

SQM SALAR S.A.

**INFORME N°15 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL
HIDROGEOLÓGICO PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS
DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA**

N° 2014-204

**“INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL ACTUALIZADO A JUNIO
2014”**

Rev.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	Descripción
A	Nombre Firma	Yohana Ahumada	Andrés Pucheu	Cristián Ortiz	Coordinación Interna
	Fecha	17.11.14	21.11.2014	24.11.2014	
B	Nombre Firma	Yohana Ahumada	Andrés Pucheu	Cristián Ortiz	Revisión Cliente
	Fecha	15.12.2014	16.12.2014	16.12.2014	
C	Nombre Firma	Yohana Ahumada	Andrés Pucheu	Cristián Ortiz	Revisión Cliente
	Fecha	18.12.2014	18.12.2014	18.12.2014	
D	Nombre Firma	Yohana Ahumada	Andrés Pucheu	Cristián Ortiz	Revisión Cliente
	Fecha	24.12.2014	26.12.2014	29.12.2014	
0	Nombre Firma	Yohana Ahumada	Andrés Pucheu	Cristián Ortiz	Aprobado Cliente
	Fecha	24.12.2014	26.12.2014	30.12.2014	

INFORME Nº15 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 2014”

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	15
2	ANTECEDENTES GENERALES	16
	2.1 INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO DEL PSAH.....	16
3	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS	18
	3.1 REVISIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA.....	18
4	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO	21
	4.1 SISTEMA SONCOR.....	21
	4.1.1 Nivel del agua subterránea y superficial	25
	4.1.2 Meteorología.....	82
	4.1.3 Caudal bombeado.....	85
	4.1.4 Calidad química	87
	4.1.5 Aforo	114
	4.1.6 Superficie Lacustre.....	117
	4.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA	120
	4.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial	121
	4.2.2 Caudal bombeado.....	160
	4.2.3 Calidad química	161
	4.3 SISTEMA PEINE	174
	4.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial	175
	4.3.2 Calidad química	191
	4.3.3 Aforos	202
	4.3.4 Superficie lacustre.....	204
	4.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE	208
	4.4.1 Nivel del agua subterránea.....	210
	4.4.2 Caudal bombeado.....	218
	4.4.3 Calidad química	219
	4.5 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO	222

4.5.1	Nivel del agua subterránea y superficial	223
4.6	SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA	227
4.6.1	Nivel de la salmuera subterránea	229
4.6.2	Meteorología.....	240
4.6.3	Calidad química	243
4.7	SISTEMA CUÑA SALINA.....	246
5	GLOSARIO Y ABREVIACIONES.....	257

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 1: Niveles de los pozos del plan de contingencia (m.s.n.m.)
- Anexo 2: Registro de volúmenes bombeados mensuales de los pozos de agua industrial
- Anexo 3: Informes de calidad química
- Anexo 4: Certificado de acreditación del laboratorio ALS Environmental
- Anexo 5: Informe de Superficies lacustres Abril 2014

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1: Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH	17
Figura 4-1: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor. Perfil L11 se presenta en Figura 4-2.....	22
Figura 4-2: Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor	23
Figura 4-3: Nivel mensual observado en el pozo L1-1	27
Figura 4-4: Nivel mensual observado en el pozo L1-2	27
Figura 4-5: Nivel mensual observado en el pozo L1-3	28
Figura 4-6: Nivel mensual observado en el pozo L2-2.	28
Figura 4-7: Nivel mensual observado en el pozo L2-3	29
Figura 4-8: Nivel mensual observado en el pozo L2-7	29
Figura 4-9: Nivel mensual observado en el pozo L7-1	30
Figura 4-10: Nivel mensual observado en el pozo L7-2	30
Figura 4-11: Nivel mensual observado en el pozo L7-6	31
Figura 4-12: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Mullay 1.....	32
Figura 4-13: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Allana	33
Figura 4-14: Nivel mensual observado en el pozo 1027.....	35
Figura 4-15: Nivel mensual observado en el pozo RC-1	35
Figura 4-16: Nivel mensual observado en el pozo RC-2	36
Figura 4-17: Nivel mensual observado en el pozo RC-3	36

Figura 4-18: Nivel mensual observado en el pozo RC-4	37
Figura 4-19: Nivel mensual observado en el pozo RC-5	37
Figura 4-20: Nivel mensual observado en el pozo RC-6	38
Figura 4-21: Nivel mensual observado en el pozo RC-7	38
Figura 4-22: Nivel mensual observado en el pozo GD-01	39
Figura 4-23: Nivel mensual observado en el pozo L1-4	39
Figura 4-24: Nivel mensual observado en el pozo L1-5	40
Figura 4-25: Nivel mensual observado en el pozo L1-6	40
Figura 4-26: Nivel mensual observado en el pozo L1-7	41
Figura 4-27: Nivel mensual observado en el pozo L1-8	41
Figura 4-28: Nivel mensual observado en el pozo L1-9	42
Figura 4-29: Nivel mensual observado en el pozo L1-10	42
Figura 4-30: Nivel mensual observado en el pozo L1-11	43
Figura 4-31: Nivel mensual observado en el pozo L1-12	43
Figura 4-32: Nivel mensual observado en el pozo L1-13	44
Figura 4-33: Nivel mensual observado en el pozo L1-14	44
Figura 4-34: Nivel mensual observado en el pozo L1-15	45
Figura 4-35: Nivel mensual observado en el pozo L1-16	45
Figura 4-36: Nivel mensual observado en el pozo L2-4	46
Figura 4-37: Nivel mensual observado en el pozo L2-5	46
Figura 4-38: Nivel mensual observado en el pozo L2-8	47
Figura 4-39: Nivel mensual observado en el pozo L2-10	47
Figura 4-40: Nivel mensual observado en el pozo L2-11	48
Figura 4-41: Nivel mensual observado en el pozo L2-12	48
Figura 4-42: Nivel mensual observado en el pozo L2-13	49
Figura 4-43: Nivel mensual observado en el pozo L2-15	49
Figura 4-44: Nivel mensual observado en el pozo L2-17	50
Figura 4-45: Nivel mensual observado en el pozo L2-18	50
Figura 4-46: Nivel mensual observado en el pozo L2-19	51
Figura 4-47: Nivel mensual observado en el pozo L2-21	51
Figura 4-48: Nivel mensual observado en el pozo L2-22	52
Figura 4-49: Nivel mensual observado en el pozo L2-24	52
Figura 4-50: Nivel mensual observado en el pozo L7-3	53
Figura 4-51: Nivel mensual observado en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	54

Figura 4-52: Nivel mensual observado en el pozo L7-4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	54
Figura 4-53: Nivel mensual observado en el pozo L7-5	55
Figura 4-54: Nivel mensual observado en el pozo L7-7	55
Figura 4-55: Nivel mensual observado en el pozo L7-10	56
Figura 4-56: Nivel mensual observado en el pozo L7-11	56
Figura 4-57: Nivel mensual observado en el pozo L7-12	57
Figura 4-58: Nivel mensual observado en el pozo L11-1	57
Figura 4-59: Nivel mensual observado en el pozo L11-2	58
Figura 4-60: Nivel observado 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)	59
Figura 4-61: Nivel observado en la reglilla L1-G4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua).....	59
Figura 4-62: Nivel mensual observado en la reglilla L7-G1	60
Figura 4-63: Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua)	61
Figura 4-64: Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea burdeos: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua).....	61
Figura 4-65: Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al puente San Luis	62
Figura 4-66: Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).....	63
Figura 4-67: Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).....	64
Figura 4-68: Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto “C.” medición continua, “M.C.” medición manual).....	65
Figura 4-69: Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).....	65
Figura 4-70: Nivel mensual observado en la reglilla L11-G1	66

Figura 4-71: Nivel observado en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	67
Figura 4-72: Nivel observado en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	67
Figura 4-73: Nivel observado en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	68
Figura 4-74: Nivel observado en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	68
Figura 4-75: Nivel observado en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	69
Figura 4-76: Nivel observado en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	70
Figura 4-77: Nivel observado en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	70
Figura 4-78: Nivel observado en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	71
Figura 4-79: Nivel observado en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	71
Figura 4-80: Nivel observado en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	72
Figura 4-81: Nivel observado en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	72
Figura 4-82: Nivel observado en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	73
Figura 4-83: Nivel observado en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	73
Figura 4-84: Nivel observado en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	74
Figura 4-85: Nivel observado en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	74
Figura 4-86: Nivel mensual observado en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	75
Figura 4-87: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-07 (L2-6).....	76
Figura 4-88: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-13	76
Figura 4-89: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-14	77
Figura 4-90: Nivel mensual observado en el pozo L2-14	77
Figura 4-91: Nivel mensual observado en el pozo L2-20	78

Figura 4-92: Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros	79
Figura 4-93: Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros desde el 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).....	80
Figura 4-94: Nivel mensual observado en la reglilla Puilar	80
Figura 4-95: Nivel mensual observado en la reglilla Puilar desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC)	81
Figura 4-96: Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas	81
Figura 4-97: Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).....	82
Figura 4-98: Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa	83
Figura 4-99: Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa	84
Figura 4-100: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa.....	84
Figura 4-101: Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa	85
Figura 4-102: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Mullay	86
Figura 4-103: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Allana.....	86
Figura 4-104: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4.....	88
Figura 4-105: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5.....	89
Figura 4-106: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6.....	90
Figura 4-107: Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4	90
Figura 4-108: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3.....	91
Figura 4-109: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4.....	92
Figura 4-110: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5.....	93
Figura 4-111: Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3.....	95
Figura 4-112: Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1	96
Figura 4-113: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07	97
Figura 4-114: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay.....	98
Figura 4-115: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación).....	99
Figura 4-116: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14	100
Figura 4-117: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana	101
Figura 4-118: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)	102
Figura 4-119: Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa.....	103
Figura 4-120: Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros	104
Figura 4-121: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa.....	106
Figura 4-122: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación).....	107
Figura 4-123: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto	108
Figura 4-124: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación)	109

Figura 4-125: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros	110
Figura 4-126: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación)	111
Figura 4-127: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar	112
Figura 4-128: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar (continuación)	113
Figura 4-129: Arreglo realizado al camino en el sector turístico de la laguna Chaxa (Diciembre 2013)	115
Figura 4-130: Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m ²)	116
Figura 4-131: Caudal promedio diario en puente San Luis	117
Figura 4-132: Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)	118
Figura 4-133: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana. Nivel del agua subterránea y superficial	122
Figura 4-134: Nivel mensual observado en el pozo L3-2	125
Figura 4-135: Nivel mensual observado en el pozo L4-3	125
Figura 4-136: Nivel mensual observado en el pozo L4-4	126
Figura 4-137: Nivel mensual observado en el pozo L5-1	126
Figura 4-138: Nivel mensual observado en el pozo L5-2	127
Figura 4-139: Nivel mensual observado en el pozo GD-02	128
Figura 4-140: Nivel mensual observado en el pozo L3-3	128
Figura 4-141: Nivel mensual observado en el pozo L3-8	129
Figura 4-142: Nivel mensual observado en el pozo L3-11	129
Figura 4-143: Nivel mensual observado en el pozo L3-12	130
Figura 4-144: Nivel mensual observado en el pozo L3-14	130
Figura 4-145: Nivel mensual observado en el pozo L4-5	131
Figura 4-146: Nivel mensual observado en el pozo L4-11	132
Figura 4-147: Nivel mensual observado en el pozo L4-14	132
Figura 4-148: Nivel mensual observado en el pozo L4-15	133
Figura 4-149: Nivel mensual observado en el pozo L5-9	133
Figura 4-150: Nivel mensual observado en el pozo L5-11	134
Figura 4-151: Nivel mensual observado en el pozo L5-12	134
Figura 4-152: Nivel mensual observado en el pozo L5-13	135
Figura 4-153: Nivel mensual observado en el pozo L5-15	135
Figura 4-154: Nivel mensual observado en el pozo L13-5	136
Figura 4-155: Nivel mensual observado en el pozo L13-6	136
Figura 4-156: Nivel mensual observado en el pozo L13-7	137

Figura 4-157: Nivel mensual observado en el pozo L14-1	137
Figura 4-158: Nivel mensual observado en el pozo L14-2	138
Figura 4-159: Nivel mensual observado en el pozo L14-3	138
Figura 4-160: Nivel mensual observado en el pozo L14-5	139
Figura 4-161: Nivel mensual observado en el pozo L14-6	139
Figura 4-162: Nivel mensual observado en el pozo L14-7	140
Figura 4-163: Nivel mensual observado 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).....	141
Figura 4-164: Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3 desde 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos)	141
Figura 4-165: Nivel mensual observado en la reglilla L4-10	142
Figura 4-166: Nivel observado en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	143
Figura 4-167: Nivel mensual observado en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	144
Figura 4-168: Nivel mensual observado en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	144
Figura 4-169: Nivel observado en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	145
Figura 4-170: Nivel observado en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	145
Figura 4-171: Nivel observado en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	146
Figura 4-172: Nivel mensual observado en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	146
Figura 4-173: Nivel observado en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	147
Figura 4-174: Nivel observado en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	147
Figura 4-175: Nivel observado en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	148
Figura 4-176: Nivel observado en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	148

Figura 4-177: Nivel mensual observado en el pozo L5-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	149
Figura 4-178: Nivel observado en el pozo L5-3 desde 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	149
Figura 4-179: Nivel observado en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	150
Figura 4-180: Nivel mensual observado en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	150
Figura 4-181: Nivel observado en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	151
Figura 4-182: Nivel observado en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).....	151
Figura 4-183: Nivel mensual observado en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	152
Figura 4-184: Nivel mensual observado en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	152
Figura 4-185: Nivel mensual observado en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	153
Figura 4-186: Nivel mensual observado en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	153
Figura 4-187: Nivel mensual observado en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	154
Figura 4-188: Nivel mensual observado en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)	154
Figura 4-189: Nivel mensual observado en el pozo D2	155
Figura 4-190: Nivel mensual observado en el pozo L3-4 (SOPM-8).....	156
Figura 4-191: Nivel mensual observado en el pozo L4-6	156
Figura 4-192: Nivel mensual observado en el pozo L4-16	157
Figura 4-193: Nivel mensual observado en el pozo L5-4	157
Figura 4-194: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-9.....	158
Figura 4-195: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Camar 2	159
Figura 4-196: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Socaire 5B.....	159
Figura 4-197: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Camar 2	160
Figura 4-198: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B	161
Figura 4-199: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-3.....	162
Figura 4-200: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-6.....	163

Figura 4-201: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-8.....	164
Figura 4-202: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-9.....	165
Figura 4-203: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-12.....	166
Figura 4-204: Resultados de análisis físico-químico del pozo L5-3.....	167
Figura 4-205: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2	168
Figura 4-206: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2 (continuación)	169
Figura 4-207: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B.....	170
Figura 4-208: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B (continuación)...	171
Figura 4-209: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10.....	172
Figura 4-210: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 (continuación).....	173
Figura 4-211: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine.....	174
Figura 4-212: Nivel mensual observado en el pozo GD-04	176
Figura 4-213: Nivel mensual observado en el pozo L10-1	177
Figura 4-214: Nivel mensual observado en el pozo L10-2	177
Figura 4-215: Nivel mensual observado en el pozo L10-3	178
Figura 4-216: Nivel mensual observado en el pozo L10-4	178
Figura 4-217: Nivel mensual observado en el pozo L10-5	179
Figura 4-218: Nivel mensual observado en el pozo L10-6	179
Figura 4-219: Nivel mensual observado en el pozo L10-7	180
Figura 4-220: Nivel mensual observado en el pozo L10-8	180
Figura 4-221: Nivel mensual observado en el pozo L10-9	181
Figura 4-222: Nivel mensual observado en el pozo L10-10.....	181
Figura 4-223: Nivel mensual observado en el pozo L10-15.....	182
Figura 4-224: Nivel mensual observado en el pozo 1024.....	183
Figura 4-225: Nivel mensual observado en el pozo 1028.....	183
Figura 4-226: Nivel mensual observado en el pozo 2018.....	184
Figura 4-227: Nivel mensual observado en el pozo 2037.....	184
Figura 4-228: Nivel mensual observado en el pozo GD-03	185
Figura 4-229: Nivel mensual observado en el pozo L10-11.....	185
Figura 4-230: Nivel mensual observado en el pozo L10-12.....	186
Figura 4-231: Nivel mensual observado en el pozo L10-13.....	186
Figura 4-232: Nivel mensual observado en el pozo L10-14.....	187
Figura 4-233: Nivel mensual observado en el pozo L10-16.....	187
Figura 4-234: Nivel mensual observado en el pozo L10-17.....	188
Figura 4-235: Nivel mensual observado en la laguna Salada.....	189
Figura 4-236: Nivel mensual observado en la laguna Saladita.....	190
Figura 4-237: Nivel mensual observado en la laguna Interna.....	190

Figura 4-238: Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028	192
Figura 4-239: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1	193
Figura 4-240: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4.....	194
Figura 4-241: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna.....	196
Figura 4-242: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación)	197
Figura 4-243: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada.....	198
Figura 4-244: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación)	199
Figura 4-245: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita	200
Figura 4-246: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación)	201
Figura 4-247: Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m ²).....	203
Figura 4-248: Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m ²)	204
Figura 4-249: Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF	206
Figura 4-250: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este	209
Figura 4-251: Nivel mensual estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) observado en el pozo de bombeo P2.....	211
Figura 4-252: Nivel mensual observado en el pozo L1-17	212
Figura 4-253: Nivel mensual observado en el pozo L2-25	212
Figura 4-254: Nivel mensual observado en el pozo L2-26	212
Figura 4-255: Nivel mensual observado en el pozo L2-27	213
Figura 4-256: Nivel mensual observado en el pozo L2-28	213
Figura 4-257: Nivel mensual observado en el pozo L3-15	214
Figura 4-258: Nivel mensual observado en el pozo L3-16	215
Figura 4-259: Nivel mensual observado en el pozo L4-17	215
Figura 4-260: Nivel mensual observado en el pozo L7-13	216
Figura 4-261: Nivel mensual observado en el pozo L7-14	216
Figura 4-262: Nivel mensual observado en el pozo L7-15	217
Figura 4-263: Nivel mensual observado en el pozo L9-1	217
Figura 4-264: Nivel mensual observado en el pozo L9-2	218
Figura 4-265: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo P2	219
Figura 4-266: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2.....	220
Figura 4-267: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación).....	221

Figura 4-268: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo	223
Figura 4-269: Nivel mensual observado en la reglilla de Tilopozo.....	224
Figura 4-270: Nivel mensual observado en el pozo L12-1	225
Figura 4-271: Nivel mensual observado en el pozo L12-2	225
Figura 4-272: Nivel mensual observado en el pozo L12-3	226
Figura 4-273: Nivel mensual observado en el pozo L12-4	226
Figura 4-274: Distribución geográfica de puntos de monitoreo en el Núcleo del Salar de Atacama	228
Figura 4-275: Nivel mensual observado en el pozo 1001.....	230
Figura 4-276: Nivel mensual observado en el pozo 1906.....	230
Figura 4-277: Nivel mensual observado en el pozo 2028.....	231
Figura 4-278: Nivel mensual observado en el pozo 2040.....	231
Figura 4-279: Nivel mensual observado en el pozo C4-B	232
Figura 4-280: Nivel mensual observado en el pozo M1-C.....	232
Figura 4-281: Nivel mensual observado en el pozo M2-C.....	233
Figura 4-282: Nivel mensual observado en el pozo M7.....	233
Figura 4-283: Nivel mensual observado en el pozo E-101	234
Figura 4-284: Nivel mensual observado en el pozo E-324	234
Figura 4-285: Nivel mensual observado en el pozo EIA-5.....	235
Figura 4-286: Nivel mensual observado en el pozo Sample4.....	235
Figura 4-287: Nivel mensual observado en el pozo SOPE-6.....	236
Figura 4-288: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-2	236
Figura 4-289: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-4	237
Figura 4-290: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-5	237
Figura 4-291: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-10	238
Figura 4-292: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-11	238
Figura 4-293: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-12C	239
Figura 4-294: Nivel mensual observado en el pozo Zar-C-S.....	239
Figura 4-295: Precipitación diaria registrada en la estación Salar.....	241
Figura 4-296: Evaporación diaria registrada en la estación Salar.....	242
Figura 4-297: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Salar.....	242
Figura 4-298: Temperatura media diaria registrada en la estación Salar	243
Figura 4-299: Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12c	244
Figura 4-300: Resultados de análisis físico-químico pozo 1001	245
Figura 4-301: 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%)	247

Figura 4-302. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina. ..	249
Figura 4-303: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 1	250
Figura 4-304: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 2	251
Figura 4-305: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 3	251
Figura 4-306: Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a Junio 2014.....	252
Figura 4-307: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 4 (surgente)	252
Figura 4-308: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 5	253
Figura 4-309: Nivel mensual observado en el pozo L4-3	253
Figura 4-310. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a diciembre de 2013.....	254
Figura 4-311. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 6	255
Figura 4-312: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 7	255
Figura 4-313. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 a diciembre de 2013.....	256

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1: Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota de activación (PSAD 1956) 20	
Tabla 4-1: Puntos de monitoreo del sistema Soncor	23
Tabla 4.2. Principales precipitaciones (más de 5 mm) registradas en la Estación Meteorológica de Chaxa desde 2011 a la fecha	83
Tabla 4-3: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril de 2014	119
Tabla 4-4: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.....	120
Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Peine	175
Tabla 4-6: Superficies lacustres medidas desde abril de 2008 hasta abril de 2014.....	207
Tabla 4-7: Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este	208
Tabla 4-8: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.....	222
Tabla 4-9: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama	227
Tabla 4-10: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina	246
Tabla 4-11: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de SDT ..	247
Tabla 4-12: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de CE	248

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°15 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH), que forma parte de las obligaciones ambientales de SQM 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 informe incluye registros de monitoreo actualizados hasta junio del 2014, incorporando como información nueva la generada durante el primer semestre de 2014.

El PSAH considera la medición de todas las variables 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 dulce. Esta información se presenta de manera ordenada para los siguientes sistemas o sectores ambientales:

- a) Soncor,
- b) Agua de Quelana,
- c) Peine,
- d) Vegetación Borde Este,
- e) Vegas de Tilopozo,
- f) Núcleo del Salar de Atacama y
- g) Cuña Salina.

Se consideran en el presente informe las observaciones realizadas por el Servicio de Evaluación Ambiental, enviadas mediante el Ord D.R. N° 1055/2013 que contiene las observaciones de la Dirección General de Aguas (ORD 619/2013).

Este informe ha sido realizado por Geohidrología Consultores basado en la información proporcionada por SQM Salar S.A., quienes son los responsables de obtener los datos en terreno. Para ello Geohidrología realizó el trabajo a dos niveles: (i) revisión en gabinete de documentos con la información y mediciones contenidas en él y (ii) una campaña de terreno para confirmar de manera aleatoria la información de monitoreo. En aquellos pozos monitoreados por Geohidrología se incorporó un punto naranja indicando la medición mientras que para campañas anteriores realizadas por DICTUC se mantuvo el punto rojo para indicar las mediciones realizadas.

2 ANTECEDENTES GENERALES

2.1 INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO DEL PSAH

El PSAH 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 del proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama, los cuales se habilitaron en su totalidad el 31 de octubre de 2007.

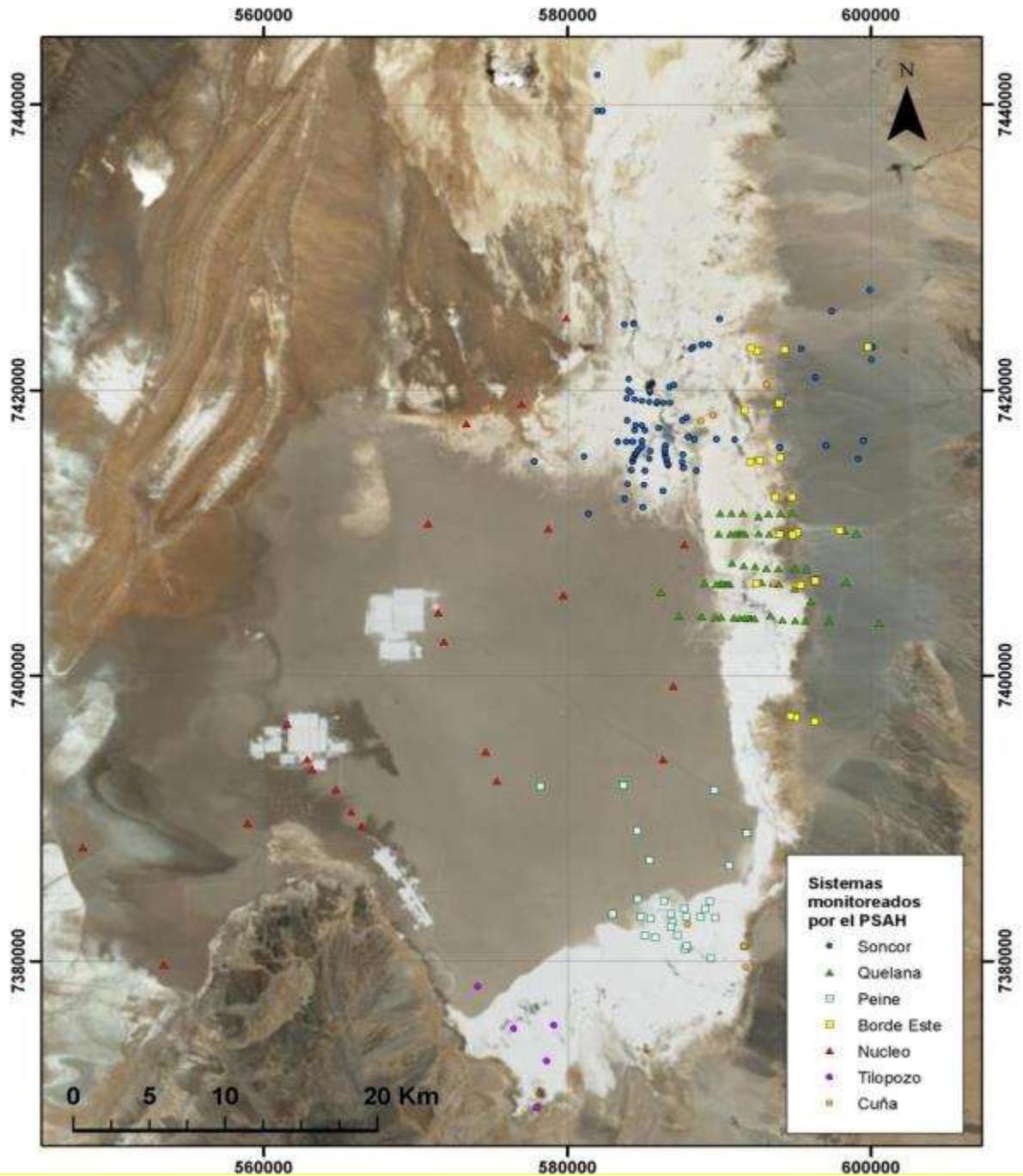
Los 225 puntos de monitoreo que conforman el PSAH se pueden desglosar de la siguiente manera:

- 112 pozos someros;
- 84 pozos profundos;
- 5 pozos de bombeo de agua dulce;
- 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. Adicionalmente, se implementó una medición continua en la reglilla L7-G2, 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 2-1). 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. Los sistemas que se monitorean son los sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Peine, Vegetación Borde Este, Vegas de Tilopozo, Núcleo del Salar de Atacama y Cuña Salina.

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



3 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, hasta la fecha se han realizado tres aumentos de escalones de extracción. El último aumento ocurrió el 13 de agosto 2013, actualmente el proyecto se encuentra en el tercer escalón de extracción de salmuera.

Desde el inicio de la operación del PSAH (mayo 2007) todos los niveles de la napa subterránea en los puntos de control del PC han permanecido sobre los umbrales de la Fase I, por lo que éste no se ha activado. En la Tabla 3-1 se presentan los umbrales de activación de las distintas fases en conjunto a las cotas del PC. En el Anexo 1 se muestran en tablas, la cota de la napa en todos los pozos del PC, donde se puede corroborar que no se han sobrepasado los umbrales y por ende los objetos de protección en cada sistema no han sido afectados.

3.1 REVISIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIA

Se contempla que el PC sea revisado cada dos años a fin de incorporar la información nueva que se obtenga de los puntos de control, por lo que en este informe no se presenta dicha revisión. Las revisiones realizadas al PC se encuentran en los informes N°1, N°5, N°11 y N°13. En este último se presentó una revisión completa al PC y a cada uno de los sistemas ambientales que lo componen, conforme a lo señalado en el Anexo II de la Adenda III del EIA y en la RCA 226/2006. Los sectores considerados en esta revisión corresponden a:

Sistema Soncor

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

Los indicadores de estado de este sistema están compuestos por los pozos L1-5, L1-4 y L7-4 y la reglilla L1-G4 (agua superficial). El PC está diseñado en dos fases de modo de

proveer además de la alerta temprana espacial (ubicación de indicadores alejados de las laguna que se quiere proteger), de una alerta temprana temporal. Tal como se señaló anteriormente, el PC de este sistema no se ha activado.

Sistema Aguas de Quelana

Este sistema está compuesto por una serie de cuerpos lacustres desperdigados y sin continuidad ubicados al este del núcleo del Salar de Atacama, y al igual que para el sistema Soncor, se considera que los niveles en los pozos del PC se han comportado de acuerdo a lo esperado y éste no se ha activado en ninguna de sus fases.

Sistema Vegetación Borde Este

El PC diseñado para este sistema busca proteger la vegetación presente en el Borde Este del Salar de Atacama del bombeo de agua dulce, y especialmente la vegetación hidromorfa y la arbustiva conectada con el acuífero. Este sistema además considera la utilización de pozos de alerta temprana ubicados entre la zona de protección y los pozos de bombeo de agua dulce. Se divide en 3 subsistemas, vegetación Brea-Atriplex, vegetación Hidroforma y Alerta Temprana.

Al observar los gráficos de nivel utilizados como indicadores de estado en este sistema se observa que los niveles del acuífero se han comportado dentro de lo previsto, y que el PC de este sistema no se ha activado.

Sistema Peine

Acorde a la obligación señalada en la RCA 226/2006 sobre la realización de un plan de contingencia para el sistema Peine, en el Informe N°8 del PSAH se presentó el PC requerido para este sistema donde se establecieron medidas de monitoreo, factores de activación y medidas de contingencia a adoptar en caso que se presentara algún riesgo al sistema. Ello sin perjuicio de las precisiones realizadas con respecto a las particularidades del Sistema Peine y a la probable repercusión de actividades de terceros sobre las lagunas.

La información recopilada hasta la fecha se ha reportado en los informes sucesivos del PSAH, se concluye que no se han registrado alteraciones en el Sistema de Peine.

Tabla 3-1: Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota de activación¹ (PSAD 1956)

Sistema	Pozo	UTM Este	UTM Norte	Medición May/07	Descenso Fase I	Descenso Fase II	Cota Fase I	Cota Fase II
SONCOR	L7-4	588.829,38	7.423.234,66	2.301,40	0,05	0,07	2.301,35	2.301,33
	L1-4	588.322,02	7.416.561,27	2.298,89	0,00	0,08	2.298,89	2.298,81
	L1-5	584.418,52	7.415.394,02	2.298,53	0,02	0,18	2.298,51	2.298,35
	L1-G4 Pozo	585.394,72	7.415.193,23	2.298,62	0,11	0,27	2.298,51	2.298,35
	L1-G4 Reglilla	585.393,96	7.415.193,49	2.298,62	0,10	0,27	2.298,51	2.298,35
AGUAS DE QUELANA	L3-5	593.960,27	7.409.923,92	2.303,09	0,10	0,13	2.302,99	2.302,96
	L3-9	591.498,23	7.409.949,96	2.299,47	0,10	0,13	2.299,37	2.299,34
	L4-8	593.544,67	7.406.504,18	2.300,36	0,10	0,13	2.300,26	2.300,23
	L4-12	590.518,13	7.406.433,03	2.298,82	0,10	0,13	2.298,72	2.298,69
	L5-8	595.011,39	7.403.879,59	2.302,74	0,10	0,13	2.302,64	2.302,61
	L5-10	592.095,10	7.404.005,62	2.299,15	0,10	0,13	2.299,05	2.299,02
VEGETACION HIDROMORFA	L7-3	592.042,47	7.422.959,95	2.312,81	0,28	0,33	2.312,53	2.312,48
	L1-17	591.637,37	7.418.615,57	2.305,72	0,28	0,33	2.305,44	2.305,39
	L2-4	592.034,94	7.414.985,57	2.302,61	0,28	0,33	2.302,33	2.302,28
	L3-5	593.960,27	7.409.923,92	2.303,09	0,28	0,33	2.302,81	2.302,76
VEGETACION BREA ATRIPLEX	L7-14	592.470,71	7.422.780,20	2.314,88	0,50	1,00	2.314,38	2.313,88
	L1-3	593.911,80	7.419.081,38	2.319,56	0,50	1,00	2.319,06	2.318,56
	L2-25	592.623,73	7.415.103,29	2.307,90	0,50	1,00	2.307,40	2.306,90
	L3-3	594.799,04	7.409.872,83	2.310,31	0,50	1,00	2.309,81	2.309,31
	L4-17	595.353,65	7.406.339,35	2.305,52	0,50	1,00	2.305,02	2.304,52
	L9-2	594.670,99	7.397.162,60	2.307,99	0,50	1,00	2.307,49	2.306,99
ALERTA TEMPRANA	L7-13	594.300,66	7.422.831,99	2.322,82	-	1,42	-	2.321,40
	L2-26	593.970,78	7.415.294,76	2.317,92	-	0,78	-	2.317,14
	L3-15	595.106,75	7.410.040,56	2.315,31	-	0,85	-	2.314,46
	L4-3	596.297,50	7.406.641,42	2.302,64*	-	0,92	-	2.301,72
	L9-1	595.046,64	7.397.058,35	2.308,81	-	0,87	-	2.307,94

* Corresponde al nivel mínimo histórico registrado en este pozo

¹ Información presentada en el Informe N°13 del PSAH del proyecto Cambios y Mejoras

4 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

En este capítulo se presentan los registros de mediciones efectuadas hasta junio de 2014 en los puntos indicados en la Figura 2-1, agrupados según los siguientes sistemas:

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

4.1 SISTEMA SONCOR

El Sistema Soncor posee puntos de control que se encuentran entre las coordenadas 7.440.000 a 7.410.000 norte y 580.000 a 600.000 este. En la Figura 4-1 y en la Figura 4-2 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo de este sistema.

En la Tabla 4-1 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.

Figura 4-1: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor. Perfil L11 se presenta en Figura 4-2

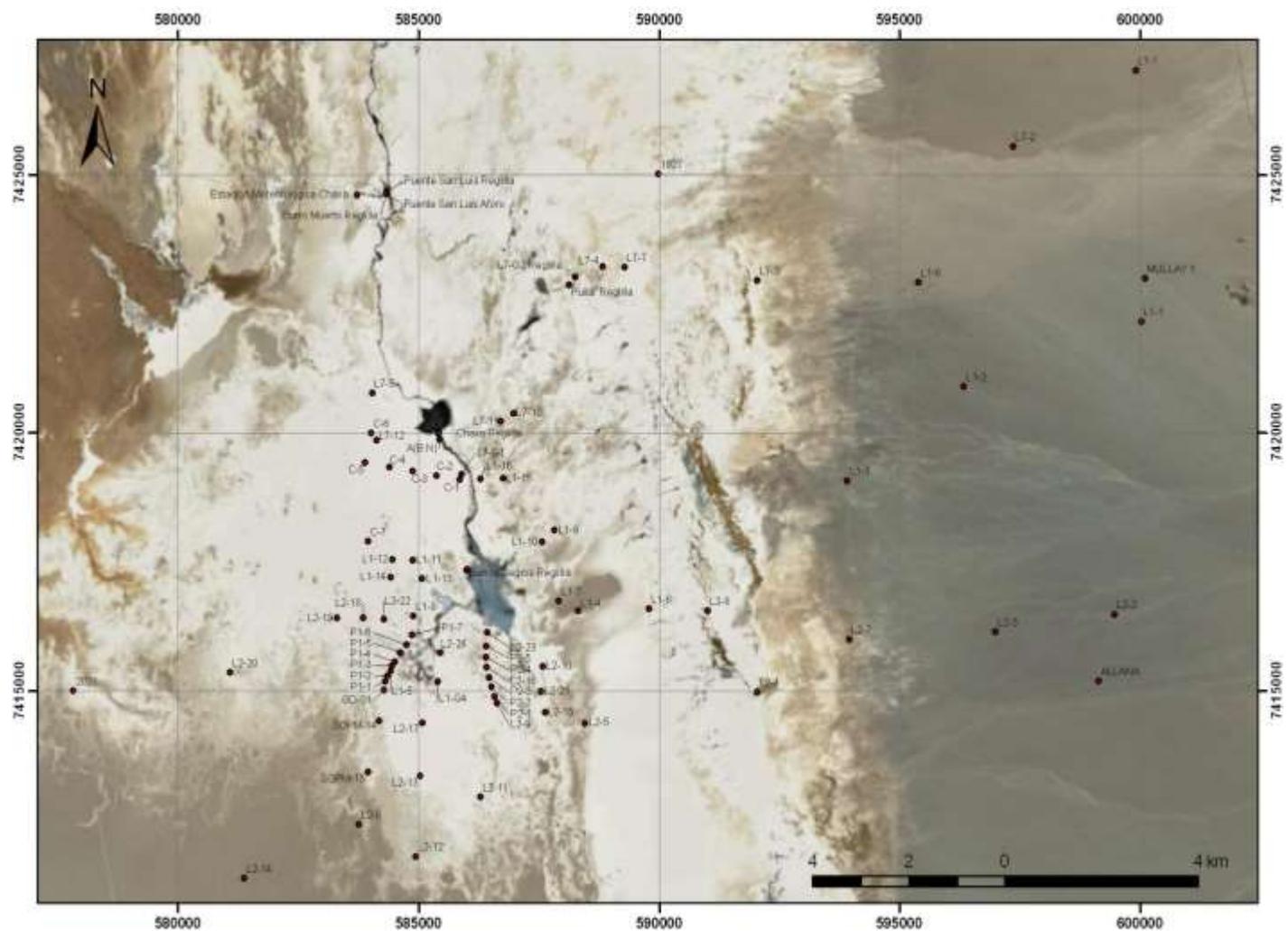


Figura 4-2: Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor

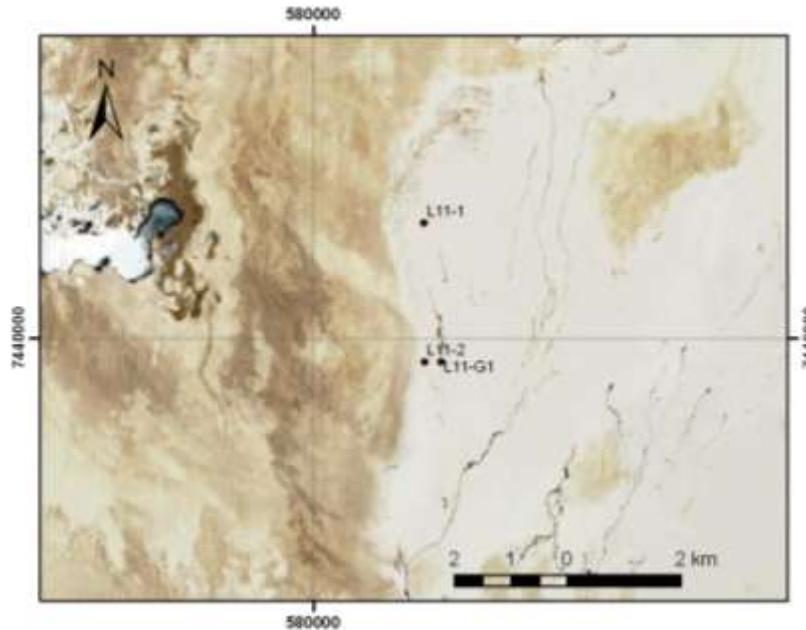


Tabla 4-1: Puntos de monitoreo del sistema Soncor

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.	Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L1-1	Zona aluvial	Pozo profundo	27	1027	Zona marginal	Pozo somero	34
L1-2	Zona aluvial	Pozo profundo	27	RC-1	Zona marginal	Pozo somero	35
L1-3	Zona aluvial	Pozo somero	28	RC-2	Zona marginal	Pozo somero	36
L2-2	Zona aluvial	Pozo profundo	28	RC-3	Zona marginal	Pozo somero	36
L2-3	Zona aluvial	Pozo profundo	29	RC-4	Zona marginal	Pozo somero	37
L2-7	Zona aluvial	Pozo profundo	29	RC-5	Zona marginal	Pozo somero	37
L7-1	Zona aluvial	Pozo profundo	30	RC-6	Zona marginal	Pozo somero	38
L7-2	Zona aluvial	Pozo profundo	30	RC-7	Zona marginal	Pozos somero	38
L7-6	Zona marginal	Pozo profundo	31	GD-01	Zona marginal	Pozo profundo	39
Mullay-1	Zona aluvial	Pozo profundo	32	L1-4	Zona marginal	Pozo somero	39
Allana	Zona aluvial	Pozo profundo	33	L1-5	Zona marginal	Pozo profundo	40

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L1-6	Zona marginal	Pozo somero	40
L1-7	Zona marginal	Pozo somero	41
L1-8	Zona marginal	Pozo somero	41
L1-9	Zona marginal	Pozo somero	42
L1-10	Zona marginal	Pozo somero	42
L1-11	Zona marginal	Pozo somero	43
L1-12	Zona marginal	Pozo somero	43
L1-13	Zona marginal	Pozo somero	44
L1-14	Zona marginal	Pozo somero	44
L1-15	Zona marginal	Pozo somero	45
L1-16	Zona marginal	Pozo somero	45
L2-4	Zona marginal	Pozo somero	46
L2-5	Zona marginal	Pozo profundo	46
L2-8	Zona marginal	Pozo somero	47
L2-10	Zona marginal	Pozo somero	47
L2-11	Zona marginal	Pozo somero	48
L2-12	Zona marginal	Pozo somero	48
L2-13	Zona marginal	Pozo somero	49
L2-15	Zona marginal	Pozo somero	49
L2-17	Zona marginal	Pozo somero	50
L2-18	Zona marginal	Pozo somero	50
L2-19	Zona marginal	Pozo somero	51
L2-21	Zona marginal	Pozo somero	51

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L2-22	Zona marginal	Pozo somero	52
L2-24	Zona marginal	Pozo somero	52
L7-3	Zona marginal	Pozo somero	53
L7-4	Zona marginal	Pozo somero	53
L7-5	Zona marginal	Pozo somero	55
L7-7	Zona marginal	Pozo somero	55
L7-10	Zona marginal	Pozo somero	56
L7-11	Zona marginal	Pozo somero	56
L7-12	Zona marginal	Pozo somero	57
L11-1	Zona marginal	Pozo somero	57
L11-2	Zona marginal	Pozo somero	58
L1-G4	Zona marginal	Reglilla	59
L7-G1	Zona marginal	Reglilla	60
L7-G2	Zona marginal	Reglilla	61
Puente. San Luis	Zona marginal	Reglilla	62
Burro Muerto	Zona marginal	Reglilla	65
L11-G1	Zona marginal	Reglilla	66
P1-1	Zona marginal	Continuo	67
P1-2	Zona marginal	Continuo	67
P1-3	Zona marginal	Continuo	68
P1-4	Zona marginal	Continuo	68
P1-5	Zona marginal	Continuo	69
P1-6	Zona marginal	Continuo	70

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
P1-7	Zona marginal	Continuo	70
L2-9	Zona marginal	Continuo	71
P2-1	Zona marginal	Continuo	71
P2-2	Zona marginal	Continuo	72
P2-3	Zona marginal	Continuo	72
L2-16	Zona marginal	Continuo	73
P2-4	Zona marginal	Continuo	73
P2-5	Zona marginal	Continuo	74
L2-23	Zona marginal	Continuo	74
2021	Zona marginal	Continuo	75
SOPM-07	Salmuera	Pozo profundo	76
SOPM-13	Salmuera	Pozo somero	76
SOPM-14	Salmuera	Pozo somero	77
L2-14	Salmuera	Pozo somero	77

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L2-20	Salmuera	Pozo somero	78
Barros Negros	Zona marginal	Lacustre	79
Puilar	Zona marginal	Lacustre	80
Chaxa	Zona marginal	Lacustre	81
Estación meteorológica Chaxa	Zona marginal	Estación Meteorológica	83
Mullay	Zona Aluvial	Pozo de bombeo	86
Allana	Zona Aluvial	Pozo de bombeo	86
Aforo Barros Negros	Zona Marginal	Aforo	116
Puente San Luis aforo	Zona marginal	Aforo	117

4.1.1 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 4-3 a la Figura 4-97. Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 (Figura 4-5, Figura 4-36 y Figura 4-50, respectivamente) forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este y serán presentados sólo en esta sección.

Geohidrología realizó mediciones durante el mes de junio de 2014 en los pozos Reglilla Puente San Luis, Reglilla Burro Muerto, Reglilla CONAF (Burro Muerto), Puente San Luis Aforo, Reglilla Puilar, Puilar, Reglilla L7-G2, L7-G2, 1027, L2-9, L1-G4, L2-16, Reglilla Barros Negros y Reglilla Chaxa.

4.1.1.1 Pozos en zona aluvial

El acuífero en este sector está compuesto principalmente por material aluvial y depósitos salinos, de granulometría variable, provenientes de la parte alta 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 principalmente de la evaporación y de la disolución de la matriz por donde circula el agua entre otros procesos formativos.

En Septiembre de 2008, los pozos Mullay 1 y Allana comenzaron la extracción de agua industrial, el inicio del bombeo 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 esta zona. En aquellos pozos más cercanos a las zonas de bombeo (L1-1, L2-2), el descenso es claro, sin embargo aquellos pozos más lejanos de la zona de bombeo muestran un efecto mínimo como son el caso de los pozos L1-3 y L2-7. Los pozos L7-1 y L7-2 ubicados al norte del pozo Mullay, presentan efectos del bombeo con un desfase aproximado de 15 meses. Este comportamiento es normal dado el funcionamiento de los pozos de bombeo.

Durante el último periodo se observa una disminución de la tasa de descenso de los niveles. Esto puede ser producto de un nuevo equilibrio regional posterior al inicio del bombeo de los pozos Mullay y Allana influenciado por las precipitaciones caídas durante los últimos años.

Cabe señalar que posterior a las lluvias acontecidas en febrero de 2012, el pozo L1-3 desapareció debido a los aluviones registrados en el camino Toconao-Peine, por este motivo se perforó un nuevo pozo el 17 de marzo de 2012 a 4,4 metros del pozo desaparecido, el que se georreferenció para obtener nuevas cotas.

Figura 4-3: Nivel mensual observado en el pozo L1-1

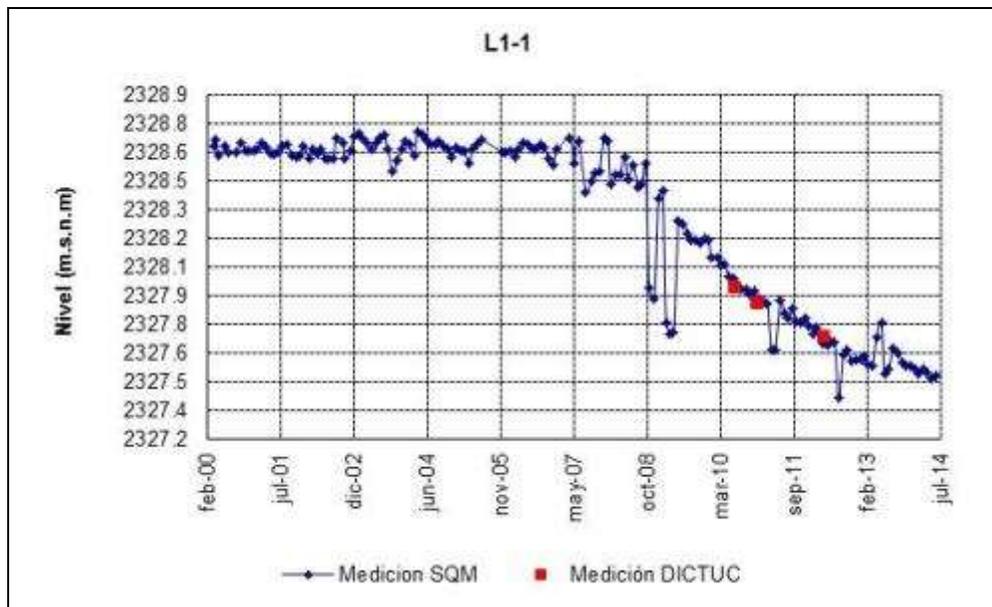


Figura 4-4: Nivel mensual observado en el pozo L1-2



Figura 4-5: Nivel mensual observado en el pozo L1-3

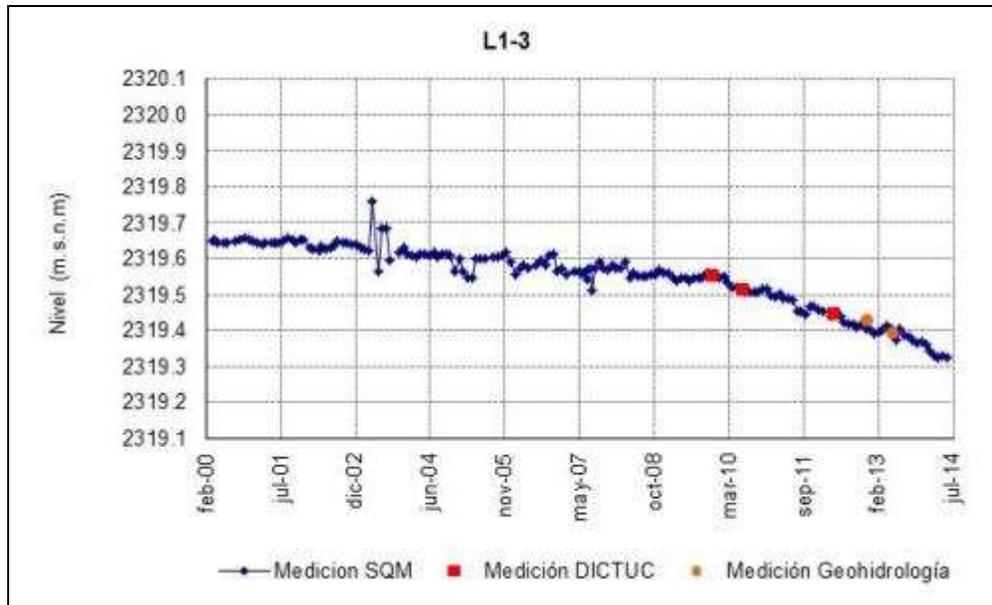
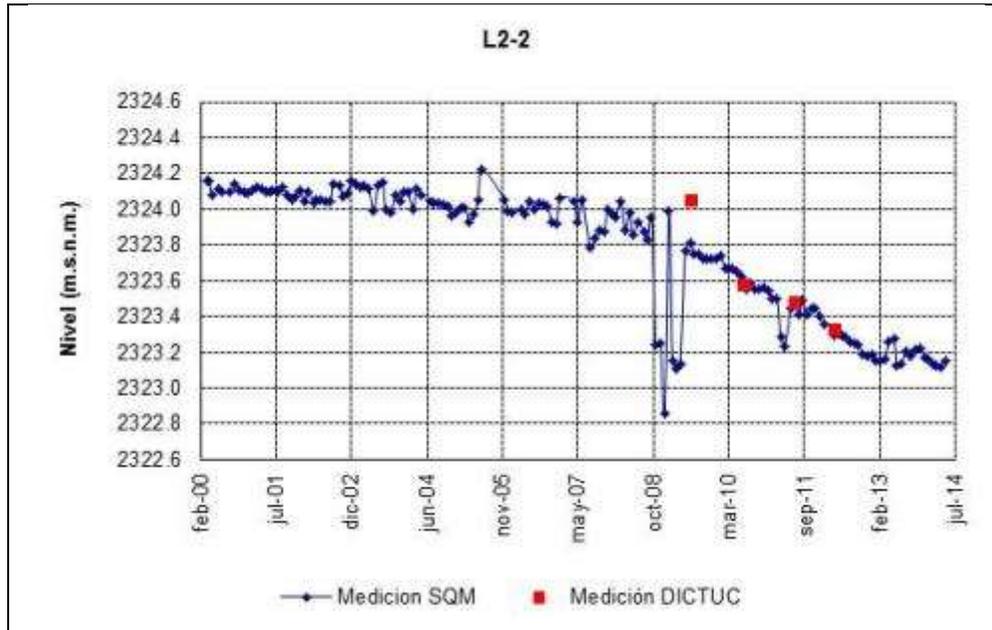


Figura 4-6: Nivel mensual observado en el pozo L2-2.²



² 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.

Figura 4-7: Nivel mensual observado en el pozo L2-3

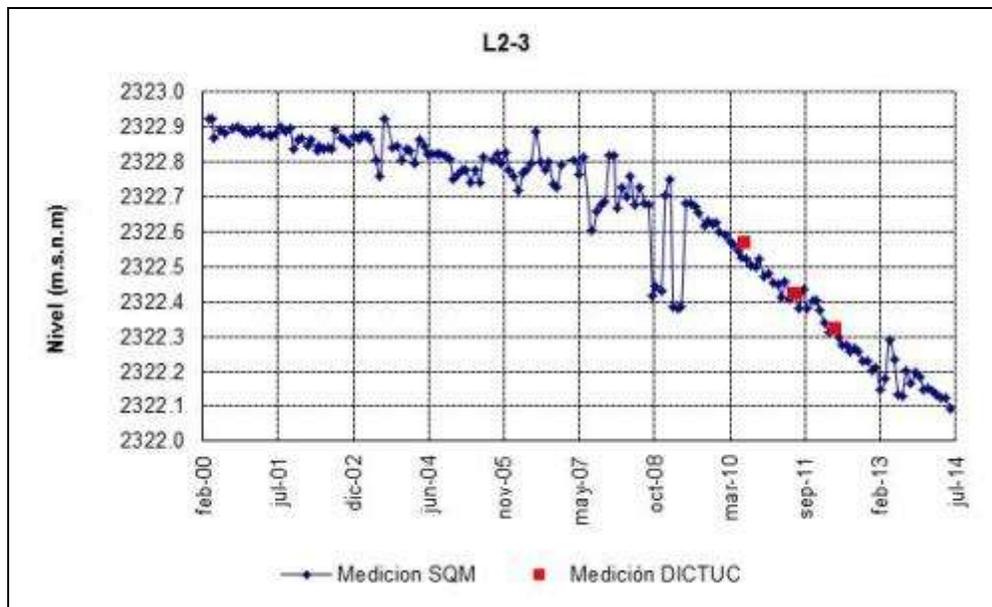


Figura 4-8: Nivel mensual observado en el pozo L2-7

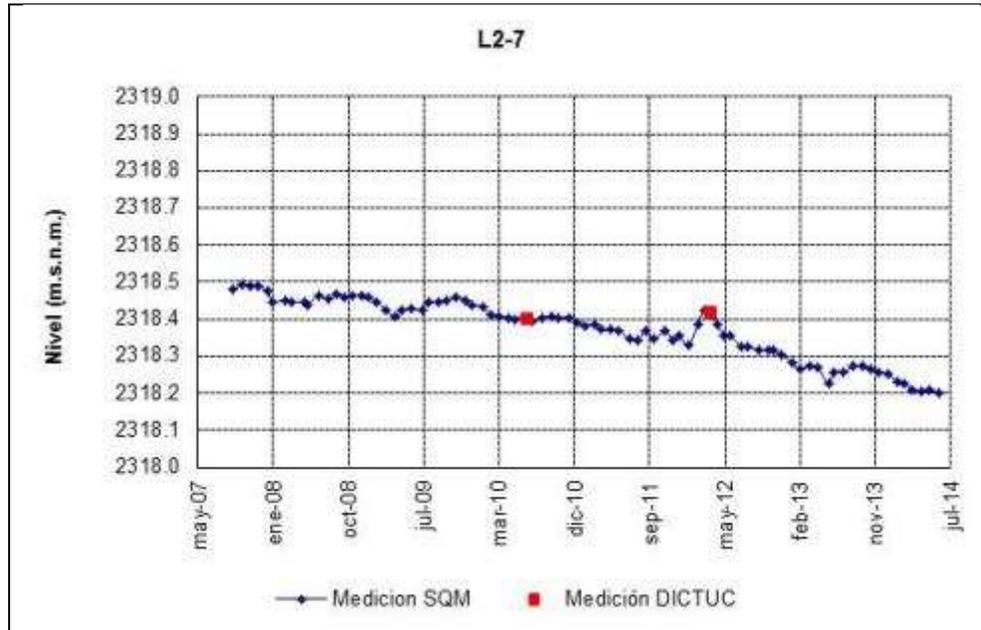


Figura 4-9: Nivel mensual observado en el pozo L7-1

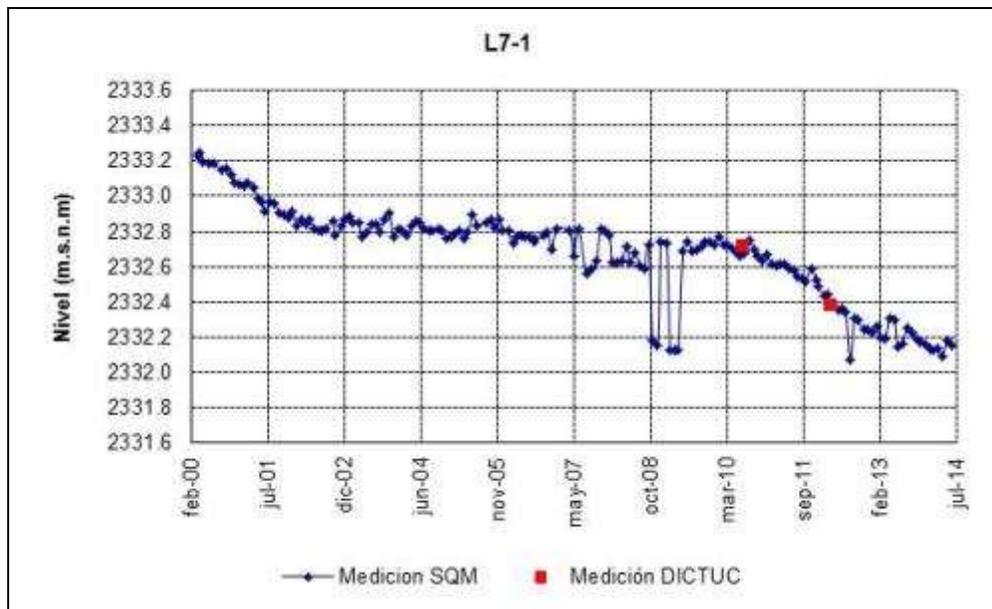


Figura 4-10: Nivel mensual observado en el pozo L7-2

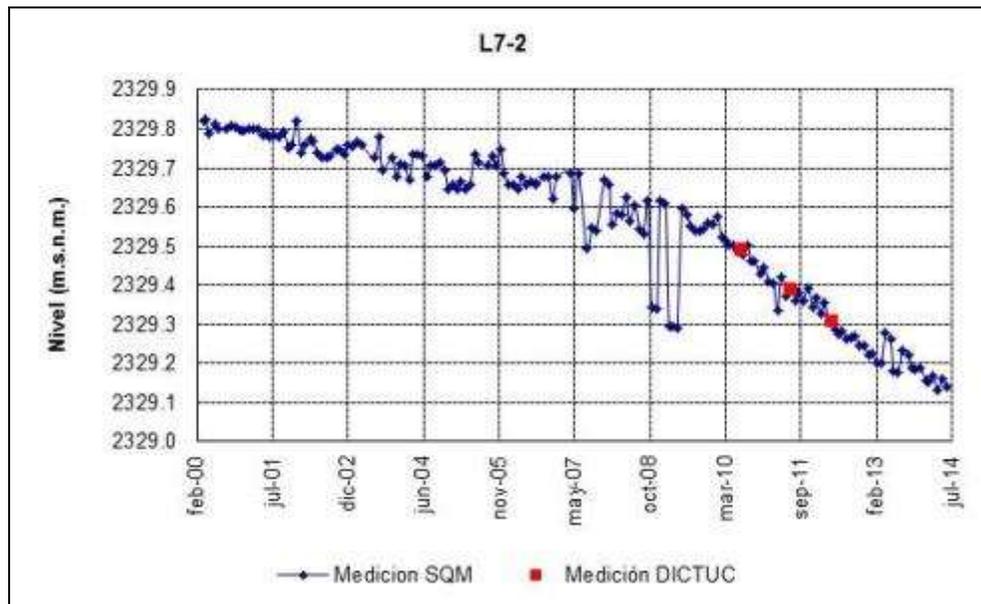
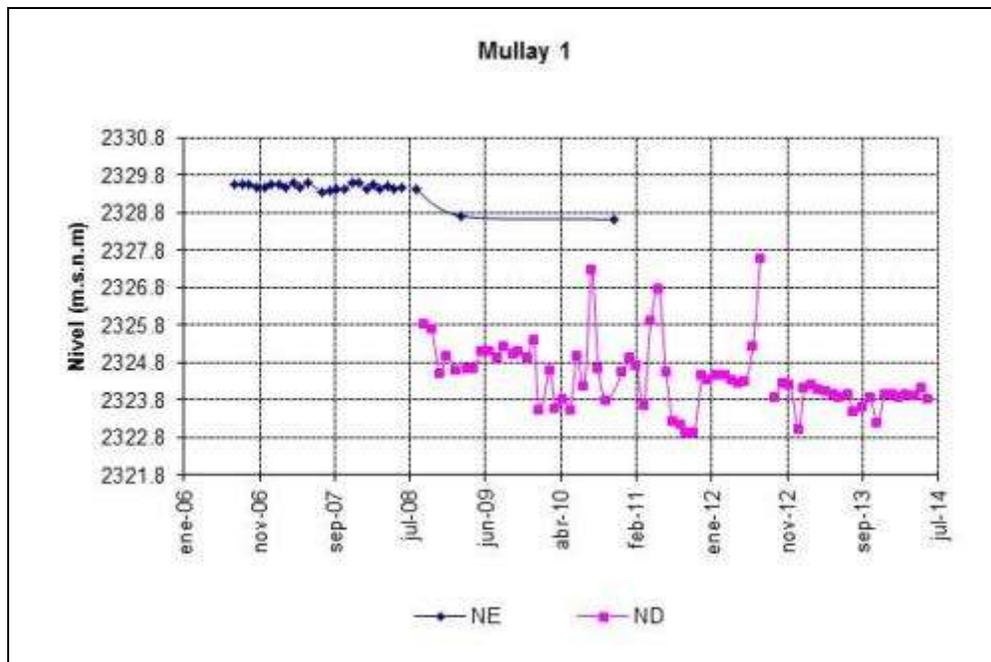


Figura 4-11: Nivel mensual observado en el pozo L7-6



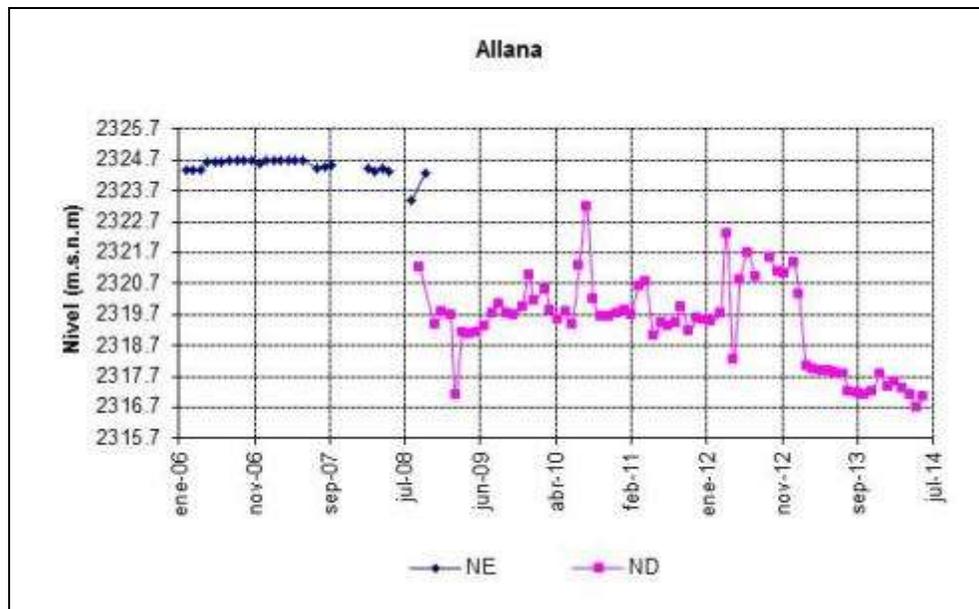
El pozo Mullay 1 (Figura 4-12) comenzó a operar como pozo de bombeo el día 15 de septiembre de 2008. Dado que fue necesario implementar un sistema de medición de niveles (línea de aire) se modificó el punto de referencia quedando la cota definitiva en 2.404,129 m.s.n.m.

Figura 4-12: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Mullay 1



El pozo Allana (Figura 4-13) no presenta monitoreo de los niveles desde octubre de 2007 a enero de 2008, debido a que durante ese período se realizaron trabajos para su habilitación como pozo de bombeo, cuyo inicio de actividades como tal fue el día 15 de septiembre del 2008. Por este motivo, fue necesario cambiar el punto de referencia de medición de niveles, al igual que en el pozo Mullay, quedando finalmente en 2403,242 m.s.n.m. Durante el mes de agosto de 2012 no pudo registrarse el nivel ya que al momento de realizar el monitoreo, éste se encontraba con su línea de medición obstruida, lo cual quedó resuelto para la medición de septiembre de 2012.

Figura 4-13: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Allana



4.1.1.2 Pozos en zona marginal

Los pozos ubicados en la zona marginal se caracterizan por tener un comportamiento estacional dado principalmente por el efecto de la evaporación y por el aumento de flujos subsuperficiales y subterráneos en época invernal.

De manera general, hasta febrero de 2012 se puede observar una tendencia similar en la mayoría de los pozos, pero posterior a esa fecha y debido a las precipitaciones de 2012 y 2013, se aprecian ascensos respecto de las tendencias históricas, los que disminuyen durante el primer semestre 2014, siguiendo la tendencia histórica observada previo a los episodios de lluvias de los años 2012 y 2013. En los pozos ubicados en los sectores oeste y sur-oeste de la zona lagunar (pozos RC, GD-01, L1-5, L1-11, L1-12, L1-14, L2-11, L2-12, L2-13, L2-17, L2-18, L2-19, L2-22, L7-12) se observan ascensos en los niveles que llegan hasta 30 cm respecto de lo observado entre enero de 2012 y diciembre de 2013. Adicionalmente, se han observado variaciones estacionales de nivel de hasta 70 cm en pozos o reglillas más cercanos a cuerpos de agua superficial como la laguna Barros Negros, por ejemplo los pozos L1-8, L1-13, RC1, L7-G1, L2-8, L2-10, L2-15, L2-21, L2-24, L1-G4, P1-6 y P1-7, entre otros. Para el caso del resto de los pozos ubicados al este y norte de la zona lagunar se aprecia que para los pozos más cercanos a las lagunas los ascensos medidos alcanzan los 15 a 20 cm y, en el caso de los más alejados, éstos se han mantenido estables (ascenso nulo). Lo anterior influenciado por el desborde de las lagunas, o bien, la descarga a través de la zona aluvial que recarga a zona marginal.

De manera particular, como consecuencia de las lluvias ocurridas entre el 8 y 15 de febrero de 2012, las que acumularon 46,9 mm y provocaron inundaciones y cortes de camino (los días 10 y 11 de febrero de 2012 se registraron 27,9 y 10,9 mm respectivamente), en los

gráficos de nivel se observan aumentos significativos en el nivel del acuífero en esta fecha, pero posteriormente en los meses de abril, mayo y junio fueron disminuyendo, pero manteniéndose por sobre los niveles observados a enero de 2012. Las precipitaciones ocurridas en el año 2013 (febrero y mayo), las que fueron menores en magnitud que el año 2012 (25,2 mm el 08 de febrero y 10,9 mm el 17 de mayo de 2013 medida en la estación Chaxa), incidieron en que los niveles aumentaran nuevamente respecto de la tendencia a la disminución observada en el año 2012.

En los pozos que se tiene un registro de nivel histórico (pozos 1027 y L1-4), se logra observar que a partir del año 2007 hasta 2011 los niveles han cambiado su tendencia notándose un aumento gradual de nivel, pero siempre regido por el comportamiento estacional de la zona marginal, tendiendo a la estabilización durante los años 2012 y 2013, donde la mayoría de los pozos se vio influenciado por las lluvias de 2012 y 2013. Este comportamiento podría estar asociado al aumento de la recarga desde el acuífero del Borde Este. No obstante, se observa que durante el primer semestre de 2014, este efecto no se ha replicado y se registra un leve descenso de los niveles.

Los pozos ubicados más al sur como el GD-01 muestran un comportamiento intermedio entre la zona marginal (comportamiento estacional relacionado con el funcionamiento de la laguna Barros Negros) y el núcleo, sin embargo se nota la influencia de las lluvias de febrero de 2012 y 2013 en el comportamiento de este pozo, el que ha presentado un descenso de sus niveles en el último semestre alcanzado niveles similares a los observados a fines de 2011.

Las lluvias antes mencionadas (febrero 2012) ocurridas en el Borde Este del Salar de Atacama, imposibilitaron realizar el monitoreo de todos los pozos del PSA por problemas de inundación y cortes de camino. Dentro de los pozos no monitoreados en febrero de 2012 están: L11-2, L11-1, L7-11, L7-10, L2-8, L1-16, L1-15, L1-10, L1-9, L7-7.

Los gráficos de tendencia de esta zona se presentan desde la Figura 4-14 a Figura 4-59.

