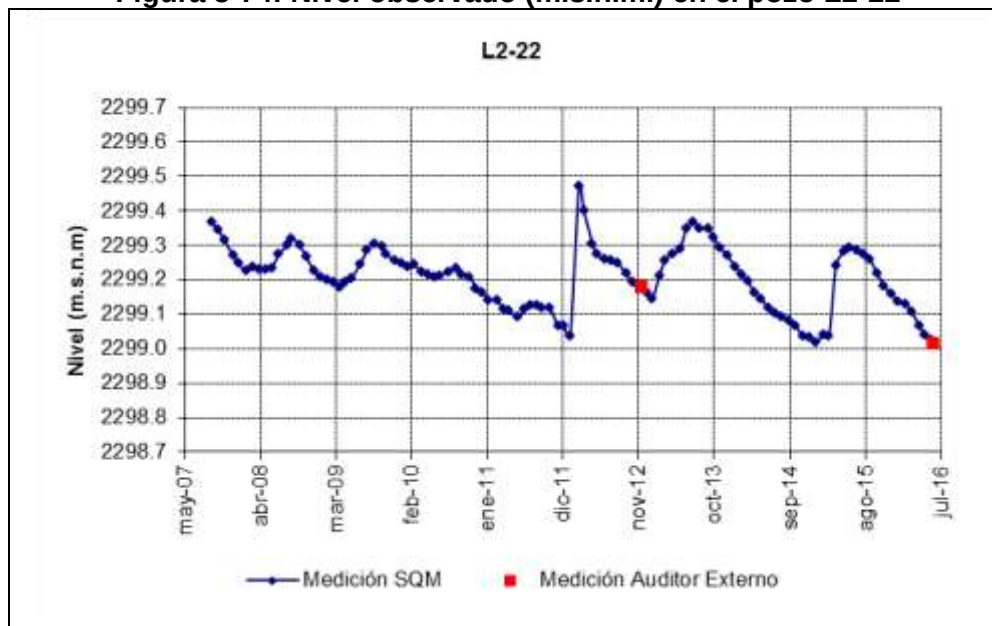
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-73: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-21



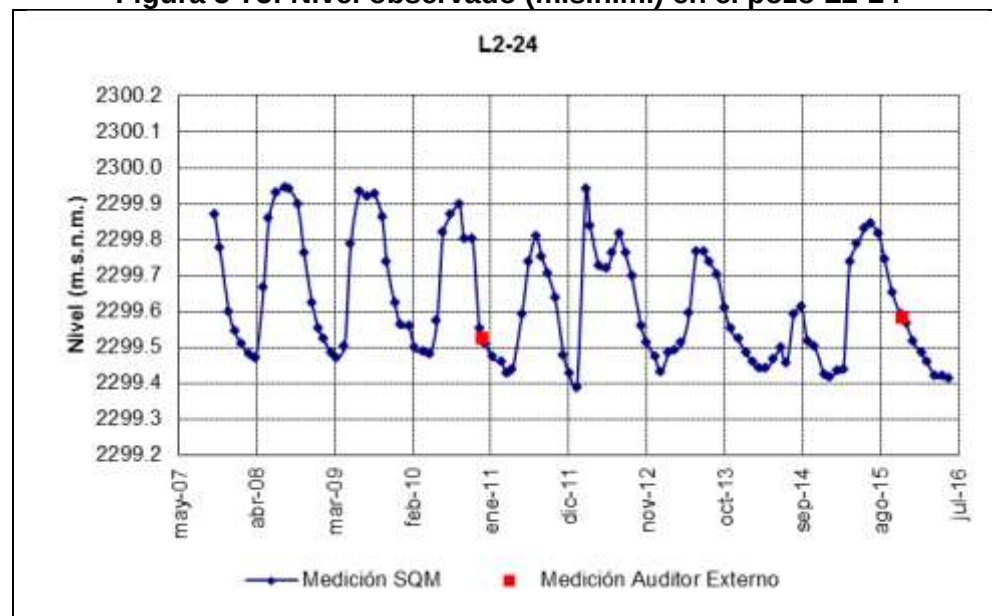
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-74: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-22



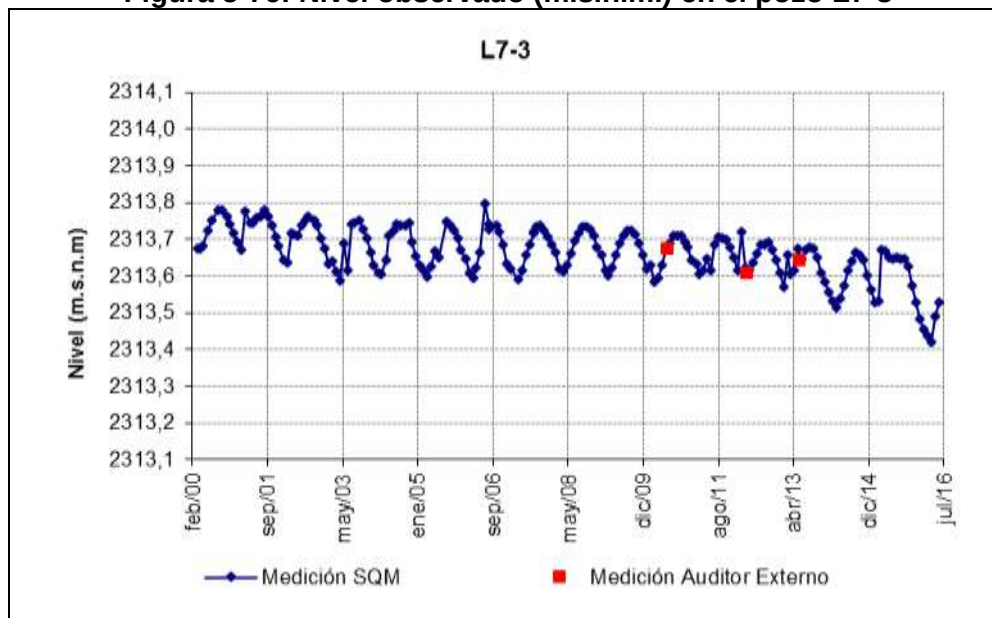
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-75: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-24



Fuente: Elaboración propia.

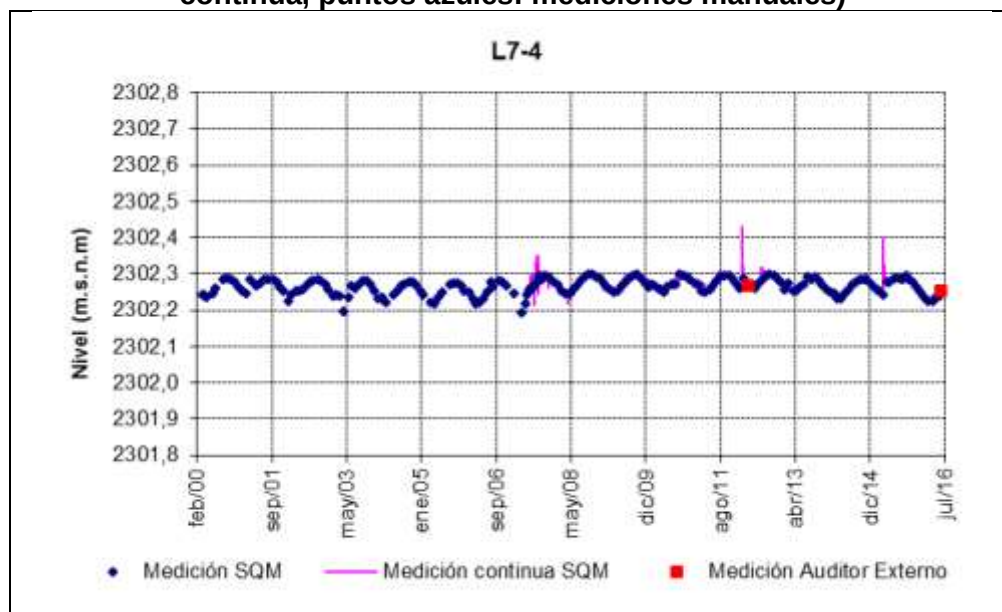
Figura 5-76: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-3



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 5-77). La primera muestra la serie histórica (azul) mientras que el segundo (magenta) muestra los datos a partir de mayo de 2007.

Figura 5-77: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



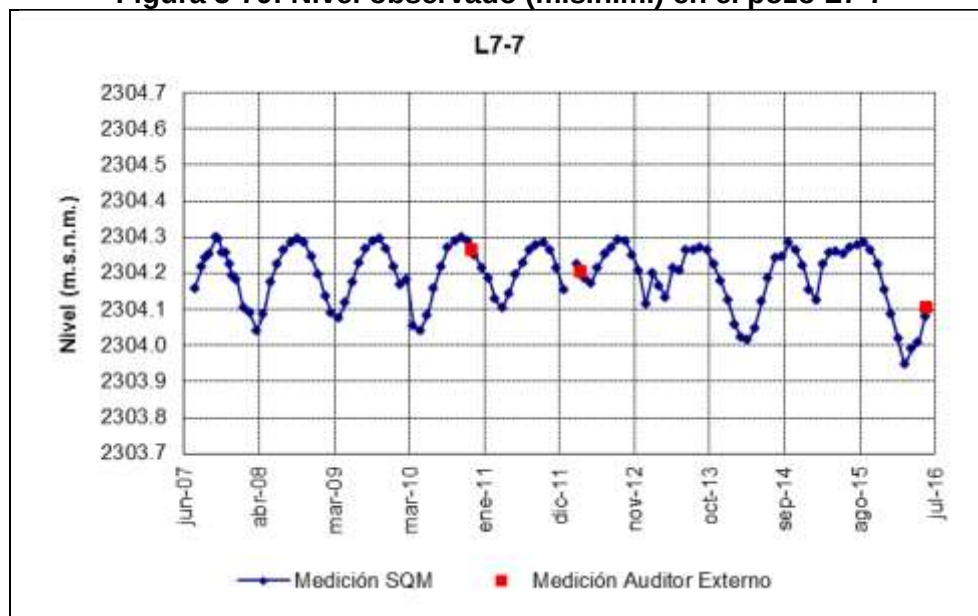
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-78: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-5



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-79: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-7



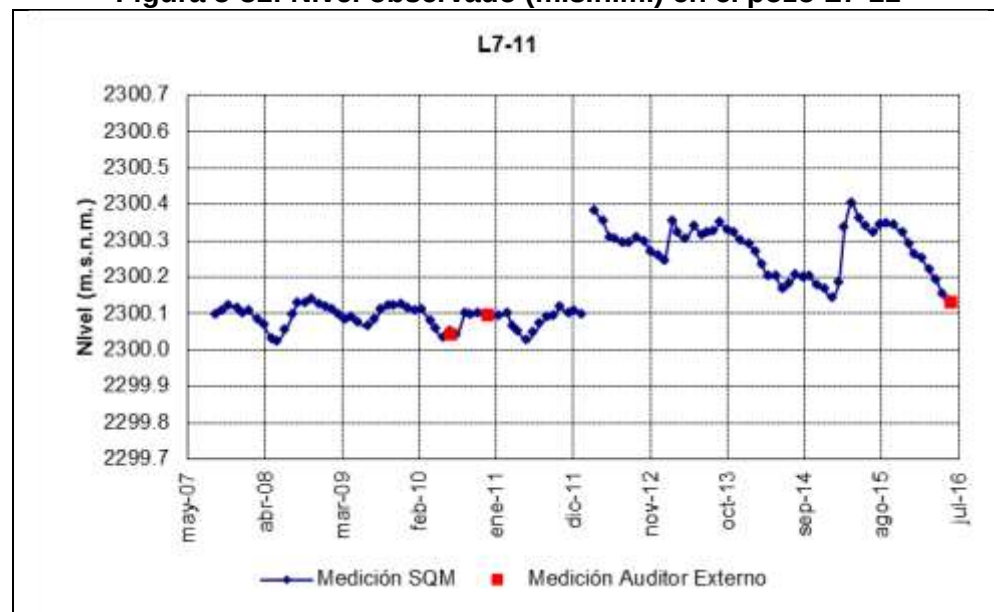
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-80: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-10



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-81: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-11



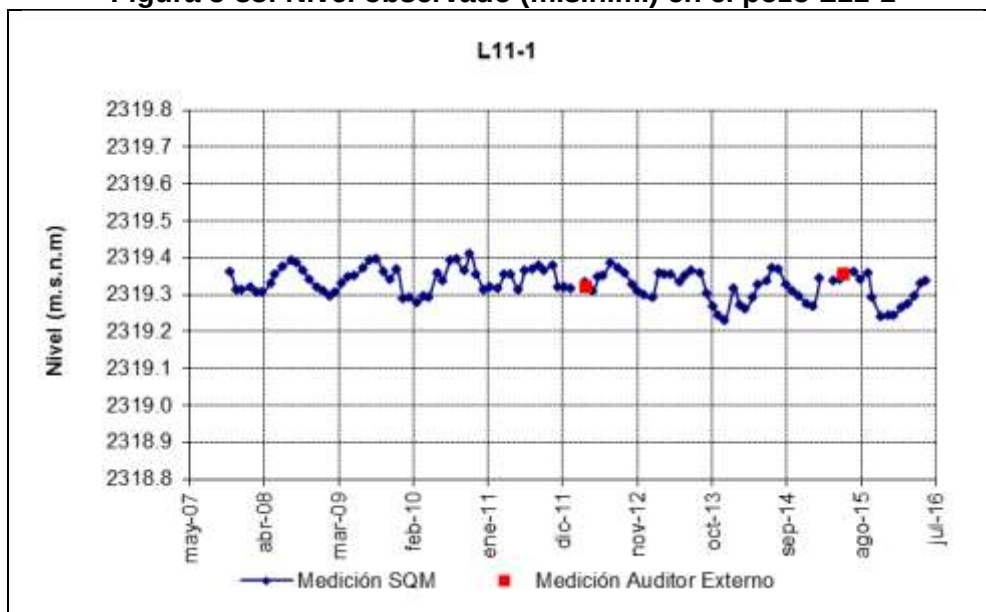
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-82: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-12



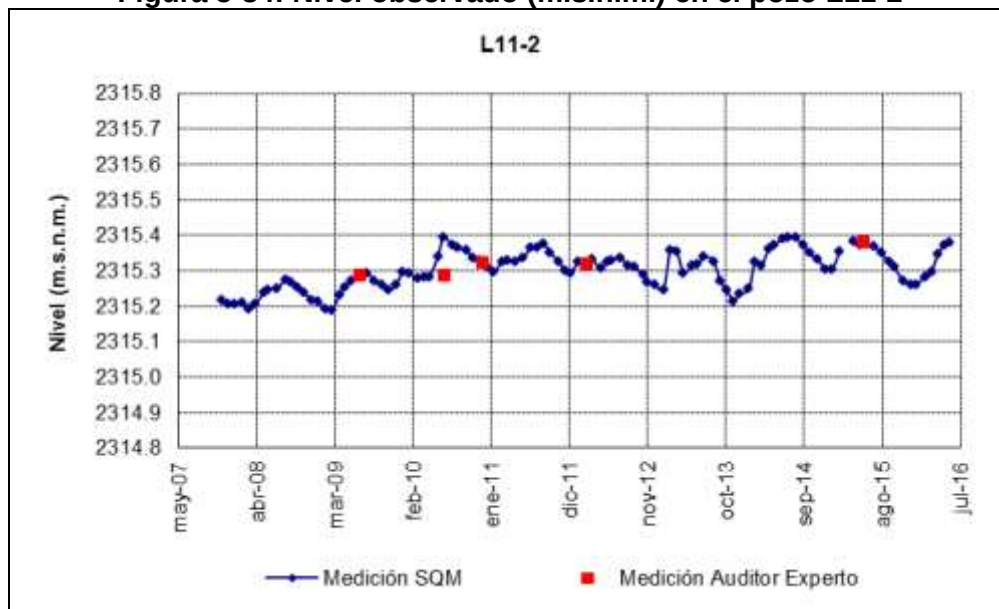
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-83: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-84: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L11-2



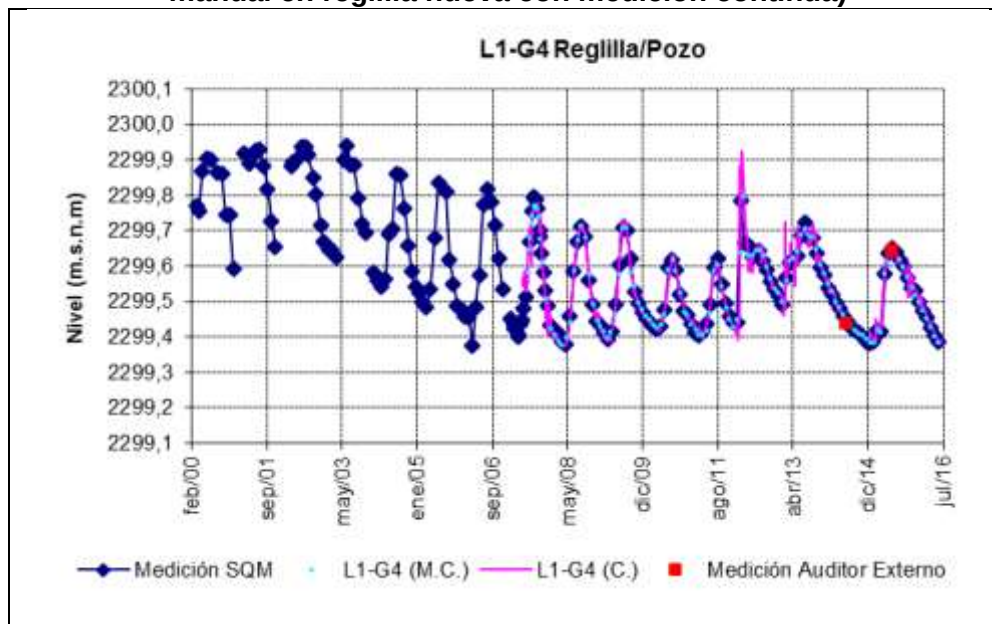
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Reglillas

Desde la Figura 5-85 a la Figura 5-91 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 de las nacientes al norte del salar, que alimentan las lagunas del sistema Soncor).

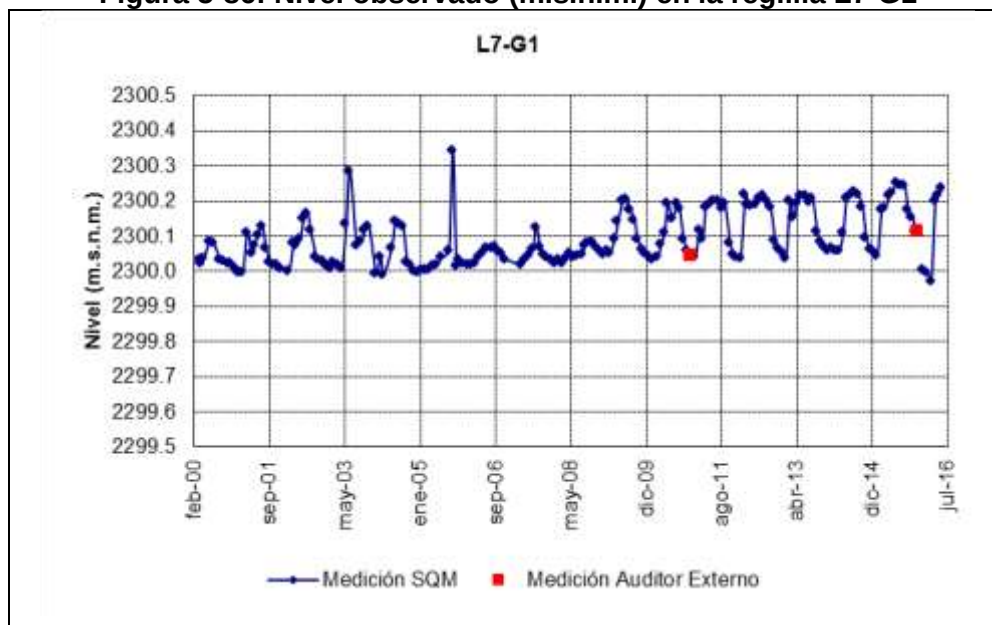
En el gráfico de la reglilla L1-G4 (Figura 5-85) se pueden observar los datos históricos en color azul (L1-G4), y se presentan en color celeste (L1-G4 M.C.) los niveles manuales medidos cada vez que se descargan datos desde el transductor de presión y en color lila (L1-G4 C) los niveles registrados por el instrumento.

Figura 5-85: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L1-G4. (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 5-86: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G1

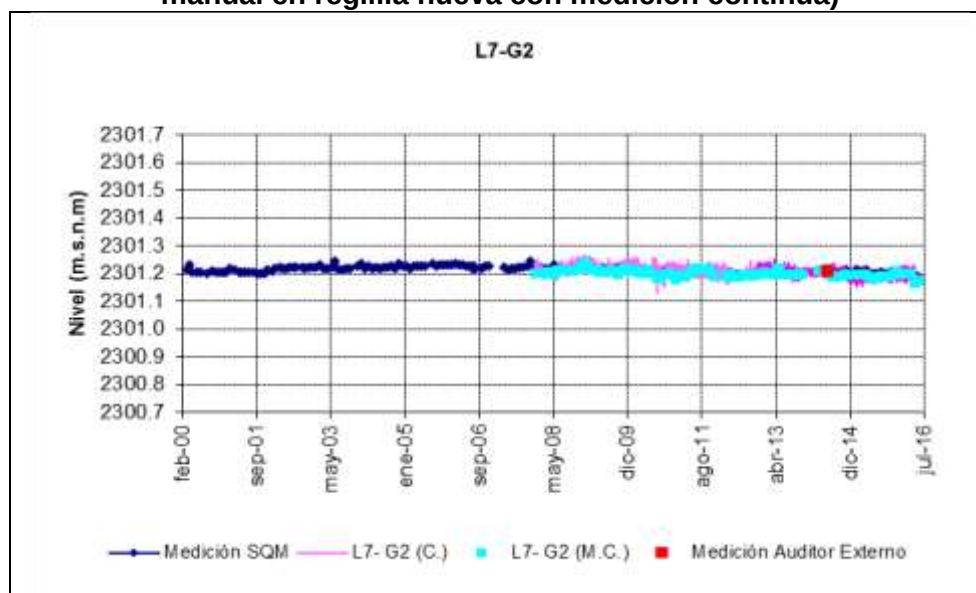


Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-87 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).

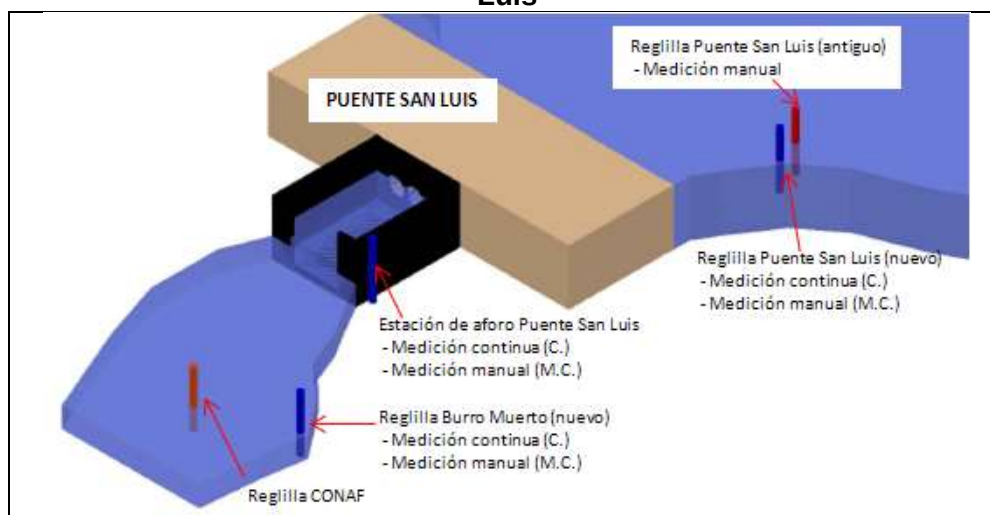
Figura 5-87: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua)



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5-88 se presentan especialmente las reglillas instaladas en torno al puente San Luis.

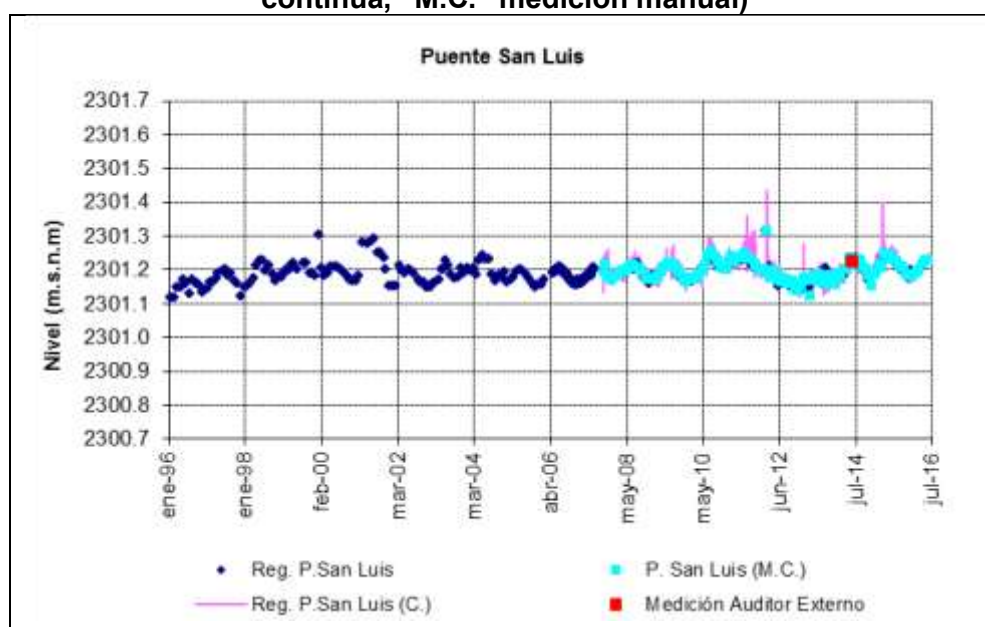
Figura 5-88: Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

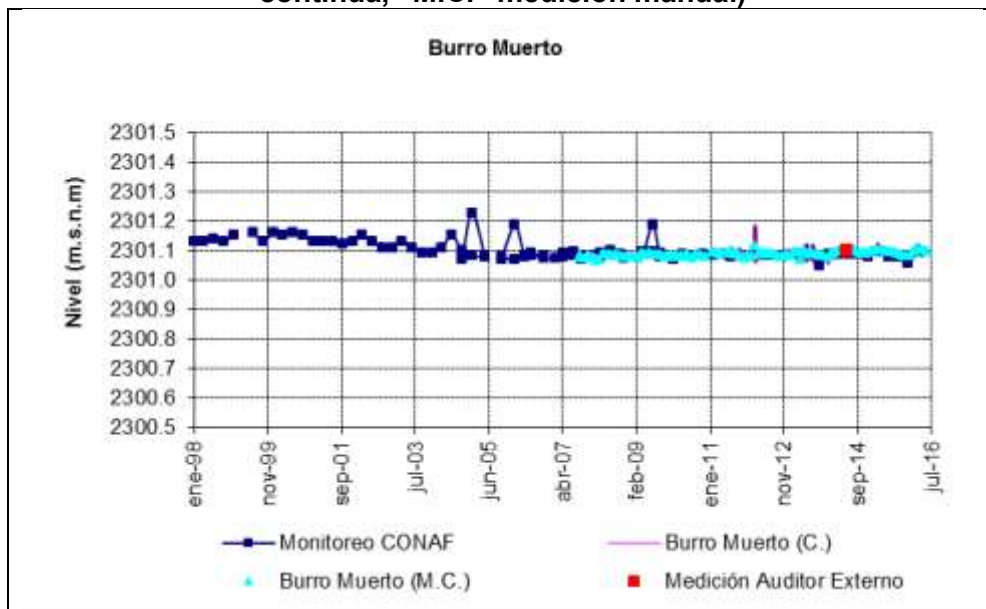
En este sector se presentan tres grupos de puntos de medición: a) aguas arriba del puente San Luis, donde existen dos reglillas que han sido monitoreadas históricamente por SQM (reglilla Puente San Luis nueva y antigua). La reglilla nueva es usada actualmente para soportar el transductor de presión que registra niveles de manera continua (se realizan además mediciones manuales en este punto), los cuales se registran 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; y, 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 5-89: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)



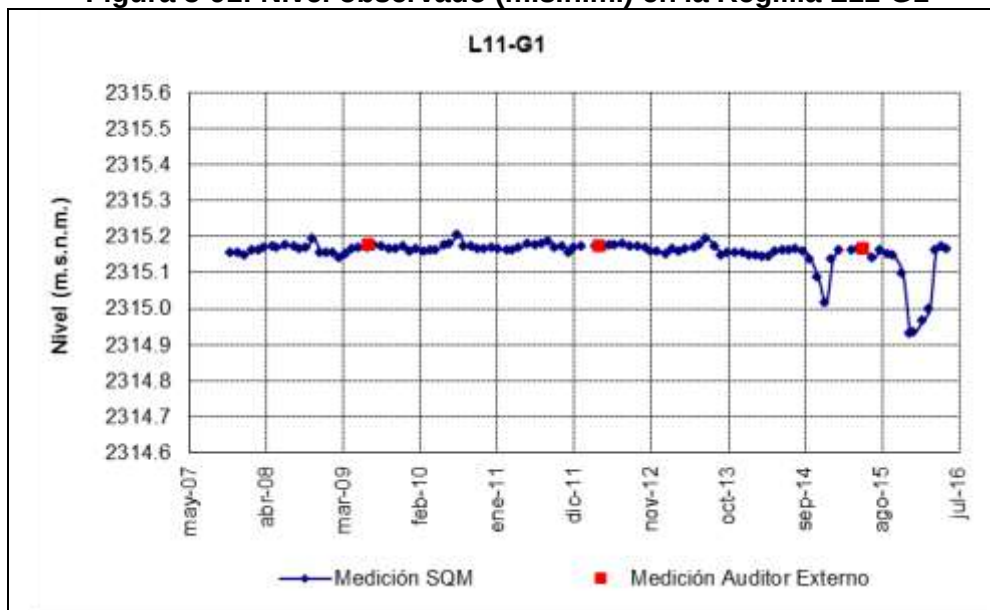
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-90: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Burro Muerto (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-91: Nivel observado (m.s.n.m.) en la Reglilla L11-G1



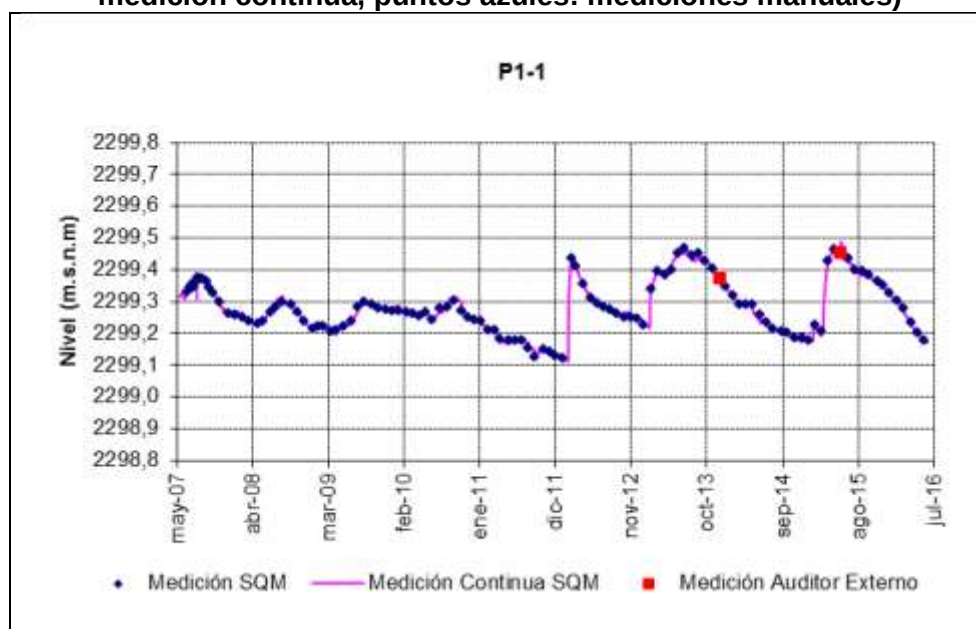
Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.3 Pozos con medición continua de nivel

A continuación, se muestran los niveles de todos los pozos del PSAH pertenecientes al sistema Soncor, que cuentan con medición continua de niveles. Es necesario mencionar que esta metodología de medición se ve alterada en aquellos pozos que poseen alta variabilidad en la densidad del agua subterránea, en cuyos casos se deben ajustar los transductores de presión constantemente; por lo que en un comienzo (jun-07 a sep-07) la medición continua del nivel se midió semanalmente en forma manual, para validar el registro entregado por el transductor de presión, lo que se realizó mientras duró la puesta en marcha de los equipos de medición continua. Actualmente, la medición manual se realiza mensualmente.

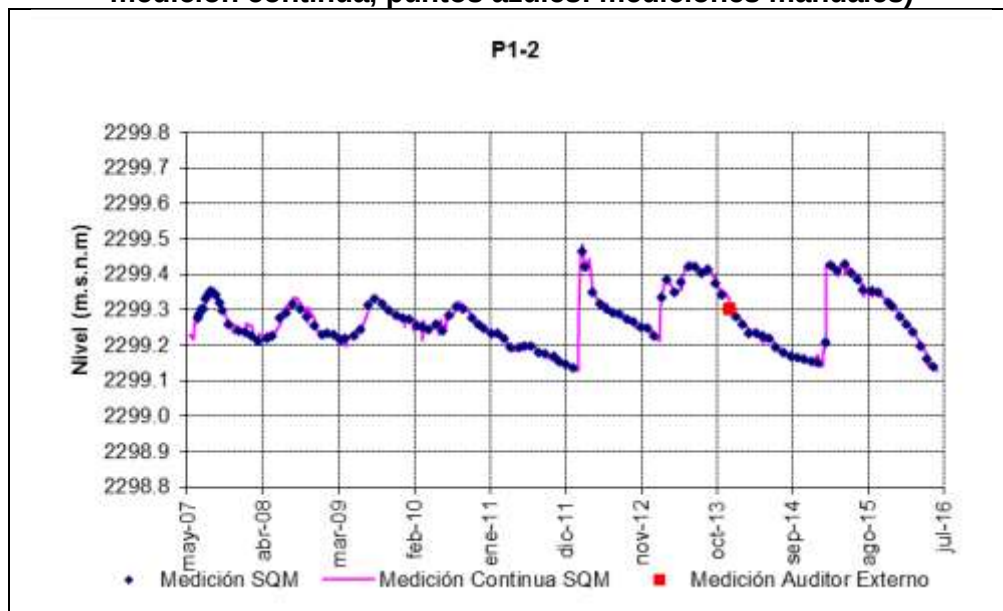
De la Figura 5-92 a la Figura 5-98 se presentan los niveles continuos medidos en el perfil D1, ubicado al suroeste de la laguna Barros Negros, ordenados de sur a norte desde el P1-1 al P1-7. En tanto, desde la Figura 5-99 a la Figura 5-106 se presentan los niveles continuos medidos en el perfil D2, ubicado al sur de la laguna Barros Negros, ordenados de sur a norte desde el L2-9 al L2-23. Finalmente, en la Figura 5-107 se aprecian los niveles del pozo 2021.

Figura 5-92: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



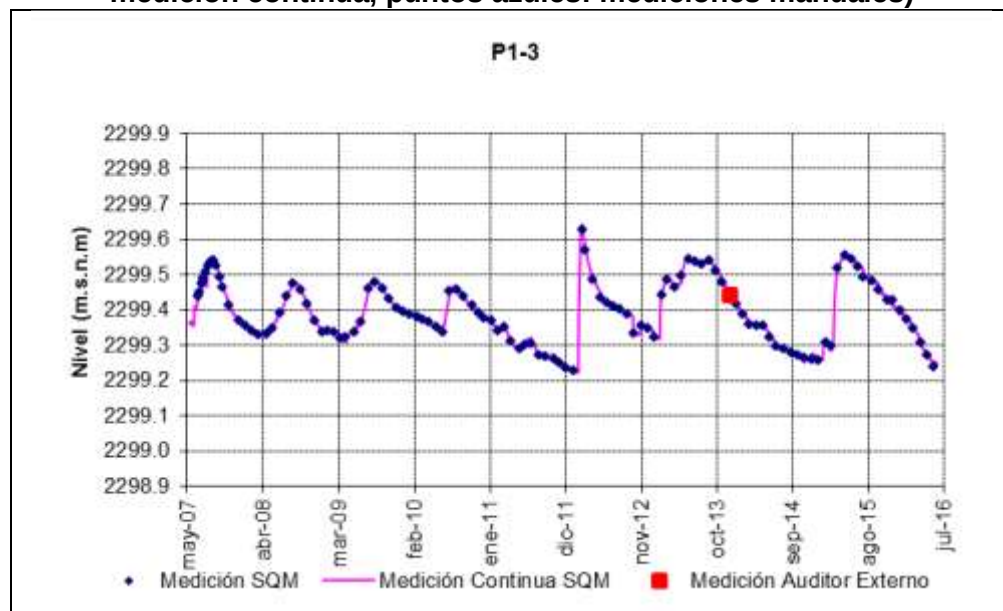
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-93: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



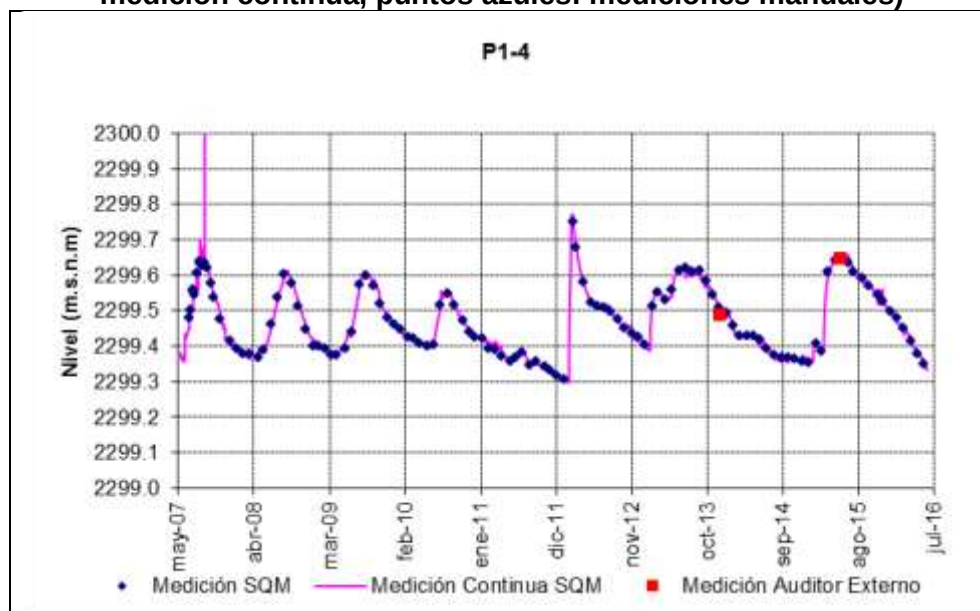
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-94: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



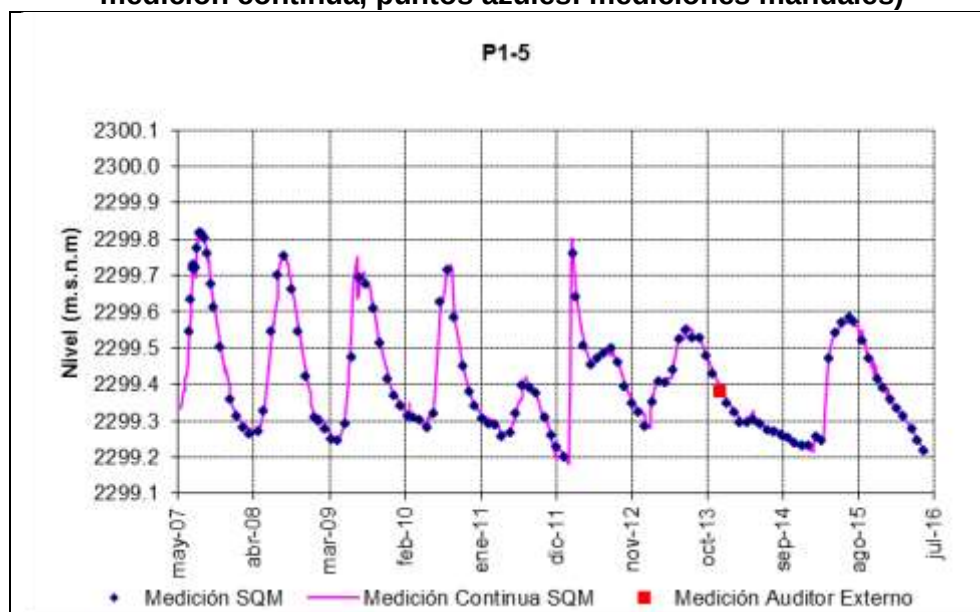
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-95: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



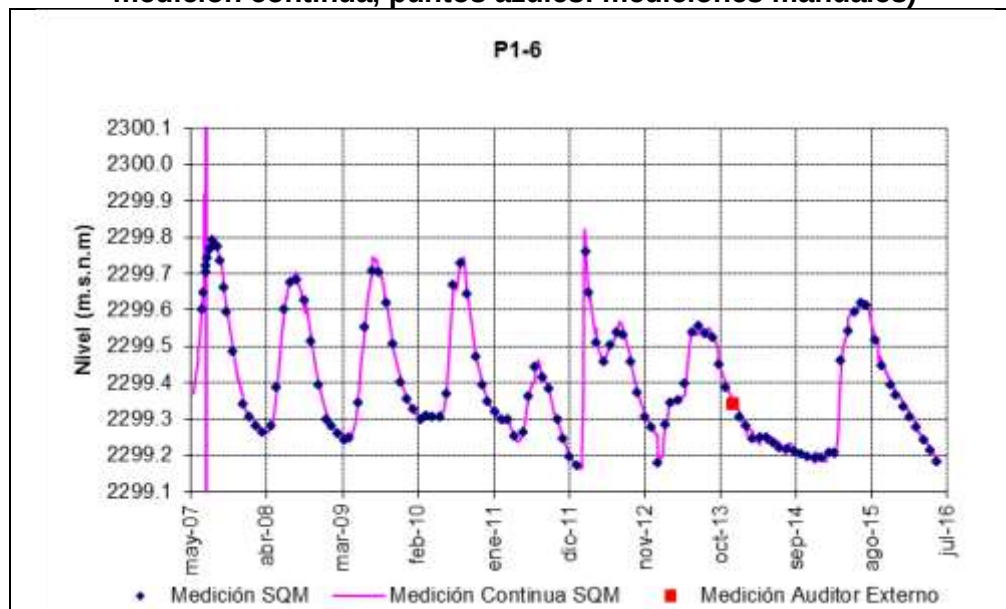
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-96: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



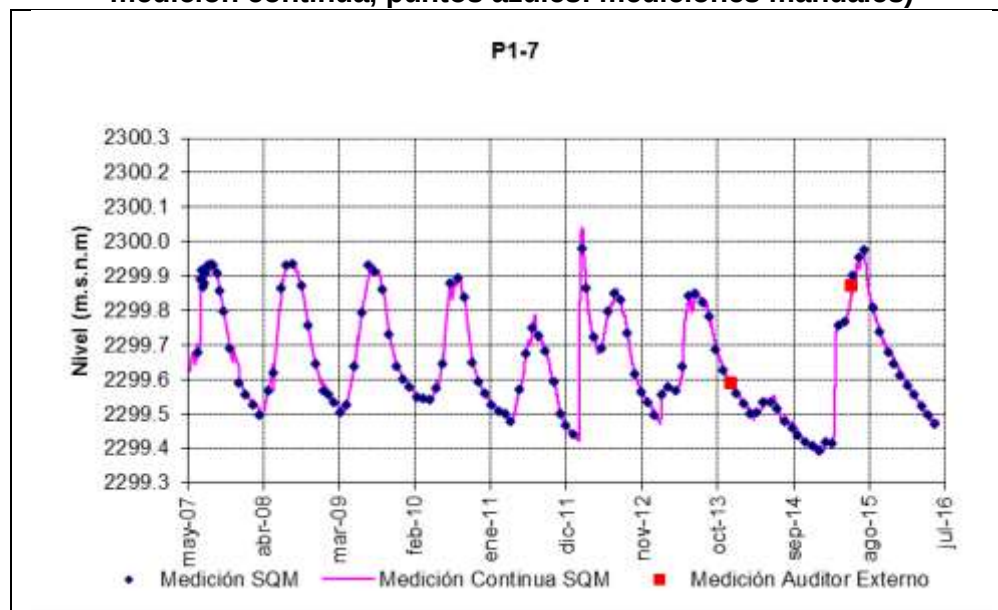
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-97: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



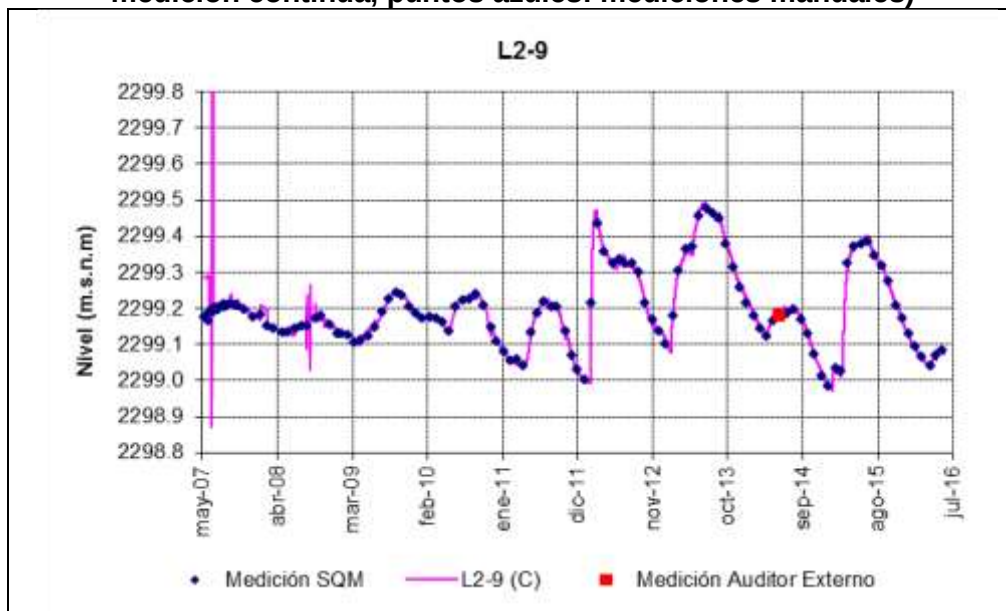
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-98: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



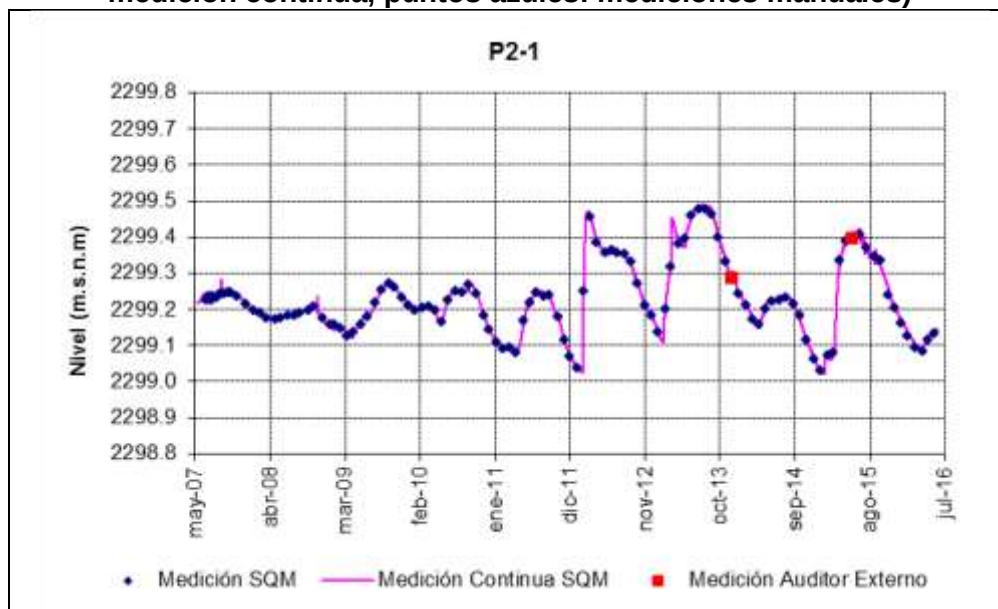
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-99: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



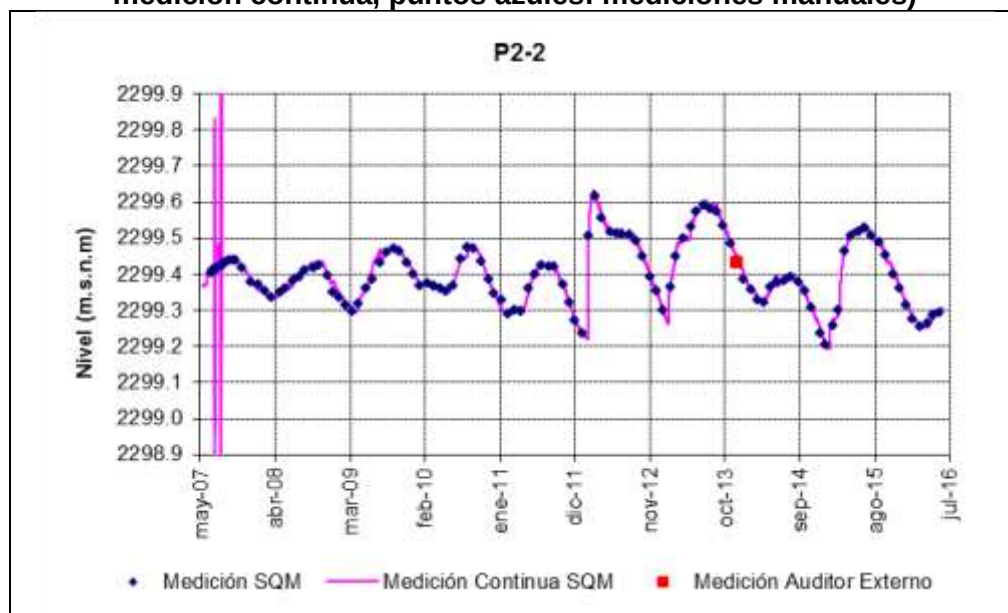
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-100: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



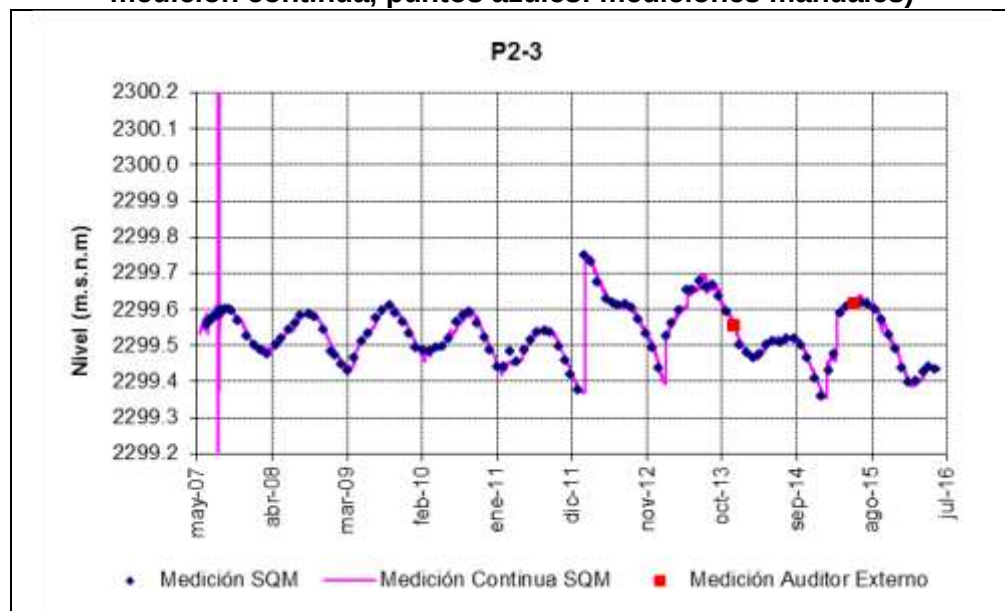
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-101: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



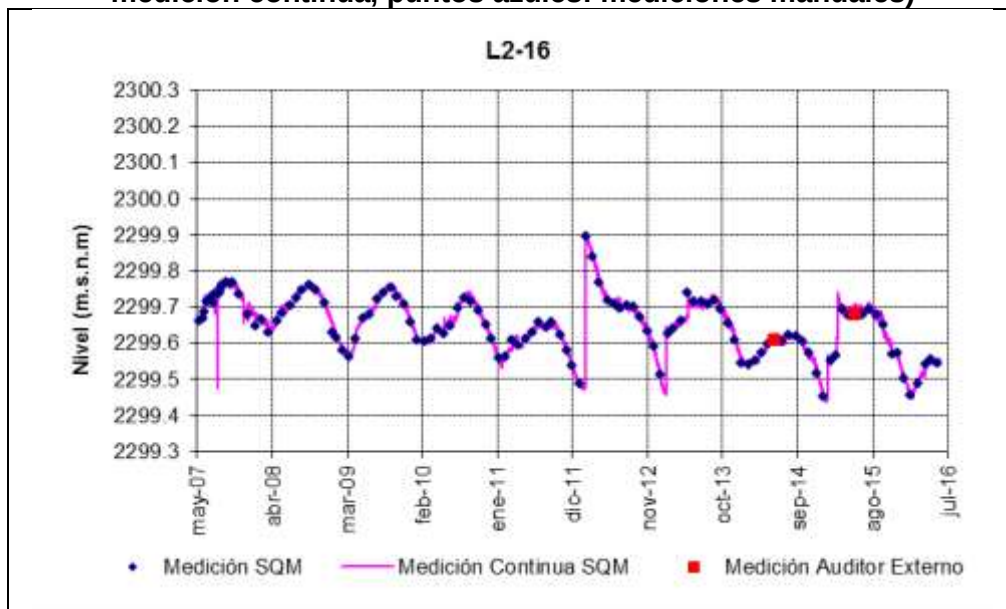
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-102: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



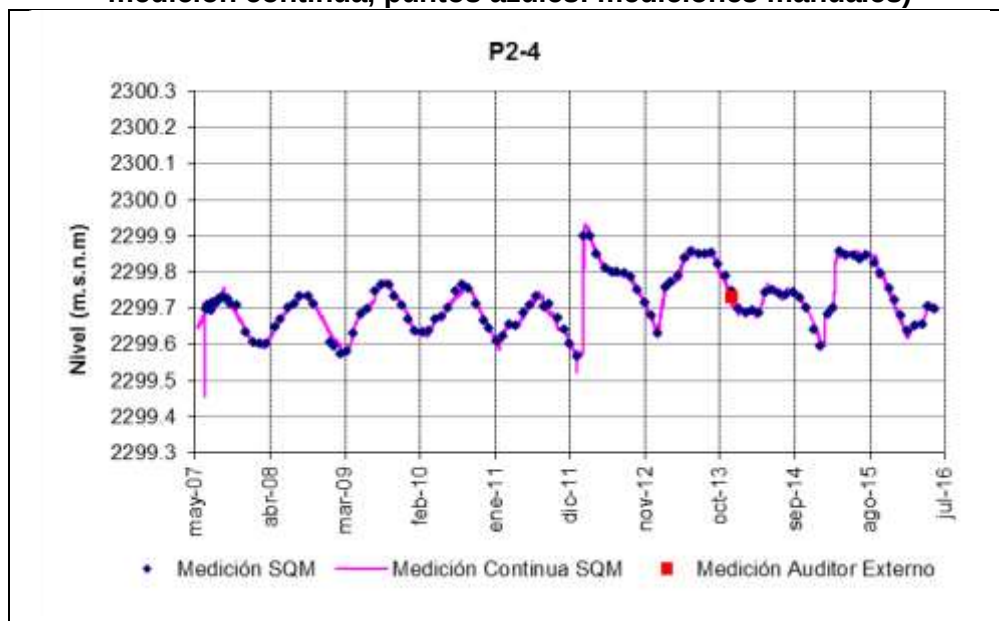
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-103: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



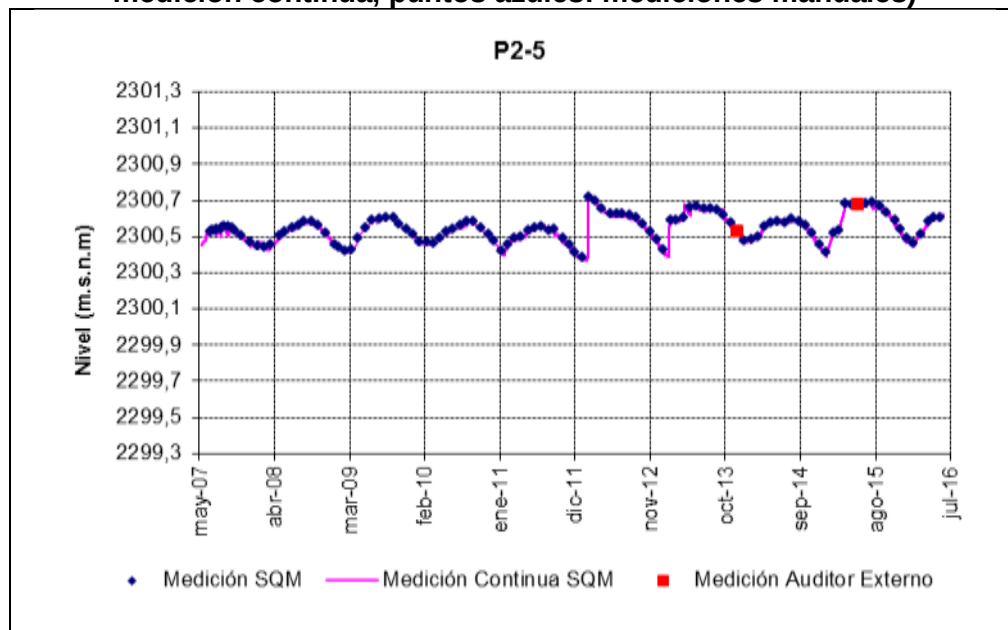
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-104: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



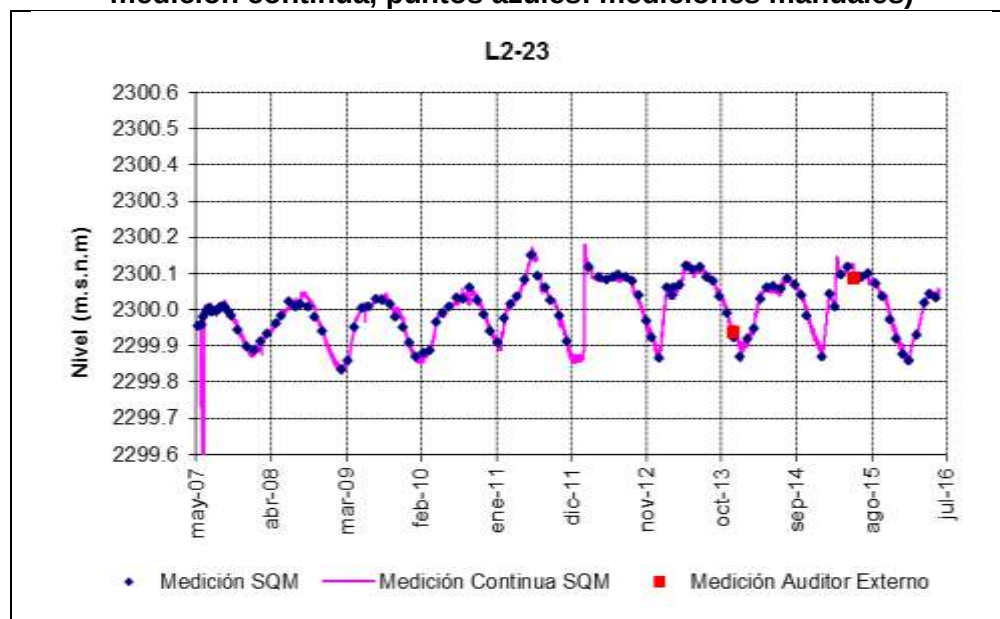
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-105: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



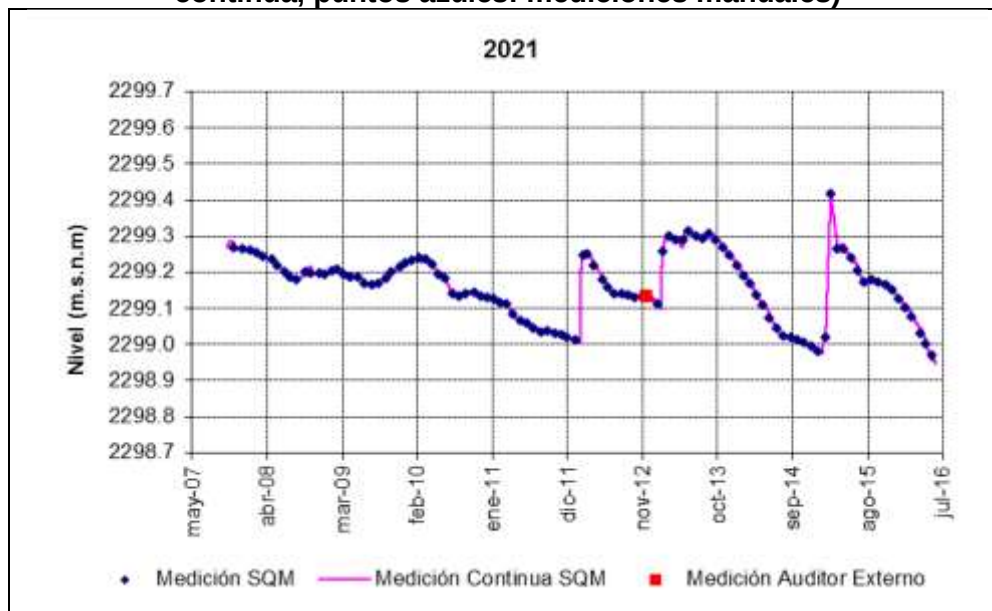
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-106: 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 5-107: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

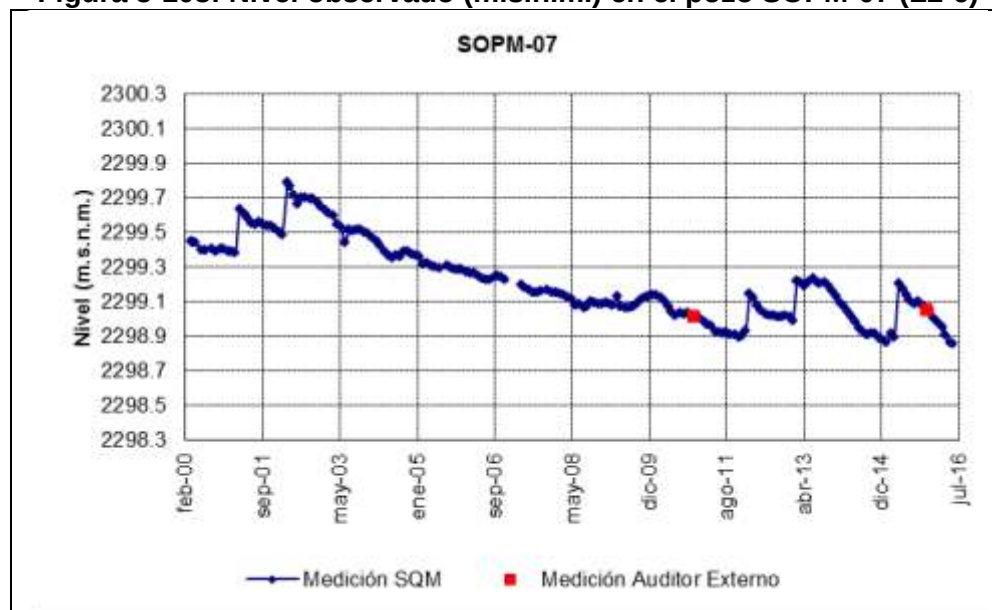


Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4 Pozos de salmuera

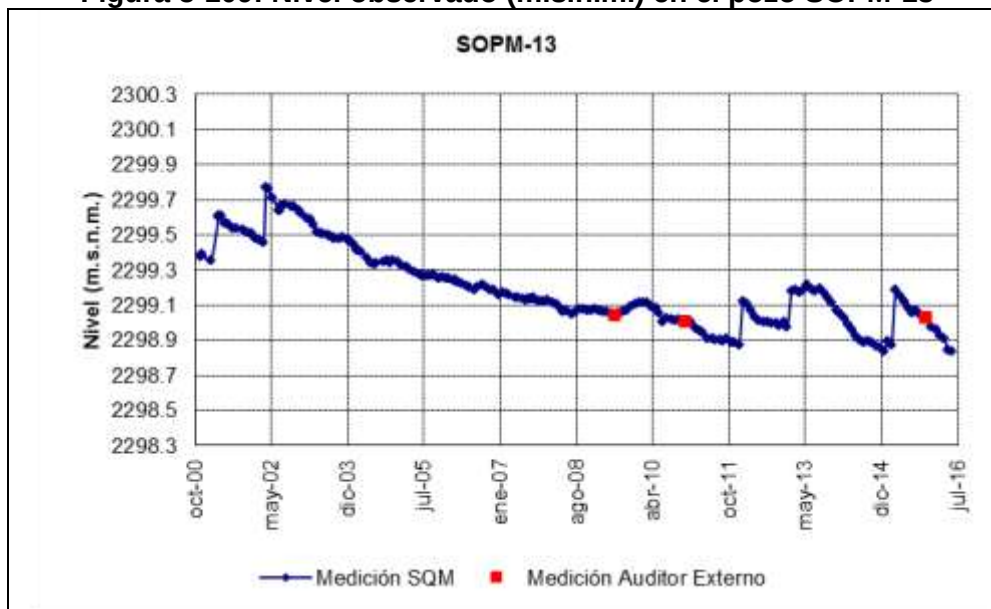
De la Figura 5-108 a la Figura 5-112 se presentan los pozos pertenecientes al sistema Soncor que están ubicados en el sector del núcleo del Salar de Atacama.

Figura 5-108: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-07 (L2-6)



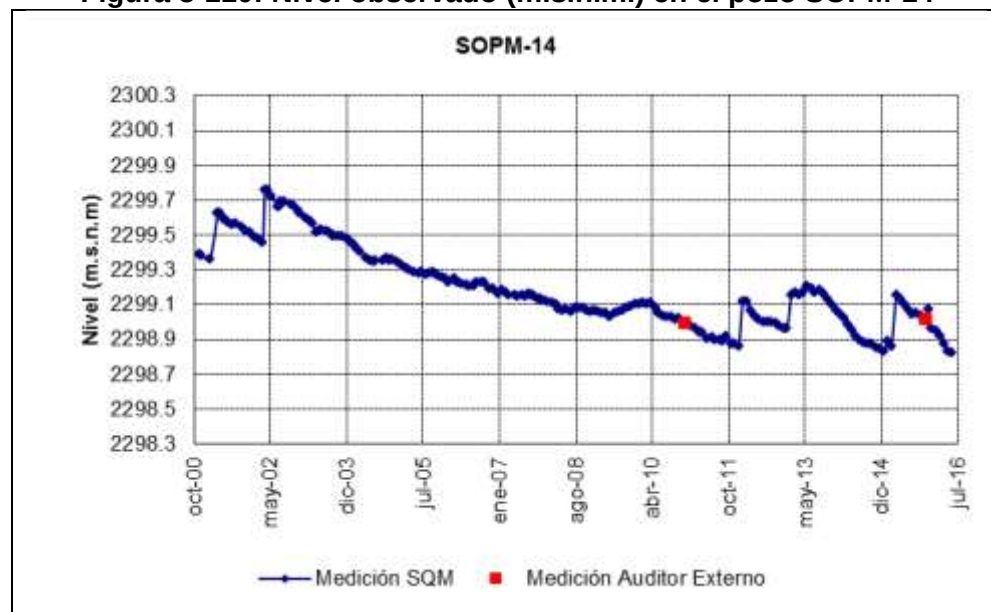
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-109: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-13



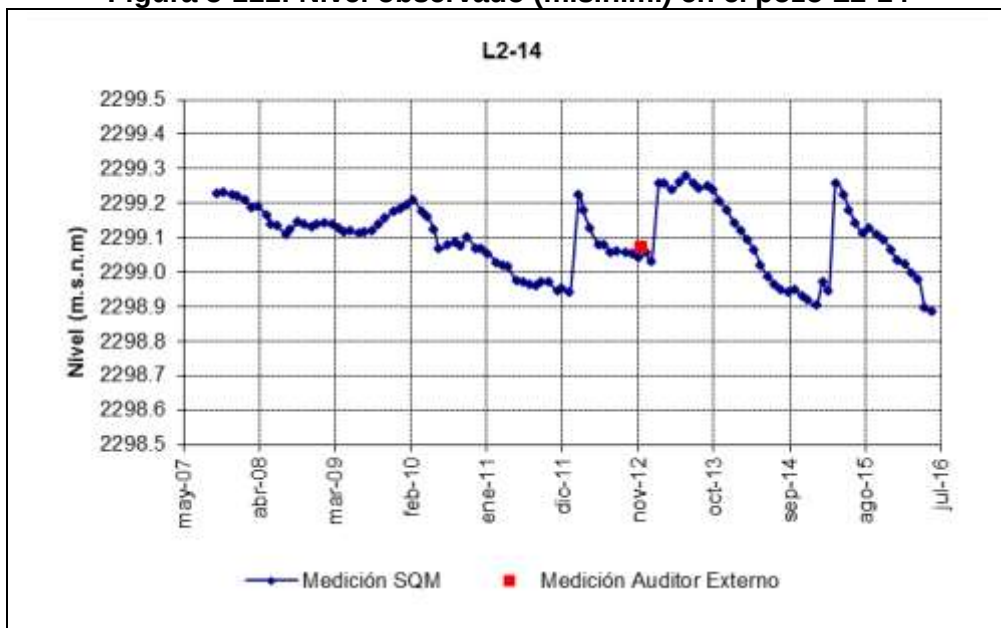
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-110: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-14



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-111: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-14



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-112: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-20



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.5 Nivel lacustre

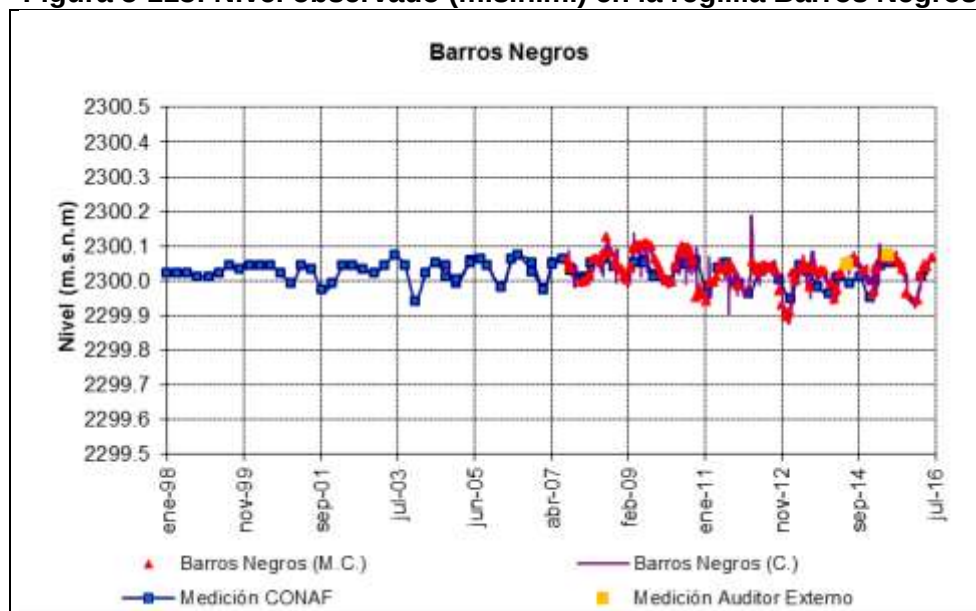
A continuación, se presentan los niveles continuos medidos en las lagunas del sistema Soncor, Barros Negros, Chaxa y Puilar (Figura 5-113 a Figura 5-115). Además, se presentan las mediciones trimestrales que realizó CONAF en el marco del convenio específico CONAF – SQM Salar S.A. vigente para el periodo 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

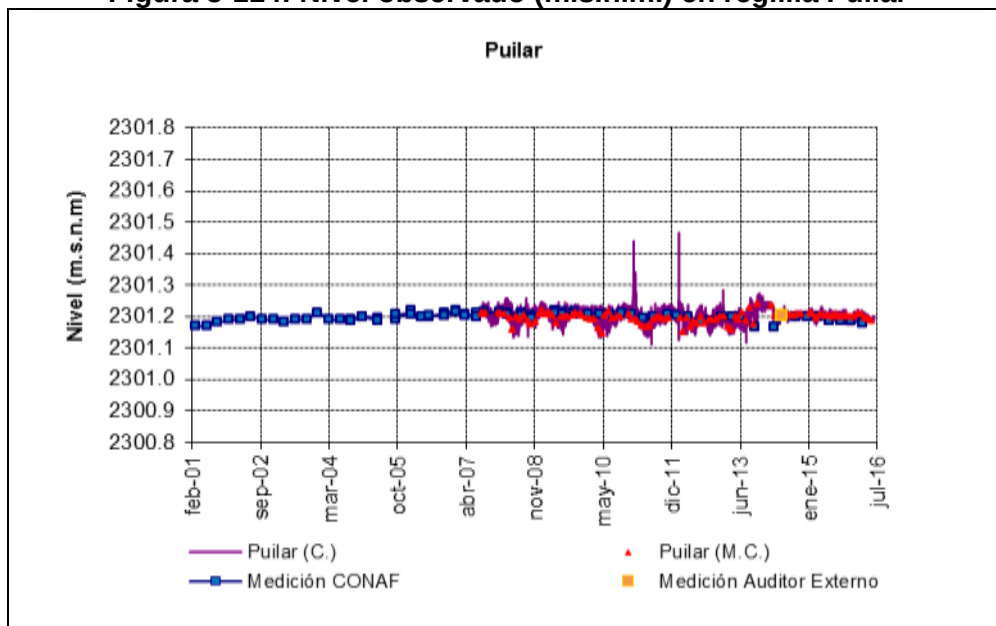
Como se indicó en informes anteriores, CONAF unifico las mediciones realizadas tanto de la reglilla como del limnómetro, de manera que de ahora en adelante se llamará simplemente “Monitoreo CONAF”, entendiéndose que este monitoreo corresponde a la reglilla metálica.

Figura 5-113: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla Barros Negros



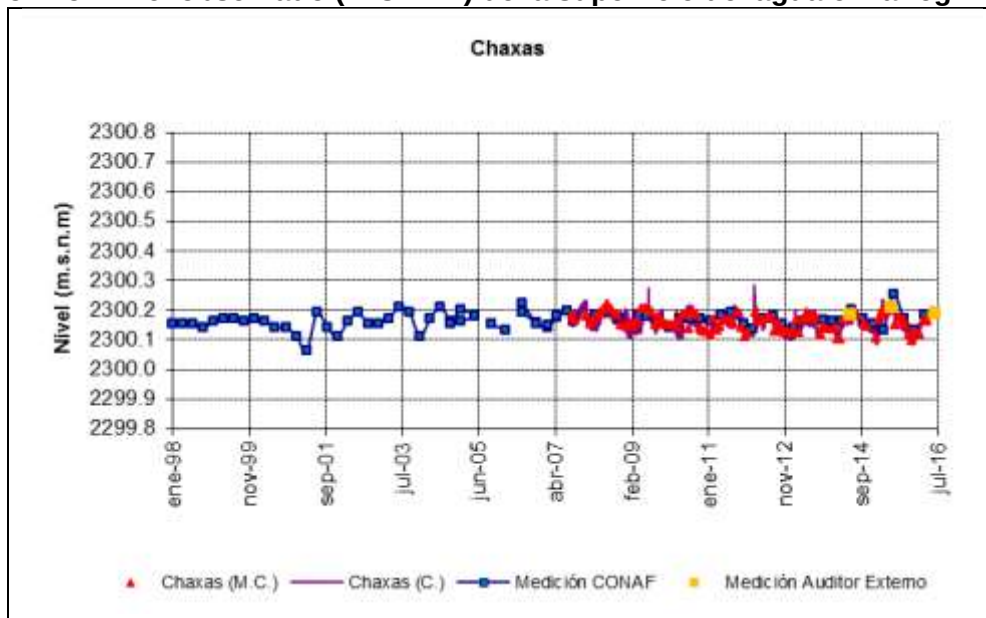
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-114: Nivel observado (m.s.n.m.) en reglilla Puilar



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-115: Nivel observado (m.s.n.m.) de la superficie del agua en la reglilla Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.6 Meteorología

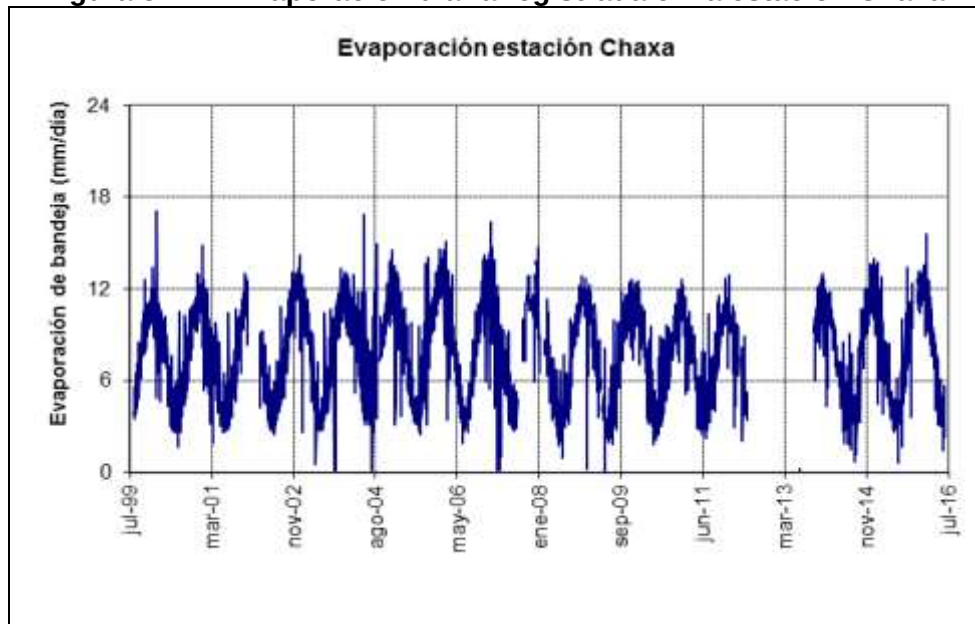
Desde la Figura 5-116 a la Figura 5-119 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica Chaxa que forman parte del PSAH, precipitación, evaporación, velocidad y temperatura diaria.

Figura 5-116: Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa



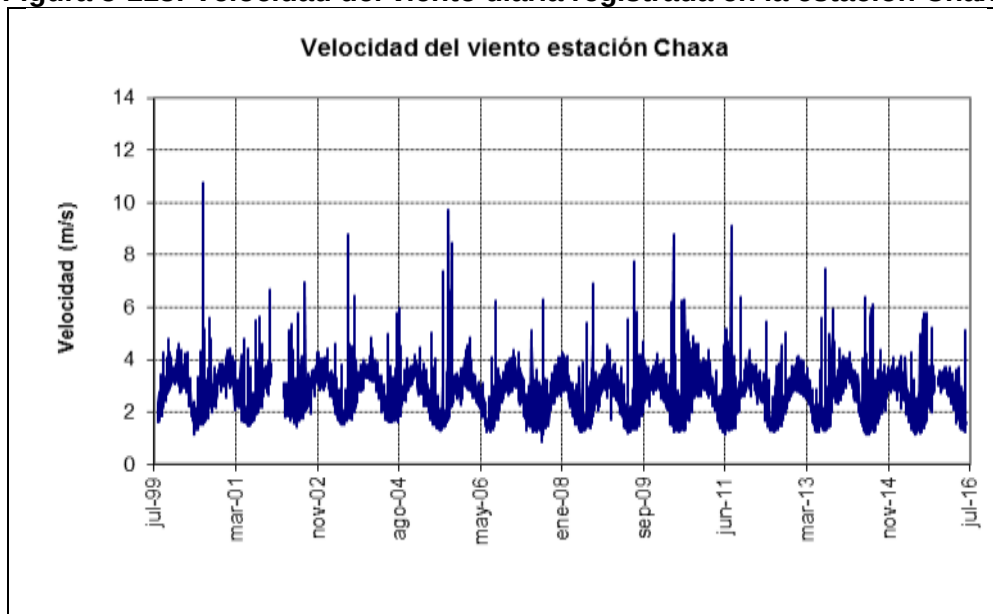
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-117: Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa⁴



Fuente: Elaboración propia.

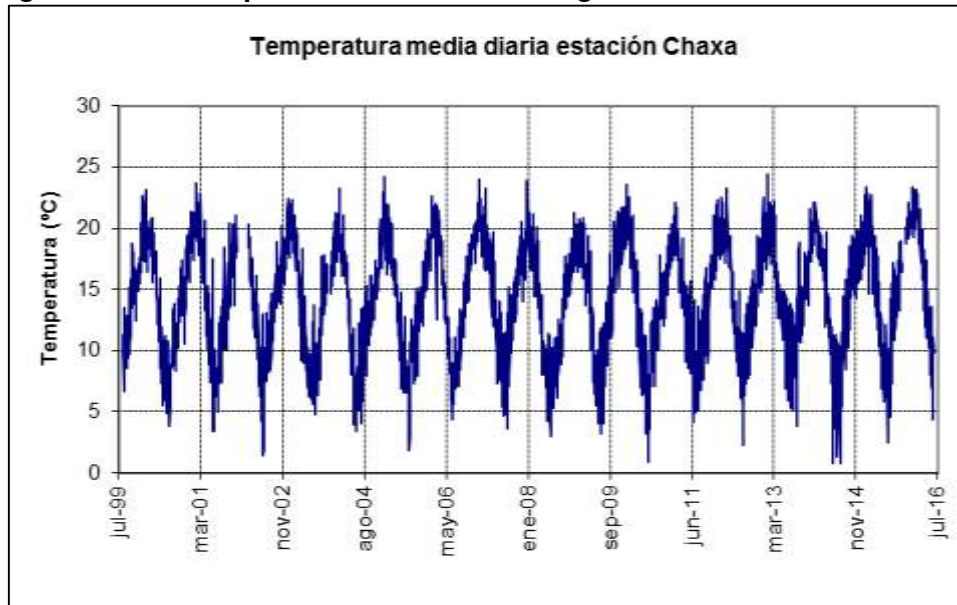
Figura 5-118: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

⁴ 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:

Figura 5-119: Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa

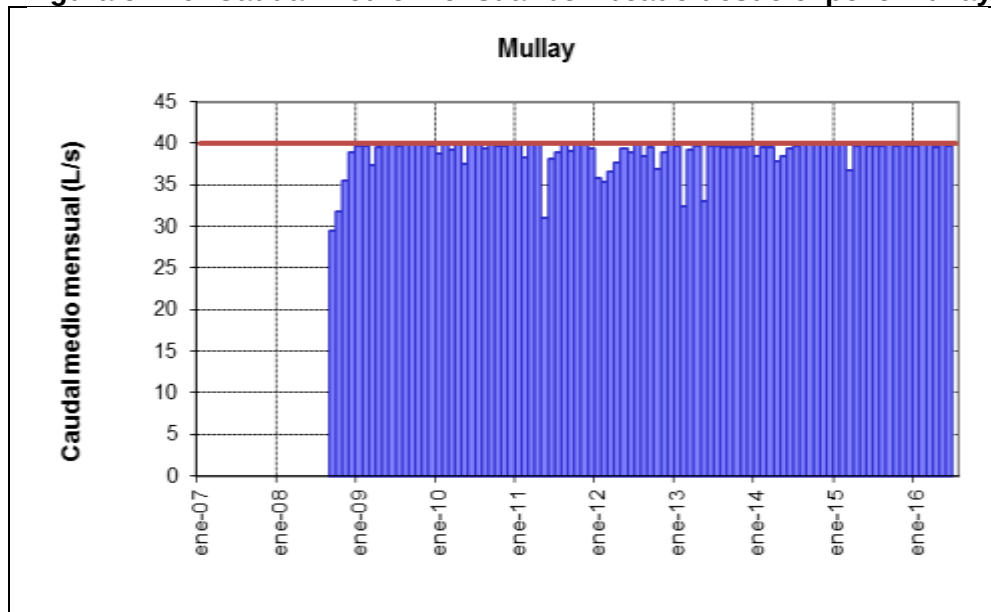


Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.7 Caudal bombeado

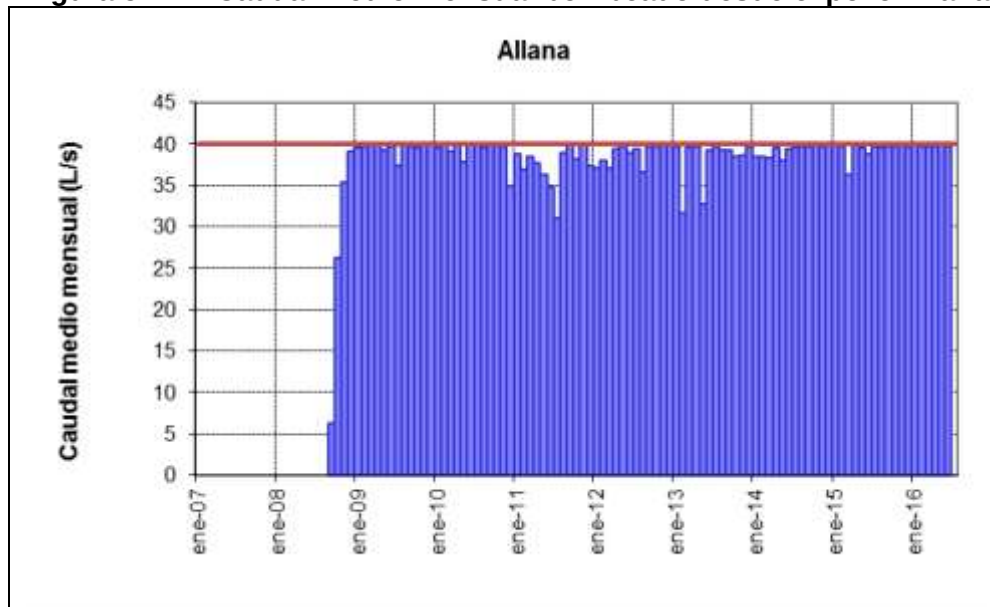
En la Figura 5-120 y Figura 5-121 se muestran los caudales medios mensuales bombeados de los pozos Mullay 1 y Allana respectivamente, mientras que en la tabla del ANEXO 9 se muestran los valores registrados.

Figura 5-120: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Mullay



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-121: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Allana



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.8 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, los resultados son presentados sólo en esta sección. Desde la Figura 5-122 a Figura 5-136 se presentan los datos recogidos en terreno y los resultados de los análisis químicos realizados por el laboratorio ALS Environmental para cada uno de los pozos previamente señalados. En el ANEXO 10 se presentan los informes de los análisis químicos reportados por ALS Environmental para dichas muestras y en el ANEXO 5 el certificado de acreditación de este laboratorio.

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 por ALS Environmental se presentan de la Figura 5-137 a la Figura 5-138.

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 5-139 a la Figura 5-146.

