

“PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE ATACAMA

Informe N° 5: Informe de Monitoreo Semestral Actualizado a junio de 2009”

Informe N°: 851000

Fecha: 30-Diciembre-2009

“SQM SALAR S.A.”

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 354 4227-4219 / Fax: (56-2) 354 5876 / www.dictuc.cl

1. Tipo Informe Informe técnico	2. Cuerpo del Informe 240 hojas
3. Título del Proyecto "Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico. Proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama. Informe N° 5: Informe de Monitoreo Semestral Actualizado a junio de 2009"	4. Fecha Informe 30-Diciembre-2009
5. Autor (es) Jefe de Proyecto: José F. Muñoz Ing. a Cargo: Cristian Ortiz Ingeniero de Proyecto: Fernando Varas	6. Contrato Convenio DICTUC S.A. - SQM
7. Nombre y Dirección de la Organización Investigadora DICTUC; Pontificia Universidad Católica de Chile Vicuña Mackenna N° 4860, Casilla 306 – Correo 22, Macul – Santiago	8. Período de Investigación Enero a Diciembre de 2009
9. Antecedentes de la Institución Mandante Nombre: SQM Salar S.A. Dirección: Los Militares 4290, Las Condes, Santiago RUT: 79.626.800-K Teléfono: +562 4252525 Fax: +562 4252317	10. Contraparte Técnica Nombre: Corrado Tore Cargo: Gerente de Hidrogeología Salar de Atacama
11. Resumen El presente documento corresponde al Informe N° 5 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 de 2009, incorporando como información nueva la generada durante el primer semestre de 2009.	

José F. Muñoz
Jefe de Proyecto

DICTUC S.A.

Nota: "La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de Dictuc S.A."

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 354 4227-4219 / Fax: (56-2) 354 5876 / www.dictuc.cl

09-037

SQM SALAR S.A.

**PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL
HIDROGEOLÓGICO.**

**PROYECTO CAMBIOS Y MEJORAS DE LA
OPERACIÓN MINERA EN EL SALAR DE
ATACAMA**

Informe N° 5: Informe de Monitoreo Semestral

Actualizado a junio de 2009

Jefe de proyecto

José F. Muñoz P., Ing. Civil, Ph. D.

Ingeniero a cargo

Cristian Ortiz A., Ing. Agr., M. Sc.

Ingeniero de proyecto

Fernando Varas A., Ing. Civil

Santiago, diciembre de 2009



CONTENIDOS

Ítem	Contenido	Pág.
1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	ANTECEDENTES GENERALES.....	6
2.1	INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO DEL PSAH.....	6
2.2	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y UMBRALES DE ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....	8
2.3	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL.....	10
3	ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....	18
4	MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO.....	19
4.1	SISTEMA SONCOR.....	19
4.2	SISTEMA AGUAS DE QUELANA.....	100
4.3	SISTEMA PEINE.....	145
4.4	SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE.....	173
4.5	SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO.....	184
4.6	NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA.....	188
4.7	SISTEMA CUÑA SALINA.....	203
5	COMENTARIOS RESPECTO AL MONITOREO DEL PSAH.....	214
5.1	ESTACIONES DE AFORO.....	214
5.2	SUPERFICIE LACUSTRE.....	216
5.3	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA MEDIDA EN LABORATORIO.....	218
5.4	VANDALISMO EN POZO L11-2.....	220
5.5	REPOSICIÓN DE REGLILLA L7-G1.....	223
5.6	DETERIORO DE VÍAS DE ACCESO.....	225
5.7	MOVIMIENTO APARENTE DE PUNTOS DE REFERENCIA Y DESPLAZAMIENTO DE LA COSTRA.....	228
5.8	FORMULARIO DE PUNTOS NO MONITOREADOS.....	229
6	GLOSARIO Y ABREVIACIONES.....	230
7	ANEXOS.....	231
7.1	ACTUALIZACIÓN DE UMBRALES DE ACTIVACIÓN DEL PLAN DE CONTINGENCIAS.....	231
7.2	INFORME DE MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE MEDIANTE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (ABRIL 2009).....	237
7.3	INFORME DE MEDICIÓN DE SUPERFICIE LACUSTRE MEDIANTE IMAGEN SATELITAL (ABRIL 2009).....	238
7.4	INFORMES DE ANÁLISIS QUÍMICOS.....	239
7.5	CARTA DE ALS ENVIRONMENTAL JUSTIFICANDO VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	240
7.6	FORMULARIOS DE PUNTOS NO MONITOREADOS.....	241

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N° 5 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 de 2009, incorporando como información nueva la generada durante el primer semestre de 2009.

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.

El presente informe entrega la información ordenada para los siguientes sistemas o sectores ambientales:

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

Este informe ha sido confeccionado por DICTUC S.A. basado en la información proporcionada por SQM Salar, quienes son los responsables de obtener los datos en terreno. Sin embargo, DICTUC realizó una campaña de terreno con el objetivo de confirmar de manera aleatoria la información de monitoreo. En aquellos pozos monitoreados por DICTUC se incorporó un punto rojo indicando la medición.

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 concluyeron en su totalidad el 31 de octubre del 2007.

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

- 7 calicatas
- 105 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 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 hidrogeológico que conforman el PSAH se encuentran distribuidos en el núcleo, en la zona marginal y en el borde este del Salar de Atacama (Figura 2.1-1). 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 requiere un adecuado seguimiento. Los sistemas que se monitorean son los siguientes:

- Sistema Soncor,
- Sistema Aguas de Quelana,
- Sistema Vegetación Borde Este,
- Sistema Peine,
- Vegas de Tilopozo,
- Acuífero del núcleo del Salar de Atacama,
- Sistema Cuña Salina.

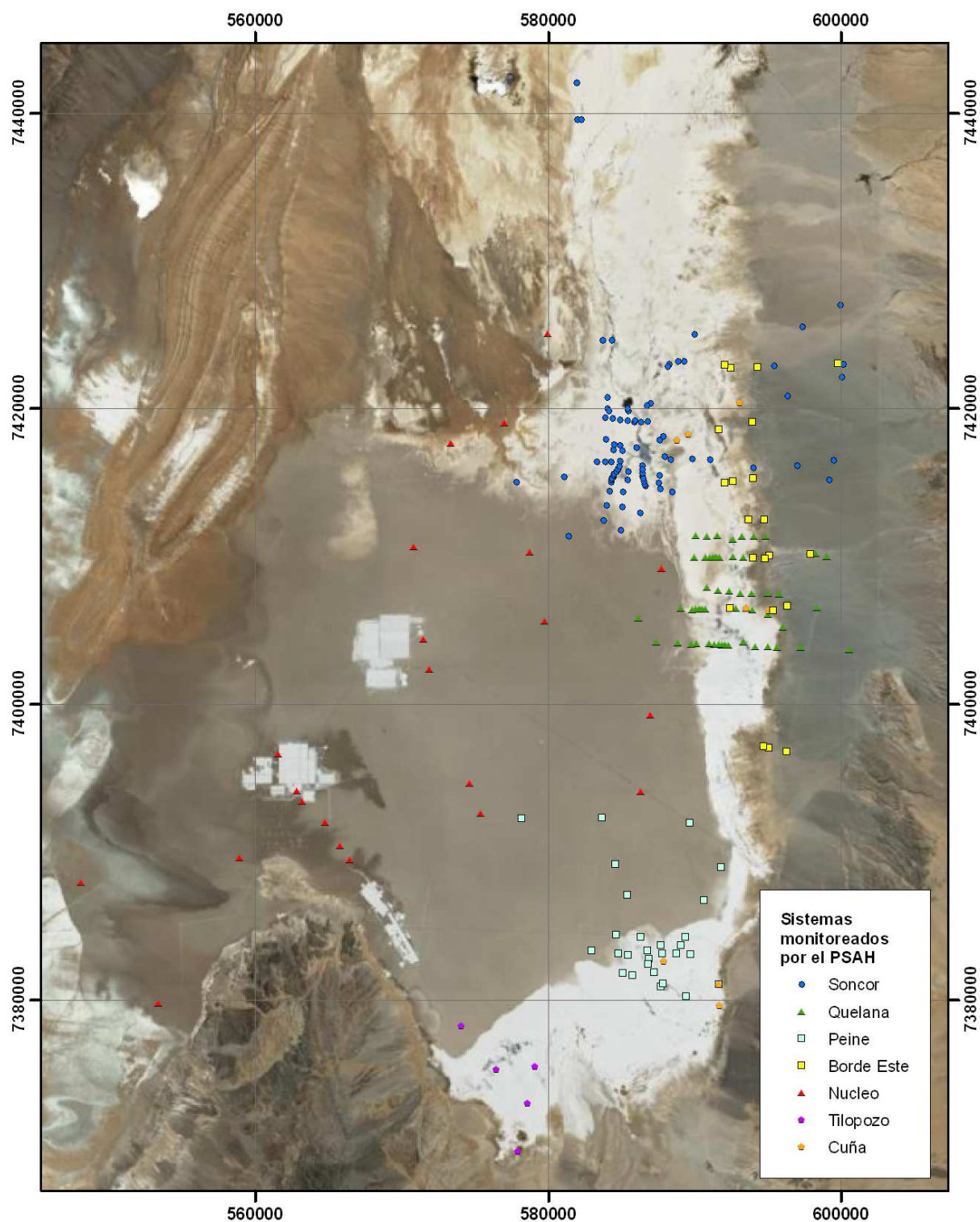


Figura 2.1-1. Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH.

2.2 Levantamiento topográfico y umbrales de activación del Plan de Contingencias

El PSAH del proyecto contempla un levantamiento topográfico de detalle que permita medir variaciones de nivel del acuífero o aguas superficiales de hasta 1 cm. Tal como se presenta en el considerando 10.2.1 (4° párrafo) de la RCA N° 226/2006 en la que se aprueba favorablemente el proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama:

“La medición de los niveles se efectuará para cada punto de monitoreo en el mismo periodo del mes y en horarios similares. Adicionalmente, en cada uno de los sistemas que cuentan además con un plan de contingencias, se instalarán medidores de nivel continuo, tanto para la medición del nivel del acuífero como niveles de cuerpos de agua superficiales. Por otra parte, todos los puntos que forman parte del PSA Hidrogeológico contarán con una topografía de detalle, que permitirá medir variaciones de nivel hasta de 1 cm. Finalmente, todos los puntos estarán referenciados topográficamente a un mismo punto de referencia, de modo de contar con mediciones que sean comparables.”

Dicha obligación fue cumplida por SQM en dos etapas, la primera de ella corresponde al levantamiento topográfico de todos los puntos de monitoreo incluidos en el Plan de Contingencias (PC) y la segunda etapa incluye el resto de los puntos de monitoreo considerados en el PSAH.

La Tabla 2.2-1 presenta la información de cada uno de los puntos del PC que fueron incluidos en el levantamiento topográfico, indicándose sus coordenadas UTM en PSAD 56 Zona 19 sur. El informe topográfico de este levantamiento puede ser revisado en el Informe de Monitoreo Semestral N°1.

Es importante señalar que para dar seguridad respecto de las cotas del agua subterránea, especialmente en los puntos que forman parte del PC, se encargó una auditoria de los trabajos topográficos realizados a la empresa Geoserge, quienes concluyeron que el levantamiento topográfico realizado por Integrant Chile presenta una precisión adecuada a los requerimientos del PSAH y atribuye diferencias del orden de 1 cm a la depuración del análisis realizado. El informe de Geoserge puede ser revisado en el Informe de Monitoreo Semestral N°1.

Este nuevo levantamiento topográfico requiere que se redefinan los valores umbrales de los pozos que activan acciones de contingencias en el PC, principalmente por dos motivos: a) las cotas y coordenadas antiguas de los puntos monitoreo son imprecisas; y, b) algunos pozos del PC cambiaron su ubicación propuesta. La Tabla 2.2-1 presenta los valores finales, expresados en cota en msnm, de todos los puntos del PC. El análisis de los umbrales de activación se presenta en el Anexo 7.1.

Tabla 2.2-1. Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota de activación actualizadas.

Sistema	Pozo	UTM Este	UTM Norte	Medición May/07	Descenso Fase I	Descenso Fase II	Cota Fase I	Cota Fase II
SONCOR	L7-4	588829,38	7423234,66	2301,40	0,05	0,07	2301,35	2301,33
	L1-4	588322,02	7416561,27	2298,89	0,00	0,08	2298,89	2298,81
	L1-5	584418,52	7415394,02	2298,53	0,02	0,18	2298,51	2298,35
	L1-G4 Pozo	585394,72	7415193,23	2298,62	0,10	0,26	2298,52	2298,36
	L1-G4 Reglilla	585393,96	7415193,49	2298,62	0,10	0,26	2298,52	2298,36
AGUAS DE QUELANA	L3-5	593960,27	7409923,92	2303,09	0,10	0,13	2302,99	2302,96
	L3-9	591498,23	7409949,96	2299,47	0,10	0,13	2299,37	2299,34
	L4-8	593544,67	7406504,18	2300,36	0,10	0,13	2300,26	2300,23
	L4-12	590518,13	7406433,03	2298,82	0,10	0,13	2298,72	2298,69
	L5-8	595011,39	7403879,59	2302,74	0,10	0,13	2302,64	2302,61
	L5-10	592095,10	7404005,62	2299,15	0,10	0,13	2299,05	2299,02
VEGETACION HIDROMORFA	L7-3	592042,47	7422959,95	2312,81	0,28	0,33	2312,53	2312,48
	L1-17	591637,37	7418615,57	2305,72	0,28	0,33	2305,44	2305,39
	L2-4	592034,94	7414985,57	2302,61	0,28	0,33	2302,33	2302,28
	L3-5	593960,27	7409923,92	2303,09	0,28	0,33	2302,81	2302,76
VEGETACION BREA ATRIPLEX	L7-14	592470,71	7422780,20	2314,88	0,50	1,00	2314,38	2313,88
	L1-3	593911,80	7419081,38	2319,56	0,50	1,00	2319,06	2318,56
	L2-25	592623,73	7415103,29	2307,90	0,50	1,00	2307,40	2306,90
	L3-3	594799,04	7409872,83	2310,31	0,50	1,00	2309,81	2309,31
	L4-17	595353,65	7406339,35	2305,52	0,50	1,00	2305,02	2304,52
	L9-2	594670,99	7397162,60	2307,99	0,50	1,00	2307,49	2306,99
ALERTA TEMPRANA	L7-13	594300,66	7422831,99	2322,82	-	1,42	-	2321,40
	L2-26	593970,78	7415294,76	2317,92	-	0,78	-	2317,14
	L3-15	595106,75	7410040,56	2315,31	-	0,85	-	2314,46
	L4-3	596306,13	7406650,55	2302,64 ¹	-	0,92	-	2301,72
	L9-1	595046,64	7397058,35	2308,81	-	0,87	-	2307,94

¹ Corresponde al nivel mínimo histórico registrado en este pozo

2.3 Levantamiento topográfico del Plan de Seguimiento Ambiental

La Tabla 2.3-1 contiene la información topográfica de todos los puntos del PSAH, indicándose sus coordenadas UTM en PSAD 56 Zona 19 sur. El informe topográfico de este levantamiento puede ser revisado en el Informe de Monitoreo Semestral N°2. Adicionalmente se midieron todas las reglillas y limnómetros monitoreadas por CONAF para homogenizar los datos y poder realizar un análisis regional.

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
1001	575373,63	7392621,82	2300,22
1024	589658,71	7391976,20	2299,84
1027	589981,27	7425021,43	2307,70
1028	584617,03	7384373,63	2300,29
1906	576993,02	7419052,03	2299,86
2018	578199,33	7392269,10	2300,34
2021	577813,21	7415015,17	2300,18
2028	570823,21	7410662,94	2299,93
2037	583649,31	7392325,21	2300,08
2040	565783,71	7390455,72	2300,57
A(B.N)	585427,00	7419881,00	2300,00
A-1(S)	587699,00	7380883,00	2300,00
A-2(S)	589399,00	7380214,00	2300,00
ALLANA	599146,77	7415198,72	2402,71
Barros Negros Pozo	585986,78	7417352,44	2299,48
Barros Negros Reglilla	586007,77	7417366,79	2299,48
Burro Muerto Pozo	584340,09	7424641,85	2301,09
Burro Muerto Reglilla	584337,90	7424639,33	2301,09
C-1	585856,52	7419097,92	2299,82
C-2	585371,61	7419182,29	2299,89
C-3	584872,00	7419264,34	2300,02
C-4	584385,54	7419344,27	2300,05
C-4B	579935,87	7425075,27	2301,35
C-5	583884,90	7419426,74	2299,96

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
C-6	584005,45	7420004,86	2299,98
C-7	583941,29	7417905,81	2299,69
CAMAR-2	598261,20	7410191,40	2378,70
Chaxas Pozo	585394,02	7420007,58	2299,67
Chaxas Reglilla	585417,15	7420003,50	2299,67
Cuña 1	588775,89	7417879,07	2299,70
Cuña 2	589586,46	7418277,51	2300,03
Cuña 3	593063,23	7420423,91	2318,02
Cuña 4	595026,09	7406363,43	2304,50
Cuña 5	593546,18	7406485,90	2300,83
Cuña 6	591708,57	7379616,68	2305,53
Cuña 7	587906,72	7382594,59	2300,14
D-2	588846,75	7404156,03	2299,72
E-101	564765,09	7392012,48	2300,66
E-324	563206,76	7393432,11	2300,96
EIA-5	573361,34	7417668,11	2300,03
Estación Meteorológica Chaxas	583715,00	7424614,00	2300,00
Estación Meteorológica Salar	561561,00	7396614,00	2300,00
GD-01	584270,20	7415027,52	2299,35
GD-02	590117,95	7404115,50	2299,49
GD-03	586872,12	7382760,58	2300,01
GD-04	586327,04	7384229,86	2299,84
L10-1	591624,28	7381036,47	2304,24
L10-10	588745,37	7383105,76	2300,21
L10-11	585377,07	7387089,17	2300,07
L10-12	584584,14	7389148,89	2300,02
L10-13	584794,19	7383134,67	2300,15
L10-14	582946,64	7383320,76	2300,20
L10-15	589337,10	7384215,64	2299,97
L10-16	590636,68	7386709,35	2300,06
L10-17	591800,91	7388987,16	2300,00

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
L10-2	589718,55	7383059,04	2300,40
L10-3	585740,55	7381651,82	2300,11
L10-4	585091,84	7381783,58	2300,02
L10-5	585441,74	7383006,81	2299,95
L10-6	586763,61	7383327,49	2299,89
L10-7	587775,37	7383109,25	2300,18
L10-8	587663,53	7383699,05	2300,06
L10-9	589043,95	7383657,24	2300,23
L1-1	600031,74	7422170,45	2409,26
L1-10	587566,28	7417896,05	2299,86
L1-11	584876,96	7417533,18	2299,88
L11-1	581960,73	7442085,10	2318,94
L1-12	584458,74	7417554,09	2299,61
L11-2	581964,80	7439576,52	2314,84
L1-13	585063,58	7417180,59	2299,63
L1-14	584412,15	7417203,58	2299,67
L1-15	586756,31	7419128,56	2300,02
L1-16	586285,05	7419118,43	2299,85
L1-17	591637,37	7418615,57	2306,62
L11-G1	582256,03	7439575,45	2314,77
L1-2	596337,83	7420901,74	2358,40
L12-1	574074,85	7378248,24	2300,63
L12-2	579080,08	7375520,49	2302,06
L12-3	576452,56	7375293,01	2301,26
L12-4	578606,99	7373028,31	2303,38
L1-3	593911,80	7419081,38	2326,02
L13-1	594823,80	7411385,91	2317,59
L13-2	594018,15	7411370,05	2307,51
L13-3	593238,43	7411374,89	2303,09
L13-4	592596,58	7411176,49	2301,32
L13-5	591560,02	7411406,12	2300,41

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
L13-6	590809,82	7411396,12	2300,17
L13-7	590060,60	7411405,46	2299,96
L1-4	588322,02	7416561,27	2299,59
L14-1	595753,50	7407485,99	2315,12
L14-2	594994,44	7407489,46	2306,72
L14-3	593883,19	7407492,19	2301,18
L14-4	593110,36	7407531,71	2300,07
L14-5	592371,14	7407662,66	2300,04
L14-6	591610,18	7407704,88	2299,90
L14-7	590840,17	7407896,02	2299,81
L1-5	584418,52	7415394,02	2299,26
L1-6	589791,42	7416593,11	2299,77
L1-7	587913,88	7416754,31	2299,75
L1-8	584890,30	7416456,23	2299,55
L1-9	587816,31	7418119,00	2299,57
L1-G4 Pozo	585394,72	7415193,23	2299,36
L1-G4 Reglilla	585393,96	7415193,49	2299,36
L2-10	587578,03	7415480,39	2299,34
L2-11	586278,63	7412954,80	2299,72
L2-12	584932,25	7411800,97	2299,37
L2-13	585025,14	7413365,50	2299,21
L2-14	581367,33	7411372,36	2299,80
L2-15	587631,18	7414593,12	2299,75
L2-16	586404,94	7415464,95	2299,58
L2-17	585075,76	7414389,74	2298,95
L2-18	583849,37	7416425,85	2299,51
L2-19	583301,58	7416423,68	2299,44
L2-2	599471,02	7416489,23	2417,71
L2-20	581076,38	7415367,69	2299,59
L2-21	587535,93	7414999,71	2299,68
L2-22	584279,08	7416395,08	2299,50

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
L2-23	586427,85	7416138,71	2299,62
L2-24	585445,45	7415749,36	2299,17
L2-25	592623,73	7415103,29	2308,60
L2-26	593970,78	7415294,76	2321,60
L2-27	593654,77	7412507,40	2311,09
L2-28	594770,27	7412508,10	2318,90
L2-3	596993,14	7416150,72	2366,18
L2-4	592034,94	7414985,57	2303,63
L2-5	588456,17	7414381,03	2299,25
L2-6	583751,78	7412422,19	2299,61
L2-7	593961,08	7416005,50	2322,02
L2-8	591012,35	7416561,36	2301,92
L2-9	586628,96	7414765,51	2299,59
L3-10	591399,66	7409954,41	2299,82
L3-11	591241,34	7409958,29	2299,91
L3-12	591041,50	7409957,91	2299,97
L3-13	590722,75	7409948,03	2299,79
L3-14	589956,89	7409947,52	2299,56
L3-15	595106,75	7410040,56	2318,32
L3-16	597915,65	7410179,33	2370,20
L3-2	599029,33	7409991,93	2394,83
L3-3	594799,04	7409872,83	2313,29
L3-4	587735,81	7409209,62	2299,59
L3-5	593960,27	7409923,92	2303,19
L3-6	593305,62	7409931,35	2301,79
L3-7	592598,71	7409980,60	2300,81
L3-8	591707,93	7409955,97	2300,43
L3-9	591498,23	7409949,96	2299,90
L4-10	592431,28	7406491,51	2300,37
L4-11	590717,58	7406432,86	2299,61
L4-12	590518,13	7406433,03	2299,26

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
L4-13	590385,87	7406434,39	2299,19
L4-14	590252,76	7406436,04	2299,47
L4-15	590055,10	7406439,71	2299,29
L4-16	589054,10	7406476,12	2299,67
L4-17	595353,65	7406339,35	2307,44
L4-3	596306,13	7406650,55	2319,46
L4-4	594982,13	7406109,77	2303,85
L4-5	589791,85	7406413,43	2299,51
L4-6	586151,30	7405844,06	2299,68
L4-7	593953,71	7406414,37	2301,18
L4-8	593544,67	7406504,18	2300,97
L4-9	592807,73	7406520,84	2300,41
L5-1	600536,06	7403684,78	2425,27
L5-10	592095,10	7404005,62	2299,80
L5-11	592014,95	7404006,01	2299,99
L5-12	591870,62	7404016,07	2299,89
L5-13	591665,79	7404036,19	2299,91
L5-14	591347,53	7404051,99	2299,70
L5-15	590975,36	7404099,66	2299,37
L5-2	597229,98	7403831,67	2333,26
L5-3	594155,68	7403920,02	2301,79
L5-4	589749,82	7404078,94	2299,67
L5-6	596002,78	7405219,78	2310,54
L5-7	595633,25	7403857,70	2307,99
L5-8	595011,39	7403879,59	2303,71
L5-9	592323,21	7404007,07	2300,35
L5-G3 Pozo	593344,40	7404213,88	2300,22
L5-G3 Reglilla	593344,50	7404219,86	2300,22
L7-1	599917,14	7427034,05	2409,40
L7-10	586964,40	7420387,41	2300,01
L7-11	586705,89	7420238,00	2299,84

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
L7-12	584117,53	7419870,16	2299,88
L7-13	594300,66	7422831,99	2332,75
L7-14	592470,71	7422780,20	2316,62
L7-15	599778,59	7423054,95	2397,94
L7-2	597361,51	7425559,14	2368,52
L7-3	592042,47	7422959,95	2313,53
L7-4	588829,38	7423234,66	2301,95
L7-5	584035,60	7420781,46	2299,89
L7-6	595391,70	7422928,77	2345,79
L7-7	589277,63	7423219,79	2304,11
L7-G1	585890,64	7419198,49	2299,58
L7-G2 Pozo	588251,06	7423023,27	2300,40
L7-G2 Reglilla	588249,29	7423024,13	2300,44
L9-1	595046,64	7397058,35	2314,63
L9-2	594670,99	7397162,60	2312,26
Laguna Interna Reglilla	586798,90	7382397,25	2299,95
Laguna Salada Reglilla	587808,59	7381082,45	2300,58
Laguna Saladita Reglilla	587207,14	7381847,05	2300,33
M1-C	566437,16	7389490,67	2300,57
M2-C	558917,93	7389645,25	2300,89
M-7	562846,05	7394162,97	2300,49
MULLAY I	600108,12	7423005,55	2403,66
P1-1	584297,61	7415183,12	2299,30
P1-2	584344,16	7415290,98	2298,75
P1-3	584444,40	7415493,52	2299,16
P1-4	584503,10	7415572,68	2299,03
P1-5	584619,07	7415748,20	2299,14
P1-6	584744,03	7415897,81	2299,12
P1-7	584859,89	7416087,99	2299,36
P2	596270,90	7396806,29	2323,81
P2-1	586579,00	7414894,79	2299,54

Tabla 2.3-1. Puntos de monitoreo del PSAH con su posición y cota actualizadas.

Punto de monitoreo	UTM Este	UTM Norte	Cota terreno (msnm)
P2-2	586513,26	7415089,14	2299,46
P2-3	586455,60	7415268,80	2299,37
P2-4	586396,98	7415658,86	2299,61
P2-5	586403,74	7415874,95	2299,47
Puente San Luis Aforo	584332,19	7424645,83	2301,09
Puente San Luis Pozo	584326,72	7424659,28	2301,09
Puente San Luis Reglilla	584325,12	7424658,00	2301,09
Puilar Pozo	588131,54	7422873,81	2300,65
Puilar Reglilla	588124,86	7422878,98	2300,65
SAMPLE-4	553403,84	7379746,06	2301,20
SOCALRE-5B	598348,53	7406541,78	2360,68
SOPE-06	571874,73	7402388,07	2300,04
SOPM-02	571485,96	7404427,88	2299,82
SOPM-04	578761,21	7410306,99	2299,79
SOPM-05	579734,44	7405653,13	2299,79
SOPM-09	587353,79	7404199,81	2299,77
SOPM-10	586985,94	7399262,45	2299,80
SOPM-11	586303,63	7394118,72	2299,85
SOPM-12C	574623,20	7394670,16	2300,10
SOPM-13	583950,45	7413441,37	2299,67
SOPM-14	584173,21	7414430,04	2299,34
Tilopozo Reglilla	577940,36	7369739,29	2308,09
Zar-C-S	548104,72	7387965,91	2301,01

3 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

Desde el inicio de la operación del proyecto (mayo 2007) todos los niveles de agua en los puntos de control de Plan de Contingencias han permanecido sobre los umbrales de la Fase I, por lo que no ha sido activado el Plan de Contingencias.

4 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

En este capítulo se presentan los registros de mediciones efectuadas hasta junio de 2009. La Figura 2.1-1 muestra la ubicación de estos puntos en el salar.

A continuación se presentan los datos recopilados en los puntos de monitoreo definidos por el PSAH para los siguientes sistemas:

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

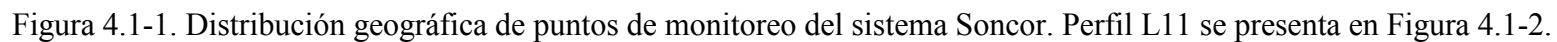
Las variables a monitorear en cada uno de estos sistemas han sido agrupadas según:

- nivel del agua (subterránea y superficial),
- meteorología,
- volumen bombeado,
- calidad química,
- aforos de caudal y superficie lacustre.

4.1 Sistema Soncor

El sistema Soncor, ubicado dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos, se emplaza aproximadamente a 20 km. del lugar más próximo a las actividades de extracción de salmuera del proyecto. Los puntos de control del sistema Soncor, se encuentran entre las coordenadas 7.440.000 a 7.410.000 Norte y 580.000 a 600.000 Este. En la Figura 4.1-1 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo del Sistema Soncor.

En la Figura 4.1-1 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, calicata, reglilla, medición continua y nivel lacustre). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el gráfico de registro de nivel.



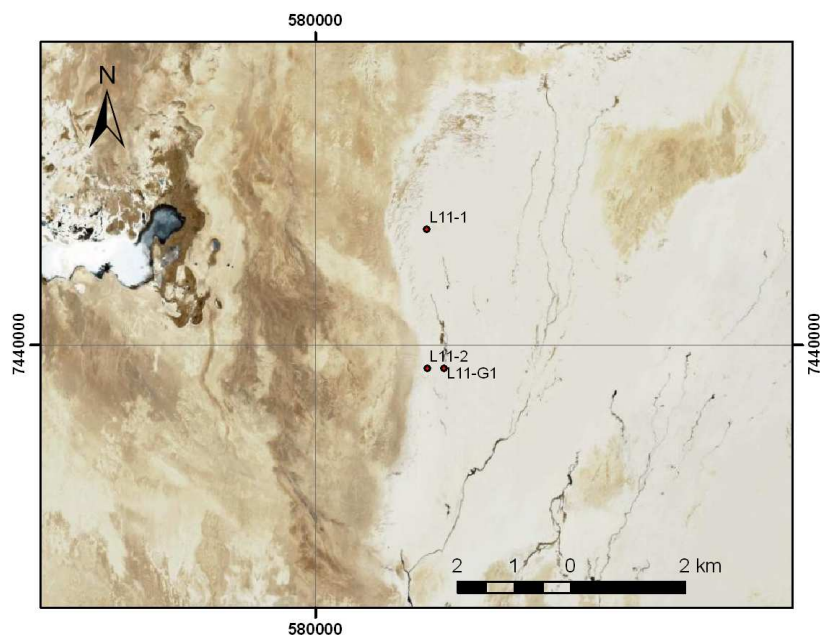


Figura 4.1-2. Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor.