Figura 4-16: Nivel mensual observado en el pozo RC-2

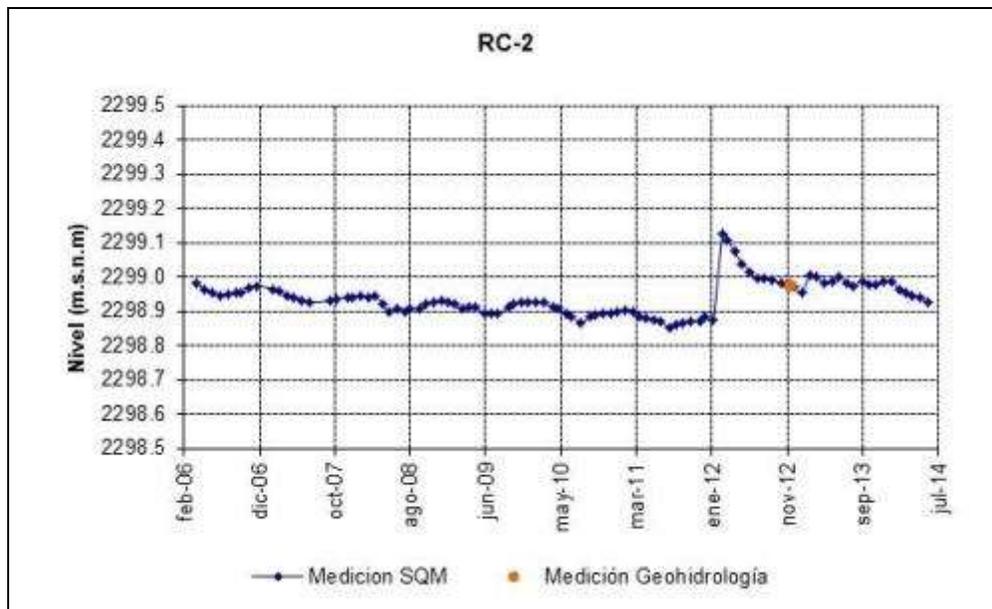


Figura 4-17: Nivel mensual observado en el pozo RC-3

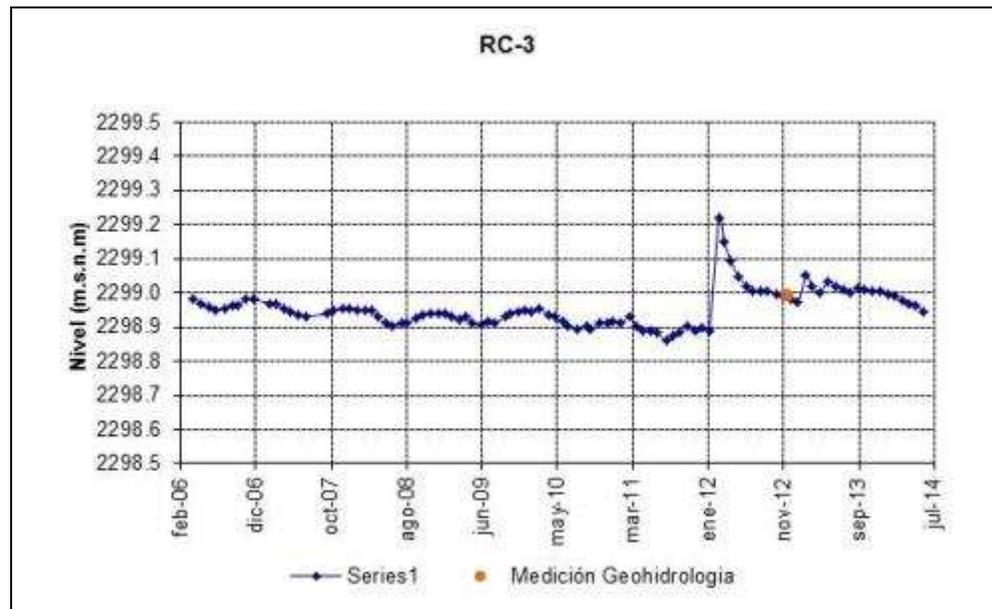


Figura 4-18: Nivel mensual observado en el pozo RC-4

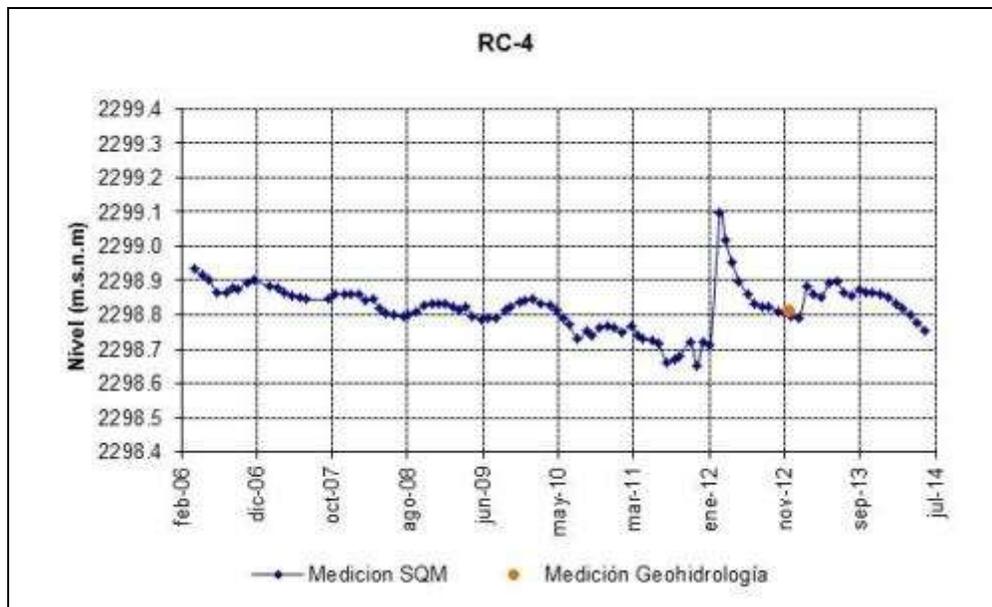


Figura 4-19: Nivel mensual observado en el pozo RC-5

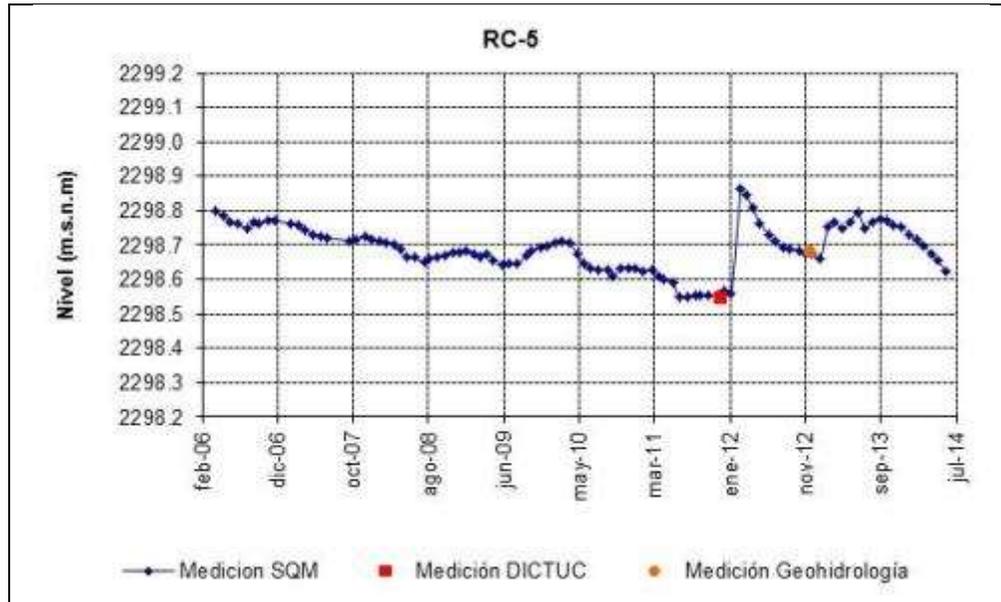


Figura 4-20: Nivel mensual observado en el pozo RC-6

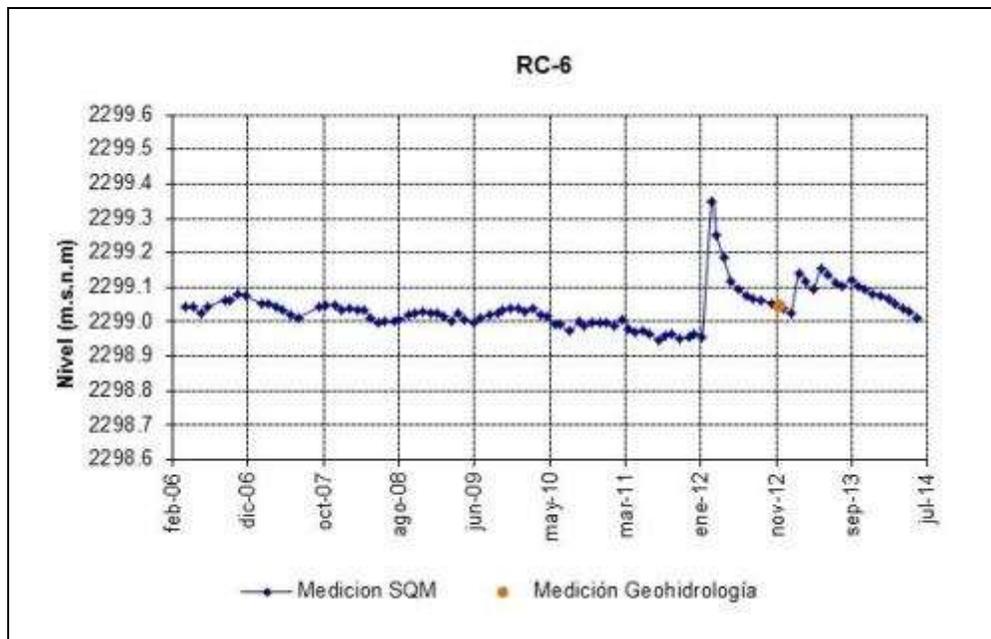


Figura 4-21: Nivel mensual observado en el pozo RC-7

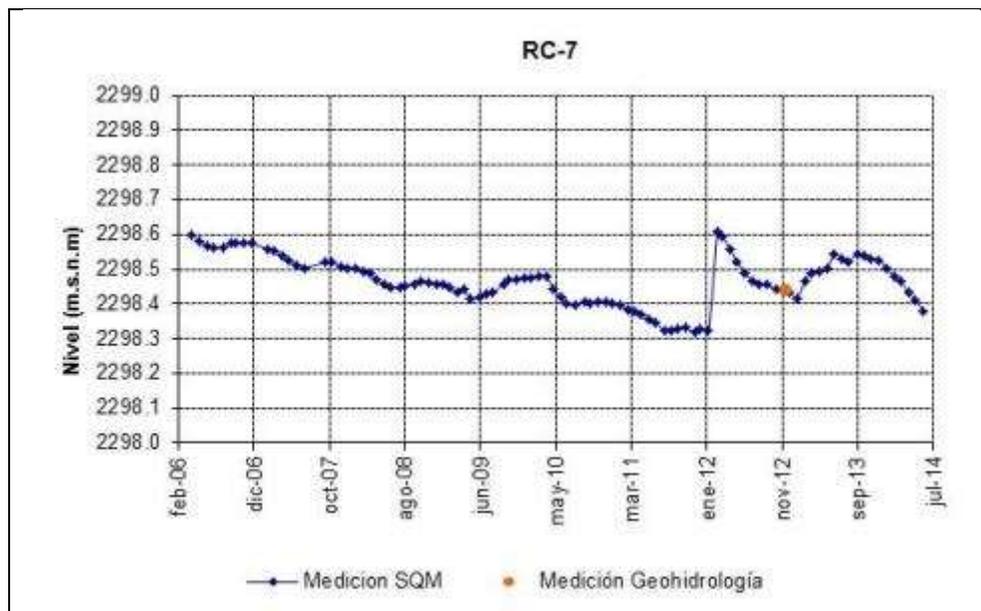


Figura 4-26: Nivel mensual observado en el pozo L1-7

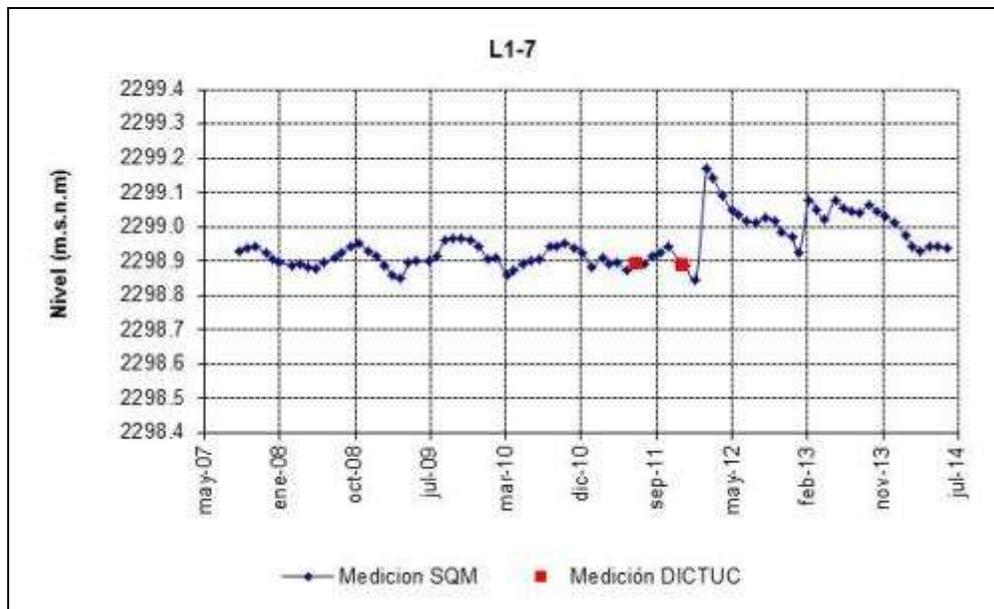


Figura 4-27: Nivel mensual observado en el pozo L1-8

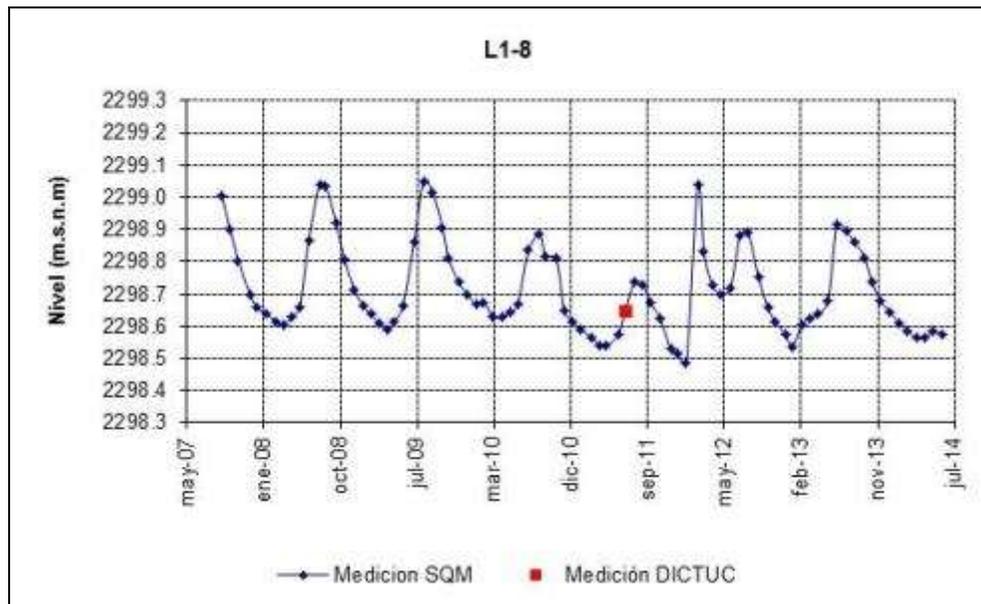


Figura 4-28: Nivel mensual observado en el pozo L1-9

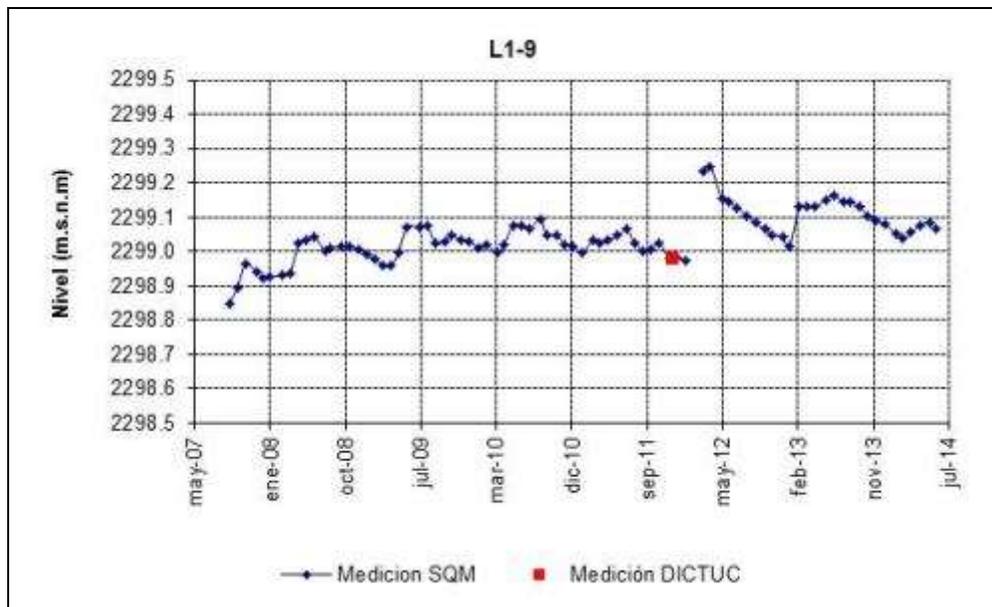


Figura 4-29: Nivel mensual observado en el pozo L1-10

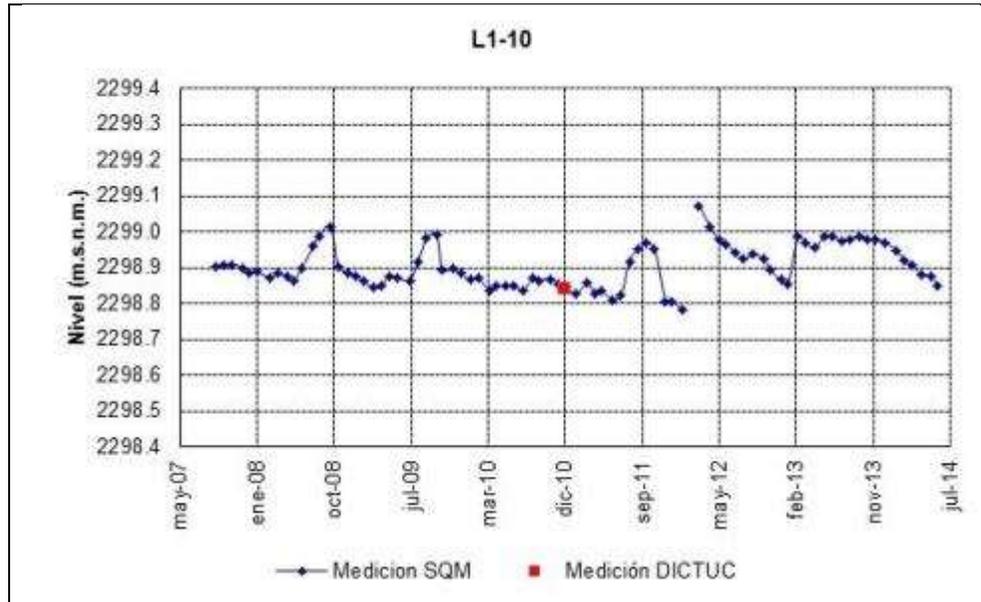


Figura 4-30: Nivel mensual observado en el pozo L1-11

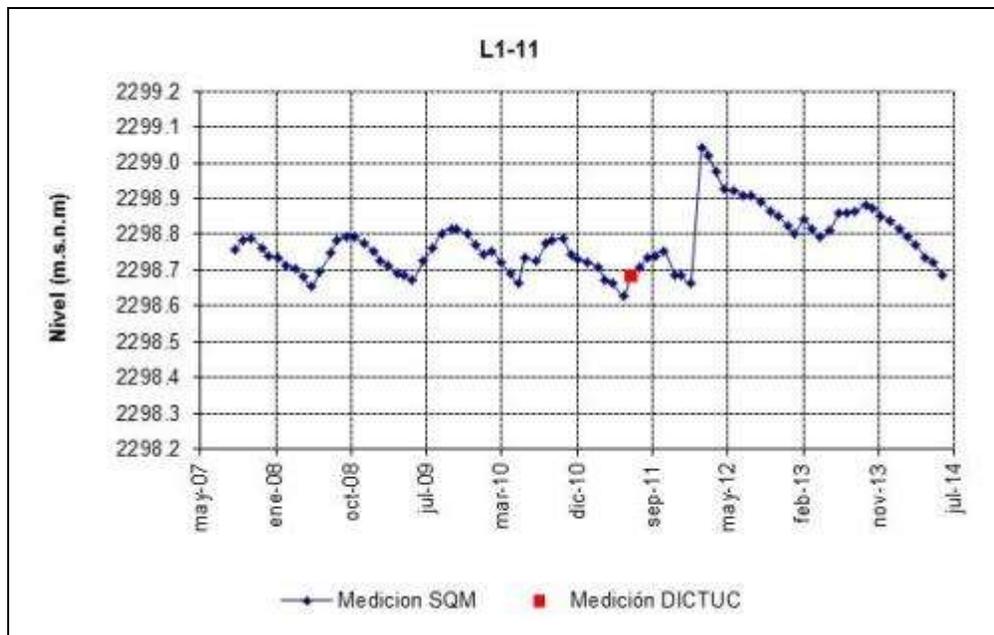


Figura 4-31: Nivel mensual observado en el pozo L1-12

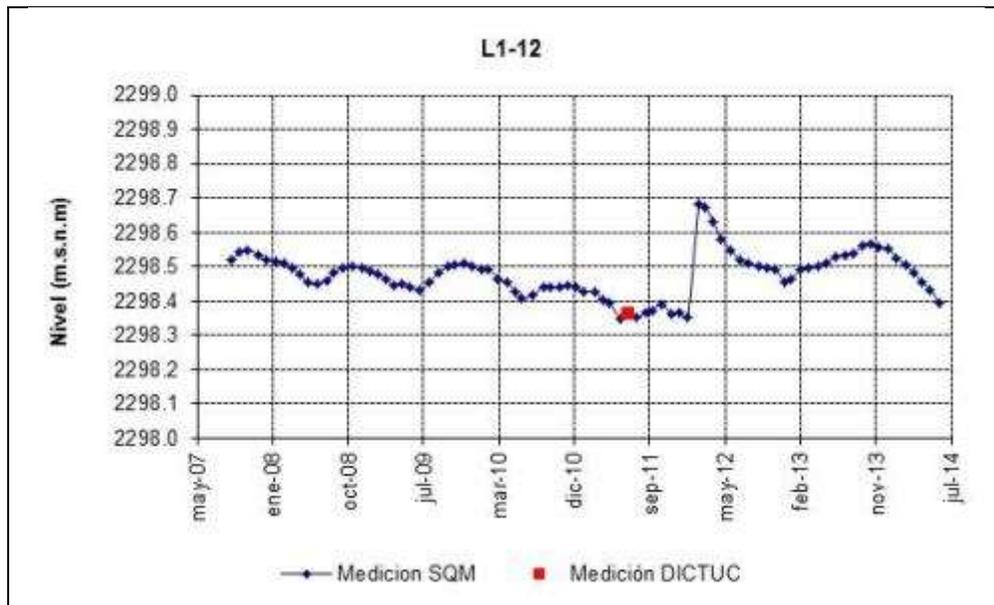


Figura 4-32: Nivel mensual observado en el pozo L1-13

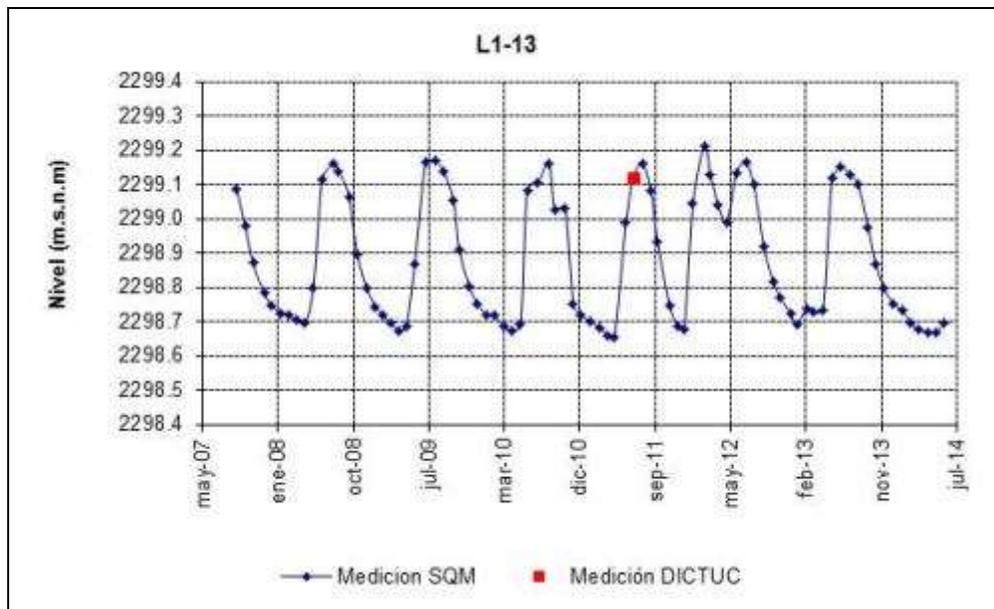


Figura 4-33: Nivel mensual observado en el pozo L1-14

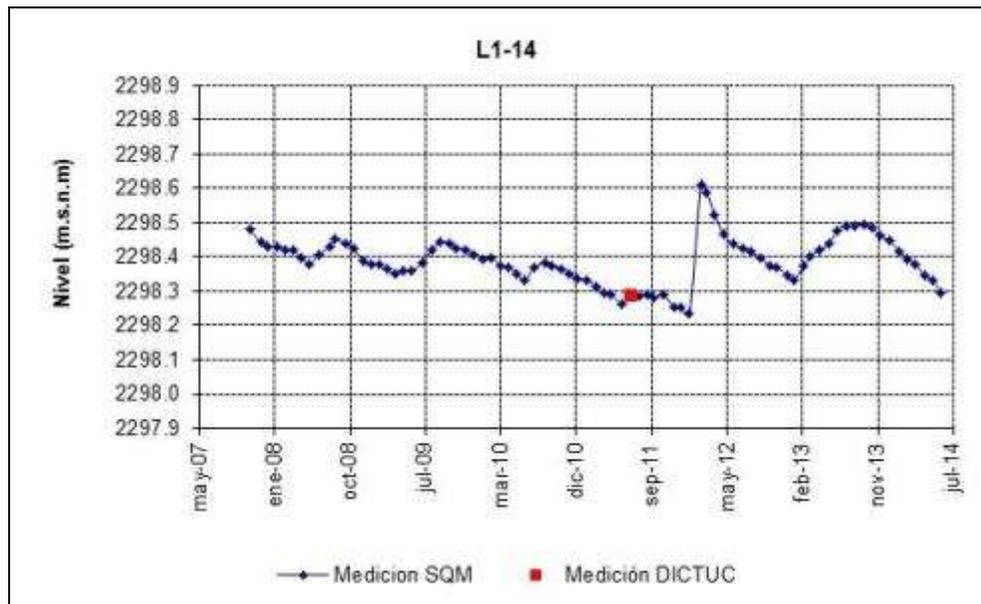


Figura 4-34: Nivel mensual observado en el pozo L1-15

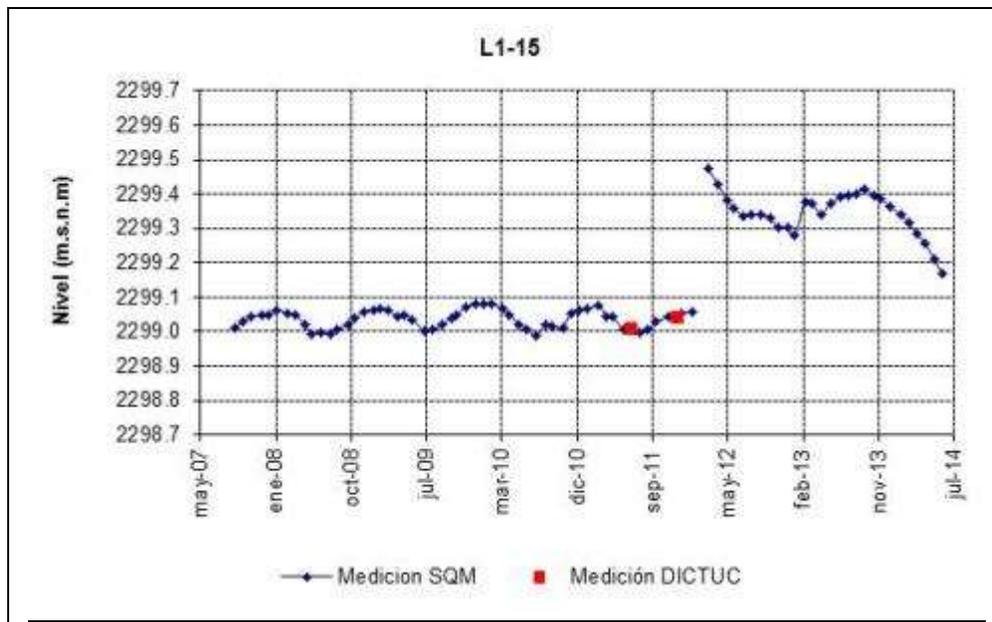


Figura 4-35: Nivel mensual observado en el pozo L1-16

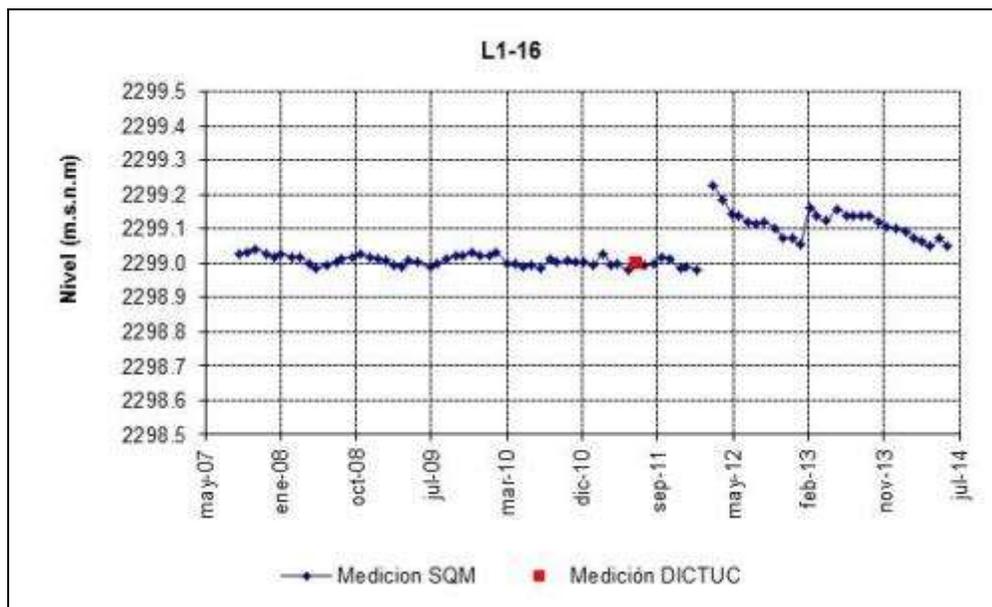


Figura 4-36: Nivel mensual observado en el pozo L2-4

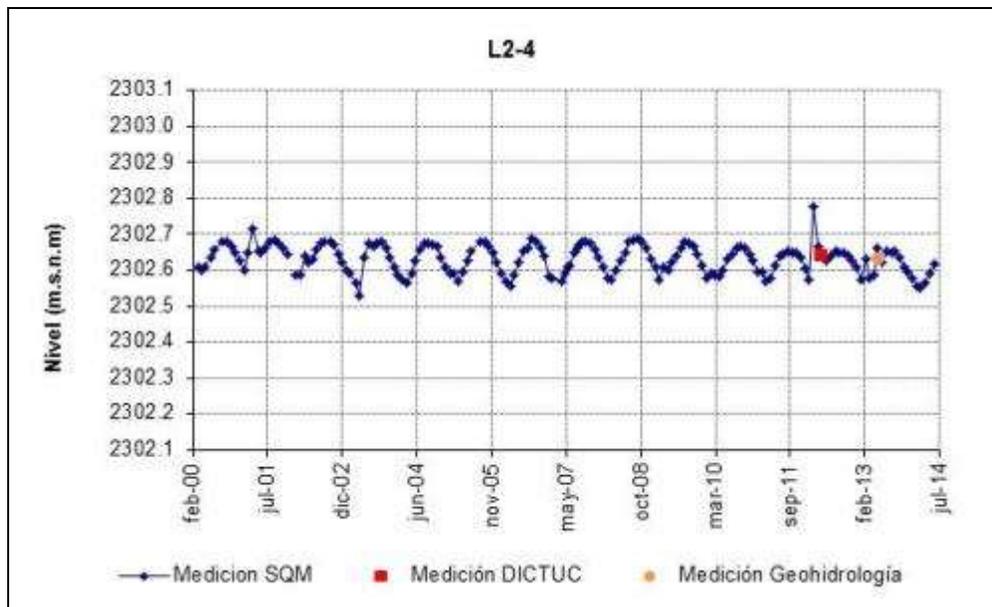


Figura 4-37: Nivel mensual observado en el pozo L2-5

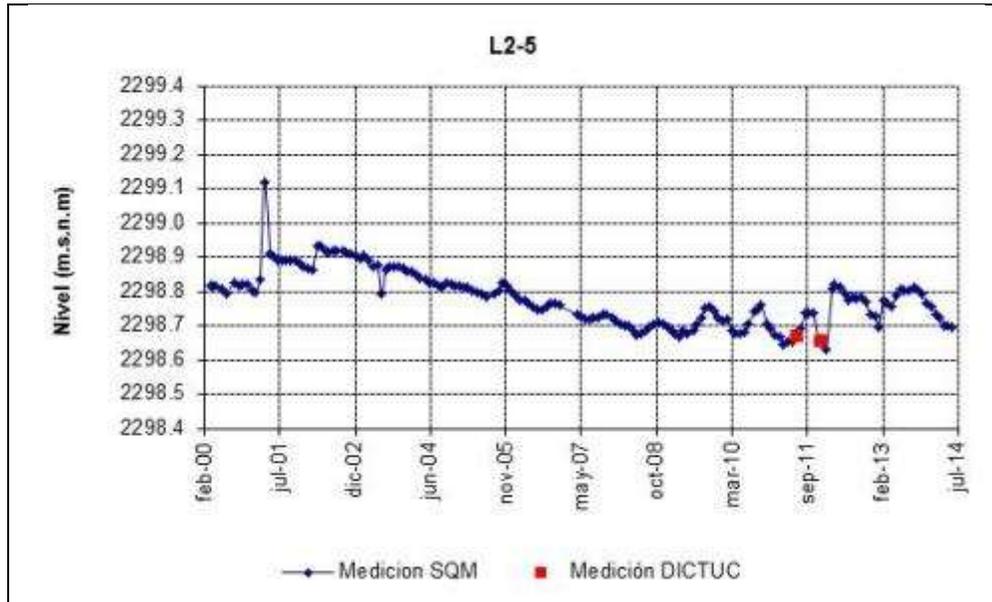


Figura 4-38: Nivel mensual observado en el pozo L2-8

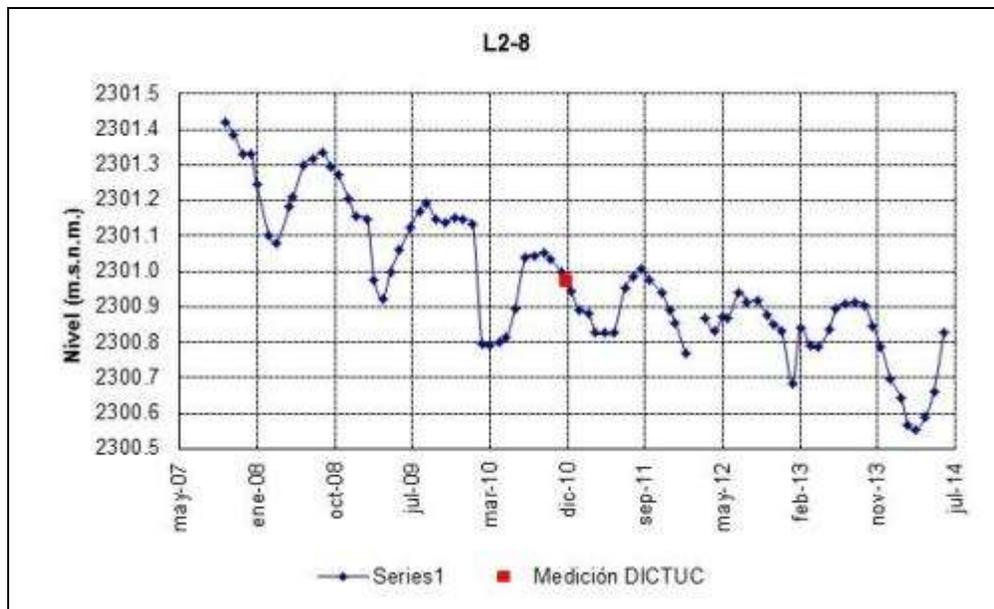


Figura 4-39: Nivel mensual observado en el pozo L2-10

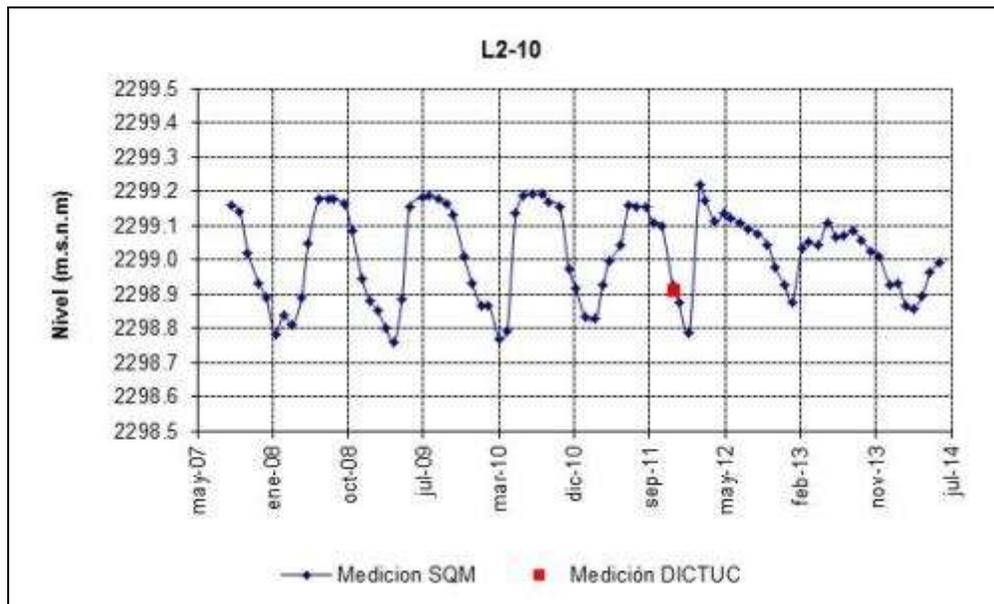


Figura 4-40: Nivel mensual observado en el pozo L2-11

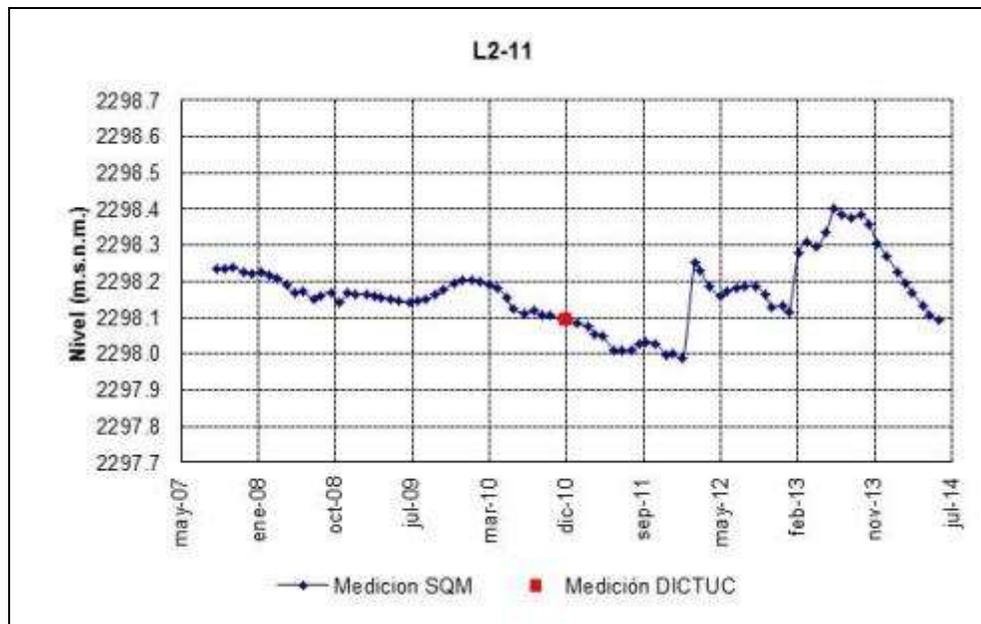


Figura 4-41: Nivel mensual observado en el pozo L2-12

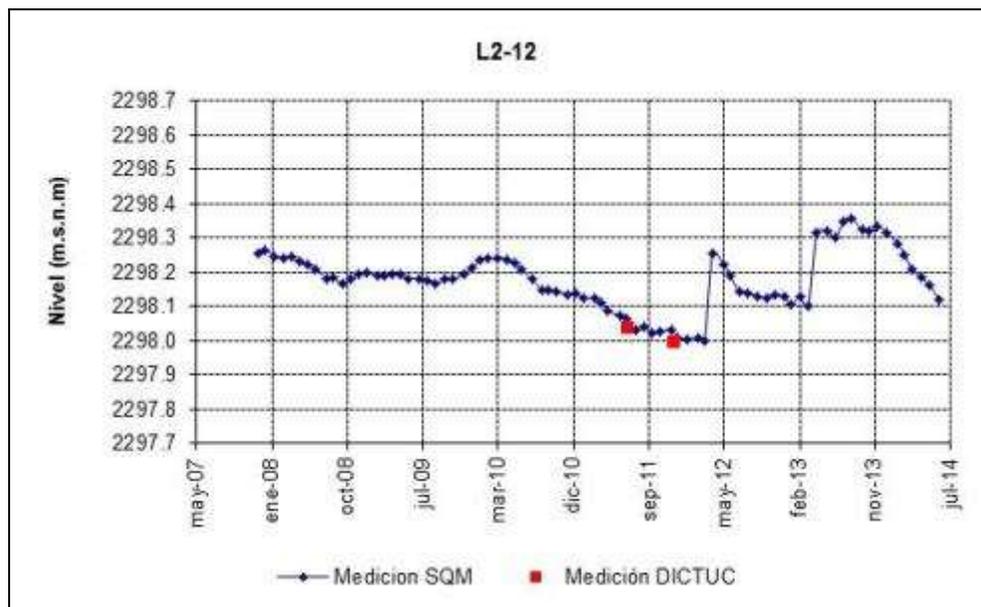


Figura 4-42: Nivel mensual observado en el pozo L2-13

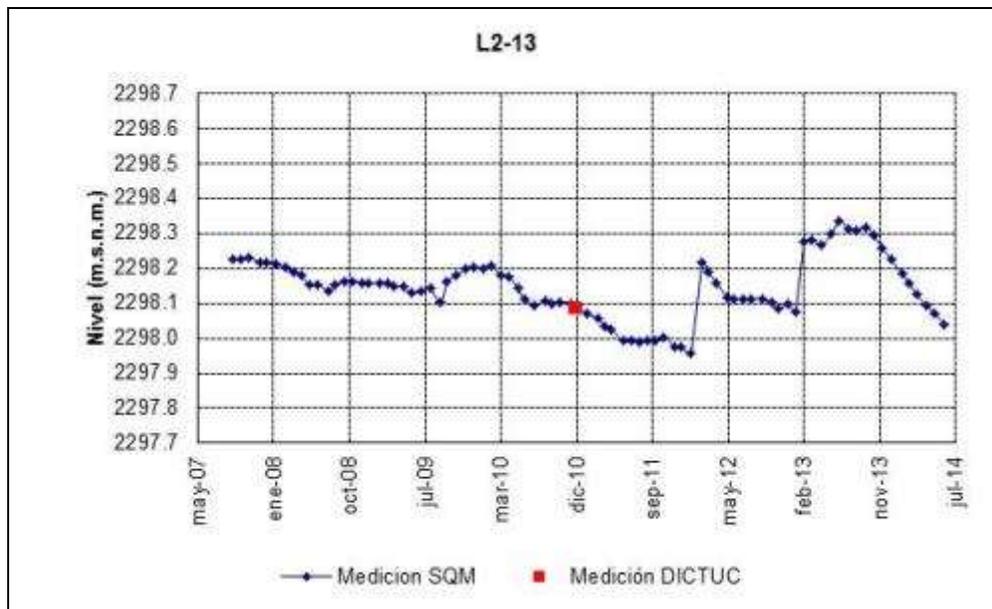


Figura 4-43: Nivel mensual observado en el pozo L2-15

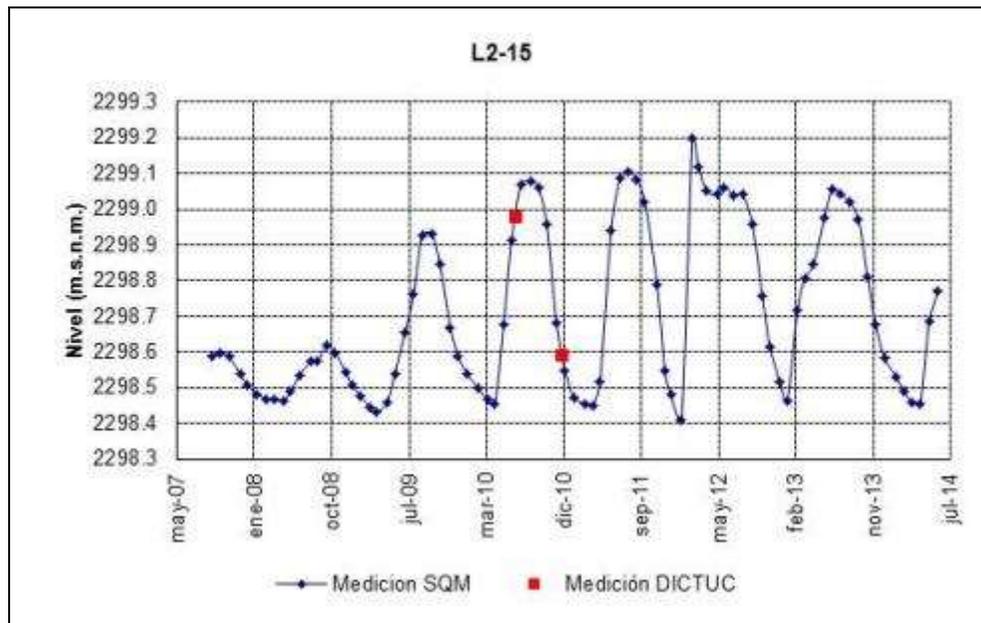


Figura 4-44: Nivel mensual observado en el pozo L2-17

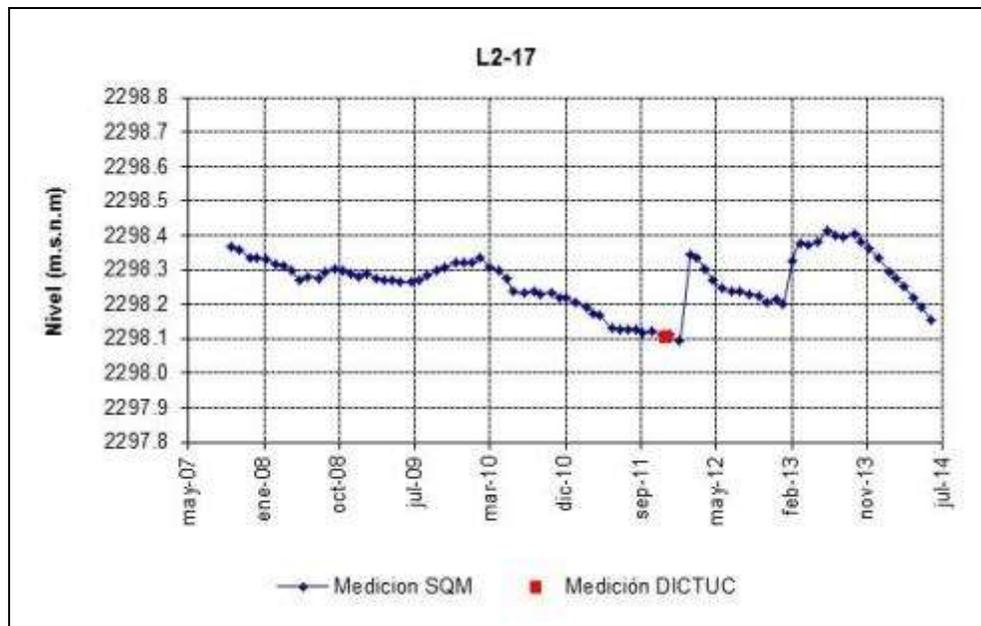


Figura 4-45: Nivel mensual observado en el pozo L2-18

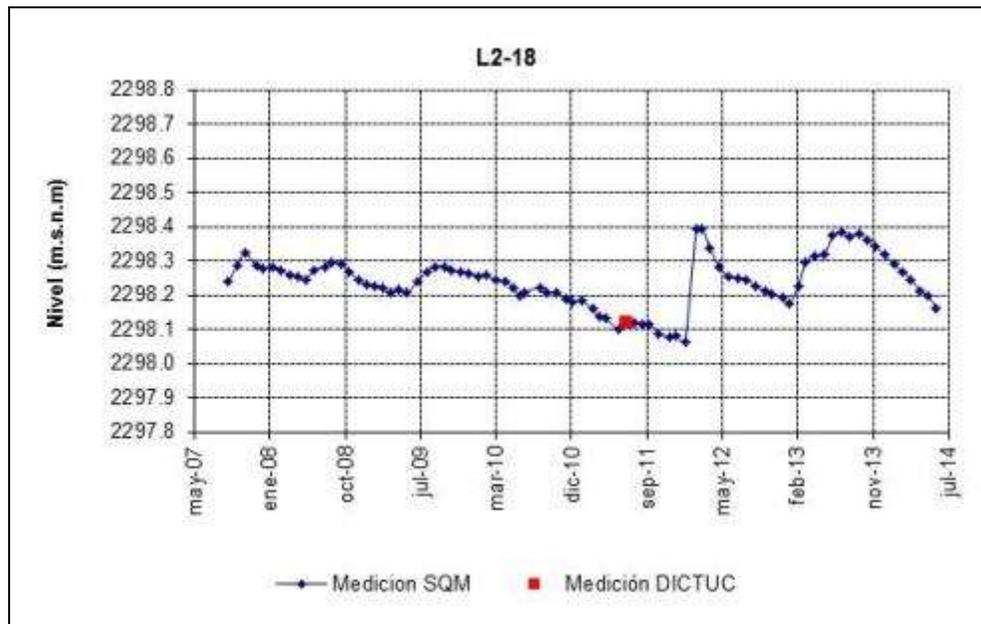


Figura 4-46: Nivel mensual observado en el pozo L2-19

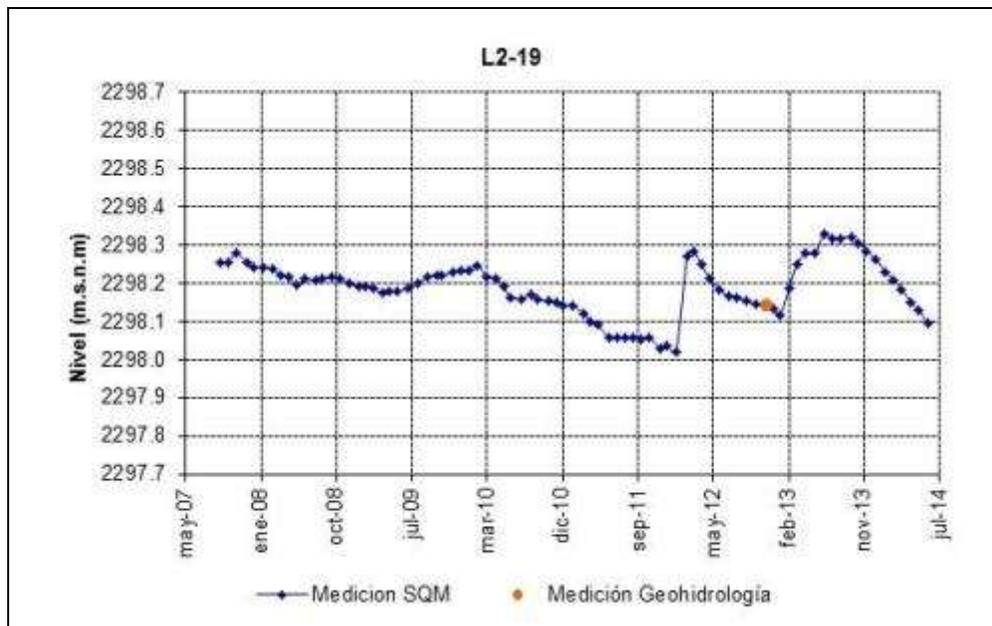


Figura 4-47: Nivel mensual observado en el pozo L2-21

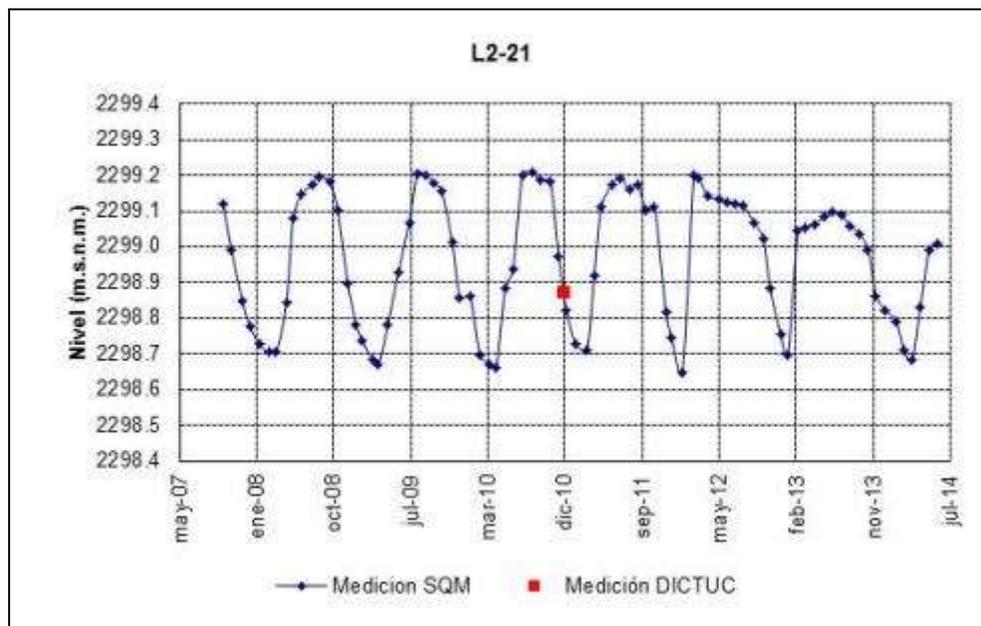


Figura 4-48: Nivel mensual observado en el pozo L2-22

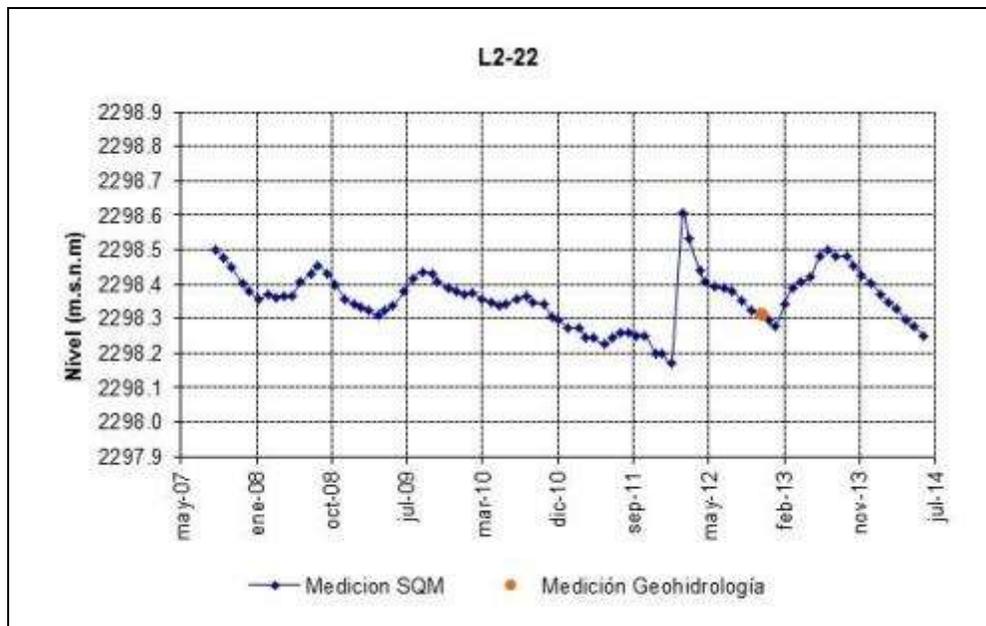


Figura 4-49: Nivel mensual observado en el pozo L2-24

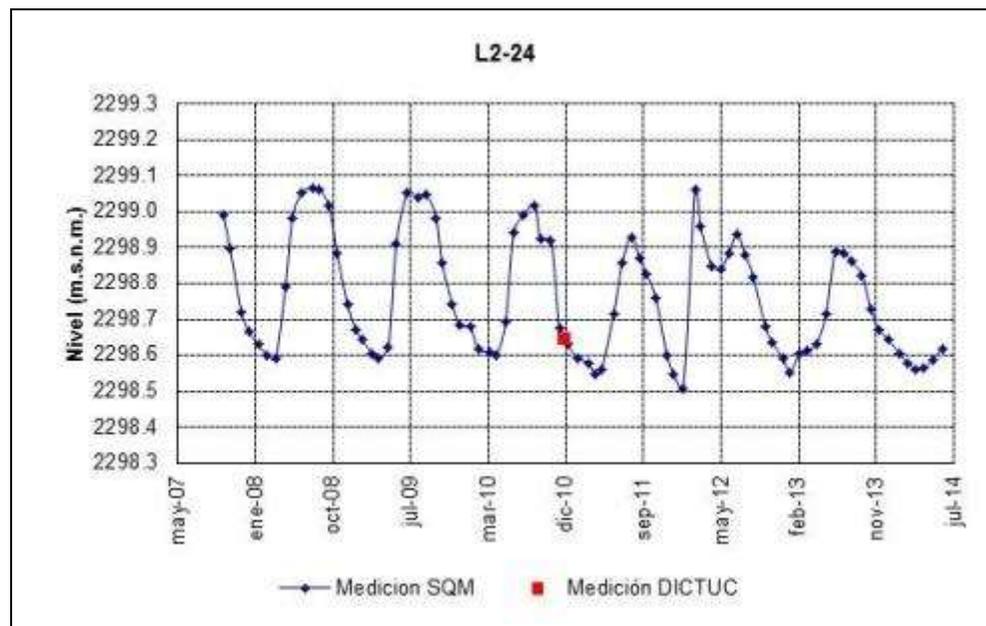
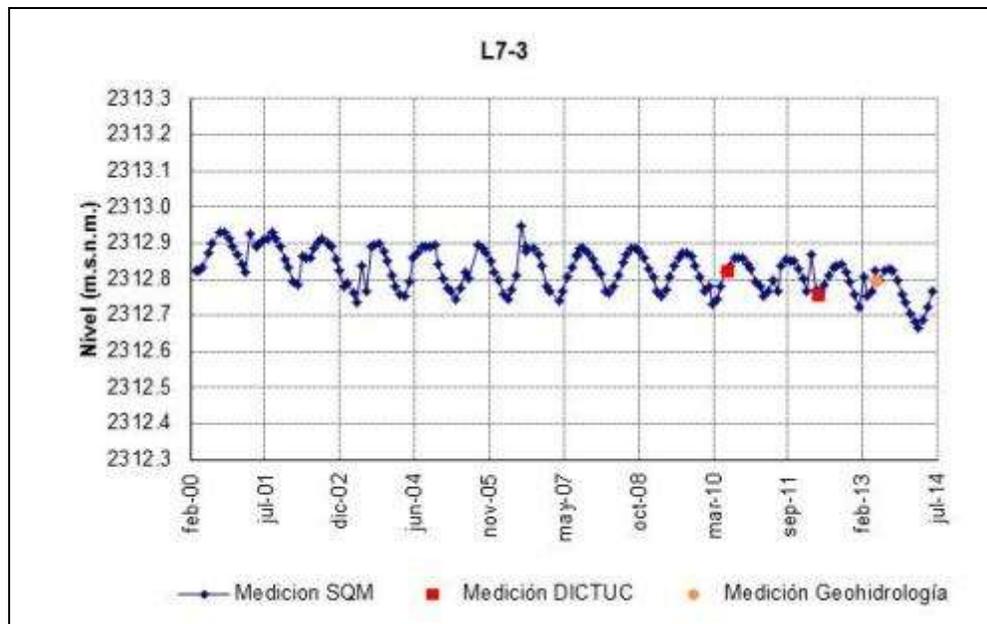


Figura 4-50: Nivel mensual observado en el pozo L7-3



Dado que el pozo L7-4 tiene datos de medición continua desde mayo de 2007, es necesario presentar el seguimiento de este pozo en dos gráficos. El primero muestra la serie histórica (Figura 4-51) mientras que el segundo (Figura 4-52) muestra los datos a partir de mayo de 2007.

Figura 4-51: Nivel mensual observado en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

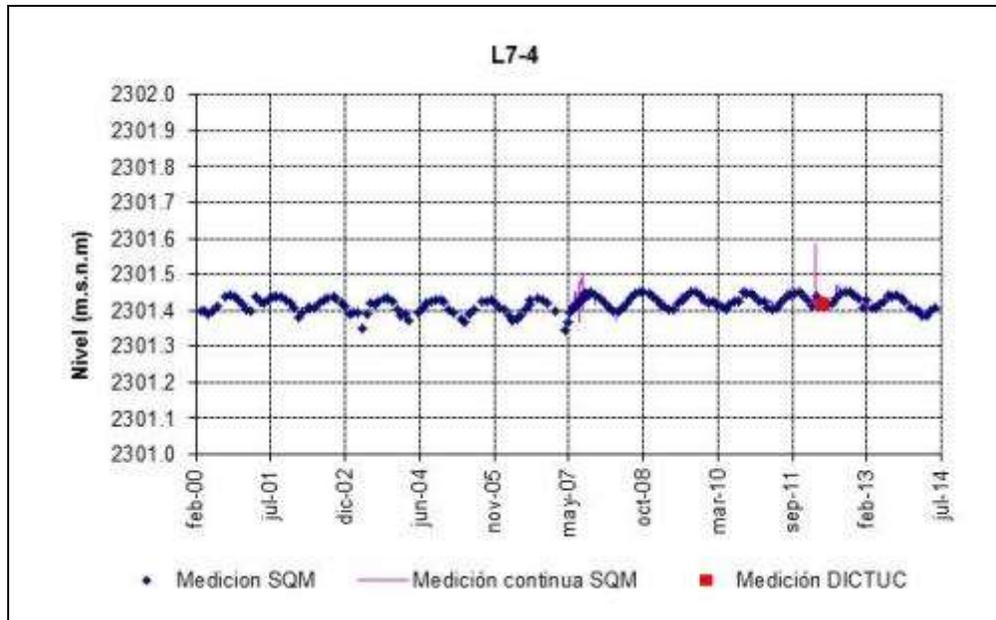


Figura 4-52: Nivel mensual observado en el pozo L7-4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

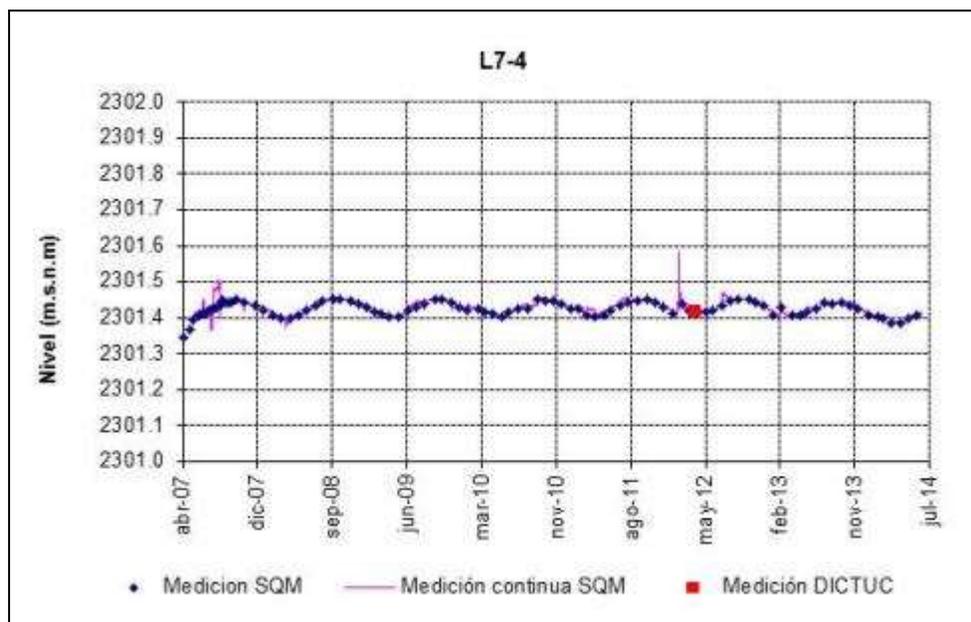


Figura 4-53: Nivel mensual observado en el pozo L7-5

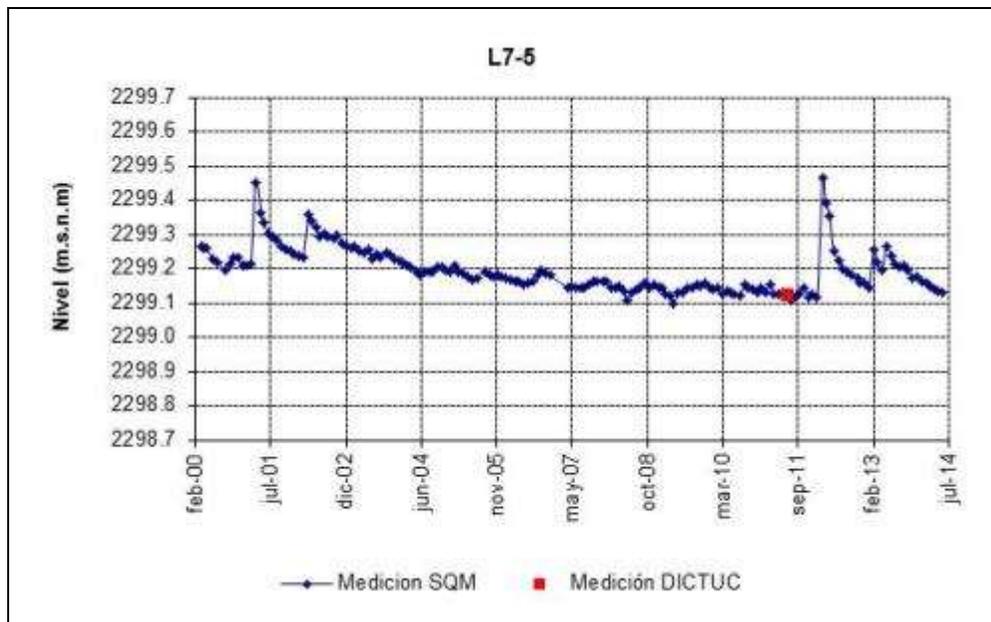


Figura 4-54: Nivel mensual observado en el pozo L7-7

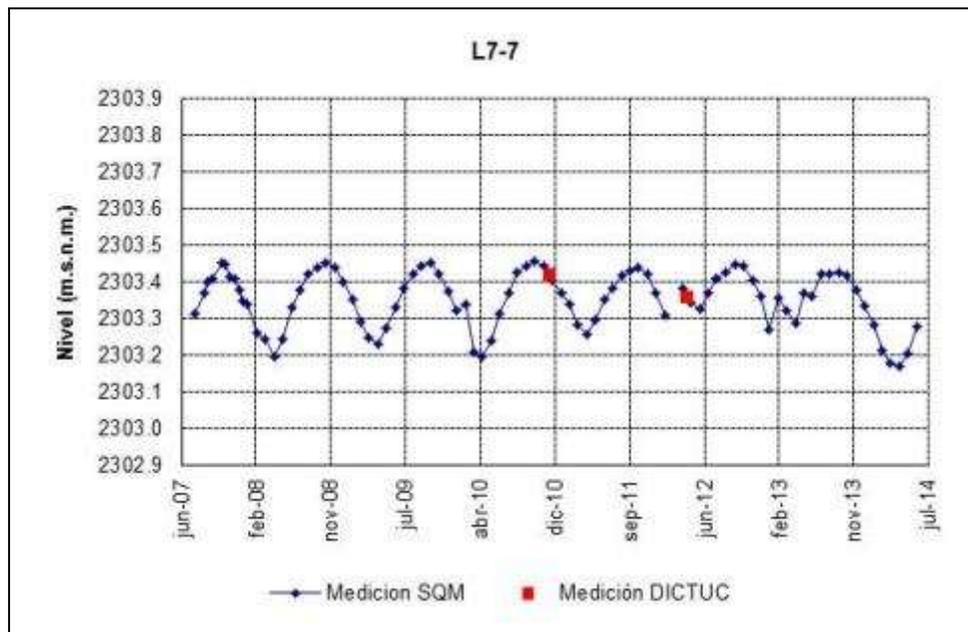


Figura 4-55: Nivel mensual observado en el pozo L7-10

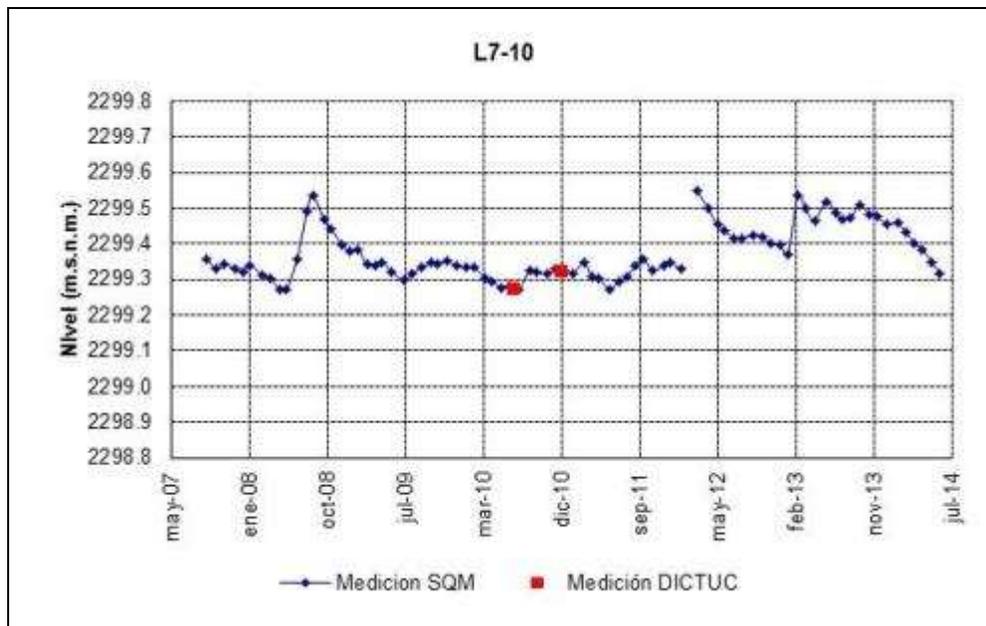


Figura 4-56: Nivel mensual observado en el pozo L7-11

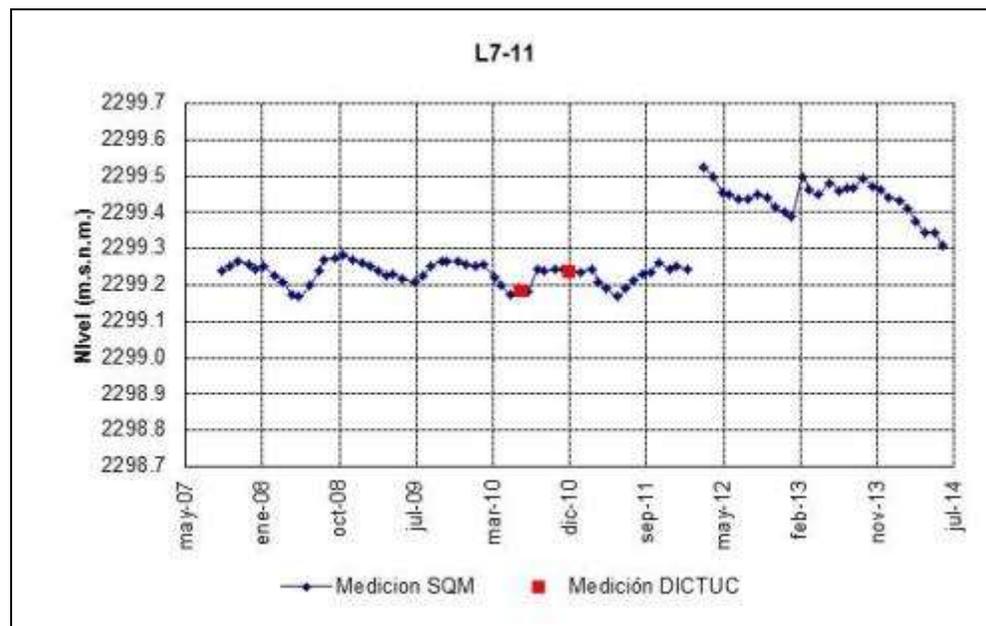


Figura 4-57: Nivel mensual observado en el pozo L7-12

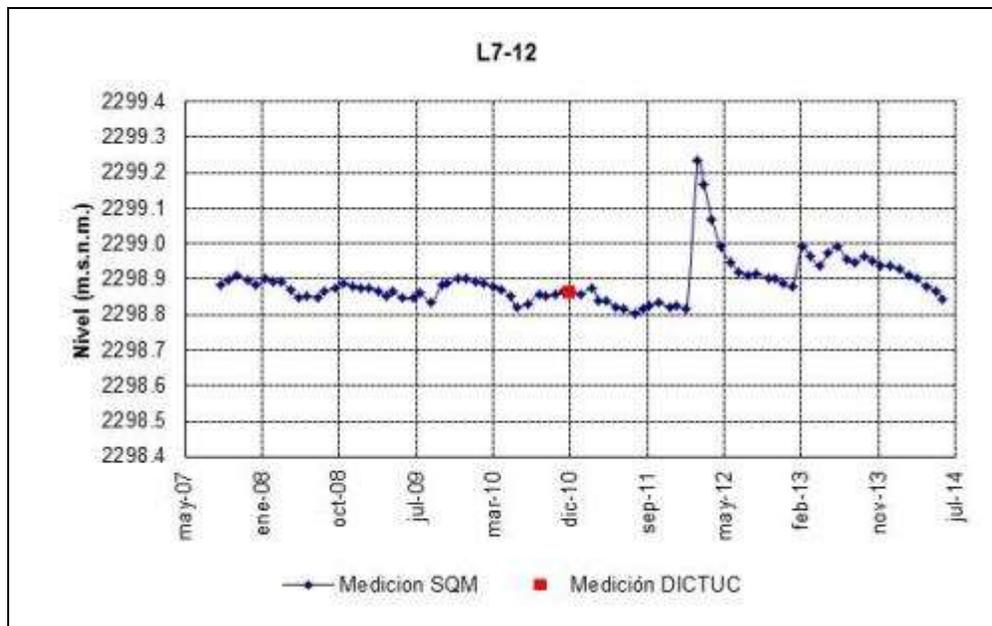


Figura 4-58: Nivel mensual observado en el pozo L11-1

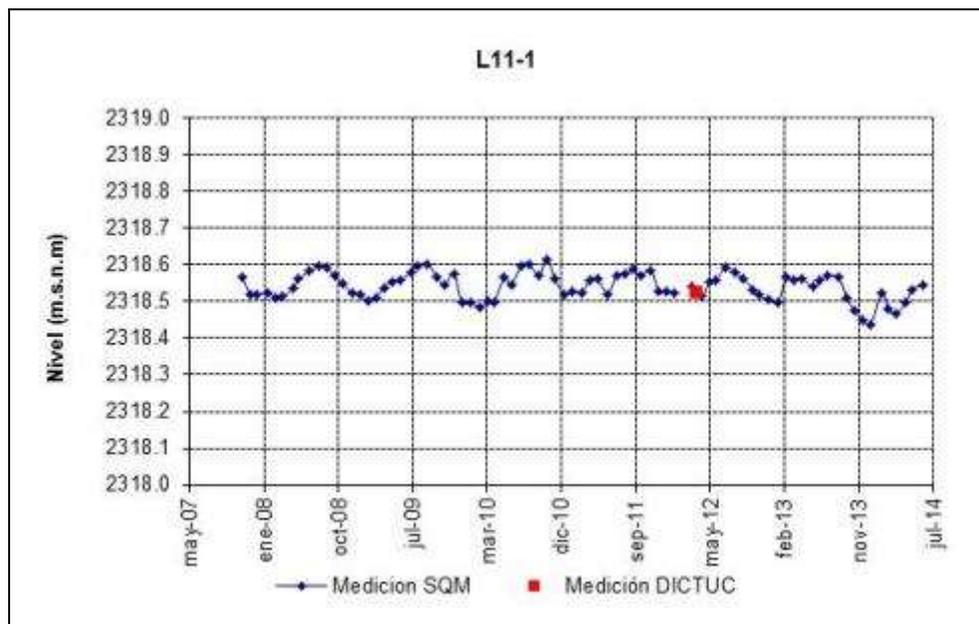
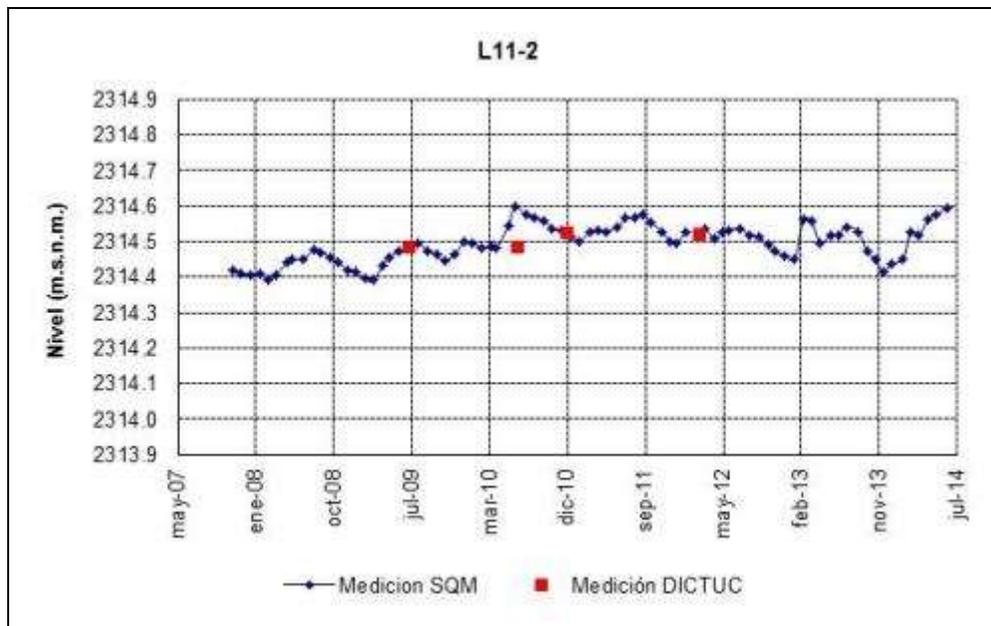


Figura 4-59: Nivel mensual observado en el pozo L11-2



4.1.1.3 Reglillas

Desde la Figura 4-60 a la Figura 4-70 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 (que se ubica 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 4-60) se puede 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. Dadas las características de este punto de monitoreo, se tuvo que construir manualmente una estructura que soportara el transductor de presión, la que consiste en un tubo de PVC ranurado en su parte inferior, y que en su interior aloja el transductor, éste fue cambiado con fecha 16-04-2012 por una falla ya que no se pudieron descargar los datos comprendidos entre el 20-03 y el 16-04 de 2012.

Figura 4-60: Nivel observado 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)

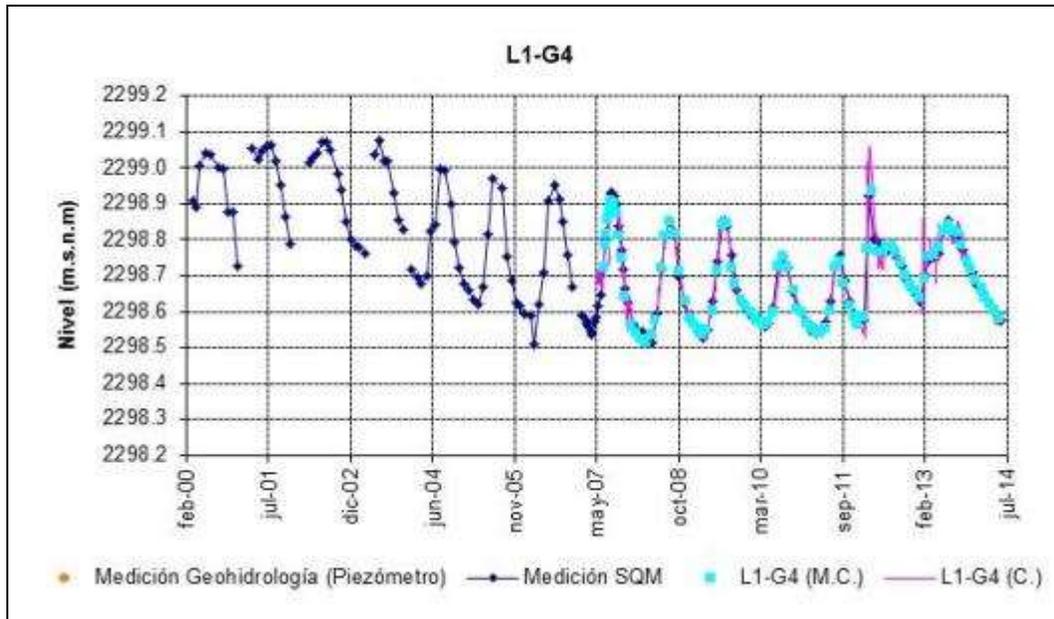
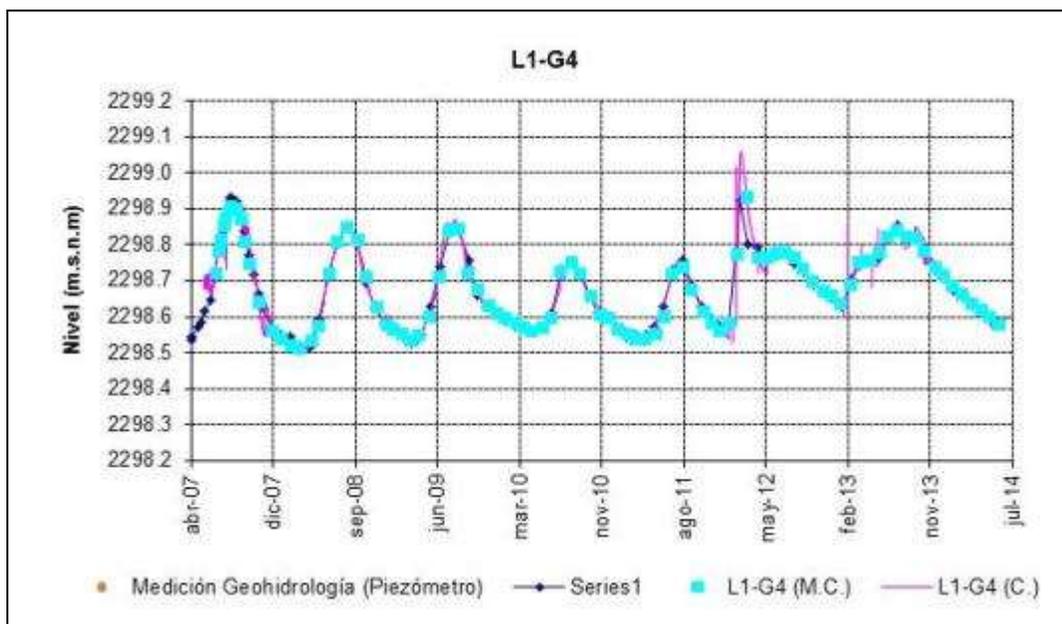
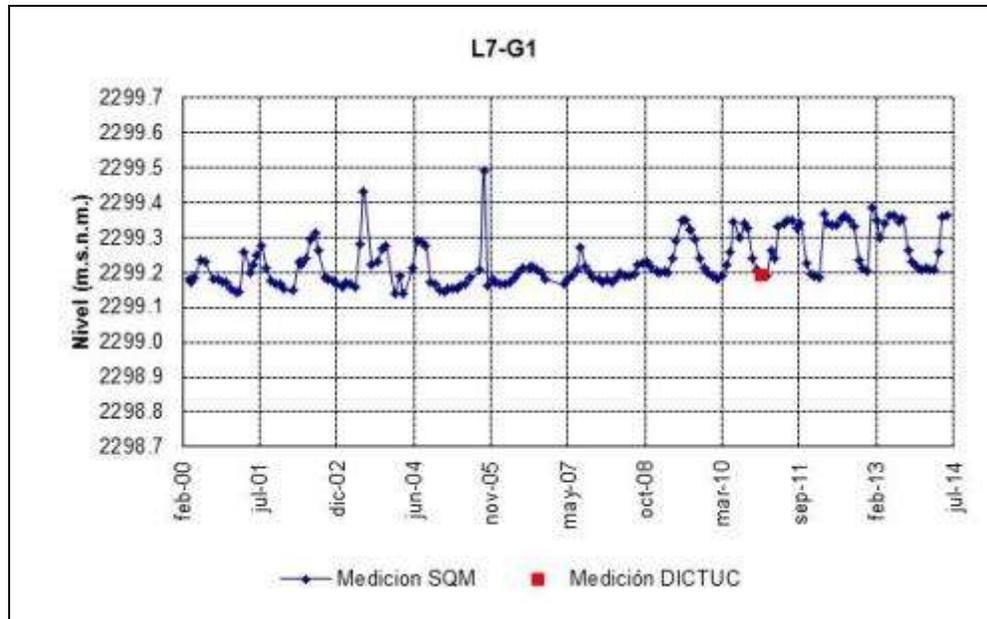


Figura 4-61: Nivel observado en la reglilla L1-G4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua)



En la reglilla L7-G1 (Figura 4-62) se destaca el ascenso del nivel freático que alcanzó durante el invierno 2009, comportamiento que se ha repetido desde entonces a la fecha, volviendo de esta forma a presentarse las oscilaciones estacionales de principios de dicha década.

Figura 4-62: Nivel mensual observado en la reglilla L7-G1



Por petición de CONAF (diciembre 2007) se construyó manualmente un pozo de 80 cm de profundidad aledaño a la reglilla L7-G2 con el objetivo de registrar el nivel de agua de manera continua, y así poder obtener datos de nivel durante la época de nidificación de flamencos, época en la que puede existir prohibición de ingreso al área.

En la Figura 4-64 se puede contrastar la continuidad de datos registrados en el transductor de presión, en color burdeos (L7-G2 C), con los datos históricos registrados manualmente, en color azul (L7-G2). En general, se puede observar que los niveles en esta reglilla han permanecido prácticamente constantes desde octubre de 2001.

Debido a nidificación de flamencos en las cercanías de los puntos de medición L7-G2 se restringió el acceso para poder realizar el monitoreo manual durante el mes de diciembre de 2011 y enero de 2012.

Figura 4-63: Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua)

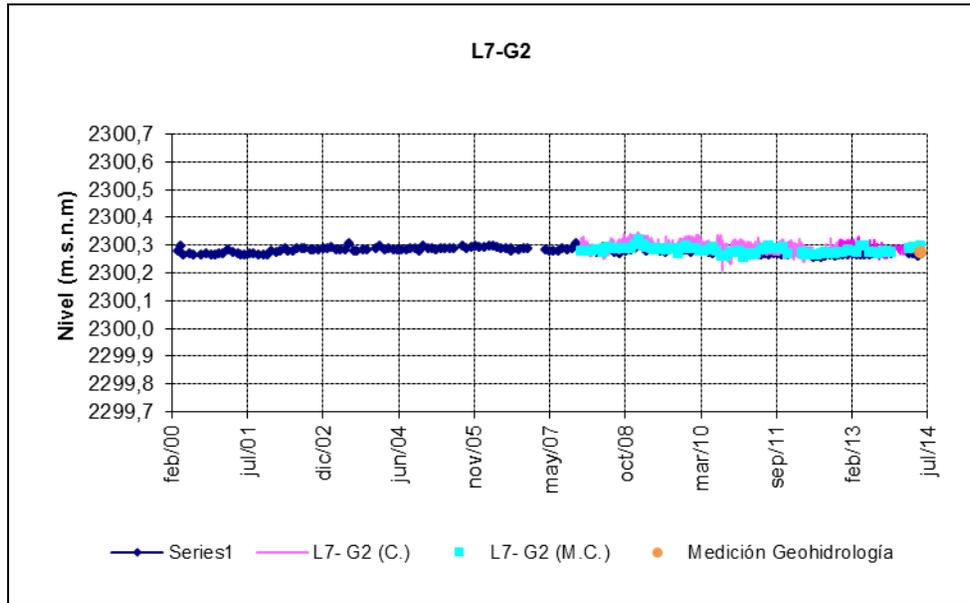
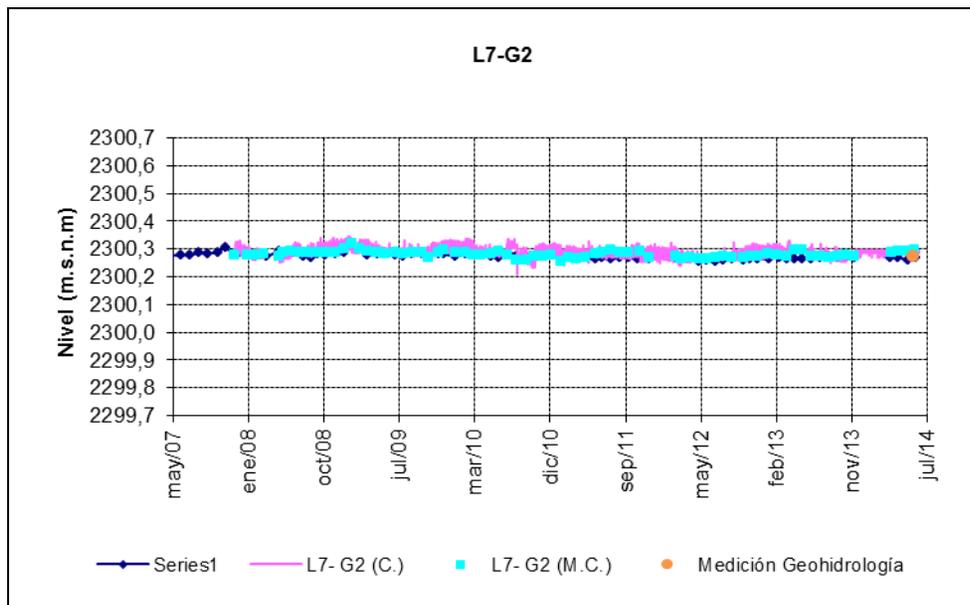
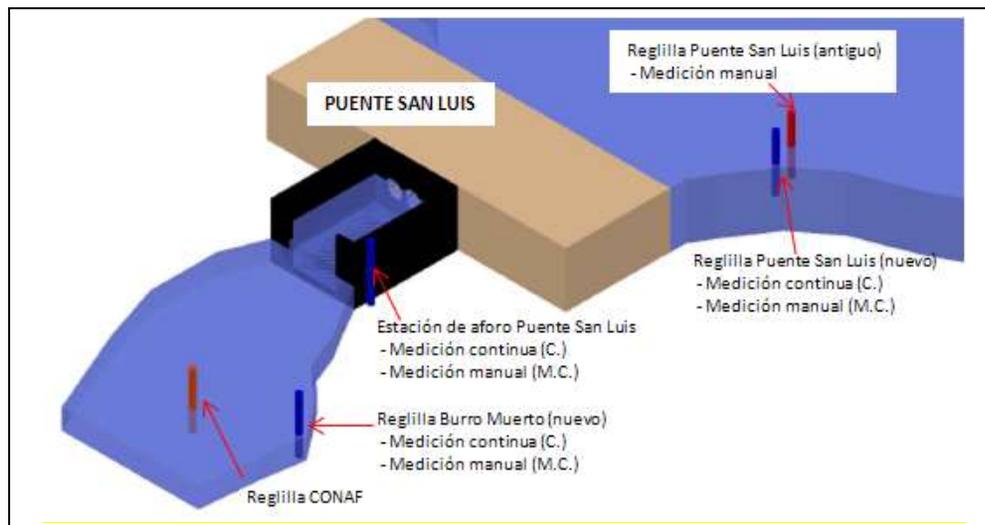


Figura 4-64: Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea burdeos: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua)



Para efectos de comparación y unificación de los registros de niveles medidos tanto por CONAF como por SQM (previo al inicio del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” y posterior al inicio del monitoreo de este proyecto), se procedió a georreferenciar todas las reglillas aledañas al puente San Luis (antiguas y nuevas), las cuales se aprecian en la Figura 4-65.

Figura 4-65: Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al puente San Luis



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.

Cabe indicar que cuando se hace mención a una reglilla se hace referencia a un instrumento de medición de la altura de la columna de agua, que consiste en un perfil de madera u otro material que no se encuentra graduado por lo que la lectura del nivel se realiza midiendo la distancia entre el tope de la reglilla y el espejo de agua, mediante un flexómetro o freatímetro (huincha).

A finales del año 2010 (21-12-2010), CONAF a través de la Carta N° 46/2010, da a conocer que se hizo efectiva la decisión de reemplazar definitivamente los antiguos limnímetros de madera por perfiles metálicos, como protocolo para la medición de la altura superficial de la columna de agua en las lagunas tanto del sector Soncor como el de Peine. Es por esto que

los gráficos relacionados a las reglillas se reportarán de ahora en adelante como monitoreo CONAF, unificando los datos de los antiguos limnímetros y las nuevas reglillas metálicas.

Para apreciar de mejor manera los datos registrados en la reglilla Puente San Luis (aguas arriba del puente) se presentan dos gráficos, el primero (Figura 4-66) corresponde a la serie histórica, mientras que el segundo (Figura 4-67) corresponde a los datos registrados a partir de mayo de 2007, mes en el cual se inició el monitoreo de los pozos del PC.

En la gráfica de la reglilla del Puente San Luis, se puede apreciar la disminución de nivel posterior a la precipitación de febrero de 2012, esto debido a la rotura del muro de represamiento de la estación de aforo del mismo nombre (que corresponde a un camino dentro del centro turístico Chaxa). Esta rotura fue reportada en el informe N°13 del PSAH del proyecto y se logró reparar en septiembre de 2013, en la Figura 4-131 se puede apreciar la disminución de caudal en la estación de aforo. Mayor detalle de esta situación se presenta en la sección 4.1.5.

Figura 4-66: Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)

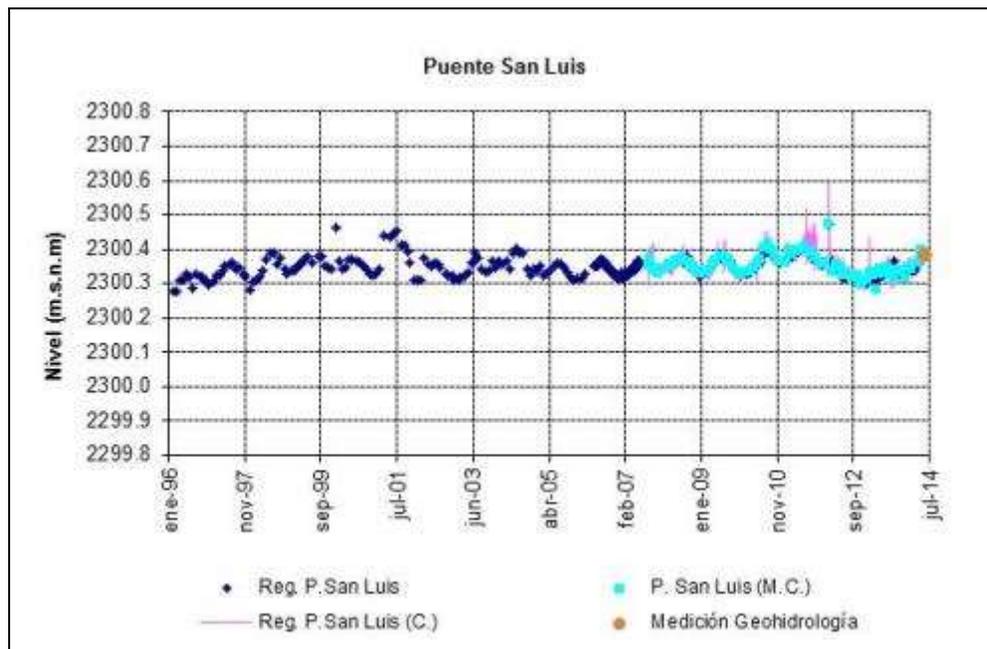
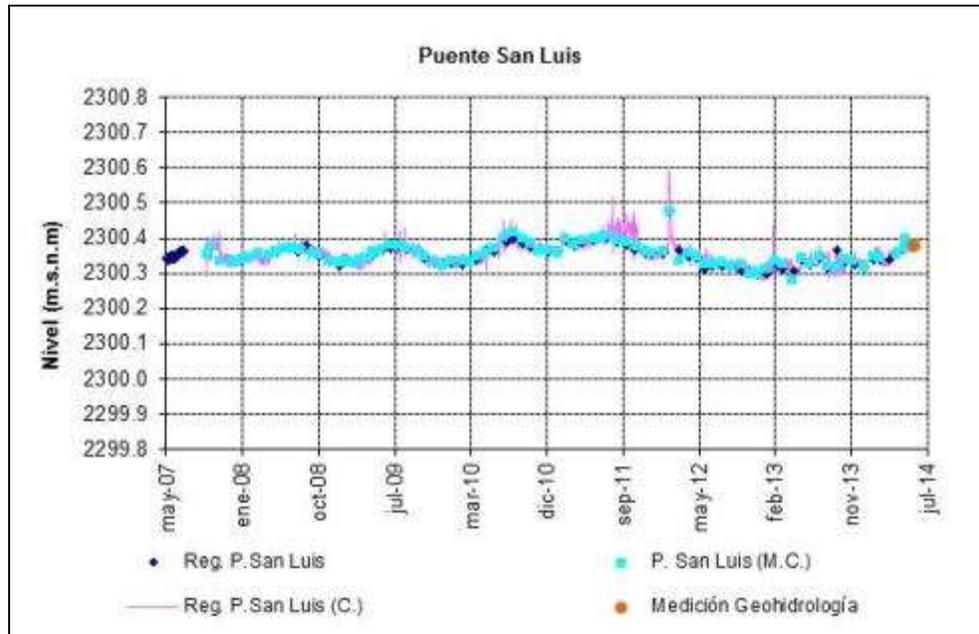


Figura 4-67: Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)



De igual modo que para las reglillas anteriores, para apreciar de mejor manera los datos registrados en la reglilla Burro Muerto se construyeron dos gráficos, el primero (Figura 4-68) corresponde a la serie histórica, mientras que el segundo (Figura 4-69) corresponde a los datos registrados a partir de mayo de 2007, mes de inicio del monitoreo de los pozos del PC.

Es importante mencionar que debido a problemas de inundación y cortes de camino por las lluvias registradas durante la primera quincena de febrero de 2012 no se pudo monitorear la reglilla L11-G1 durante ese mes.

Figura 4-68: Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto “C.” medición continua, “M.C.” medición manual)

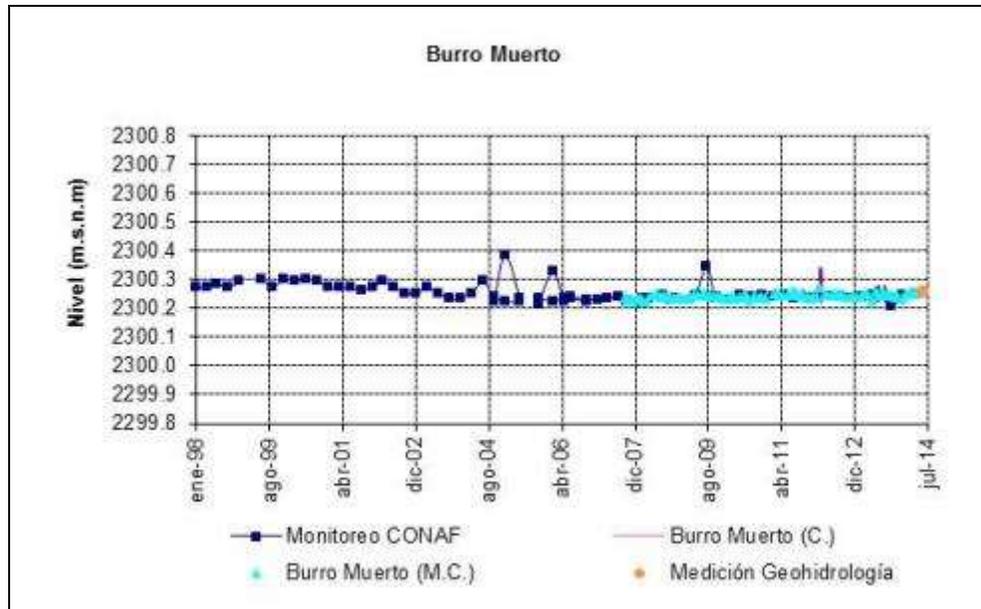


Figura 4-69: Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual)

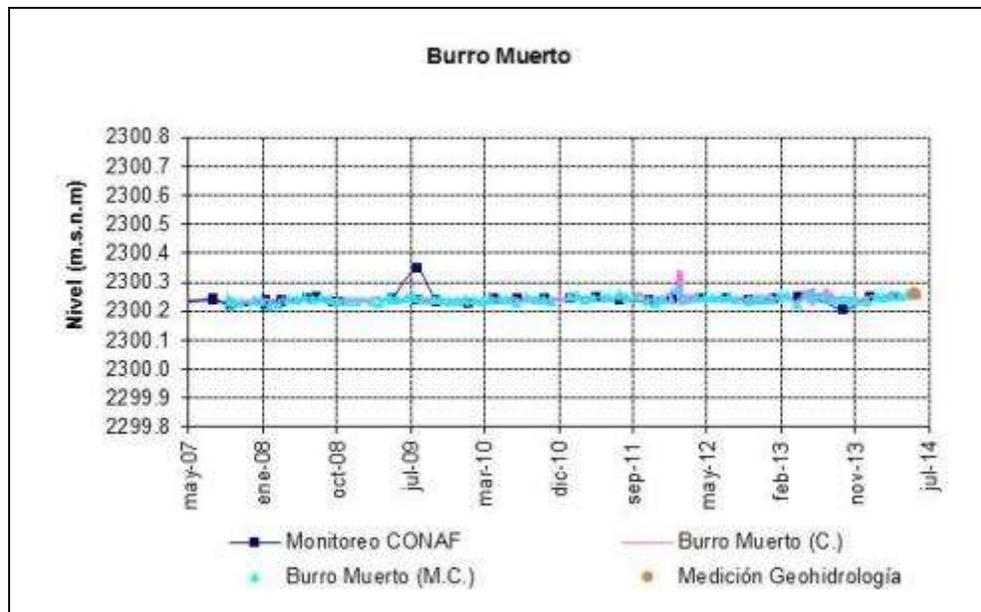
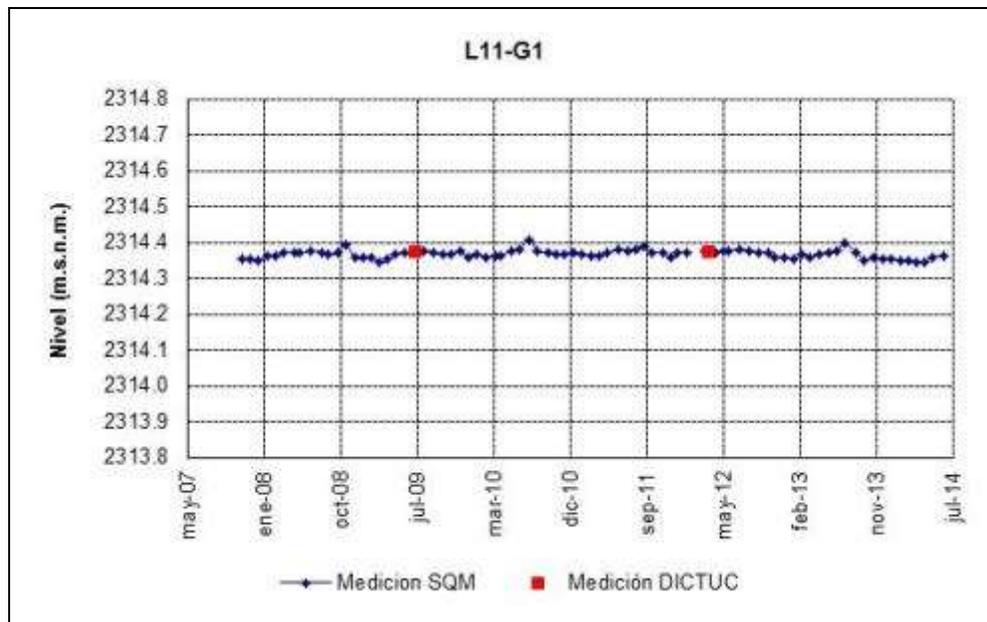


Figura 4-70: Nivel mensual observado en la reglilla L11-G1



4.1.1.4 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.

Los transductores de presión instalados en los pozos P1-6, L2-9, P2-2, P2-3 y L2-23, inicialmente presentaron problemas, observándose bruscas variaciones de nivel que no se condicen con el comportamiento hidrogeológico del sector, por lo que dichos equipos fueron reemplazados entre junio y julio del 2007 por otros nuevos, siendo las mediciones continuas apoyadas por mediciones manuales más frecuentes. Cabe señalar que después de la reposición de todos los transductores de presión no se observaron valores anómalos.

De la Figura 4-71 a la Figura 4-77 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 4-78 a la Figura 4-85 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 4-86 se aprecian los niveles del pozo 2021.

Debido a las precipitaciones registradas en el salar durante el verano del 2012, se puede observar un ascenso de nivel brusco en todos los pozos con medición continua, alcanzando ascensos en los niveles que van desde los 11 cm a los 58 cm, este ascenso se debe a la recarga del sector por agua lluvia de forma directa . Asimismo las precipitaciones ocurridas durante febrero de 2013 generaron un aumento en los niveles de los pozos de este sector alcanzando niveles de ascenso de más de 15 cm en algunos pozos tales como P2-5 y L2-23.

En términos generales, como consecuencia de las precipitaciones ocurridas en los años 2012 y 2013, se observa un ascenso en los niveles de los pozos de este sector que se encuentran entre los 7 y 25 cm (diferencia observada entre enero 2012 y diciembre 2013). Durante el primer semestre de 2014 se observa una estabilización en los niveles observándose un comportamiento estacional típico de este sector.

Cabe señalar que respecto a los niveles en el pozo L2-23 (Figura 4-85), no se cuenta con registro de medición manual para el mes de enero de 2012 debido a la prohibición de ingreso al sector por nidificación de flamencos. Por otro lado debido a las inundaciones del sector producto de las lluvias registrada en 2012 y 2013, se perdió la cota de referencia del pozo. Por lo anterior, se realizó una corrección de la cota topográfica del punto de referencia, siendo esta nueva cota 2300,207.

Figura 4-71: Nivel observado en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

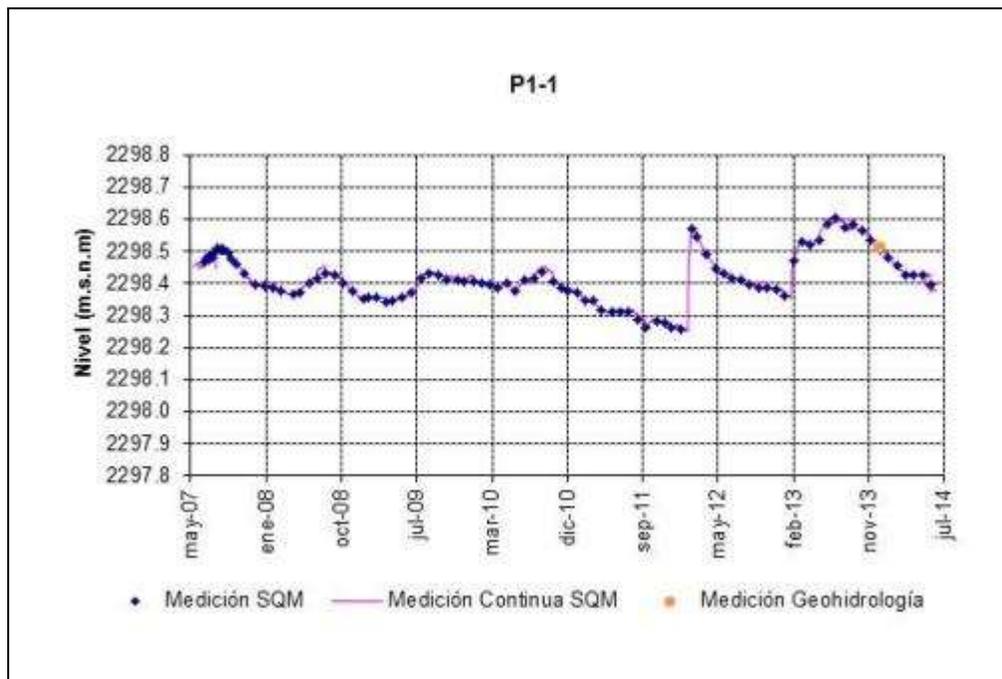


Figura 4-72: Nivel observado en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

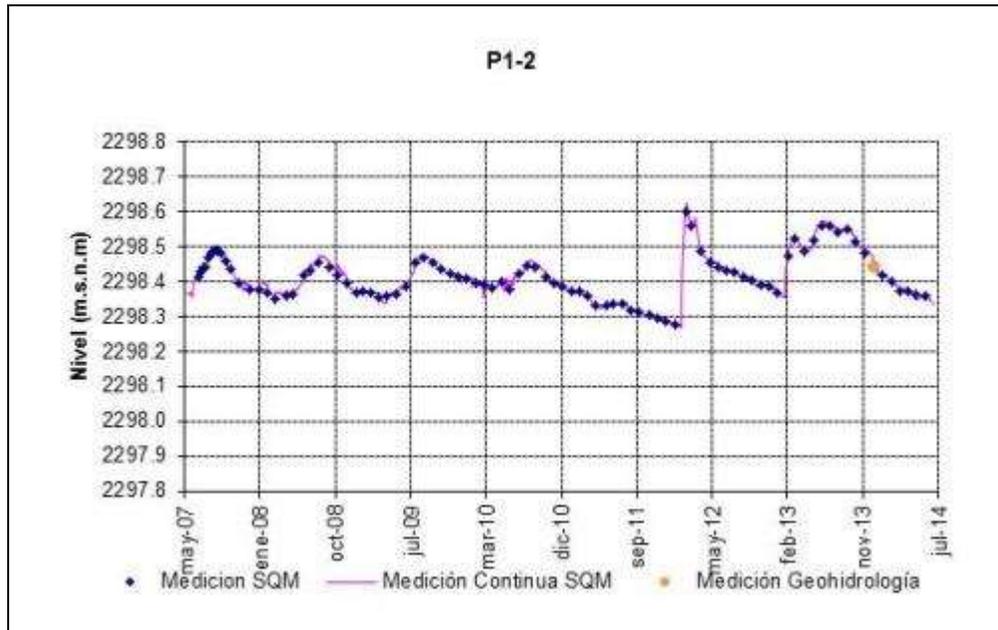


Figura 4-73: Nivel observado en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

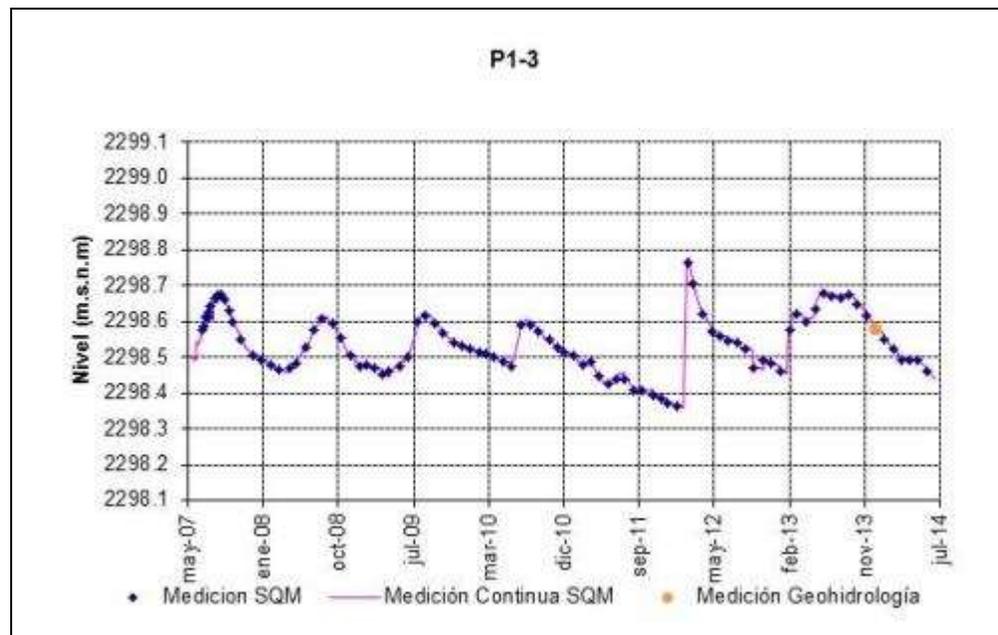


Figura 4-74: Nivel observado en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

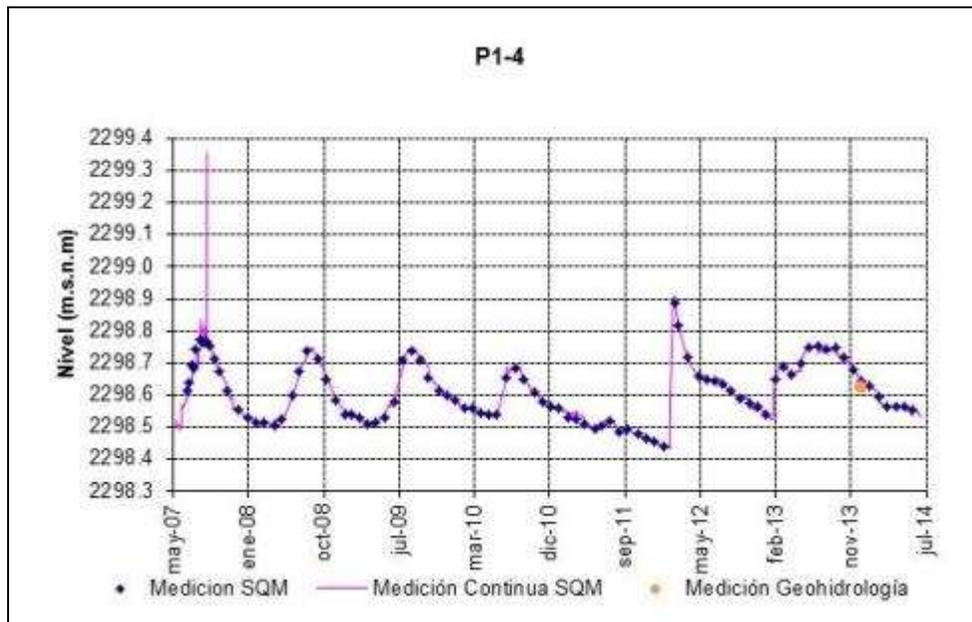


Figura 4-75: Nivel observado en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

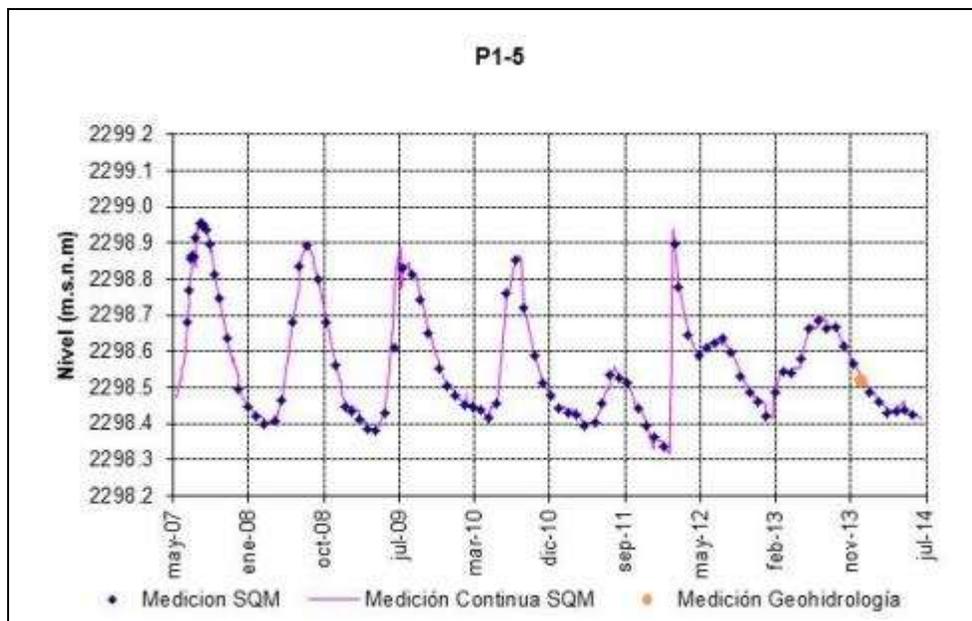


Figura 4-76: Nivel observado en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

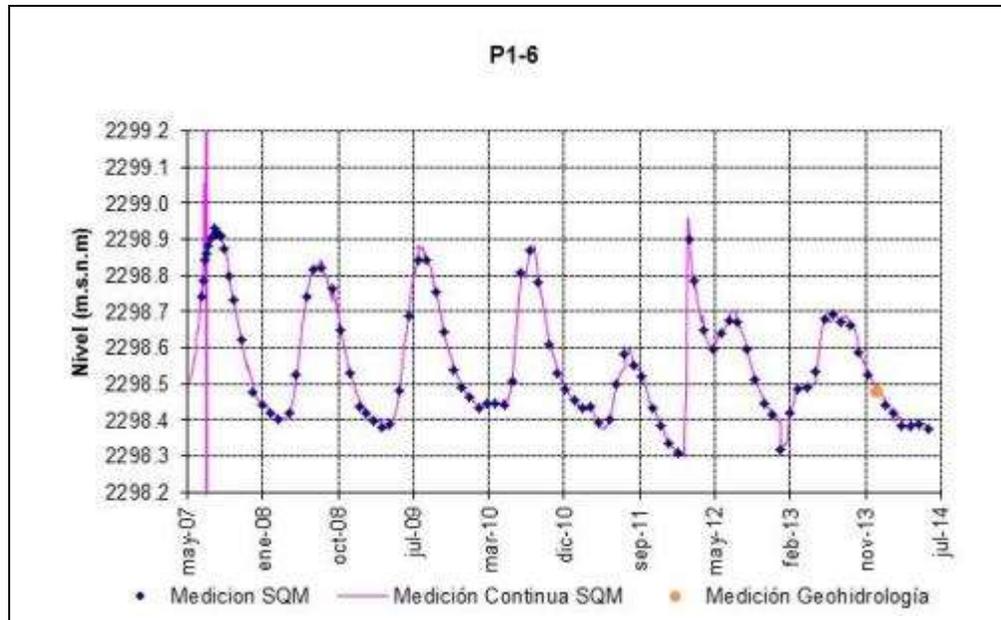


Figura 4-77: Nivel observado en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

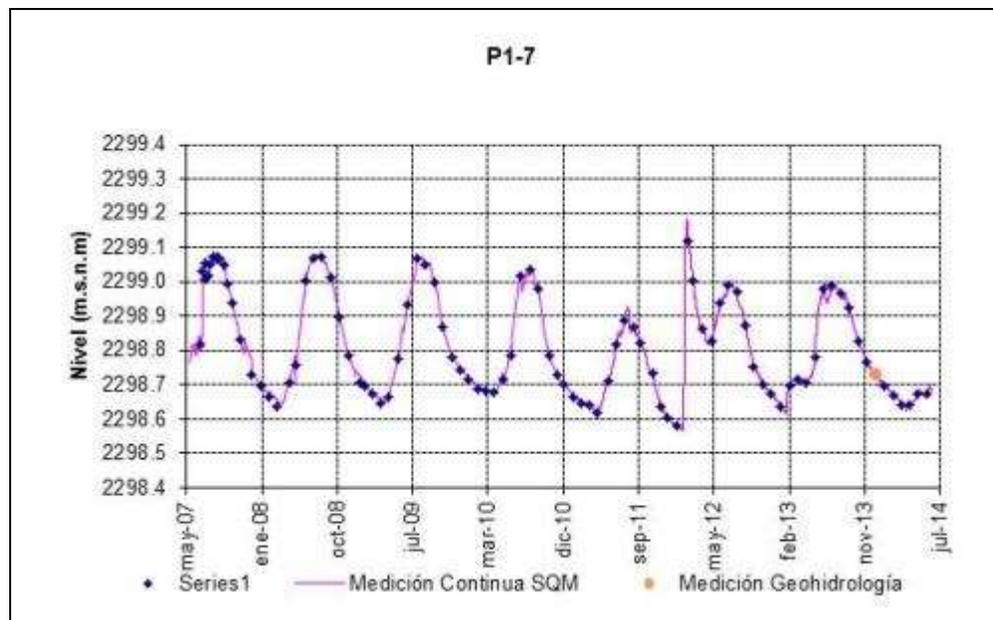


Figura 4-78: Nivel observado en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

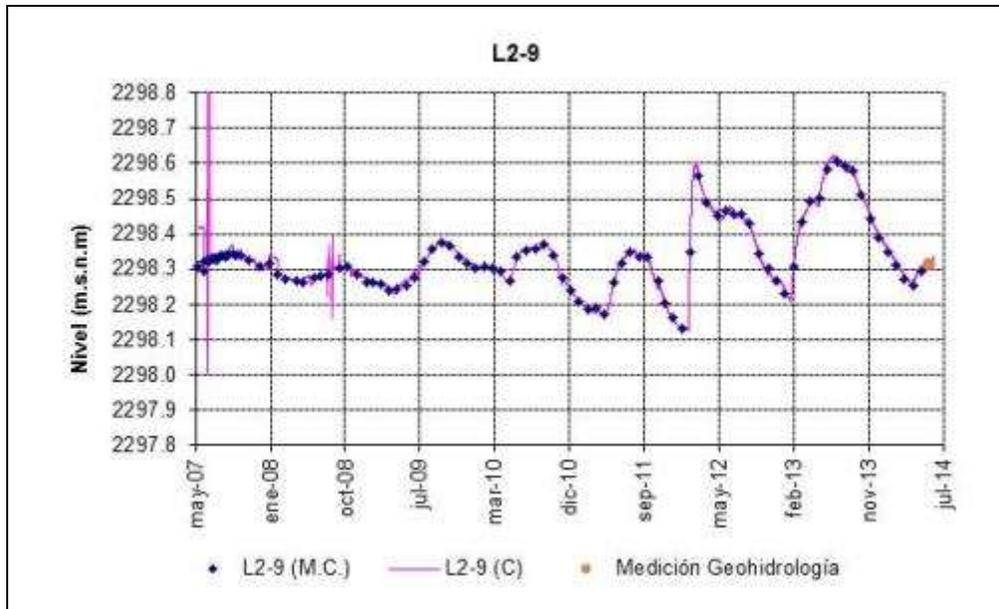


Figura 4-79: Nivel observado en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

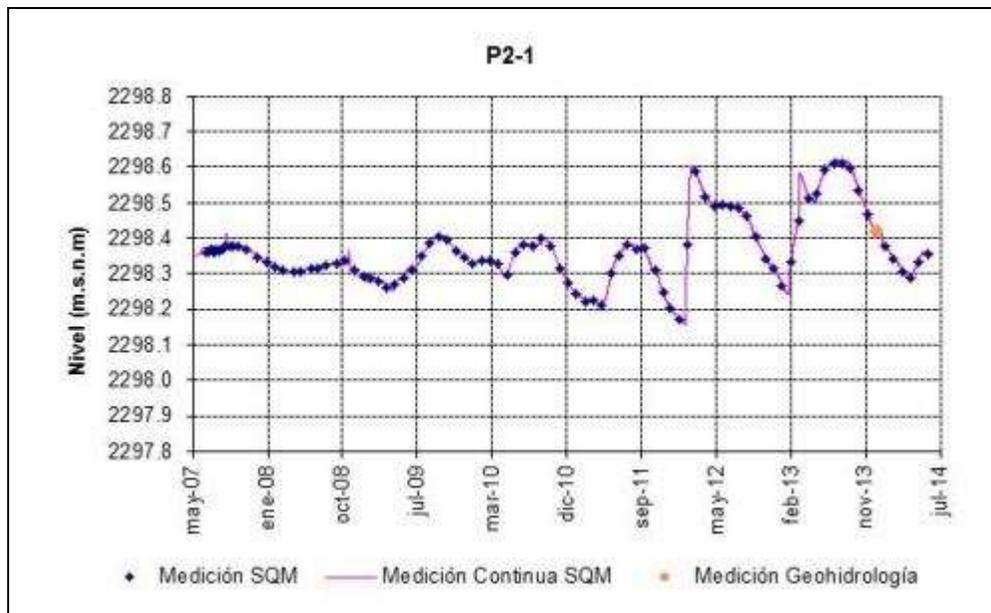


Figura 4-80: Nivel observado en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