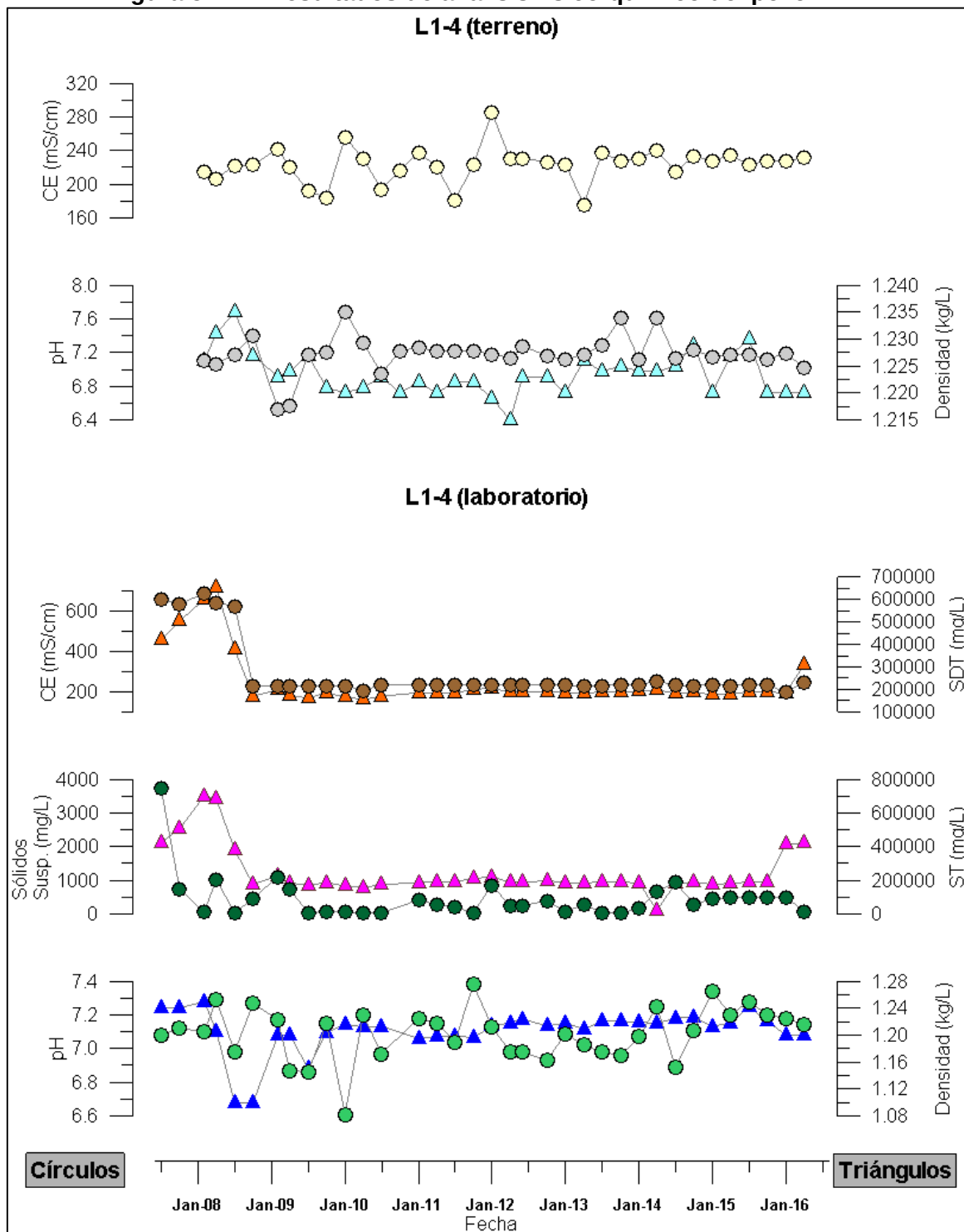


Es importante notar que en los gráficos de hidroquímica, las series representadas con un círculo están asociadas a los ejes del lado izquierdo y las que se encuentran representadas por un triángulo están asociadas a los ejes del lado derecho.

5.2.1.8.1 Muestreo de aguas realizado por SQM

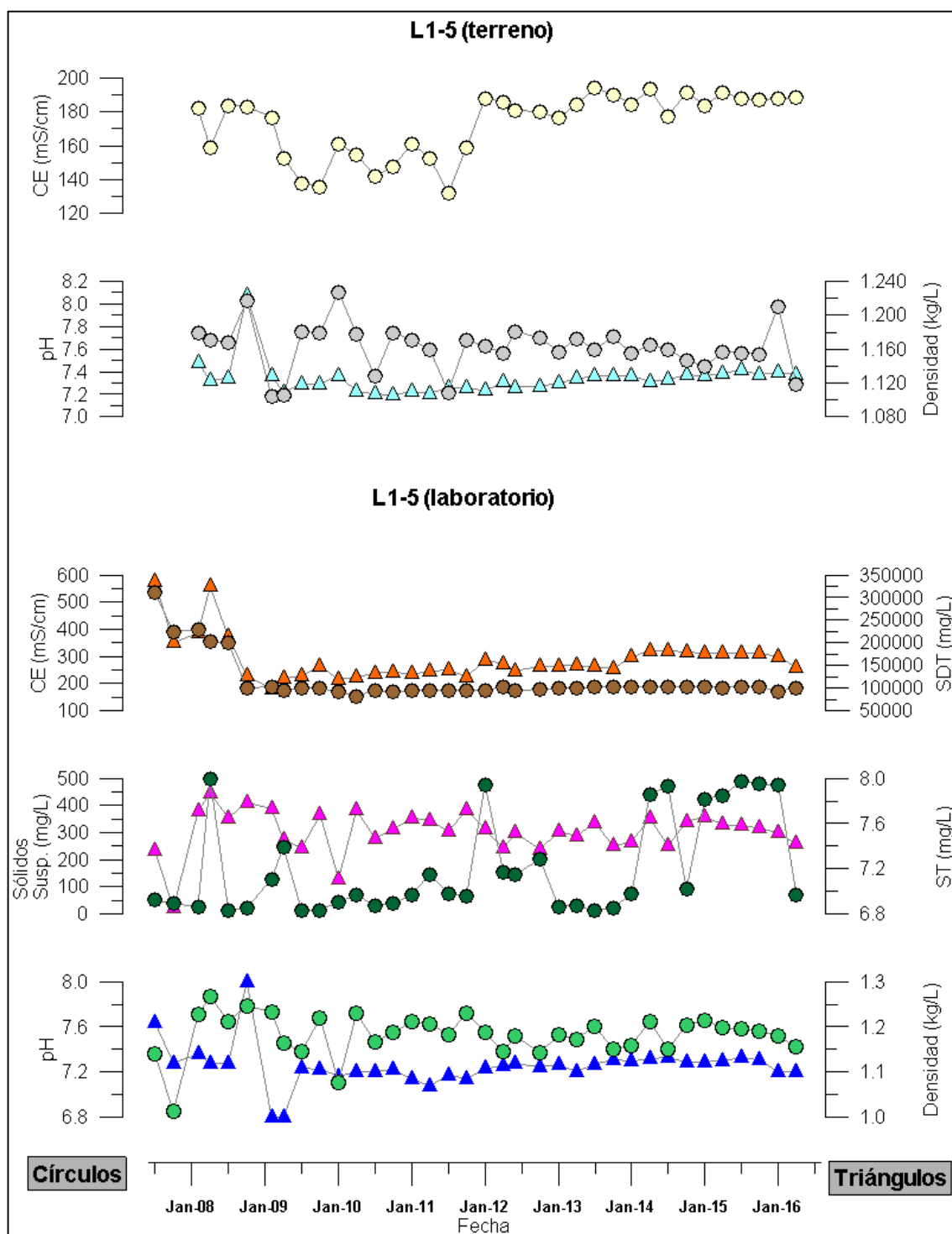
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por SQM y analizadas por el laboratorio ALS Environmental.

Figura 5-122: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4



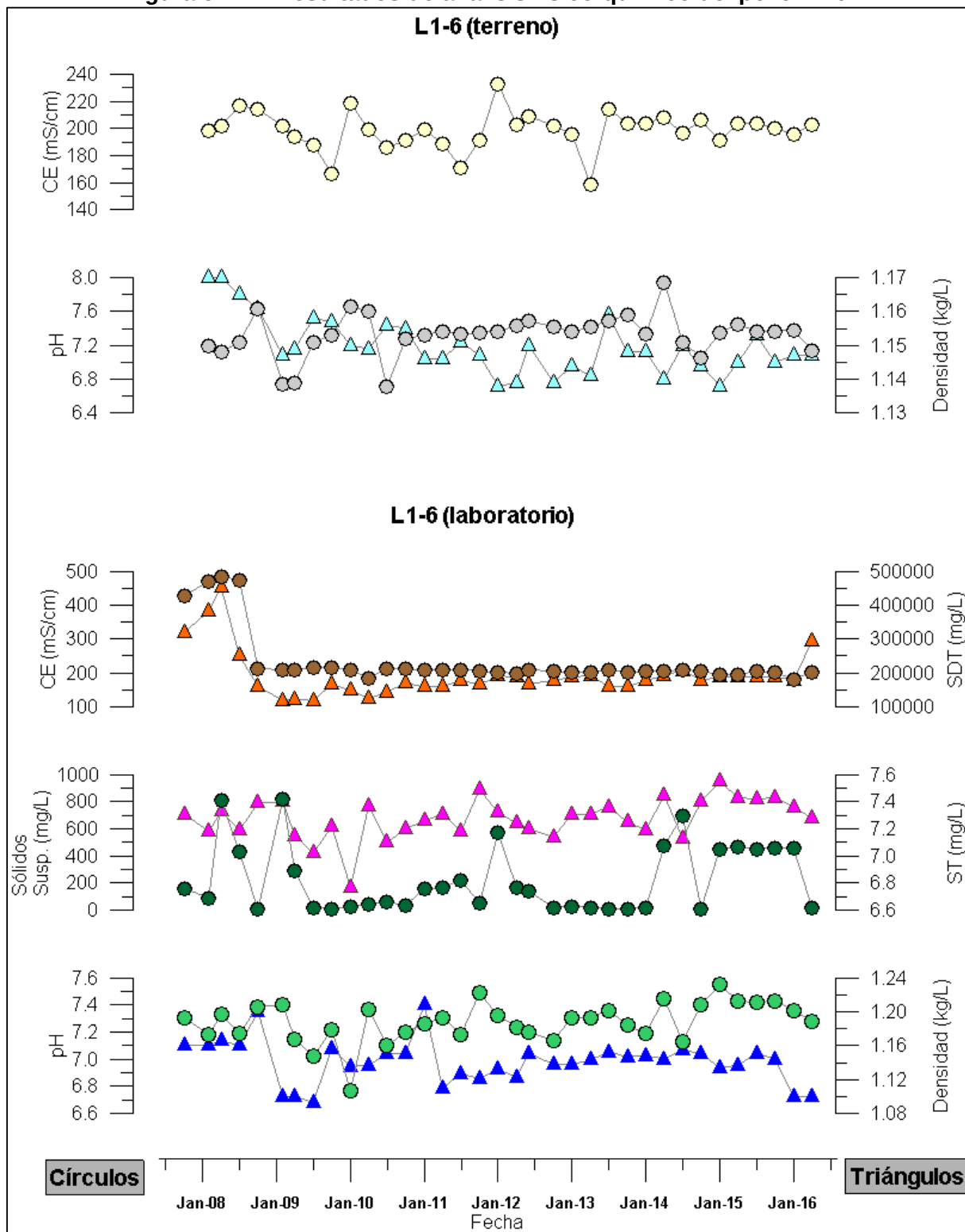
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-123: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5



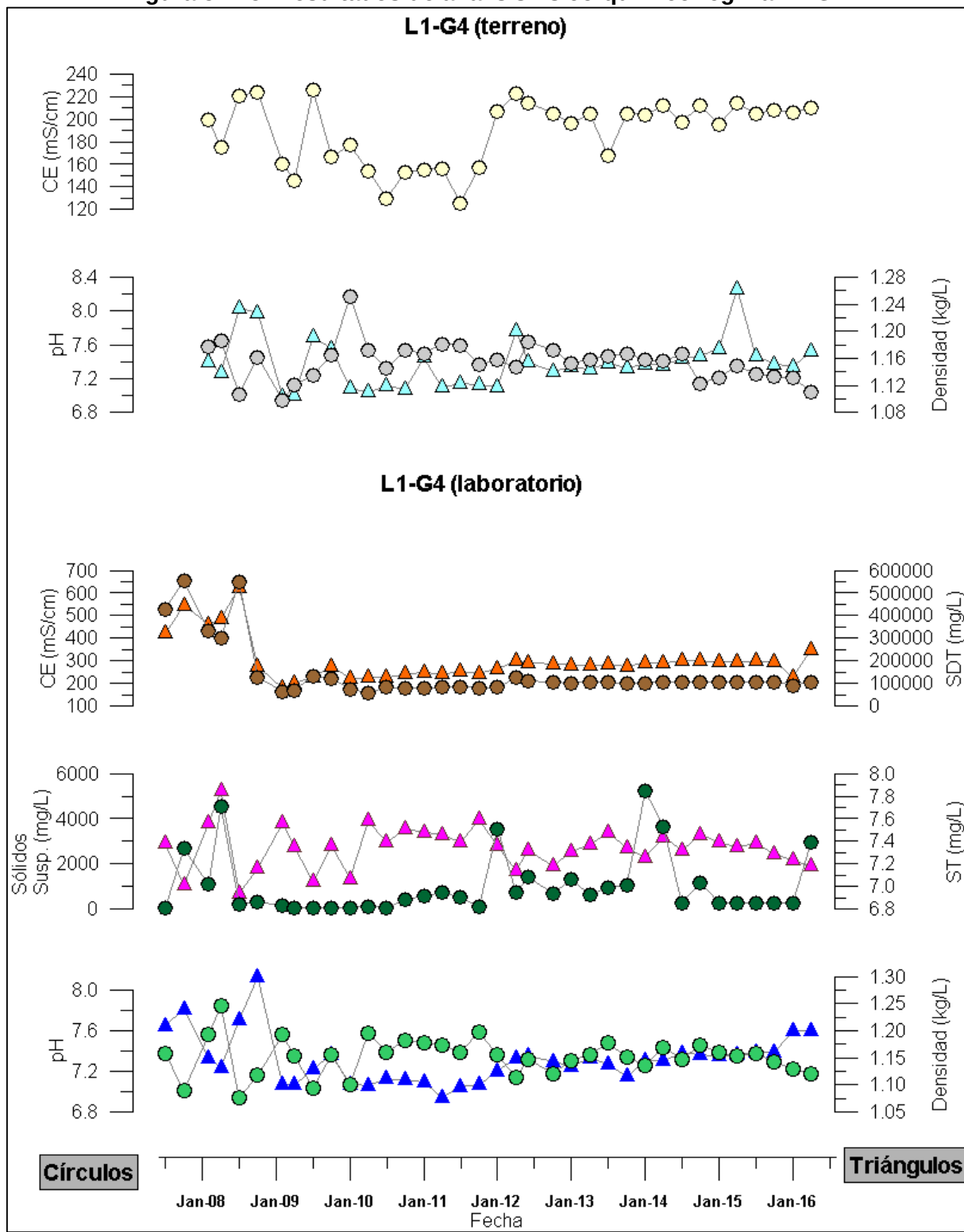
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-124: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6



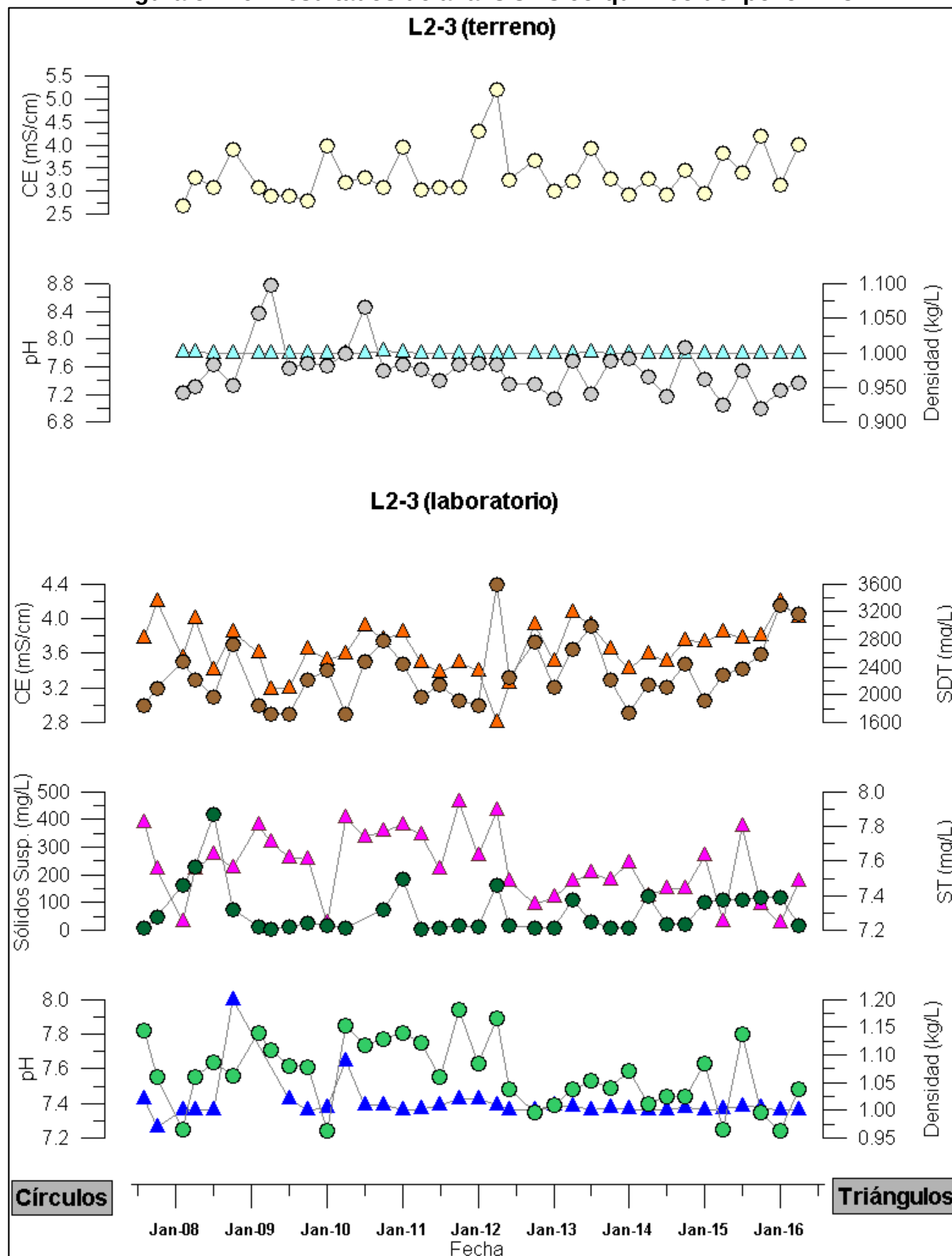
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-125: Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4



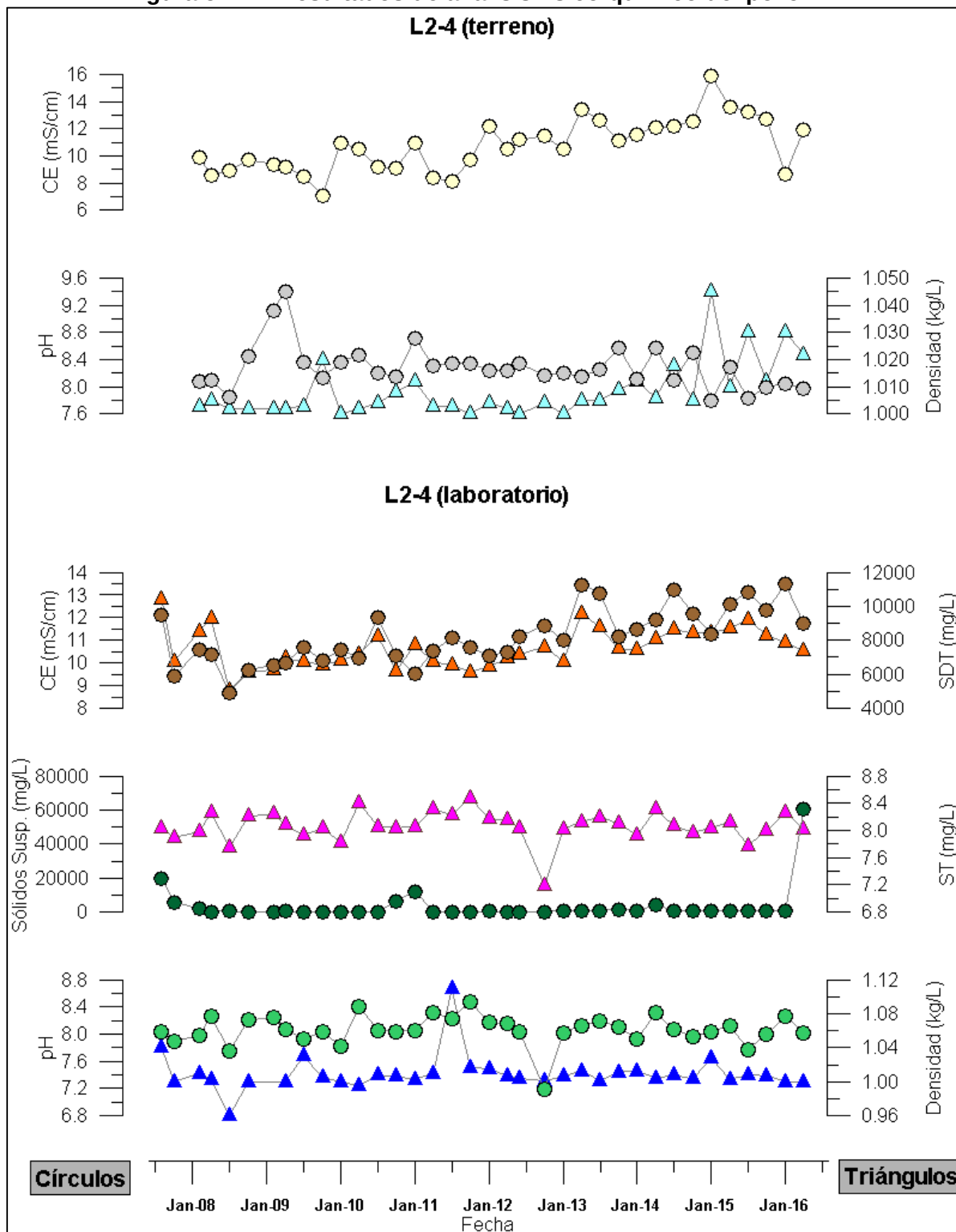
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-126: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3



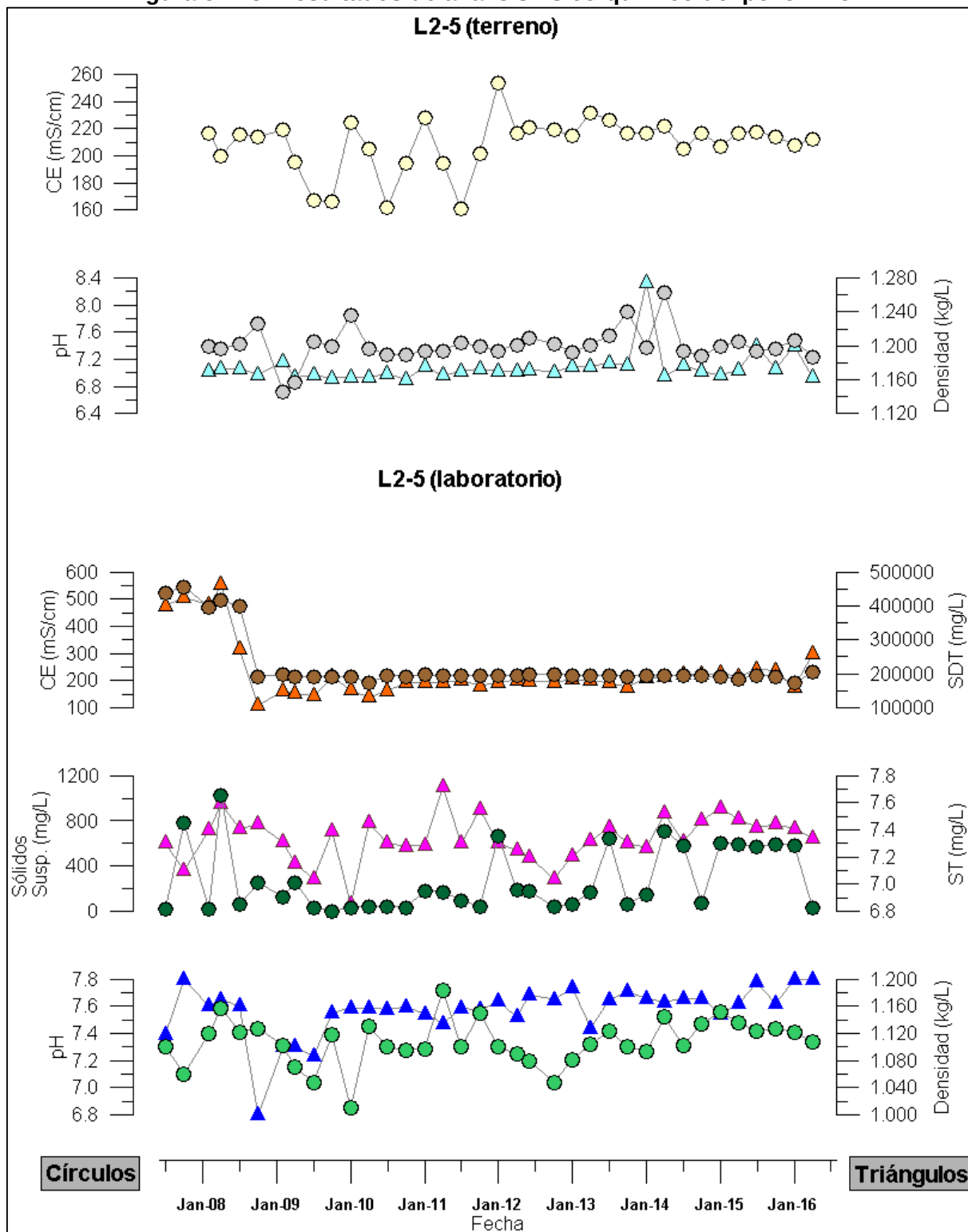
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-127: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4



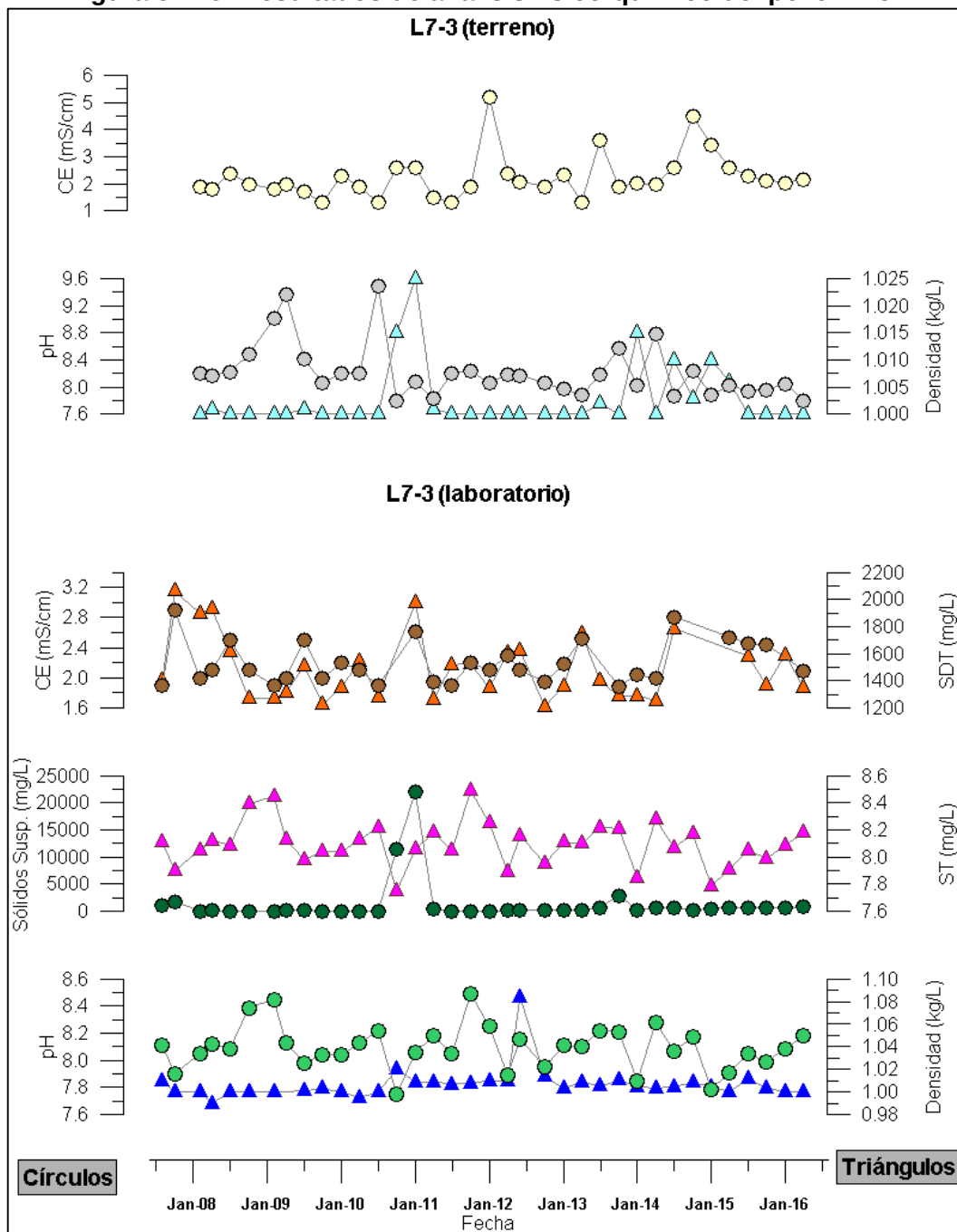
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-128: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5



Fuente: Elaboración propia.

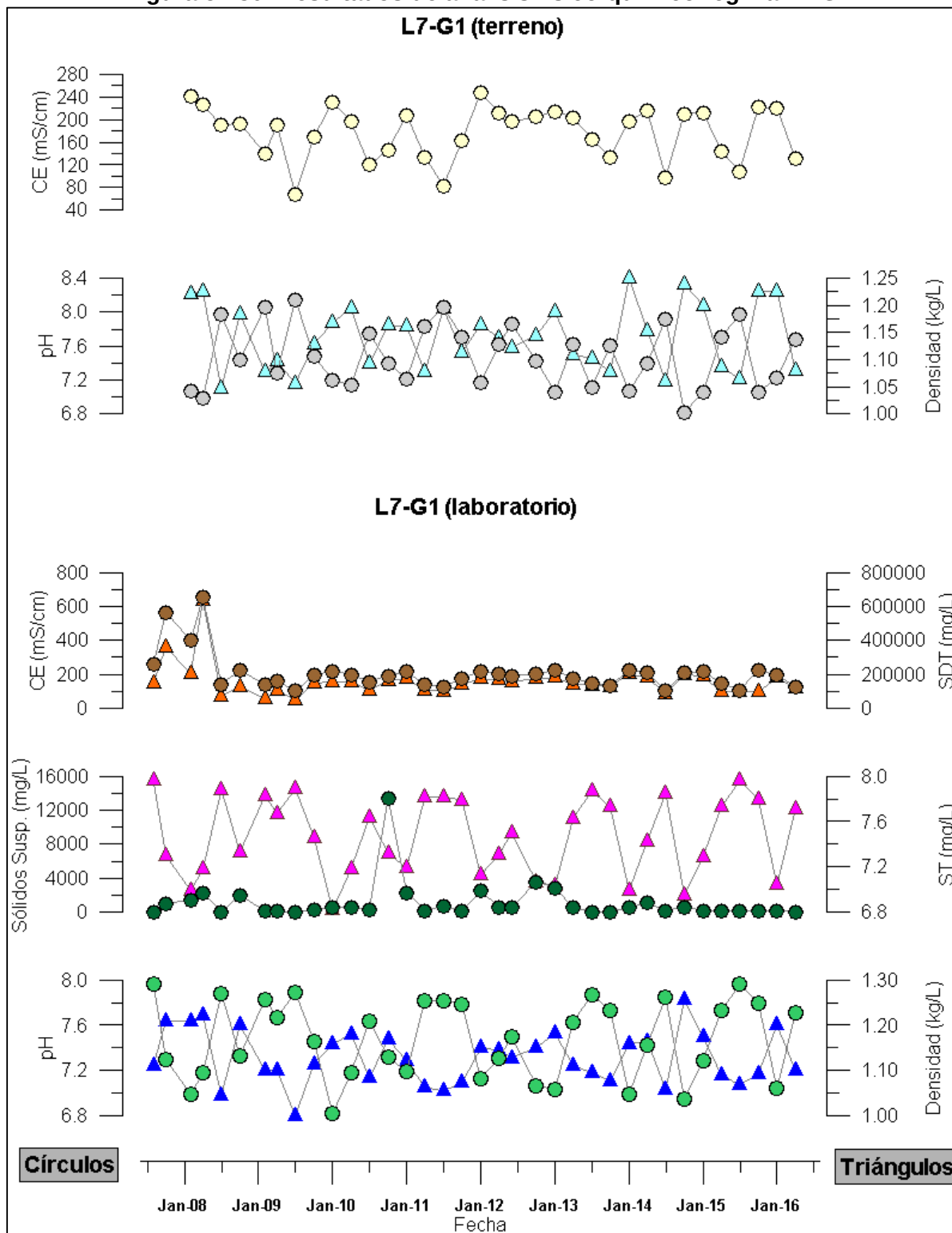
Figura 5-129: Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3⁵



Fuente: Elaboración propia.

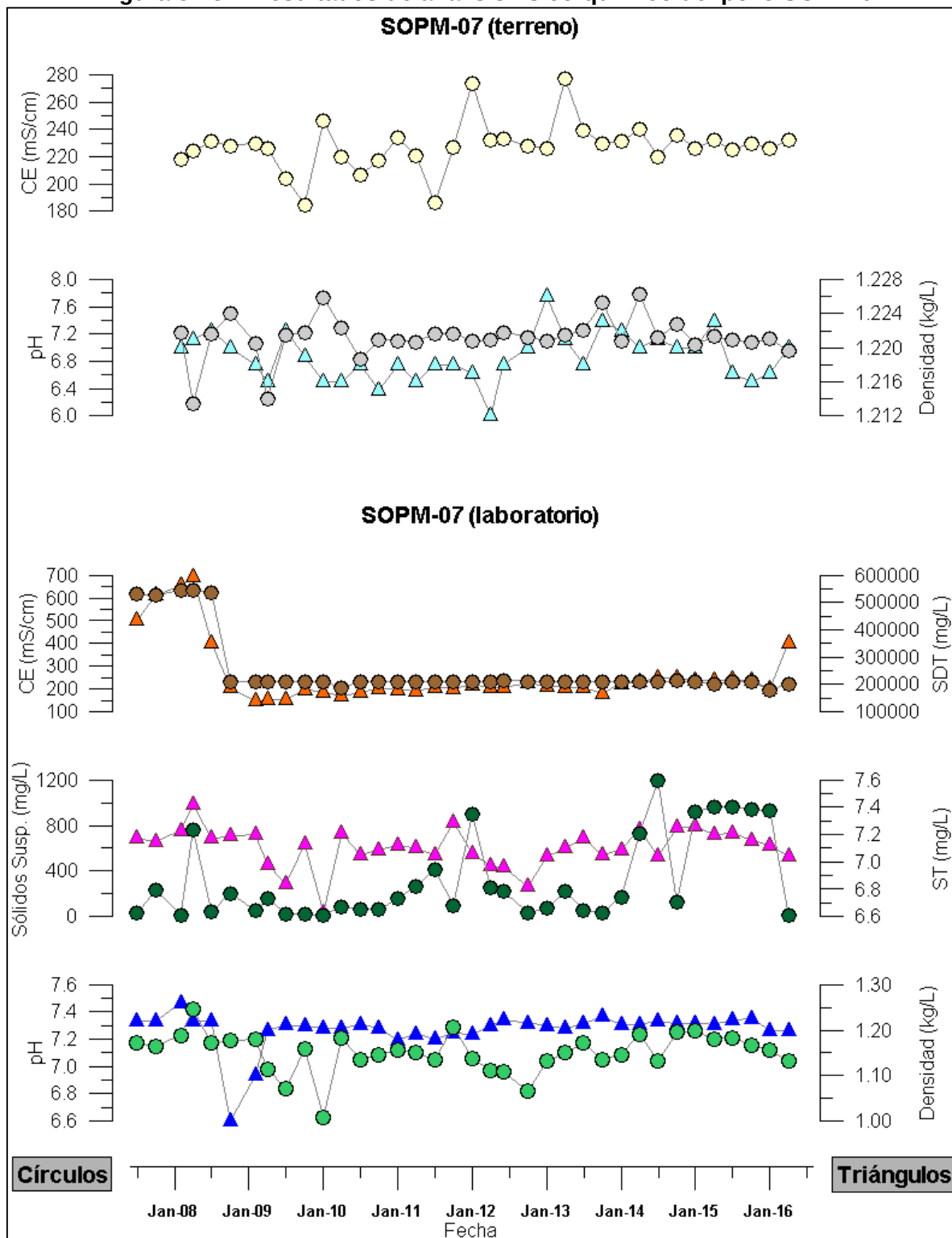
⁵ Para evitar problemas de escala, en la serie de SDT se sacó el dato de octubre de 2010, correspondiente a 6.990 mg/L, y en la serie de Sólidos Suspendedos se sacaron los datos de octubre de 2010 y enero de 2011, correspondientes a 11.409 mg/L y 21.965 mg/L.

Figura 5-130: Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1



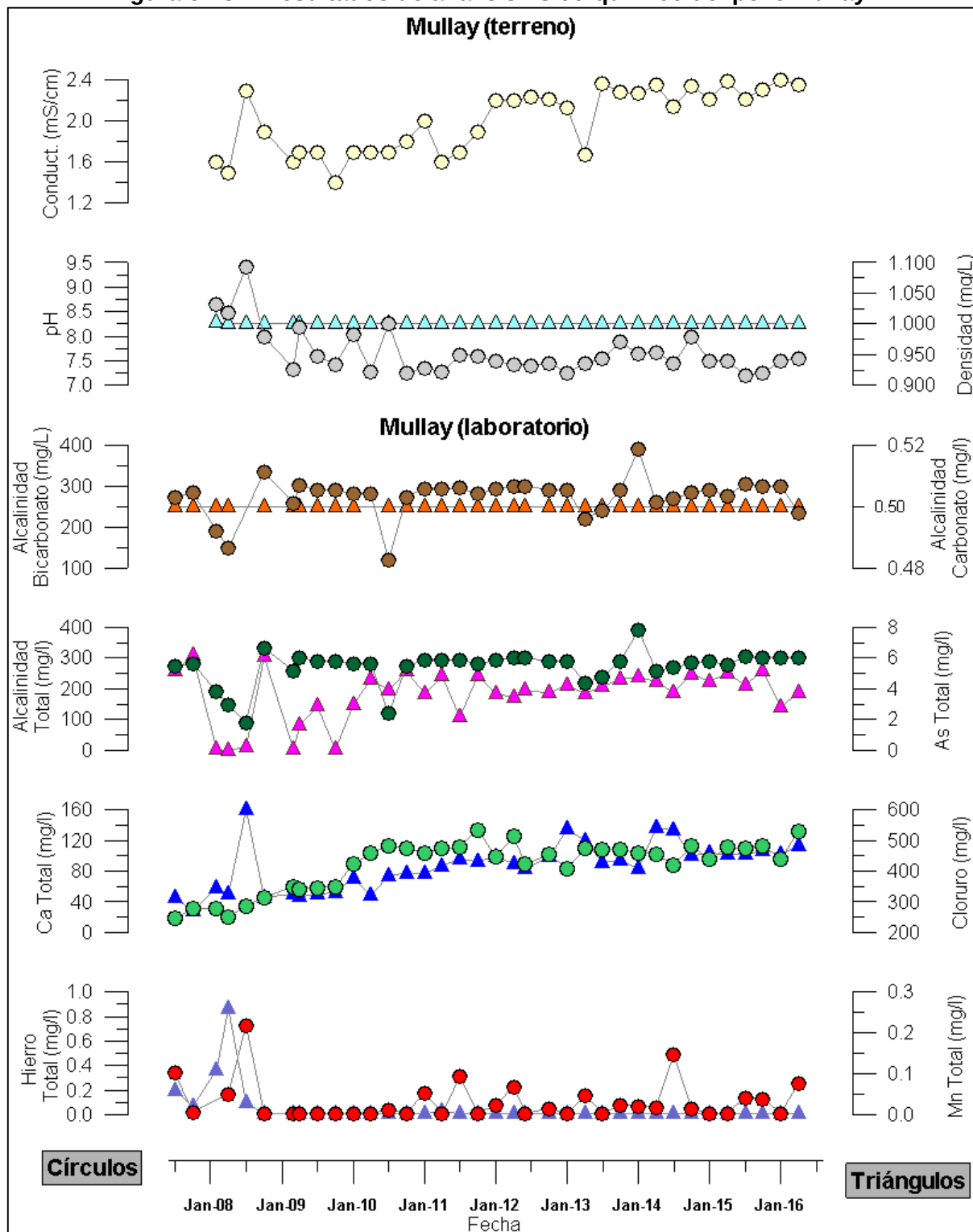
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-131: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07



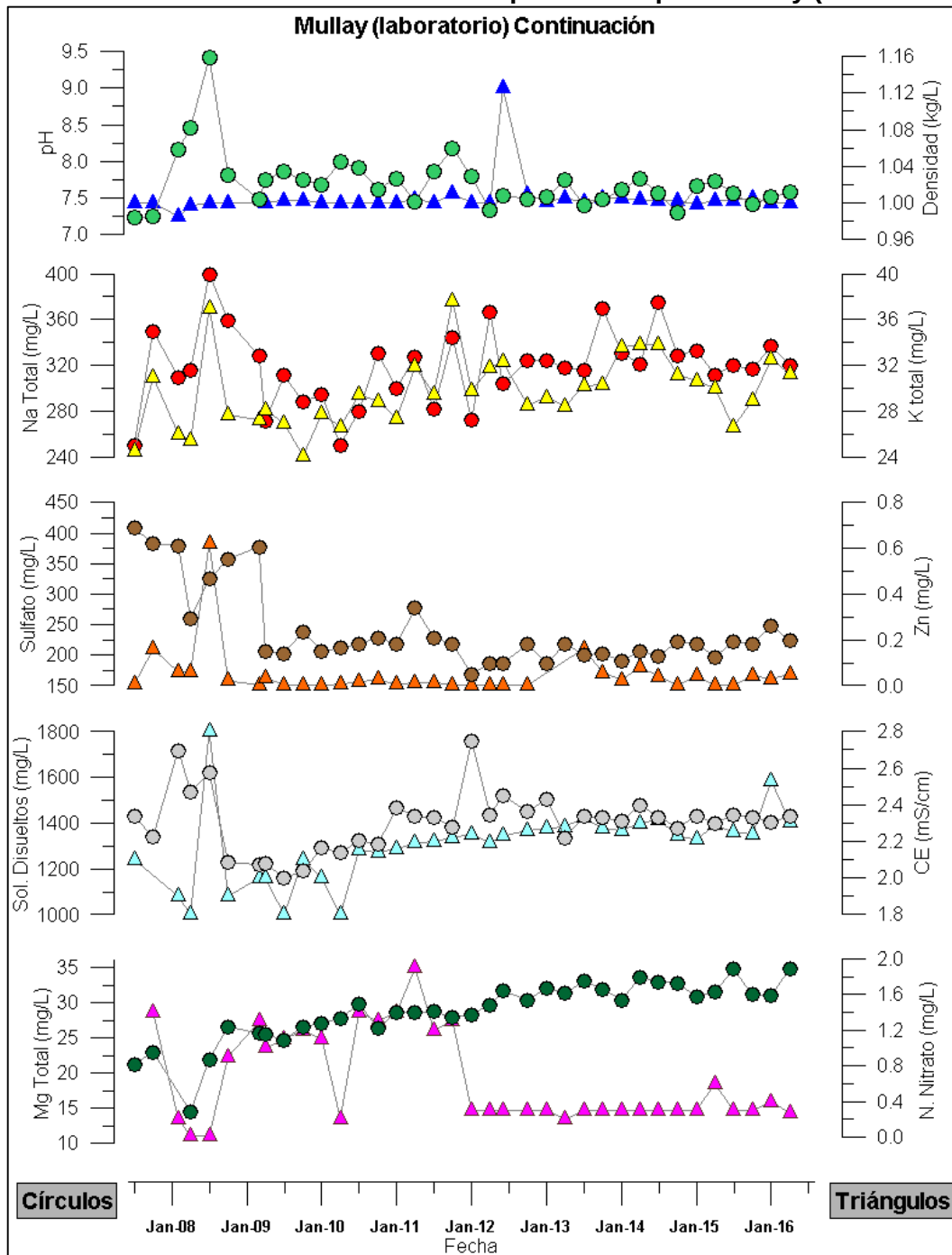
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-132: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay⁶



Fuente: Elaboración propia.

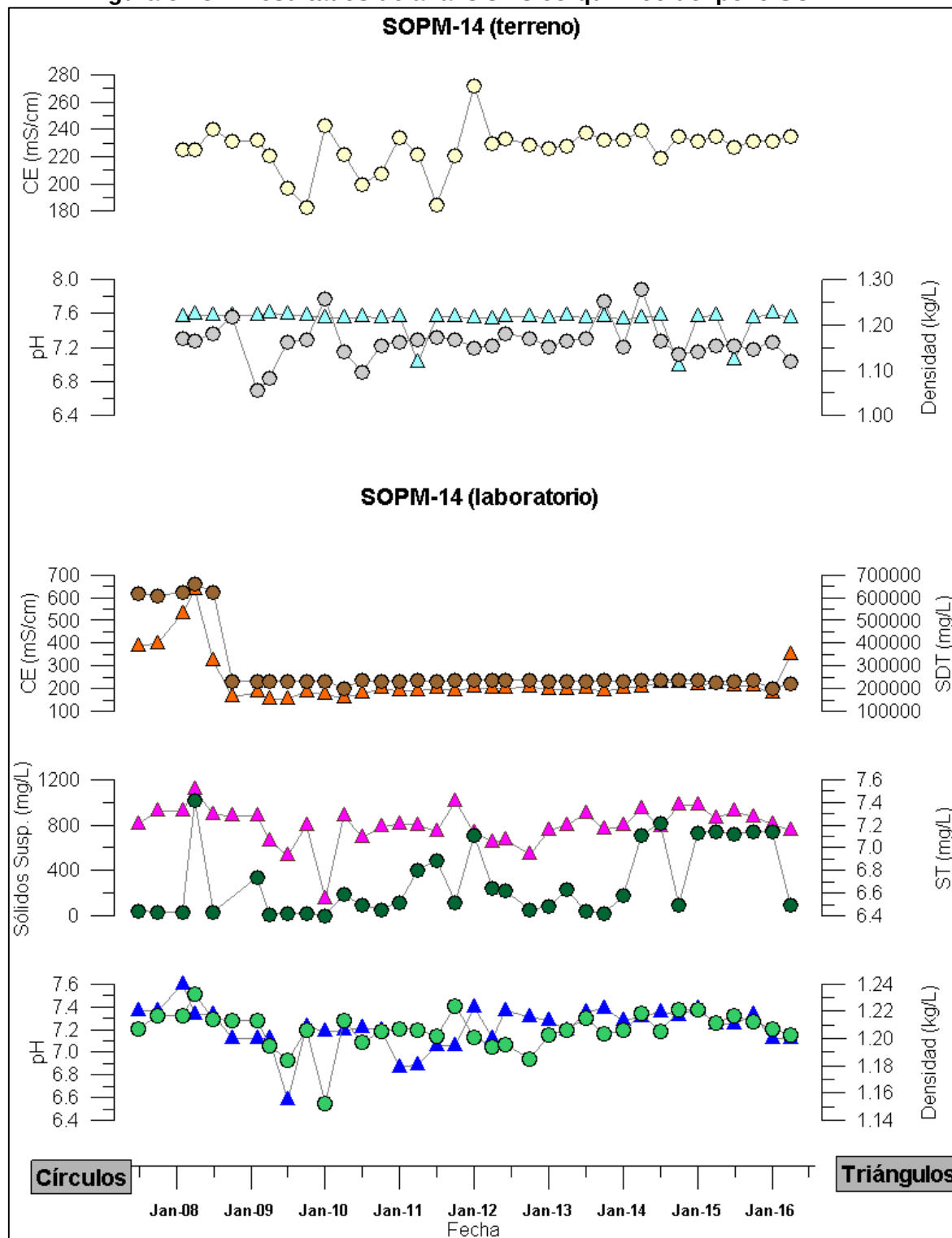
Figura 5-133: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación)⁷



Fuente: Elaboración propia.

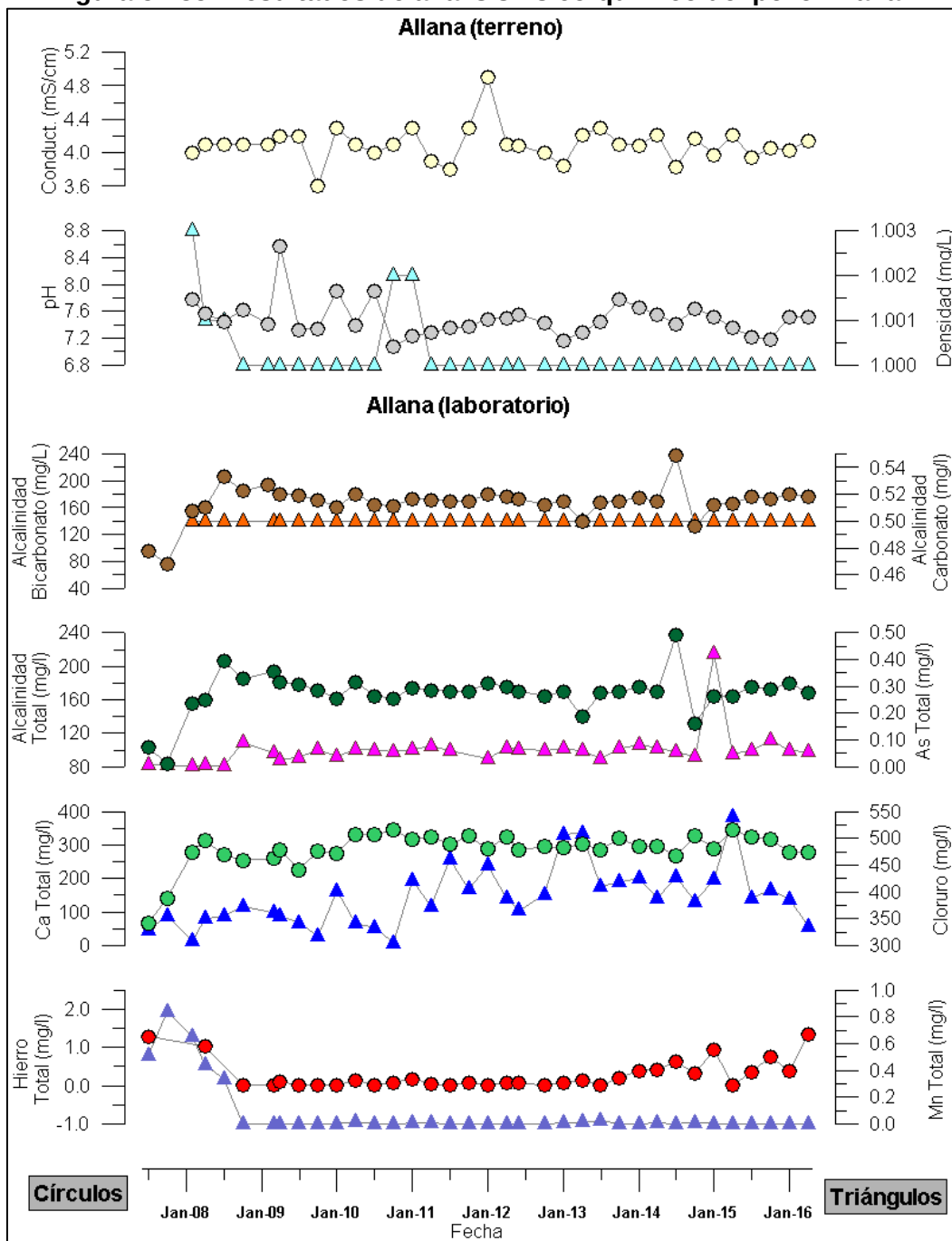
⁷ Para evitar problemas de escala a la serie de Magnesio Total se le sacó el dato de febrero de 2008 correspondientes a 95 mg/L y a la serie del Nitrógeno Nitrato se le sacó el dato de julio de 2007 correspondientes a 134 mg/L.

Figura 5-134: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14



Fuente: Elaboración propia.

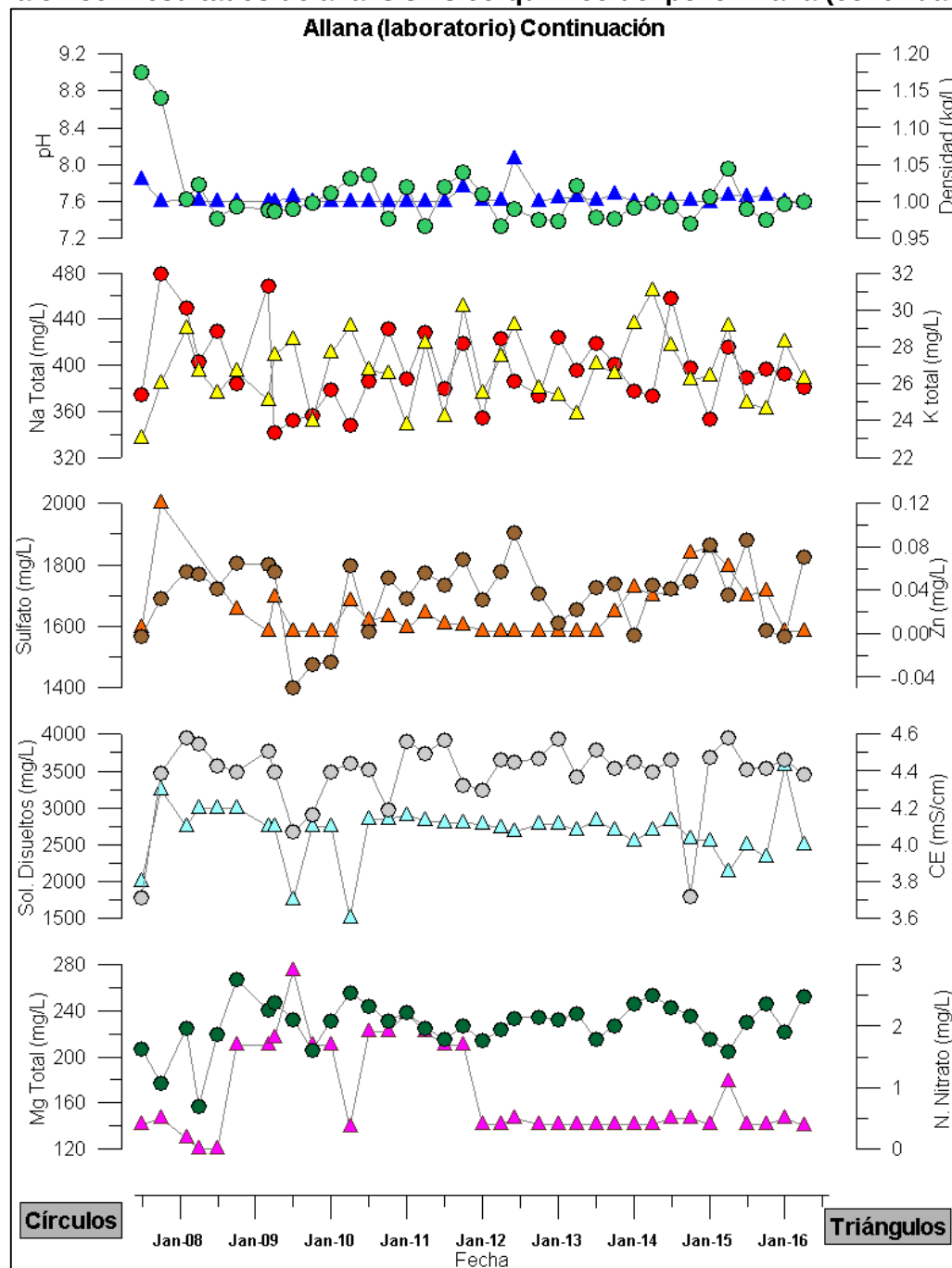
Figura 5-135: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana⁸



Fuente: Elaboración propia.

⁸ 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.

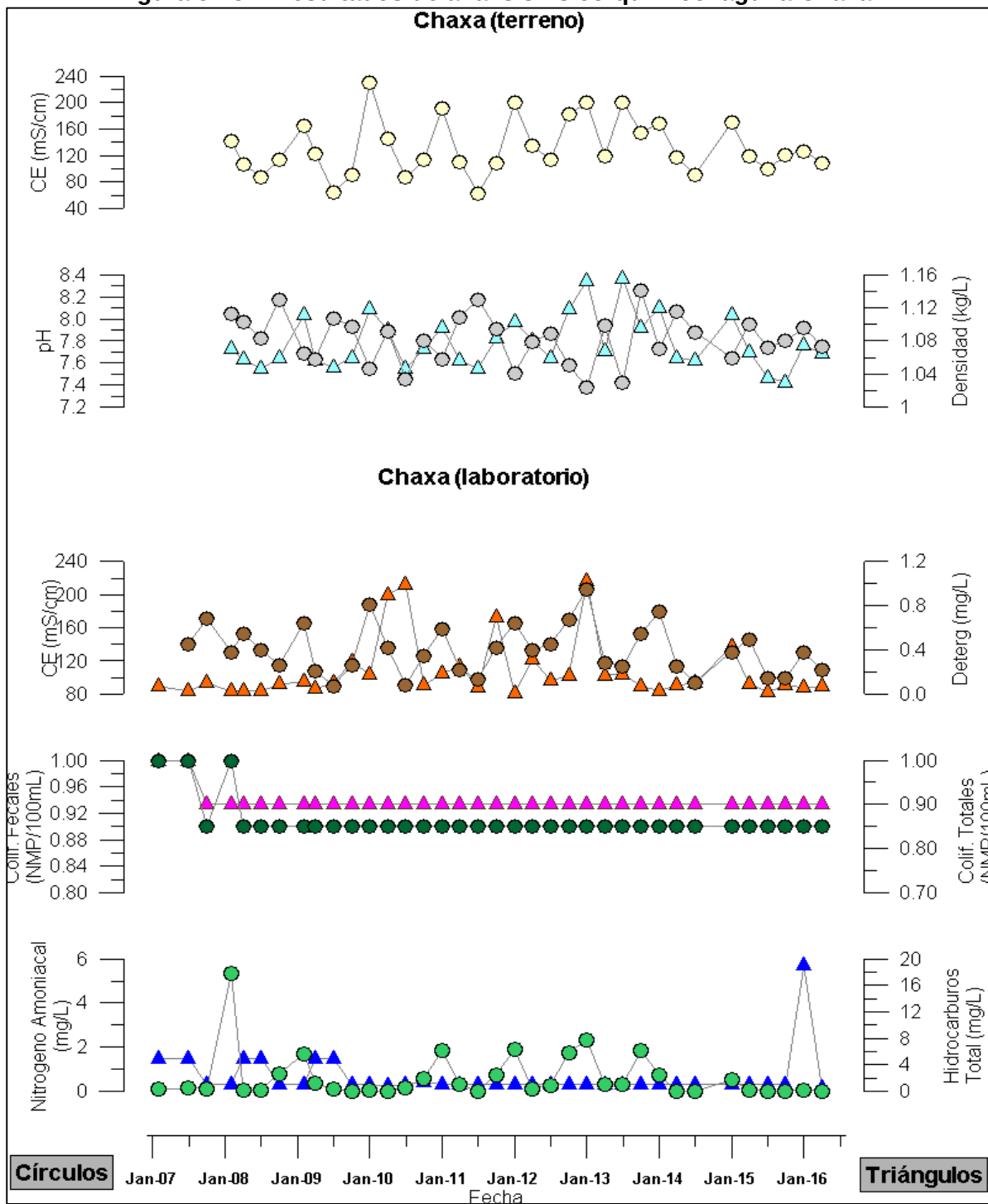
Figura 5-136: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)⁹



Fuente: Elaboración propia.

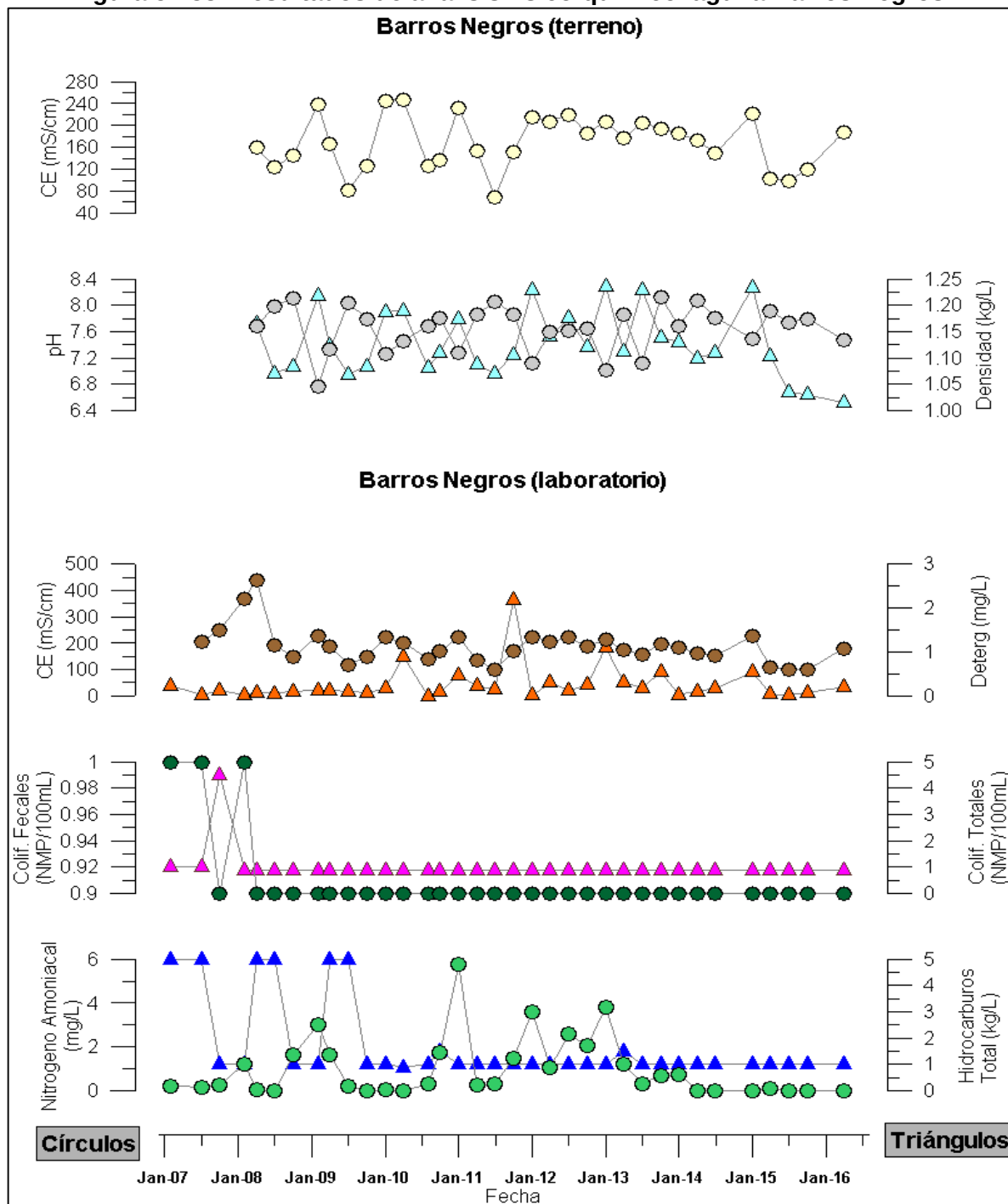
⁹ Para evitar problemas de escala, a la serie de Zinc Total se le sacó el dato de febrero, abril y julio de 2008 correspondientes a 6,96; 4,4 y 11,3 mg/L respectivamente.

Figura 5-137: Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-138: Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros



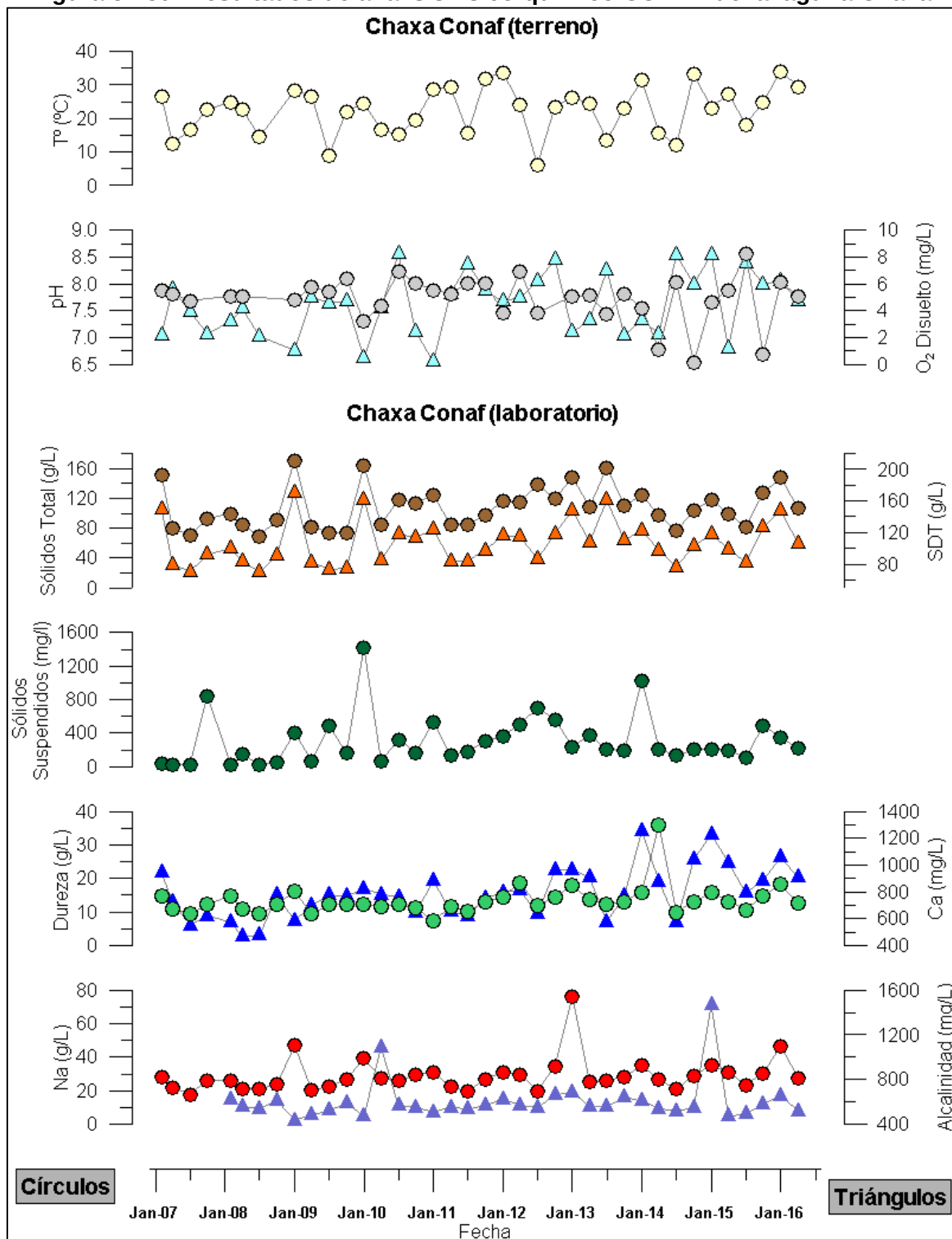
Fuente: Elaboración propia.



5.2.1.8.2 Muestreo de agua realizado por CONAF

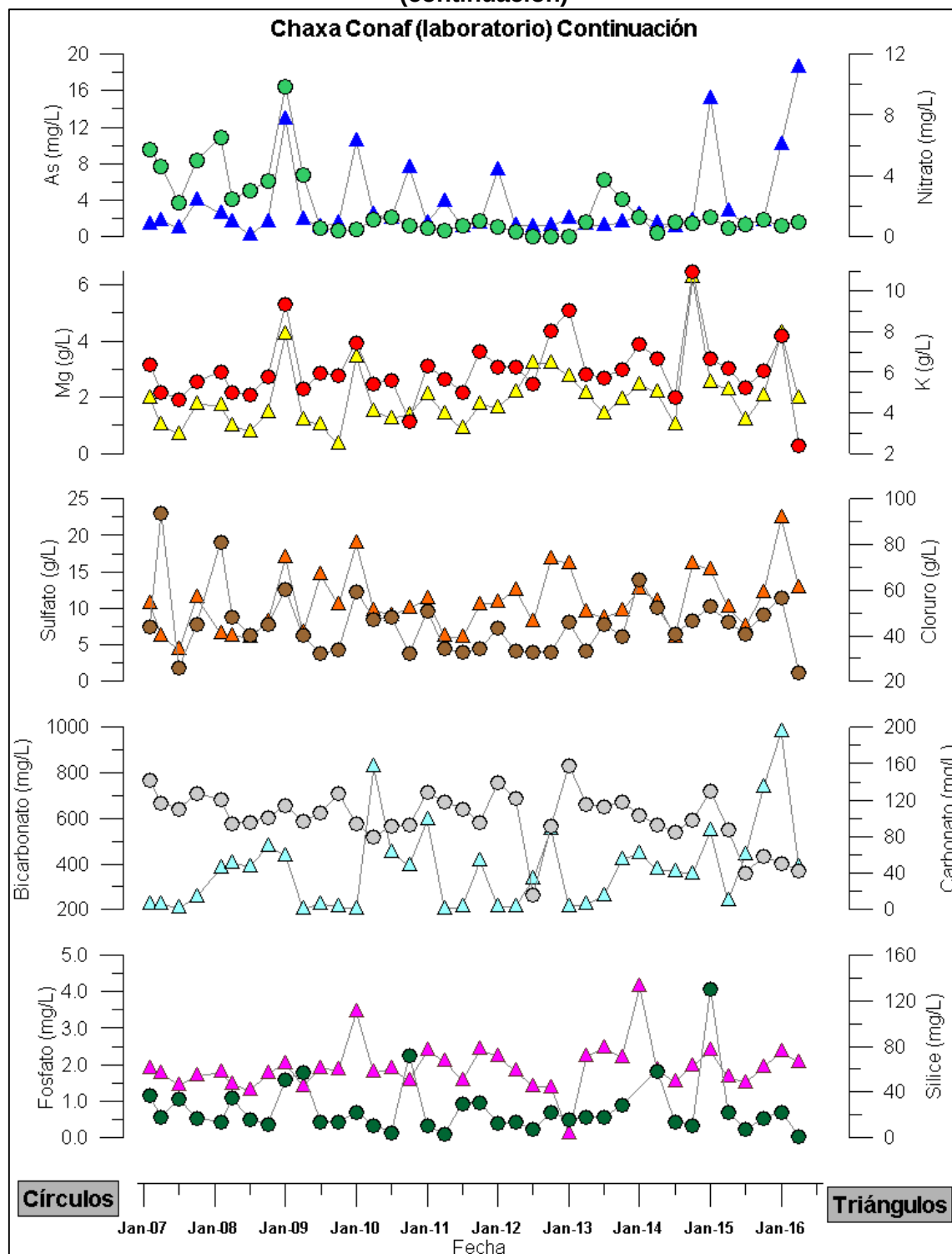
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por CONAF.

Figura 5-139: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-140: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-141: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto

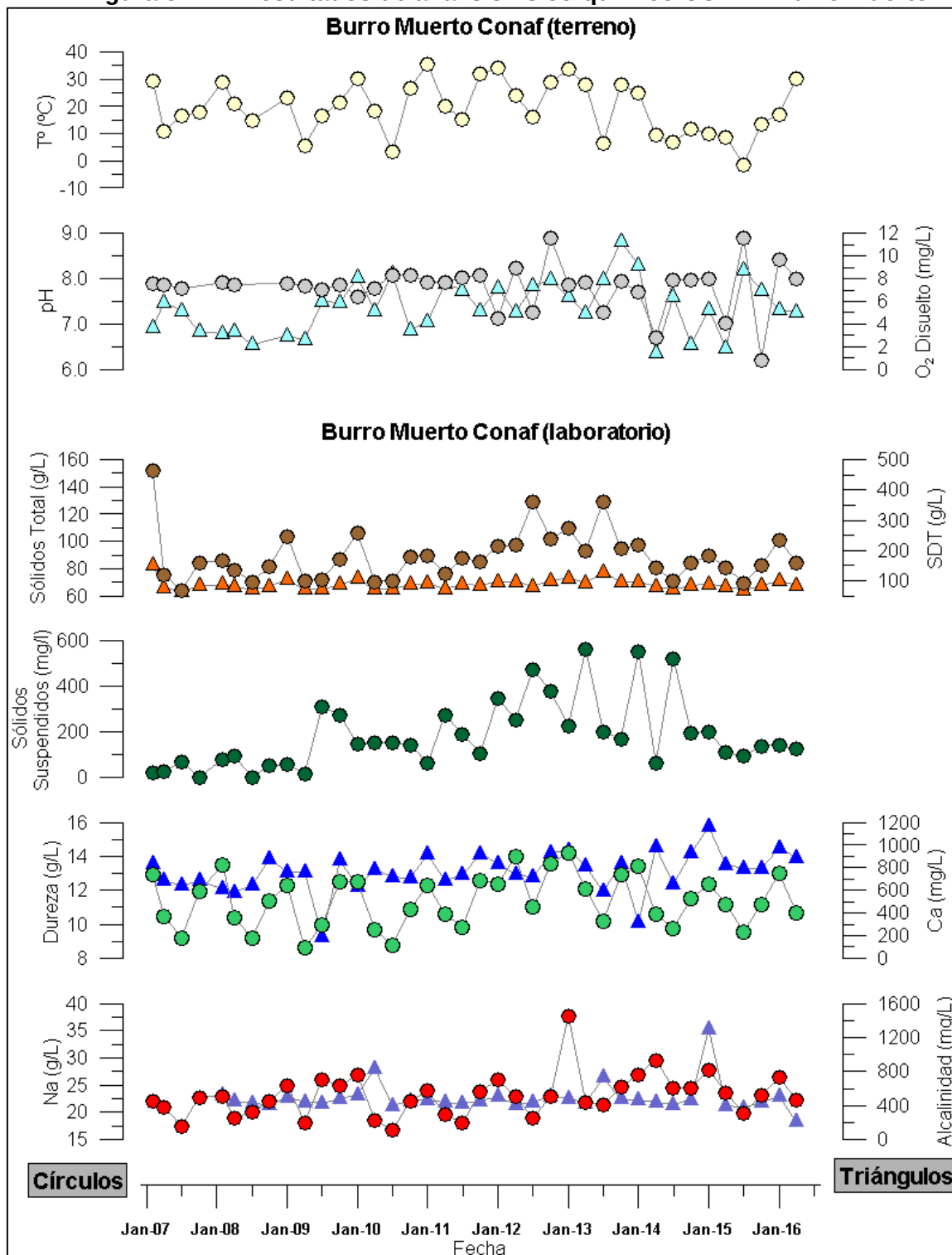
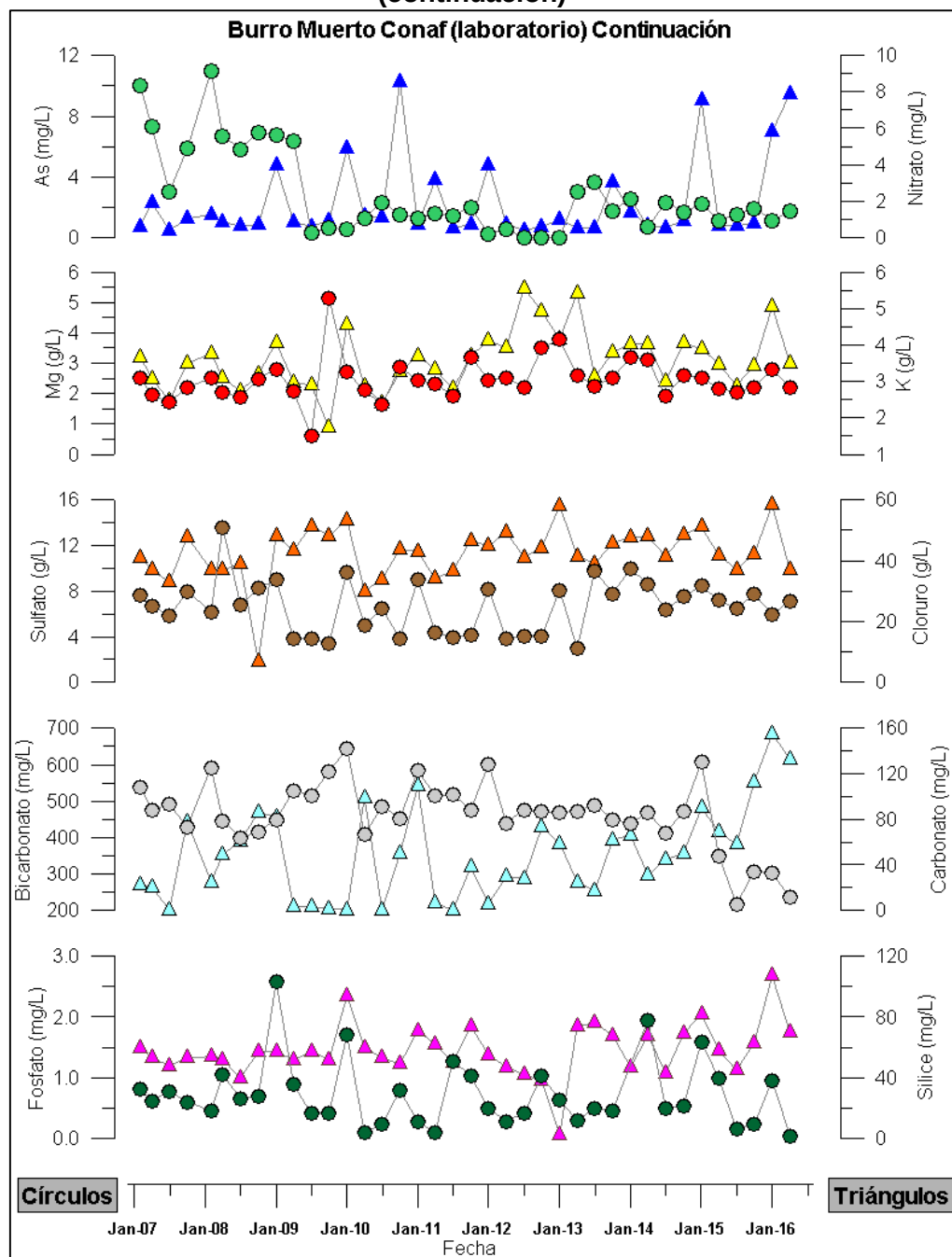


Figura 5-142: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación)¹⁰



Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ 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 5-143: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros

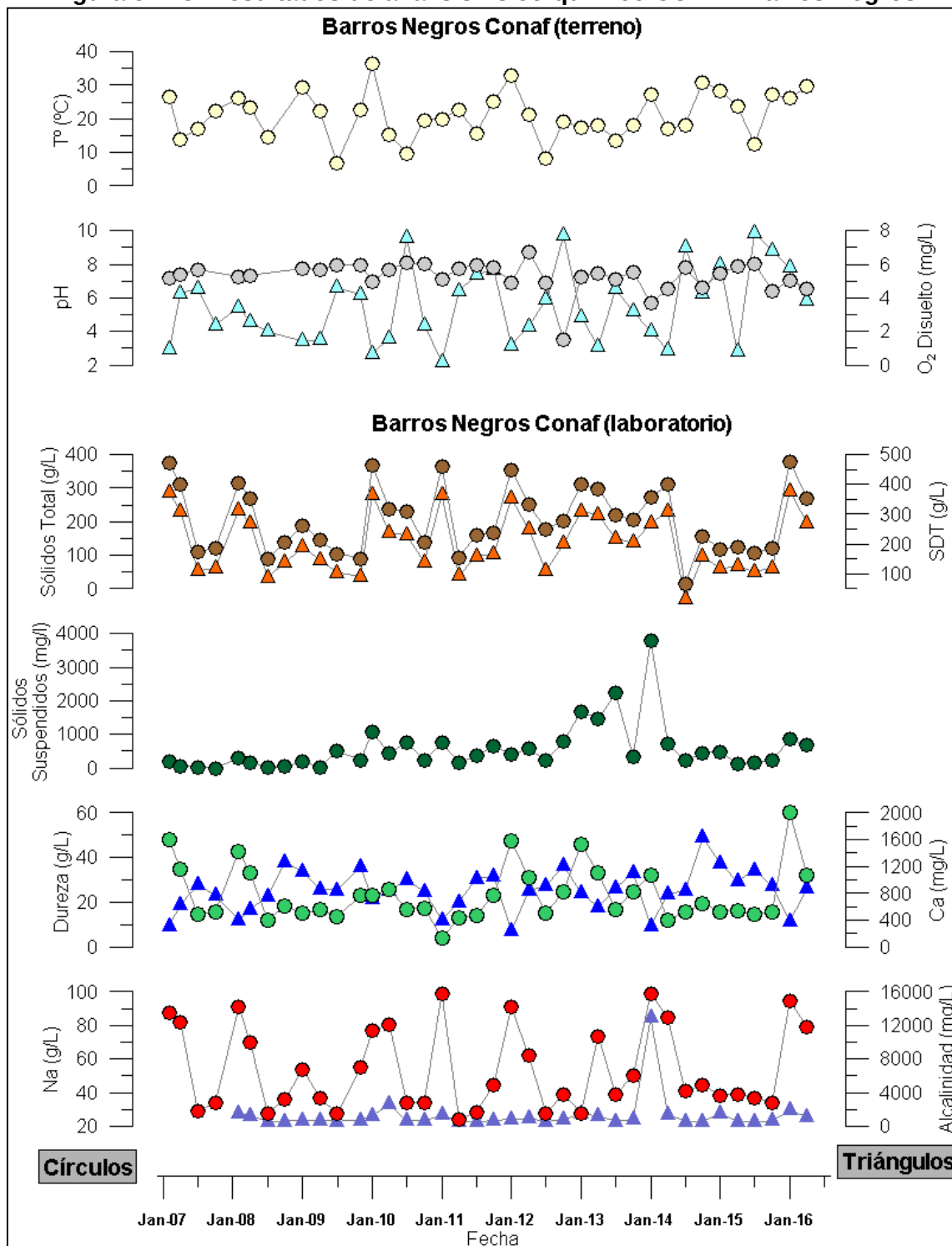
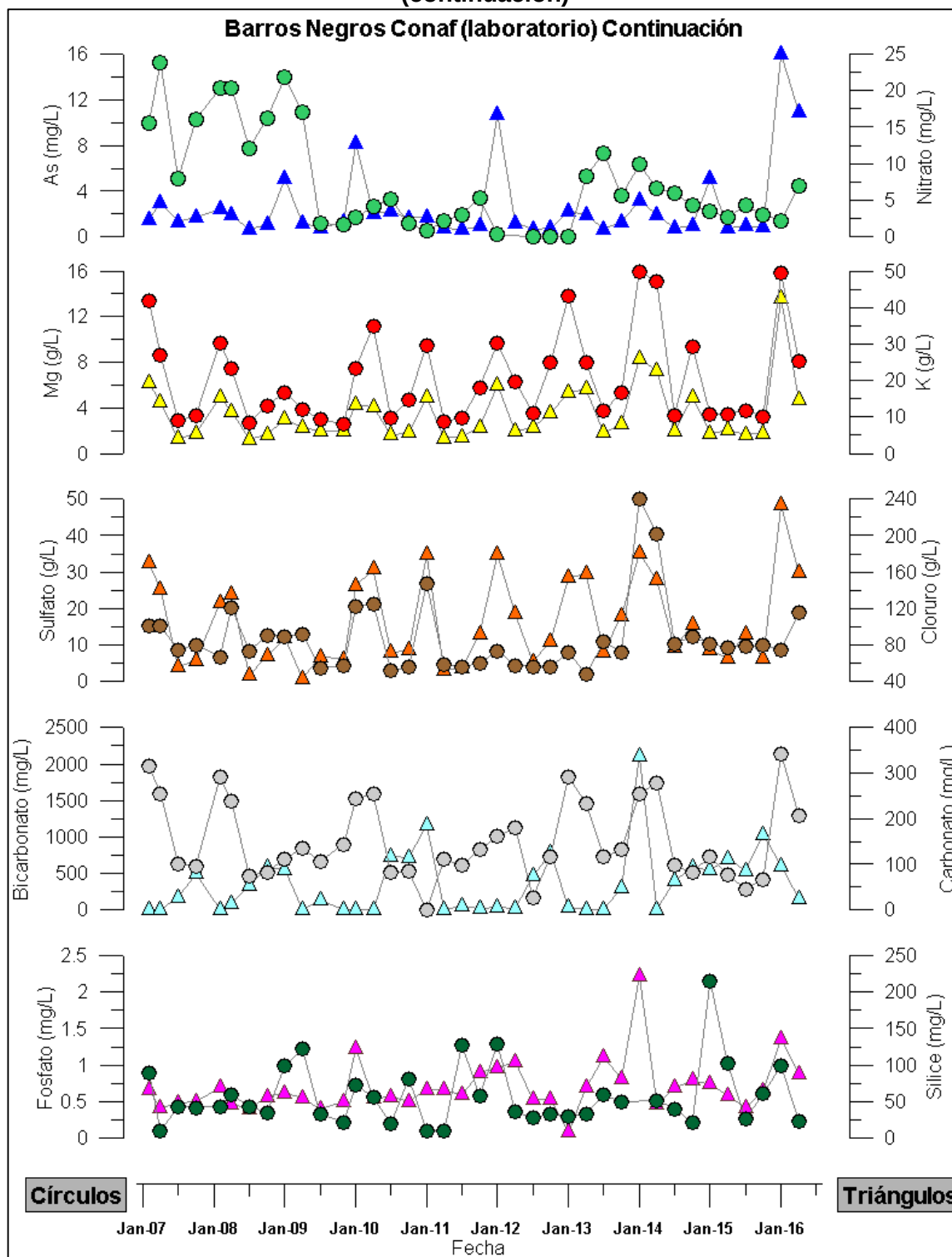
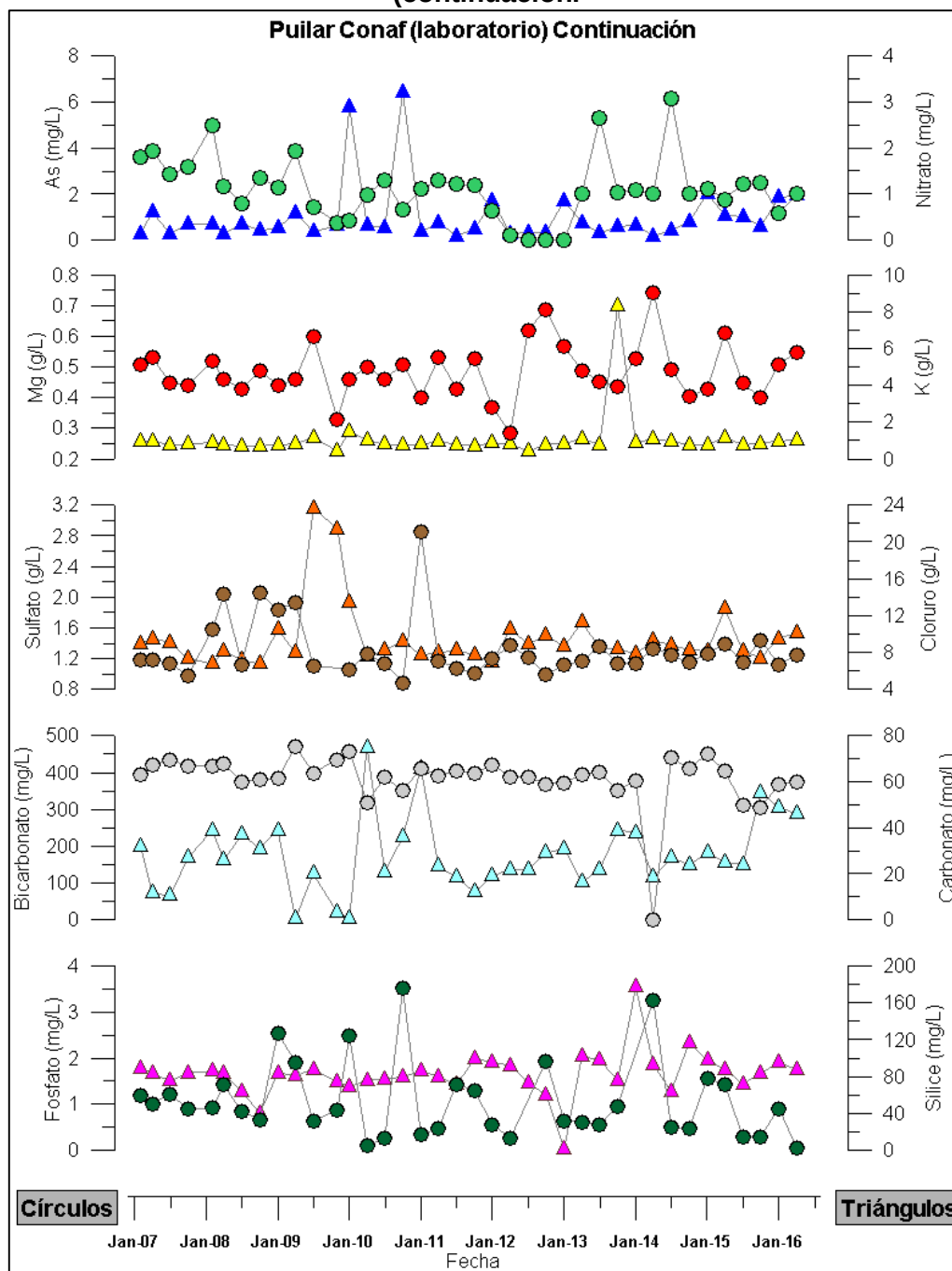


Figura 5-144: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-146: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar¹² (continuación).



Fuente: Elaboración propia.