Tabla 4.1-1. Puntos de monitoreo del Sistema Soncor.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
L1-1	Zona aluvial	Pozo profundo	23	L1-4	Zona marginal	Pozo somero	33
L1-2	Zona aluvial	Pozo profundo	24	L1-5	Zona marginal	Pozo profundo	34
L1-3	Zona aluvial	Pozo somero	24	L1-6	Zona marginal	Pozo somero	34
L2-2	Zona aluvial	Pozo profundo	25	L1-7	Zona marginal	Pozo somero	35
L2-3	Zona aluvial	Pozo profundo	25	L1-8	Zona marginal	Pozo somero	35
L2-7	Zona aluvial	Pozo profundo	26	L1-9	Zona marginal	Pozo somero	36
L7-1	Zona aluvial	Pozo profundo	26	L1-10	Zona marginal	Pozo somero	36
L7-2	Zona aluvial	Pozo profundo	27	L1-11	Zona marginal	Pozo somero	37
Mullay-1	Zona aluvial	Pozo profundo	27	L1-12	Zona marginal	Pozo somero	37
Allana	Zona aluvial	Pozo profundo	28	L1-13	Zona marginal	Pozo somero	38
1027	Zona marginal	Pozo somero	29	L1-14	Zona marginal	Pozo somero	38
Calicata C1	Zona marginal	Calicata	29	L1-15	Zona marginal	Pozo somero	39
Calicata C2	Zona marginal	Calicata	30	L1-16	Zona marginal	Pozo somero	39
Calicata C3	Zona marginal	Calicata	30	L2-4	Zona marginal	Pozo somero	40
Calicata C4	Zona marginal	Calicata	31	L2-5	Zona marginal	Pozo profundo	40
Calicata C5	Zona marginal	Calicata	31	L2-8	Zona marginal	Pozo somero	41
Calicata C6	Zona marginal	Calicata	32	L2-10	Zona marginal	Pozo somero	41
Calicata C7	Zona marginal	Calicata	32	L2-11	Zona marginal	Pozo somero	42
GD-01	Zona marginal	Pozo profundo	33	L2-12	Zona marginal	Pozo somero	42

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
L2-13	Zona marginal	Pozo somero	43	P1-5	Zona marginal	Continuo	62
L2-15	Zona marginal	Pozo somero	43	P1-6	Zona marginal	Continuo	63
L2-17	Zona marginal	Pozo somero	44	P1-7	Zona marginal	Continuo	63
L2-18	Zona marginal	Pozo somero	44	P2-1	Zona marginal	Continuo	64
L2-19	Zona marginal	Pozo somero	45	L2-9	Zona marginal	Continuo	64
L2-21	Zona marginal	Pozo somero	45	L2-16	Zona marginal	Continuo	65
L2-22	Zona marginal	Pozo somero	46	P2-2	Zona marginal	Continuo	65
L2-24	Zona marginal	Pozo somero	46	P2-3	Zona marginal	Continuo	66
L7-3	Zona marginal	Pozo somero	47	P2-4	Zona marginal	Continuo	66
L7-4	Zona marginal	Pozo somero	47	P2-5	Zona marginal	Continuo	67
L7-5	Zona marginal	Pozo somero	48	L2-23	Zona marginal	Continuo	67
L7-6	Zona marginal	Pozo profundo	49	2021	Zona marginal	Continuo	68
L7-7	Zona marginal	Pozo somero	49	SOPM -07	Salmuera	Pozo profundo	68
L7-10	Zona marginal	Pozo somero	50	SOPM -13	Salmuera	Pozo somero	69
L7-11	Zona marginal	Pozo somero	50	SOPM -14	Salmuera	Pozo somero	69
L7-12	Zona marginal	Pozo somero	51	L2-14	Salmuera	Pozo somero	70
L11-1	Zona marginal	Pozo somero	51	L2-20	Salmuera	Pozo somero	70
L11-2	Zona marginal	Pozo somero	52	Barros Negros	Zona marginal	Lacustre	71
L1-G4	Zona marginal	Reglilla	53	Puilar	Zona marginal	Lacustre	72
L7-G1	Zona marginal	Reglilla	54	Chaxa	Zona marginal	Lacustre	73
L7-G2	Zona marginal	Reglilla	55	Estación meteorológica Chaxa	Zona marginal	Estación Meteorológica	75
Puente San Luis	Zona marginal	Reglilla	57	Puente San Luis Aforo	Zona marginal	Aforo	57
Burro Muerto	Zona marginal	Reglilla	58	Barros Negros Aforo	Zona marginal	Aforo	94
L11-G1	Zona marginal	Reglilla	59				
P1-1	Zona marginal	Continuo	60				
P1-2	Zona marginal	Continuo	61				
P1-3	Zona marginal	Continuo	61				
P1-4	Zona marginal	Continuo	62				

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 4.1-3 a la Figura 4.1-97. Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 (Figura 4.1-5, Figura 4.1-35 y Figura 4.1-49 respectivamente), forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este y serán presentados sólo en esta sección.

Adicionalmente, DICTUC realizó mediciones durante el mes de agosto de 2009, en los pozos L1-1, L1-5, L2-2, L11-2 y SOPM-13 y en la reglilla L11-G1.

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 entre otros procesos formativos.

Como se indica más adelante los pozos Mullay 1 y Allana comenzaron a bombear el mes de septiembre de 2008. 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, L2-3, L7-1, L7-2, L7-6 y L7-15 muestran un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de extracción de esta zona. Cabe indicar que el Pozo L7-15 corresponde al Sistema Borde Este y es el más cercano al pozo Mullay 1. Se puede observar que el efecto del bombeo de los pozos Mullay 1 y Allana es imperceptible en los pozos L2-7 y L7-13, los cuales se encuentran junto al camino Toconao-Peine en dirección aguas abajo de dichos pozos de bombeo.

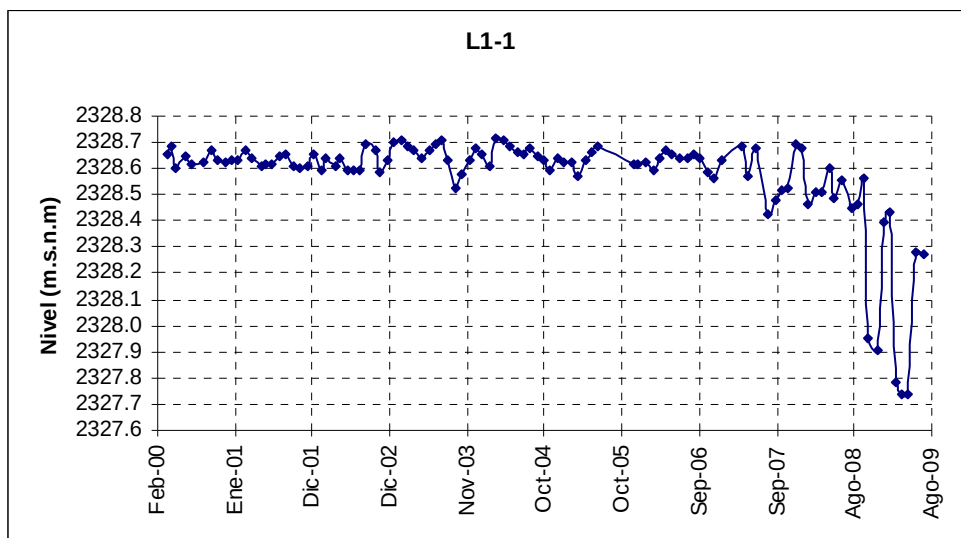


Figura 4.1-3. Nivel mensual observado en el pozo L1-1.

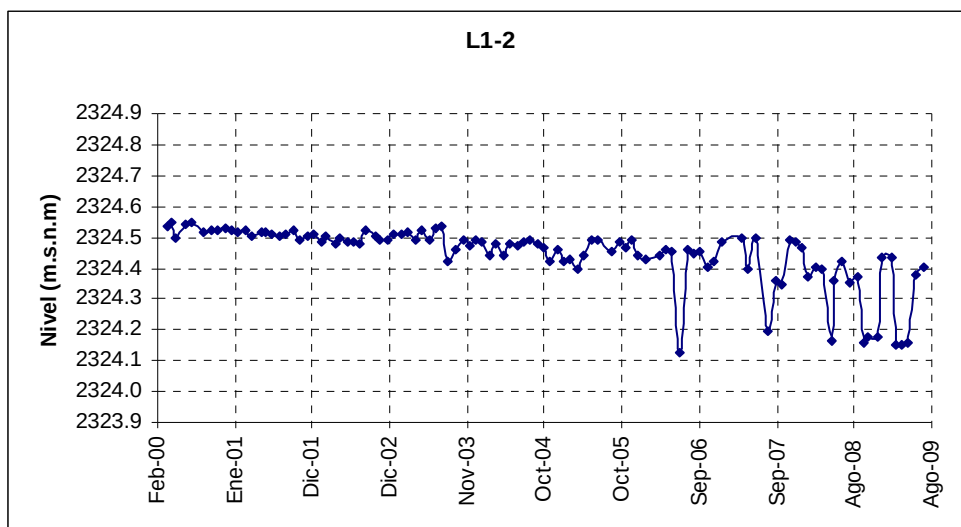


Figura 4.1-4. Nivel mensual observado en el pozo L1-2.

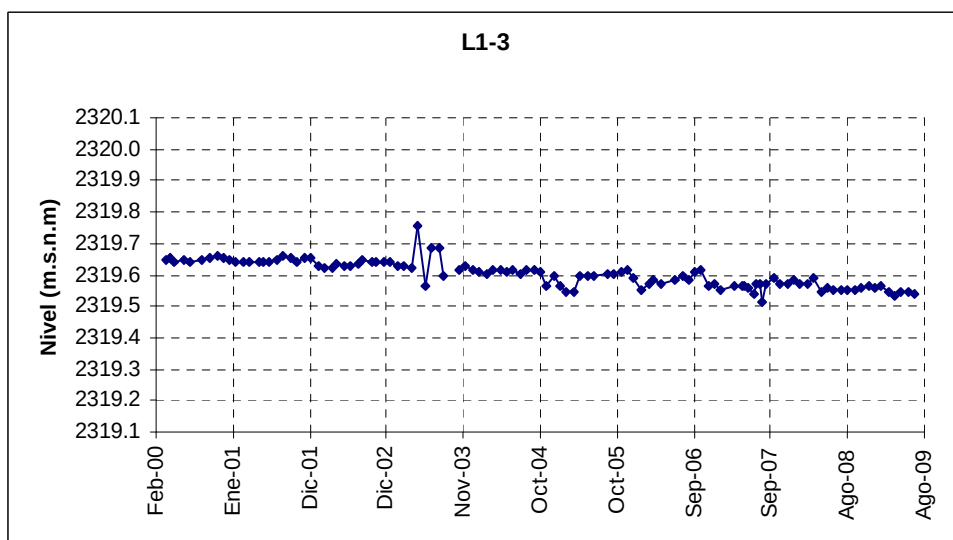


Figura 4.1-5. Nivel mensual observado en el pozo L1-3.

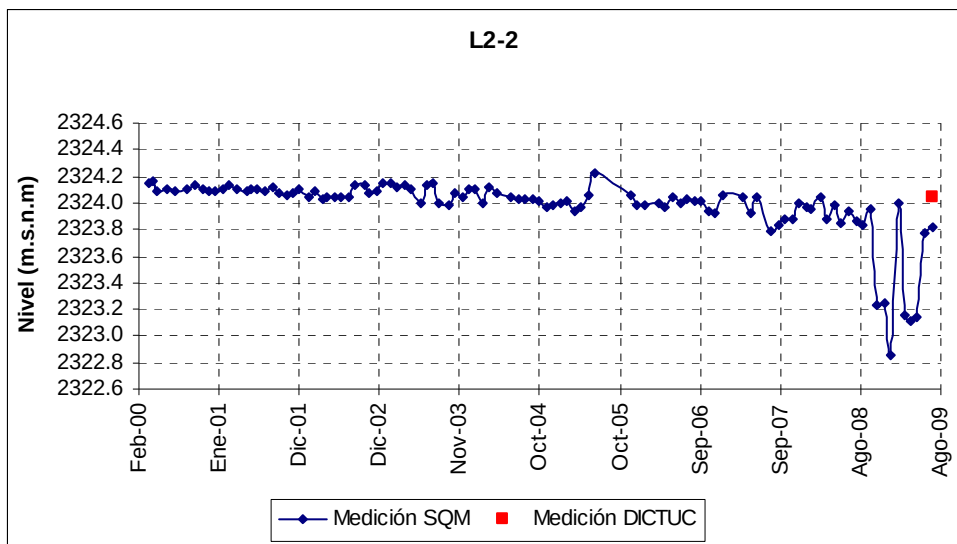


Figura 4.1-6. Nivel mensual observado en el pozo L2-2.

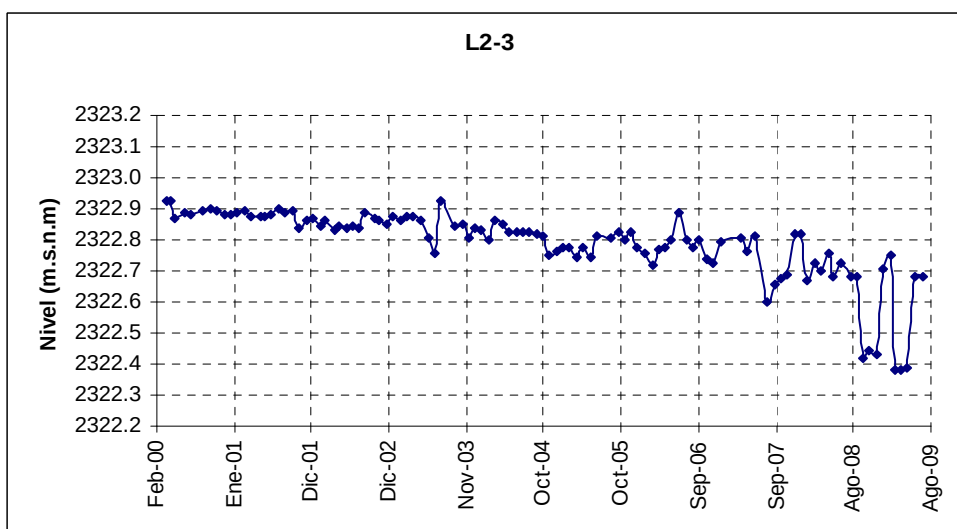


Figura 4.1-7. Nivel mensual observado en el pozo L2-3.

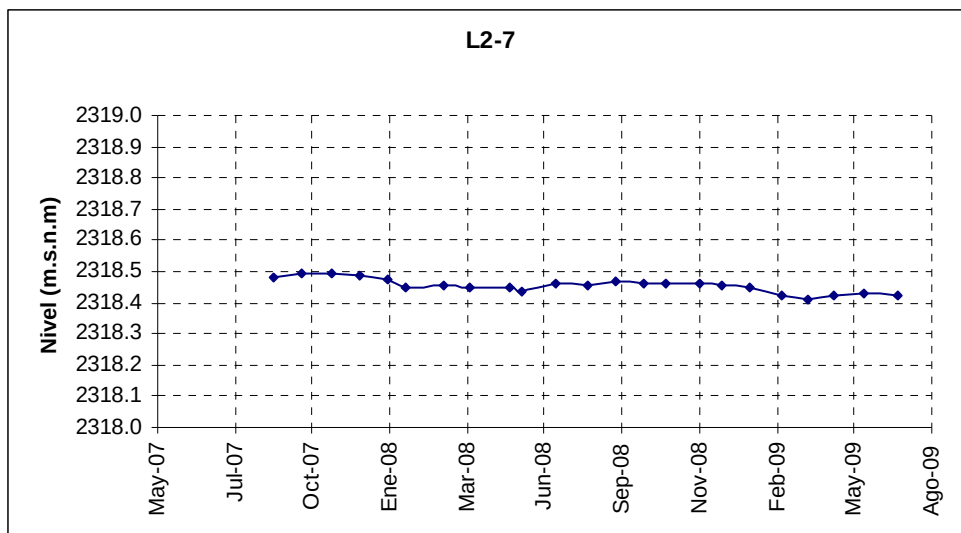


Figura 4.1-8. Nivel mensual observado en el pozo L2-7.

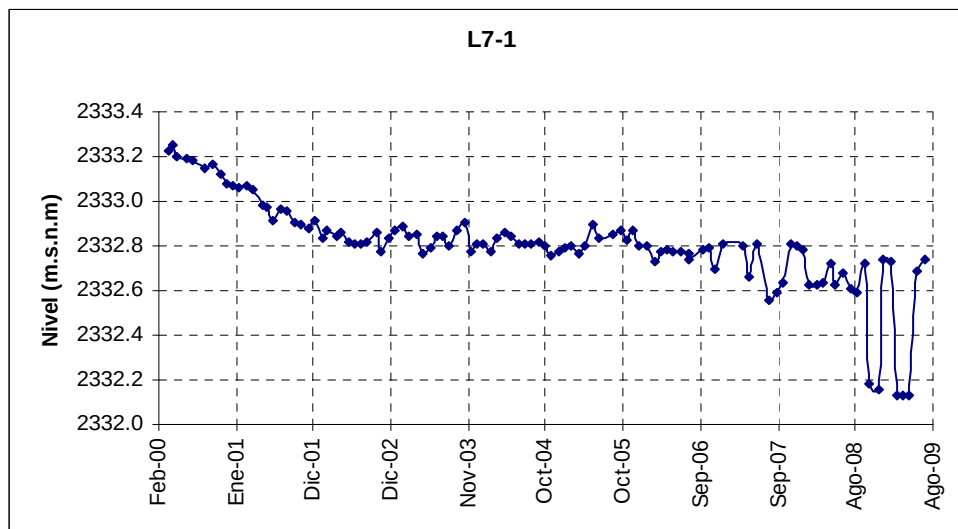


Figura 4.1-9. Nivel mensual observado en el pozo L7-1.

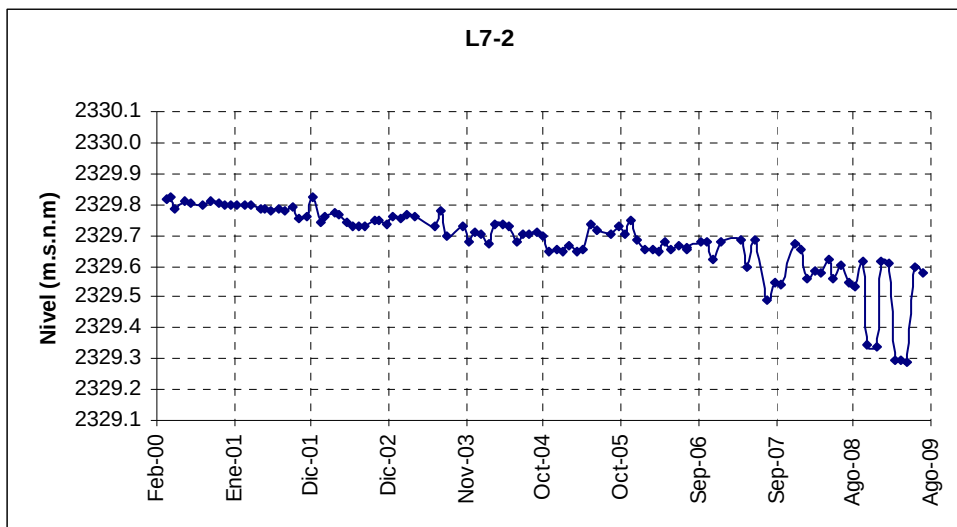


Figura 4.1-10. Nivel mensual observado en el pozo L7-2.

El pozo Mullay 1 (Figura 4.1-11) 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 2404,129 m.s.n.m.

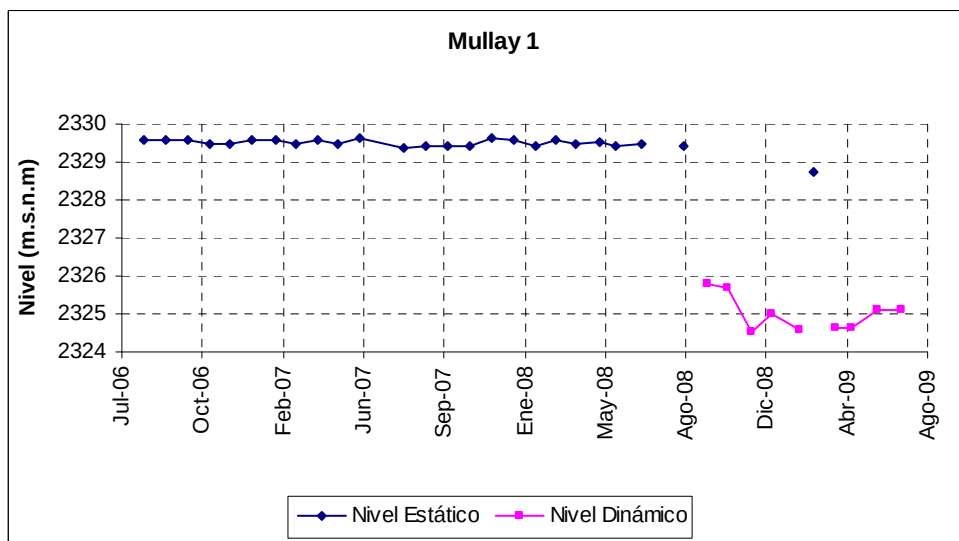


Figura 4.1-11. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Mullay 1.

El pozo Allana (Figura 4.1-12) muestra una falta de datos 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.

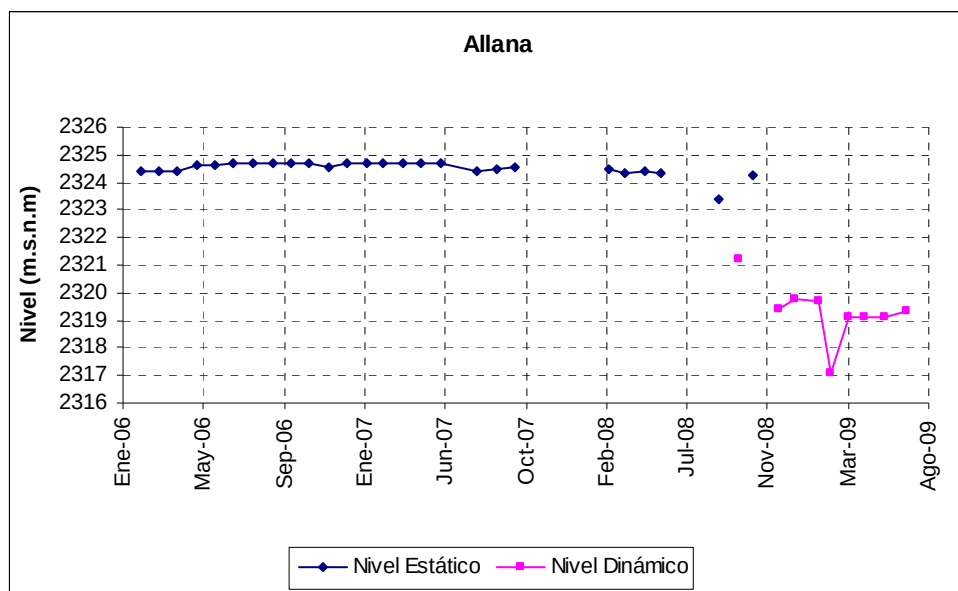


Figura 4.1-12. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Allana.

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 la evaporación. Durante los últimos meses de monitoreo se observa que en la mayoría de los pozos de este sector (Figura 4.1-13 a Figura 4.1-59) se ha mantenido la tendencia previa de los niveles con un comportamiento bastante estable. Además, en varios de los pozos nuevos comienza a perfilarse un comportamiento estacional producto de la evaporación en el sector.

Se ha logrado observar que esta variación estacional de niveles puede llegar a ser de hasta 50 cm en aquellos pozos o reglillas más cercanos a la Laguna Barros Negros (por ejemplo L1-8, L1-13, L2-10, L2-21, L2-24, L1-G4, P1-7, entre otros).

En los pozos que tienen un registro de nivel histórico (L1-4, L1-5, L2-5, L7-5), se logra observar que durante el último semestre los niveles han tendido a estabilizarse cambiando la tendencia al descenso que tenían anteriormente.

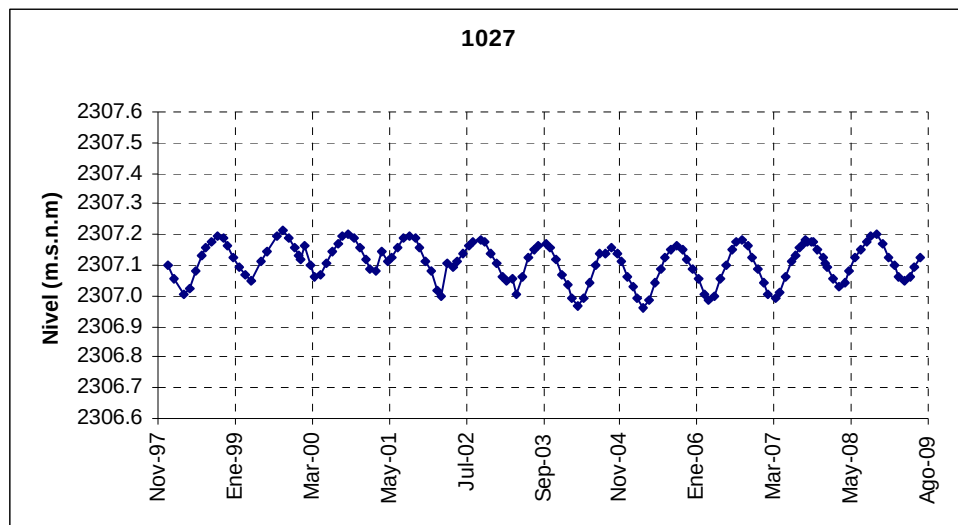


Figura 4.1-13. Nivel mensual observado en el pozo 1027.

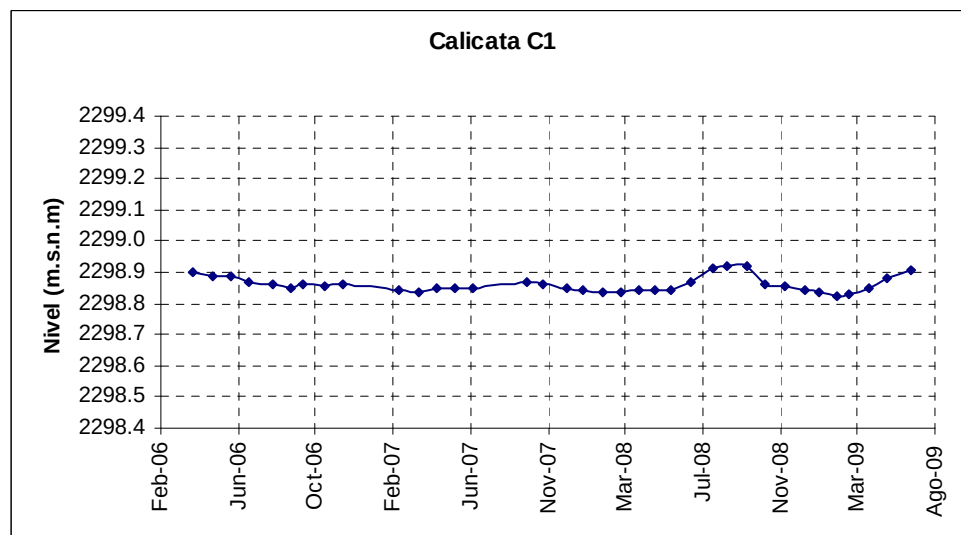


Figura 4.1-14. Nivel mensual observado en la calicata C1.

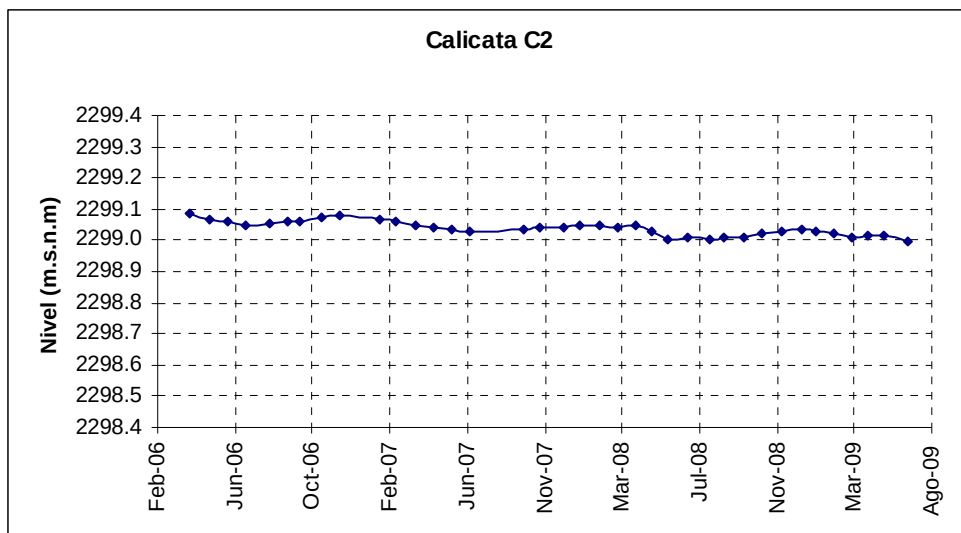


Figura 4.1-15. Nivel mensual observado en la calicata C2.

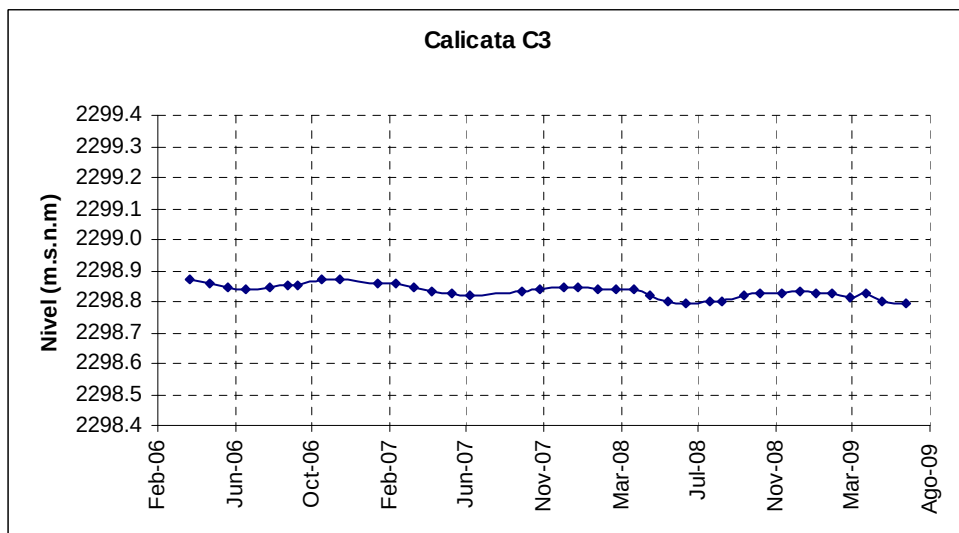


Figura 4.1-16. Nivel mensual observado en la calicata C3.