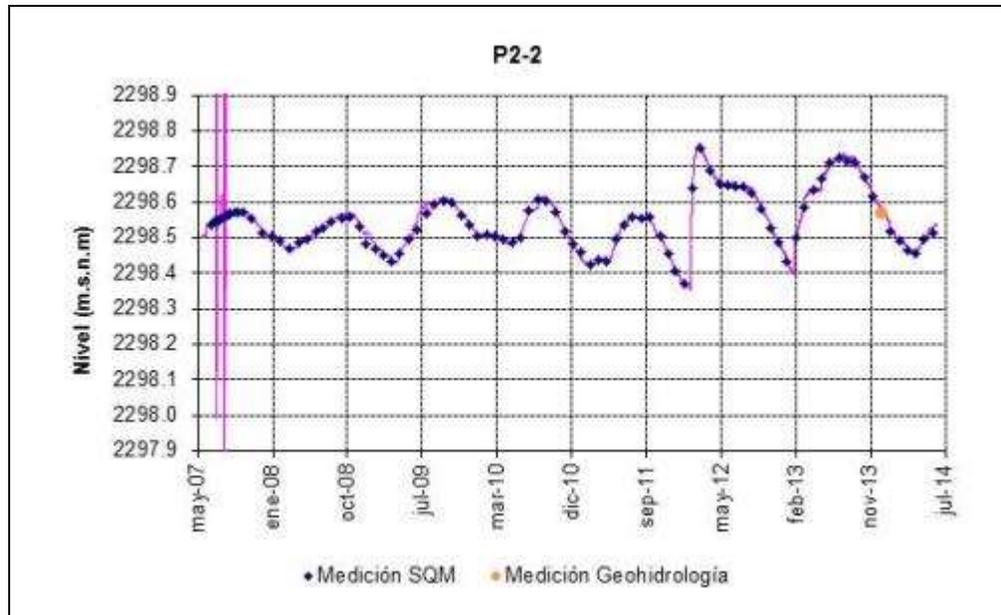


Figura 4-81: Nivel observado en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

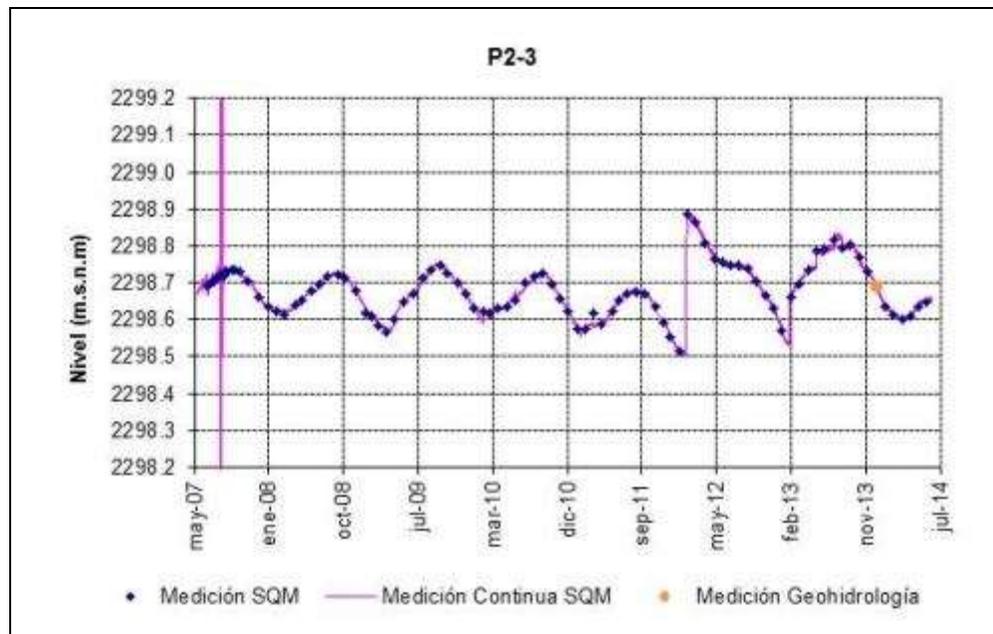


Figura 4-82: Nivel observado en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

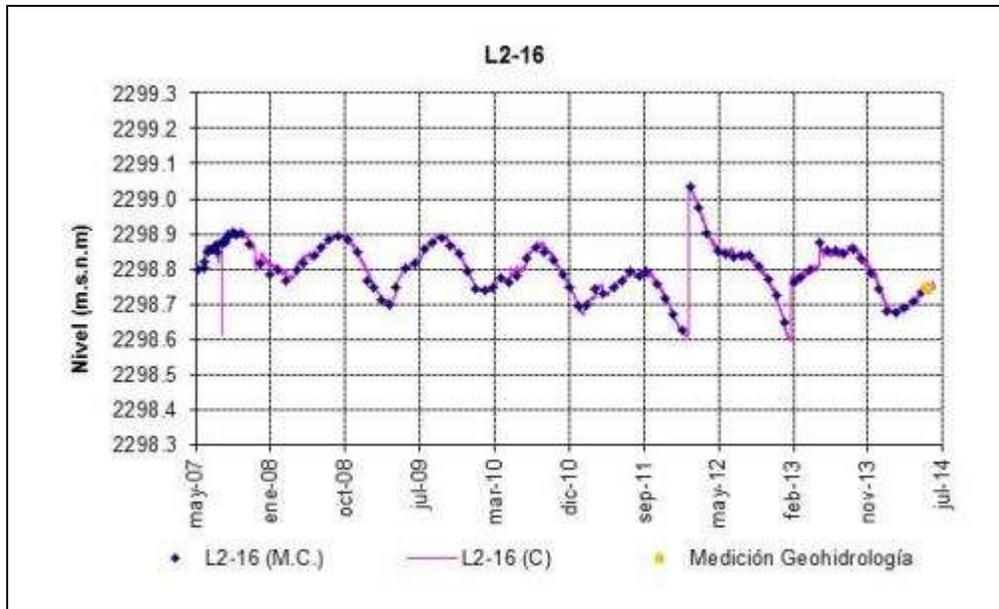


Figura 4-83: Nivel observado en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

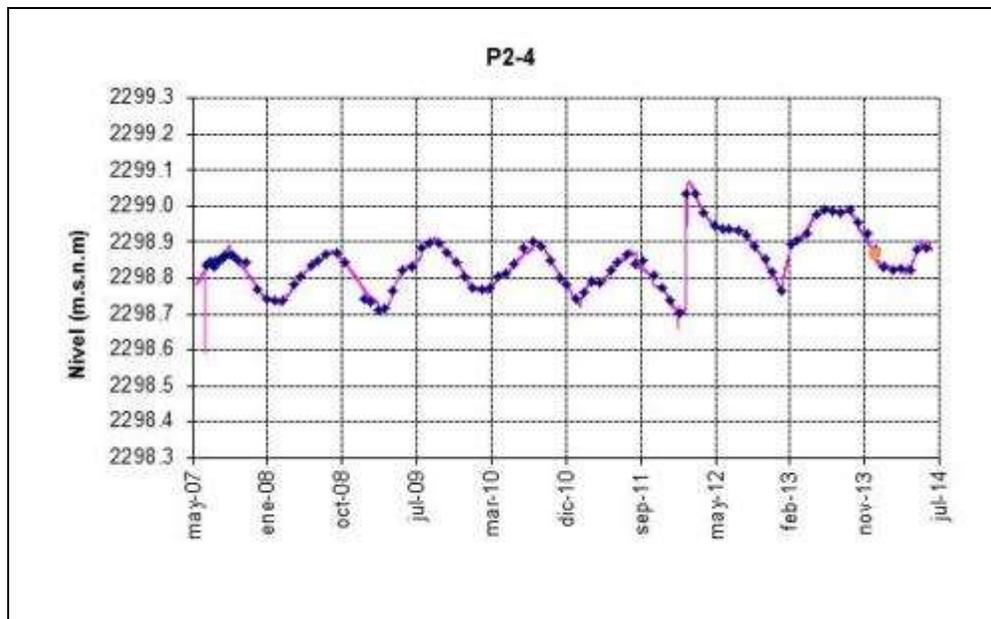


Figura 4-84: Nivel observado en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

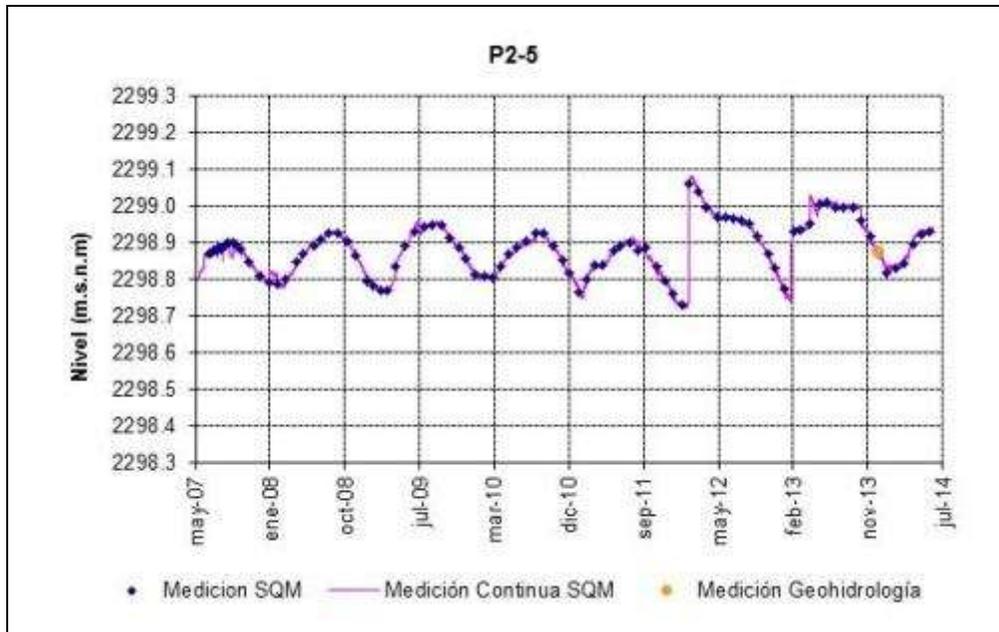


Figura 4-85: Nivel observado en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

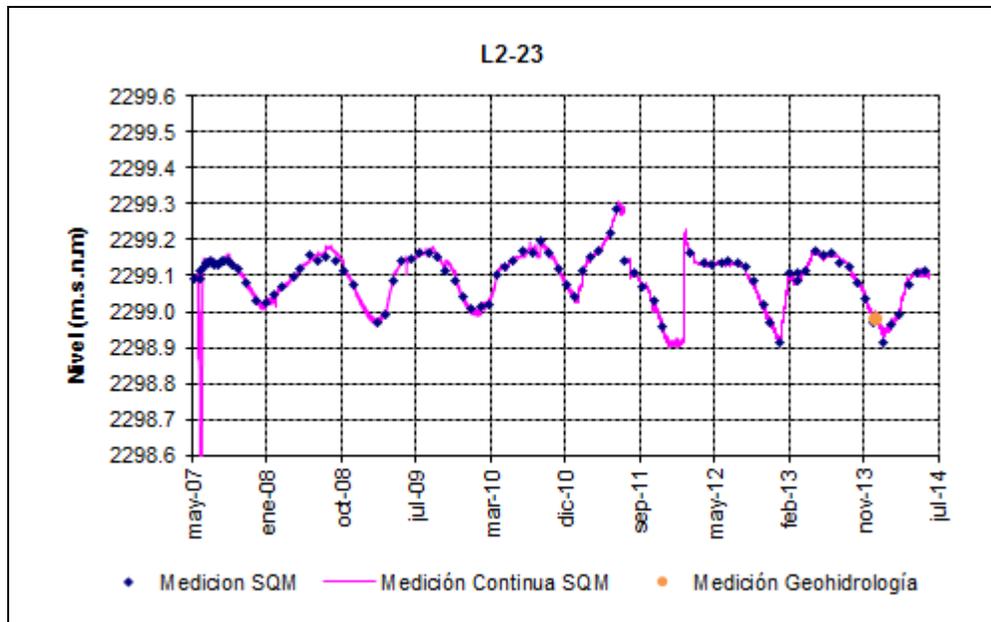
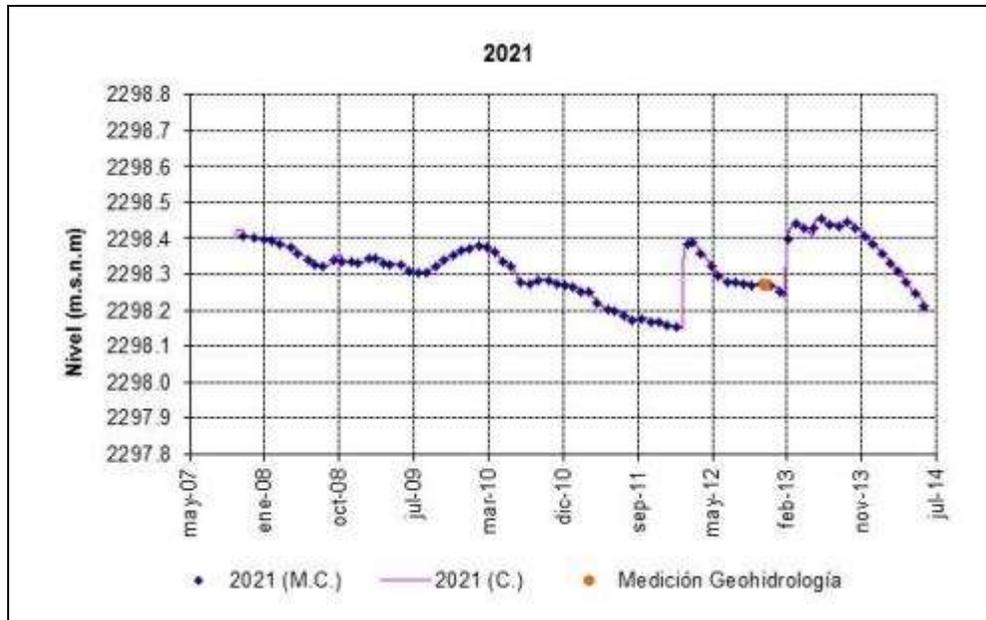


Figura 4-86: Nivel mensual observado en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



4.1.1.5 Pozos de salmuera

Al observar la curva histórica de nivel en los gráficos de los pozos de salmuera se observan incrementos marcados en el nivel a principios de 2001, 2002, 2012 y 2013, los que se asocian al mayor ingreso de recarga asociado a precipitaciones que ocurrieron durante el invierno altiplánico en esas fechas, en particular para el 2012 y 2013 ocurridas durante febrero, observándose ascensos regionales en los niveles que van desde los 23 a los 26 cm, considerando como periodo de análisis enero de 2012 a diciembre 2013 para todos los pozos de salmuera. Estos aumentos marcados son seguidos por periodos en que se observa un descenso gradual histórico que se mantiene en el tiempo en los que se pueden ver aumentos y descensos en el nivel asociados al efecto combinado de la estacionalidad de la evaporación, al volumen de bombeo desde la zona de producción más cercana a estos pozos como por ejemplo el aumento observado en 2009 y 2010 asociado a la disminución en el volumen bombeado, y/o a la variación en la recarga asociada a las precipitaciones que ocurren cada año.

Figura 4-87: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-07 (L2-6)



Figura 4-88: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-13

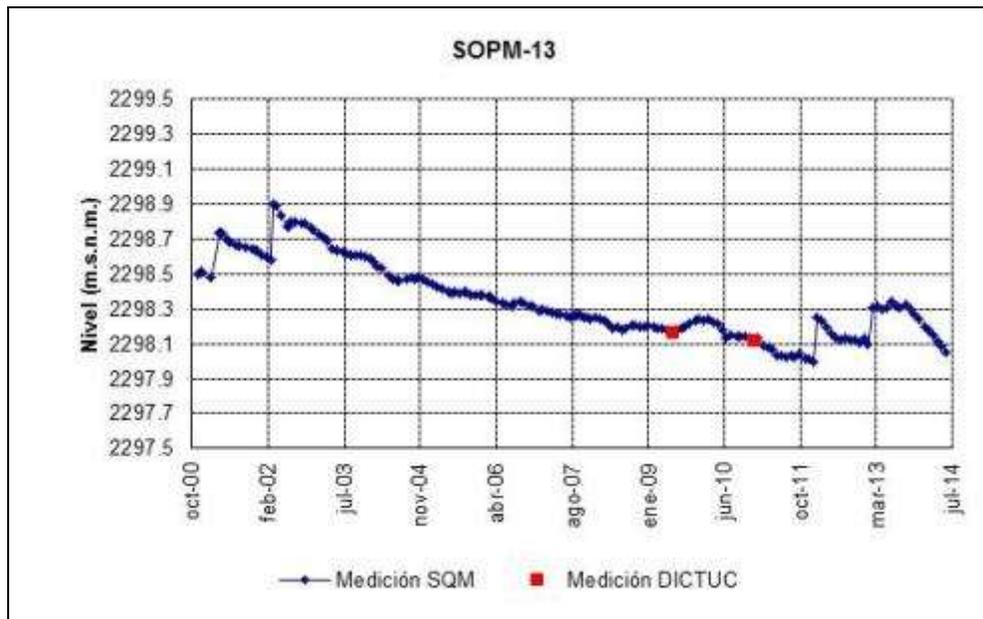


Figura 4-89: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-14

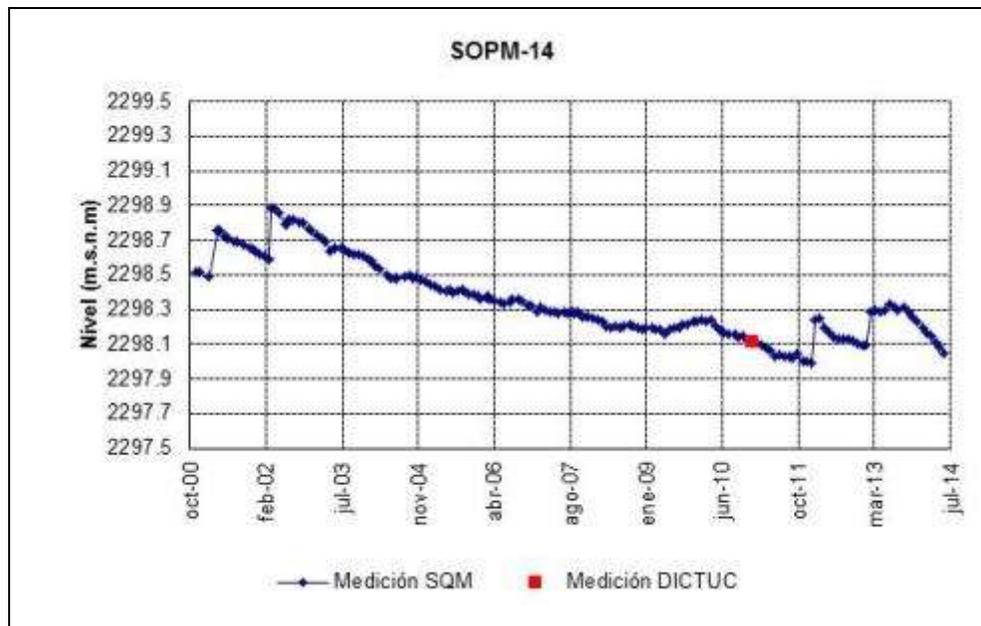


Figura 4-90: Nivel mensual observado en el pozo L2-14

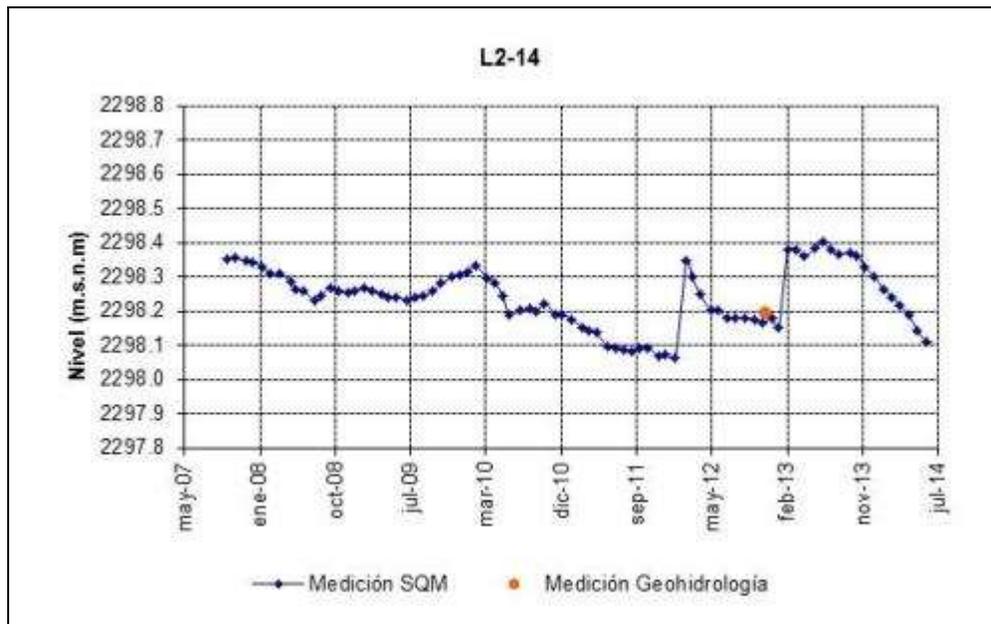
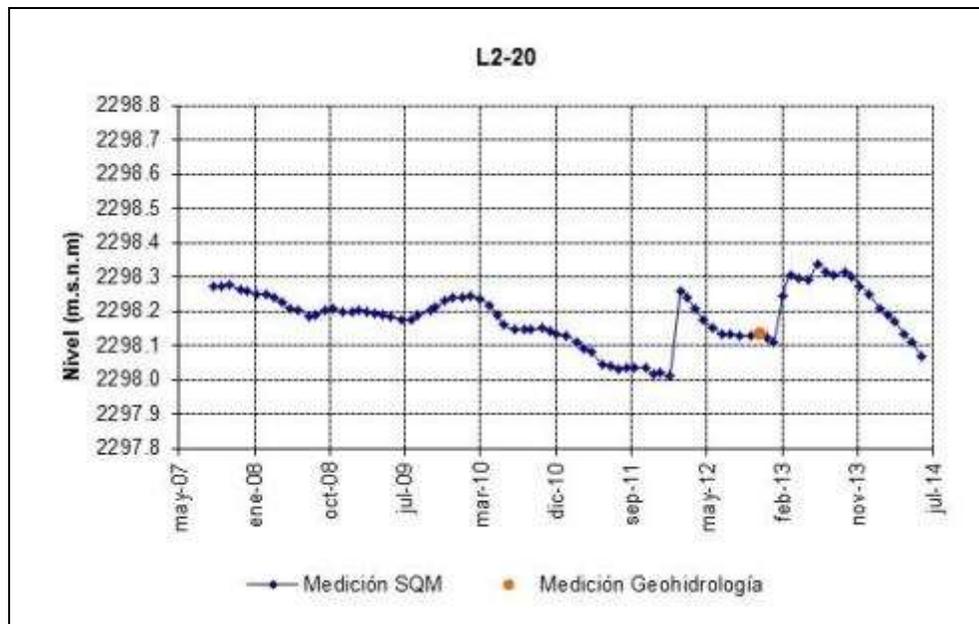


Figura 4-91: Nivel mensual observado en el pozo L2-20



4.1.1.6 Nivel lacustre

A continuación se presentan los niveles continuos medidos en las lagunas del sistema Soncor, Barros Negros, Chaxa y Puillar. 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 anteriormente, se unificaron las mediciones realizadas por CONAF tanto de la reglilla como del limnímetro, de manera que de ahora en adelante se llamará simplemente “Monitoreo CONAF”, entendiéndose que este monitoreo corresponde a la reglilla metálica.

Se observa además en la gráfica de medición continua un ascenso brusco de nivel, el cual se asocia a las precipitaciones que se produjeron en la cuenca del Salar de Atacama durante febrero de 2011 y que se repitieron durante el mismo mes en 2012, observándose un efecto similar asociado a las precipitaciones ocurridas durante febrero de 2013, pero en menor medida que en 2011.

Para el caso de la laguna Puilar existen ascensos puntuales asociados a las precipitaciones registradas en los veranos del 2012 y 2013, así como un ascenso a partir del segundo semestre del año 2013, el que regresa a su nivel histórico durante el primer semestre de 2014, tal como se observa en los registros continuos de nivel.

Debido a las nidificaciones de flamencos entre los meses de noviembre de 2007 y enero de 2008 CONAF prohibió el ingreso a las lagunas, es así como se observa en la base de registro histórico que la medición manual de la reglilla Barros Negros no se pudo realizar, así como en noviembre y diciembre de 2011 y enero de 2012, situación que se repitió durante diciembre de 2013. De la misma manera, en la reglilla Puilar no se realizó la medición para el mes de enero de 2008, diciembre de 2011 y enero 2012, al igual que los meses de enero y febrero 2014 para el caso de la reglilla Chaxa no se pudo realizar medición para enero de 2008 y enero de 2012.

Por otro lado, en los gráficos presentados en el informe N°10, algunas mediciones realizadas por SQM y CONAF no eran concordantes, debido al cambio de referencia de algunas de las reglillas, por lo que se realizó una medición de los puntos de referencia, y en los casos en que fue necesario se corrigieron las mediciones. Se midió la cota de la reglilla Barros Negros ya que presentaba una desviación respecto de la medida de nivel señalada por el piezómetro Barros Negros, la cota medida fue 2.300,166 msnm. Durante el segundo semestre de 2014 se realizó una nueva medición a la cota topográfica de la reglilla de Barros Negros, dado que los niveles históricos registrados no se condecían con lo que se observaba en terreno y con las mediciones de que realiza CONAF, por lo que se realizó una corrección de los datos históricos a partir del 21 de octubre de 2010 (nueva cota 2.299,519 msnm)

Figura 4-92: Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros

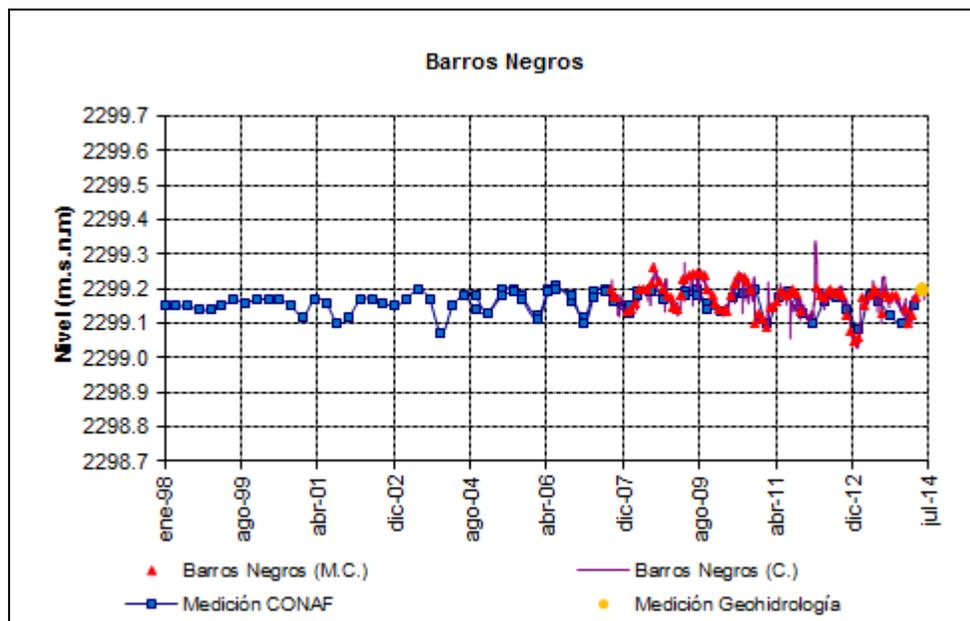


Figura 4-93: Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros desde el 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC)

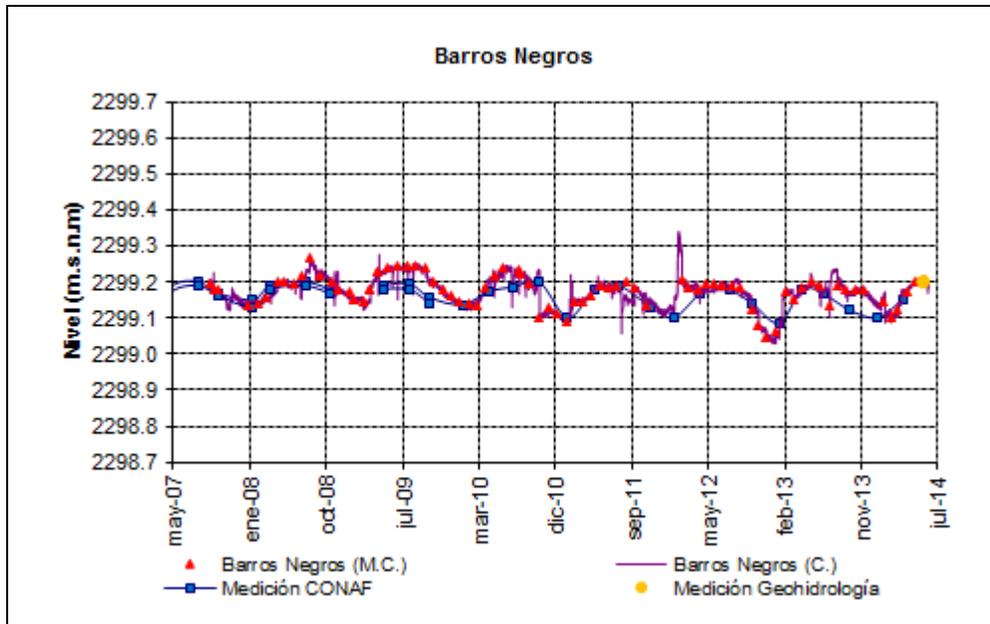


Figura 4-94: Nivel mensual observado en la reglilla Puilar

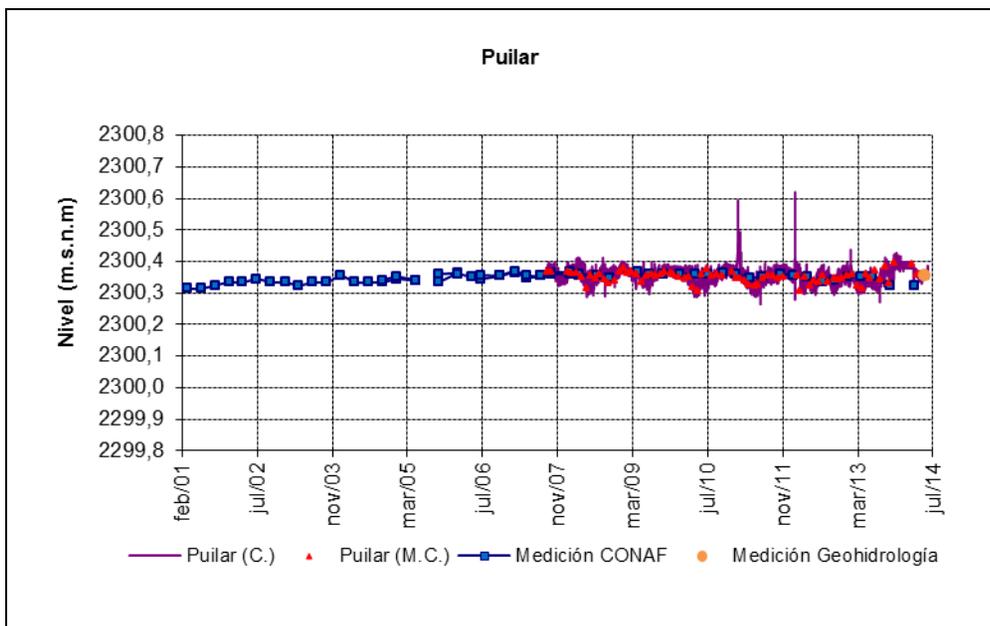


Figura 4-95: Nivel mensual observado en la reglilla Puilar desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC)

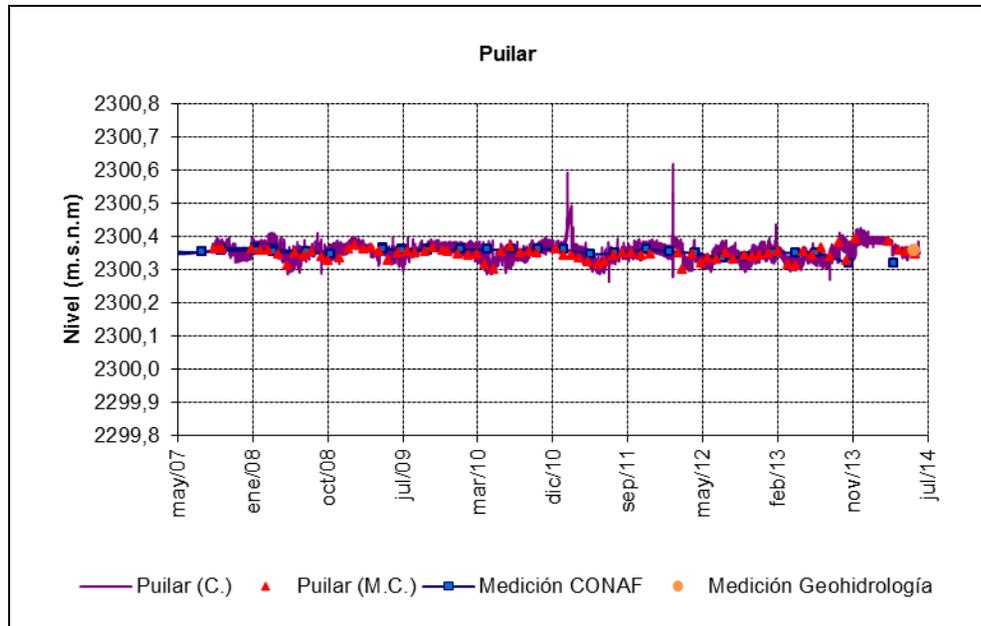


Figura 4-96: Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas

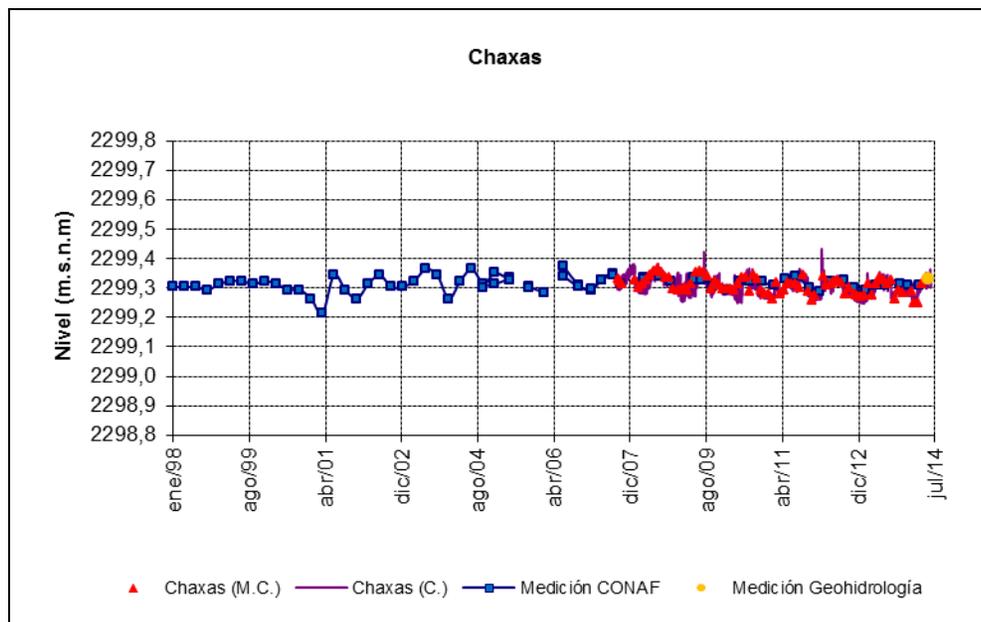
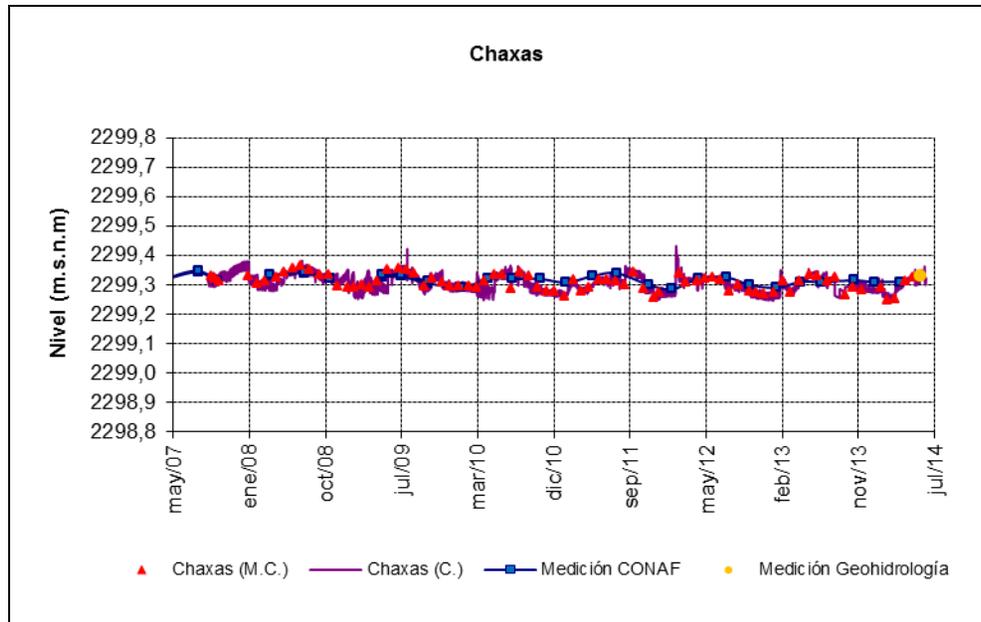


Figura 4-97: Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC)



4.1.2 Meteorología

Desde la Figura 4-98 a la Figura 4-101 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica Chaxa que forman parte del PSAH. Es importante mencionar que las precipitaciones en el salar son muy locales por lo que es factible que las precipitaciones cerca de las lagunas pudieron ser mayores o bien menores de lo que se registró en la estación meteorológica Chaxa. Como se aprecia en la Figura 4-98, 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. En la Tabla 4.2 se muestran las principales precipitaciones registradas en la estación, las precipitaciones tienen un efecto directo en los niveles, tal como se puede observar en todas las figuras de las mediciones de reglillas y en los pozos cercanos a las superficies lacustres. Cabe señalar que durante el segundo semestre de 2013 se produjeron precipitaciones en el Salar de Atacama los días 26 de julio y 25 de agosto registrándose 1,5 y 2,3 mm respectivamente, durante el primer semestre de 2014 los días con mayor lluvia fueron el 16 de enero y 13 de abril con 0,9 y 2,2 mm de agua caída respectivamente.

Tabla 4.2. 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
17-May-2013	10,9

La Figura 4-99 muestra la evolución histórica de la evaporación potencial corregida de acuerdo a lo indicado anteriormente. Producto de las lluvias mencionadas anteriormente (verano 2012) se cortó el camino hacia la estación meteorológica Chaxa, el cual si bien fue arreglado, volvió a cortarse, siendo reparado de manera definitiva en septiembre de 2013.

Esta situación provocó que no fuera posible transportar el agua necesaria para el tanque evaporímetro generando un vacío en la serie de evaporación tal como se observa en la Figura 4-99 desde mediados de mayo de 2012 hasta octubre de 2013, no así para el resto de los variables monitoreadas. Cabe recalcar que la dificultad de realizar el segundo arreglo del camino se debió por la presencia de una colonia de nidificación de flamencos chilenos muy cerca del sector donde se cortó, por lo que se debió esperar que CONAF autorizara el acceso al sector una vez finalizado el proceso de nidificación.

Figura 4-98: Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa

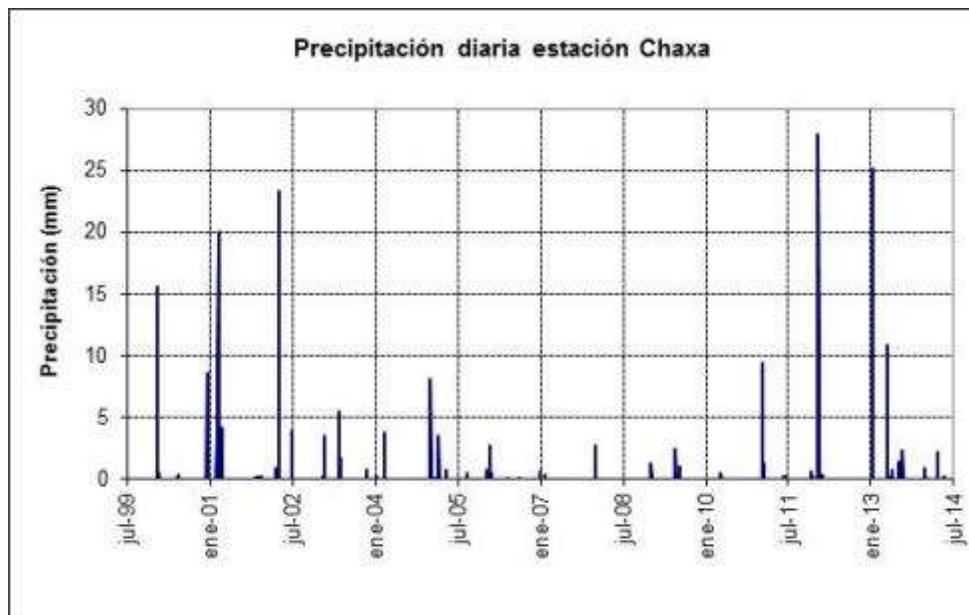


Figura 4-99: Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa

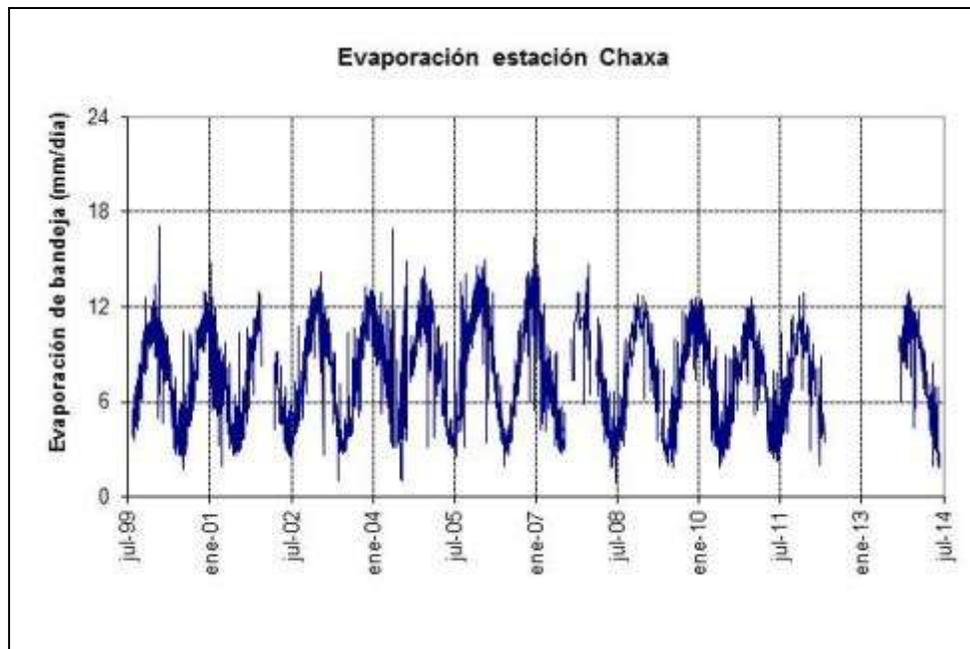


Figura 4-100: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa

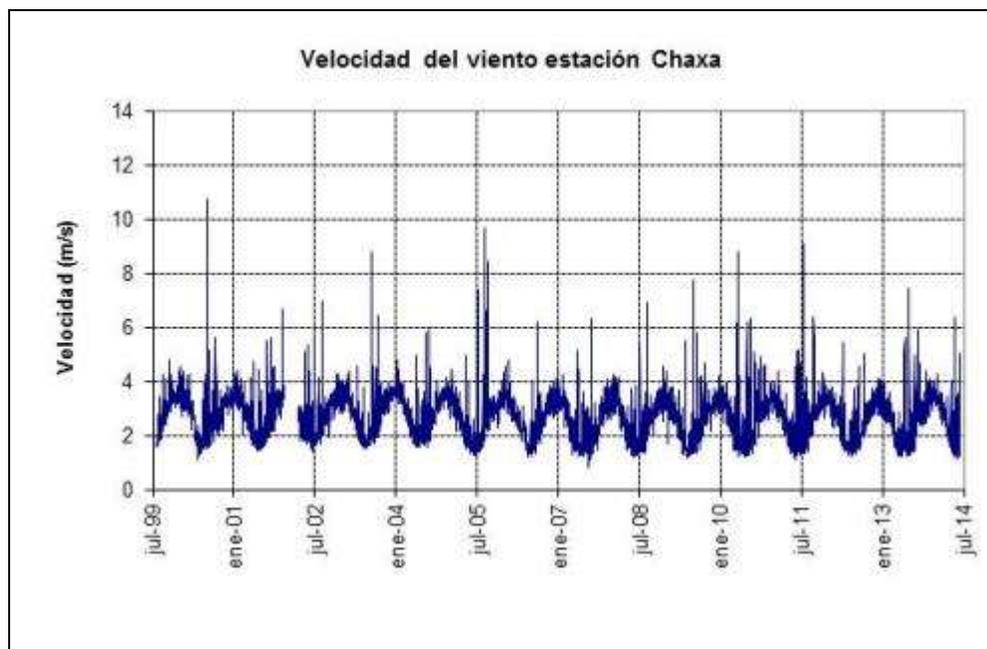
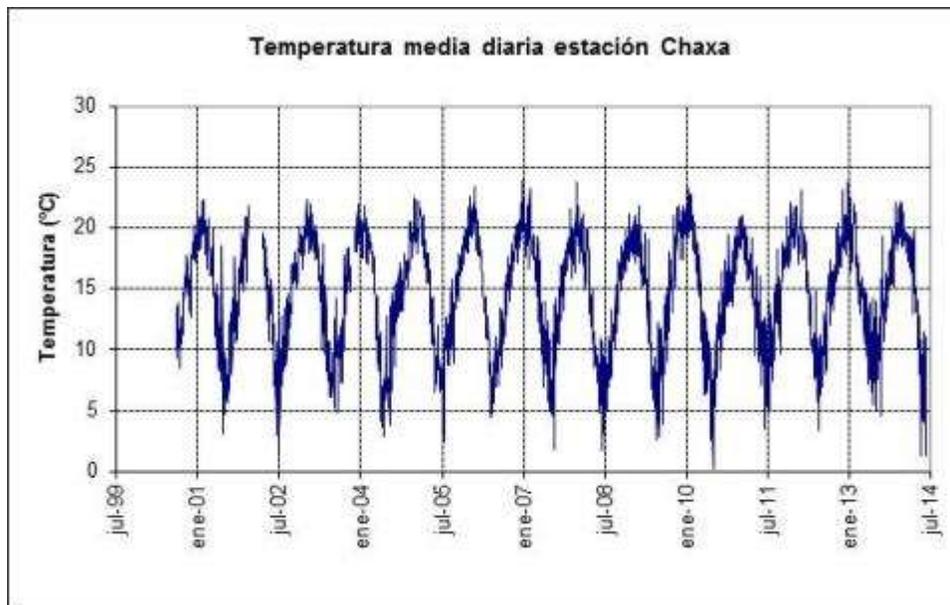


Figura 4-101: Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa



4.1.3 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. En la Figura 4-102 y Figura 4-103 se muestran los caudales medios mensuales bombeados de los pozos Mullay 1 y Allana respectivamente. Ambos pozos han bombeado caudales iguales o menores a los derechos otorgados (40 L/s en cada uno) desde el inicio de la operación.

Figura 4-102: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Mullay

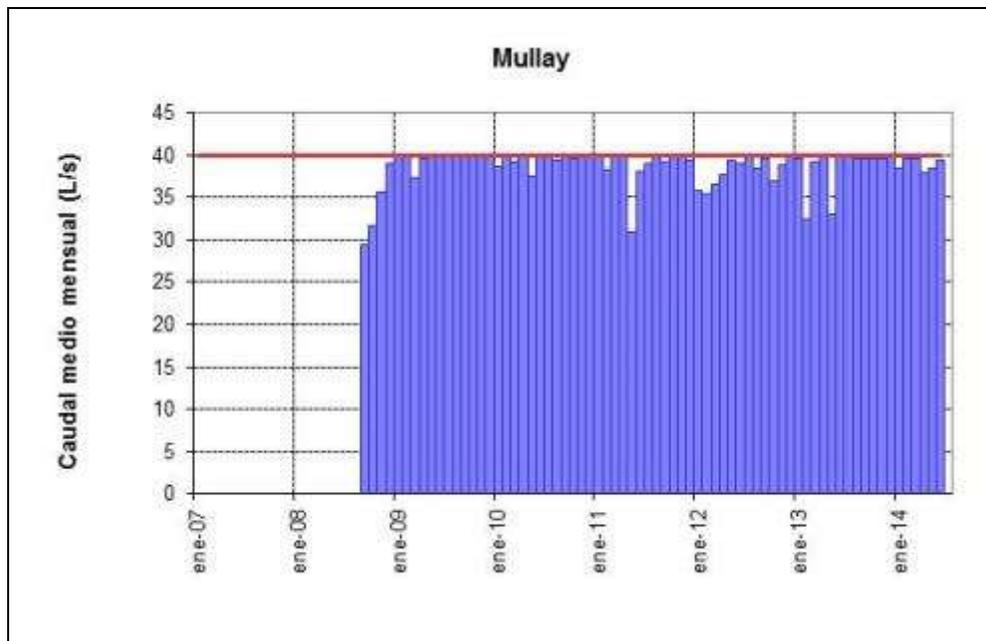
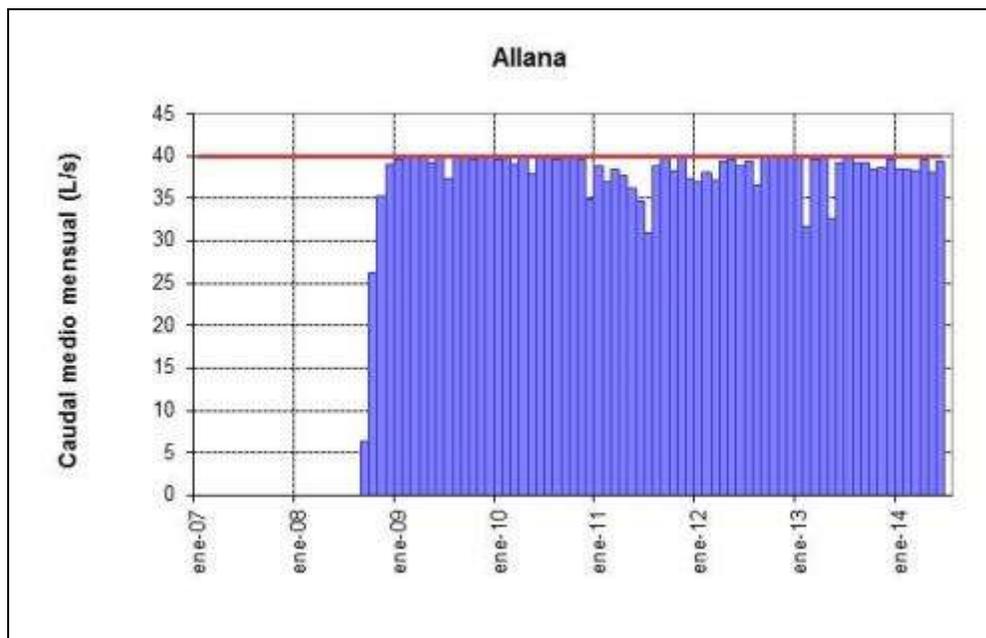


Figura 4-103: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Allana



4.1.4 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 serán presentados sólo en esta sección. Desde la Figura 4-104 a Figura 4-118 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 3 se presentan los informes de los análisis químicos reportados por ALS Environmental para dichas muestras y en el Anexo 4 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 4-119 a la Figura 4-120.

Cabe señalar que se constataron algunos errores en las mediciones de la conductividad eléctrica (CE) de las muestras de aguas subterráneas reportadas por el laboratorio ALS Environmental anteriores a julio de 2008. Esto se debía a que el laboratorio no tenía el equipo adecuado para hacer estas mediciones. Para resolver esta situación el laboratorio adquirió un equipo especial capaz de registrar los valores típicos de salmuera del salar. Desde la adquisición del equipo, la tendencia de los valores reportados por ALS Environmental ha permanecido dentro de los rangos esperados.

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 4-121 a la Figura 4-128

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.

4.1.4.1 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 4-104: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4

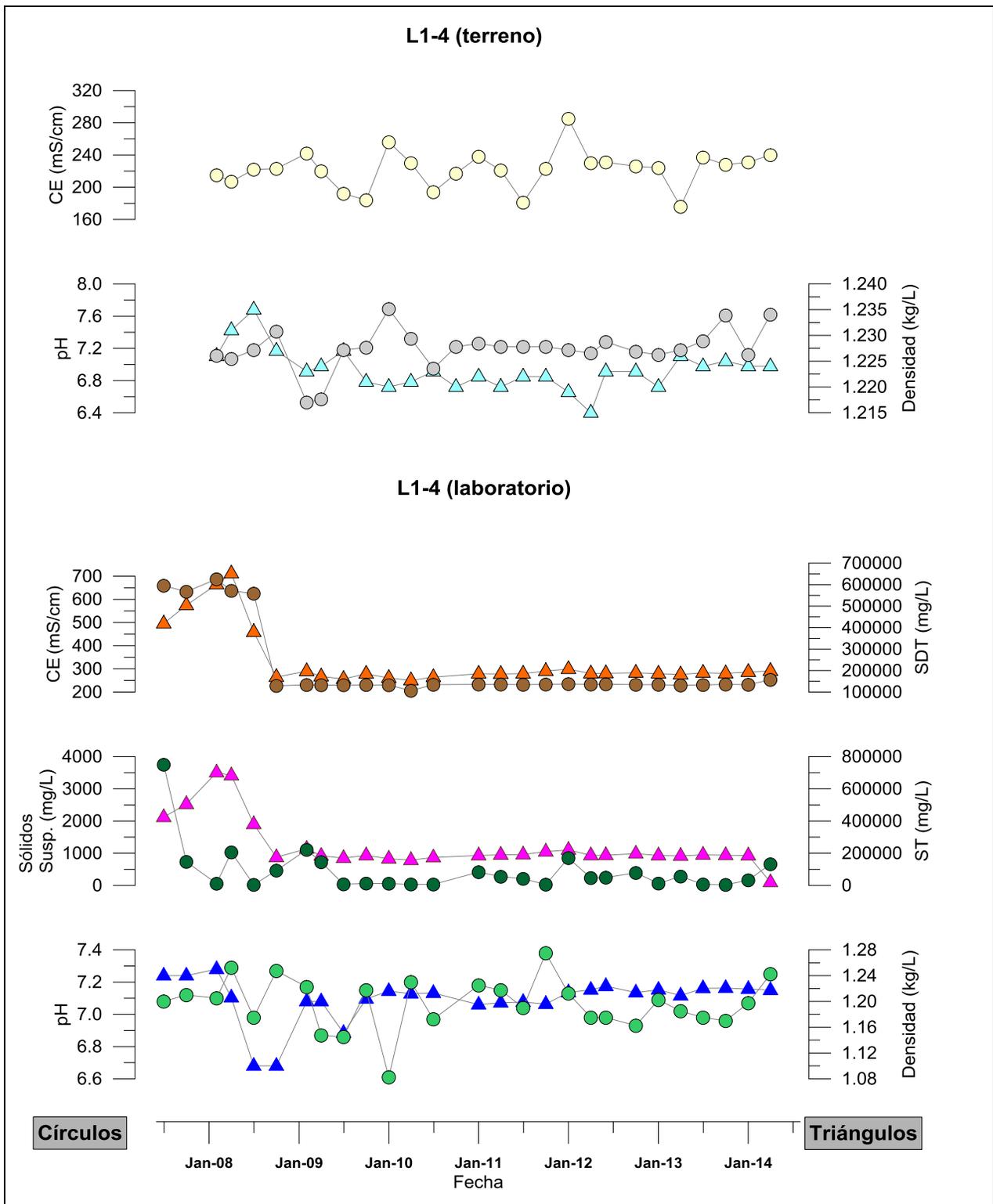


Figura 4-105: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5

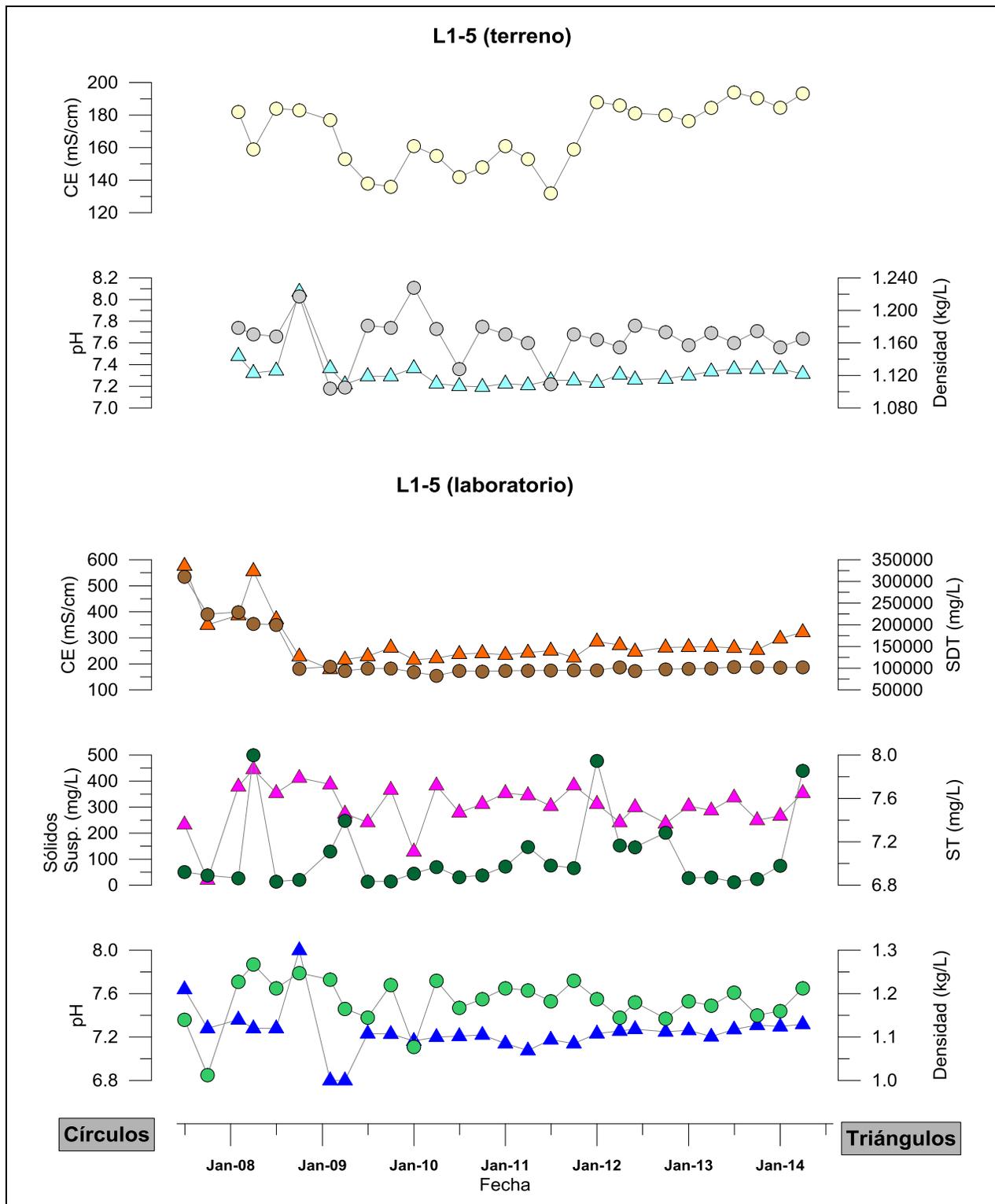


Figura 4-106: Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6

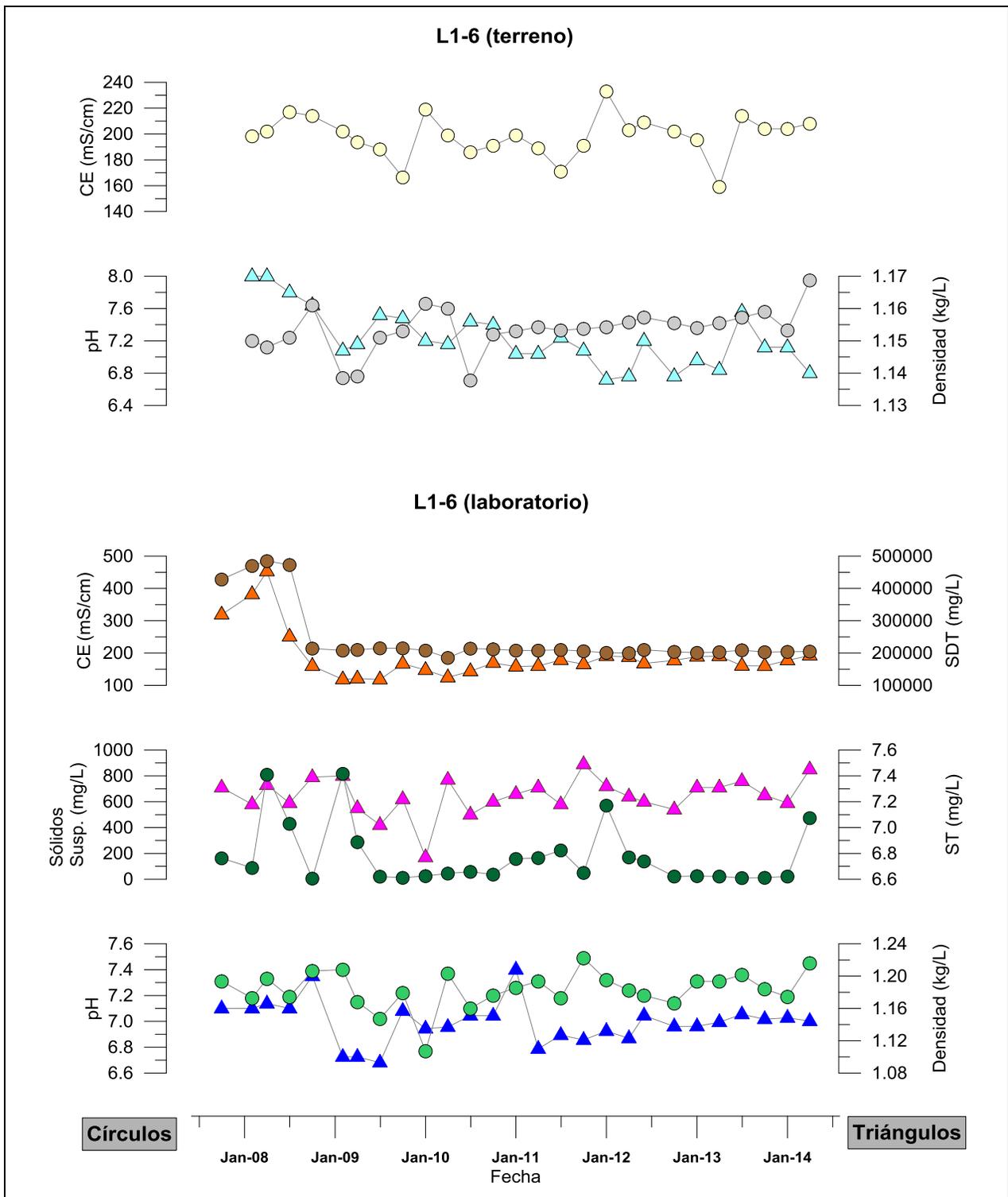


Figura 4-107: Resultados de análisis físico-químico regilla L1-G4

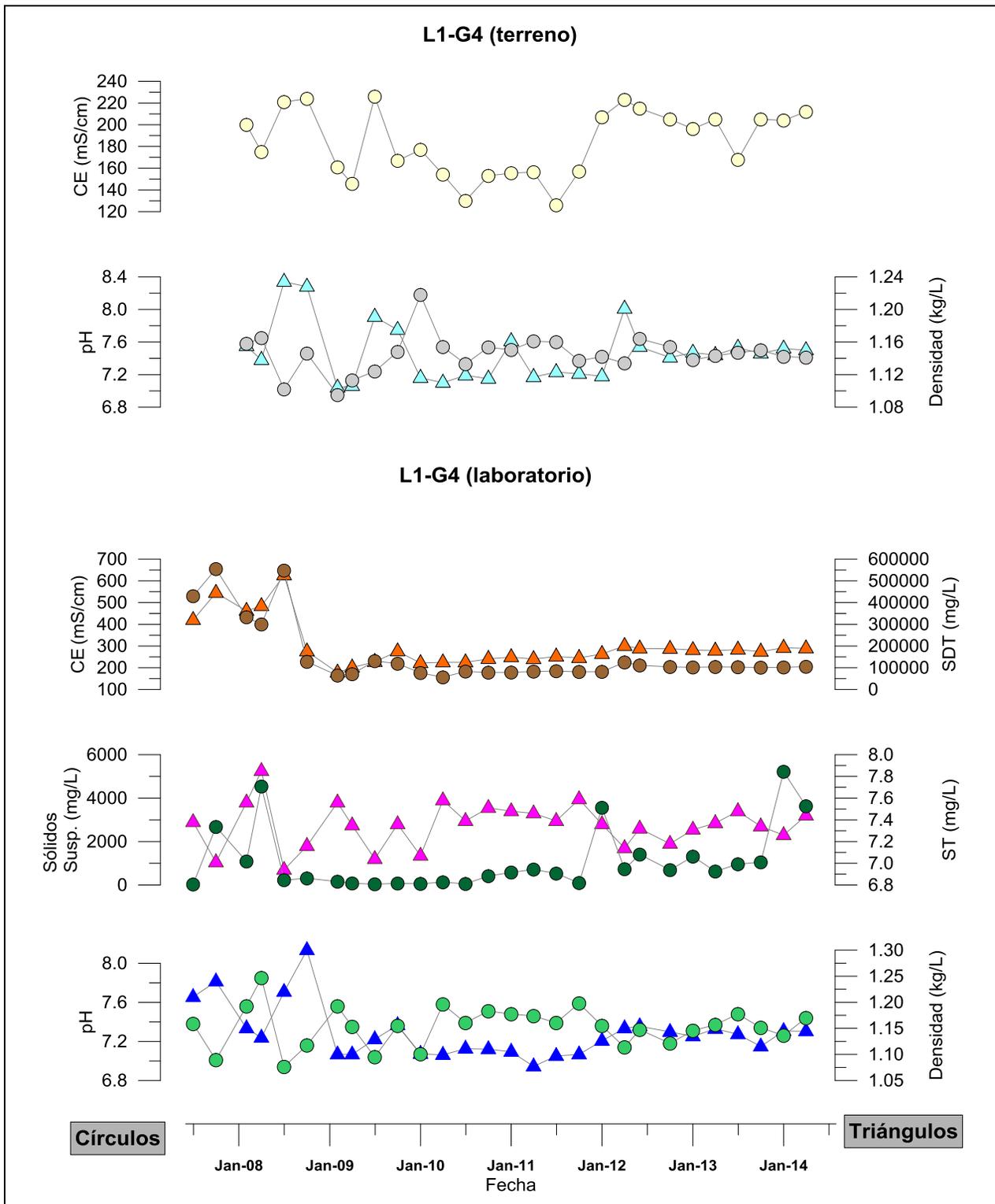


Figura 4-108: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3

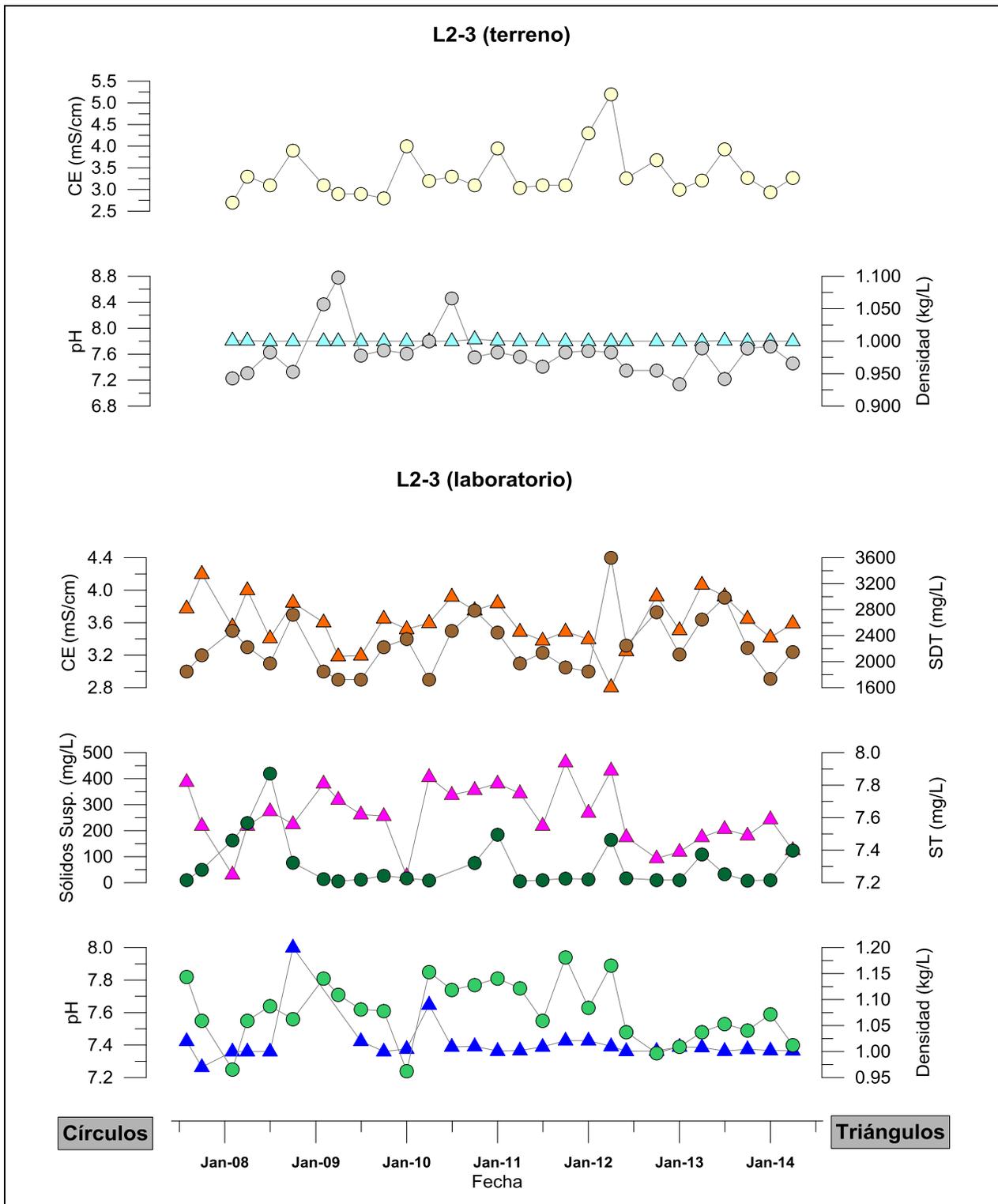


Figura 4-109: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4

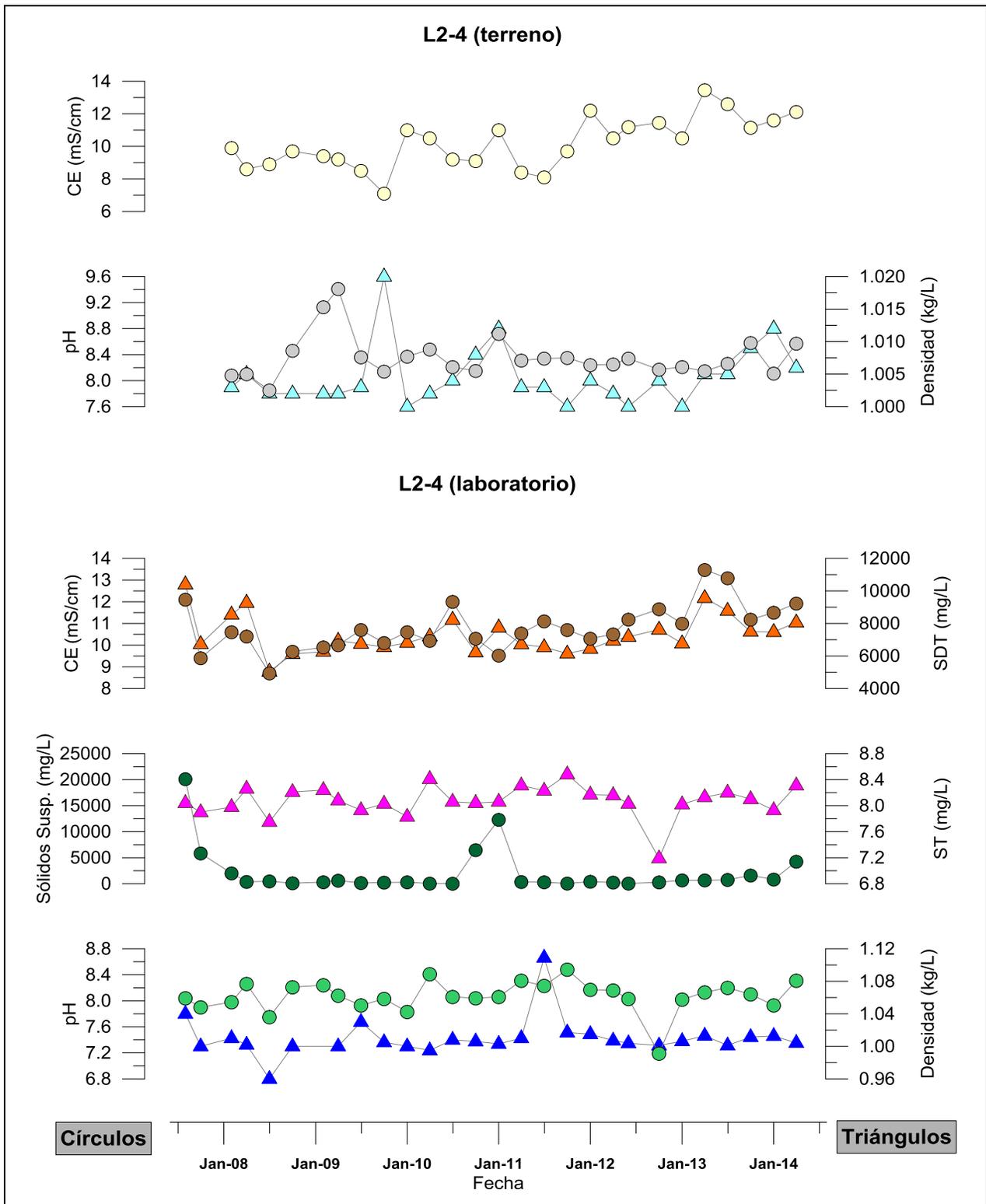


Figura 4-110: Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5

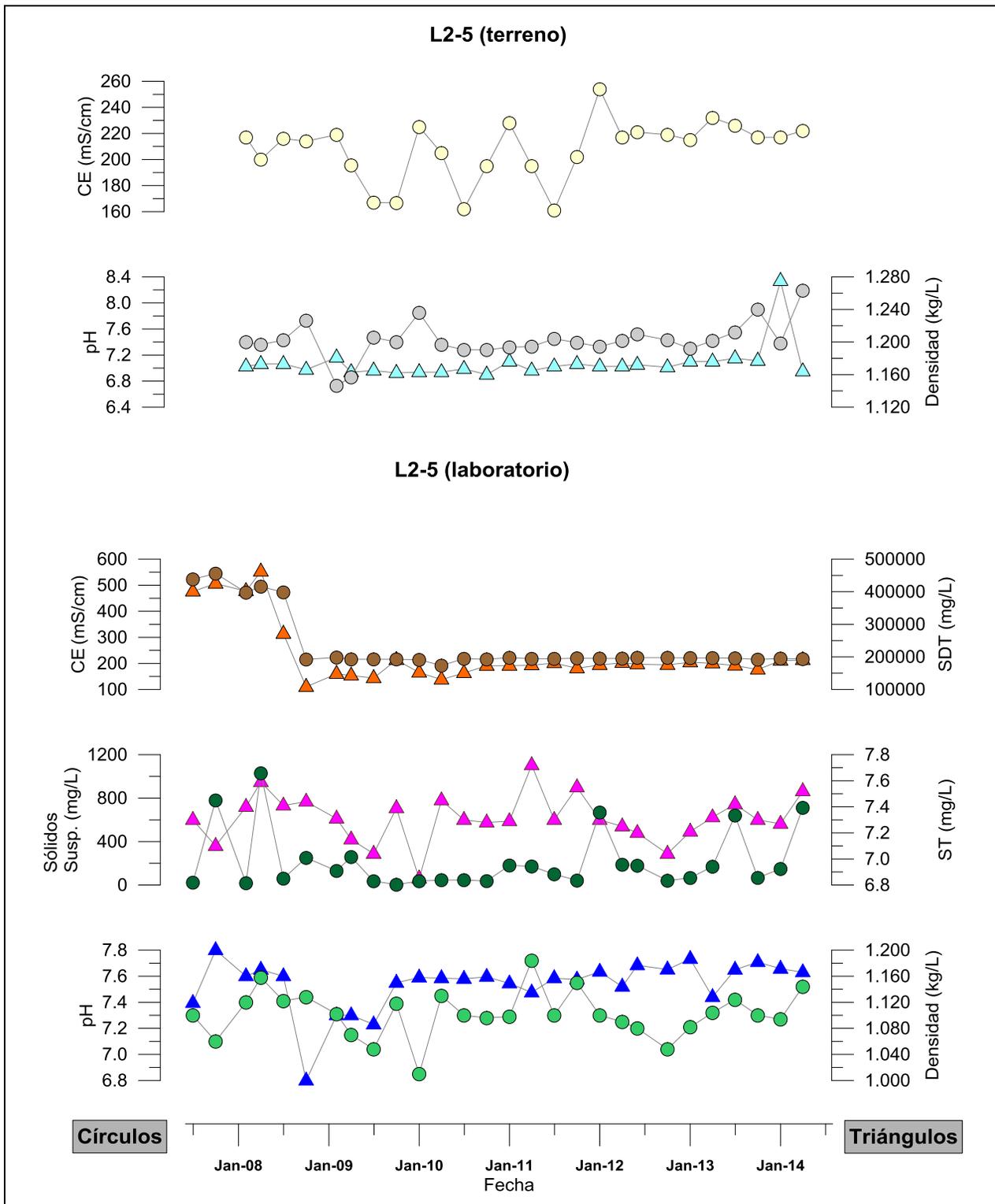
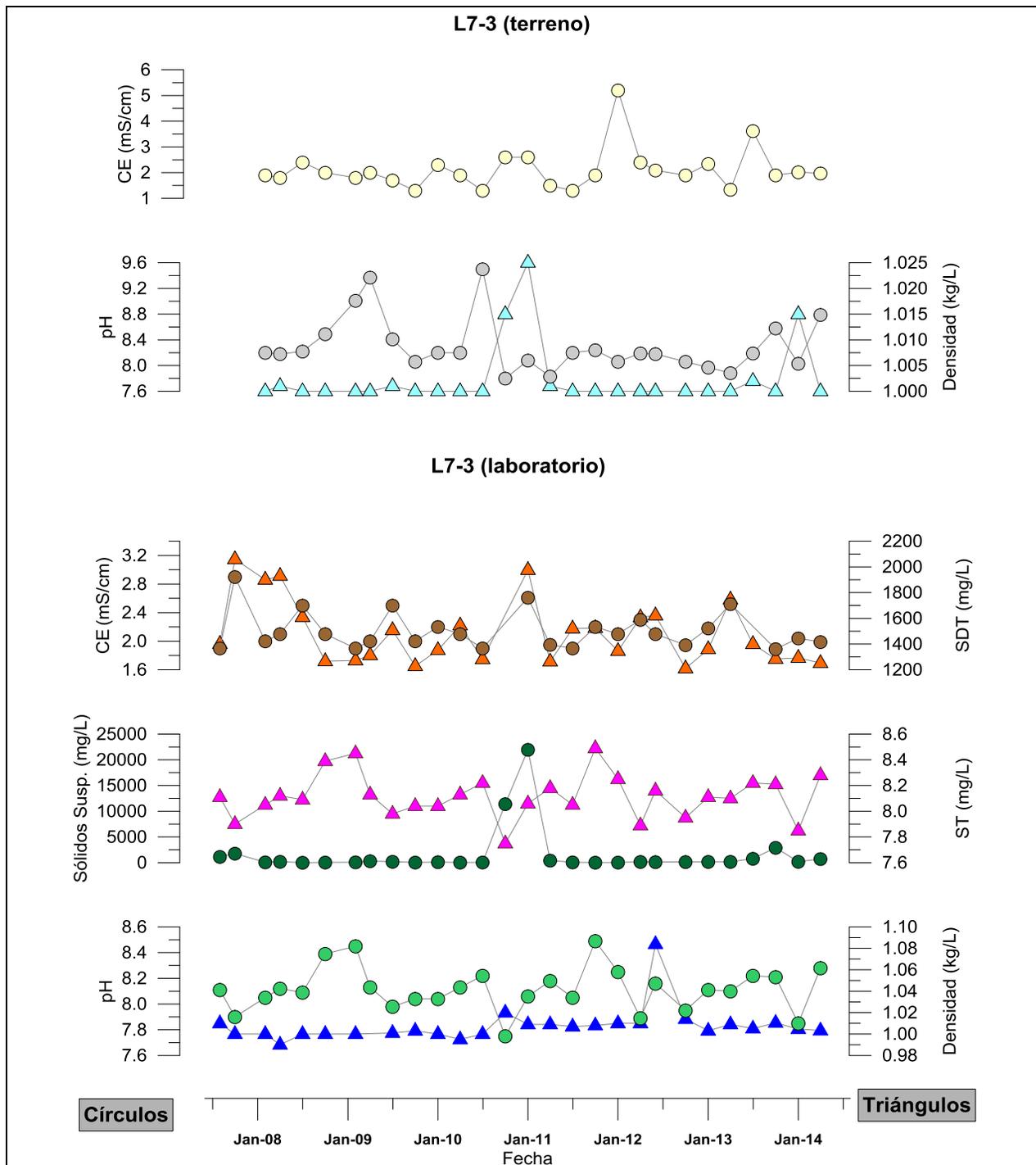


Figura 4-111: Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3³



³ 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 Suspendidos se sacaron los datos de octubre de 2010 y enero de 2011, correspondientes a 11.409 mg/L y 21.965 mg/L.

Figura 4-112: Resultados de análisis físico-químico regilla L7-G1

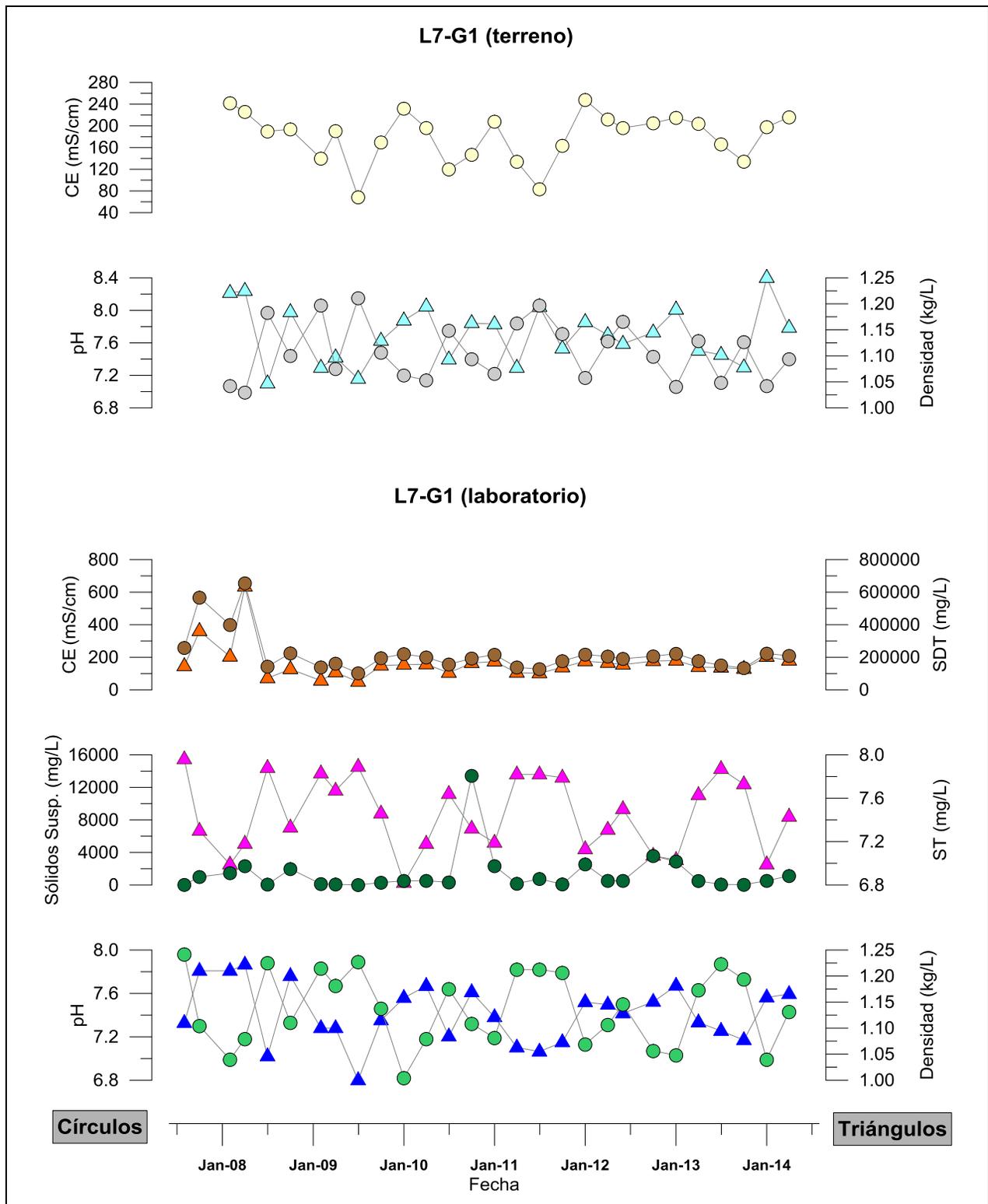


Figura 4-113: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07

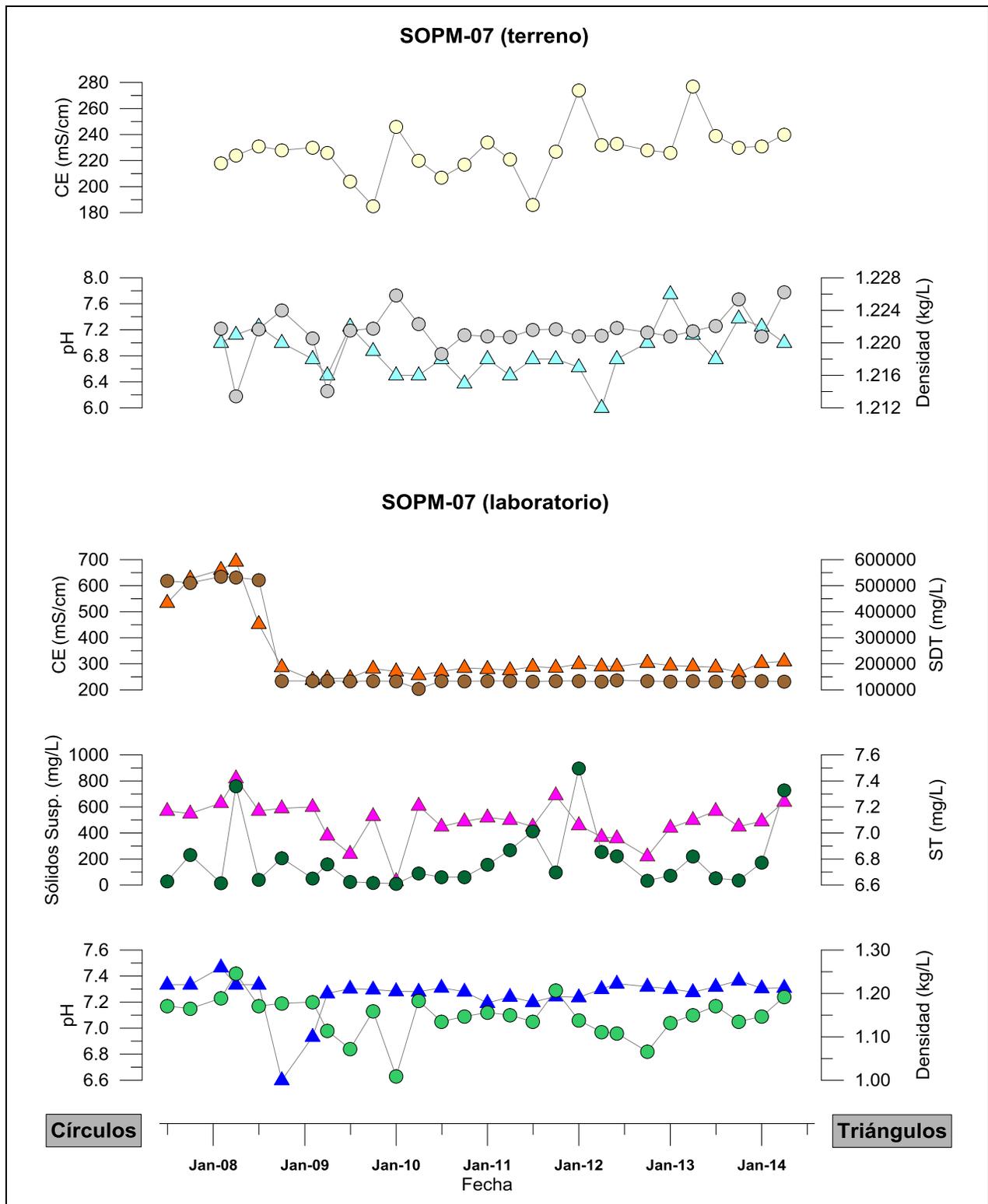
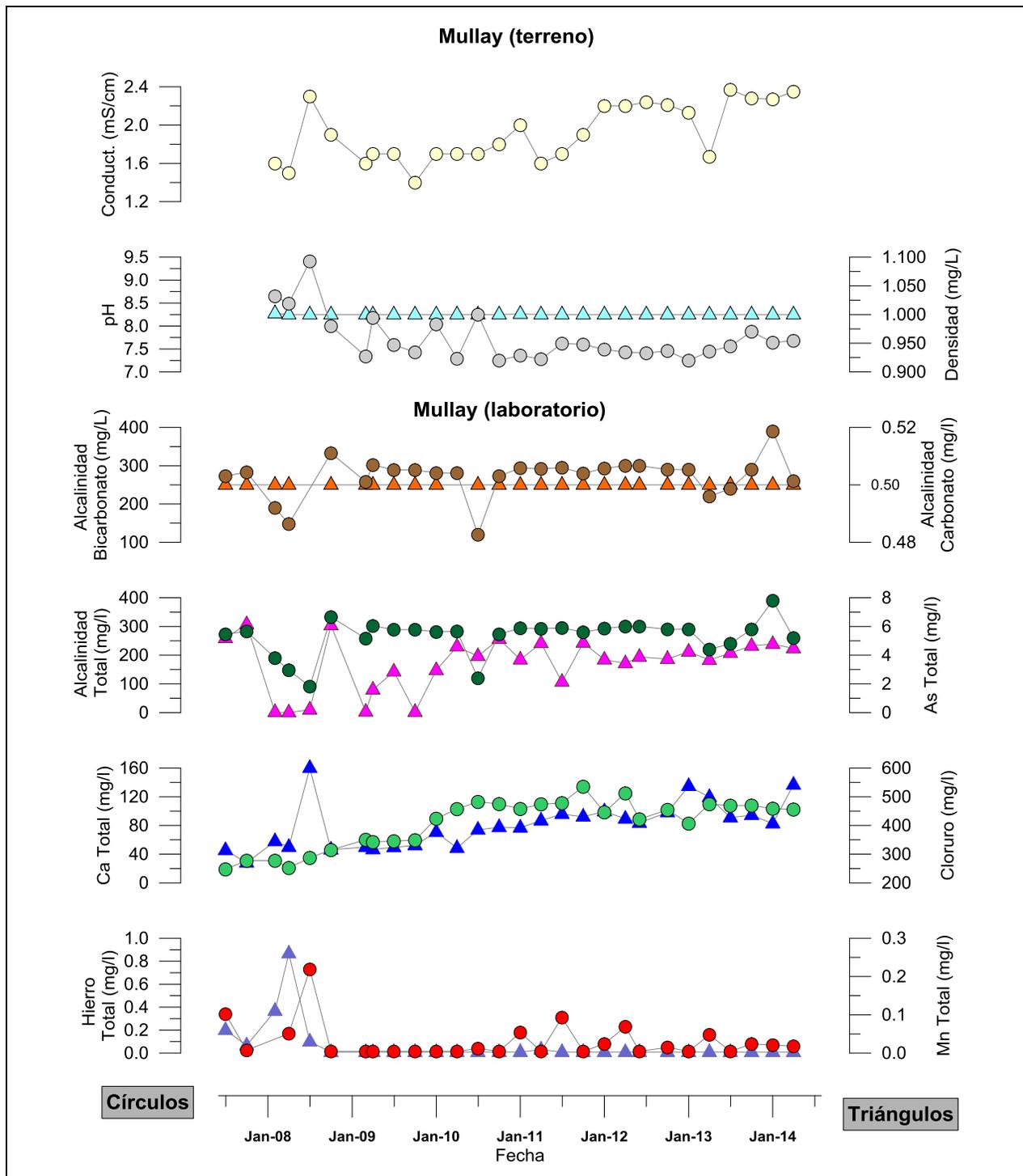
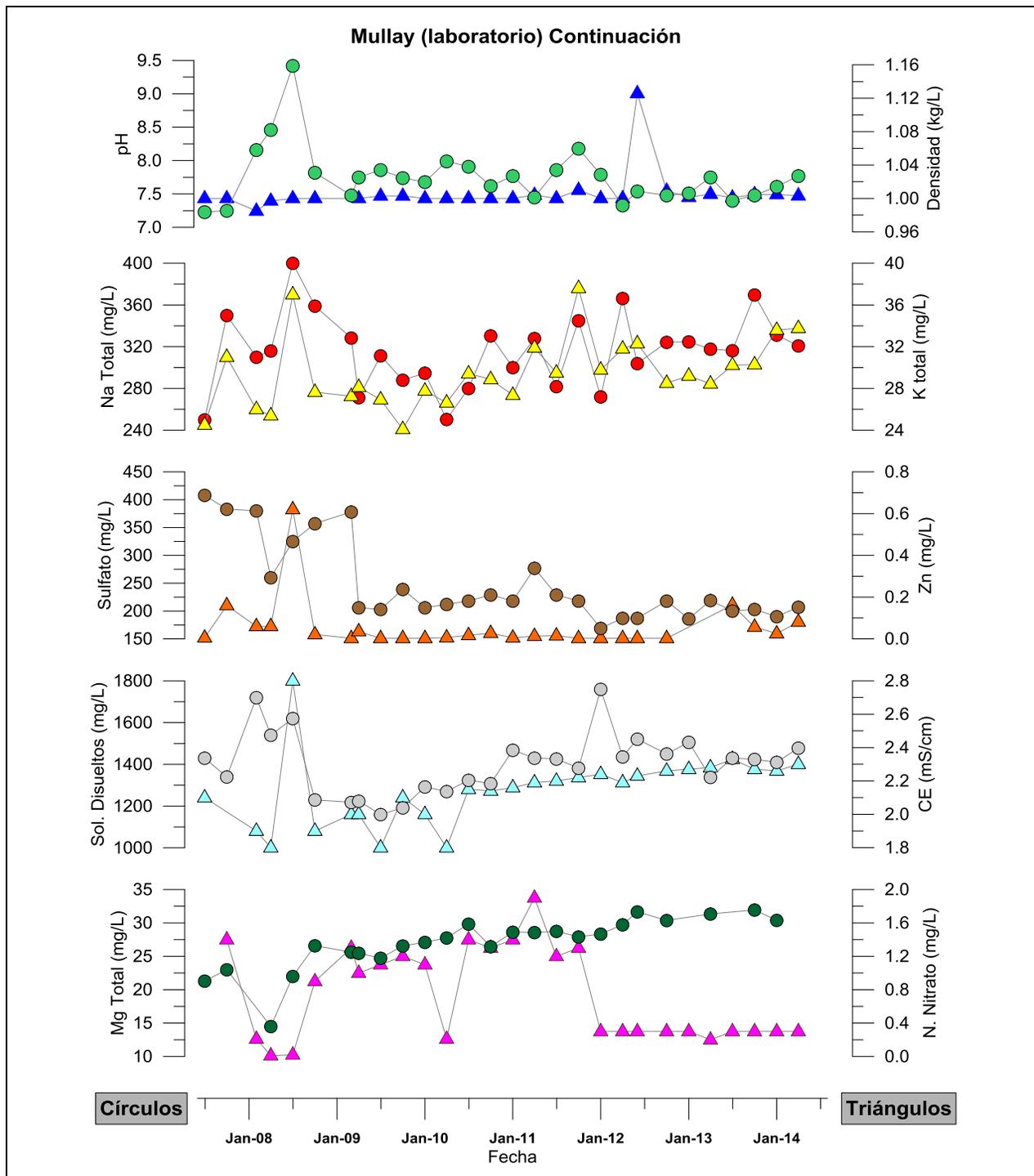


Figura 4-114: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay⁴



⁴ Para evitar problemas de escala a la serie del Hierro Total se le sacó el dato de febrero de 2008 correspondiente a un valor de 88.2 mg/L.