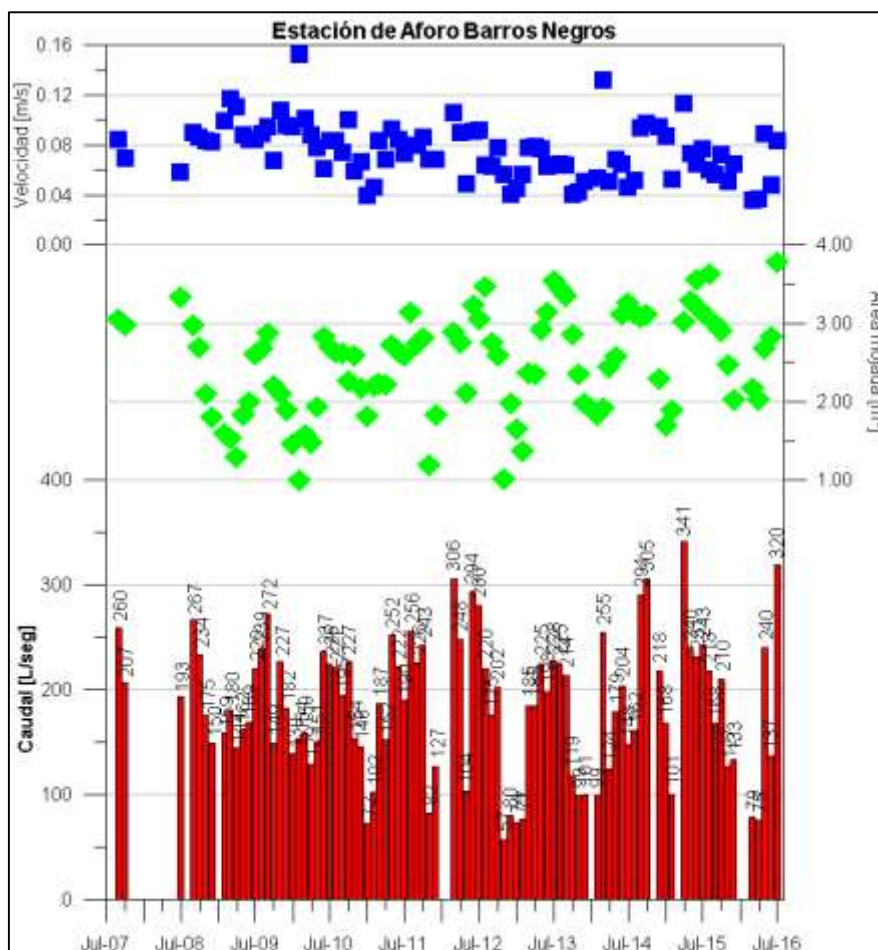
¹² Para evitar problemas de escala a la serie de magnesio se le sacó el dato de julio de 2008 correspondiente a un valor de 4,27 g/L; a la serie de sulfato se le sacó el dato de noviembre de 2009 correspondiente a un valor de 827 g/L.

5.2.1.9 Aforos

En esta sección se presentan las mediciones de caudal en el aforo de la laguna Barros Negros (Figura 5-147) y el aforo en el puente San Luis (Figura 5-148).

En el primero se realizan mediciones manuales a través del método de estimación de caudal como el producto entre la velocidad por el área de la sección pasante, para lo cual el ancho total de la sección se divide en subsecciones donde se mide la profundidad y la velocidad. En este punto no se pudo acceder durante el mes de enero 2016, debido que en la laguna se observó una colonia de nidificación de flamencos, por lo que se restringió el ingreso durante el periodo de nidificación. Para el segundo, se obtienen los caudales en base a mediciones en la reglilla puente San Luis de manera manual y continua. El respaldo del punto no visitado del mes de enero para el caso de Laguna Barros Negros se encuentra en el ANEXO 11, de acuerdo a lo establecido en el procedimiento "Monitoreo en puntos del plan de seguimiento Ambiental Hidrogeológico"

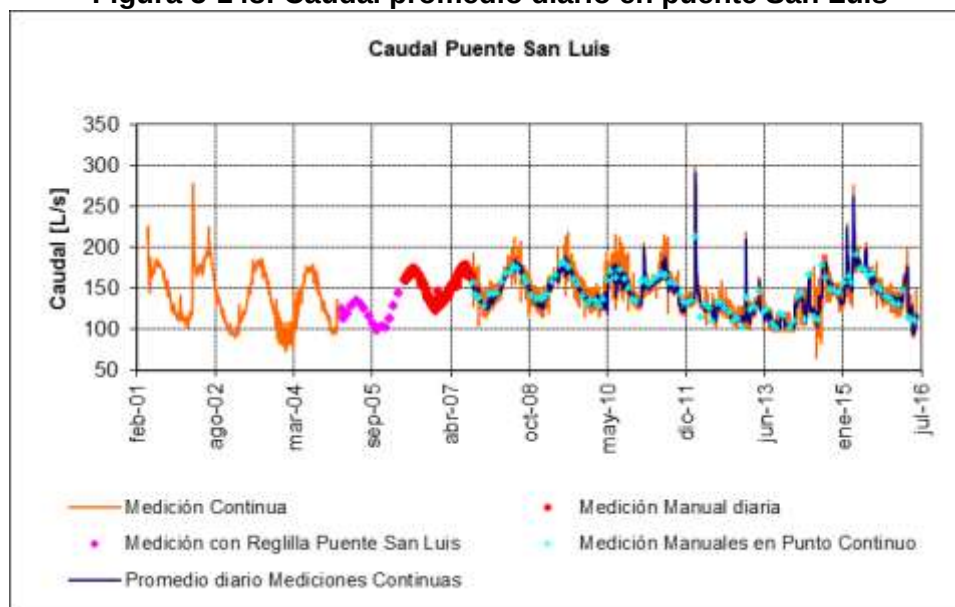
Figura 5-147: Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-148 presenta el caudal monitoreado en el puente San Luis. En ella se observan los registros continuos (línea naranja), promedio diario de mediciones continuas (línea azul), mediciones manuales en punto continuo (punto celeste), 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 5-148: Caudal promedio diario en puente San Luis



Fuente: Elaboración propia.

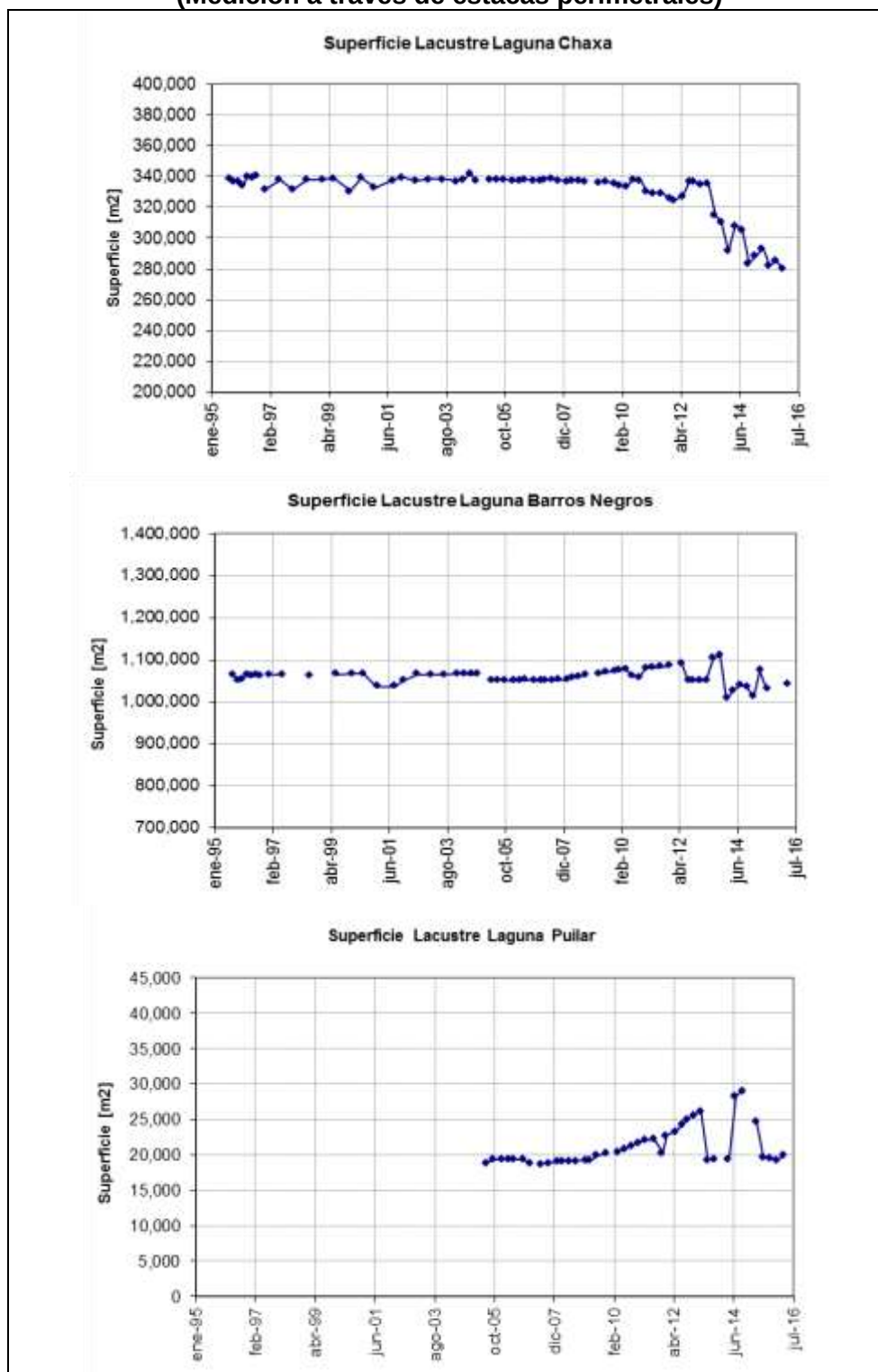
5.2.1.10 Superficie Lacustre

En la Figura 5-149 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 5-4 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 en forma 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 5-150 se grafican los resultados obtenidos a través del método de imágenes satelitales para cada una de las lagunas desde 2009 a 2016.

Los resultados de la medición realizada durante abril del 2016 se presentan en el ANEXO 13.

Figura 5-149: Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-4: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril de 2016

SISTEMA LACUSTRE	LAGUNA	Superficie (m ²) – 2008			Superficie (m ²) -2009			Superficie (m ²) - 2010			Superficie (m ²)-2011	Superficie (m ²) -2012	Superficie (m ²)-2013	Superficie (m ²)-2014	Superficie (m ²) - 2015			Superficie (m ²) - 2016
		Topografía	Imagen satelital	Dif. (%)	Topografía	Imagen satelital	Dif. (%)	Topografía	Imagen satelital	Dif. (%)	Imagen satelital	Imagen satelital	Imagen Satelital	Imagen Satelital	Topografía	Imagen Satelital	Dif. (%)	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 ¹	2,3	1.083.311	1.085.391	1.063.325	1.064.767	1.128.655	1.116.891	1,0	1.051.449
	Barros Negros (áreas aledañas)	-	-	-	-	-	-	173.986	154.737 ²	12,4	242.137	241.942	192.643	193.848	389.896	263.359	32,5	131.257
	Chaxa	313.750	329.224	5	310.739	336.644	8	309.365	308.357	0,3	305.433	300.248	295.786	296.162	311.239	297.955	4,3	291.397
	Puilar ³	65.854	63.154	4	76.857	65.439	17	71.311	69.267	3.0	70.003	68.280	68.264	68.419	80.941	68.940	90,4	67.151

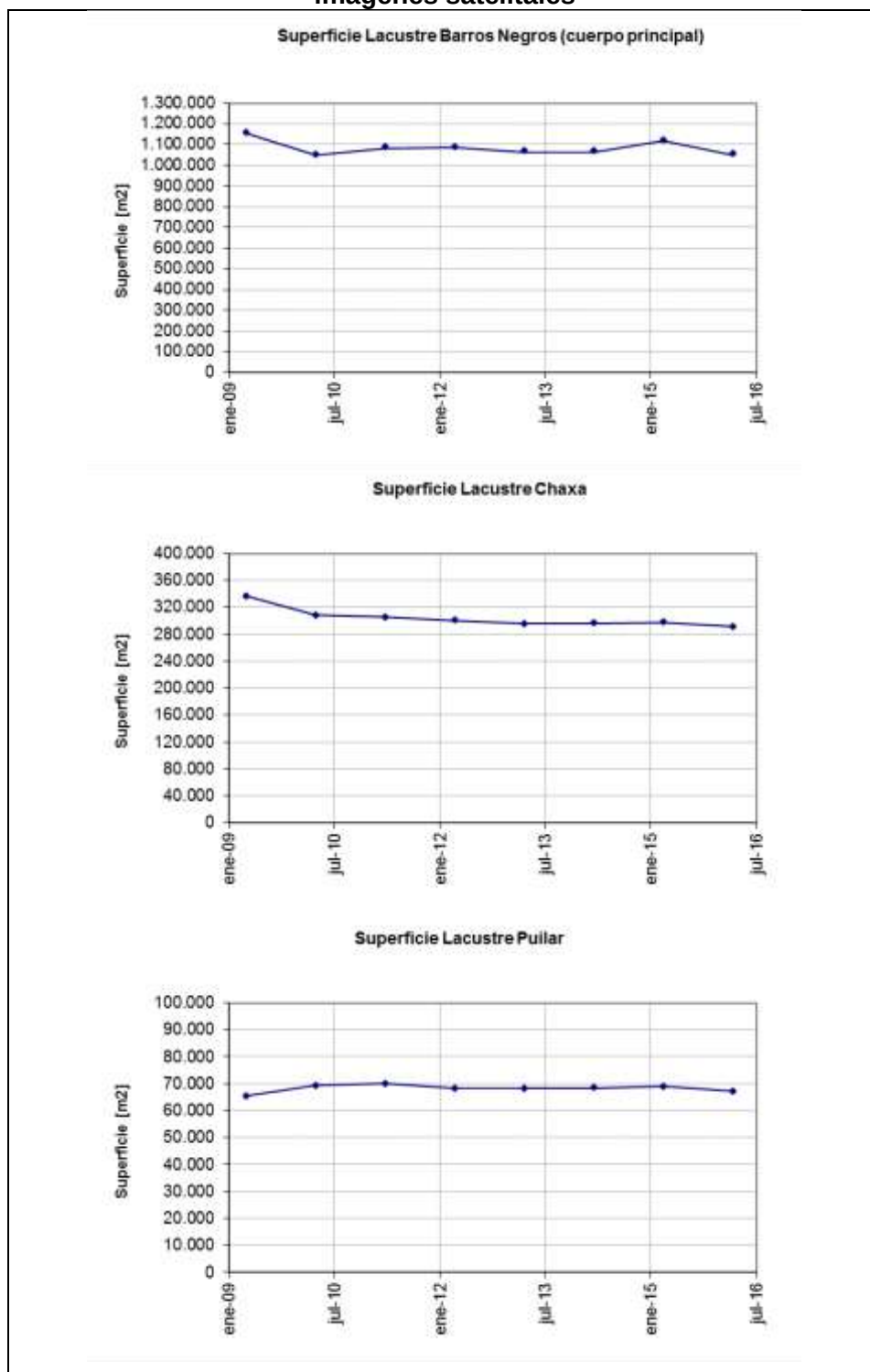
¹ En años anteriores se incorporó dentro de la superficie de esta laguna lo que ahora se definió como área de inundación sector este, la que ahora fue incluida en las áreas de inundación o aledañas. Para efectos de comparación con años anteriores habría que sumar la superficie de este sector (40.084 m²) a la superficie indicada, quedando en 1.089.008 m²

² El monitoreo 2010 incluye dos áreas de inundación más que los monitoreos anteriores (2008-2009), esto se debe que así quedó establecido en la metodología aprobada a través de la resolución exenta 244/2010. La superficie de áreas de inundación (154.737 m²) corresponde al Sector conocido como Cola de Pez (104.729 m²), Sector este (40.084 m²) y sector Sur (9.924 m²).

³ 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 m² y 70.236 m² respectivamente. La variación entre metodología sería a 1.8%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-150: Evolución de la superficie lacustre sistema Soncor medida a través de imágenes satelitales



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Sistema Aguas de Quelana

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

En la Figura 5-151 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo y en la Tabla 5-5 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). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel de manera gráfica.

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

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L3-2	Zona aluvial	Pozo profundo	185
L4-3	Zona aluvial	Pozo somero	185
L4-4	Zona aluvial	Pozo somero	186
L5-1	Zona aluvial	Pozo profundo	186
L5-2	Zona aluvial	Pozo profundo	187
GD-02	Zona marginal	Pozo profundo	188
L3-3	Zona marginal	Pozo somero	188
L3-8	Zona marginal	Pozo somero	189
L3-11	Zona marginal	Pozo somero	189
L3-12	Zona marginal	Pozo somero	190
L3-14	Zona marginal	Pozo somero	190
L4-5	Zona marginal	Pozo somero	191
L4-11	Zona marginal	Pozo somero	191
L4-14	Zona marginal	Pozo somero	192
L4-15	Zona marginal	Pozo somero	192
L5-9	Zona marginal	Pozo somero	193
L5-11	Zona marginal	Pozo somero	193
L5-12	Zona marginal	Pozo somero	194
L5-13	Zona marginal	Pozo somero	194
L5-15	Zona marginal	Pozo somero	195
L13-5	Zona marginal	Pozo somero	195
L13-6	Zona marginal	Pozo somero	196
L13-7	Zona marginal	Pozo somero	196
L14-1	Zona marginal	Pozo somero	197
L14-2	Zona marginal	Pozo somero	197
L14-3	Zona marginal	Pozo somero	198
L14-5	Zona marginal	Pozo somero	198
L14-6	Zona marginal	Pozo somero	199
L14-7	Zona marginal	Pozo somero	199

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L5-G3	Zona marginal	Reglilla	200
L4-10	Zona marginal	Reglilla	201
L3-5	Zona marginal	Continuo	202
L3-6	Zona marginal	Continuo	202
L3-7	Zona marginal	Continuo	203
L3-9	Zona marginal	Continuo	203
L3-10	Zona marginal	Continuo	204
L3-13	Zona marginal	Continuo	204
L4-7	Zona marginal	Continuo	205
L4-8	Zona marginal	Continuo	205
L4-9	Zona marginal	Continuo	206
L4-12	Zona marginal	Continuo	206
L4-13	Zona marginal	Continuo	207
L5-3	Zona marginal	Continuo	207
L5-6	Zona marginal	Continuo	208
L5-7	Zona marginal	Continuo	208
L5-8	Zona marginal	Continuo	209
L5-10	Zona marginal	Continuo	209
L5-14	Zona marginal	Continuo	210
L13-1	Zona marginal	Continuo	210
L13-2	Zona marginal	Continuo	211
L13-3	Zona marginal	Continuo	211
L13-4	Zona marginal	Continuo	212
L14-4	Zona marginal	Continuo	212
D-2	Salmuera	Pozo profundo	213
L3-4 (SOPM-08)	Salmuera	Pozo profundo	213
L4-6	Salmuera	Pozo profundo	214
L4-16	Salmuera	Pozo somero	214

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L5-4	Salmuera	Pozo profundo	215
SOPM -09	Salmuera	Pozo profundo	215
Camar 2	Zona aluvial	Pozo profundo	216
Socaire 5B	Zona aluvial	Pozo profundo	216

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
Camar 2	Zona Aluvial	Pozo de bombeo	217
Socaire 5B	Zona Aluvial	Pozo de Bombeo	218

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

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

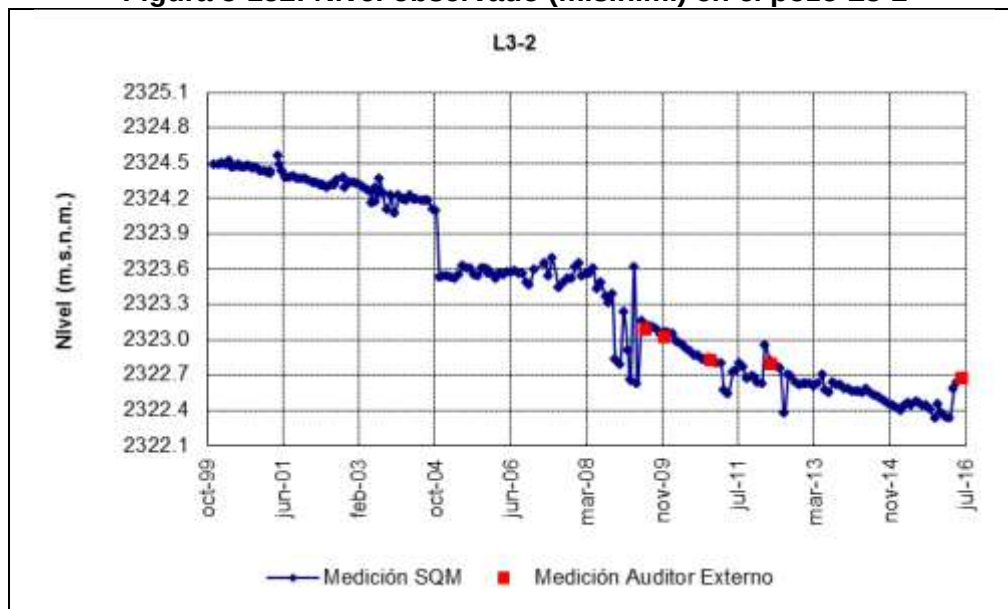
Los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 (Figura 5-153, Figura 5-158, Figura 5-183, Figura 5-182 respectivamente) son parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, pero serán presentados sólo en esta sección. El pozo L3-4, también denominado SOPM-8 (Figura 5-206), es parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Núcleo del Salar de Atacama y será presentado sólo en esta sección.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, Arcadis realizó visitas y validaciones (junio 2016) en este sistema en los pozos L3-2, GD-02, L3-3, L3-13, L4-7, L4-5, L5-11, L3-5, L5-10, L14-4, D2, L14-5.

5.2.2.1.1 Pozos en zona aluvial

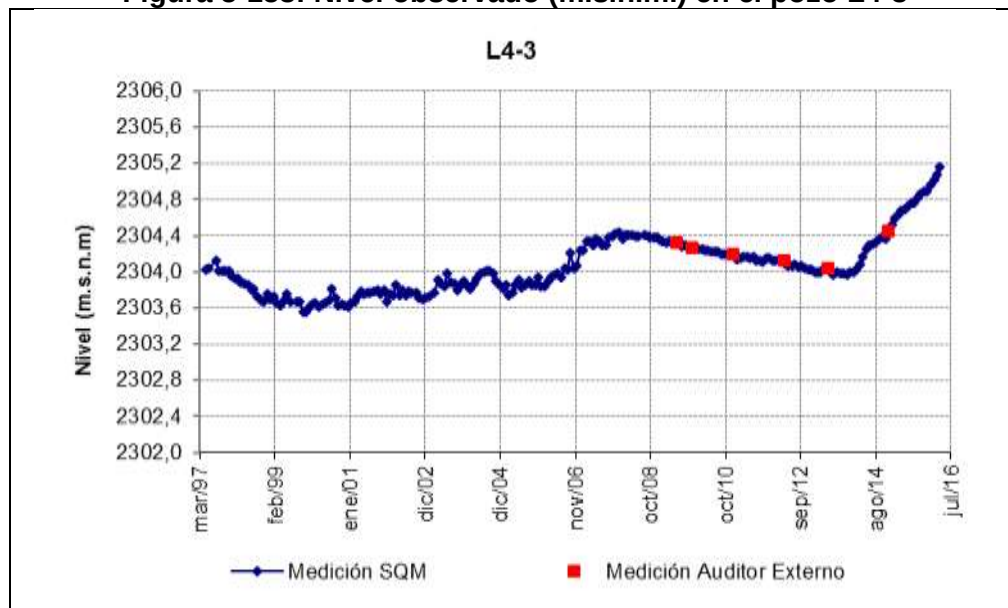
Los pozos L3-2, L4-3, L4-4, L5-1 y L5-2 presentados de la Figura 5-152 a la Figura 5-156 corresponden a pozos de la zona aluvial que se encuentran en un acuífero de agua dulce.

Figura 5-152: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-2



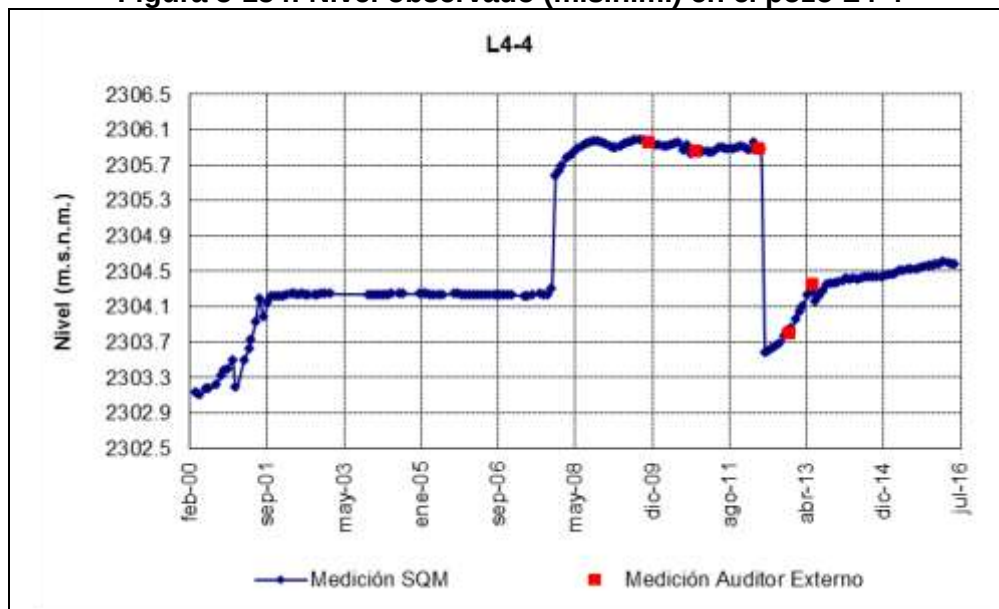
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-153: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3



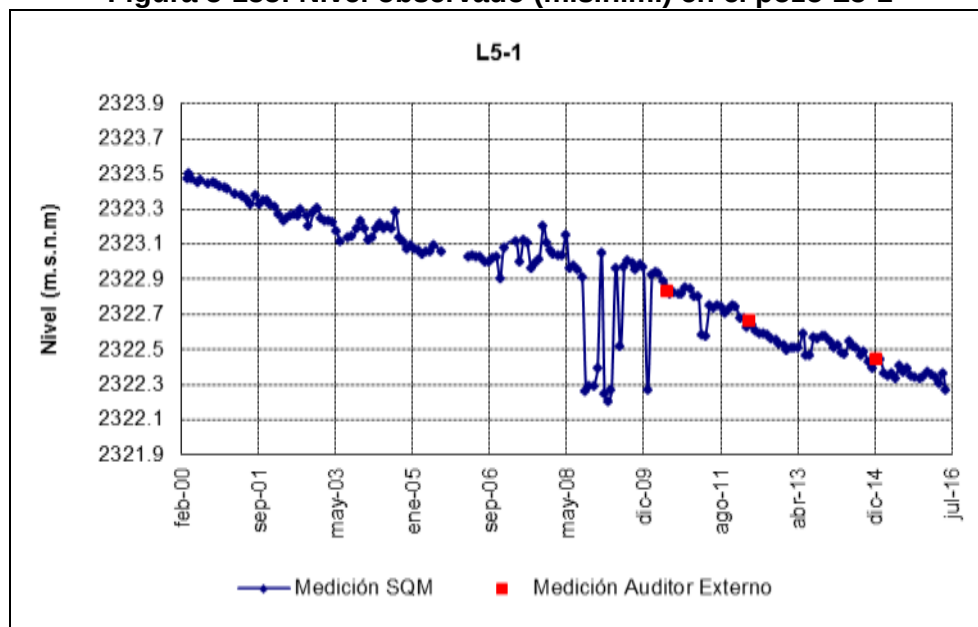
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-154: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-4



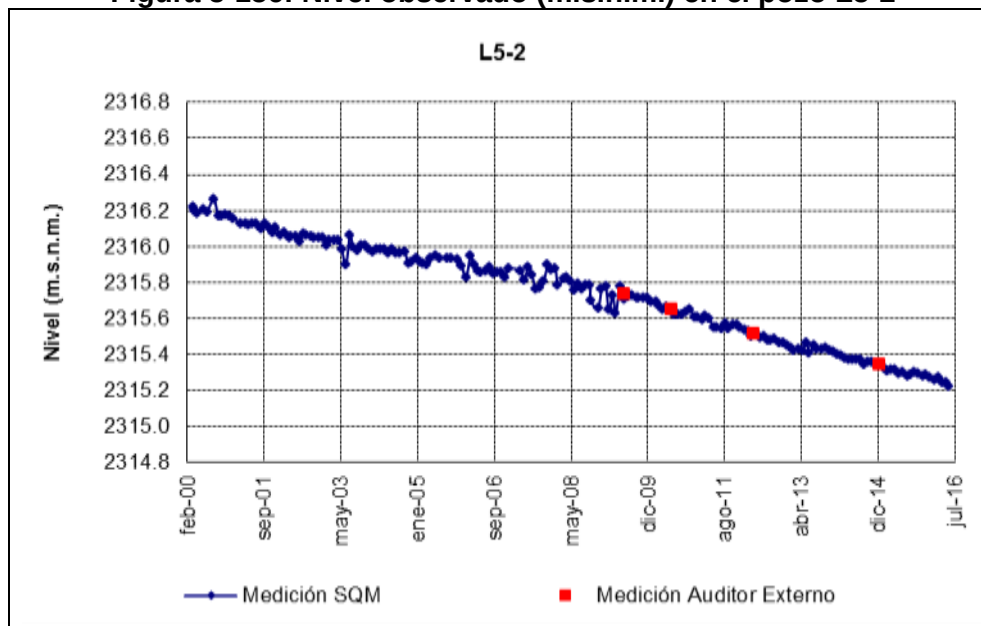
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-155: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-156: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-2

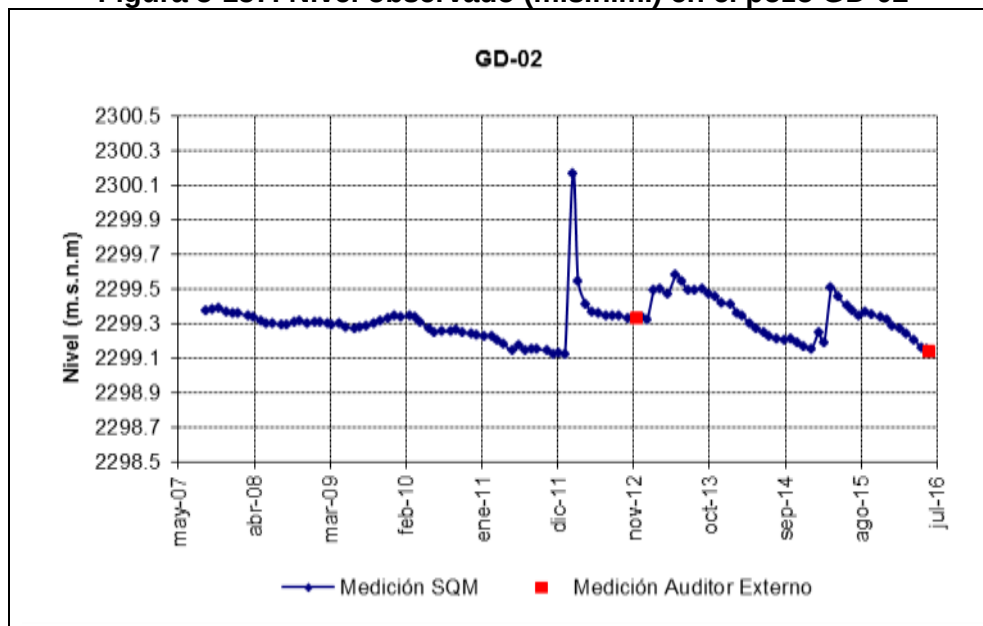


Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.2 Pozos en zona marginal

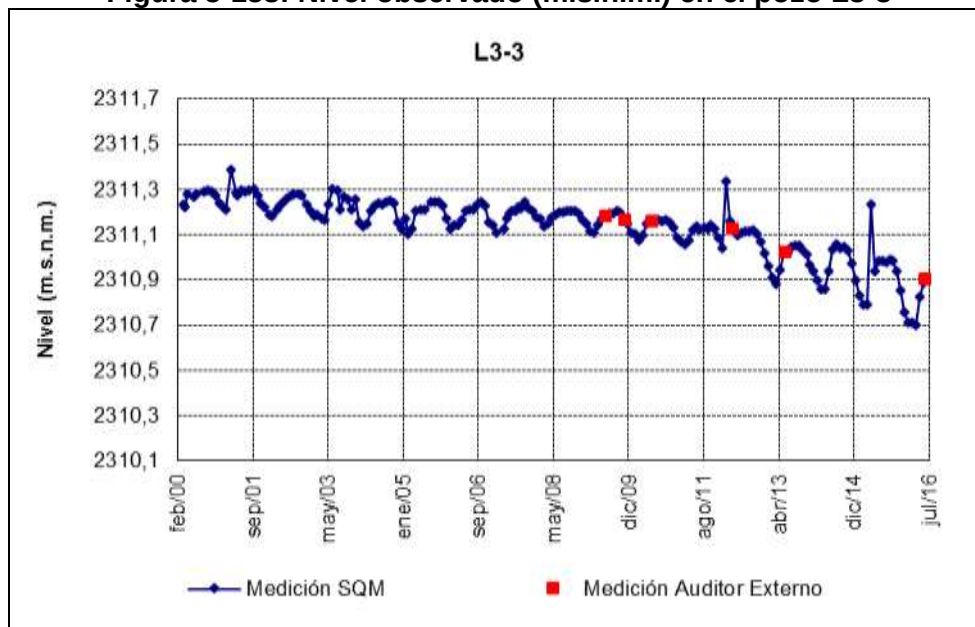
Desde la Figura 5-157 a la Figura 5-180 se presentan los pozos del Sistema Aguas de Quelana ubicados en la zona marginal. Cabe destacar los pozos L3-3 y L4-5 son los únicos pozos en la zona marginal con datos anteriores a 2007.

Figura 5-157: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-02



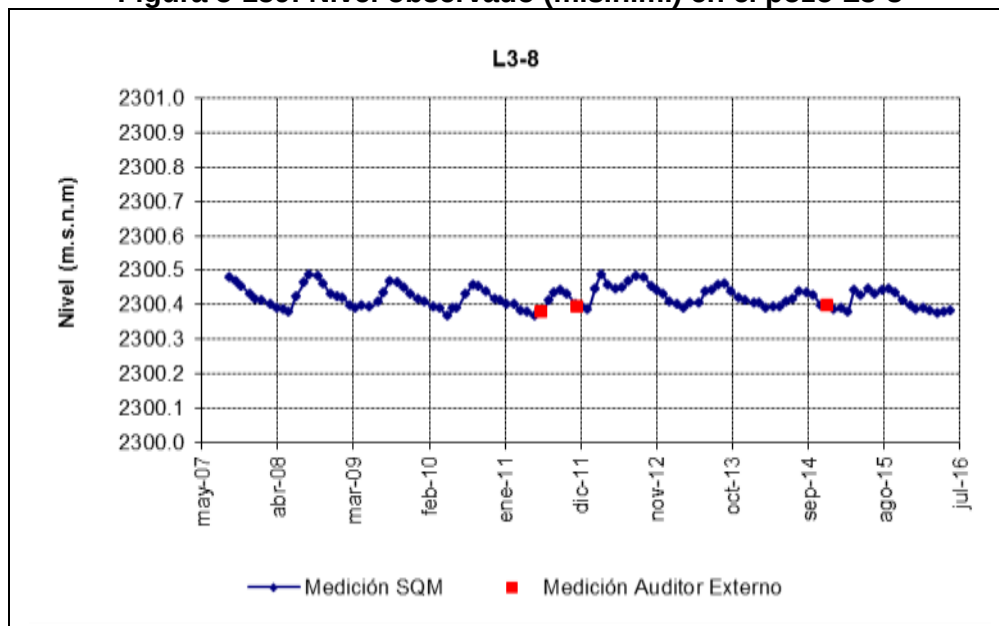
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-158: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-3



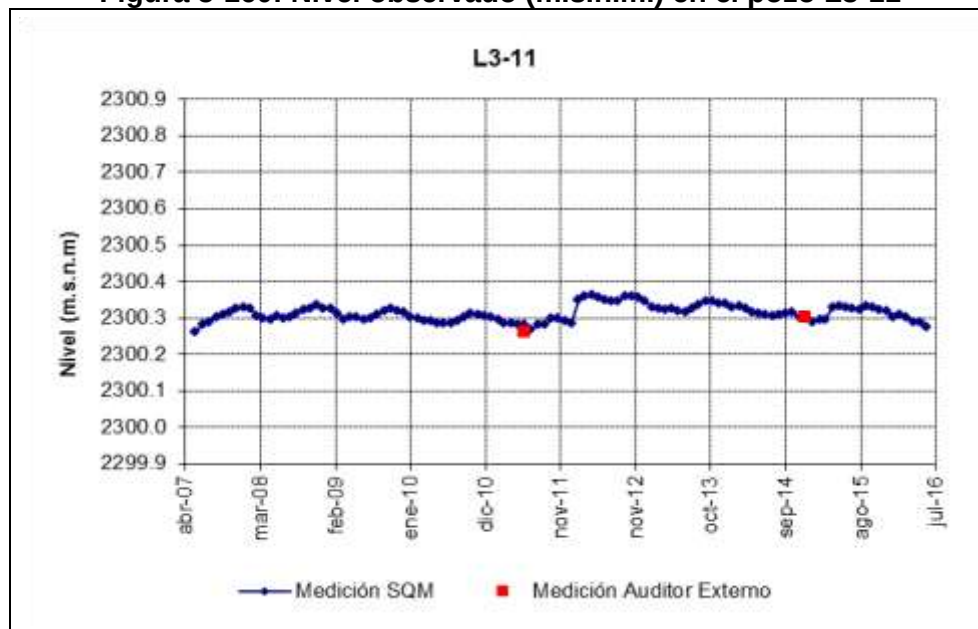
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-159: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-8



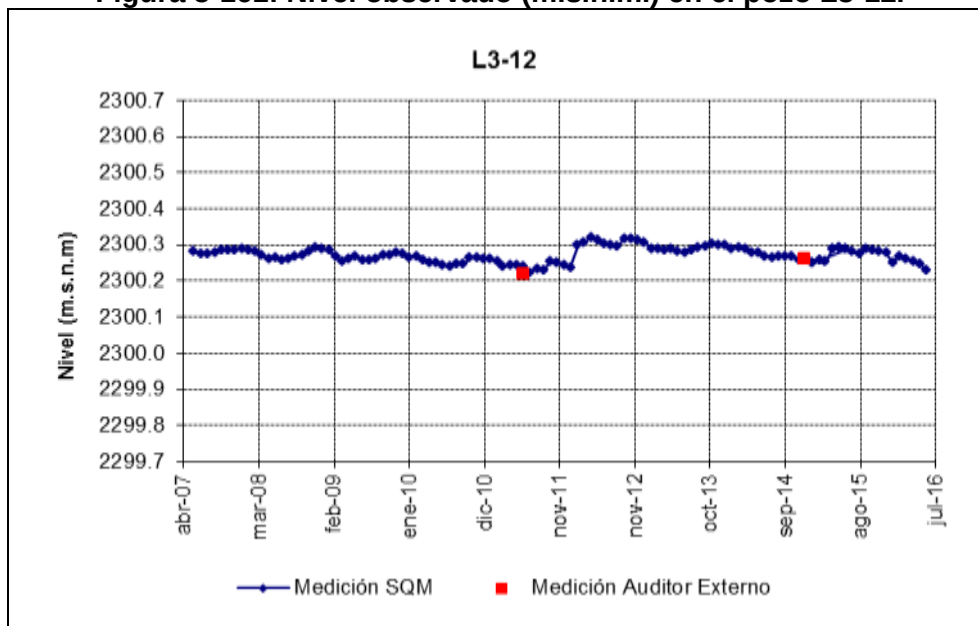
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-160: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-11



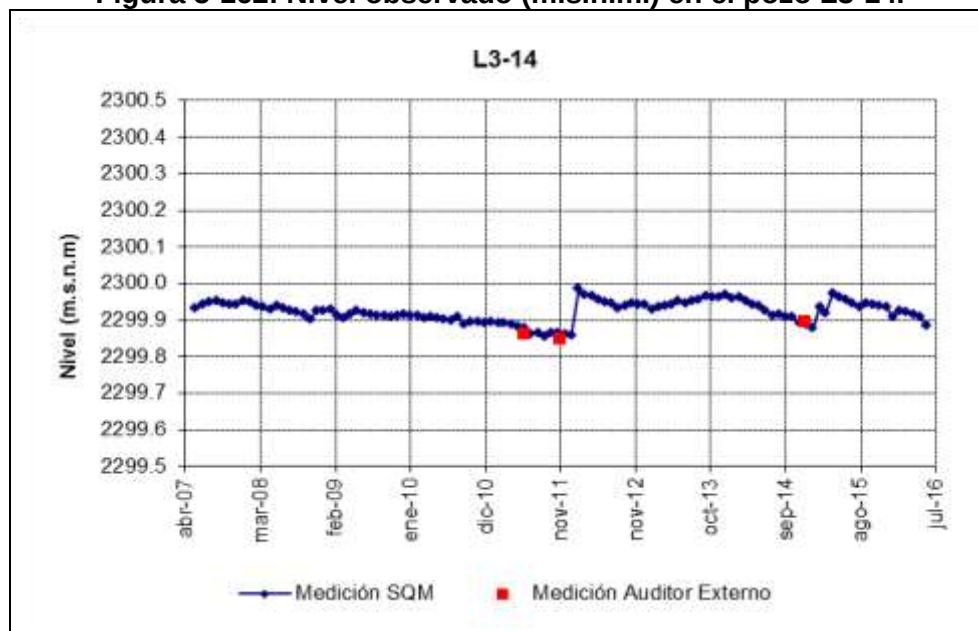
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-161: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-12.



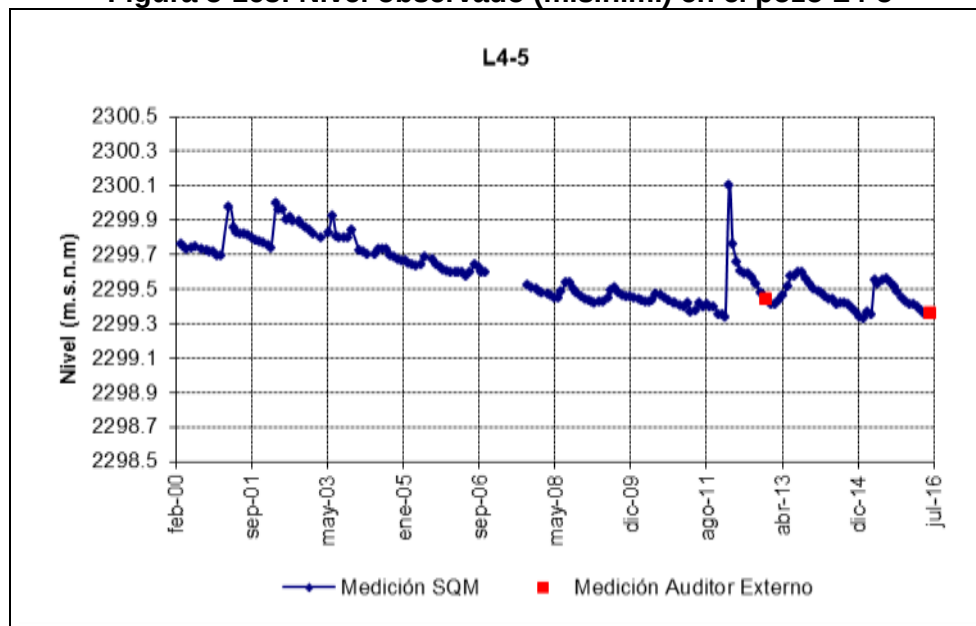
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-162: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-14.



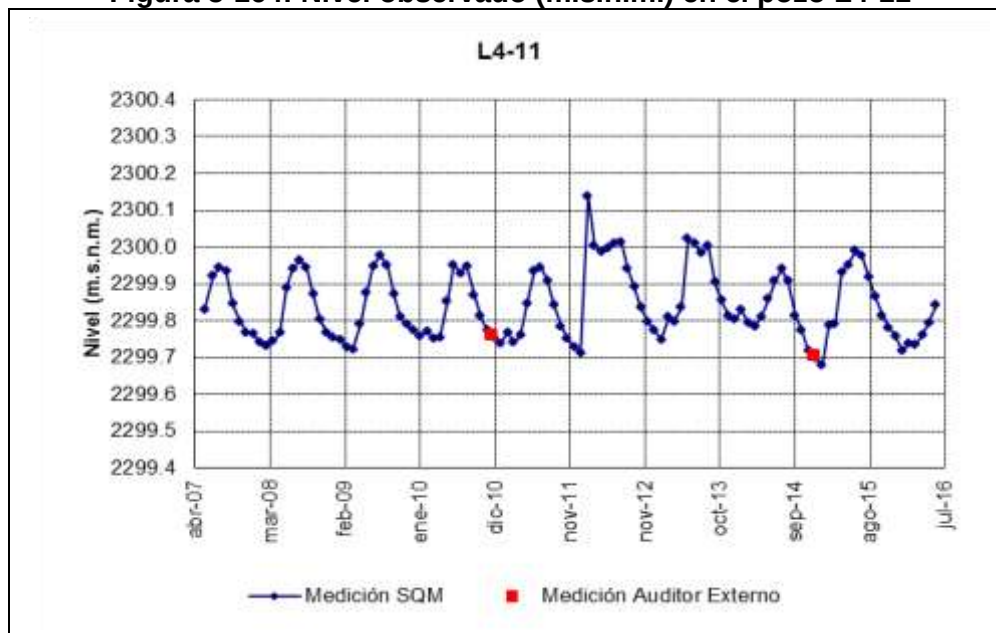
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-163: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-5



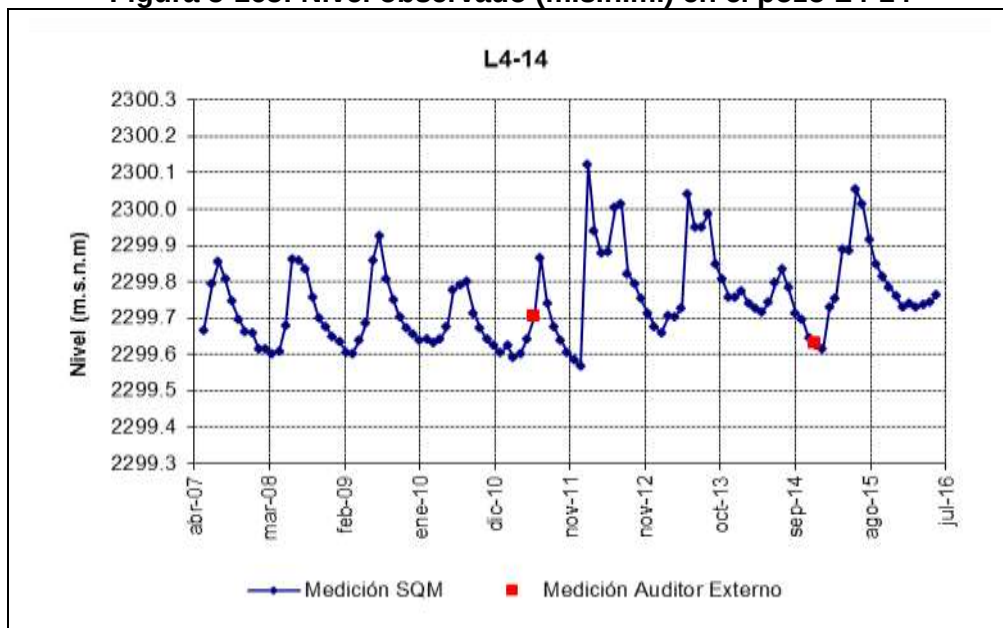
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-164: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-11



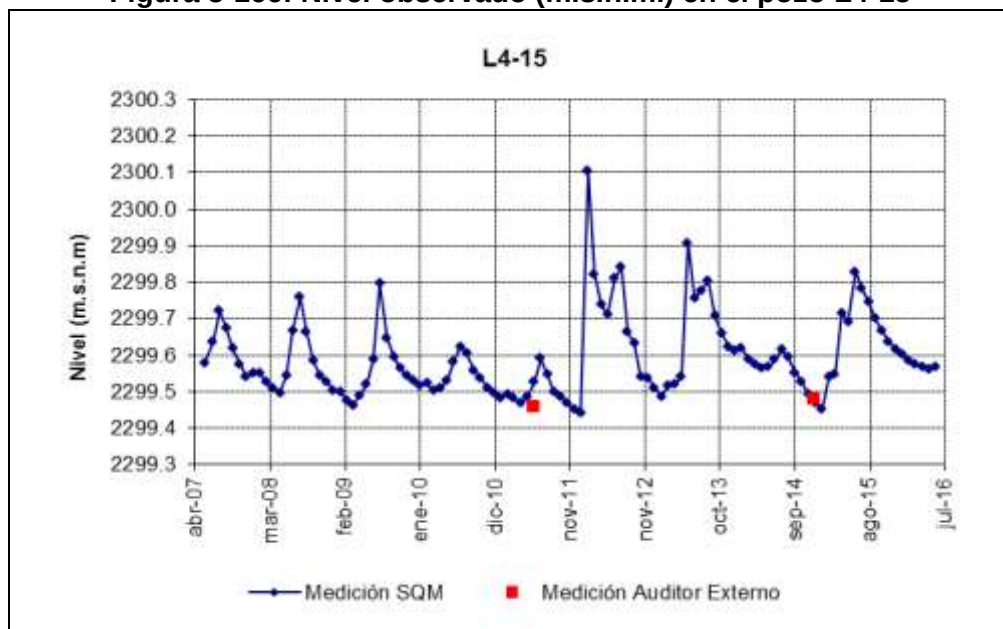
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-165: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-14



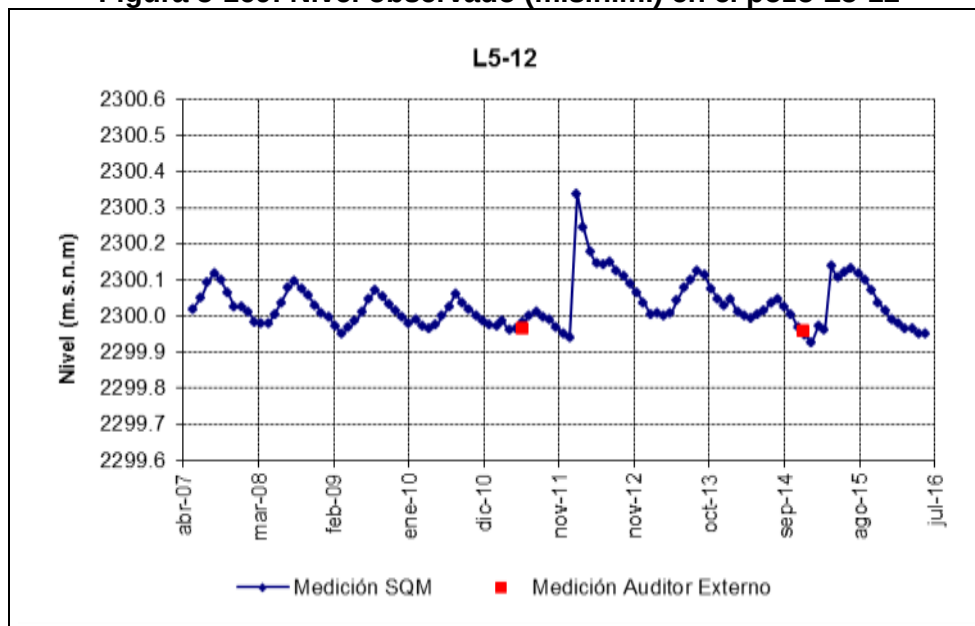
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-166: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-15



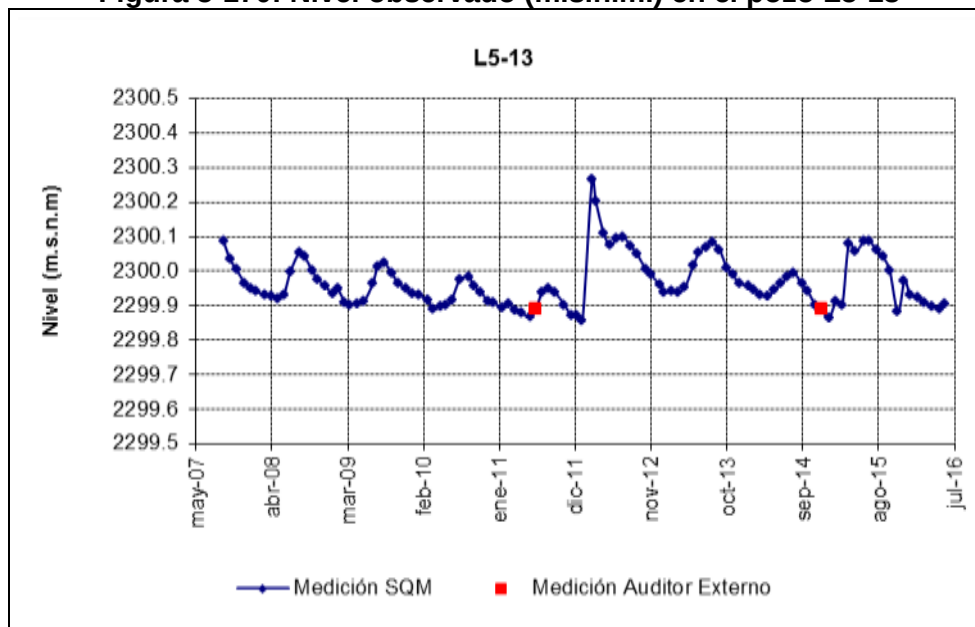
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-169: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-12



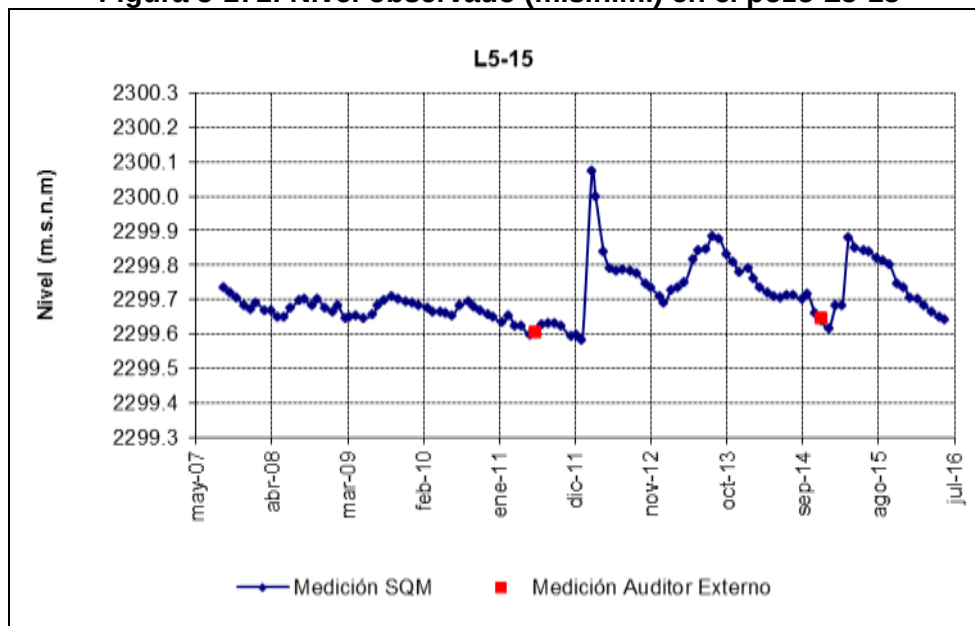
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-170: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-13



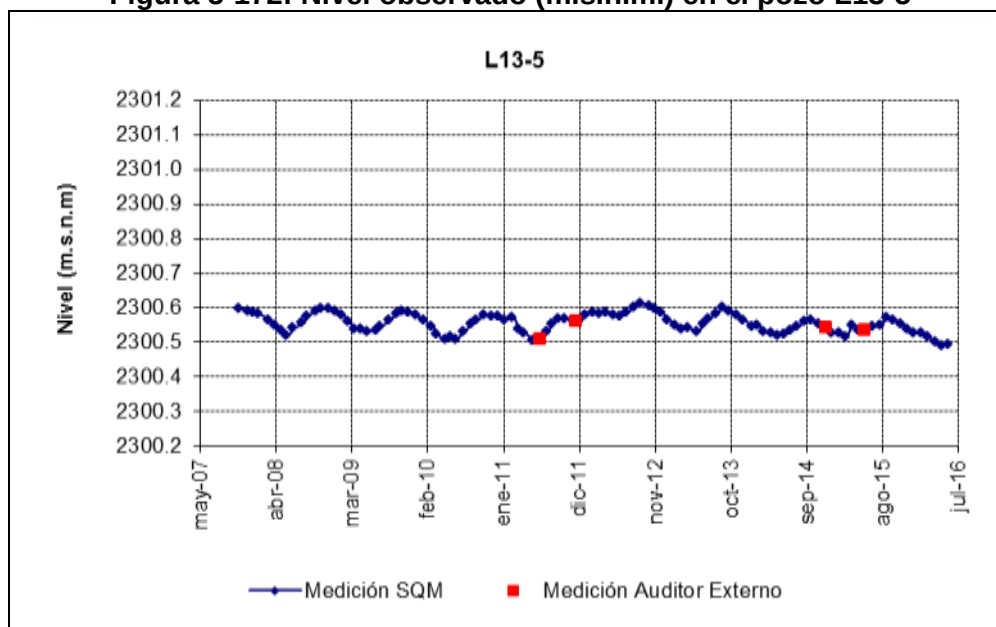
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-171: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-15



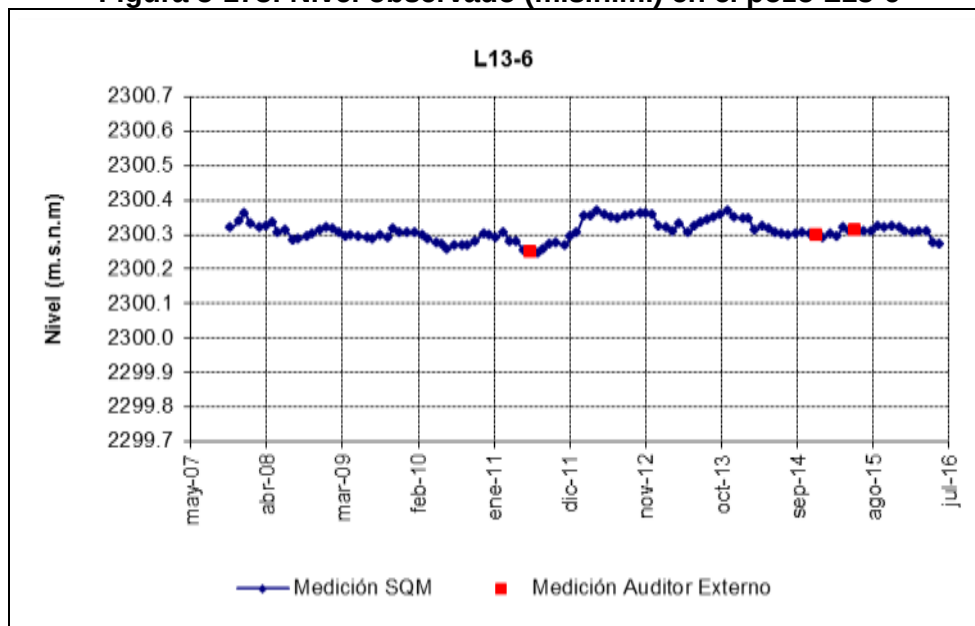
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-172: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-5



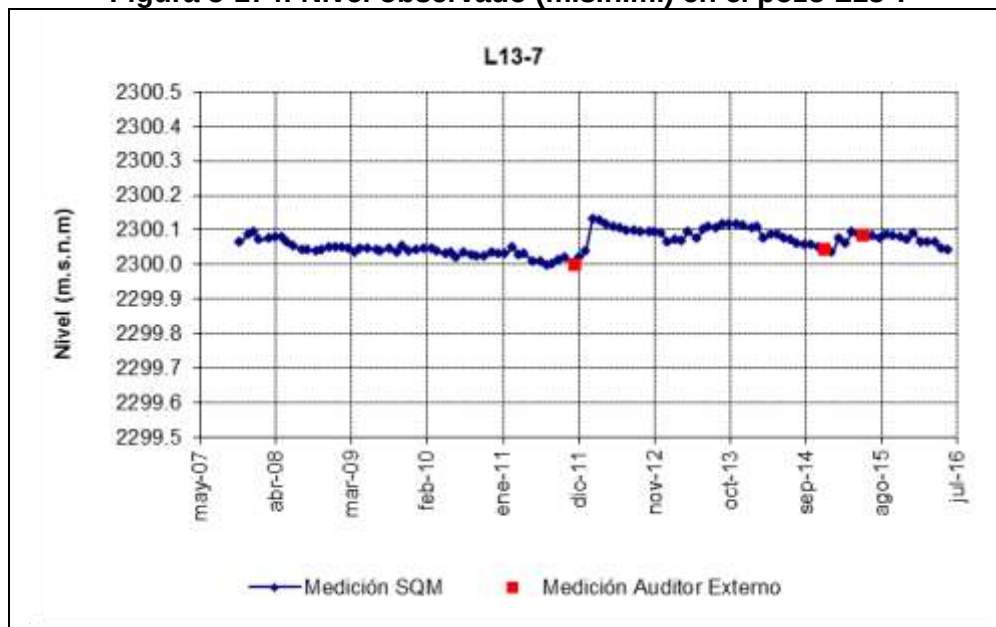
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-173: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-6



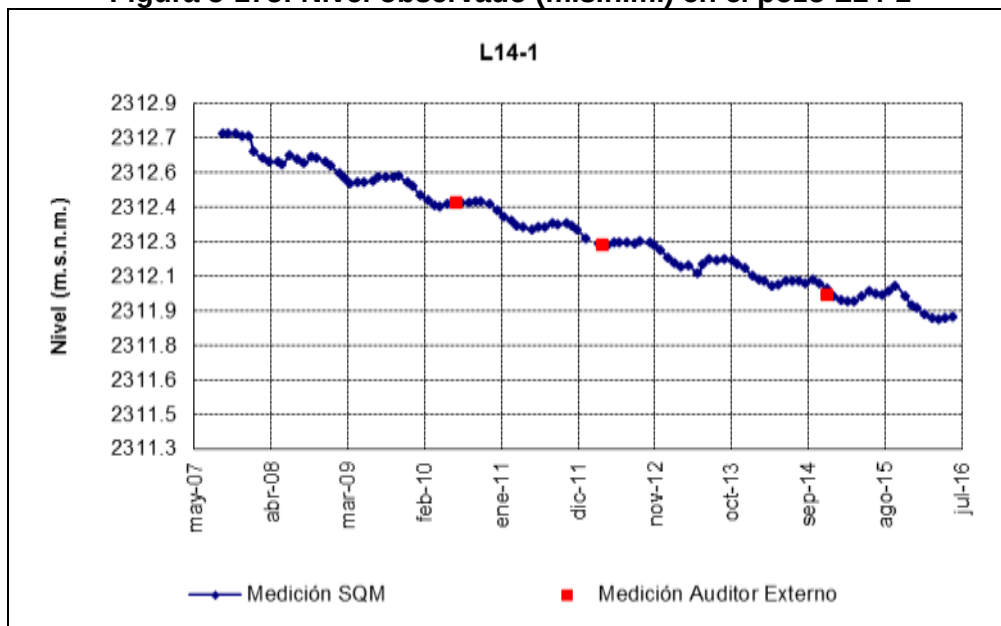
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-174: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-7



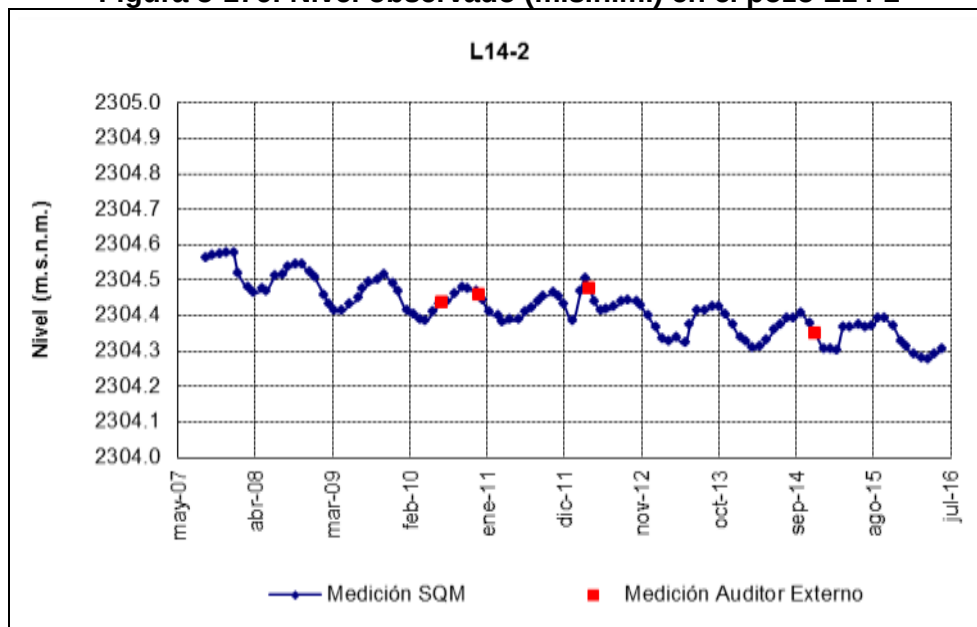
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-175: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-1



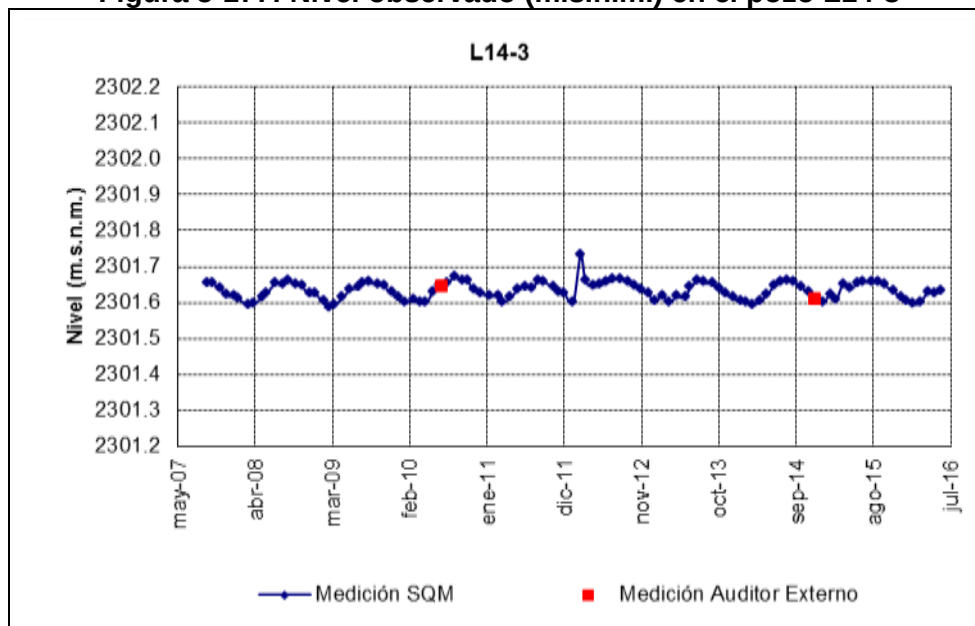
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-176: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-2



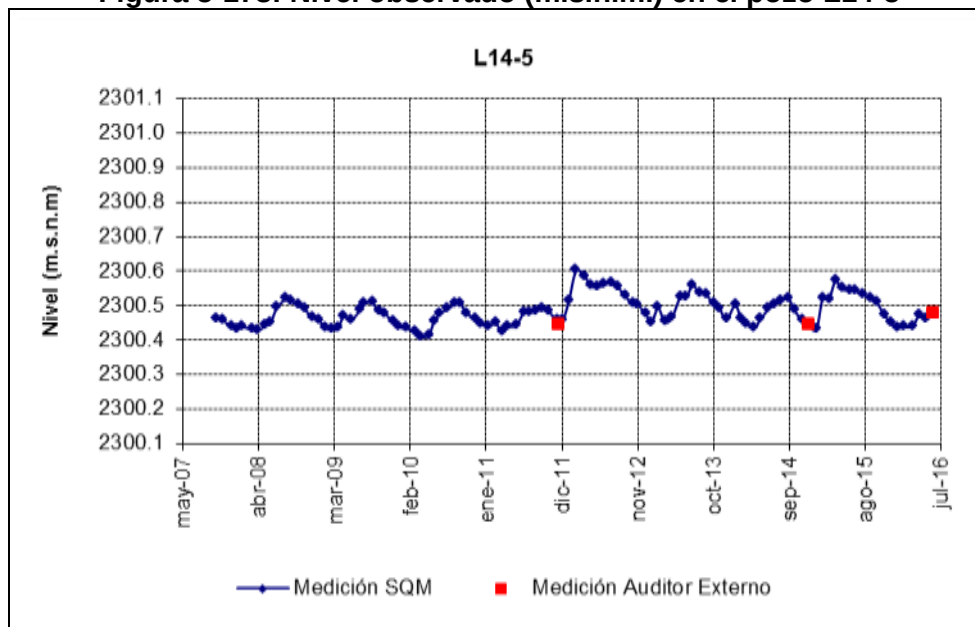
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-177: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-3



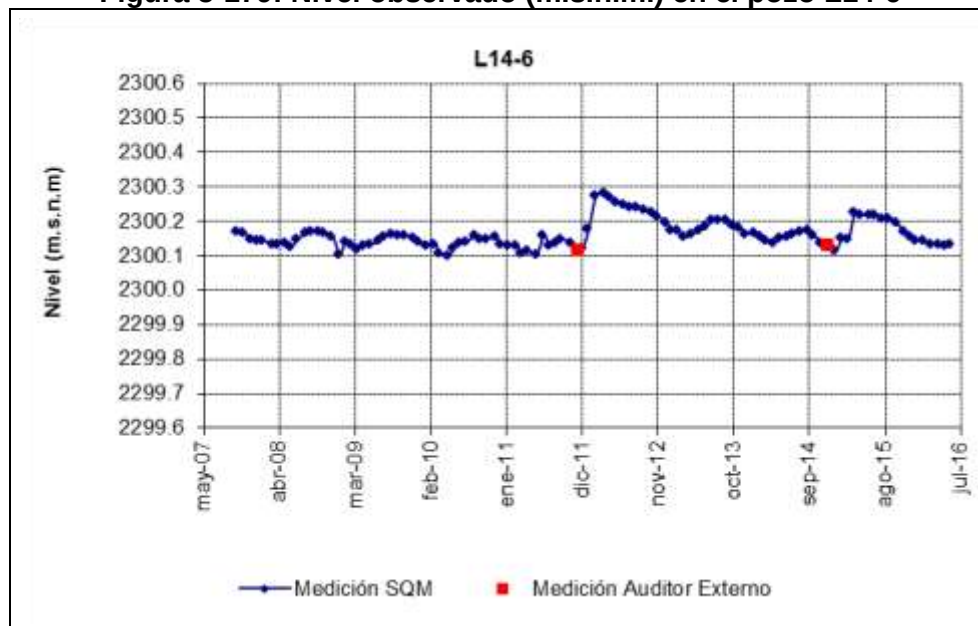
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-178: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-5



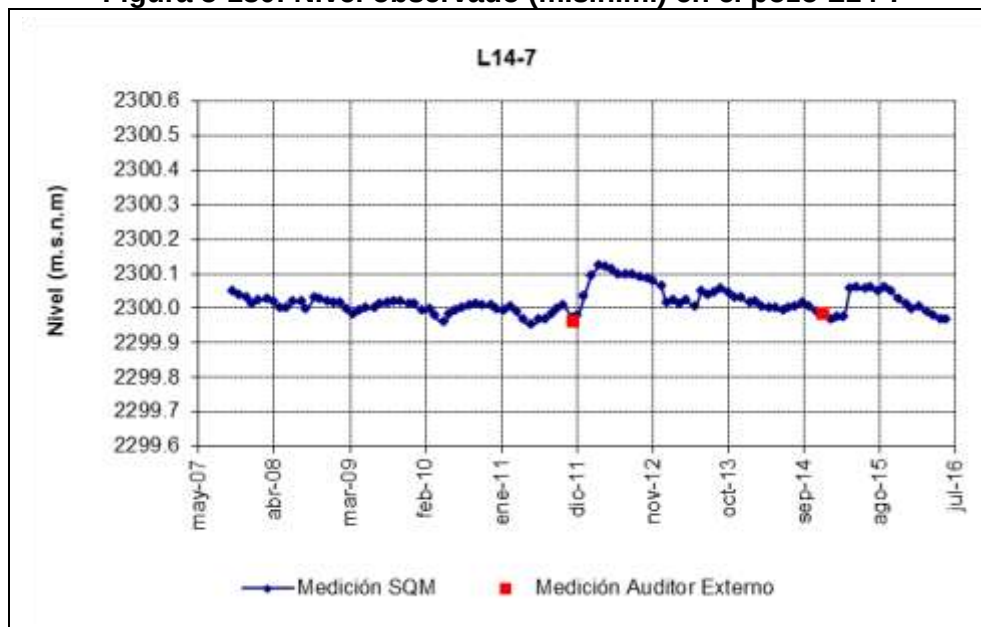
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-179: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-6



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-180: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-7



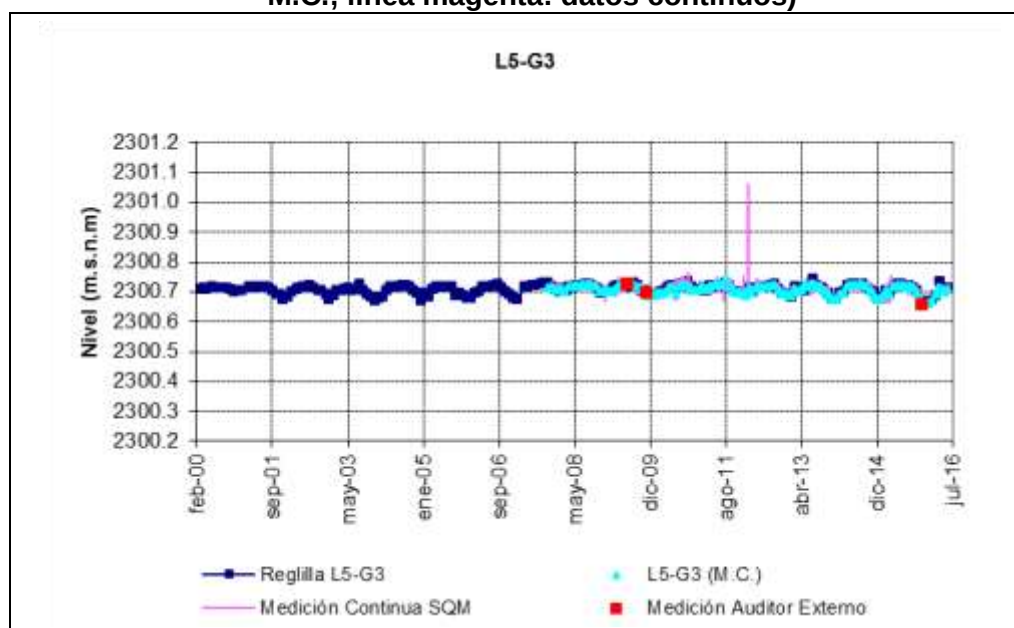
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.3 Reglillas

Desde la Figura 5-181 a la Figura 5-182 se muestra los niveles mensuales observados en las reglillas ubicadas en el sector Aguas de Quelana.

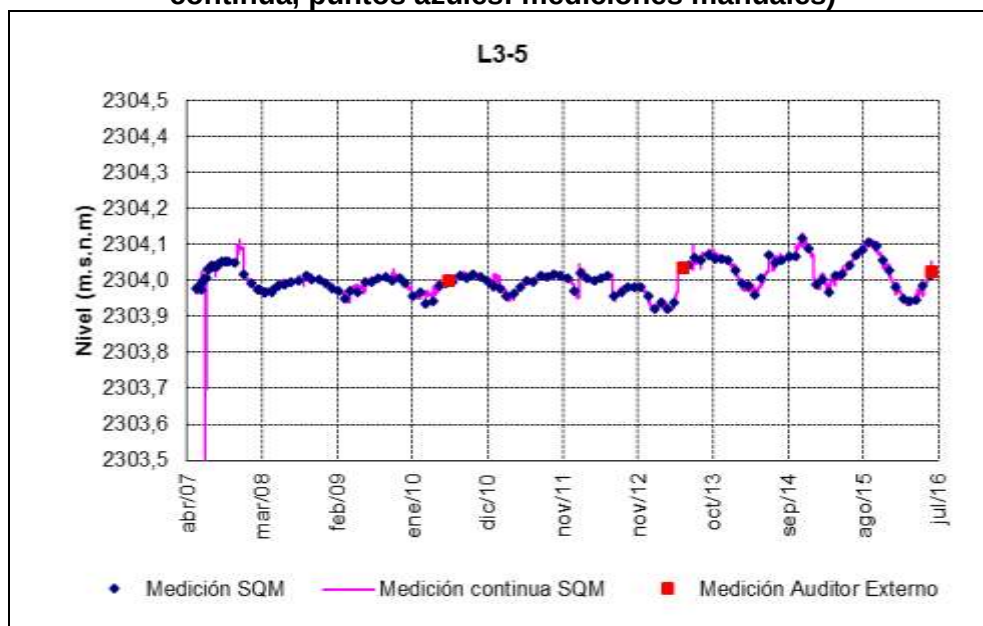
Dado que la reglilla L5-G3 tiene datos de medición continua desde septiembre de 2007, para una mejor visualización se presenta el seguimiento de esta reglilla en dos gráficos. El primero muestra la serie histórica (Figura 5-181).