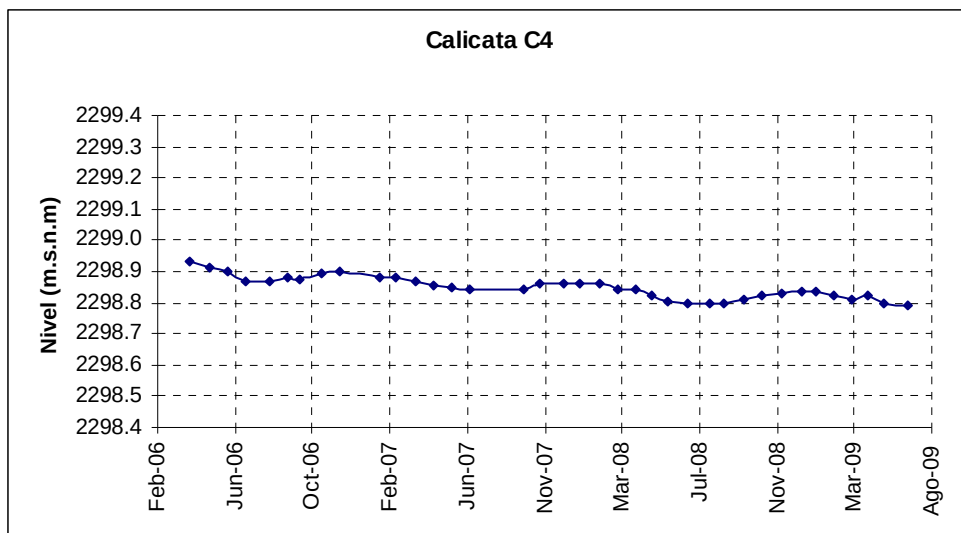


Figura 4.1-17. Nivel mensual observado en la calicata C4.

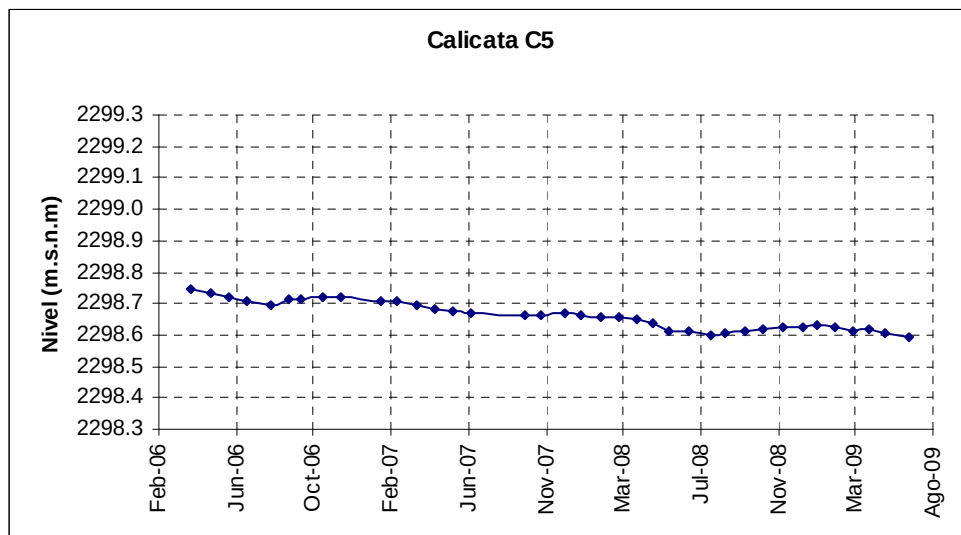


Figura 4.1-18. Nivel mensual observado en la calicata C5.

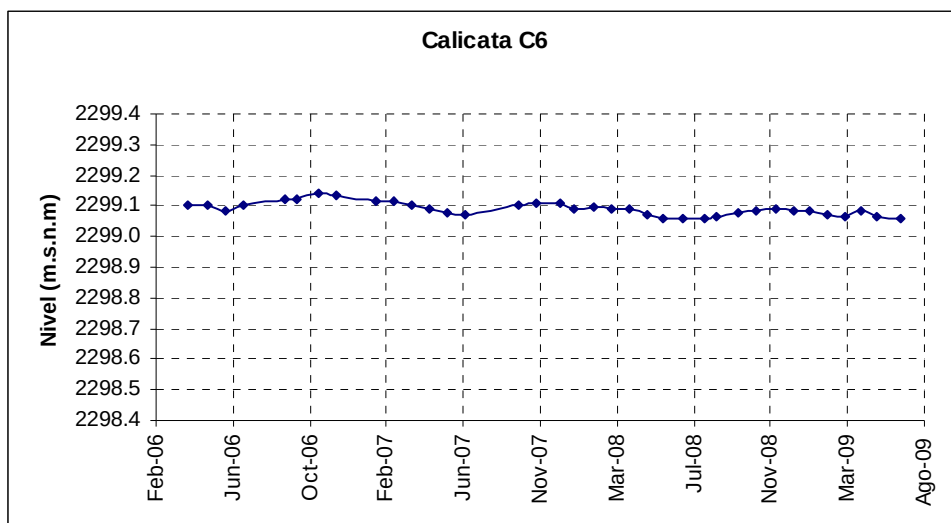


Figura 4.1-19. Nivel mensual observado en la calicata C6.

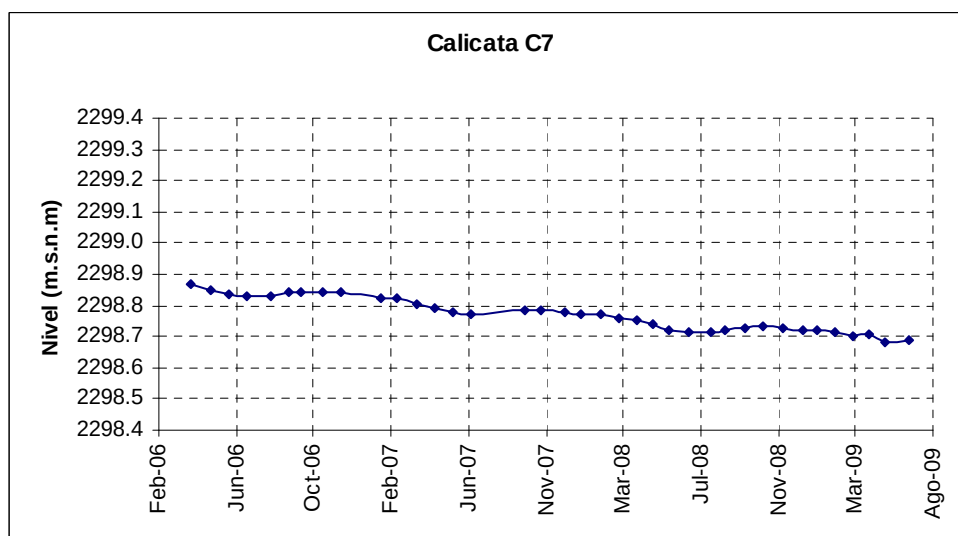


Figura 4.1-20. Nivel mensual observado en la calicata C7.

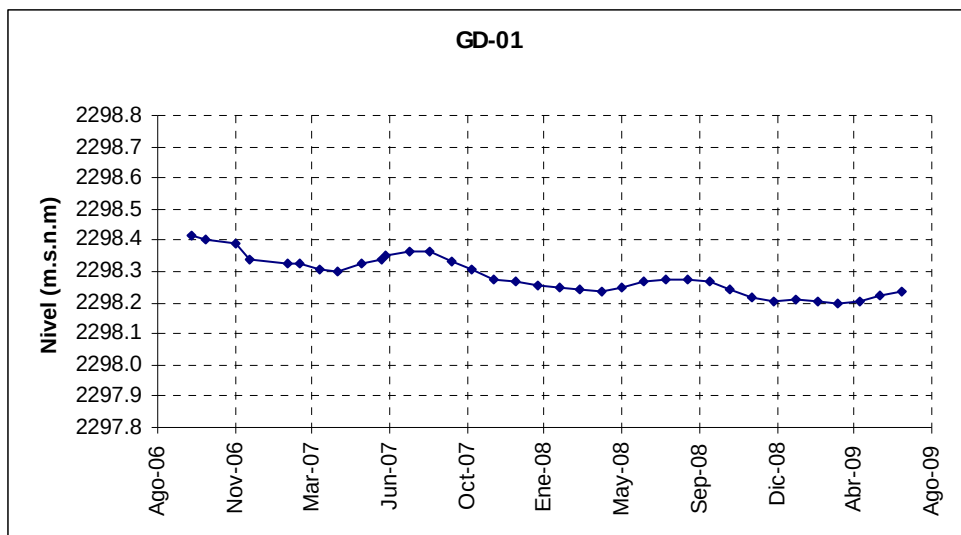


Figura 4.1-21. Nivel mensual observado en el pozo GD-01.

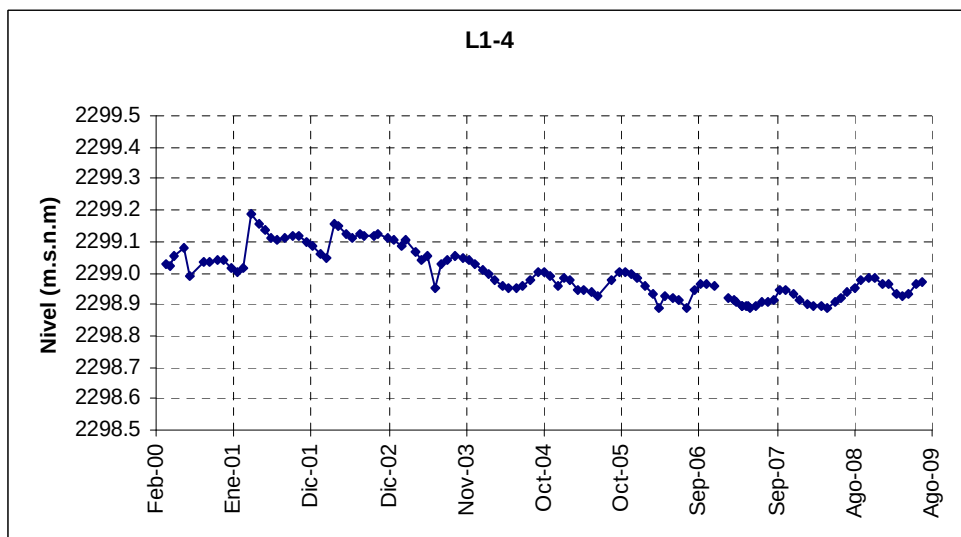


Figura 4.1-22. Nivel mensual observado en el pozo L1-4.

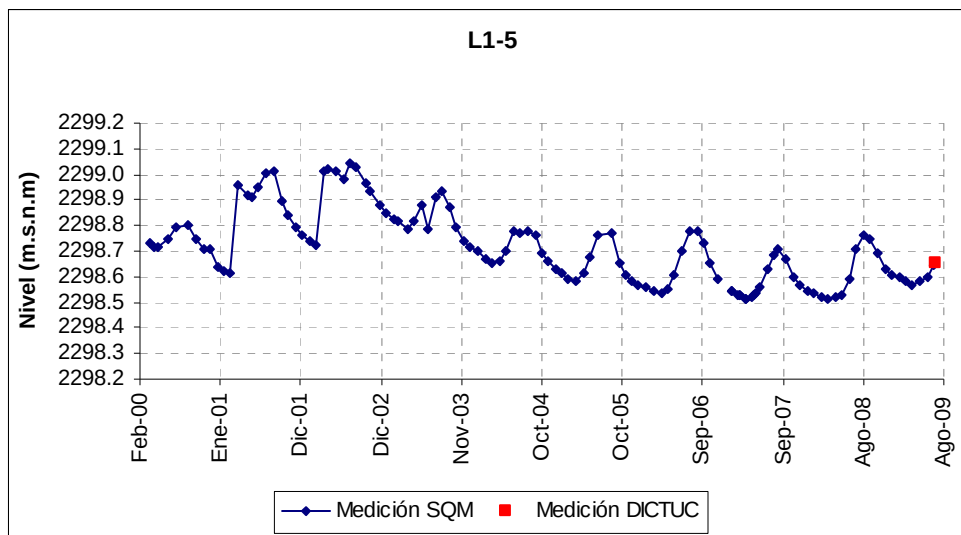


Figura 4.1-23. Nivel mensual observado en el pozo L1-5.

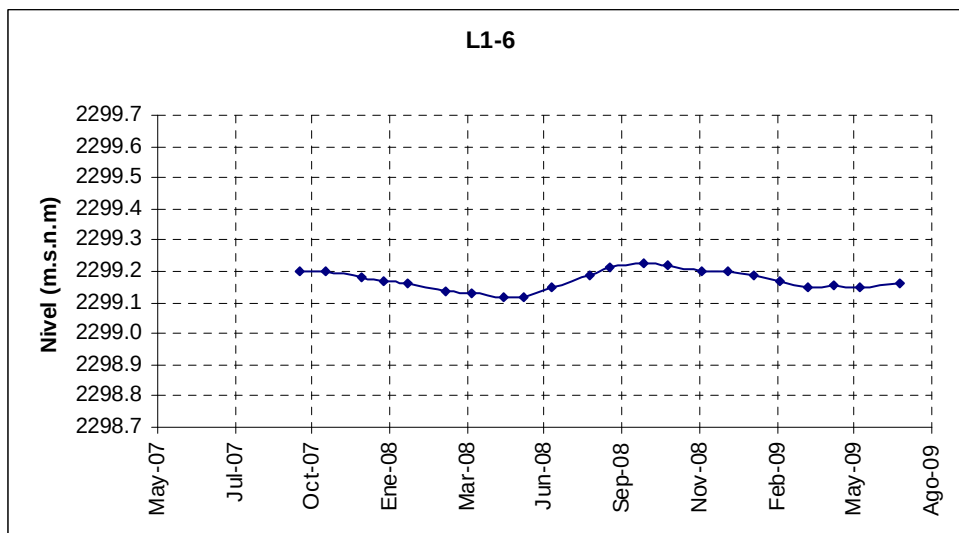


Figura 4.1-24. Nivel mensual observado en el pozo L1-6.

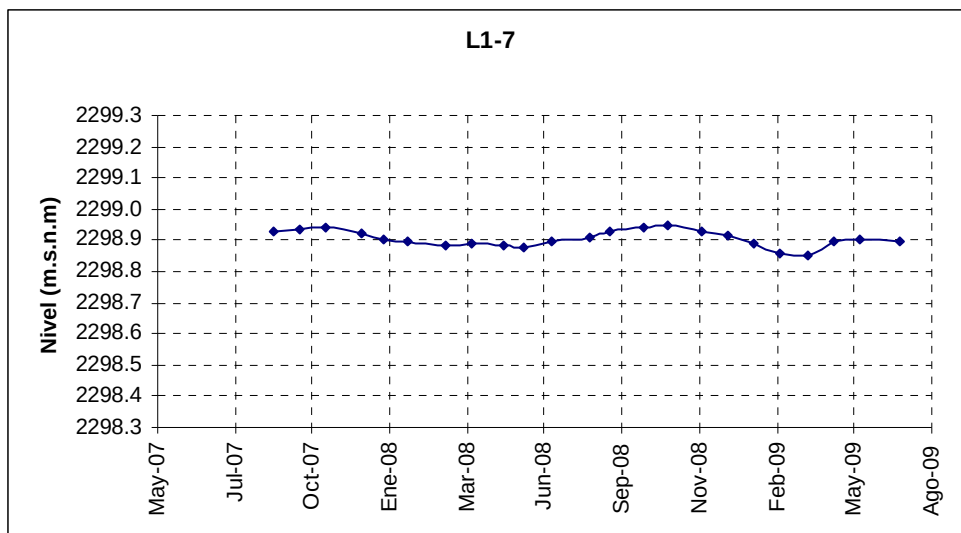


Figura 4.1-25. Nivel mensual observado en el pozo L1-7.

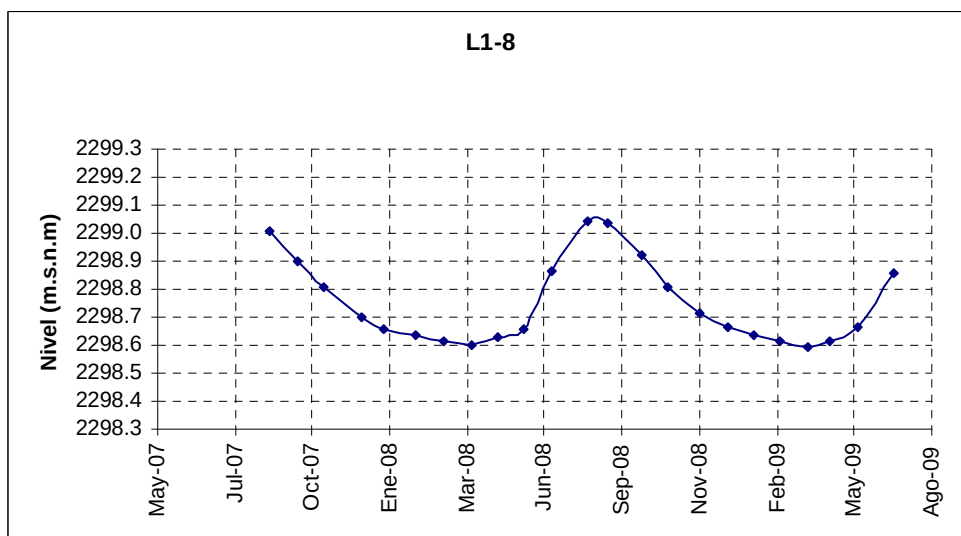


Figura 4.1-26. Nivel mensual observado en el pozo L1-8.

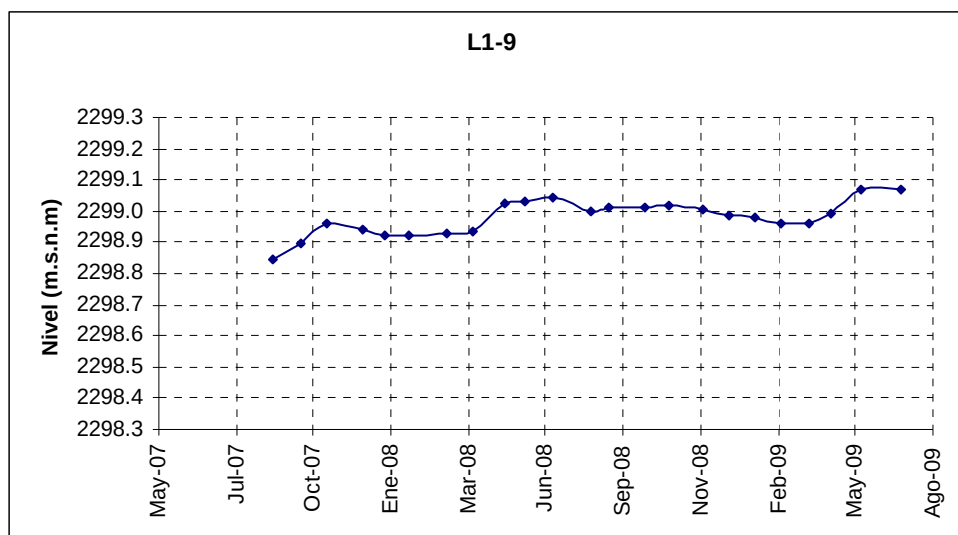


Figura 4.1-27. Nivel mensual observado en el pozo L1-9.

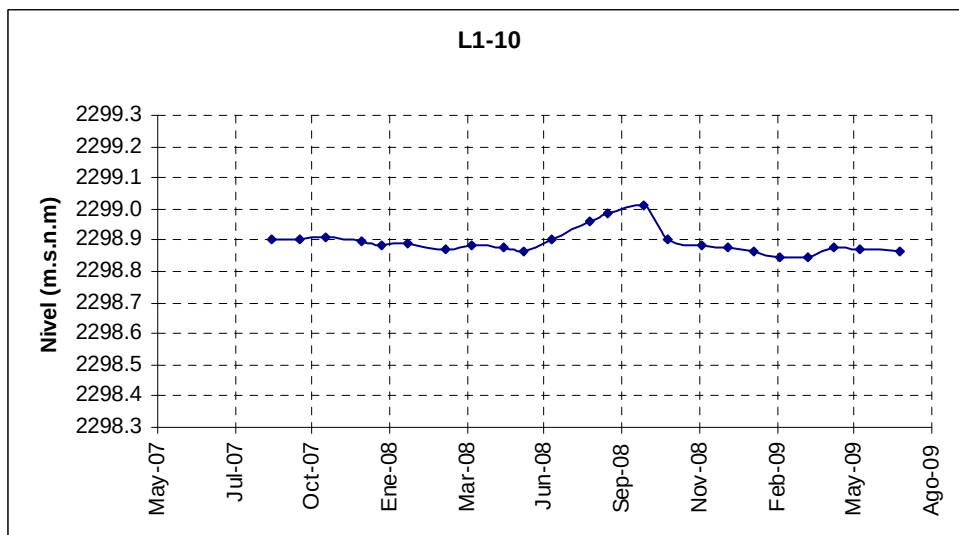


Figura 4.1-28. Nivel mensual observado en el pozo L1-10.

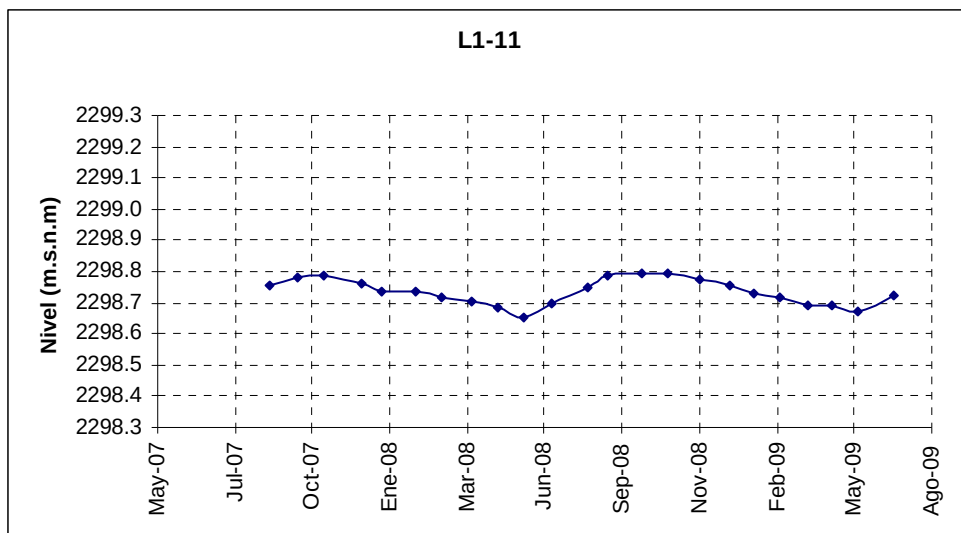


Figura 4.1-29. Nivel mensual observado en el pozo L1-11.

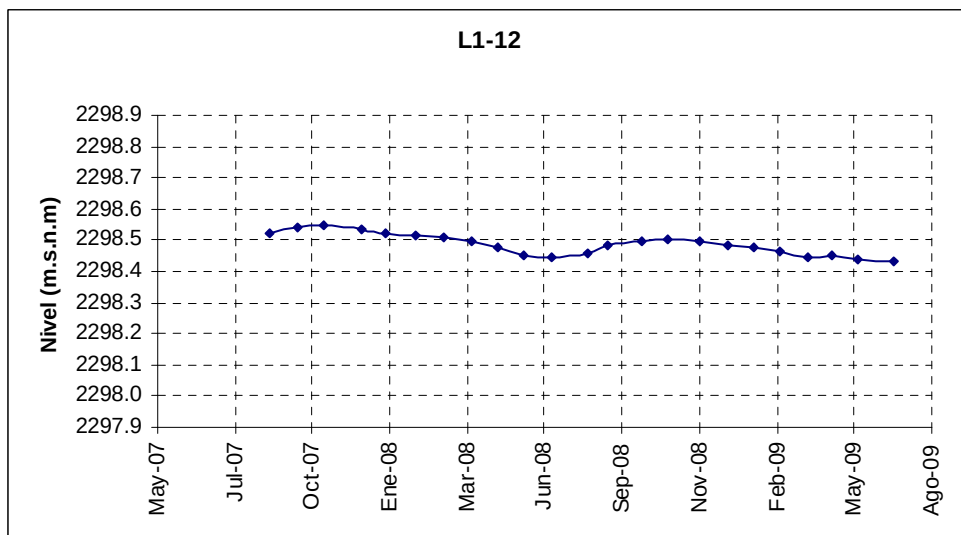


Figura 4.1-30. Nivel mensual observado en el pozo L1-12.

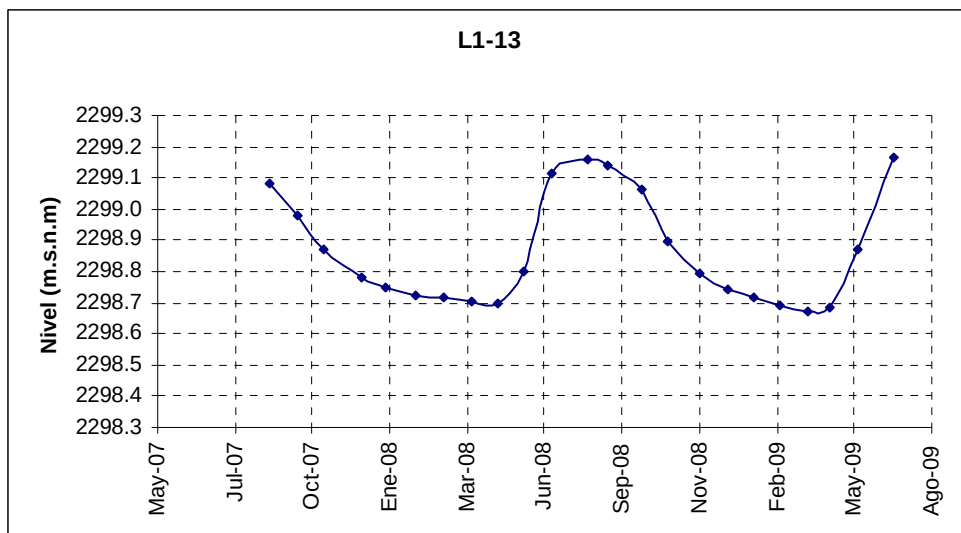


Figura 4.1-31. Nivel mensual observado en el pozo L1-13.

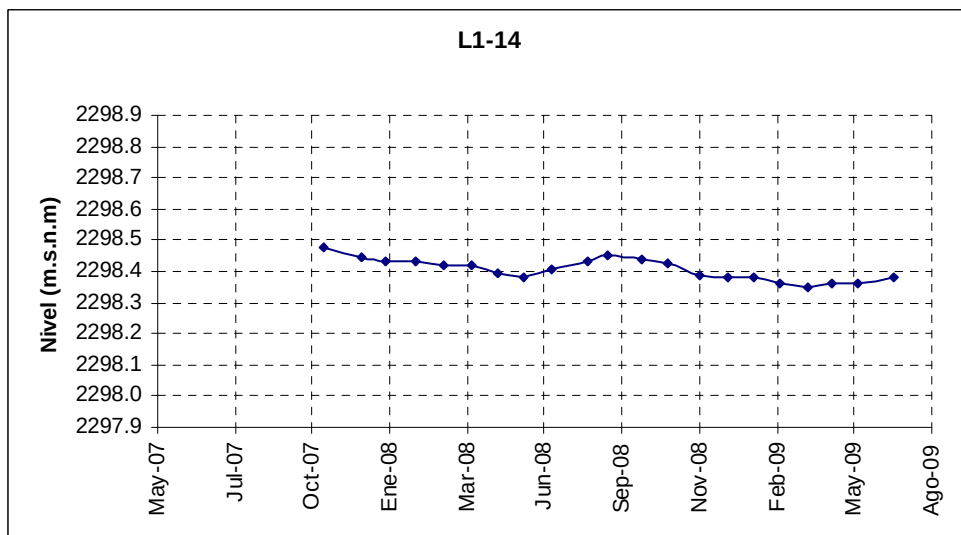


Figura 4.1-32. Nivel mensual observado en el pozo L1-14.

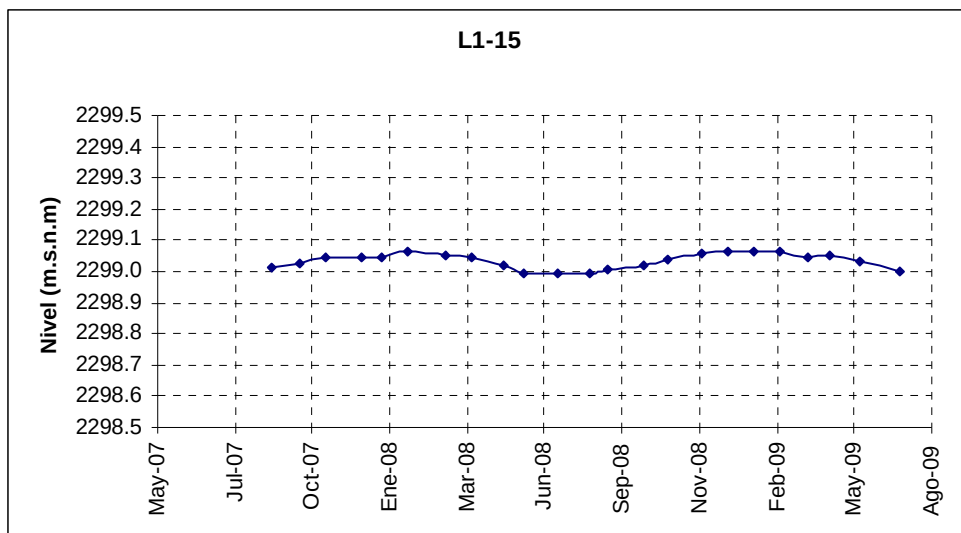


Figura 4.1-33. Nivel mensual observado en el pozo L1-15.