Figura 4-115: Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación)⁵



⁵ 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 4-116: Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14

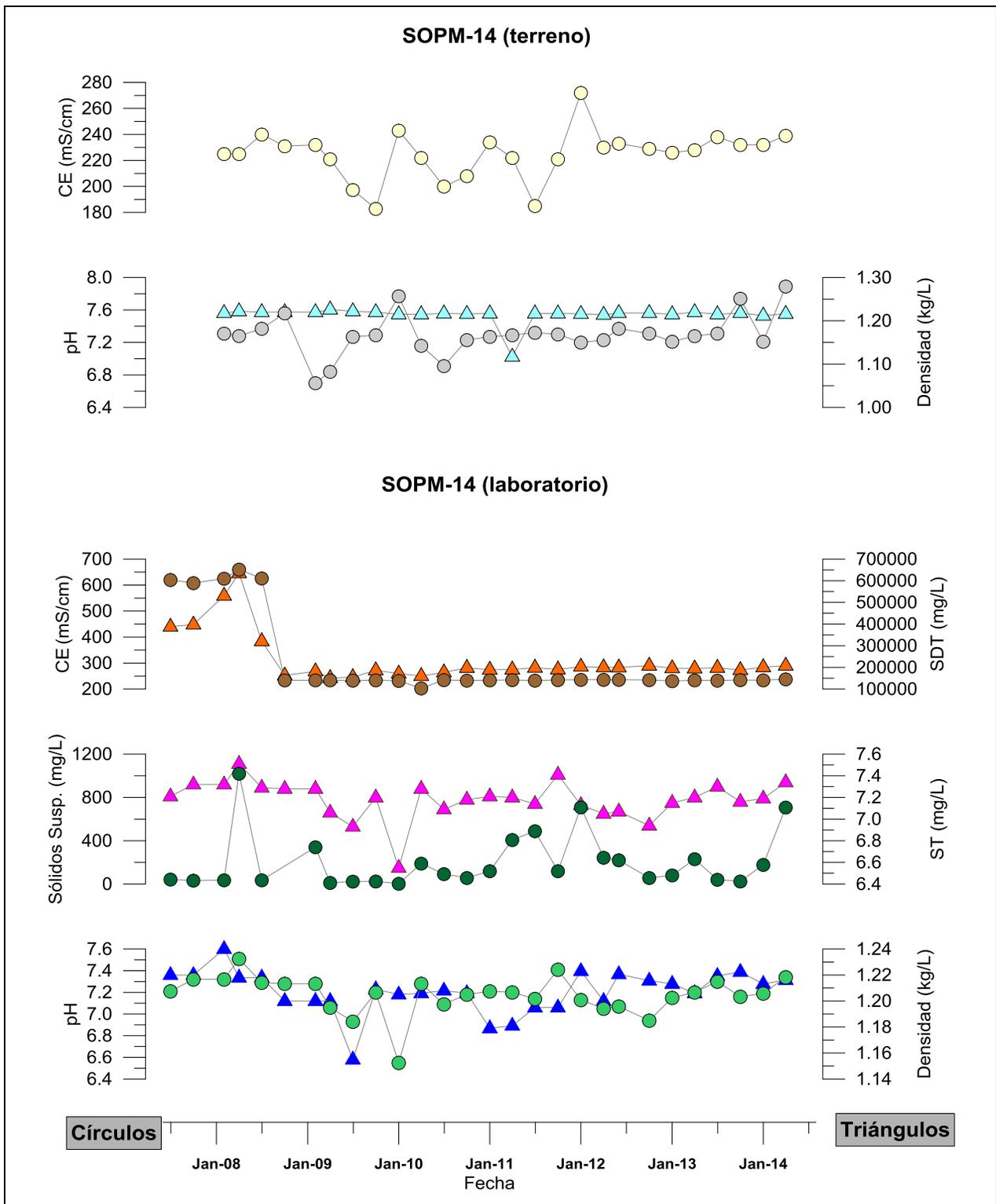
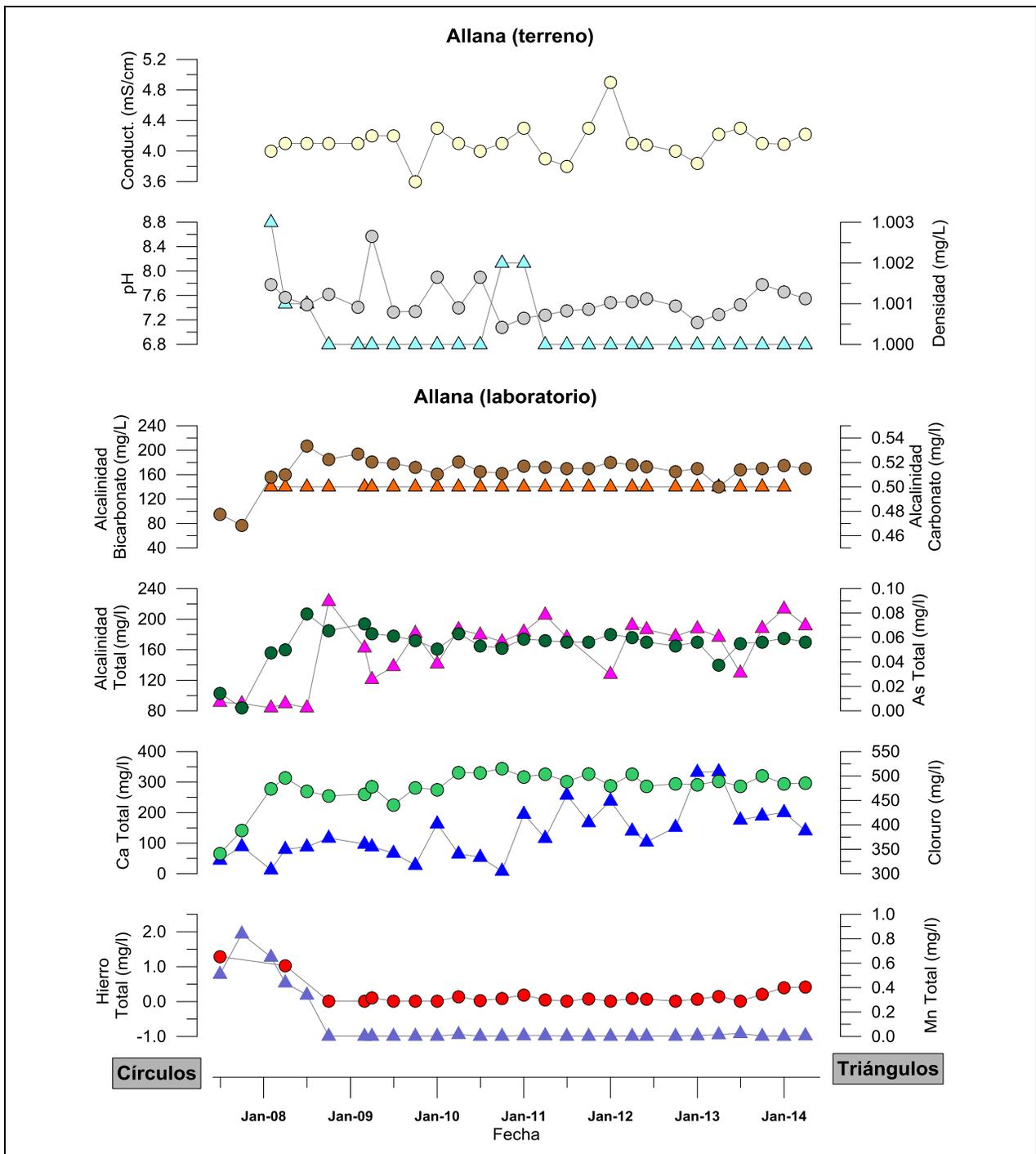
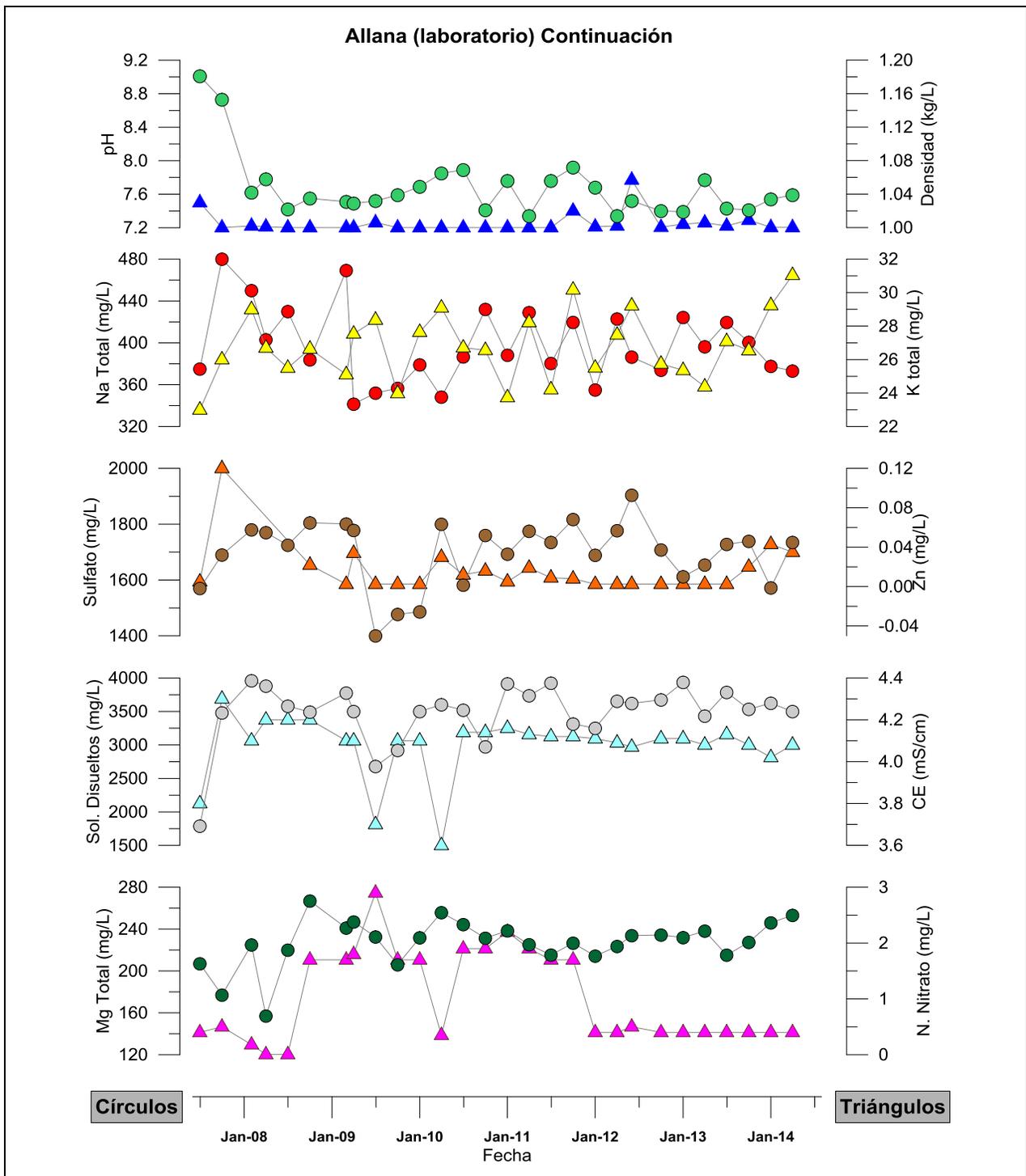


Figura 4-117: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana⁶



⁶ 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 4-118: Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)⁷



⁷ 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 4-119: Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa

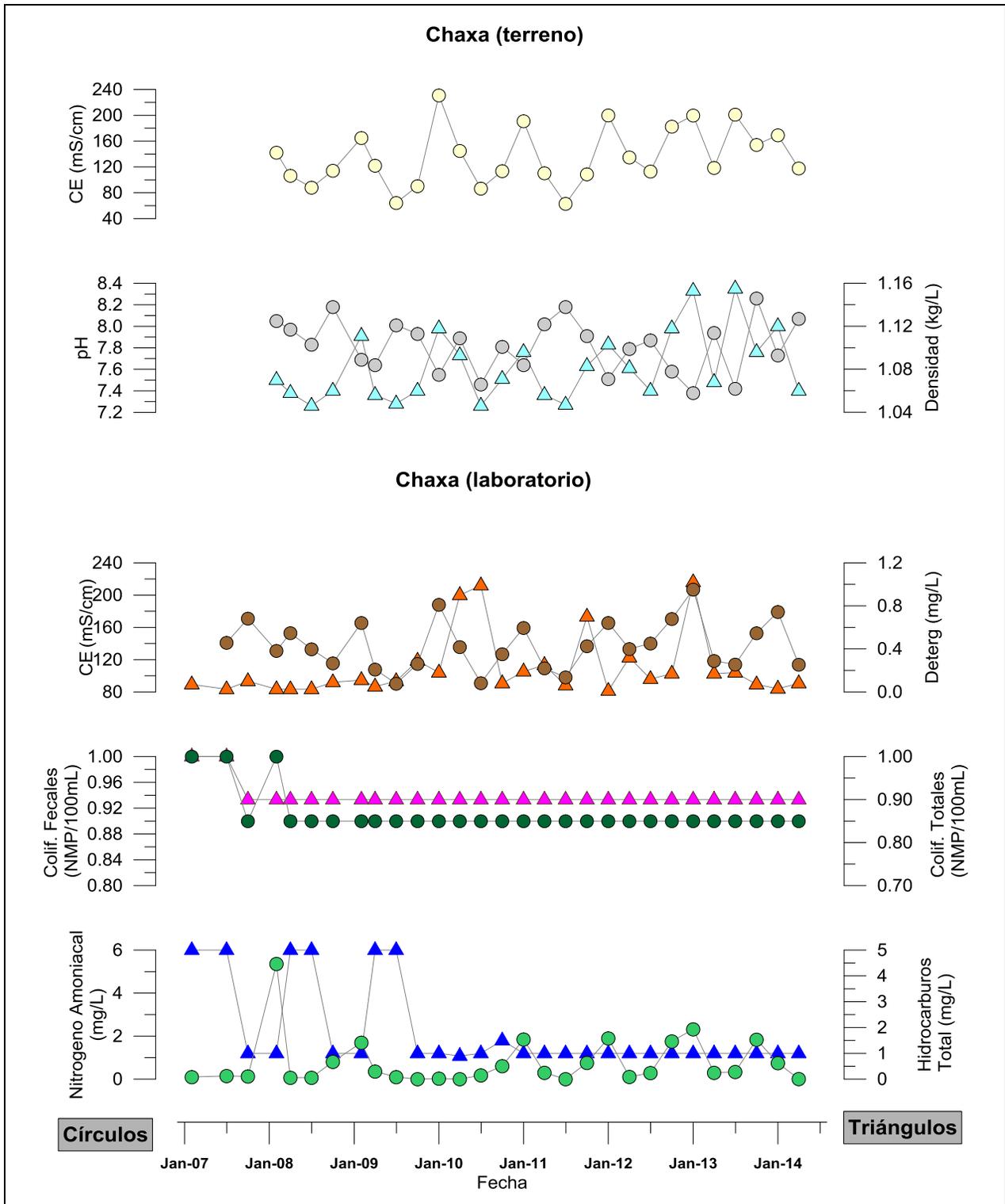
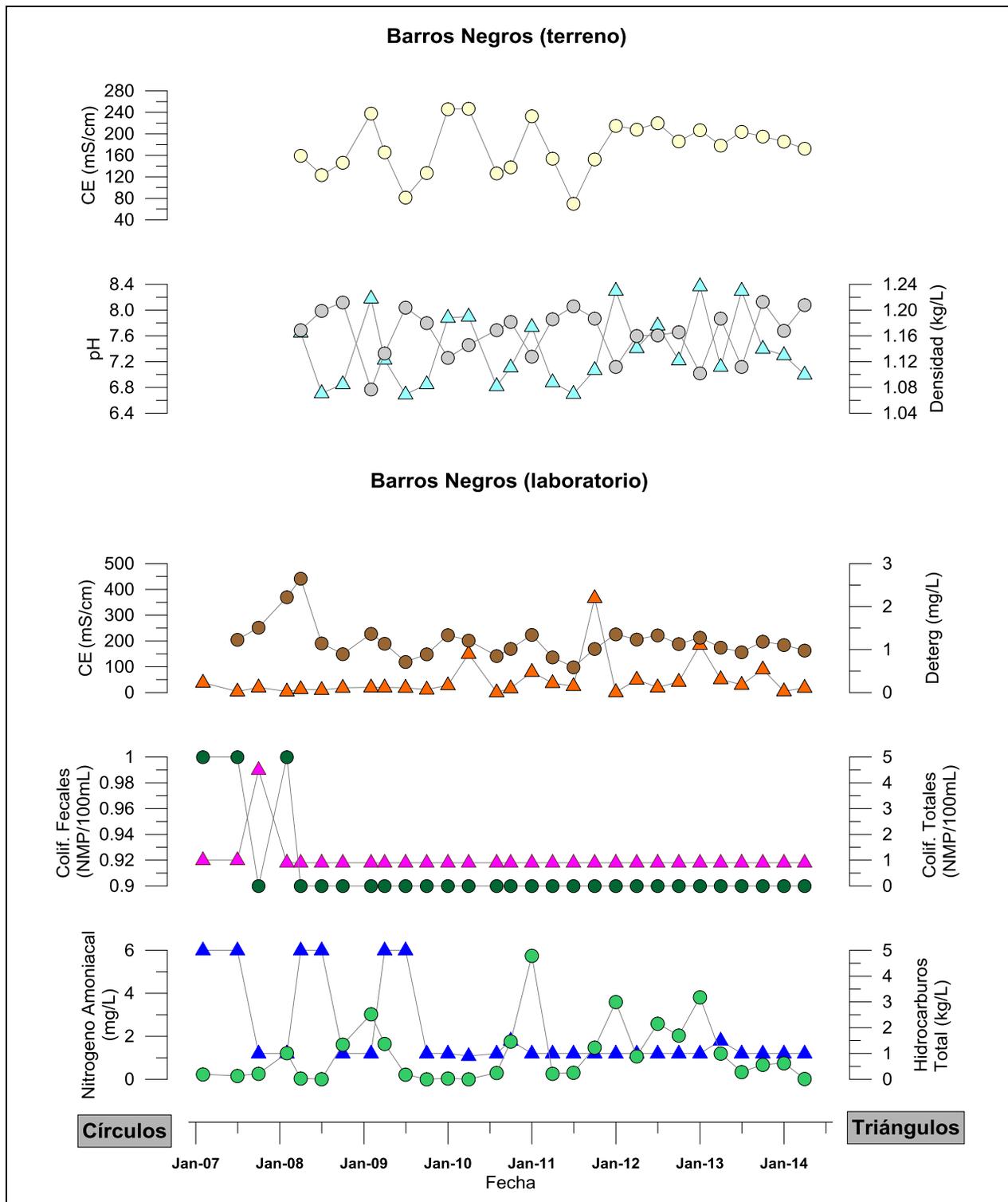


Figura 4-120: Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros



4.1.4.2 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 4-121: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa

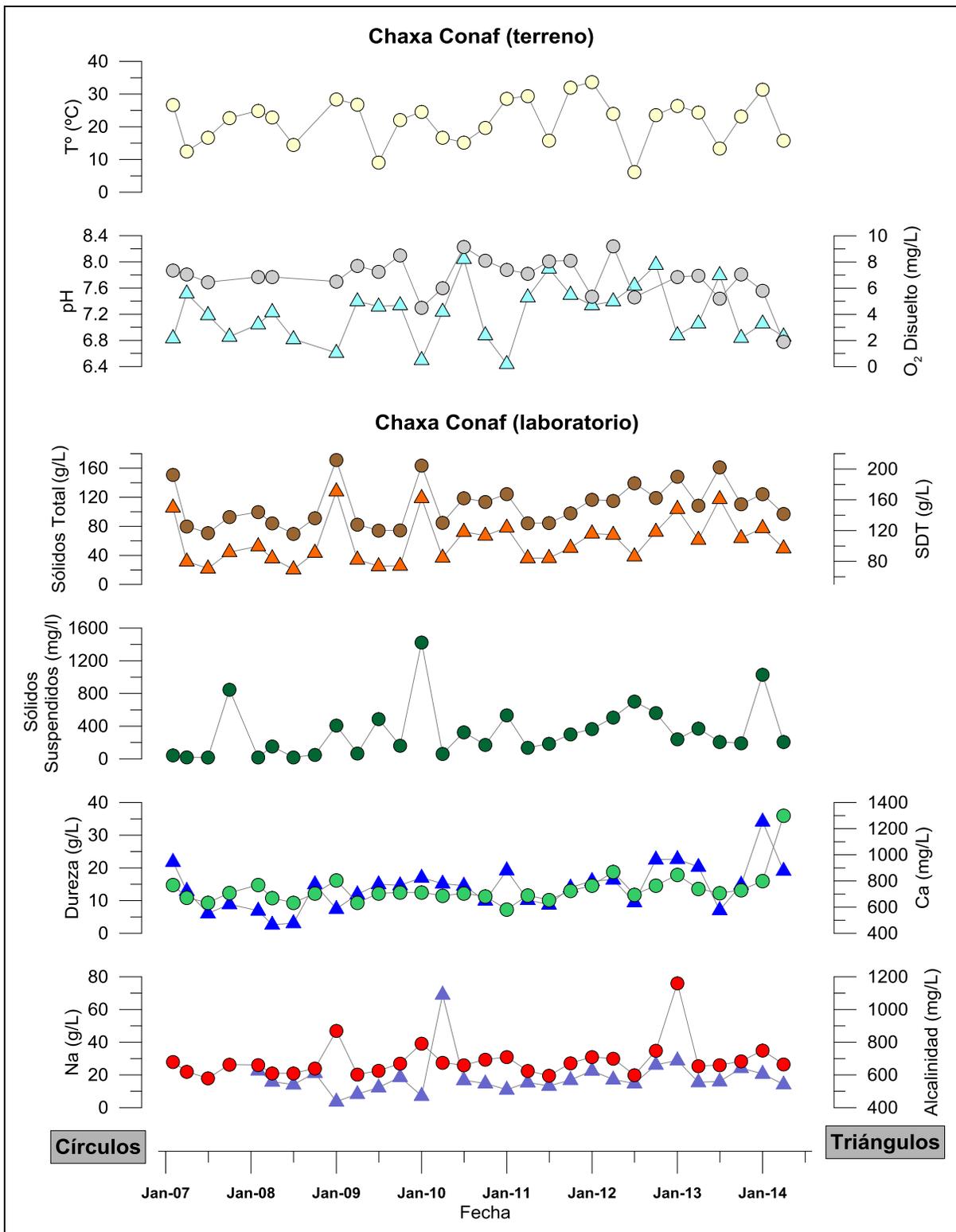


Figura 4-122: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación)

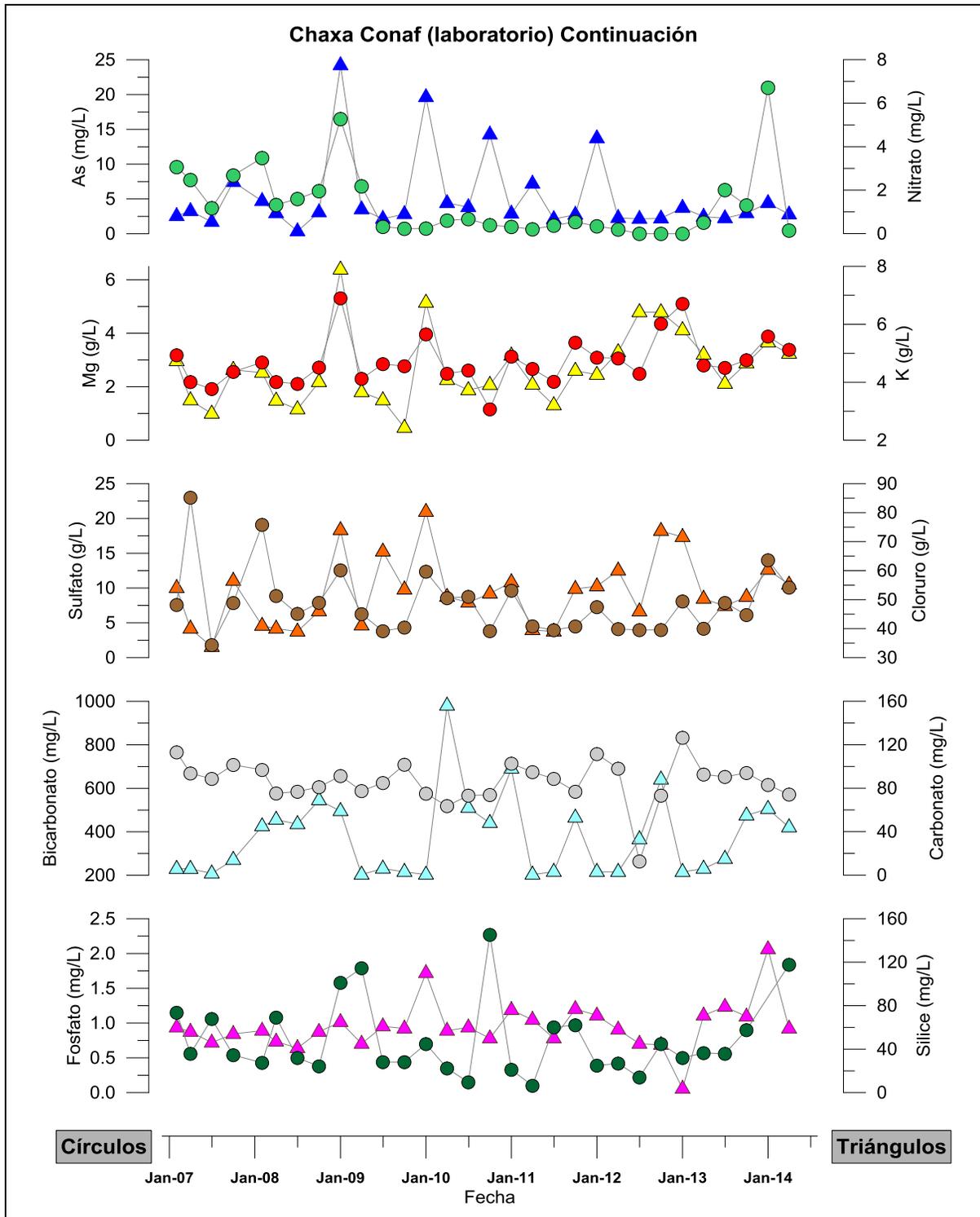


Figura 4-123: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto

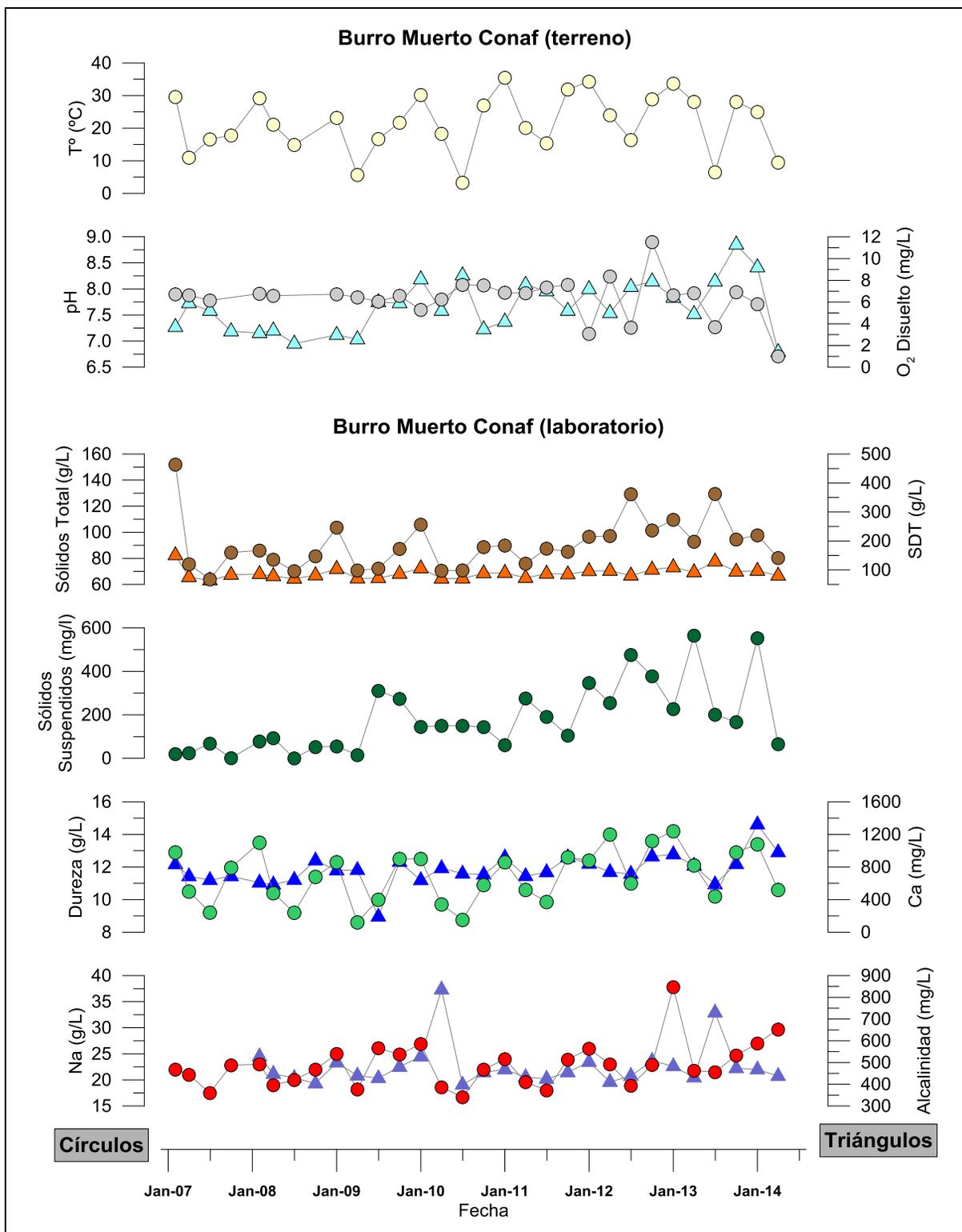
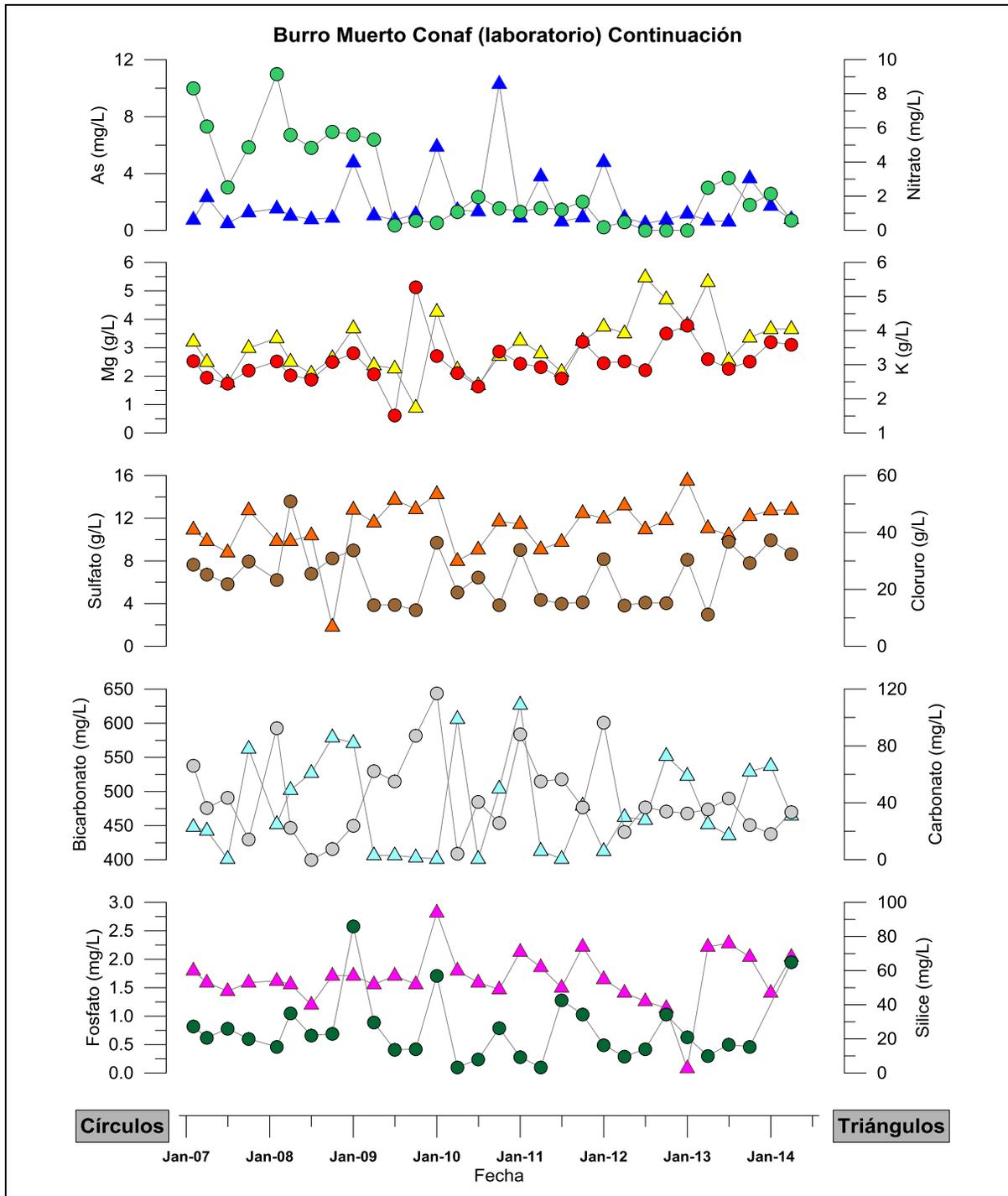


Figura 4-124: Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación)⁸



⁸ 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 4-125: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros

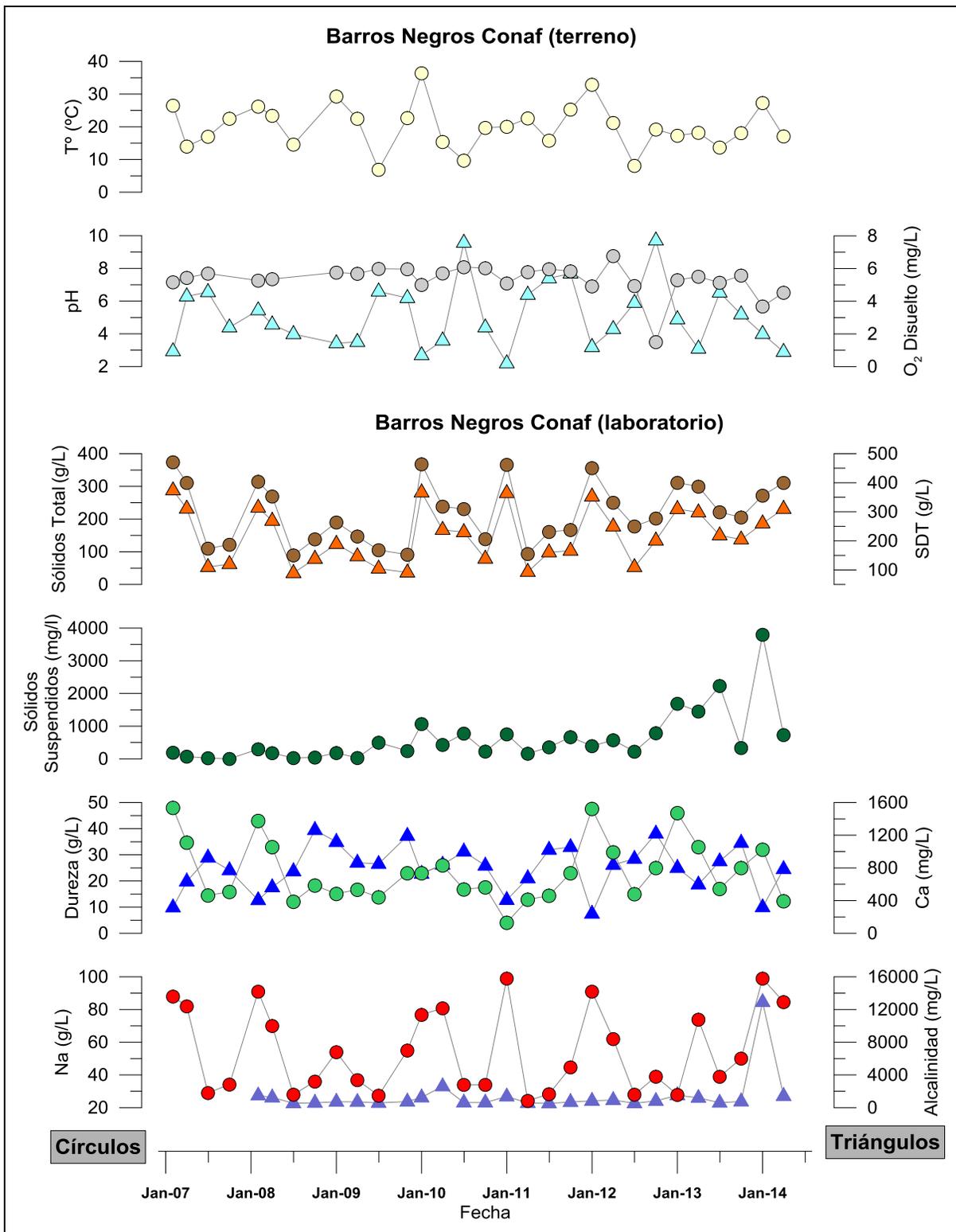


Figura 4-126: Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación)

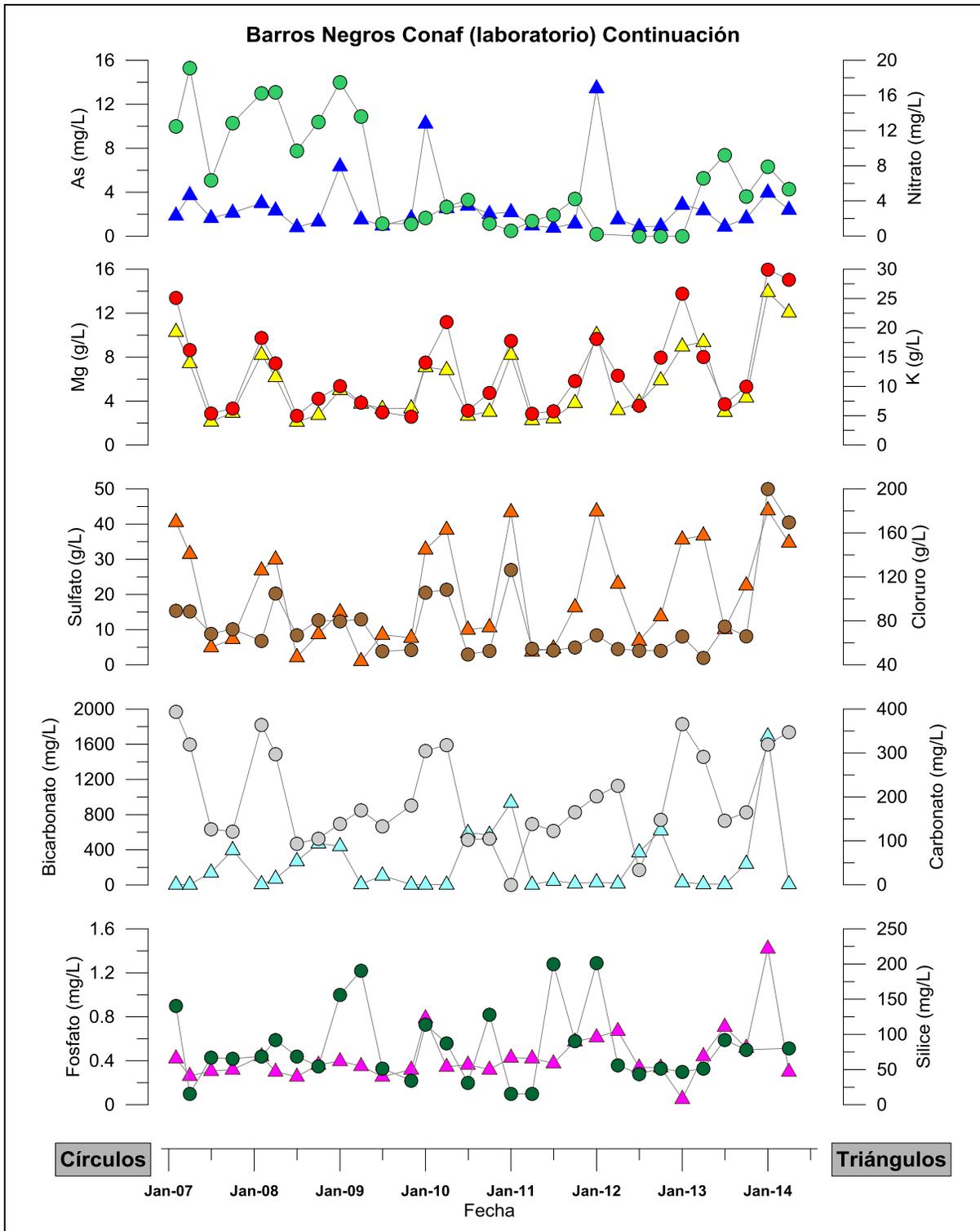
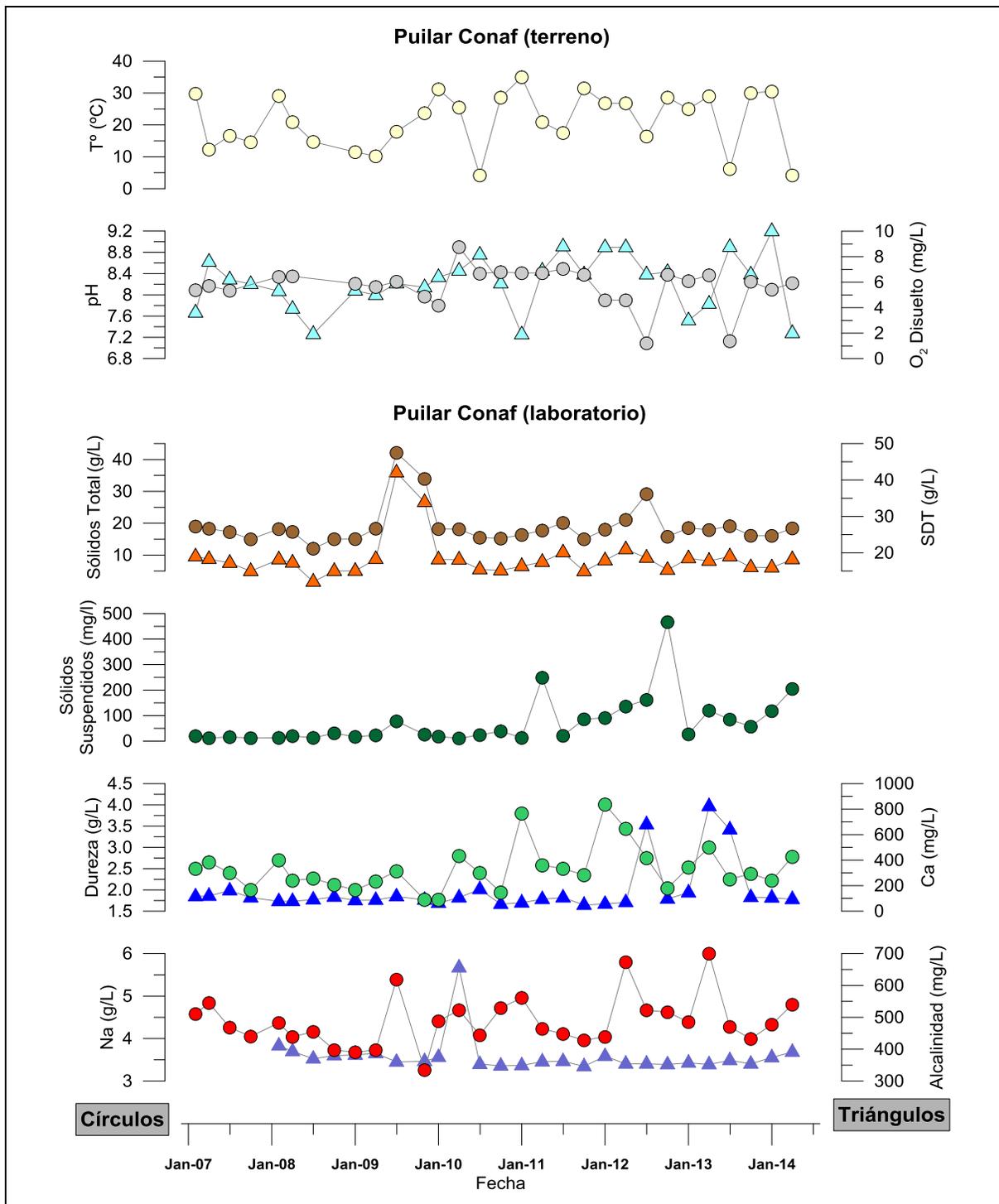
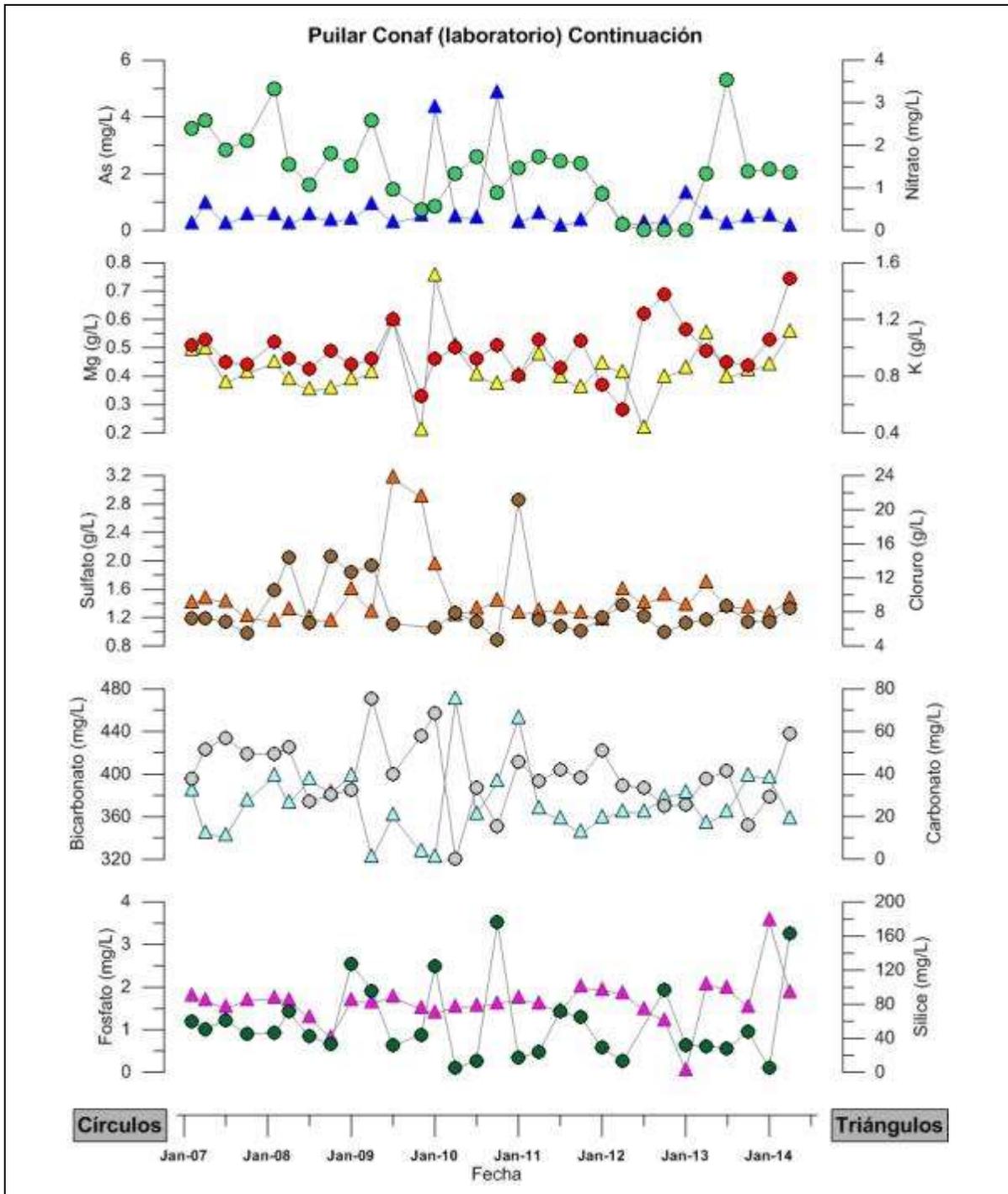


Figura 4-127: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar⁹



⁹ Para evitar problemas de escala a la serie de dureza se le sacó el dato de enero de 2009 correspondiente a un valor de 38 g/L.

Figura 4-128: Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar¹⁰ (continuación)



¹⁰ 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.

4.1.5 Aforo

En esta sección se presentan las mediciones de caudal en el aforo de la laguna Barros Negros (Figura 4-130) y el aforo en el puente San Luis (Figura 4-131). 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. Para el segundo, se obtienen los caudales en base a mediciones en la reglilla puente San Luis de manera manual y continua.

Como se indicó en informes anteriores, debido a que las mediciones de caudal en la laguna Barros Negros, obtenidas con los sensores no fueron del todo satisfactorias, no se presentan registros de éstas entre fines de 2007 y mediados del 2008. Además, las mediciones de caudal en este mismo aforo no se pudieron efectuar durante los meses de noviembre y diciembre de 2011 (la medición de noviembre se realizó durante la primera semana de diciembre), enero de 2012 y diciembre de 2013 debido a la restricción que existía en la zona por el período reproductivo de los flamencos.

Es importante mencionar el efecto de las lluvias ocurridas en febrero 2012 y 2013 (invierno altiplánico), el cual es particularmente notorio en el caudal medido en la estación de aforo del puente San Luis, el que llegó a 290 y 210 L/s respectivamente. En general estas crecidas arrastran sedimentos a la sección de aforo lo que altera las mediciones de nivel y por ende del caudal, por este motivo cada vez que existen eventos climáticos significativos, la estación de aforo es limpiada por personal de SQM.

Durante la crecida del 2012 se cortó el camino peatonal en el sector turístico de Soncor produciendo que parte del flujo de agua superficial se desviara y la estación de aforo del puente San Luis no midiera todo el caudal pasante, por lo que el 11 de junio de 2012 personal de SQM realizó un aforo a este caudal desviado obteniéndose un valor de 90 L/s. Entre junio y julio de 2012 el camino peatonal fue reparado y se regularizó la situación. Durante la visita realizada el 5 de diciembre 2012 se observó que el camino nuevamente se había cortado, reparándose definitivamente sólo en octubre 2013 debido a que aguas arriba del puente San Luis se instaló una colonia de nidificación de flamencos, suspendiéndose los trabajos hasta el término de ésta.

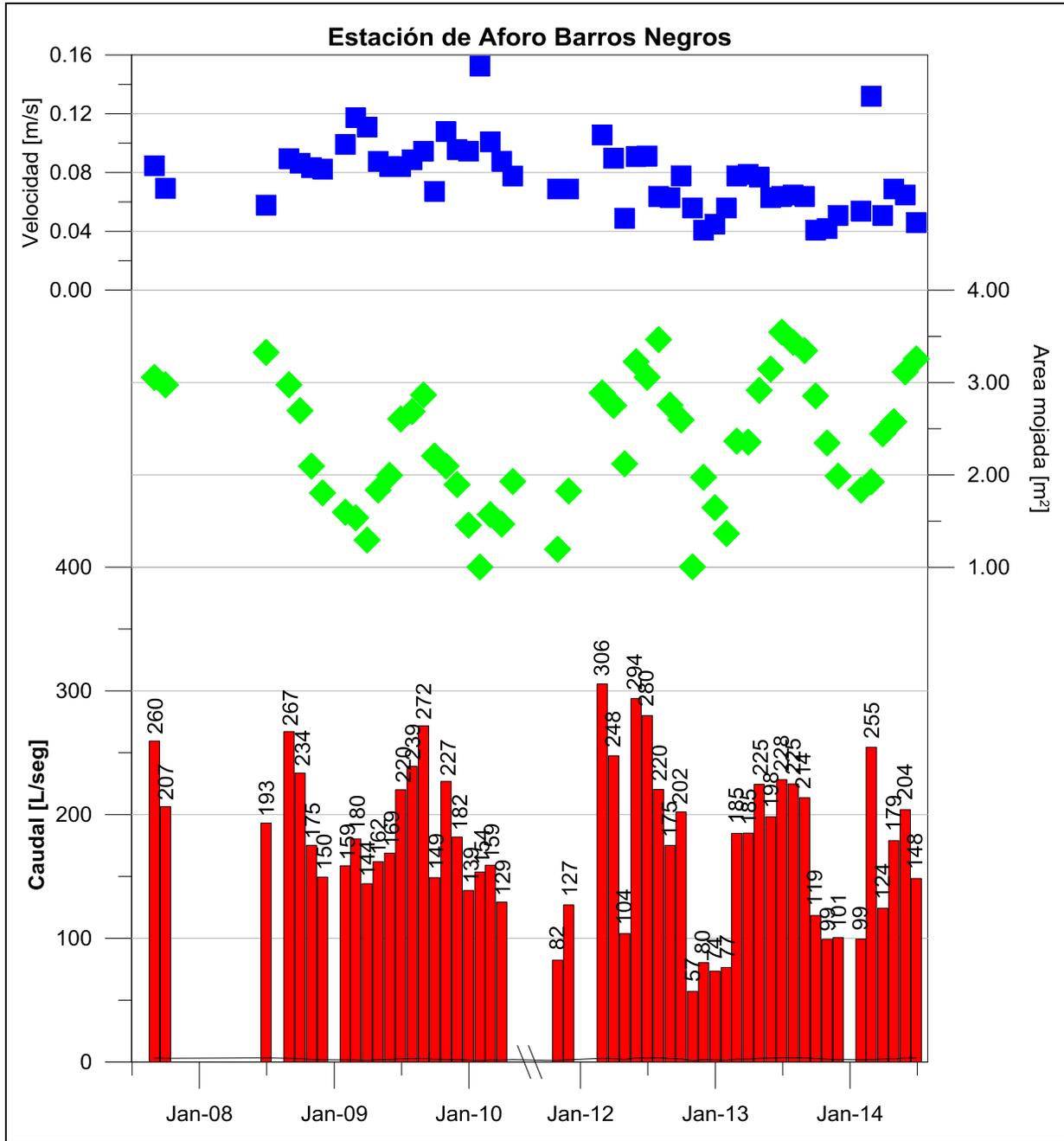
En la Figura 4-129 se muestran una fotografía que da cuenta del arreglo realizado.

La situación descrita anteriormente, explica en parte la disminución del caudal observada en la estación de aforo del puente San Luis dado el by-pass que se generó provocando que parte del caudal no pasara por la estación de aforo.

Figura 4-129: Arreglo realizado al camino en el sector turístico de la laguna Chaxa (Diciembre 2013)

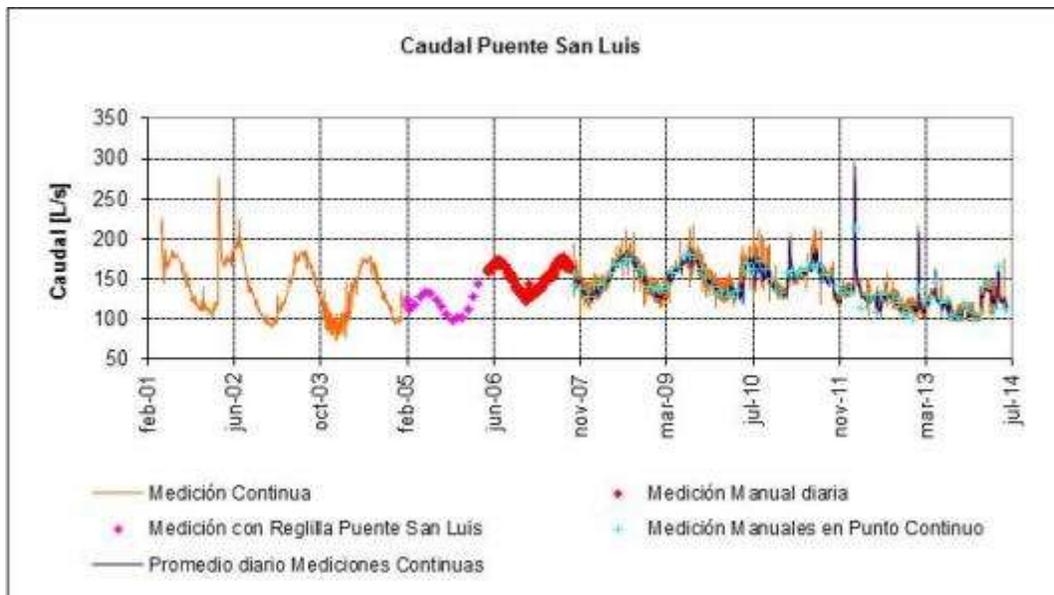


Figura 4-130: Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)



La Figura 4-131 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 encuentra ubicada aguas arriba de la laguna Chaxa.

Figura 4-131: Caudal promedio diario en puente San Luis



4.1.6 Superficie Lacustre

En la Figura 4-132 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 2004.

En la Tabla 4-3 se observan 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 solo se realizarán cada 5 años, por otro lado en la misma resolución se establece la metodología para realizar la medición a través de imagen satelital, dicha actividad se realiza en el mes de abril de cada año.

Figura 4-132: Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (Medición a través de estacas perimetrales)

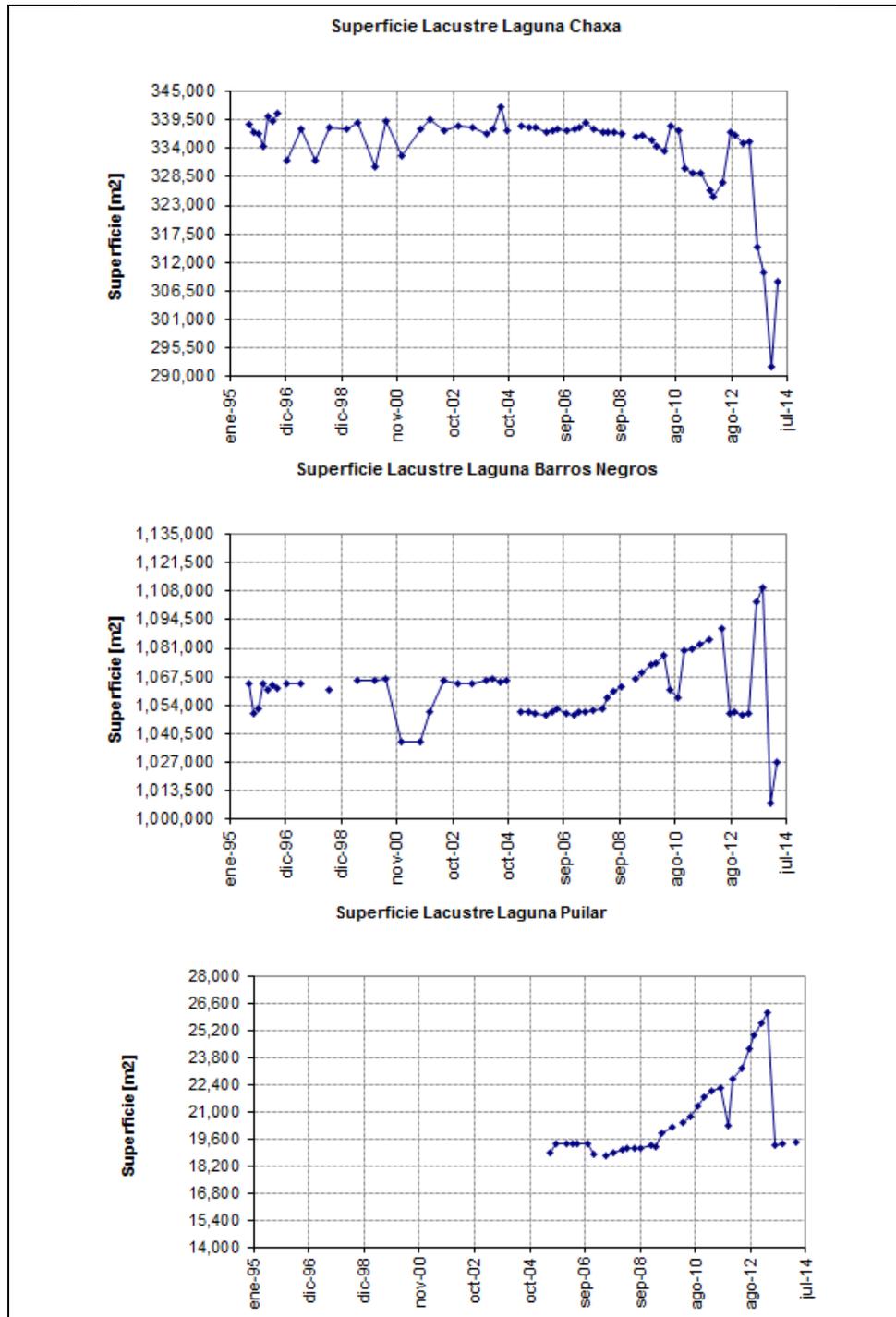


Tabla 4-3: Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril de 2014

SISTEMA LACUSTRE	LAGUNA	Superficie (m ²) – 2008		DIF. (%)	Superficie (m ²) -2009		DIF. (%)	Superficie (m ²) - 2010		DIF. (%)	Superficie (m ²)-2011	Superficie (m ²) - 2012	Superficie (m ²)-2013	Superficie (m ²)-2014
		Topografía	Imagen satelital		Topografía	Imagen satelital		Topografía	Imagen satelital		Imagen satelital	Imagen satelital	Imagen Satelital	Imagen Satelital
Soncor	Barros Negros (cuerpo principal)	1.055.856	1.093.625	3,6	1.130.213	1.152.803	2	1.073.413	1.048.924 ¹	2,3	1.083.311	1.085.391	1.063.325	1.064.767
	Barros Negros (áreas aledañas)	-	-	-	-	-	-	173.986	154.737 ²	12,4	242.137	241.942	192.643	193.848
	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
	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

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 calculados 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%

4.2 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 7.412.000 a 7.404.000 norte y 586.000 a 601.000 este.

En la Figura 4-133 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo y en la Tabla 4-4 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 4-4: Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L3-2	Zona aluvial	Pozo profundo	125
L4-3	Zona aluvial	Pozo somero	125
L4-4	Zona aluvial	Pozo somero	126
L5-1	Zona aluvial	Pozo profundo	126
L5-2	Zona aluvial	Pozo profundo	127
GD-02	Zona marginal	Pozo profundo	128
L3-3	Zona marginal	Pozo somero	128
L3-8	Zona marginal	Pozo somero	129
L3-11	Zona marginal	Pozo somero	129
L3-12	Zona marginal	Pozo somero	130
L3-14	Zona marginal	Pozo somero	130
L4-5	Zona marginal	Pozo somero	131
L4-11	Zona marginal	Pozo somero	132
L4-14	Zona marginal	Pozo somero	132
L4-15	Zona marginal	Pozo somero	133
L5-9	Zona marginal	Pozo somero	133
L5-11	Zona marginal	Pozo somero	134
L5-12	Zona marginal	Pozo somero	134
L5-13	Zona marginal	Pozo somero	135
L5-15	Zona marginal	Pozo somero	135
L13-5	Zona marginal	Pozo somero	136
L13-6	Zona marginal	Pozo somero	136
L13-7	Zona marginal	Pozo somero	137
L14-1	Zona marginal	Pozo somero	137
L14-2	Zona marginal	Pozo somero	138
L14-3	Zona marginal	Pozo somero	138
L14-5	Zona marginal	Pozo somero	139
L14-6	Zona marginal	Pozo somero	139

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L14-7	Zona marginal	Pozo somero	140
L5-G3	Zona marginal	Reglilla	141
L4-10	Zona marginal	Reglilla	142
L3-5	Zona marginal	Continuo	143
L3-6	Zona marginal	Continuo	144
L3-7	Zona marginal	Continuo	144
L3-9	Zona marginal	Continuo	145
L3-10	Zona marginal	Continuo	145
L3-13	Zona marginal	Continuo	146
L4-7	Zona marginal	Continuo	146
L4-8	Zona marginal	Continuo	147
L4-9	Zona marginal	Continuo	147
L4-12	Zona marginal	Continuo	148
L4-13	Zona marginal	Continuo	148
L5-3	Zona marginal	Continuo	149
L5-6	Zona marginal	Continuo	150
L5-7	Zona marginal	Continuo	150
L5-8	Zona marginal	Continuo	151
L5-10	Zona marginal	Continuo	151
L5-14	Zona marginal	Continuo	152
L13-1	Zona marginal	Continuo	152
L13-2	Zona marginal	Continuo	153
L13-3	Zona marginal	Continuo	153
L13-4	Zona marginal	Continuo	154
L14-4	Zona marginal	Continuo	154
D-2	Salmuera	Pozo profundo	155
L3-4 (SOPM - 08)	Salmuera	Pozo profundo	156
L4-6	Salmuera	Pozo profundo	156

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L4-16	Salmuera	Pozo somero	157
L5-4	Salmuera	Pozo profundo	157
SOPM -09	Salmuera	Pozo profundo	158
Camar 2	Zona aluvial	Pozo profundo	159
Socaire 5B	Zona aluvial	Pozo profundo	159

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
Camar 2	Zona Aluvial	Pozo de bombeo	160
Socaire 5B	Zona Aluvial	Pozo de Bombeo	161

4.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta 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 4-135, Figura 4-140, Figura 4-166 y Figura 4-165 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 4-190), 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.

El pozo Camar 2 comenzó a bombear el mes de mayo de 2008, el inicio del bombeo produjo un cambio en el comportamiento histórico de algunos pozos de la zona aluvial. El pozo L3-2 muestra un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de extracción de esta zona, aunque de forma posterior se observa que continua con la tendencia similar a la que presentaba antes del inicio del bombeo.

Adicionalmente, dentro del periodo correspondiente al presente informe, Geohidrología realizó mediciones (junio de 2014) en este sistema en los pozos L13-3, L13-4, L3-7, SOPM-08, L3-13, L3-10, L3-9, L5-14 y L13-2.

4.2.1.1 Pozos en zona aluvial

Los pozos L3-2, L4-3, L4-4, L5-1 y L5-2 presentados de la Figura 4-134 a la Figura 4-138 corresponden a pozos de la zona aluvial.

El pozo L3-2 (Figura 4-134) presenta un descenso importante de nivel observado durante noviembre de 2004, que se explica por la realización de una prueba de bombeo. El nivel medido en el pozo no se ha recuperado a los niveles anteriores a la realización de la prueba de bombeo. Luego de dicho descenso, el nivel se mantuvo constante hasta mediados de 2008, fecha en la cual se observa un nuevo descenso, probablemente producto del inicio del bombeo en el pozo Camar 2 que se encuentra cercano. La pendiente de descensos se ha mantenido relativamente constante desde el inicio del periodo de bombeo.

Respecto al comportamiento del pozo L4-3 se observa que tuvo un periodo de descenso que duró hasta aproximadamente el año 2000, para posteriormente aumentar hasta el año 2007, donde nuevamente se observa una disminución de su nivel. A partir de noviembre 2013 existe un cambio en la pendiente de los niveles observados hasta la fecha, los cuales comienzan a aumentar hasta junio 2014 (30 cm aprox.). El comportamiento de este pozo está influenciado por las variaciones en la recarga, observándose ciclos de 10 años aprox. y en menor medida por el bombeo del pozo Socaire-5B, cuyo efecto se aprecia a partir del año 2008, ya que el caudal de extracción ha sido relativamente constante durante todo el periodo de monitoreo de este pozo.

Los niveles observados en los pozos L3-2 y L5-1 presentan una disminución en su descenso, pero desde principios del año 2013 hasta junio 2014 se registra una tendencia estable de los niveles.

En la Figura 4-136 se puede observar el nivel del acuífero medido en el pozo L4-4, que corresponde a un pozo artesiano. Cabe señalar que el aumento de nivel registrado en octubre de 2007, se explica precisamente porque este pozo monitorea la cota piezométrica de un acuífero confinado surgente. Antiguamente el pozo poseía un tubo que sobresalía aproximadamente 80 cm desde el nivel del suelo, altura que era insuficiente para registrar la cota piezométrica del acuífero. En efecto, la cota registrada desde noviembre de 2001 a octubre de 2007 corresponde a la cota superior del tubo. A partir de esta última fecha se aumentó la altura del tubo en 120 cm adicionales, permitiendo observar el real funcionamiento del acuífero en este punto. El día 20 de mayo de 2012 se visitó el pozo L4-4 para su monitoreo mensual, y se observó que éste estaba inclinado hacia un costado, posiblemente por el impacto de un camión o una máquina de gran tamaño por la altura del abollón (1 metro sobre la superficie). Como se mencionó anteriormente este pozo hasta antes de este incidente presentaba un nivel histórico por sobre la cota del terreno (pozo surgente). Con este incidente el pozo perdió la surgencia que había presentado históricamente presentando una profundidad del nivel estático de 2,737 m el 22 de julio de 2012 desde el punto de referencia; el último valor medido antes del incidente el día 23 de abril de 2012, fue 0,492 m desde la referencia, situación que puede verse en la Figura 4-136. Como antecedentes para explicar este comportamiento se tienen los siguientes:

- este pozo es un pozo antiguo que fue construido por CORFO, no se tiene certeza de su habilitación ni de la profundidad de perforación; la única información con la que se cuenta en estos momentos es un levantamiento realizado en diciembre de 2007 donde se caracterizó el pozo y presentaba una profundidad de 18,71 m (se presume que el pozo presenta una obstrucción a esta profundidad) y un diámetro de 10 pulgadas; a junio de 2012, la profundidad del pozo es de 18,82 m,
- a unos 300 metros de distancia en dirección norte se encuentra el pozo Cuña-4 que es surgente, de este pozo se conoce su estratigrafía y habilitación por lo que se sabe que el estrato confinante se encuentra entre los 68 y 80 metros.

Por su parte SQM realizó las siguientes acciones:

- una vez informado el hecho SQM procedió a visitar el pozo para verificar en terreno la situación. A unos 20 metros del pozo existe una zanja (piscina) donde personal de vialidad y otras empresas, que se encargan del arreglo de caminos en el sector, la utilizan para sacar agua y realizar las mantenciones necesarias a la ruta. Es probable que en una maniobra de extracción de agua un camión o máquina haya golpeado la tubería del pozo,
- se realizó una prueba de bombeo para ver si el pozo tenía la capacidad de recuperar el nivel inicial, sin embargo éste se recuperó sólo hasta el nivel que mantuvo el pozo después del incidente.

A pesar de que no se conoce la habilitación del pozo es posible que con el impacto se haya roto el sello que impedía la conexión entre el acuífero libre y el confinado, por lo que el nivel que se está monitoreando es el de acuífero libre. No se tiene la certeza que interviniendo el pozo se logre recuperar la surgencia, ni tampoco se puede asegurar que construyendo un nuevo pozo se logre obtener un pozo artesiano debido a la heterogeneidad del Borde Este del Salar de Atacama por lo que se decidió no realizar acciones y continuar monitoreando mensualmente este pozo bajo las nuevas condiciones. GeoHidrología visitó este pozo el 5 de diciembre de 2012, donde se corroboró la medición realizada por SQM. En la Figura 4-136 se observa un ascenso sostenido en el nivel desde que ocurrió el incidente a la fecha.

Figura 4-134: Nivel mensual observado en el pozo L3-2

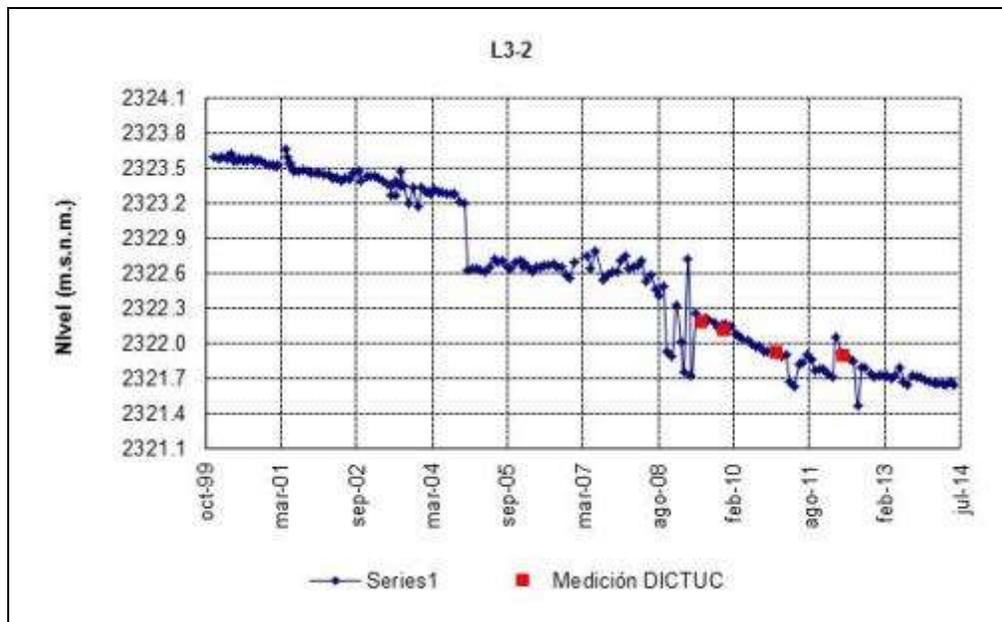


Figura 4-135: Nivel mensual observado en el pozo L4-3

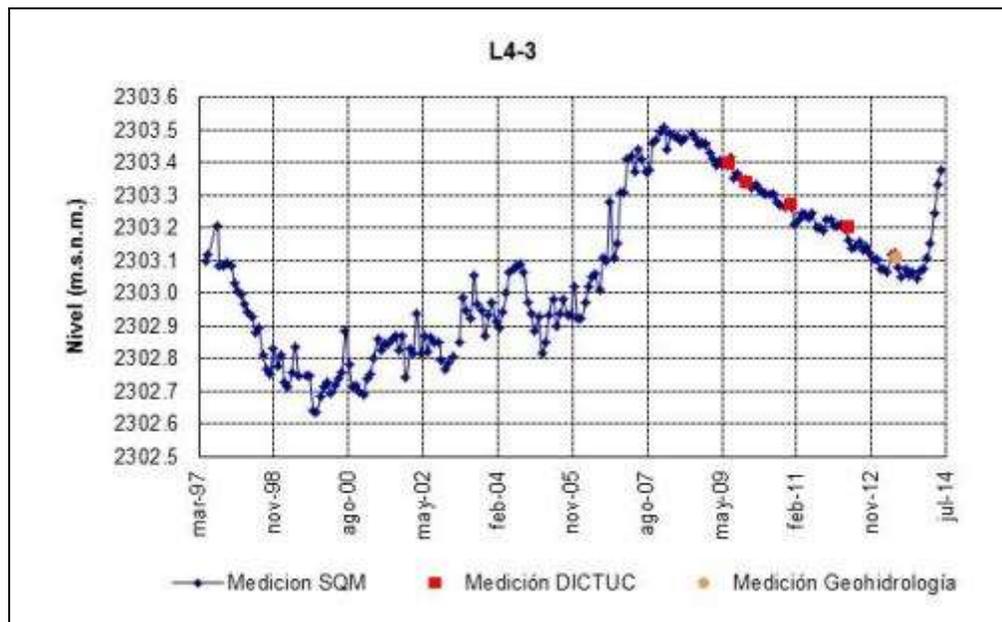


Figura 4-136: Nivel mensual observado en el pozo L4-4

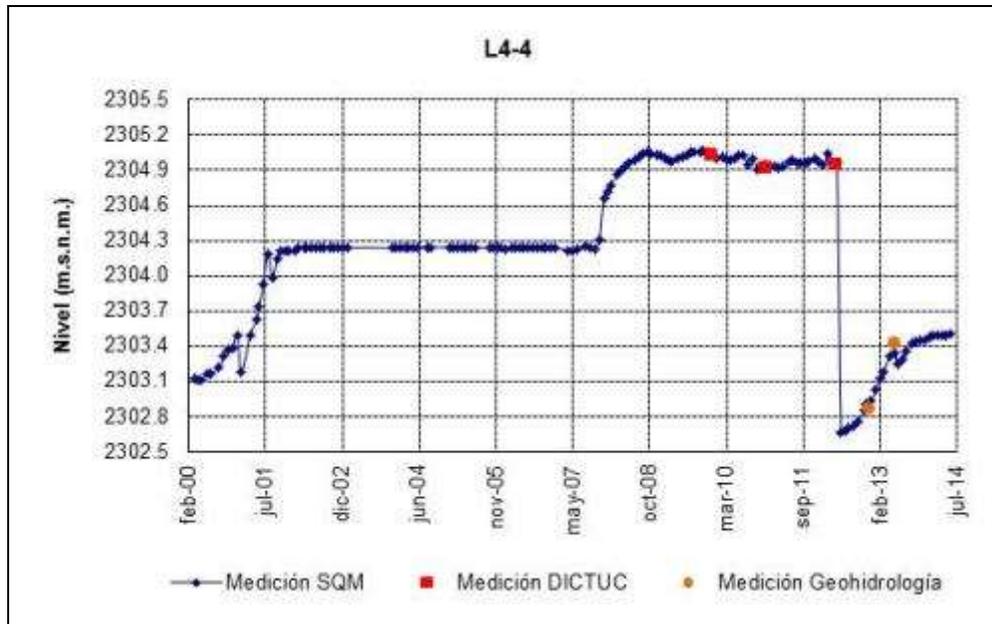


Figura 4-137: Nivel mensual observado en el pozo L5-1

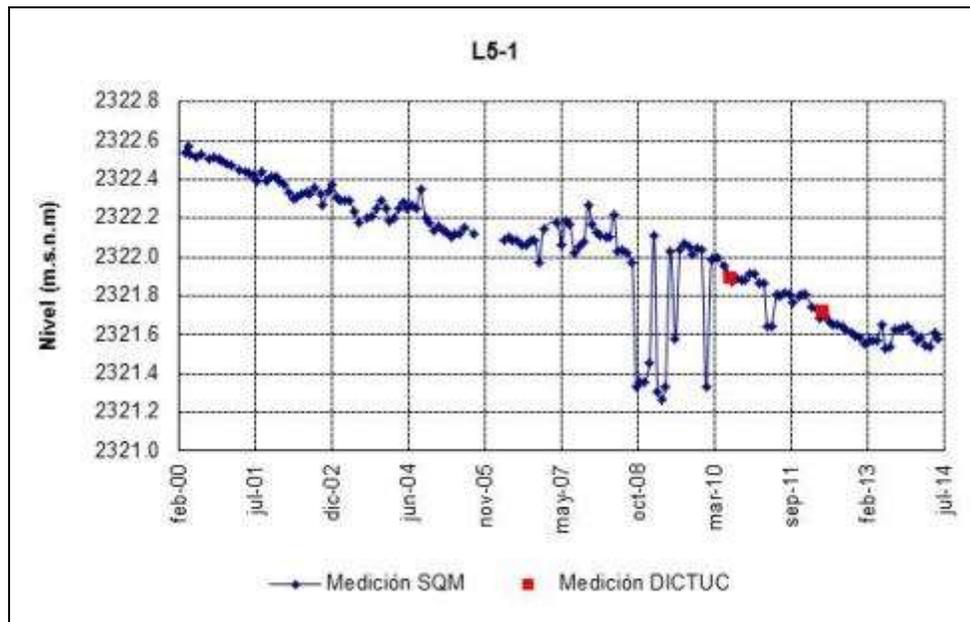
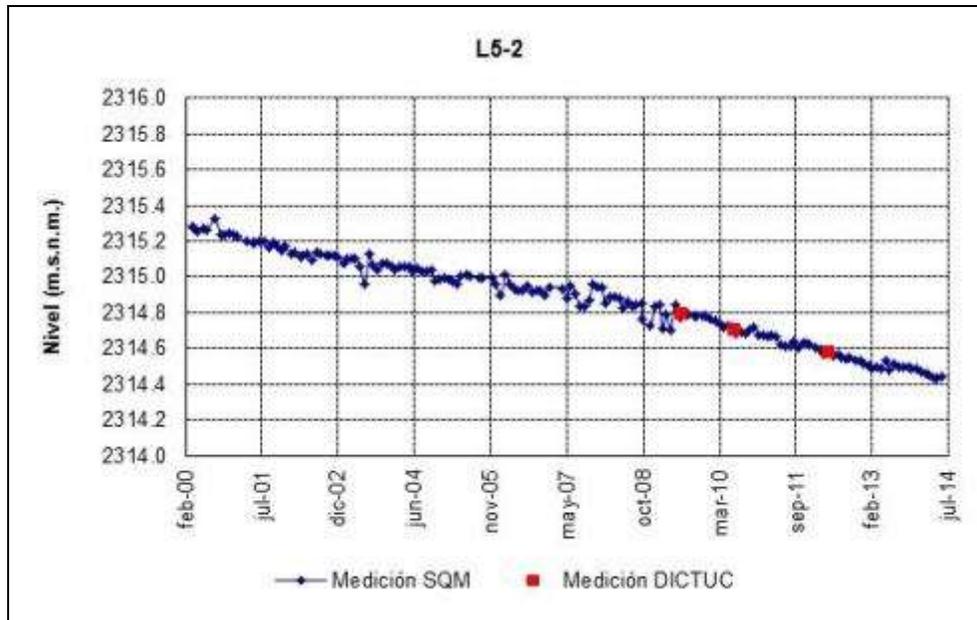


Figura 4-138: Nivel mensual observado en el pozo L5-2



4.2.1.2 Pozos en zona marginal

En el sistema Aguas de Quelana el nivel del acuífero presenta una oscilación estacional, que es más notoria en aquellos pozos donde la napa se ubica más somera (similar a lo que ocurre en Soncor). Los pozos L3-3 y L4-5 son los únicos pozos en la zona marginal con datos anteriores a 2007. En la Figura 4-140 se aprecia que en el año 2013 el pozo L3-3 presenta un comportamiento claramente estacional, sin embargo, desde el inicio de los registros se observa un leve descenso del nivel de aproximadamente 20 cm en 10 años, es decir, 2 cm/año y en abril de 2014 se observa el nivel mínimo histórico (2309,97 msnm) lo que puede deberse al efecto que produce el bombeo en el pozo Camar2 en los niveles del pozo L3-3. Es importante notar en los pozos de este sector, el efecto que tuvieron las lluvias de la primera quincena de febrero de 2012. En efecto en los niveles de febrero a junio de 2012 se registró un aumento de 95 cm en el pozo GD-02, de 20 cm en el pozo L3-3 y de aproximadamente 10 cm en los pozos L3-8, L3-11, L3-12 y L3-14, manteniéndose los niveles relativamente estables en el último periodo con una leve tendencia decreciente y con un comportamiento estacional.

En el pozo GD-02 también se observa el efecto de las precipitaciones ocurridas en febrero y mayo de 2013, durante el primer semestre de 2014 los niveles disminuyen recuperando los valores anteriores a las precipitaciones de febrero de 2012.

Figura 4-139: Nivel mensual observado en el pozo GD-02

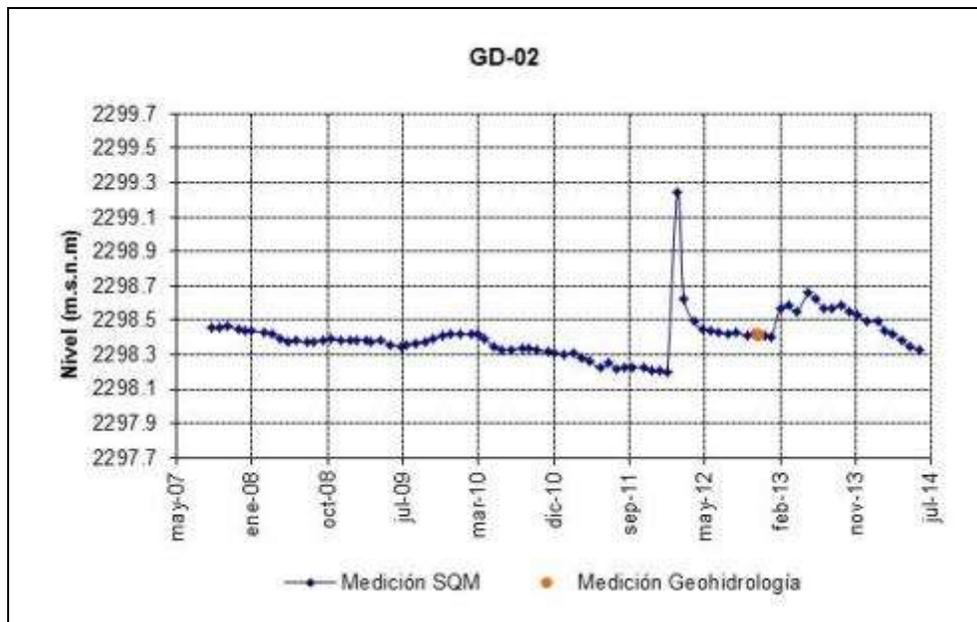


Figura 4-140: Nivel mensual observado en el pozo L3-3

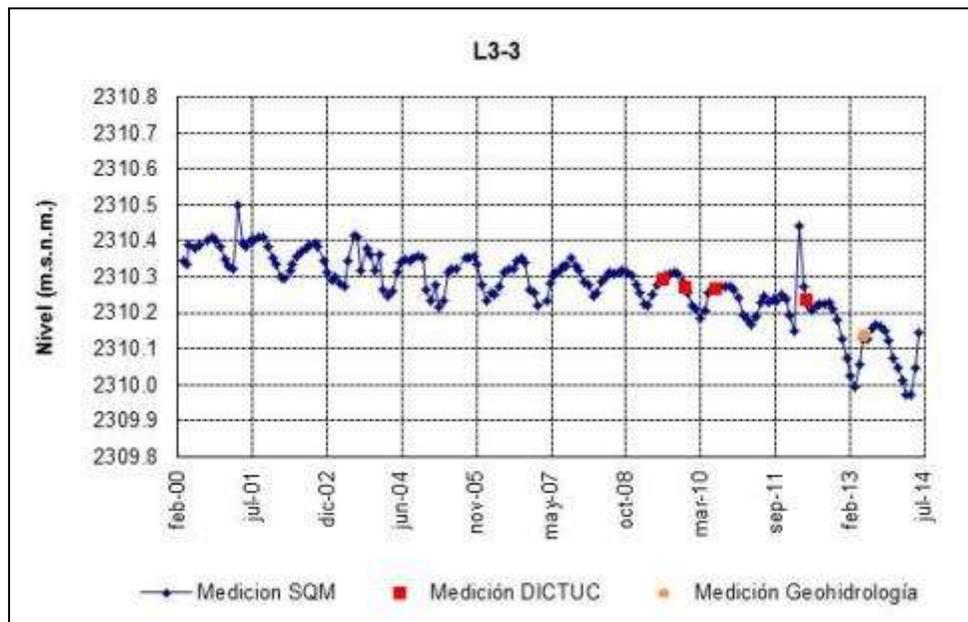


Figura 4-141: Nivel mensual observado en el pozo L3-8

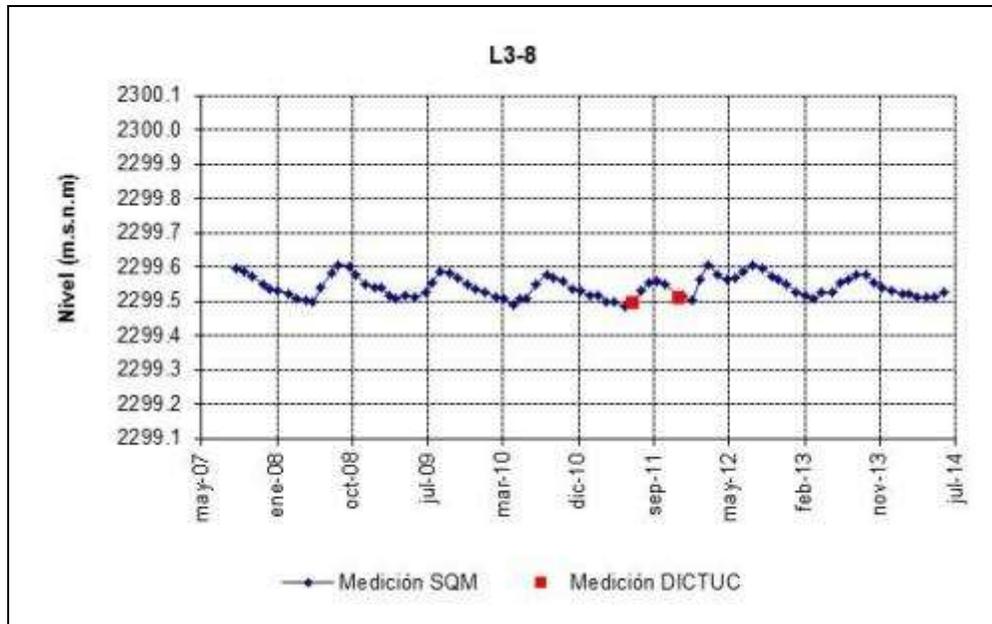


Figura 4-142: Nivel mensual observado en el pozo L3-11

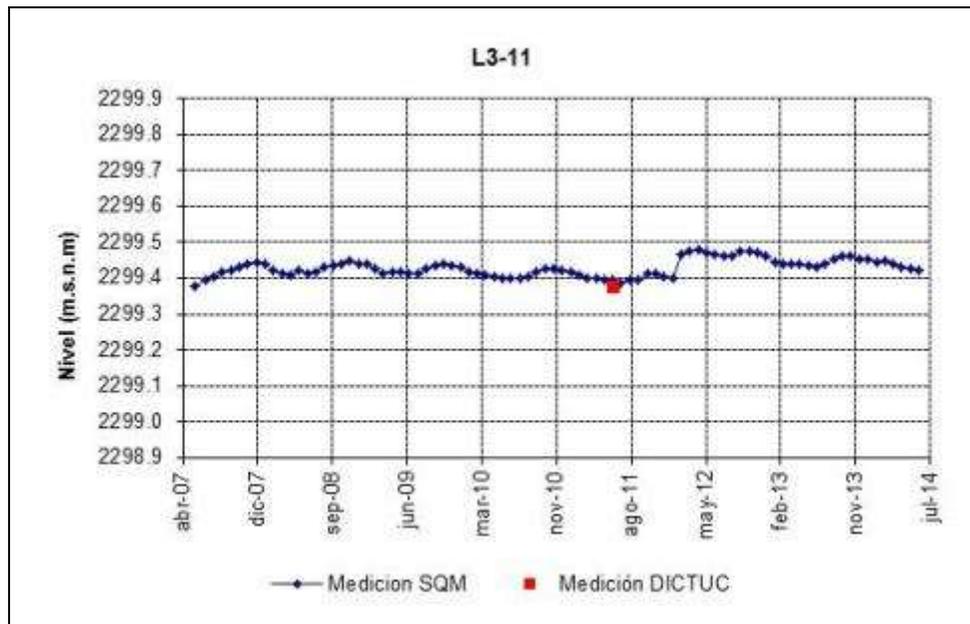


Figura 4-143: Nivel mensual observado en el pozo L3-12

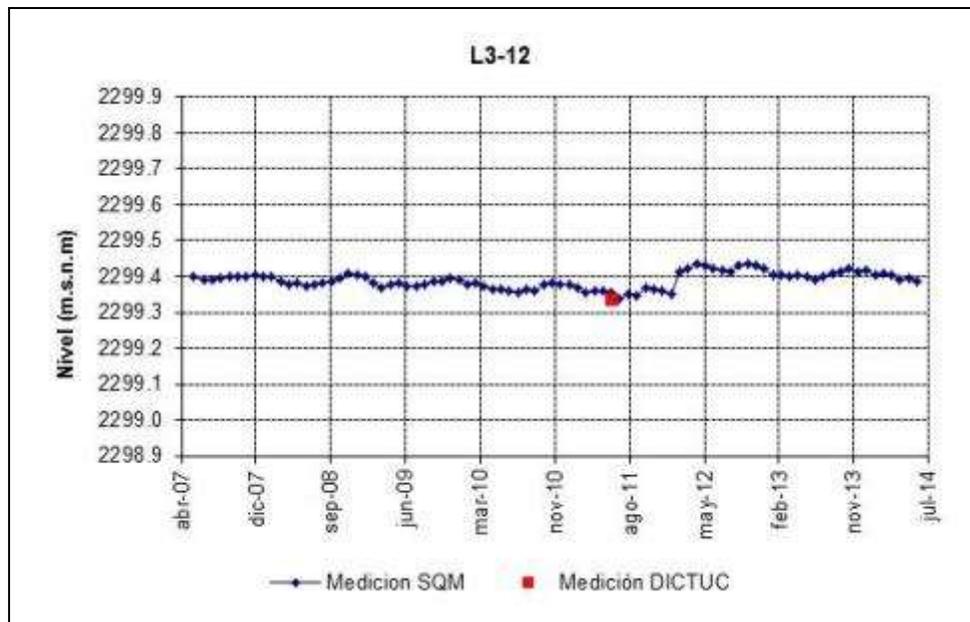
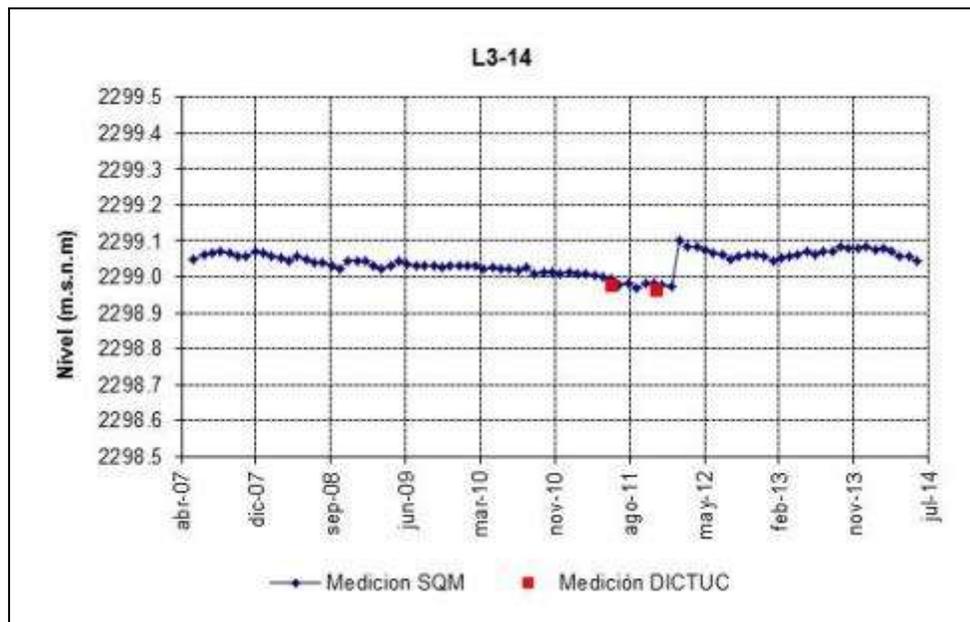


Figura 4-144: Nivel mensual observado en el pozo L3-14



En la Figura 4-145 se aprecia el nivel mensual observado en el pozo L4-5. A partir de diciembre de 2006 la formación de cristales de sal en su interior impidió la correcta medición de los niveles durante los 3 primeros trimestres del año 2007. Por este motivo, el 26 de septiembre de 2007 se procedió a construir un nuevo pozo aledaño al pozo L4-5 antiguo y a georreferenciar ambos pozos (nuevo y viejo) para poder realizar las comparaciones correspondientes. A partir de esta fecha todos los registros son del nuevo pozo L4-5.

Los pozos L14-1, L14-2 y L14-3 son los que se encuentran más próximos a los pozos de bombeo de agua Camar 2 y Socaire 5B. El pozo L14-1 es el que presenta el mayor descenso de los tres, ya que el efecto combinado de ambos pozos de bombeo es claro. En particular, en este pozo se observa que el comportamiento de los niveles ha disminuido en los últimos 4 años, observándose que entre los periodos 2009 y 2011 el descenso ha alcanzado alrededor de los 20 cm, sin embargo para el periodo 2011 y 2013 este descenso disminuyó a 17 cm, observándose en el último año una tendencia a la estabilización, para el cual se registró un descenso de 7 cm aprox. En tanto que el L14-2 sólo se aprecia un descenso total de 9 cm aprox. para todo el periodo 2009-2014. Finalmente en el pozo L14-3 ya no se ven los efectos del bombeo de agua. El pozo L14-1 no pudo monitorearse en febrero de 2012 por problemas de inundación y cortes de camino; se observa el claro efecto de las lluvias estivales de 2012 y 2013 en los niveles de estos pozos.