Figura 5-181: Nivel observado (m.s.n.m.) 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)



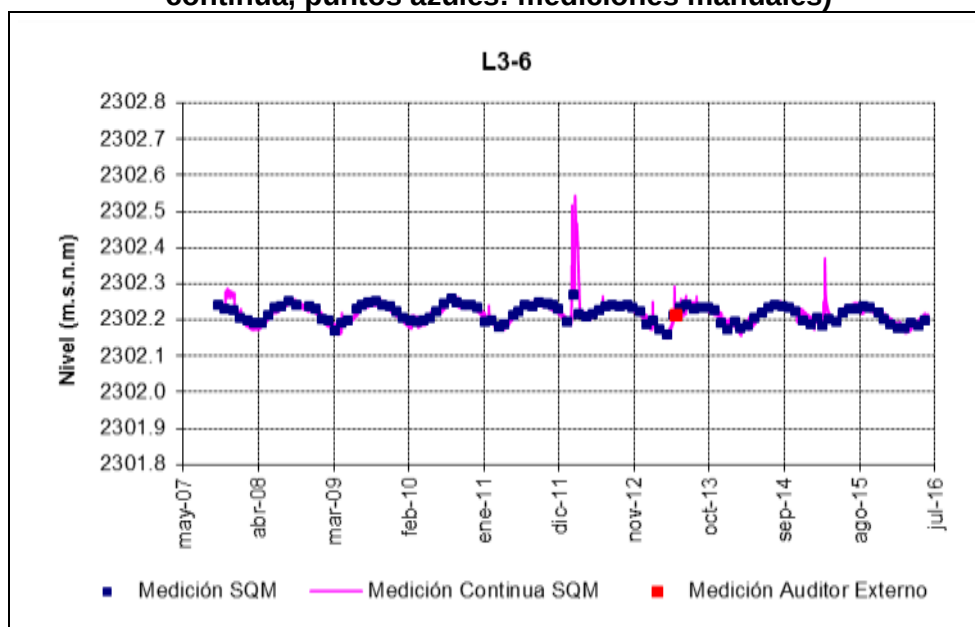
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-183: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



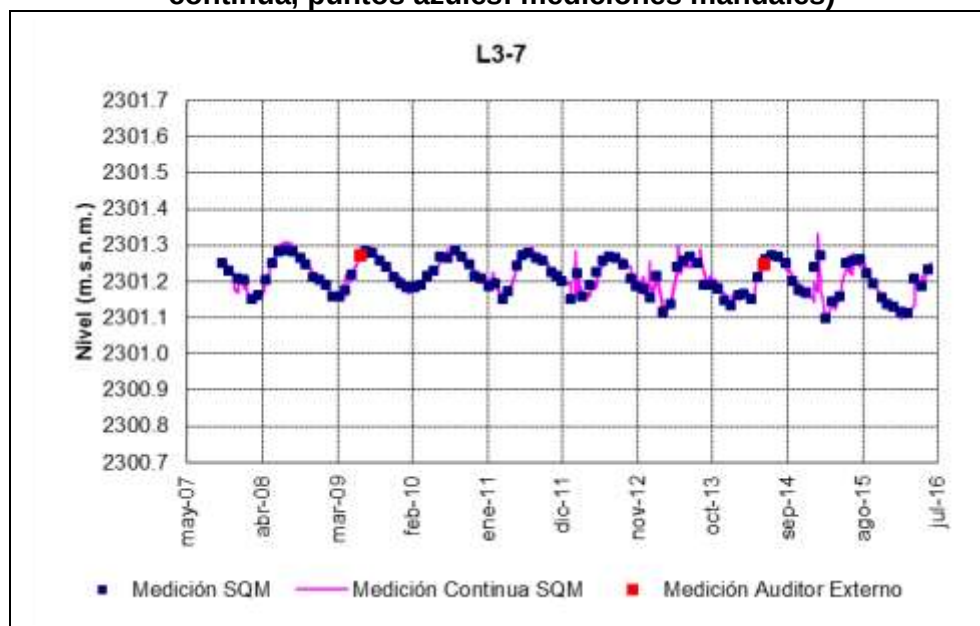
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-184: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



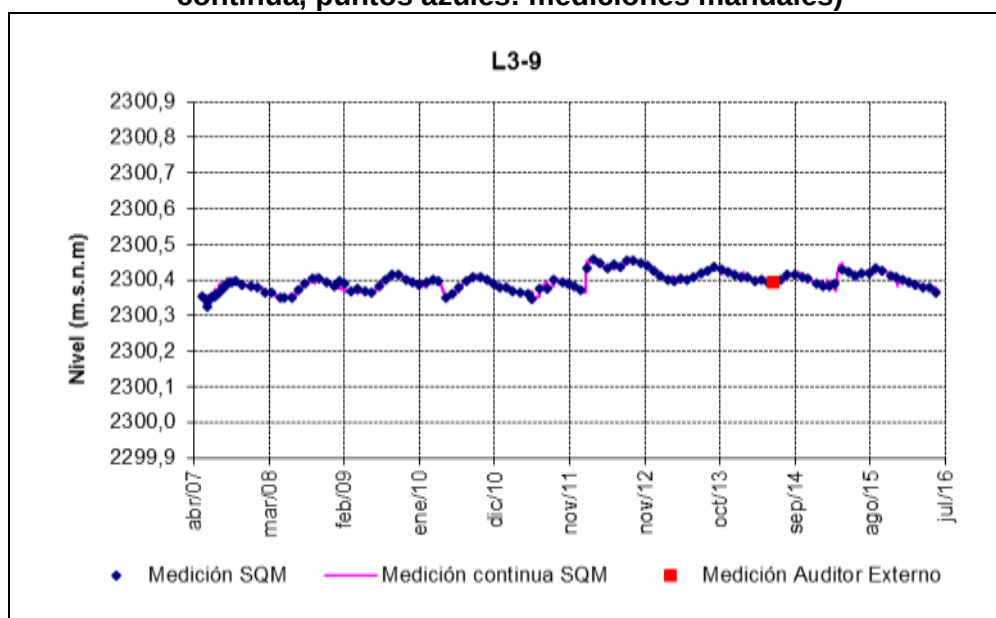
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-185: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



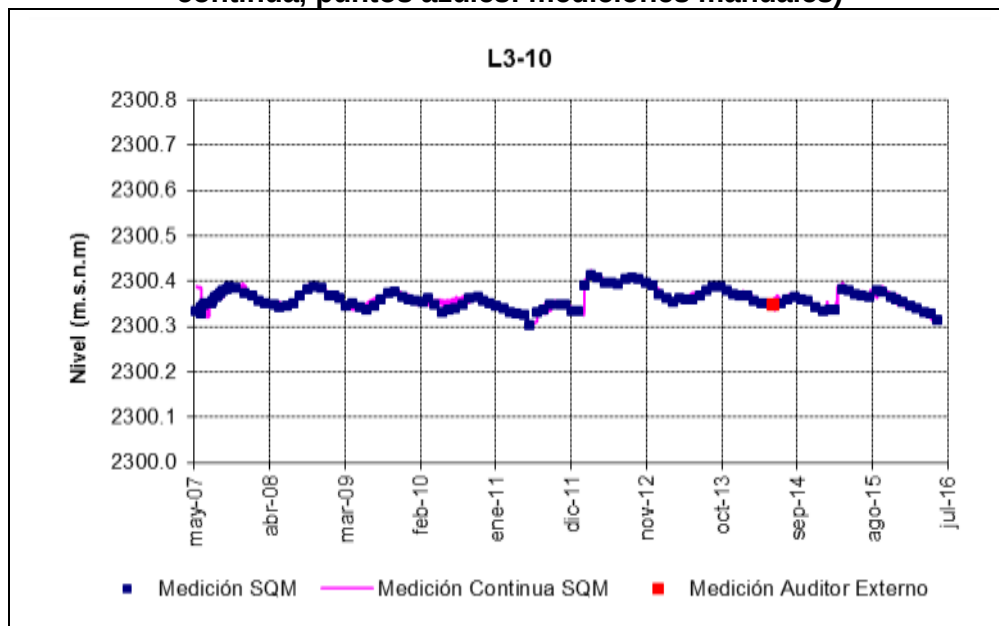
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-186: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



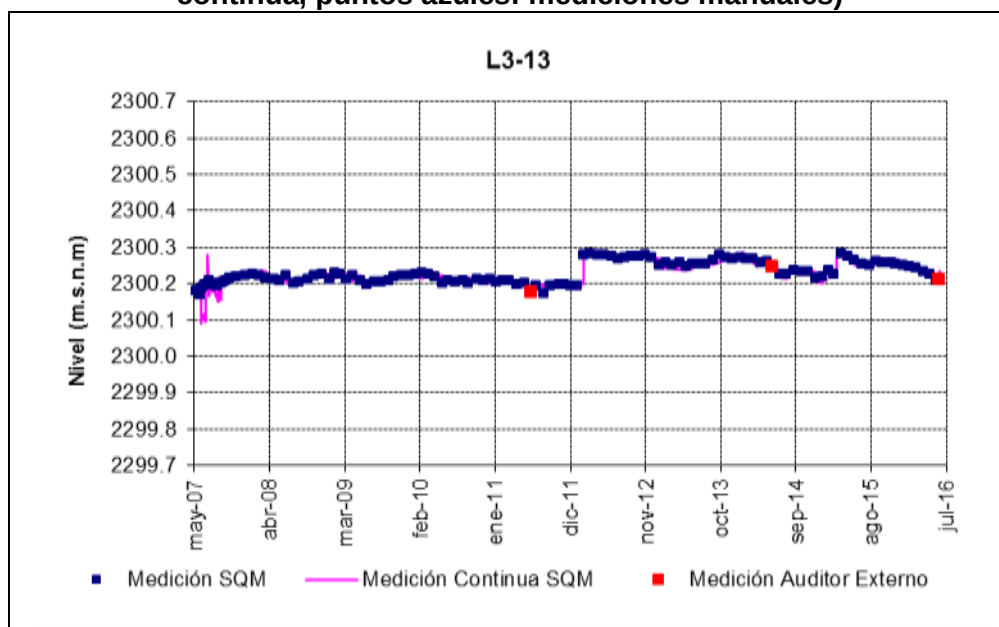
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-187: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



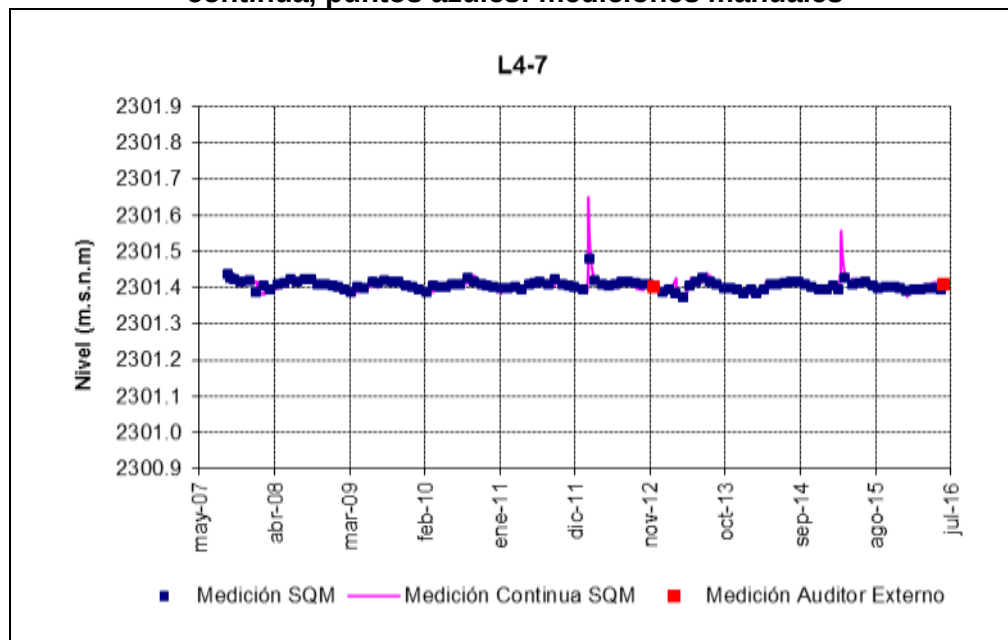
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-188: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



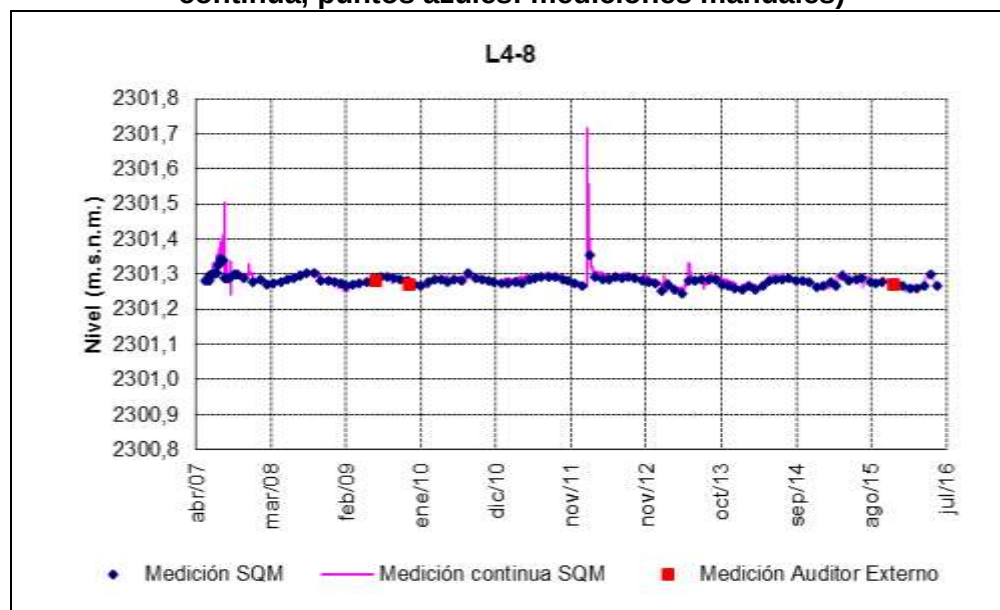
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-189: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



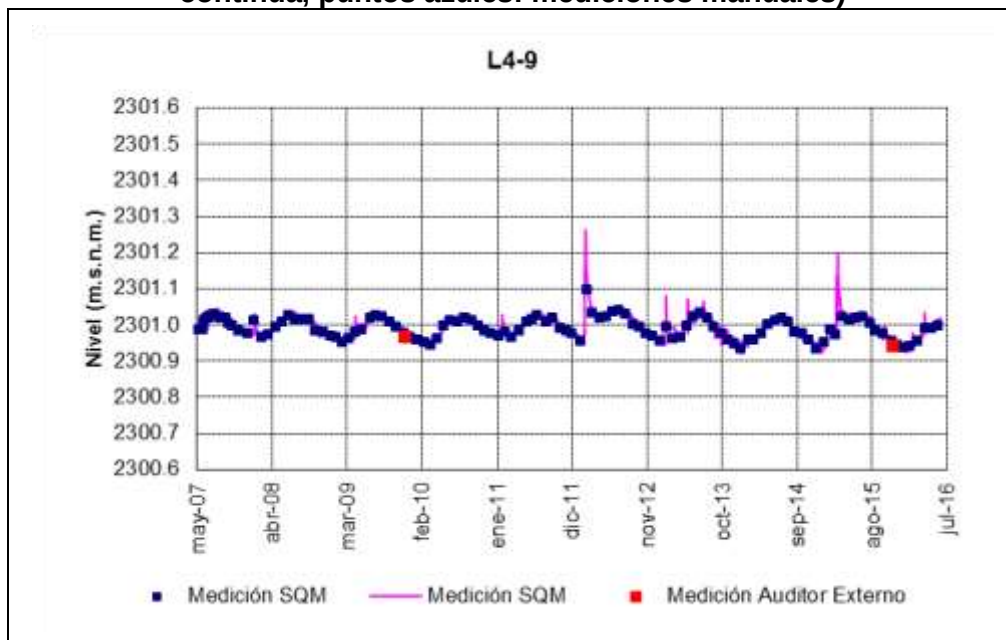
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-190: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



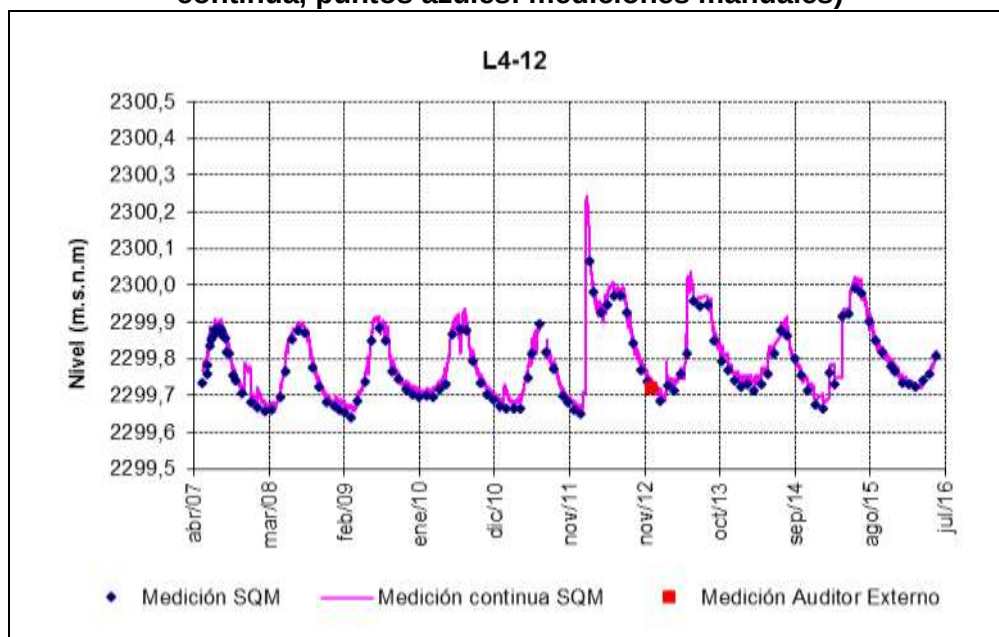
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-191: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



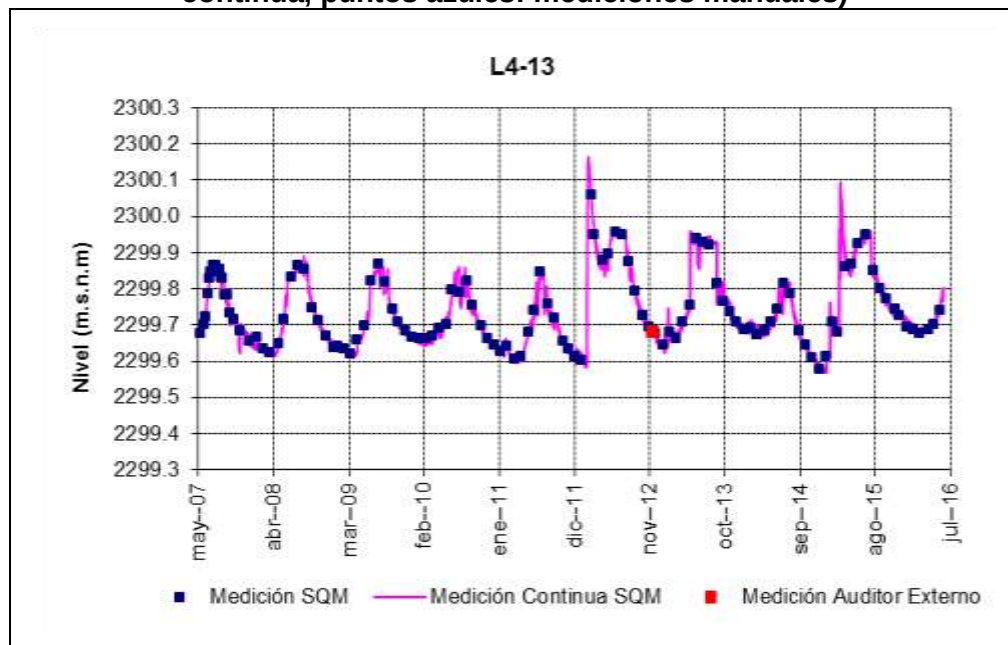
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-192: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



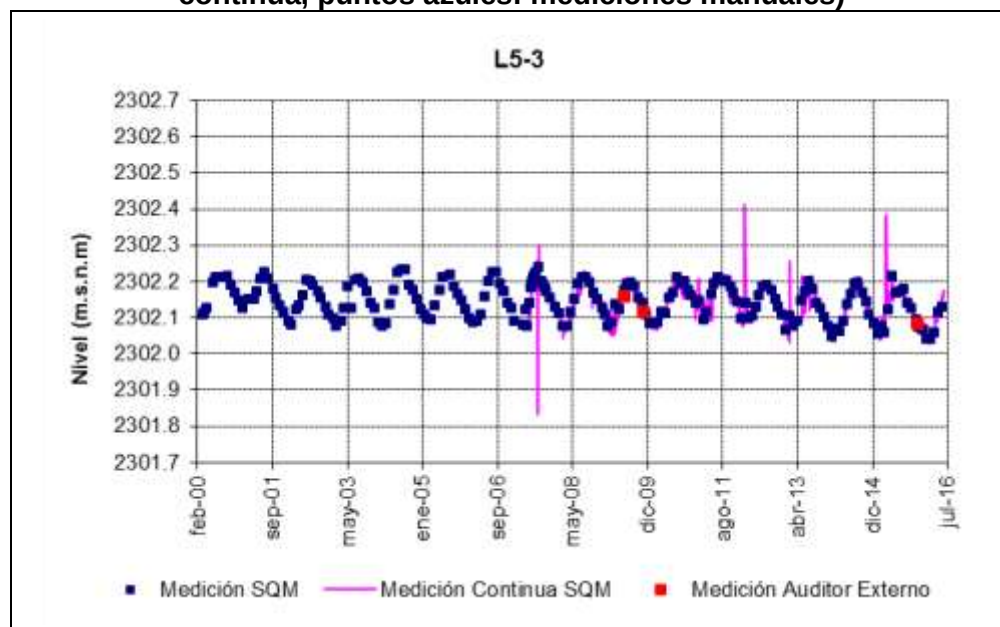
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-193: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



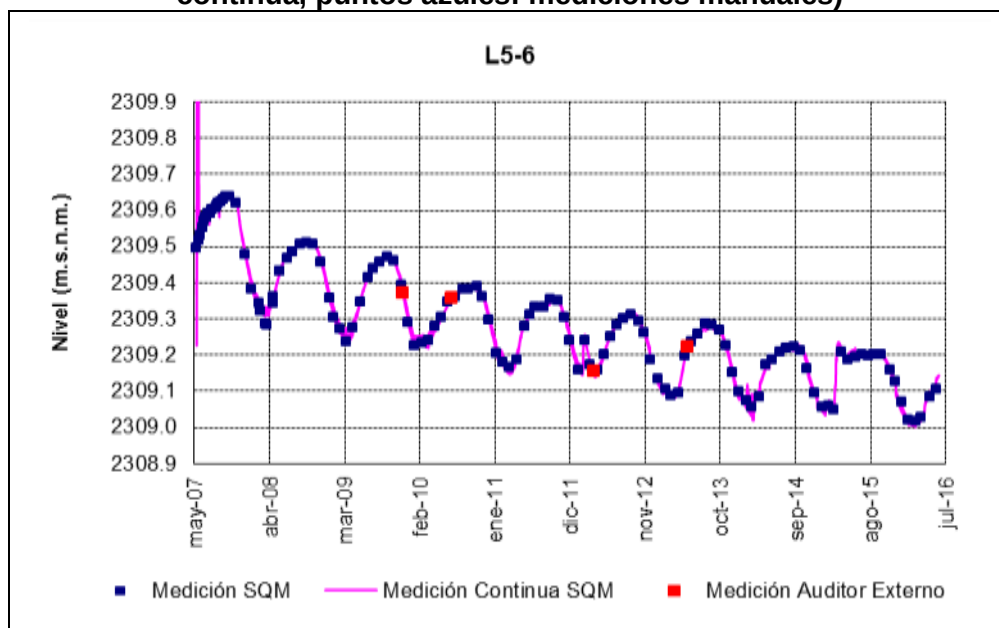
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-194: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



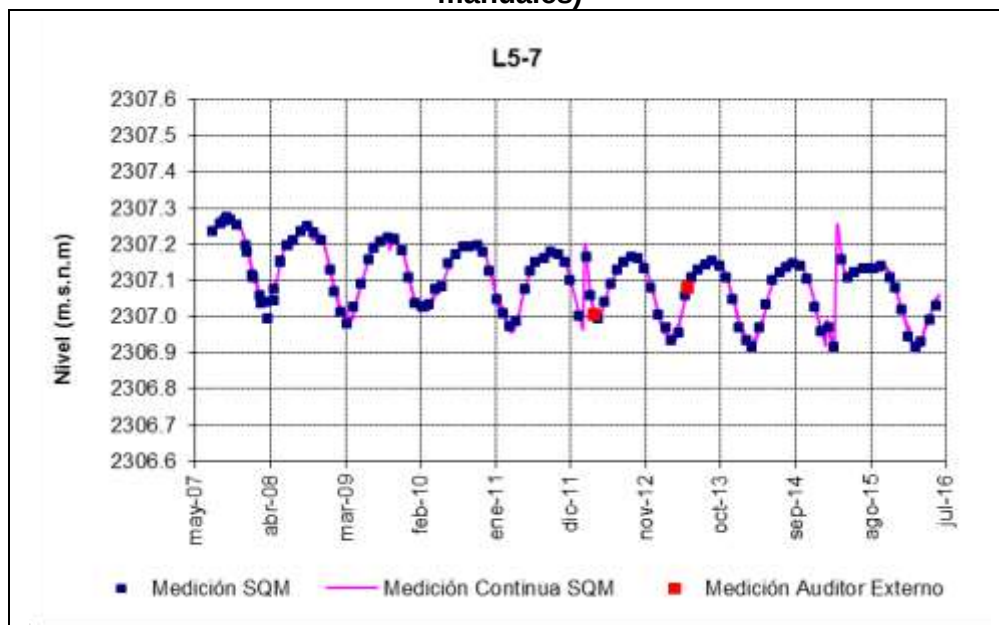
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-195: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



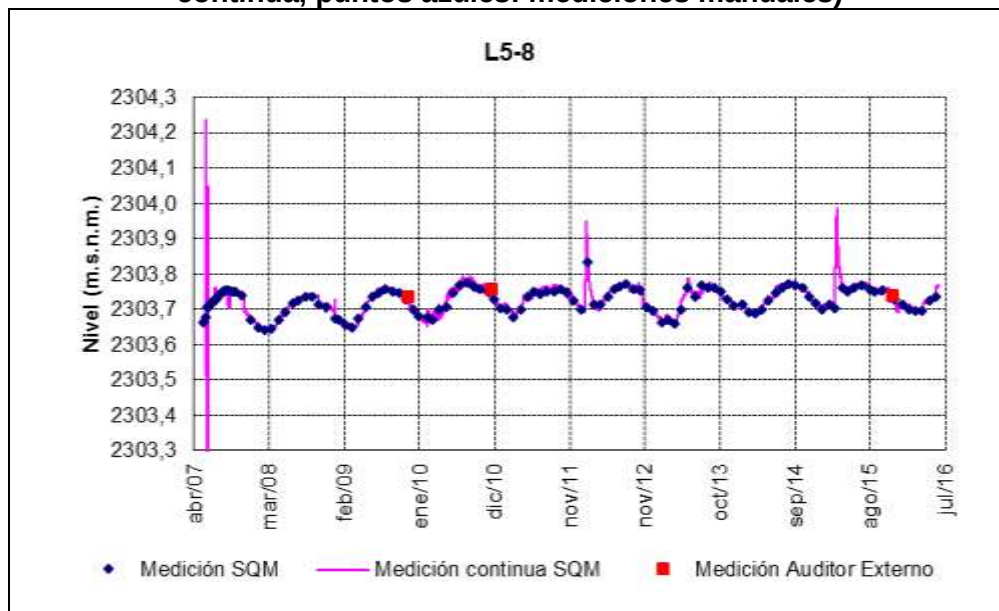
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-196: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



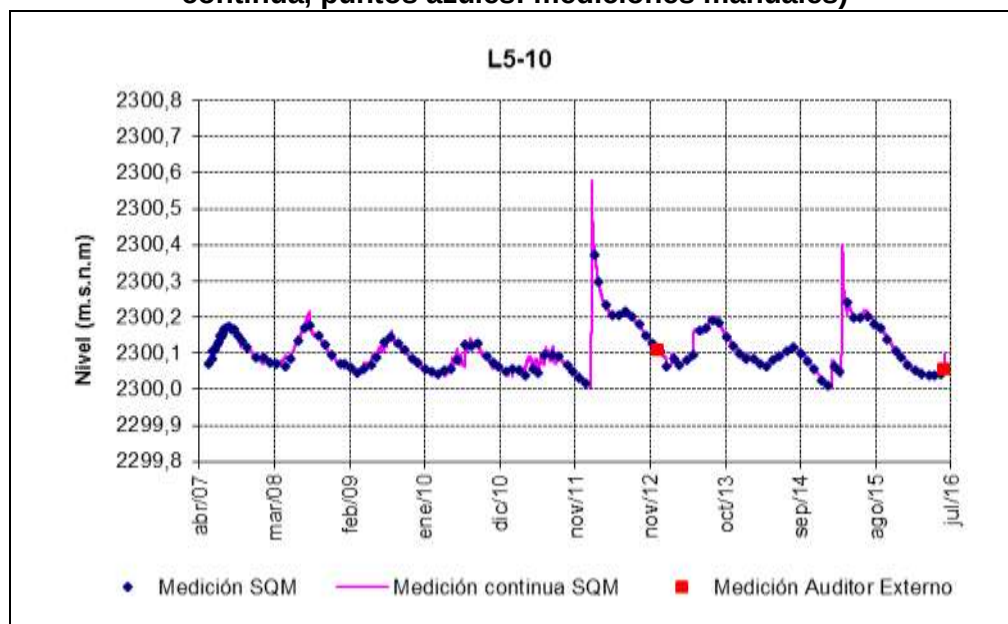
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-197: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



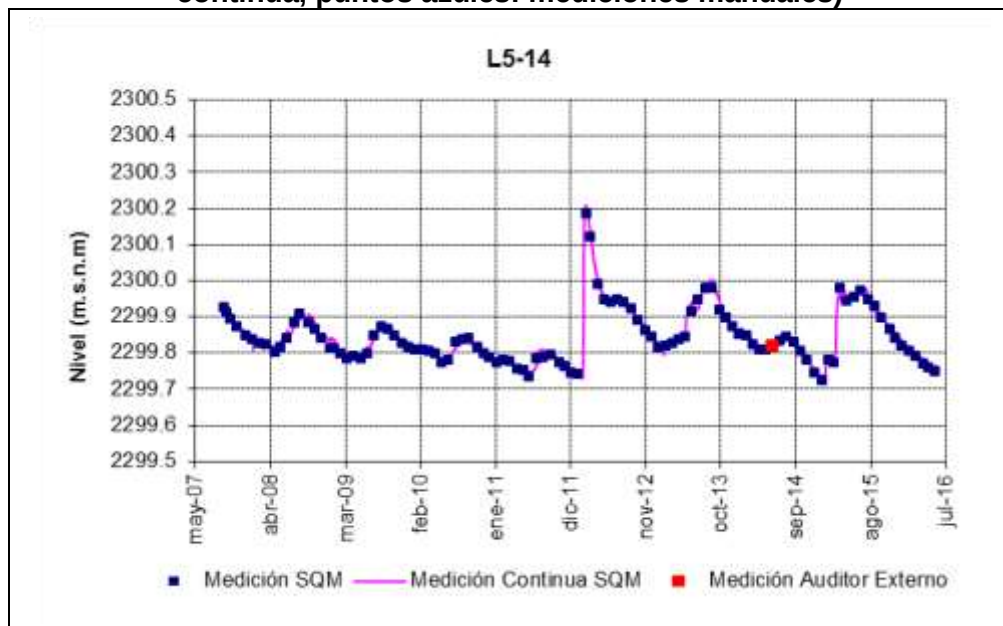
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-198: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



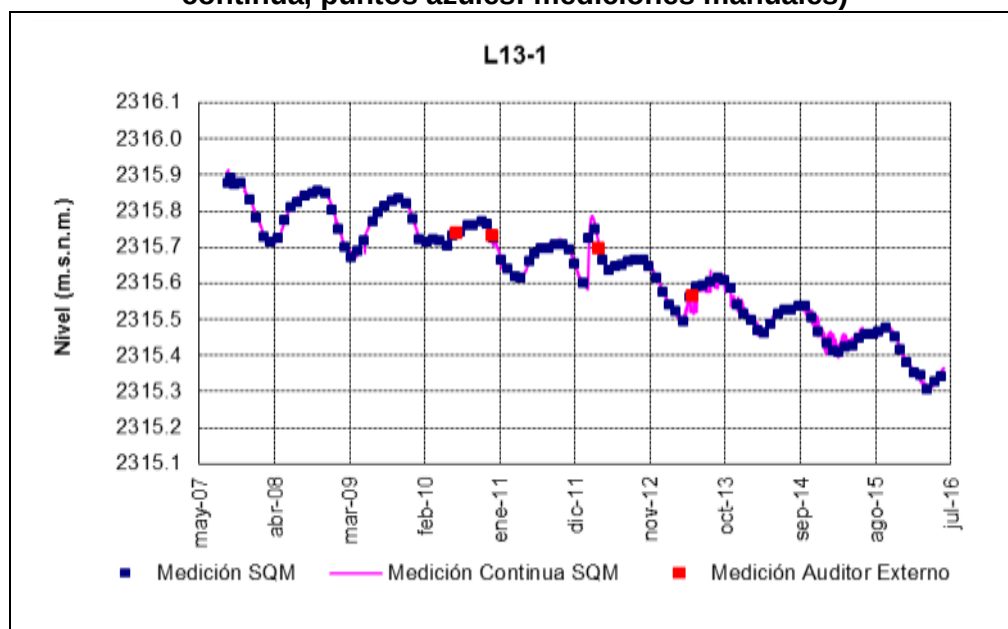
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-199: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



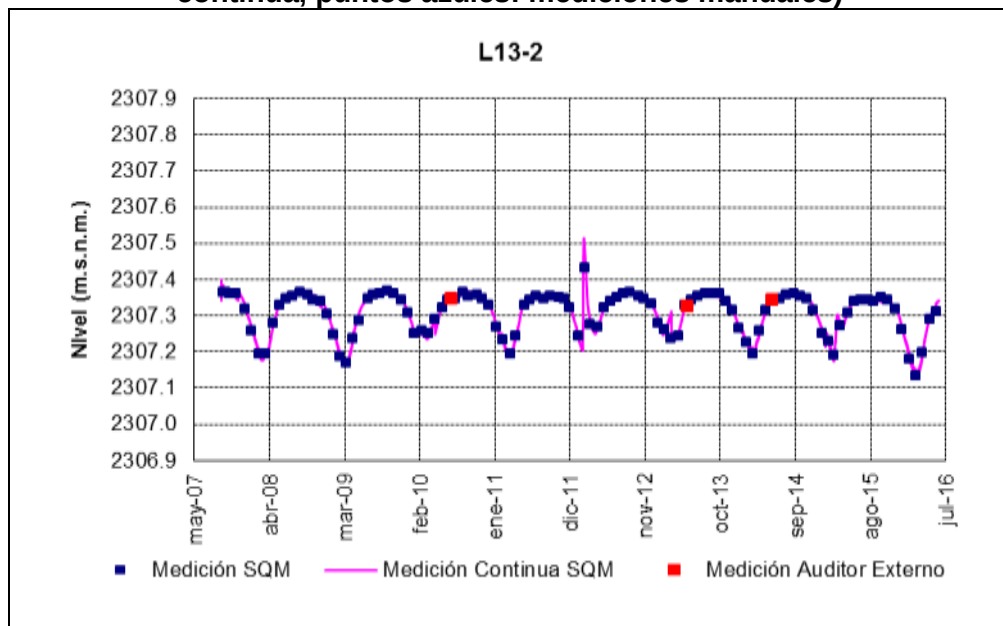
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-200: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



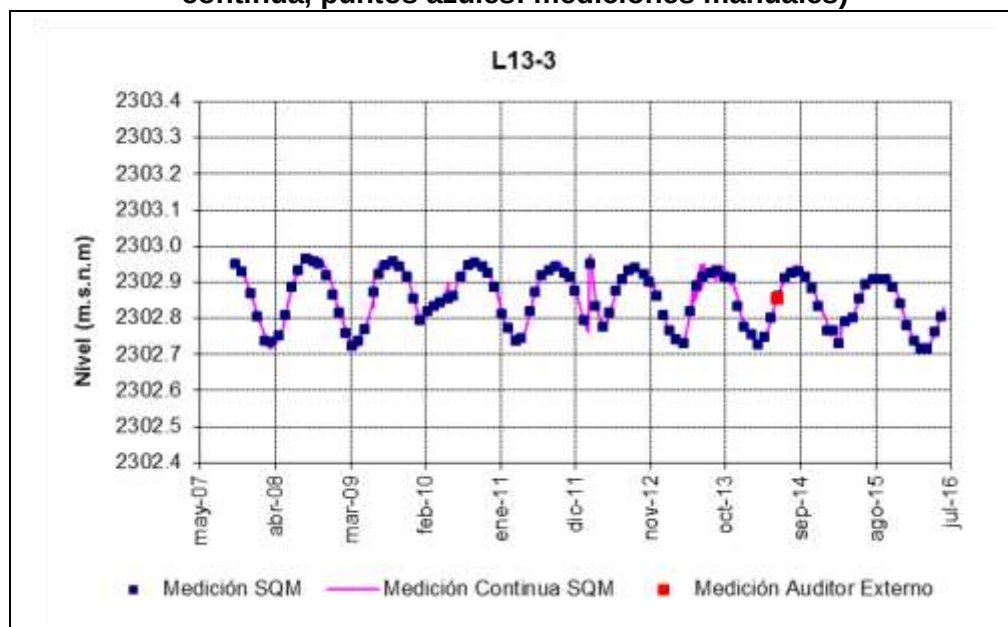
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-201: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



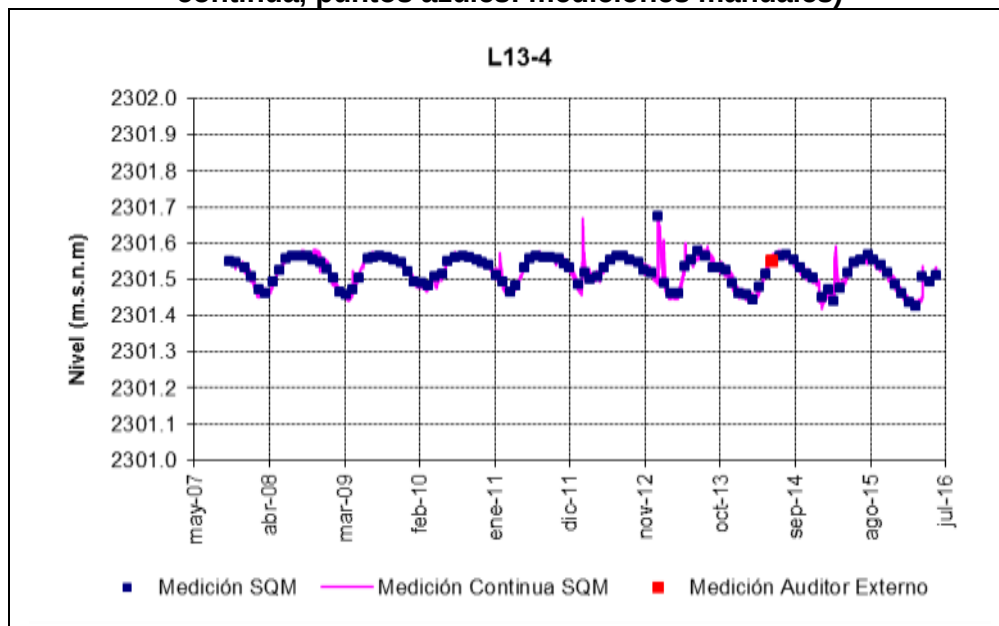
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-202: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



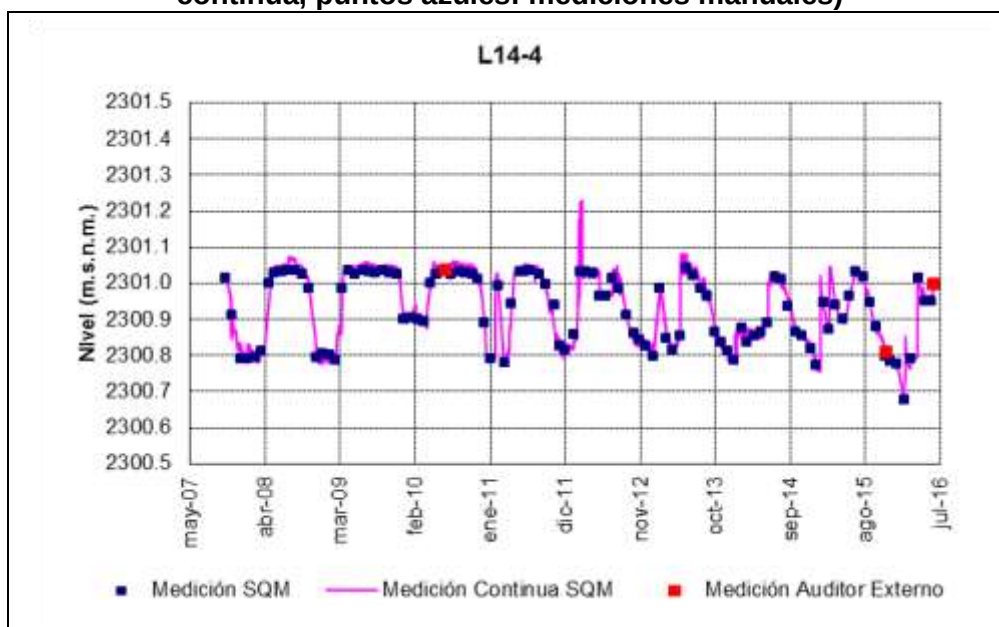
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-203: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-204: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

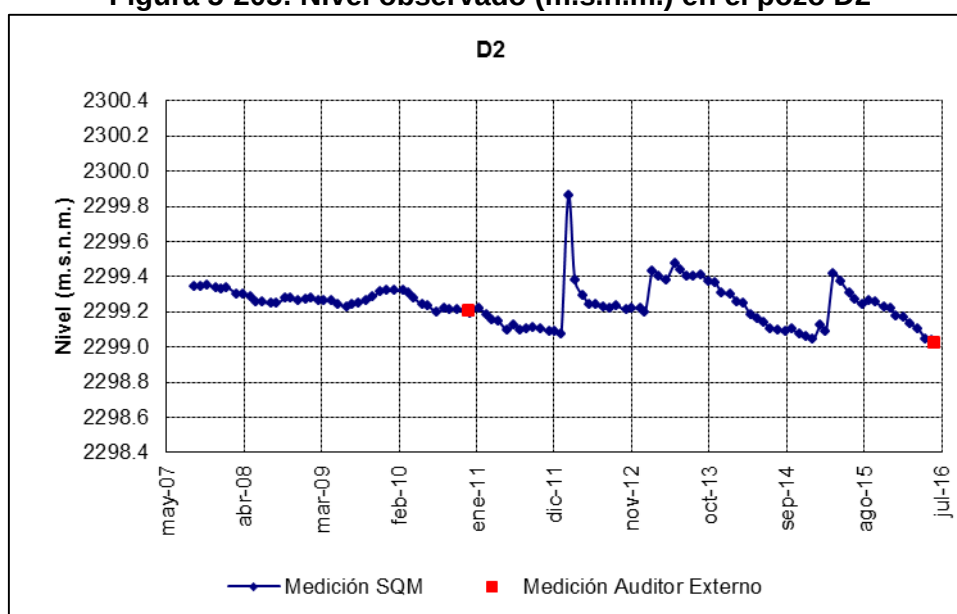


Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.5 Pozos de salmuera

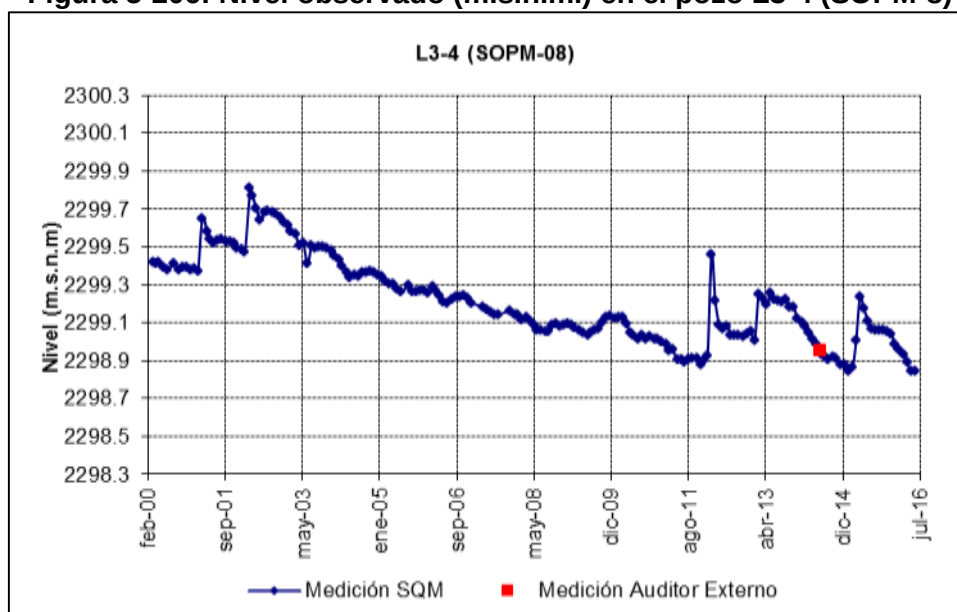
Desde la Figura 5-205 a la Figura 5-210 se presenta los niveles en los pozos del PSAH del sistema Aguas de Quelana catalogados como pozos de salmuera y que se ubican en el acuífero del núcleo.

Figura 5-205: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo D2



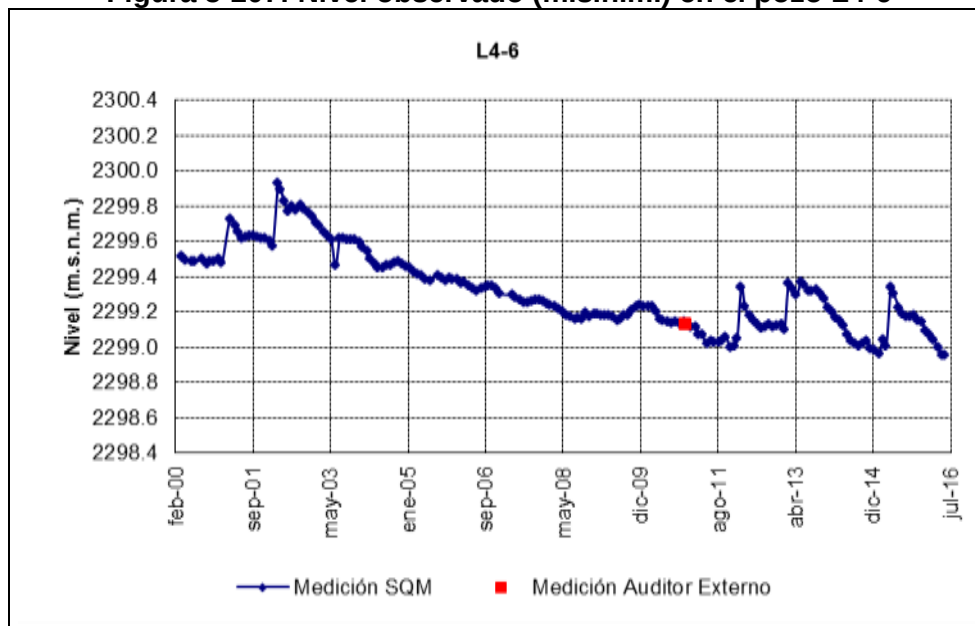
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-206: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-4 (SOPM-8)



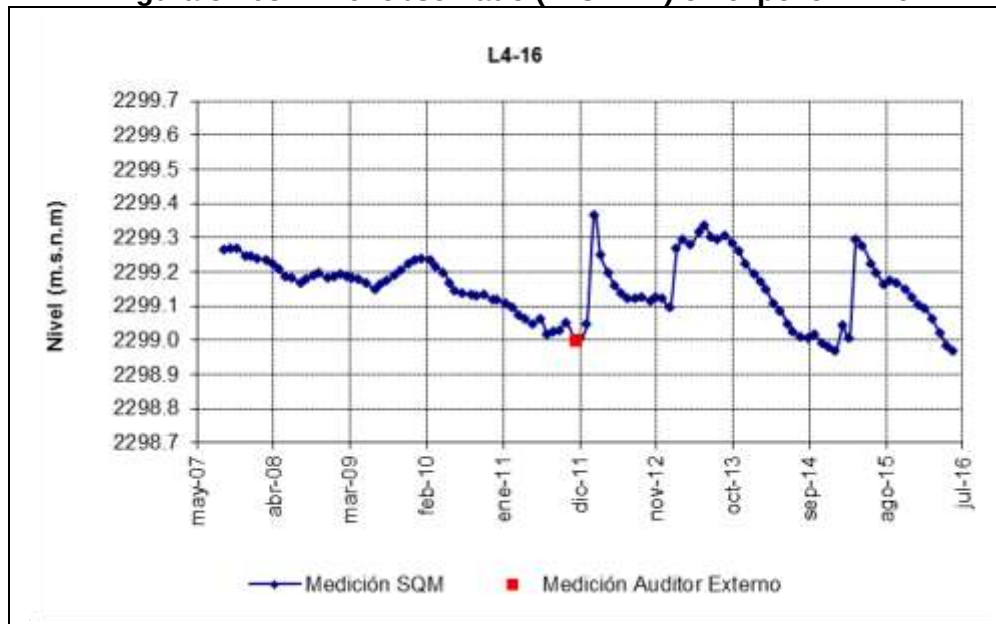
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-207: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-6



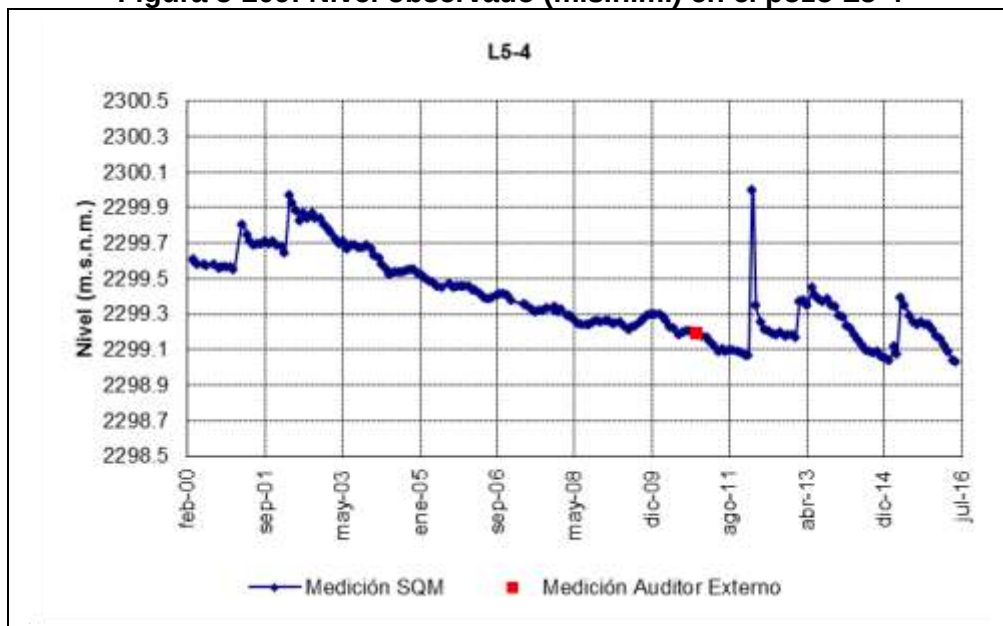
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-208: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-16



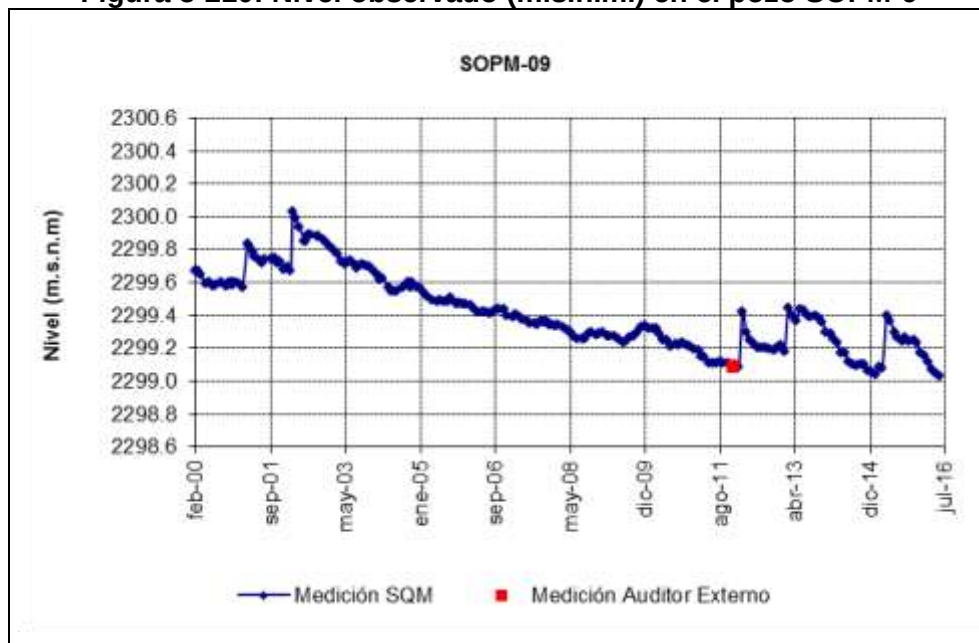
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-209: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L5-4



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-210: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-9

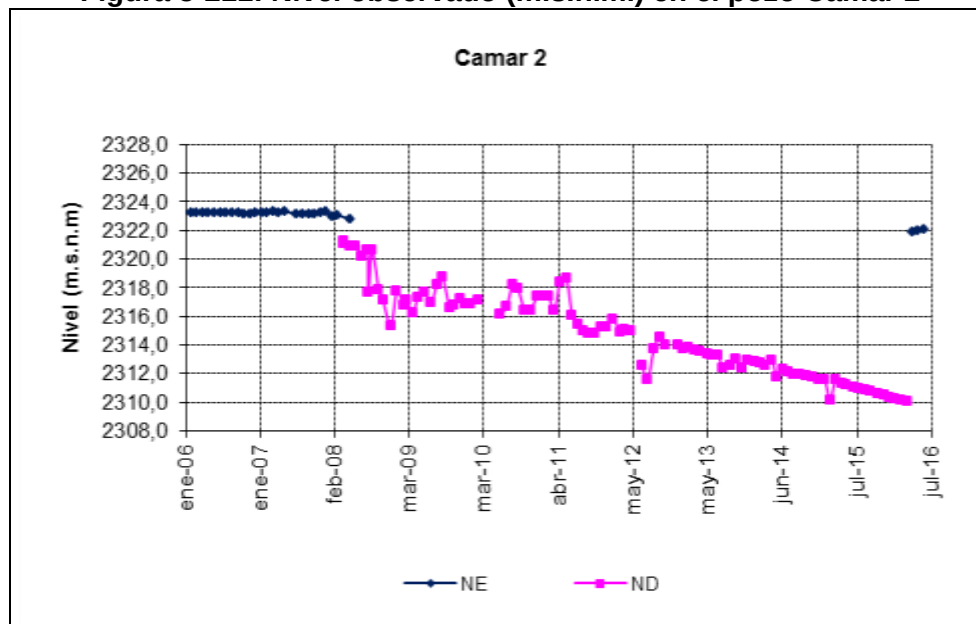


Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1.6 Pozos de bombeo

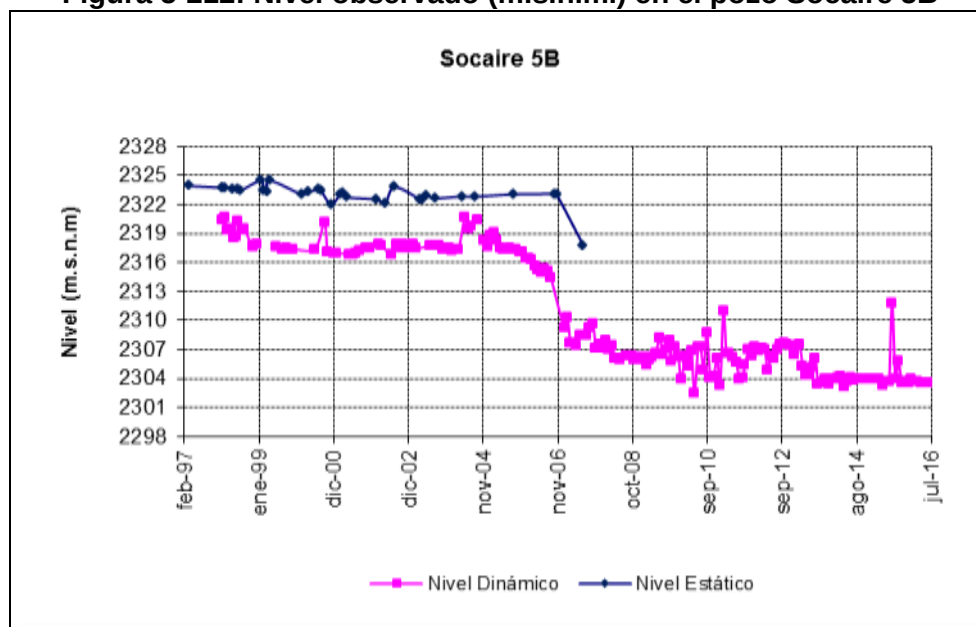
En la Figura 5-211 y Figura 5-212 se presentan los niveles observados en los pozos de bombeo de agua industrial Camar 2 y Socaire 5B, respectivamente.

Figura 5-211: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Camar 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-212: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Socaire 5B

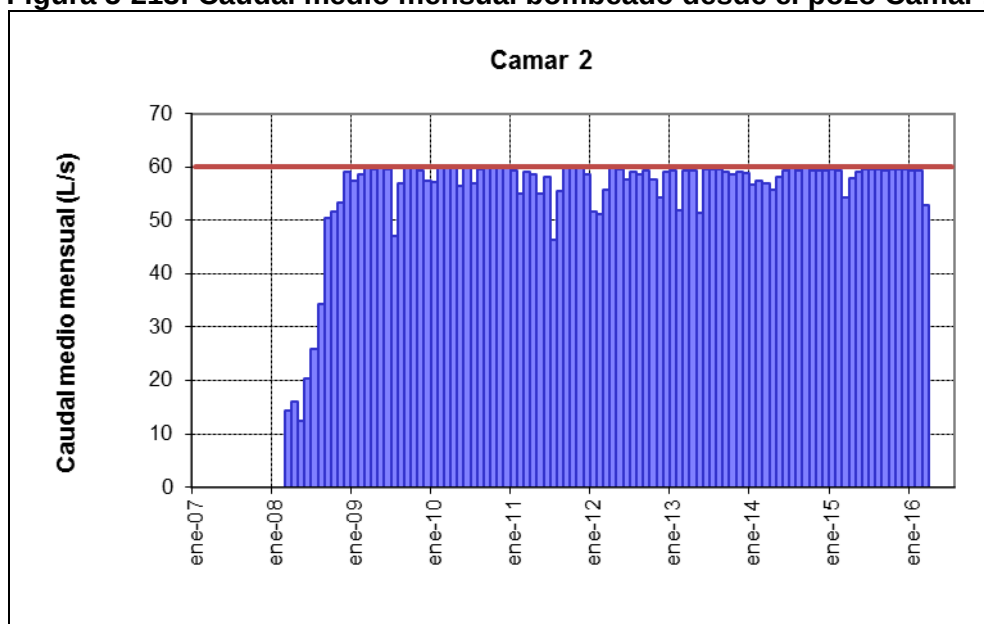


Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.2 Caudal bombeado

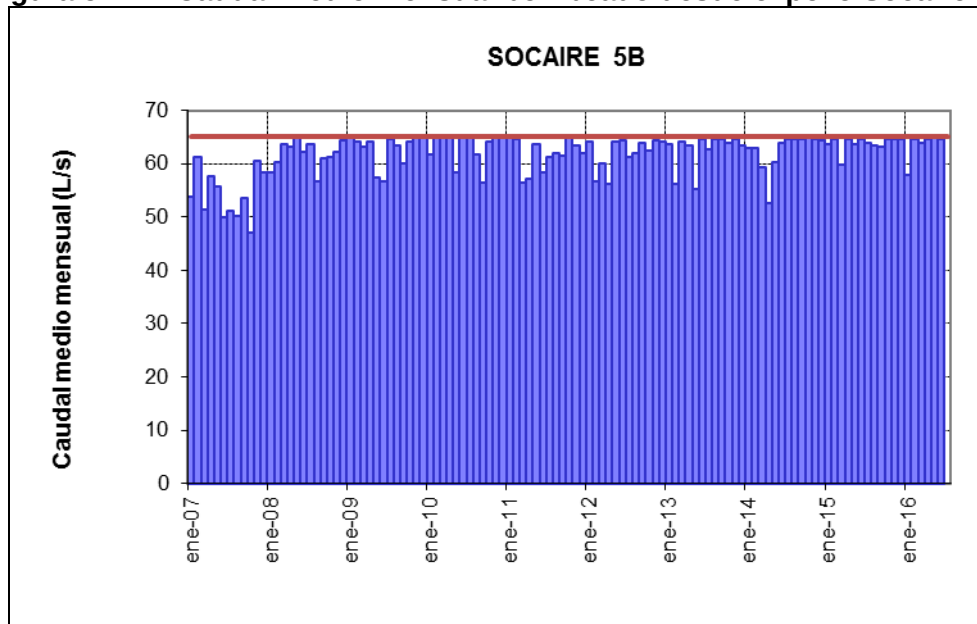
En el sector aguas arriba del sistema Aguas de Quelana se explota agua industrial desde los pozos Camar 2 y Socaire 5B, cuyos caudales medios mensuales extraídos se presentan en la Figura 5-213 y Figura 5-214 respectivamente. Cabe indicar que el pozo Camar 2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008. En la tabla del ANEXO 9 se muestran los valores registrados de los caudales bombeados. Desde abril de 2016 al cierre de este informe, el pozo Camar2 se encuentra temporalmente detenido.

Figura 5-213: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Camar 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-214: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B



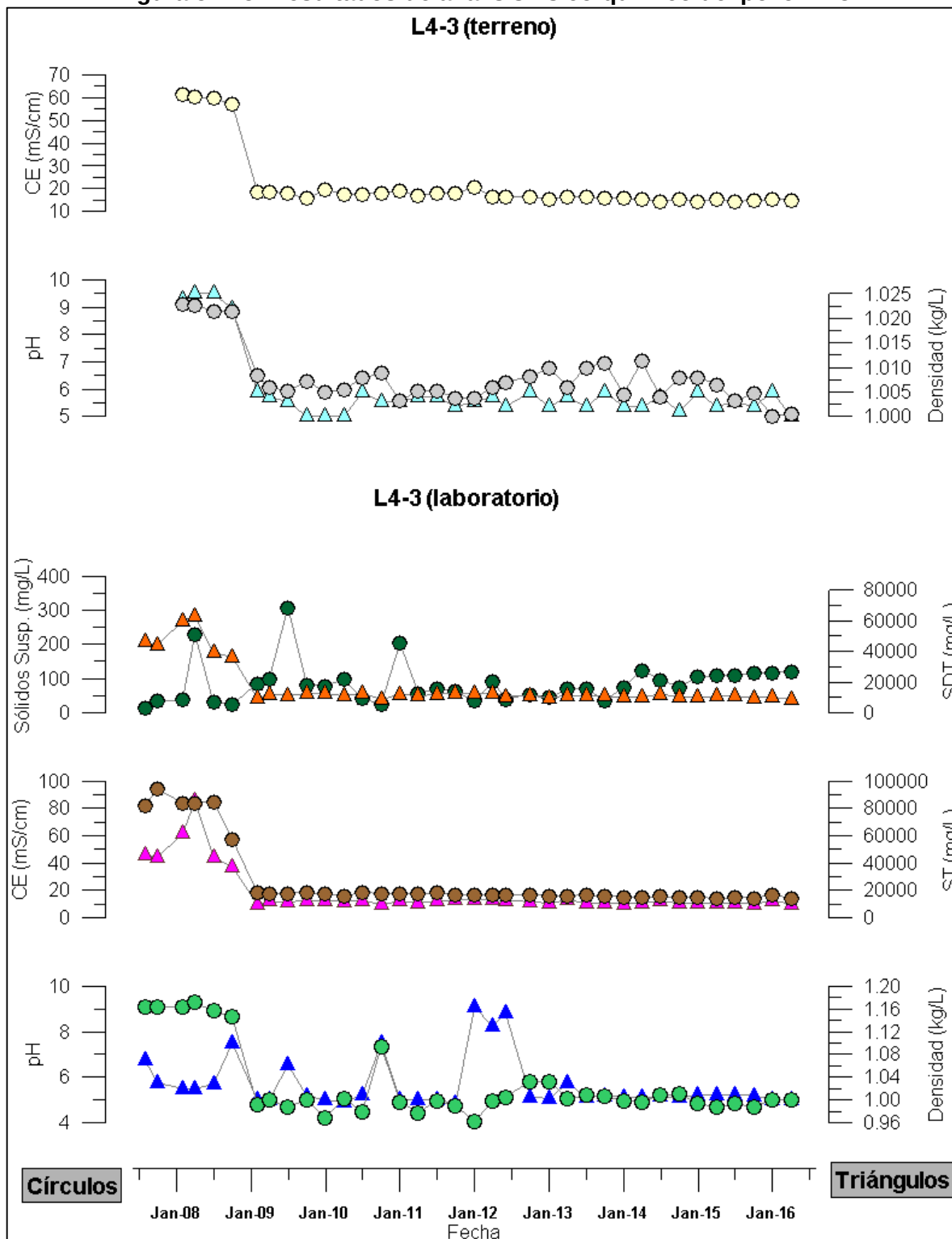
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.3 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 desde la Figura 5-215 a Figura 5-226. Los análisis fueron realizados por el laboratorio ALS Environmental, cuyos certificados se adjuntan en el ANEXO 10. Si bien el pozo L4-3 es parte del monitoreo de la calidad del agua de los sistemas Aguas de Quelana, Borde Este y Cuña Salina, será presentado sólo en esta sección.

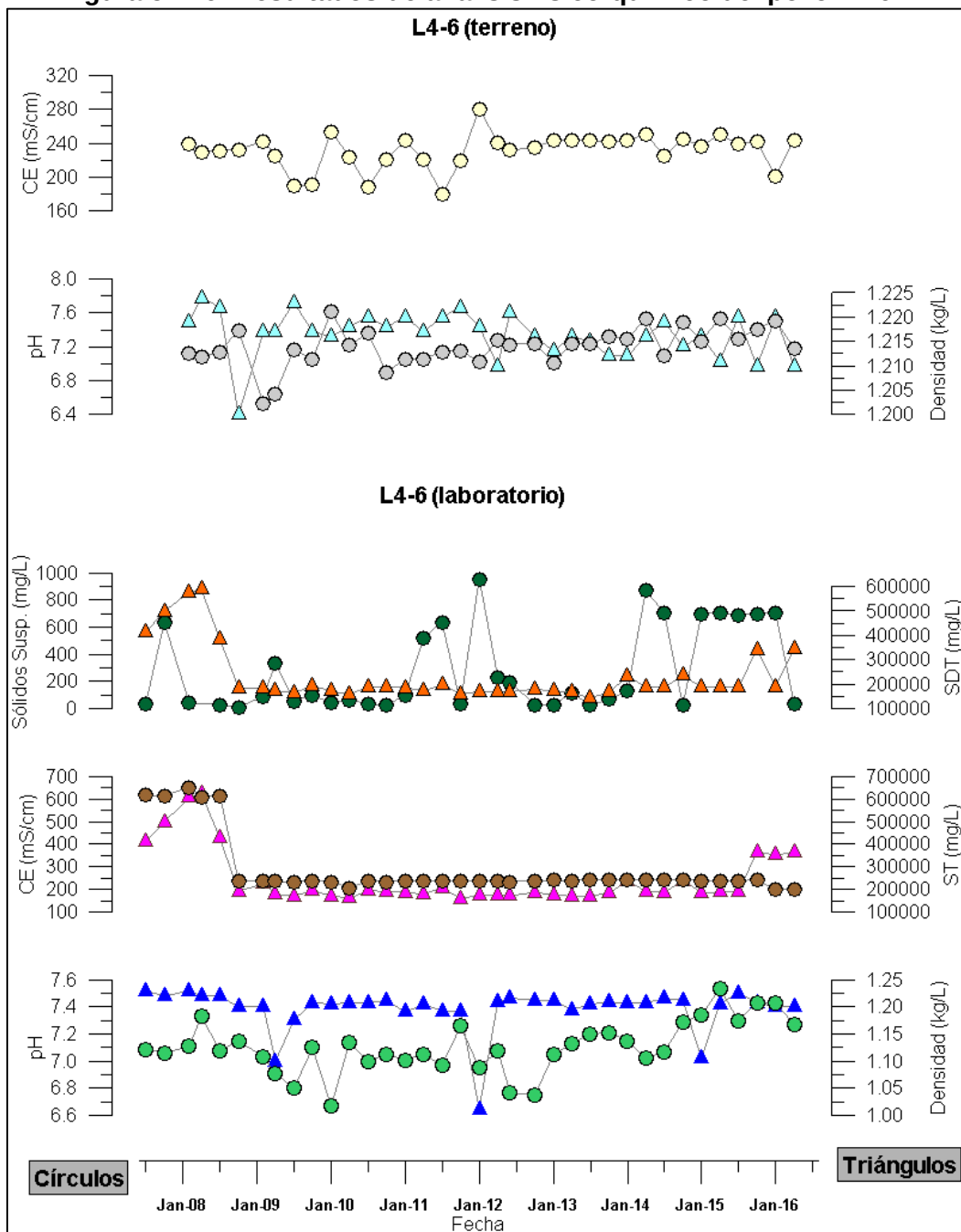
Es importante mencionar que en los gráficos de hidroquímica, las series representadas con un círculo están asociadas a los ejes del lado izquierdo y las que se encuentran representadas por un triángulo están asociadas a los ejes del lado derecho.

Figura 5-215: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-3



Fuente: Elaboración propia.

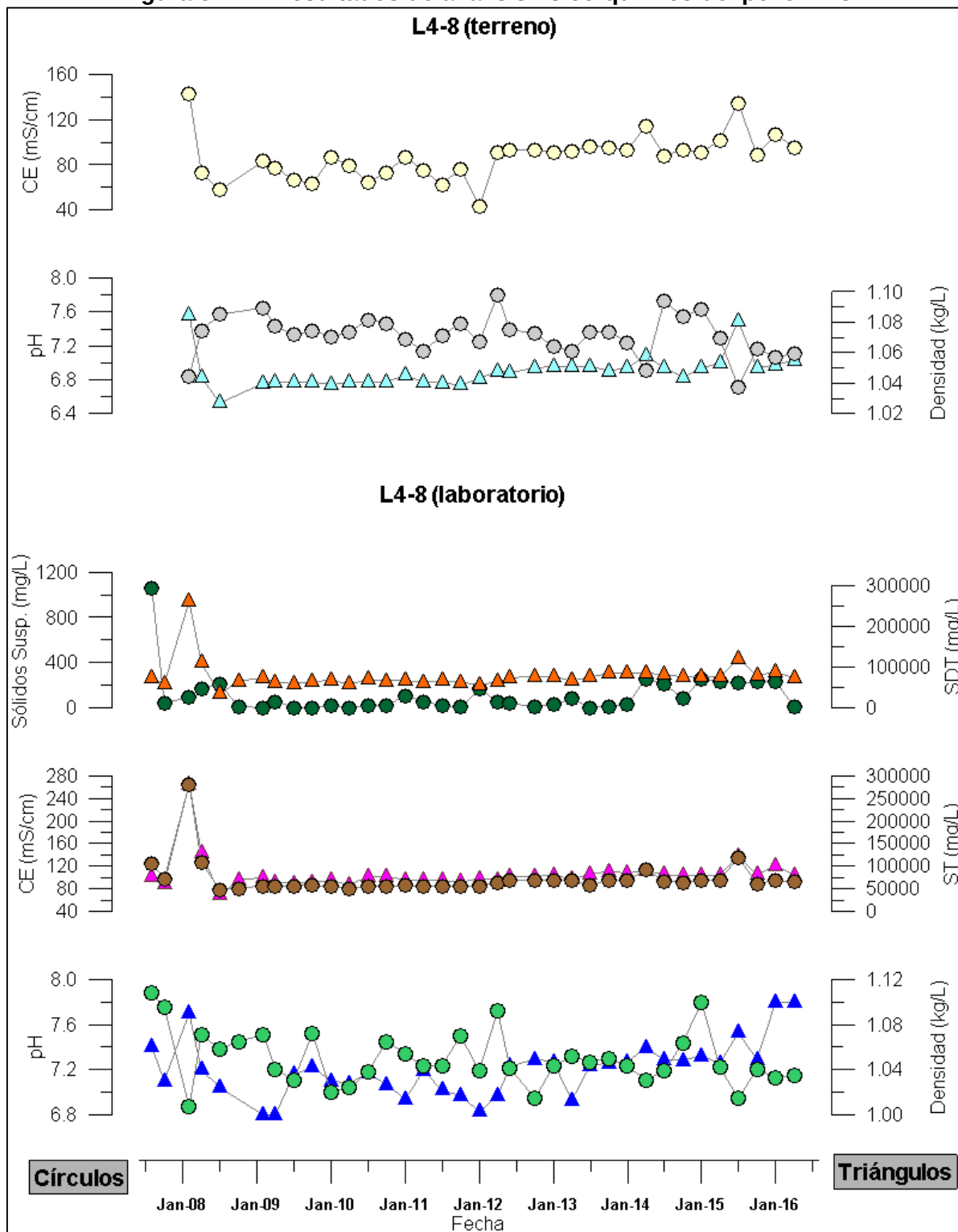
Figura 5-216: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-6¹³



Fuente: Elaboración propia.

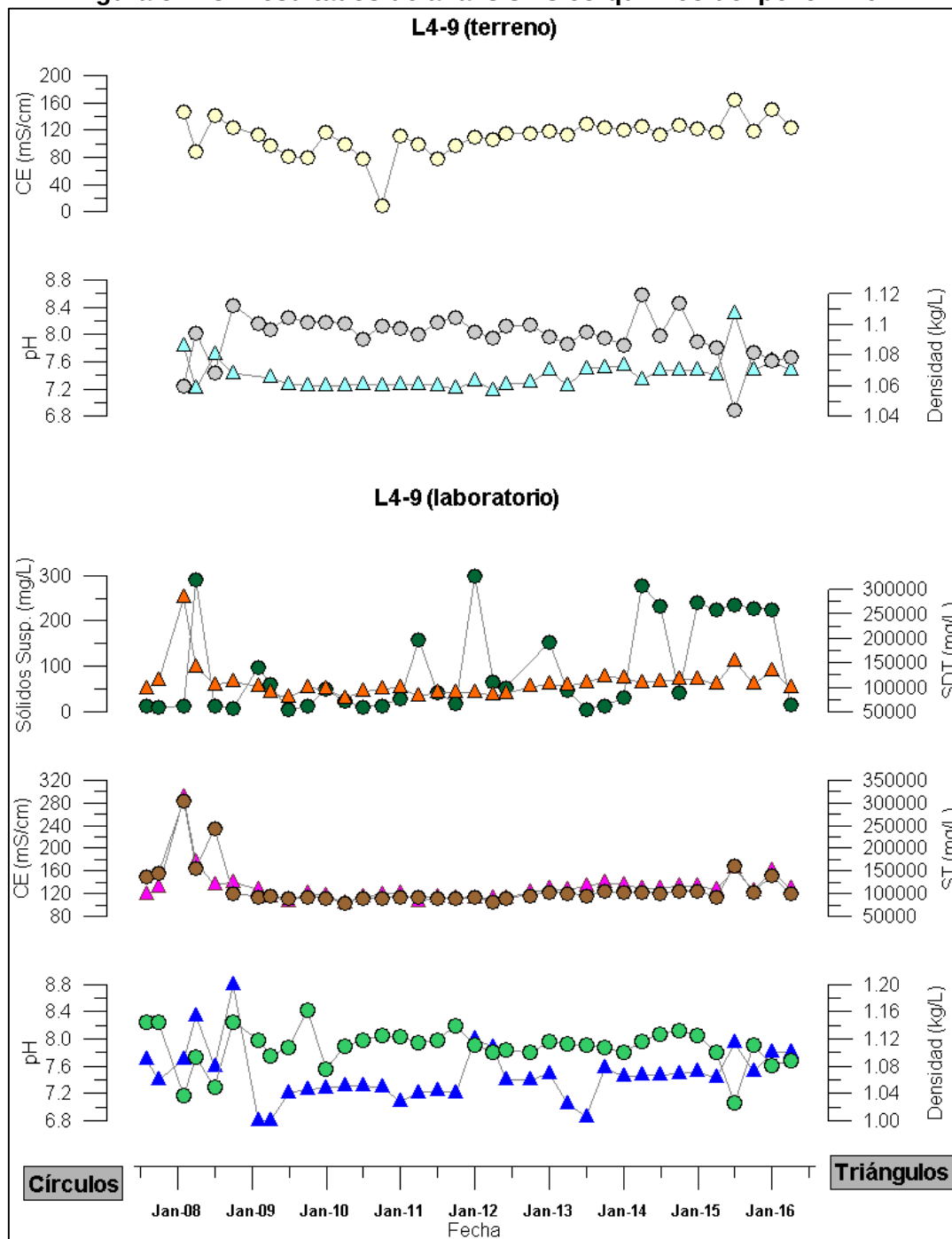
¹³ Los Sólidos Suspendedos correspondiente a una medición de 2030 mg/L en abril de 2008 fue sacado del gráfico para evitar problemas de escala.

Figura 5-217: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-8



Fuente: Elaboración propia.

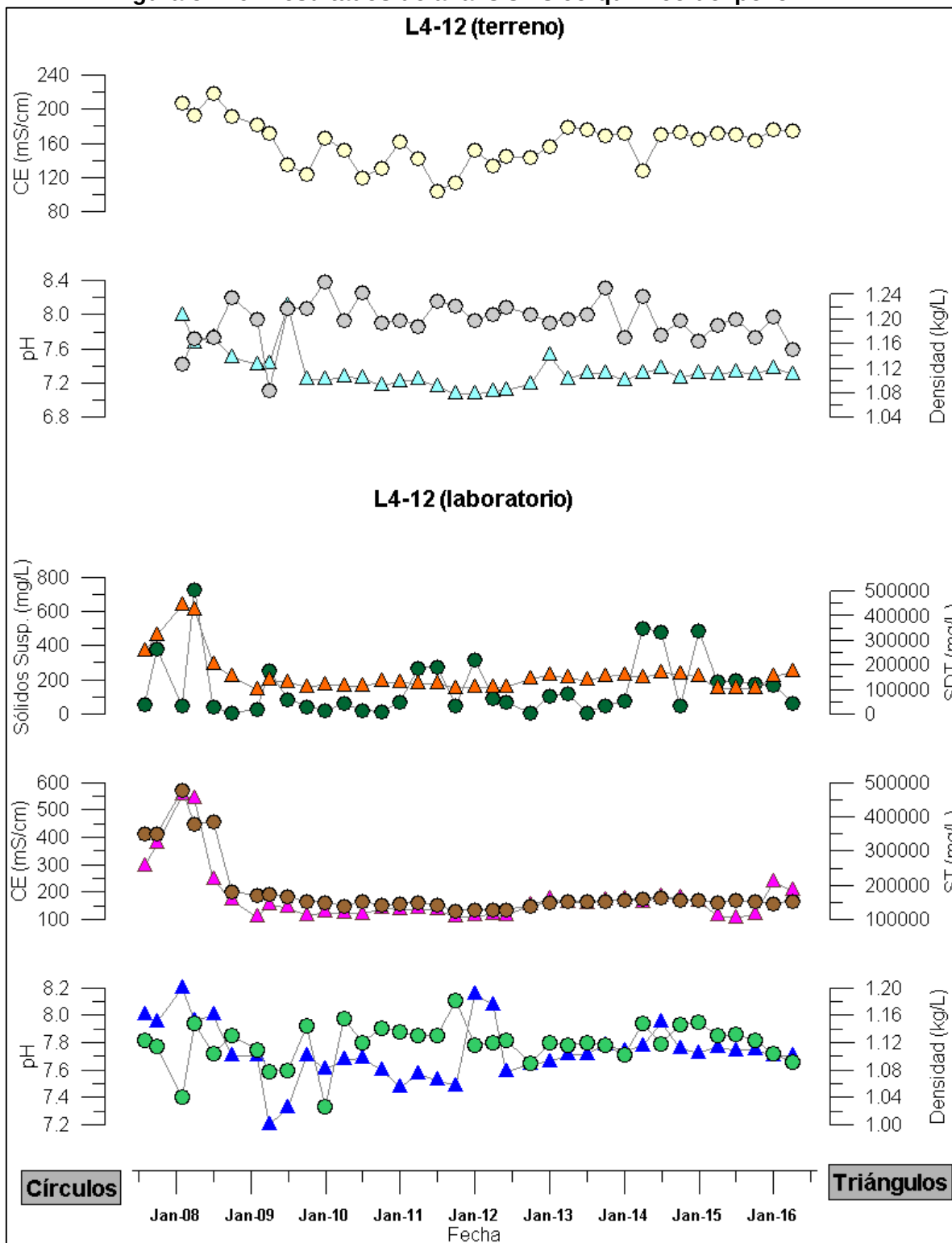
Figura 5-218: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-9¹⁴



Fuente: Elaboración propia.

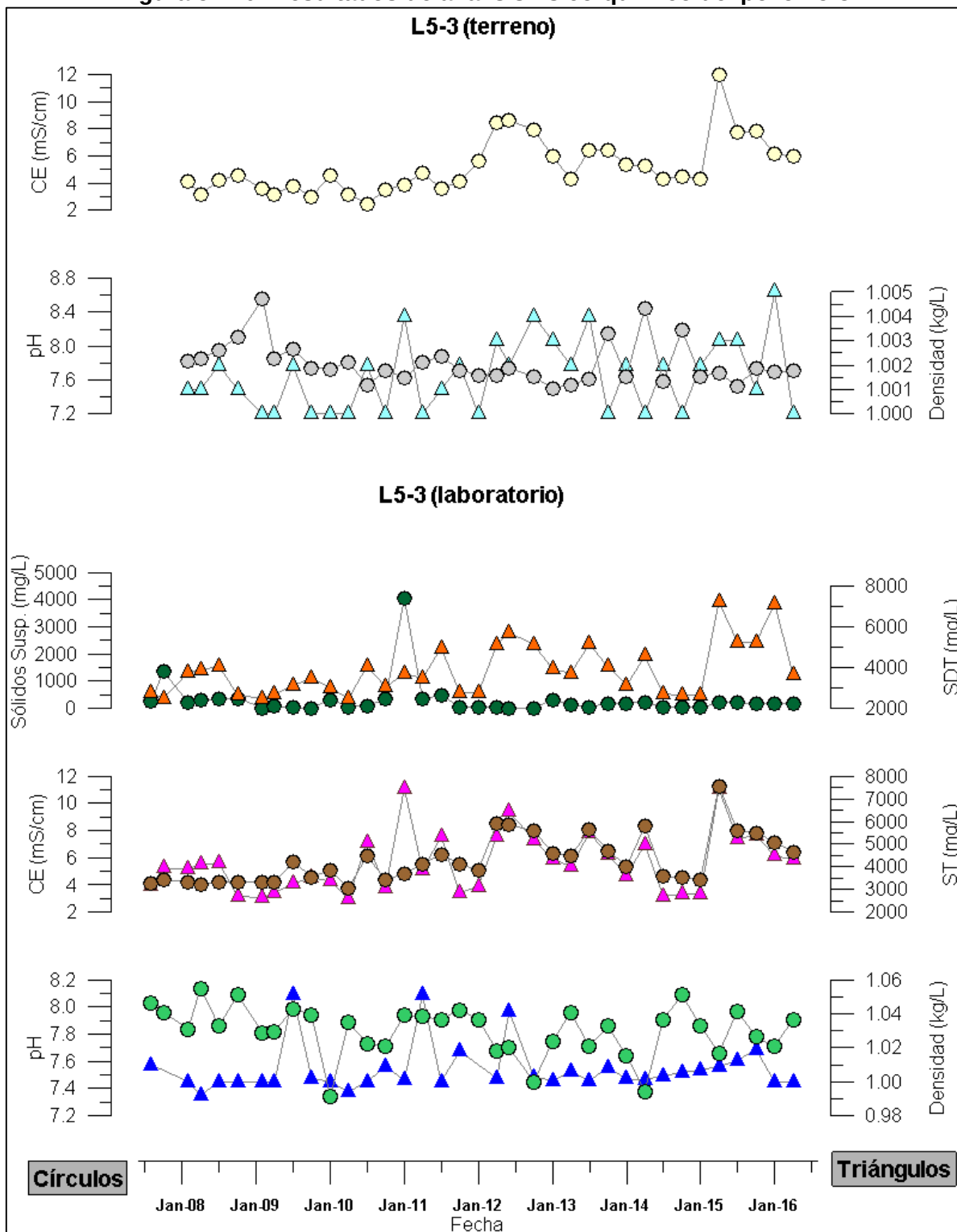
¹⁴ Para evitar problemas de escala a la serie de densidad se le sacó el dato de febrero de 2009 correspondiente a un valor de 1,59 g/L.

Figura 5-219: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-12



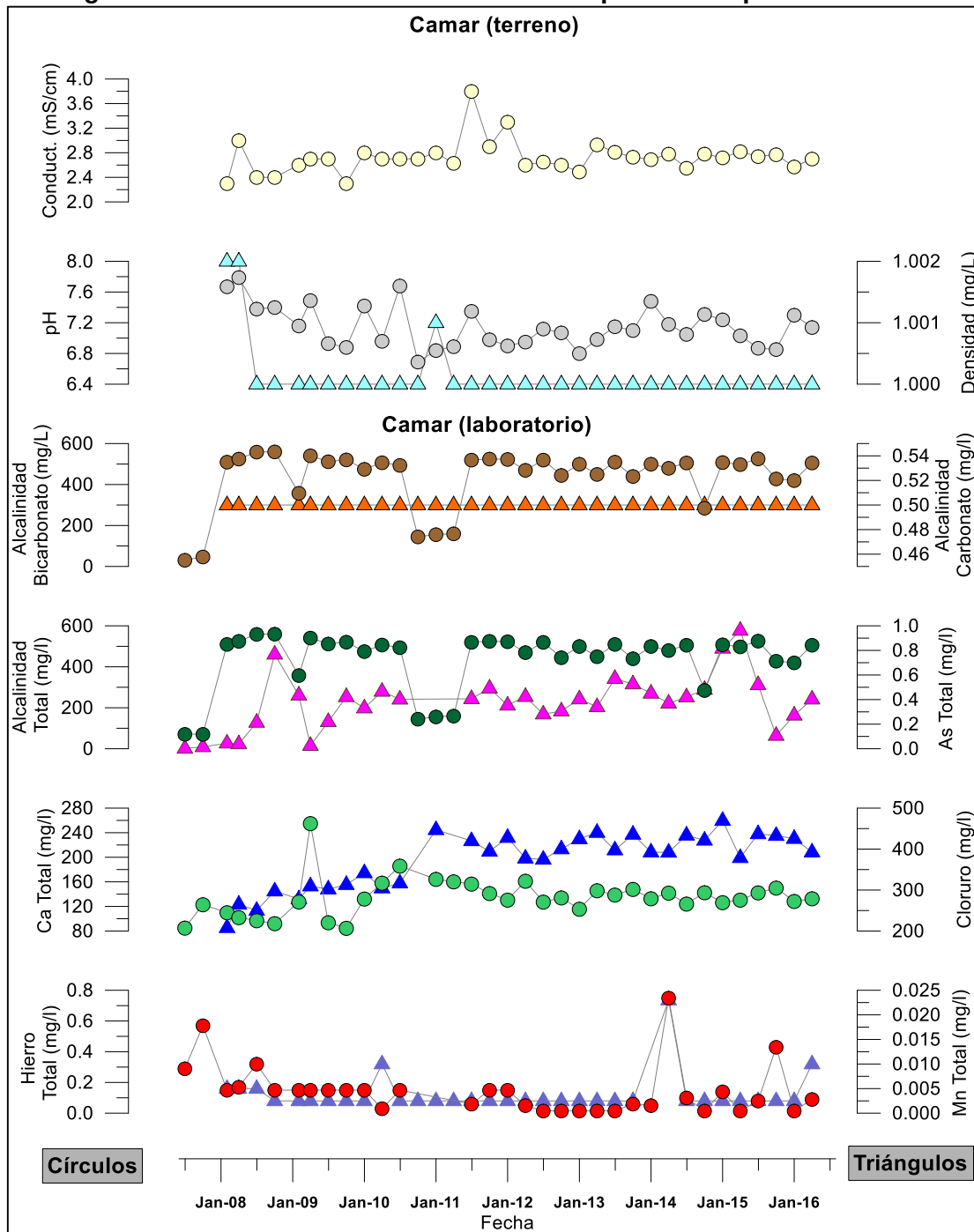
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-220: Resultados de análisis físico-químico del pozo L5-3



Fuente: Elaboración propia.

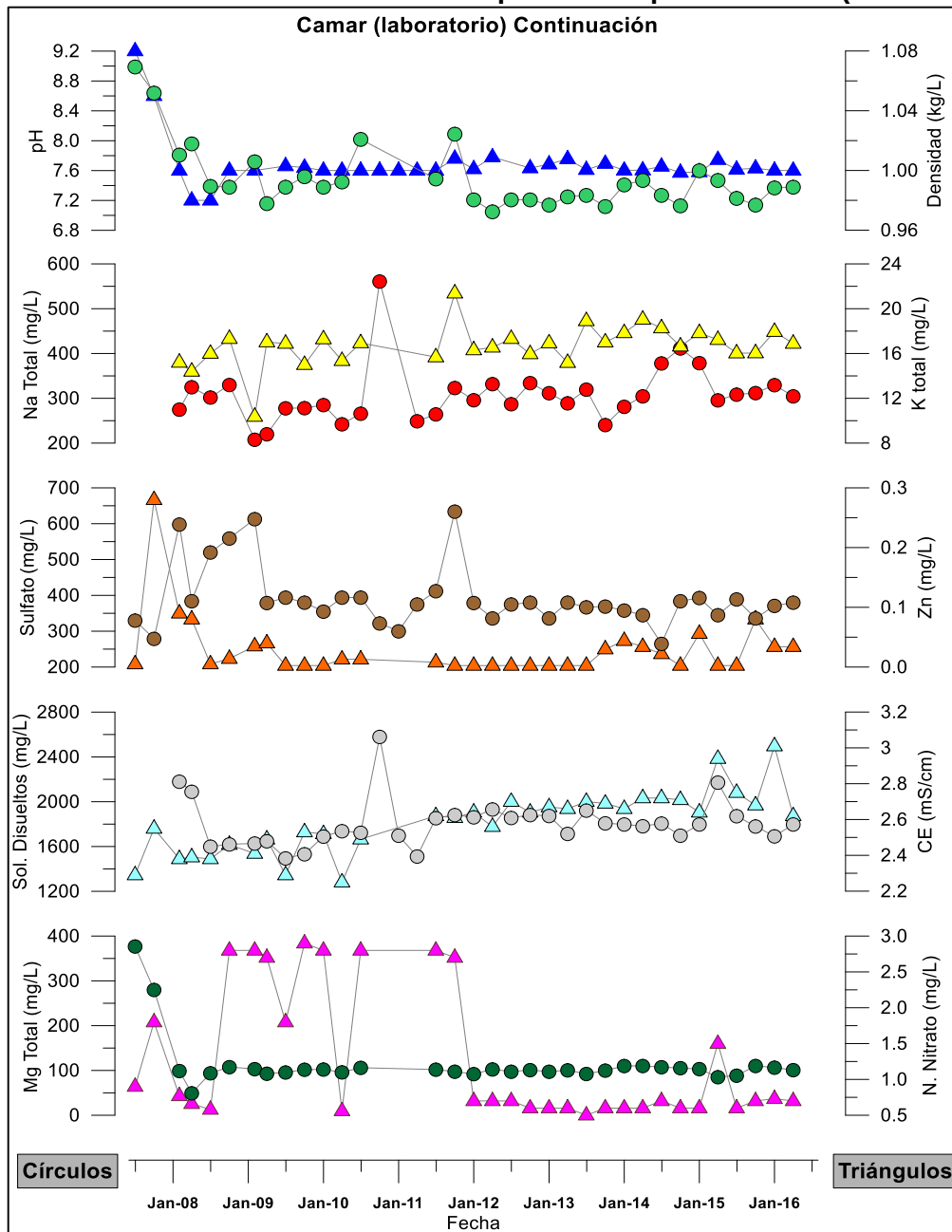
Figura 5-221: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2¹⁵



Fuente: Elaboración propia.

¹⁵ 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 5-222: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2 (continuación)¹⁶



Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ 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 5-223: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B

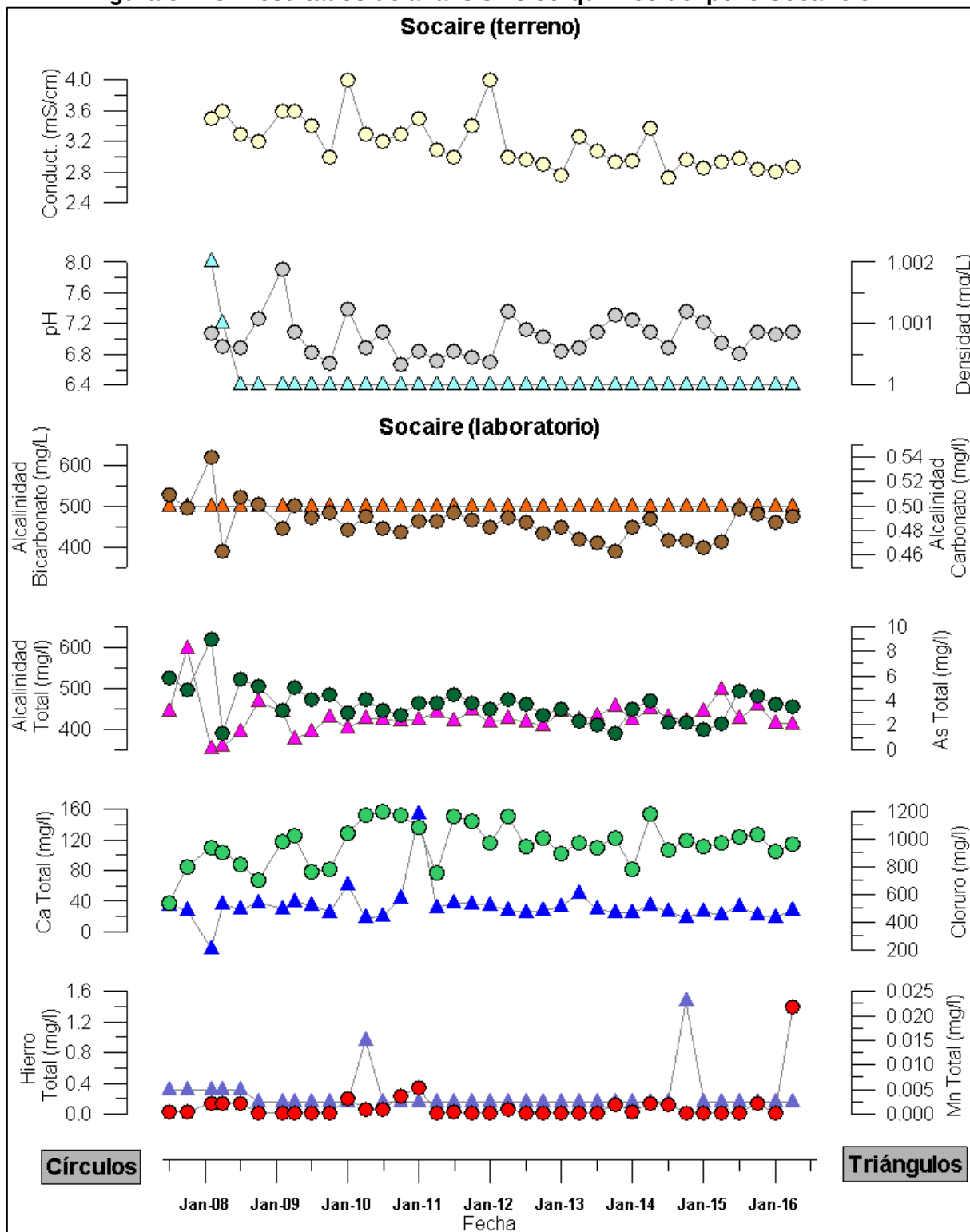
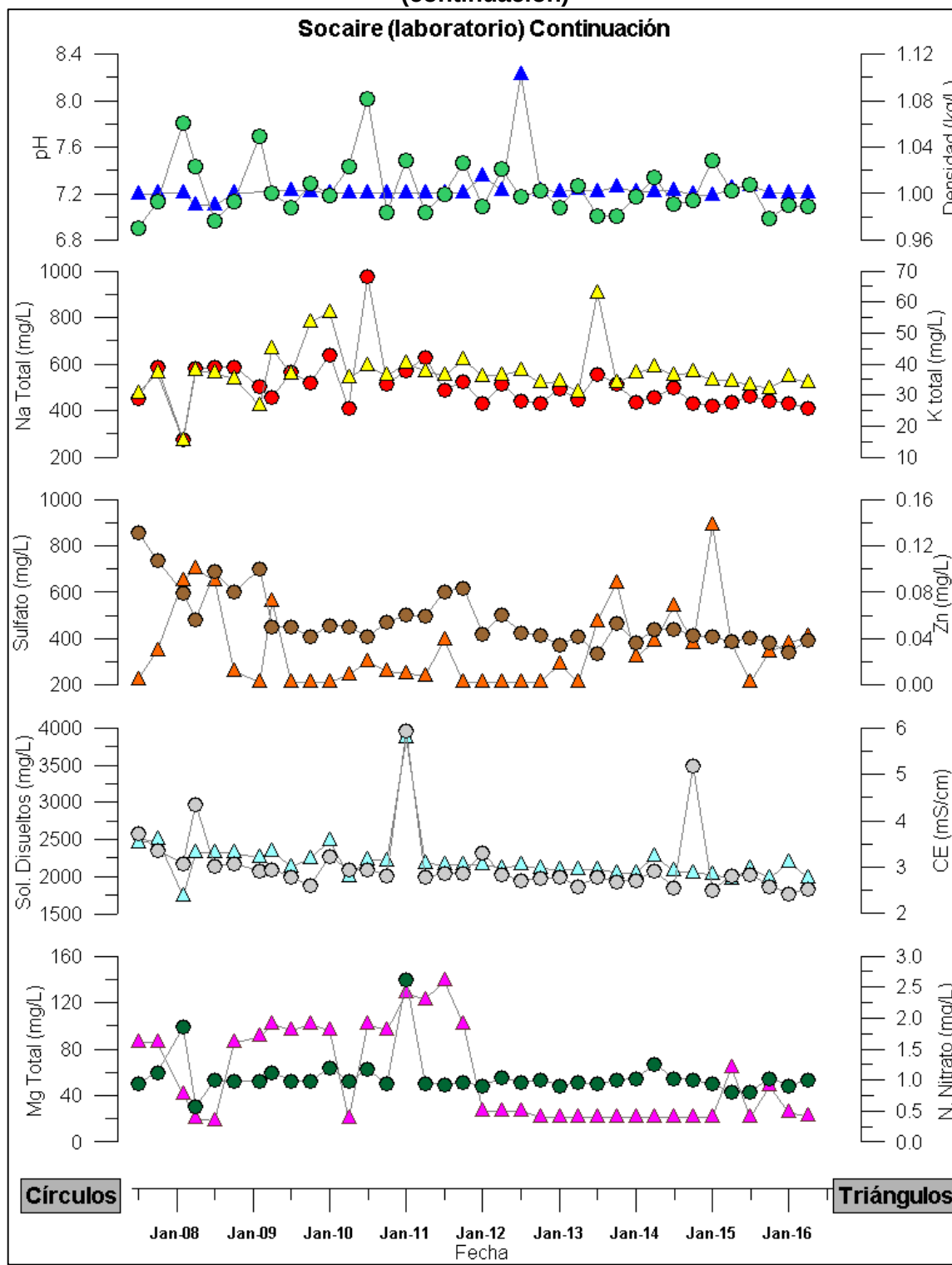
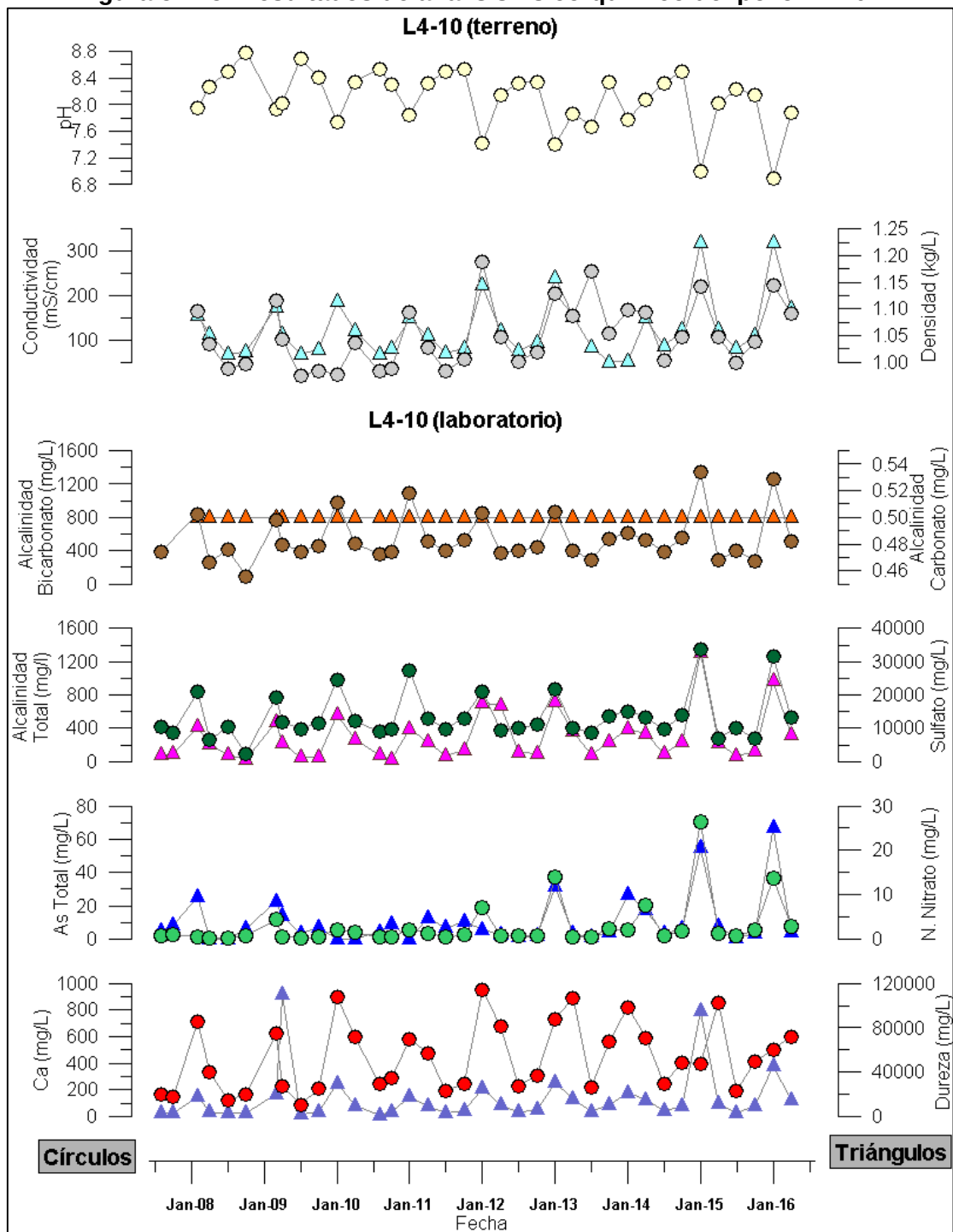


Figura 5-224: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B (continuación)



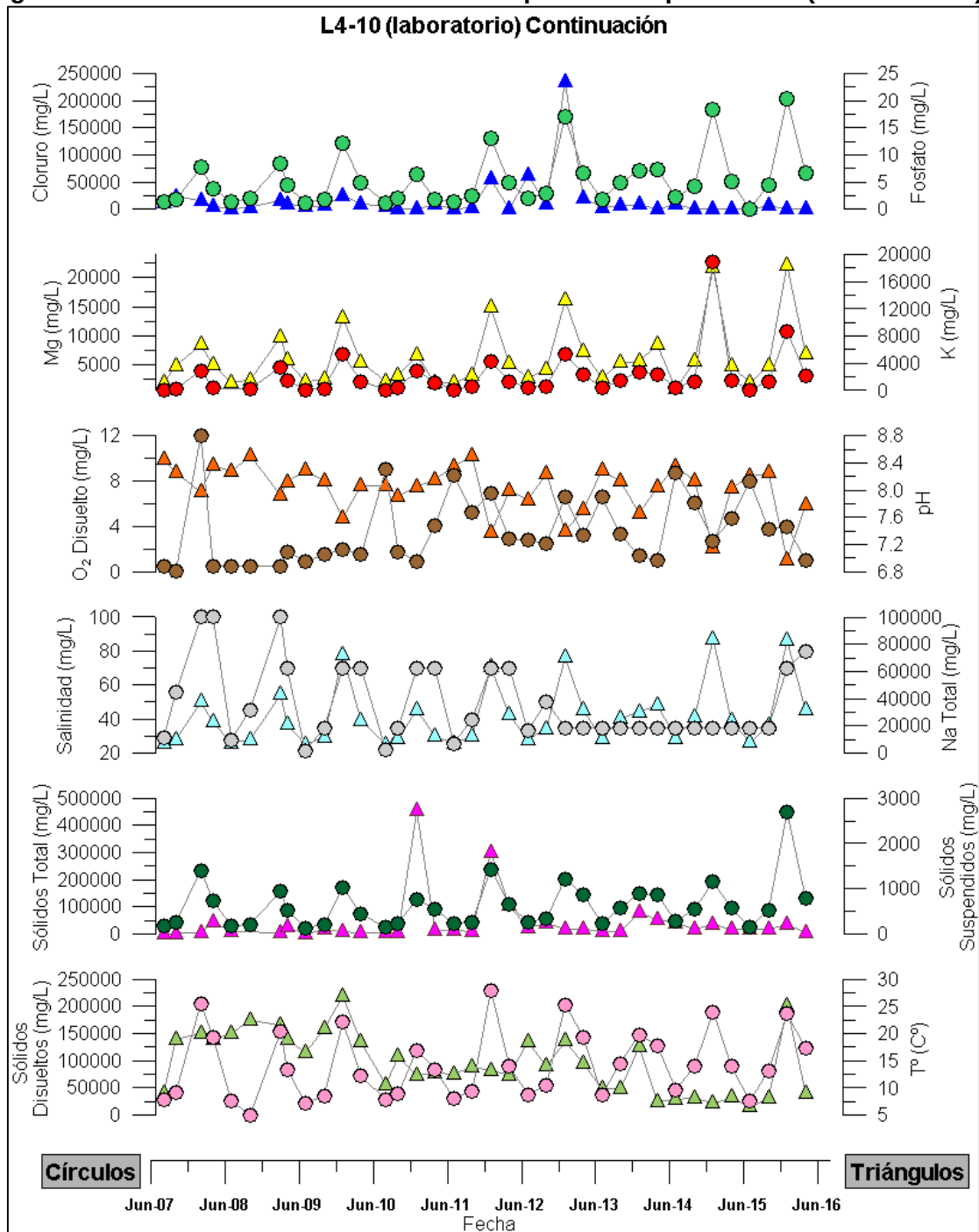
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-225: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10¹⁷



¹⁷ 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 5-226: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 (continuación)¹⁸



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 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 5-227 se muestra la distribución geográfica de los puntos. En la Tabla 5-6 se indican los puntos de monitoreo del sistema Peine, 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). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro gráfico.