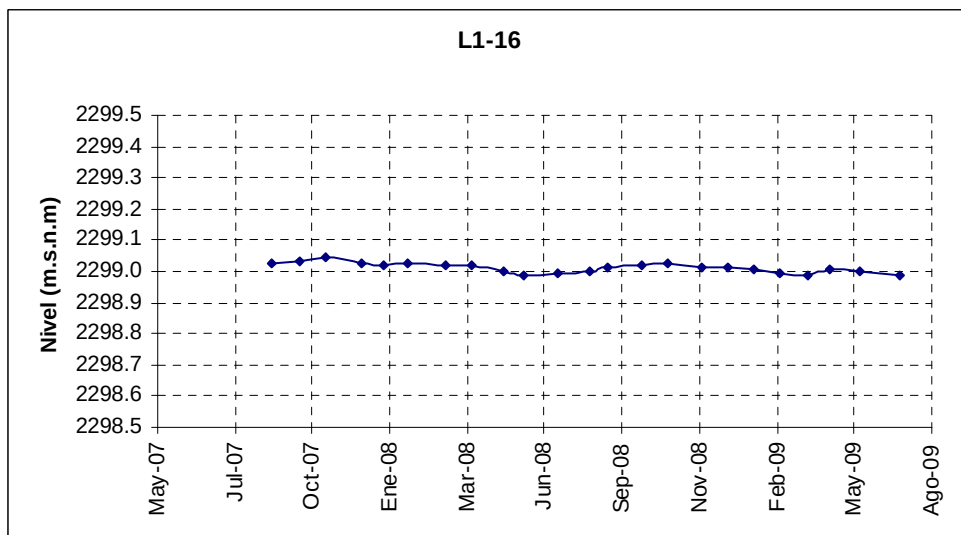


Figura 4.1-34. Nivel mensual observado en el pozo L1-16.

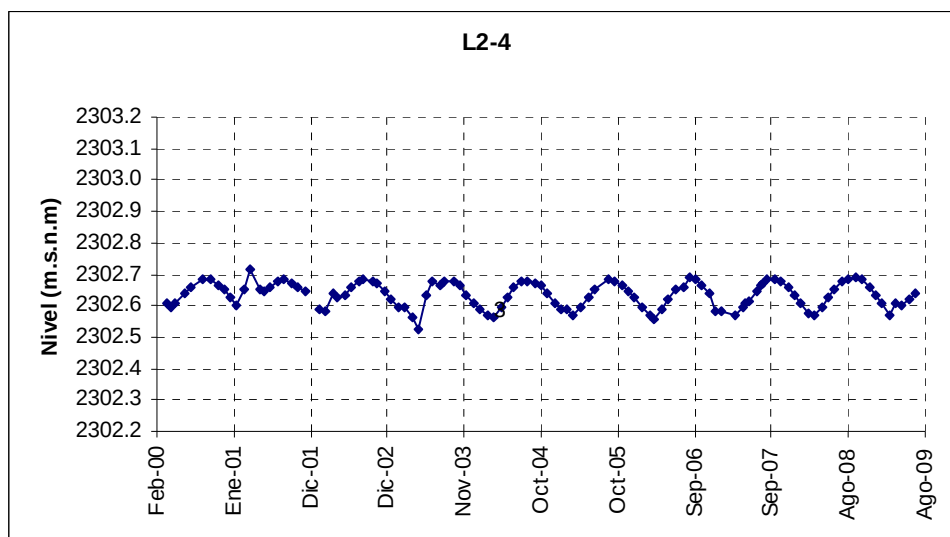


Figura 4.1-35. Nivel mensual observado en el pozo L2-4.

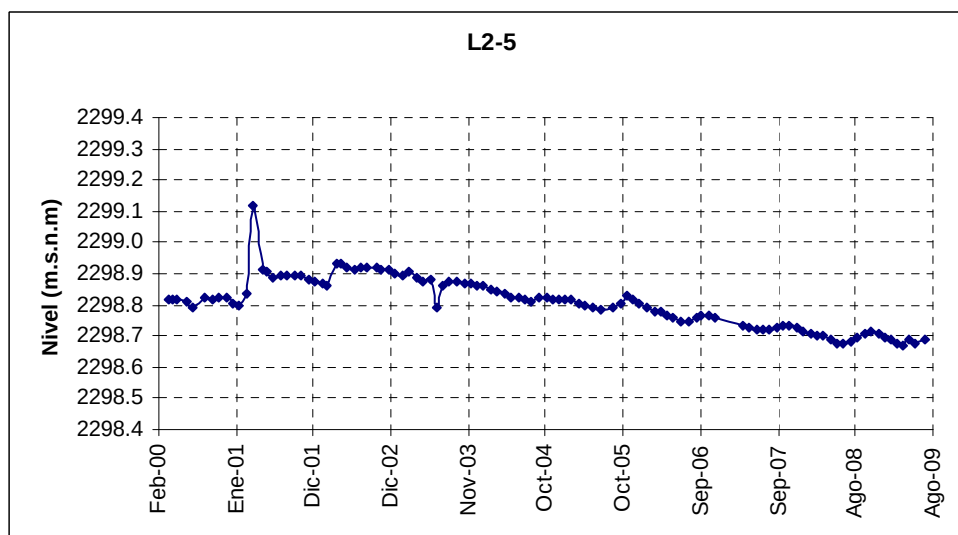


Figura 4.1-36. Nivel mensual observado en el pozo L2-5.

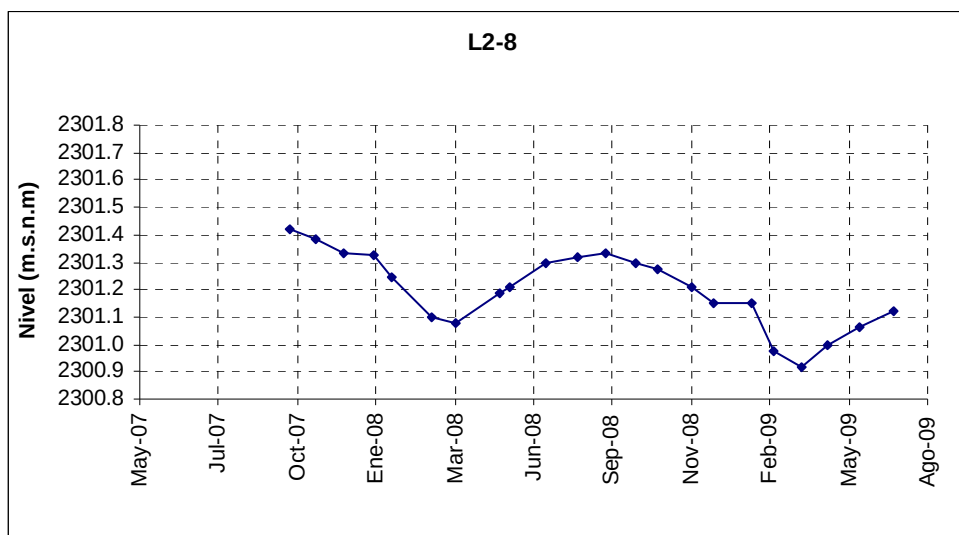


Figura 4.1-37. Nivel mensual observado en el pozo L2-8.

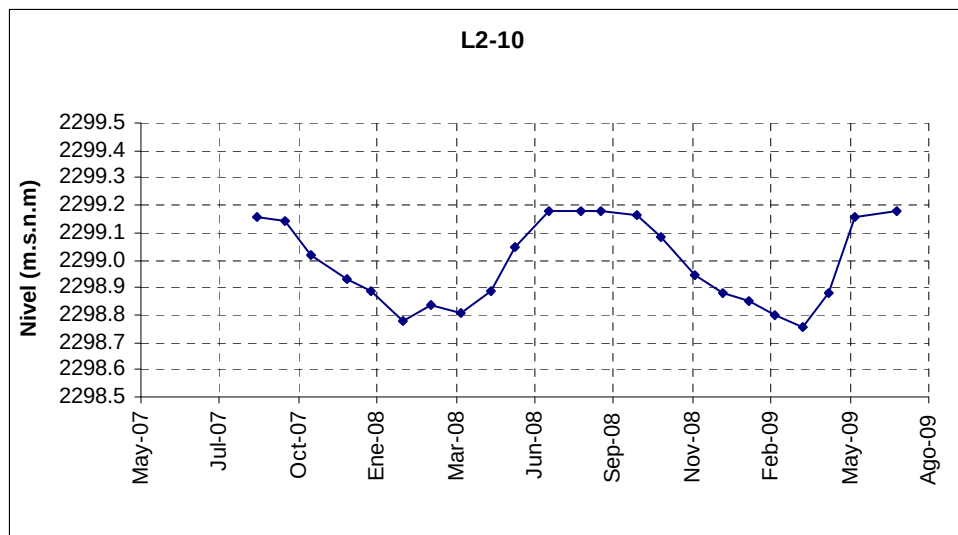


Figura 4.1-38. Nivel mensual observado en el pozo L2-10.

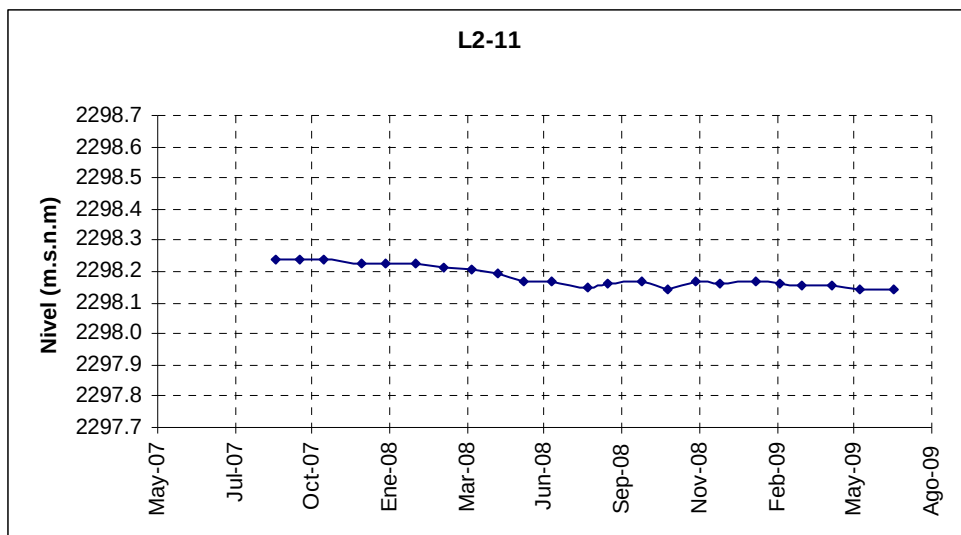


Figura 4.1-39. Nivel mensual observado en el pozo L2-11.

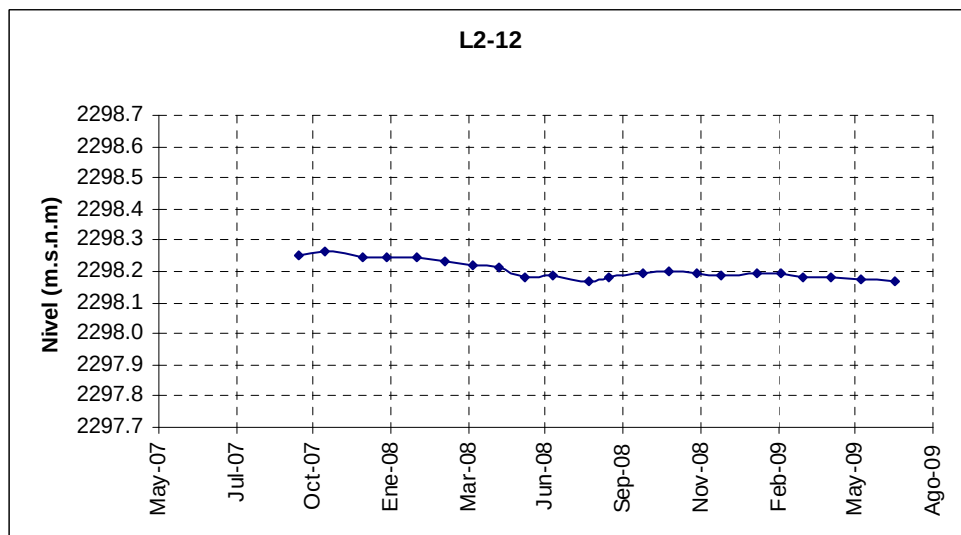


Figura 4.1-40. Nivel mensual observado en el pozo L2-12.

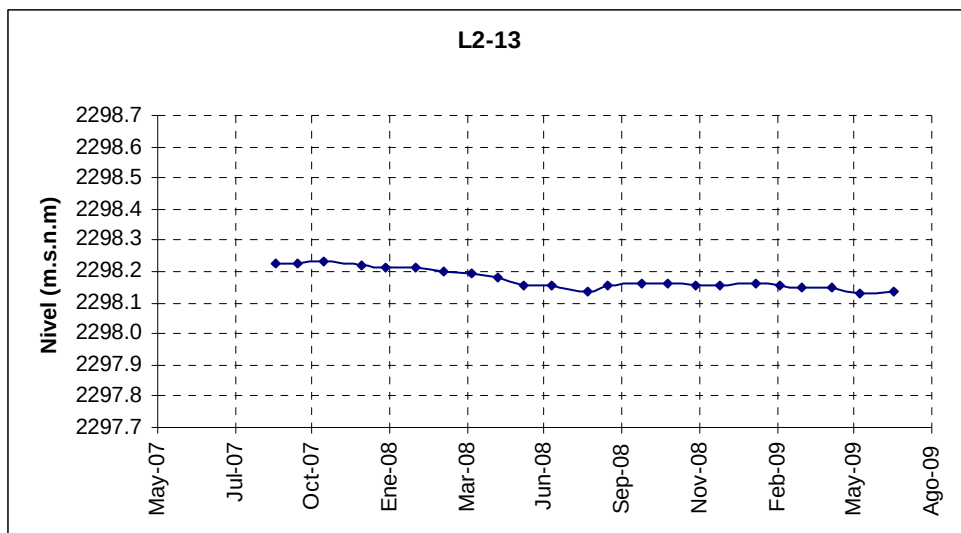


Figura 4.1-41. Nivel mensual observado en el pozo L2-13.

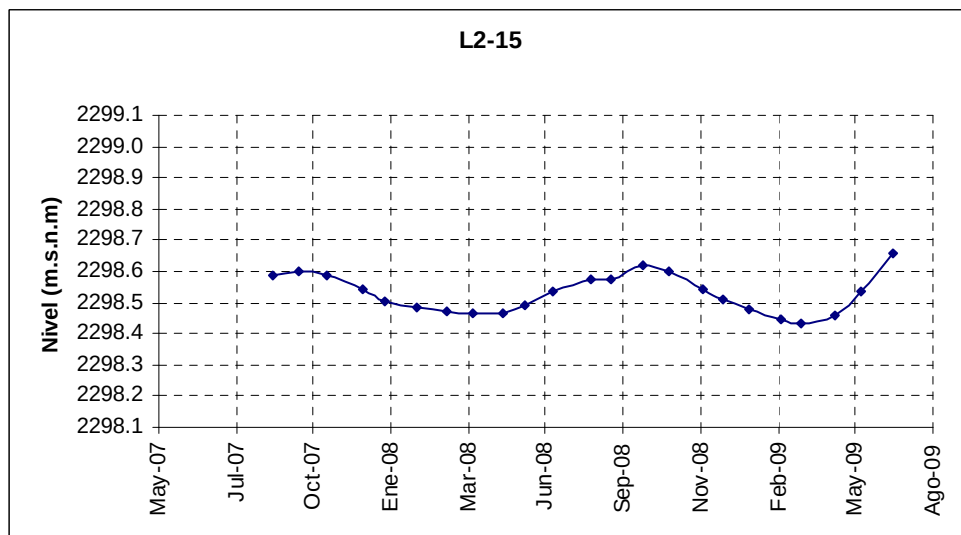


Figura 4.1-42. Nivel mensual observado en el pozo L2-15.

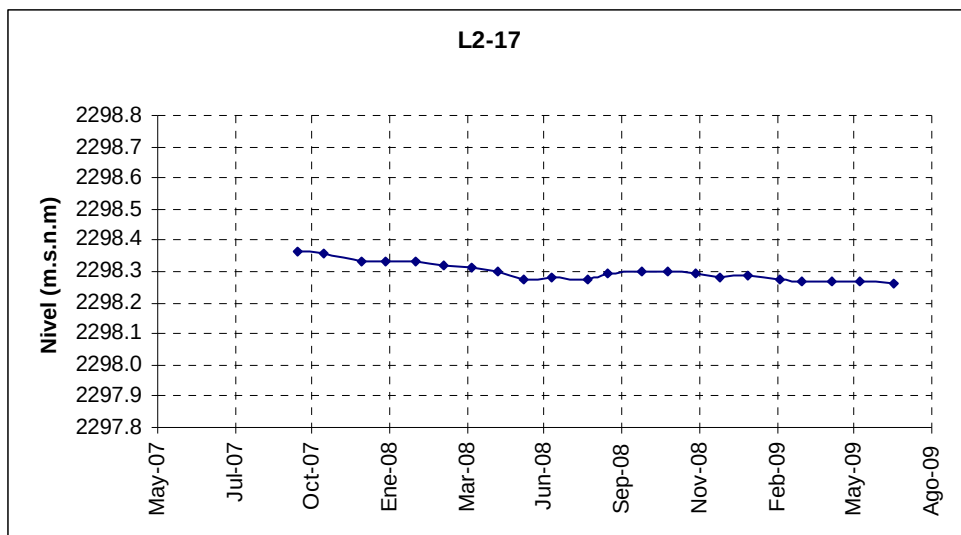


Figura 4.1-43. Nivel mensual observado en el pozo L2-17.

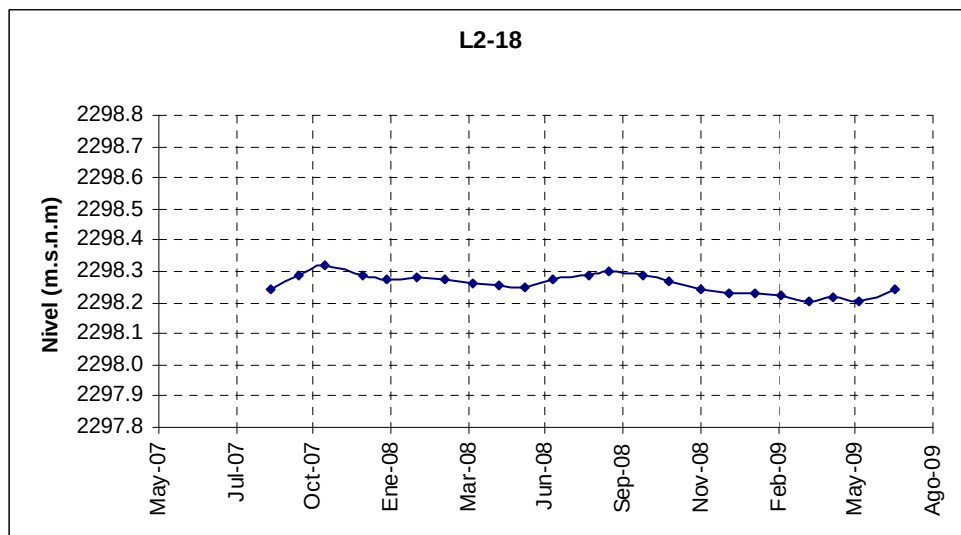


Figura 4.1-44. Nivel mensual observado en el pozo L2-18.

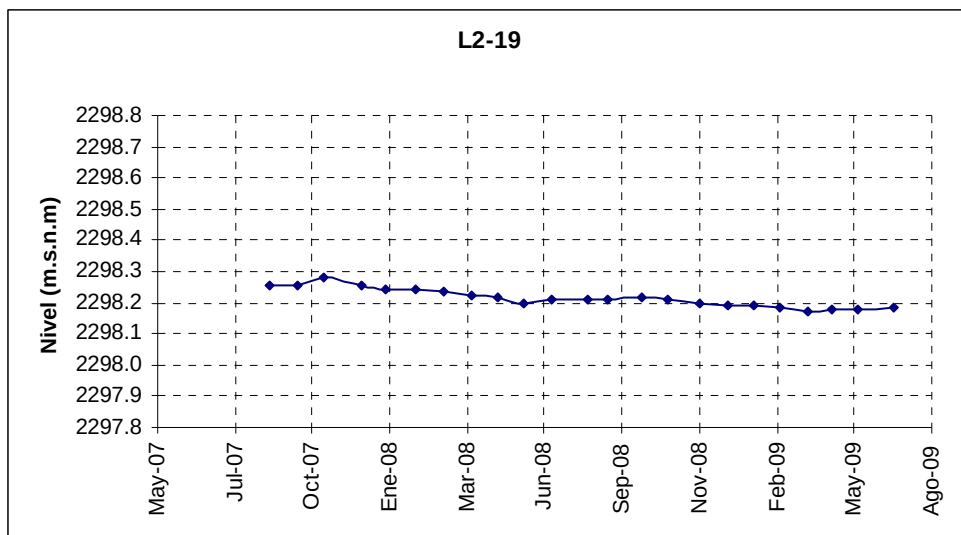


Figura 4.1-45. Nivel mensual observado en el pozo L2-19.

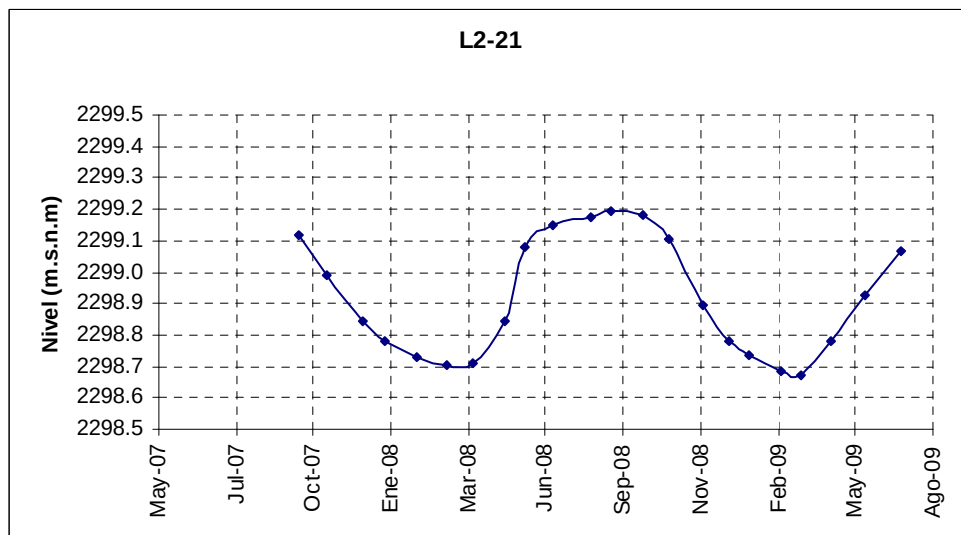


Figura 4.1-46. Nivel mensual observado en el pozo L2-21.

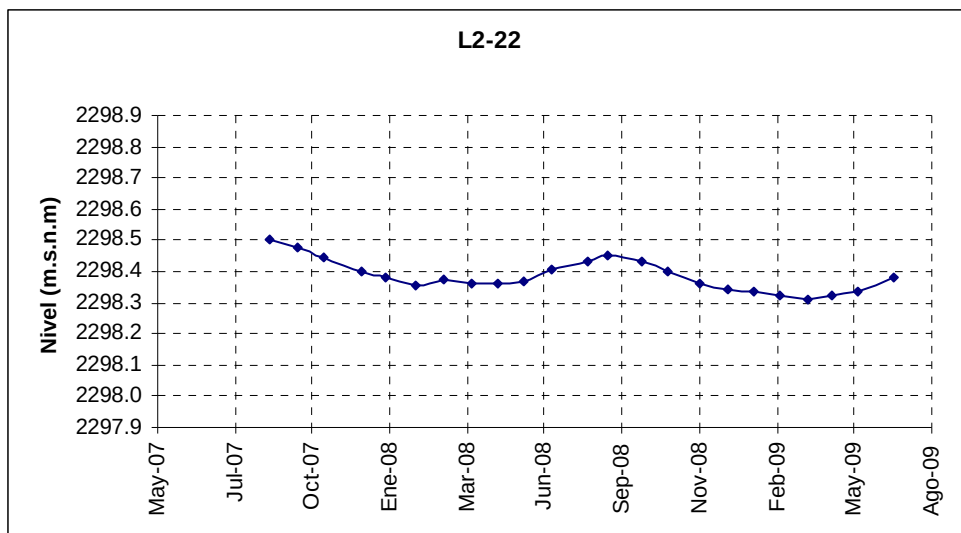


Figura 4.1-47. Nivel mensual observado en el pozo L2-22.

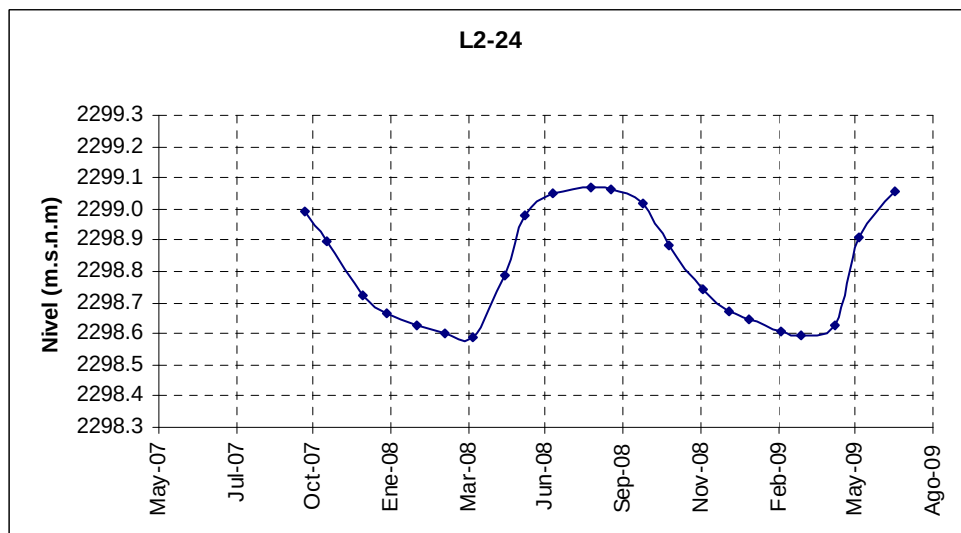


Figura 4.1-48. Nivel mensual observado en el pozo L2-24.

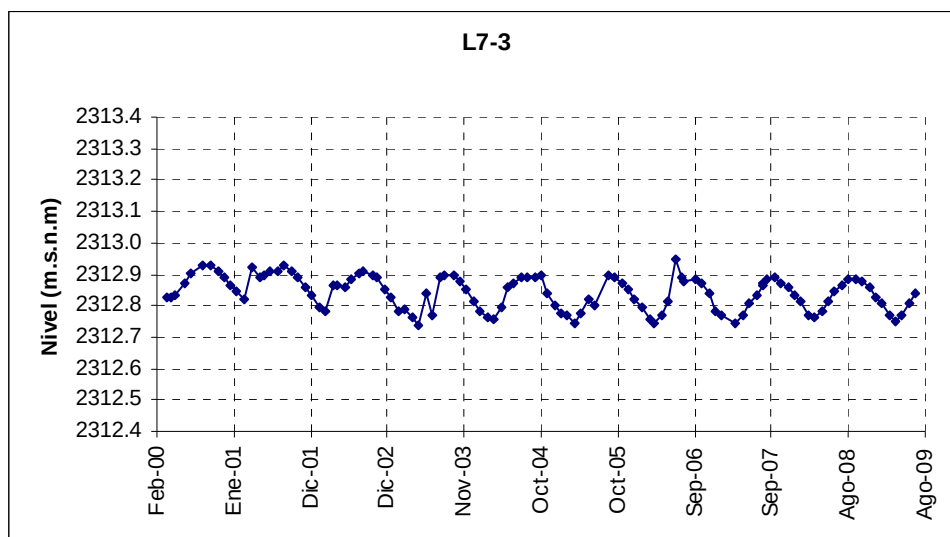


Figura 4.1-49. Nivel mensual observado en el pozo L7-3.

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 4.1-50) mientras que el segundo (Figura 4.1-51) muestra los datos a partir de mayo de 2007.

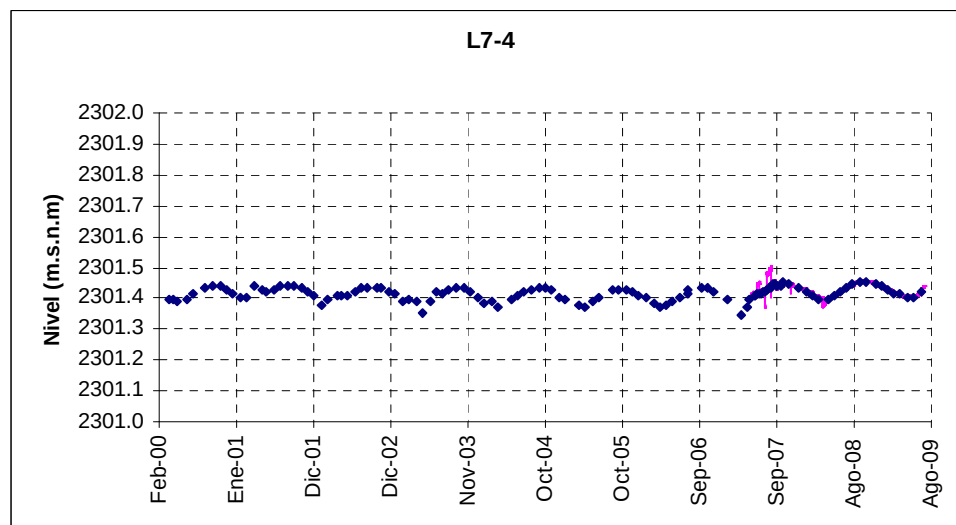


Figura 4.1-50. Nivel mensual observado en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

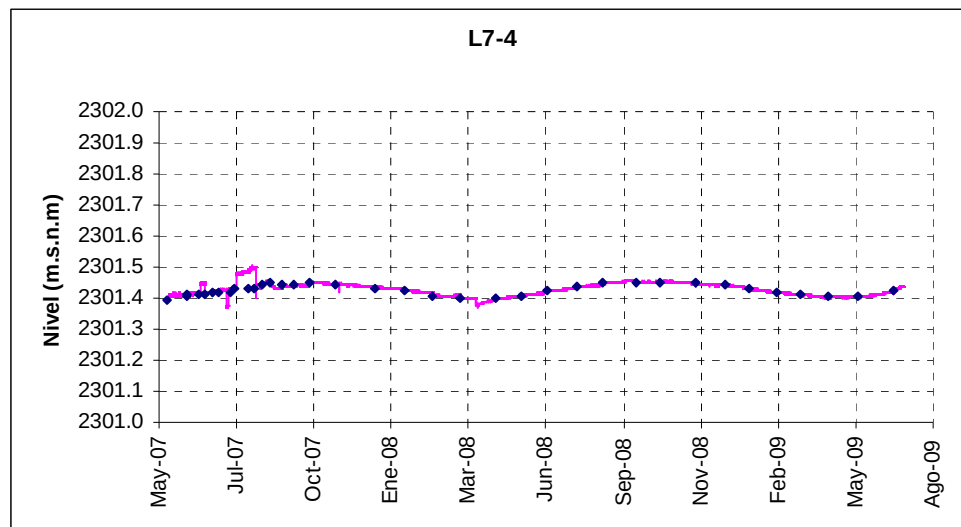


Figura 4.1-51. Nivel mensual observado en el pozo L7-4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

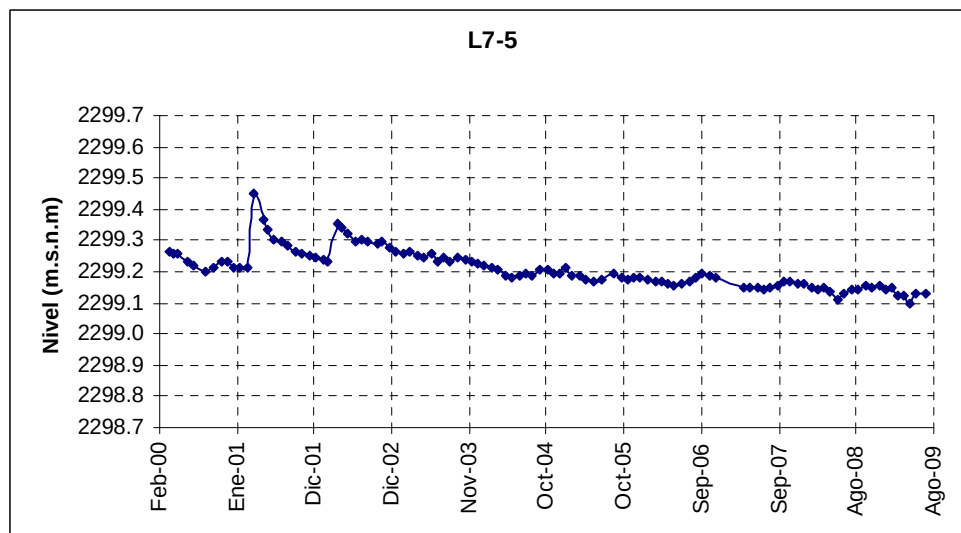


Figura 4.1-52. Nivel mensual observado en el pozo L7-5.