Figura 4-145: Nivel mensual observado en el pozo L4-5

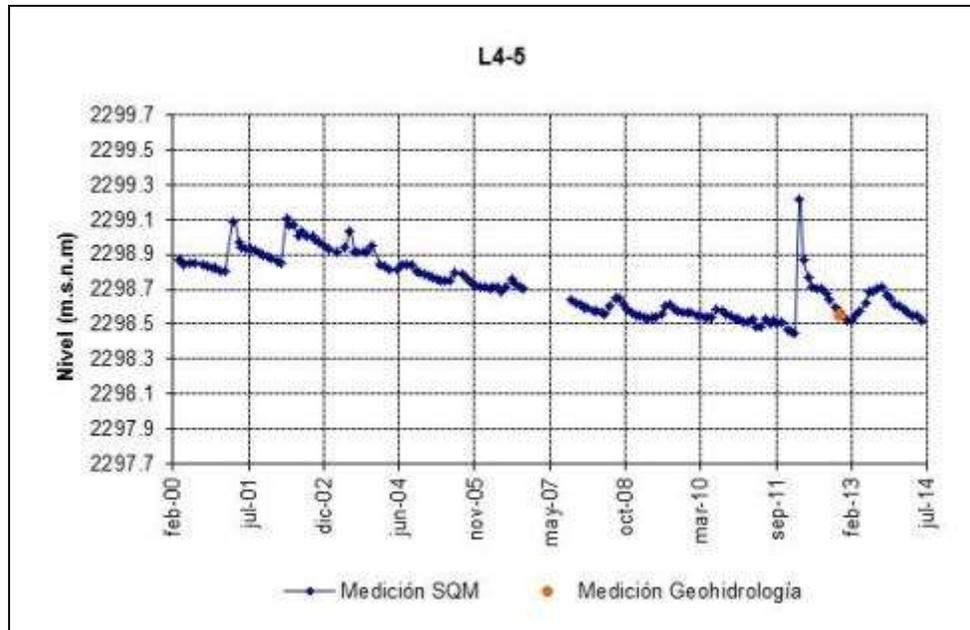


Figura 4-150: Nivel mensual observado en el pozo L5-11

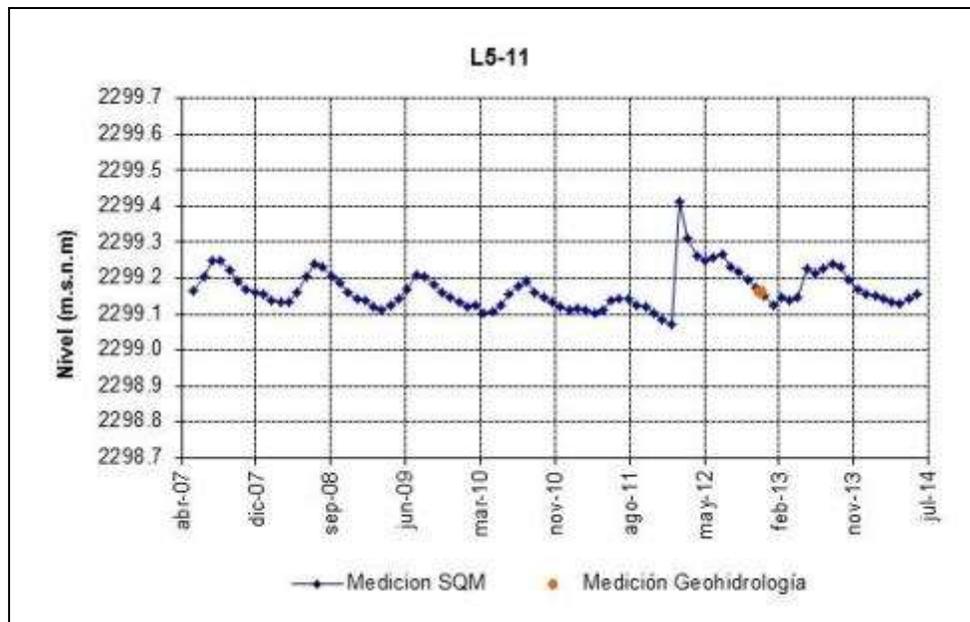


Figura 4-151: Nivel mensual observado en el pozo L5-12

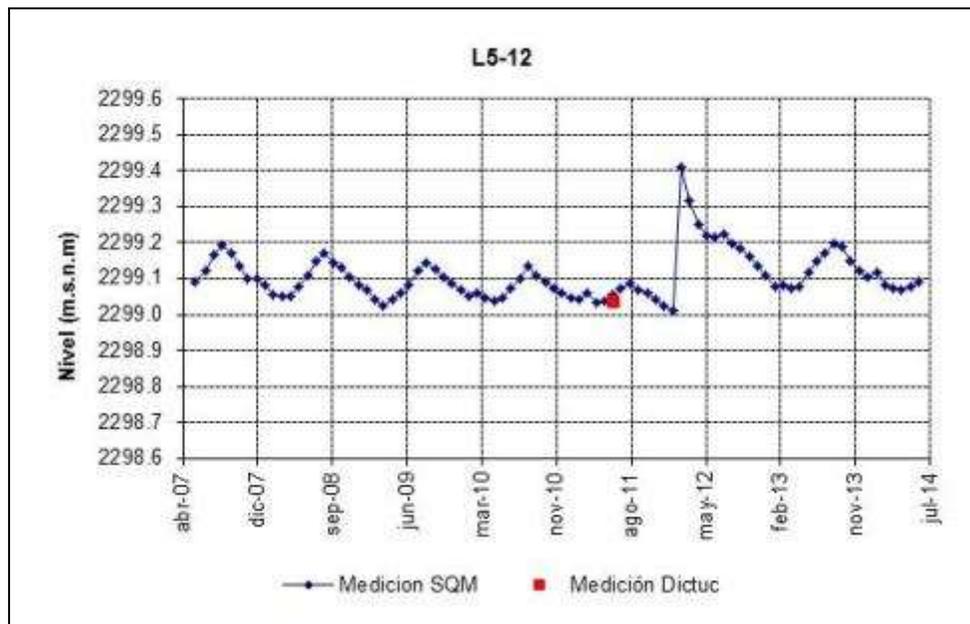


Figura 4-152: Nivel mensual observado en el pozo L5-13

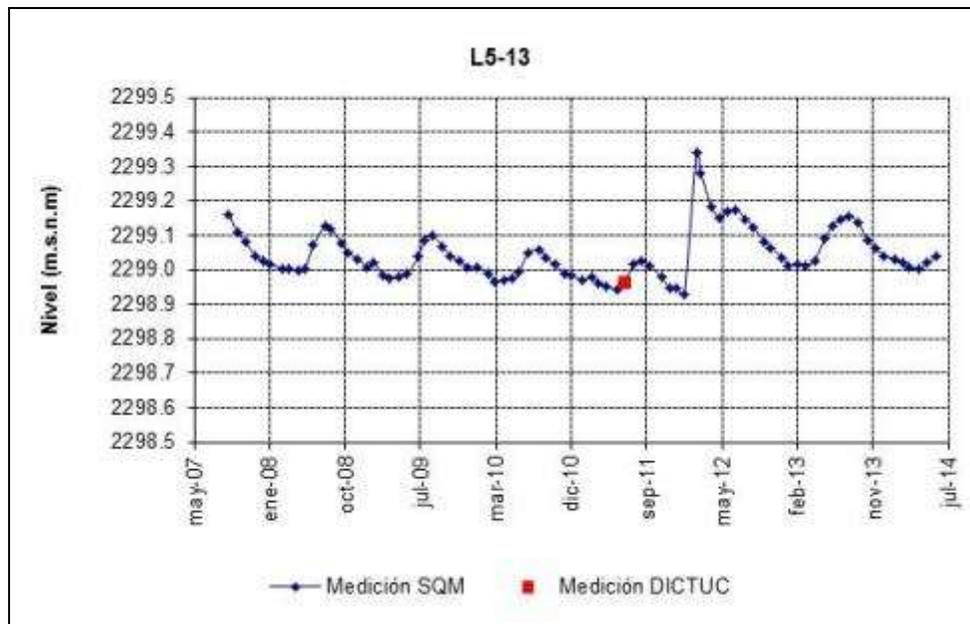


Figura 4-153: Nivel mensual observado en el pozo L5-15

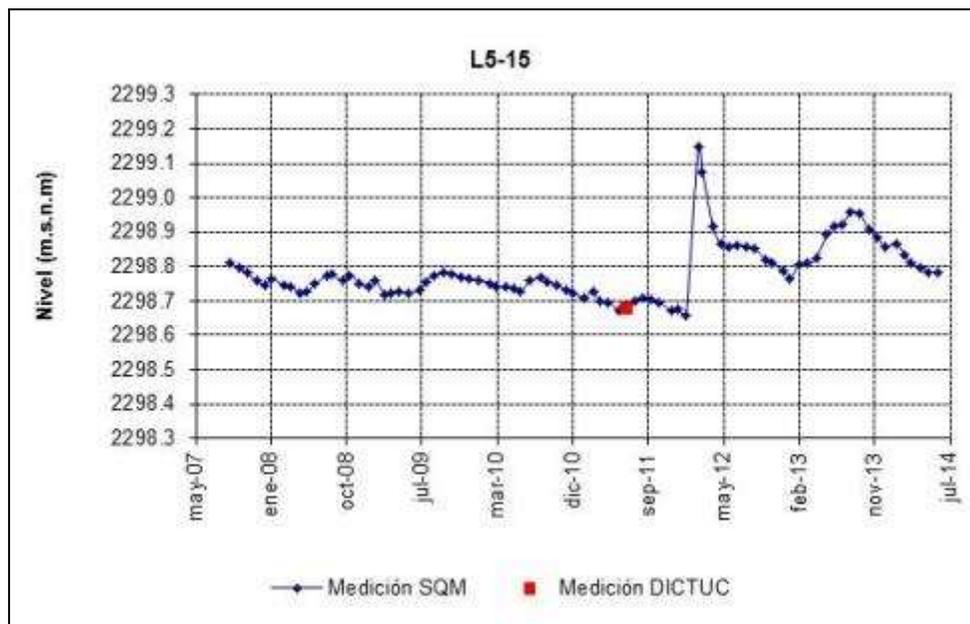


Figura 4-154: Nivel mensual observado en el pozo L13-5

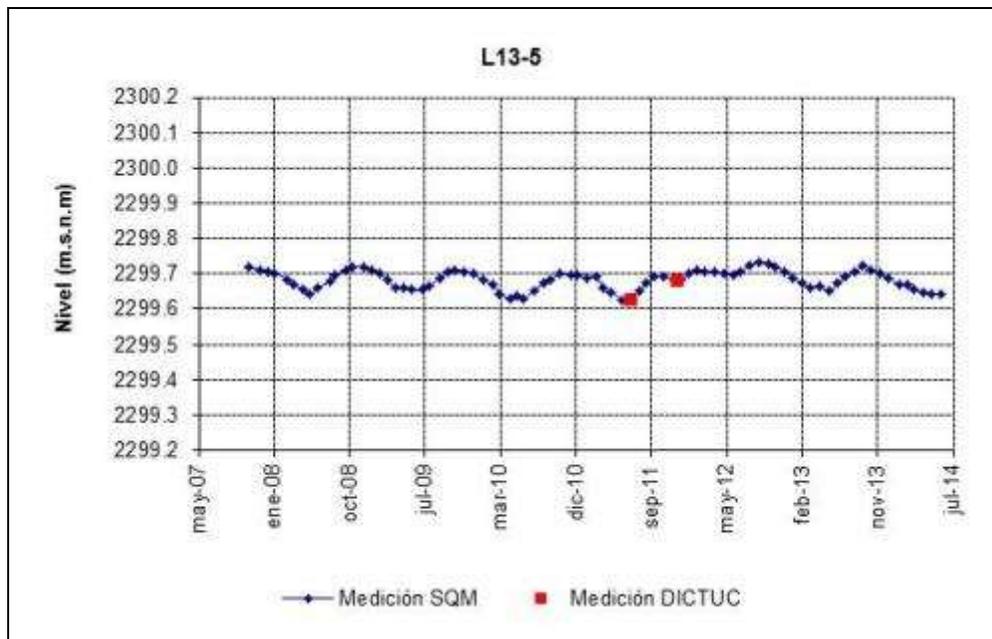


Figura 4-155: Nivel mensual observado en el pozo L13-6

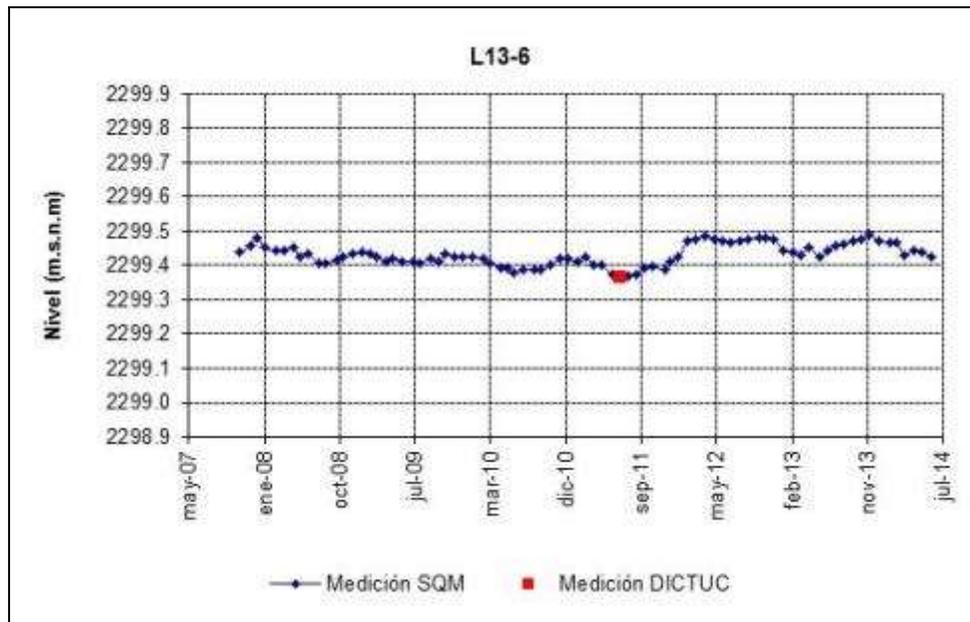


Figura 4-156: Nivel mensual observado en el pozo L13-7



Figura 4-157: Nivel mensual observado en el pozo L14-1

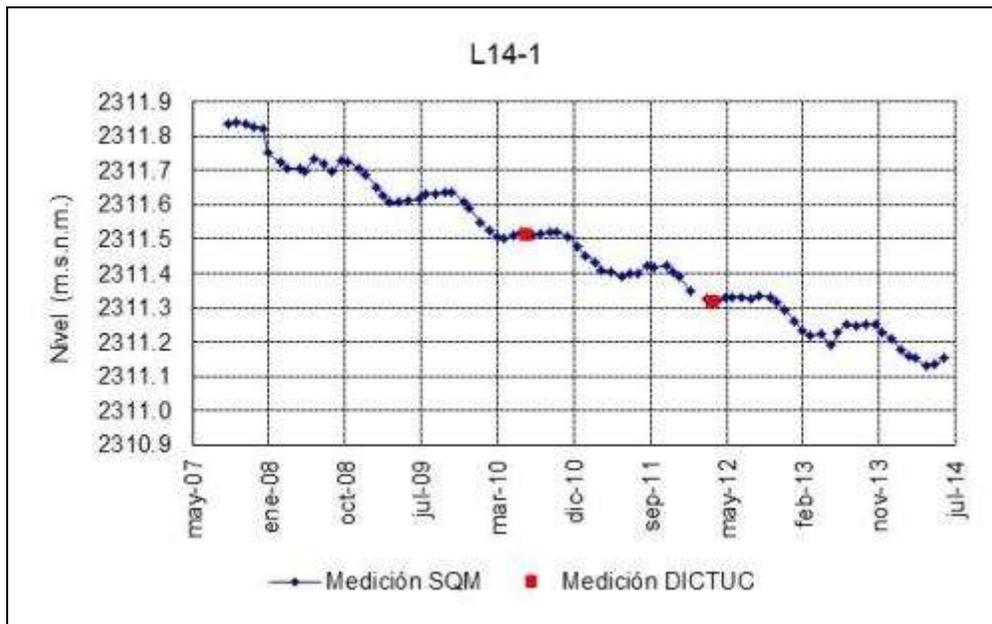


Figura 4-158: Nivel mensual observado en el pozo L14-2



Figura 4-159: Nivel mensual observado en el pozo L14-3

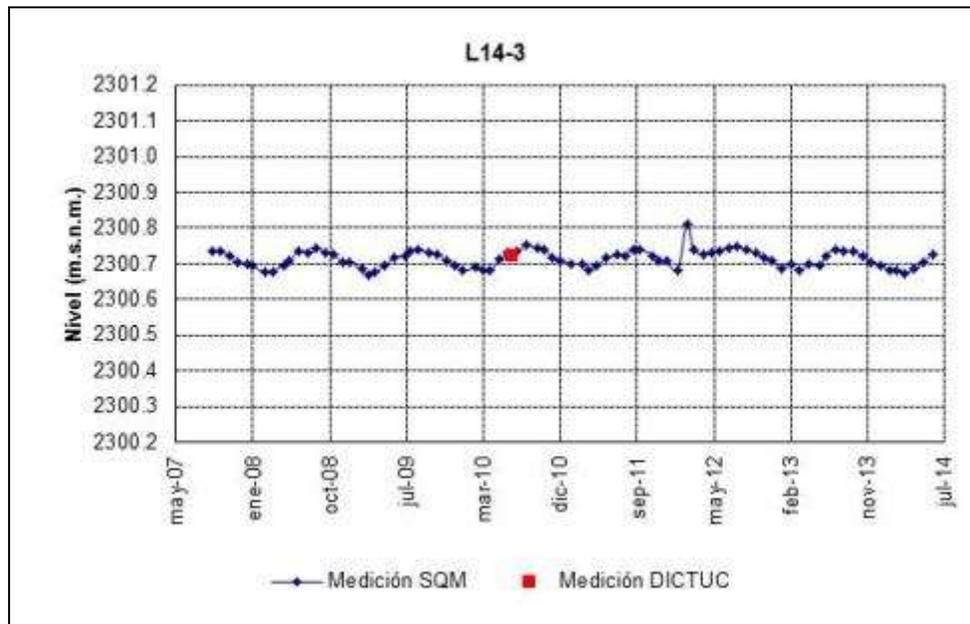


Figura 4-160: Nivel mensual observado en el pozo L14-5

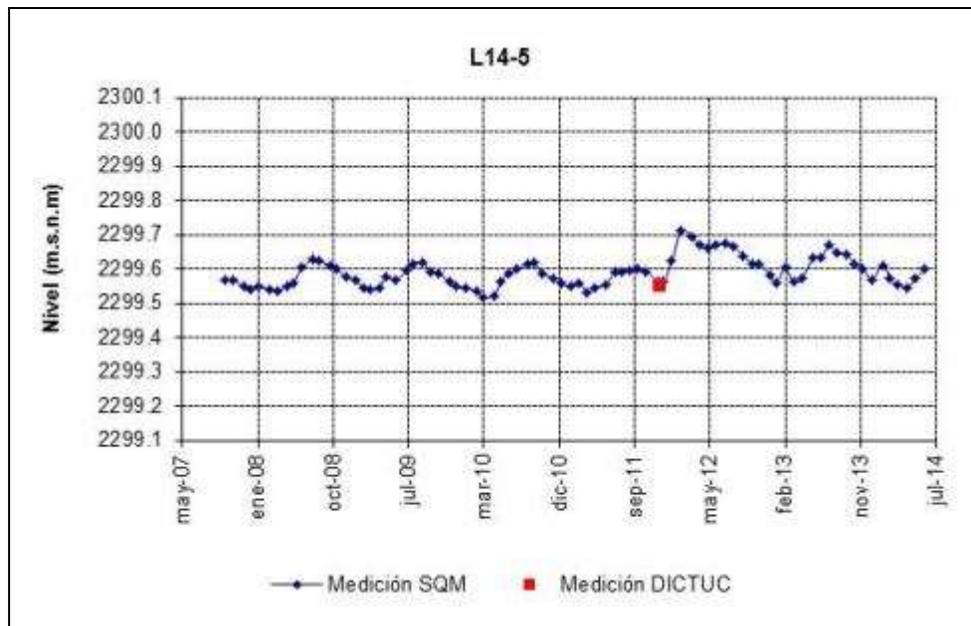


Figura 4-161: Nivel mensual observado en el pozo L14-6

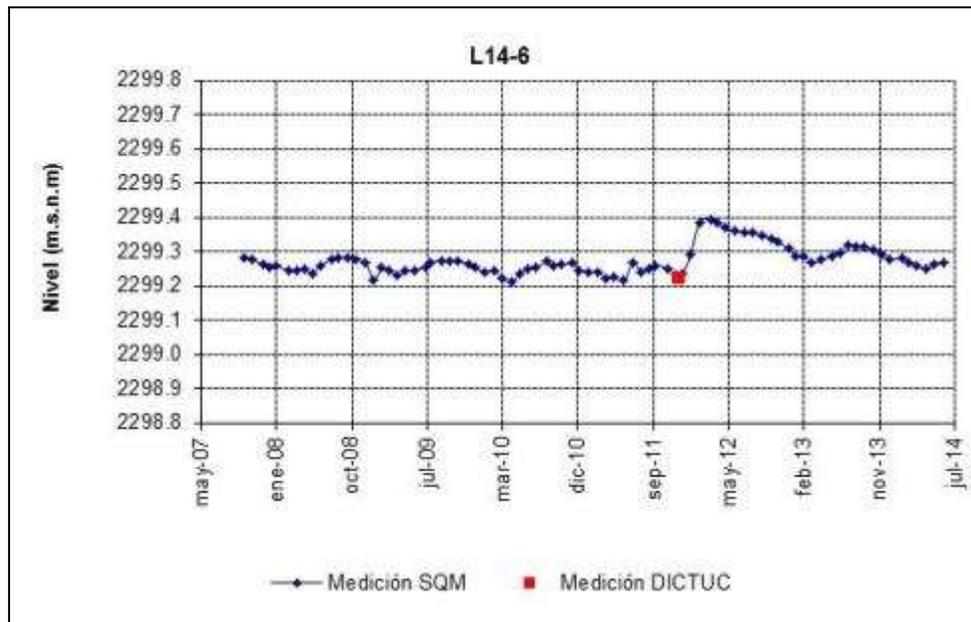
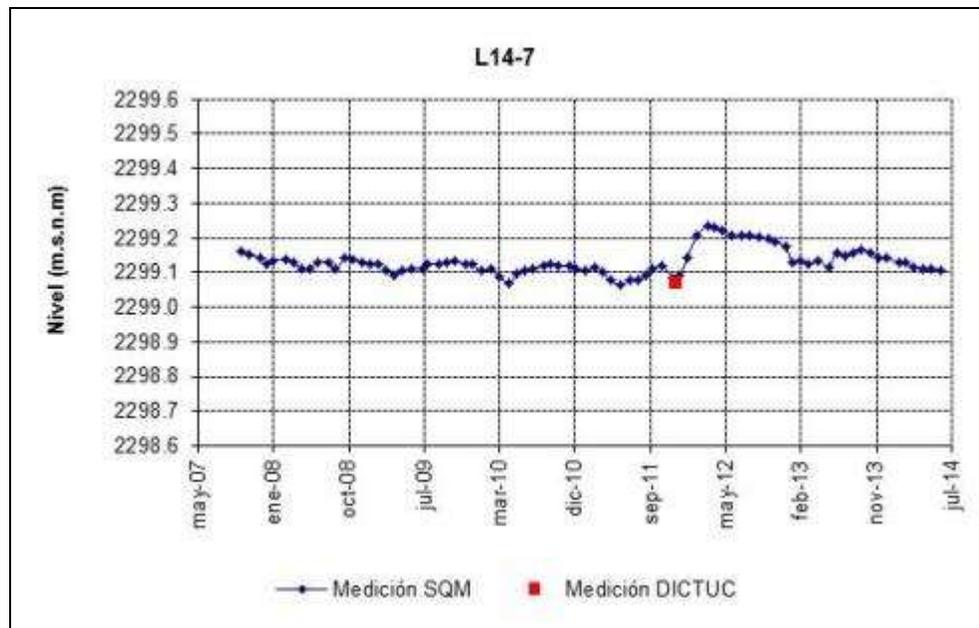


Figura 4-162: Nivel mensual observado en el pozo L14-7



4.2.1.3 Reglillas

Desde la Figura 4-163 a la Figura 4-166 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 4-163), mientras que el segundo (Figura 4-164) muestra los datos a partir de mayo del 2007. Los gráficos muestran un comportamiento estable desde inicio de las mediciones a comienzos del año 2000. Se observa un aumento puntual de nivel en febrero de 2012, provocado por las lluvias que ocurrieron la primera quincena de ese mes.

En la reglilla L5-G3 no se cuenta con datos de registro continuo durante la segunda quincena del mes de diciembre de 2012, ya que el transductor presentó un problema de comunicación con el aparato de recepción (*palm*). Por lo anterior se chequeó el cable *vented* de comunicación y *palm*, para descartar posible falla y realizar los cambios pertinentes, para lo cual se realizaron posteriormente 2 visitas al punto de monitoreo para verificar el funcionamiento de los equipos de medición continua.

Figura 4-163: Nivel mensual observado 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)

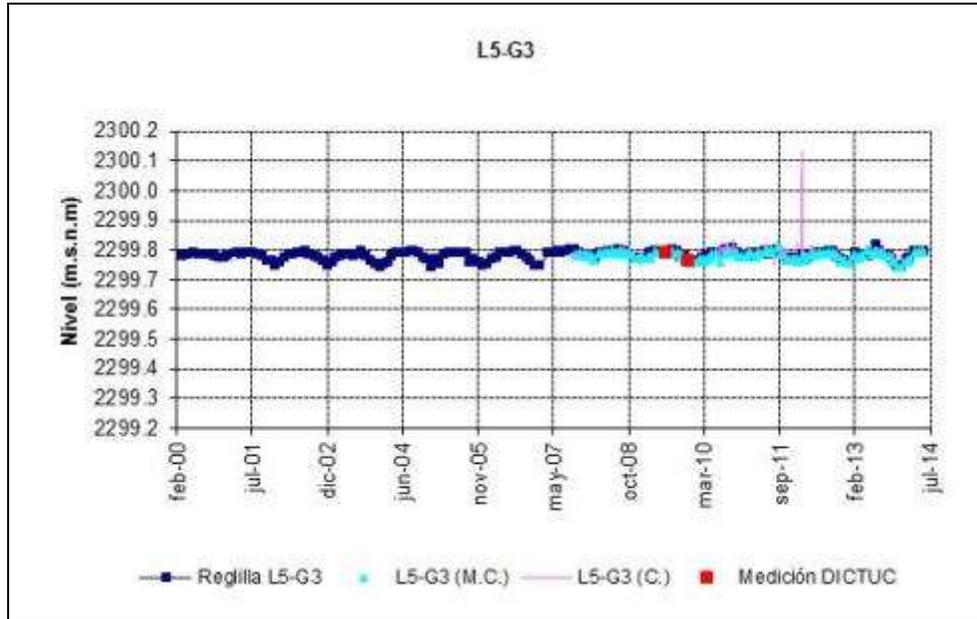


Figura 4-164: Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3 desde 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos)

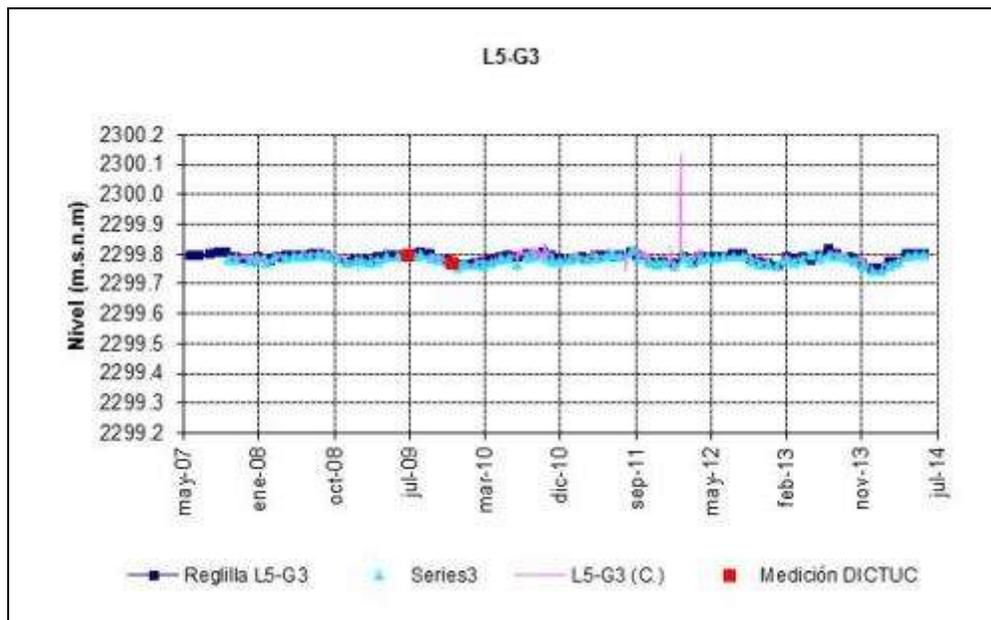
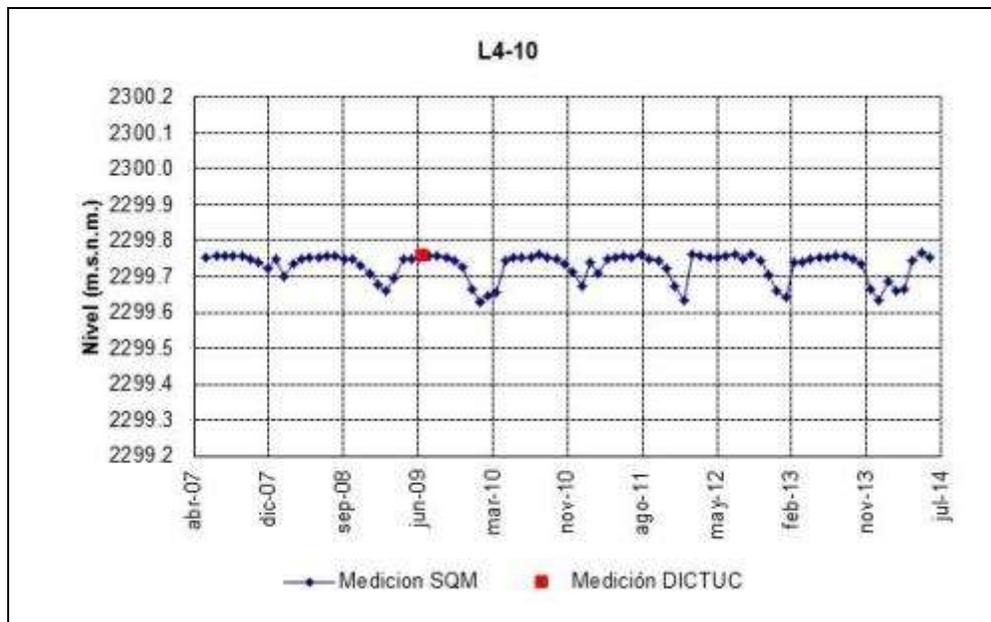


Figura 4-165: Nivel mensual observado en la reglilla L4-10



4.2.1.4 Pozos con medición continua

En Aguas de Quelana se implementaron 22 pozos con medición continua de nivel, los cuales se presentan desde la Figura 4-166 a la Figura 4-188. Es importante recordar que aquellos pozos ubicados en sectores con densidad del agua variable deben ser recalibrados permanentemente. Los puntos mostrados en las figuras (color azul) corresponden a mediciones manuales realizadas en el pozo correspondiente.

Al igual que para el caso del sistema Soncor, hubo transductores de presión que presentaron problemas en su funcionamiento inicial (L3-5, L3-13, L4-8, L5-3, L5-6, L5-8) los que fueron debidamente reemplazados por transductores nuevos, de manera de asegurar una correcta medición de niveles. Cabe señalar que después de la reposición de todos los transductores de presión no se observaron valores anómalos, salvo las variaciones propias por cambio de densidad. Con fecha 26 de enero, 24 de agosto y 05 de diciembre de 2012 se cambiaron los transductores de los pozos L5-7, L14-4 y L13-3 respectivamente dado que se encontraban dañados y no se recibía señal de ellos para descargar la información. Asimismo, el 17 de octubre se reemplazó el transductor del pozo L13-1, se realizó cambio del cable del transductor del pozo L13-3, y se cambió desecante del cable de los pozos L3-5 y L5-6, el día 18 de octubre de 2013 se realizó el cambio del cable de los transductores de los pozos L4-13, L14-4 y L5-3 y el día 16 de diciembre de 2013 se realizó cambio de transductor al pozo L5-8, quedando sin descargar el dato de noviembre de 2013 ya que el transductor estaba defectuoso.

En el pozo L5-6 no se cuenta con datos de registro continuo durante la segunda quincena del mes de diciembre de 2012, ya que el transductor presentó un problema de comunicación

con el aparato de recepción (*palm*). Por lo anterior se chequeó el cable *vented* de comunicación y *palm*, para descartar posible falla y realizar los cambios pertinentes, para lo cual se realizaron posteriormente 2 visitas al punto de monitoreo para verificar el funcionamiento de los equipos de medición continua y así evitar que esta situación se vuelva a repetir.

Se observa que los pozos emplazados en este sector presentan un claro comportamiento estacional, siendo más marcado en aquellos pozos que presentan una menor profundidad de la napa, comportamiento que se ha mantenido estable en el tiempo.

De manera general y unificando lo observado en los pozos del sistema Aguas de Quelana anteriormente mencionados, se observa descensos aguas arriba y aguas abajo del sistema lagunar difuso, descensos que se correlacionan con los descensos históricos. La zona lagunar difusa no presenta descenso y se mantiene estable en el tiempo, sin embargo, cabe destacar el ascenso temporal de niveles en aquellos pozos más someros y cercanos a la zona lagunar difusa producto de la precipitación ocurrida en el mes de febrero de 2012 y mayo 2013, similar a lo que se observó en el sector de Soncor. Esta situación provocó el ascenso en los niveles en los pozos de este sector en hasta 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 de 2014.

Figura 4-166: Nivel observado en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

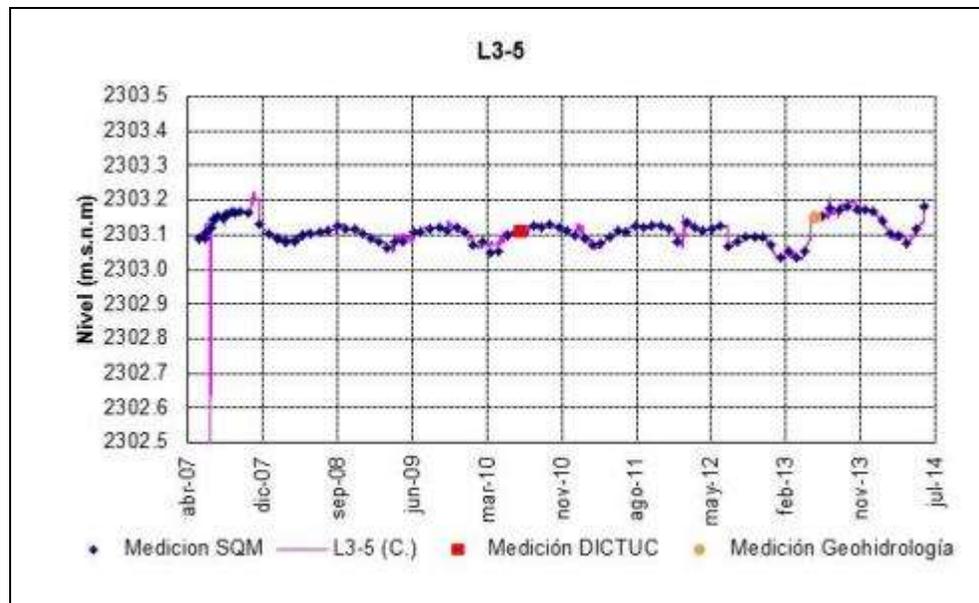


Figura 4-167: Nivel mensual observado en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

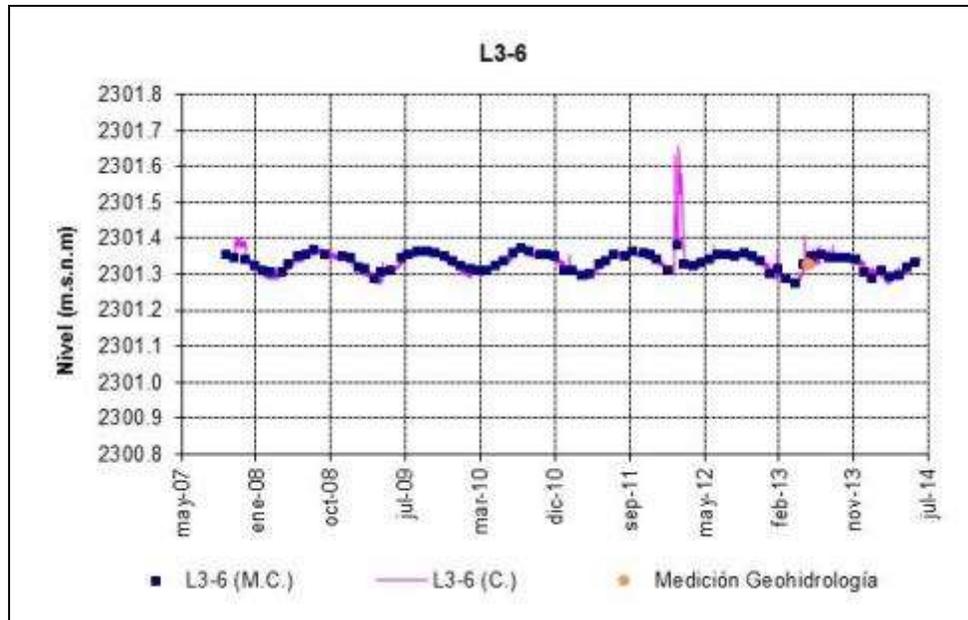


Figura 4-168: Nivel mensual observado en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

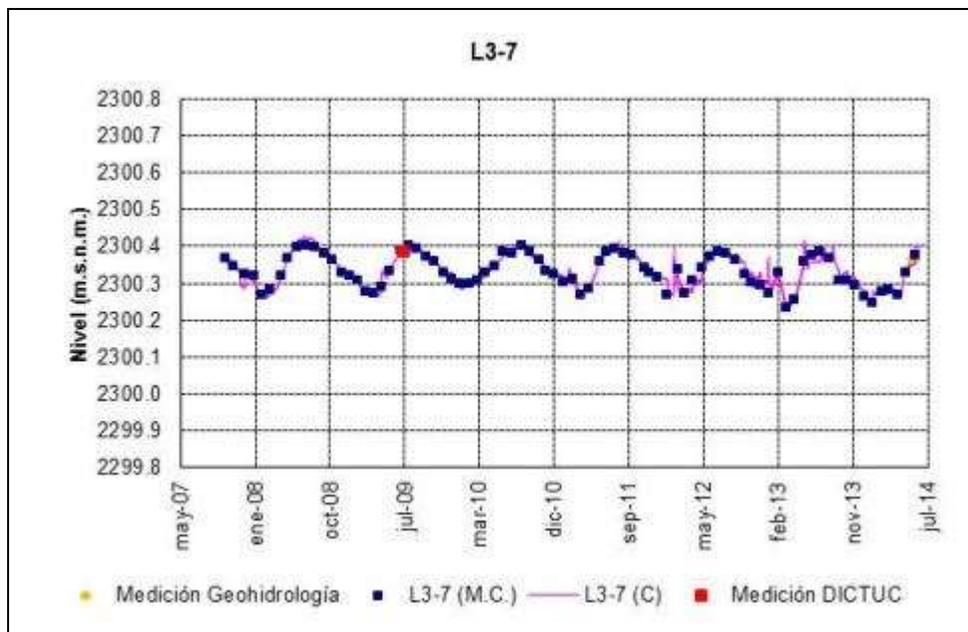


Figura 4-169: Nivel observado en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

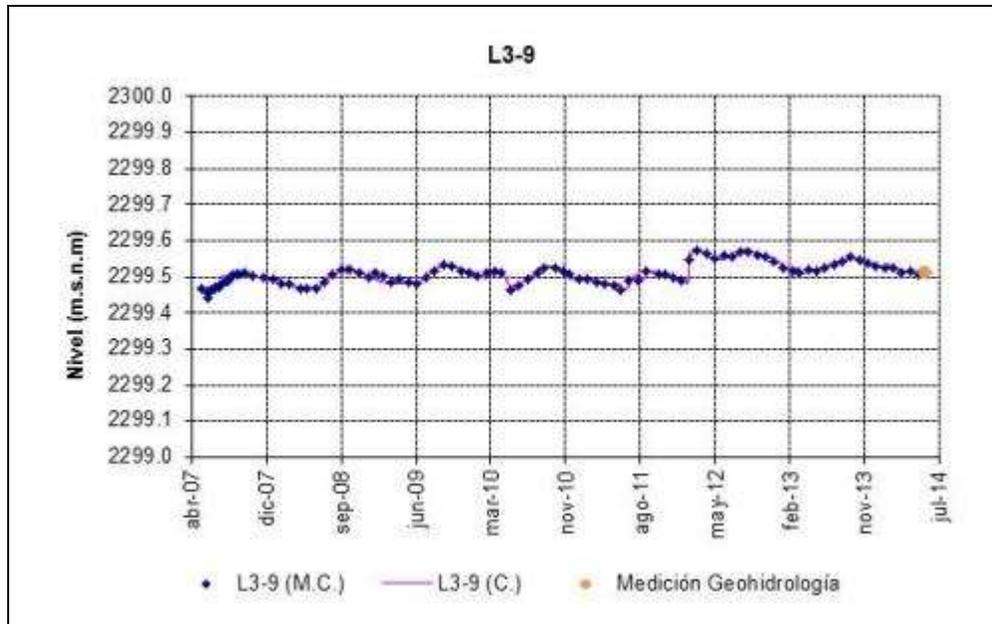


Figura 4-170: Nivel observado en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

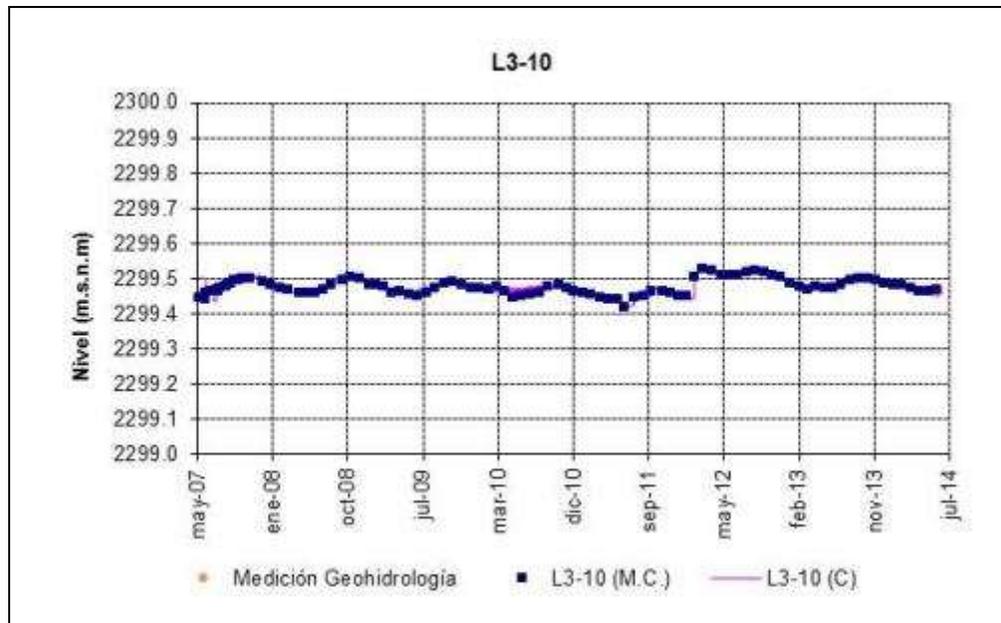


Figura 4-171: Nivel observado en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

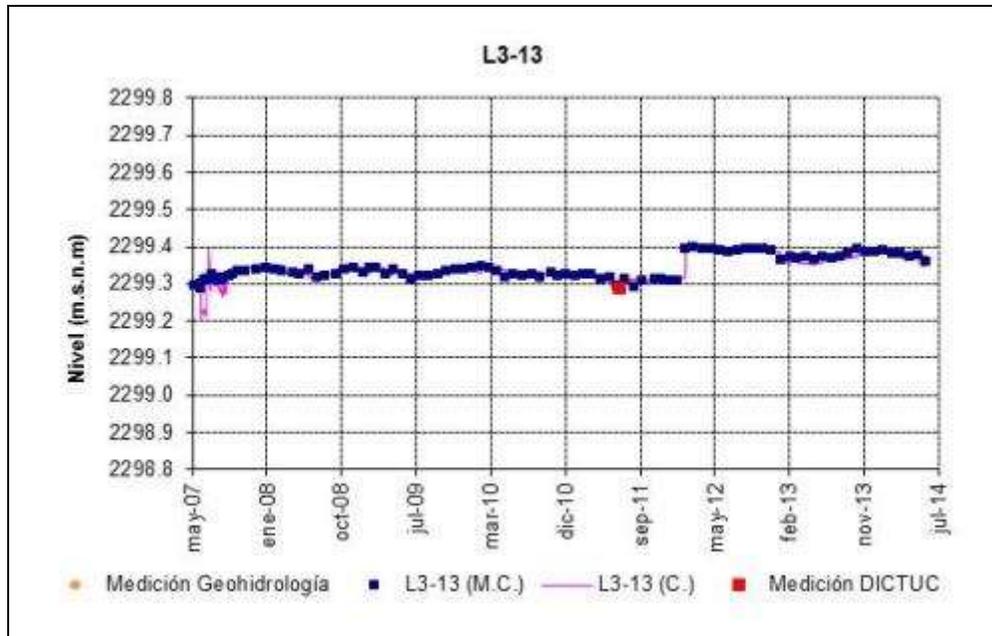


Figura 4-172: Nivel mensual observado en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

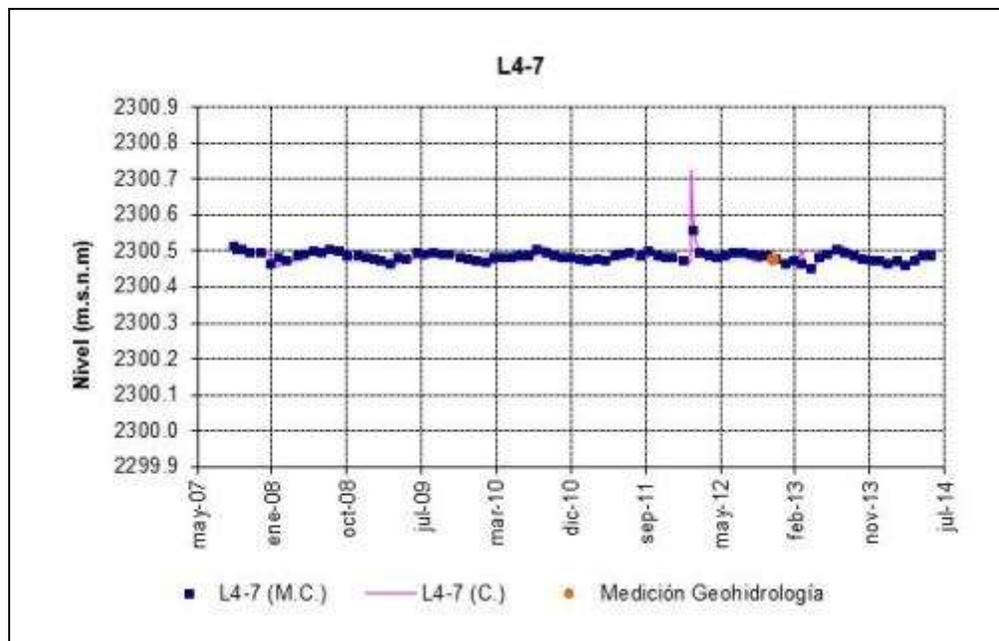


Figura 4-173: Nivel observado en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

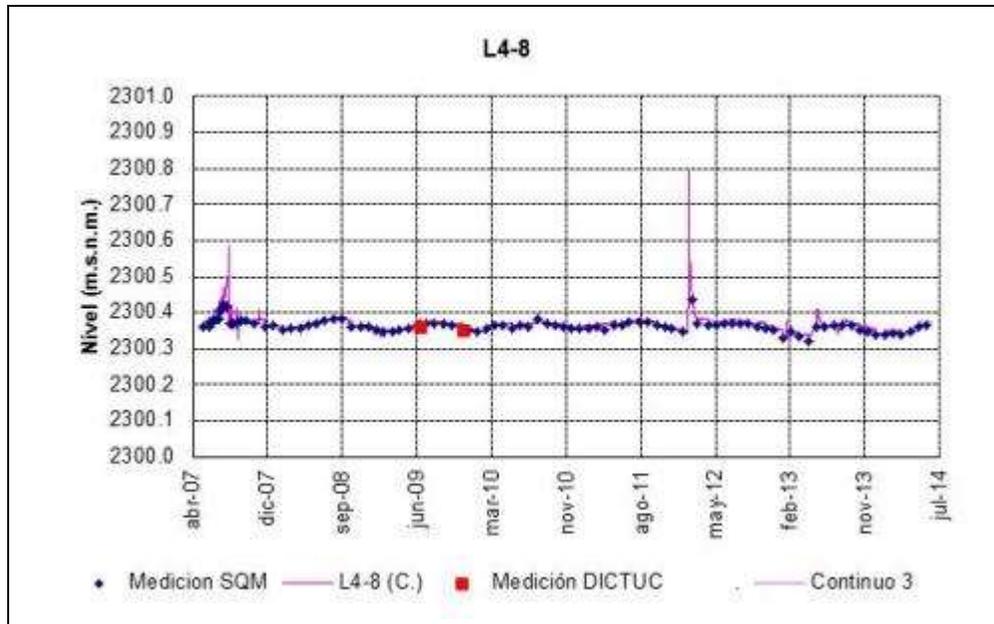


Figura 4-174: Nivel observado en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

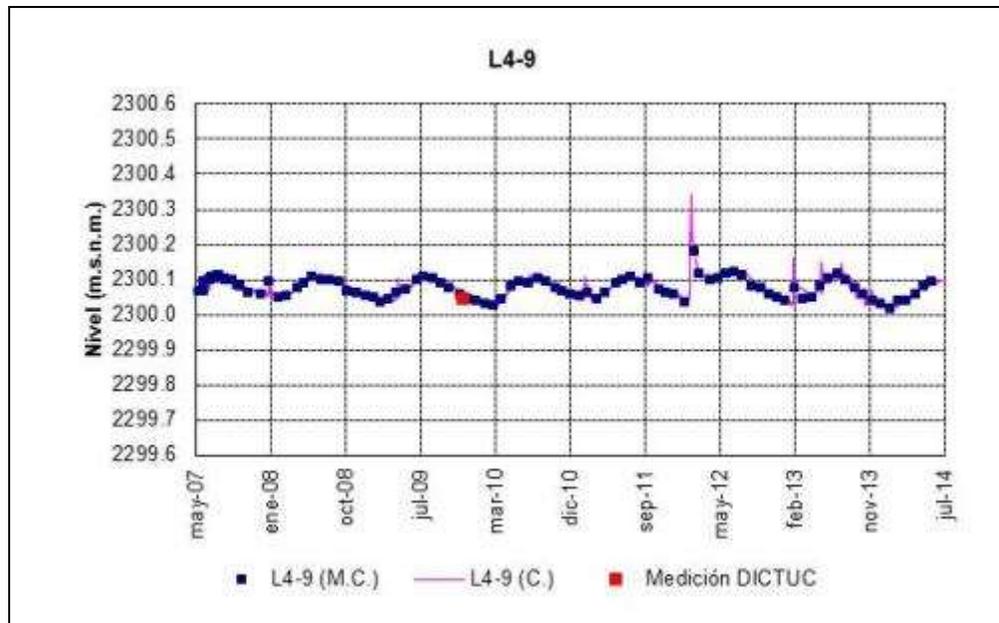


Figura 4-175: Nivel observado en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

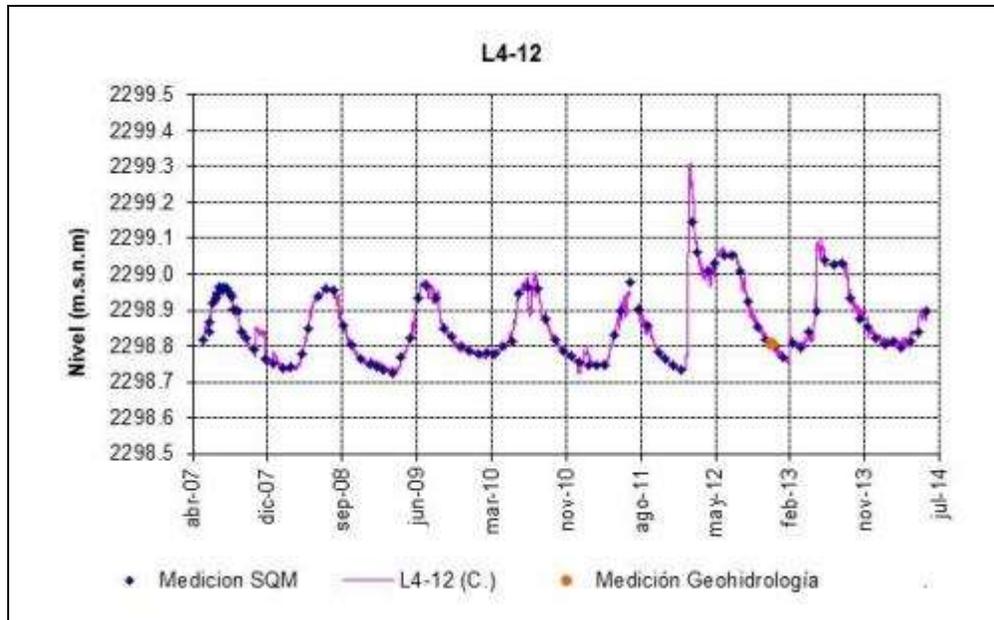


Figura 4-176: Nivel observado en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

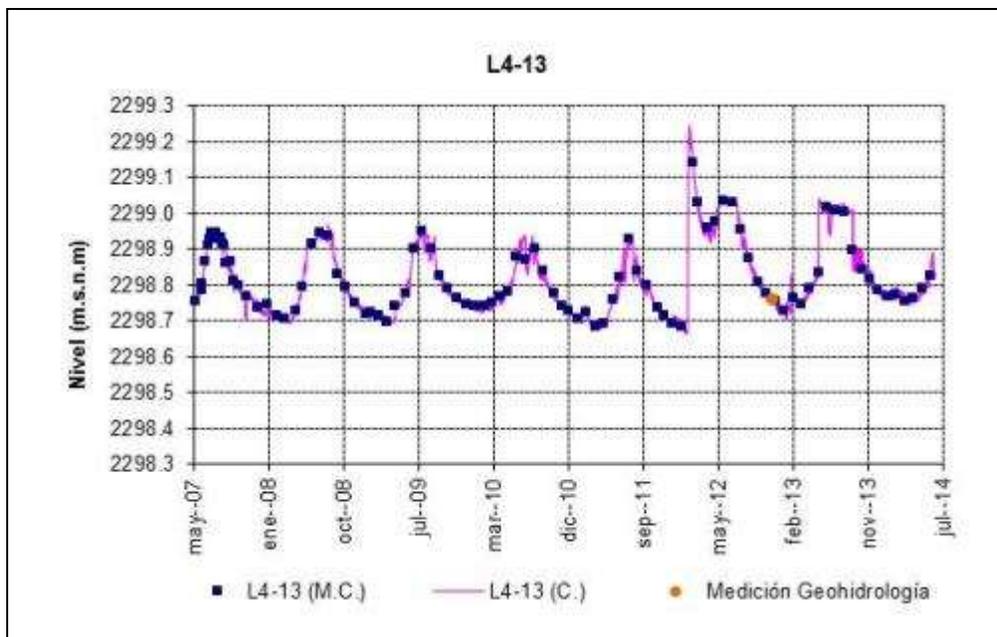


Figura 4-177: Nivel mensual observado en el pozo L5-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

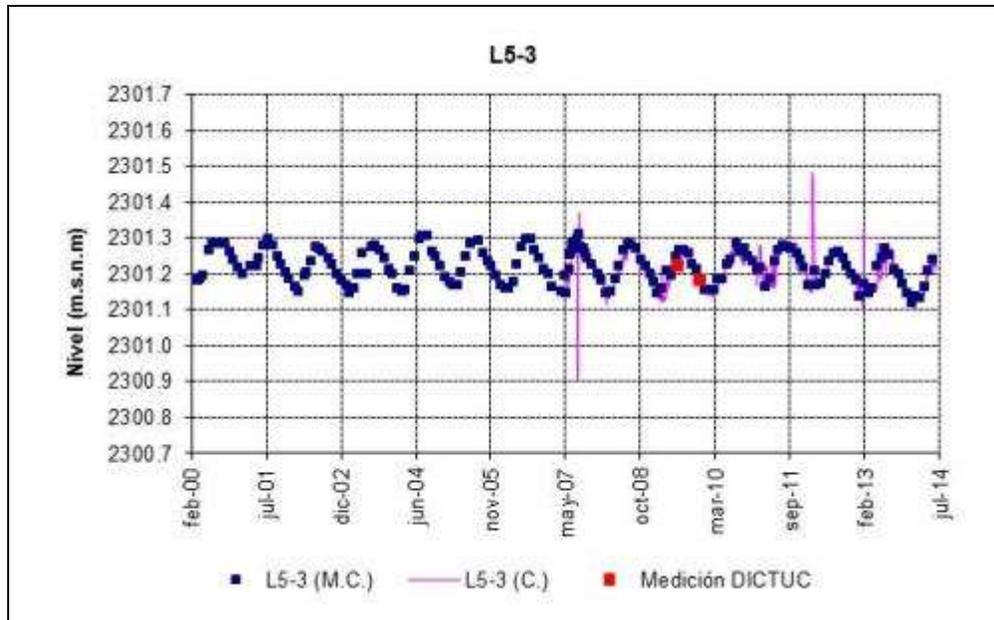


Figura 4-178: Nivel observado en el pozo L5-3 desde 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

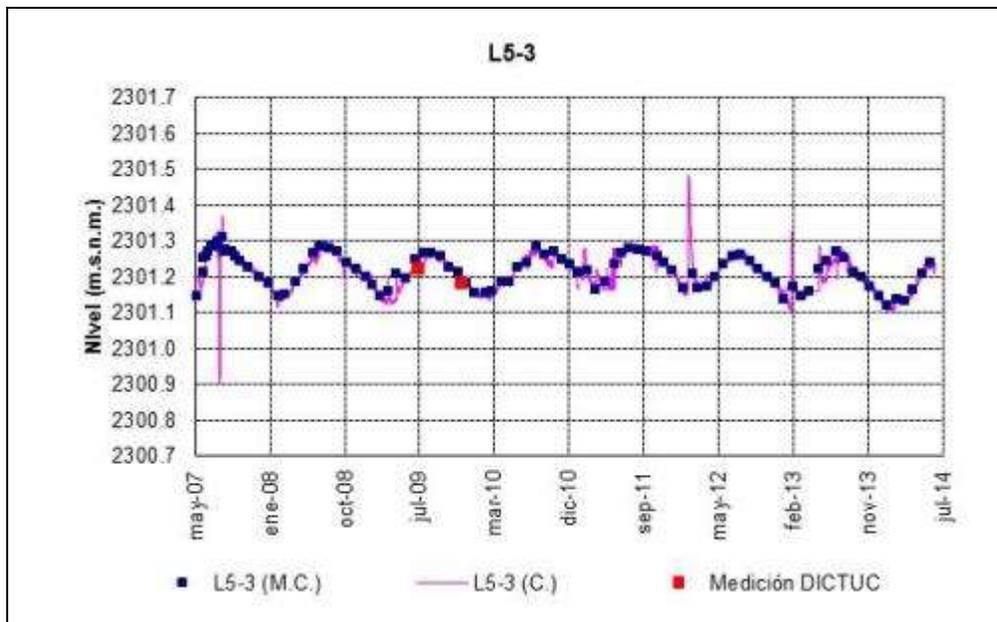


Figura 4-179: Nivel observado en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

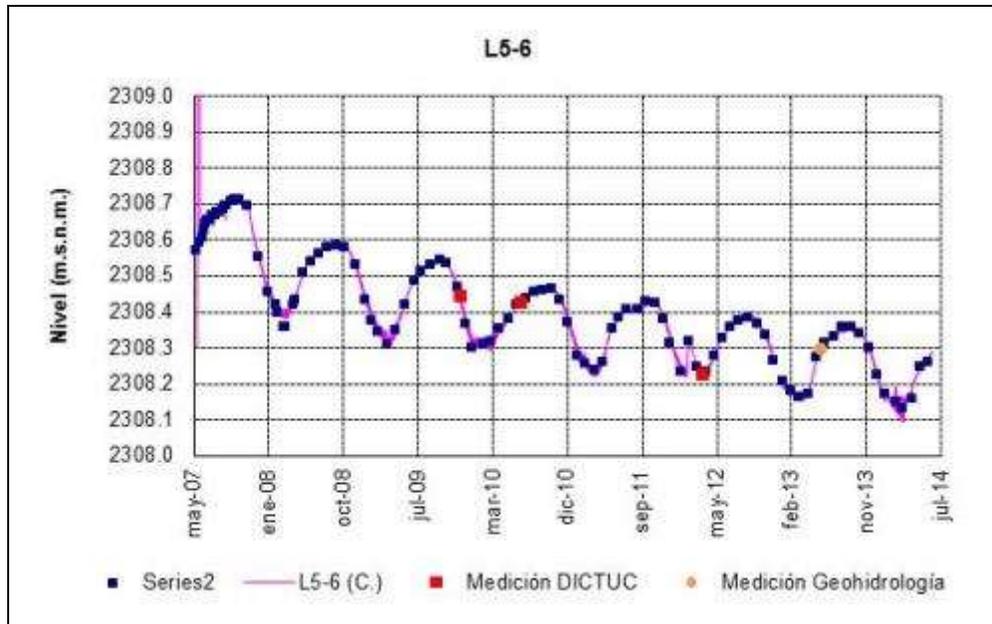


Figura 4-180: Nivel mensual observado en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

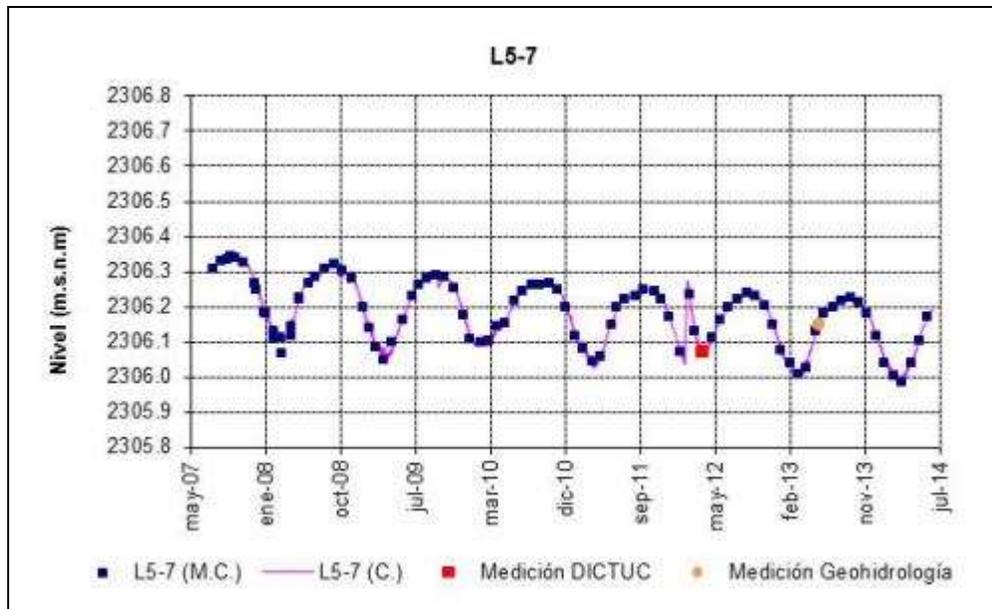


Figura 4-181: Nivel observado en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

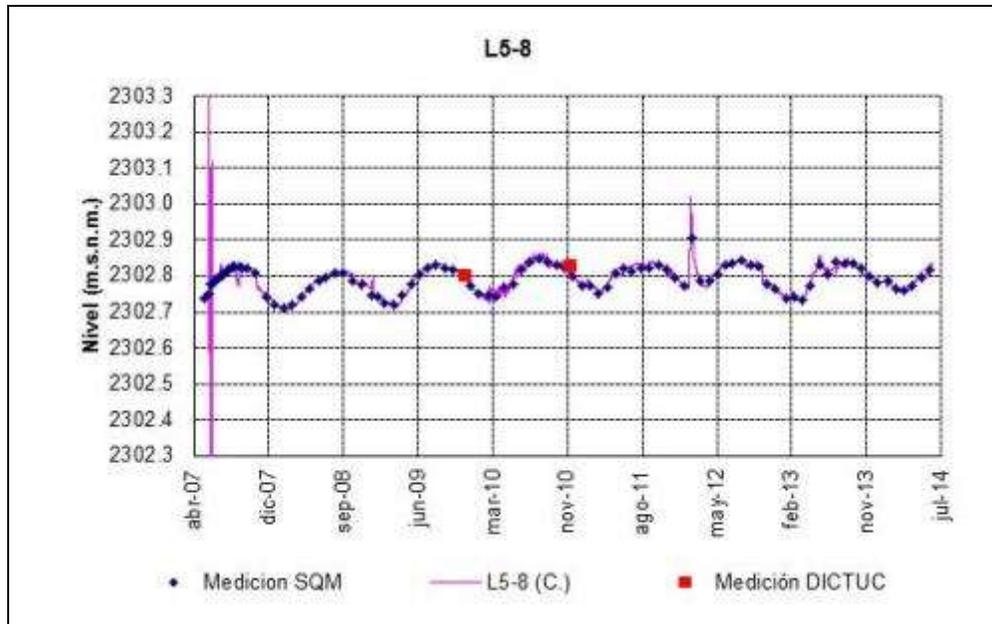


Figura 4-182: Nivel observado en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

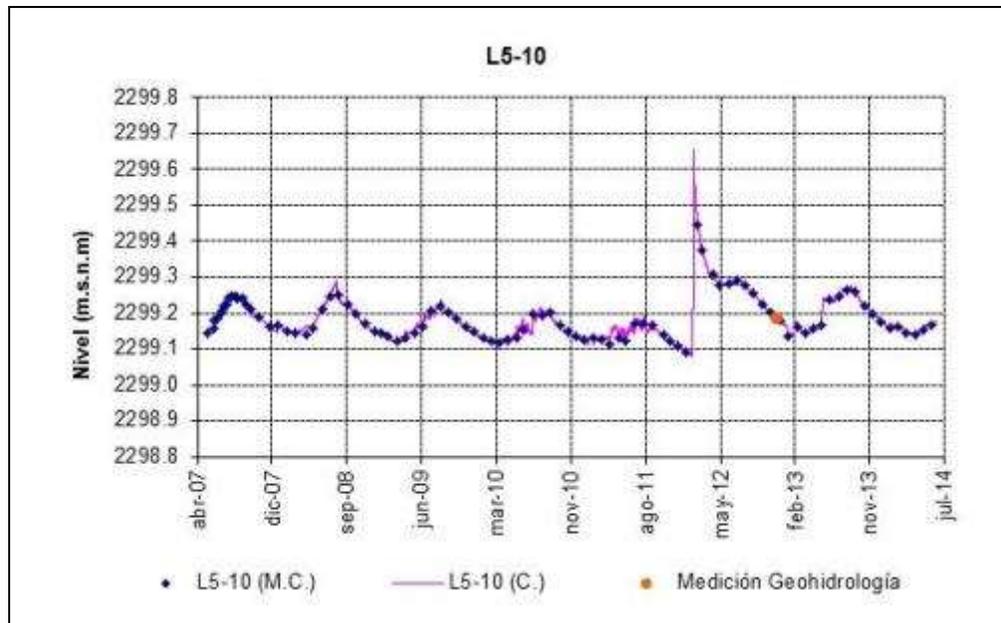


Figura 4-183: Nivel mensual observado en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

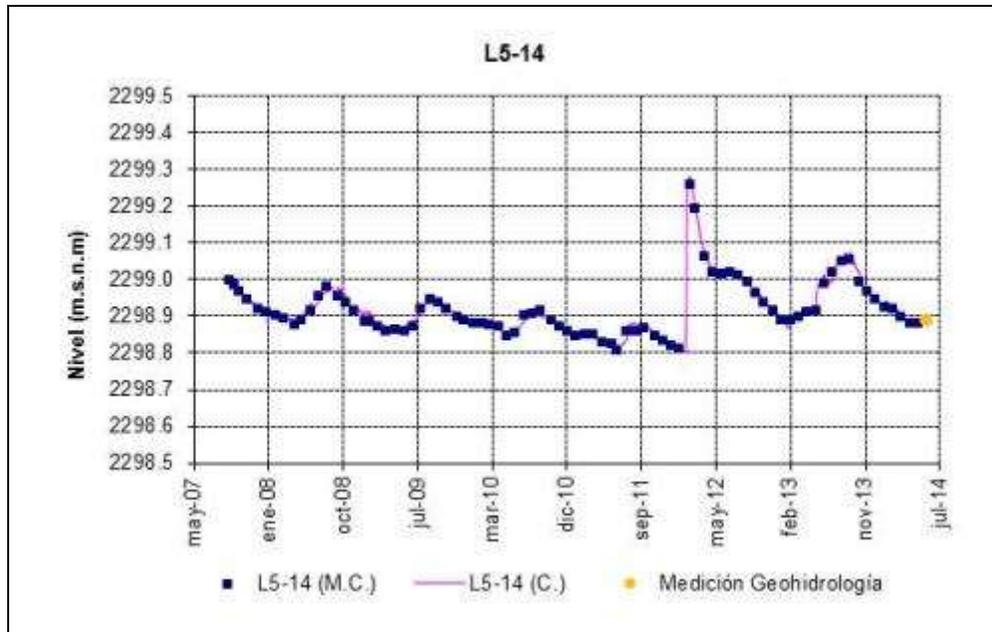


Figura 4-184: Nivel mensual observado en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

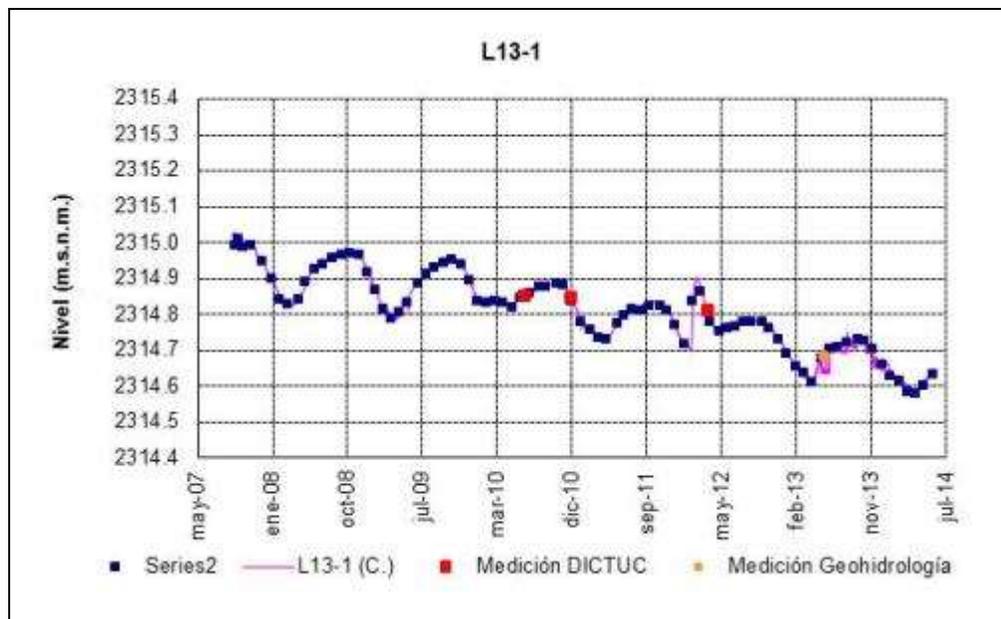


Figura 4-185: Nivel mensual observado en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

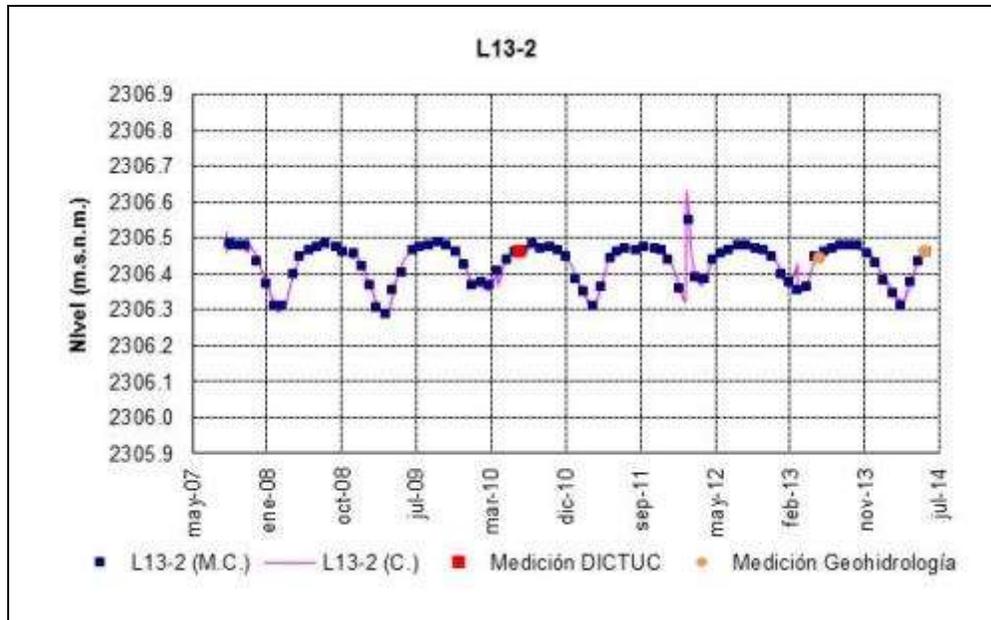


Figura 4-186: Nivel mensual observado en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

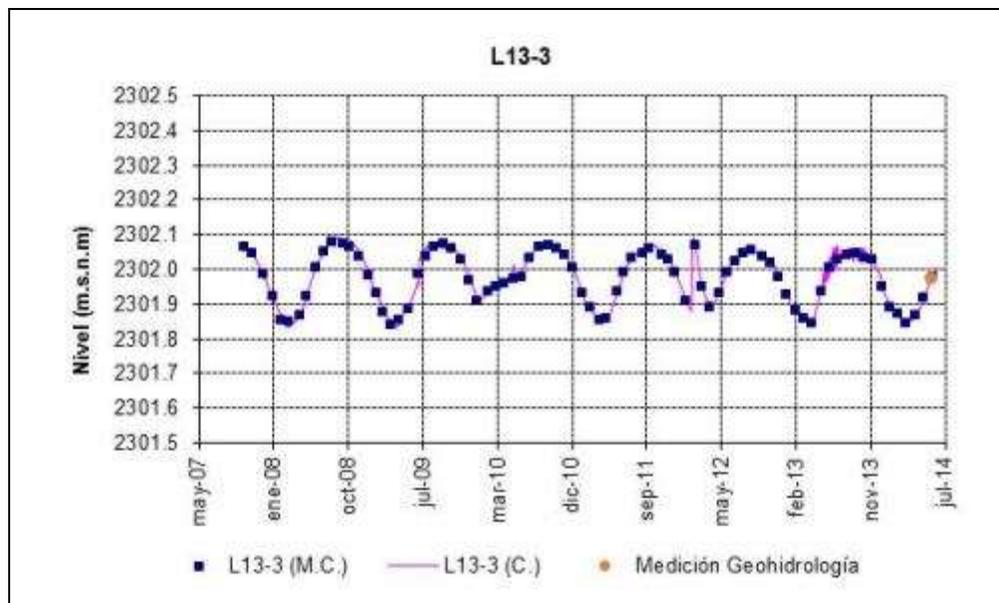


Figura 4-187: Nivel mensual observado en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)

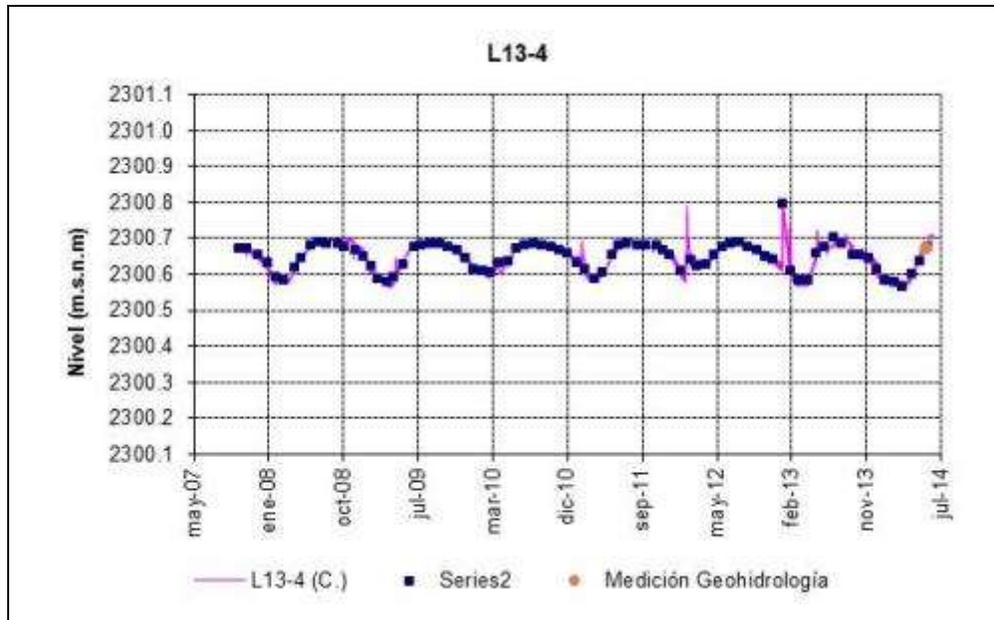
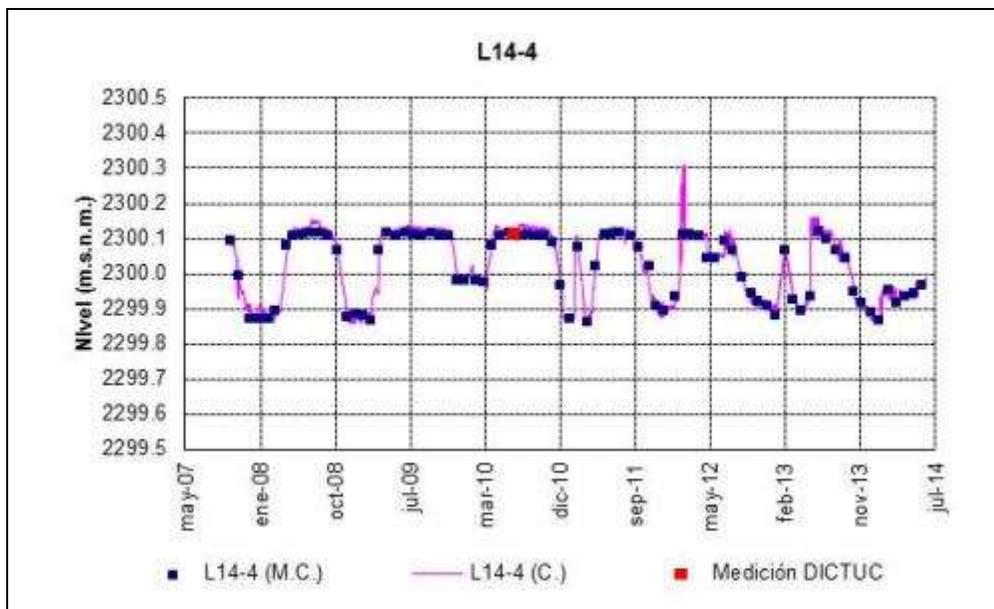


Figura 4-188: Nivel mensual observado en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)



4.2.1.5 Pozos de salmuera

Desde la Figura 4-189 a la Figura 4-194 se presenta los niveles en los pozos del PSAH del sistema Aguas de Quelana catalogados como pozos de salmuera. En general, en todos aquellos pozos que cuentan con registros históricos extensos, se observan aumentos marcados de nivel provocados por las precipitaciones que ocurrieron durante el verano (invierno altiplánico) tal como lo ocurrido en 2001 (febrero), 2002 (abril), 2012 (febrero) y 2013 (febrero). En particular, para los años 2012 y 2013 se observan ascensos superiores a los 20 cm, alcanzando incluso niveles de más de 50 cm (D2, L3-4 y L5-4) producto de las lluvias de febrero 2012. Esta situación provocó un aumento en los niveles en este sector de hasta los 20 cm, en particular en los pozos D2, L5-14 y SOPM-9 considerando como periodo de análisis desde enero 2012 a diciembre 2013. De manera general, se observa que en el último semestre ha habido una tendencia de los niveles a volver a valores similares a aquellos previo a las lluvias de 2012 y 2013.

Adicionalmente, se observa un descenso gradual marcado por aumentos y descensos de nivel asociados al efecto combinado de la estacionalidad de la evaporación, al caudal de bombeo de salmuera de los pozos del sector norte (SOP) tal como el aumento de nivel que se observa en 2009 y 2010 asociado a una disminución en el bombeo y/o con un aumento de la recarga y las precipitaciones que cayeron durante el año.

Figura 4-189: Nivel mensual observado en el pozo D2

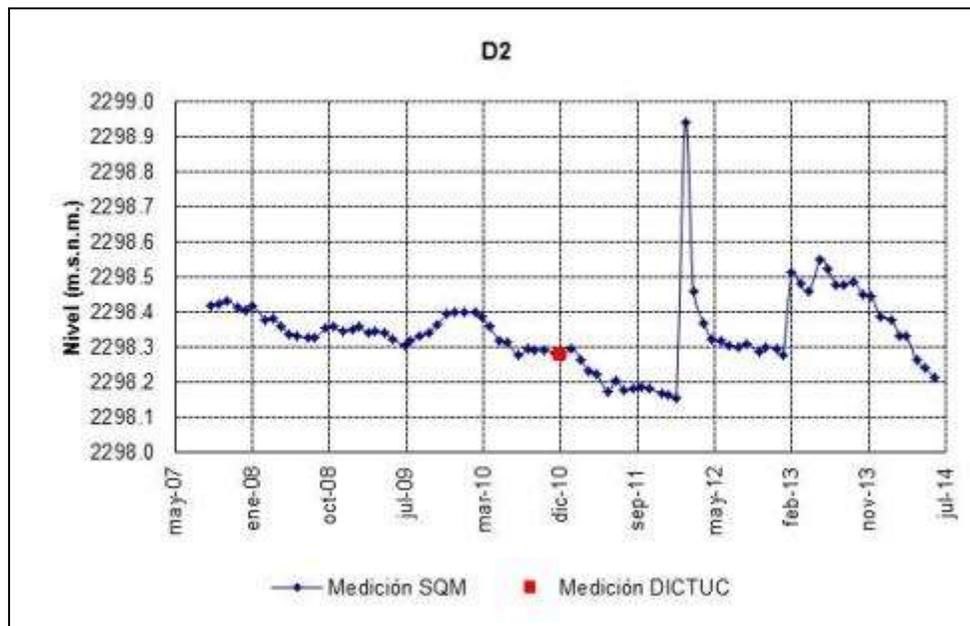


Figura 4-190: Nivel mensual observado en el pozo L3-4 (SOPM-8)

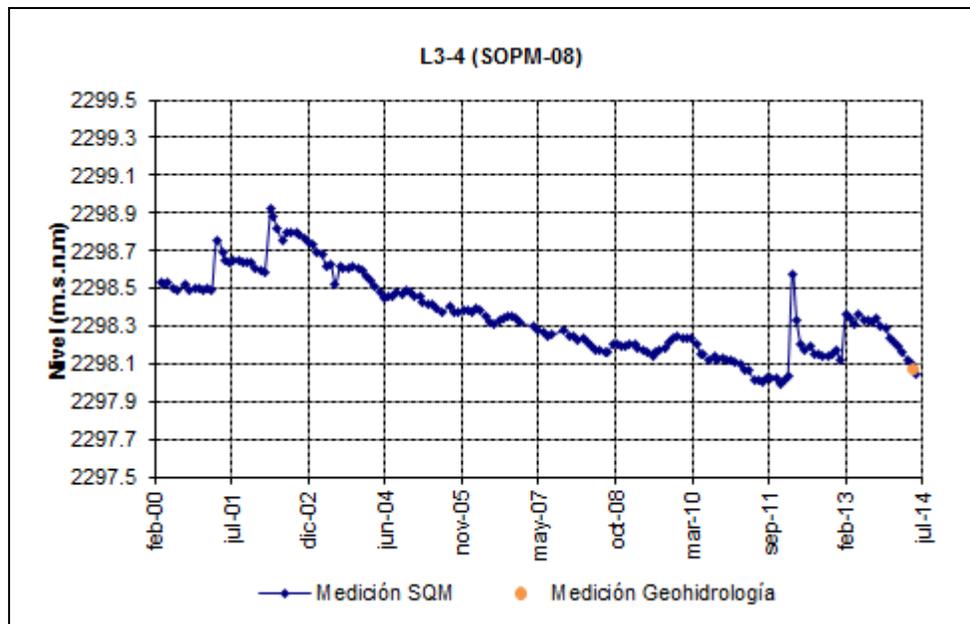


Figura 4-191: Nivel mensual observado en el pozo L4-6



Figura 4-192: Nivel mensual observado en el pozo L4-16

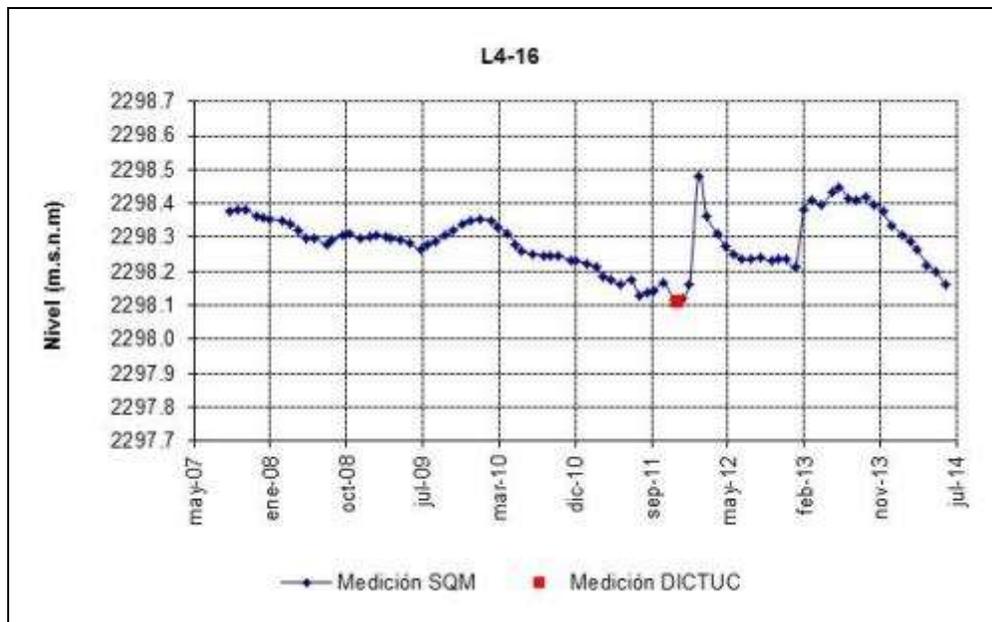


Figura 4-193: Nivel mensual observado en el pozo L5-4

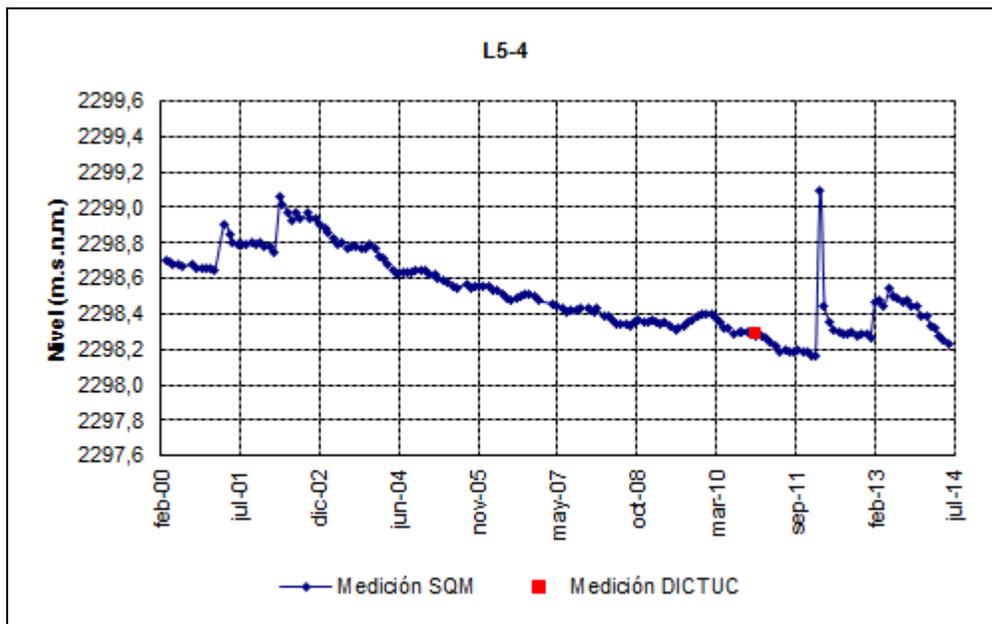
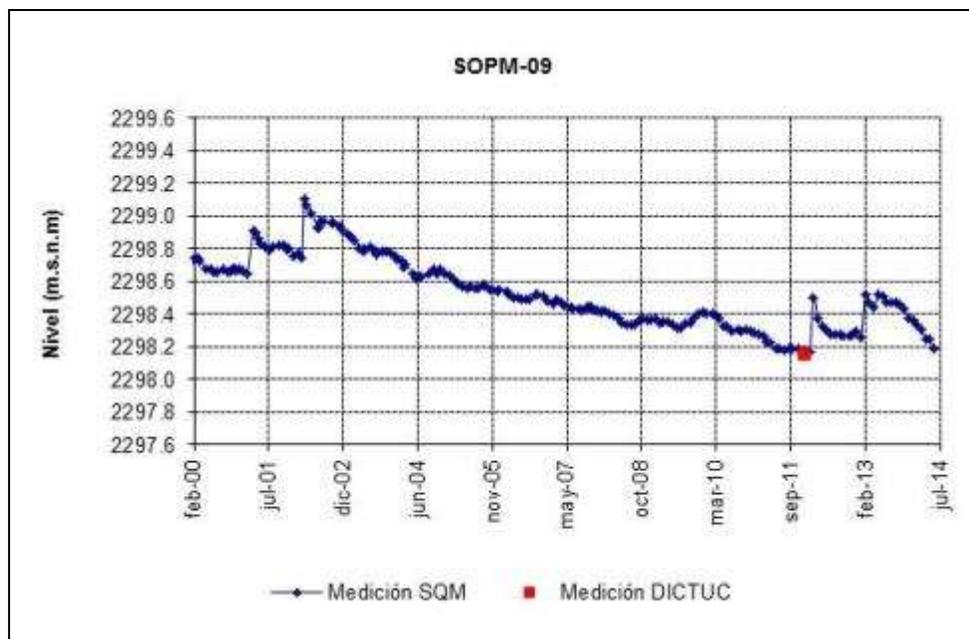


Figura 4-194: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-9



4.2.1.6 Pozos de bombeo

En la Figura 4-195 y Figura 4-196 se presentan los niveles observados en los pozos de bombeo Camar 2 y Socaire 5B, respectivamente. En el pozo Camar 2 fue necesario modificar la referencia durante la implementación de éste como pozo de bombeo, quedando finalmente la referencia con una cota de 2378,949 m.s.n.m.

Se puede observar la estabilización de los niveles dinámicos después de puesta en marcha de estos pozos para luego mantenerse sin mayores variaciones más que las relacionadas a la operación de los pozos.

En mayo de 2012 no se pudo monitorear el pozo de bombeo Camar 2, ya que se encontraba en proceso de desmontaje y cambio de niveleta por mantenciones normales de estos pozos.

Por otro lado, la marcada caída del nivel dinámico en el pozo Socaire 5B se debe a una disminución de la profundidad del pozo. La profundidad original del pozo (121 m) atravesaba dos acuíferos de distinto nivel piezométrico y la medición de nivel antes de diciembre de 2006 reflejaba una mezcla de estos dos distintos acuíferos. Consideraciones sobre la calidad del agua captada, han llevado a la opción de sellar el tramo bajo los 105 m aproximadamente y dejar sólo el tramo superior del pozo habilitado. Esta operación ha desconectado el acuífero inferior originalmente interceptado y ha provocado una disminución del nivel piezométrico, con un efecto evidente a partir del año 2007. Sin embargo, a partir de marzo de 2008 se observa una tendencia a la estabilización de los niveles dinámicos.

Figura 4-195: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Camar 2

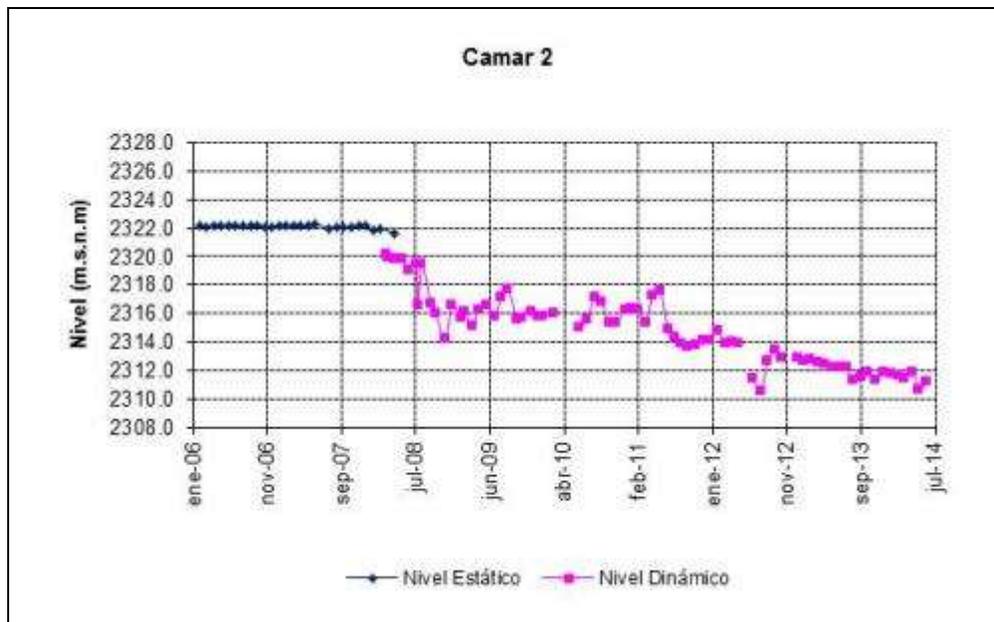
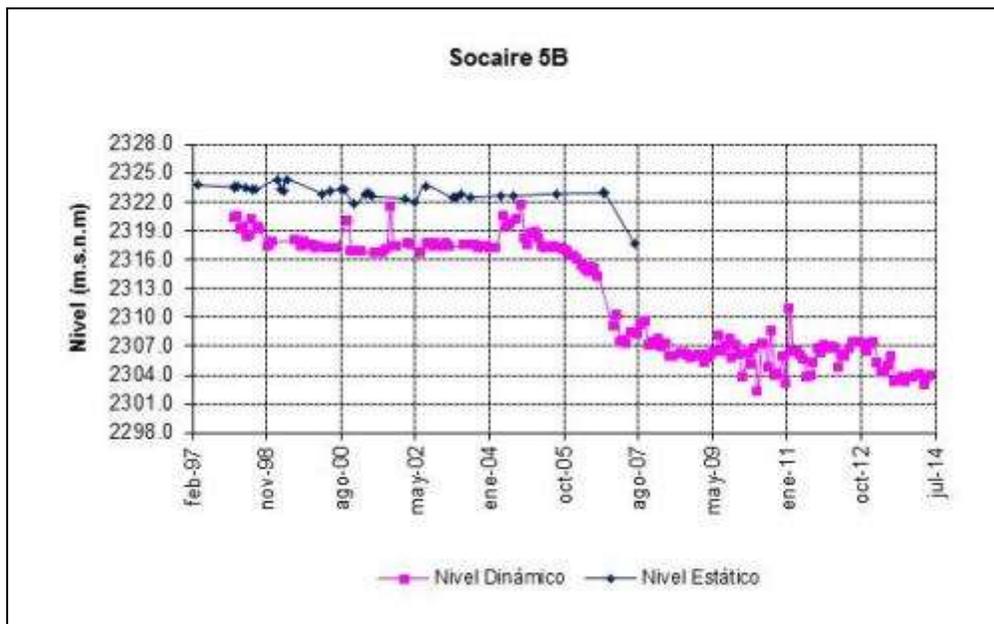


Figura 4-196: Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Socaire 5B



4.2.2 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 4-197 y Figura 4-198 respectivamente. Cabe indicar que el pozo Camar 2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008. Los caudales bombeados no han sobrepasado los derechos otorgados desde el inicio de la operación que son 60 y 65 L/s para el pozo Camar 2 y Socaire 5B respectivamente.