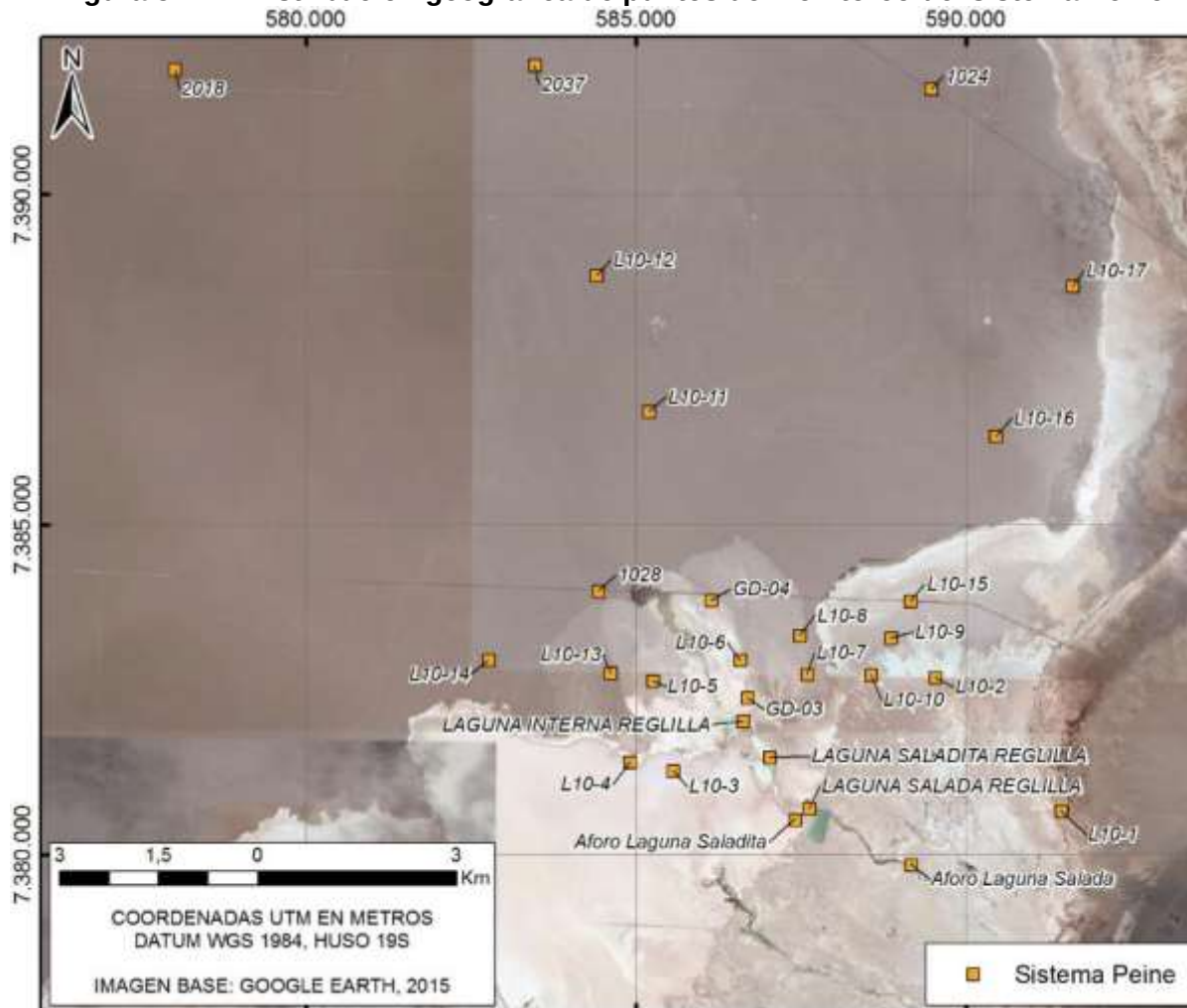
Tabla 5-6: Puntos de monitoreo del sistema Peine

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
GD-04	Zona marginal	Pozo profundo	233
L10-1	Zona marginal	Pozo profundo	234
L10-2	Zona marginal	Pozo somero	234
L10-3	Zona marginal	Pozo somero	234
L10-4	Zona marginal	Pozo somero	235
L10-5	Zona marginal	Pozo somero	236
L10-6	Zona marginal	Pozo somero	236
L10-7	Zona marginal	Pozo somero	237
L10-8	Zona marginal	Pozo somero	237
L10-9	Zona marginal	Pozo somero	238
L10-10	Zona marginal	Pozo somero	238
L10-15	Zona marginal	Pozo somero	239
1024	Salmuera	Pozo somero	239
1028	Salmuera	Pozo profundo	240
2018	Salmuera	Pozo somero	240
2037	Salmuera	Pozo somero	241
GD-03	Salmuera	Pozo profundo	241
L10-11	Salmuera	Pozo somero	242
L10-12	Salmuera	Pozo somero	242
L10-13	Salmuera	Pozo somero	243
L10-14	Salmuera	Pozo somero	243
L10-16	Salmuera	Pozo somero	244
L10-17	Salmuera	Pozo somero	244
Laguna Salada Reglilla	Zona marginal	Reglilla	245
Laguna Saladita Reglilla	Zona marginal	Reglilla	246
Laguna Interna Reglilla	Zona marginal	Reglilla	246
Aforo Salada	Zona marginal	Aforo	258
Aforo Saladita	Zona marginal	Aforo	260
Laguna Salada	Zona marginal	Superficie Lacustre	261 y 264
Laguna Saladita	Zona marginal	Superficie Lacustre	261 y 264
Laguna Interna	Zona marginal	Superficie Lacustre	264

Fuente: Elaboración propia.

¹⁸ Para evitar problemas de escala a la serie de sólidos suspendidos se le sacó el dato de octubre de 2008, enero 2011 y enero 2012 correspondientes a un valor de 28.000, 2.714 y 1.805 mg/L respectivamente.

Figura 5-227: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine



Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta los niveles de todos los pozos y reglillas construidos como parte de la red de monitoreo del PSAH para el sistema Peine.

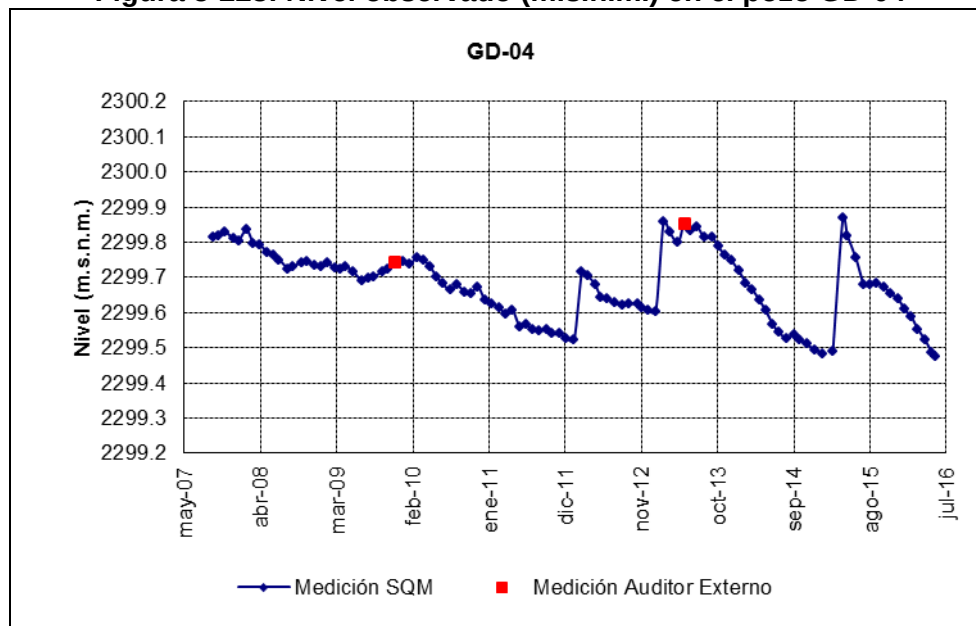
El pozo L10-1 (Figura 5-229) es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina y será presentado sólo en esta sección.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, Arcadis realizó visitas y validaciones (junio 2016) en este sistema en los pozos GD-03, L10-8, L10-9

5.2.3.1.1 Pozos en zona marginal

De la Figura 5-228 a la Figura 5-239 se presentan los niveles en los pozos pertenecientes al Sistema Peine que se ubican en la zona marginal.

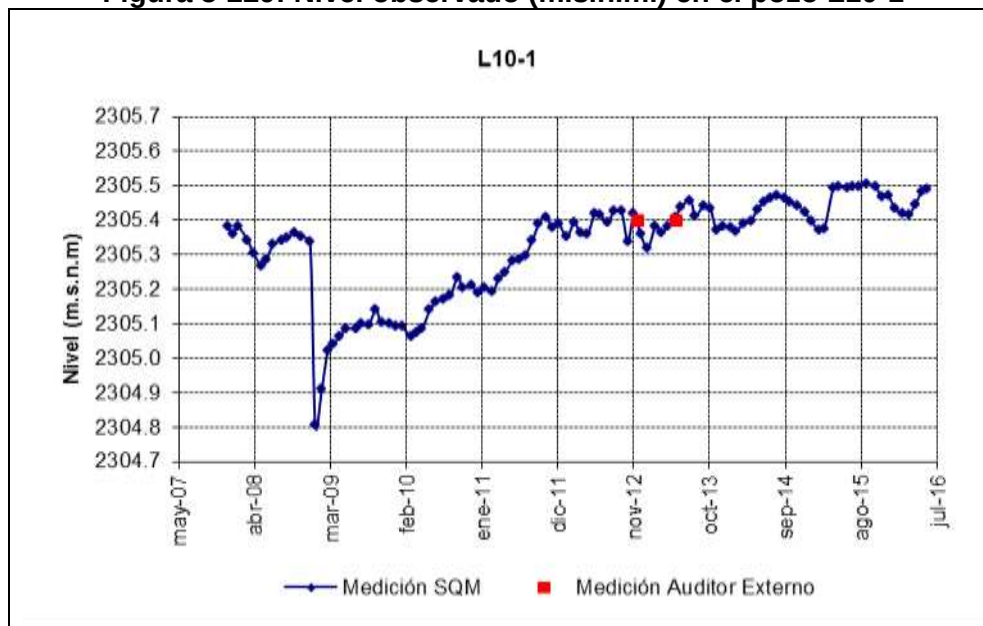
Figura 5-228: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-04



Fuente: Elaboración propia.

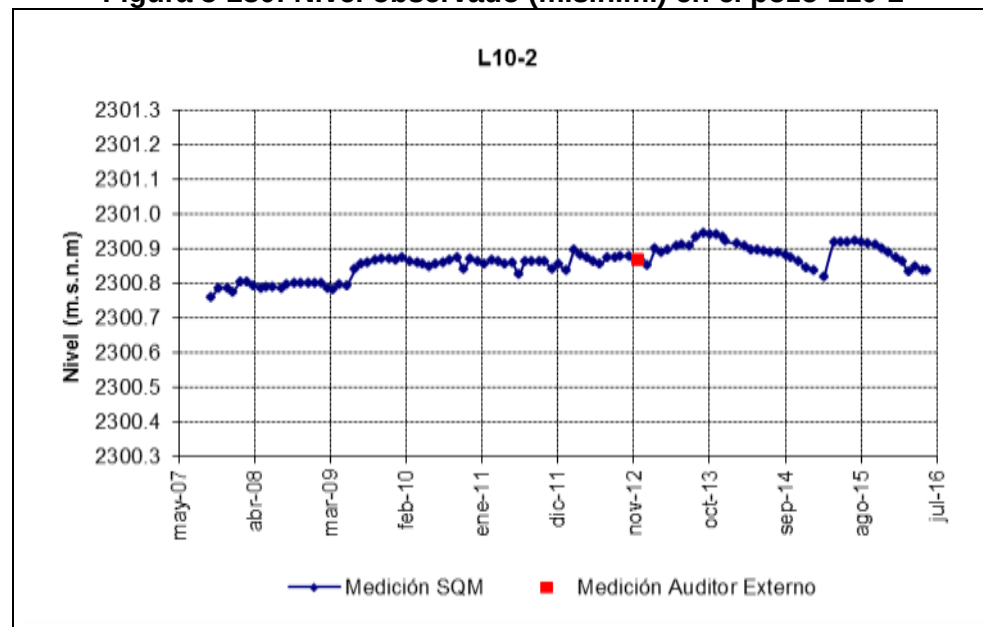
Posterior a un muestreo de agua en el pozo L10-1 (Figura 5-229), el cual se realizó con una bomba de bajo caudal en diciembre de 2008, la recuperación del nivel inicial tardó más de lo esperado. Se puede observar que la recuperación podría estar afectada por la estacionalidad invierno/verano lo que se refleja de forma similar a escalones de ascenso en lugar de ascenso continuo.

Figura 5-229: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-1



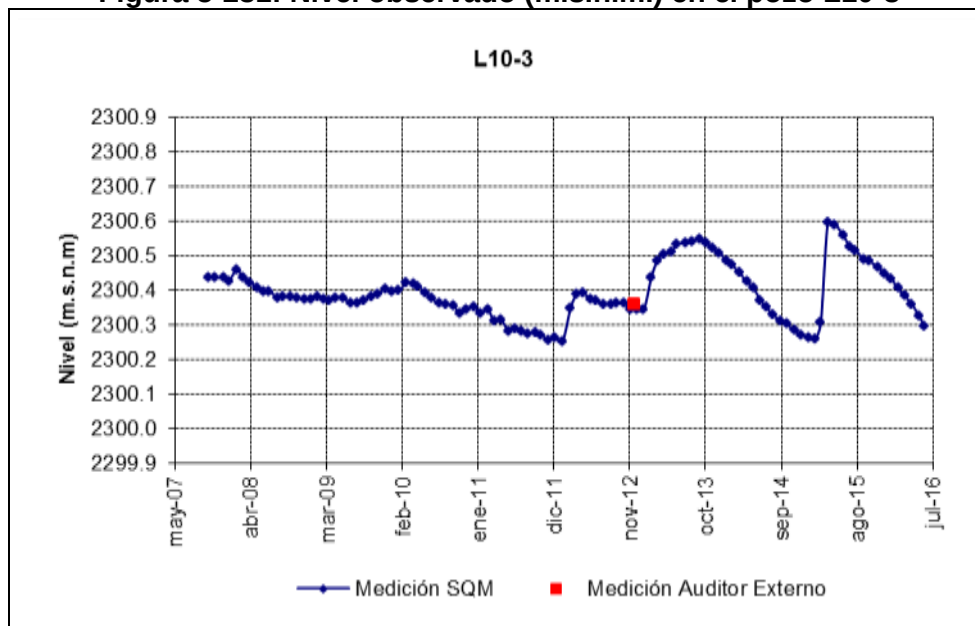
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-230: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-2



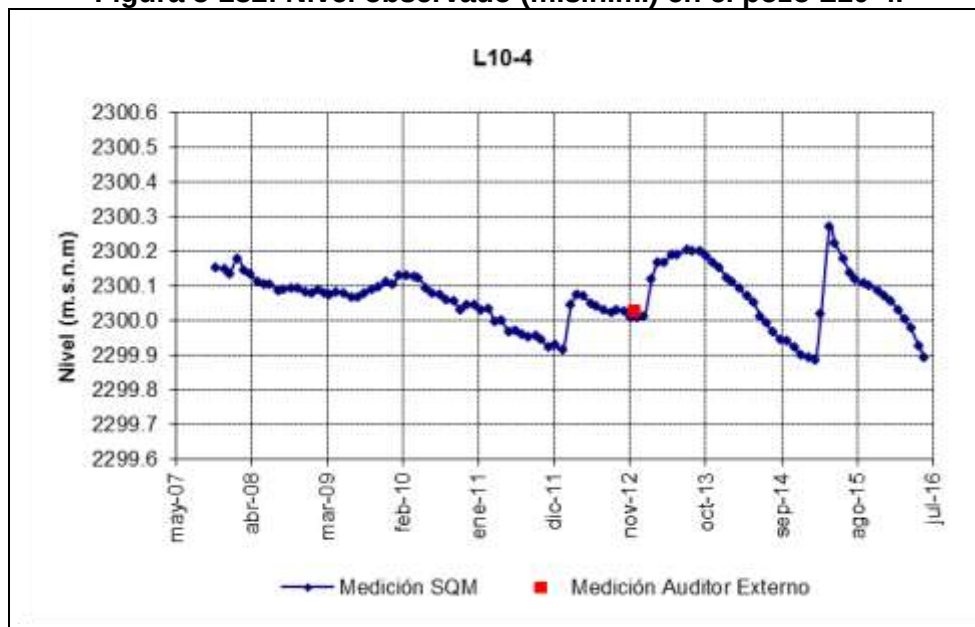
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-231: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-3



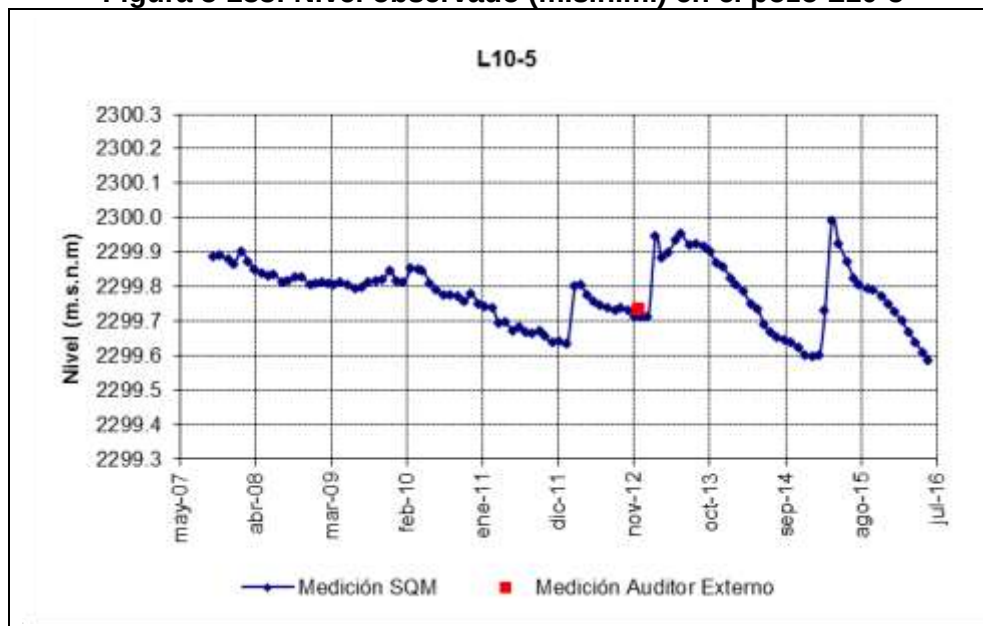
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-232: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-4.



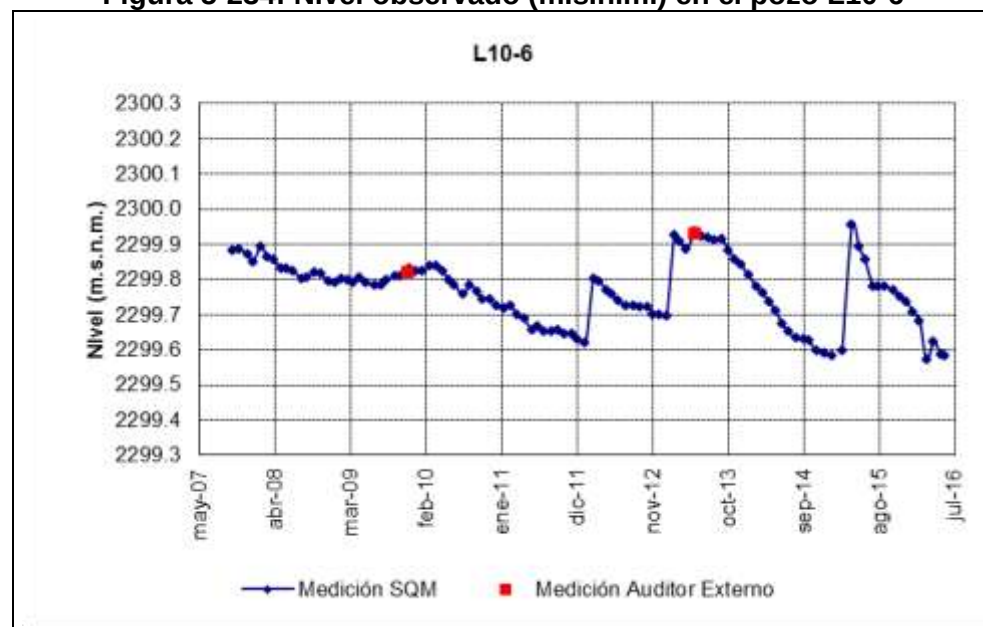
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-233: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-5



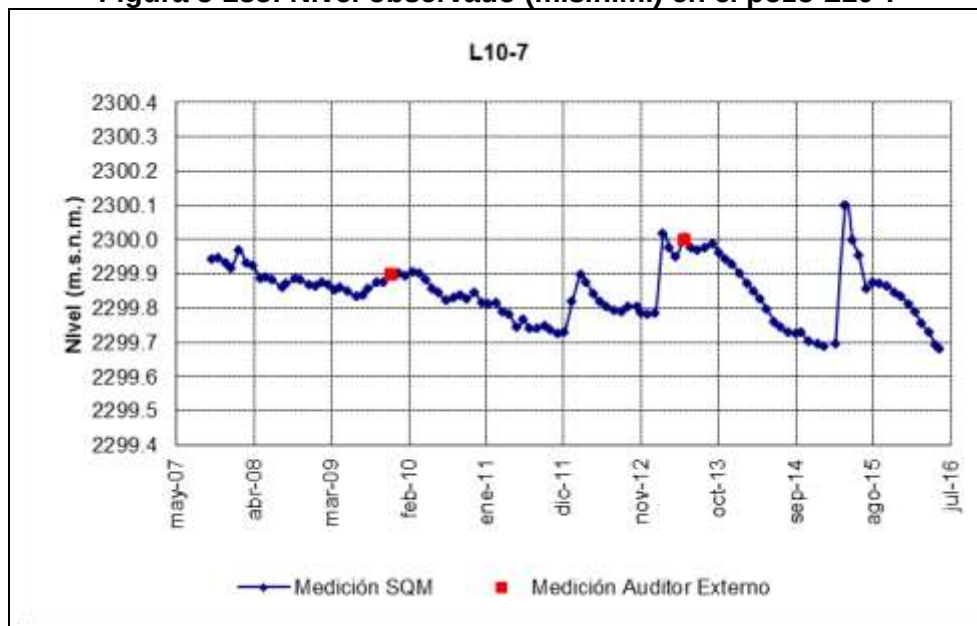
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-234: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-6



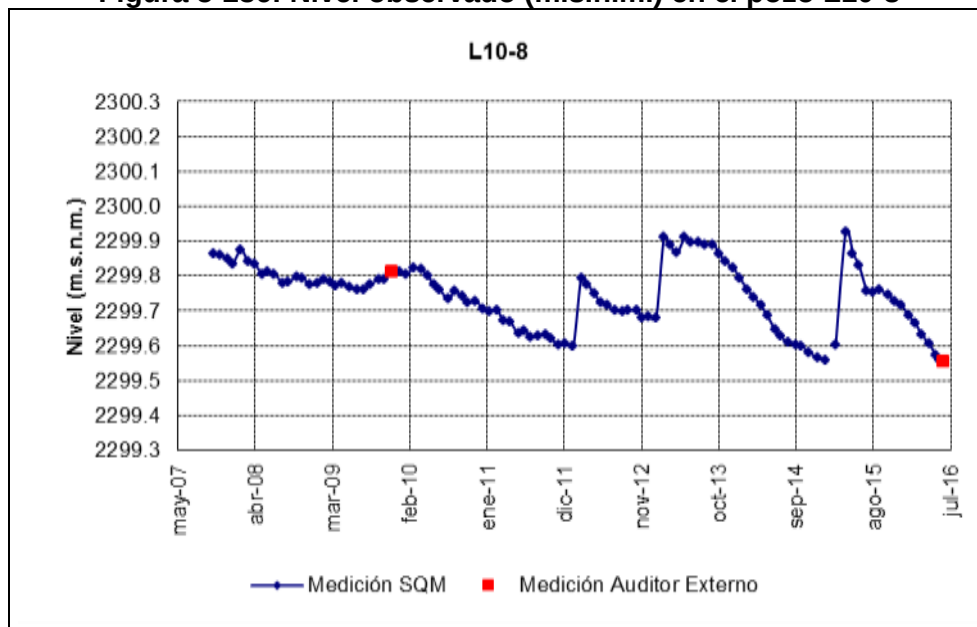
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-235: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-7



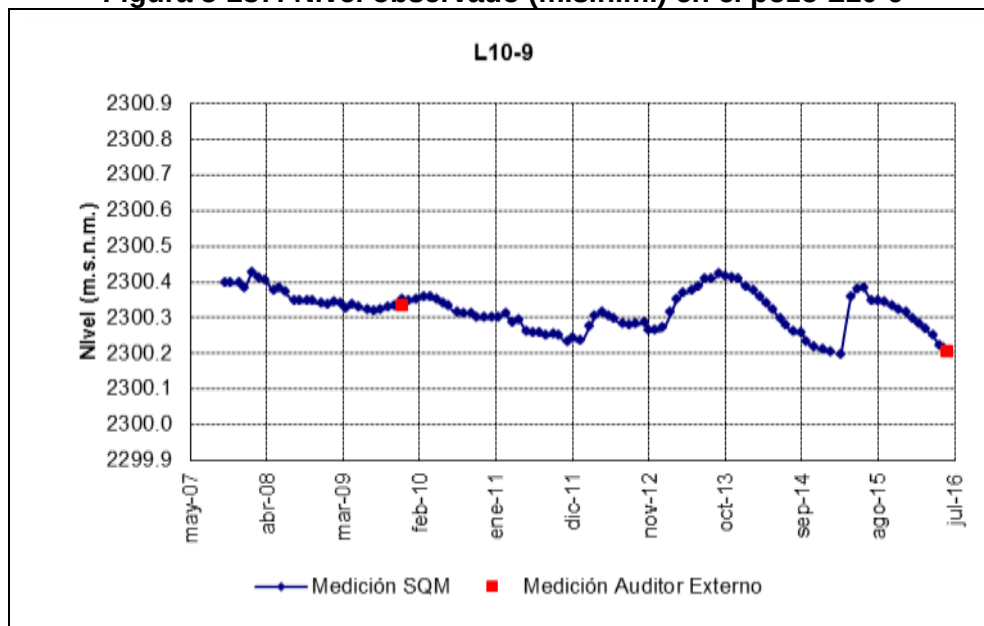
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-236: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-8



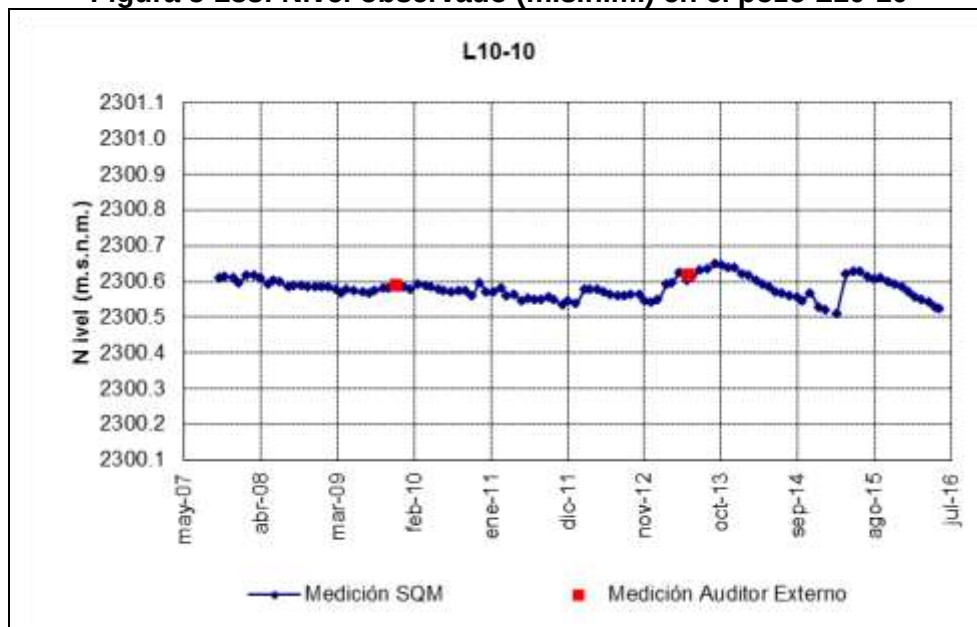
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-237: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-9



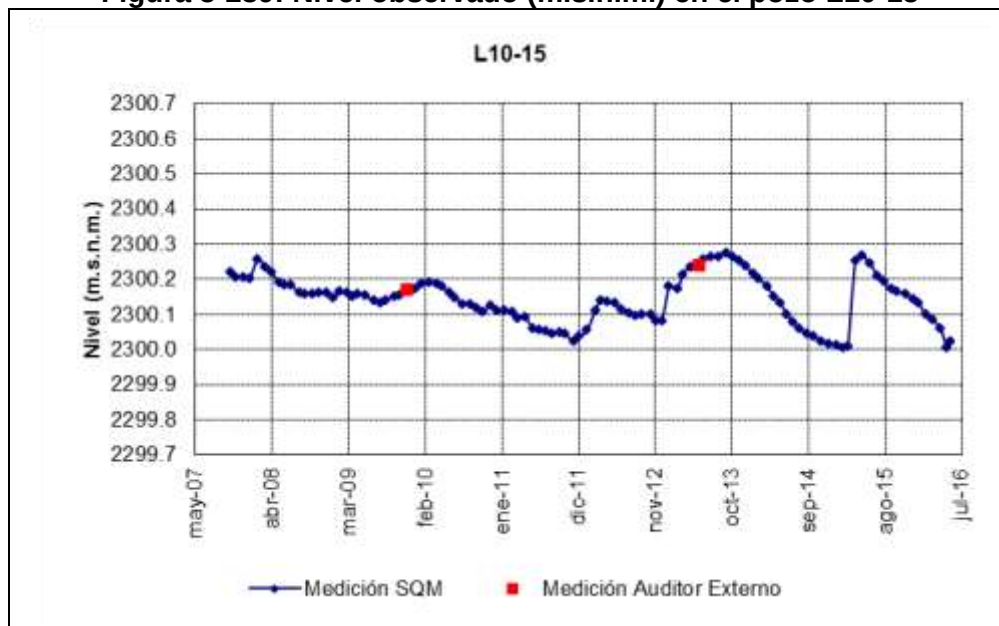
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-238: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-10



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-239: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-15

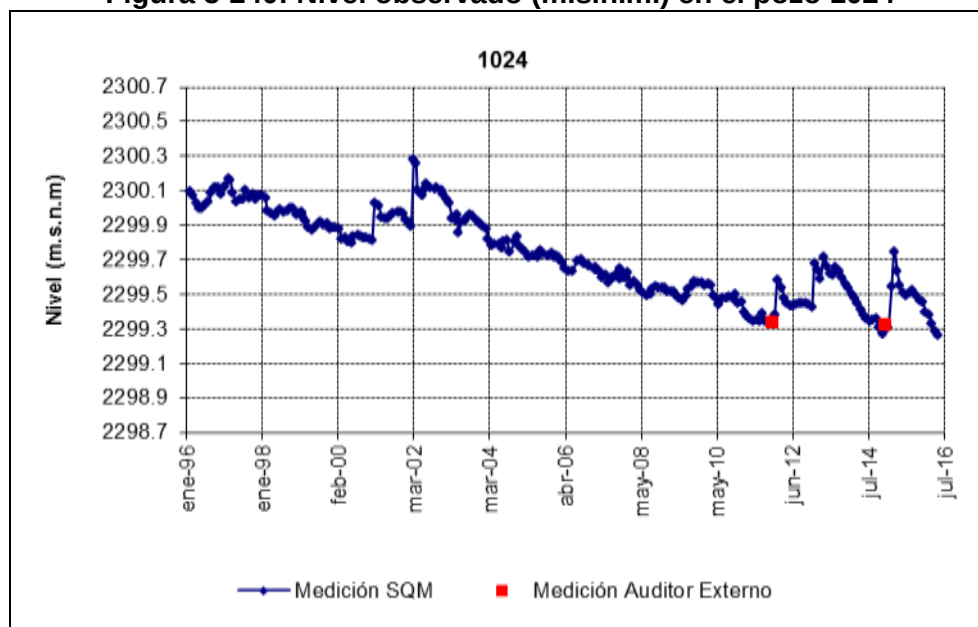


Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.1.2 Pozos de salmuera

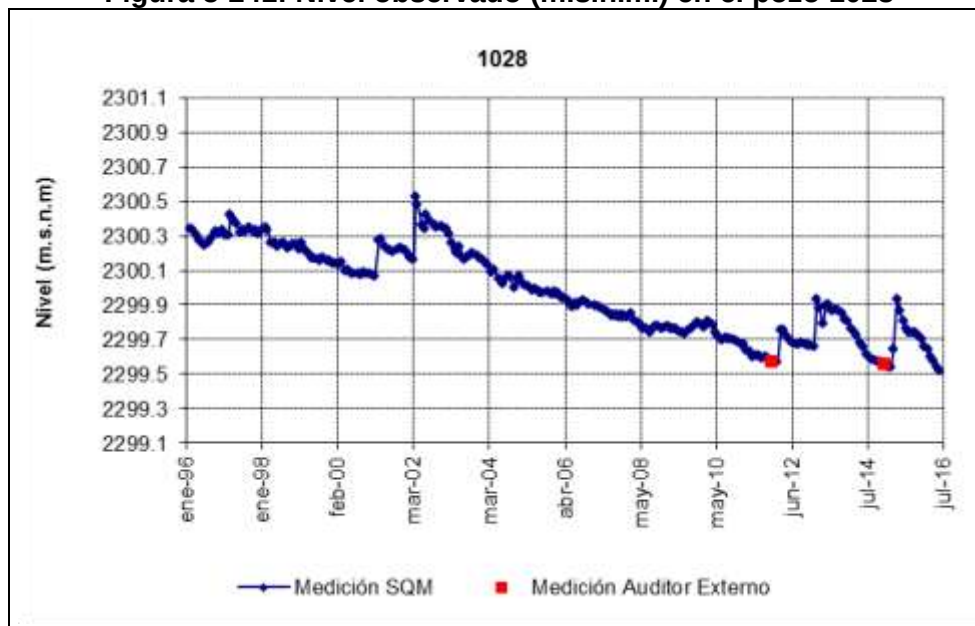
De la Figura 5-240 a la Figura 5-250 se presentan los pozos ubicados en el sector del núcleo del Salar que pertenecen al Sistema Peine.

Figura 5-240: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1024



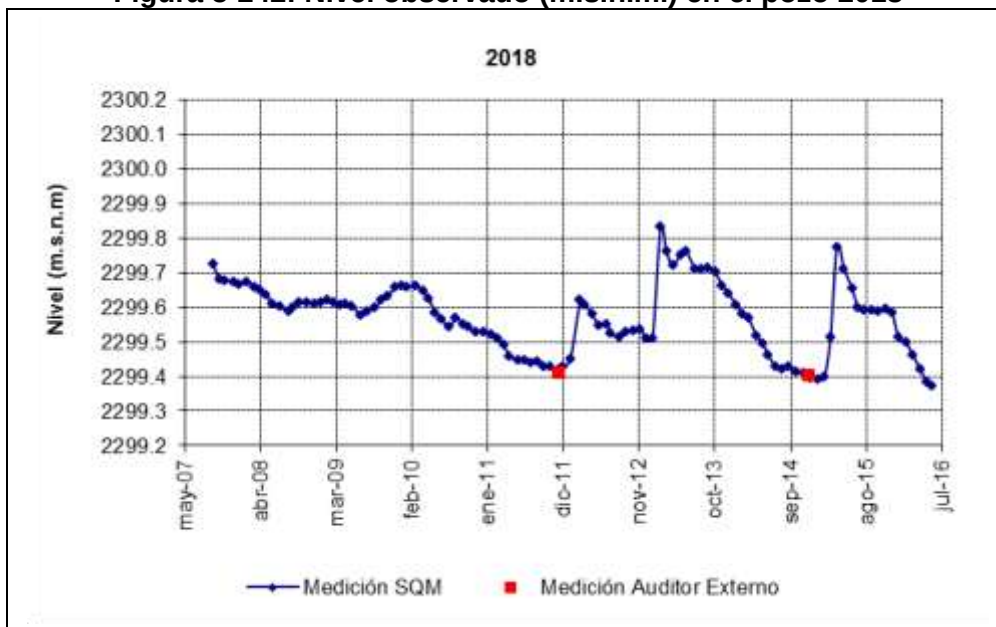
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-241: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1028



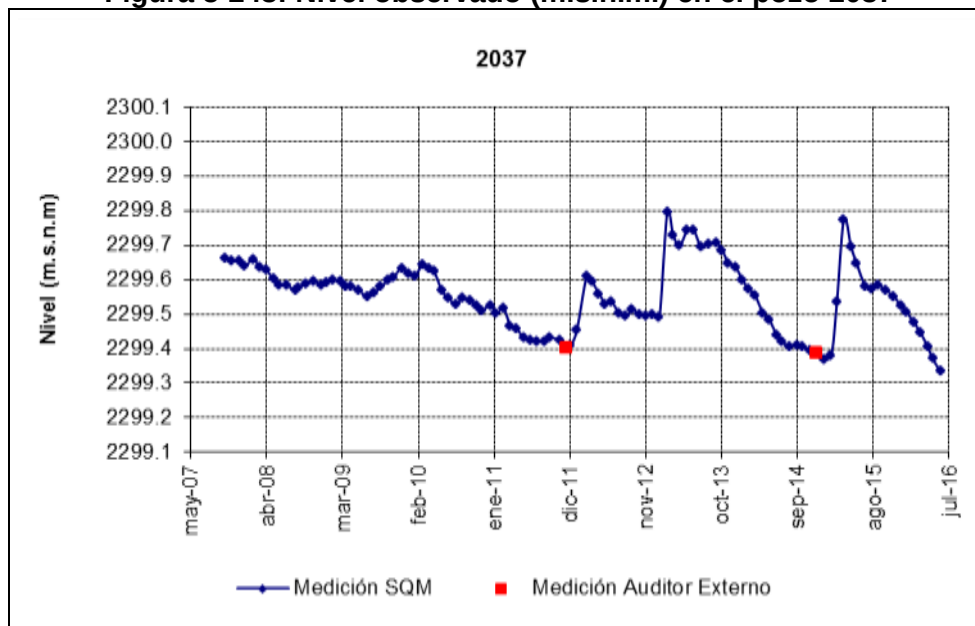
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-242: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2018



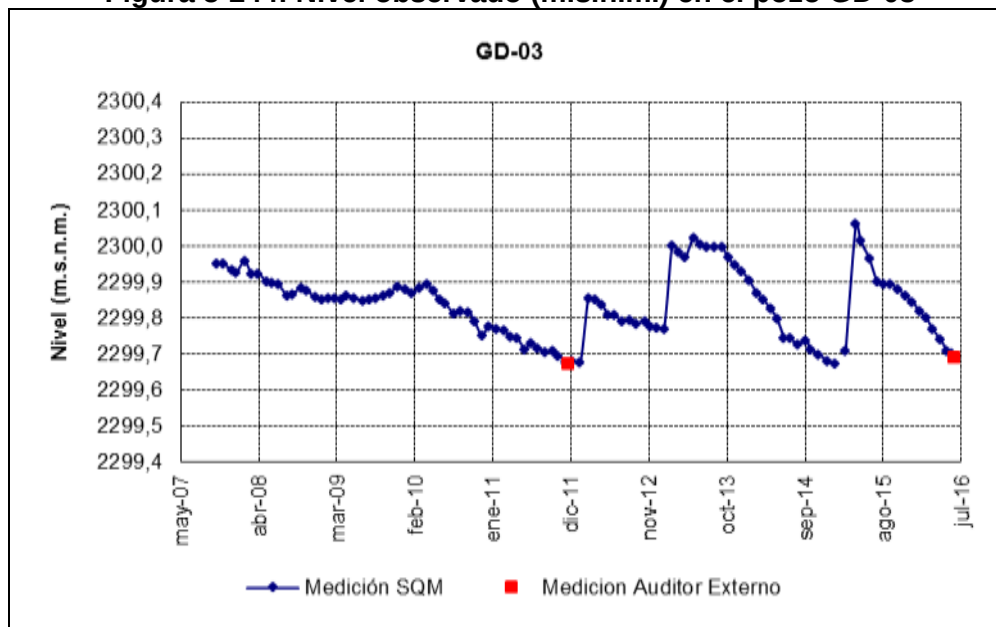
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-243: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2037



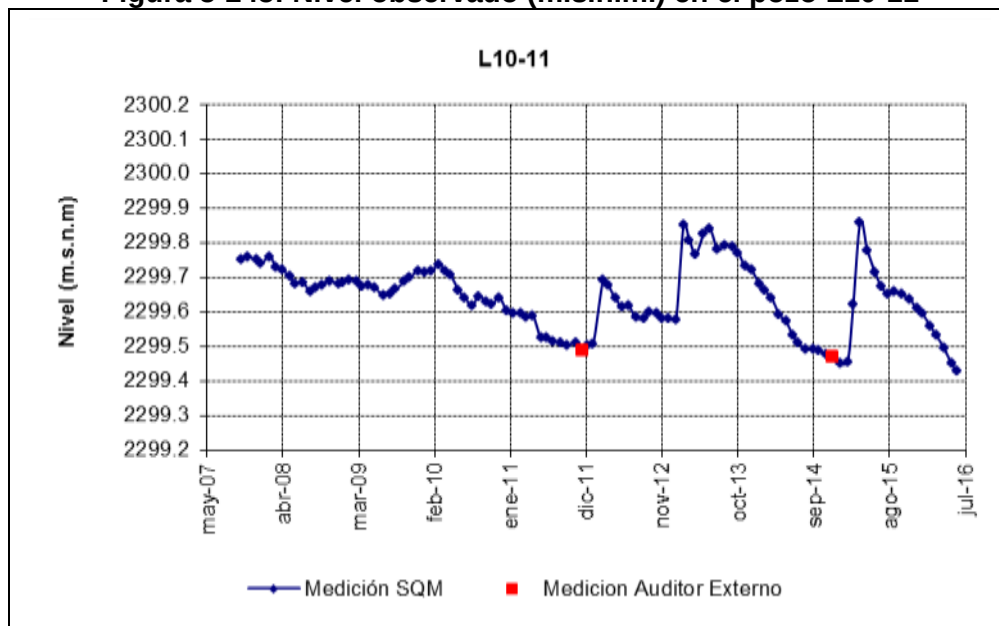
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-244: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo GD-03



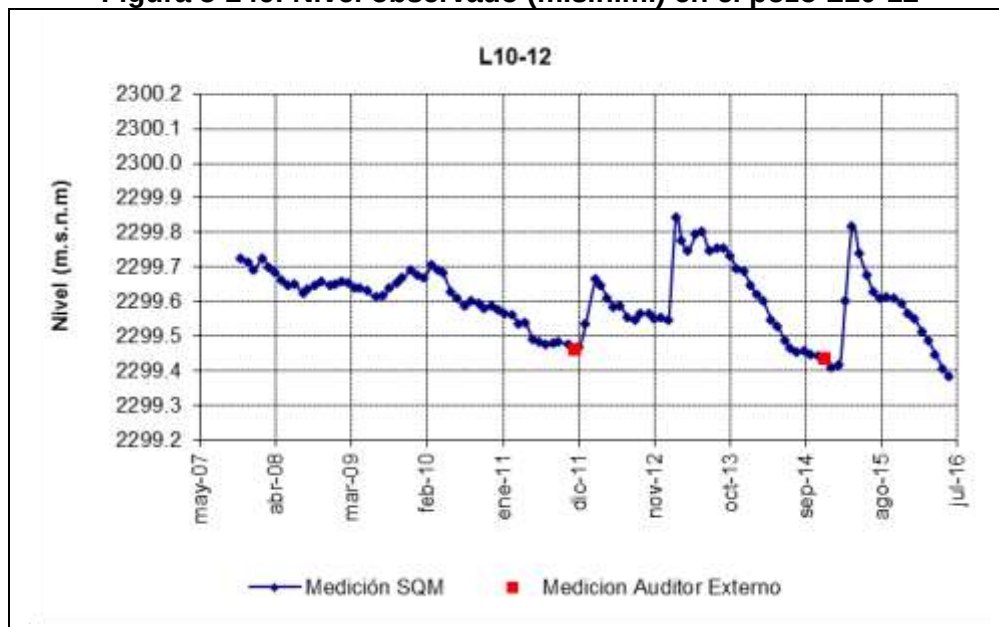
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-245: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-11



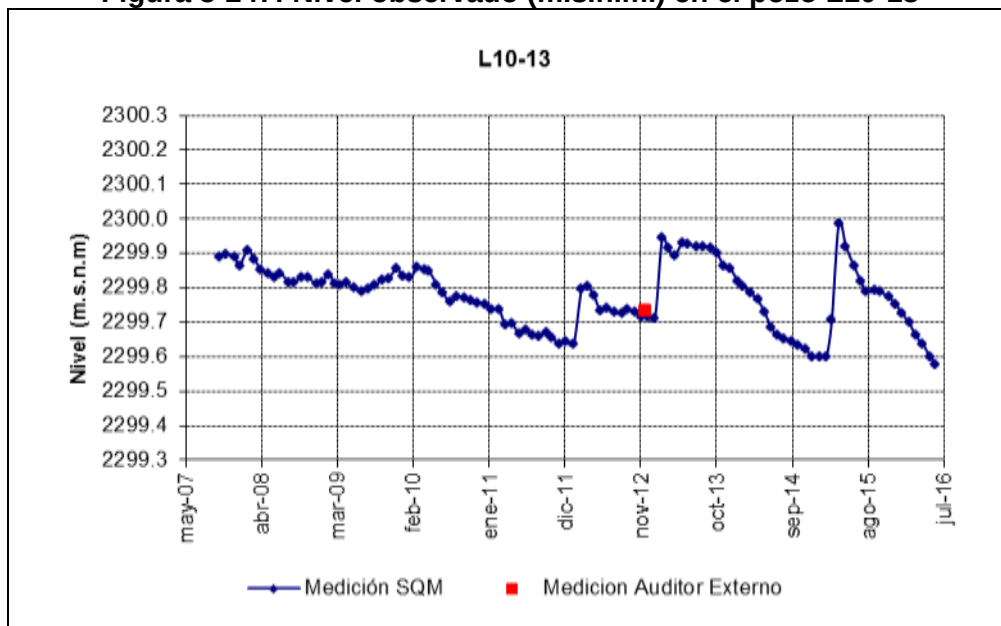
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-246: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-12



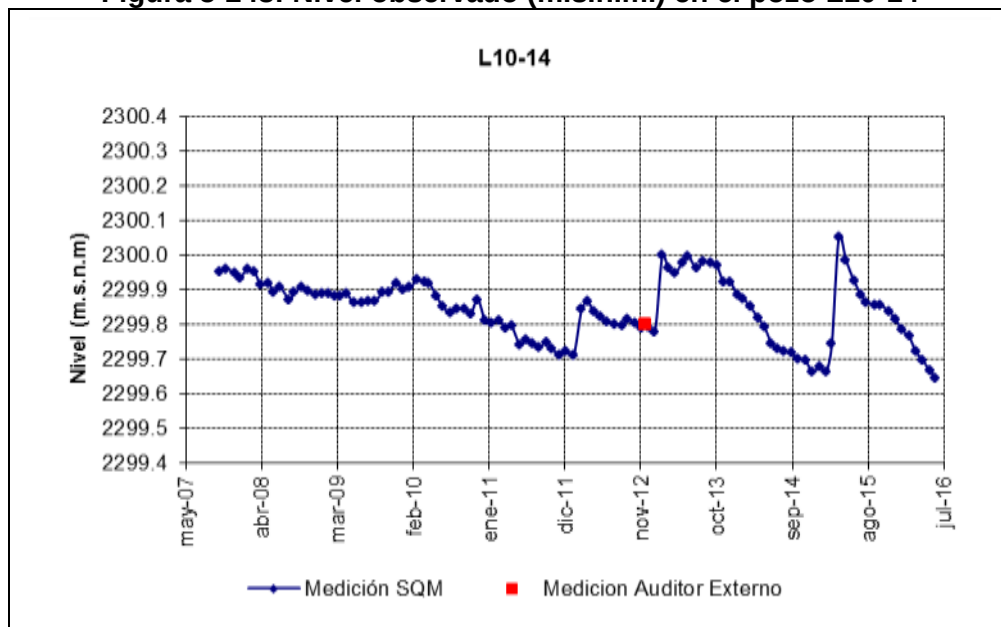
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-247: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-13



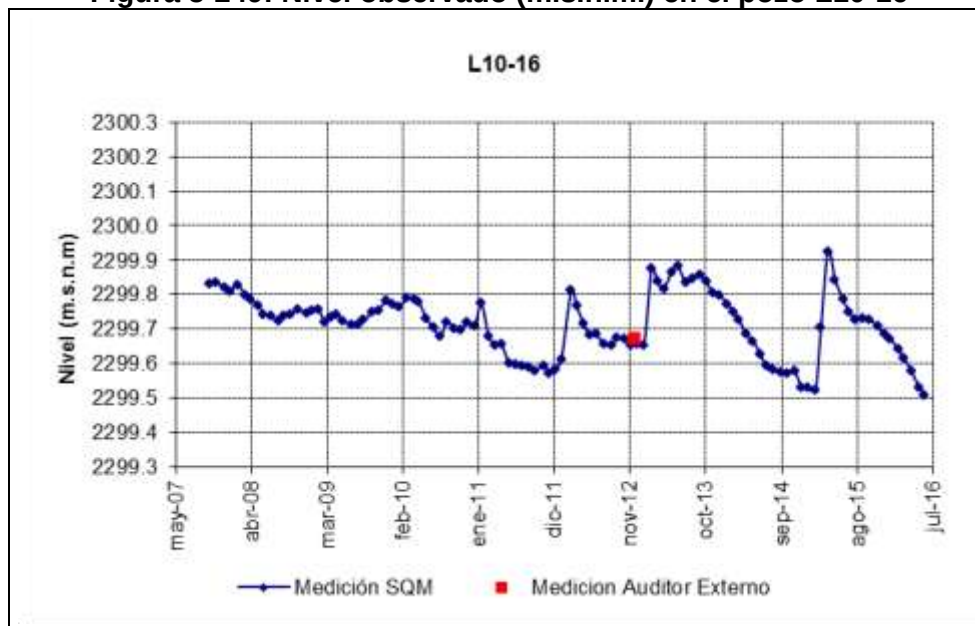
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-248: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-14



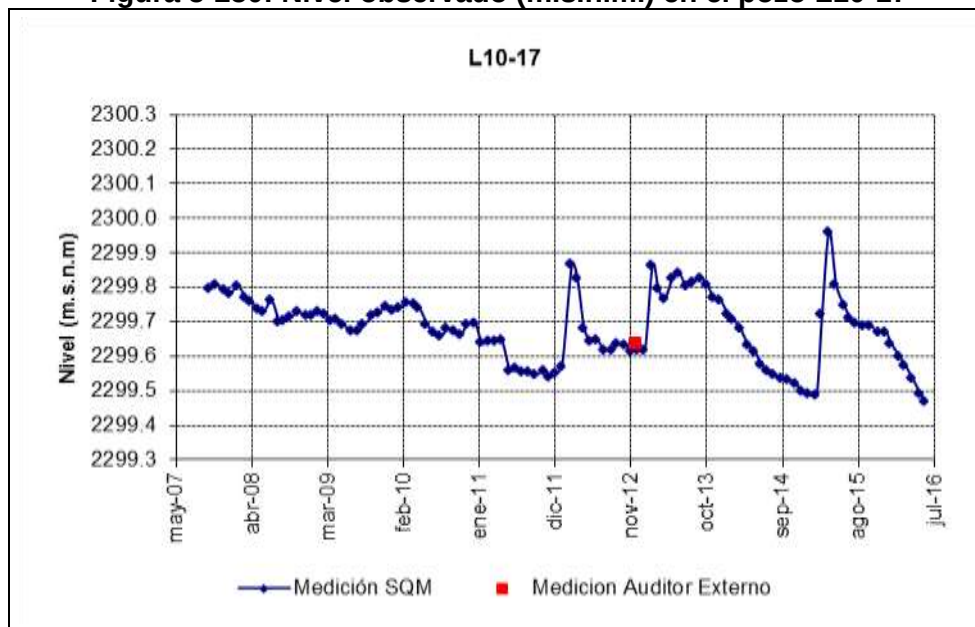
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-249: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-16



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-250: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L10-17



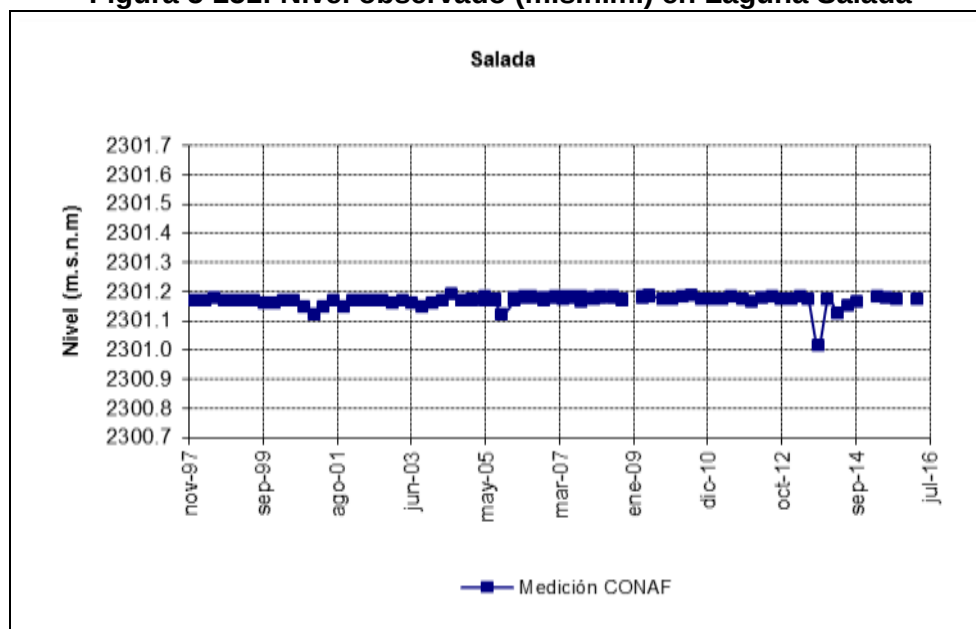
Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.1.3 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 5-251 a Figura 5-253).

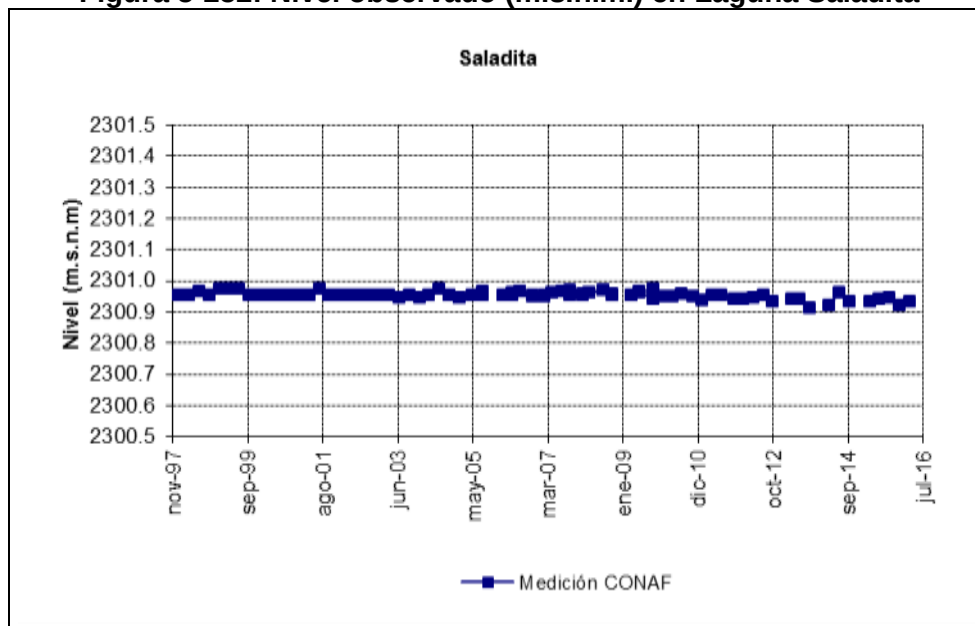
Por parte de CONAF no se informan registros de nivel de laguna interna, correspondientes a las visitas de enero y abril 2016, esto es porque en el lugar donde está ubicada la reglilla no hay agua. La laguna Interna es muy variable en su morfología de un año a otro, por encontrarse en la zona terminal 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.

Figura 5-251: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Salada



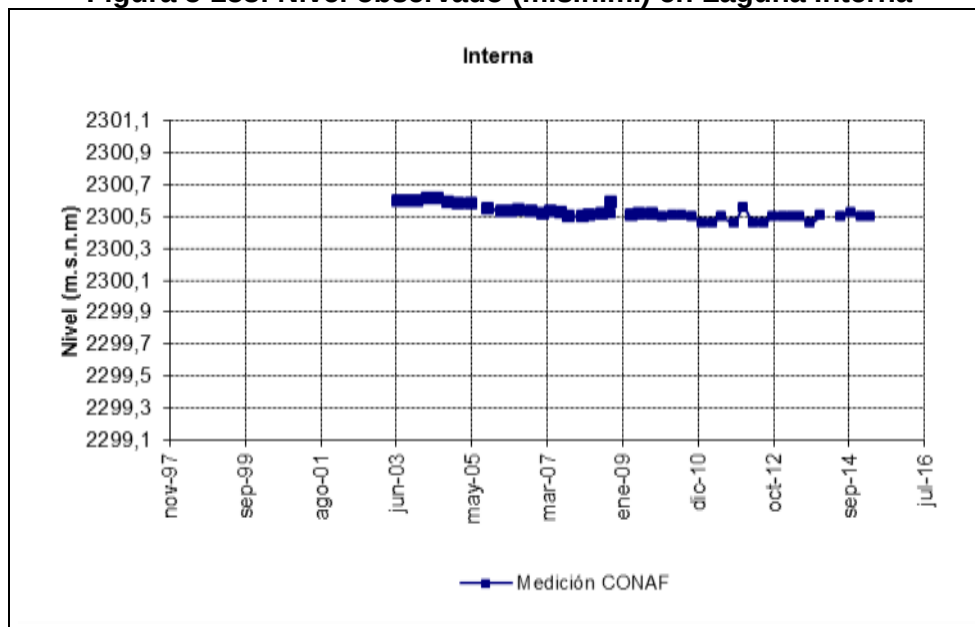
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-252: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Saladita



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-253: Nivel observado (m.s.n.m.) en Laguna Interna



Fuente: Elaboración propia.



5.2.3.2 Calidad química

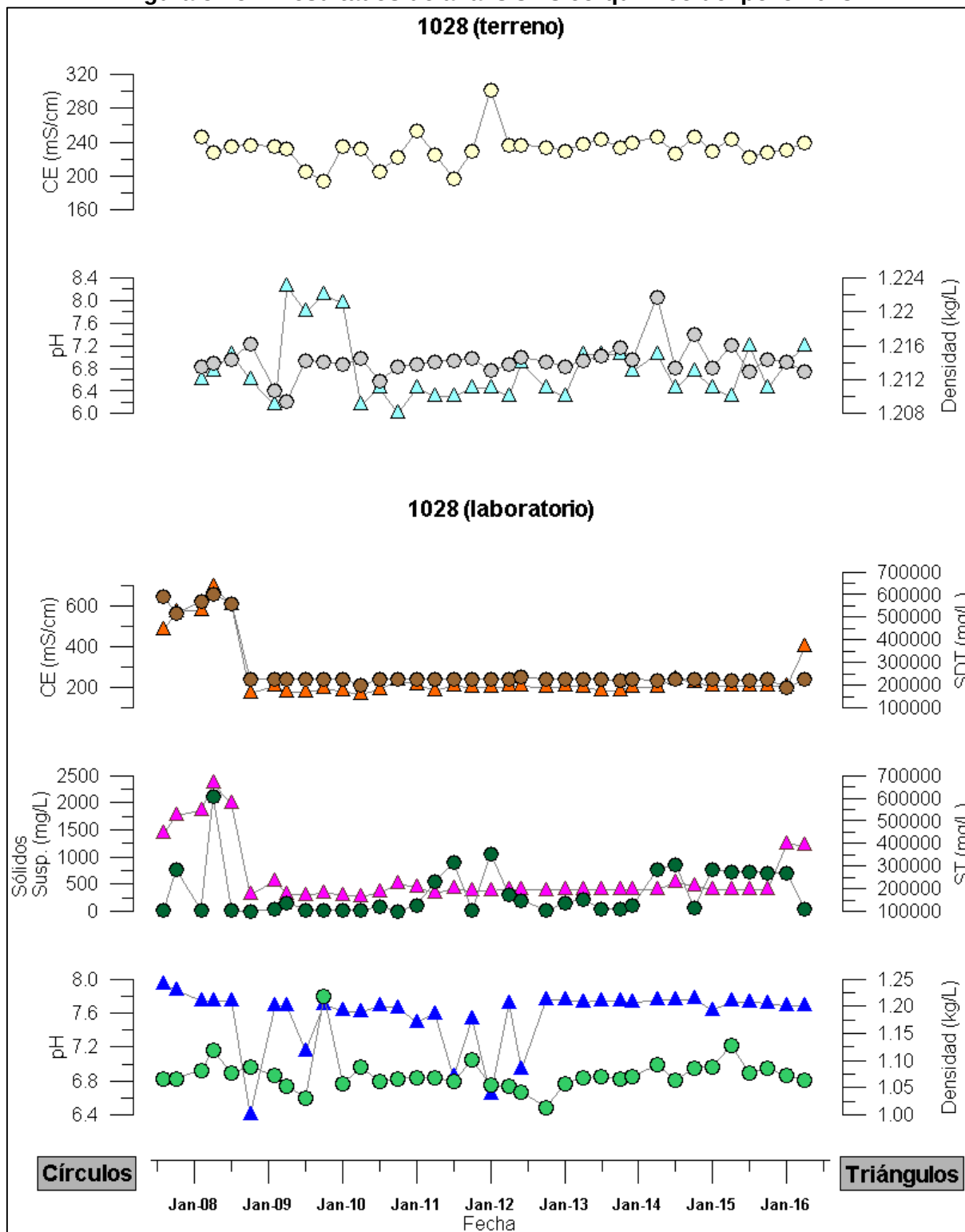
Los pozos del sistema Peine en que se monitorea calidad química del agua subterránea son: 1028, L10-1 y L10-4. Desde la Figura 5-254 a la Figura 5-256 se presenta las mediciones efectuadas en terreno por SQM y los resultados de los análisis químicos realizados por el laboratorio ALS Environmental. En el ANEXO 10 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 5-257 a la Figura 5-262 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 encuentran representadas por un triángulo están asociadas a los ejes del lado derecho.

5.2.3.2.1 Muestreo realizado por SQM

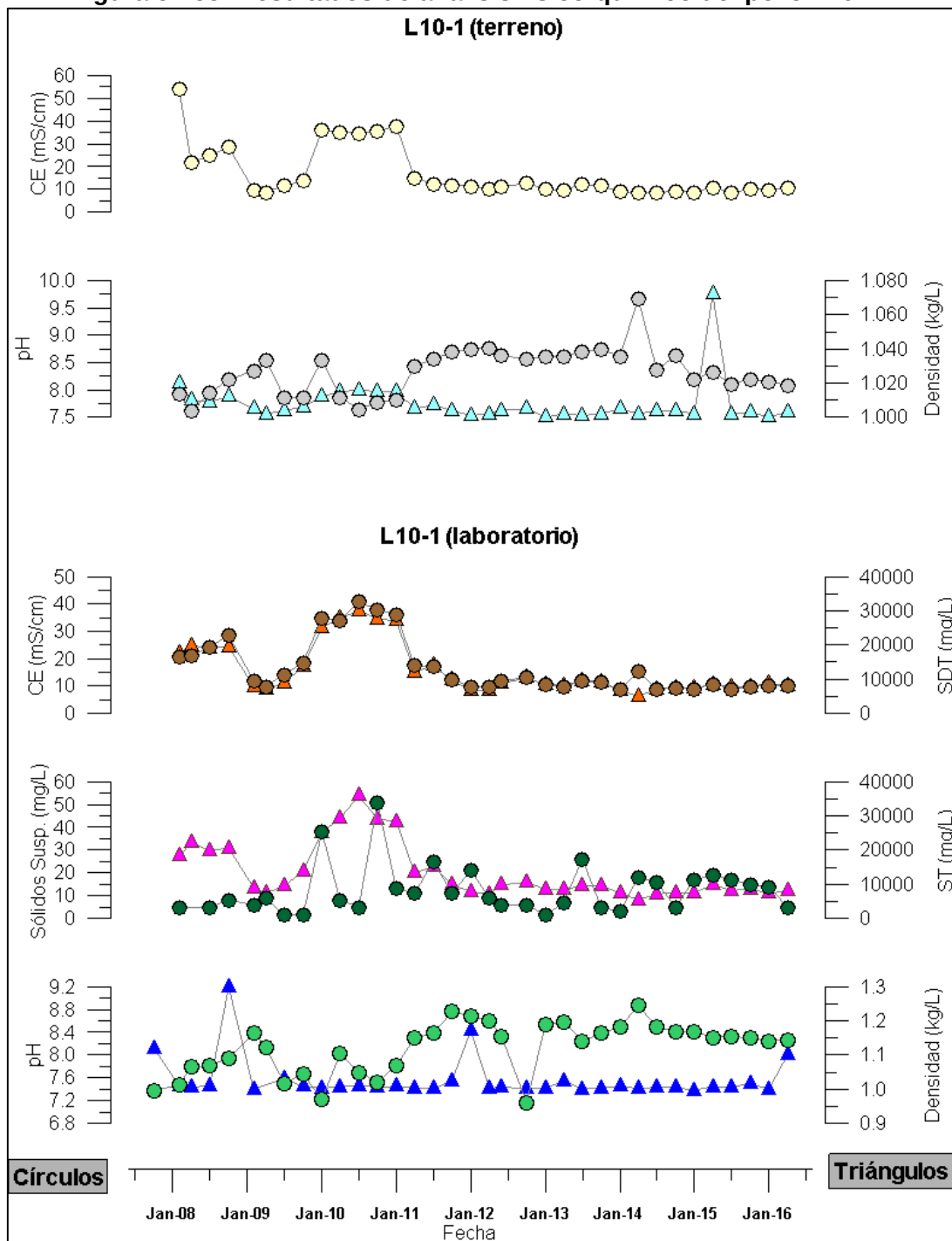
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por SQM y analizadas por el laboratorio ALS Environmental.

Figura 5-254: Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028



Fuente: Elaboración propia.

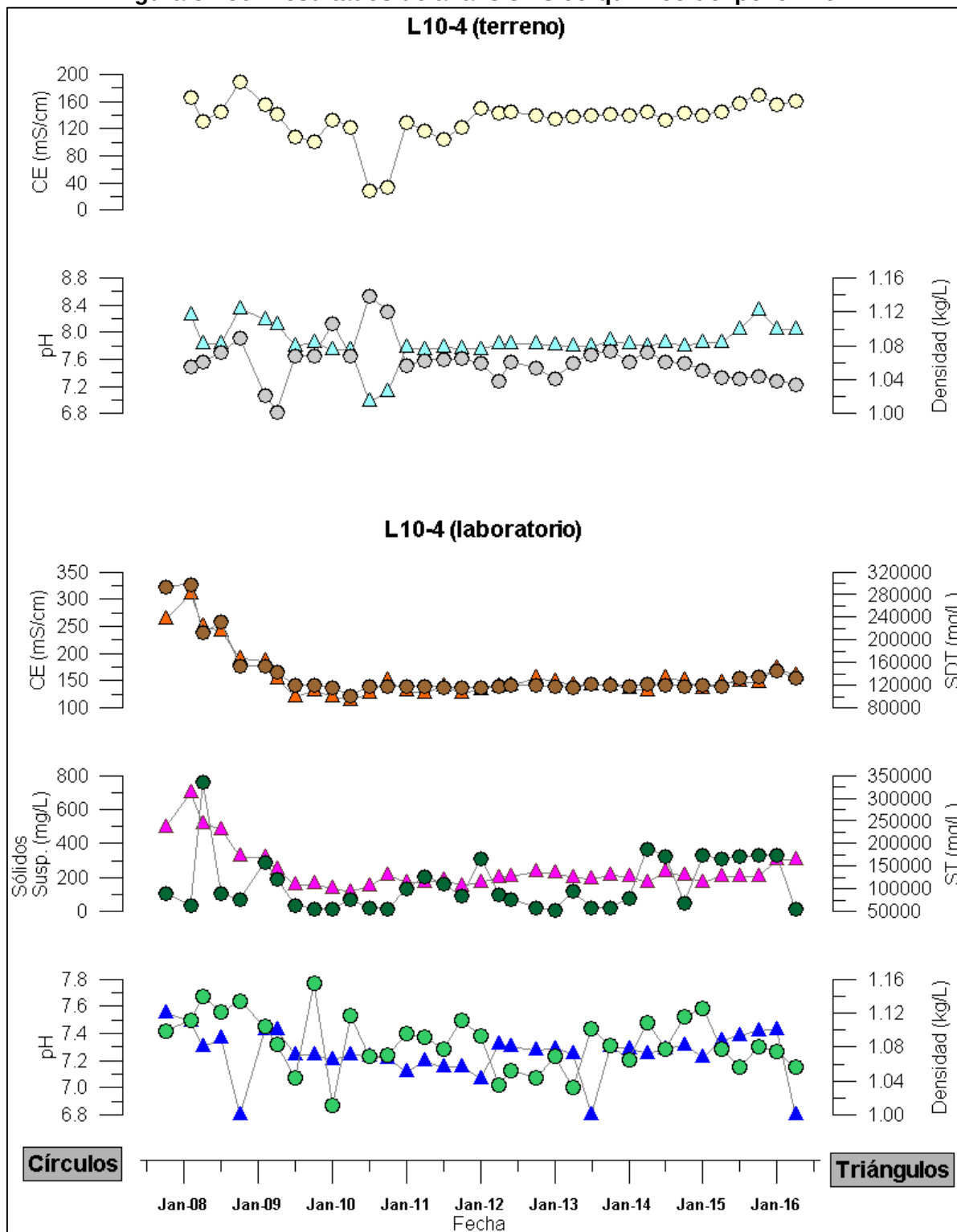
Figura 5-255: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1¹⁹



Fuente: Elaboración propia.

¹⁹ 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 5-256: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4

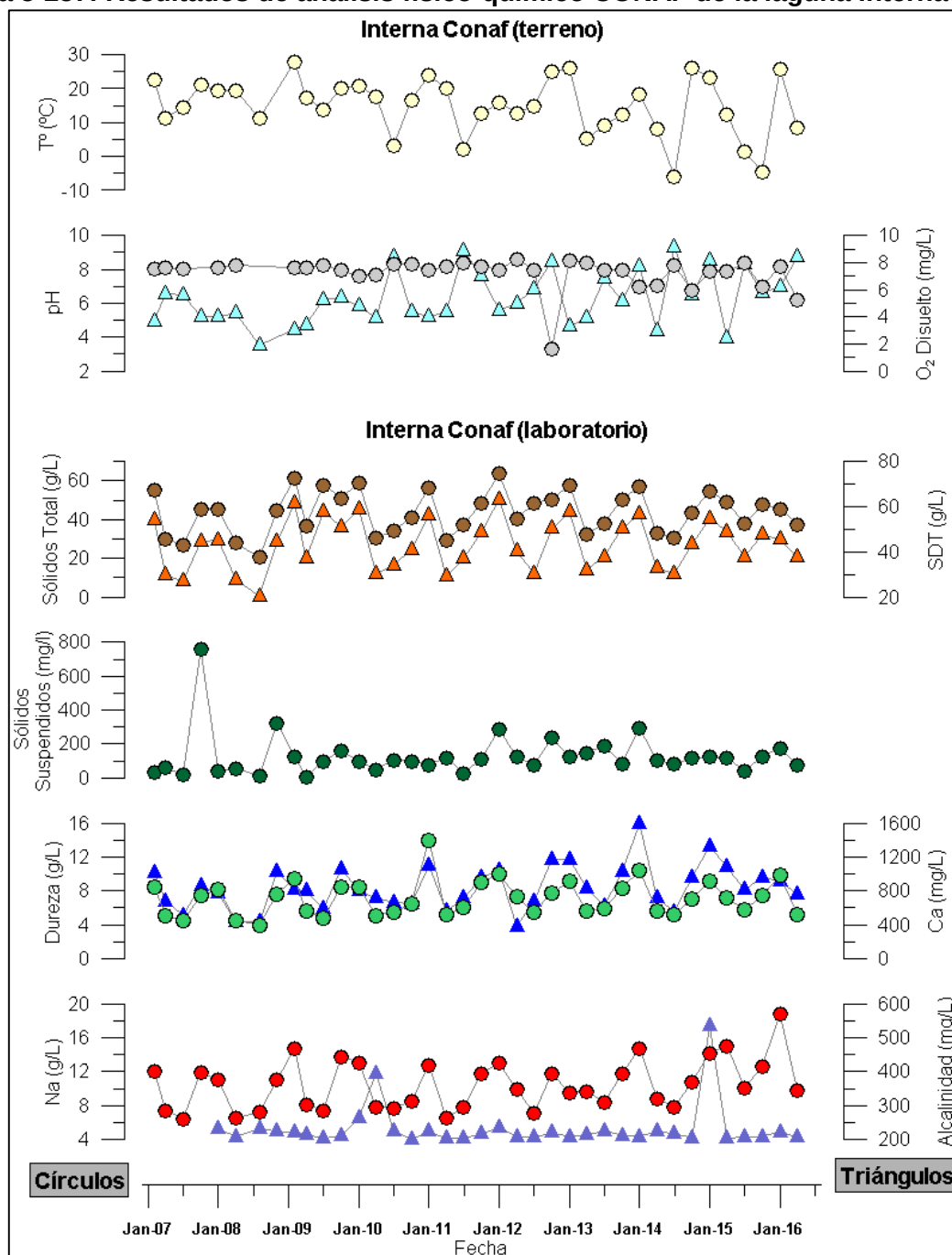


Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.2.2 Muestreo realizado por CONAF

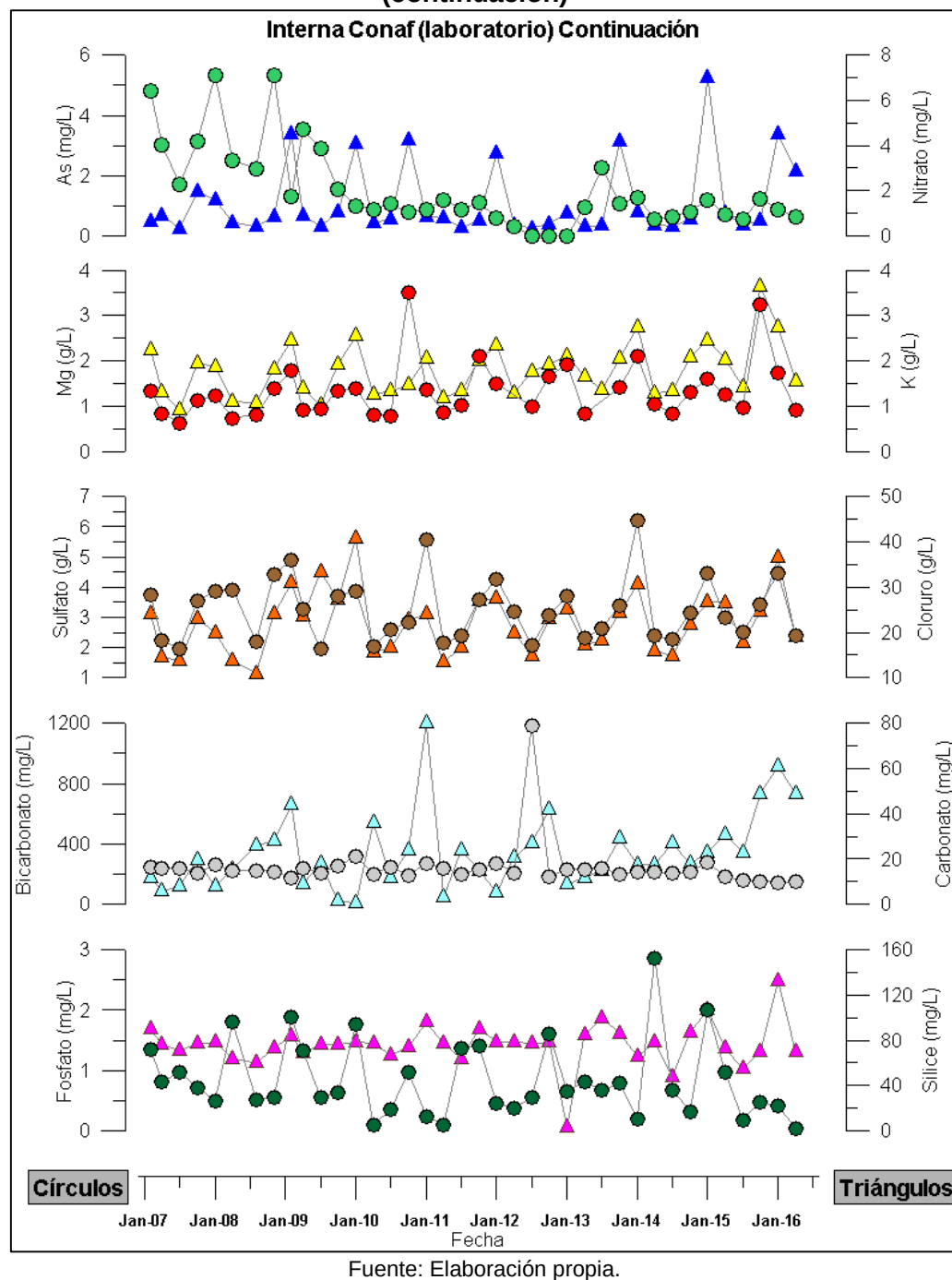
A continuación, se presentan los resultados de análisis físico-químico de muestras de agua tomadas en terreno por CONAF.

Figura 5-257: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna



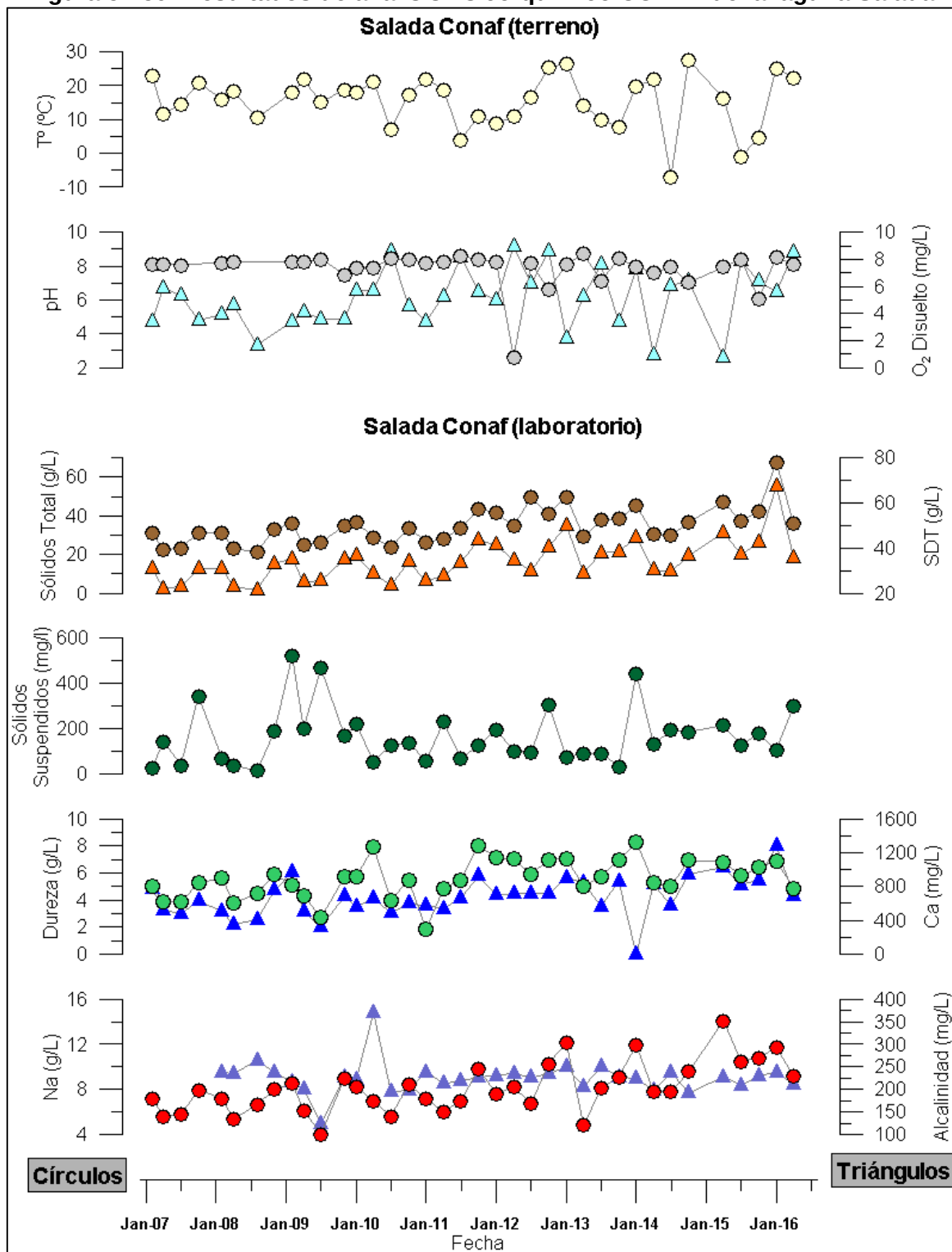
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-258: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación)²⁰



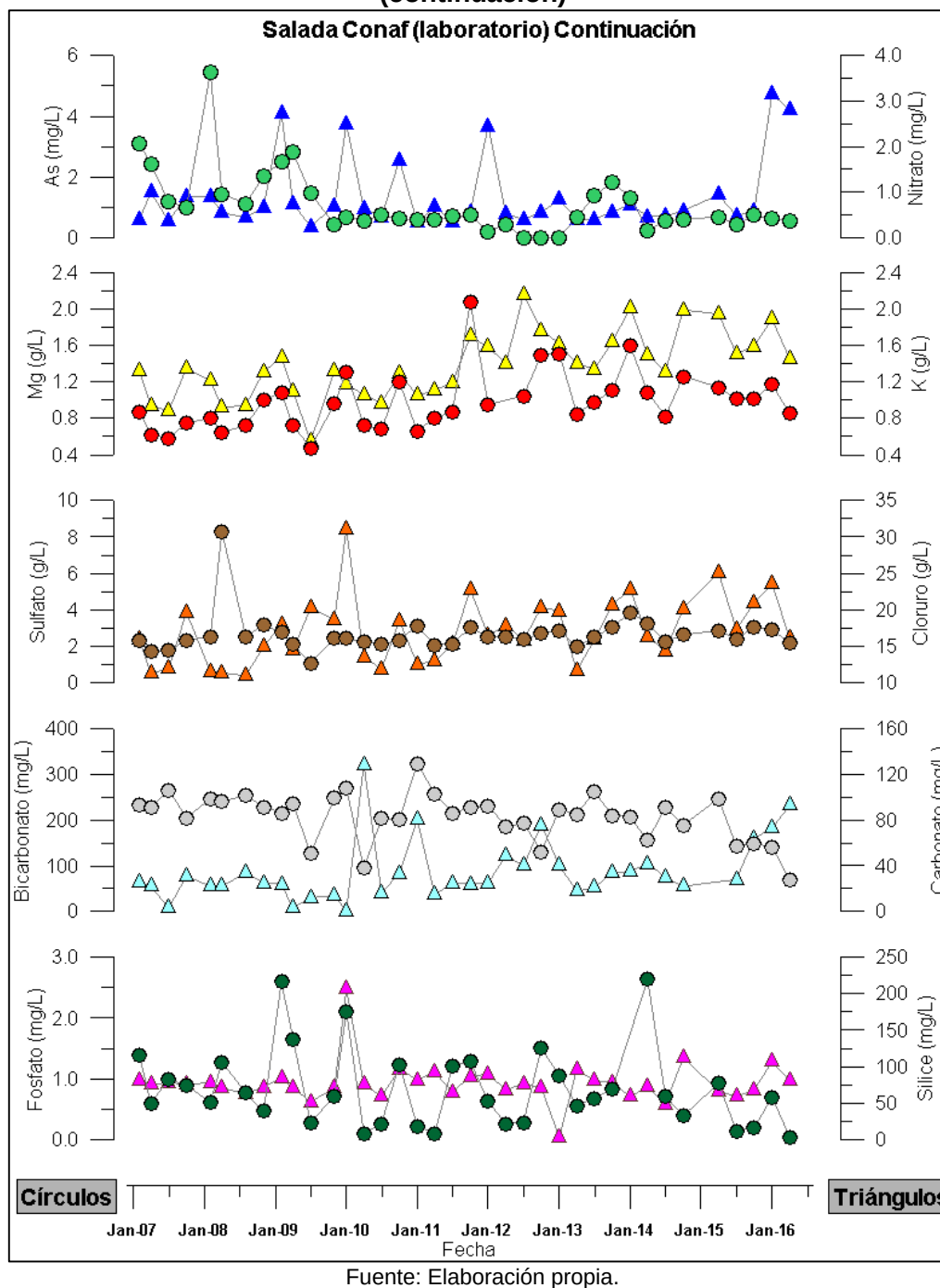
²⁰ Para evitar problemas de escala a la serie de magnesio se le sacó el dato de abril de 2012 correspondiente a un valor de 501 g/L.