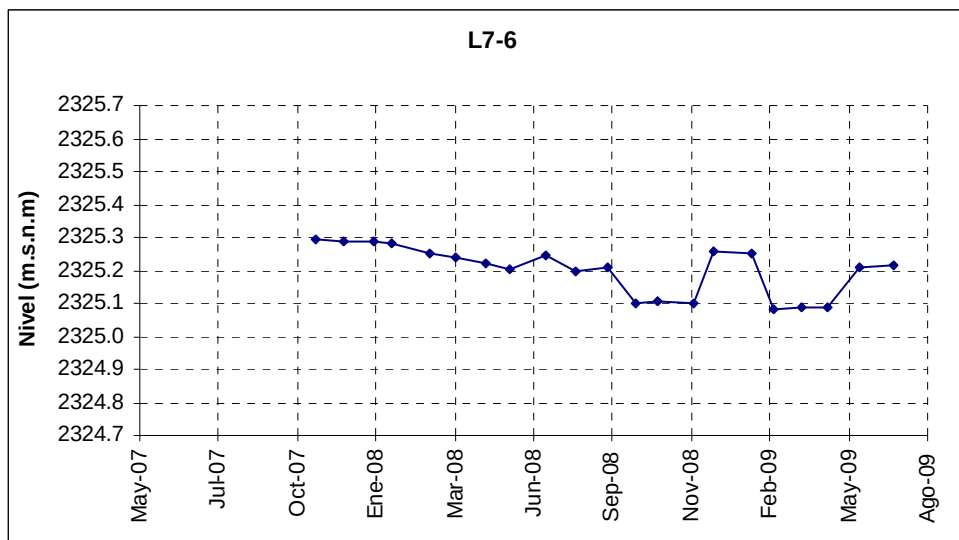


Figura 4.1-53. Nivel mensual observado en el pozo L7-6.

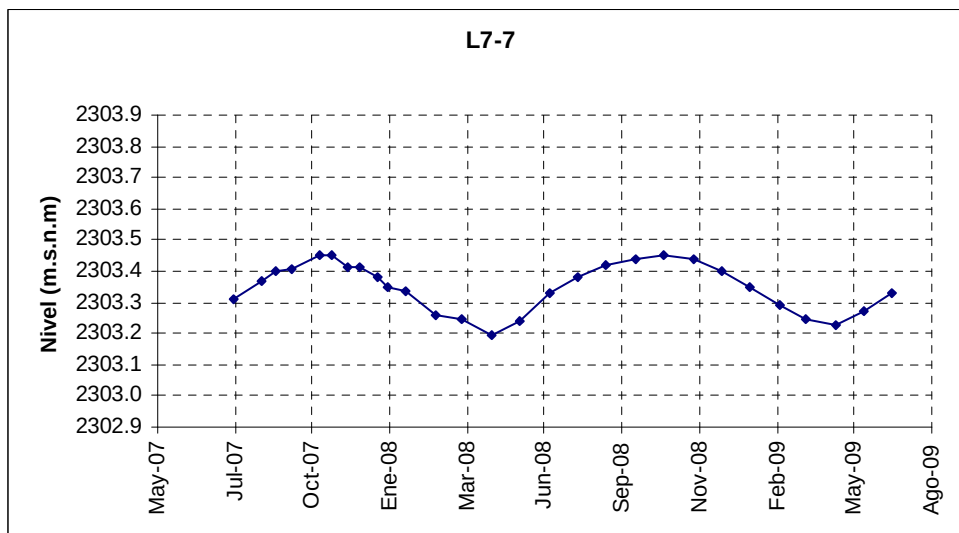


Figura 4.1-54. Nivel mensual observado en el pozo L7-7.

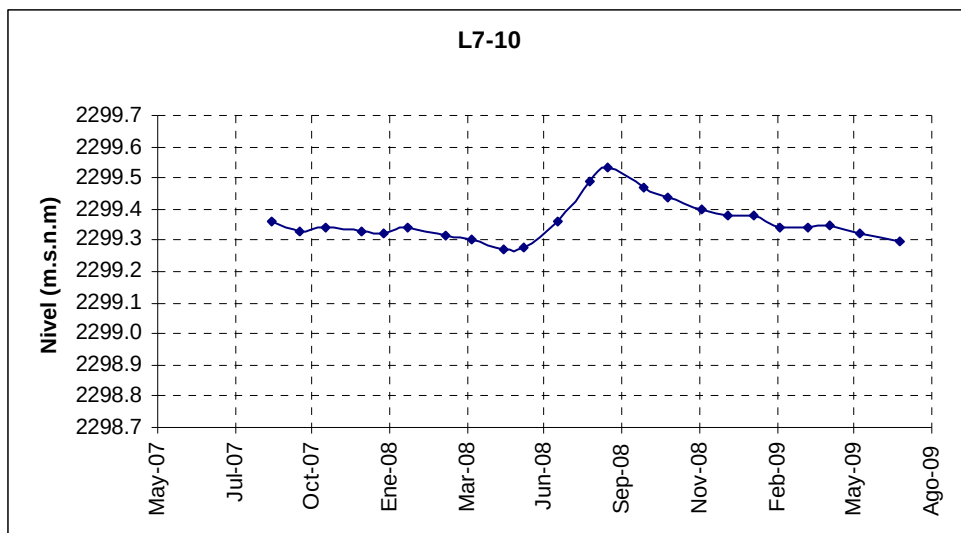


Figura 4.1-55. Nivel mensual observado en el pozo L7-10.

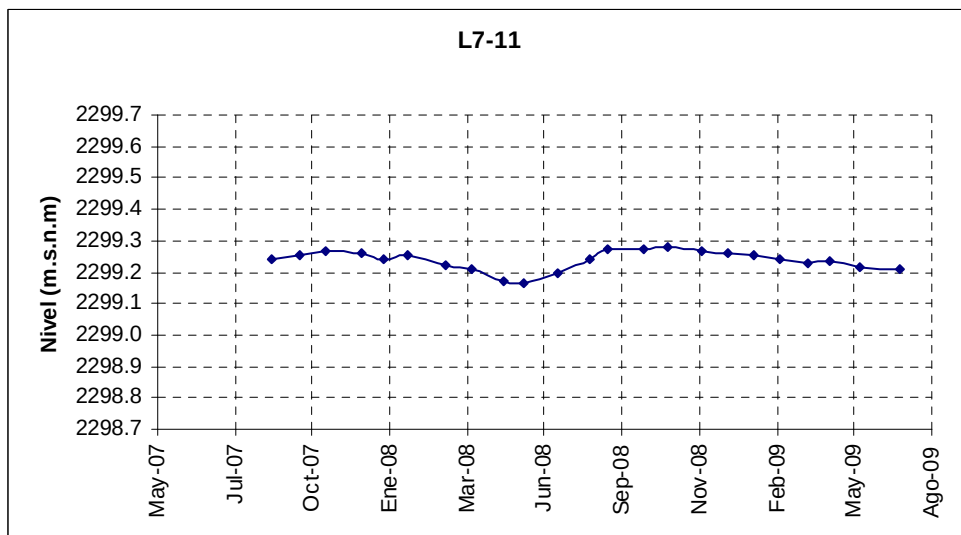


Figura 4.1-56. Nivel mensual observado en el pozo L7-11.

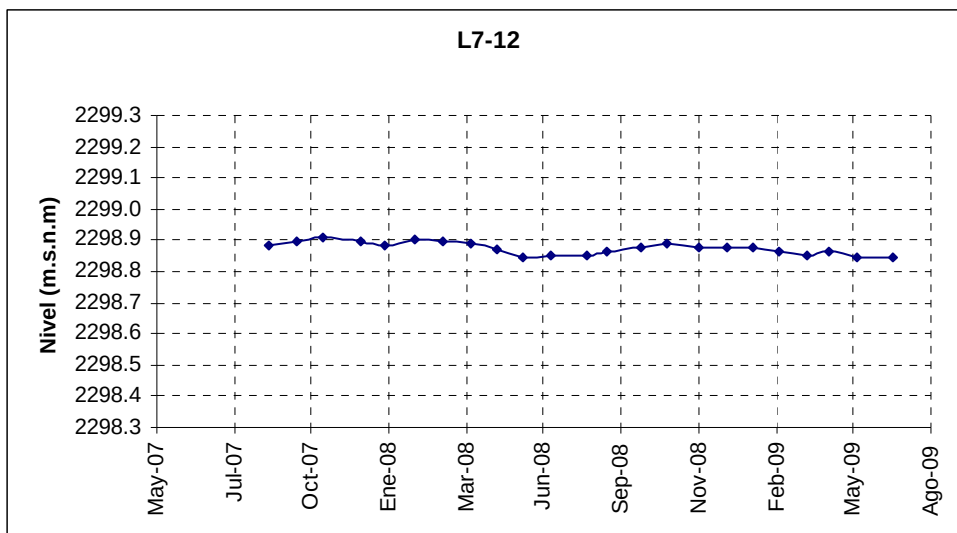


Figura 4.1-57. Nivel mensual observado en el pozo L7-12.

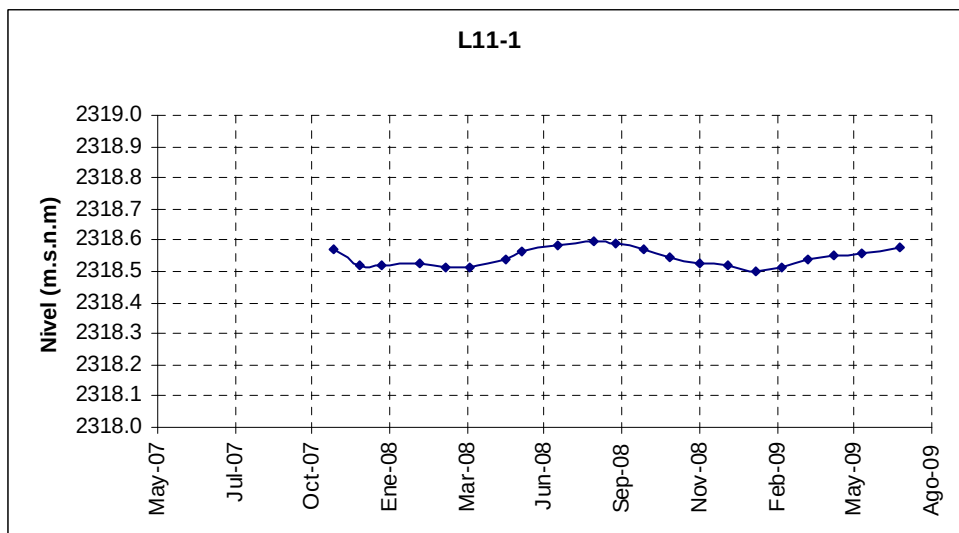


Figura 4.1-58. Nivel mensual observado en el pozo L11-1.

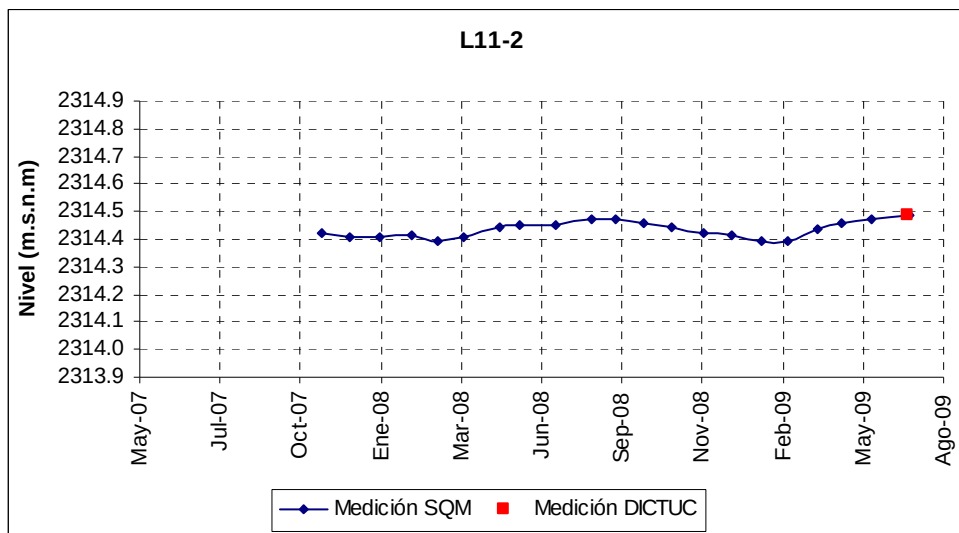


Figura 4.1-59. Nivel mensual observado en el pozo L11-2.

4.1.1.3 Reglillas

Desde la Figura 4.1-60 a la Figura 4.1-70 se presentan los niveles de agua superficial de las reglillas L1-G4 (ubicada al sur de la laguna Barros Negros), L7-G1 (ubicada al oeste del canal Burro Muerto), L7-G2 (ubicada al este de la laguna Puilar), 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 de este sistema).

En el gráfico de la reglilla L1-G4 (Figura 4.1-60) se puede observar los datos históricos en color azul (L1-G4), adicionalmente se presentan los niveles medidos cada vez que se reconfigura el transductor de presión en color celeste (L1-G4 M.C.) y los niveles registrados por éste en color lila (L1-G4 C.). Se debe indicar que dadas las características de este pozo en este punto (L1-G4), se tuvo que construir manualmente una estructura que soportara el transductor de presión. Dicha estructura consiste en un tubo de PVC ranurado en su parte inferior, y que en su interior aloja el transductor de presión.

Las mediciones continuas de nivel de las reglillas L1-G4, L7-G2 y Puente San Luis se presentan en la Figura 4.1-61, Figura 4.1-64 y Figura 4.1-67 respectivamente.

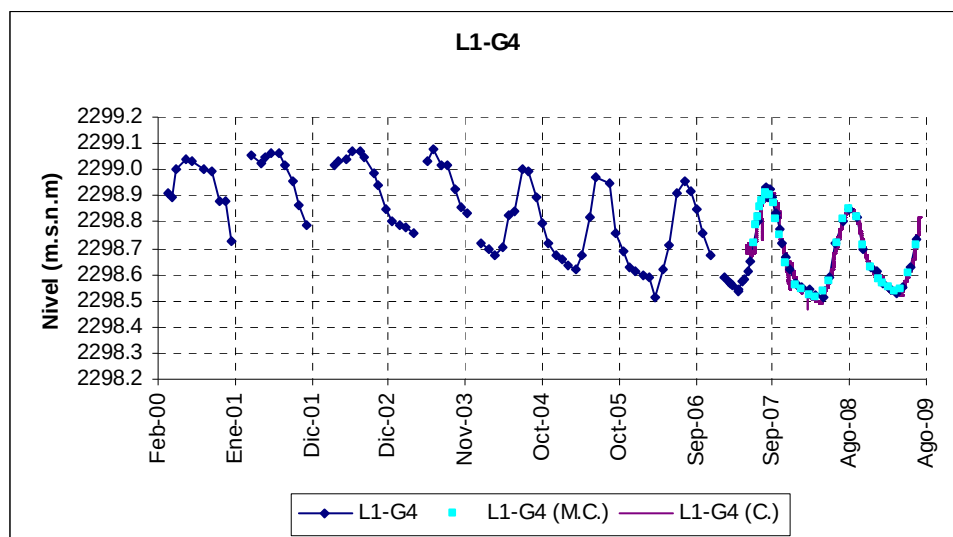


Figura 4.1-60. Nivel observado en la reglilla L1-G4. (Línea lila: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua).

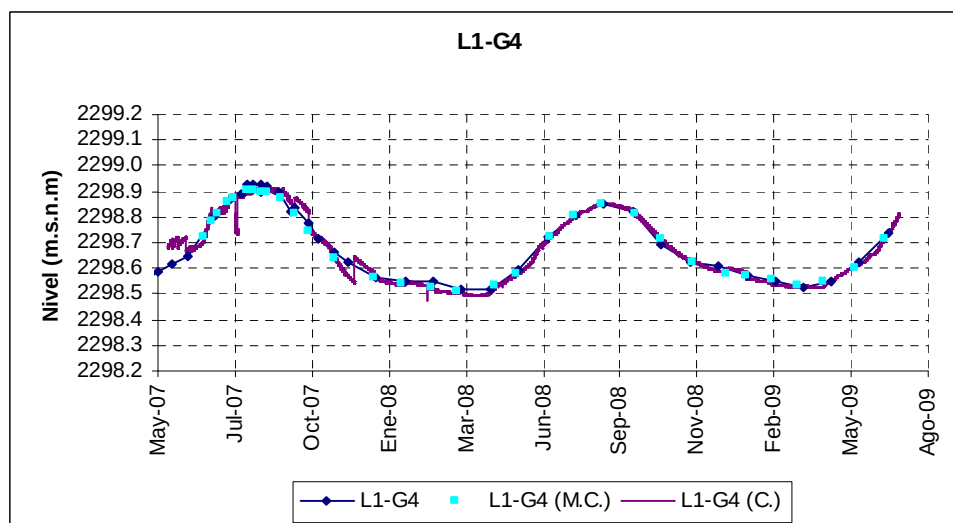


Figura 4.1-61. Nivel observado en la reglilla L1-G4 desde el 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea lila: medición continua; Línea azul: medición manual en antigua reglilla; Puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua).

Se destaca el gran ascenso del nivel freático durante el último período invernal en la Reglilla L7-G1 (Figura 4.1-62). En esta reglilla el nivel de la napa históricamente se encontraba unos centímetros por debajo de la superficie de la costra, sin embargo durante el último invierno se observó por encima de la costra (Véase Fotografía 4.1-1).

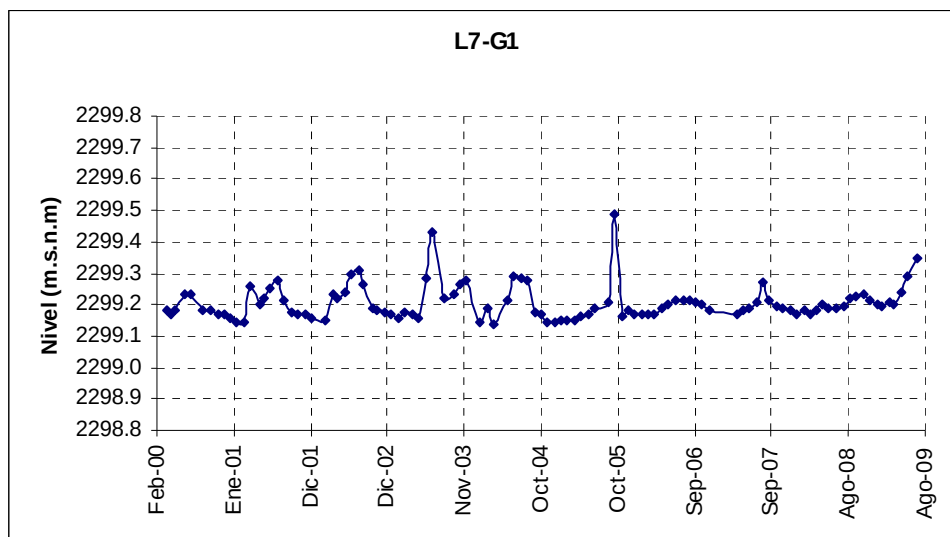
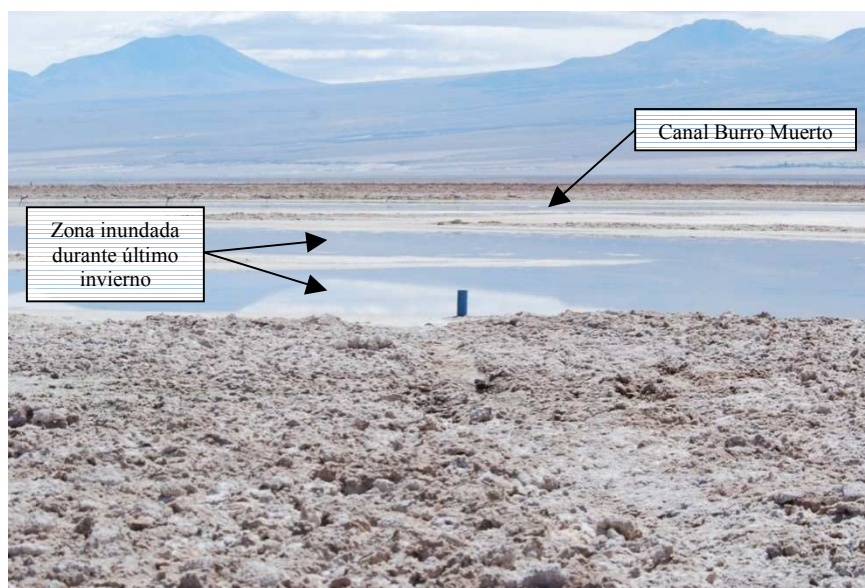


Figura 4.1-62. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G1.



Fotografía 4.1-1. Reglilla L7-G1. Aumento de nivel freático.

Por petición de CONAF se construyó manualmente un pozo de 80 cm de profundidad al lado de la reglilla L7-G2 para poder registrar el nivel de agua de manera continua. Esto con la finalidad de registrar datos de nivel durante la época de nidificación de flamencos y así contar con información incluso cuando exista prohibición de ingreso al área.

En la Figura 4.1-64 se puede contrastar la continuidad de datos registrados en el transductor de presión, en color burdeo (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.

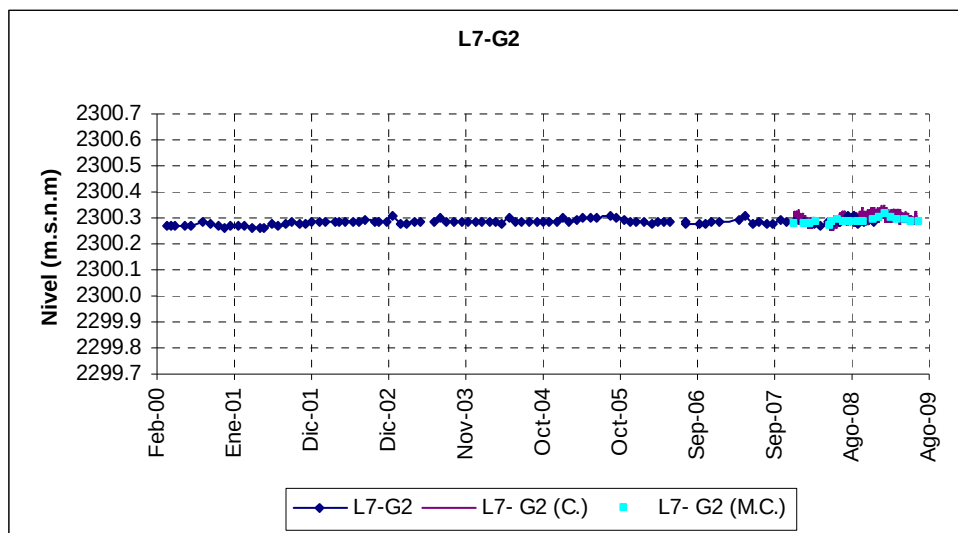


Figura 4.1-63. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: Medición continua; Línea azul: Medición manual en antigua reglilla; Puntos celeste: Medición manual en reglilla nueva con medición continua).

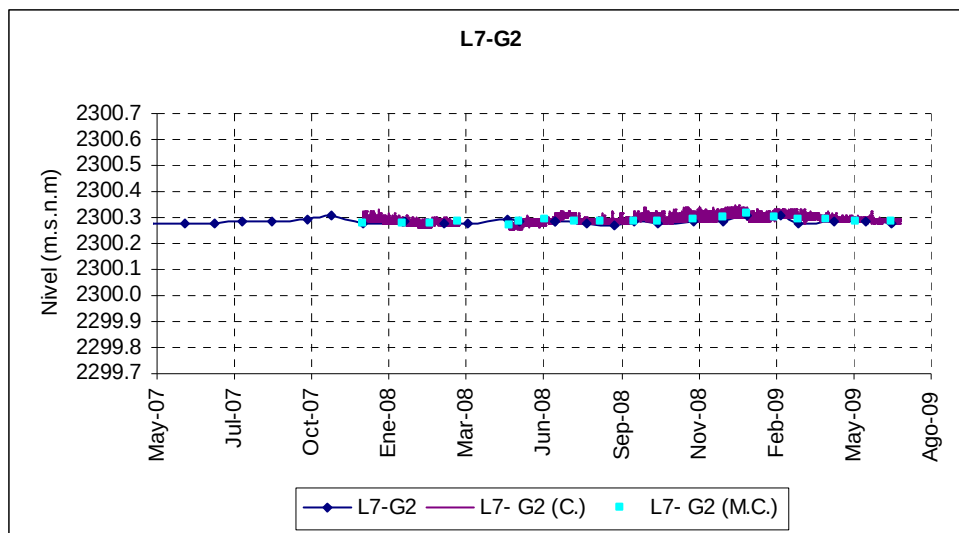


Figura 4.1-64. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2 desde el 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea burdeo: Medición continua; Línea azul: Medición manual en antigua reglilla; Puntos celeste: Medición manual en reglilla nueva con medición continua).

Para efectos de comparación y unificación de los registros de niveles medidos tanto por CONAF como por SQM S.A. (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 georeferenciar todas las reglillas aledañas al puente San Luis (antiguas y nuevas), las cuales se aprecian en la Figura 4.1-65.

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 (Limnómetro Conaf y Reglilla Conaf).

Cabe indicar que cuando se menciona un limnómetro se hace referencia a un instrumento de medición de la altura de la columna de agua, que consiste en una regla de madera u otro material que se encuentra graduado, lo que permite leer el nivel directamente de la instalación. La reglilla por su parte no se encuentra graduada, 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.

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 4.1-66) corresponde a la serie histórica, mientras que el segundo (Figura 4.1-67) corresponde a los datos registrados a partir de mayo de 2007, mes en el cual se iniciaron los monitoreos de los pozos del PC.

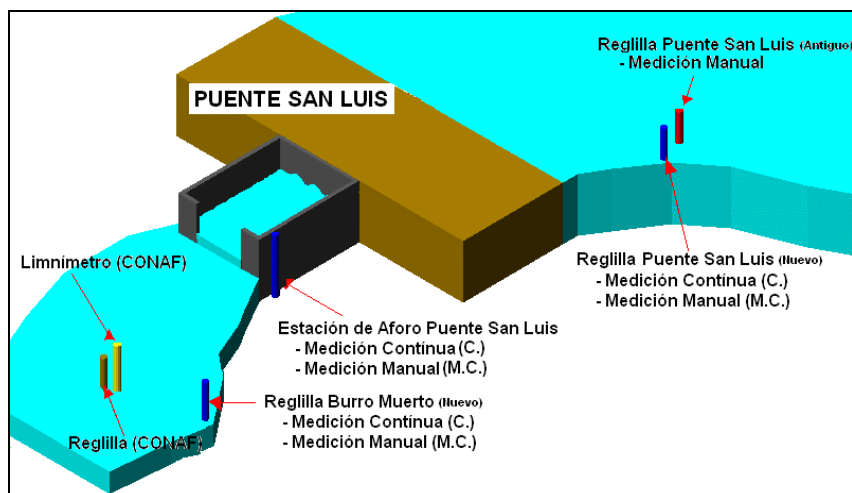


Figura 4.1-65. Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al Puente San Luis.

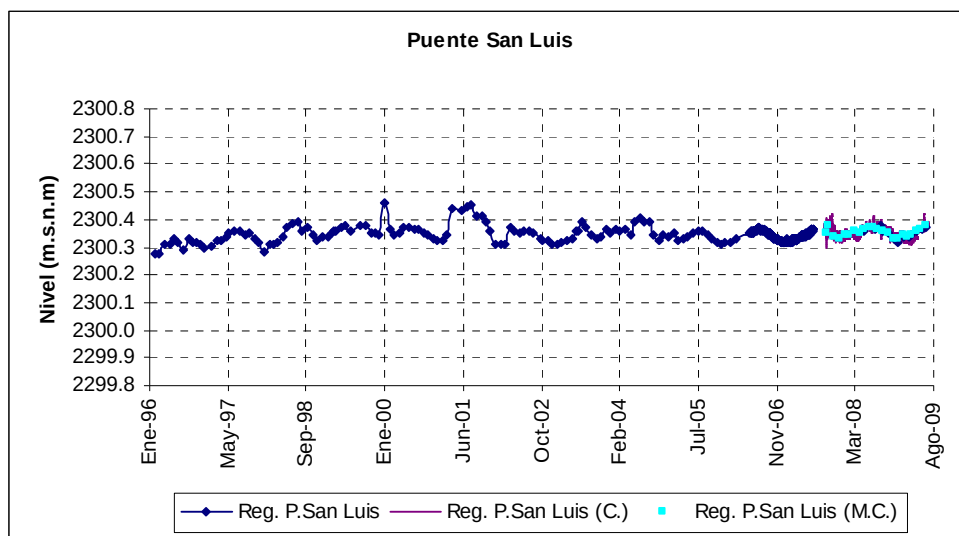


Figura 4.1-66. Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).