Figura 4-197: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Camar 2

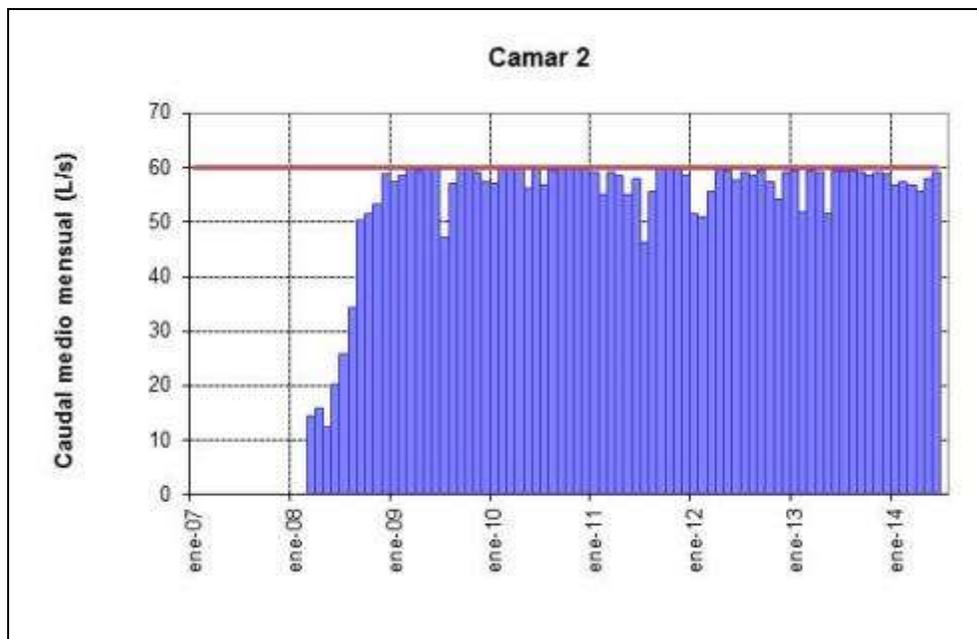
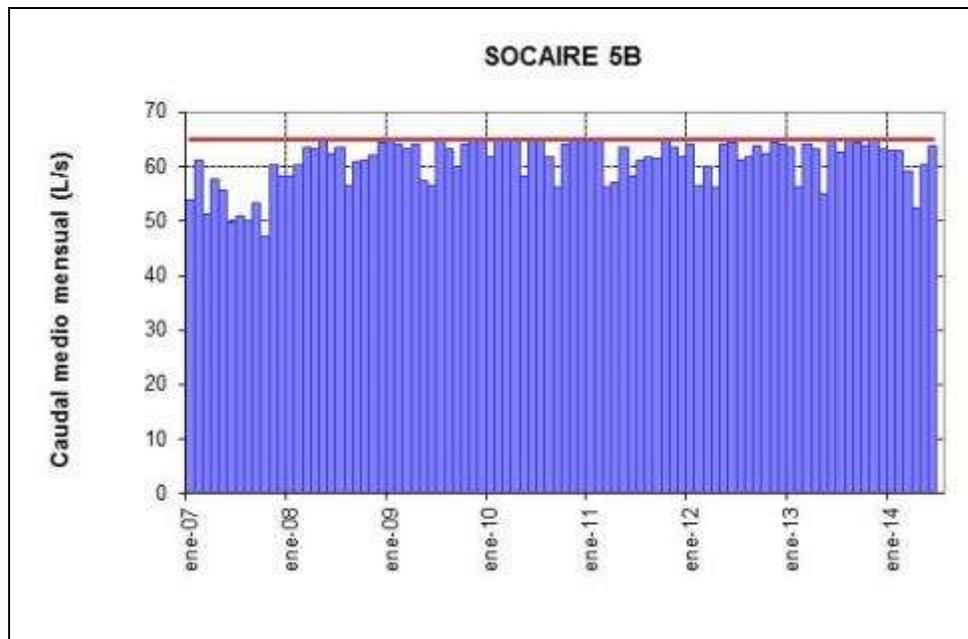


Figura 4-198: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B



4.2.3 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 4-199 a Figura 4-210. Los análisis fueron realizados por el laboratorio ALS Environmental, cuyos certificados se adjuntan en el Anexo 3. 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.

Al igual que para el sector de Soncor, las conductividades eléctricas reportadas por el laboratorio antes de Octubre del 2008 estaban fuera de rango, por lo cual en dicho caso se sugiere privilegiar las mediciones efectuadas en terreno.

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 4-199: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-3

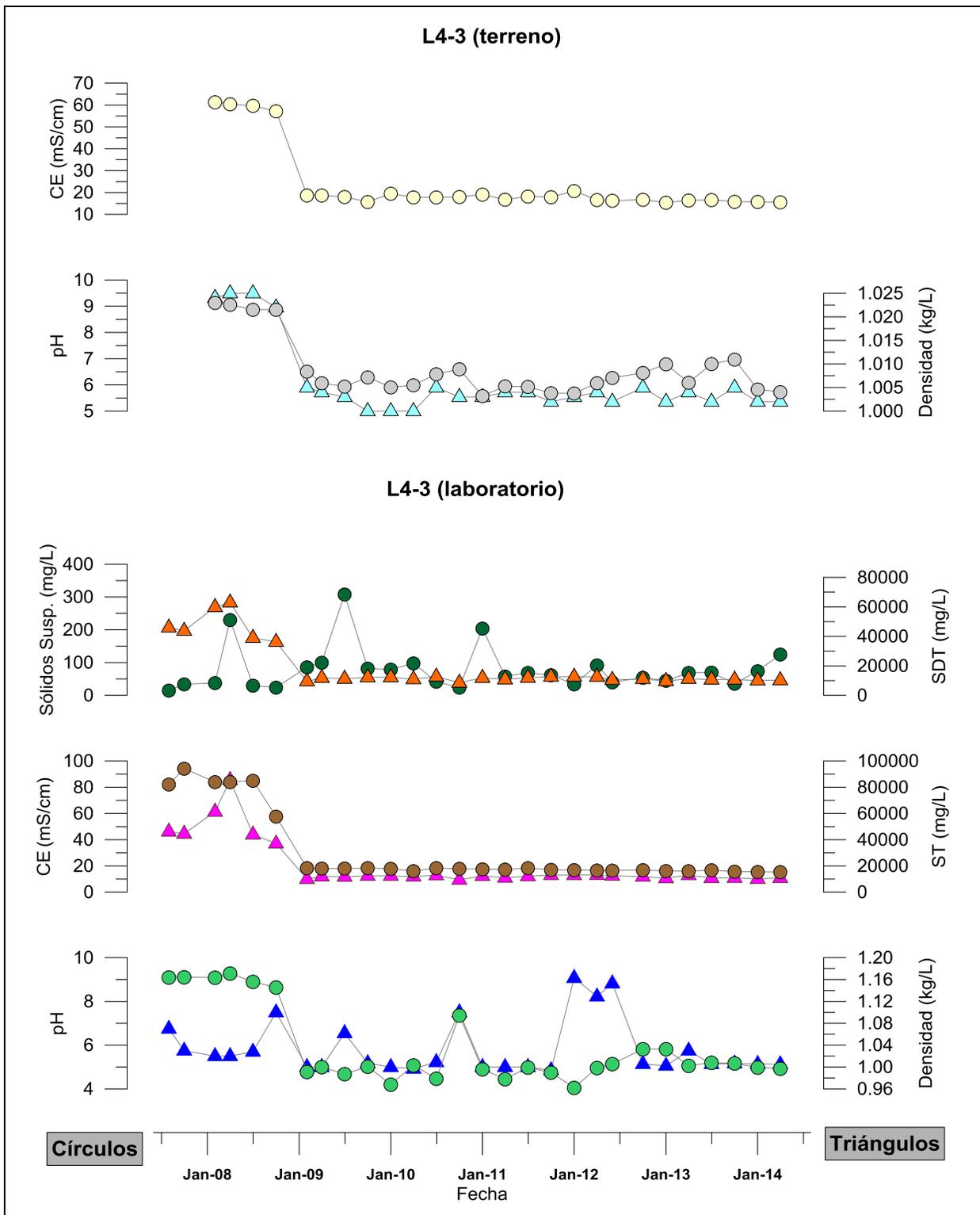
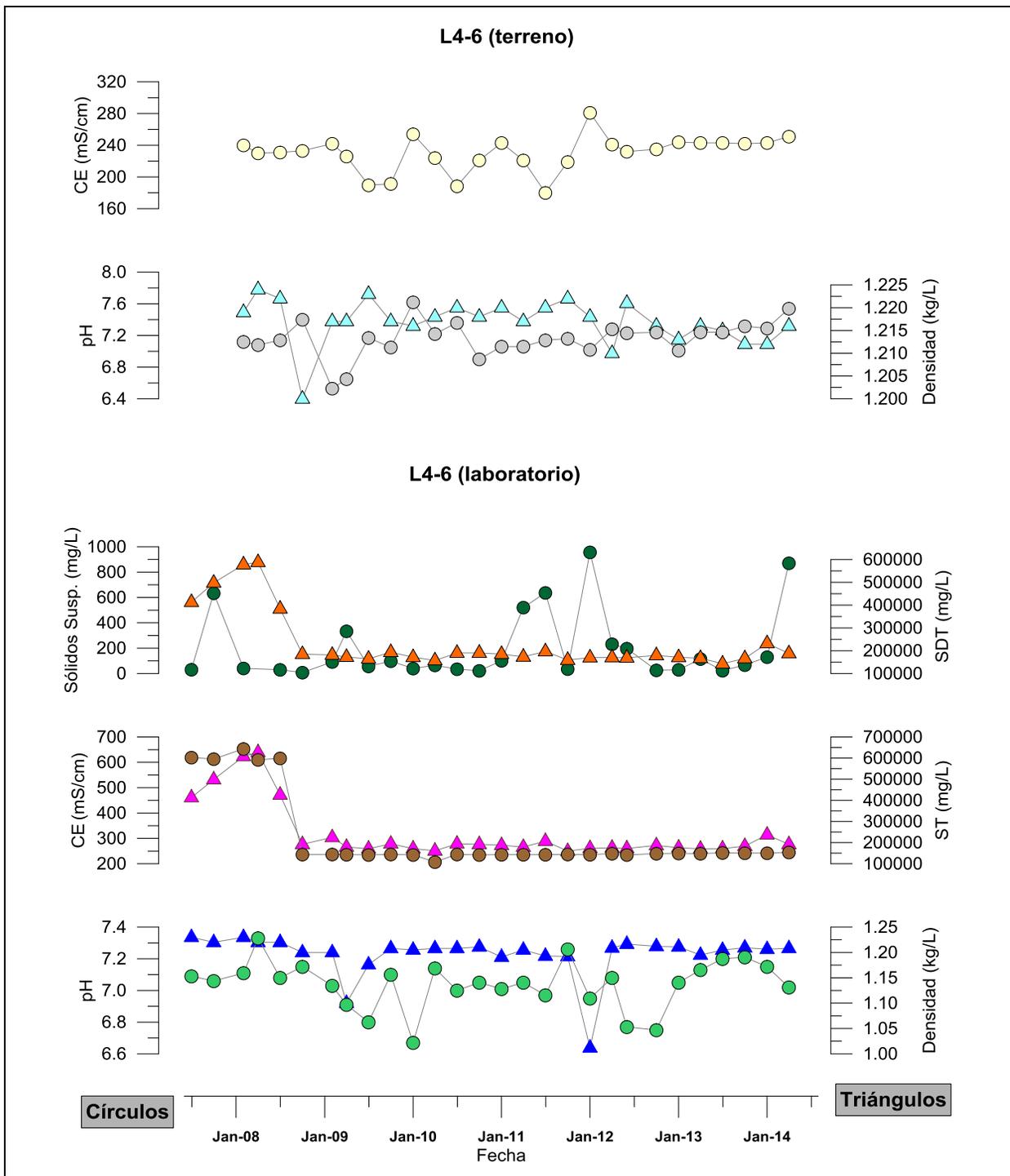


Figura 4-200: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-6¹¹



¹¹ 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 4-201: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-8

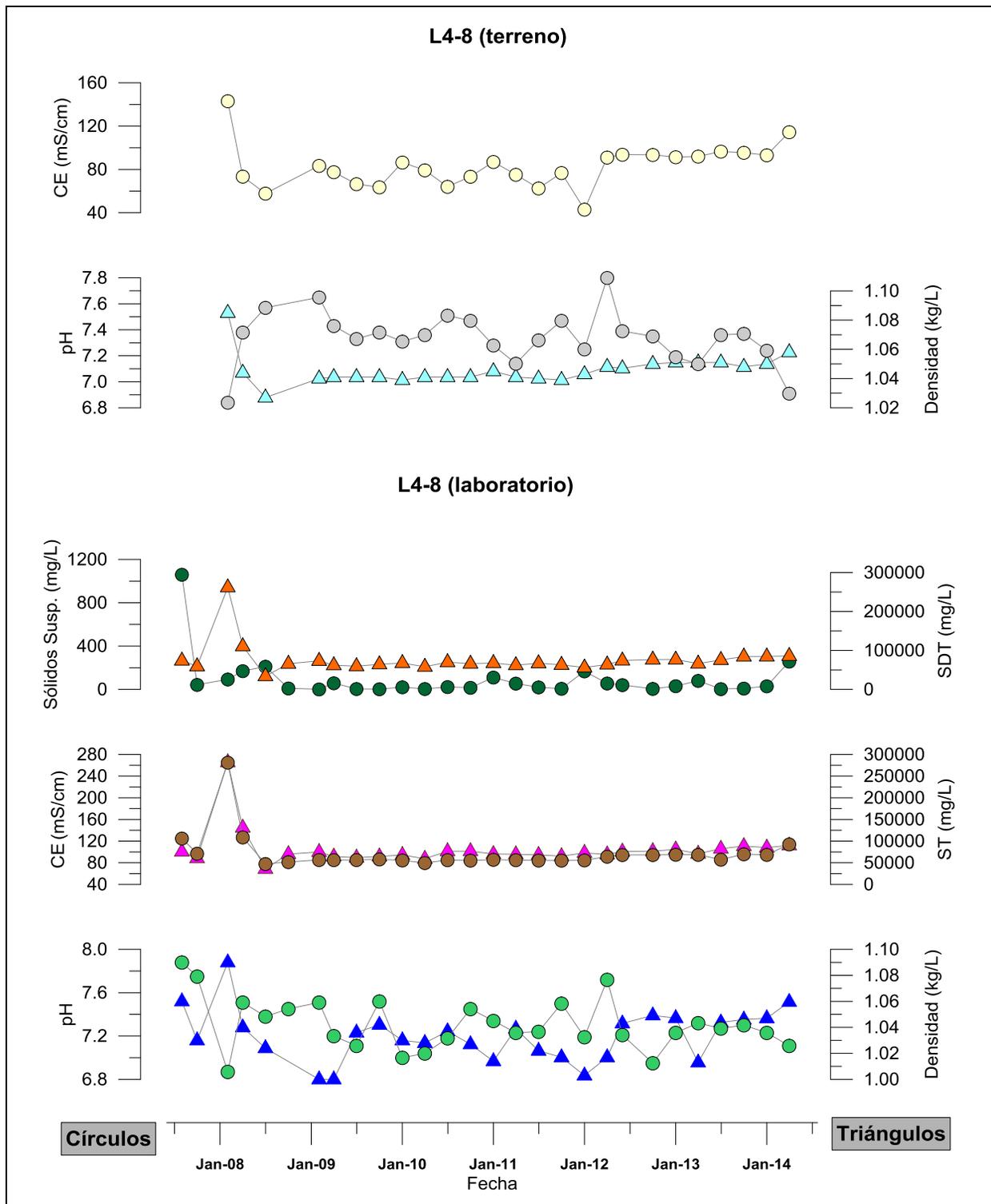
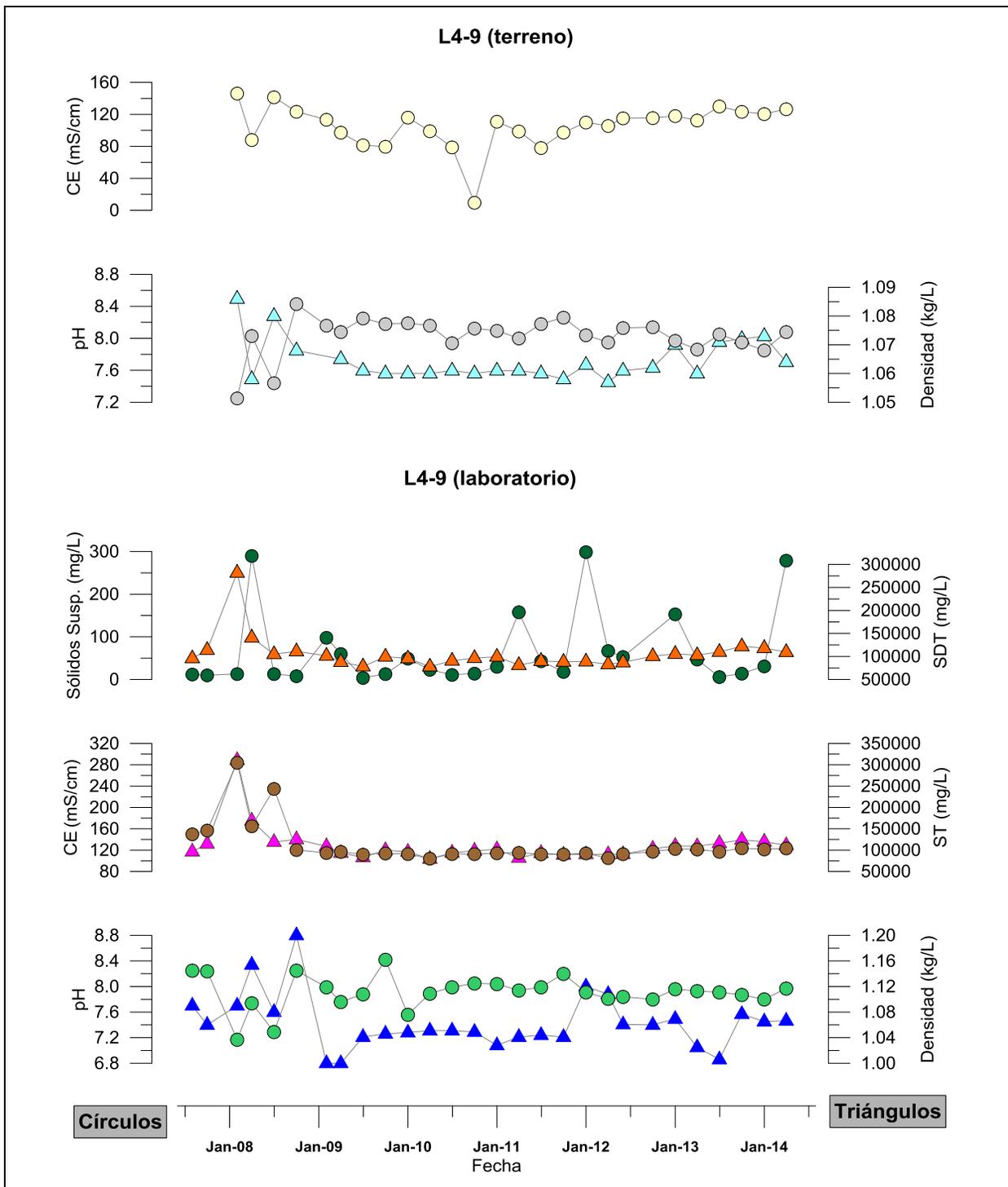


Figura 4-202: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-9¹²



¹² 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 4-203: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-12

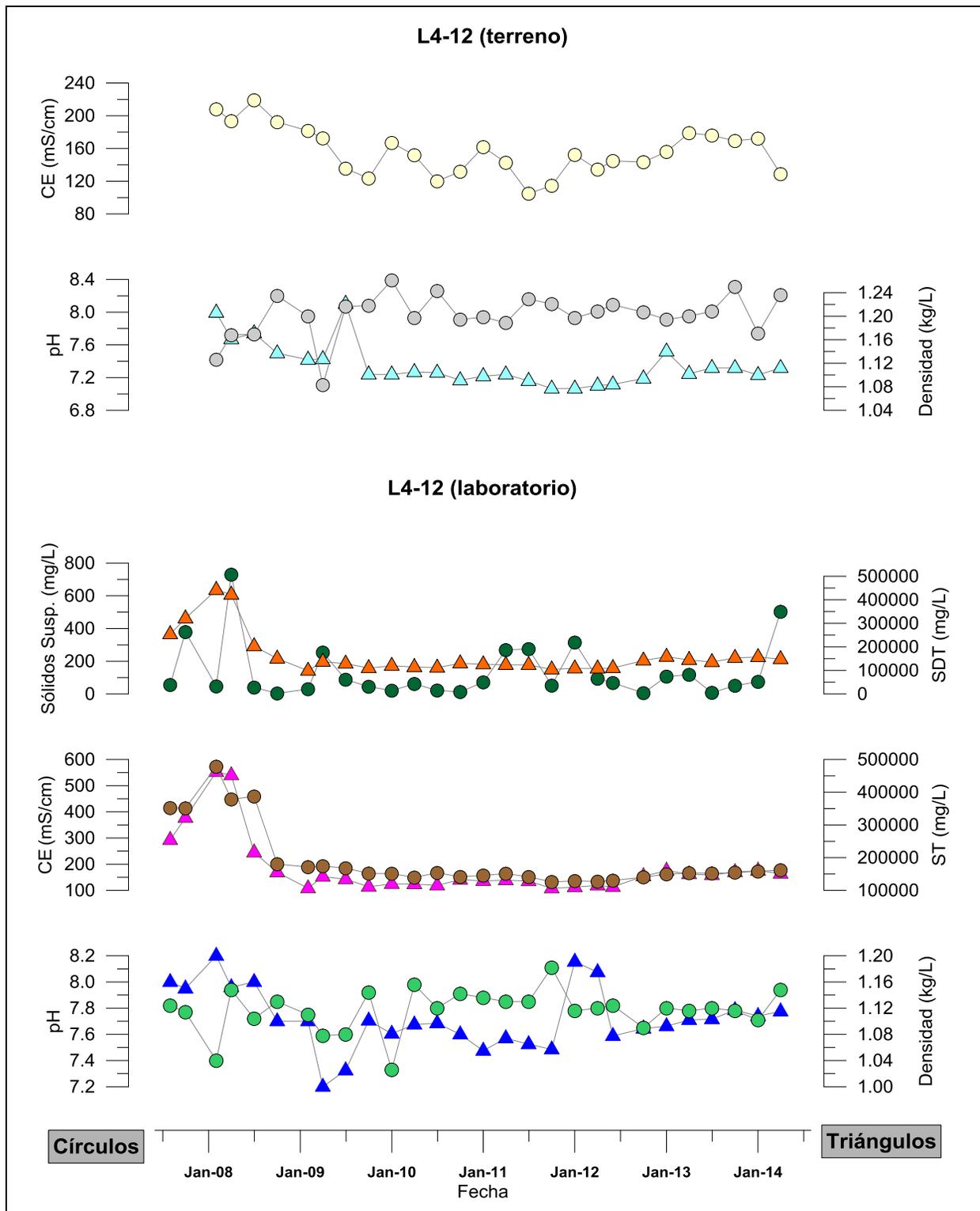


Figura 4-204: Resultados de análisis físico-químico del pozo L5-3

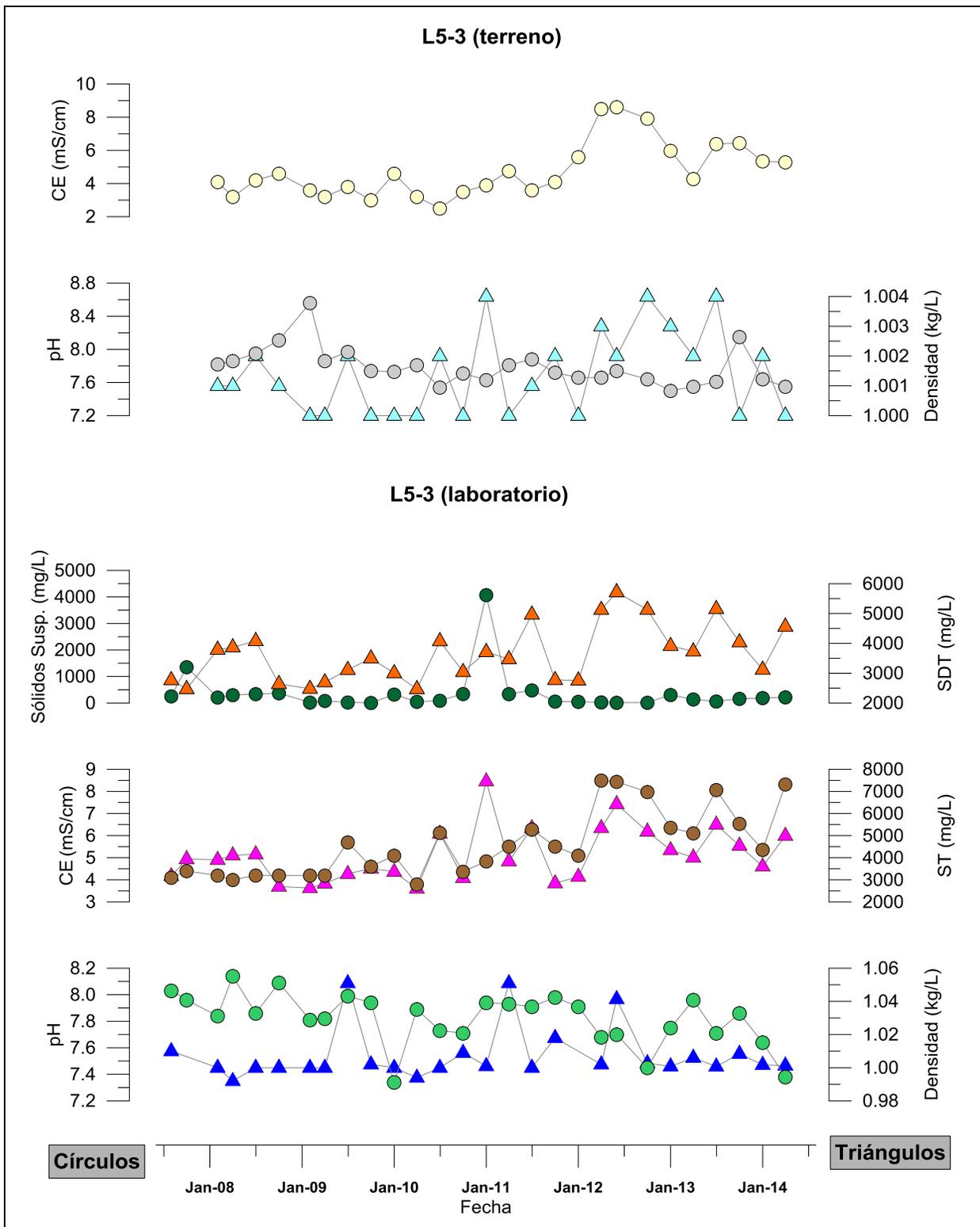
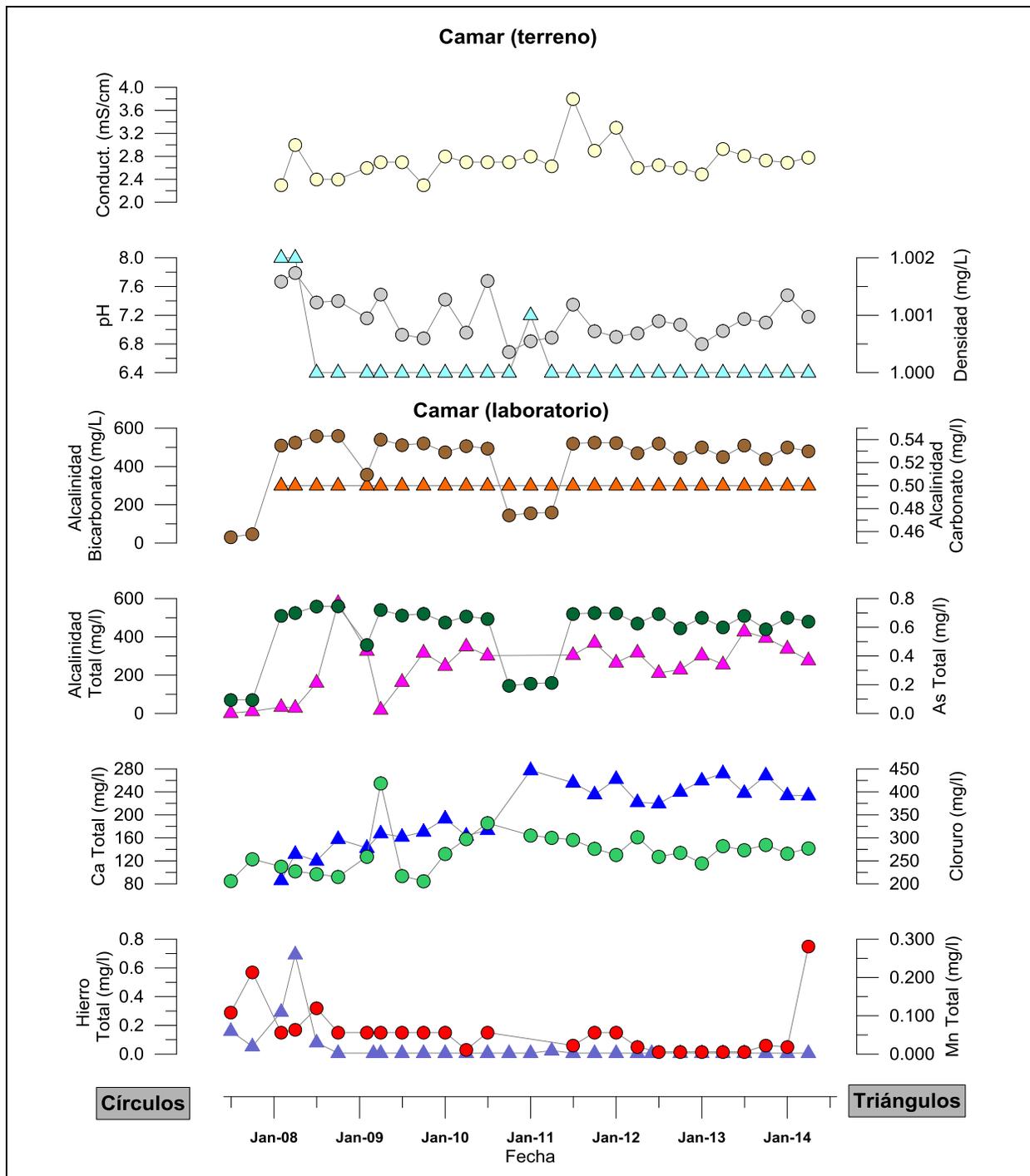
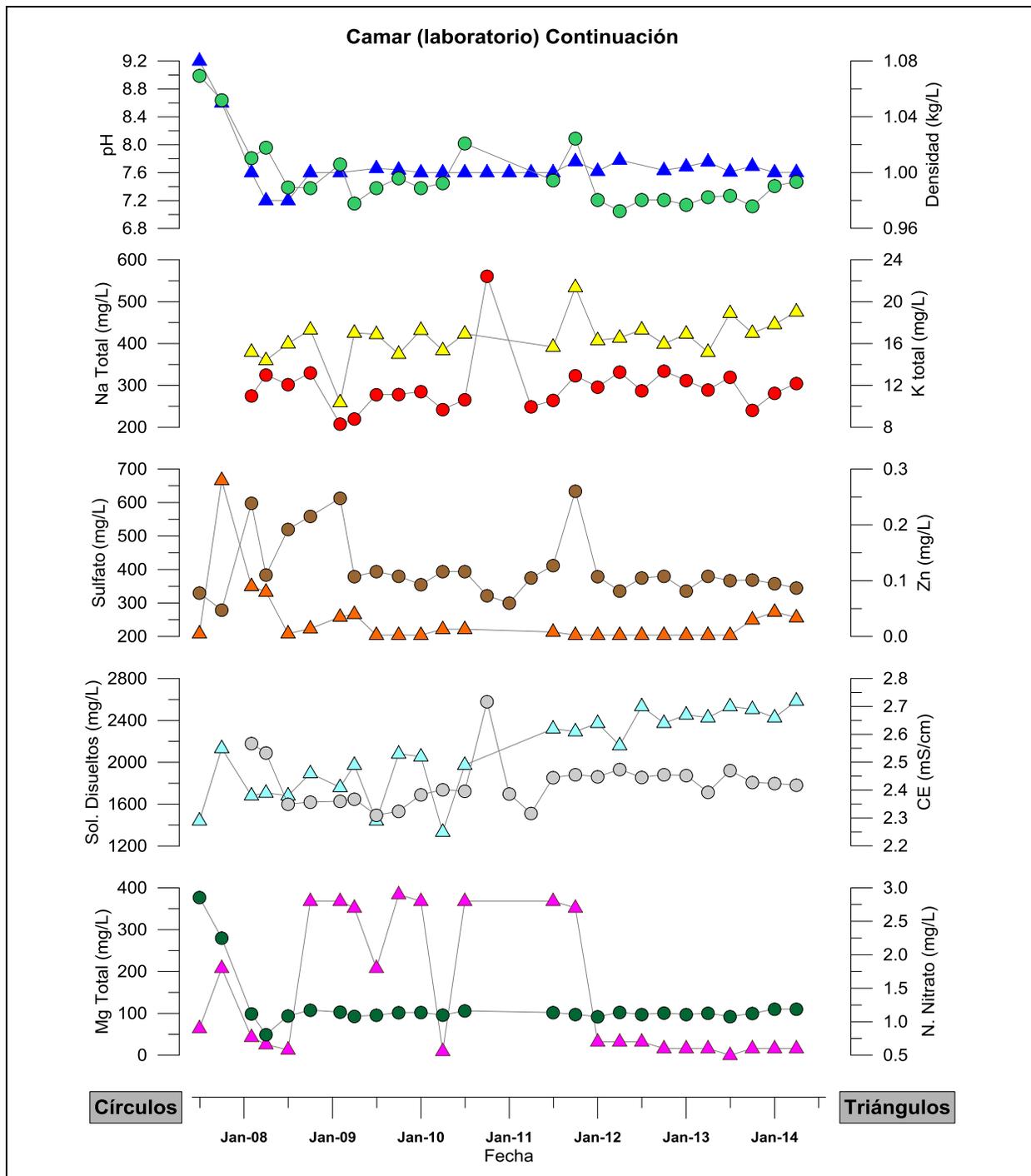


Figura 4-205: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2¹³



¹³ 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.

Figura 4-206: Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 2 (continuación)¹⁴



¹⁴ 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.

Figura 4-207: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B

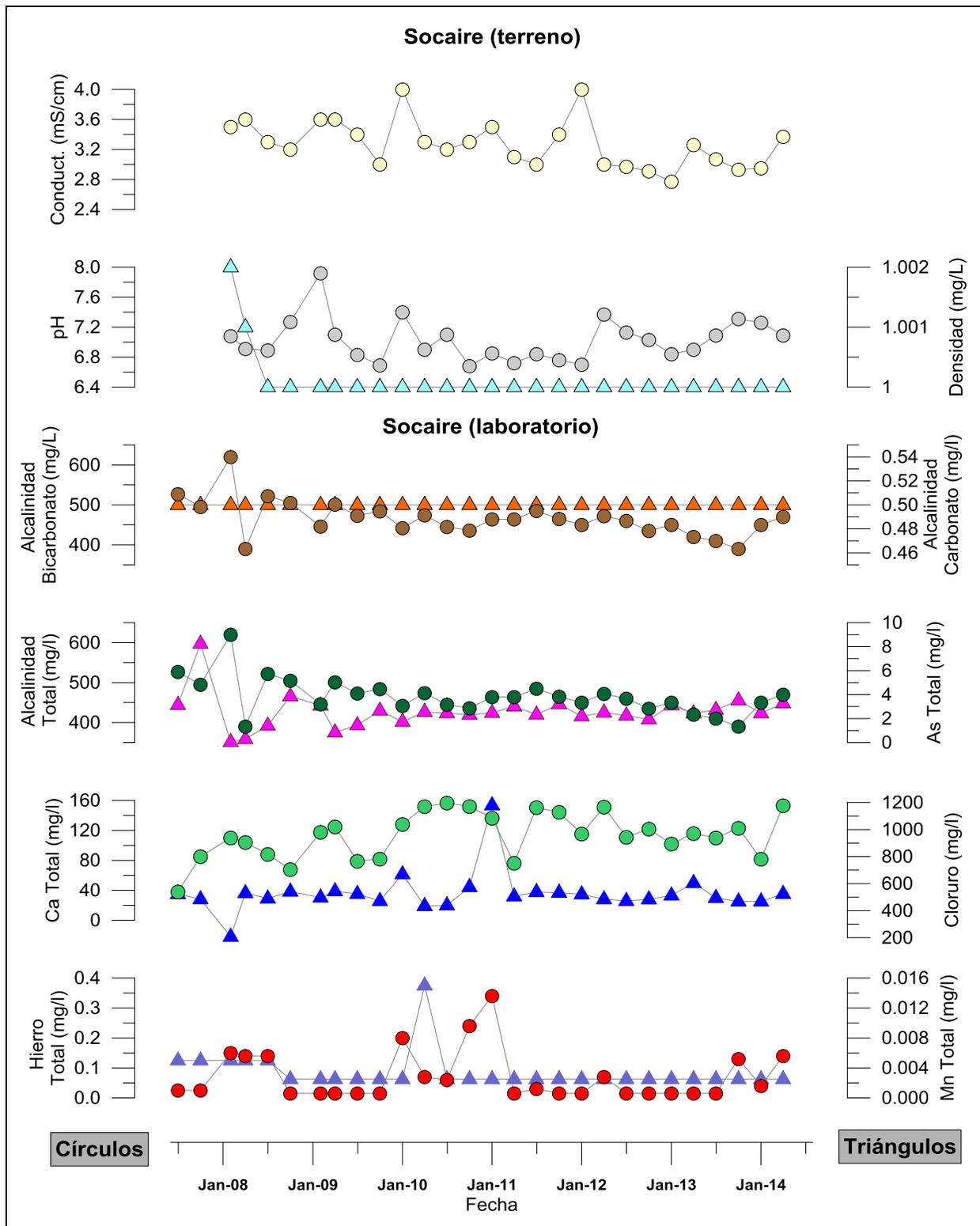


Figura 4-208: Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B (continuación)

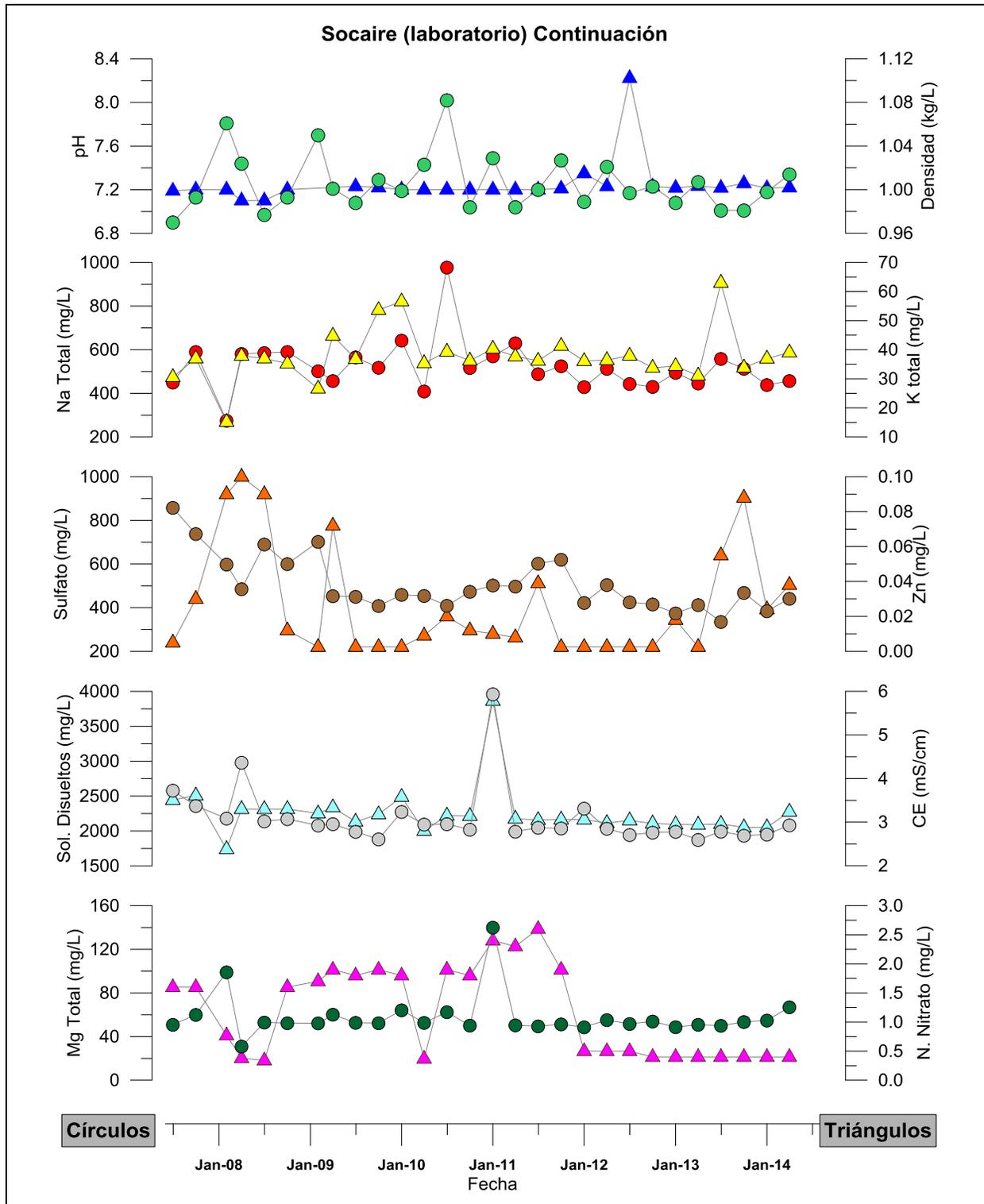
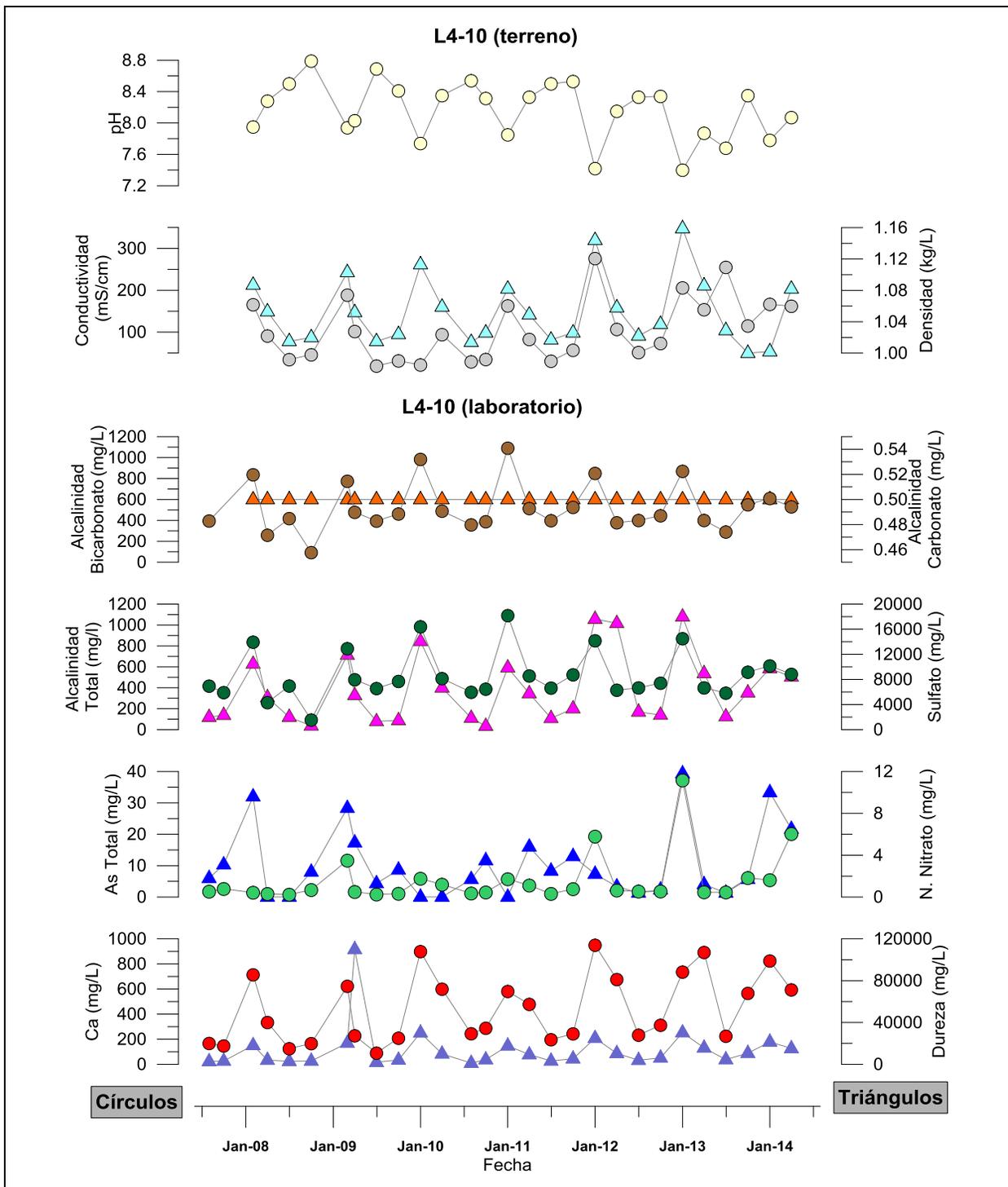
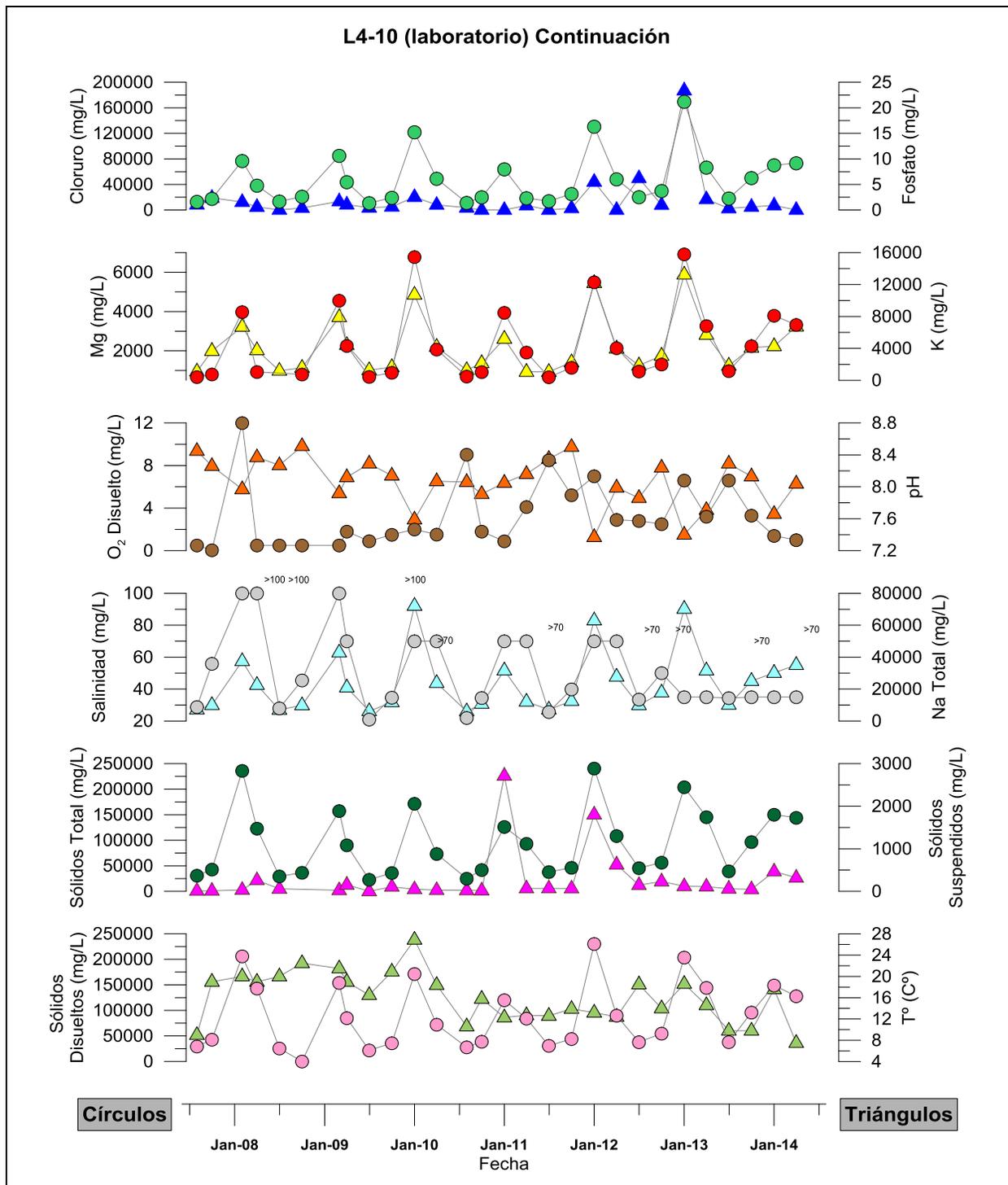


Figura 4-209: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10¹⁵



¹⁵ 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 4-210: Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 (continuación)¹⁶



¹⁶ 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.

4.3 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 572.000 este. En la Figura 4-211 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4-5 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 de nivel de manera gráfica.

Figura 4-211: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine

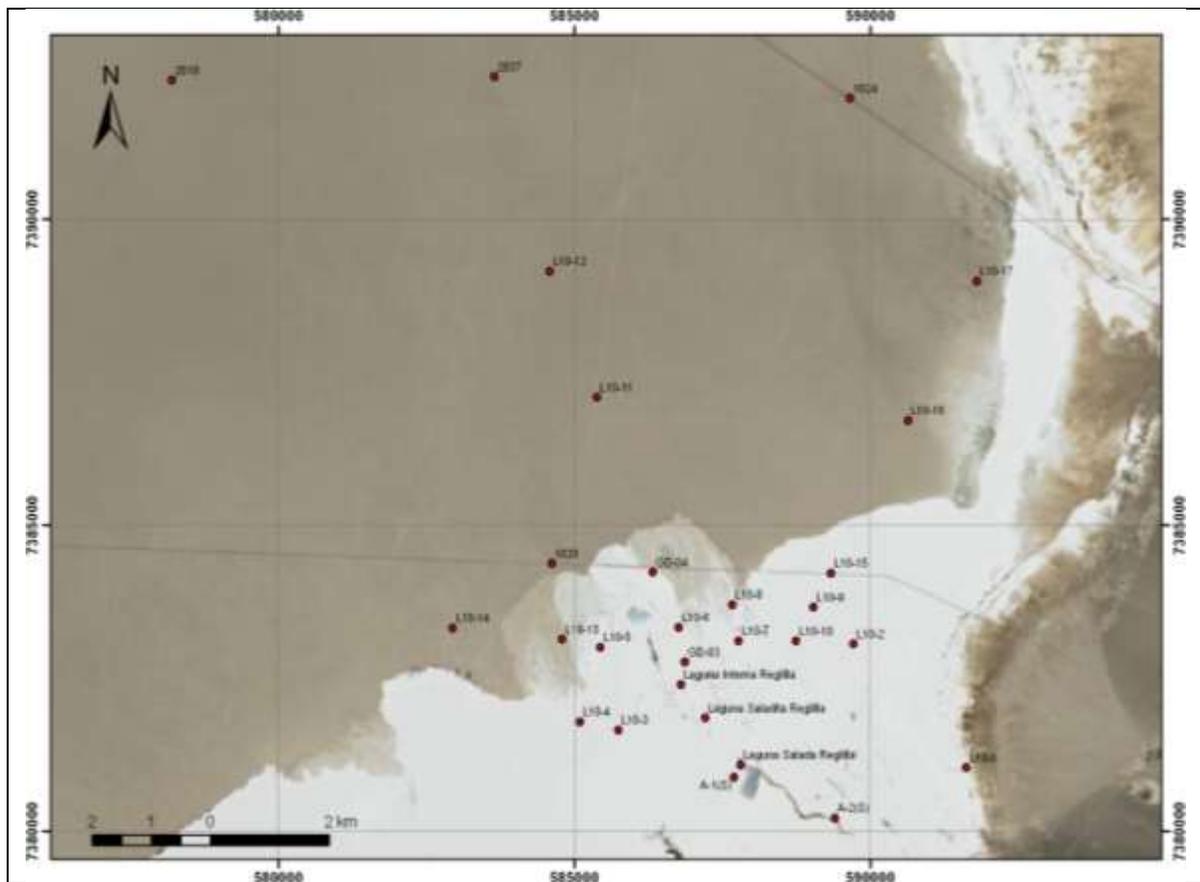


Tabla 4-5: Puntos de monitoreo del sistema Peine

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.	Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
GD-04	Zona marginal	Pozo profundo	176	2037	Salmuera	Pozo somero	184
L10-1	Zona marginal	Pozo profundo	177	GD-03	Salmuera	Pozo profundo	185
L10-2	Zona marginal	Pozo somero	177	L10-11	Salmuera	Pozo somero	185
L10-3	Zona marginal	Pozo somero	178	L10-12	Salmuera	Pozo somero	186
L10-4	Zona marginal	Pozo somero	178	L10-13	Salmuera	Pozo somero	186
L10-5	Zona marginal	Pozo somero	179	L10-14	Salmuera	Pozo somero	187
L10-6	Zona marginal	Pozo somero	179	L10-16	Salmuera	Pozo somero	187
L10-7	Zona marginal	Pozo somero	180	L10-17	Salmuera	Pozo somero	188
L10-8	Zona marginal	Pozo somero	180	Laguna Salada Reglilla	Zona marginal	Lacustre	189
L10-9	Zona marginal	Pozo somero	181	Laguna Saladita Reglilla	Zona marginal	Lacustre	190
L10-10	Zona marginal	Pozo somero	181	Laguna Interna Reglilla	Zona marginal	Lacustre	190
L10-15	Zona marginal	Pozo somero	182	Aforo Salada	Zona marginal	Aforo	203
1024	Salmuera	Pozo somero	183	Aforo Saladita	Zona marginal	Aforo	204
1028	Salmuera	Pozo profundo	183				
2018	Salmuera		184				

4.3.1 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 4-213) es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina y será presentado sólo en esta sección.

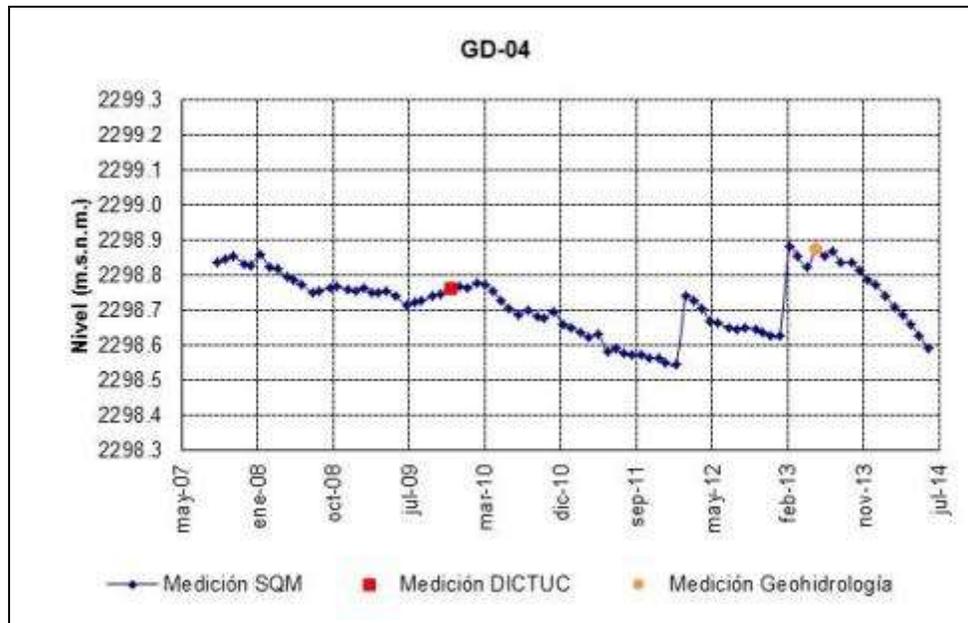
4.3.1.1 Pozos en zona marginal

La información recopilada en los primeros años de monitoreo 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 el nivel del acuífero medido en 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 importante, lo que está relacionado con la salinidad del agua y el tipo de costra salina del sector.

En términos generales se observa una leve tendencia de disminución de niveles en la mayoría de los pozos de este sistema, con un aumento de la pendiente de descenso a partir de abril del 2010 aprox., hasta enero de 2012, donde las lluvias en el Borde Este del Salar de Atacama generaron un aumento en el nivel de los pozos (10 cm aprox.) y luego durante el primer semestre de 2014, que los pozos han recuperado los niveles previos a las lluvias, salvo los pozos L10-1, L10-2 y L10-10 cuyos niveles se han mantenido estables en el último

periodo. Estos ascensos pueden estar asociados a la dinámica de interacción entre la zona marginal y el núcleo de salmuera, que se observa especialmente activa en esta zona, como lo demuestra el avance hacia el núcleo que ha presentado la laguna Interna, y a un aumento de recarga asociado a la precipitación.

Figura 4-212: Nivel mensual observado en el pozo GD-04



Posterior a un muestreo de agua en el pozo L10-1 (Figura 4-213), 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. Se observa que en el último periodo existe una recuperación en este pozo llegando a un valor de 2304,46 msnm, cercano al máximo histórico de 2304,47 que se registró en julio de 2013.

Figura 4-213: Nivel mensual observado en el pozo L10-1

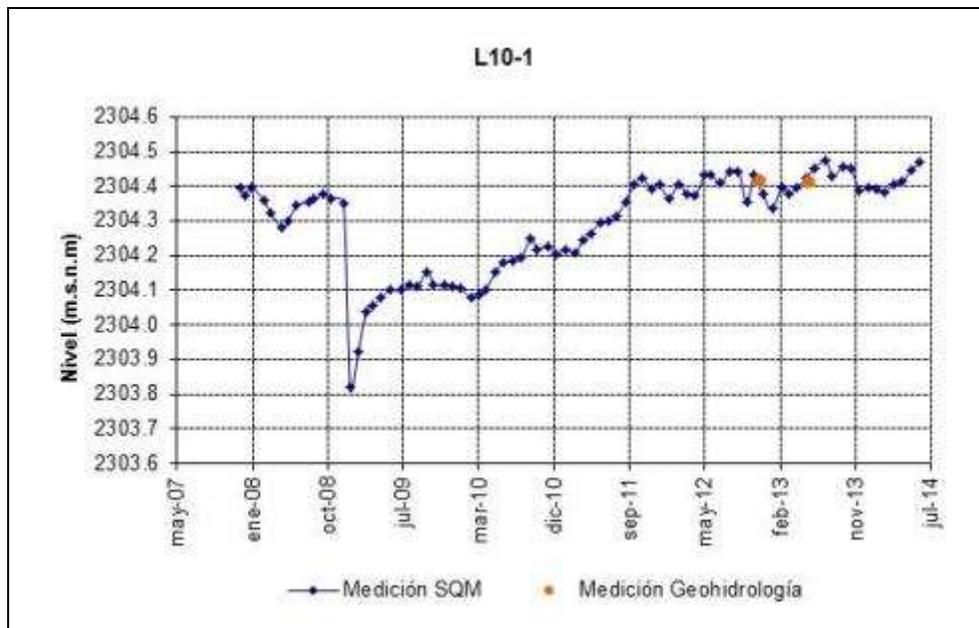


Figura 4-214: Nivel mensual observado en el pozo L10-2

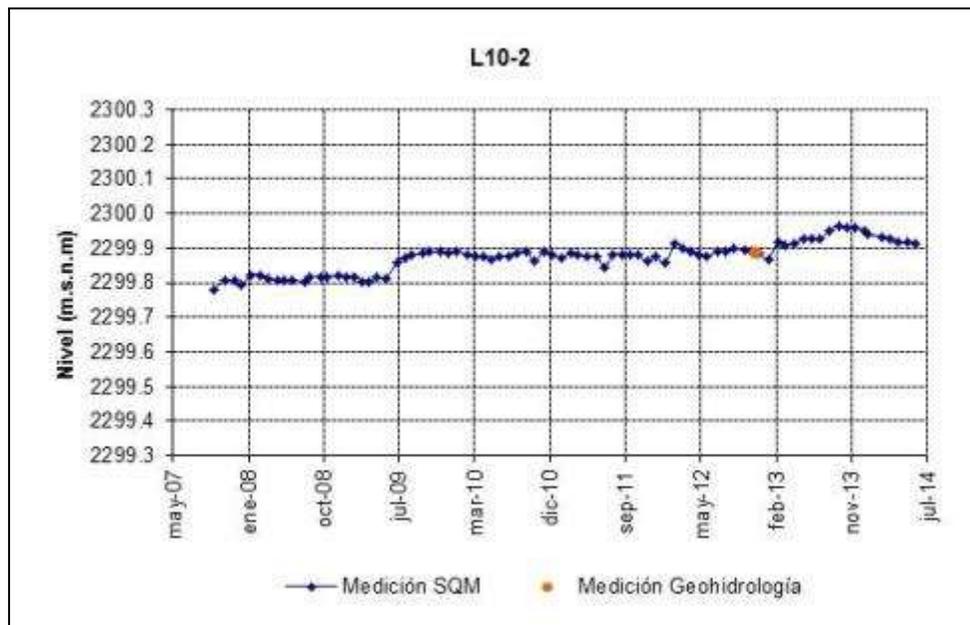


Figura 4-215: Nivel mensual observado en el pozo L10-3

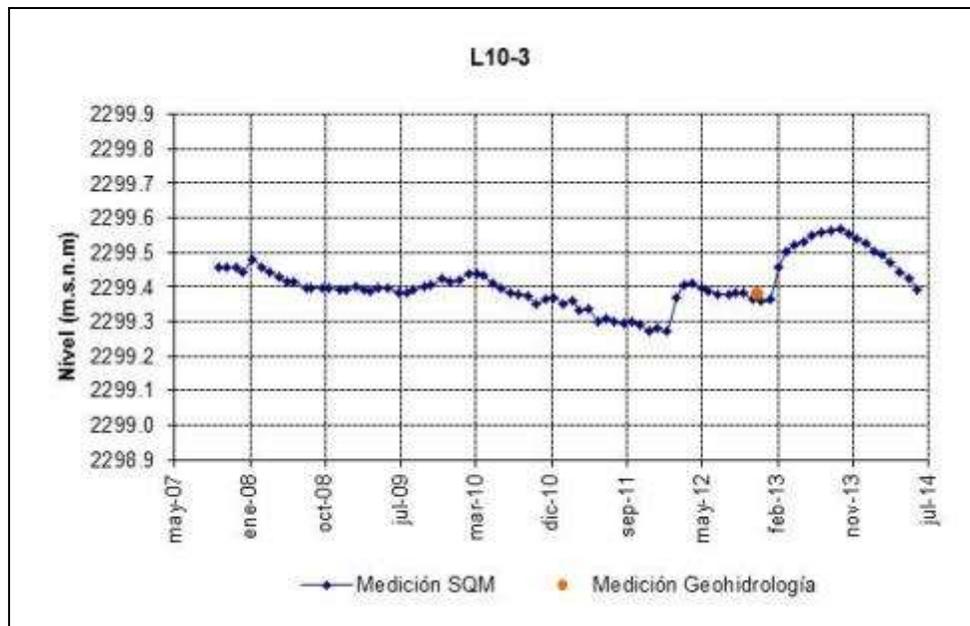


Figura 4-216: Nivel mensual observado en el pozo L10-4

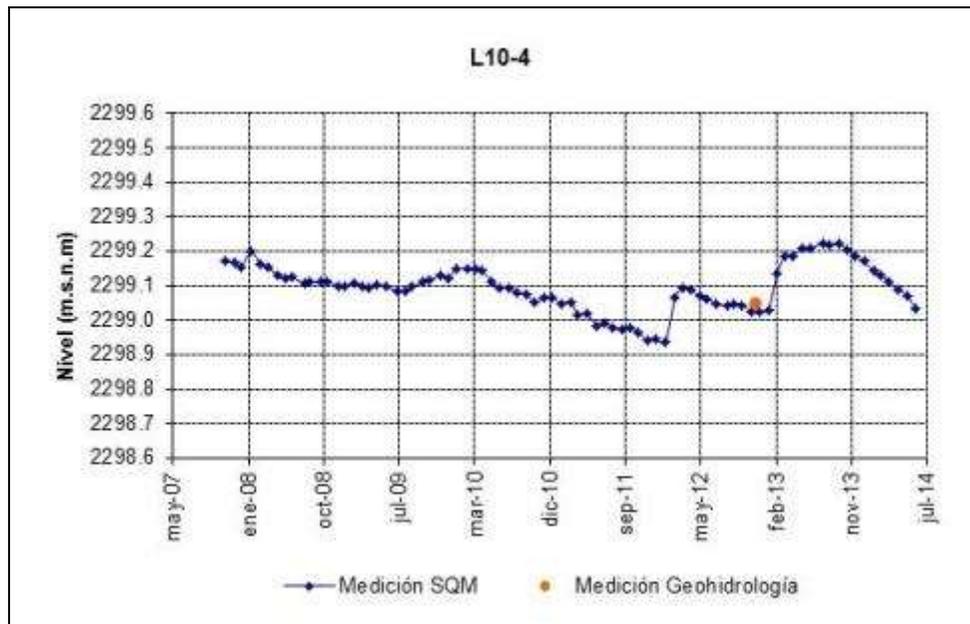


Figura 4-217: Nivel mensual observado en el pozo L10-5

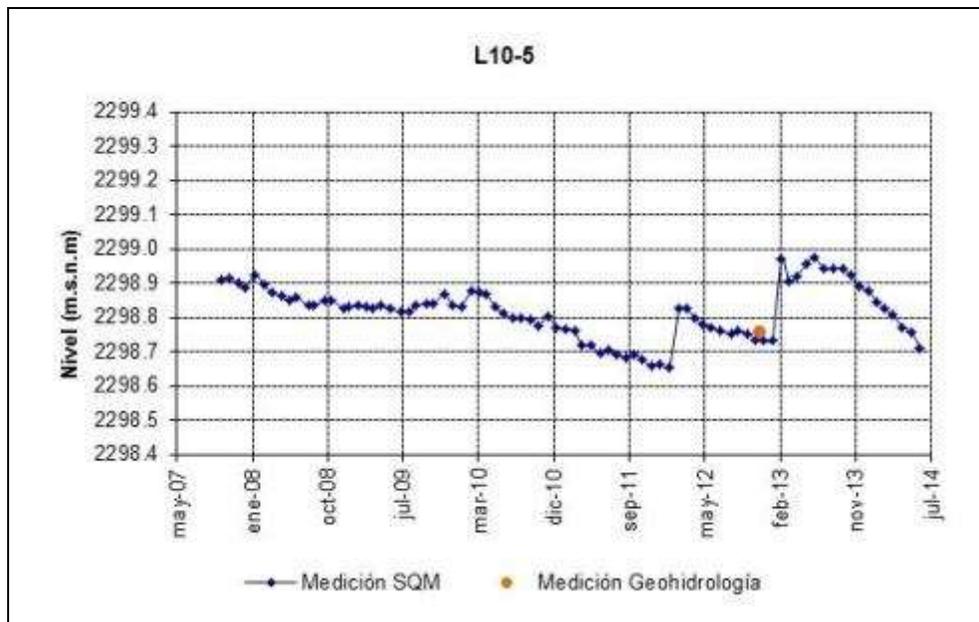


Figura 4-218: Nivel mensual observado en el pozo L10-6

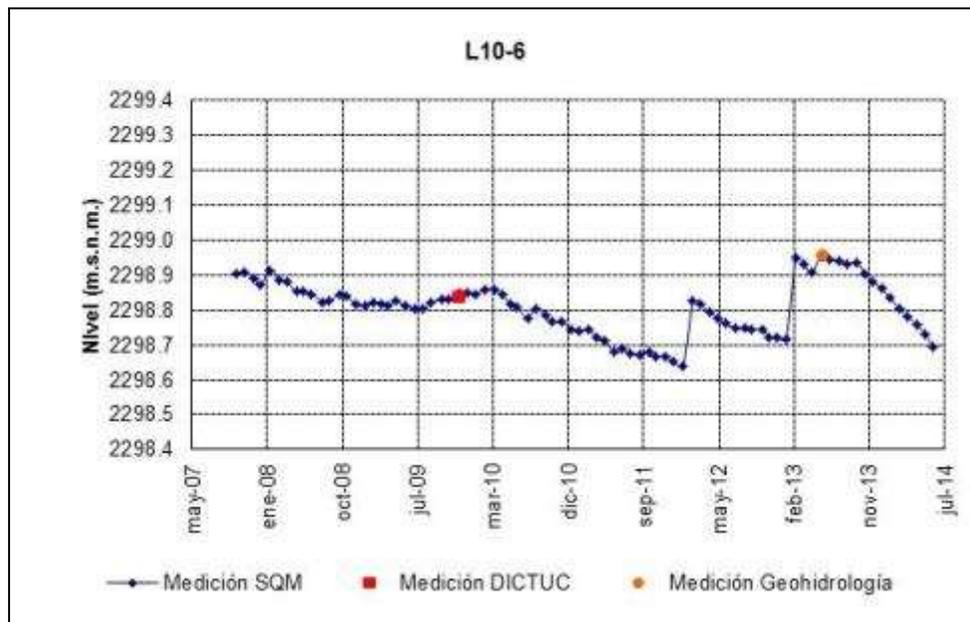


Figura 4-219: Nivel mensual observado en el pozo L10-7

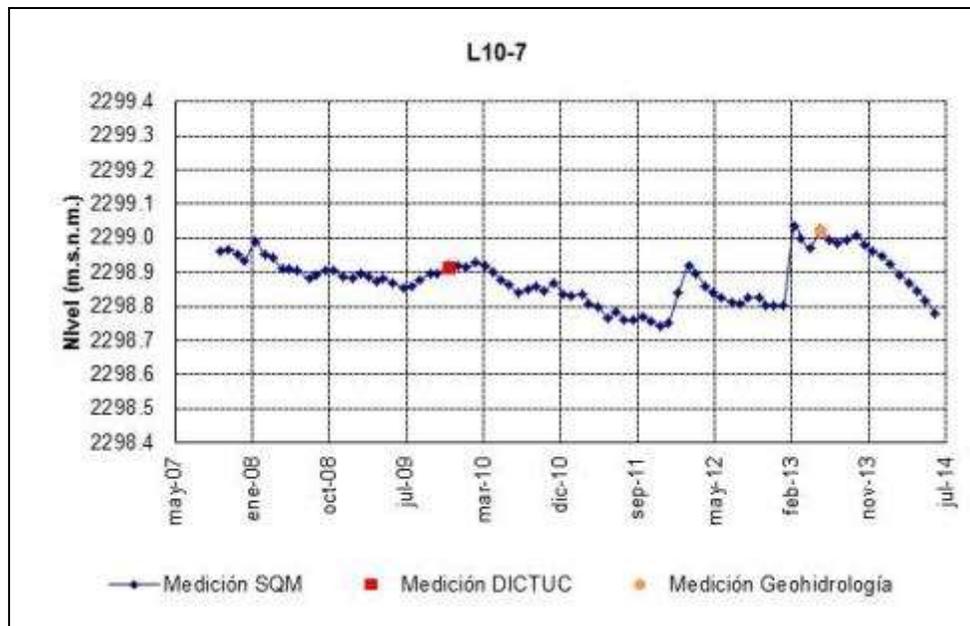


Figura 4-220: Nivel mensual observado en el pozo L10-8

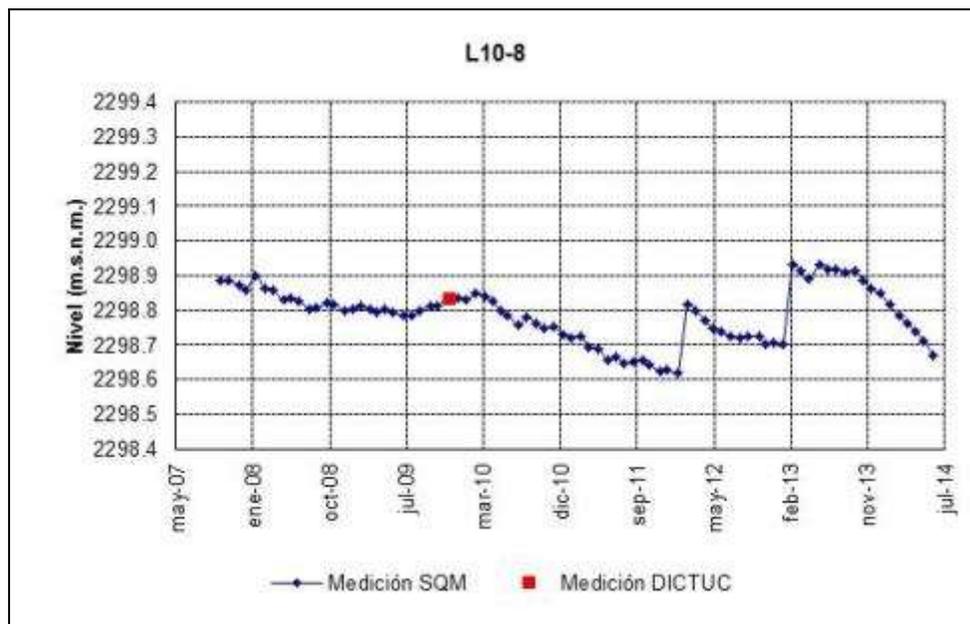


Figura 4-221: Nivel mensual observado en el pozo L10-9

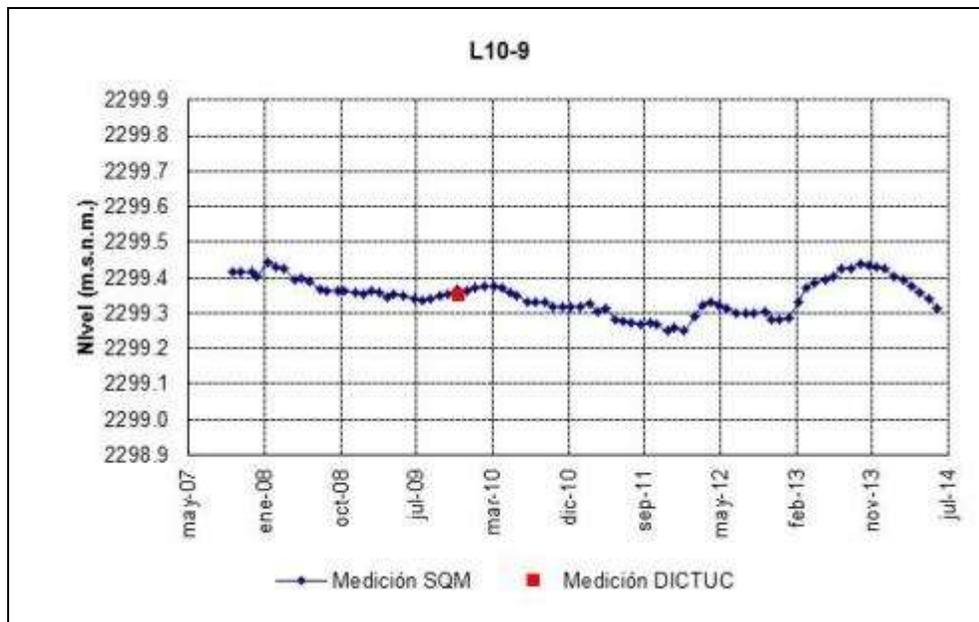


Figura 4-222: Nivel mensual observado en el pozo L10-10

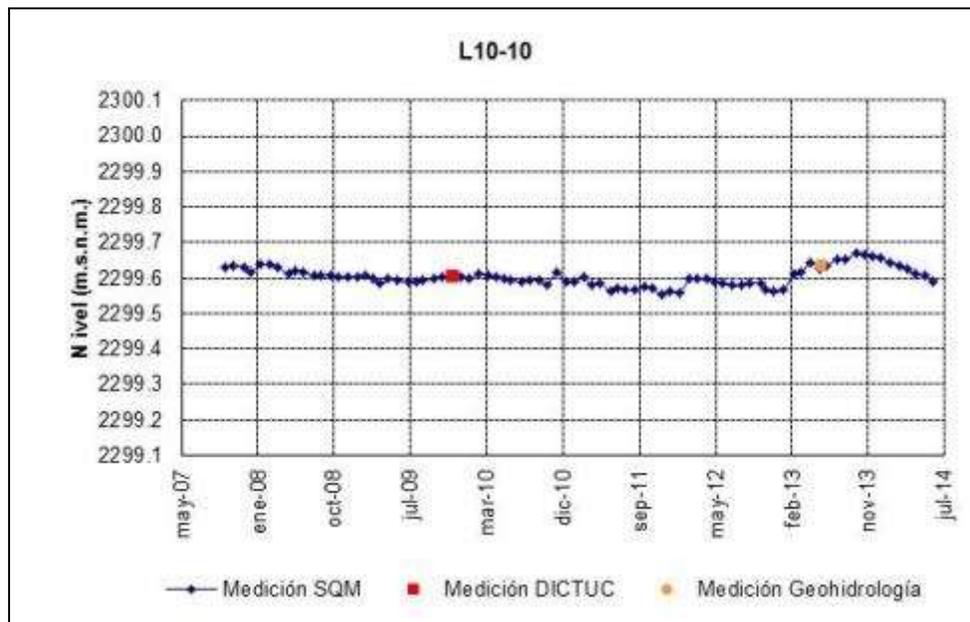
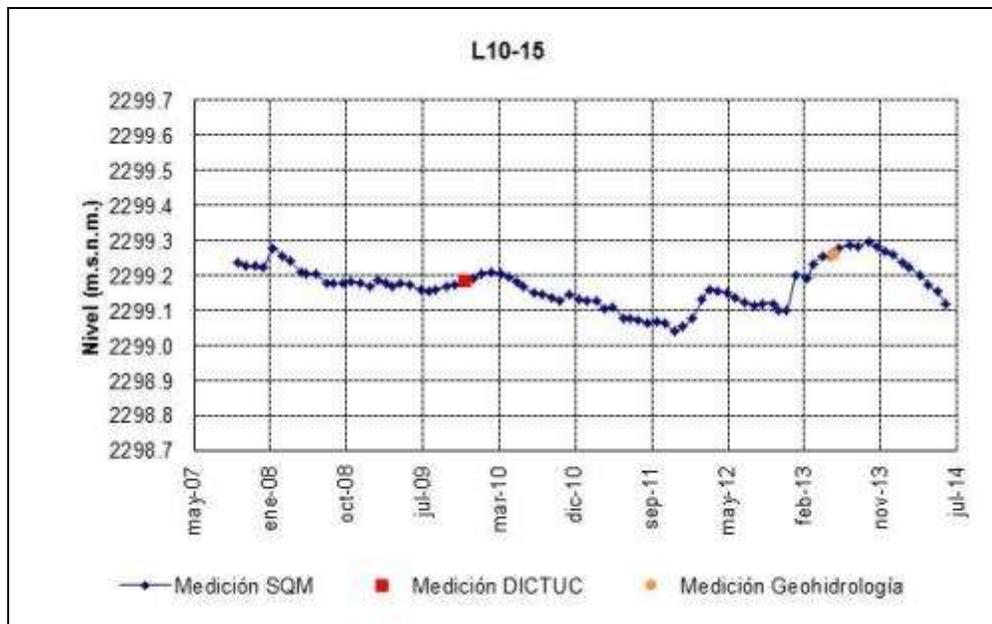


Figura 4-223: Nivel mensual observado en el pozo L10-15



4.3.1.2 Pozos de salmuera

Los pozos que se muestran a continuación presentan ascensos bruscos de nivel producto de las precipitaciones ocurridas en febrero de 2012 y 2013, y en su mayoría estos niveles son mayores a los observados al inicio del proyecto (2007). Al igual que los otros pozos de este sistema se observa una recuperación de los niveles y de la pendiente de descenso previa a las lluvias 2012 y 2013.

Figura 4-224: Nivel mensual observado en el pozo 1024

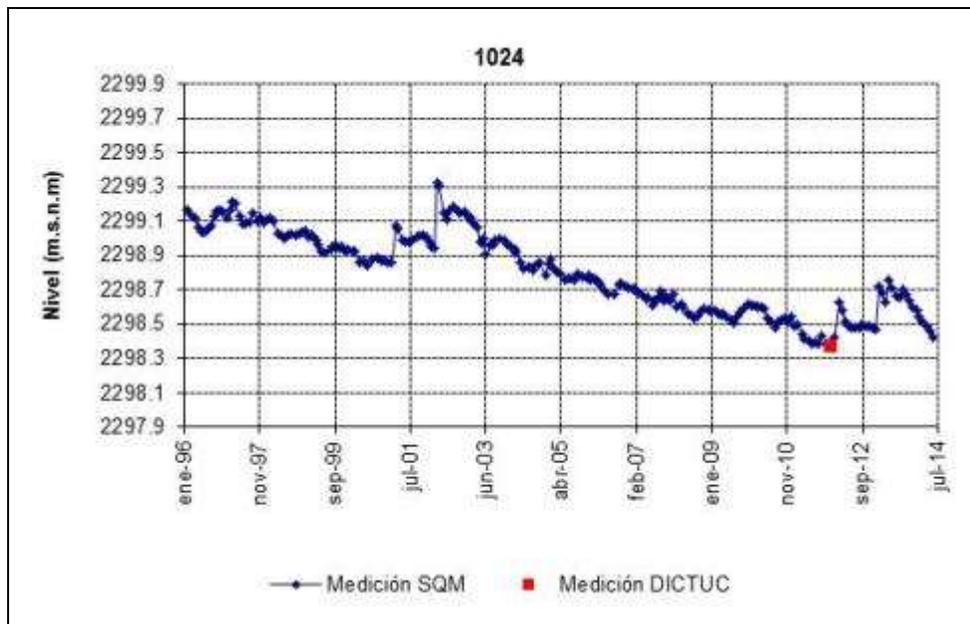


Figura 4-225: Nivel mensual observado en el pozo 1028

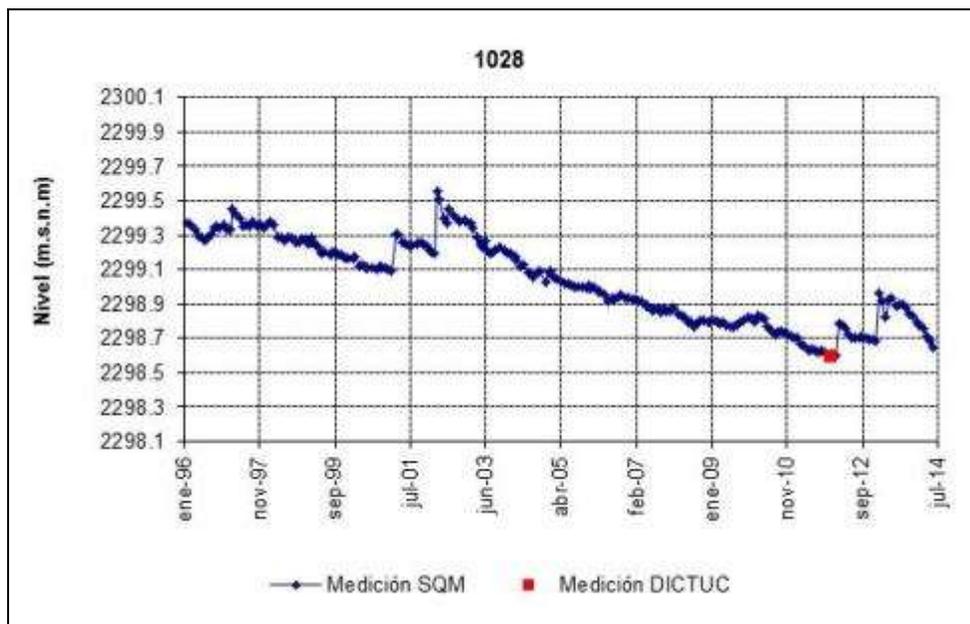


Figura 4-226: Nivel mensual observado en el pozo 2018

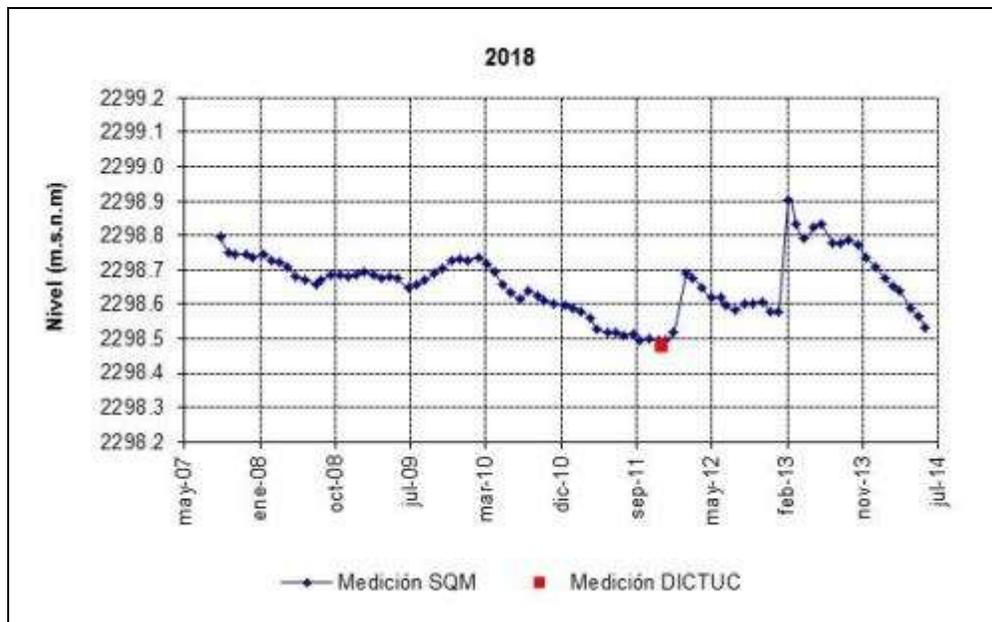


Figura 4-227: Nivel mensual observado en el pozo 2037

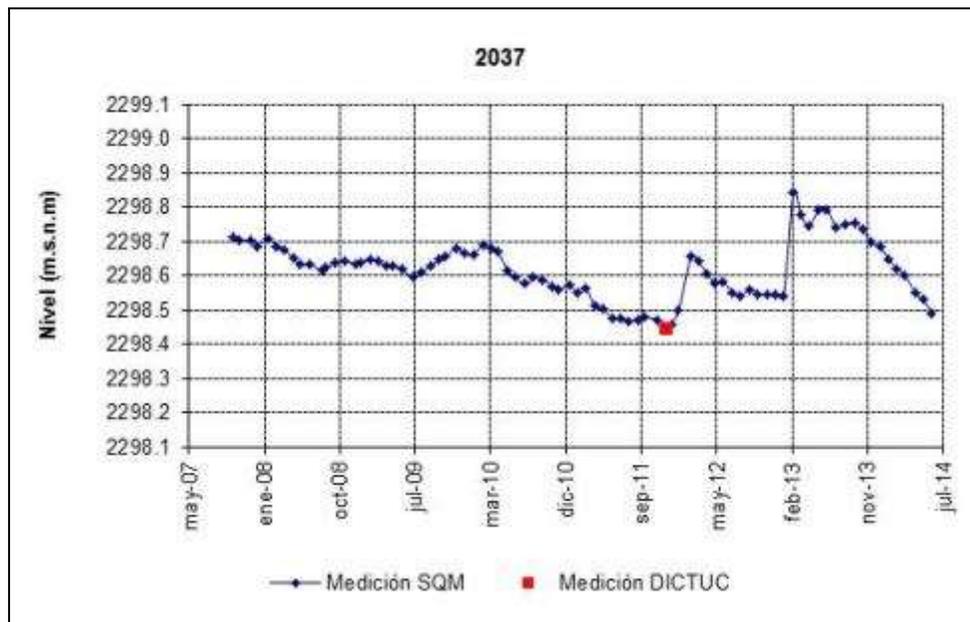


Figura 4-228: Nivel mensual observado en el pozo GD-03

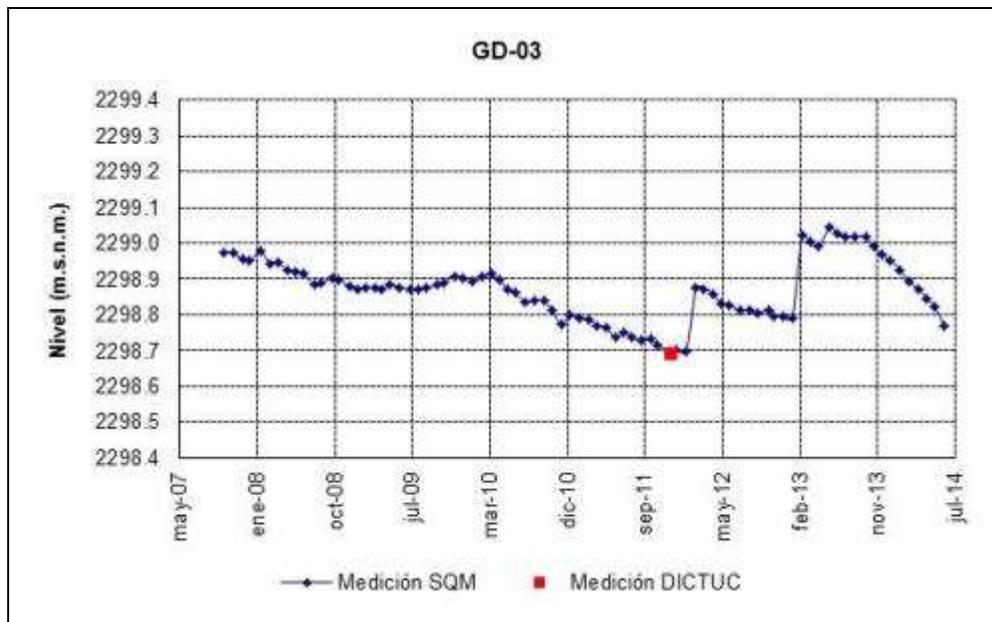


Figura 4-229: Nivel mensual observado en el pozo L10-11

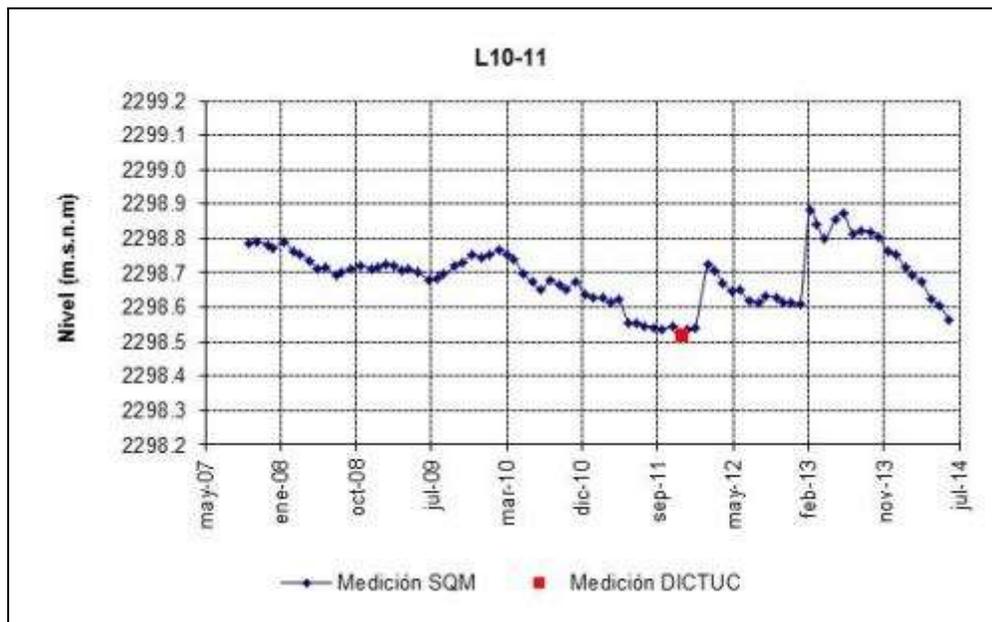


Figura 4-232: Nivel mensual observado en el pozo L10-14

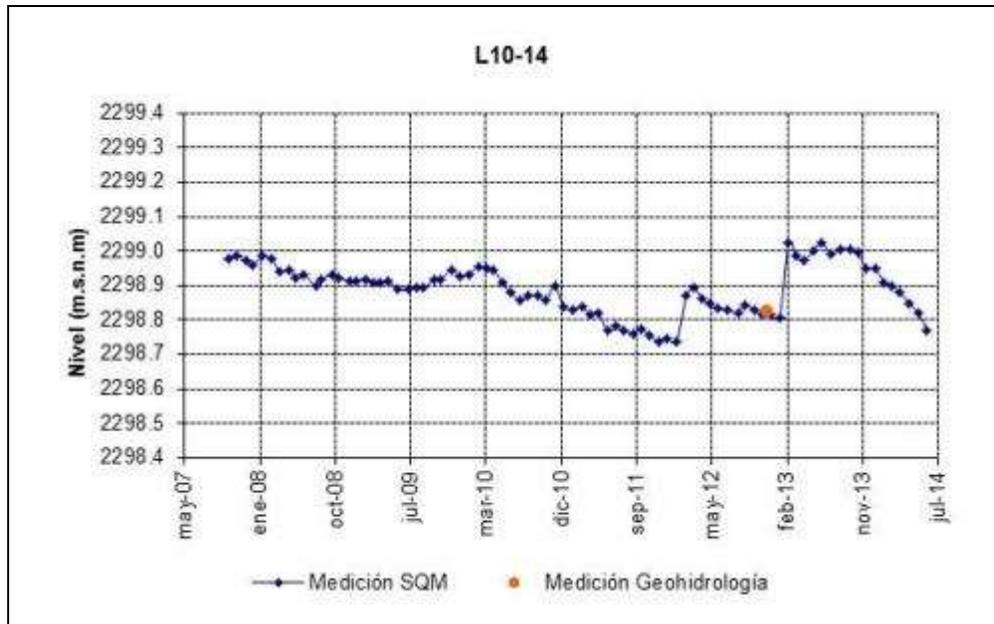


Figura 4-233: Nivel mensual observado en el pozo L10-16

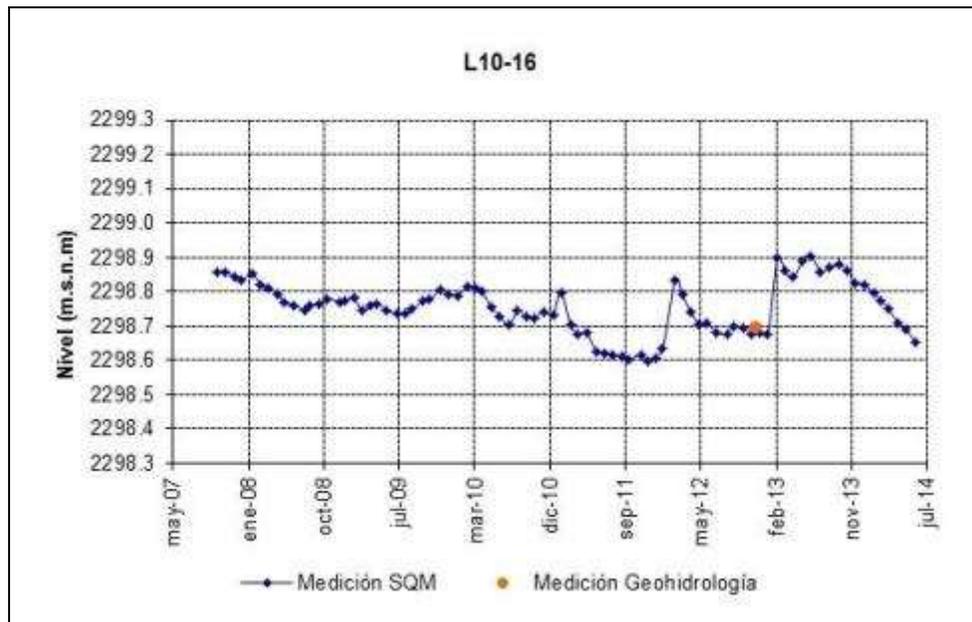
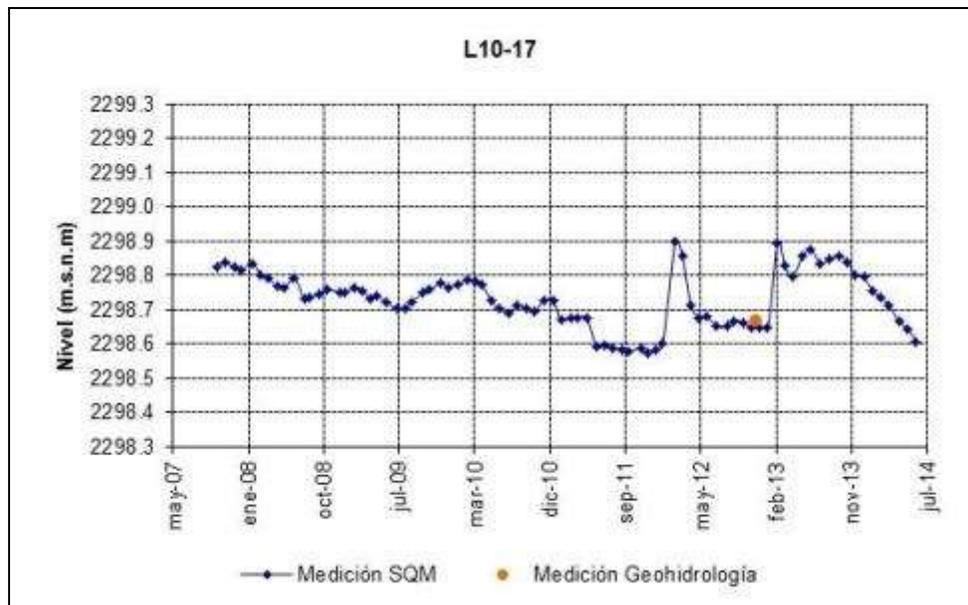


Figura 4-234: Nivel mensual observado en el pozo L10-17



4.3.1.3 Nivel lacustre

Las lagunas Salada (Figura 4-235) y Saladita (Figura 4-236) presentan un comportamiento bastante estable a través del tiempo, a diferencia de la laguna Interna (Figura 4-237) que tuvo un descenso durante el año 2005 para luego estabilizarse en un nuevo nivel.