Figura 5-259: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-260: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación)²¹



²¹ Para evitar problemas de escala a la serie de magnesio se le sacó el dato de abril de 2012 correspondiente a un valor de 990 g/L.

Figura 5-261: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita

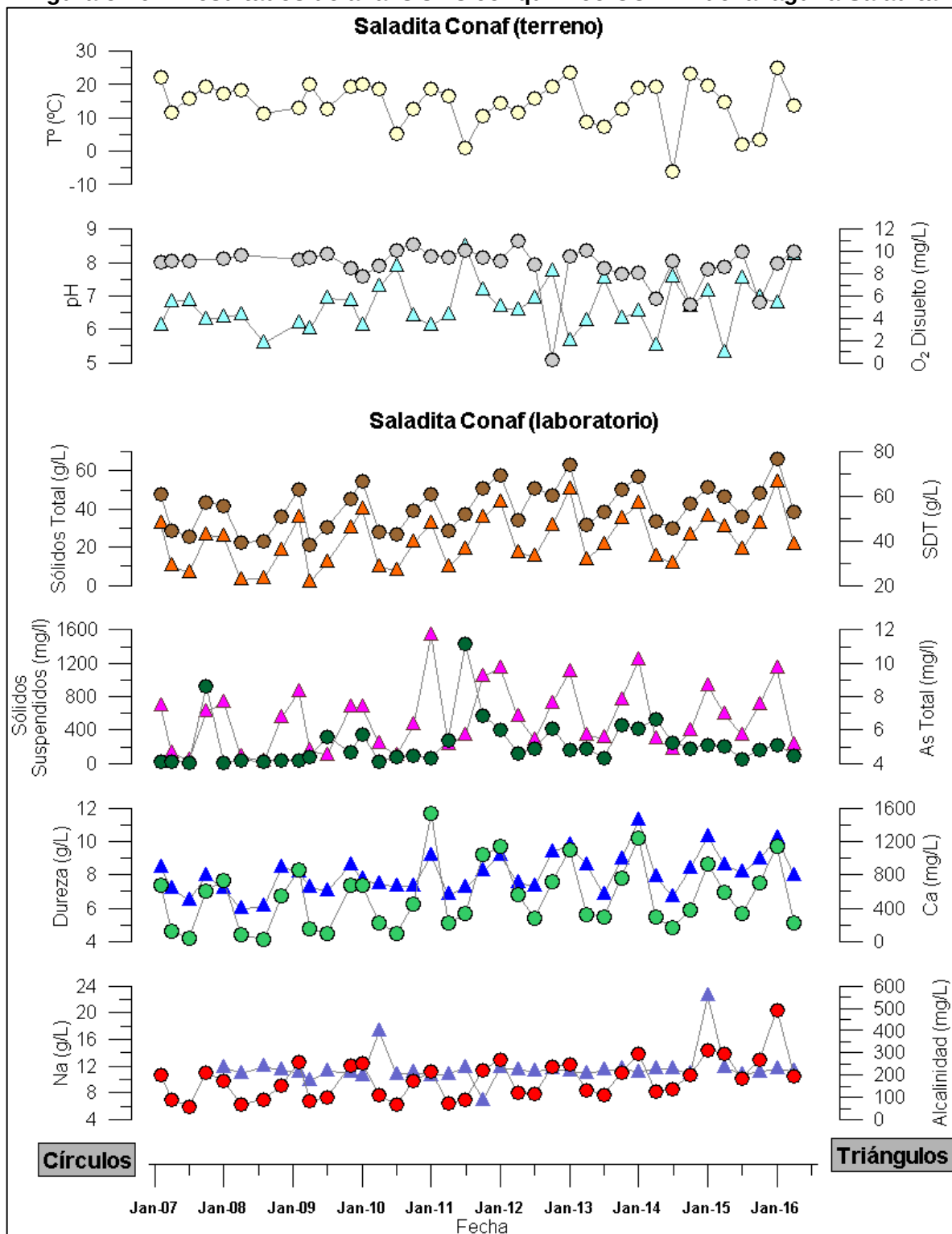
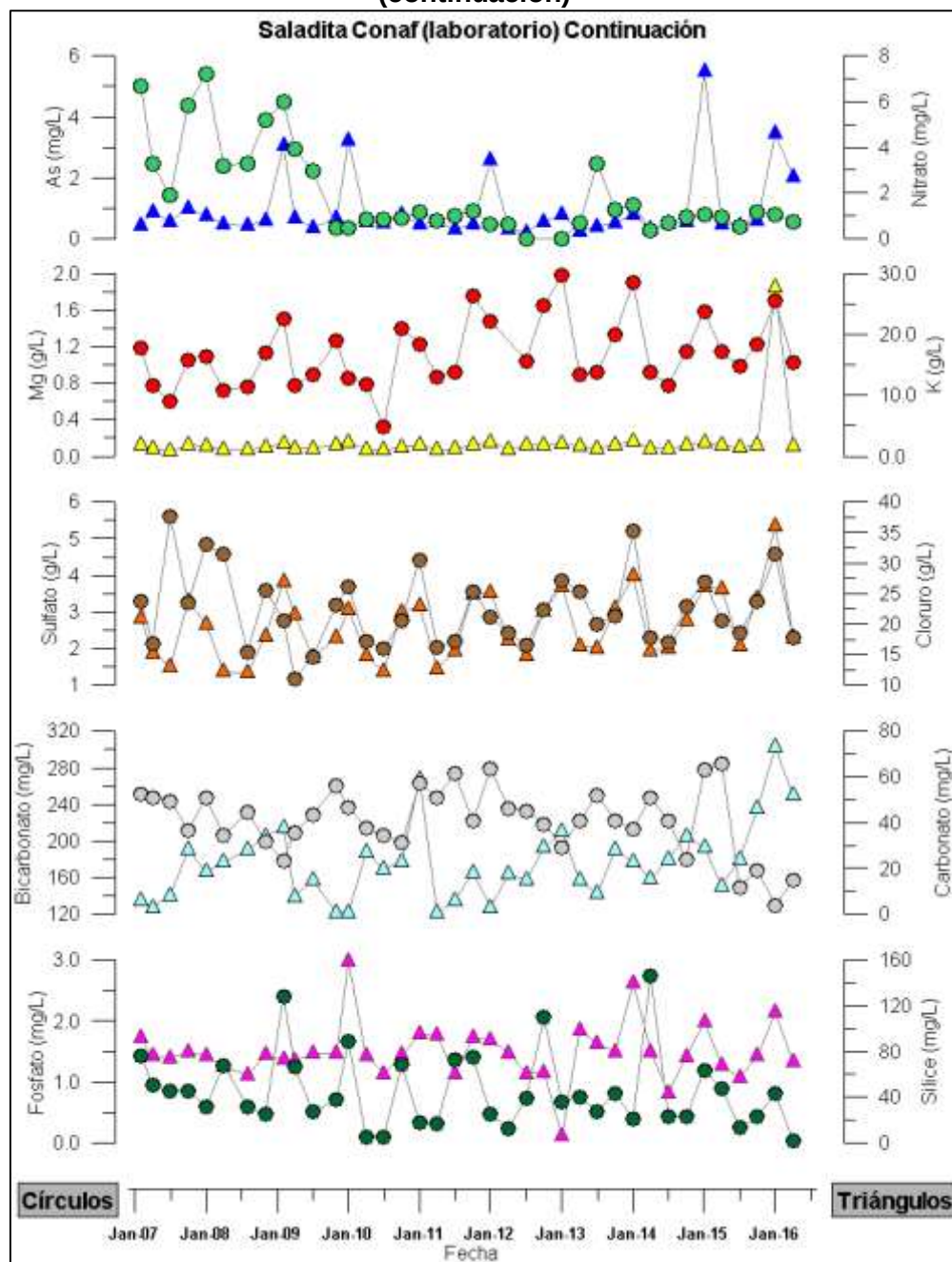


Figura 5-262: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación)²²



Fuente: Elaboración propia.

²² Para evitar problemas de escala a la serie de magnesio se le sacó el dato de abril de 2012 correspondiente a un valor de 978 g/L.

5.2.3.3 Aforos

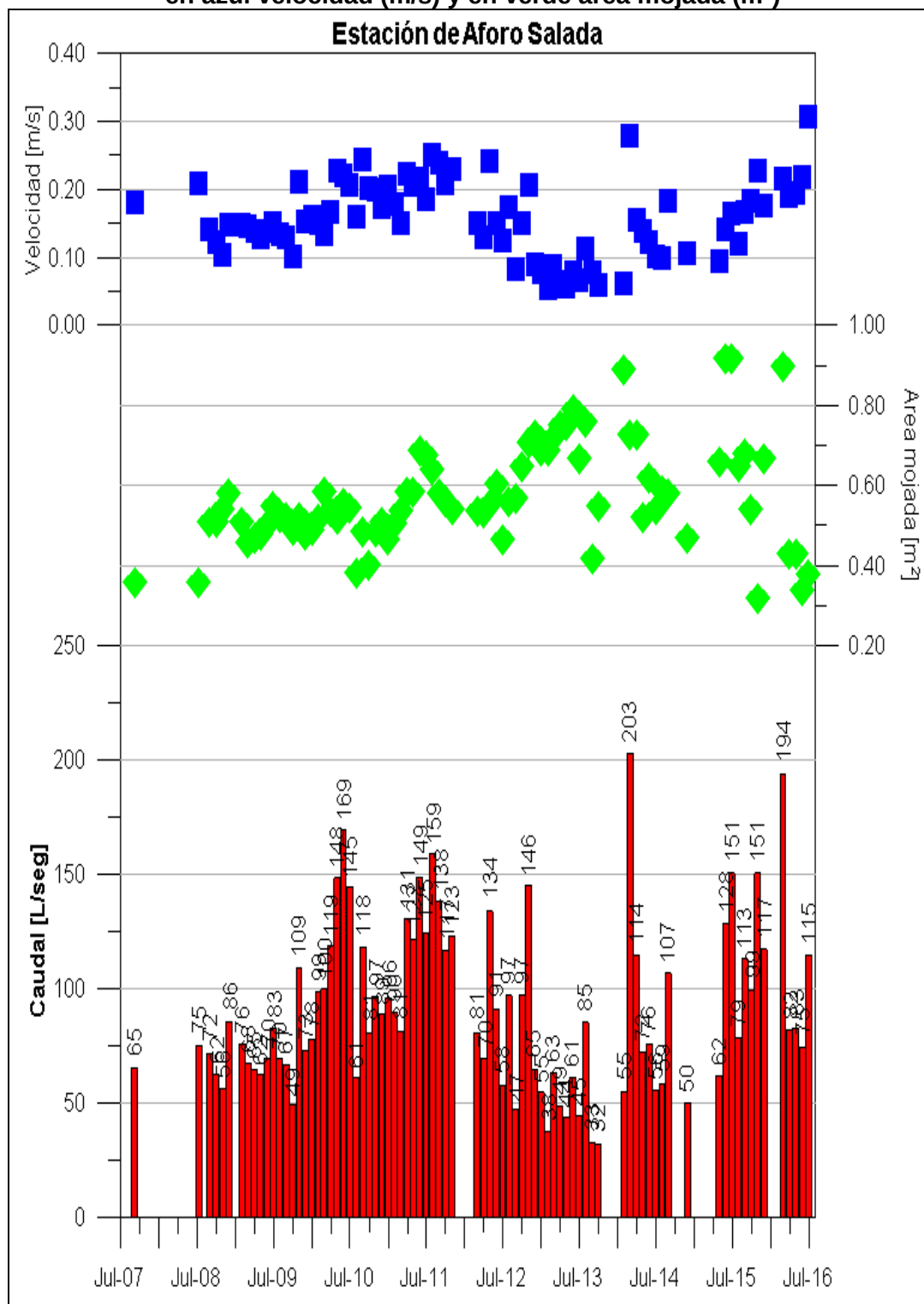
A continuación, se presentan los aforos del Sistema Peine, correspondiente a la estación de aforo de las lagunas Salada y Saladita.

5.2.3.3.1 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 5-263.

En enero de 2016 no se pudo realizar las mediciones en el aforo Salada por restricción de acceso debido a la nidificación de flamencos en la laguna, en el ANEXO 11 se muestra el registro de punto no monitoreados de acuerdo a procedimiento de “Monitoreo de puntos del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

Figura 5-263: Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)



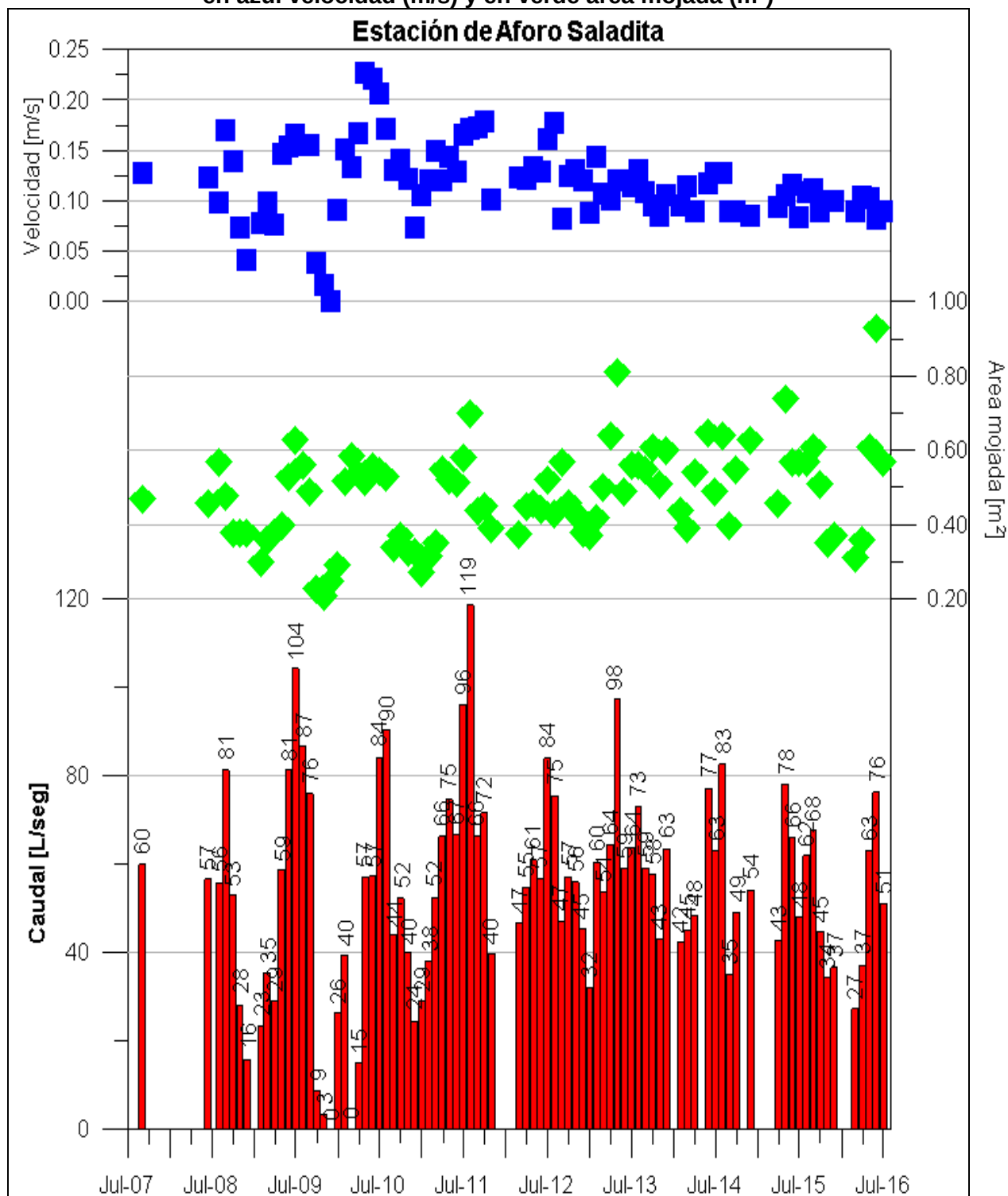
Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.3.2 Laguna Saladita

Los registros manuales de caudal con que cuenta SQM para esta estación de aforo se presentan en la Figura 5-264.

En enero de 2016 no se pudo realizar las mediciones en el aforo Salada por restricción de acceso debido a la nidificación de flamencos, en el ANEXO 11 se muestra el registro de punto no monitoreados de acuerdo a procedimiento de “Monitoreo de puntos del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

Figura 5-264: Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)

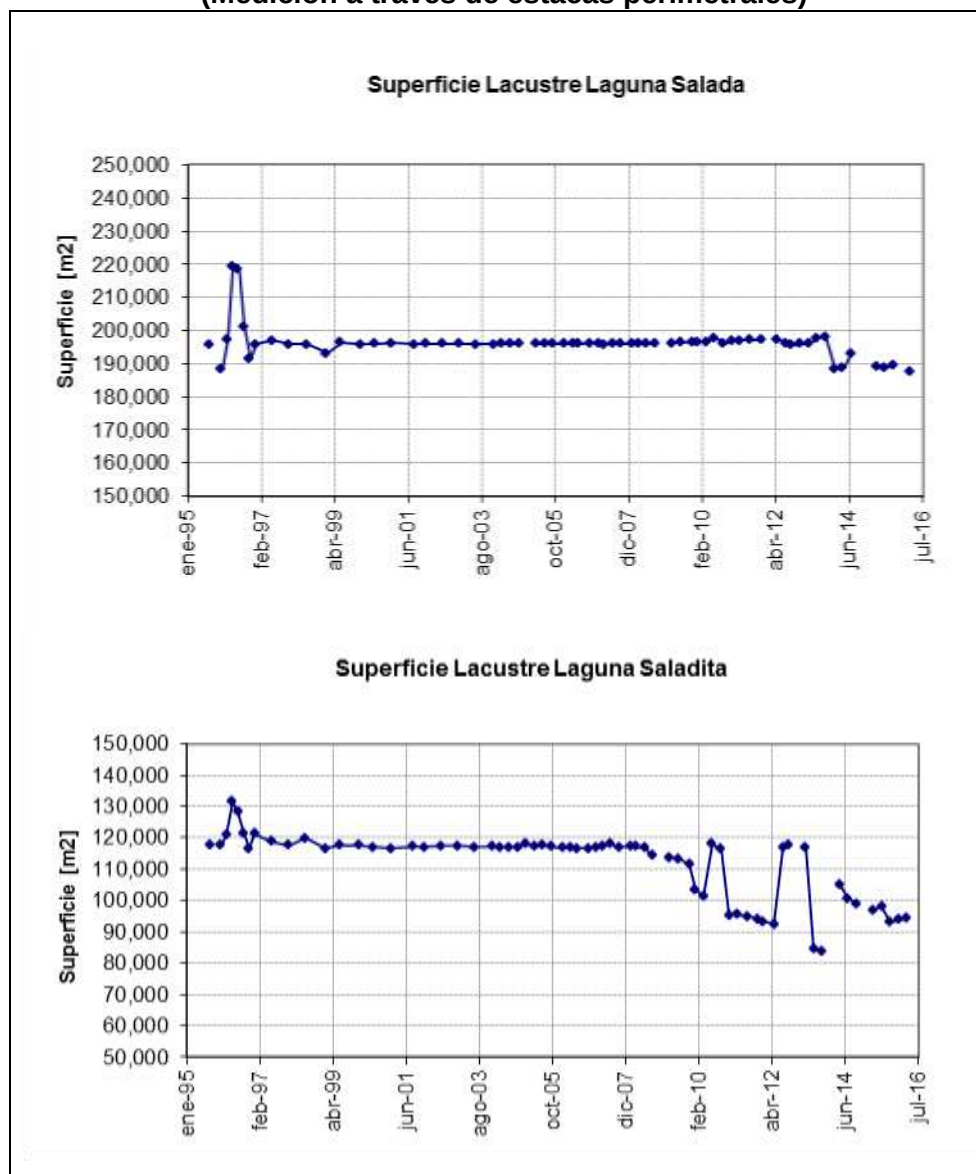


Fuente: Elaboración propia.

5.2.3.4 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 5-265).

Figura 5-265: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)



Fuente: Elaboración propia.

Las lagunas Salada, Salidita e interna son recargadas a través de afloramientos naturales de agua subterránea aguas arriba del sistema. Destacando que la Laguna interna es el final de sistema de agua superficial.

En la Tabla 5-7 se presenta las mediciones realizadas a través de topografía y del método de imágenes satelitales; las mediciones de topografía sólo se realizaron hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, queda establecido que las mediciones de topografía sólo se realizarán cada 5 años 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. Los resultados de la medición realizada en abril del 2016 se presentan en el ANEXO 13.

En la Figura 5-266 se grafican los resultados obtenidos a través del método de imágenes satelitales para cada una de las lagunas desde 2009 a 2016.

Tabla 5-7: Superficies lacustres medidas desde abril de 2008 hasta abril de 2016

SISTEMA LACUSTRE	LAGUNA	Superficie (m ²) – 2008			Superficie (m ²) -2009			Superficie (m ²) - 2010			Superficie (m ²) - 2011	Superficie (m ²) - 2012	Superficie (m ²) - 2013	Superficie (m ²) - 2014	Superficie (m ²) - 2015	Superficie (m ²) - 2016
		Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Imagen satelital	Imagen satelital	Imagen satelital	Imagen satelital	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	197.314	197.427	198.429	198.028
	Saladita	118.284	99.665	18,7	110.502	105.274	5	107.149	108.022	0,8	110.394	116.315	110.227	105.522	103.638	96.262
	Interna	-	-	-	246.295	199.968	23	231.590	198.838	16,5	182.616	246.828	331.075	261.763	472.172	134.054

Fuente: Elaboración propia.

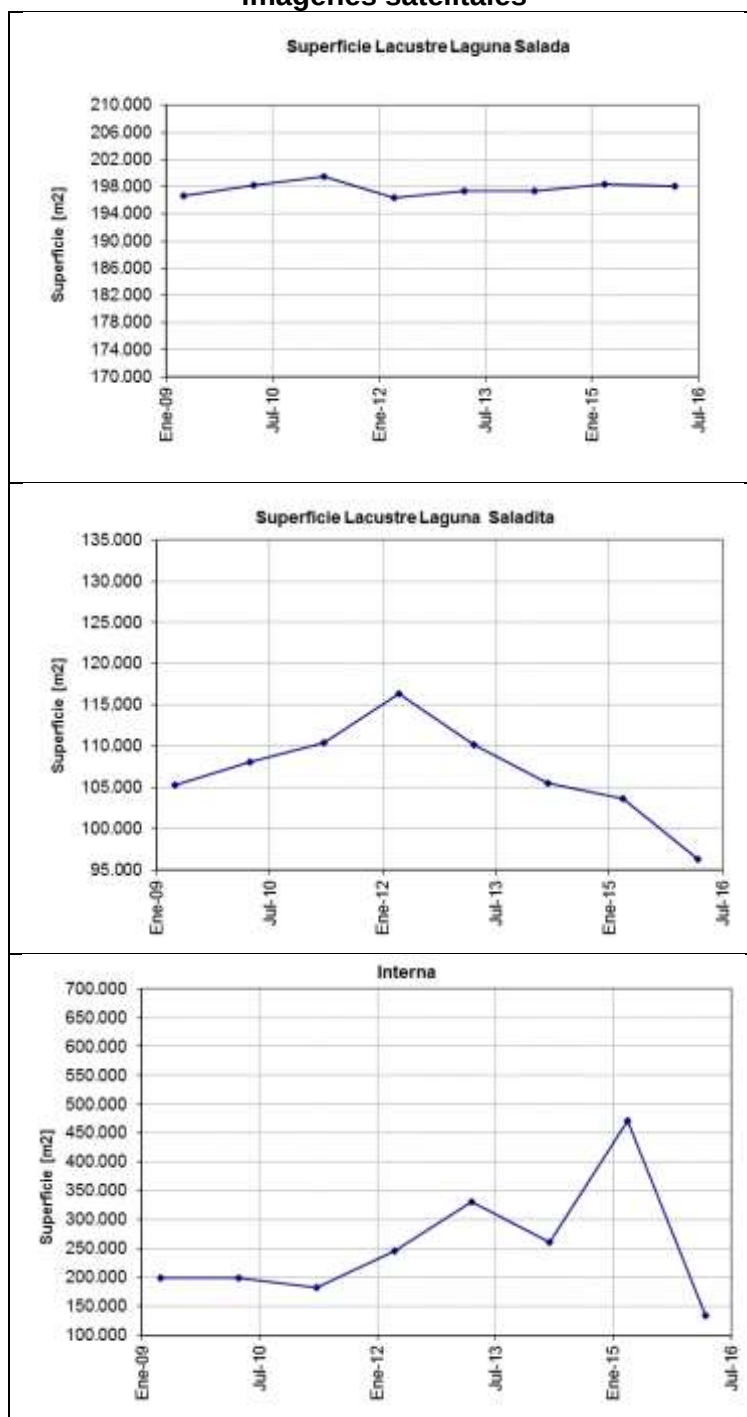
Tabla 5-8: Superficies lacustres medidas en abril de 2015

SISTEMA LACUSTRE	LAGUNA	Superficie (m ²) – 2015		
		Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)
Peine	Salada	172.725	198.429	13,0
	Saladita	84.177	103.638	18,8
	Interna	85.846 ²³	472.172	81,8

Fuente: Elaboración propia.

²³ Superficie Lacustre no consideró nueva zona inundada. No es comparable con medición de imagen satelital.

Figura 5-266: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida a través de imágenes satelitales



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 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 5-267 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

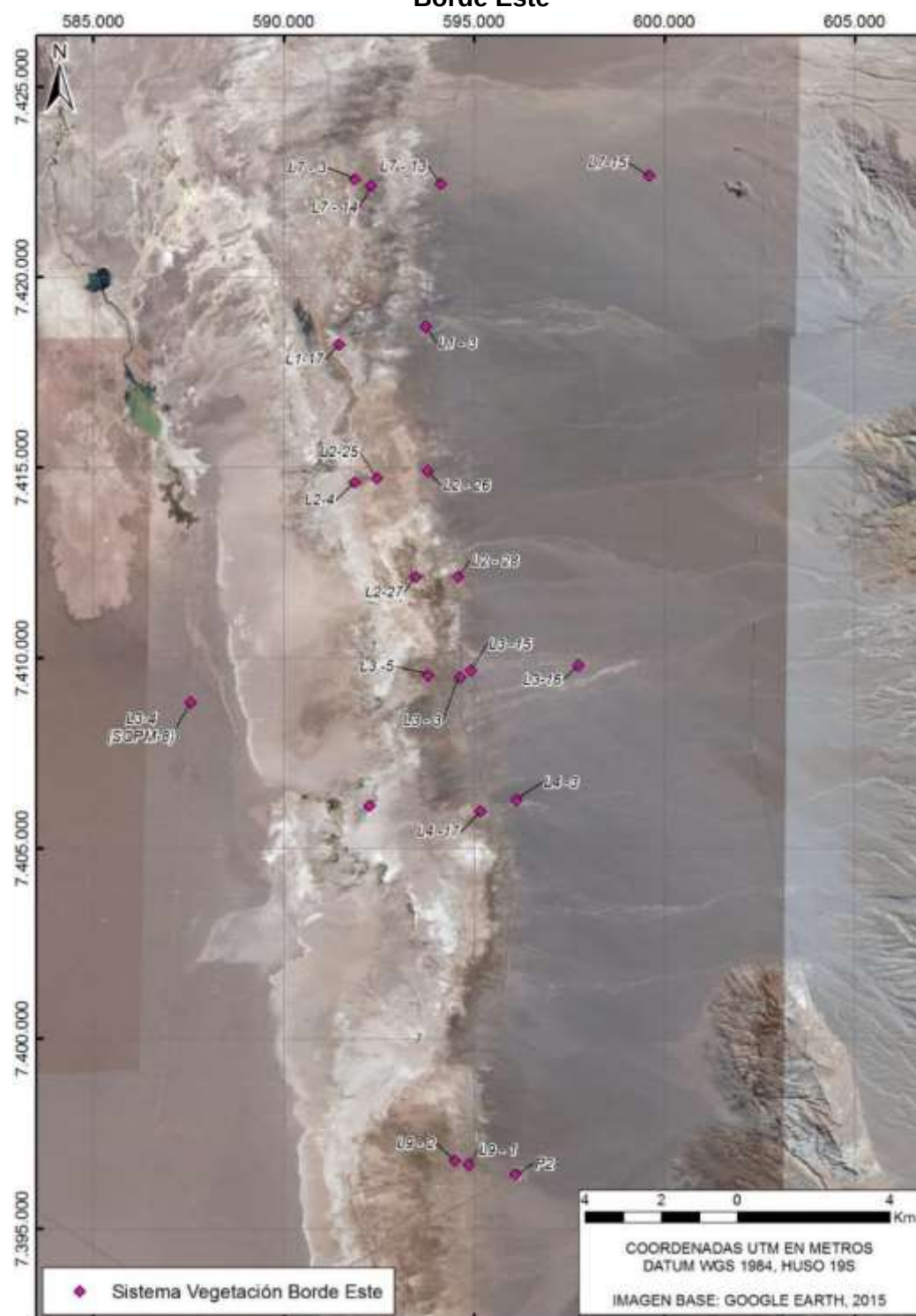
En la Tabla 5-9 se presenta los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este clasificando de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y su tipología (pozo profundo y pozo somero). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra de manera gráfica el registro de nivel.

Tabla 5-9: Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
P2	Zona Aluvial	Pozo profundo	274
L1-17	Zona marginal	Pozo somero	268
L2-25	Zona marginal	Pozo somero	269
L2-26	Zona marginal	Pozo profundo	269
L2-27	Zona marginal	Pozo somero	270
L2-28	Zona marginal	Pozo profundo	270
L3-15	Zona marginal	Pozo profundo	271
L3-16	Zona aluvial	Pozo profundo	267
L4-17	Zona marginal	Pozo somero	271
L7-13	Zona marginal	Pozo profundo	272
L7-14	Zona marginal	Pozo somero	272
L7-15	Zona aluvial	Pozo profundo	268
L9-1	Zona marginal	Pozo profundo	273
L9-2	Zona marginal	Pozo profundo	273
P2	Zona aluvial	Pozo de bombeo	275

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-267: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presenta 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 la sección 5.2.1.1 (sistema Soncor).

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 el subcapítulo de Aguas de Quelana. Sus gráficos pueden ser consultados en la sección 5.2.2.1.

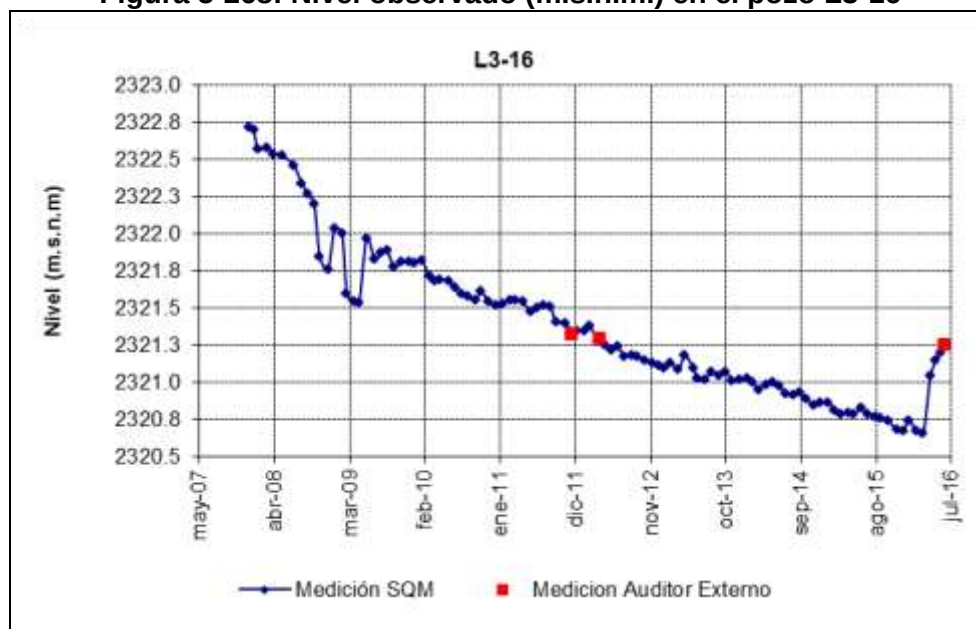
El pozo L3-4 (SOPM-8) es parte del monitoreo de los sistemas Vegetación Borde Este y Núcleo del Salar de Atacama y será presentado sólo en esta sección.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, Arcadis realizó visitas y validaciones (junio 2016) en este sistema en los pozos L1-17, L3-16.

5.2.4.1.1 Pozos en zona aluvial

En la Figura 5-268 y Figura 5-269 se presenta el nivel del agua subterránea en los pozos L3-16 y L7-15 pertenecientes a la zona aluvial del sistema Borde Este. Como se mencionó anteriormente el pozo L1-3 que también pertenece a esta zona se presenta en la Figura 5-31.

Figura 5-268: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L3-16



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-269: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-15

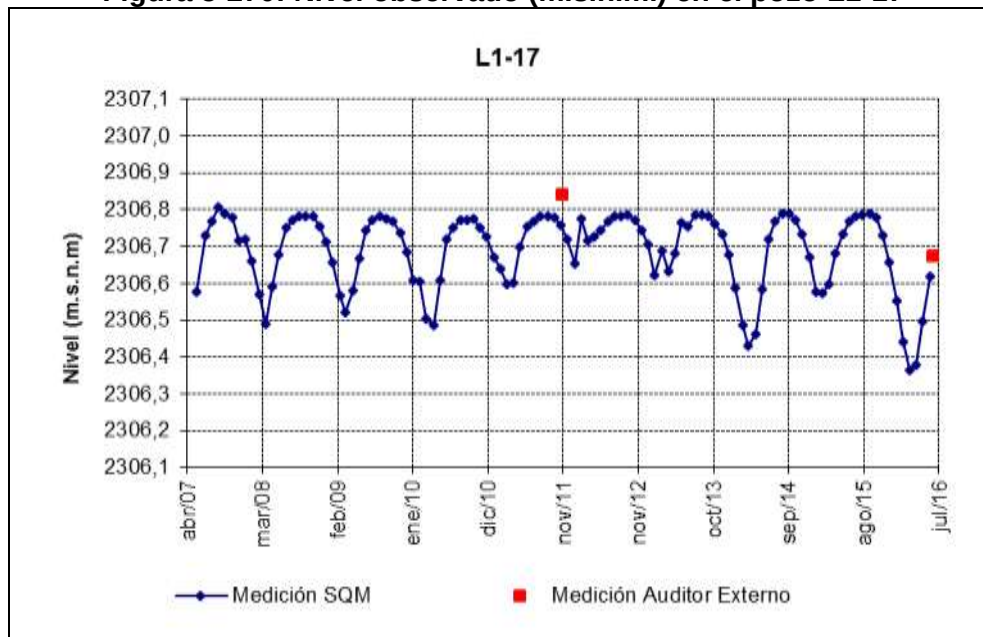


Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1.2 Pozos en zona marginal

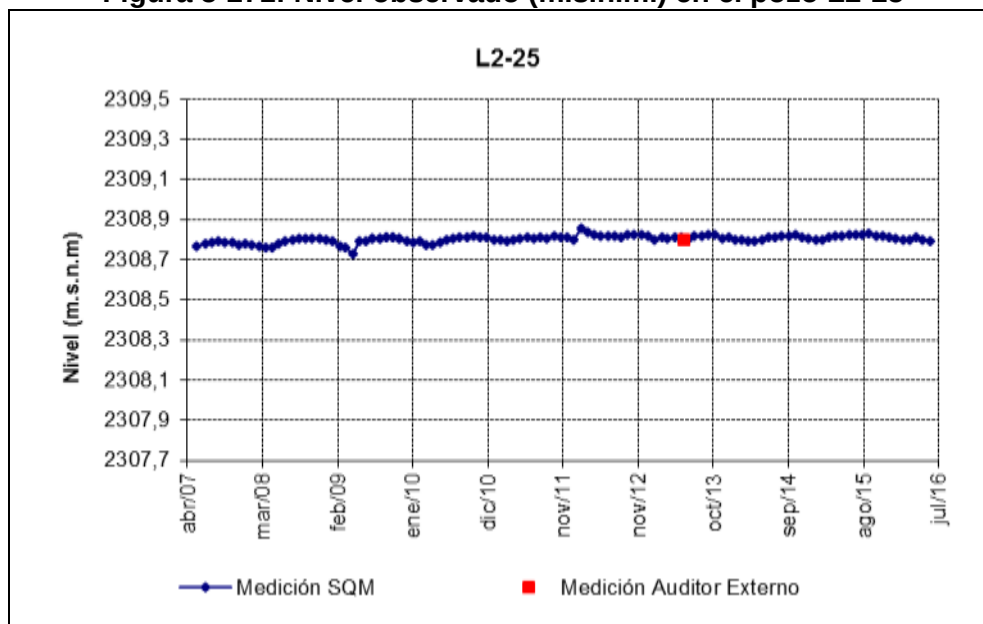
De la Figura 5-270 a la Figura 5-280 se presentan los pozos dentro de la zona marginal.

Figura 5-270: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L1-17



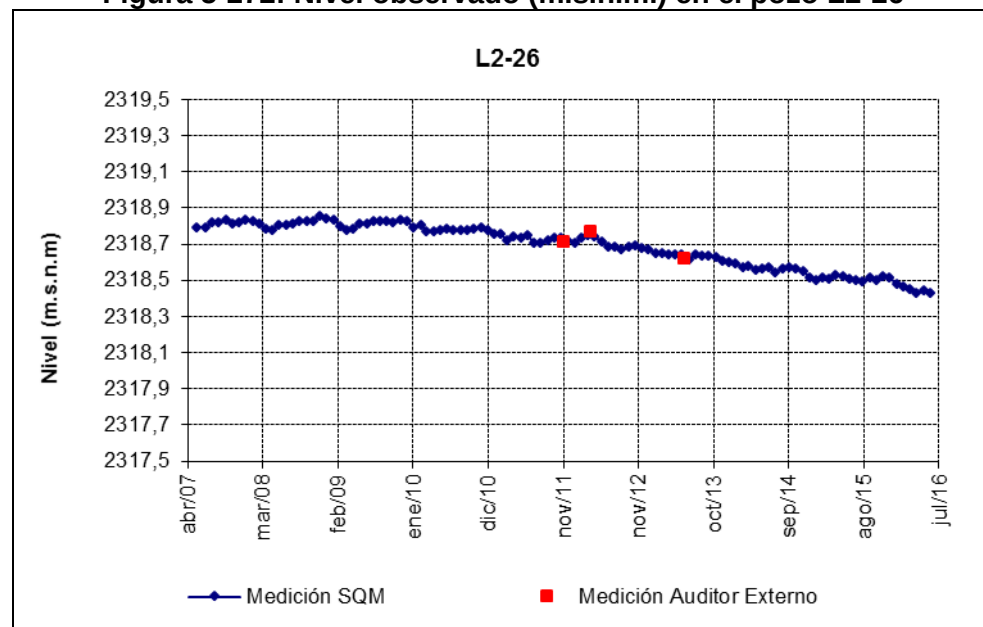
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-271: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-25



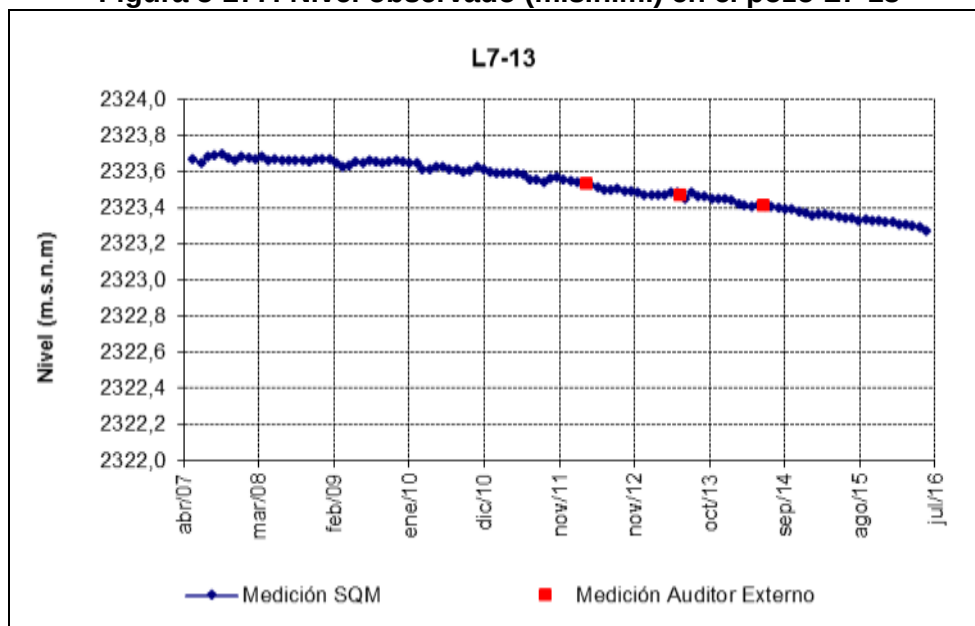
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-272: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L2-26



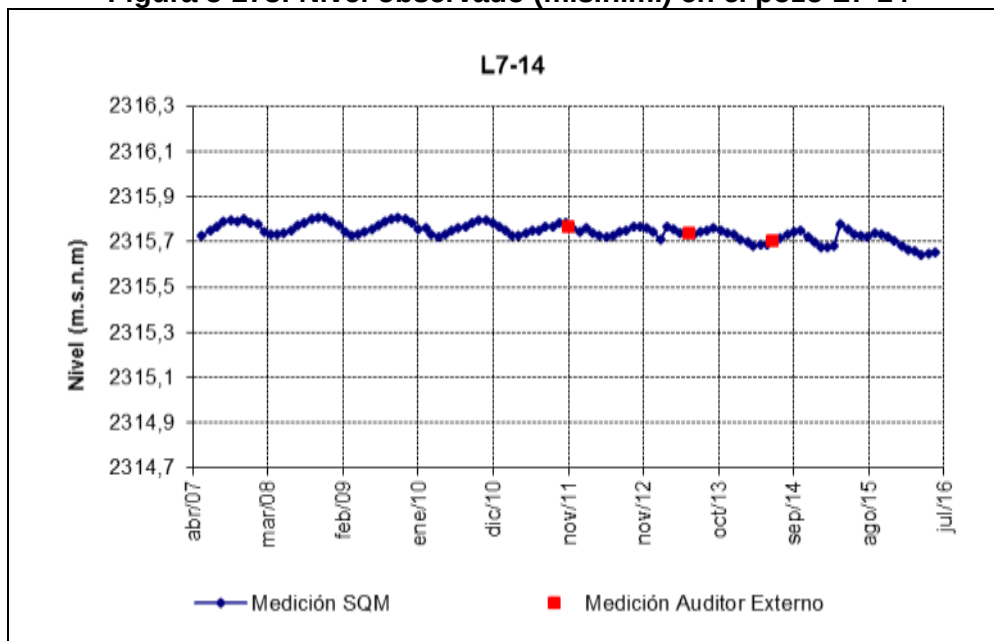
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-277: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-13



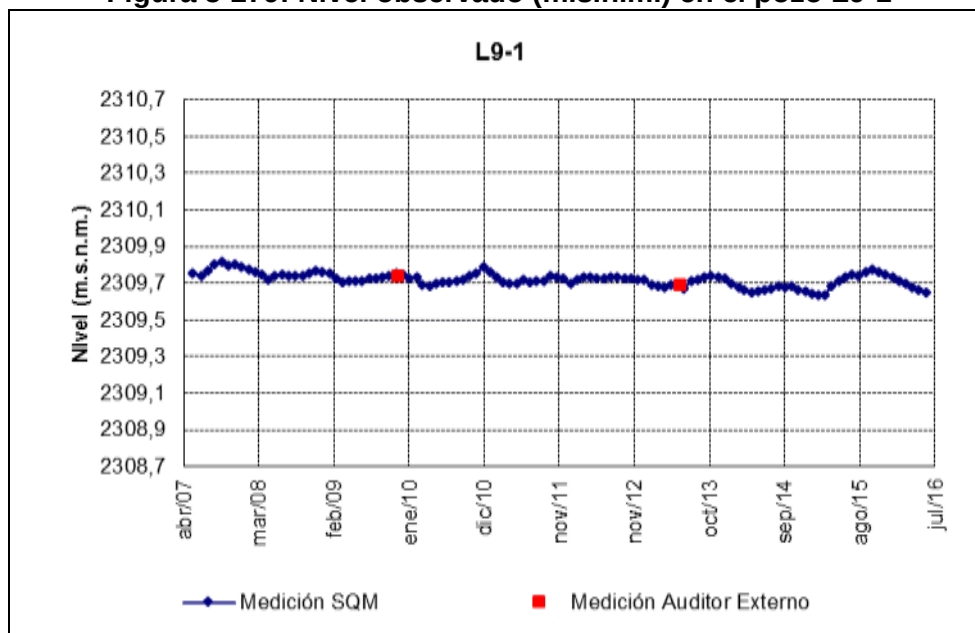
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-278: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L7-14



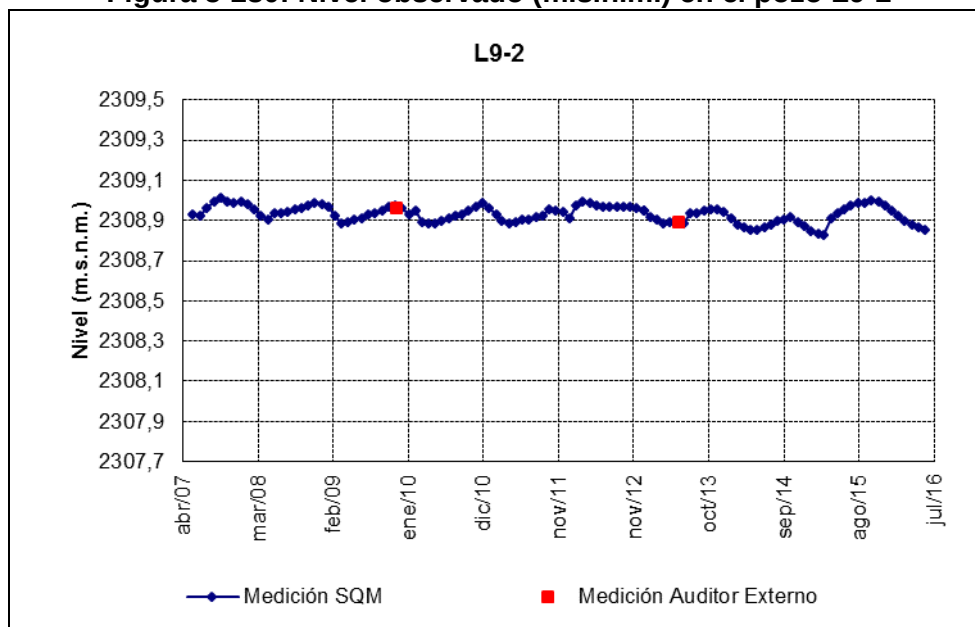
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-279: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L9-1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-280: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L9-2

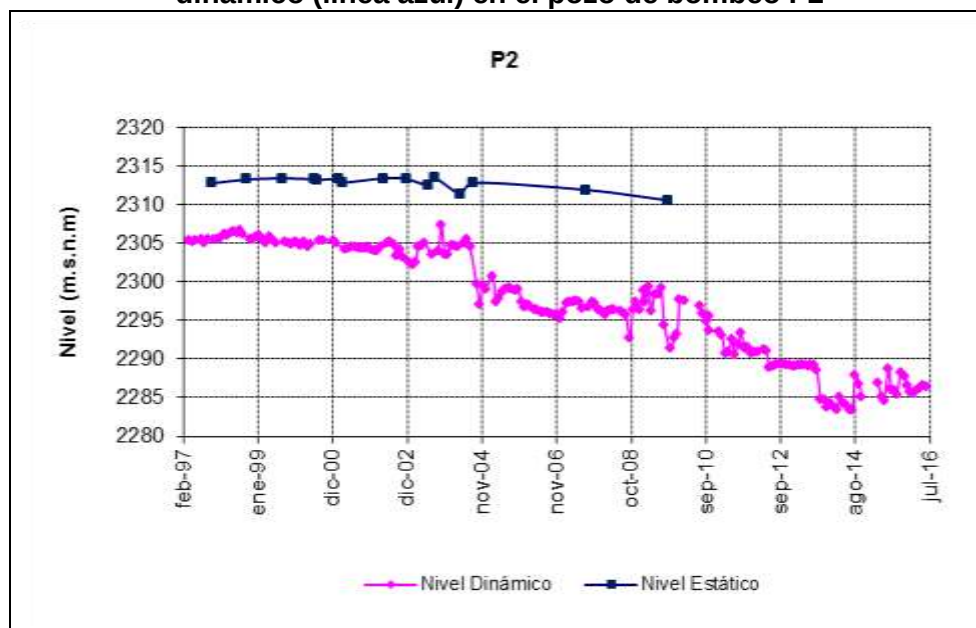


Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.1.3 Pozos de bombeo

En la Figura 5-281 se presenta el nivel estático y dinámico observado en el pozo de bombeo de agua industrial P2.

Figura 5-281: Nivel observado (m.s.n.m.) en régimen estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) en el pozo de bombeo P2

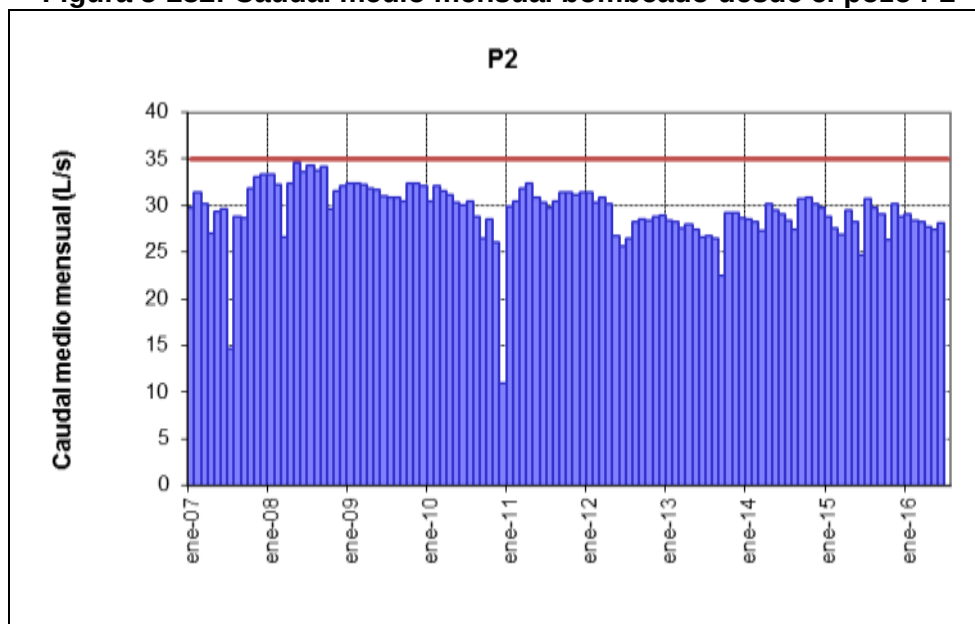


Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.2 Caudal bombeado

En el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, el único pozo ubicado en el sector es el pozo P2, cuyo caudal medio mensual extraído se presenta en la Figura 5-282. Los caudales extraídos no han superado los derechos otorgados a partir del inicio del PSAH (35 L/s). Se observa una disminución gradual de los caudales entre mayo 2012 y marzo 2014, los que aumentaron a contar de abril 2014 a la fecha. En el ANEXO 9 se muestra el registro de caudales bombeados.

Figura 5-282: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo P2



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4.3 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 ALS Environmental, 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 la sección 5.2.1.8, mientras que los resultados del pozo L4-3 se presentan en la sección 5.2.2.3. En la Figura 5-283 y Figura 5-284 se muestra los resultados de los análisis químicos realizados en el pozo de bombeo de agua industrial P2.

Figura 5-283: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2

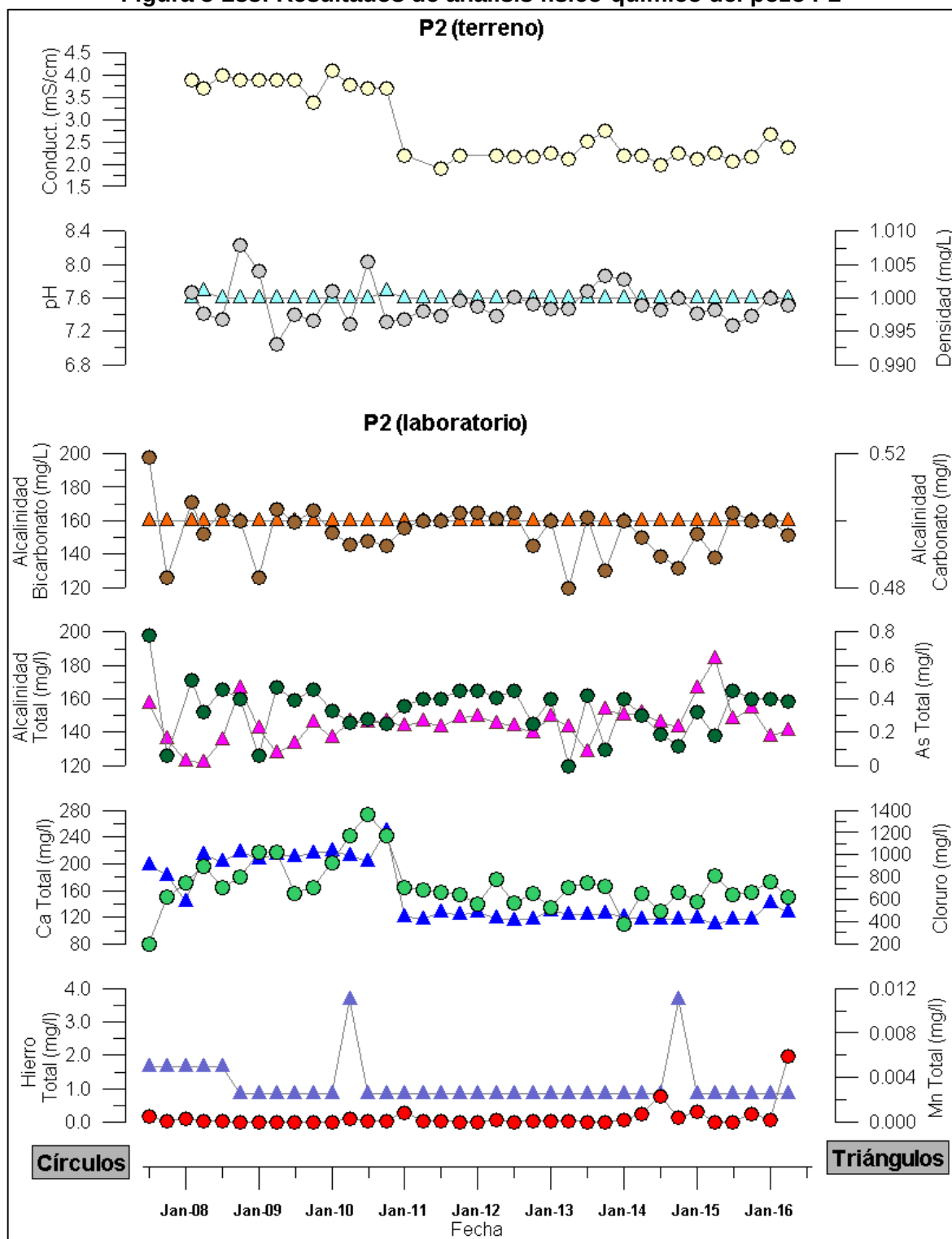
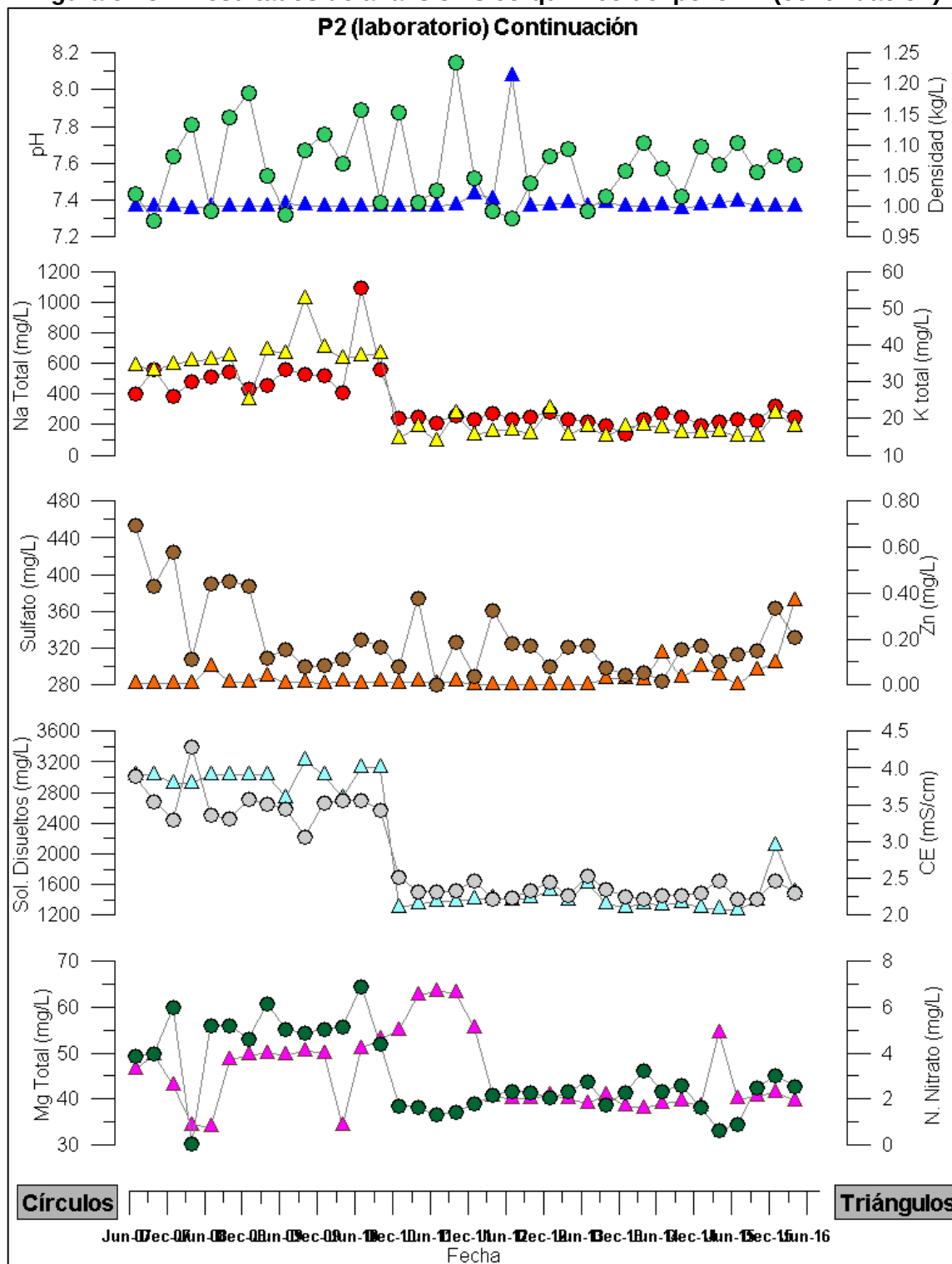


Figura 5-284: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación)



Fuente: Elaboración propia.

5.2.5 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 5-285 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

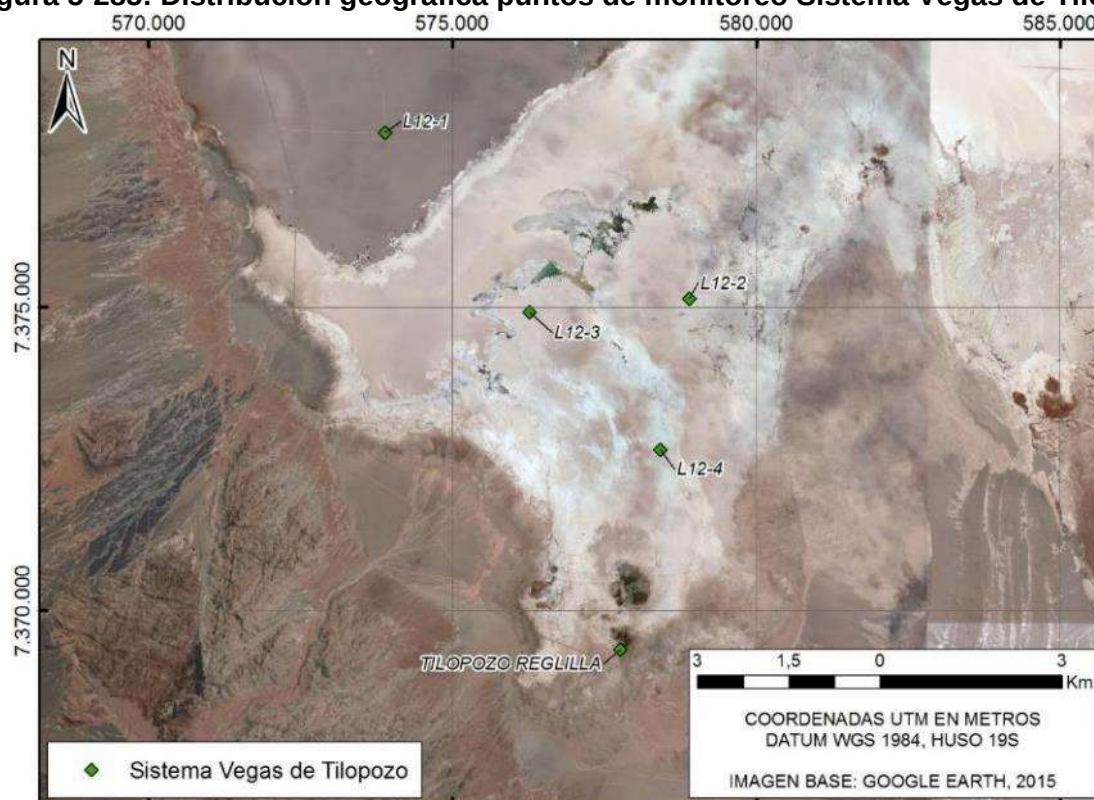
En la Tabla 5-10 se indica los puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo, clasificándolos de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y a su tipología (pozo somero y reglilla). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel en(m.s.n.m.) en formato gráfico.

Tabla 5-10: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
Tilopozo Reglilla	Zona marginal	Reglilla	279
L12-1	Zona marginal	Pozo somero	280
L12-2	Zona marginal	Pozo somero	280
L12-3	Zona marginal	Pozo somero	281
L12-4	Zona marginal	Pozo somero	281

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-285: Distribución geográfica puntos de monitoreo Sistema Vegas de Tilopozo

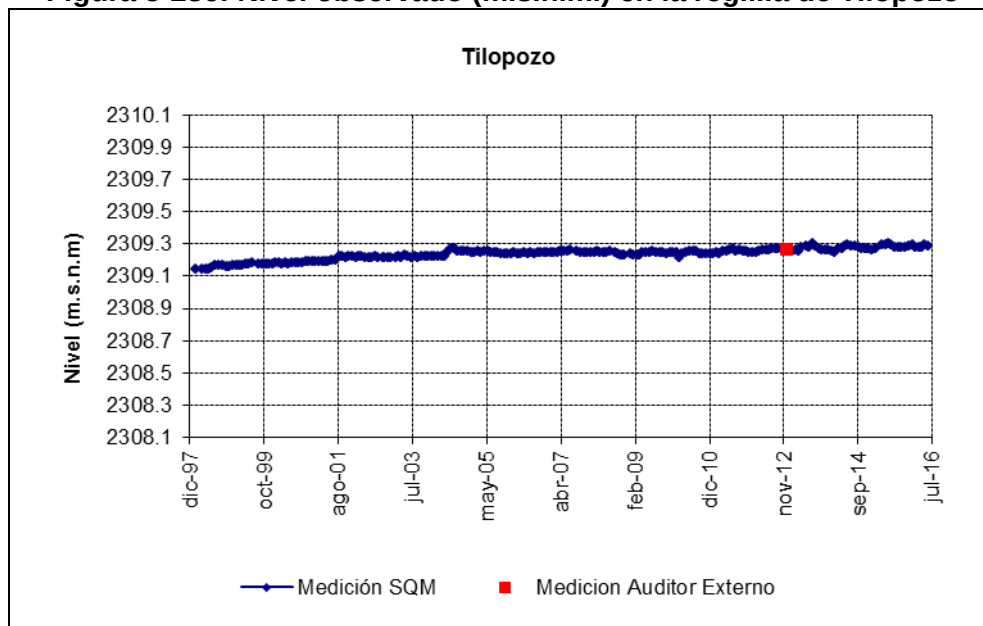


Fuente: Elaboración propia.

5.2.5.1 Nivel del agua subterránea y superficial

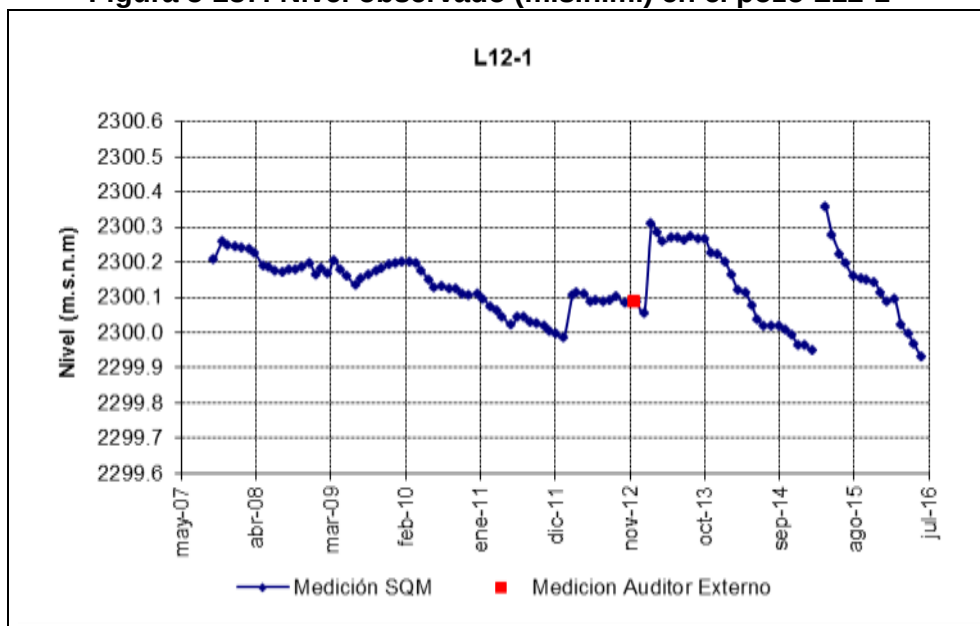
En esta sección se presenta el nivel de los pozos construidos en la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegas de Tilopozo (Figura 5-286 a Figura 5-292). En marzo de 2015 no se pudo acceder a los puntos L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4 por estar el camino de acceso en malas condiciones por las lluvias registradas el 18 y 25 de marzo respectivamente.

Figura 5-286: Nivel observado (m.s.n.m.) en la reglilla de Tilopozo



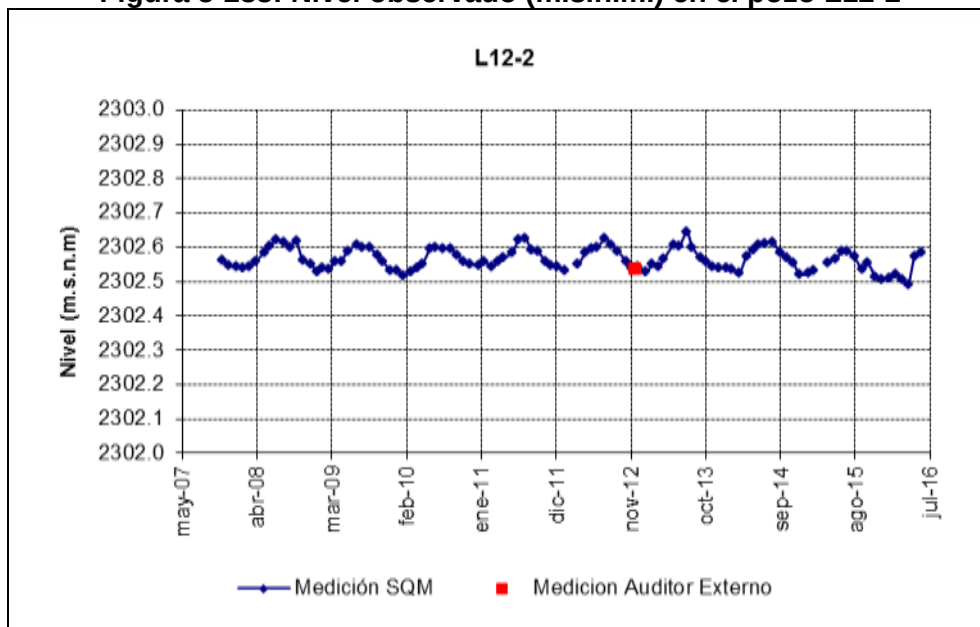
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-287: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-1



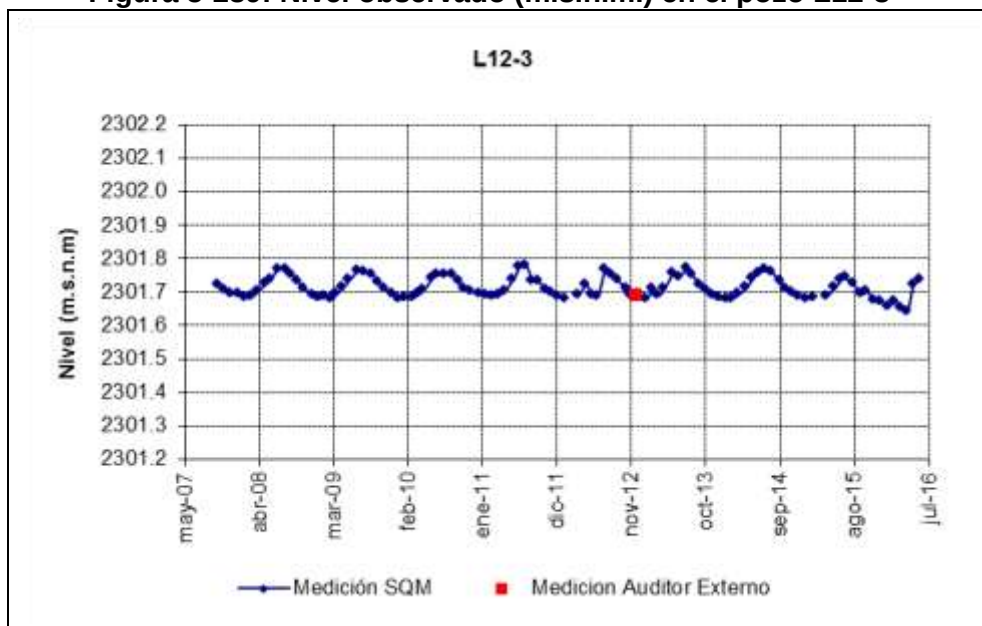
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-288: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-2



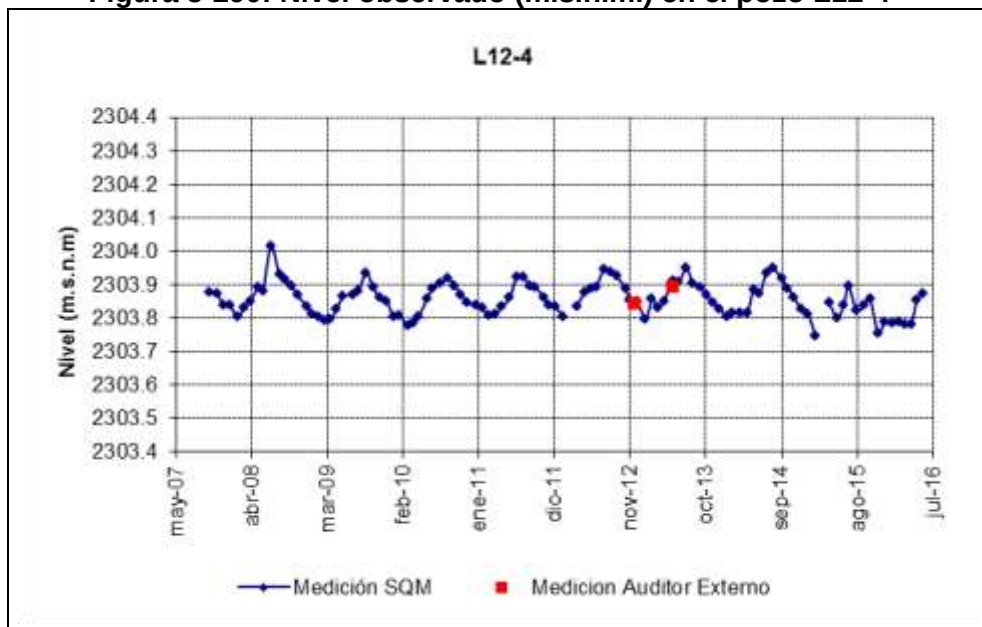
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-289: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-3



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-290: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L12-4



Fuente: Elaboración propia.

5.2.6 Sistema Núcleo del Salar de Atacama

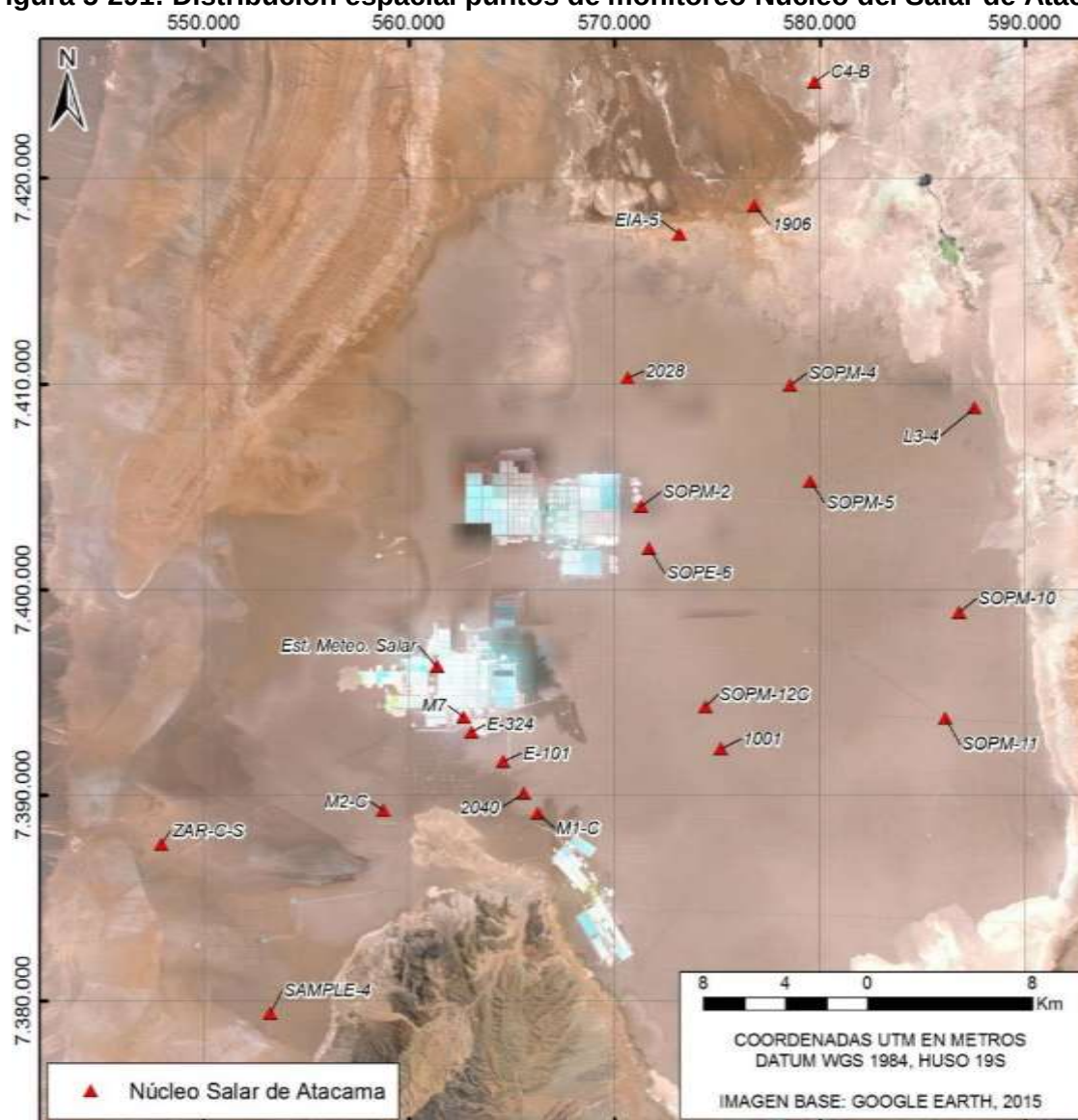
Los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama se encuentran entre las coordenadas 7.425.000 a 7.379.000 norte y 547.000 a 588.000 este. En la Figura 5-291 se muestra la distribución geográfica de dichos puntos. En la Tabla 5-11 se indican los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama, siendo todos clasificados como salmuera. Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel en m.s.n.m. en formato gráfico.

Tabla 5-11: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
1001	Salmuera	Pozo profundo	284
1906	Salmuera	Pozo profundo	285
2028	Salmuera	Pozo profundo	285
2040	Salmuera	Pozo profundo	286
C4-B	Salmuera	Pozo somero	286
M1-C	Salmuera	Pozo profundo	287
M2-C	Salmuera	Pozo profundo	287
M7	Salmuera	Pozo profundo	288
E-101	Salmuera	Pozo profundo	288
E-324	Salmuera	Pozo profundo	289
EIA-5	Salmuera	Pozo profundo	289
Sample-4	Salmuera	Pozo somero	290
SOPE-6	Salmuera	Pozo profundo	290
SOPM -02	Salmuera	Pozo profundo	291
SOPM -04	Salmuera	Pozo profundo	291
SOPM -05	Salmuera	Pozo profundo	292
SOPM-10	Salmuera	Pozo profundo	292
SOPM -11	Salmuera	Pozo somero	293
SOPM -12C	Salmuera	Pozo profundo	293
Zar-C-S	Salmuera	Pozo somero	294
Estación meteorológica KCI	Salmuera	Estación meteorológica	294

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-291: Distribución espacial puntos de monitoreo Núcleo del Salar de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

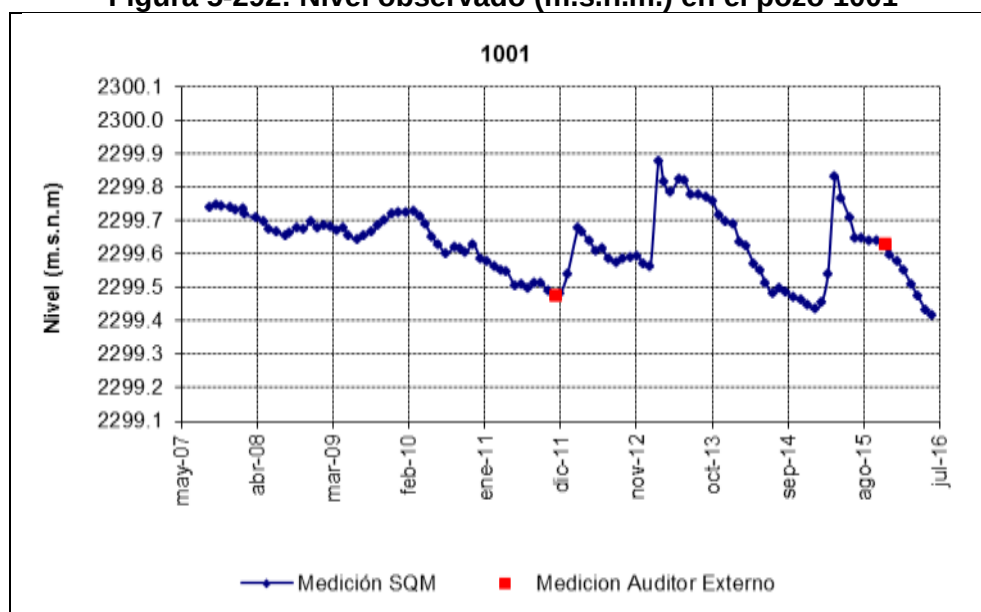
5.2.6.1 Nivel de la salmuera subterránea

En esta sección se presenta los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Núcleo del Salar de Atacama (Figura 5-292 a Figura 5-311).

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 subcapítulo sistema Aguas de Quelana. Su gráfico puede ser consultado en la sección 5.2.2.1.

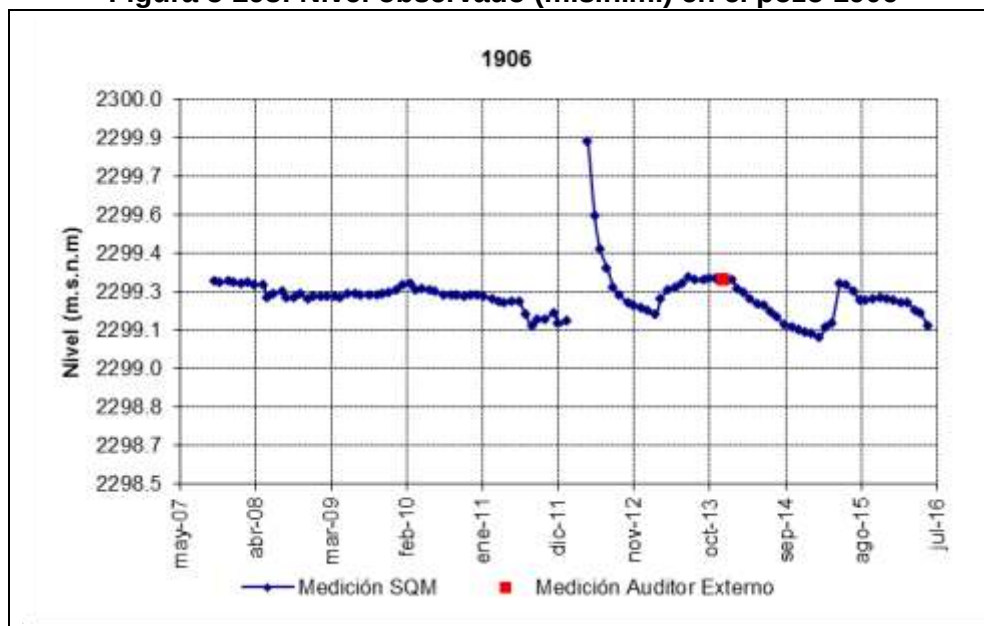
No se pudo medir los niveles en el pozo SOPM-2 en marzo del 2015 debido por el mal acceso de caminos producto de las lluvias registradas el 18 y 25 de marzo de 2015 principalmente, por otro lado en mayo 2015 no se pudo medir nivel en el pozo M-7 por encontrarse seco, al igual que los meses de enero a mayo del 2016. Cabe señalar que las fuertes variaciones de nivel del pozo M7, es producto de que se encuentra dentro del cono de depresión del pozo de bombeo de producción WM-7, el cual se encuentra a 1,5 metros de distancia, lo que genera que el pozo pueda secarse dada su profundidad y el cono de depresión que genera la extracción de salmuera.