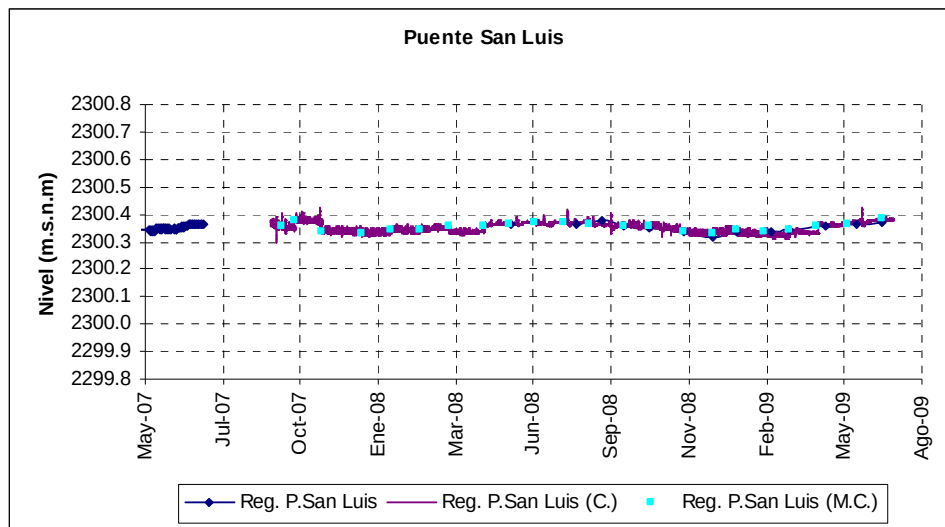


Figura 4.1-67. Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).

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 4.1-68) corresponde a la serie histórica, mientras que el segundo (Figura 4.1-69) corresponde a los datos registrados a partir de mayo de 2007, mes de inicio del monitoreo de los pozos del PC.

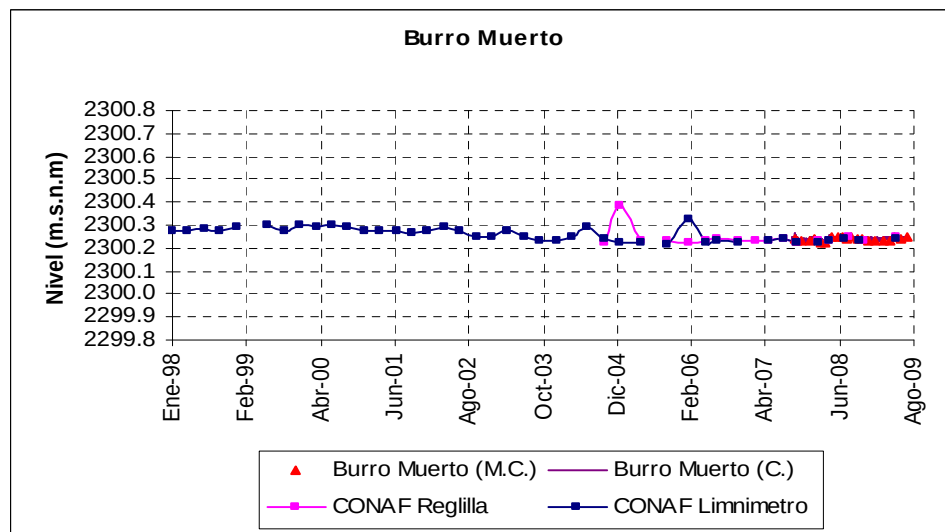


Figura 4.1-68. Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto “C.” medición continua, “M.C.” medición manual).

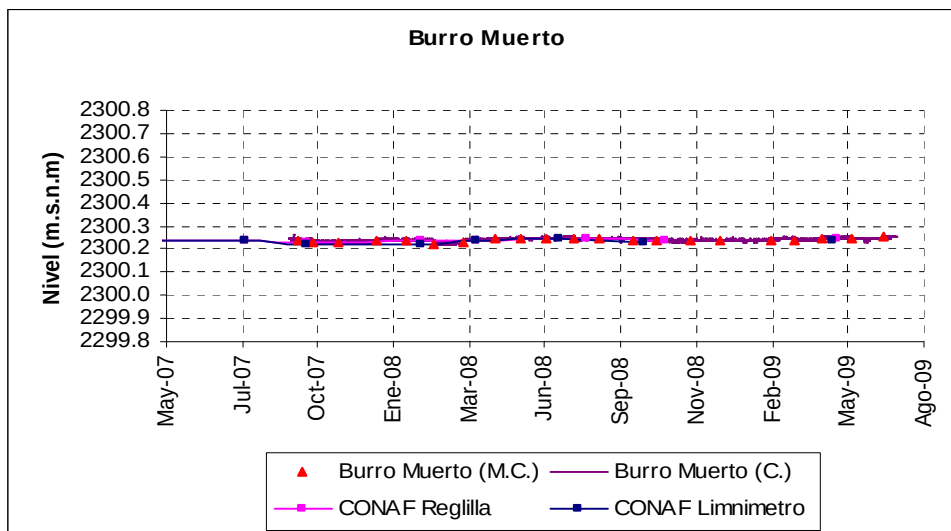


Figura 4.1-69. Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto desde el 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual).

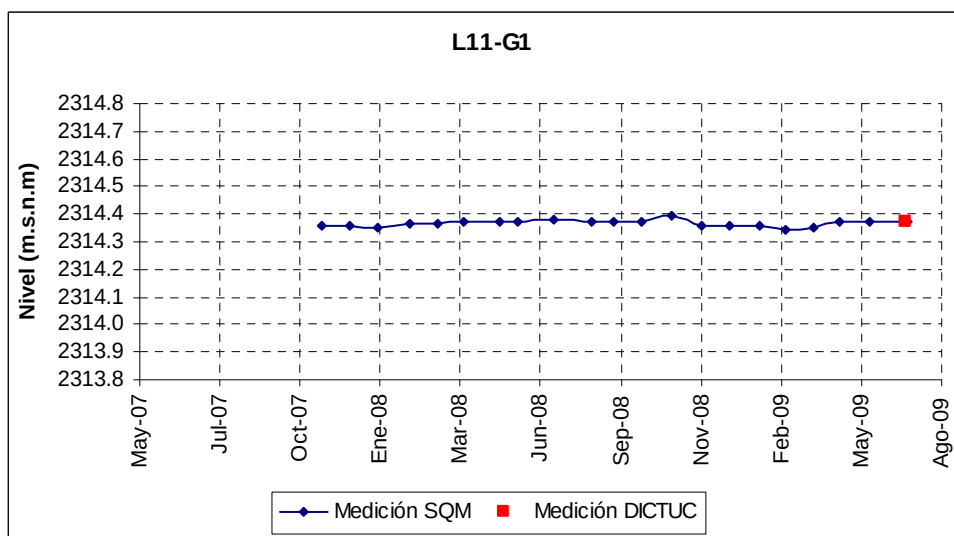


Figura 4.1-70. Nivel mensual observado en la reglilla L11-G1.

4.1.1.4 Pozos con medición continua de nivel

A continuación se muestran los niveles de todos los pozos pertenecientes al sistema Soncor del PSAH 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, por lo que se deben ajustar los transductores de presión constantemente.

Simultáneamente a la medición continua se midió semanalmente en forma manual el nivel en estos pozos, para validar el registro entregado por el transductor de presión. Este trabajo se realizó mientras duró la puesta en marcha de los equipos de medición continua. Actualmente se corrige 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 oportunamente remplazados 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 4.1-71 a la Figura 4.1-77 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 4.1-78 a la Figura 4.1-85 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 4.1-86 se aprecian los niveles del pozo 2021.

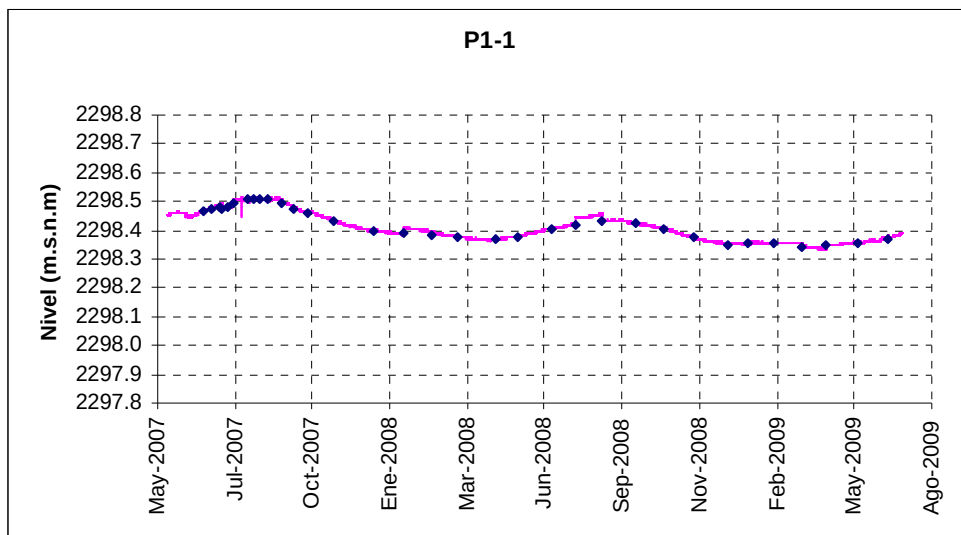


Figura 4.1-71. Nivel observado en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

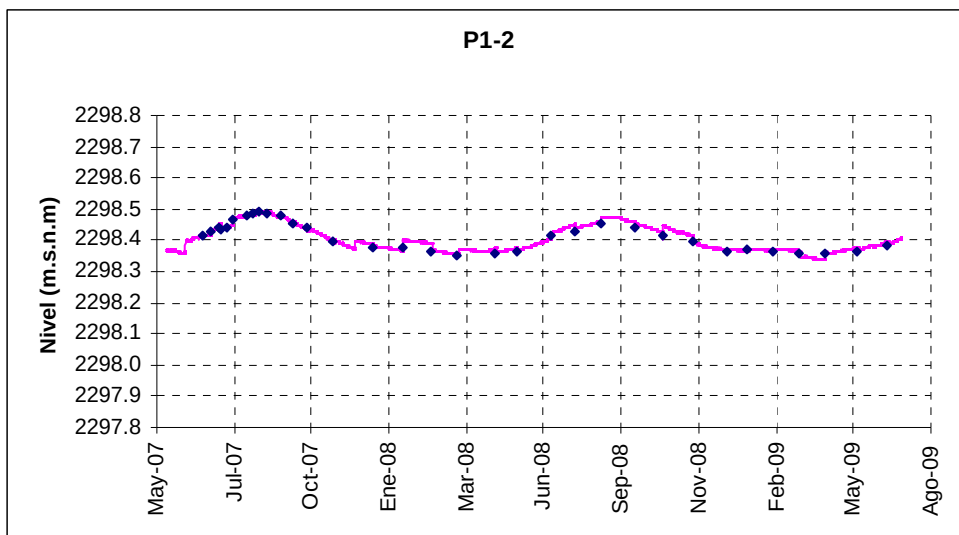


Figura 4.1-72. Nivel observado en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

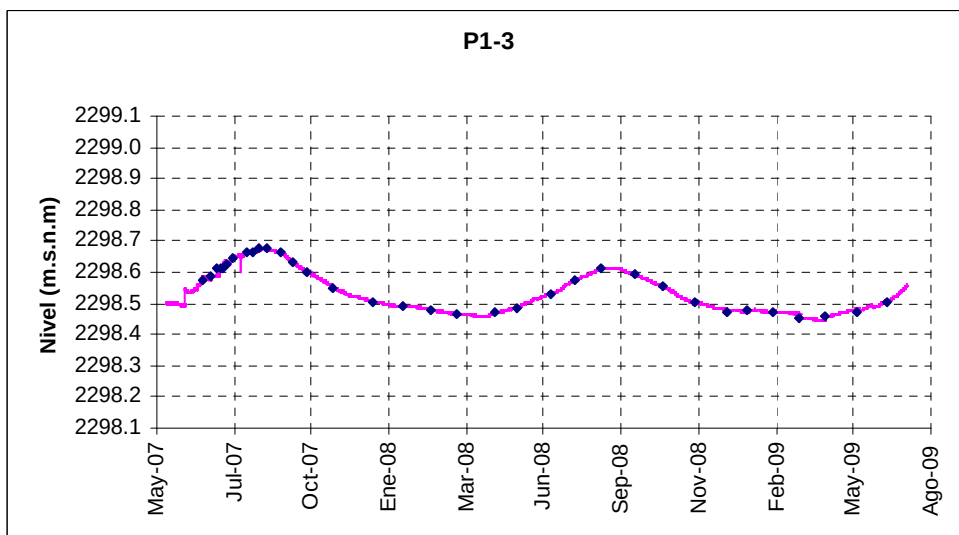


Figura 4.1-73. Nivel observado en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

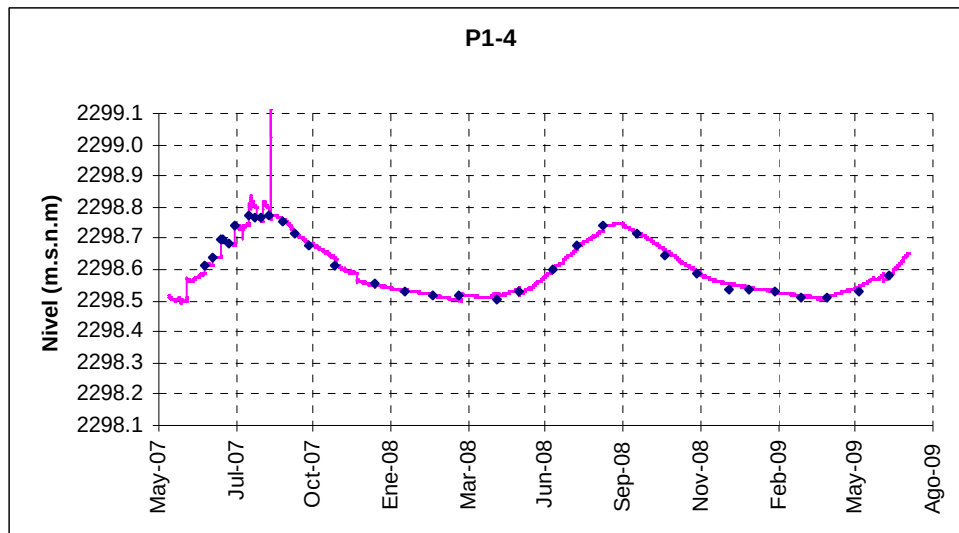


Figura 4.1-74. Nivel observado en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

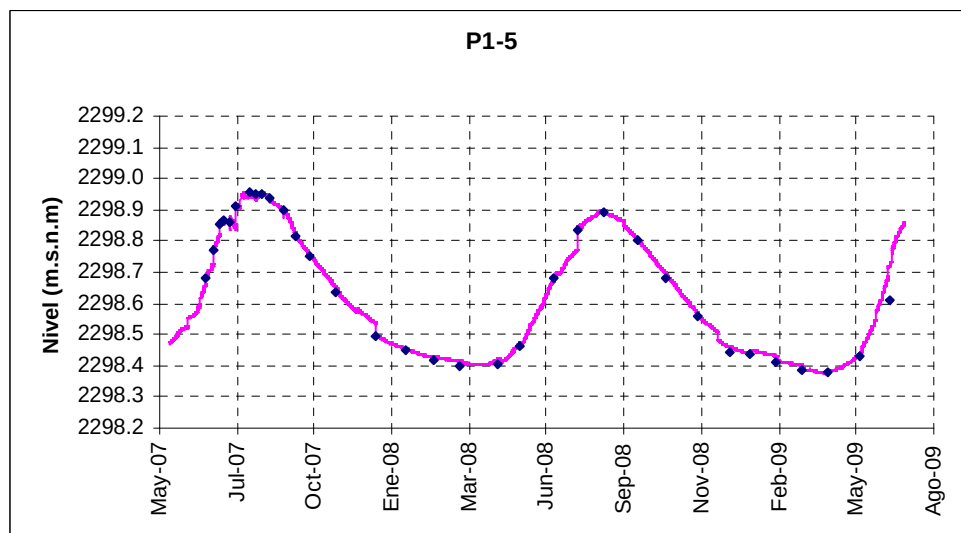


Figura 4.1-75. Nivel observado en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

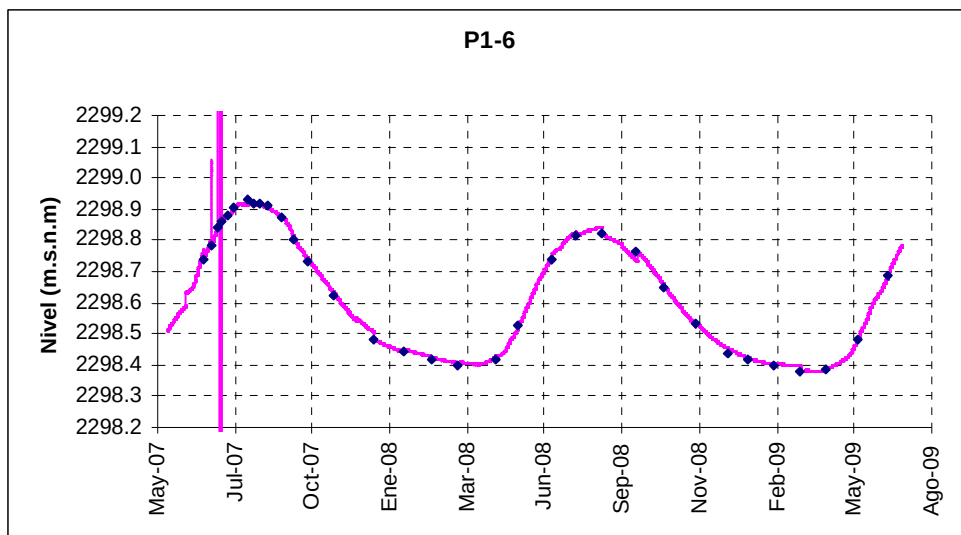


Figura 4.1-76. Nivel observado en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

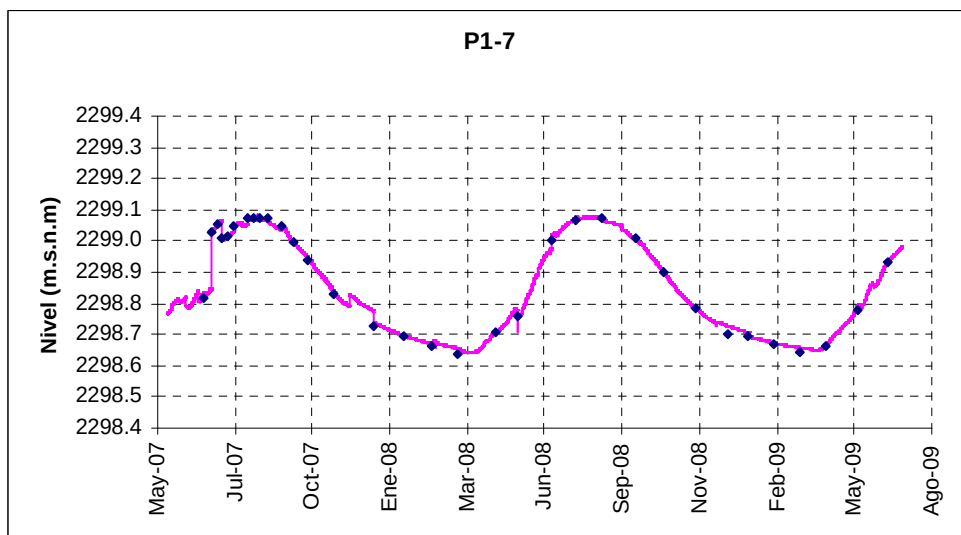


Figura 4.1-77. Nivel observado en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: Medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

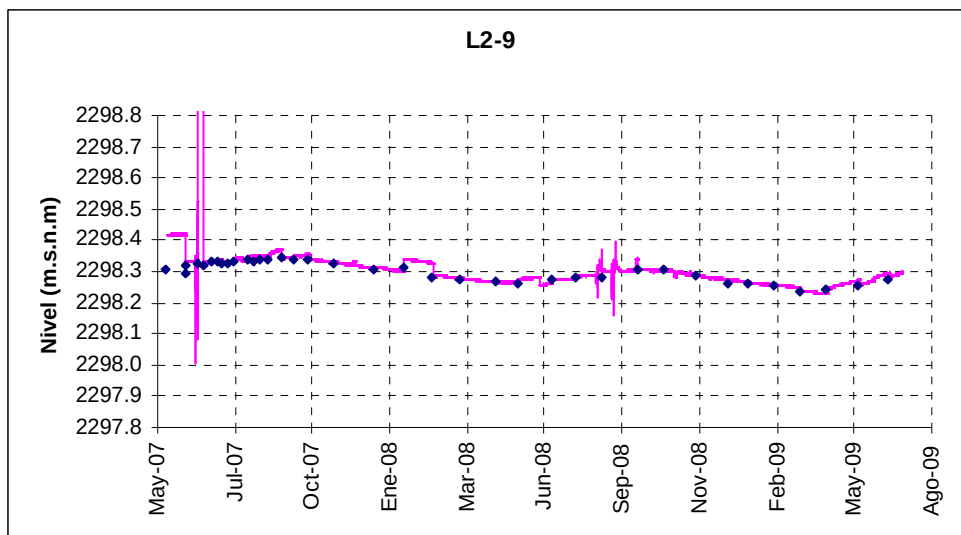


Figura 4.1-78. Nivel observado en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

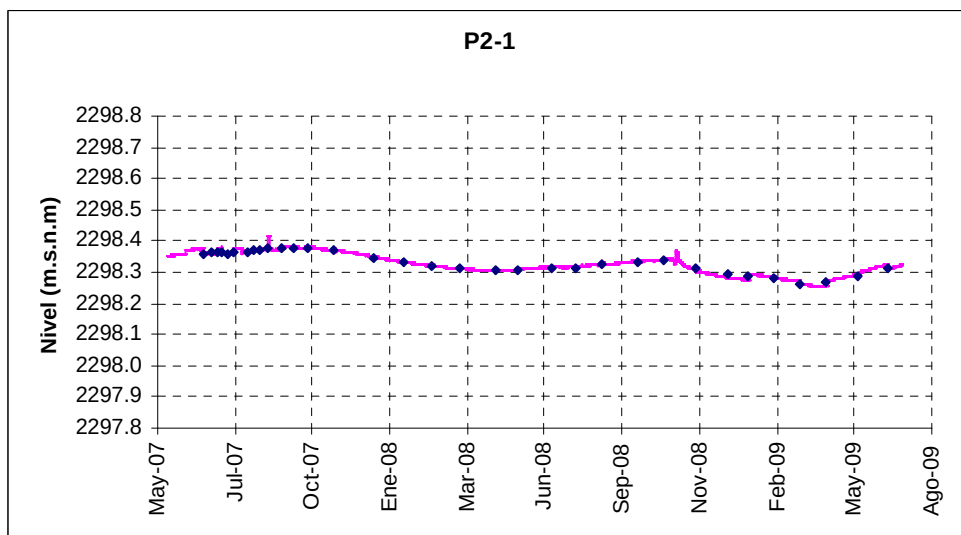


Figura 4.1-79. Nivel observado en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

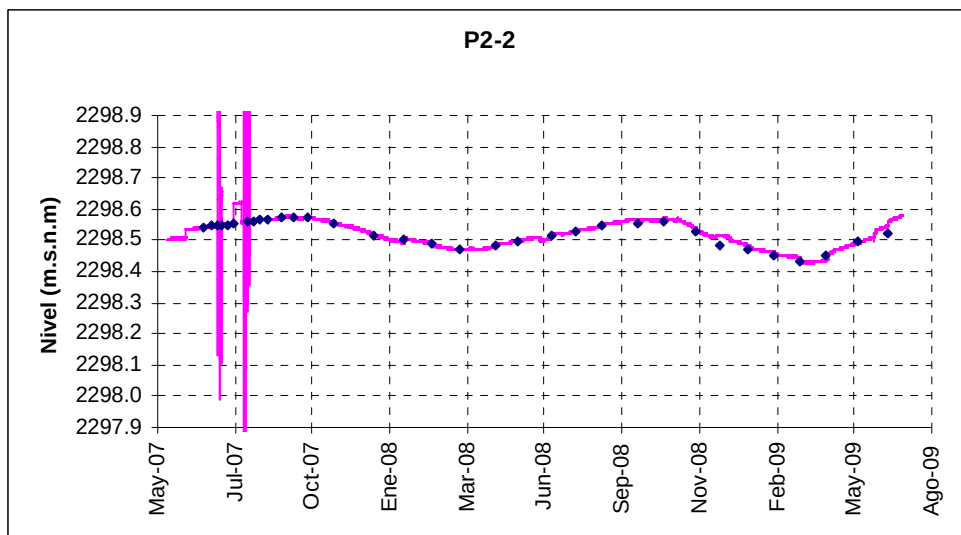


Figura 4.1-80. Nivel observado en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

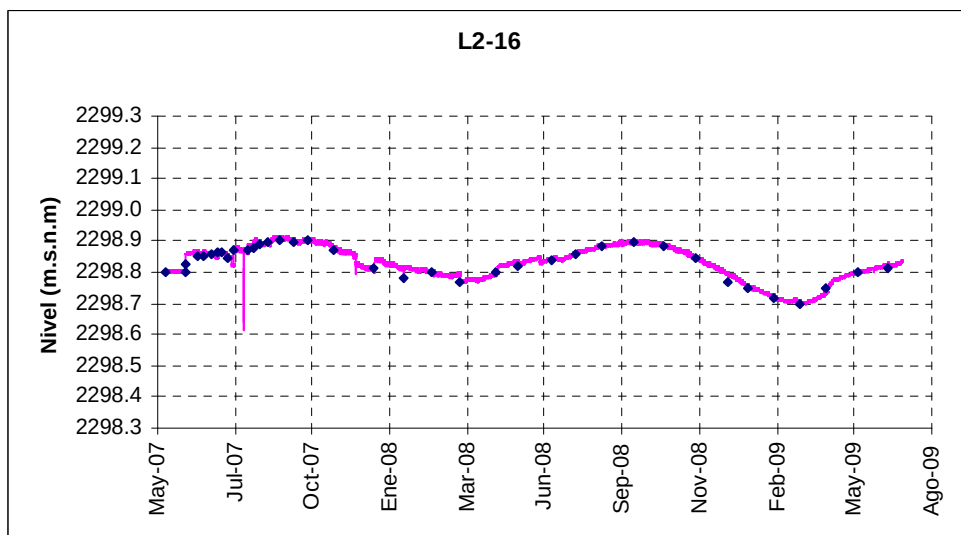


Figura 4.1-81. Nivel observado en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

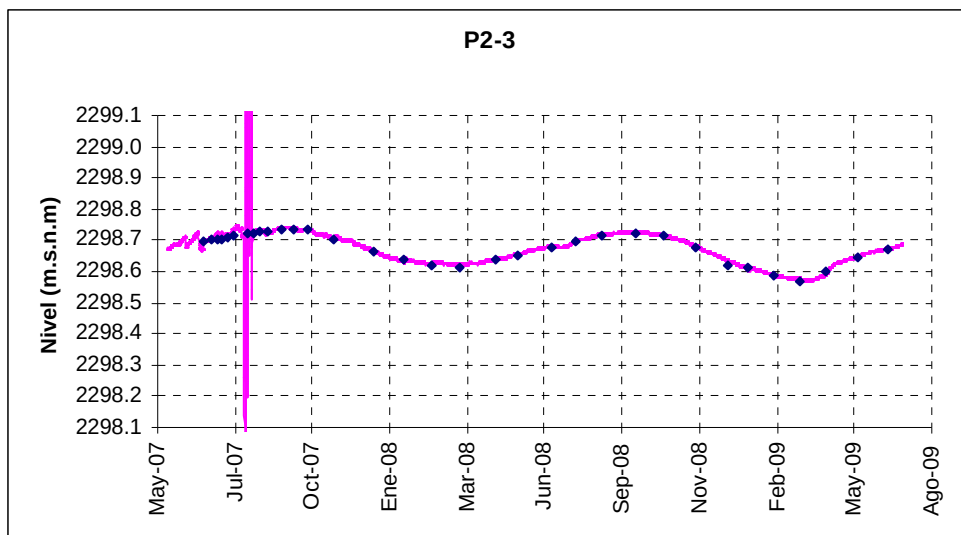


Figura 4.1-82. Nivel observado en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

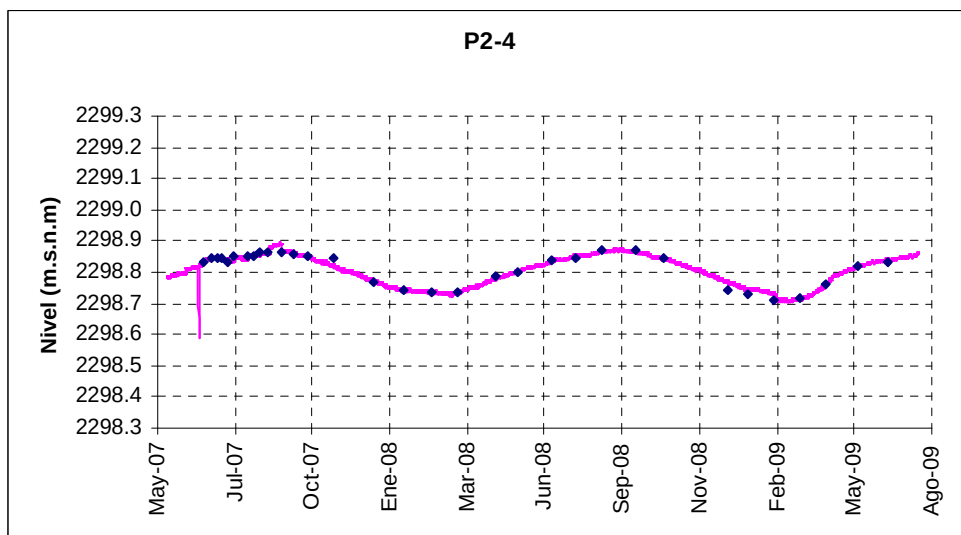


Figura 4.1-83. Nivel observado en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