La medición del nivel lacustre para el sistema Peine es realizada directamente por CONAF y se incluye aquí en virtud del convenio entre CONAF y SQM.

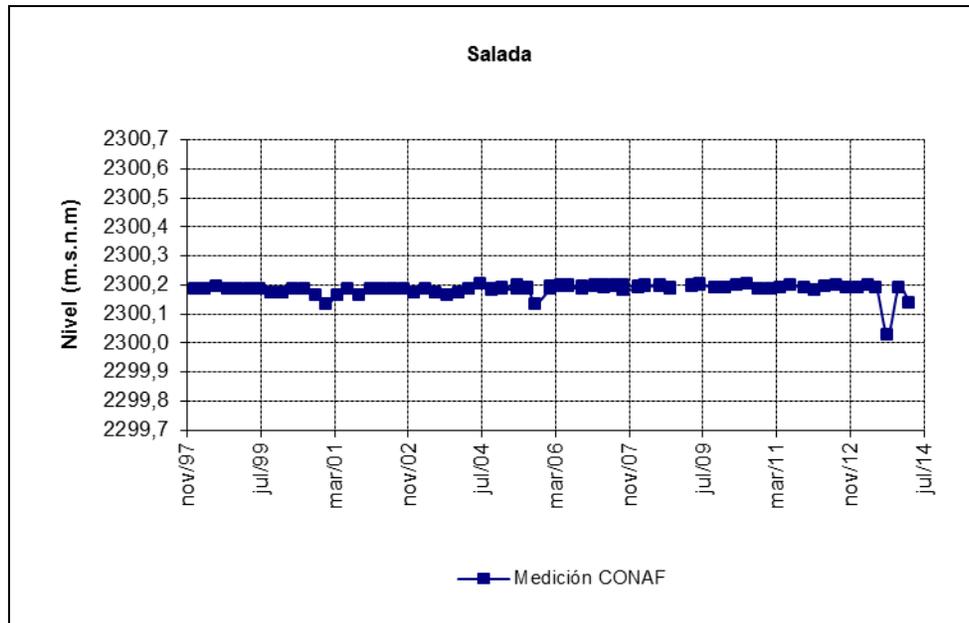
A partir del año 2010, CONAF decide realizar una sola medición para los niveles de las superficies lacustres de Peine, similar a lo que se indica para las lagunas del sistema Soncor, eliminando la que se había registrado como limnómetro, por lo que a partir de ese momento se decide llamar a las medidas realizadas por CONAF como “Medición CONAF”.

La cota topográfica de la reglilla de la laguna Salada fue medida por CONAF (2.300,918 msnm), pero posterior a la georreferenciación de todos los pozos involucrados en el proyecto; la medición de la cota fue corregida a 2.300,979 msnm valor que se utiliza en la Figura 4-235.

En términos generales en las Lagunas Salada y Saladita los niveles se han mantenido estables desde el comienzo de las mediciones a la fecha. En particular en la Laguna Salada se observa un descenso de 5 cm en la última medición realizada en abril 2014 respecto del promedio. La excepción a esta tendencia se da en octubre 2013, en donde se observa un descenso de aproximadamente 15 cm. En cuanto a la Laguna Saladita en este semestre se

observa una leve disminución respecto a la tendencia (aprox. 2 cm observados en la medición de abril 2014).

Figura 4-235: Nivel mensual observado en la laguna Salada



El único antecedente topográfico que se tenía de la reglilla de la laguna Saladita fue medido por CONAF (2300,729 m.s.n.m.), pero posterior a la georreferenciación de todos los pozos involucrados en el proyecto, la medición de la cota fue corregida a 2.300,780 msnm siendo este valor el que se usa para la Figura 4-236.

La cota topográfica de la reglilla de la laguna Interna fue medida por CONAF (2.300,379 msnm), pero posterior a la georreferenciación de todos los pozos involucrados en el proyecto; la medición de la cota fue corregida a 2.300,476 msnm siendo este valor el que se usa para la Figura 4-237.

Figura 4-236: Nivel mensual observado en la laguna Saladita

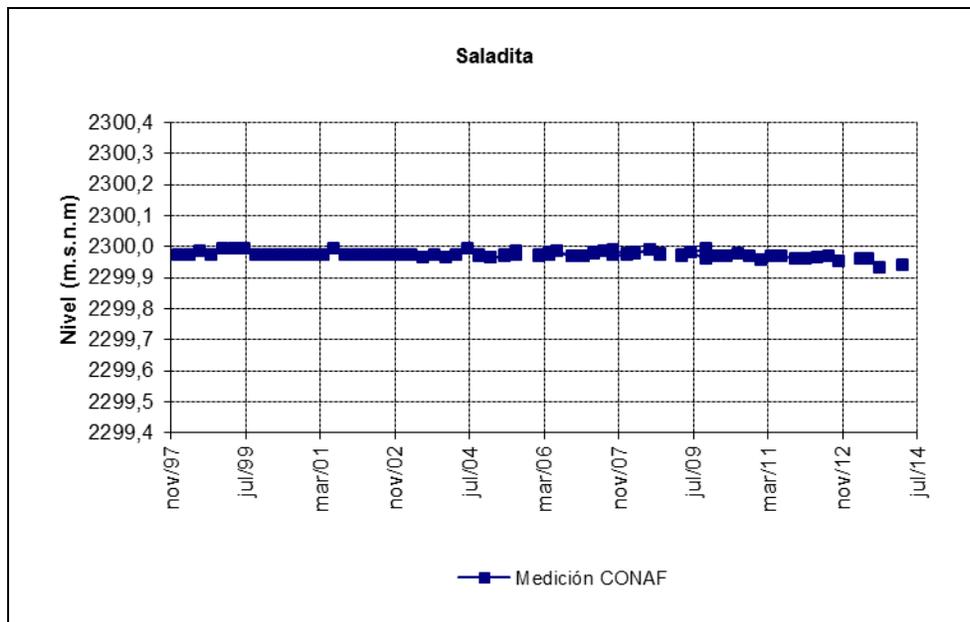
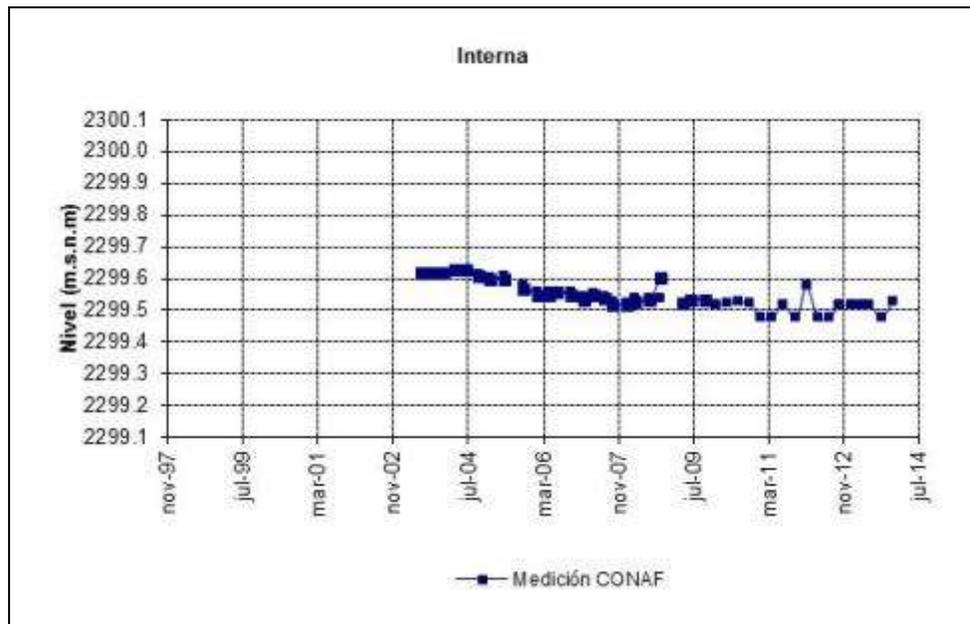


Figura 4-237: Nivel mensual observado en la laguna Interna



4.3.2 Calidad química

Los pozos del sistema Peine incluidos para monitorear la calidad del agua subterránea son el 1028, L10-1 y L10-4. Desde la Figura 4-238 a la Figura 4-240 se presenta las mediciones efectuadas en terreno por personal de SQM y los resultados del análisis químico realizado por el laboratorio ALS Environmental para cada uno de los pozos mencionados. Cabe señalar que al igual que para el resto de los sistemas monitoreados se constataron algunos errores en las mediciones de la conductividad eléctrica (CE) de las muestras de aguas subterráneas reportadas por el laboratorio ALS Environmental anteriores a julio de 2008. Esto se debía a que el laboratorio no tenía el equipo adecuado para hacer estas mediciones. Para resolver esta situación el laboratorio adquirió un equipo especial capaz de registrar los valores típicos de salmuera del salar. En el Anexo 3 se presentan los informes de los análisis químicos realizados en estos pozos.

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 4-241 a la Figura 4-246 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 será presentado 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.

4.3.2.1 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 4-238: Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028

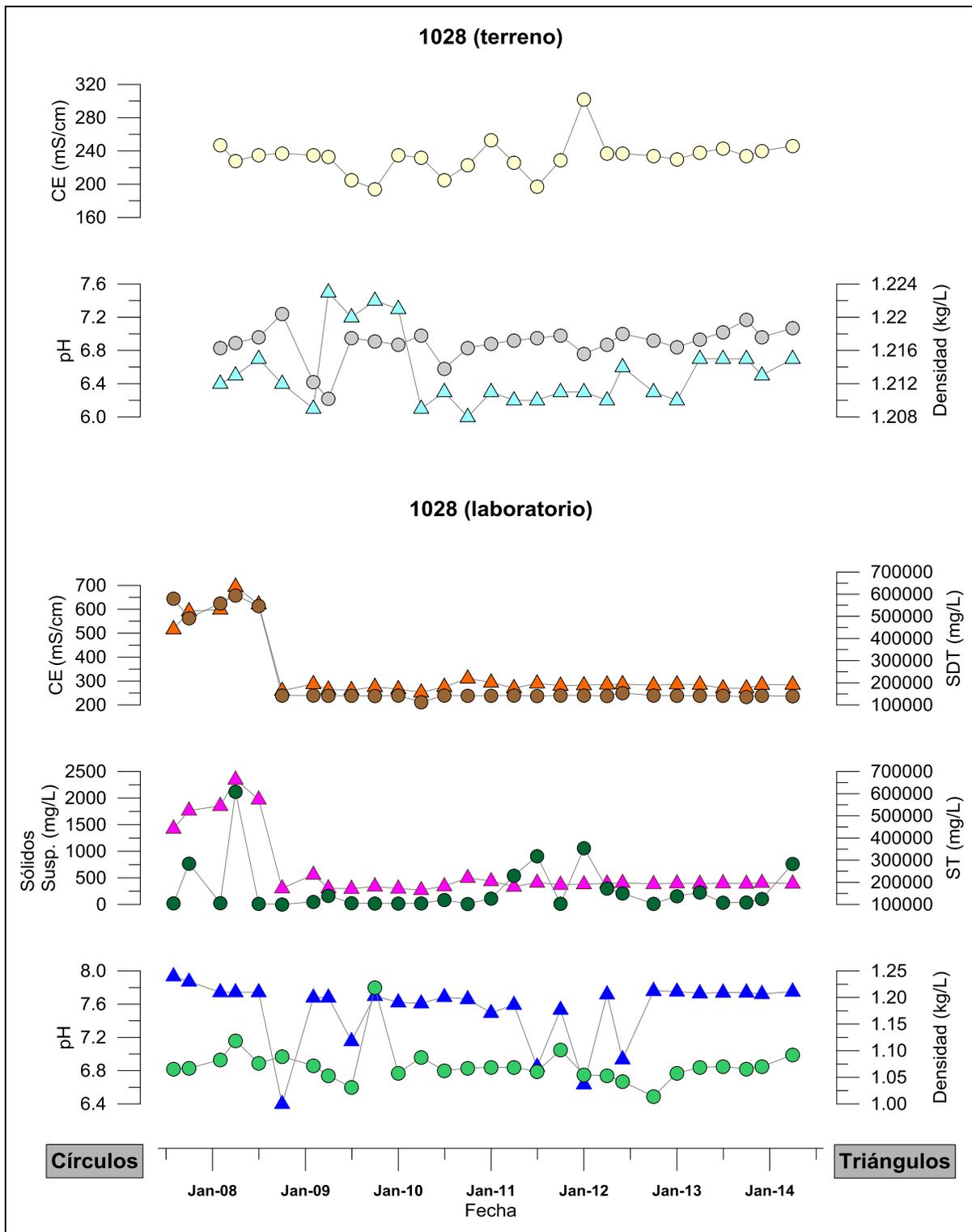
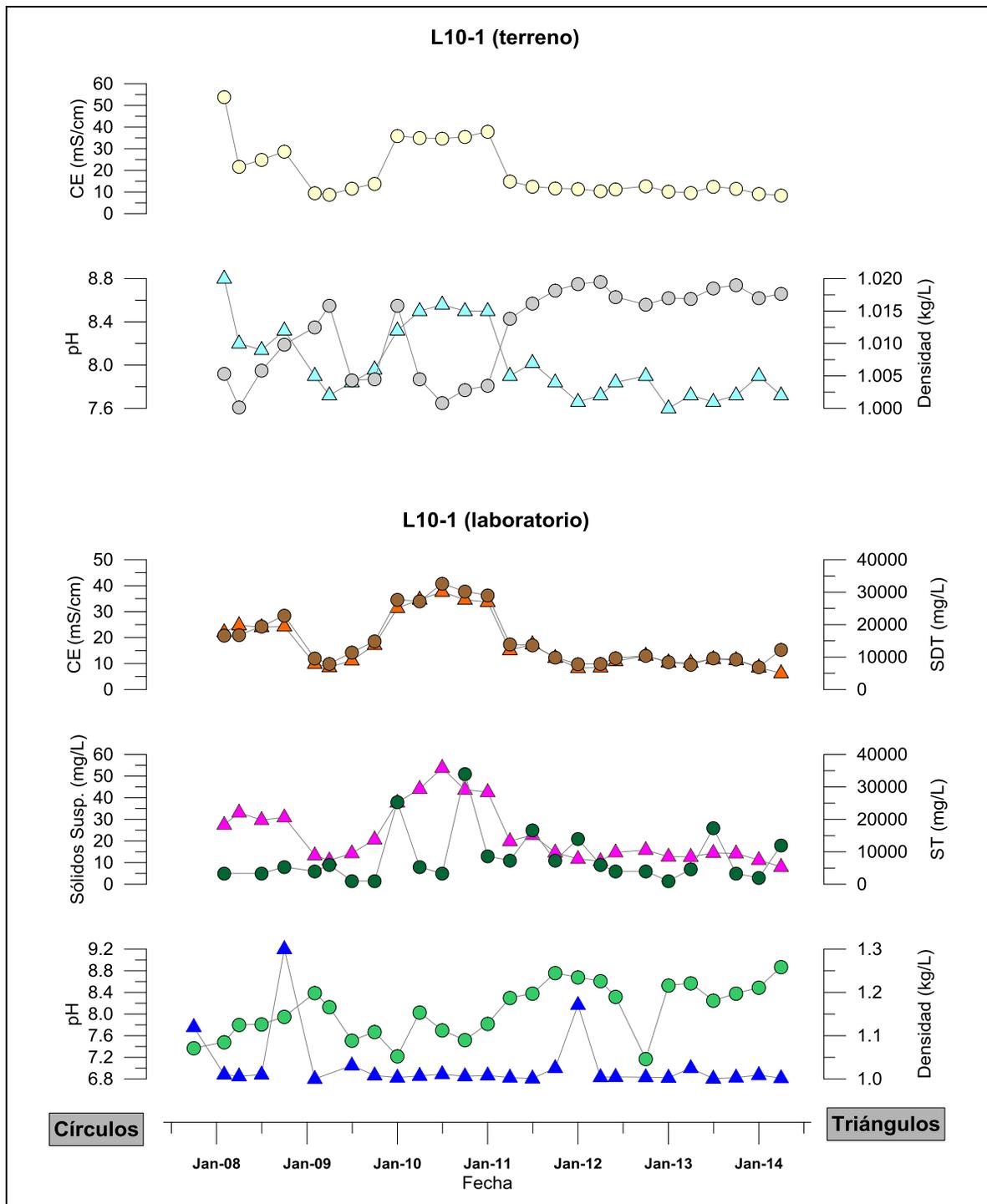
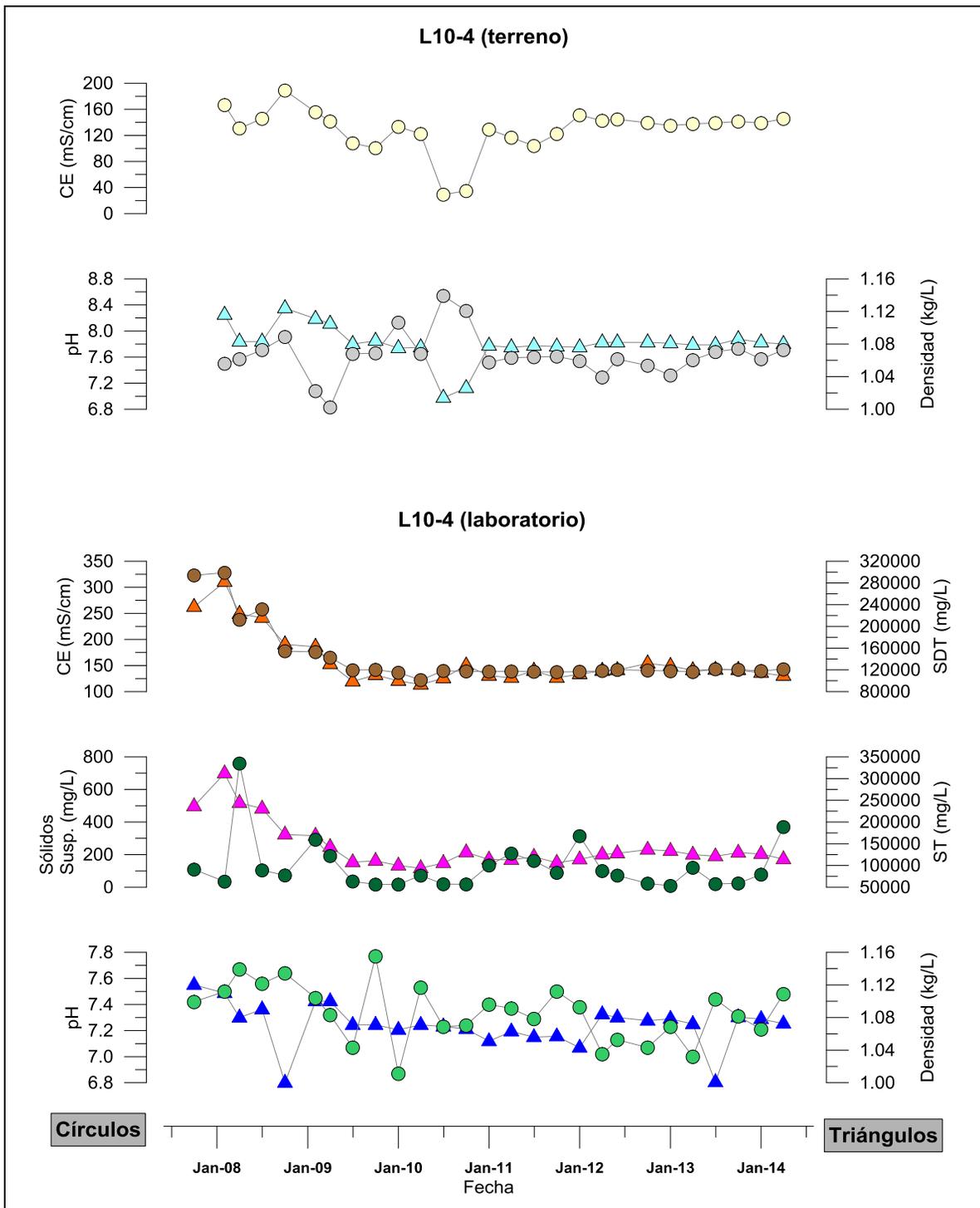


Figura 4-239: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1¹⁷



¹⁷ 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 4-240: Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4



4.3.2.2 Muestreo realizado por CONAF

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

Figura 4-241: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna

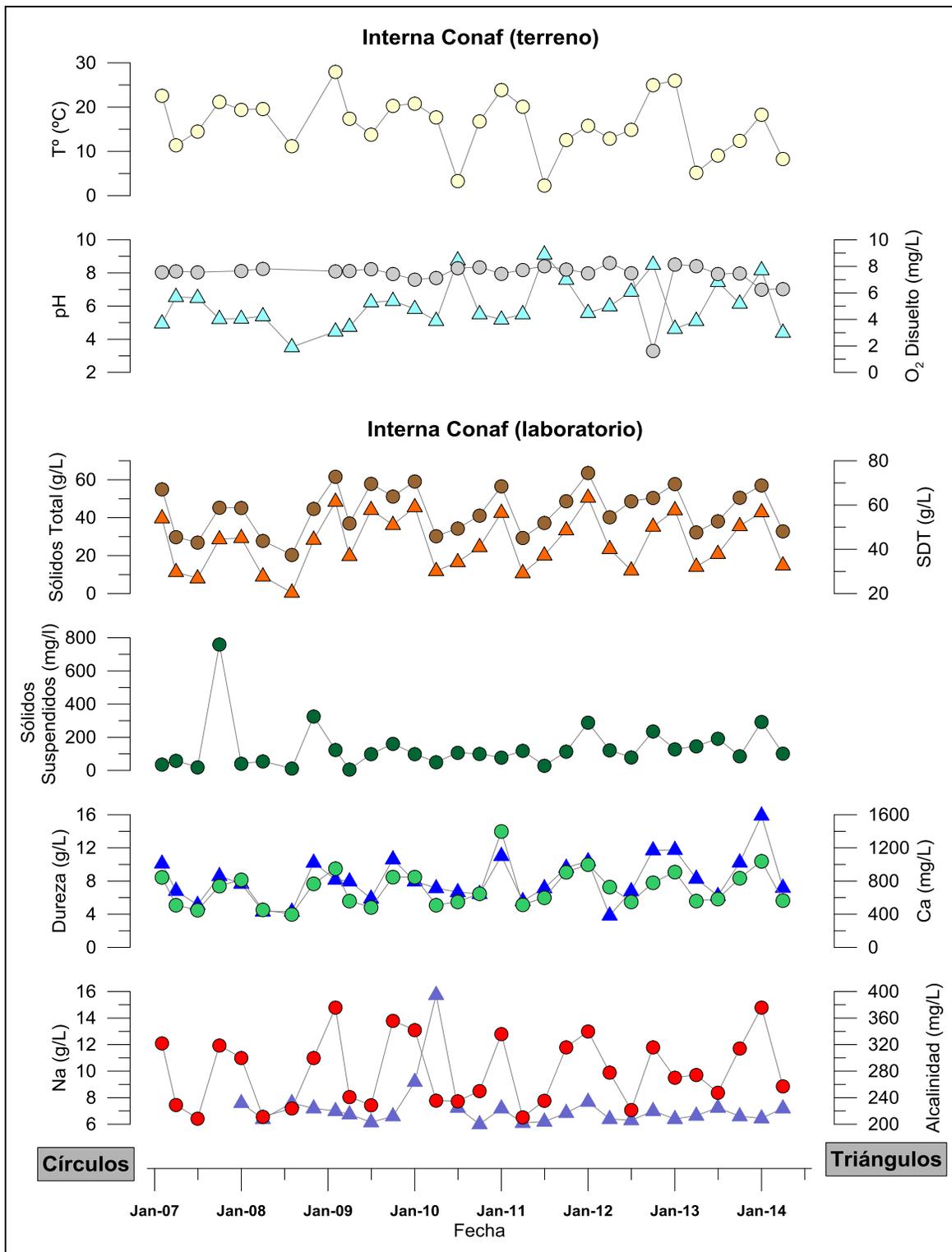
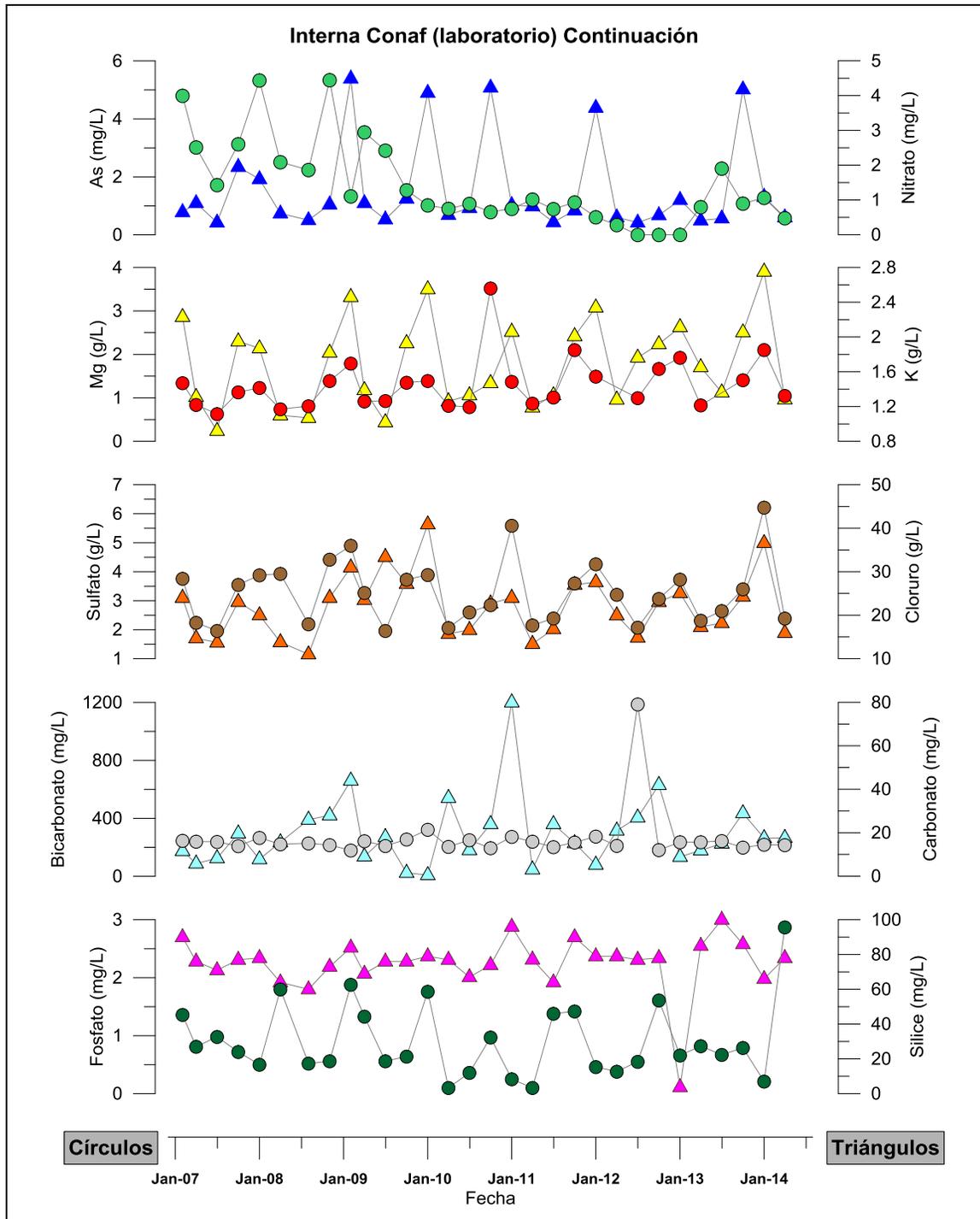


Figura 4-242: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación)¹⁸



¹⁸ 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 4-243: Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada

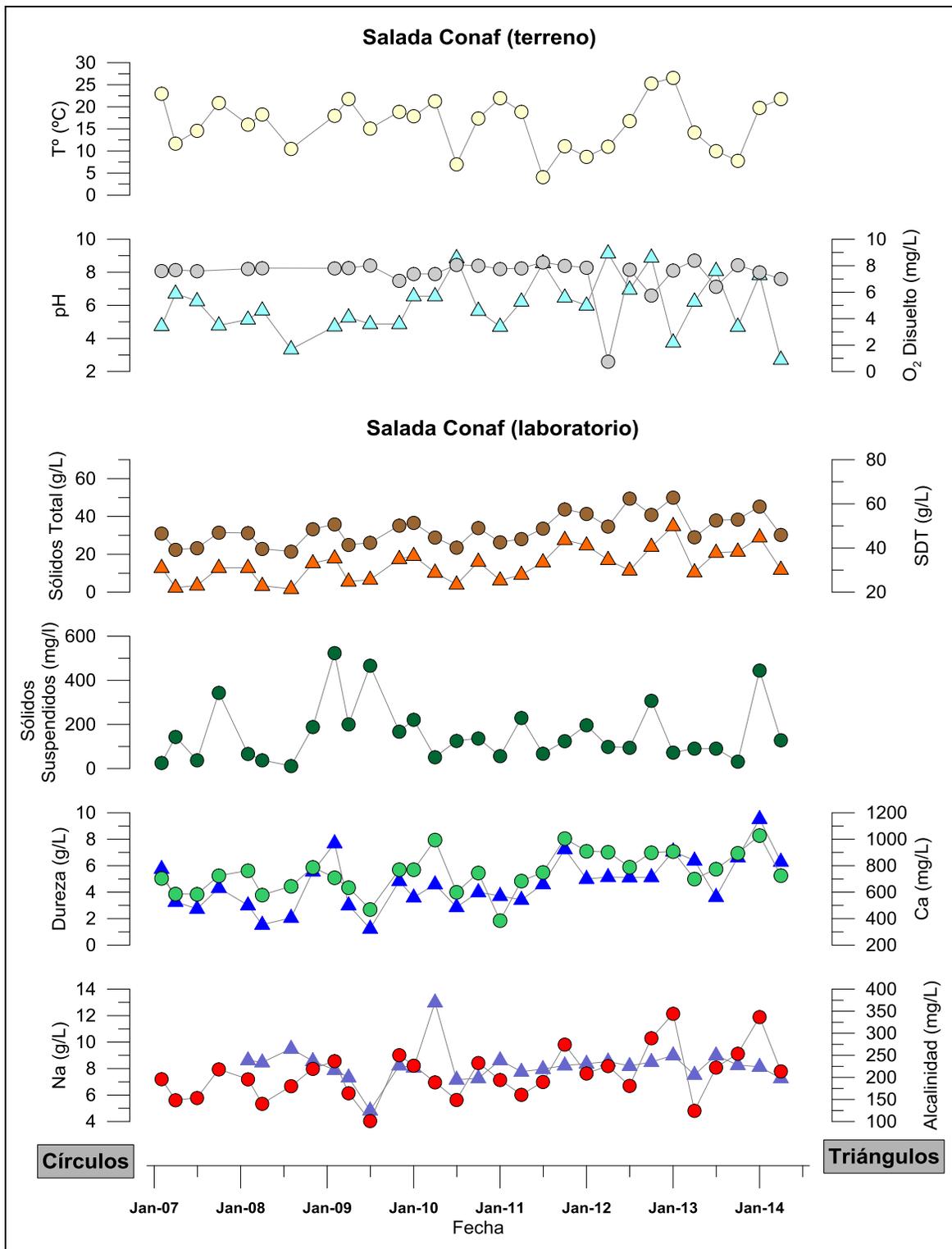
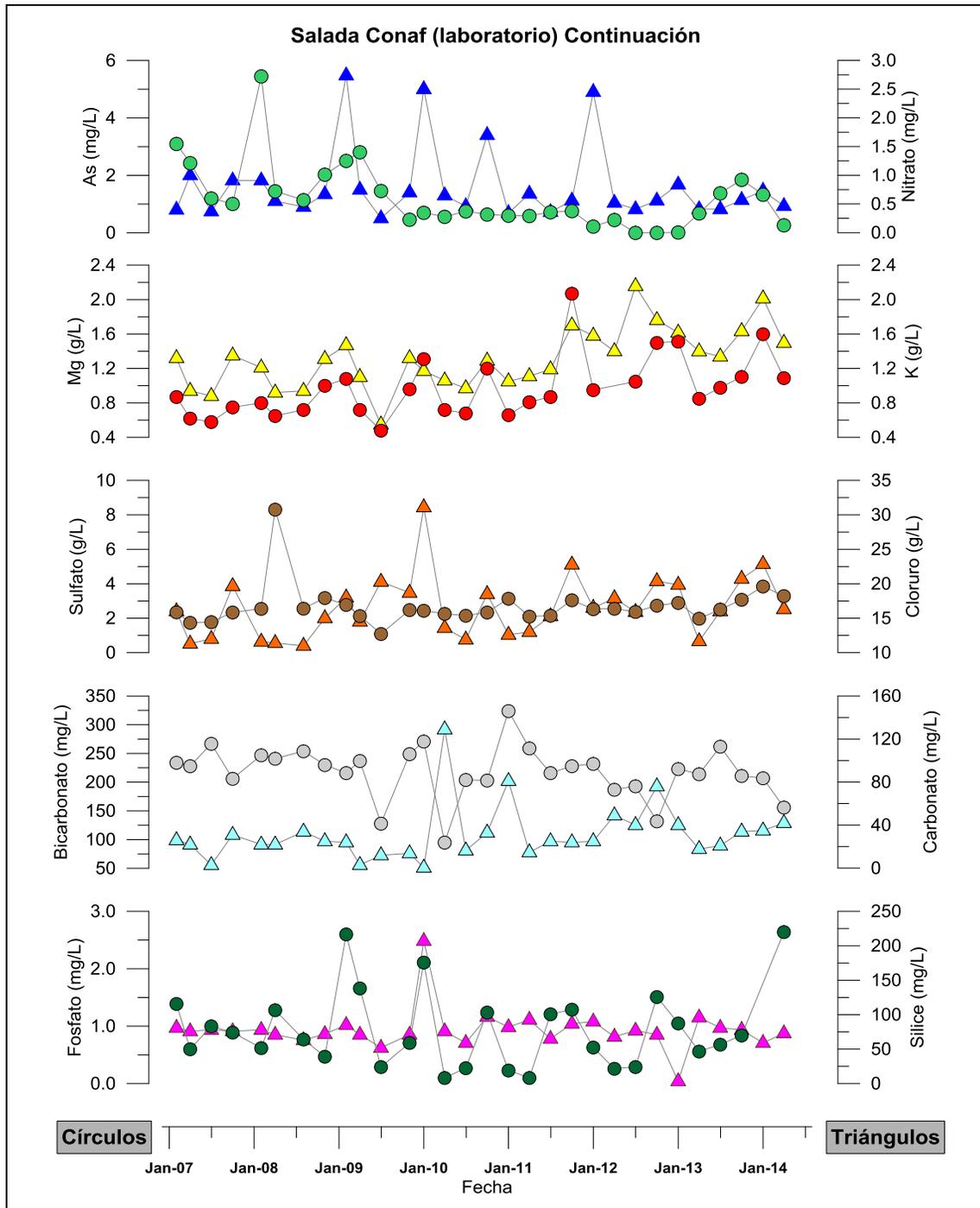


Figura 4-244: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación)¹⁹



¹⁹ 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 4-245: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita

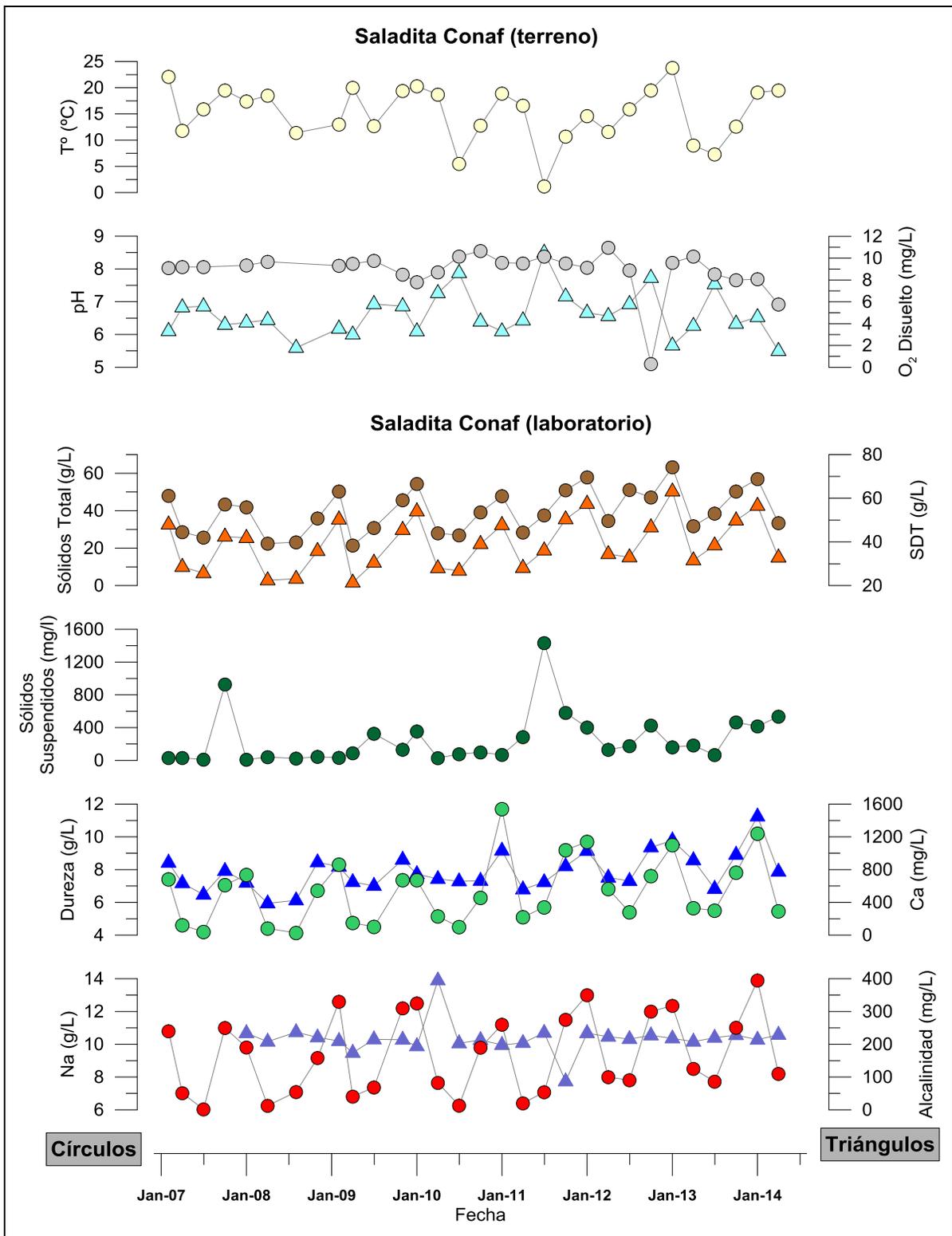
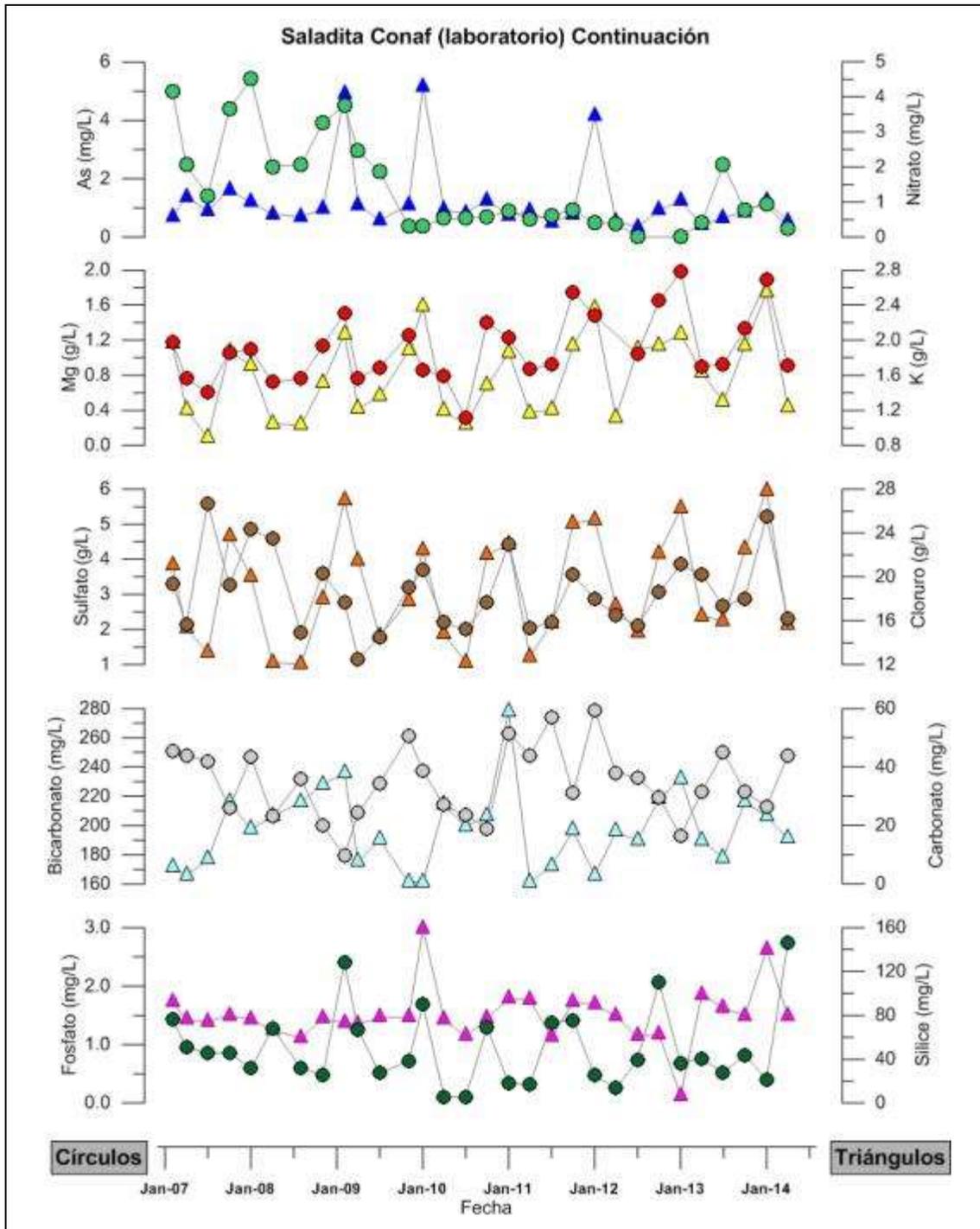


Figura 4-246: Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación)²⁰



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 978 g/L.

4.3.3 Aforos

A continuación se presenta el análisis del sistema Peine, en particular de la estación de aforo de las lagunas Salada y Saladita.

Es importante mencionar, que debido a que las mediciones de caudal en las lagunas Salada y Saladita, obtenidas con los sensores no fueron del todo satisfactorias, no se presentan registros de éstas entre fines de 2007 y mediados del 2008.

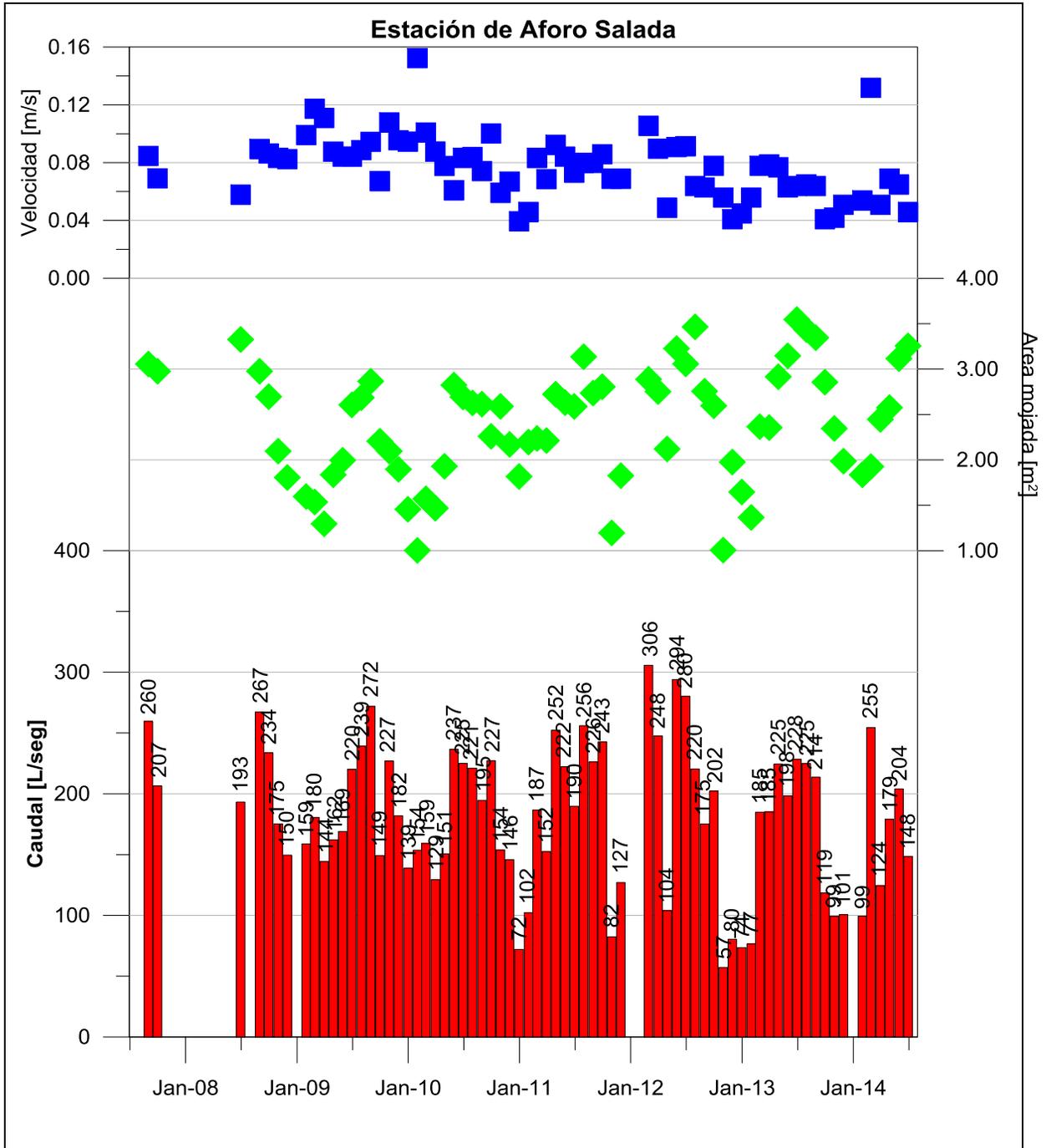
Durante los meses de noviembre y diciembre de 2011, enero de 2012 y octubre, noviembre y diciembre de 2013 no se pudo realizar visitas a las estaciones de aforo de las lagunas Salada y Saladita debido a las restricciones existentes durante la época reproductiva de los flamencos.

4.3.3.1 Laguna Salada

Al igual que para la estación Barros Negros y como una forma de contar con información confiable, a partir del 1 de enero de 2010 se eliminaron las mediciones continuas de las estaciones de aforo ya que no fueron satisfactorias. Por lo que se mide sólo a través de un sistema manual con frecuencia mensual que consiste en medir la velocidad y sección en el punto de aforo, dando así cumplimiento preciso a lo contenido en la RCA N°226/2006.

Los caudales calculados son presentados en la Figura 4-247.

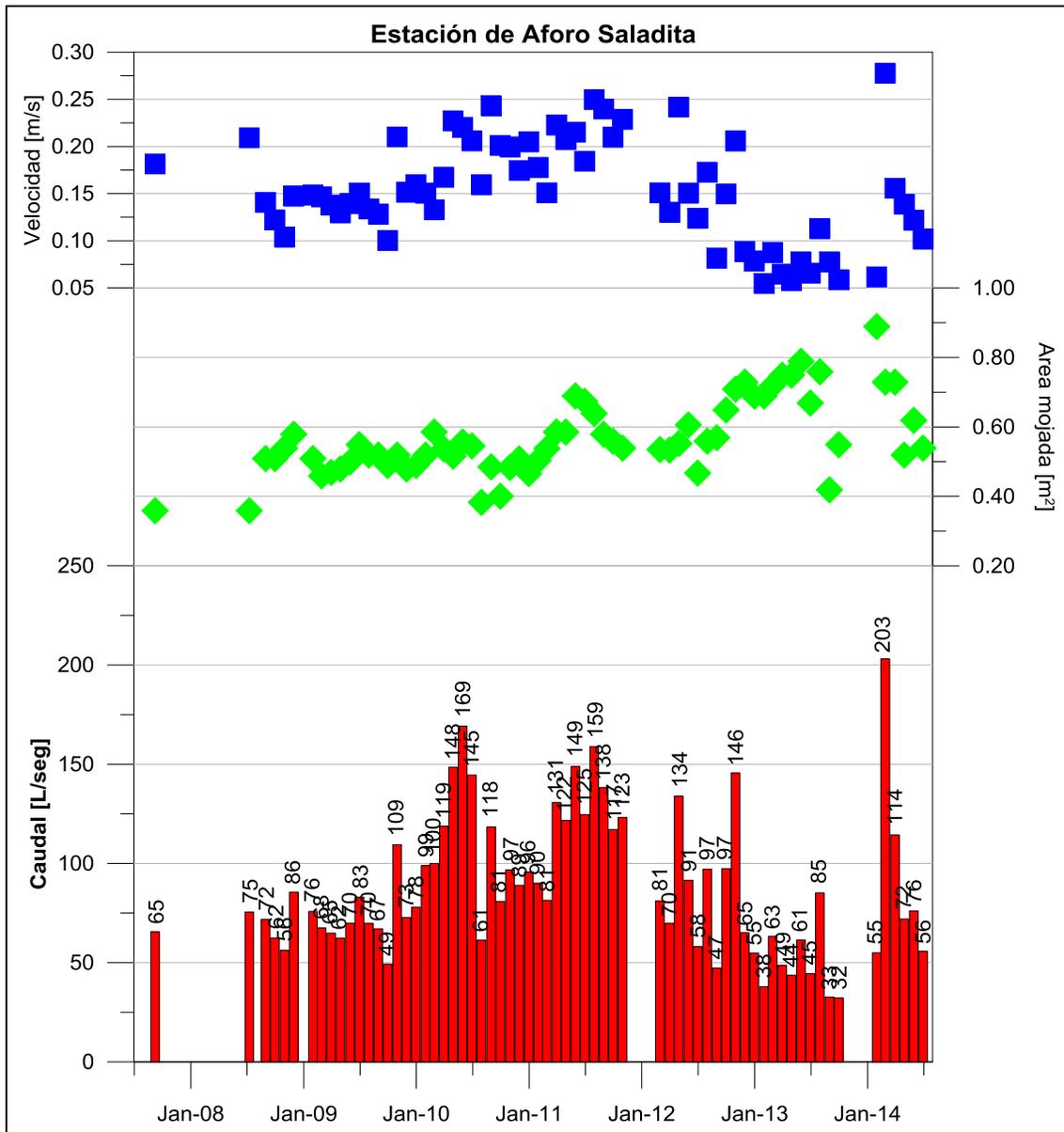
Figura 4-247: Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)



4.3.3.2 Laguna Saladita

Los registros manuales de caudal con que cuenta SQM para esta estación de aforo se presentan en la Figura 4-248.

Figura 4-248: Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)



4.3.4 Superficie lacustre

En el marco del convenio CONAF – SQM Salar S.A, se presentan a continuación los resultados de las mediciones de perfiles de las lagunas, efectuadas con estacas perimetrales. Se observa que la superficie en la laguna Salada se ha mantenido constante prácticamente desde el año 1996, mientras que la laguna Saladita presenta una reducción en tamaño durante 2009 acorde a las mediciones realizadas por CONAF; se debe destacar que esta tendencia no es coincidente con la observada a través de imágenes satelitales presentadas en los informes anteriores. Una situación similar se presenta en 2011, sin embargo, se debe recordar que las mediciones de CONAF son trimestrales, es probable que las diferencias pueden deberse al efecto de la evaporación, ya que al recorrer en terreno el sector se observa que esta laguna presenta una dinámica de sectores que se inundan y luego se vacían, lo que puede alterar bastante la precisión de las mediciones por el método de estacas.

En la Tabla 4-6 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. Cabe destacar la variabilidad en la superficie lacustre de la laguna interna.

Tabla 4-6: Superficies lacustres medidas desde abril de 2008 hasta abril de 2014

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
		Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	Topografía	Imagen satelital	DIF. SUP. (%)	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
	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
	Interna	-	-	-	246.295	199.968	23	231.590	198.838	16.5	182.616	246.828	331.075	261.763

4.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

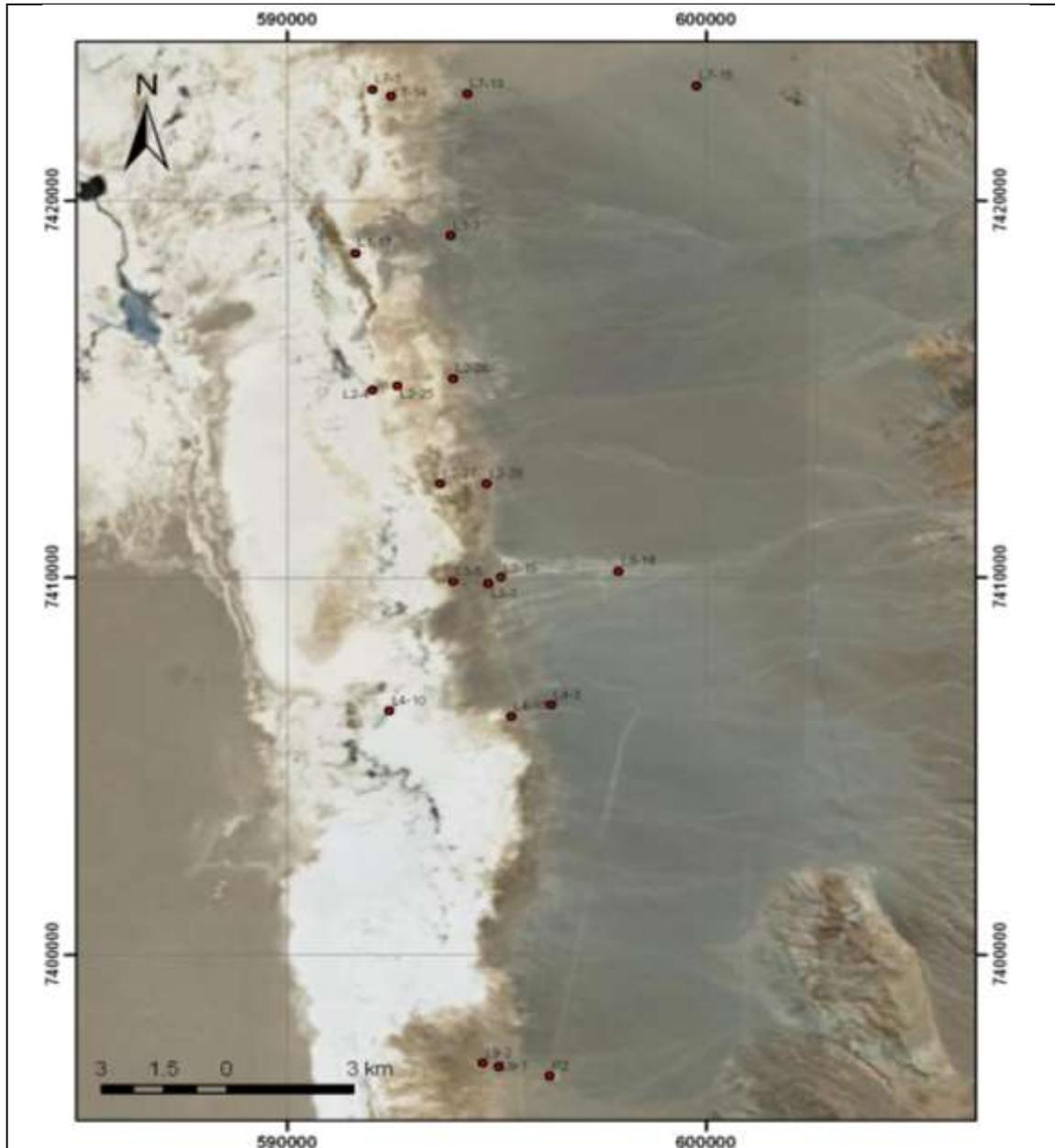
Los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este se encuentran al este del Salar de Atacama entre las coordenadas 7.423.000 a 7.396.000 norte y 591.000 a 598.000 este. En la Figura 4-250 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4-7 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 4-7: Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
P2	Zona Aluvial	Pozo profundo	211
L1-17	Zona marginal	Pozo somero	212
L2-25	Zona marginal	Pozo somero	212
L2-26	Zona marginal	Pozo profundo	212
L2-27	Zona marginal	Pozo somero	213
L2-28	Zona marginal	Pozo profundo	213
L3-15	Zona marginal	Pozo profundo	214
L3-16	Zona marginal	Pozo profundo	215
L4-17	Zona marginal	Pozo somero	215
L7-13	Zona marginal	Pozo profundo	216
L7-14	Zona marginal	Pozo somero	216
L7-15	Zona marginal	Pozo profundo	217
L9-1	Zona marginal	Pozo profundo	217
L9-2	Zona marginal	Pozo profundo	218
P2	Zona aluvial	Pozo de bombeo	219

Figura 4-250: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este



4.4.1 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 4.1.1 (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 4.2.1, donde también se muestra que el pozo L3-3 presenta un comportamiento claramente estacional, sin embargo se observa desde el inicio de los registros un leve descenso del nivel de aproximadamente 20 cm en 10 años, es decir, 2 cm/año. No obstante, el pozo L3-5 se encuentra muy cercano a éste y no presenta este descenso.

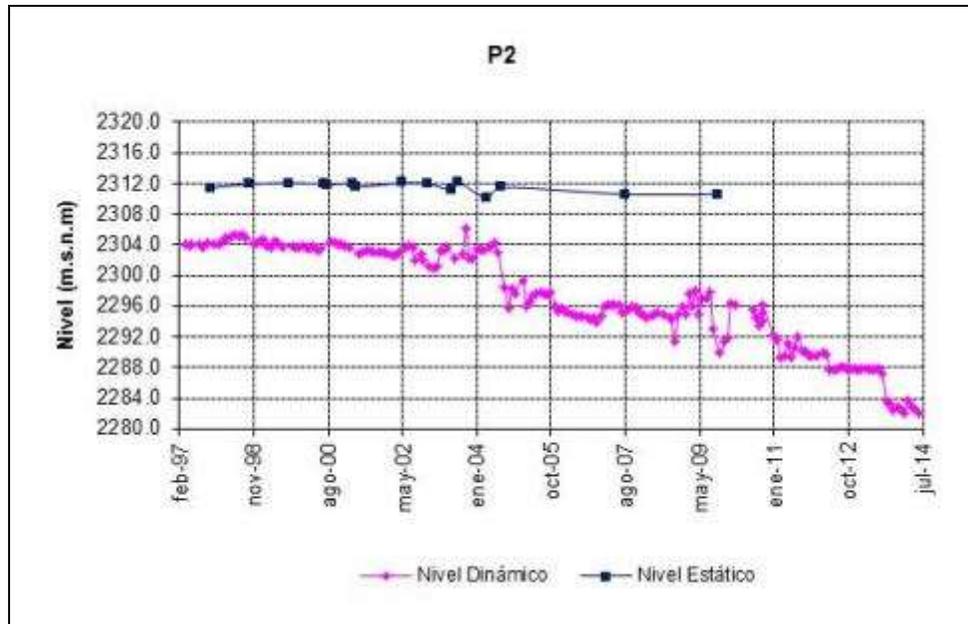
El pozo L3-4 (SOPM-8) es parte del monitoreo de los sistemas Vegetación Borde Este y Núcleo del salar de Atacama y será presentado sólo en esta sección.

Geohidrología realizó mediciones durante el mes de junio de 2014 en los pozos I2-28, I7-13 y I7-14.

4.4.1.1 Pozos en zona aluvial

En la Figura 4-251 se presenta el nivel estático y dinámico observado en el pozo de bombeo P2. Mientras que en la Figura 4-265 se observa el caudal medio mensual extraído, observándose una pérdida gradual de caudal extraído debido a la pérdida de eficiencia del pozo y un derrumbe del mismo durante el año 2010.

Figura 4-251: Nivel mensual estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) observado en el pozo de bombeo P2



4.4.1.2 Pozos en zona marginal

Existen pozos en los cuales la variación de nivel está fuertemente controlada por la evaporación con un claro comportamiento estacional, es decir, menor nivel en verano y mayor en invierno (L1-17, L2-25, L2-26, L2-27, L2-28, L4-17, L7-14). La magnitud de esta oscilación depende de la profundidad del agua subterránea. Dadas las lluvias ocurridas 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 primer semestre 2014 se observa que los niveles se recuperan siguiendo la tendencia observada previo a las lluvias de los años 2012 y 2013. En particular durante marzo 2014 en el pozo L1-17 se observa un descenso significativo de alrededor de 26 cm respecto del histórico. Cabe señalar que en los pozos L3-15, L3-16 y L2-26 no se observa este efecto de las lluvias, ya que la pendiente de descenso no sufre cambios.

Existen pozos que muestran el efecto de pozos de bombeo cercanos que iniciaron su actividad, con una leve tendencia al descenso en función de la cercanía al pozo (L3-15, L3-16). En estos sectores el acuífero aún está buscando su equilibrio y se aprecia durante el último periodo una tendencia a la estabilización, asimismo, existen pozos con un comportamiento mixto, donde se mezclan los dos comportamientos anteriormente descritos, es decir, estacional y leve tendencia al descenso (L2-28, L3-15, L4-17). En estos pozos la tasa de descenso depende de su cercanía al pozo de bombeo.

En particular, los pozos L3-16 y L7-15 muestran un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de agua industrial que se encuentran cercanos, sin embargo a

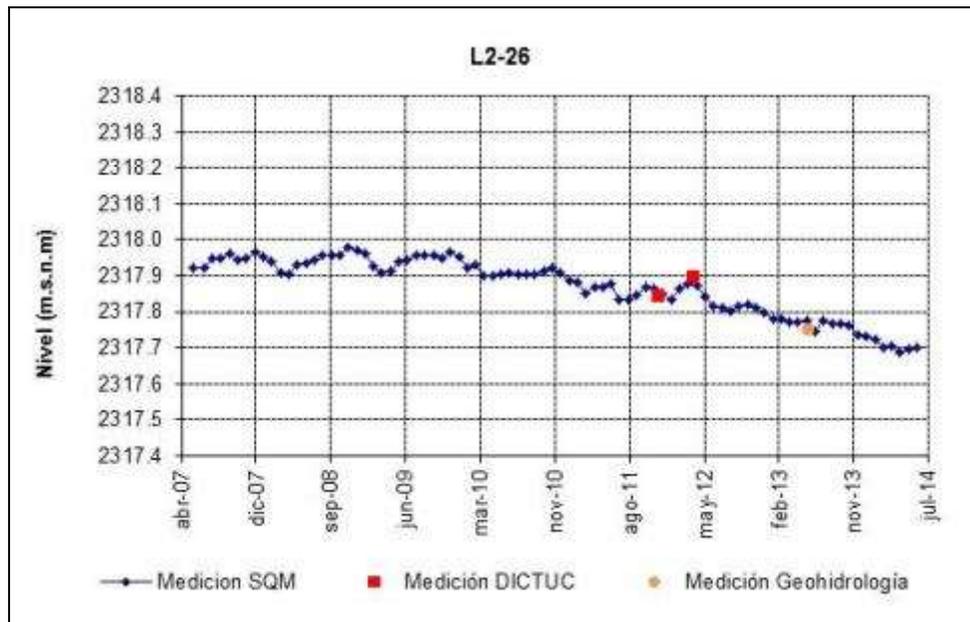


Figura 4-255: Nivel mensual observado en el pozo L2-27

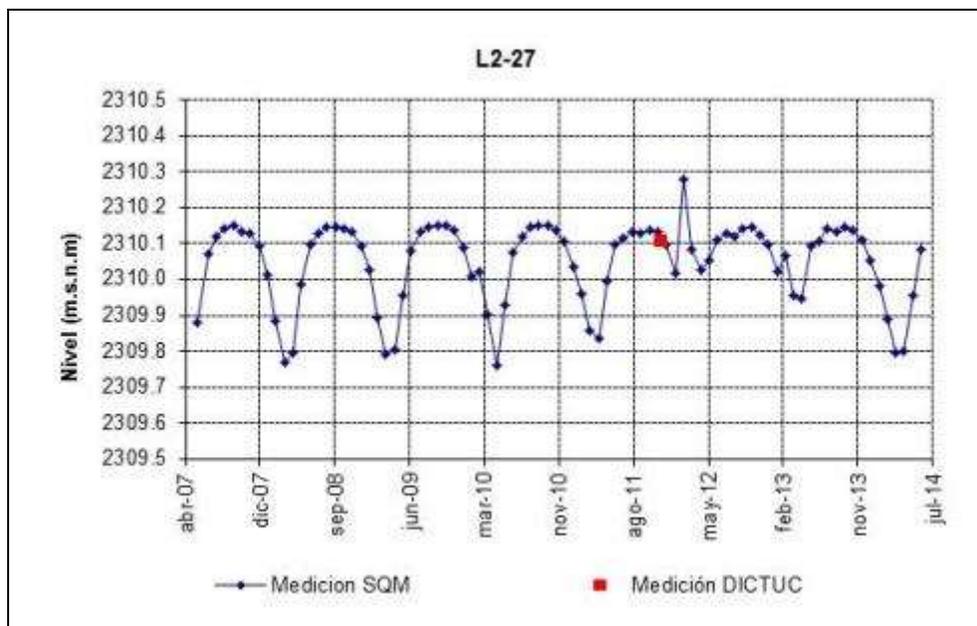


Figura 4-256: Nivel mensual observado en el pozo L2-28

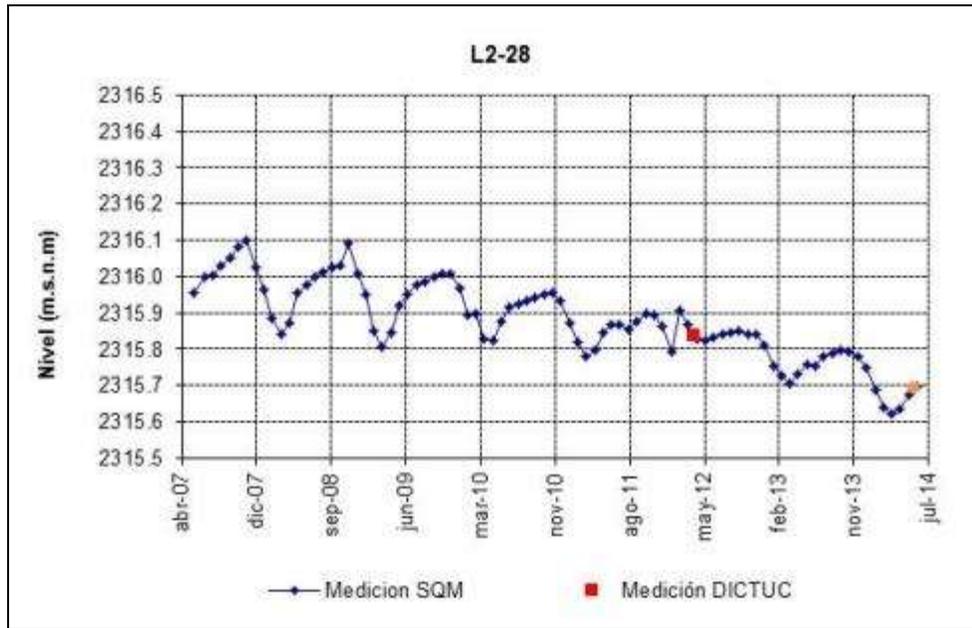


Figura 4-257: Nivel mensual observado en el pozo L3-15

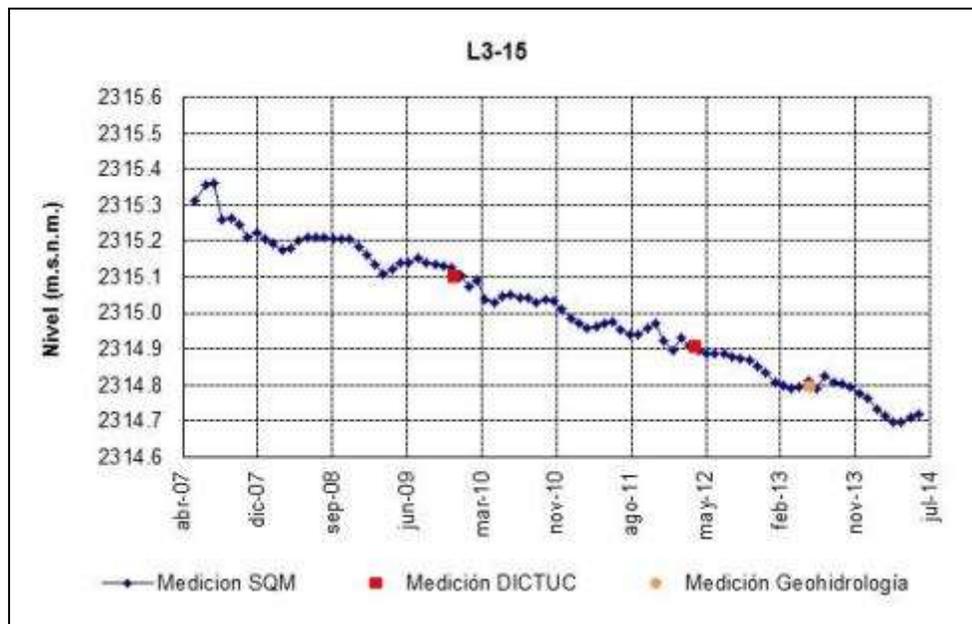


Figura 4-262: Nivel mensual observado en el pozo L7-15

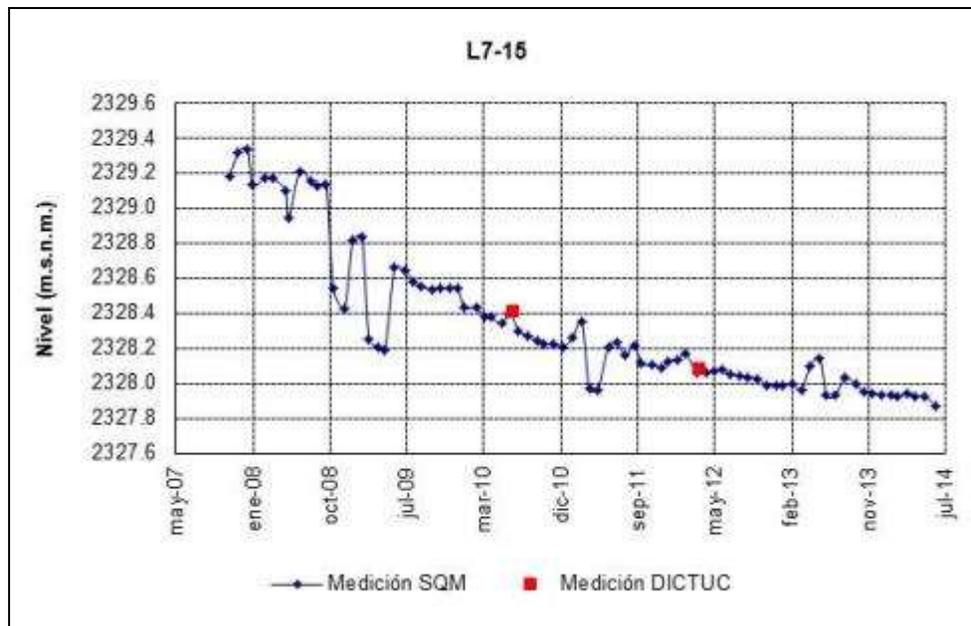


Figura 4-263: Nivel mensual observado en el pozo L9-1

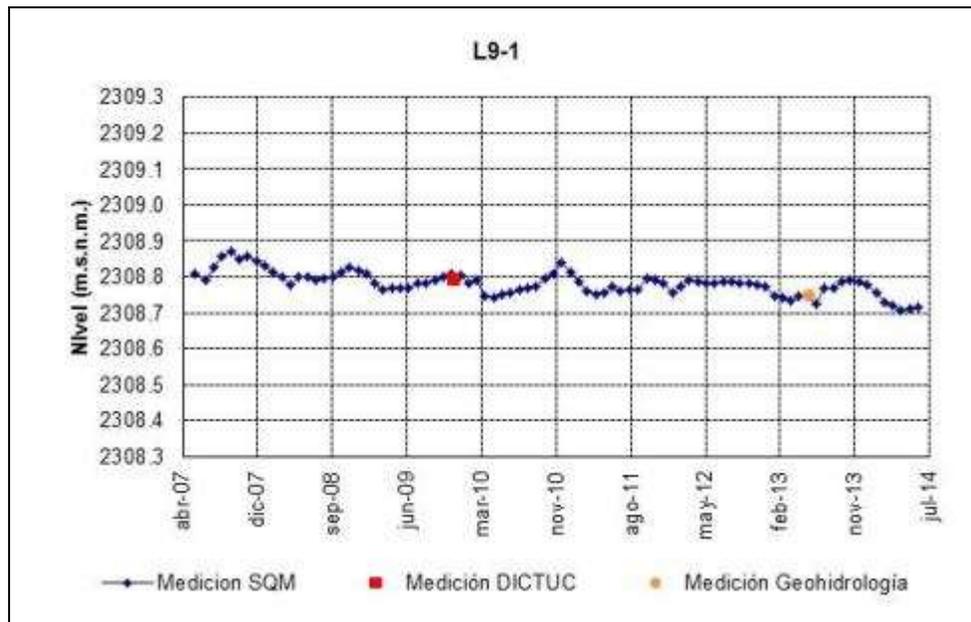
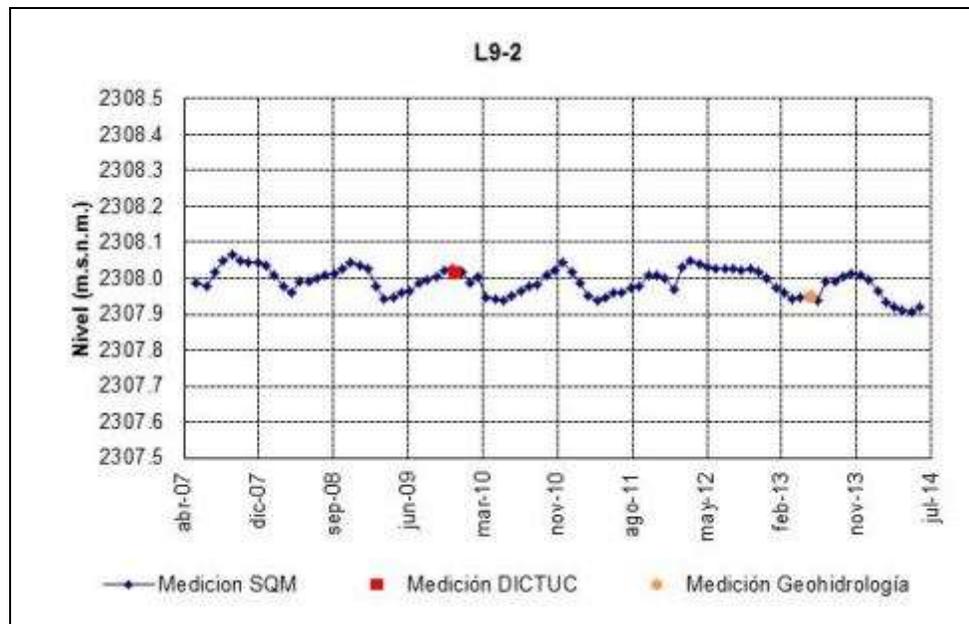


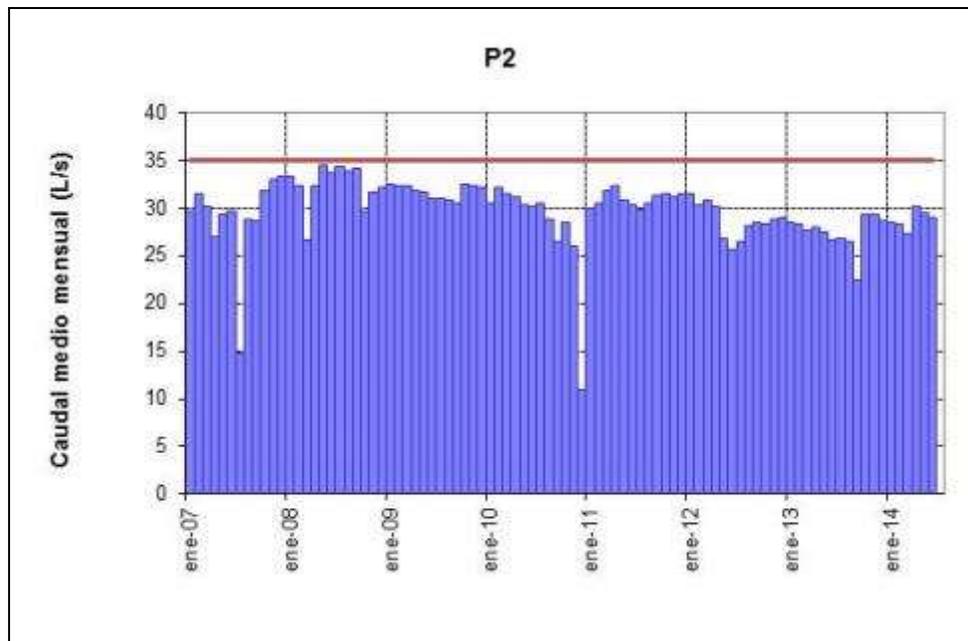
Figura 4-264: Nivel mensual observado en el pozo L9-2



4.4.2 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 4-265. Los caudales extraídos no han superado los derechos otorgados a partir del inicio del PSAH (35 L/s).

Figura 4-265: Caudal medio mensual bombeado desde el pozo P2



4.4.3 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 P2. Los análisis fueron realizados por ALS Environmental, cuyos informes se adjuntan en el Anexo 3.

Los resultados de los análisis químicos de los pozos L2-4 y L7-3 se presentan en la sección 4.1.4, mientras que los resultados del pozo L4-3 se presentan en la sección 4.2.3. En la Figura 4-266 y Figura 4-267 se muestra los resultados de los análisis químicos realizados en el pozo de bombeo P2.

Figura 4-266: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2

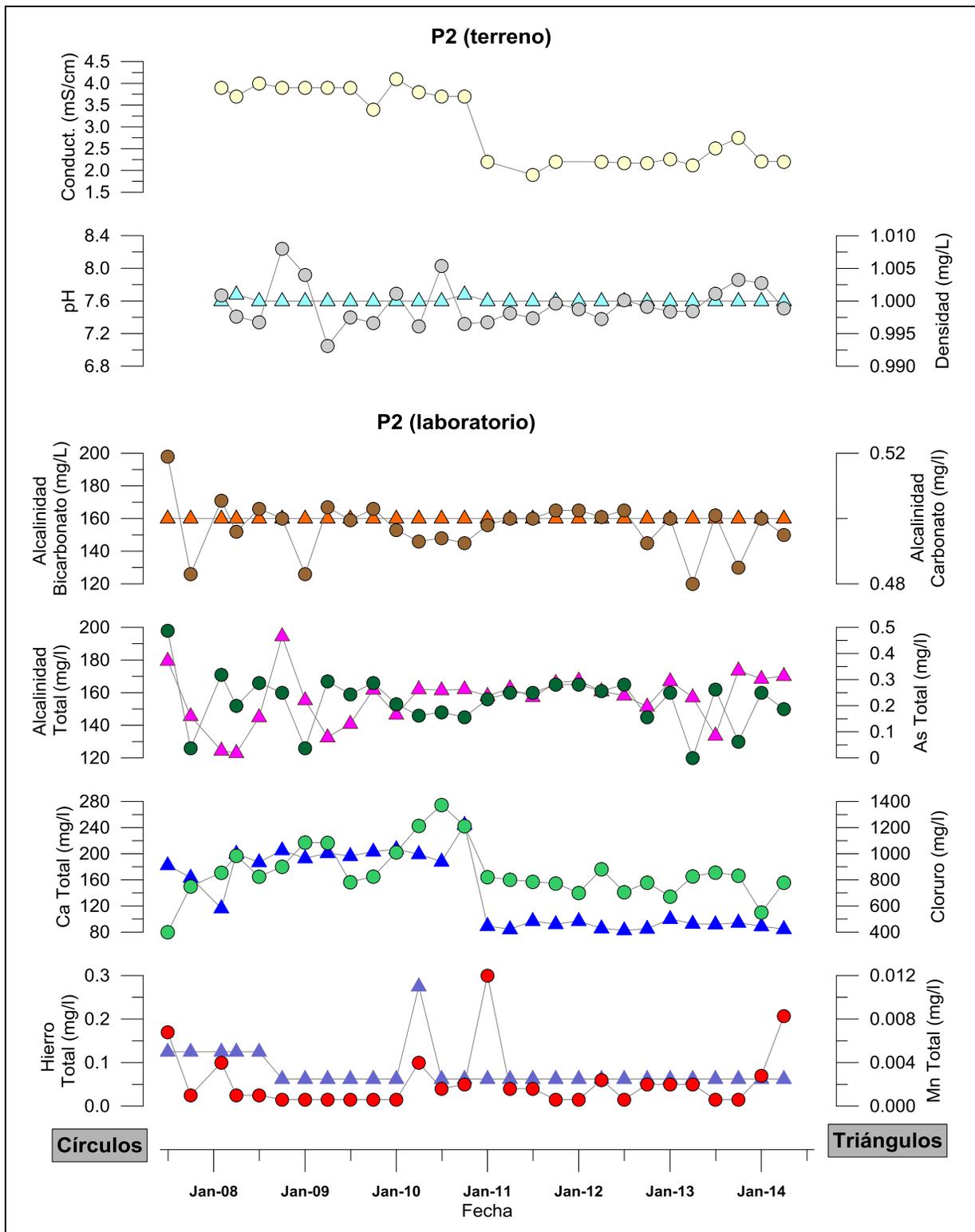
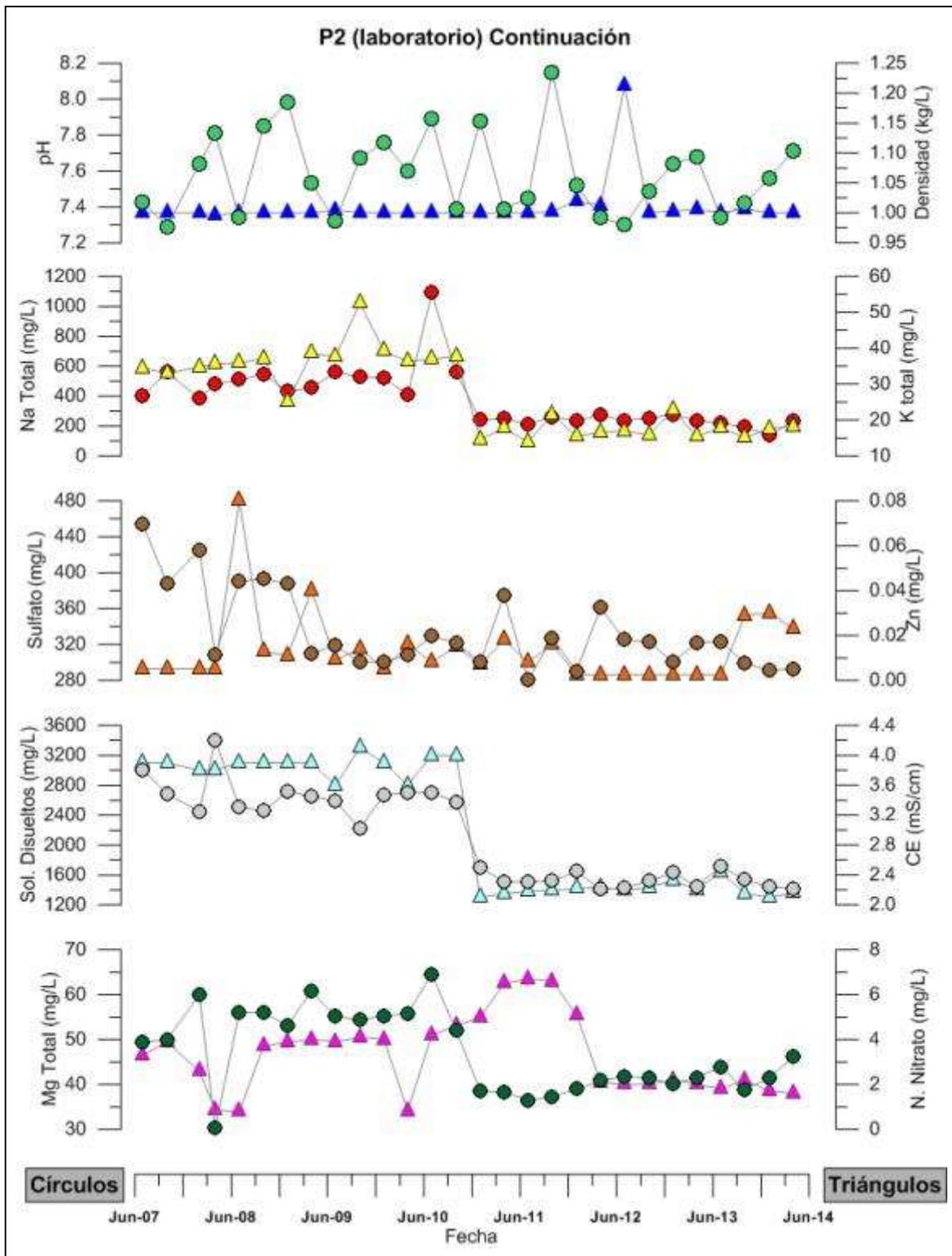


Figura 4-267: Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación)



4.5 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO

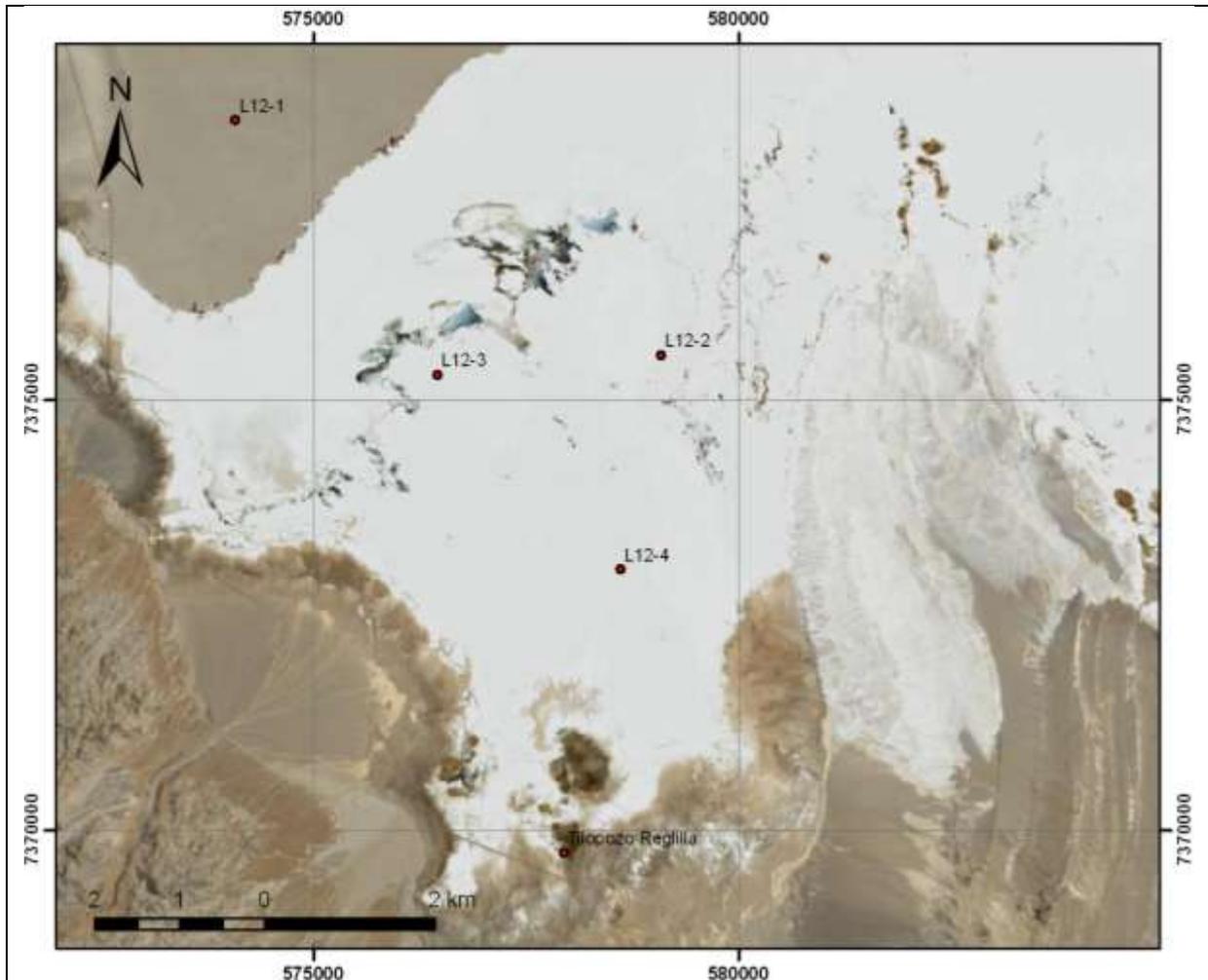
Los puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo se encuentran al sureste del Salar de Atacama, entre las coordenadas 7.378.000 a 7.369.000 norte y 573.000 a 581.000 este. En la Figura 4-268 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4-8 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 formato gráfico.

Tabla 4-8: Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
Tilopozo Reglilla	Zona marginal	Reglilla	224
L12-1	Zona marginal	Pozo somero	225
L12-2	Zona marginal	Pozo somero	225
L12-3	Zona marginal	Pozo somero	226
L12-4	Zona marginal	Pozo somero	226

Figura 4-268: Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo



4.5.1 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. Se observa en la reglilla de Tilopozo un comportamiento estable desde mediados del año 2004. La mayoría del resto de los pozos presenta un comportamiento estacional, determinado por el comportamiento de la evaporación y de la profundidad de la napa. La excepción es el pozo L12-1 que se encuentra ubicado al interior del salar y muestra una leve tendencia al descenso probablemente producto de su cercanía al campo de pozos de Rockwood Lithium²¹. Cabe destacar que este pozo presenta un comportamiento similar al de los pozos clasificados como núcleo salino y su ascenso es de más de 20 cm respecto de enero de 2012 producto

²¹ Cambio de nombre, corresponde a ex Sociedad Chilena del Litio (SCL)

de las lluvias ocurridas en los años 2012 y 2013. Luego de este episodio el pozo fue recuperando los niveles previos a las lluvias.

Los pozos L12-2, L12-3, L12-4, no pudieron ser monitoreados en febrero de 2012 porque los caminos se encontraban cortados, debido a las lluvias que ocurrieron durante ese mes. Por esta misma razón, se observa un aumento en los niveles durante el verano de 2012 y 2013, en el pozo L12-1, el que durante el primer semestre de 2014 ha mantenido una tendencia al descenso, sin embargo los pozos L12-2, L12-3 y L12-4 han mantenido su comportamiento estable con una oscilación producto de la evaporación.