Figura 5-292: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1001



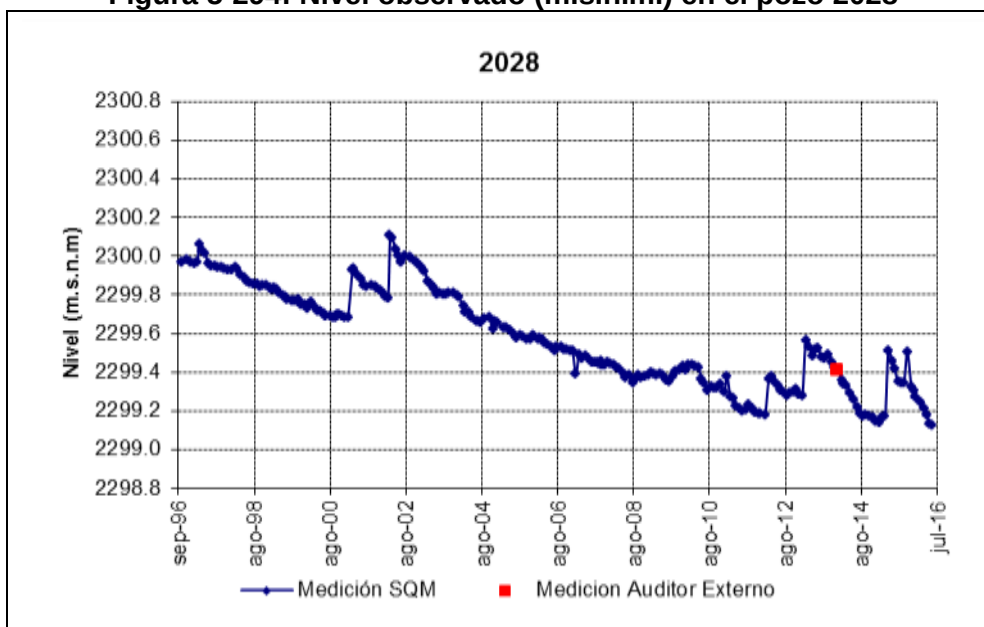
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-293: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 1906



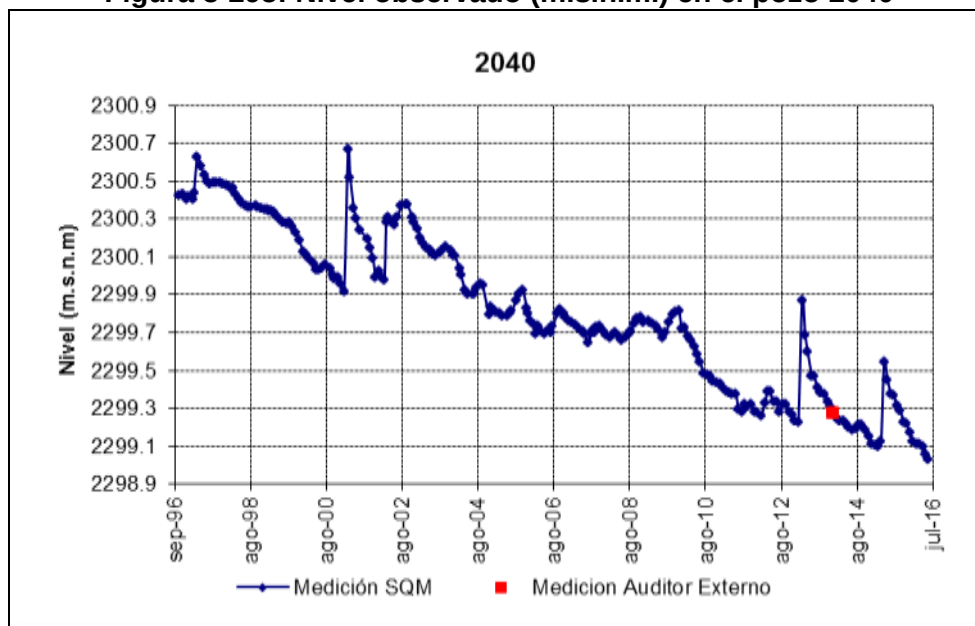
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-294: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2028



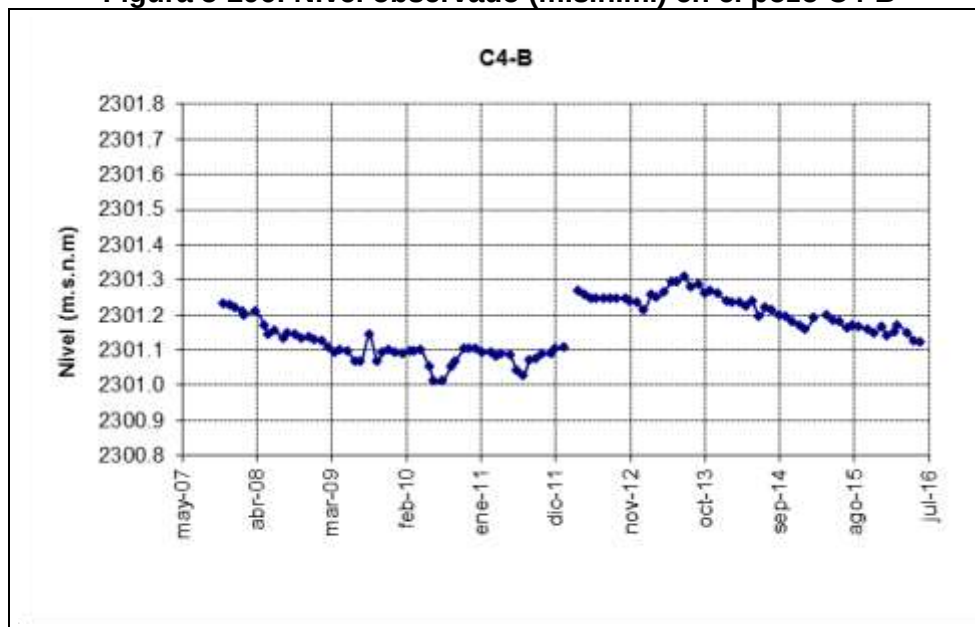
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-295: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo 2040



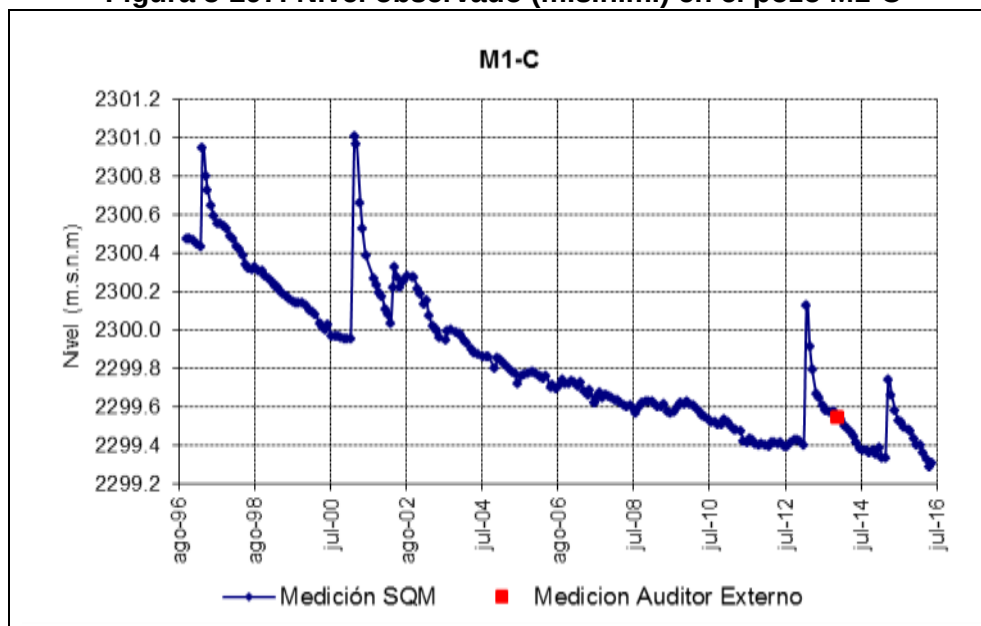
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-296: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo C4-B



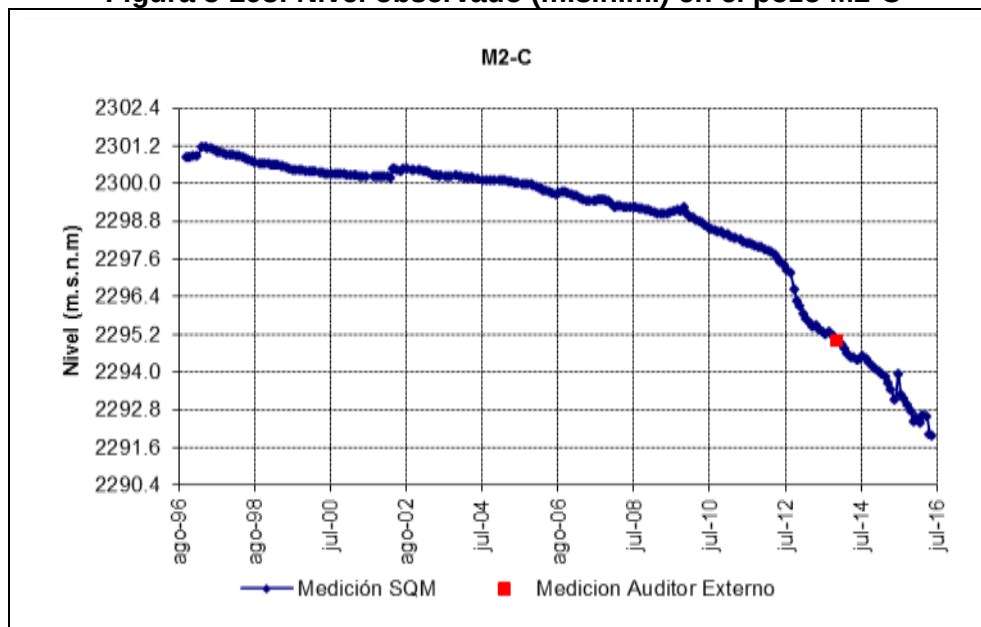
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-297: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M1-C



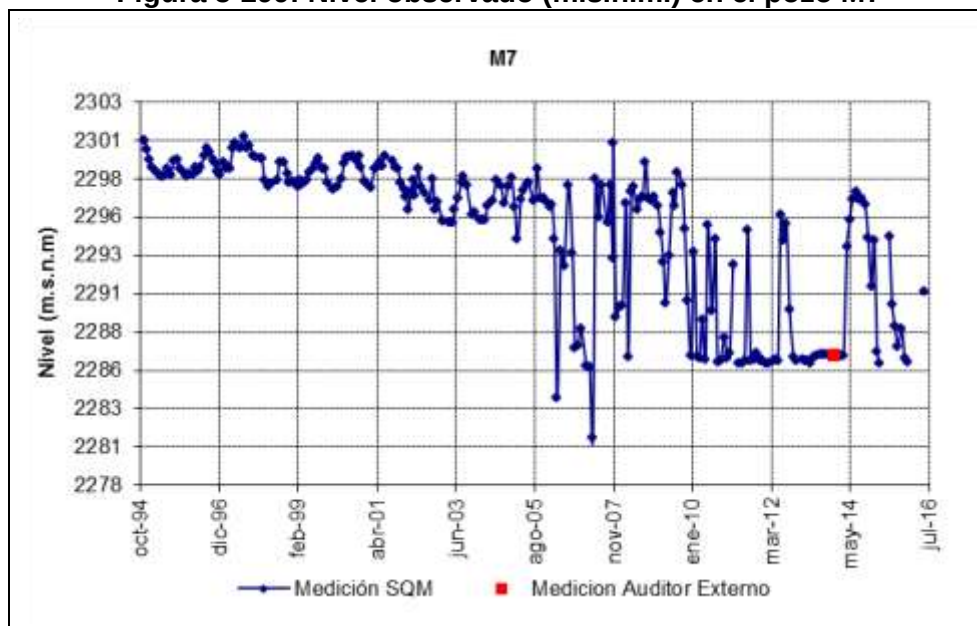
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-298: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M2-C



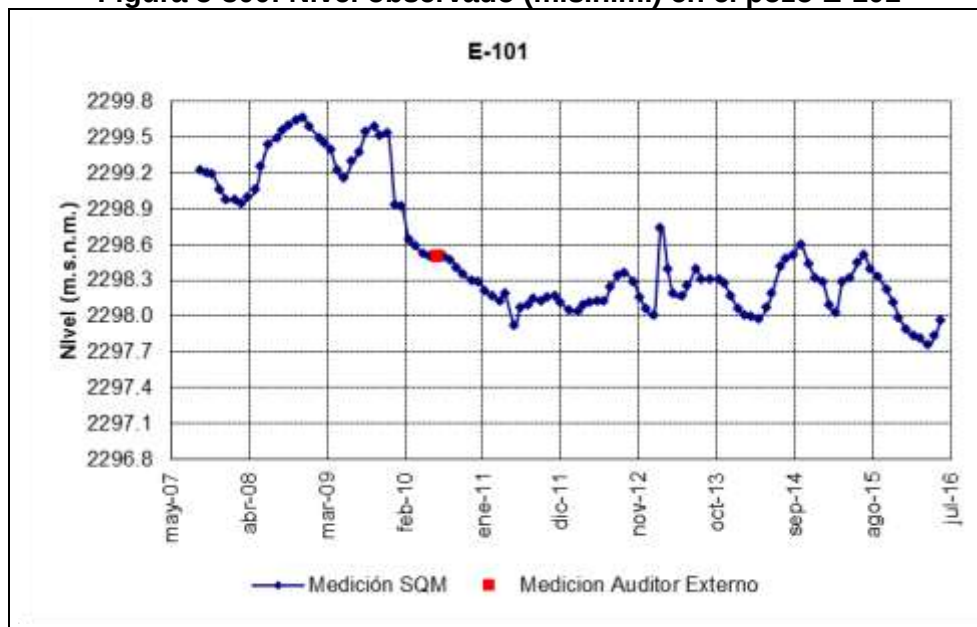
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-299: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo M7



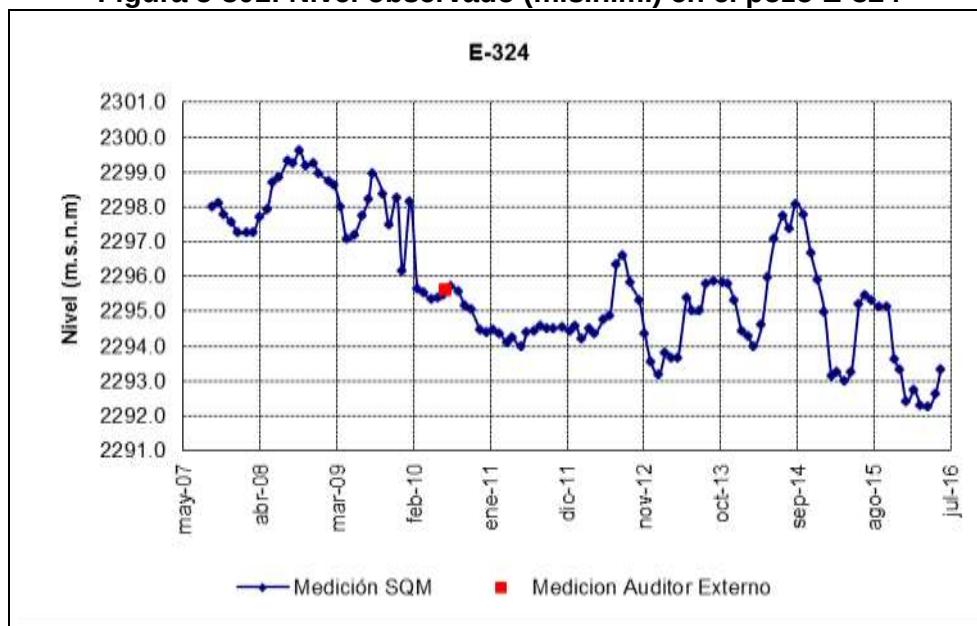
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-300: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-101



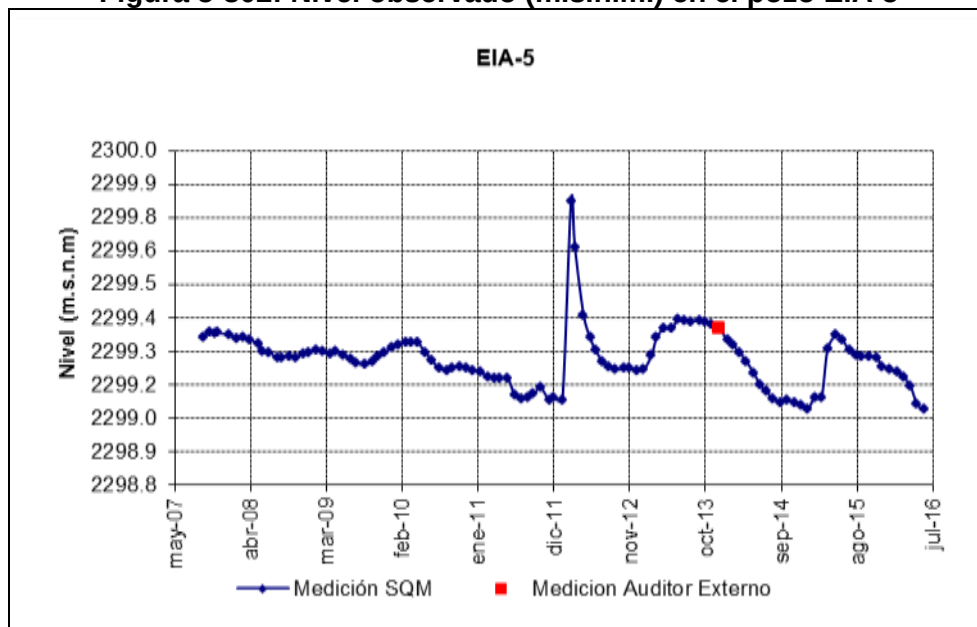
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-301: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo E-324



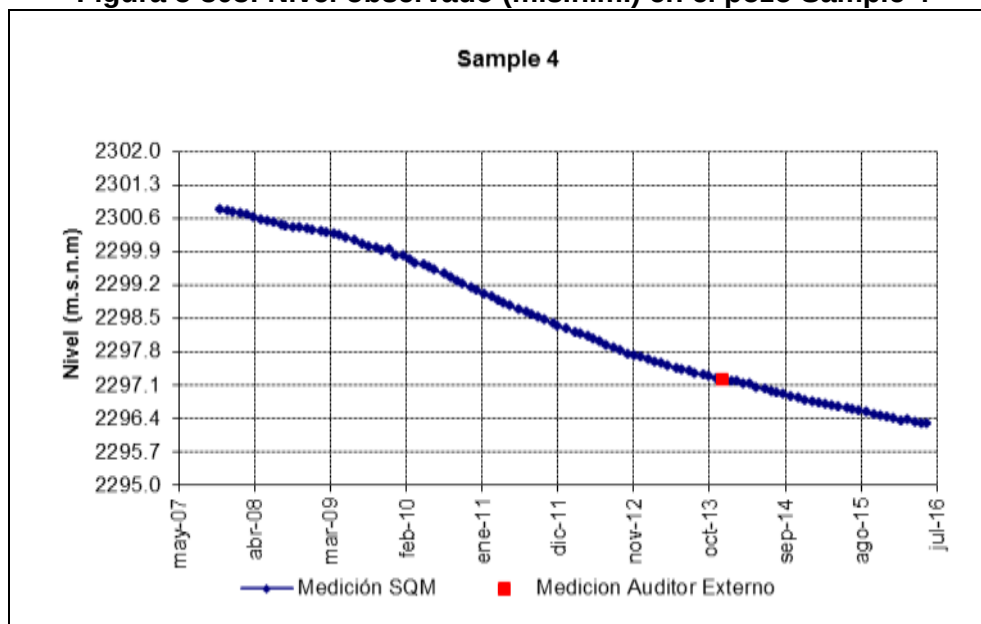
Fuente: Elaboración propia.

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



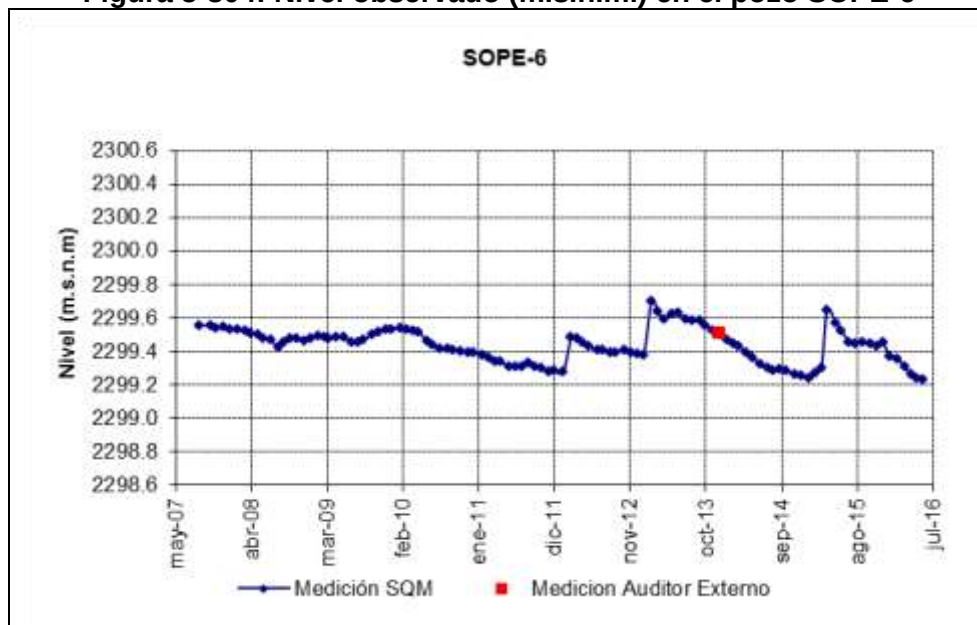
Fuente: Elaboración propia.

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



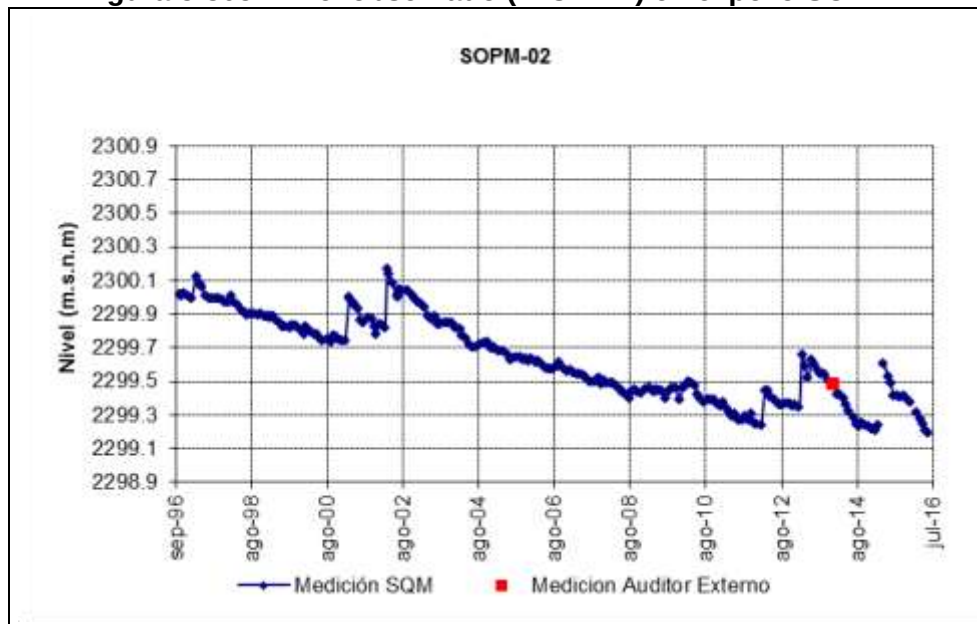
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-304: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPE-6



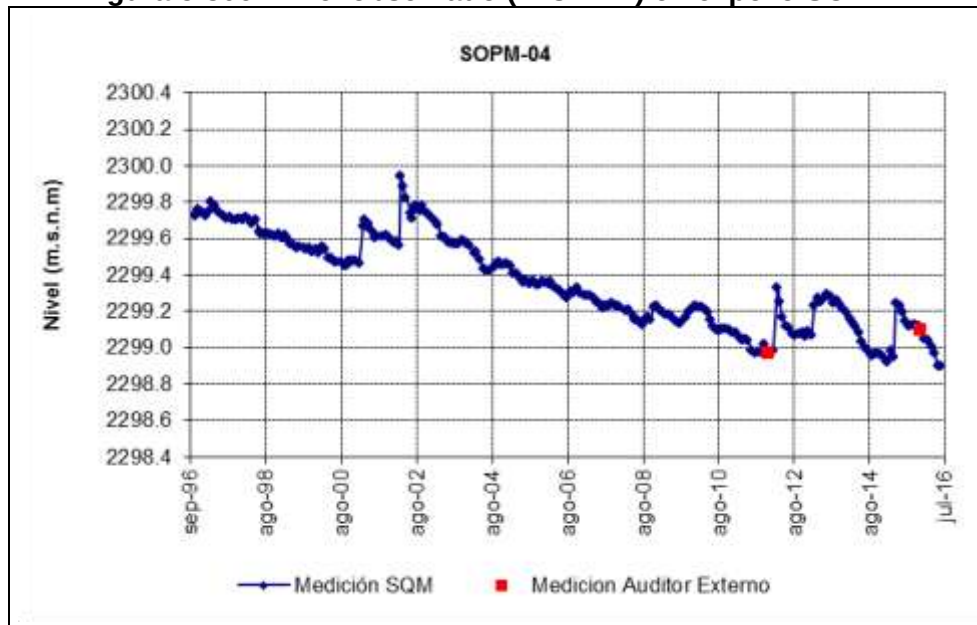
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-305: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-2



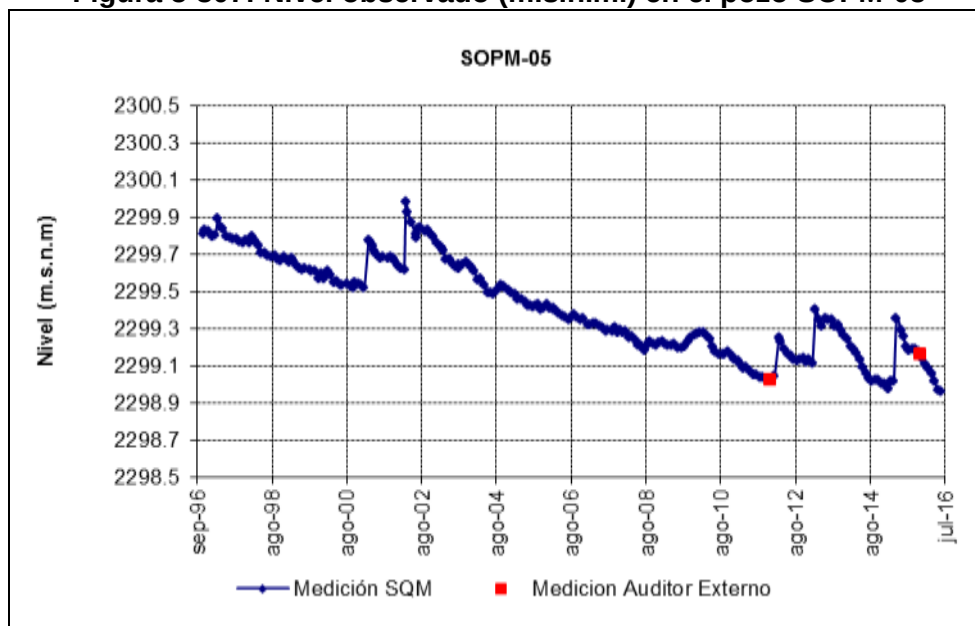
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-306: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-4



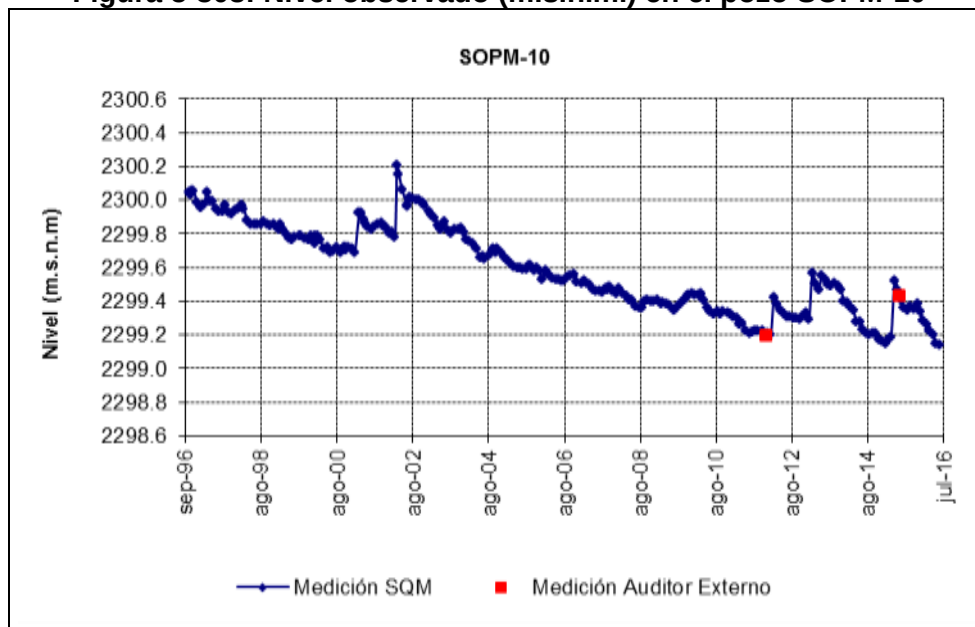
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-307: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-05



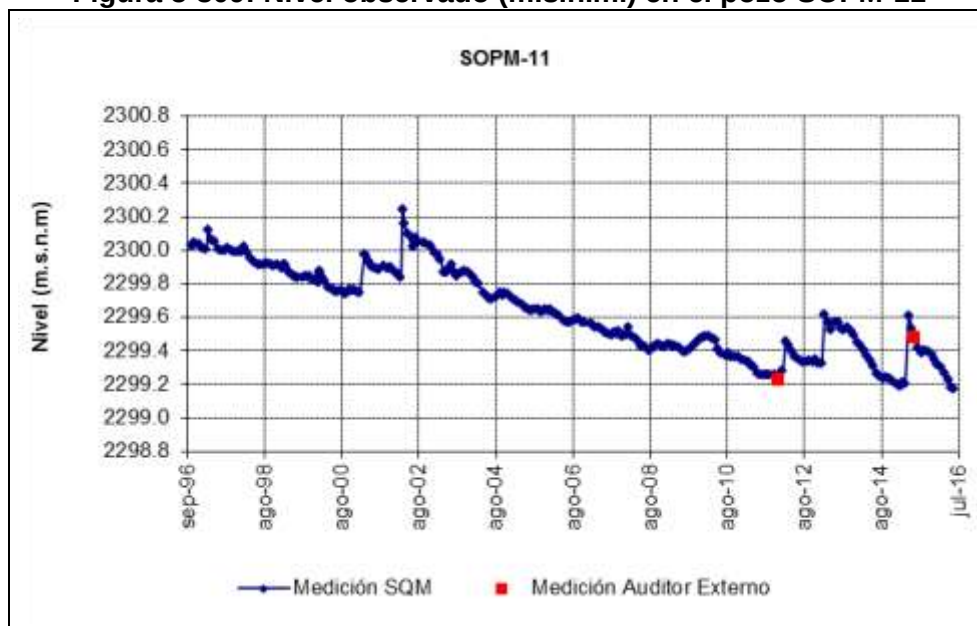
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-308: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-10



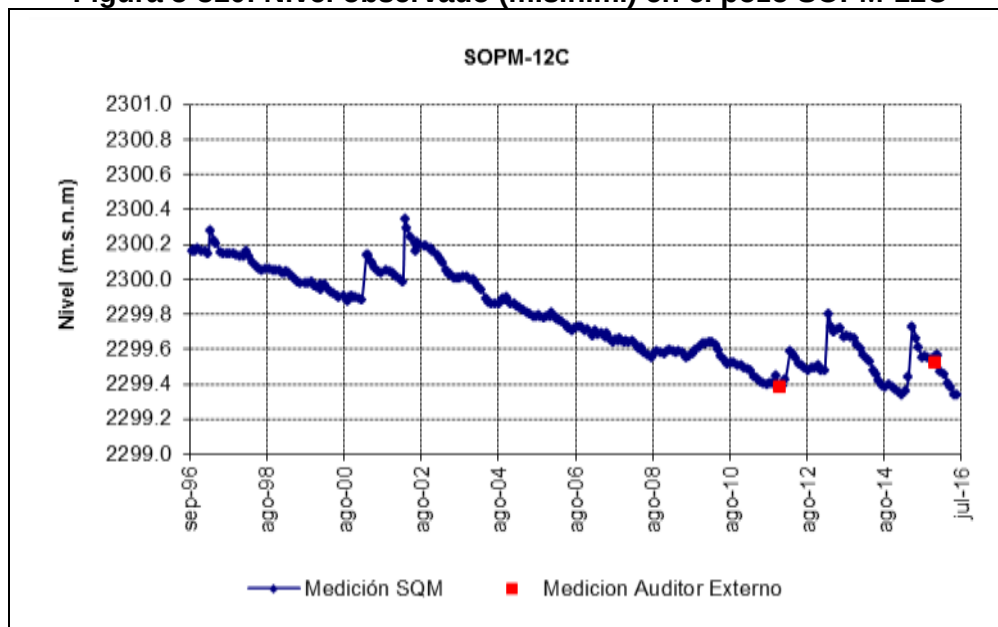
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-309: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-11



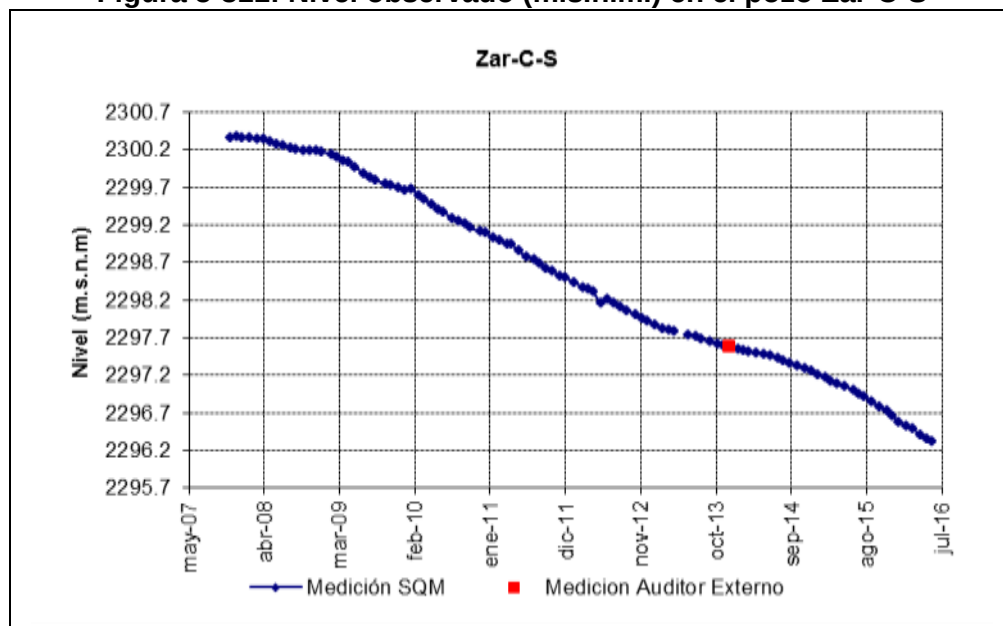
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-310: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo SOPM-12C



Fuente: Elaboración propia.

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

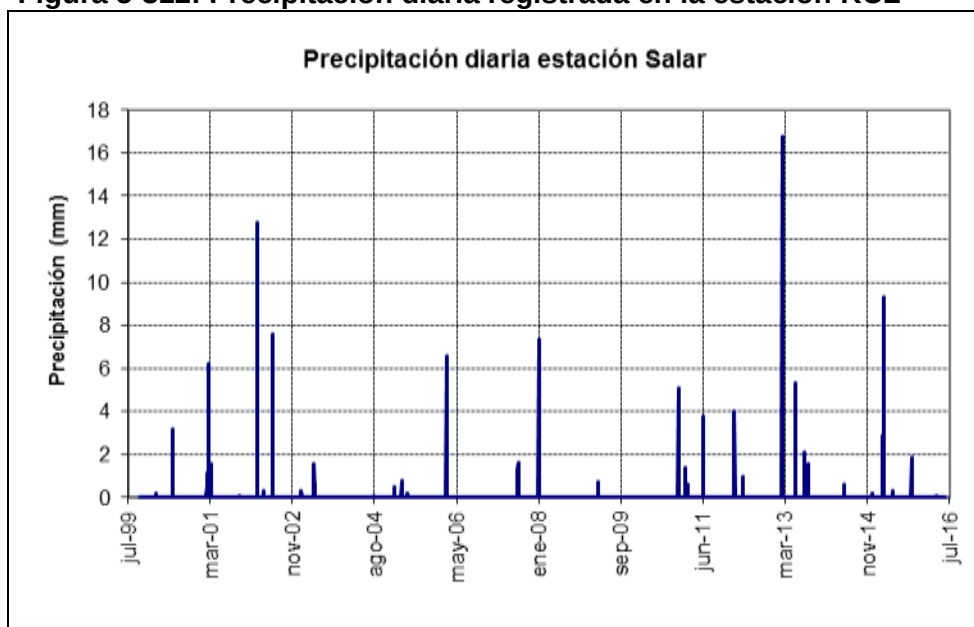


Fuente: Elaboración propia.

5.2.6.2 Meteorología

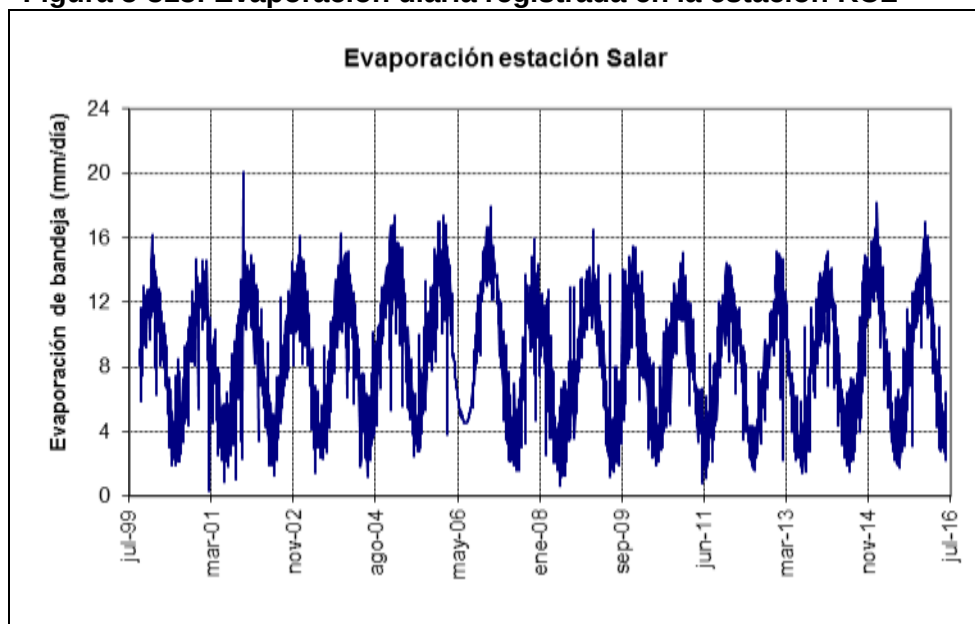
Entre la Figura 5-312 y la Figura 5-315 se presenta las variables registradas por la estación meteorológica KCL.

Figura 5-312: Precipitación diaria registrada en la estación KCL



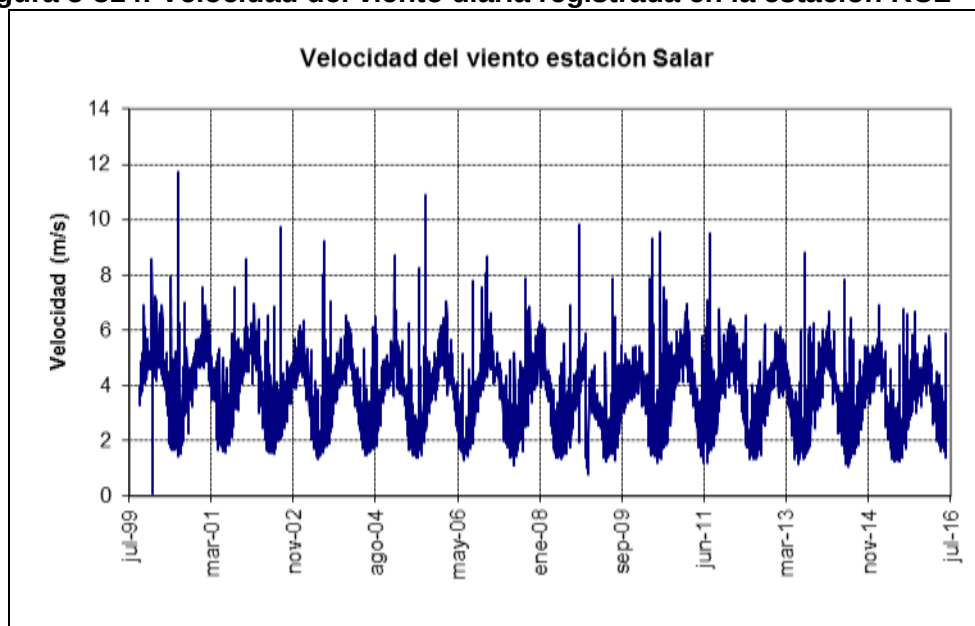
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-313: Evaporación diaria registrada en la estación KCL



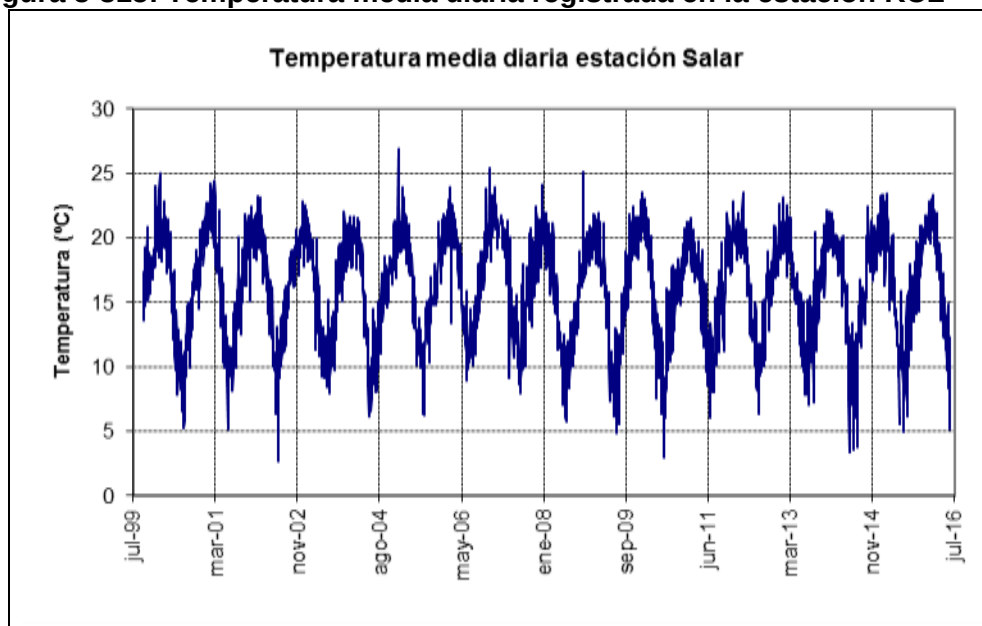
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-314: Velocidad del viento diaria registrada en la estación KCL



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-315: Temperatura media diaria registrada en la estación KCL

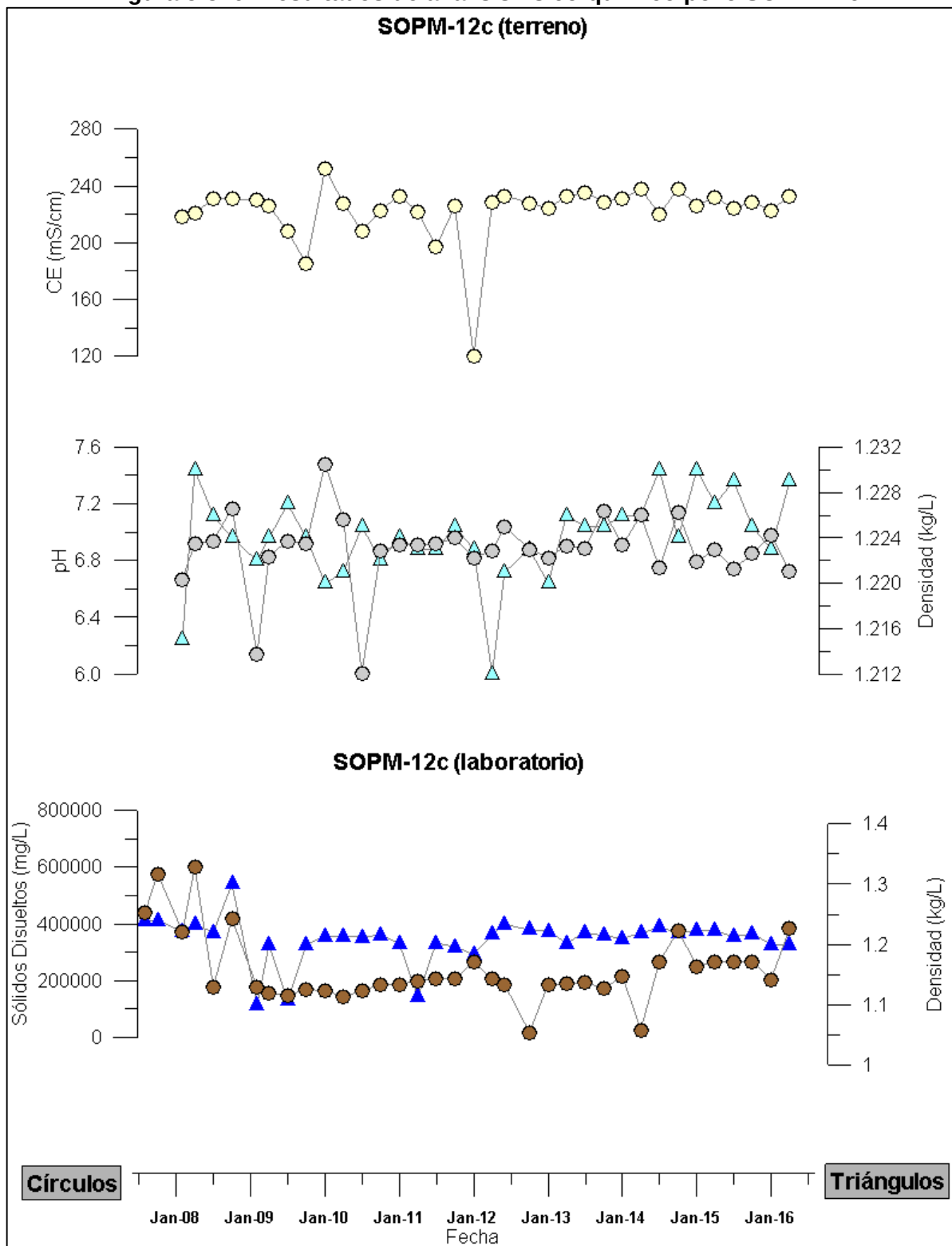


Fuente: Elaboración propia.

5.2.6.3 Calidad química

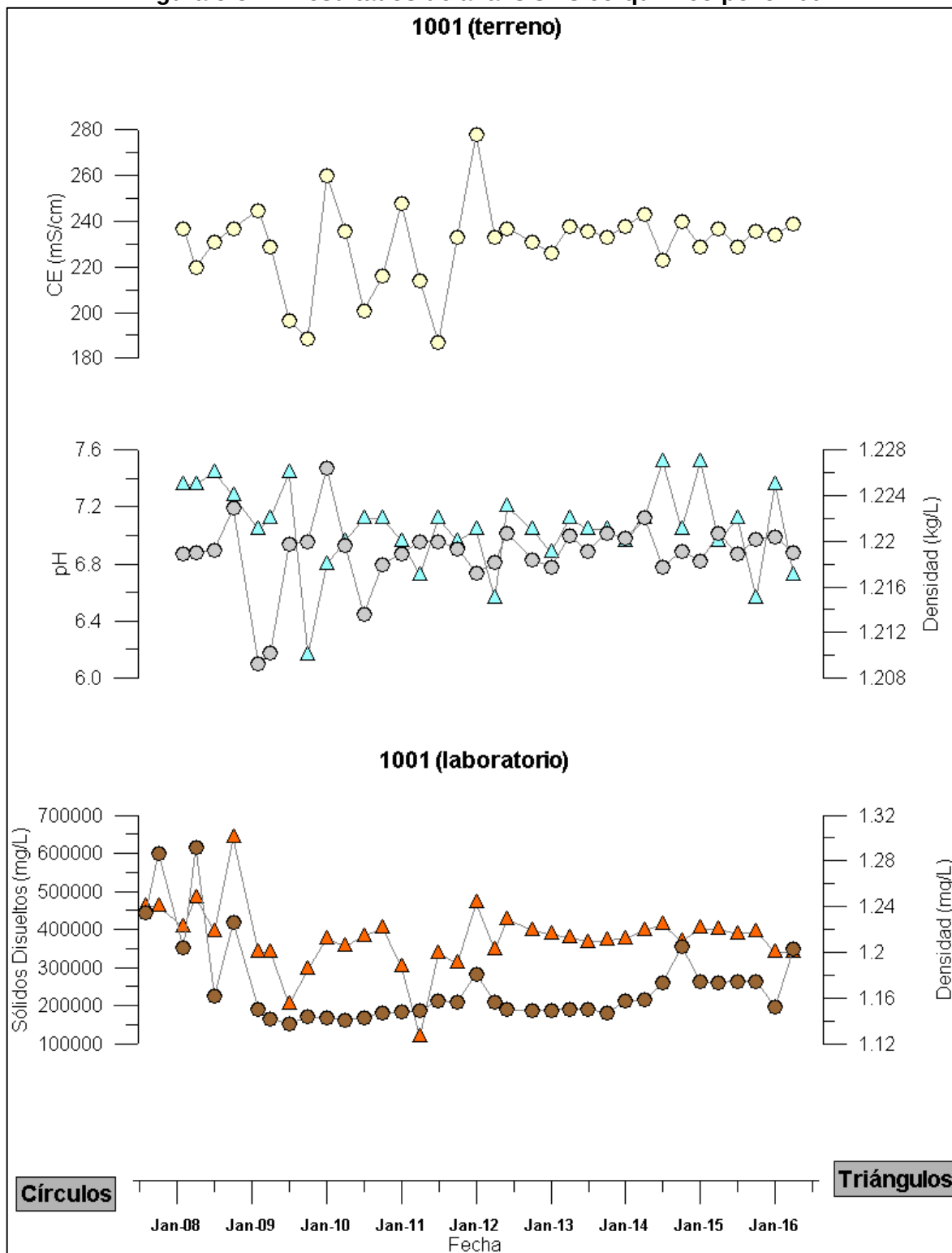
Los pozos existentes que monitorean la calidad del agua subterránea en el sistema Núcleo del Salar de Atacama son SOPM-12C y 1001, las cuales fueron analizadas por el laboratorio ALS Environmental. En el ANEXO 10 se adjuntan los informes de los análisis químicos de estos pozos. Los resultados se presentan desde la Figura 5-316 a la Figura 5-317.

Figura 5-316: Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12c



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-317: Resultados de análisis físico-químico pozo 1001



Fuente: Elaboración propia.

5.2.7 Sistema Cuña Salina

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 5-319 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 encuentra el gráfico de nivel se muestran en la Tabla 5-12. 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 5.2.3.1. Los pozos clasificados como cuña están emplazados íntegramente en la zona marginal y su nivel se presentan entre las Figura 5-320 y Figura 5-329.

No fue posible medir el pozo Cuña 7 en febrero de 2015 por restricción de acceso a sector por presencia de flamencos en etapa de reproducción.

Dentro del periodo correspondiente al presente informe, Arcadis realizó visitas y validaciones (junio 2016) en este sistema en los pozos Cuña 6 y Cuña 7.

Tabla 5-12: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Profundidad (m)	Página
Cuña 1	Zona marginal	Pozo cuña	22	302 y 304
Cuña 2	Zona marginal	Pozo cuña	24	302 y 304
Cuña 3	Zona marginal	Pozo cuña	140	303 y 304
Cuña 4	Zona marginal	Pozo cuña	95	304 304y 306
Cuña 5	Zona marginal	Pozo cuña	38	304 y 306
L4-3	Zona marginal	Pozo cuña	95	305 y 306
Cuña 6	Zona marginal	Pozo cuña	122	307 y 308
Cuña 7	Zona marginal	Pozo cuña	42	307y 308
L10-1	Zona marginal	Pozo cuña	162	234 y 308

Fuente: Elaboración propia.

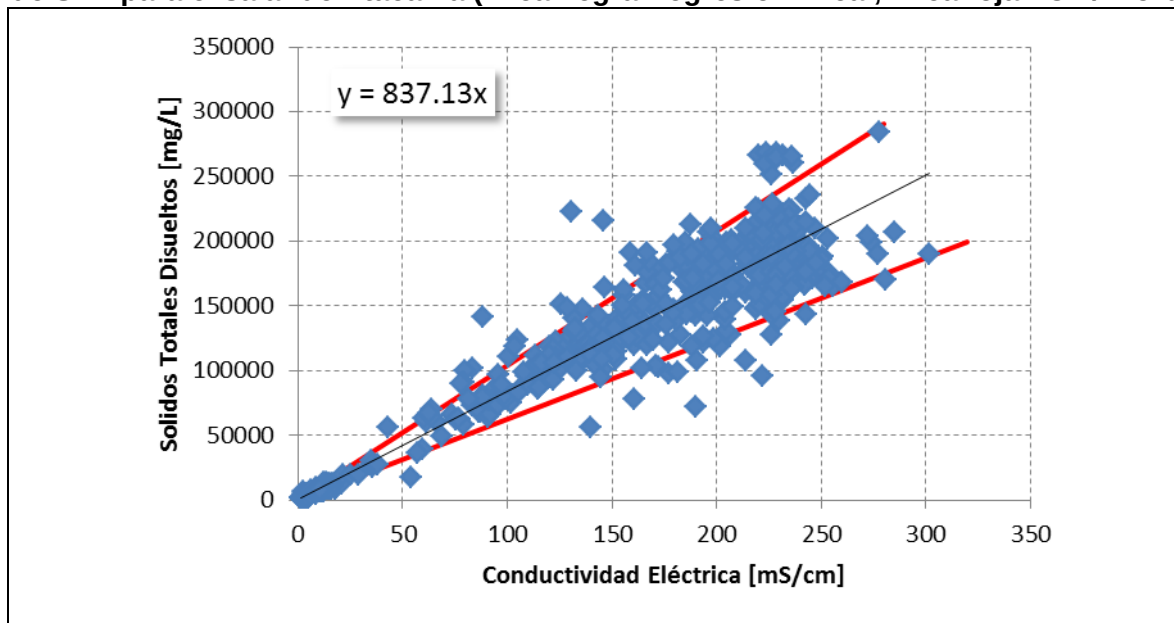
Tal como se señaló en el capítulo de descripción de la zona de estudio, el sistema Cuña Salina presenta la particularidad de estar conformado por un acuífero superior de agua dulce proveniente de las zonas de recarga ubicadas al oriente del salar y un acuífero inferior denominado cuña salina que se adentra por debajo del acuífero de agua dulce, por lo que un pozo que esté ubicado en este sector puede atravesar ambas zonas.

Para efectos de simplificar el análisis y definir los límites de ambos sectores se ha utilizado el criterio presentado por Fetter (2001) para clasificar aguas de acuerdo a su salinidad. Cabe señalar que para la primera categoría (agua dulce), se modificó la clasificación propuesta por Fetter, de modo de adoptar la recomendación propuesta para zonas áridas, que considera como límite superior 3.000 mg/L de sólidos disueltos totales (SDT) para dicha categoría (Tabla 5-13). Adicionalmente, para efectos de mejorar la presentación de los resultados en los

gráficos, se unieron las categorías intermedias entre agua fresca y salmuera, de manera de generar una zona de transición (Tabla 5-14). Los valores utilizados se presentan además expresados en unidades de conductividad eléctrica en la Tabla 5-14, en base a la relación empírica de la Figura 5-318.

El monitoreo del sistema Cuña Salina se realiza a través de la medición de la conductividad eléctrica del agua subterránea. Para expresar estas mediciones en términos de sólidos disueltos totales, se utilizó una curva construida en base a mediciones realizadas en el salar de Atacama y que se aprecia en la Figura 5-318.

Figura 5-318: Relación empírica entre la CE del agua subterránea y la concentración de SDT para el salar de Atacama (línea negra: regresión lineal; línea roja: IC +/- 75%)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-13: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de SDT

Fetter		Fetter Modificado	
Categoría	Rango SDT [mg/L]	Categoría	Rango SDT [mg/L]
Agua fresca	0-1.000	Agua fresca	0-3.000
Aguas salobres	1.000-10.000	Zona de transición	3.000-100.000
Aguas saladas	10.000-100.000		
Salmuera	>100.000	Salmuera	>100.000

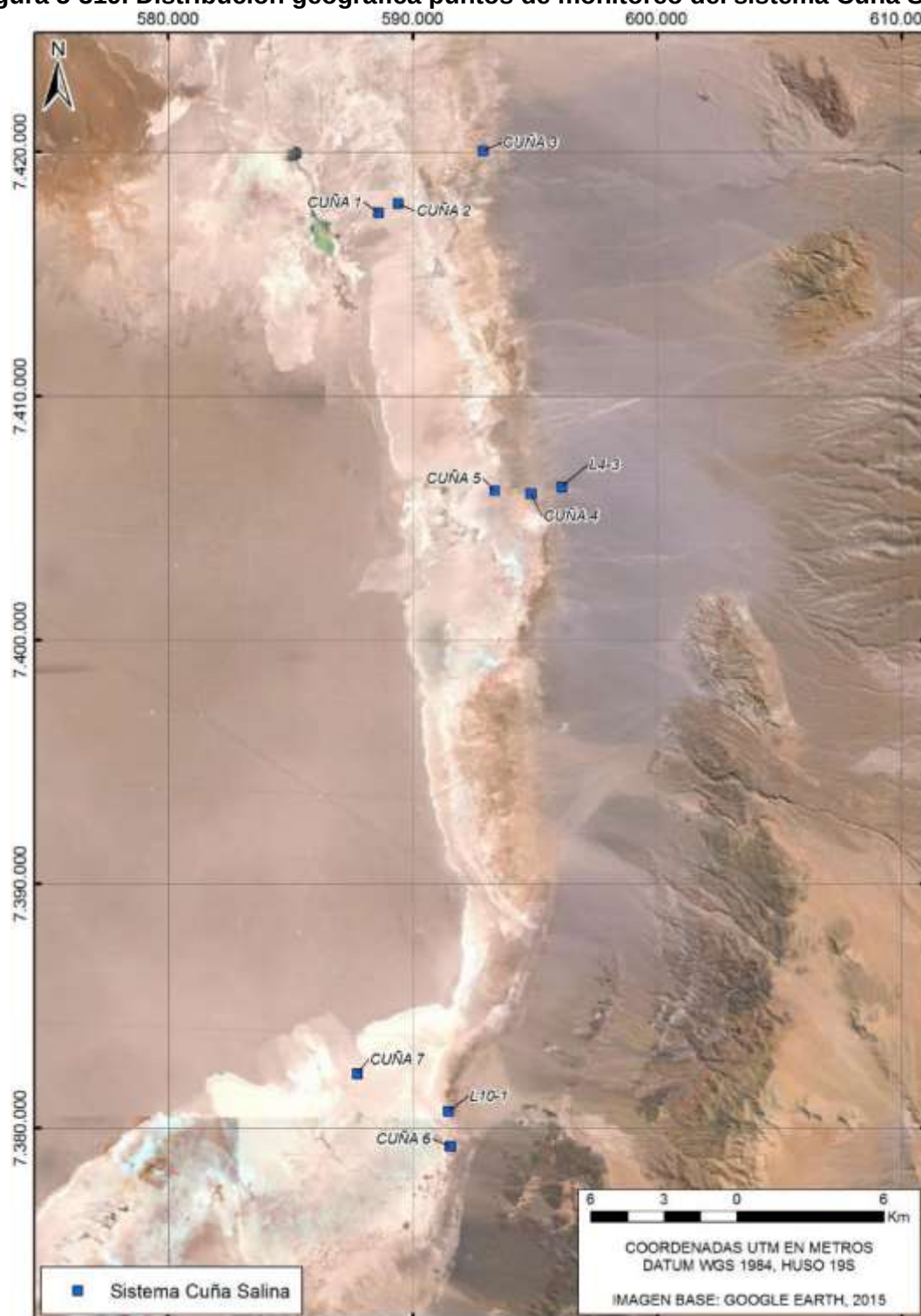
Fuente: Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall

Tabla 5-14: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de CE

Categoría	Rango [mS/cm]
Agua fresca	0 – 3,6
Zona de transición	3,6 – 120
Salmuera	> 120

Fuente: Elaboración propia.

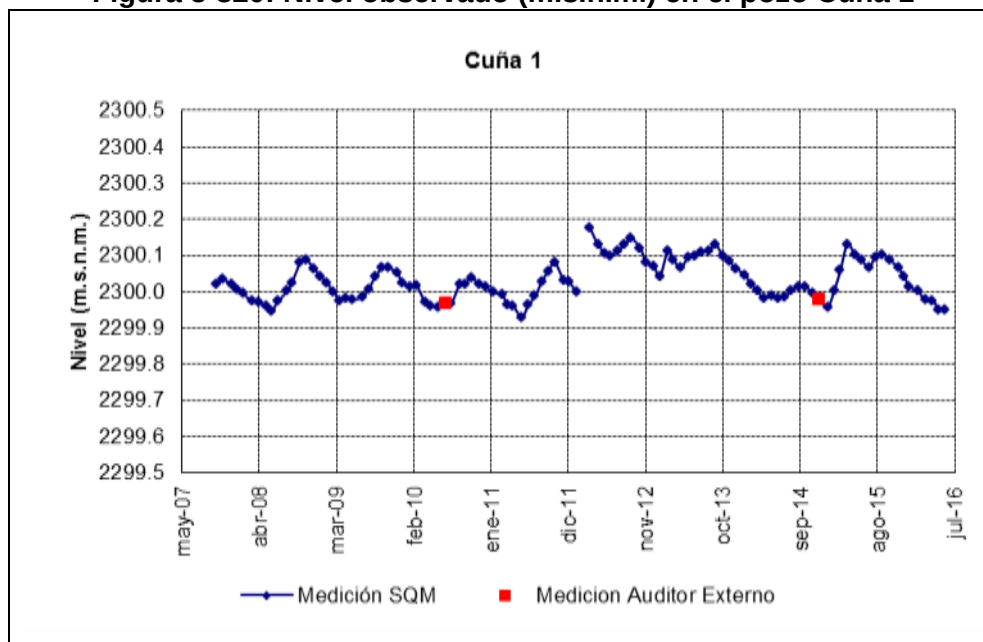
Figura 5-319. Distribución geográfica puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.



Fuente: Elaboración propia.

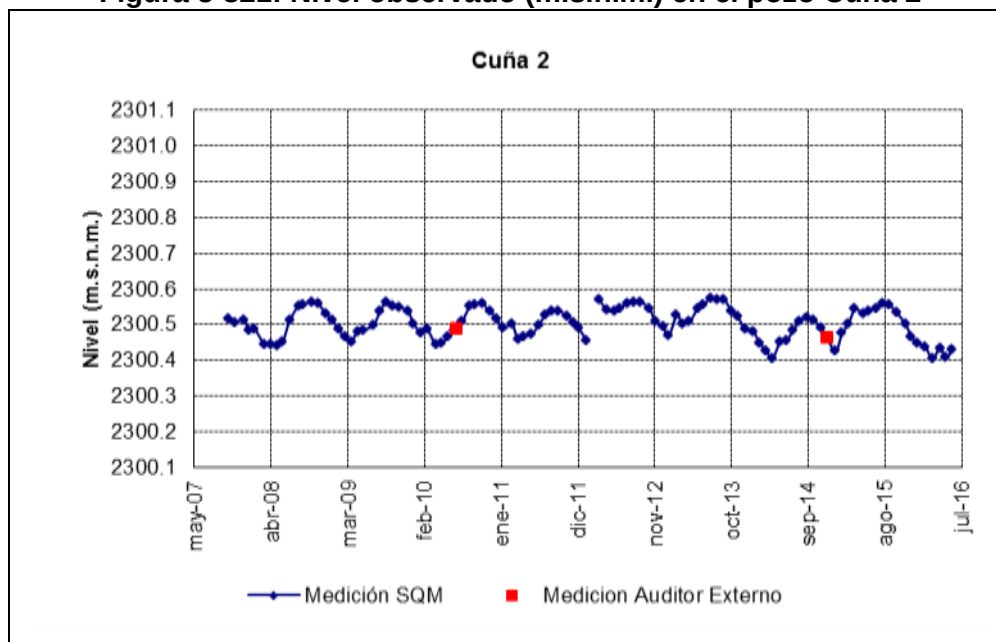
SQM Salar realizó mediciones del perfil de conductividad en todos los pozos listados en la Tabla 5-12. Estos perfiles se presentan en la Figura 5-323, Figura 5-327 y Figura 5-330.

Figura 5-320: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 1



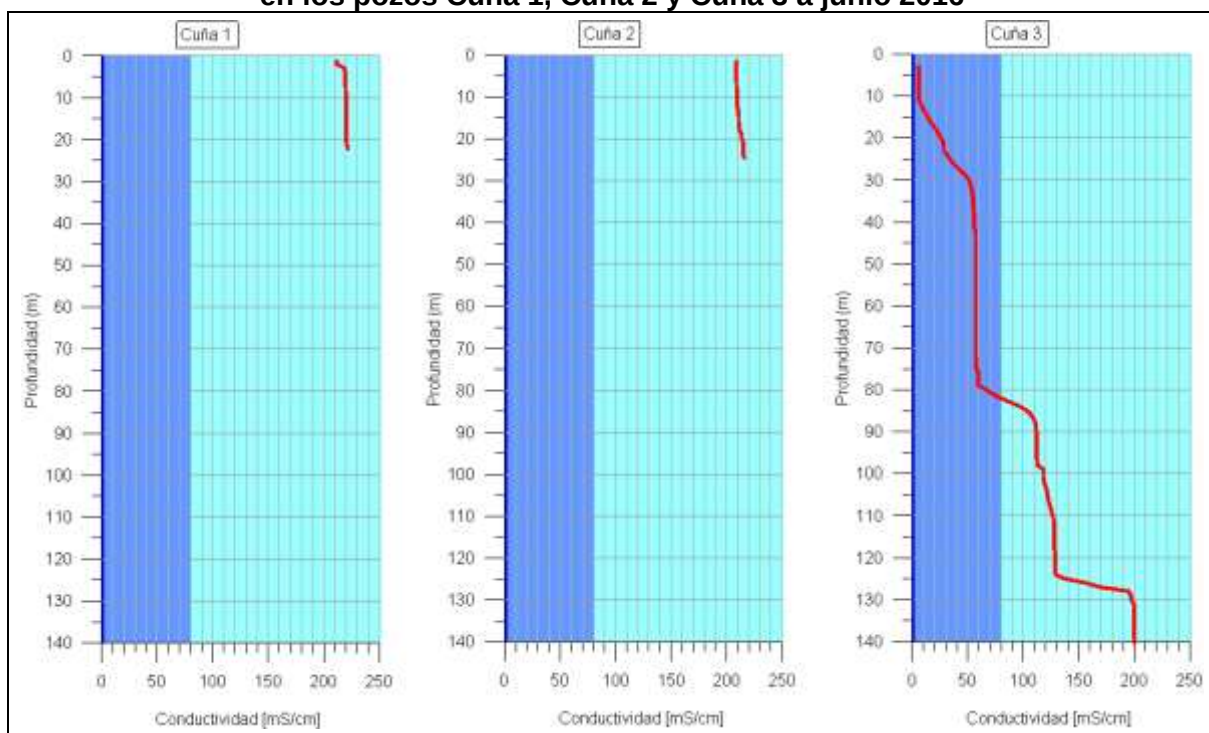
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-321: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 2



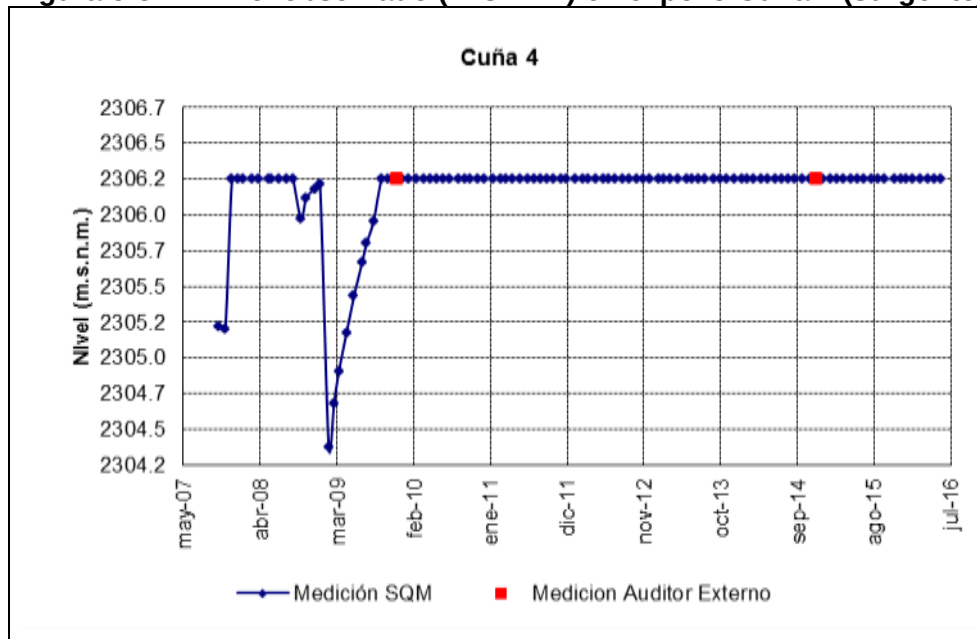
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-323: Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a junio 2016



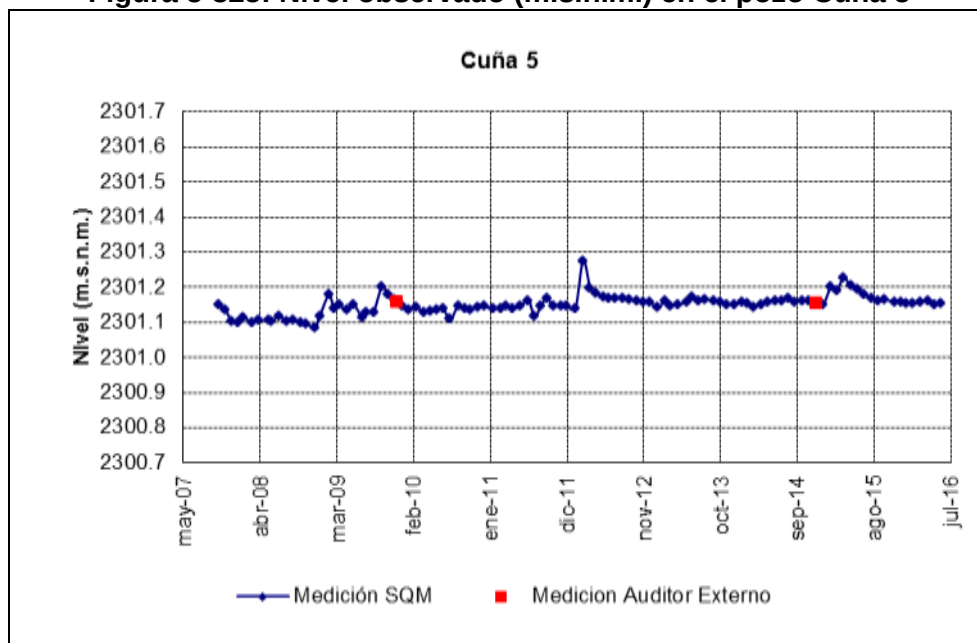
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-324: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 4 (surgente)



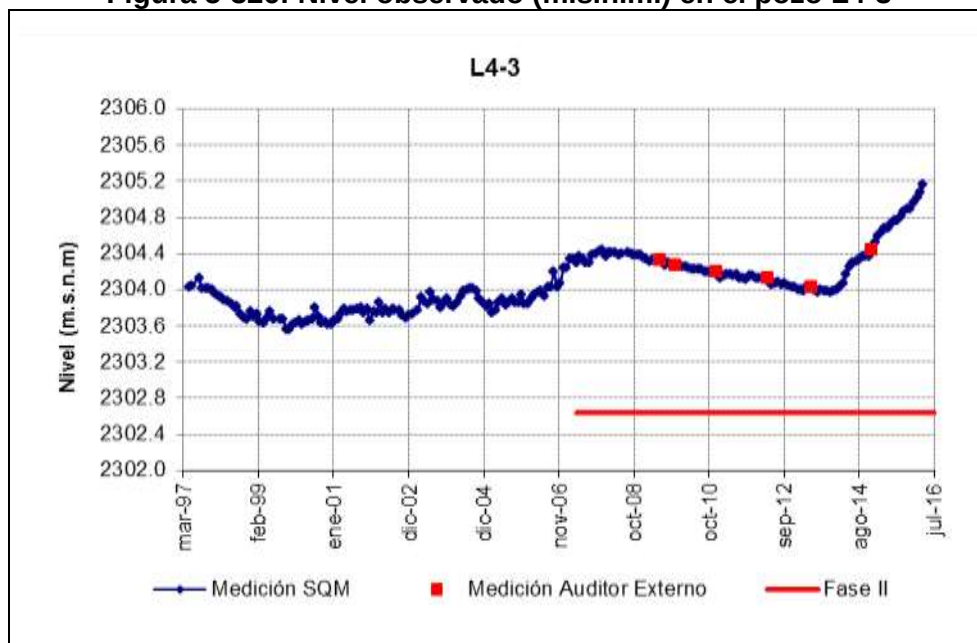
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-325: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 5



Fuente: Elaboración propia.

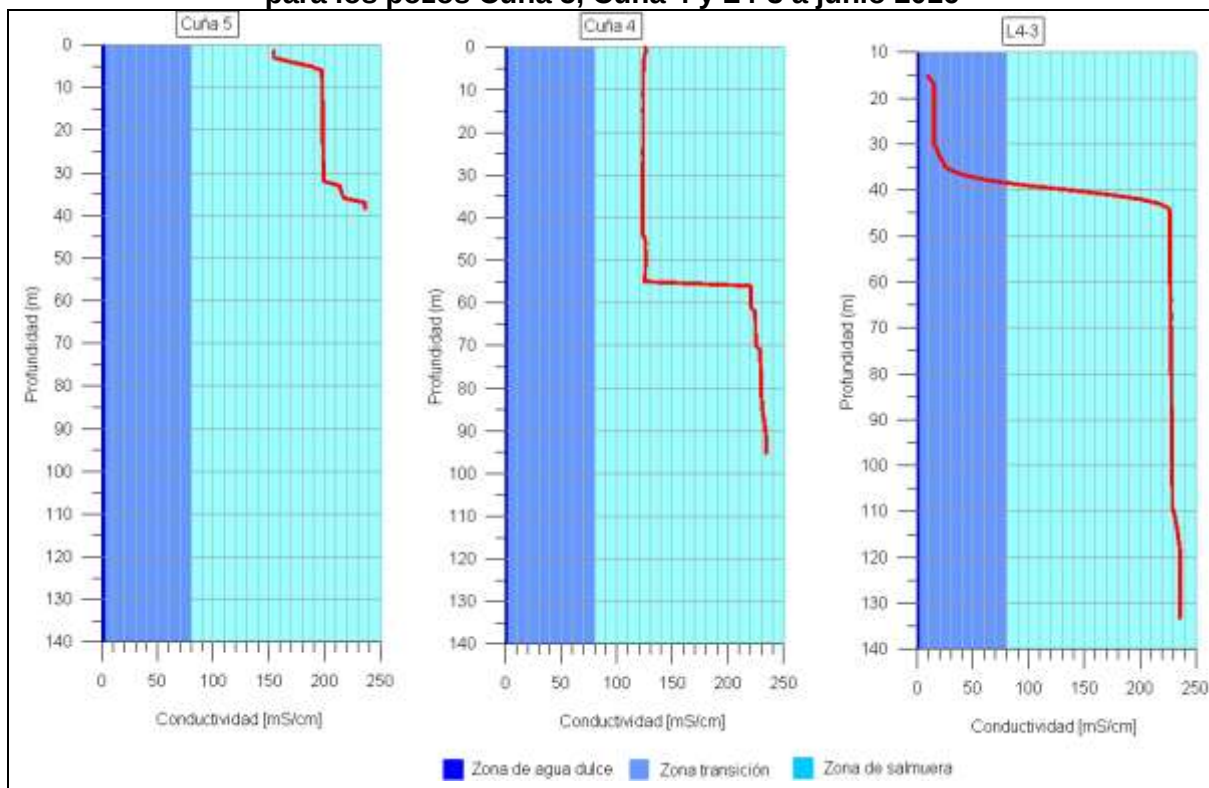
Figura 5-326: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo L4-3



Fuente: Elaboración propia.

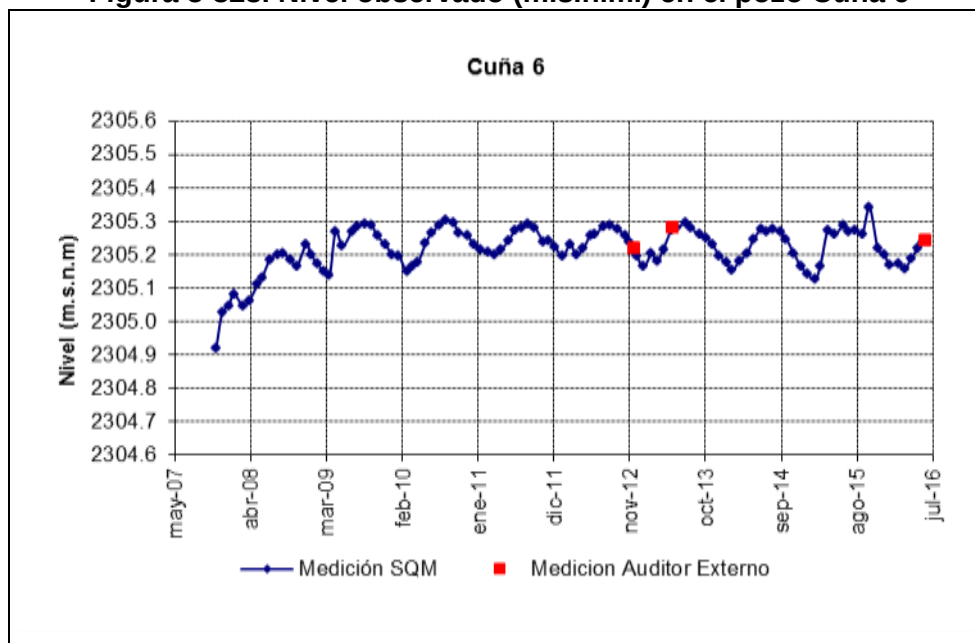
La Figura 5-327 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3. Se aprecia que el pozo Cuña 4 y Cuña 5 se ubican totalmente dentro de la zona de salmuera y el pozo L4-3 inicialmente se encuentra en la zona de transición (hasta los 40 m de profundidad aprox.) para luego ubicarse dentro de la zona de salmuera.

Figura 5-327. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a junio 2016



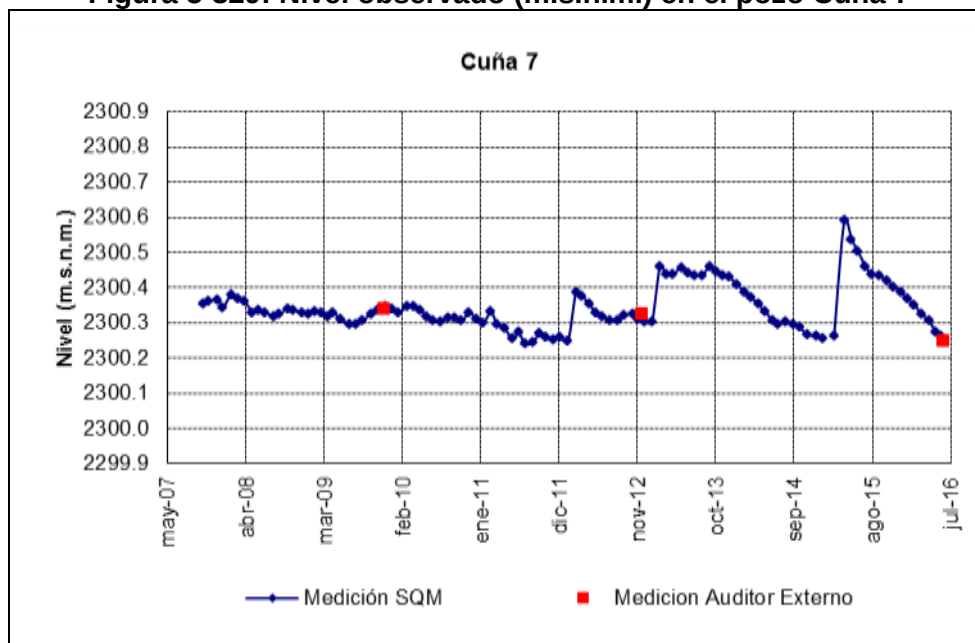
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-328. Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 6



Fuente: Elaboración propia.

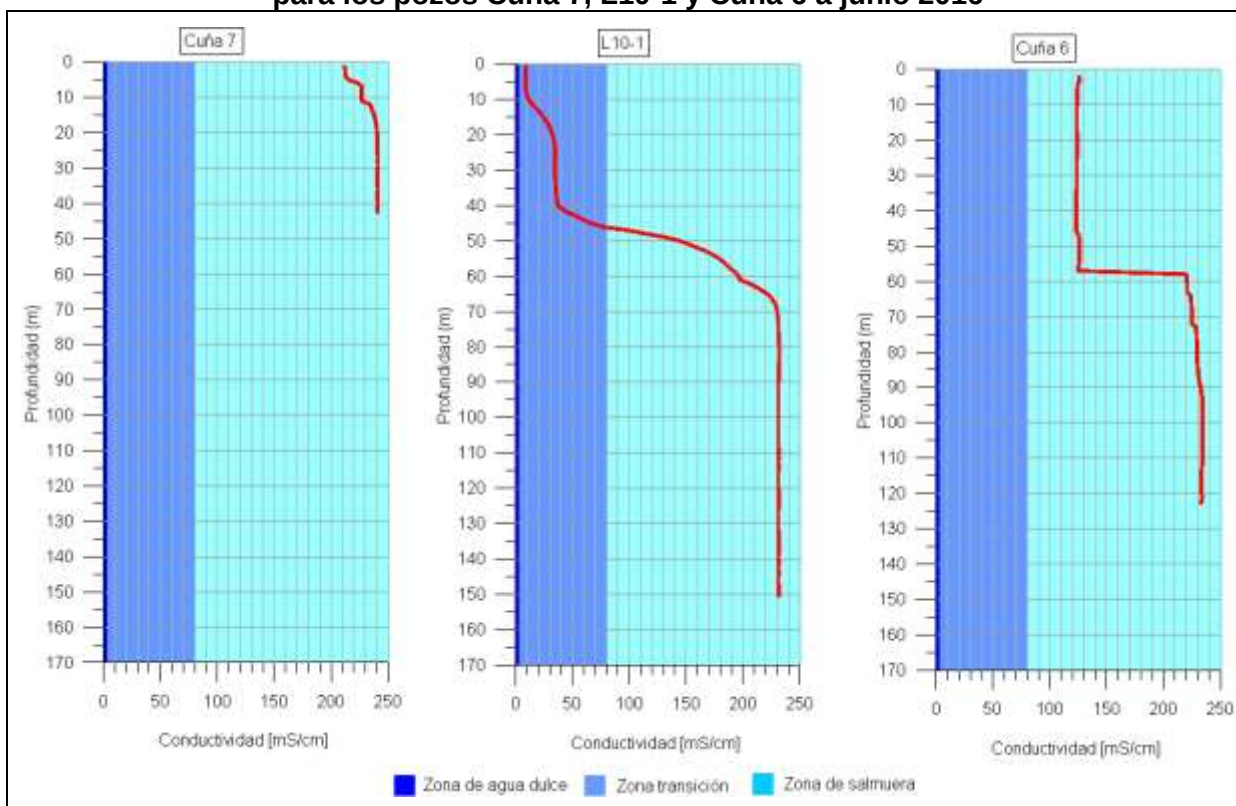
Figura 5-329: Nivel observado (m.s.n.m.) en el pozo Cuña 7



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5-330 presenta los perfiles de conductividad eléctrica de los pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1. El pozo Cuña 7 se encuentra ubicado en la zona de salmuera a lo largo de toda su extensión, mientras que el pozo Cuña L10-1 se extiende por la zona de transición hasta los 45 m aproximadamente, luego de lo cual se supera el umbral de 120,3 mS/cm que define la zona de salmuera por los 103 metros restantes. En el pozo Cuña 6 la zona de transición se extiende hasta los 55 metros aproximadamente, mientras que en profundidades mayores se detectó la zona de salmuera, llegando a una profundidad de 122 m.

Figura 5-330. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 a junio 2016



Fuente: Elaboración propia.

6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado de discusión se presenta un comentario general sobre los parámetros ambientales observados a través del PSAH, actualizado al mes de junio de 2016 y se ponen en contexto de forma separada para cada sistema de acuerdo a los elementos con valor ambiental presentes en cada uno de ellos.

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 algunos pozos de la zona aluvial. 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, aunque de manera particular el pozo L1-2 presenta un retardo en el cambio de pendiente de aproximadamente un año. En aquellos pozos más cercanos a las zonas de bombeo de agua industrial (L1-1, L2-2), el descenso es claro, sin embargo aquellos pozos más lejanos de la zona de bombeo de agua industrial muestran un efecto mínimo, como es el caso de los pozos L1-3, L2-7 y L7-6. Para aquellos que están aguas abajo de los pozos de bombeo de agua industrial la afectación parece nula (L7-14, L2-25, pertenecientes al monitoreo del sistema Vegetación Borde Este).

Durante el primer semestre de 2016 se observa cómo los niveles continúan con una tendencia de leve descenso, en los pozos de observación L1-1, L1-2, L2-2, L2-3, L2-7, L7-1, L7-2 y L7-6. En el pozo de bombeo de agua industrial Mullay 1 el nivel dinámico presenta una tendencia a la estabilización durante el primer semestre de 2016, en el caso del pozo Allana, se observa una leve tendencia de ascenso del nivel dinámico.

Los efectos del bombeo se observan con tasas de descenso mayores en los pozos más cercanos a la extracción, como es lo esperado, además durante los últimos años se nota una disminución en la tasa de descensos en estos pozos tendiendo a su estabilización.

6.1.1.2 Pozos en zona marginal

En esta zona se observa, que los pozos ubicados más hacia el este, en el margen con la zona aluvial, donde se encuentran los pozos de bombeo de agua industrial, tienen como respuesta una tasa de descenso mayor en cuanto aumenta su proximidad con la zona de extracción, con un desfase en el tiempo de acuerdo a lo esperado. Este descenso se detiene e incluso se recupera cuando ocurren precipitaciones importantes como en los veranos de los años 2012, 2013 y 2015. Por el contrario, durante el año 2014 la ausencia de precipitaciones significativas se traduce en una disminución continua de los niveles.

El comportamiento en la zona marginal se puede clasificar en tres grandes grupos. El primero incluye todos aquellos pozos que se encuentran al este de las lagunas Barros Negros y Chaxa, los cuales presentan un comportamiento al alza (como por ejemplo los pozos L7-10, L1-15,

L1-4, L1-6), esto podría ser producto del aumento de la recarga en la alta montaña en períodos más húmedos y que se reflejan durante estos últimos años. El segundo subgrupo incluye los pozos que presentan un comportamiento oscilatorio producto de la tasa de la variación de la tasa de evaporación invierno verano y con influencia de grandes ciclos húmedos y secos (Ejemplo: 1027, L7-3, L2-5, L2-4). Finalmente, el último subgrupo que se encuentra al Oeste de las lagunas, presenta un comportamiento oscilatorio estacional probablemente influenciado por las descargas de las Laguna Barros Negros (Ejemplo: L1-5, L1-8, L1-11, L2-17).

6.1.1.3 Pozos en zona del núcleo

El registro histórico de los pozos de salmuera muestra un comportamiento que presenta aumentos de nivel abruptos producto de las precipitaciones, seguido de descensos prolongados, que es un comportamiento esperado que tiene relación con la extracción de salmuera en el núcleo. Entre el año 2002 y 2011 hay una tendencia continua descendente que finaliza a principios del 2012. A partir de este año, producto de las precipitaciones se logra visualizar una ligera estabilización, manteniendo niveles superiores a los registrados antes de la precipitación del 2012.

6.1.2 Niveles de agua superficial

Los niveles de las aguas superficiales registrados en las reglillas presentan un comportamiento similar al comentado en los pozos de la zona marginal, con una clara componente estacional debido a la evaporación y no se observa descenso en estos.

Durante el año 2014 no se observa el efecto estacional en la reglilla L1-G4 observado en la época invernal desde el año 2007 al 2013. Se aprecia un descenso continuado de los niveles, sin embargo, a partir de marzo de 2015 el nivel aumenta hasta máximos observados en los años anteriores. En el primer semestre de 2015 el nivel de agua en la reglilla L1-G4 aumenta el nivel recuperando la oscilación de estacionalidad observada en el registro histórico producto de las precipitaciones directas en el sector, no así el primer semestre del 2016, donde se observa una tendencia a la baja de nivel.

En la reglilla L7-G1 se observa un comportamiento oscilatorio estacional desde el invierno del año 2009, el cual se mantiene hasta el primer semestre del año 2016. Los niveles, en términos generales, se mantienen constantes sin observarse incrementos y descensos importantes que sobresalgan respecto de la situación a nivel regional.

Los niveles observados en esta reglilla L7-G2 han permanecido prácticamente constantes desde el año 2001 hasta el primer semestre de 2016.

En la reglilla del Puente San Luis, se aprecia que los niveles durante el año 2014 y primer semestre de 2016 vuelven a tener la tendencia oscilatoria con tendencia al alza previa al episodio de febrero 2012, en donde 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, N°12, N°13 y N°14 del PSAH.

En la reglilla Burro Muerto se observa que los niveles permanecen constantes desde el segundo semestre del año 2007 hasta el primer semestre de 2016.

De la misma manera se observa en la reglilla L11-G1 que los niveles se mantienen constantes desde comienzo de las mediciones (noviembre 2007) hasta el primer semestre del año 2014. A fines del 2014 (noviembre y diciembre) se observa un descenso de 13,4 cm respecto del registro histórico previo. A diciembre 2015 se observa nuevamente un descenso, ahora de 16,6 cm. Estos descensos podrían estar reflejando un nuevo comportamiento estacional en el sector o una variación en el régimen del canal aledaño a la reglilla. Durante el primer semestre del 2016, se aprecia el comportamiento estacional de recuperación de nivel histórico en el sector.

6.1.3 Evolución del nivel lacustre

Se observa un comportamiento estacional leve en la reglilla Puilar, donde los máximos y mínimos de la sinusoide son poco pronunciados. Se observa además, que las mediciones continuas no son tan concordantes con las mediciones manuales realizadas por SQM y CONAF, esto debido a que las mediciones manuales pueden verse afectadas por la fecha y el viento en el momento de las mediciones, no obstante lo anterior, la medición realizada por el auditor externo es coincidente con la de SQM.

Para el caso de la laguna Barros Negros, los resultados de las mediciones a través de imágenes satelitales y las estacas perimetrales son similares. Para el caso de laguna Puilar el valor medido con imágenes satelitales es 2 veces lo medido mediante estacas perimetrales, ya que como se señaló anteriormente la medición que realiza CONAF sólo corresponde a la superficie del canal de aporte y no a la laguna.

Es importante indicar que la dinámica de estas lagunas, en particular la Laguna Barros Negros, varía en el tiempo, es así como se ha observado cambios en el punto de descarga hacia el salar, lo que se puede apreciar en algunos de los puntos de monitoreo de niveles, sin embargo, dichas variaciones no comprometen el estado de las lagunas.

6.1.4 Meteorología

Como se aprecia en los resultados de las mediciones presentados en la Figura 5-116, desde enero de 2005 no se habían registrado precipitaciones que sobrepasaran los 5 mm, sin embargo, a partir del 2011 se han incrementado las precipitaciones. Entre el segundo semestre del 2015 y el primer semestre 2016, no se registraron precipitaciones en la estación Chaxa.