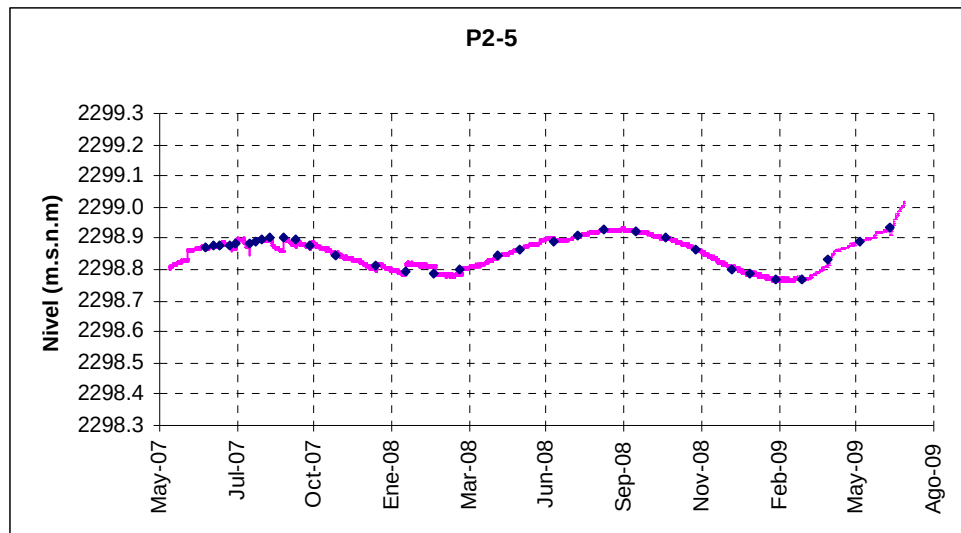


Figura 4.1-84. Nivel observado en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

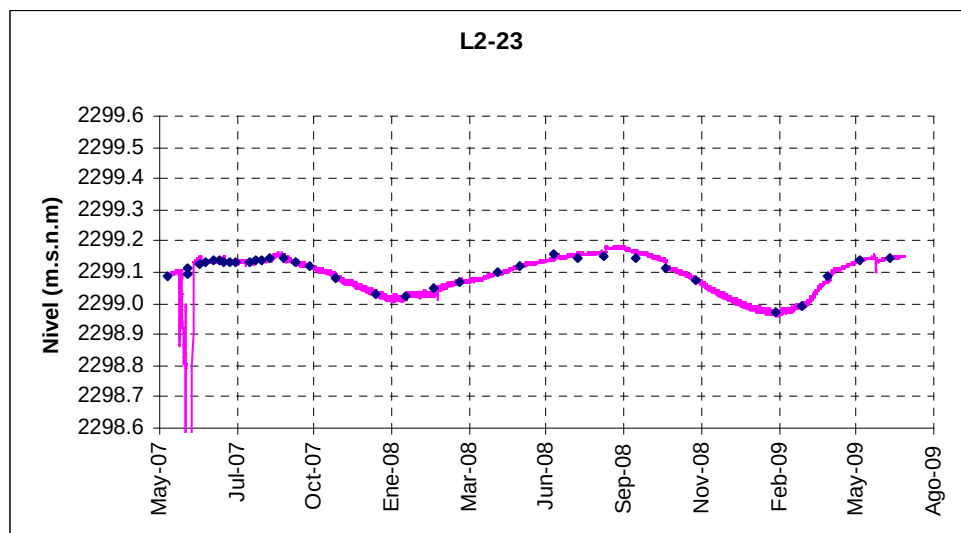


Figura 4.1-85. Nivel observado en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

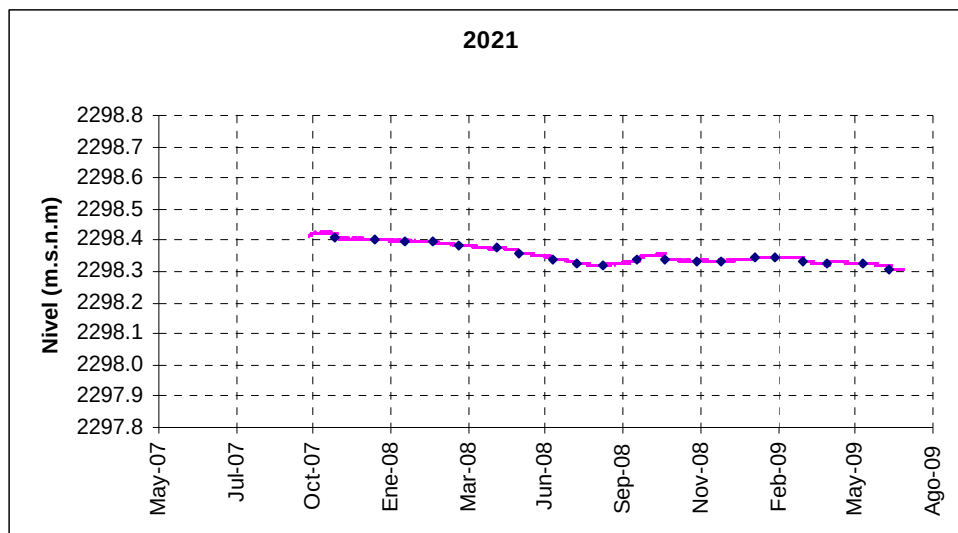


Figura 4.1-86. Nivel mensual observado en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

4.1.1.5 Pozos de salmuera

Se presentan los pozos de observación que se ubican al interior del acuífero del núcleo del Salar de Atacama y que miden el comportamiento del nivel de la salmuera subterránea. Los últimos doce meses se observa que la pendiente de descenso tiende a disminuir, lo que podría corresponder a una estabilización de los niveles en un nuevo equilibrio dinámico.

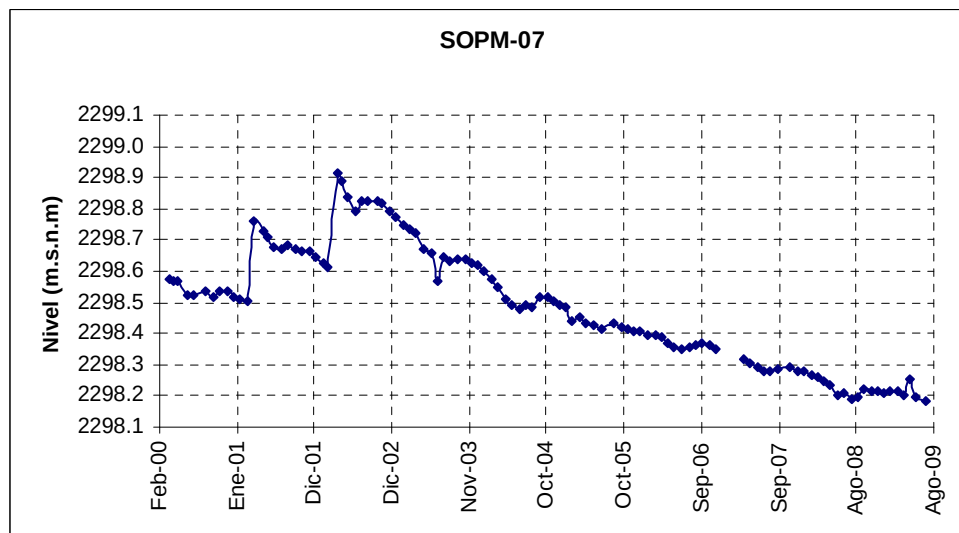


Figura 4.1-87. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-07.

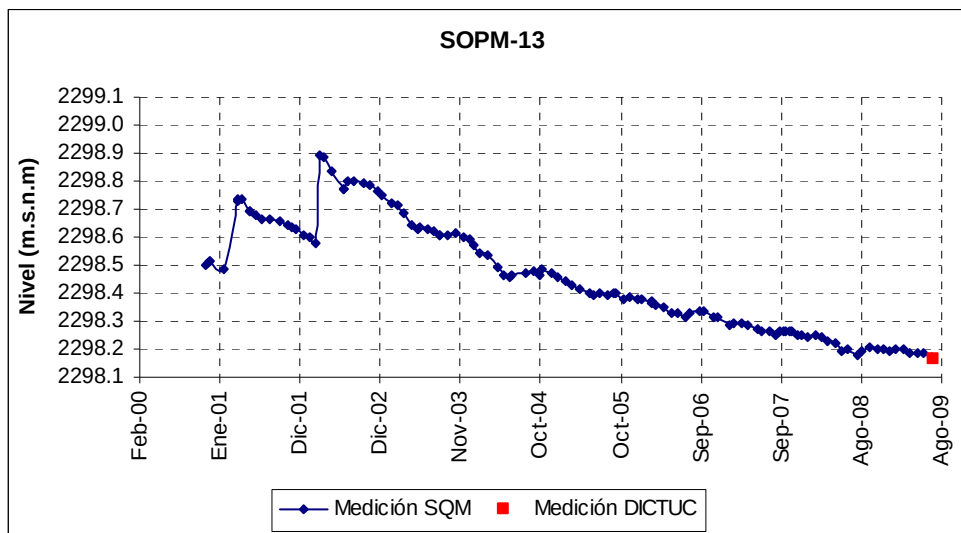


Figura 4.1-88. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-13.

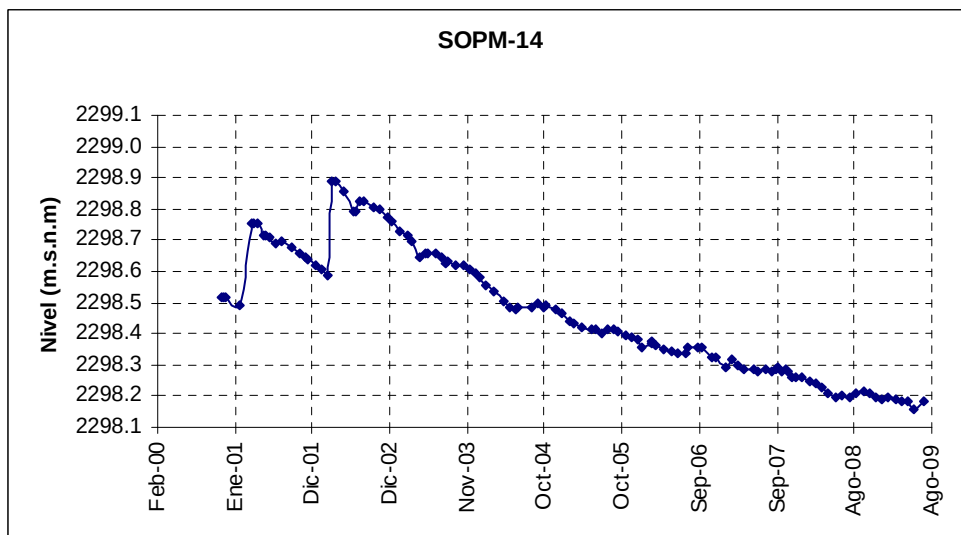


Figura 4.1-89. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-14.

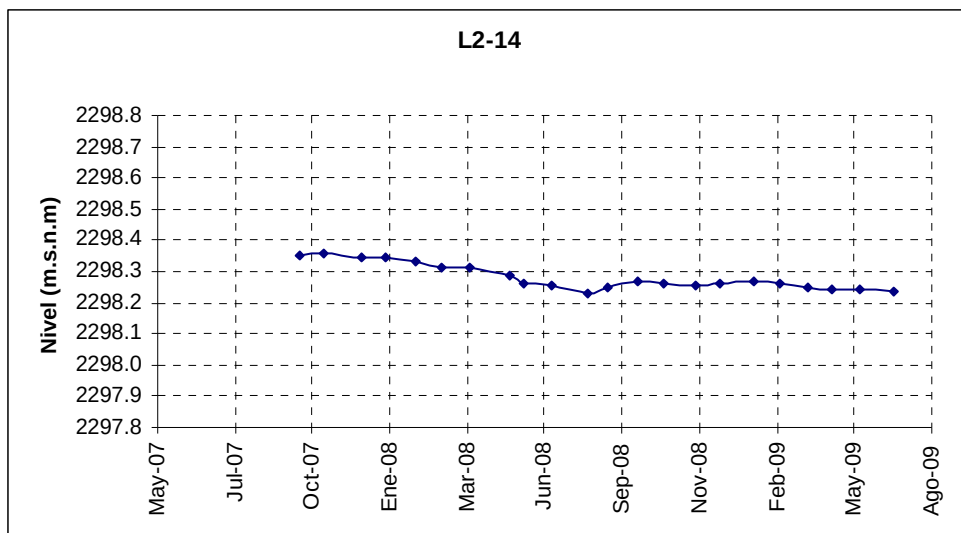


Figura 4.1-90. Nivel mensual observado en el pozo L2-14.

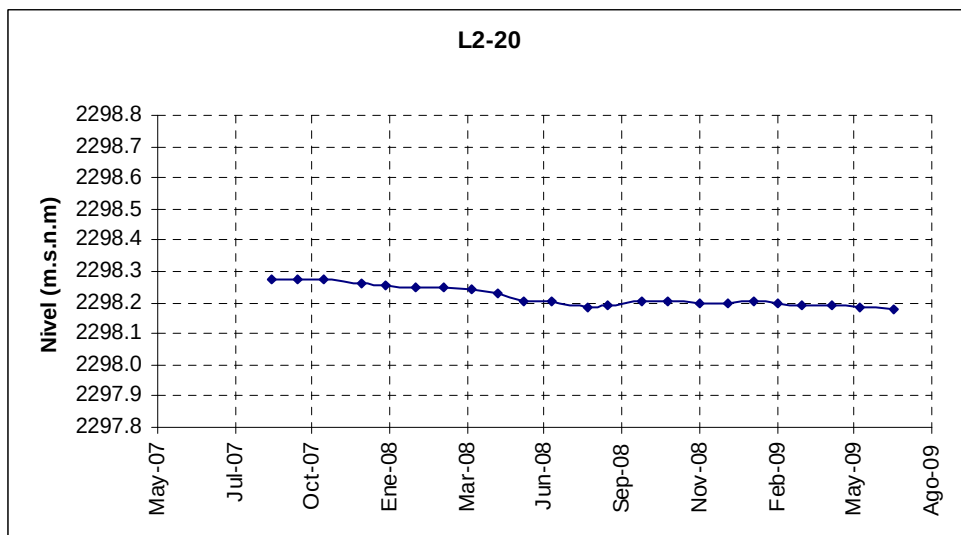


Figura 4.1-91. Nivel mensual observado en el pozo L2-20.

4.1.1.6 Nivel lacustre

A continuación se presentan los niveles continuos medidos en las lagunas del sistema Soncor: Barros Negros, Chaxa y Puilar. Además, se presentan las mediciones trimestrales que realizó CONAF en el marco del convenio que existe actualmente con SQM.

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

- Mediciones continuas en las reglillas de SQM.
- Mediciones manuales en las reglillas de SQM.
- Mediciones manuales en las reglillas de CONAF.
- Mediciones manuales en los limnómetros de CONAF.

Los gráficos que se presentan a continuación muestran niveles estables a través del tiempo, con una leve tendencia al alza en las lagunas Barros Negros.

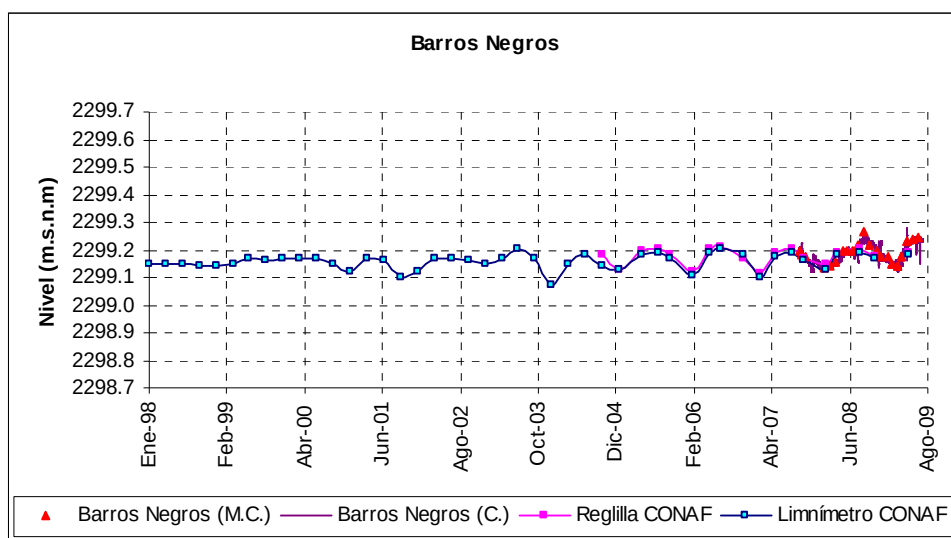


Figura 4.1-92. Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros.

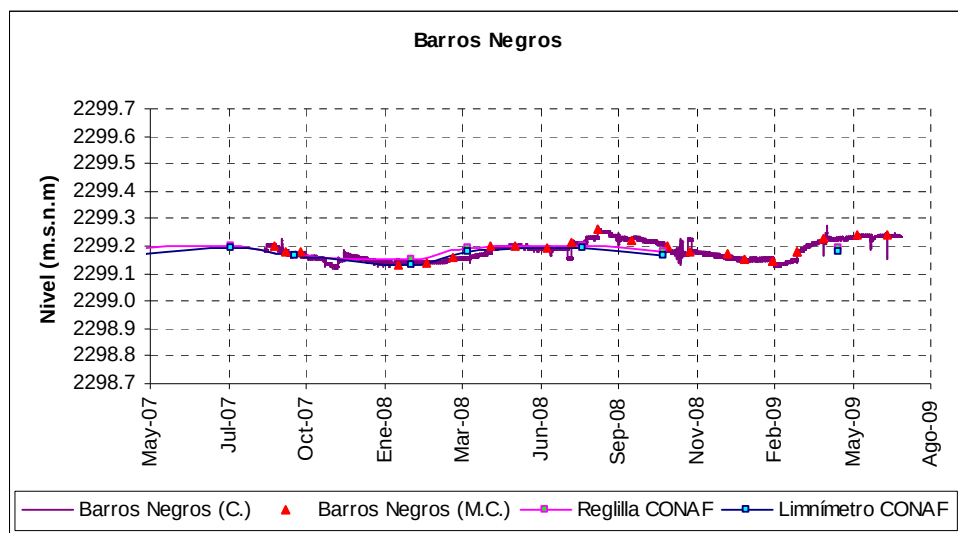


Figura 4.1-93. Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros desde el 13 de mayo del 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).

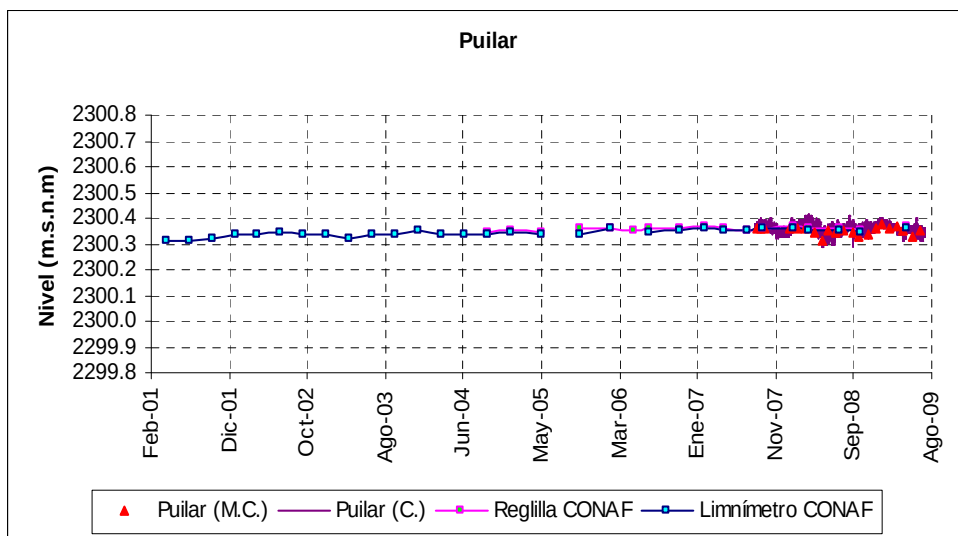


Figura 4.1-94. Nivel mensual observado en la reglilla Puilar.

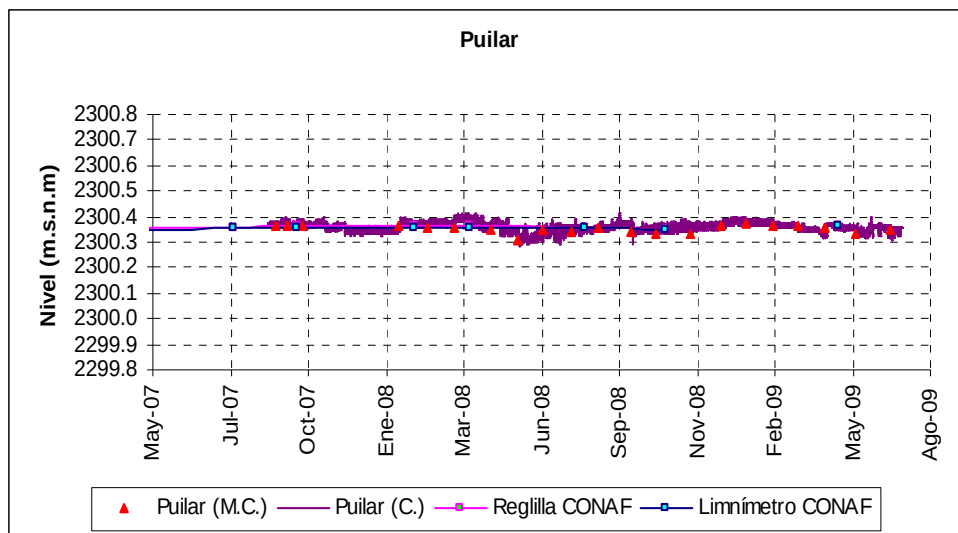


Figura 4.1-95. Nivel mensual observado en la reglilla Puilar desde 13 de mayo del 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).

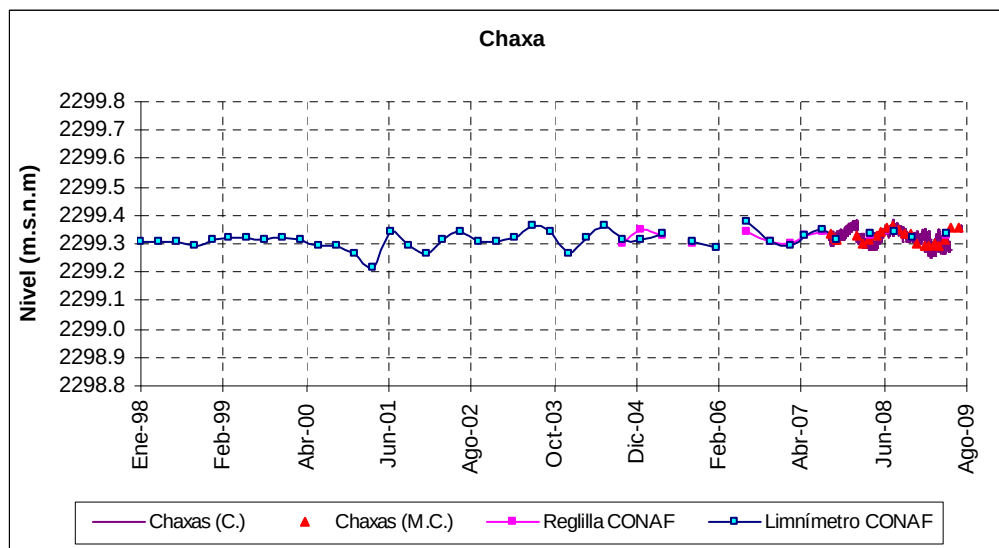


Figura 4.1-96. Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas.

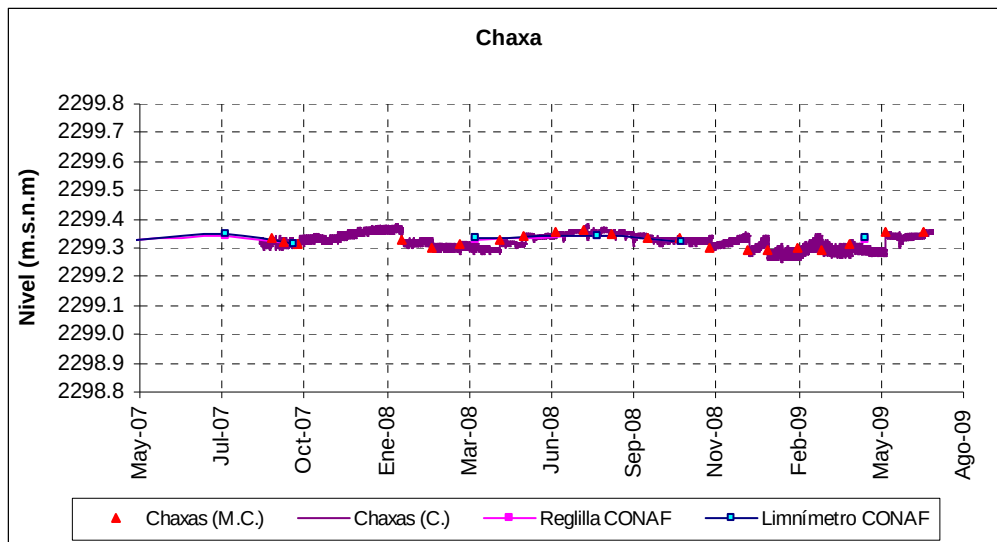


Figura 4.1-97. Nivel mensual observado en la reglilla Chaxa desde 13 de mayo del 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).

4.1.2 Meteorología

Desde la Figura 4.1-98 a la Figura 4.1-101 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica Chaxa que forman parte del PSAH. Como se aprecia en la Figura 4.1-98, a partir de mediados de 2005 no se han registrado valores de precipitación diarios mayores a 5 mm, como ocurrió en los años anteriores en que se tiene registro. La última precipitación registrada fue de 1.27 mm y se produjo el 22 de enero de 2009, la última lluvia fue en el mes de abril 2009 con 6.60mm.

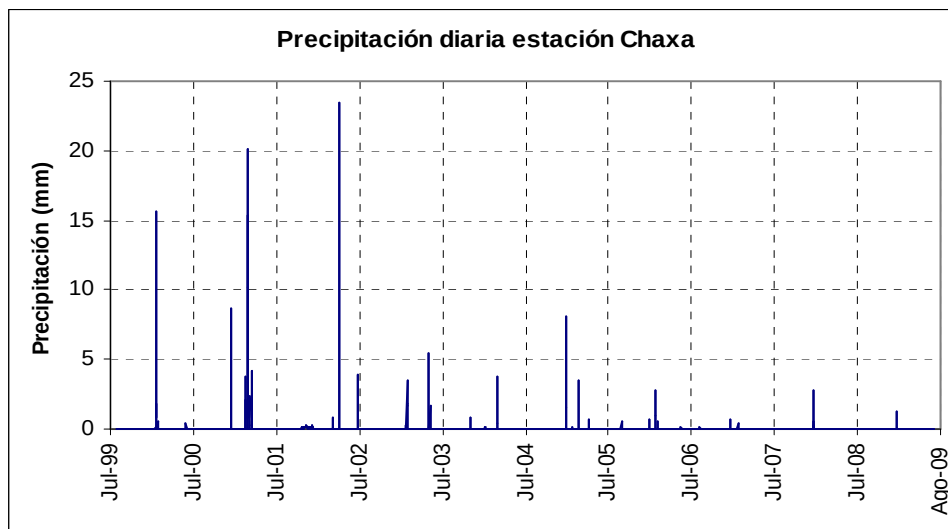


Figura 4.1-98. Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa.

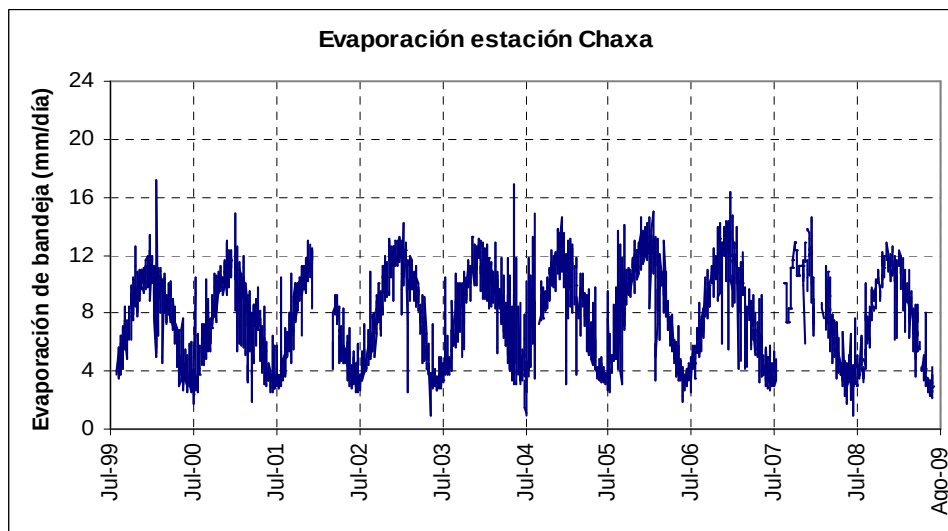


Figura 4.1-99. Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa.

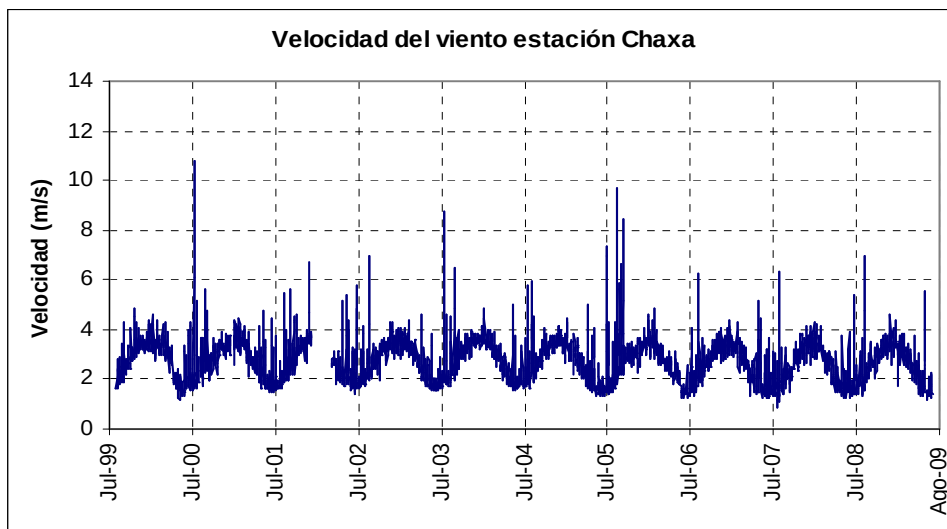


Figura 4.1-100. Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa.