Figura 4-269: Nivel mensual observado en la reglilla de Tilopozo

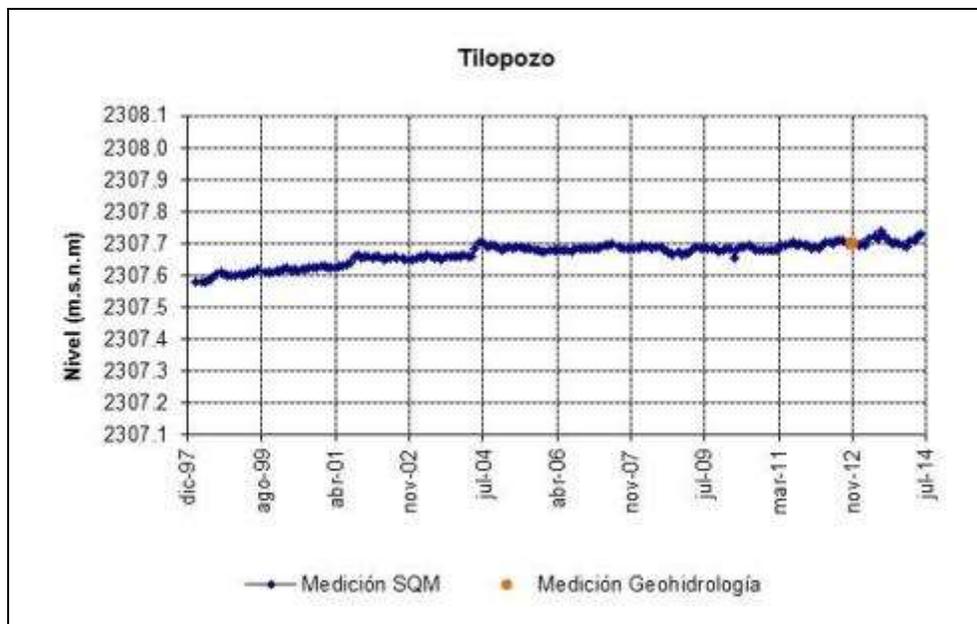


Figura 4-270: Nivel mensual observado en el pozo L12-1

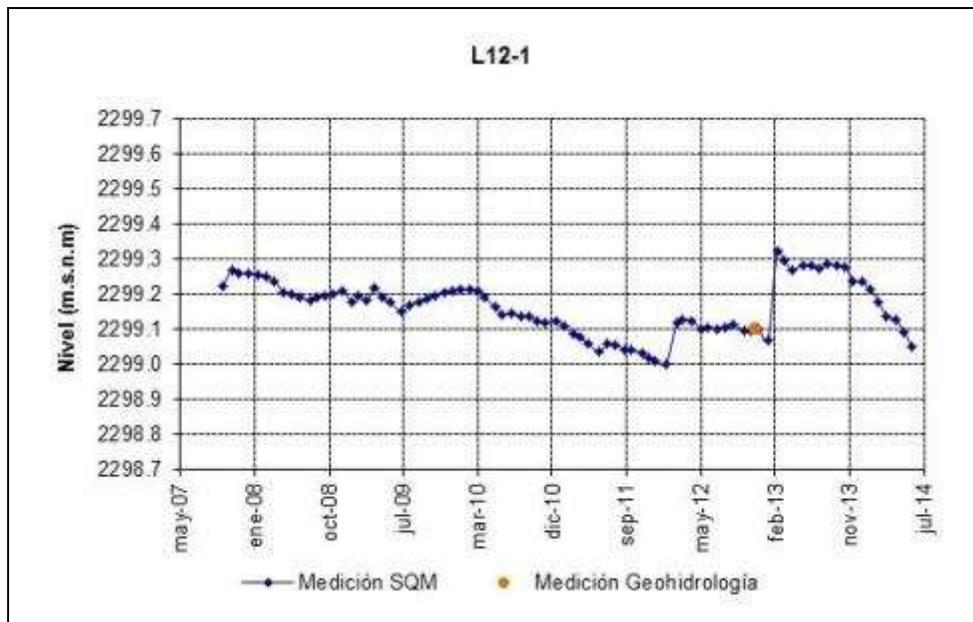


Figura 4-271: Nivel mensual observado en el pozo L12-2

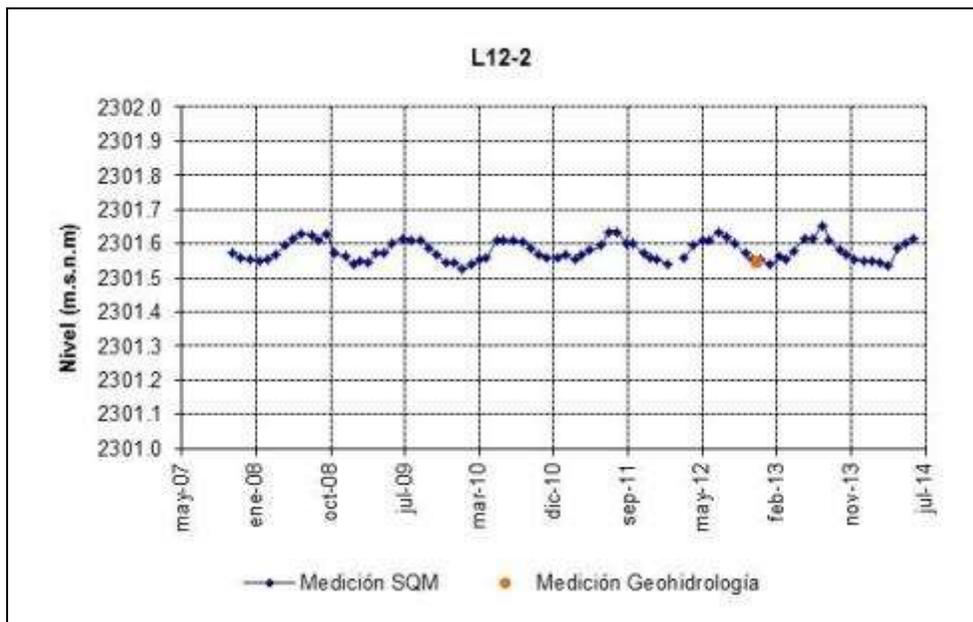


Figura 4-272: Nivel mensual observado en el pozo L12-3

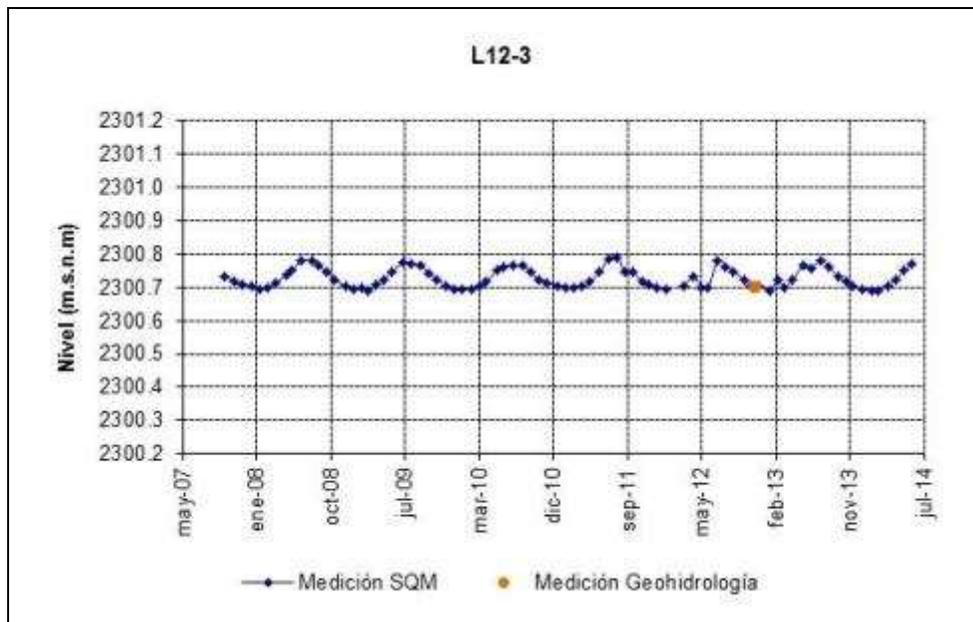
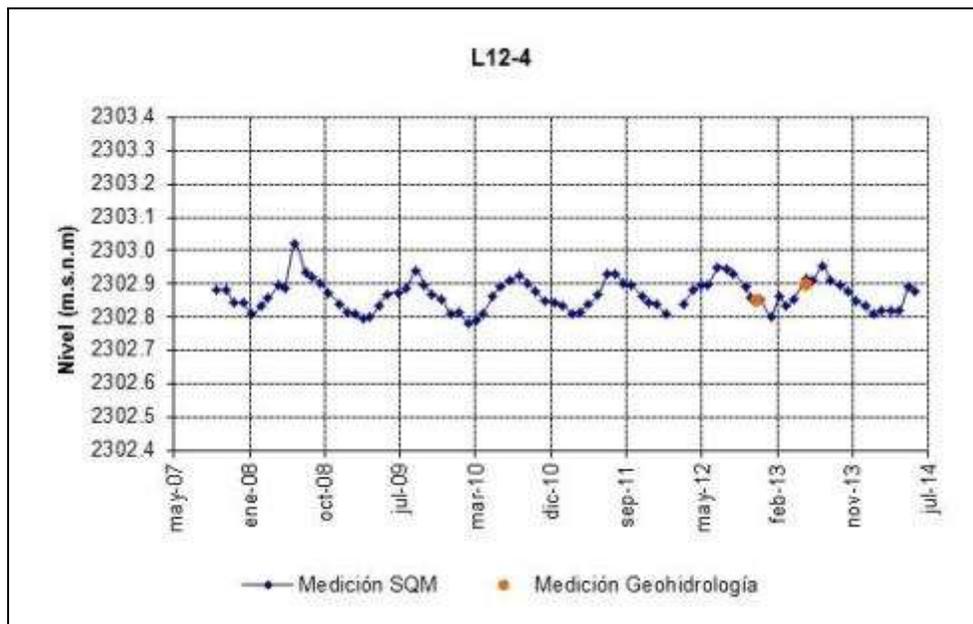


Figura 4-273: Nivel mensual observado en el pozo L12-4



4.6 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

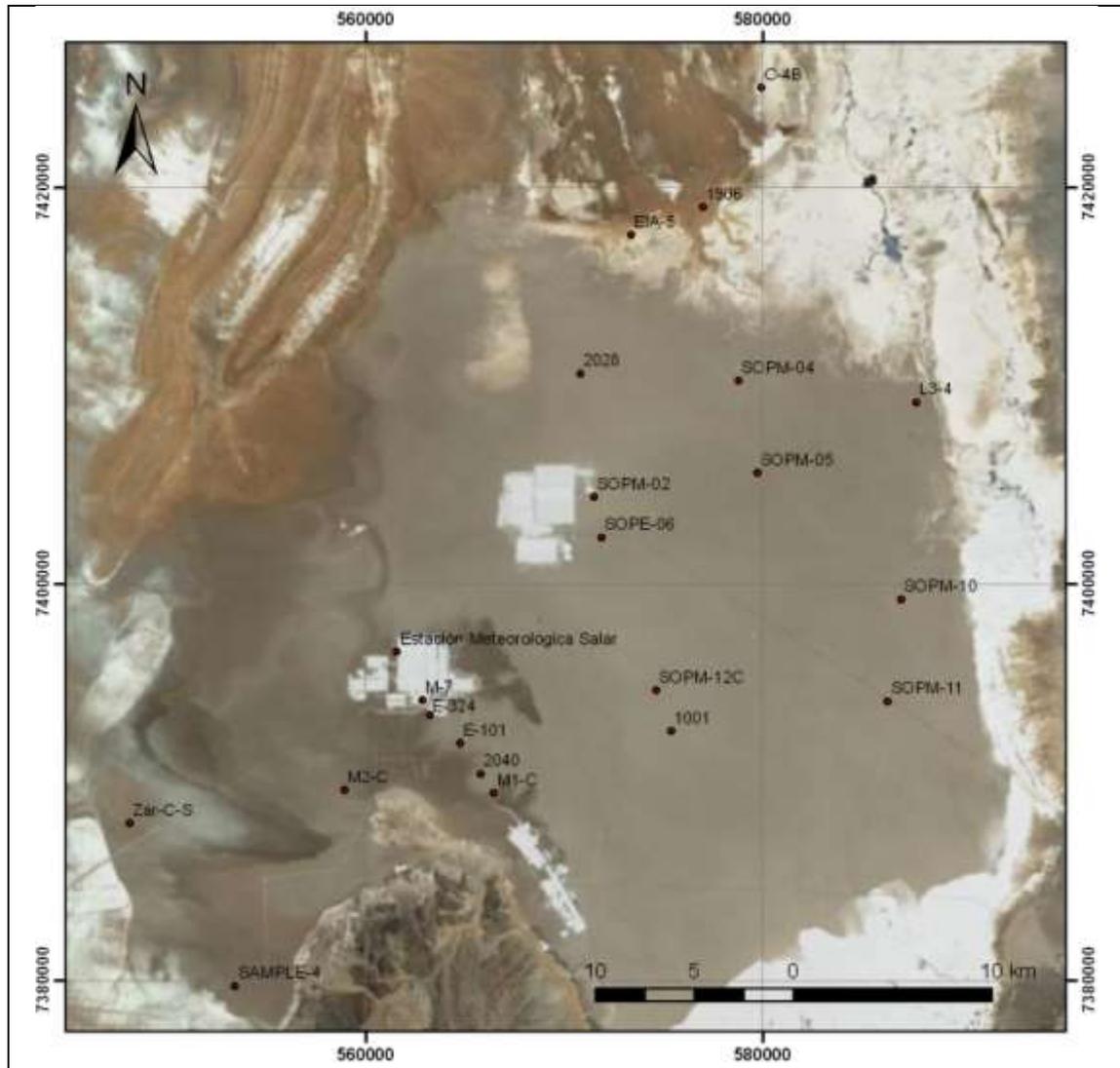
Los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama se encuentran entre las coordenadas 7.425.000 a 7.379.000 norte y 547.000 a 588.000 este. En la Figura 4-274 se muestra la distribución geográfica de dichos puntos.

En la Tabla 4-9 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 formato gráfico.

Tabla 4-9: Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
1001	Salmuera	Pozo profundo	230
1906	Salmuera	Pozo profundo	230
2028	Salmuera	Pozo profundo	231
2040	Salmuera	Pozo profundo	231
C4-B	Salmuera	Pozo somero	232
M1-C	Salmuera	Pozo profundo	232
M2-C	Salmuera	Pozo profundo	233
M7	Salmuera	Pozo profundo	233
E-101	Salmuera	Pozo profundo	234
E-324	Salmuera	Pozo profundo	234
EIA-5	Salmuera	Pozo profundo	235
Sample-4	Salmuera	Pozo somero	235
SOPE-6	Salmuera	Pozo profundo	236
SOPM -02	Salmuera	Pozo profundo	236
SOPM -04	Salmuera	Pozo profundo	237
SOPM -05	Salmuera	Pozo profundo	237
SOPM-10	Salmuera	Pozo profundo	238
SOPM -11	Salmuera	Pozo somero	238
SOPM -12C	Salmuera	Pozo profundo	239
Zar-C-S	Salmuera	Pozo somero	239
Estación meteorológica Salar	Salmuera	Estación meteorológica	241

Figura 4-274: Distribución geográfica de puntos de monitoreo en el Núcleo del Salar de Atacama



4.6.1 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.

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 4.2.1.

Se puede observar en los gráficos, que los pozos más alejados del bombeo (SOPM) presentaron durante el año 2008 y 2009 una estabilización de sus niveles. A partir de la mitad del año 2010, los niveles vuelven a descender a tasas similares a las observadas con anterioridad al año 2008. Este comportamiento puede explicarse por cambios en los caudales de bombeo de salmuera de los pozos ubicados en el sector norte del núcleo del salar, y también un aumento de la recarga o las precipitaciones ocurridas durante el año 2009. Asimismo se observa el efecto de la precipitación ocurrida durante febrero de 2012 y 2013 en el aumento de los niveles en estos pozos.

El resto de los pozos muestran tendencia a la disminución especialmente los que se ubican cercanos a sectores de bombeo (2040, M1-C, M2-C). La napa en el sector suroeste (Sample-4 y Zar-C-S) ha disminuido sin tendencia a la estabilización, lo que se explica por las extracciones que se están realizando en este sector. En el sector norte el nivel de la napa se ha mantenido constante con una muy leve tendencia a la disminución, sin embargo en este sector se observa un aumento de hasta 70 cm en los niveles de los pozos por las lluvias ocurridas en febrero de 2012 y 2013 las que generan un aumento de la recarga (EIA-5, C4-B, 1906). Estos 3 pozos no están en el núcleo, por eso su comportamiento. Dado que las lluvias provocaron inundaciones y cortes de camino, los pozos 1906 y C4-B no pudieron ser monitoreados en febrero de 2012.

Los pozos 1001, 1096, 2028, 2040, M1-C, EIA-5, SOPE-6, SOPM-02, SOPM-04, SOPM-05, SOPM-10, SOPM-11 y SOPM-12C muestran un descenso en el primer semestre de 2014, recuperando los valores previos a las precipitaciones de febrero de 2012 y 2013.

Figura 4-275: Nivel mensual observado en el pozo 1001

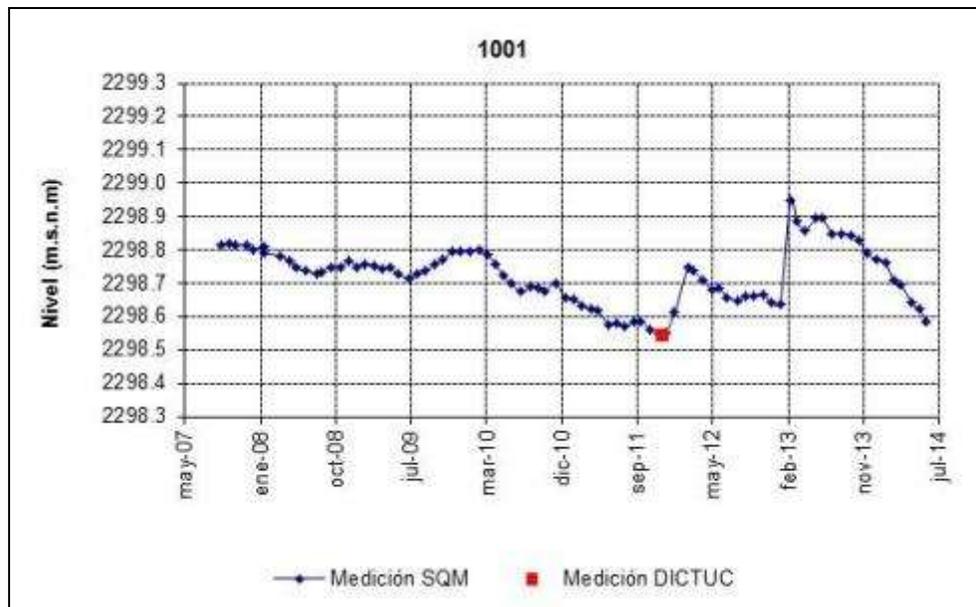


Figura 4-276: Nivel mensual observado en el pozo 1906

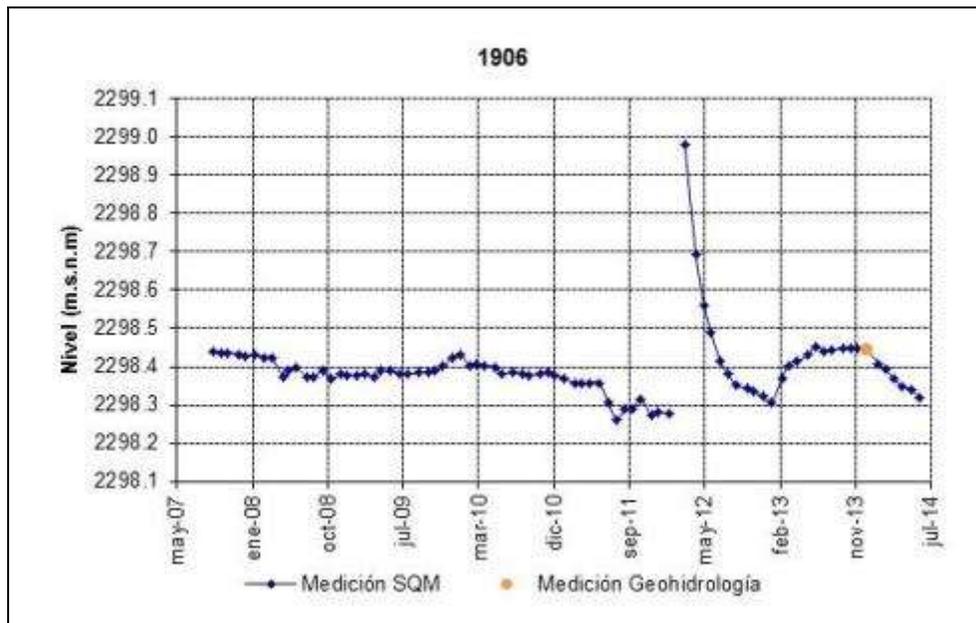


Figura 4-277: Nivel mensual observado en el pozo 2028

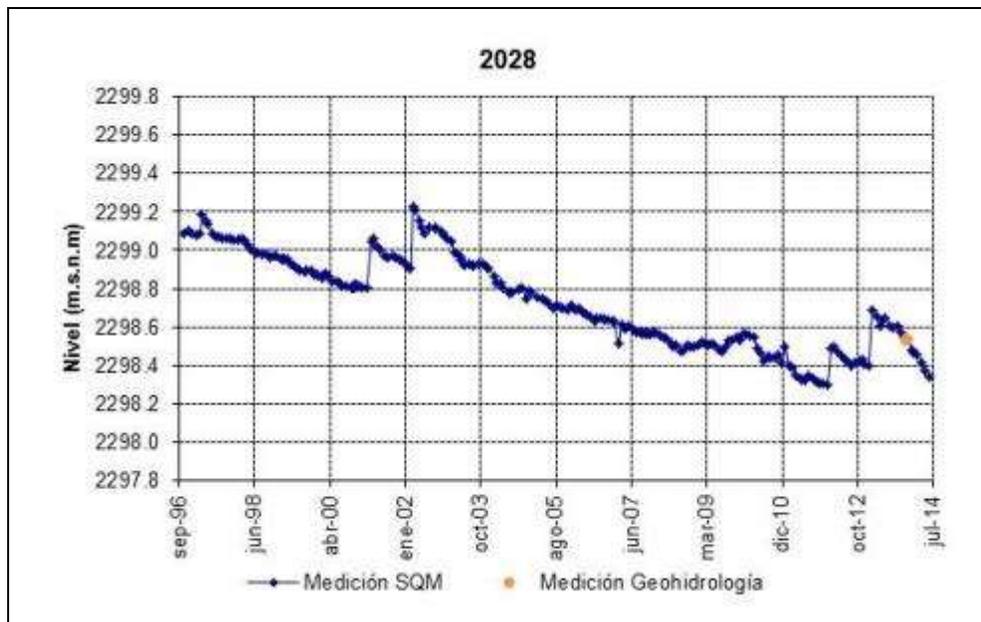


Figura 4-278: Nivel mensual observado en el pozo 2040

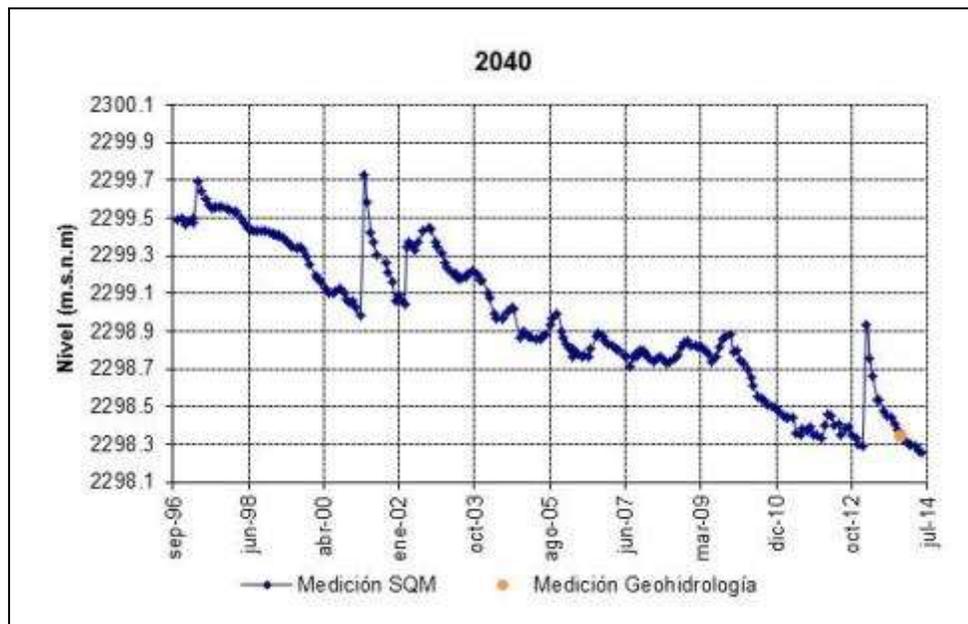


Figura 4-279: Nivel mensual observado en el pozo C4-B

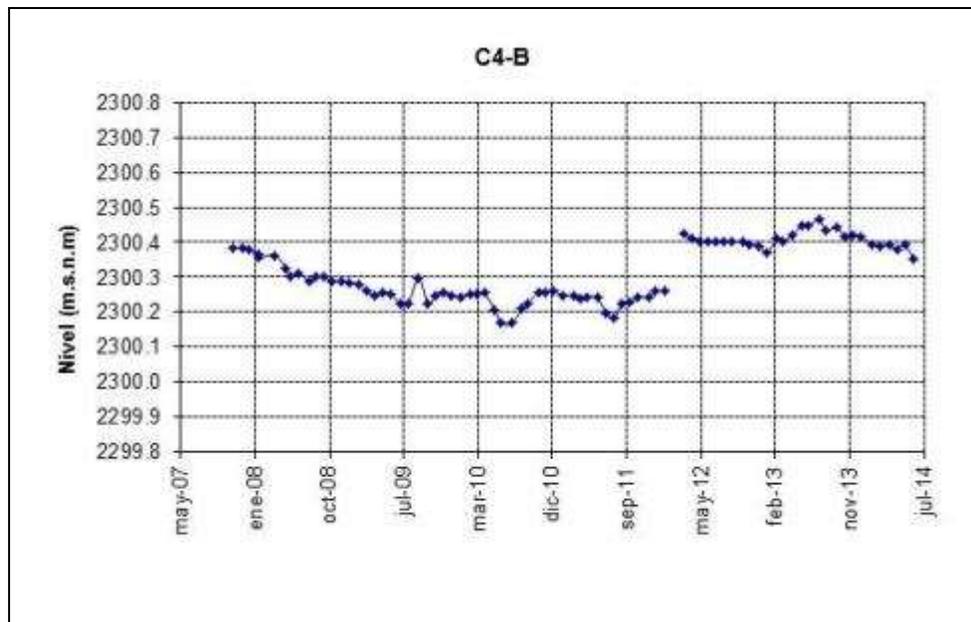


Figura 4-280: Nivel mensual observado en el pozo M1-C

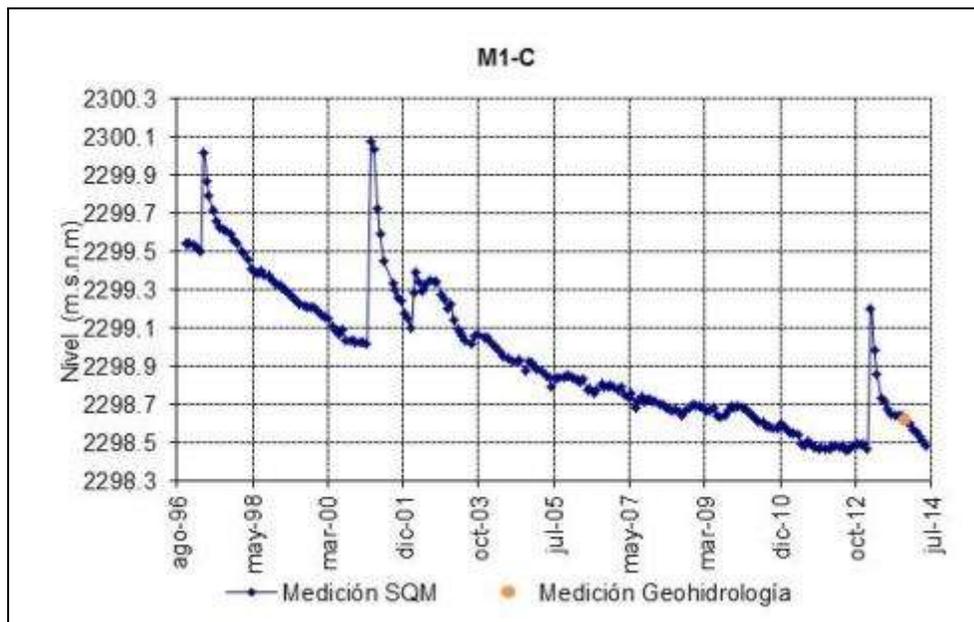
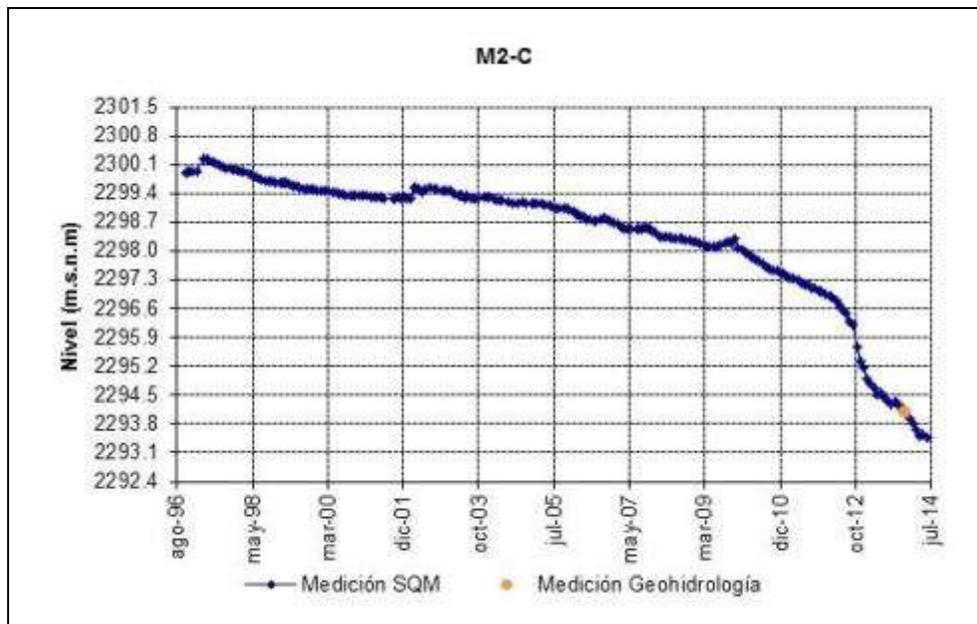


Figura 4-281: Nivel mensual observado en el pozo M2-C



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.

Figura 4-282: Nivel mensual observado en el pozo M7

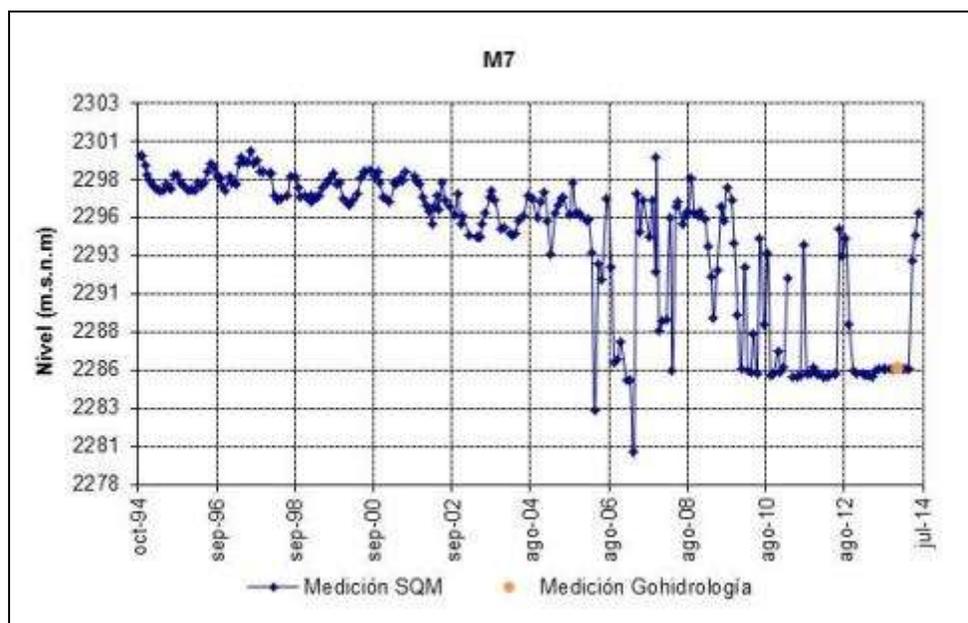


Figura 4-283: Nivel mensual observado en el pozo E-101

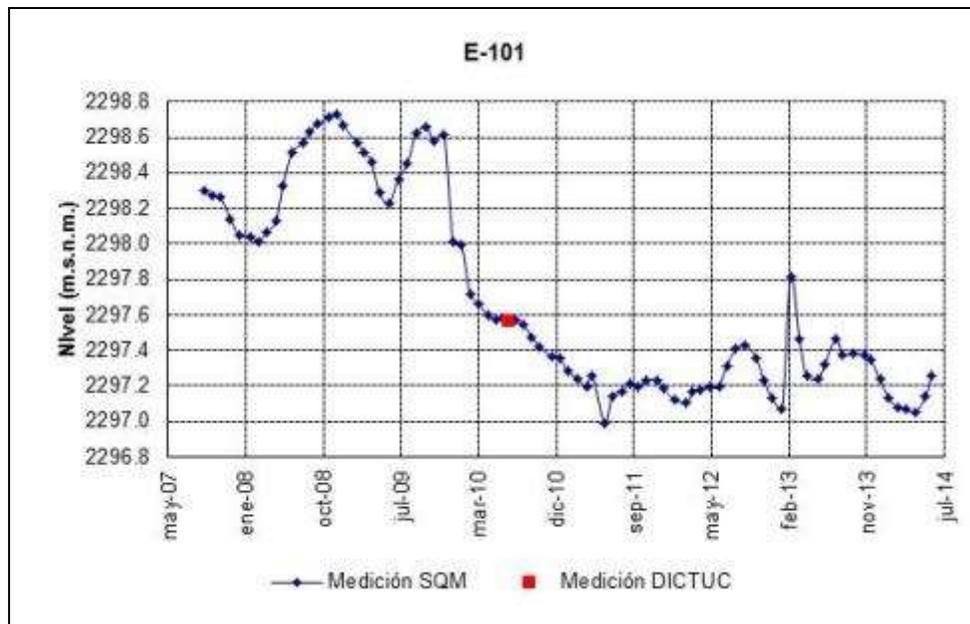


Figura 4-284: Nivel mensual observado en el pozo E-324

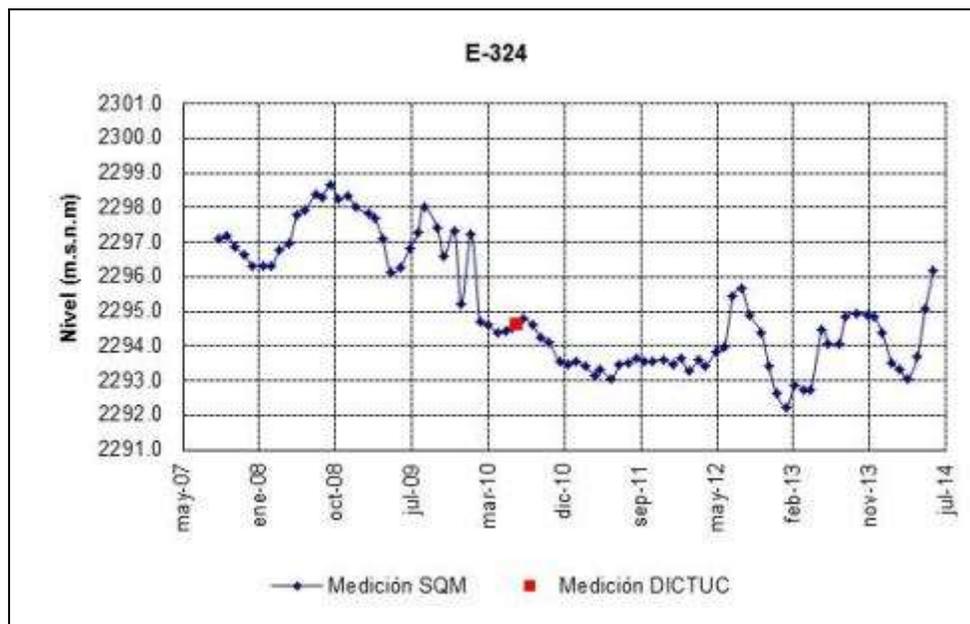


Figura 4-285: Nivel mensual observado en el pozo EIA-5

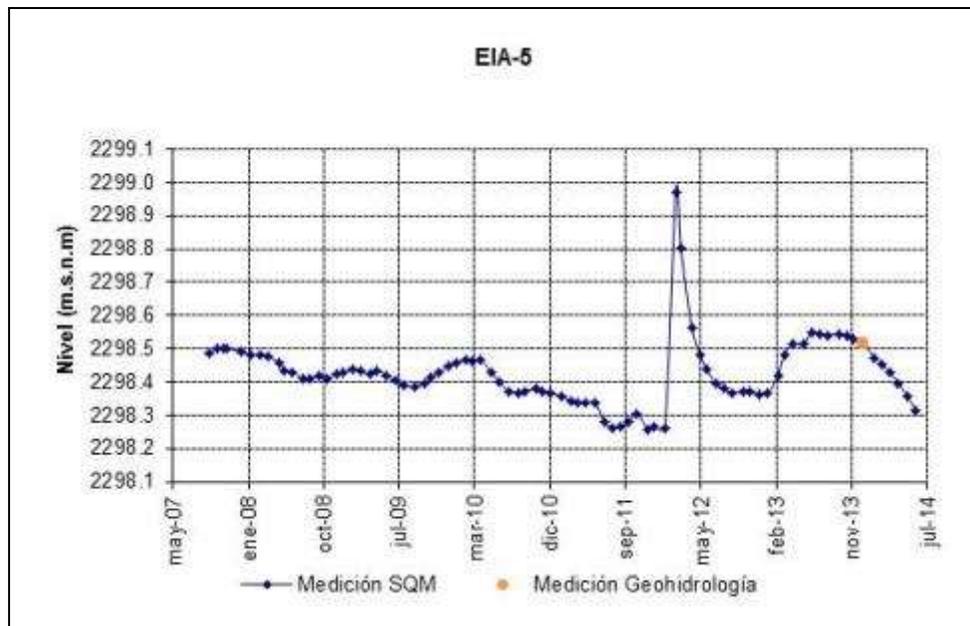


Figura 4-286: Nivel mensual observado en el pozo Sample4

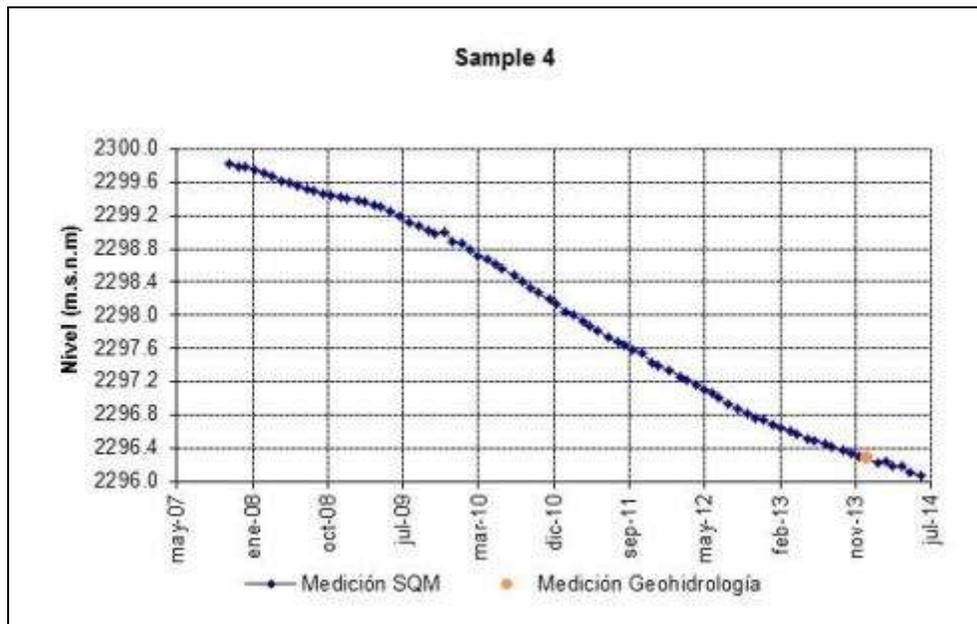


Figura 4-287: Nivel mensual observado en el pozo SOPE-6

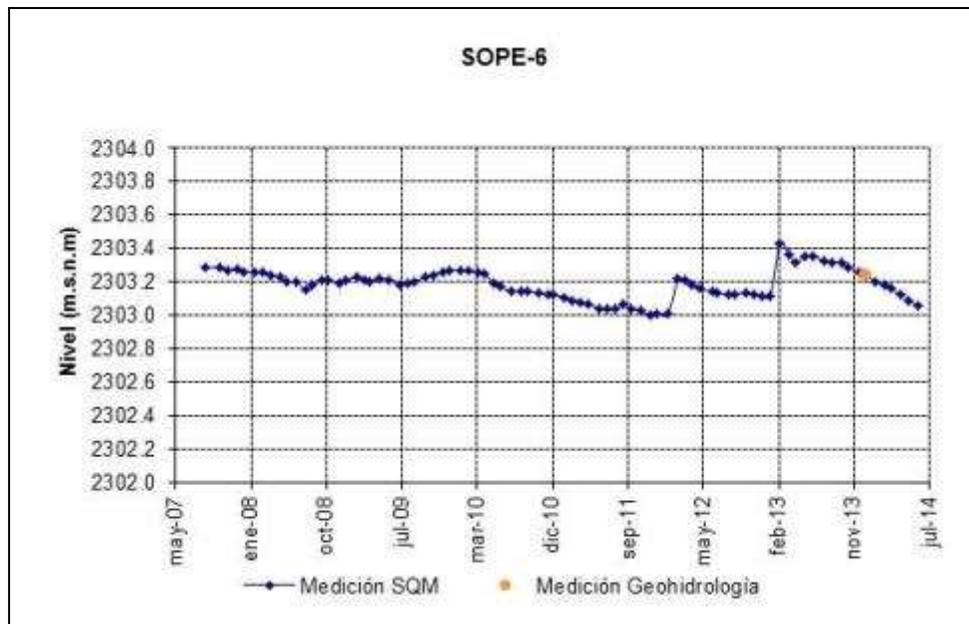


Figura 4-288: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-2



Figura 4-289: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-4

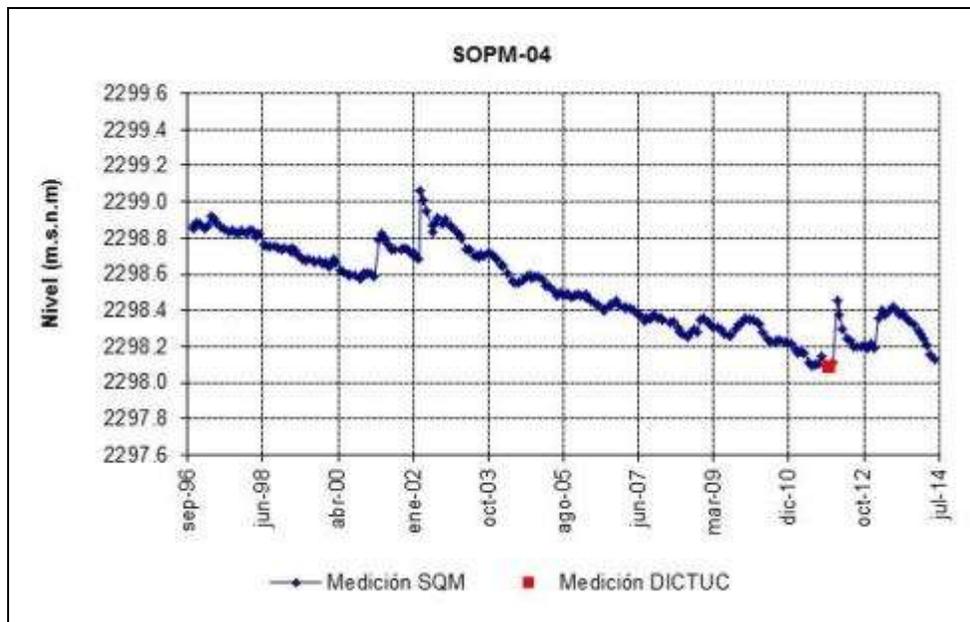


Figura 4-290: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-5

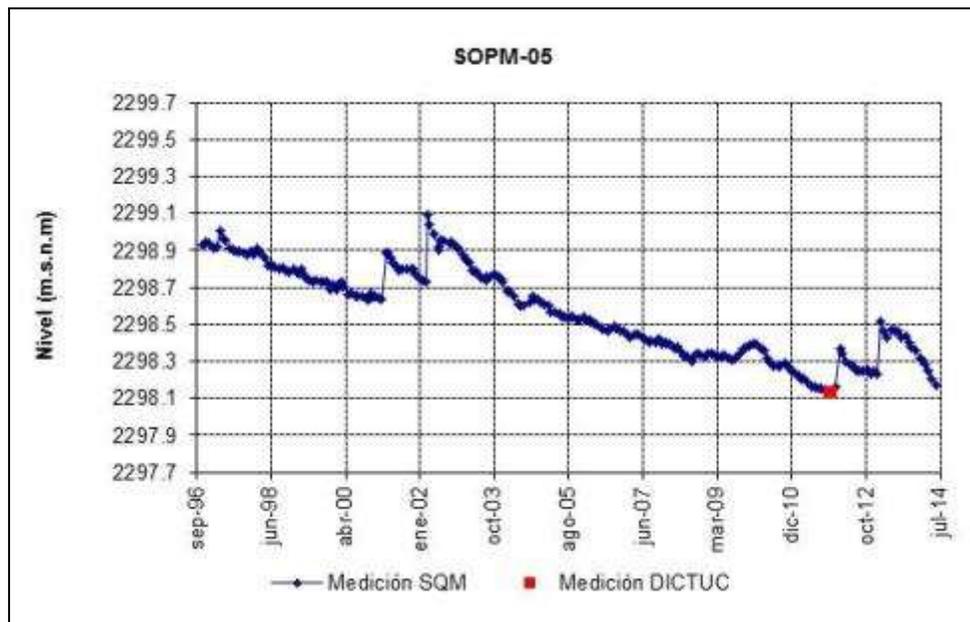


Figura 4-291: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-10

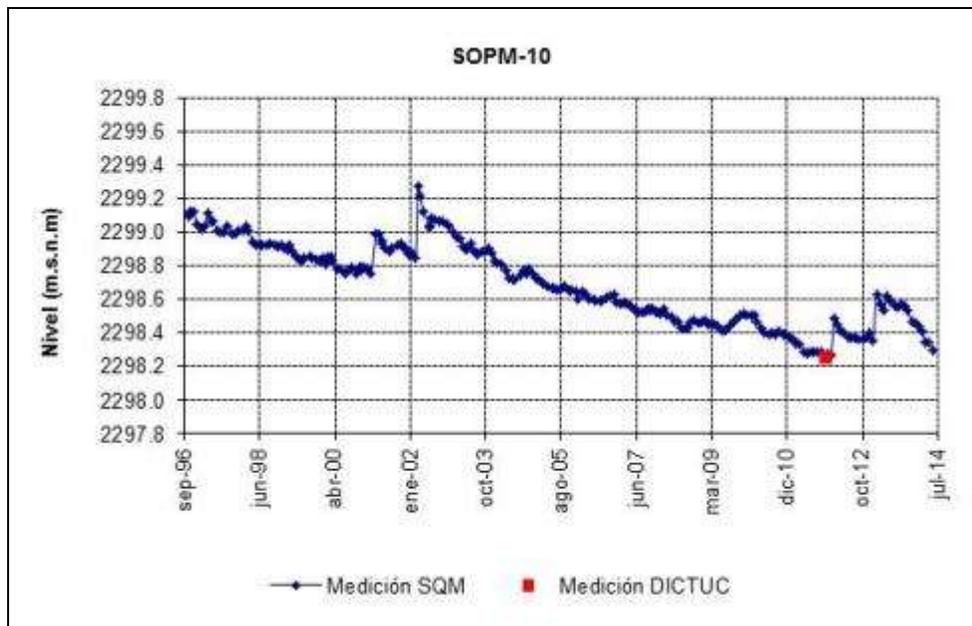


Figura 4-292: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-11

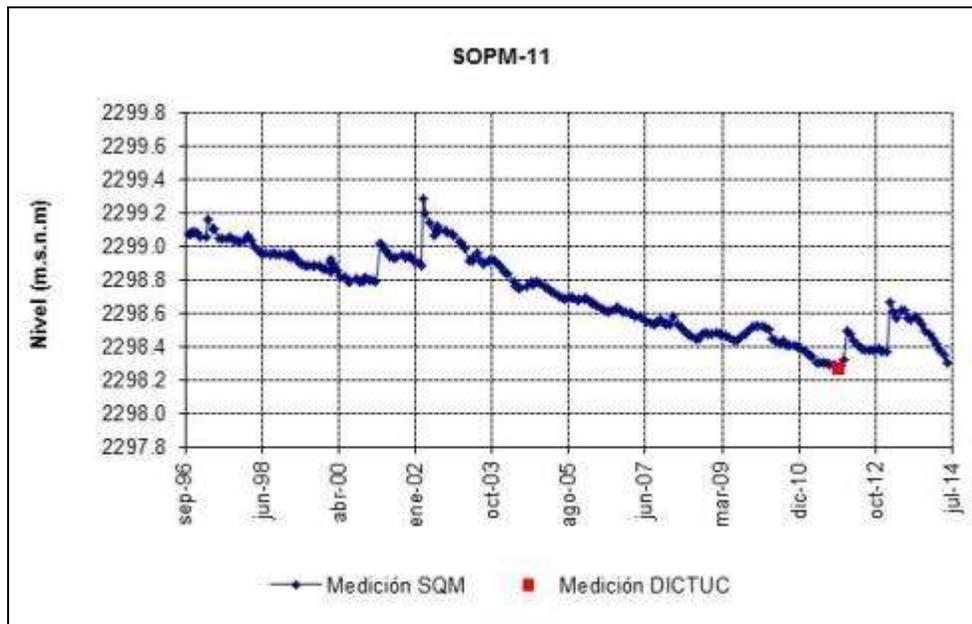


Figura 4-293: Nivel mensual observado en el pozo SOPM-12C

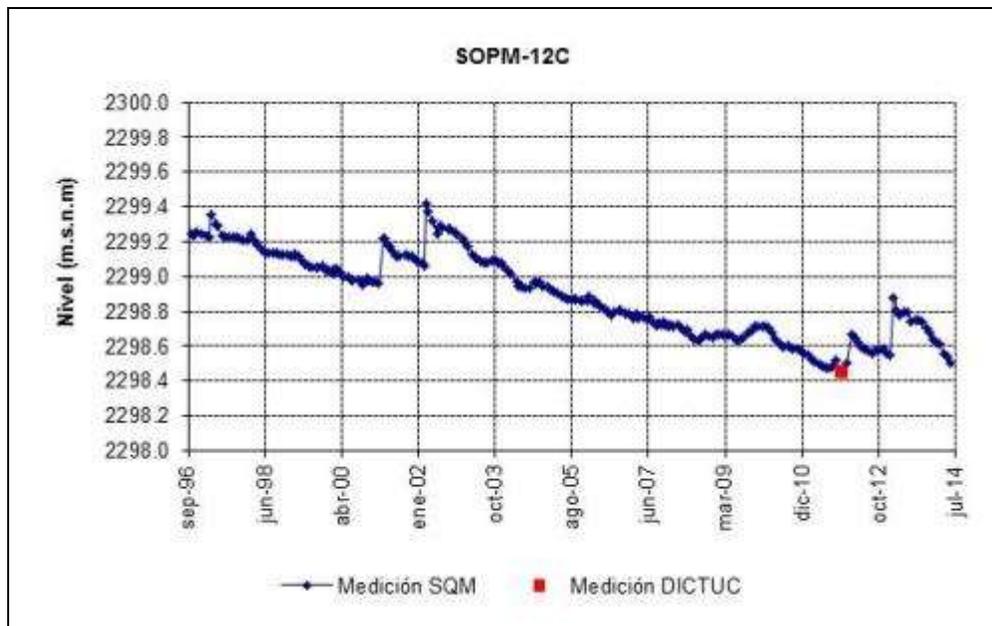
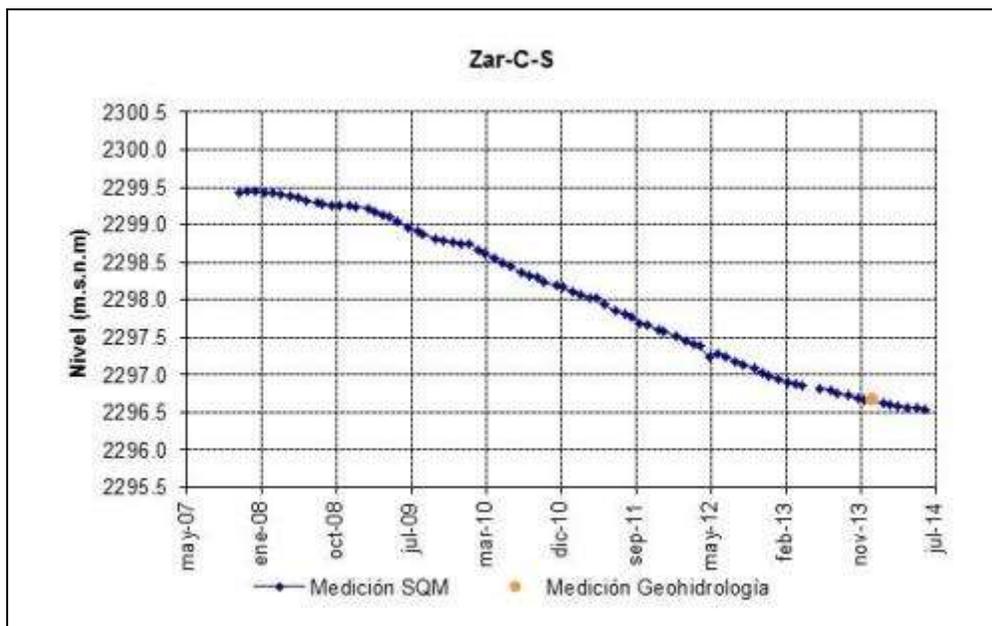


Figura 4-294: Nivel mensual observado en el pozo Zar-C-S



4.6.2 Meteorología

Entre la Figura 4-295 y la Figura 4-298 se presenta las variables registradas por la estación meteorológica Salar. 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.

Durante el primer semestre 2014 se observan valores similares a los registrados previos a las lluvias de los años 2012 y 2013, lo que significó que los niveles hayan recuperado la tendencia normal previo a los episodios de lluvias ocurridos en estos años. En la estación meteorológica Salar sólo se registraron lluvias los días 23 y 24 de mayo, con 0,6 y 0,4 mm de agua caída, respectivamente, situación similar a lo registrado en los años previos. En cambio, en la estación meteorológica Chaxa fueron observadas precipitaciones los días 16 de enero con 0,9 mm, 17 de enero con 0,3 mm, 13 de abril con 2,2 mm y 23 de mayo con 0,3 mm.

Figura 4-296: Evaporación diaria registrada en la estación Salar

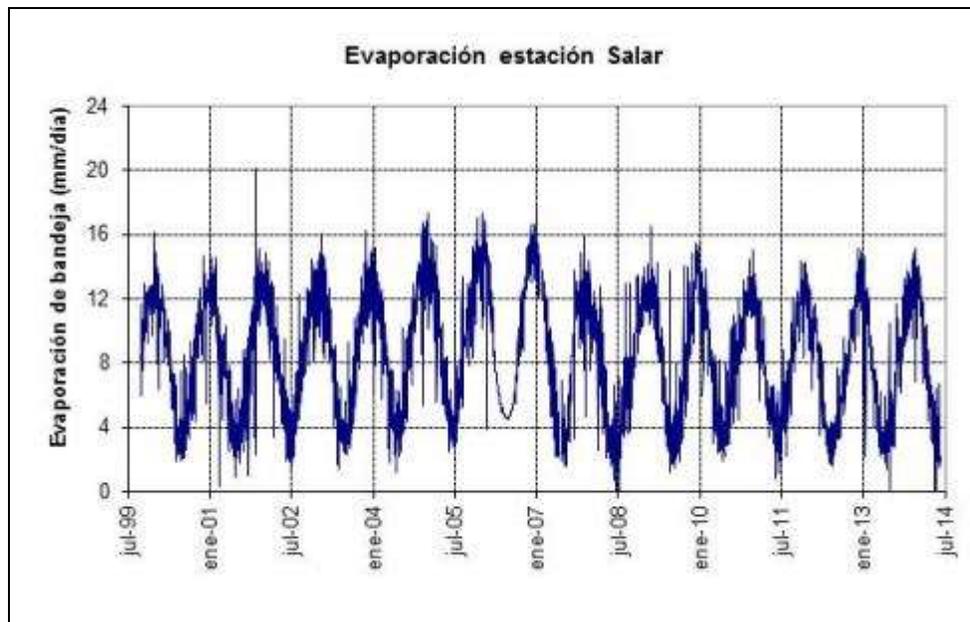


Figura 4-297: Velocidad del viento diaria registrada en la estación Salar

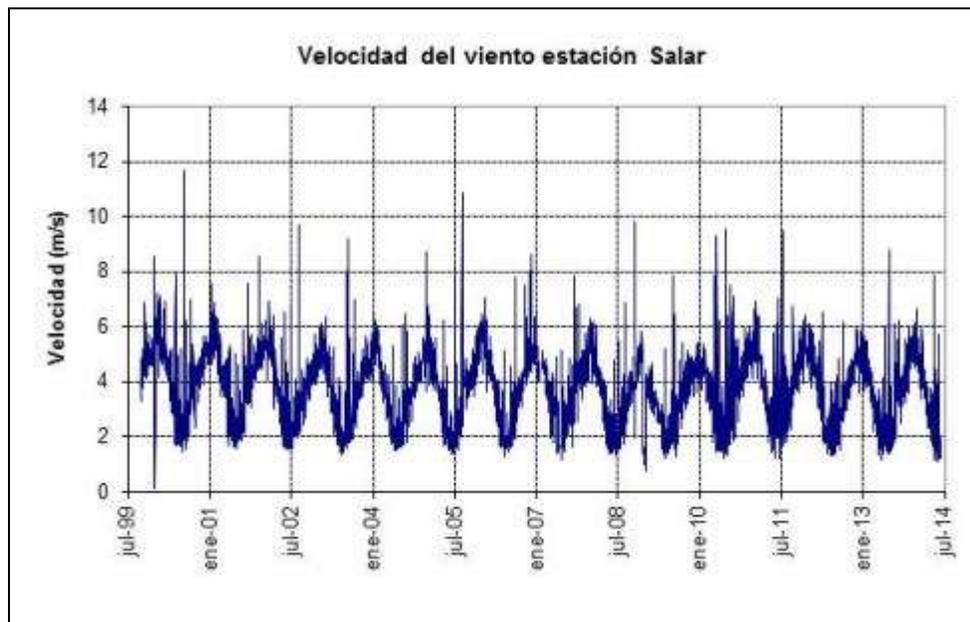
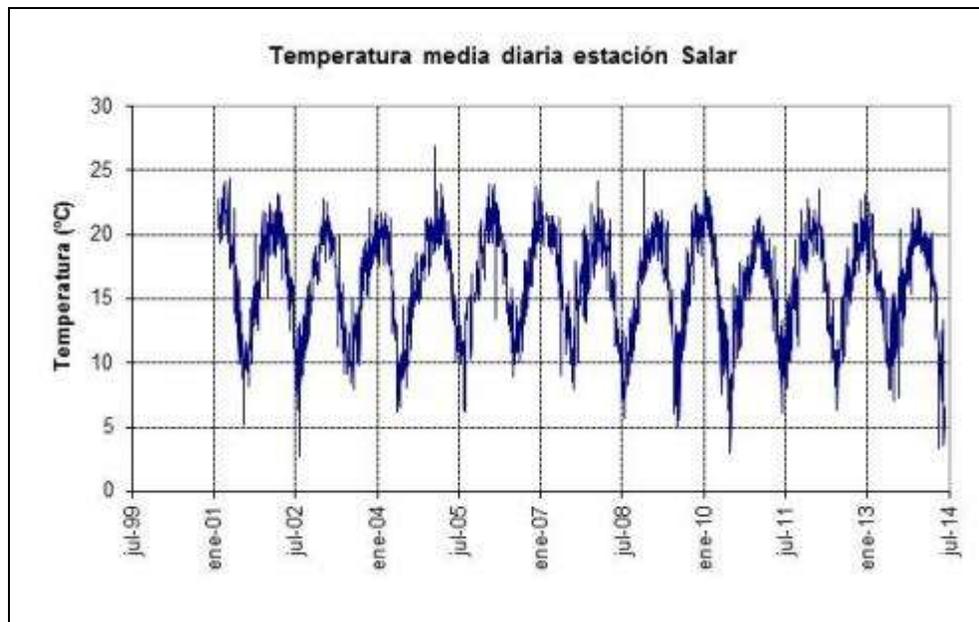


Figura 4-298: Temperatura media diaria registrada en la estación Salar



4.6.3 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 3 se adjuntan los informes de los análisis químicos de estos pozos. Los resultados se presentan desde la Figura 4-299 a la Figura 4-300.

Figura 4-299: Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12c

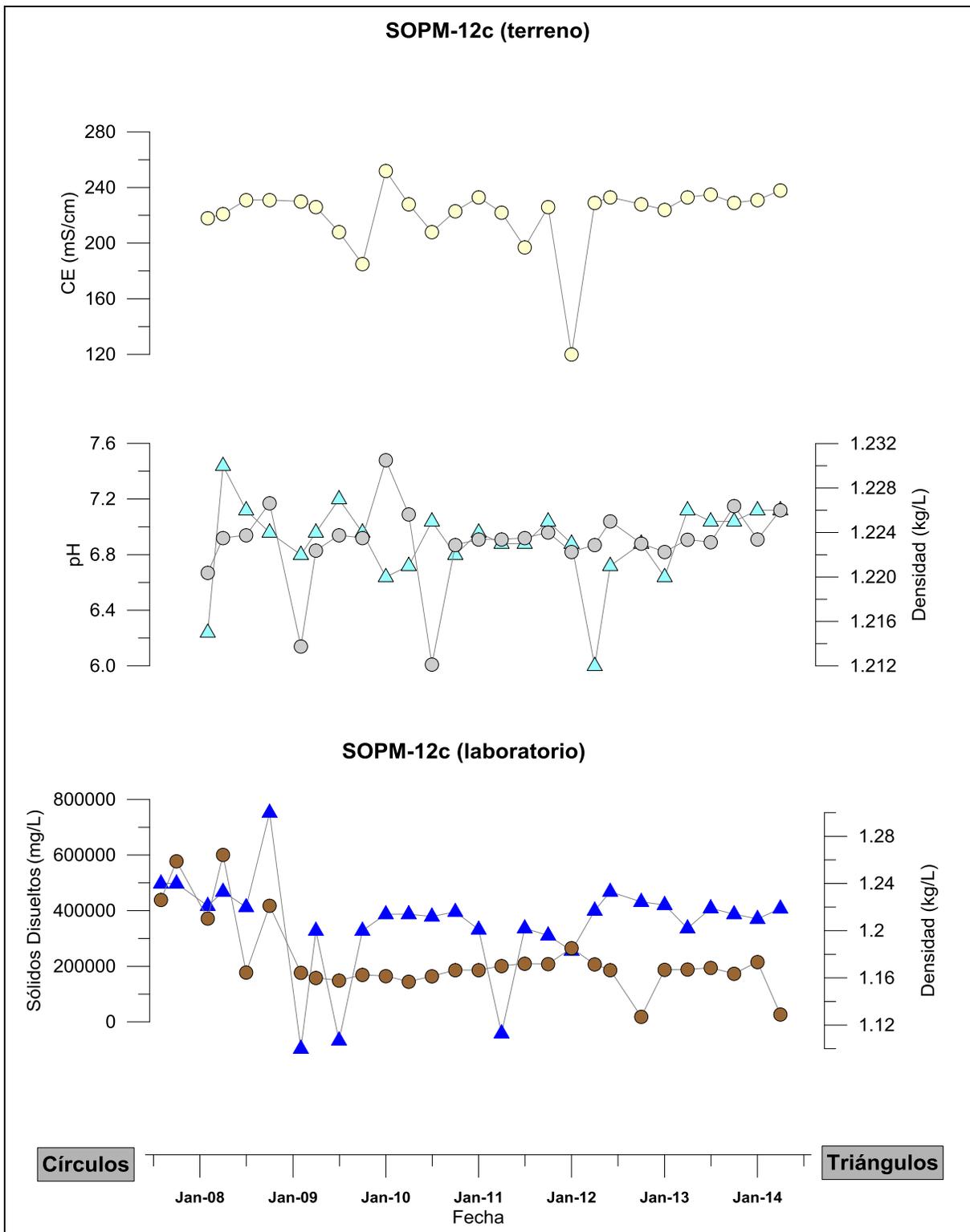
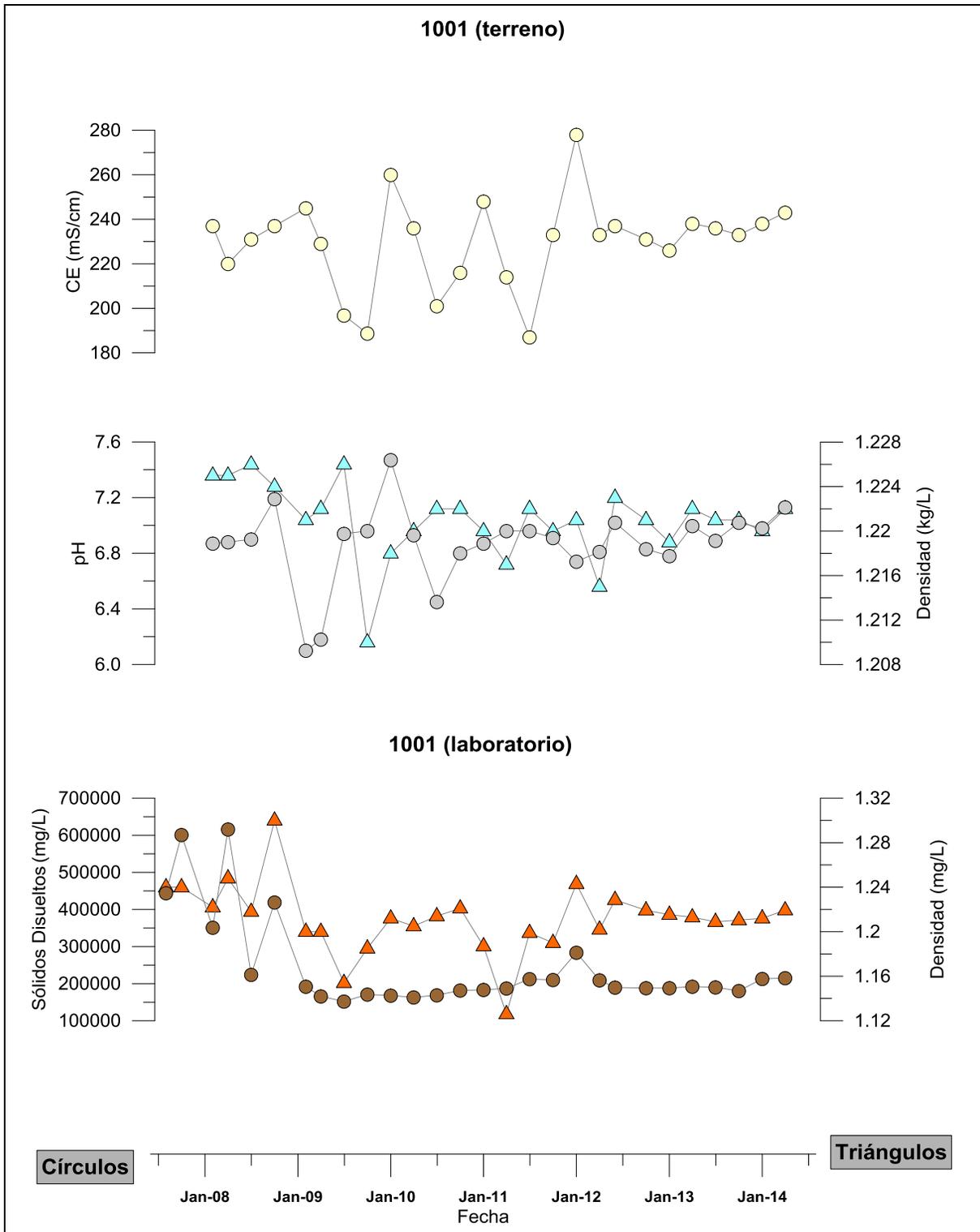


Figura 4-300: Resultados de análisis físico-químico pozo 1001



4.7 SISTEMA CUÑA SALINA

Los puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina se encuentran al este del Salar de Atacama, entre las coordenadas 7.421.000 a 7.379.000 norte y 587.000 a 597.000 este. En la Figura 4-302 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, los que se muestran en la Tabla 4-10, donde se muestra su profundidad y número de página del gráfico con registro de nivel. 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 4.3.1. Los pozos clasificados como cuña están emplazados íntegramente en la zona marginal.

Tabla 4-10: Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Profundidad (m)	Página
Cuña 1	Zona marginal	Pozo cuña	22	250 y 252
Cuña 2	Zona marginal	Pozo cuña	24	251 y 252
Cuña 3	Zona marginal	Pozo cuña	140	251 y 252
Cuña 4	Zona marginal	Pozo cuña	95	252y 254
Cuña 5	Zona marginal	Pozo cuña	38	253 y 254
L4-3	Zona marginal	Pozo cuña	95	253 y 254
Cuña 6	Zona marginal	Pozo cuña	122	255 y 256
Cuña 7	Zona marginal	Pozo cuña	42	255y 256
L10-1	Zona marginal	Pozo cuña	162	177 y 256

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 (2001²²) 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 4-11). 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 4-12). Los valores utilizados se presentan además expresados en unidades de conductividad eléctrica en la Tabla 4-12, en base a la relación empírica de la Figura 4-301.

²² Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall

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 4-301.

Figura 4-301: 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%)

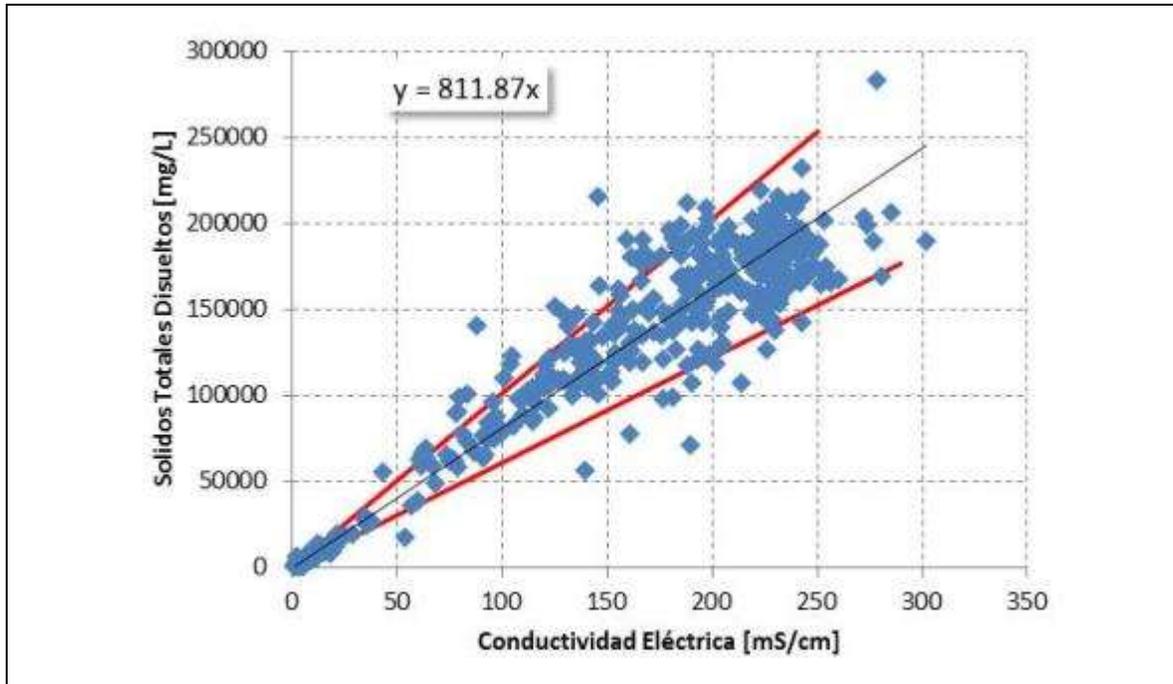


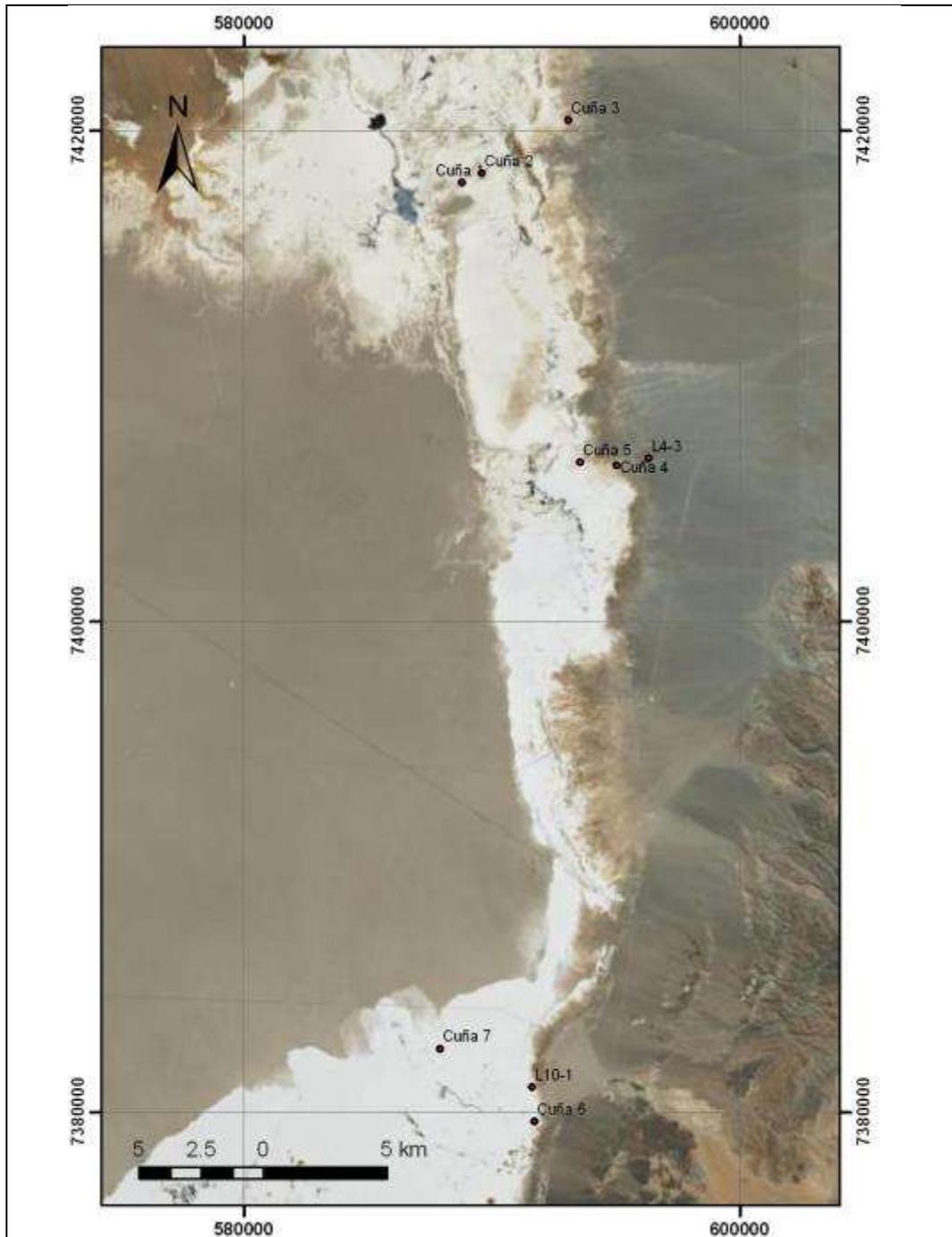
Tabla 4-11: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de SDT

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

Tabla 4-12: Criterios de clasificación de agua de acuerdo a salinidad en unidad de CE

Categoría	Rango [mS/cm]
Agua fresca	0 – 3,7
Zona de transición	3,7 – 123,2
Salmuera	> 123,2

Figura 4-302. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.



SQM Salar realizó mediciones del perfil de conductividad y temperatura en todos los pozos listados en la Tabla 4-10. Estos perfiles se presentan en la Figura 4-306, Figura 4-310 y Figura 4-313.

Los registros de nivel de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 se muestran en la Figura 4-303, Figura 4-304 y Figura 4-305, respectivamente. Durante febrero de 2012 no se pudo monitorear los dos primeros pozos ya que los caminos se encontraban cortados por las lluvias ocurridas durante ese mes. Las precipitaciones registradas en esa fecha generaron un aumento en los niveles de estos pozos.

Los perfiles de conductividad de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 se presentan en la Figura 4-306. Los pozos Cuña 1 y Cuña 2 están emplazados directamente en la cuña salina, registrando valores mayores al límite de la categoría definido en 124,2 mS/cm, mientras que el pozo Cuña 3 atraviesa la denominada zona de transición en sus primeros 126 metros, para luego internarse en la zona de salmuera por los 14 metros restantes.

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 una estabilización en su nivel en el último año.

Figura 4-303: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 1

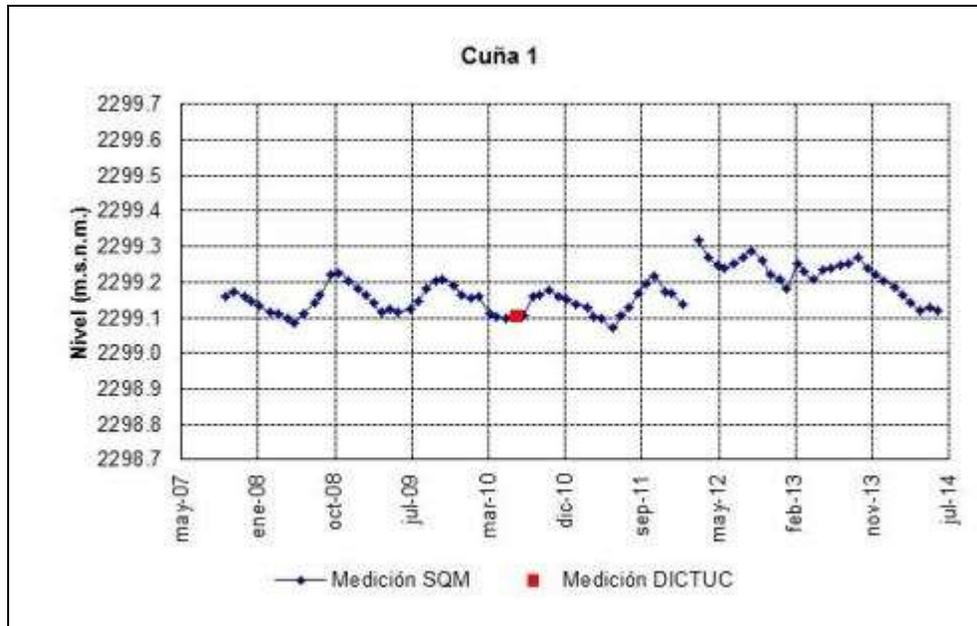


Figura 4-304: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 2

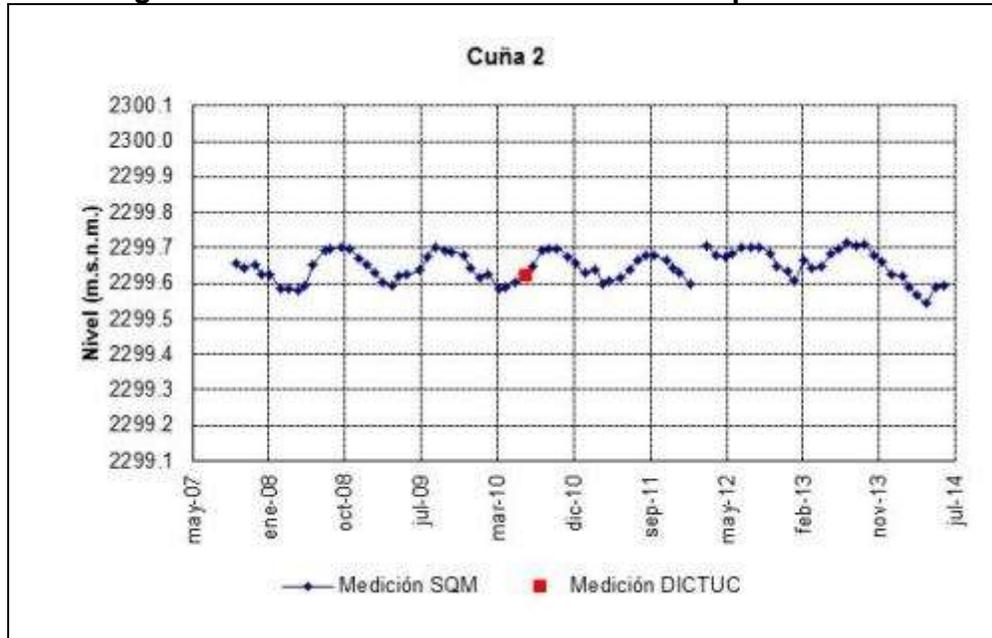


Figura 4-305: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 3

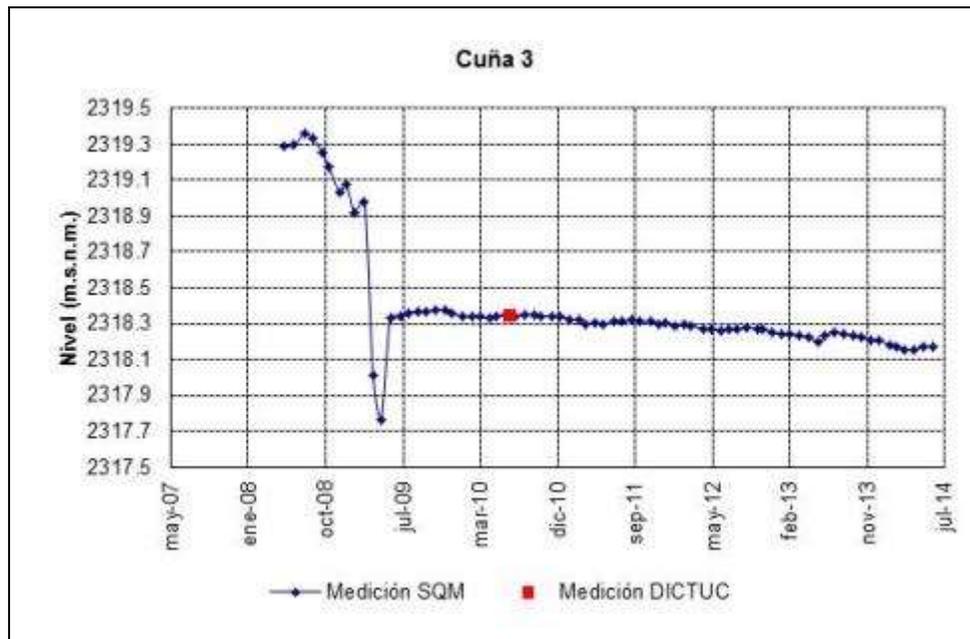


Figura 4-306: Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a Junio 2014

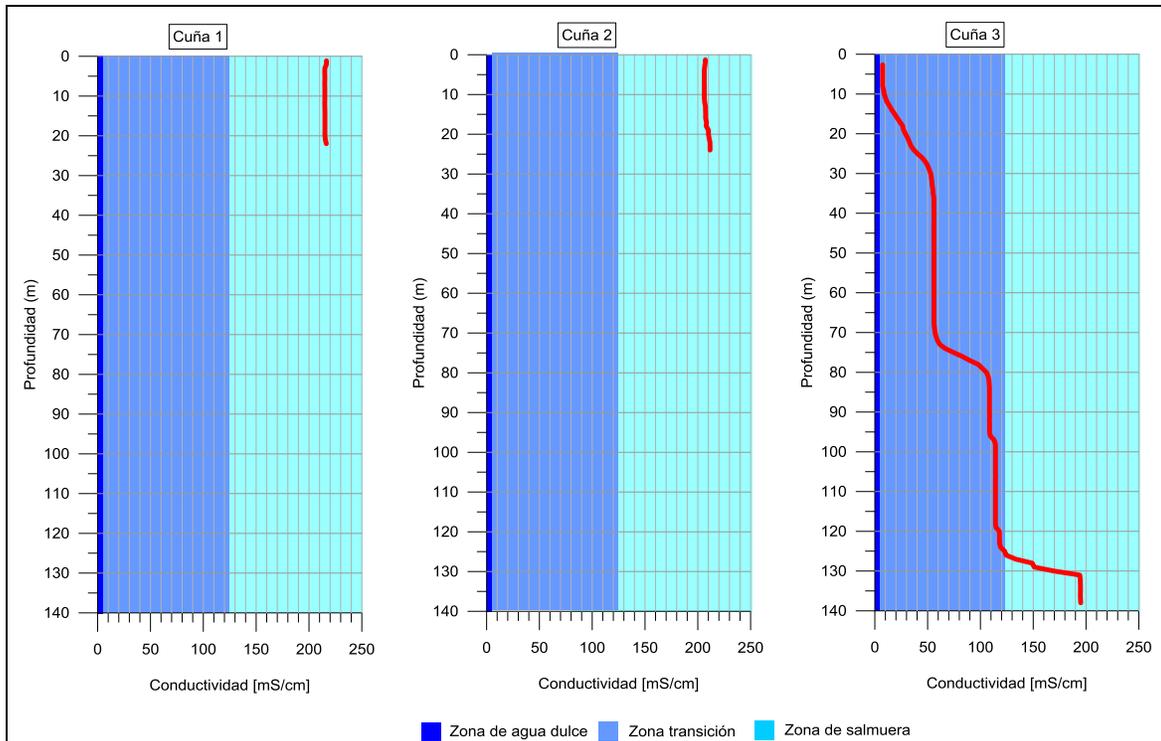


Figura 4-307: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 4 (surgente)

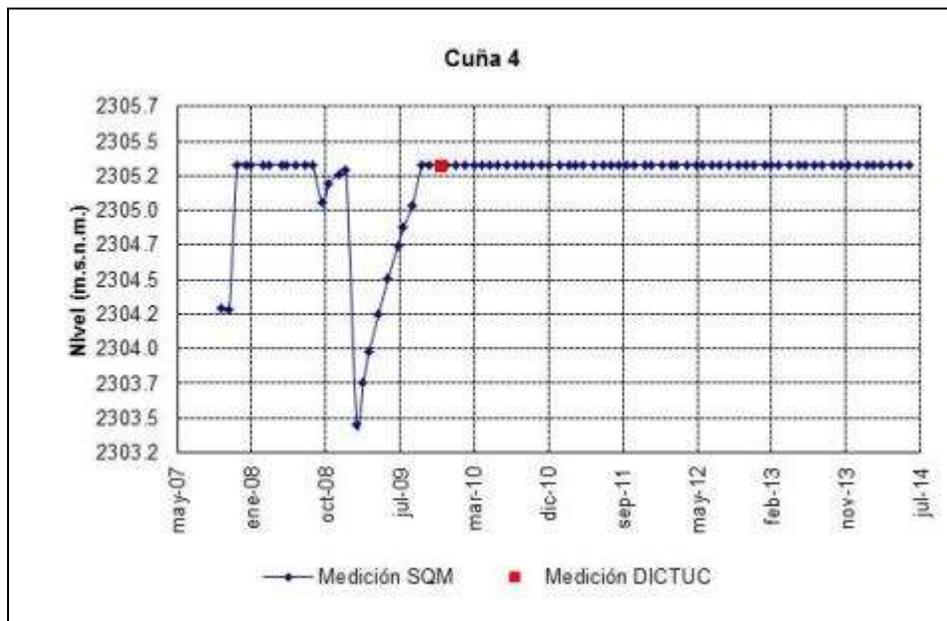


Figura 4-308: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 5

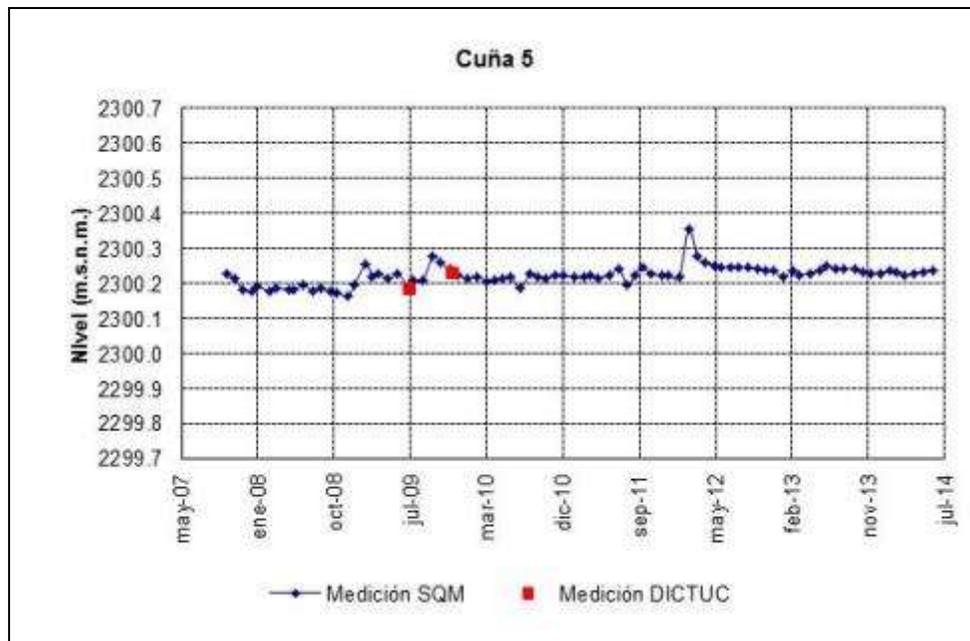
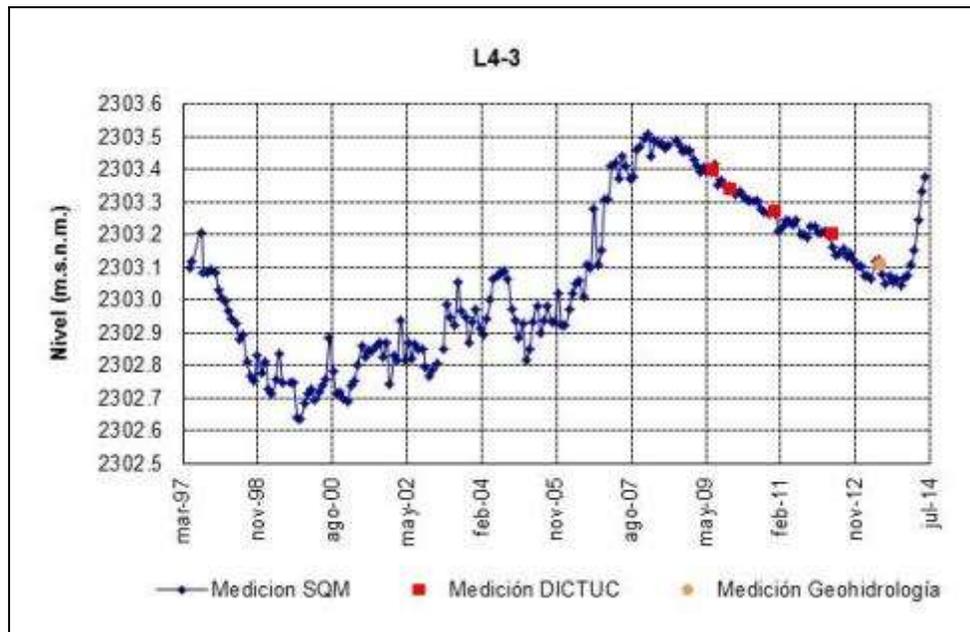


Figura 4-309: Nivel mensual observado en el pozo L4-3



La Figura 4-310 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3. Se aprecia que el pozo Cuña 4 se ubica totalmente dentro de la zona de salmuera, el pozo Cuña 5 a los 57 m de profundidad pasa de la zona de transición a la zona de salmuera y el pozo L4-3 inicialmente se encuentra en la zona de transición (hasta los 40 m de profundidad) para luego ubicarse dentro de la zona de salmuera.

La Figura 4-310 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 4-310. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 a diciembre de 2013

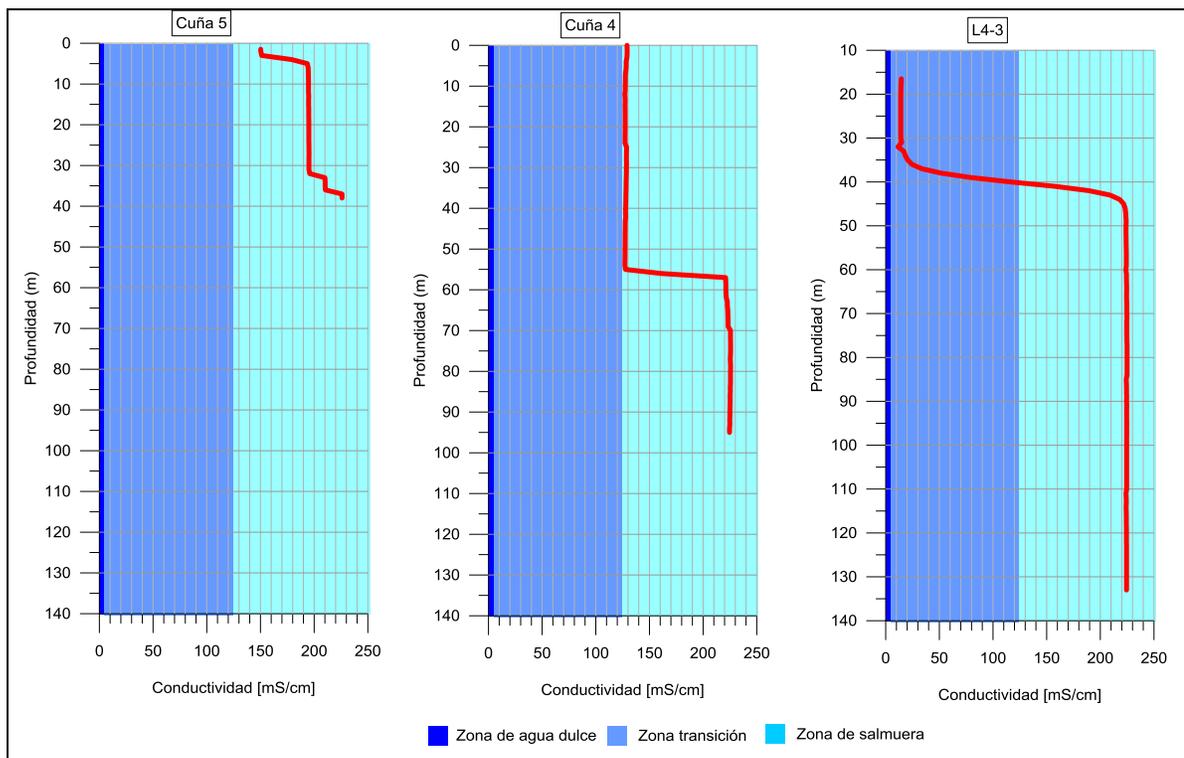


Figura 4-311. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 6

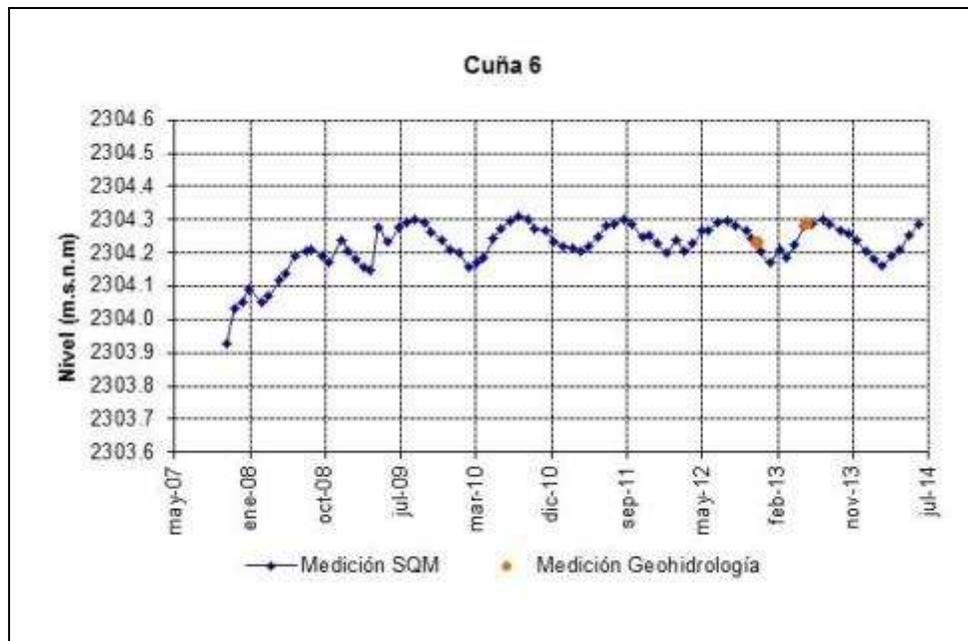
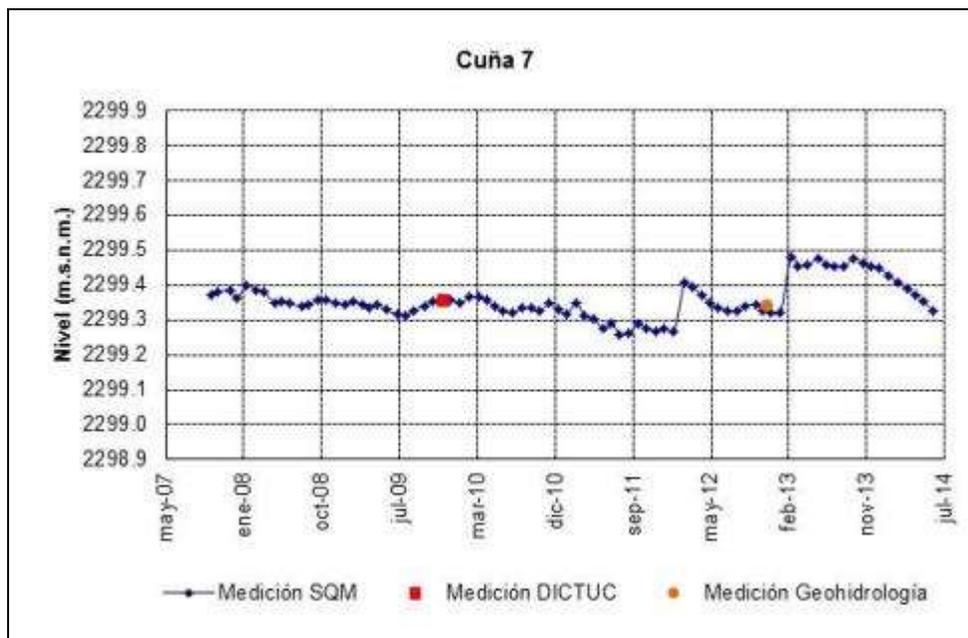


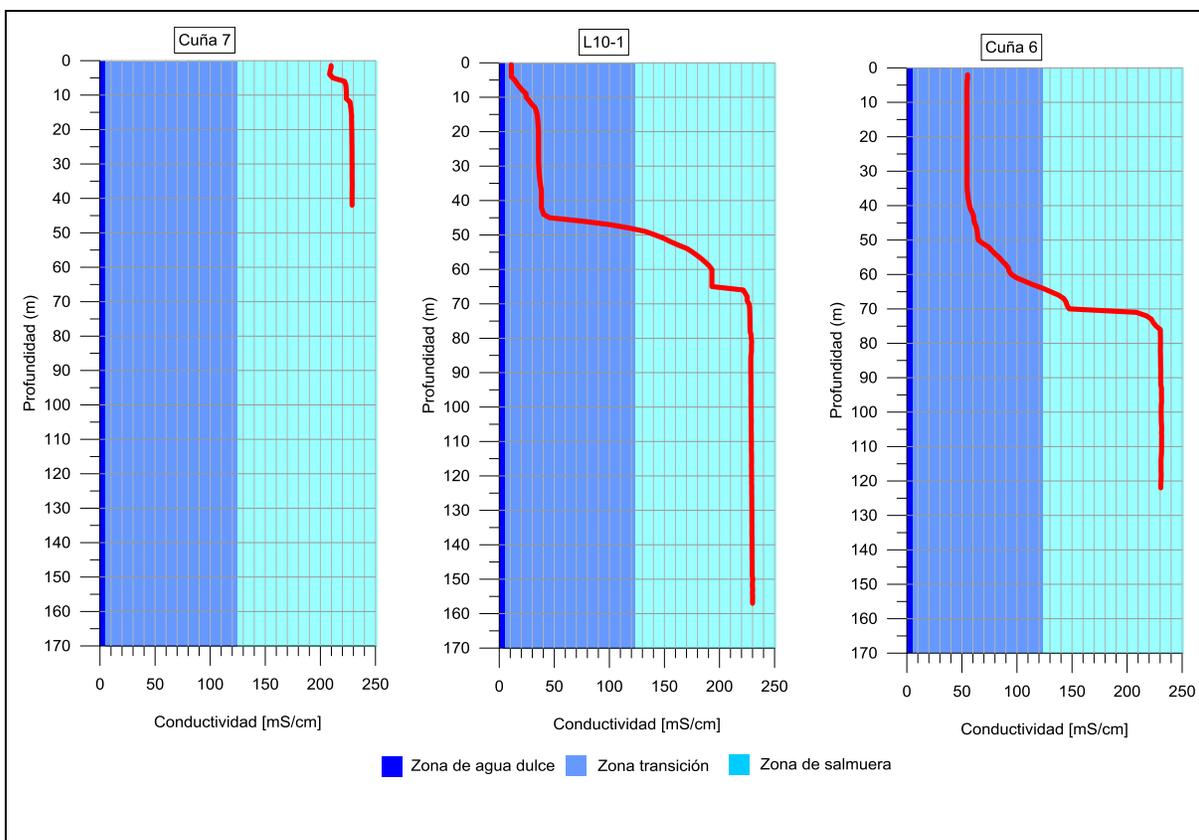
Figura 4-312: Nivel mensual observado en el pozo Cuña 7



La Figura 4-313 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 49 m, luego de lo cual se supera el umbral de 124,2 mS/cm que define la zona de salmuera por los 108 metros restantes.

En el pozo Cuña 6 la zona de transición se extiende hasta los 65 metros, mientras que en profundidades mayores se detectó la zona de salmuera.

Figura 4-313. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 a diciembre de 2013



5 GLOSARIO Y ABREVIACIONES

Antepozo: Tubería metálica o de PVC que protege a un pozo.

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).