Tabla 6-1. Principales precipitaciones (más de 5 mm) registradas en la Estación Meteorológica de Chaxa desde 2011 a la fecha

Fecha	Precipitación (mm)
2-Feb-2011	9,4
10-Feb-2012	27,9
11-Feb-2012	10,9
08-Feb-2013	25,2



Fecha	Precipitación (mm)
17-May-2013	10,9
06-Feb-2015	22,0
18-Mar-2015	6,5
25-Mar-2015	11,9

Fuente: elaboración propia.

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 iguales o menores a los derechos otorgados (40 L/s en cada uno) desde su puesta en operación y sus niveles se han comportado de acuerdo a lo esperado.

Se puede observar que los caudales mensuales extraídos en los pozos están bajo los derechos aprobados ambientalmente.

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.

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 2015 se observa un aumento de los caudales, probablemente asociado a las precipitaciones que ocurrieron en este periodo. En el primer semestre del 2016, se aprecia que el aforo tiene el mismo comportamiento que años anteriores con la salvedad que en enero 2016 no fue posible medir el aforo Barros Negros por restricción de ingreso por la nidificación de flamencos.

De manera particular se puede apreciar nuevamente el comportamiento oscilatorio del Puente San Luis, después de la reparación del dique del reservorio (2013), lo que reflejaría que efectivamente la estación está midiendo correctamente, incluso alcanzando a registrar las precipitaciones del primer semestre del 2015.

6.1.8 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

A continuación se presenta la variación temporal de los sistemas lacustres Soncor. En el caso del Sistema Soncor (Figura 5-27), las lagunas que lo componen corresponden a: Chaxa, Barros Negros y Puilar. Es importante destacar, que la Laguna Puilar no cuenta con un sistema de medición de aforos.

Adicionalmente, se presenta los volúmenes anuales de ingreso calculados a partir de los registros de aforo (Tabla 6-2), cabe señalar, que dichas mediciones de aforo son parte del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH). Los volúmenes son calculados desde abril a marzo (año móvil) para que sea comparable con el mes de medición (abril) de las superficies lacustres.

Tabla 6-2. Volúmenes anuales de Ingreso calculados a partir de datos de aforo del Sistema Socor

AÑO	SISTEMA SONCOR
	PUENTE SAN LUIS (m ³ /año ^a)
2007-2008	4.358.158
2008-2009	4.876.550
2009-2010	4.376.365
2010-2011	4.835.027
2011-2012	4.666.417
2012-2013	3.812.569 ¹
2013-2014	3.676.435 ¹
2014-2015	4.798.635
2015-2016	4.815.243
Promedio	4.468.378

Fuente : Elaboración Propia

En la Tabla 6-5 se presentan los valores de las superficies lagunares medidas y que son presentados en detalle en la Tabla 5-4 y en particular para año 2016 en el ANEXO 13.

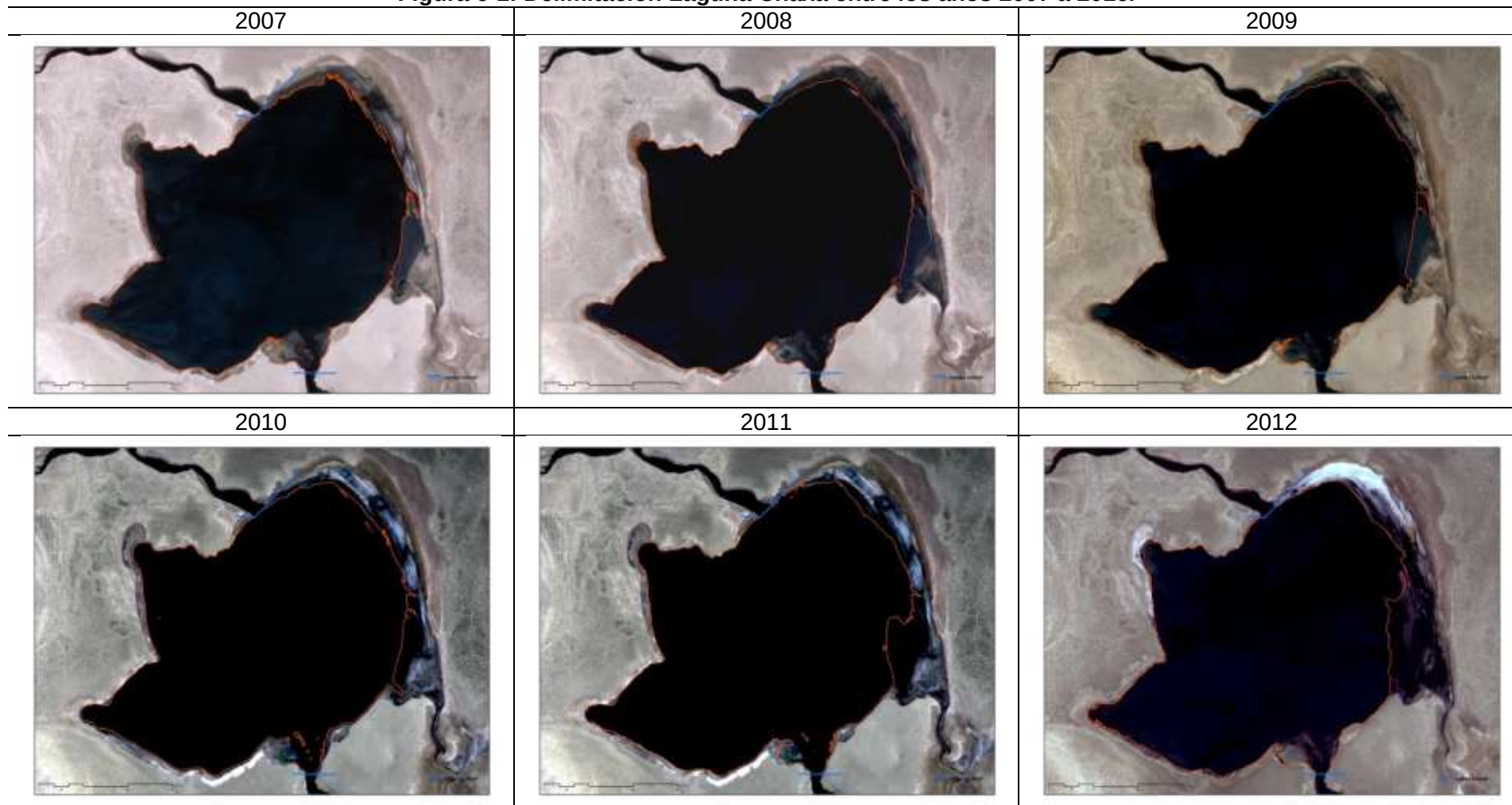
Tabla 6-3. Superficies totales de los sistemas lacustres de Soncor

AÑO	Sistema Soncor		
	Chaxa (m ²)	Barros Negros (m ²)	Puilar (m ²)
2007	311.623	1.228.274	69.728
2008	315.363	1.272.249	69.823
2009	316.764	1.324.016	70.360
2010	308.357	1.203.661	69.267
2011	305.433	1.325.448	70.003
2012	300.248	1.327.333	68.280
2013	295.786	1.255.968	68.264
2014	296.162	1.258.615	68.419
2015	297.955	1.380.250	68.940
2016	291.397	1.195.773	67.151
Promedio	303.909	1.277.159	69.024

Fuente: elaboración propia.

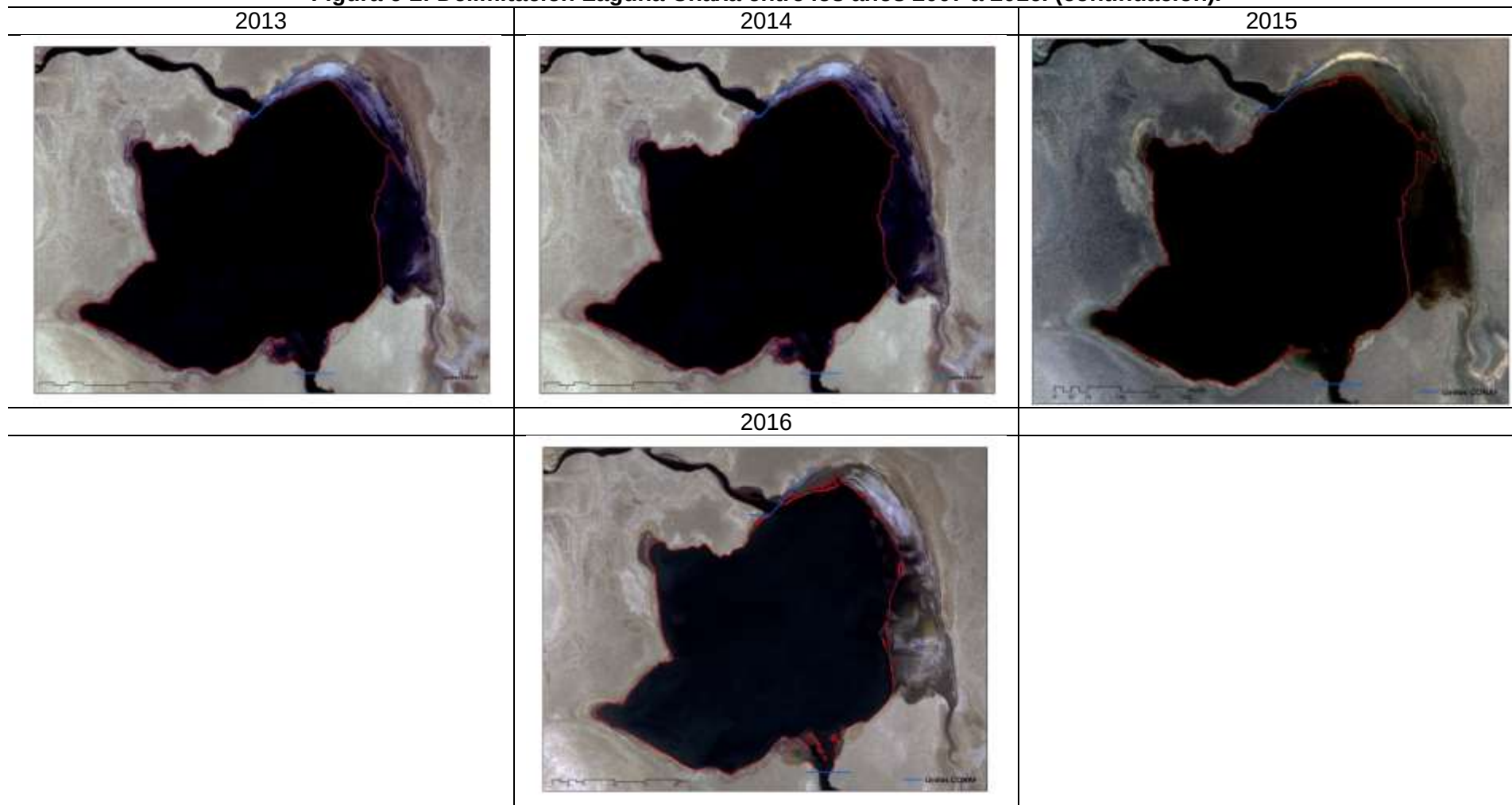
Desde la Figura 6-1 a la Figura 6-6, se muestra la evolución de las superficies de manera gráfica desde el año 2007 al 2016 para las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar.

Figura 6-1: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2016.



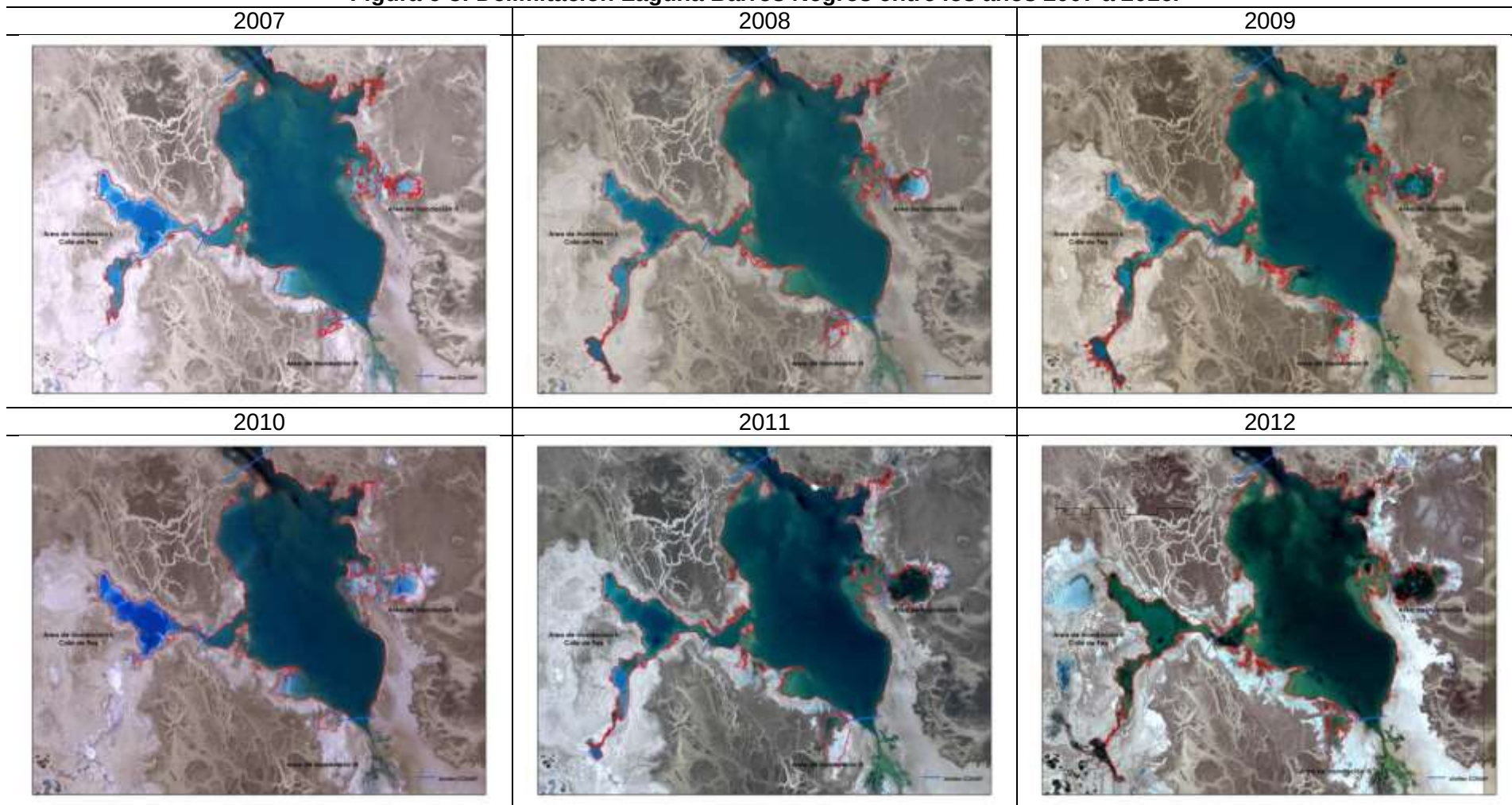
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-2: Delimitación Laguna Chaxa entre los años 2007 a 2016. (continuación).



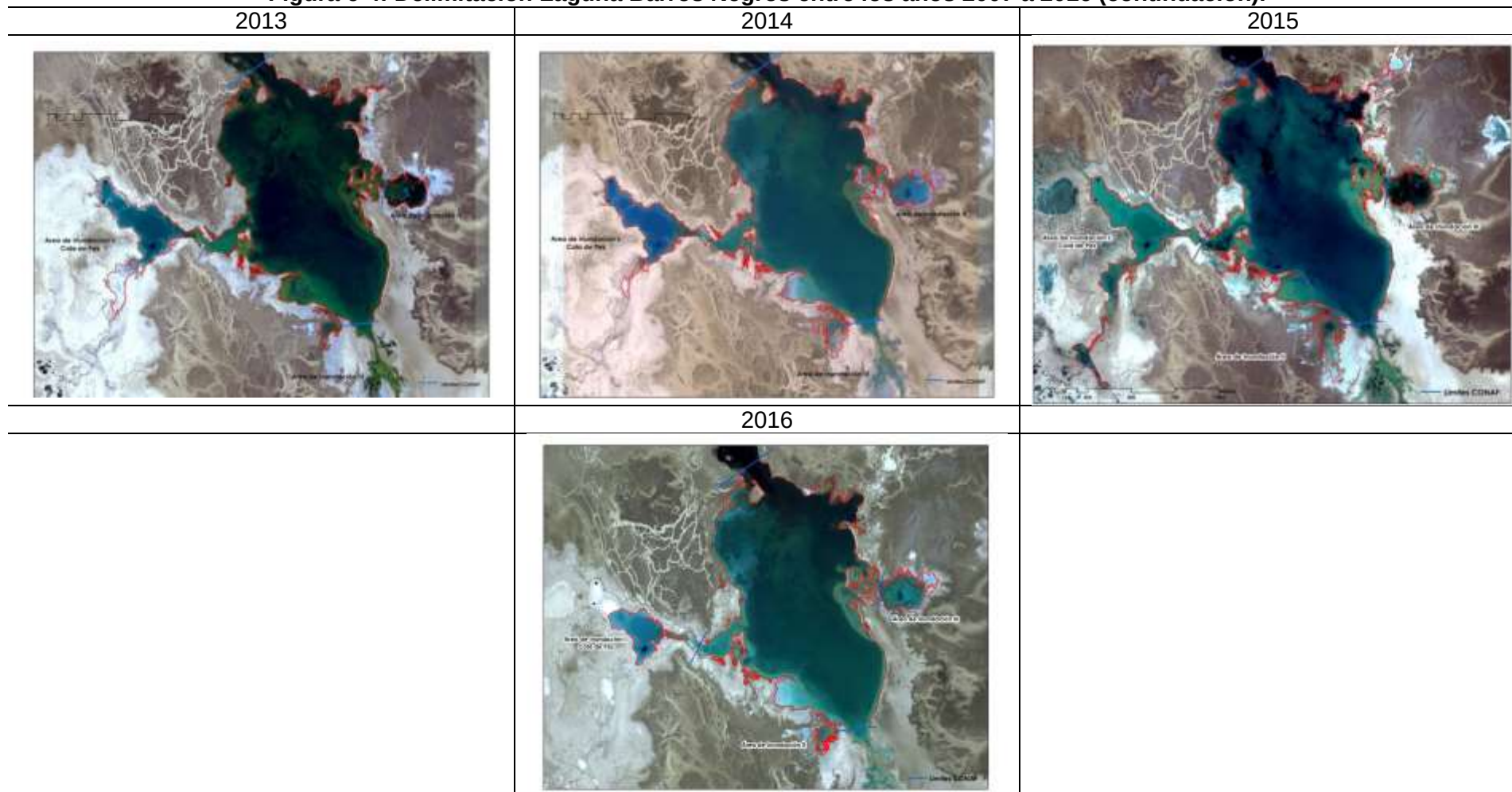
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-3: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2016.



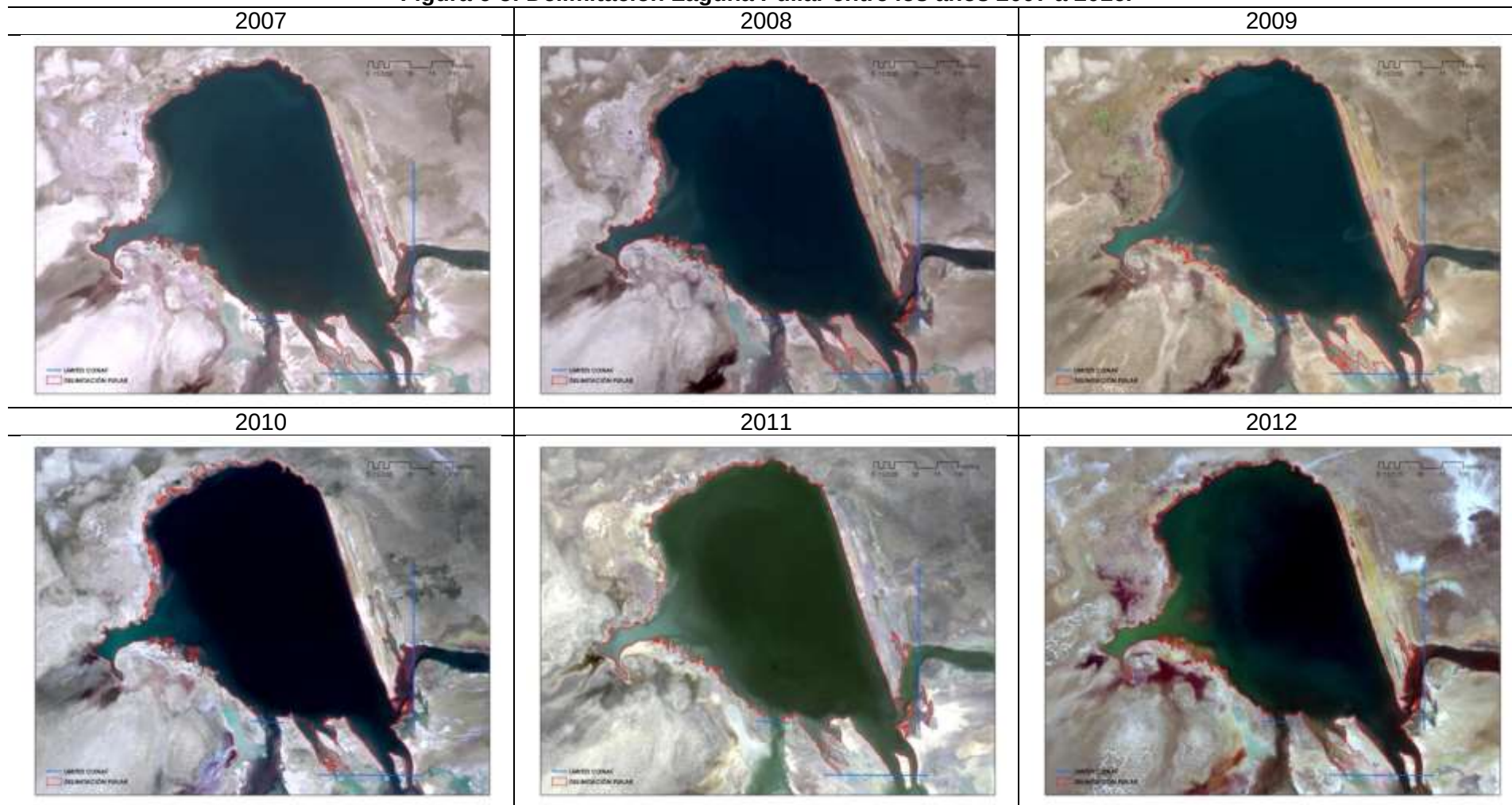
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-4: Delimitación Laguna Barros Negros entre los años 2007 a 2016 (continuación).



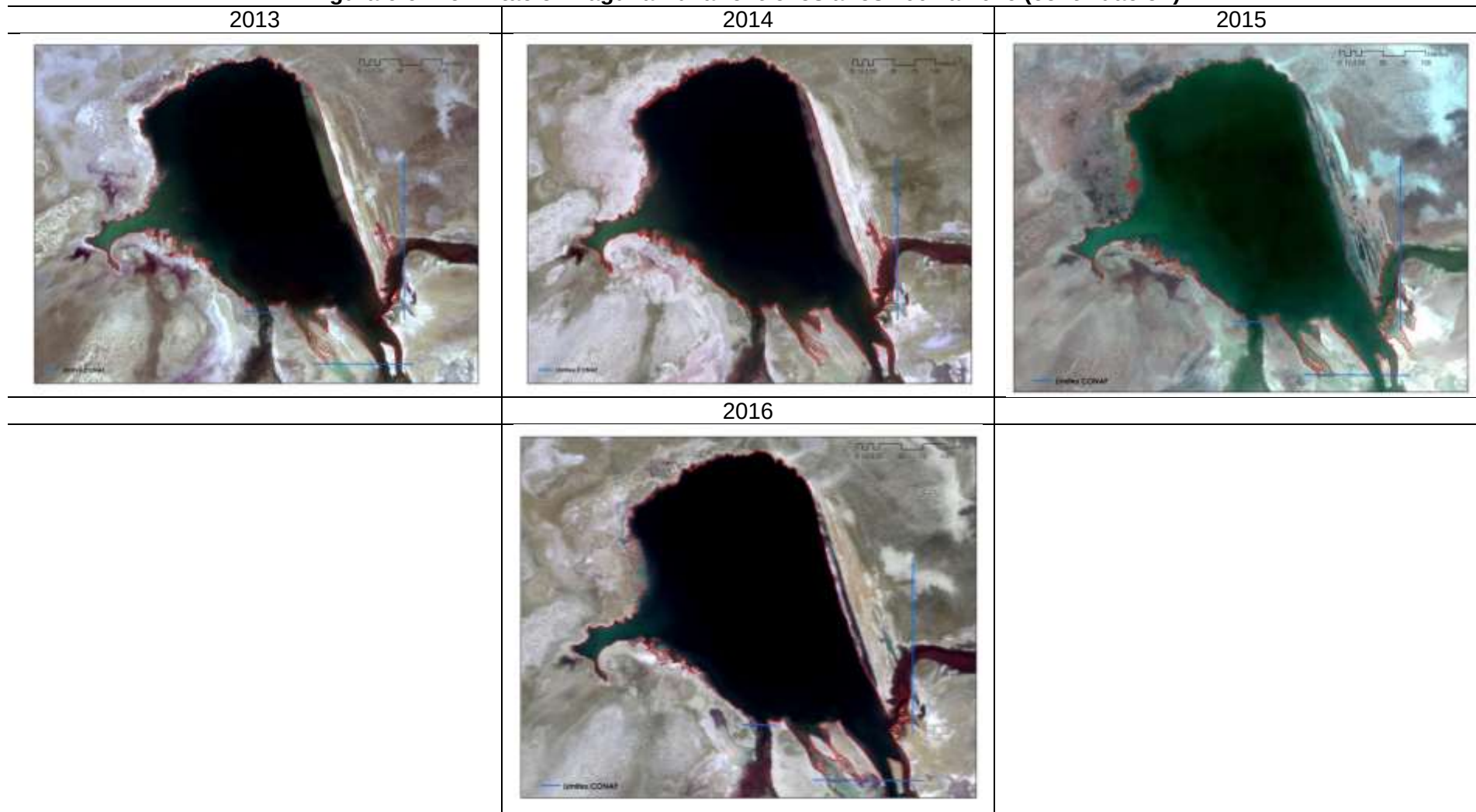
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-5: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2016.



Fuente : Elaboración propia

Figura 6-6: Delimitación Laguna Puilar entre los años 2007 a 2016 (continuación).

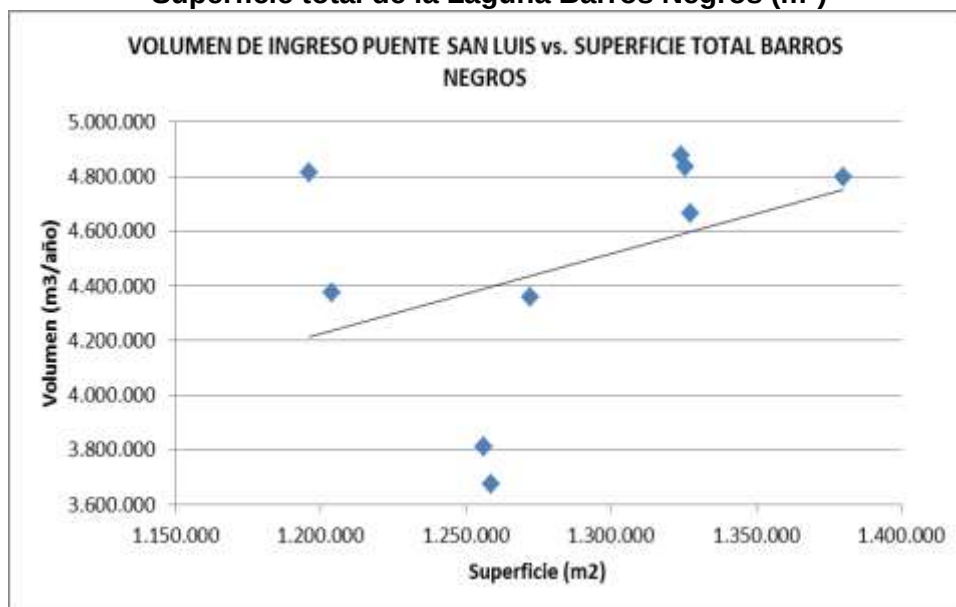


Fuente : Elaboración propia

A continuación se presenta la relación obtenida entre las superficies medidas y los volúmenes de ingreso.

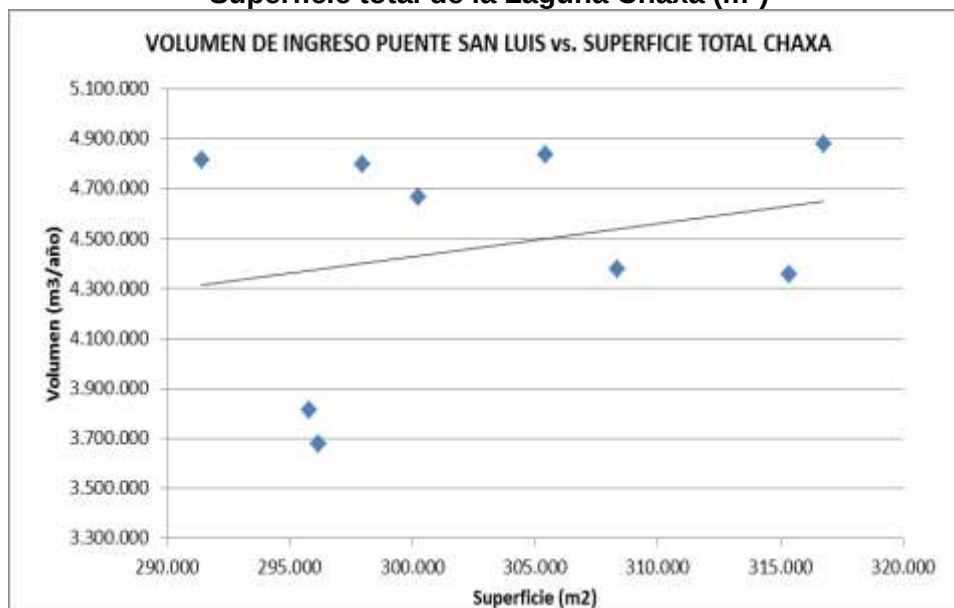
Los valores mínimos que se observan en los volúmenes calculados de la Estación de Aforo del Puente San Luis corresponden al período 2012-2013 y 2013-2014, durante este período el dique de represamiento colapsó, lo que hacía que parte del flujo pasante no fuera registrado. En particular para esos años, el volumen pasante fue 15% y 18% inferior al promedio respectivamente.

Figura 6-7. Relación entre el Volumen de Ingreso en Puente San Luis (m^3) y la Superficie total de la Laguna Barros Negros (m^2)



Fuente: elaboración propia.

Figura 6-8. Relación entre el Volumen de Ingreso en Puente San Luis (m^3) y la Superficie total de la Laguna Chaxa (m^2)



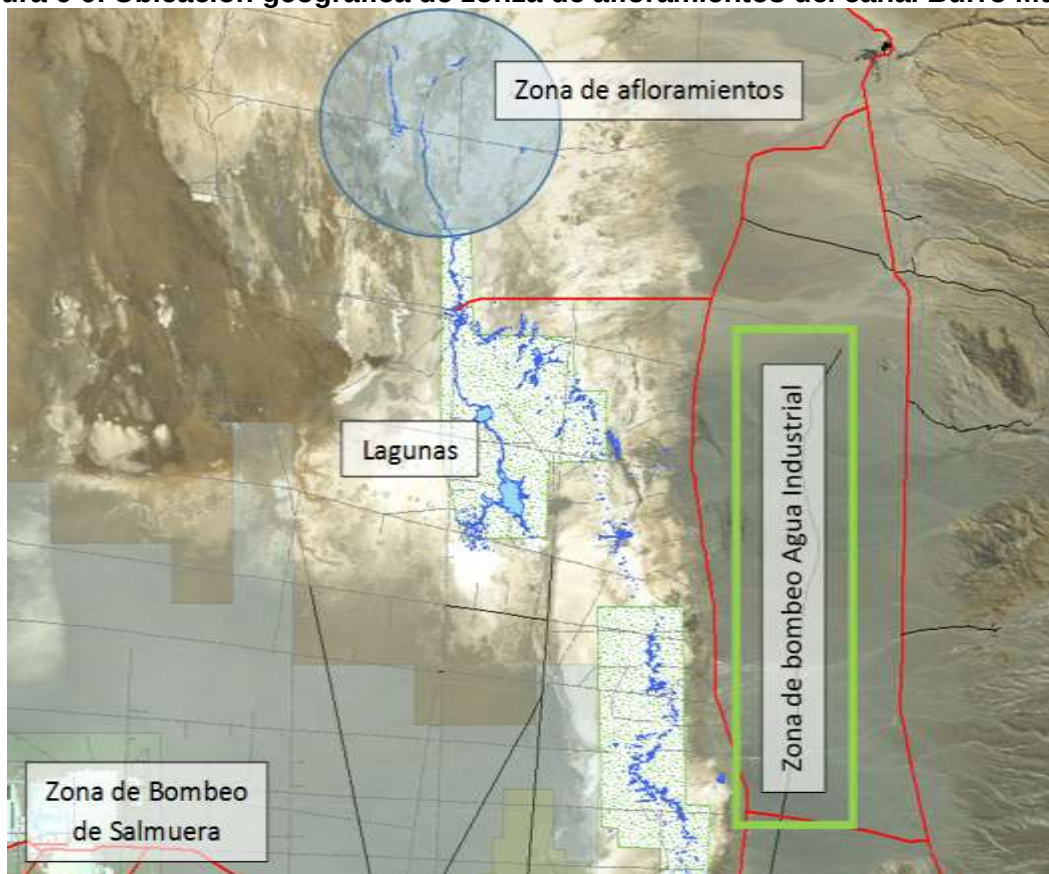
Fuente: elaboración propia.

El análisis de las relaciones para el Sistema Soncor contempla todos los datos de caudales generados en la estación de Puente San Luis y las superficies totales de las lagunas Barros Negros y Chaxa. En el caso de Puilar, no fue posible realizar este análisis dado que no se cuentan con datos de aforo en el canal de entrada.

De acuerdo a lo anterior, es posible señalar que el tamaño de la superficie lagunar es función de los volúmenes de ingreso. A su vez, dichos volúmenes de ingreso corresponden a una expresión natural de afloramientos de agua subterránea ubicados aguas arriba del sistema. Estos afloramientos conforman el canal de Burro Muerto que es aforado posteriormente en Puente San Luis ya alimenta las lagunas Chaxa y Barros Negros.

Es necesario indicar que la extracción de salmuera en el núcleo y, adicionalmente, las extracciones de agua industrial realizada por SQM, no se realizan en la misma latitud geográfica de afloramientos mencionados anteriormente, por lo que no se genera efecto en los acuíferos que alimentan las nacientes del canal de Burro Muerto, como se observa en la Figura 6-9.

Figura 6-9. Ubicación geográfica de zona de afloramientos del canal Burro Muerto.



Fuente : Elaboración propia

No obstante exista una buena relación entre las variables analizadas, es necesario desarrollar un análisis complementarios que incluyan la batimetría de los cuerpos lagunares y la evaporación. La inclusión en el análisis de esas 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.

6.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA

6.2.1 Niveles de agua subterráneos

6.2.1.1 Pozos en zona aluvial

Como es de esperar, en los pozos L3-2, L5-1 y L5-2 se observa un claro descenso producido por el bombeo de agua industrial desde el pozo Camar 2. En los pozos L4-4 y L4-3, a través de los cuales se observa el comportamiento del acuífero más profundo (confinado), no se aprecia el efecto del bombeo de agua, salvo las variaciones por aumento de la recarga asociada a eventos de precipitaciones relevantes.

De manera particular, se observa que:

- El pozo L4-3 tiene un comportamiento oscilatorio observándose ciclos de aproximadamente 10 años. En la Figura 5-153 se aprecia que los niveles en el pozo L4-3 aumentan desde el mes de noviembre 2013 hasta la fecha de elaboración de este informe, sin que se aprecie un cambio de tendencia al alza.
- El pozo L4-4 corresponde a un pozo artesiano cuyos niveles varían de acuerdo a diversas intervenciones que se han realizado en el pozo. En el año 2007 se aumentó la cota del punto de referencia que registraba la cota piezométrica para observar el real comportamiento del acuífero, lo que explica el aumento brusco de 80 cm aprox. de los niveles. Por otra parte, en mayo 2012 el pozo fue golpeado por alguna máquina o camión de terceros, lo que hizo que el pozo perdiera su surgencia y disminuyeran los niveles. En el primer semestre de 2016 continua la tendencia en el aumento de nivel, pero con una tendencia a estabilizarse en los últimos 2 meses.

6.2.1.2 Pozos en zona marginal

En el sistema Aguas de Quelana se observa una transición entre agua dulce y salmuera en donde los niveles presentan una oscilación estacional estable. Dentro de esta zona se pueden observar principalmente 3 tipos de pozos.

El primer tipo de pozos corresponden aquellos que se encuentran próximos a la zona aluvial (L13-1, L3-3, L14-2, L14-1, L5-6 y L5-7), observándose una combinación de los efectos de bombeo, lo que genera descensos en los niveles, pero con movimiento oscilatorio característico estacional. El pozo L14-1 es el que presenta el mayor descenso. En particular, en este pozo se observa que el comportamiento de los niveles ha disminuido de manera gradual desde comienzo de las mediciones (septiembre 2007) con un descenso aprox. de 80 cm (más cercano a los pozos de bombeo de agua industrial), lo que equivale a una tasa de disminución de aprox. 9 cm por año. En tanto que el pozo L14-2 sólo se aprecia un descenso total de 30 cm aprox. para todo el periodo 2009-2015.

El segundo grupo corresponde a aquellos pozos que se encuentran tanto al Este como al Oeste de la zona de afloramientos. El nivel de estos pozos en promedio no varía y solo presenta pequeños cambios estacionales. Algunos de ellos influenciados por las precipitaciones, pero recuperando los niveles rápidamente. A este grupo pertenecen la mayoría de los pozos de Aguas de Quelana.

En la Figura 5-158 se aprecia que los niveles del pozo L3-3 se comportan siguiendo una tendencia estacional, cuya tasa de descenso corresponde a 1 mm por mes de disminución desde el comienzo de las mediciones (marzo 2000) a octubre 2012 aproximadamente, posterior a esta fecha, se observa un aumento de la tasa de descenso y mayor oscilación estacional, esto podría ser un efecto del bombeo del pozo Camar.

En los pozos L3-5, L3-9, L3-10, L-49, L4-12, L4-13, L5-10, L13-2, L13-3, L13-4 y L14-4 se aprecia el comportamiento característico oscilatorio propio de la estacionalidad donde los niveles se mantienen constantes a lo largo de todo el registro histórico con incrementos importantes del nivel en los veranos de 2012 y 2015 producto de las precipitaciones.

Cabe destacar el comportamiento del pozo L5-8, si bien, a nivel general sus niveles se mantienen estables a lo largo de todo el registro histórico, se observa un ascenso de aproximadamente 5 cm considerando un periodo de 7 años, desde diciembre 2007 a diciembre 2015. En el primer semestre del 2016 se confirma la tendencia mencionada anteriormente.

El tercer tipo de pozos corresponden a aquellos, que la variación de nivel piezométrico tiene una tendencia a la baja, pero con ascensos de nivel producto de las precipitaciones (como por ejemplo GD-02- D2, L5-4). Estos pozos se encuentran en la zona Sur Oeste del sector de Aguas de Quelana.

Para el pozo GD-02 se observan más levemente las oscilaciones estacionales y los niveles tienden a descender con una tasa de descenso de 5 mm por mes aproximadamente desde que se tiene registro hasta enero 2012. Luego se aprecia un incremento en los niveles de aproximadamente 63 cm posterior a las precipitaciones de febrero del 2012. Otros eventos de precipitaciones general ascenso de nivel menores a 20 cm (2015).

La zona lagunar difusa no presenta descenso y se mantiene estable en el tiempo, sin embargo, cabe destacar el ascenso temporal producto de las precipitaciones de niveles en aquellos pozos más someros y cercanos a la zona lagunar difusa ocurrida en el mes de febrero de 2012, mayo 2013 y febrero - marzo 2015, similar a lo que se observó en el sector de Soncor. El ascenso en los niveles en los pozos de este sector fue en torno a los 10 cm, en particular en los pozos L4-13, L5-14, considerando como periodo de análisis enero 2012 y diciembre 2013, los que han mantenido un comportamiento estacional similar al observado históricamente a junio del 2016.

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, comportamiento que se ha mantenido estable en el tiempo. No se observan descensos importantes salvo en los pozos L5-6, L5-7 y L13-1, con disminuciones en sus niveles de 40, 17 y 52 cm, respectivamente, considerando un periodo desde diciembre 2007 a junio de 2016, lo que es un comportamiento esperado dada la cercanía de estos pozos a los pozos de bombeo de agua industrial Camar 2 y Socaire 5-B. Para el caso de los pozos L5-6 y L13-1 se identifica un comportamiento aluvial-marginal, ya que se puede observar el efecto de la evaporación y el descenso sostenido provocados por la cercanía a los pozos de bombeo de agua industrial.

6.2.1.3 Pozos en el sector del núcleo

En general, todos los pozos de este sector tienden a la disminución gradual de sus niveles, asociado al caudal de bombeo de salmuera, comportamiento que se considera normal dada su ubicación, con la excepción de los incrementos de nivel en los meses de verano de los años 2012, 2013 y 2015 en los cuáles ocurrieron precipitaciones por sobre los 20 mm. Producto de las lluvias en febrero 2012, se observan ascensos superiores a los 20 cm, alcanzando incluso niveles de más de 50 cm (pozos D2, L3-4 y L5-4). De manera general, se observa que durante el 2014 ha habido una tendencia de los niveles a volver a valores

similares a aquellos previos a los veranos de 2012 y 2013. Durante el segundo semestre de 2015 los niveles han aumentado como respuesta a las precipitaciones en los meses de febrero y marzo 2015. Al primer semestre del 2016, dada la ausencia de precipitaciones, los pozos mantienen su tendencia al descenso producto del bombeo de salmuera.

En los pozos L3-4, L4-6, L5-4 y SOMP-09 se aprecia un descenso de nivel durante el año 2014 por falta de eventos de recarga por precipitación, al contrario sucede en los veranos de 2012, 2013 y 2015 donde se observan ascensos de nivel como consecuencia de las relevantes precipitaciones registradas.

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 60 y 65 L/s respectivamente.

Se observa una tendencia a la estabilización del nivel dinámico del pozo Socaire 5B. Respecto del pozo Camar, se observa una recuperación de los niveles a consecuencia de la detención (temporal) 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), es decir, sin cambios bruscos entre las diferentes campañas de monitoreo.

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. Lo anterior indica que en este sector a pesar que la napa es relativamente somera (1 a 1,5 m de profundidad) la evaporación parece no ser tan importante como efecto controlador de comportamiento, lo que está relacionado con la salinidad del agua y el tipo de costra salina del sector. Este comportamiento es similar a lo que se puede observar en la zona identificada como zona núcleo.

El comportamiento de los pozos L10-1 y L10-2, los que han aumentado sus niveles, es consecuencia de la dinámica de interacción entre la zona marginal y el núcleo de salmuera

que se observa especialmente activa en esta zona, tal y como lo demuestra el avance hacia el núcleo que ha presentado la laguna Interna y el aumento de recarga asociado a la precipitación, sin embargo, en el último semestre del 2015 la tendencia a cambiado a la disminución del nivel. Para el primer semestre de 2016 en el caso del pozo L10-1, se aprecia una nueva recuperación de nivel, similar al nivel que se llegó en 2014 y en el caso del L10-2, se observa una leve tendencia a la baja.

Las precipitaciones de veranos de 2012, 2013 y 2015 se tradujeron en eventos de recarga manifestados en el aumento de los niveles subterráneos como se puede observar en los gráficos de nivel de este sector.

En términos generales, los pozos de este sector poseen niveles relativamente estables con una leve tendencia a la disminución en la mayoría de los pozos, lo que se aprecia para todo el registro histórico con descensos que se encuentran entre los 15 y 31 cm (pozos GD-04, L10-3, L10-4, L10-5, L10-6, L10-7, L10-8, L10-9 y L10-15) considerando un periodo de más de 7 años (diciembre 2007 a junio 2016). Es importante mencionar que el comportamiento de los niveles de este sector podría estar influenciado por la extracción de salmuera por parte de Rockwood Litio, y además por las extracciones de agua (dulce), en la subcuenca aportante aguas arriba de este sector por parte Minera Escondida y la Compañía Minera Zaldívar.

6.3.1.2 Pozos en el sector del núcleo

Los pozos de este sistema permiten observar el comportamiento del acuífero de salmuera del núcleo y no presentan un comportamiento claramente estacional. Se aprecia un comportamiento similar al observado en otros sistemas con un descenso gradual de los niveles y ascensos bruscos de nivel producto de las precipitaciones ocurridas en los veranos de 2012, 2013 y 2015, alcanzando incluso niveles superiores a los observados al inicio del proyecto el año 2007.

El comportamiento de este sector es esperable dada la extracción de salmuera que se realiza en el núcleo del Salar de Atacama y a los eventos de precipitación registrados en la zona.

6.3.2 Nivel de agua superficial en las lagunas

Los niveles registrados en las lagunas de este sector presentan una tendencia estable, sólo se observan pequeños descensos y aumentos en función de la duración de los periodos secos y los periodos con precipitaciones importantes.

Los resultados de las mediciones realizadas por CONAF, que resaltan la reducción de tamaño en la laguna Saladita durante 2009, no es coincidente con la evolución observada a través de imágenes satelitales presentadas en los informes.

Adicionalmente, cabe destacar la variabilidad en la superficie lacustre de la laguna Interna, en donde se observa que en los años 2009 a 2011 la superficie se mantuvo constante no así para los años 2012 y 2013, donde se aprecia un aumento de hasta un 70% alcanzado en el 2013 respecto del promedio observado en los años previos. A destacar es el incremento que se ha registrado en la laguna Interna en las mediciones del 2014 a 2015 que corresponde a

un 180 %. Estos aumentos de la superficie lacustre de la Laguna interna en dirección noroeste, ha provocado corte del camino Peine a faena de Rockwood Lithium.

Para las mediciones realizadas en 2015, donde se tienen mediciones realizadas por topografía, imágenes satelitales y estacas perimetrales, se observa que los resultados de superficie lacustre son consistentes para las lagunas Salada y Saladita, mientras que para la Laguna Interna no coinciden debido a que esta no consideró la nueva área de inundación.

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.

6.3.5 Evolución de la superficie de los sistemas lacustres

A continuación se presenta la variación temporal de los sistemas lacustres Peine. Las Lagunas que componen este sistema (Figura 5-227) son: Salada, Saladita e Interna. Es importante destacar, que la Laguna Interna es formada por los desbordes de la Laguna Saladita.

Adicionalmente, se presenta los volúmenes anuales de ingreso calculados a partir de los registros de aforo (Tabla 6-4), cabe señalar, que dichas mediciones de aforo son parte del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH). Los volúmenes son calculados desde abril a marzo para que sea comparativo con el mes de medición (abril) de las superficies lacustres.

Tabla 6-4. Volúmenes anuales de Ingreso calculados a partir de datos de aforo del Sistema Peine

AÑO	SISTEMA PEINE	
	SALADA (m ³ /año ^b)	SALADITA (m ³ /año ^b)
2007-2008	-	-
2008-2009	1.630.195 ¹	961.934 ¹
2009-2010	2.796.077	1.316.477
2010-2011	3.106.253	1.484.093
2011-2012	2.491.301 ¹	1.392.984 ¹
2012-2013	2.400.883	1.914.019
2013-2014	1.871.510 ¹	1.453.507
2014-2015	1.381.795 ¹	1.269.907 ¹
2015-2016	2.919.456	1.283.040
Promedio	2.324.684	1.384.495

En la Tabla 6-5 se presentan los valores de las superficies lagunares medidas y que son presentados en detalle en la Tabla 5-7 y en particular para el año 2016 en el ANEXO 13.

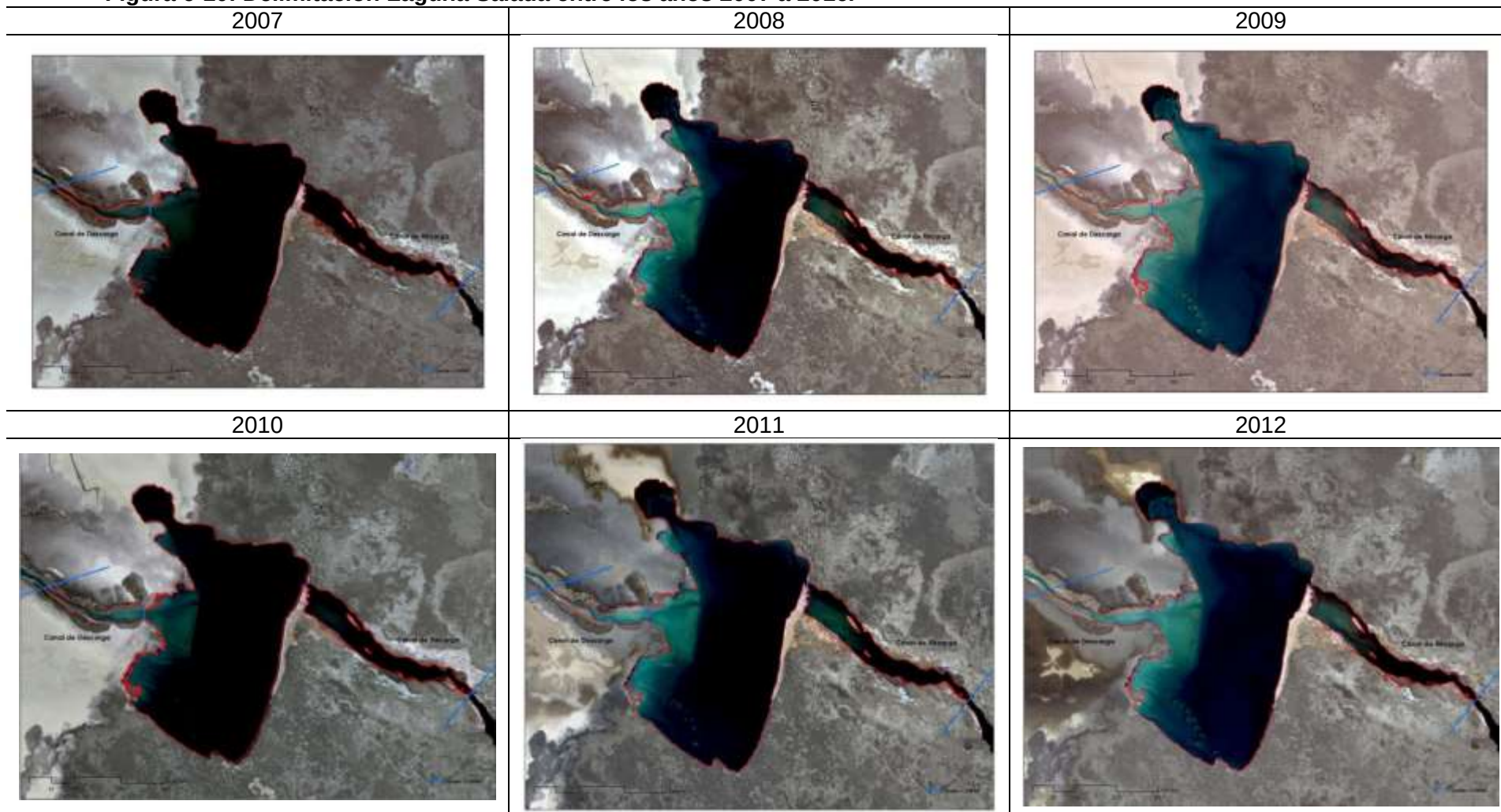
Tabla 6-5. Superficies totales de los sistemas lacustres de Peine

AÑO	Sistema Peine		
	Salada (m ²)	Saladita (m ²)	Interna (m ²)
2007	200.220	113.001	182.497
2008	199.967	113.240	175.958
2009	199.511	109.968	191.671
2010	198.178	108.022	198.838
2011	199.521	110.394	182.616
2012	196.398	116.315	246.828
2013	197.314	110.227	331.075
2014	197.427	105.522	261.763
2015	198.492	103.638	472.172
2016	198.028	96.262	134.054
Promedio	198.506	108.659	237.747

Fuente: elaboración propia.

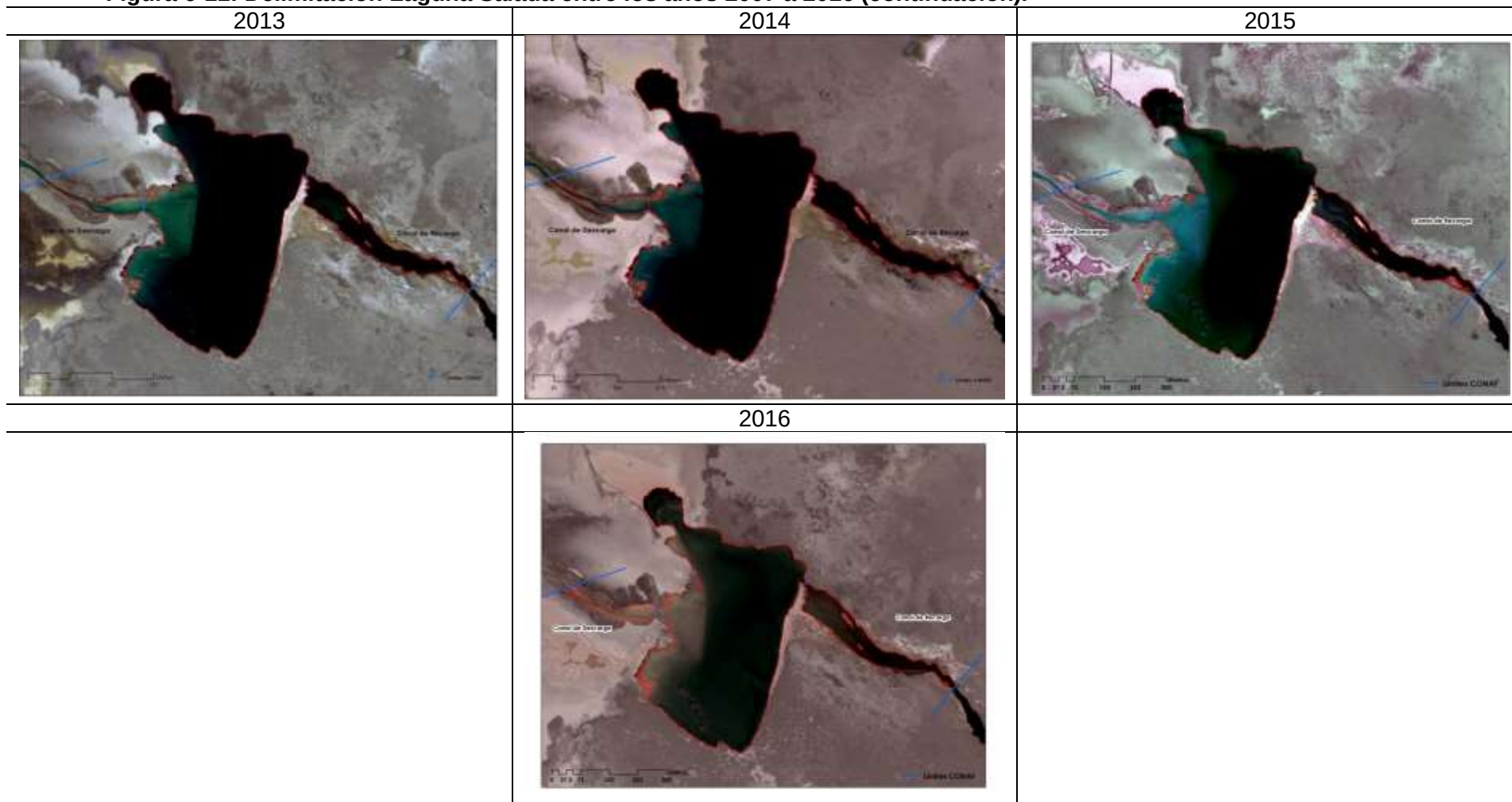
Desde la Figura 6-10 a la Figura 6-15, se muestra la evolución de las superficies de manera gráfica desde el año 2007 al 2016 para las lagunas Salada, Saladita e Interna.

Figura 6-10: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2016.



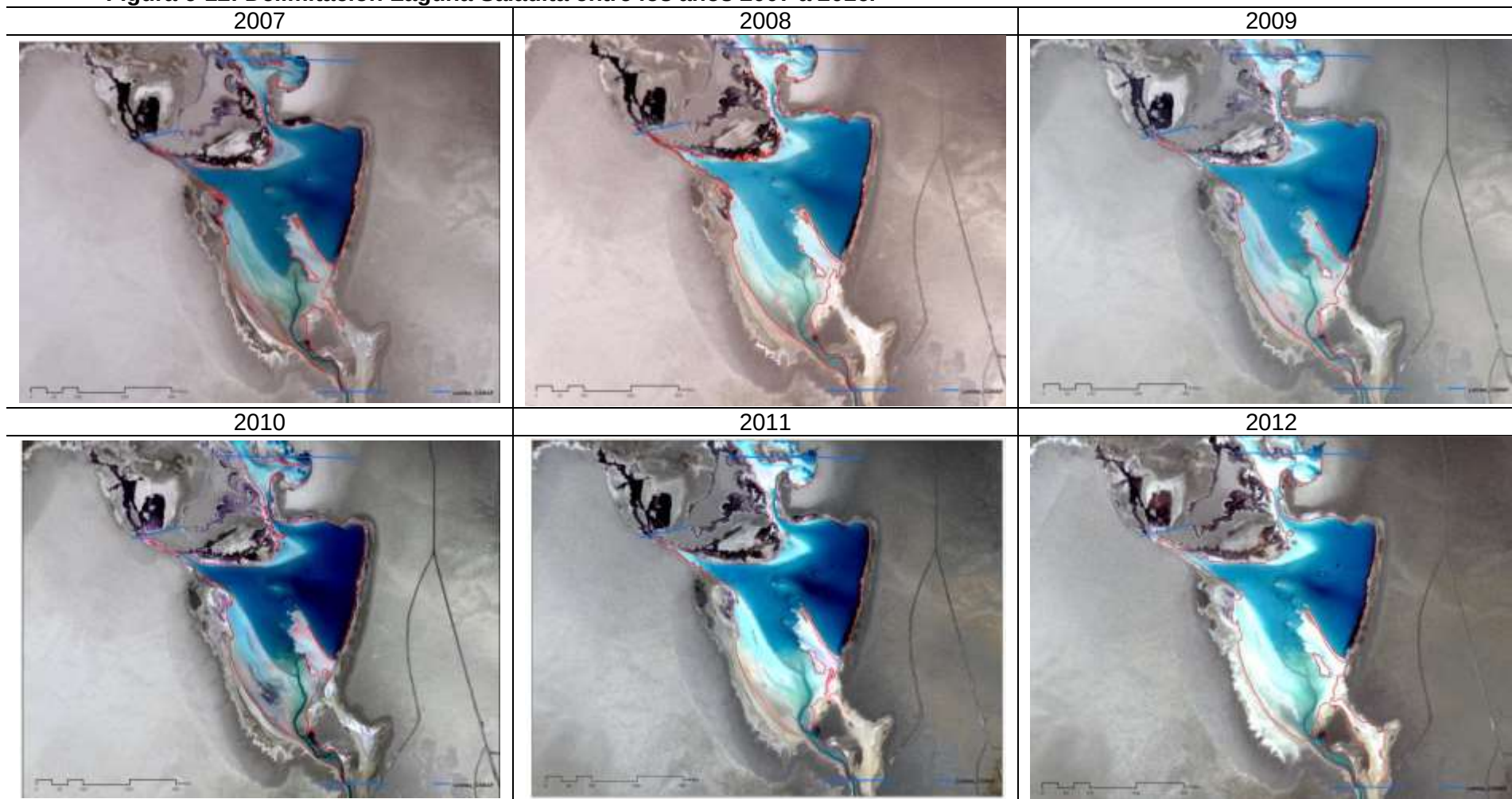
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-11: Delimitación Laguna Salada entre los años 2007 a 2016 (continuación).



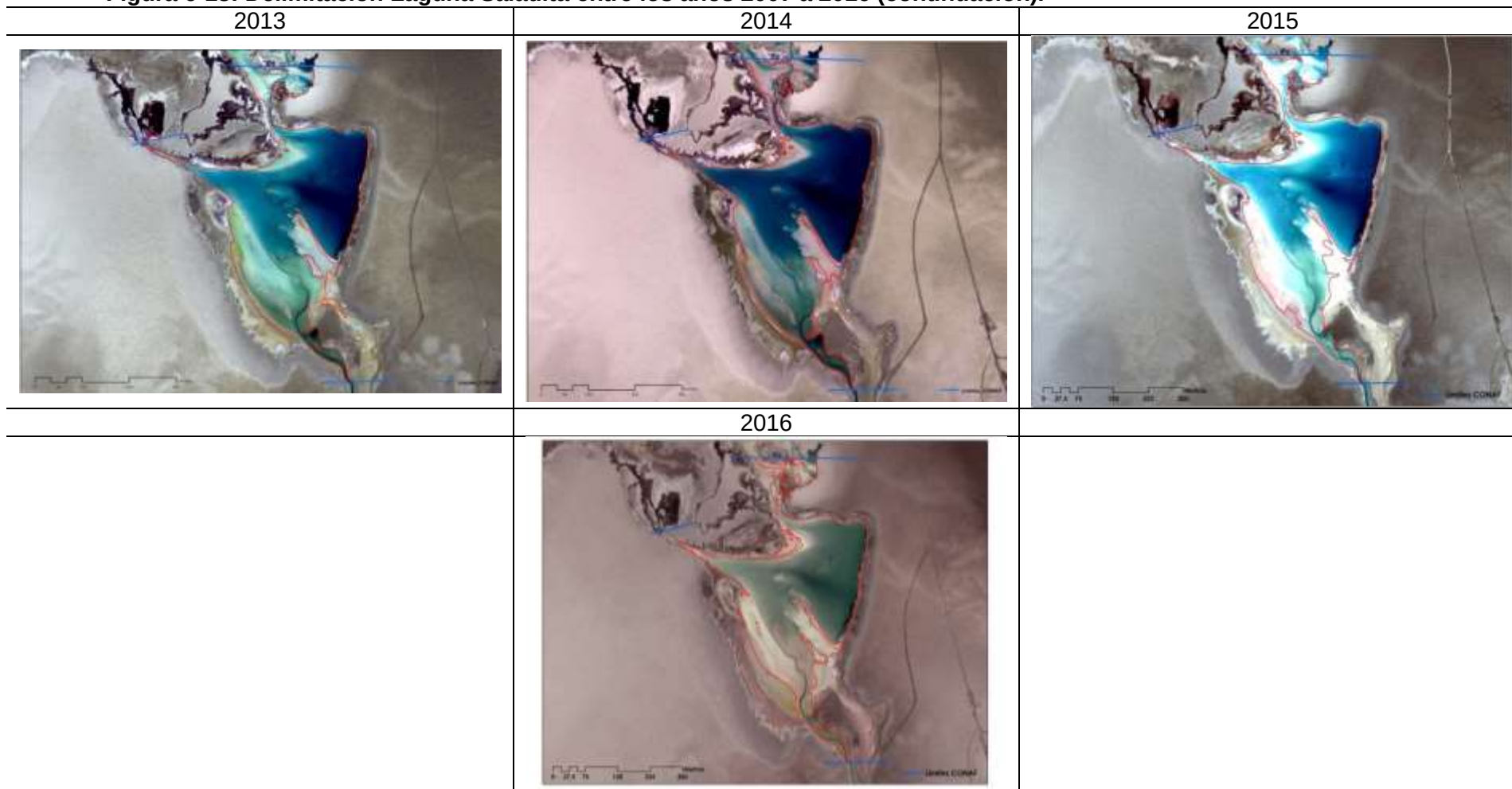
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-12: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2016.



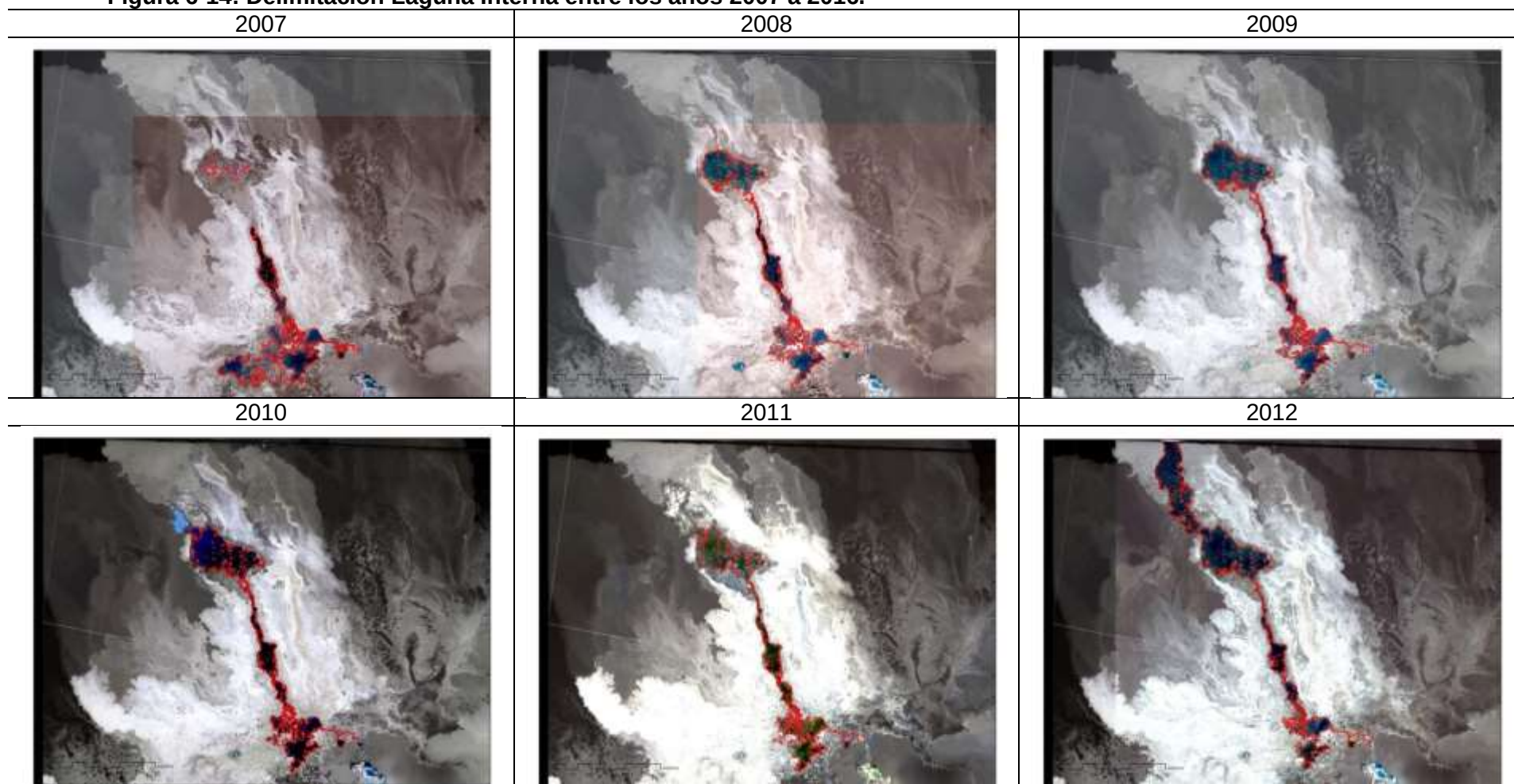
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-13: Delimitación Laguna Saladita entre los años 2007 a 2016 (continuación).



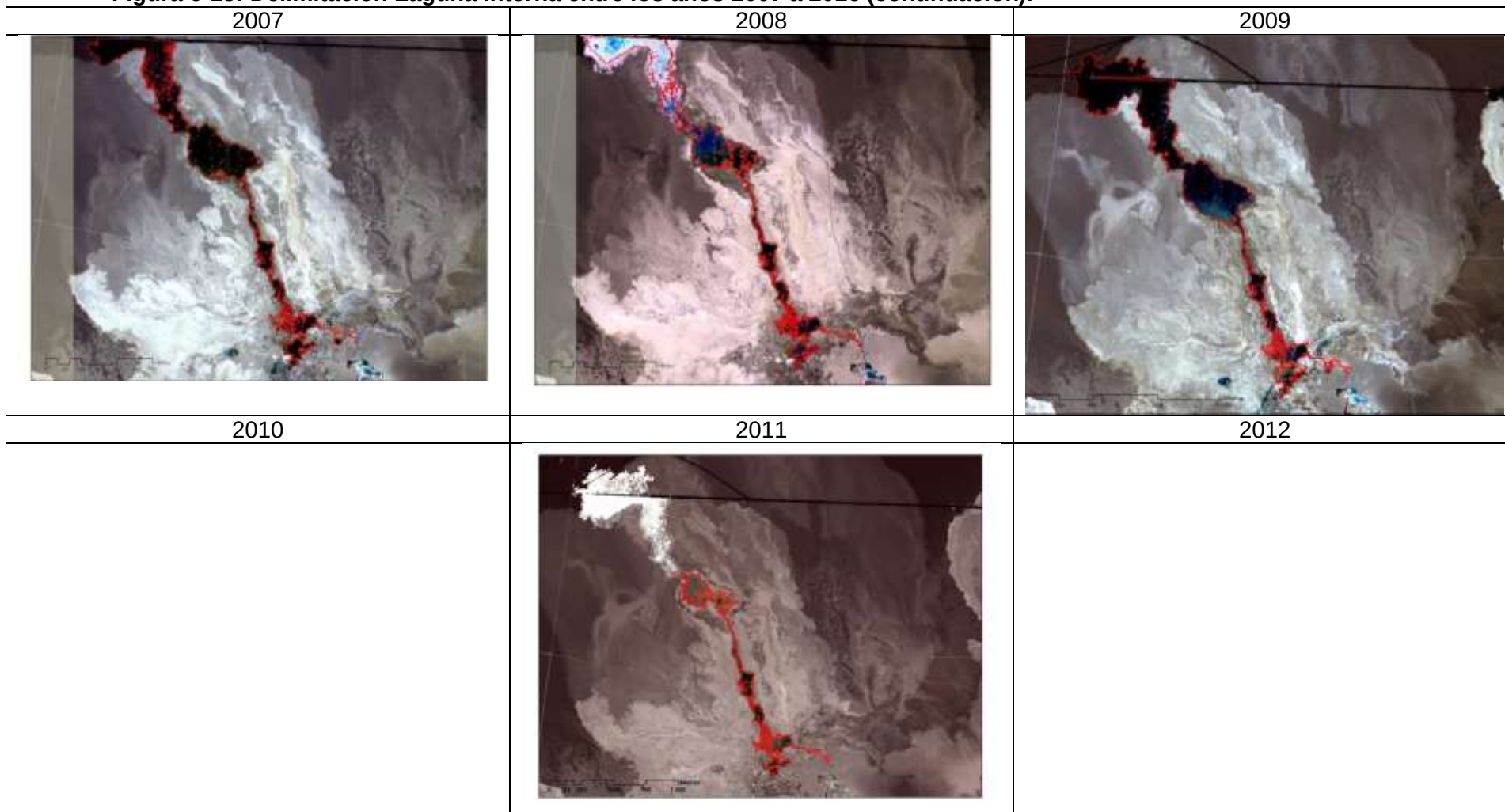
Fuente : Elaboración propia

Figura 6-14: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2016.



Fuente : Elaboración propia

Figura 6-15: Delimitación Laguna Interna entre los años 2007 a 2016 (continuación).

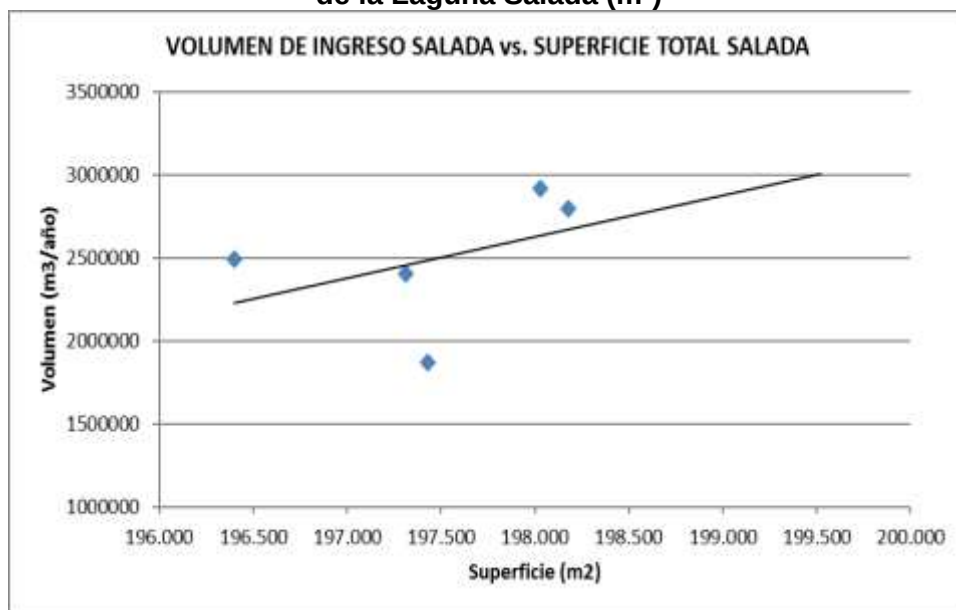


Fuente : Elaboración propia

A continuación se presenta la relación obtenida entre las superficies medidas y los volúmenes de ingreso.

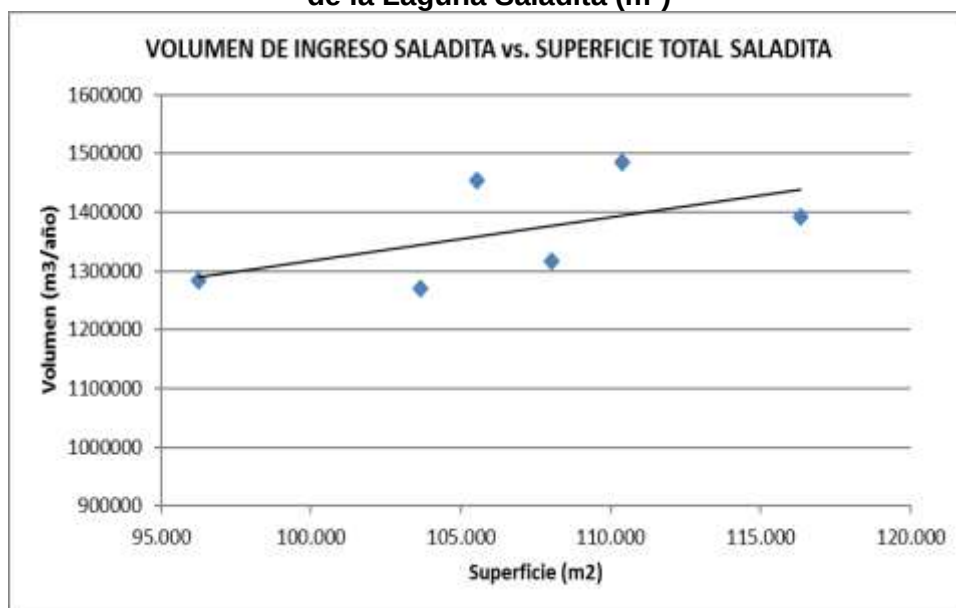
Para el análisis de la relación de las Laguna de Peine se excluyeron los volúmenes que diferían en al menos un 30% (sobredimensionado o subdimensionado) del promedio de volumen histórico.

Figura 6-16. Relación entre el Volumen de Ingreso en Salada (m^3) y la Superficie total de la Laguna Salada (m^2)



Fuente: elaboración propia.

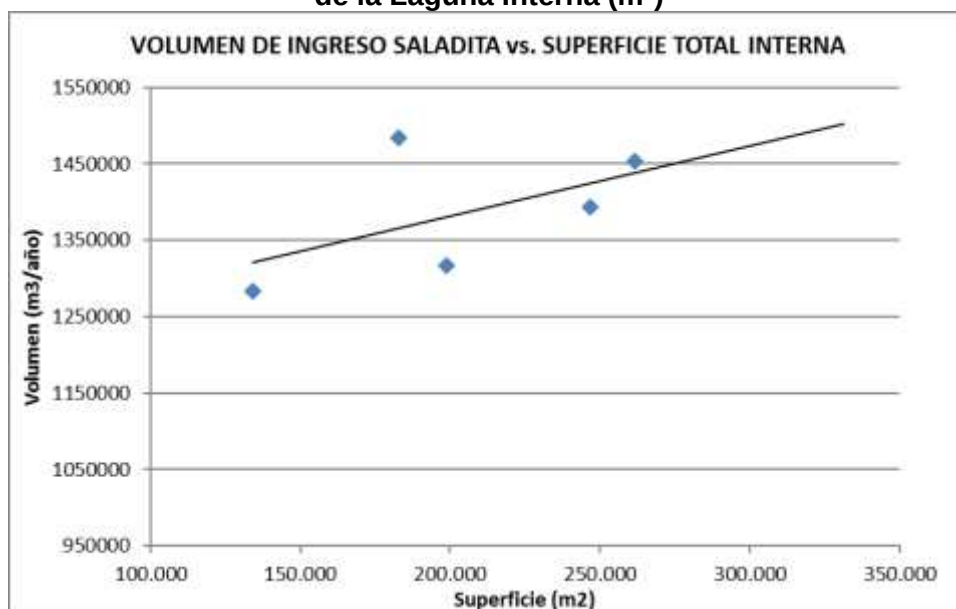
Figura 6-17. Relación entre el Volumen de Ingreso en Saladita (m^3) y la Superficie total de la Laguna Saladita (m^2)



Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la laguna Interna se excluyó del análisis el registro de la superficie lacustre del año 2015 ya que este sobrepasó en un 99% el promedio histórico.

Figura 6-18. Relación entre el Volumen de Ingreso en Saladita (m^3) y la Superficie total de la Laguna Interna (m^2)



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, igual que en caso del Sistema Soncor, es posible señalar que el tamaño de la superficie lacustre de las Lagunas Salada, Saladita e Interna es función de los volúmenes de ingreso. A su vez, dichos volúmenes de ingreso corresponden a una expresión natural de afloramientos de agua subterránea ubicados aguas arriba del sistema.

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.

Figura 6-19. Ubicación geográfica de zona de afloramientos del Sistema Peine.



Fuente : Elaboración propia

No obstante exista una buena relación entre las variables analizadas, es necesario desarrollar análisis complementarios que incluyan la batimetría de los cuerpos lagunares y la evaporación. La inclusión en el análisis de esas 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.

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. Los pozos más cercanos a los puntos de extracción manifiestan un descenso constante solo frenado y recuperado por los eventos de precipitación importante ocurridos.

En los pozos L3-16 y L7-15 se observan descensos de 1,8 y 1,5 m, respectivamente en el periodo monitoreado (9 años aproximadamente), esto debido a que se encuentran más cercanos a los pozos de bombeo de agua industrial. En particular, estos pozos muestran un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de agua industrial que se encuentran cercanos, sin embargo a partir de 2010 se puede apreciar un cambio de pendiente en los pozos, específicamente el Pozo L7-15 donde se observa que se ha estabilizado.

6.4.1.2 Pozos en zona marginal

En esta zona se observa un comportamiento heterogéneo de los niveles de los pozos, existen algunos que presentan una clara estacionalidad controlada por la evaporación, es decir, menor nivel en verano y mayor en invierno, con una leve tendencia al descenso (pozos L4-17, L7-14 y L9-2) y otros con mayores descensos (pozo L2-28) alcanzando los 30 cm aproximadamente. La magnitud de las oscilaciones estacionales depende de la profundidad del agua subterránea. Se aprecia además, que existen niveles en donde no existe estacionalidad, pero sí descensos importantes, los que fluctúan entre los 30 y 60 cm (L2-26, L3-15 y L7-13) entre diciembre 2007 y diciembre 2014, los que están asociados a la proximidad de los pozos de bombeo de agua industrial Mullay y Camar 2.

Existen pozos con un comportamiento mixto, donde se mezclan los dos comportamientos anteriormente descritos, es decir, estacional y leve tendencia al descenso (pozos L2-28, L3-15 y L4-17). En estos pozos la tasa de descenso depende de su cercanía al pozo de bombeo.

Los eventos de precipitación de los veranos de 2012, 2013 y 2015 se manifiestan en forma de frenado de descensos y/o recuperación de niveles.

En febrero de 2012 y 2013, se observa un aumento en los niveles de estos pozos con una variación en la tendencia observada en años anteriores. Durante el año 2014 se observa que los niveles se recuperan siguiendo la tendencia observada previo a los meses de verano de los años 2012 y 2013.

Entre febrero y marzo de 2015 la tendencia general de los niveles es al alza o a la estabilización de los niveles, con la excepción de los pozos L2-28, L3-15 y L7-13 que mantienen una tendencia al descenso sin reflejar los aumentos observados en otros pozos.

6.4.2 Calidad química

Respecto de la calidad química del pozo P2, en términos generales se observan valores relativamente estables en los parámetros analizados. No se observan grandes cambios o algún punto fuera de tendencia.

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 desde el pozo inferior al caudal autorizado por 35 L/seg debido al problema estructural del pozo, razón por la cual solo se extraen del orden de 25 a 28 L/seg aproximadamente.

6.5 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO

Los niveles de agua de este sistema tienen dos componentes diferenciadas, la primera se observa a través del pozo L12-1, el cual se encuentra ubicado al interior del salar con una tendencia al descenso probablemente producto de su cercanía a campo de pozos de Rockwood Lithium²⁴ que se ve interrumpida por los eventos de precipitación importantes. Este pozo posee un comportamiento similar al de los pozos clasificados como núcleo salino con un ascenso comprendido entre los 10 y 20 cm en los meses de verano de los años 2012 y 2013. Luego de este episodio el pozo fue recuperando los niveles previos durante 2014 y luego se produce un incremento de nivel entre febrero y marzo de 2015, el cual llega hasta los 40 cm.

La otra tendencia corresponde al resto de pozos que tienen una tendencia estacional con un rango de variación estable producto del control del nivel de agua por parte de la evaporación de las vegas (pozos L12-2, L12-3 y L12-4). Para estos puntos en particular se debe prestar atención al último año de monitoreo, donde se observa un cambio de tendencia con valores de nivel máximo menores a años anteriores y un ligero cambio de pendiente. Este cambio de comportamiento podría ser producto de las extracciones de agua industrial en el acuífero aluvial aportante a esta zona por parte de Minera Escondida y de la Compañía Minera Zaldívar, cuyos pozos de extracción se ubican aguas arriba de los pozos anteriormente indicados, lo que afecta la recarga del sector monitoreado.

Se observa en la reglilla de Tilopozo un comportamiento estable con una leve tendencia al ascenso en el último periodo. Este comportamiento está de acuerdo a lo esperado en función de la ubicación de los pozos de monitoreo en la zona del núcleo y zona marginal sin observarse un efecto en los pozos de esta última zona ni el nivel del agua superficial.

6.6 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

6.6.1 Niveles de agua subterráneos

En términos generales, se observa un comportamiento heterogéneo de los pozos, el que se determina principalmente por su ubicación. En los pozos SOPM que se encuentran más alejados del bombeo se observa una leve tendencia al descenso, cuya tasa de descenso cambia con los episodios de lluvias ocurridos en verano en los años 2012, 2013 y 2015. Este comportamiento contrasta con el ocurrido durante el año 2014 en donde se aprecia que los niveles han descendido de forma más brusca por la sequía ocurrida en ese año. En los pozos 2040, M1-C y M2-C el descenso es más notorio que en los pozos SOPM, asimismo, en el sector suroeste (Sample-4 y Zar-C-S) la napa ha disminuido sin tendencia a la estabilización y en el sector norte el nivel de la napa se ha mantenido constante con una muy leve tendencia a la disminución, sin embargo hay puntos en que se observa un aumento producto de las precipitaciones de hasta 70 cm de los niveles en febrero de 2012 y 2013, concretamente en los pozos EIA-5, C4-B y 1906.

Durante el primer semestre de 2015 los pozos 1001, 1906, 2028, 2040 y M1-C incrementan el nivel de agua entre 20 y 40 cm producto de las precipitaciones. Este efecto no se refleja en

²⁴ Cambio de nombre, corresponde a ex Sociedad Chilena del Litio (SCL)

los pozos C4-B, M2-C, Sample4 y Zar-C-S que continúan su tendencia descendente excepto C4-B que se mantiene estable.

6.6.2 Meteorología

Respecto de la meteorología se puede observar que las precipitaciones ocurridas durante el año 2011 se dieron los días 2 de febrero, 25 de febrero y 18 de junio, registrándose en este último día 3,8 mm de lluvia siendo la de mayor magnitud en 2011. Durante el primer semestre de 2012 ocurrieron lluvias los días 11 de febrero y 13 de abril con 4 y 1 mm de agua caída respectivamente y durante el primer semestre de 2013 los días 7 de febrero, 8 de febrero y 17 de mayo, con 16,8; 3,3 y 5,3 mm respectivamente. Durante el segundo semestre de 2013 se produjeron precipitaciones menores los días 26 de julio y 25 de agosto con 2,1 y 1,6 mm de agua caída. Se observa que las lluvias registradas en la estación Salar, son sistemáticamente menores en magnitud que las registradas en la estación Chaxa para la misma fecha, donde se observaron precipitaciones de 1,5 y 2,3 mm, respectivamente.

En la estación meteorológica KCI se registraron lluvias los días 17,18, 24, 25 y 26 de marzo 2015, con 2,9; 0,7; 7,7; 9,3 y 0,3 mm de agua caída, además de los días 26 de mayo, 18 y 19 de octubre 2015 con 0,3; 1,9; y 0,2 mm de agua caída respectivamente, 23 y 24 de mayo, además del día 20 de diciembre, con 0,6; 0,4 y 0,2 mm de agua caída, respectivamente, situación similar a lo registrado en los años previos.

Al primer semestre de 2016, no se registran precipitaciones significativas en las estaciones meteorológicas.

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.

6.7 SISTEMA CUÑA SALINA

En general, el nivel de la napa medido en los pozos utilizados para realizar el seguimiento del sistema Cuña Salina presenta un comportamiento estable, con algún comportamiento estacional dependiendo de la profundidad de la napa, durante marzo de 2012 se observa el efecto de las precipitaciones en el aumento de los niveles. La excepción son los pozos Cuña 3 y Cuña 4 cuyos niveles se ven influenciados por la toma de muestras para análisis químico (nótese que estos 2 pozos presentan un comportamiento artesiano). Cabe destacar el comportamiento del pozo L4-3, en donde se observa que los niveles han aumentado en aproximadamente 90 cm a partir de noviembre 2013 a junio de 2016 sin observar cambio en su tendencia.

Los registros de nivel de los pozos Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3 y Cuña 5 muestran un aumento de nivel en febrero 2012. En febrero-marzo de 2015 se observa un aumento en los pozos Cuña 1, Cuña 5 y Cuña 7, probablemente asociado a las precipitaciones de este periodo.

7 CONCLUSIONES

El Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico abarca una gran extensión espacial, con 225 puntos de monitoreo en los que se llegan a registrar 35 parámetros ambientales con diferentes frecuencias de medición en función del punto y parámetro monitoreado (desde medición continua a frecuencia trimestral), permitiendo caracterizar el comportamiento hidrogeológico de los sistemas del Salar de Atacama y proteger los sistemas lacustres y de vegetación, generándose un reporte completo y oportuno a la autoridad ambiental.

Los efectos del **bombeo de agua industrial** se observan básicamente en el acuífero aluvial del borde este, no así en la zona de las lagunas.

La **meteorología** y en concreto las precipitaciones tienen una gran y casi inmediata influencia en los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, los cuales tienen respuestas a las precipitaciones importantes con aumentos de nivel notorios.

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.

Las **superficies lacustres** de los sistemas se han comportado de acuerdo a los patrones históricos observados, los que son dependientes de los pulsos de recargas de agua, la evaporación y la dinámica misma de la costra salina que sustenta a las lagunas, especialmente en el caso de las lagunas del sistema Peine.



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: LISTADO DE PERSONAL INVOLUCRADO EN CADA ACTIVIDAD RELACIONADO A ESTE INFORME



ANEXO 2: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LOS PUNTOS DEL PSAH EN COORDENADAS UTM WGS84 HUSO 19S



ANEXO 3: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO (M.S.N.M. DATUM UTM WGS84 HUSO 19S)



ANEXO 4: METODOLOGÍAS DE MUESTREO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y/O CONTROL DE CADA PARÁMETRO



ANEXO 5: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



ANEXO 6: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA (M.S.N.M. DATUM UTM WGS84 HUSO19S)



ANEXO 7: NIVELES DE LOS POZOS DEL PLAN DE CONTINGENCIA (M.S.N.M. DATUM UTM PSAD56 HUSO 19S)



ANEXO 8: SIMULACIONES EN LOS POZOS DE ALERTA QUE FORMAN PARTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL SISTEMA BORDE ESTE, ZONA DE ALERTA TEMPRANA



ANEXO 9: REGISTRO DE CAUDALES BOMBEADOS POR MES EN LOS POZOS DE AGUA INDUSTRIAL (L/SEG)



ANEXO 10: INFORMES DE CALIDAD QUÍMICA



ANEXO 11: REGISTRO DE PUNTOS NO MONITOREADOS



ANEXO 12: REPORTE ARCADIS DE VISITA A TERRENO JUNIO 2016



ANEXO 13: MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE – CAMPAÑA ABRIL 2016