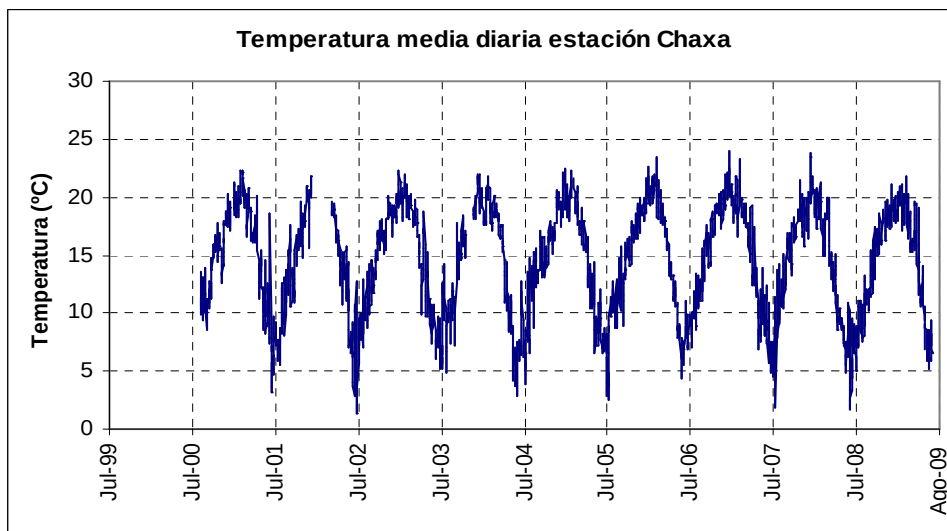


Figura 4.1-101. Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa.

4.1.3 Volumen bombeado

Los pozos de bombeo de agua industrial ubicados frente al Sistema Soncor (Mullay 1 y Allana) iniciaron operaciones el día 15 de septiembre de 2008. En la Figura 4.1-102 y Figura 4.1-103 se muestran los volúmenes bombeados de los pozos Mullay 1 y Allana respectivamente.

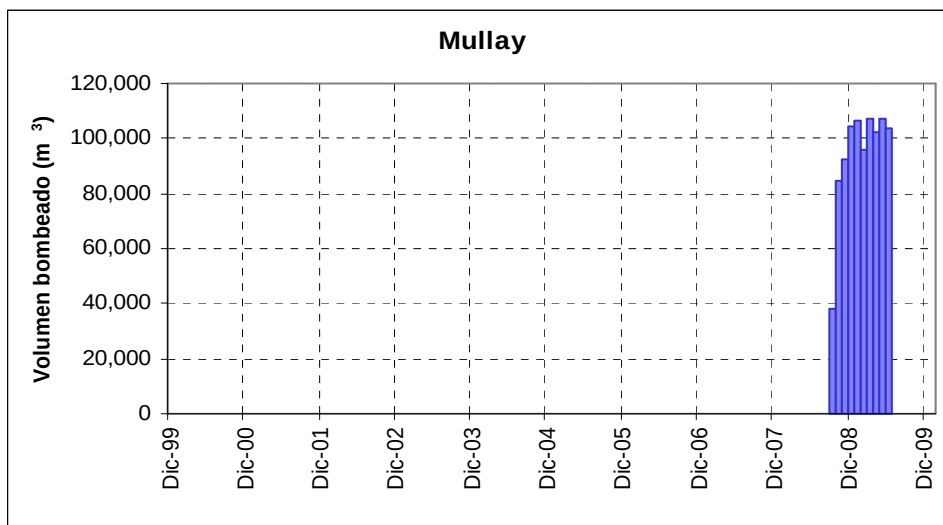


Figura 4.1-102. Volumen mensual bombeado desde el pozo Mullay.

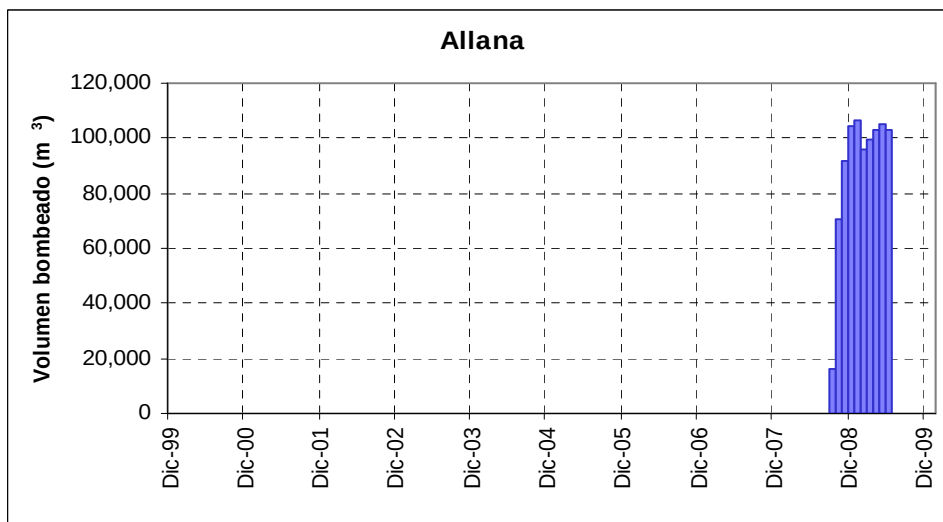


Figura 4.1-103. Volumen mensual bombeado desde el pozo Allana.

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-7, 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 Tabla 4.1-2 a la Tabla 4.1-27 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 7.4 se presentan los informes de los análisis químicos reportados por ALS Environmental para dichas muestras.

Respecto del análisis químico de las lagunas, personal de SQM tomó muestras de agua desde las lagunas Chaxa y Barros Negros los días 3 de febrero y 28 de abril de 2009. 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 Tabla 4.1-28 a la Tabla 4.1-31. En el Anexo 6.1 se presentan los informes de los análisis químicos de estas muestras reportados por ALS Environmental.

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. Los resultados de estos análisis se presentan de la Tabla 4.1-32 a la Tabla 4.1-39.

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. Por este motivo, no es posible comparar patrones o cambios en el tiempo de la conductividad eléctrica ni de los sólidos disueltos (que se estiman a través de los mismos equipos) en esta subsección (desde la Tabla 4.1-2 a la Tabla 4.1-27), ya que hasta la fecha de entrega de este informe se cuenta solo con tres registros plenamente confiables, que corresponden a los últimos realizados (desde octubre de 2008).

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.

Tabla 4.1-2. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L1-4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	215	7,11	1,226
28-04-2008	207	7,07	1,231
23-07-2008	222	7,18	1,235
14-10-2008	223	7,41	1,227
02-02-2009	242	6,53	1,223
27-04-2009	220	6,57	1,224

Tabla 4.1-3. Resultados de Análisis Monitoreo Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L1-4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	659	419.000	3.750	424.000	7,08	1,24
31-10-2007	633	504.000	735	505.000	7,12	1,24
13-02-2008	687	601.000	58	701.000	7,10	1,25
28-04-2008	637	652.000	1.030	683.000	7,29	1,206
31-07-2008	625	379.500	22	380.500	6,98	1,1
14-10-2008	227	170.057	464	175.099	7,27	1,1
02-02-2009	231	197.000	1.108	227.500	7,17	1,2
27-04-2009	230	172.500	726	184.000	6,87	1,2

Tabla 4.1-4. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L1-5

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	182,0	7,74	1,144
28-04-2008	159,1	7,68	1,123
14-07-2008	184,2	7,66	1,126
14-10-2008	182,7	8,03	1,223
02-02-2009	176,9	7,18	1,129
28-04-2009	152,6	7,19	1,109

Tabla 4.1-5. Resultados de Análisis Monitoreo Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L1-5

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	535	336.000	51	337.000	7,36	1,21
30-10-2007	391	200.000	38	236.000	6,85	1,12
13-02-2008	399	222.000	27	244.000	7,71	1,14
28-04-2008	354	324.000	500	382.000	7,87	1,12
14-07-2008	350	213.000	14	427.000	7,65	1,12
14-10-2008	181,5	127.052	21	138.000	7.79	1,3
02-02-2009	189,7	98.000	130	117.500	7,73	1,0
28-04-2009	173,3	120.010	248	123.450	7,46	1,0

Tabla 4.1-6. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L1-6

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	198,3	7,20	1,170
28-04-2008	202,0	7,12	1,170
14-07-2008	217	7,24	1,165
14-10-2008	214	7,64	1,161
02-02-2009	202	6,74	1,147
27-04-2009	193,7	6,76	1,149

Tabla 4.1-7. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L1-6

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	-	-	-	-	-	-
30-10-2007	428	319.000	163	319.800	7,31	1,16
13-02-2008	470	382.000	88	412.000	7,18	1,16
28-04-2008	485	453.000	810	484.000	7,33	1,166
14-07-2008	473	251.000	430	271.000	7,19	1,16
14-10-2008	214,2	160.065	6	181.110	7,39	1,20
02-02-2009	208	118.500	817	151.500	7,4	1,1
27-04-2009	210	121.210	288	146.500	7,15	1,1

Tabla 4.1-8. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Reglilla L1-G4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	200	7,58	1,155
28-04-2008	175	7,65	1,138
14-07-2008	221	7,02	1,234
14-10-2008	224	7,46	1,228
02-02-2009	160,9	6,95	1,104
28-04-2009	145,7	7,13	1,106

Tabla 4.1-9. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Reglilla L1-G4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	530	320.000	31	320.730	7,38	1,21
30-10-2007	655	445.000	2.680	468.000	7,01	1,24
13-02-2008	433	362.000	1.090	632.000	7,56	1,15
28-04-2008	400	384.000	4.540	412.000	7,85	1,132
14-07-2008	648	526.000	230	560.000	6,94	1,22
14-10-2008	227,8	175.250	310	183.000	7,16	1,30
02-02-2009	164,6	78.000	160	86.000	7,56	1,1
28-04-2009	170,9	100.832	79	109.730	7,35	1,1

Tabla 4.1-10. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo L2-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	2,73	7,23	1,001
27-04-2008	3,33	7,31	1,001
12-07-2008	3,06	7,63	1,000
13-10-2008	3,97	7,33	1,000
01-02-2009	3,12	8,37	1,000
26-04-2009	2,92	8,78	1,000

Tabla 4.1-11. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L2-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	2,97	2.820	10	2.910	7,82	1,02
31-10-2007	3,26	3.350	50	3.640	7,55	0,97
14-02-2008	3,48	2.540	163	3.140	7,25	1,00
27-04-2008	3,30	3.100	230	3.970	7,55	1,00
12-07-2008	3,1	2.360	420	2.650	7,64	1,00
13-10-2008	3,72	2.908	77	3.112	7,56	1,20
01-02-2009	3,01	2.604	14	2.844	7,81	-
26-04-2009	2,89	2.081	6	2.136	7,71	-

Tabla 4.1-12. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo L2-4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	9,96	8,08	1,003
27-04-2008	8,57	8,10	1,005
12-07-2008	8,92	7,85	1,002
13-10-2008	9,73	8,46	1,002
01-02-2009	9,39	9,13	1,002
26-04-2009	9,19	9,41	1,002

Tabla 4.1-13. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L2-4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	12,1	10.400	20.110	30.600	8,04	1,04
31-10-2007	9,41	6.730	5.840	13.100	7,90	1,00
14-02-2008	10,6	8.540	2.005	9.260	7,98	1,01
27-04-2008	10,4	9.270	370	10.560	8,26	1,002
12-07-2008	8,7	5.040	472	5.450	7,75	0,96
13-10-2008	9,7	6.120	105	6.380	8,21	1,00
01-02-2009	9,95	6.260	308	7.300	8,24	-
26-04-2009	10,04	6.928	605	7.142	8,08	1,0

Tabla 4.1-14. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo L2-5

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	217	7,40	1,170
28-04-2008	200	7,36	1,173
14-07-2008	216	7,43	1,173
14-10-2008	214	7,73	1,166
02-02-2009	219	6,73	1,181
28-04-2009	195,6	6,86	1,163

Tabla 4.1-15. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L2-5

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	523	401.000	23	401.950	7,3	1,19
31-10-2007	545	425.000	780	426.200	7,1	1,20
13-02-2008	472	402.000	18	422.000	7,4	1,16
28-04-2008	495	462.000	1.030	506.000	7,59	1,17
14-07-2008	473	271.000	60	314.000	7,41	1,16
14-10-2008	215,5	108.000	251	125.000	7,44	1,00
02-02-2009	223	148.000	131	163.000	7,31	1,1
28-04-2009	216	142.800	259	178.025	7,15	1,1

Tabla 4.1-16. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo L7-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	1,91	8,20	1,000
27-04-2008	1,82	8,18	1,001
12-07-2008	2,39	8,22	1,000
13-10-2008	2,03	8,49	1,000
01-02-2009	1,79	9,01	1,000
26-04-2009	1,99	9,37	1,000

Tabla 4.1-17. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L7-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	1,91	1.400	1.145	2.570	8,11	1,01
31-10-2007	2,93	2.060	1.784	3.910	7,9	1,00
14-02-2008	2,02	1.900	83	1.910	8,05	1,00
27-04-2008	2,13	1.930	190	2.170	8,12	0,99
12-07-2008	2,54	1.610	10	1.970	8,09	1,00
13-10-2008	2,10	1.266	52	1.330	8,39	1,00
01-02-2009	2,00	1.272	89	1.496	8,45	1,0
26-04-2009	2,02	1.313	307	1.700	8,13	-

Tabla 4.1-18. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Reglilla L7-G1

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
02-02-2008	242	7,07	1,221
26-04-2008	226	6,99	1,225
14-07-2008	189,9	7,97	1,047
21-10-2008	193,8	7,44	1,184
01-02-2009	139,9	8,06	1,077
28-04-2009	190,6	7,28	1,097

Tabla 4.1-19. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Reglilla L7-G1

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	258	145.000	30	145.630	7,96	1,11
30-10-2007	567	361.000	1.000	371.000	7,30	1,21
02-02-208	399	204.000	1.470	404.000	6,99	1,21
26-04-2008	655	634.000	2.330	661.000	7,18	1,222
14-07-2008	143	71.500	70	76.000	7,88	1,046
21-10-2008	224,6	127.000	1975	129.200	7,33	1,20
01-02-2009	138,4	56.500	132	63.000	7,83	1,1
28-04-2009	161,2	107.198	83	112.000	7,67	1,1

Tabla 4.1-20. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo SOPM-7

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	218	7,22	1,220
26-04-2008	224	6,18	1,221
14-07-2008	231	7,21	1,222
14-10-2008	228	7,50	1,220
01-02-2009	230	7,07	1,218
28-04-2009	226	6,26	1,216

Tabla 4.1-21. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo SOPM-7

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	619	434.000	29	435.000	7,17	1,22
31-10-2007	611	527.000	232	528.000	7,15	1,22
13-02-2008	635	561.000	15	582.000	7,23	1,26
26-04-2008	632	593.000	760	635.000	7,42	1,22
14-07-2008	622	353.000	41	478.000	7,17	1,22
14-10-2008	234	187.200	207	191.500	7,19	1,00
01-02-2009	234	138.000	51	224.500	7,20	1,1
28-04-2009	234	143.520	160	169.000	6,98	1,2

Tabla 4.1-22. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo SOPM-14

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	225	7,31	1,218
26-04-2008	225	7,28	1,222
14-07-2008	240	7,37	1,220
14-10-2008	231	7,56	1,220
01-02-2009	232	6,70	1,220
28-04-2009	221	6,84	1,226

Tabla 4.1-23. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo SOPM-14

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-07-2007	620	388.000	43	388.960	7,21	1,22
30-10-2007	608	398.000	33	453.000	7,32	1,22
13-02-2008	625	531.000	36	561.000	7,32	1,24
26-04-2008	660	635.000	1.020	662.000	7,51	1,218
14-07-2008	626	321.000	36	379.000	7,29	1,218
13-10-2008	233,8	163.000	<3	188.000	7,28	1,20
01-02-2009	234	182.000	341	213.500	7,28	1,2
26-04-2009	234	150.930	12	183.200	7,06	1,2

Tabla 4.1-24. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo Mullay

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
11-02-2008	1,62	8,65	1,002
28-04-2008	1,50	8,49	1,000
14-07-2008	2,26	9,41	1,000
13-10-2008	1,90	8,00	1,000
03-02-2009	1,61	7,34	1,000
26-04-2009	1,66	8,18	1,000

Tabla 4.1-25. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo de bombeo Mullay

Fecha de muestreo	Alcalinidad bicarbonato (mg/l)	Alcalinidad carbonato (mg/L)	Alcalinidad total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Nitrógeno nitrato (mg/L)	pH	Sodio total (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Potasio total (mg/L)	Zinc total (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Densidad (Kg/L)
24-07-2007	273	<1	273	5,180	19	314	0,34	0,06	21,3	1,34	7,23	250	1.430	408	24,5	<0,01	2,05	1,00
24-10-2007	283	<1	283	6,150	31	270	<0,05	0,02	23	1,40	7,25	350	1.340	383	31	0,16	2,22	1,00
11-02-2008	190	<1	190	0,028	31	345	88,2	0,11	95	0,21	8,16	310	1.720	380	26	0,06	1,89	0,985
28-04-2008	148	<1	148	0,008	20,9	325	0,17	0,26	14,5	0,01	8,46	316	1.540	260	25,4	0,06	1,82	0,997
14-07-2008	<1	34	91	0,201	35	600	0,73	0,03	22	0,02	9,42	400	1.620	325	37	0,062	2,79	1,00
13-10-2008	333	<1	333	6,077	45,89	315,4	<0,03	<0,005	26,59	0,90	7,82	359	1.230	357	27,65	0,021	1,94	1,00
12-03-2009	258	<1	258	0,056	60,19	324,9	<0,03	<0,005	25,63	1,30	7,48	328,4	1.218	378	27,25	<0,005	1,98	-
26-04-2009	302	<1	302	1,595	57,01	316,9	<0,03	<0,005	25,47	1,0	7,75	271,2	1.224	206	28,12	0,035	2,02	1,0

Tabla 4.1-26. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozo Allana

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
11-02-2008	4,01	7,78	1,003
28-04-2008	4,14	7,57	1,001
12-07-2008	4,13	7,45	1,001
13-10-2008	4,06	7,62	1,000
03-02-2009	4,11	7,41	1,000
26-04-2009	4,20	8,57	1,000

Tabla 4.1-27. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo de bombeo Allana

Fecha de muestreo	Alcalinidad bicarbonato (mg/l)	Alcalinidad carbonato (mg/L)	Alcalinidad total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Nitrógeno nitrato (mg/L)	pH	Sodio total (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Potasio total (mg/L)	Zinc total (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Densidad (Kg/L)
24-07-2007	95	8	103	0,007	66	328	1,29	0,51	207	0,4	9,01	375	1.790	1.570	23	<0,01	3,88	1,03
24-10-2007	77	7	84	0,006	142	356	4	0,84	177	0,5	8,73	480	3.480	1.690	26	0,12	4,27	1,00
11-02-2008	156	<1	156	<0,005	278	308	24,5	0,65	225	0,2	7,62	450	3.960	1.780	29	6,96	4,14	1,002
27-04-2008	160	<1	160	0,006	314	350	1,03	0,44	157	<0,01	7,78	403	3.880	1.770	26,7	4,40	4,17	1,001
12-07-2008	207	<1	207	<0,005	270	355	4,4	0,34	220	<0,01	7,42	430	3.580	1.725	25,5	11,30	4,20	1,00
13-10-2008	185	<1	185	0,090	254,8	373	<0,03	<0,005	266,9	1,7	7,55	383,8	3.492	1.805	26,64	0,02	4,15	1,00
12-03-2009	194	<1	194	0,052	260,4	360,8	<0,03	<0,005	241,2	1,7	7,51	469,2	3.776	1.801	25,11	<0,005	4,10	1,0
26-04-2009	181	<1	181	0,026	285	355,2	0,11	<0,005	247,0	1,8	7,49	341,6	3.500	1.778	27,54	0,034	4,13	1,0

Tabla 4.1-28. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Laguna Chaxa

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
02-02-2008	142,3	8,05	1,070
24-04-2008	106,5	7,97	1,058
14-07-2008	88,1	7,83	1,046
21-10-2008	114,3	8,18	1,060
03-02-2009	165	7,69	1,111
28-04-2009	122,1	7,64	1,056

Tabla 4.1-29. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Laguna Chaxa (SQM)

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	Hidrocarburos totales (mg/L)	Detergente (mg/L)
09-02-2007	-	<2	<2	0,1	<10	0,07
27-07-2007	141	<2	<2	0,15	<10	< 0,05
30-10-2007	171	<1,8	<1,8	0,13	<2	0,1
02-02-2008	131	<2	<1,8	5,36	<2	<0,05
24-04-2008	153	<1,8	<1,8	0,07	<10	<0,05
14-07-2008	133	<1,8	<1,8	0,07	<10	<0,05
21-10-2008	115,5	<1,8	<1,8	0,81	<2	0,09
03-02-2009	165,6	<1,8	<1,8	1,7	<2	0,11
28-04-2009	107,9	<1,8	<1,8	0,36	<10	0,05

Tabla 4.1-30. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Lagunas Barros Negros

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
02-02-2008	-	-	-
24-04-2008	159,4	7,69	1,165
14-07-2008	123,5	7,99	1,071
21-10-2008	146,5	8,12	1,085
03-02-2009	238	6,77	1,218
28-04-2009	165,9	7,33	1,123

Tabla 4.1-31. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Laguna Barros Negros (SQM).

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Coliformes Fecales (NMP/100mL)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)	Hidrocarburos totales (mg/L)	Detergente (mg/L)
09-02-2007	-	<2	<2	0,23	<10	0,23
27-07-2007	205	<2	<2	0,16	<10	<0,05
30-10-2007	252	<1,8	4,5	0,26	<2	0,12
02-02-2008	370	<2	<1,8	1,22	<2	<0,05
24-04-2008	442	<1,8	<1,8	0,04	<10	0,08
14-07-2008	191	<1,8	<1,8	0,01	<10	0,06
21-10-2008	149,35	<1,8	<1,8	1,62	<2	0,11
03-02-2009	228	<1,8	<1,8	3,03	<2	0,12
28-04-2009	189,7	<1,8	<1,8	1,35	<10	0,12

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.

Tabla 4.1-32. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Laguna Chaxa (CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
09-02-2007	2,17	7,87	26,70
19-04-2007	5,60	7,81	12,50
24-07-2007	3,94	7,69	16,70
24-10-2007	2,29	nm	22,70
28-02-2008	3,23	7,77	24,90
23-04-2008	4,17	7,77	22,90
31-07-2008	2,10	nm	14,5
24-10-2008	nm	nm	nm
31-01-2009	1,05	7,70	28,40
25-04-2009	5,00	7,94	26,80

nm: no monitoreado

Tabla 4.1-33. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Laguna Chaxa (CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
09-02-2007	151,00	150,00	44	14,80	28,00	9,60	4,73	946	3,18	54,00	7,58	766	5,82	0,81	1,15	60	-
19-04-2007	79,94	79,92	20	10,90	22,00	7,74	3,38	724	2,18	40,00	23,00	669	5,82	1,04	0,56	56	-
24-07-2007	70,84	70,82	18	9,36	18,00	3,69	2,92	552	1,92	33,70	1,81	644	1,50	0,54	1,06	46	-
24-10-2007	92,92	92,08	848	12,36	26,35	8,39	4,43	622	2,56	56,49	7,86	708	14,10	2,38	0,54	54	-
28-02-2008	99,74	99,72	19	14,80	26,10	10,90	4,33	573	2,91	41,00	19,10	685	45,00	1,50	0,43	57	627
23-04-2008	84,25	84,10	153	10,80	21,00	4,15	3,37	466	2,18	40,00	8,87	577	51,00	0,94	1,08	47	559
31-07-2008	69,77	69,75	19	9,35	21,00	5,01	3,07	477	2,11	39,00	6,30	585	47,00	0,11	0,50	41	541
24-10-2008	91,33	91,28	50	12,20	24,00	6,14	4,01	775	2,72	46,00	7,89	606	69,00	0,98	0,38	56	612
31-01-2009	171,41	171,00	409	16,20	47,00	16,50	7,89	586	5,31	74,00	12,56	657	59,00	7,75	1,58	65	437
25-04-2009	82,47	82,40	67	9,36	20,30	6,83	3,66	698	2,30	41,10	6,26	588	<1	1,12	0,43	45	483

Tabla 4.1-34. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Canal Burro Muerto (CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
09-02-2007	3,71	7,90	29,60
19-04-2007	5,90	7,88	11,00
24-07-2007	5,20	7,78	16,60
24-10-2007	3,31	nm	17,80
28-02-2008	3,15	7,91	29,20
23-04-2008	3,39	7,87	21,10
31-07-2008	2,17	nm	14,9
24-10-2008	nm	nm	nm
31-01-2009	2,98	7,90	23,20
25-04-2009	2,58	7,84	5,70

nm: no monitoreado

Tabla 4.1-35. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Canal Burro Muerto (CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
09-02-2007	152,00	151,00	20	12,90	22,00	10,00	3,68	833	2,53	41,00	7,66	538	23,00	0,62	0,82	60	-
19-04-2007	75,58	75,56	24	10,50	21,00	7,32	3,08	686	1,95	37,00	6,73	476	20,40	1,94	0,62	53	-
24-07-2007	63,96	63,89	68	9,21	17,50	3,04	2,48	640	1,74	33,00	5,84	491	<1	0,41	0,78	48	-
24-10-2007	84,49	83,27	1,224	11,96	22,82	5,86	3,49	686	2,20	47,81	7,96	430	78,00	1,05	0,60	53	-
28-02-2008	86,07	86,00	78	13,50	23,00	11,00	3,78	608	2,52	37,00	6,22	593	25,00	1,27	0,46	54	528
23-04-2008	79,09	79,00	93	10,40	19,00	6,72	3,09	585	2,03	37,00	13,60	447	49,00	0,85	1,05	52	448
31-07-2008	70,26	70,15	0,11	9,20	20,00	5,82	2,74	643	1,88	39,00	6,81	400	61,00	0,64	0,66	40	429
24-10-2008	81,69	81,64	52	11,40	22,00	6,94	3,19	880	2,50	6,88	8,25	416	86,00	0,73	0,69	57	404
31-01-2009	103,66	103,60	55	12,30	25,00	6,74	4,07	758	2,81	48,00	9,00	450	82,00	3,98	2,58	57	500
25-04-2009	70,82	70,80	15	8,61	18,20	6,40	2,98	763	2,07	43,50	3,86	530	303,00	0,87	0,89	52	440

Tabla 4.1-36. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Laguna Barros Negros.
(CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
09-02-2007	0,94	7,16	26,50
19-04-2007	4,30	7,43	14,00
24-07-2007	4,56	7,69	17,00
24-10-2007	2,40	nm	22,50
28-02-2008	3,45	7,26	26,20
23-04-2008	2,58	7,35	23,40
31-07-2008	1,99	nm	14,6
24-10-2008	nm	nm	nm
31-01-2009	1,43	7,75	29,30
25-04-2009	1,51	7,68	22,50

nm : no monitoreado

Tabla 4.1-37. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Laguna Barros Negros.
(CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
09-02-2007	374,00	374,00	192	48,00	88,00	10,00	19,30	317	13,40	170,00	15,40	1970	<1	2,33	0,90	66	-
19-04-2007	310,92	310,85	72	34,70	82,00	15,30	13,98	634	8,65	141,00	15,20	1598	<1	4,67	0,10	41	-
24-07-2007	110,08	110,06	24	14,50	29,00	5,09	4,02	926	2,88	56,00	8,84	635	28,00	2,06	0,43	48	-
24-10-2007	121,87	120,24	1,630	15,86	34,18	10,30	5,52	771	3,33	63,53	10,15	608	79,00	2,66	0,42	50	-
28-02-2008	314,50	314,21	297	43,00	91,00	13,00	15,40	406	9,75	126,00	6,83	1821	1,56	3,76	0,44	69	1491
23-04-2008	269,28	269,10	178	33,00	70,00	13,10	11,60	563	7,44	136,00	20,30	1488	14,00	2,92	0,59	47	1244
31-07-2008	89,33	89,30	28	12,10	28,00	7,78	3,98	759	2,67	47,00	8,46	470	54,00	1,01	0,44	40	541
24-10-2008	138,44	138,40	44	18,30	36,00	10,40	5,16	1,264	4,23	68,00	12,70	527	94,00	1,66	0,35	57	588
31-01-2009	189,90	189,72	182	15,10	54,00	14,00	9,40	1,118	5,37	88,00	12,39	696	88,00	7,93	1,00	62	718
25-04-2009	147,13	147,10	30	16,70	36,90	10,90	7,08	864	3,87	81,30	12,96	850	1,52	1,91	0,56	55	700

Tabla 4.1-38. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Laguna Puilar. (CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
09-02-2007	3,61	8,09	29,80
19-04-2007	7,60	8,17	12,30
24-07-2007	6,21	8,08	16,60
24-10-2007	5,85	nm	14,60
28-02-2008	5,30	8,34	29,10
23-04-2008	3,91	8,35	20,90
31-07-2008	1,93	nm	14,70
24-10-2008	nm	nm	nm
31-01-2009	5,34	8,21	11,50
25-04-2009	4,99	8,15	10,20

nm : no monitoreado

Tabla 4.1-39. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Laguna Puilar. (CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
09-02-2007	19,00	19,00	20	2,50	4,58	3,60	0,98	115	0,51	8,93	1,18	396	32,00	0,13	1,19	89	-
19-04-2007	18,31	18,30	12	2,65	4,84	3,87	0,99	119	0,53	9,52	1,19	423	11,60	0,61	1,02	84	-
24-07-2007	17,26	17,24	16	2,40	4,26	2,85	0,75	161	0,45	9,09	1,14	434	10,50	0,14	1,22	75	-
24-10-2007	15,00	14,98	12	2,00	4,05	3,17	0,82	106	0,44	7,32	0,98	419	27,00	0,35	0,90	84	-
28-02-2008	18,20	18,19	13	2,70	4,37	5,00	0,89	77	0,52	6,78	1,58	419	39,00	0,35	0,92	86	411
23-04-2008	17,32	17,30	20	2,22	4,04	2,34	0,77	78	0,46	8,15	2,04	425	26,00	0,14	1,42	83	393
31-07-2008	12,06	12,06	13	2,27	4,16	1,61	0,70	90	4,27	7,18	1,13	374	37,00	0,36	0,84	64	370
24-10-2008	15,03	15,00	31	2,12	3,73	2,73	0,71	112	0,49	6,77	2,06	381	31,00	0,21	0,67	40	380
31-01-2009	15,06	15,04	17	2,00	3,68	2,27	0,77	84	0,44	10,50	1,84	385	39,00	0,26	2,54	84	382
25-04-2009	18,32	18,30	23	2,20	3,73	3,86	0,82	87	0,46	7,95	1,93	471	15,00	0,72	1,75	81	387

4.1.5 Aforos

La Figura 4.1-104 muestra los datos de altura y velocidad en el canal que conecta las lagunas Chaxa y Barros Negros. Estos datos fueron obtenidos a través de un sensor, que mide altura y velocidad del cauce, ubicado a la salida de la laguna Chaxa y que realiza mediciones cada treinta minutos. Se aprecia que, tanto para las alturas como para las velocidades registradas en el canal, existen numerosos valores que se encuentran fuera de los rangos esperados, definidos de acuerdo a la información histórica y a las características físicas del lugar. A partir de octubre de 2008 los errores han aumentado en la medición del nivel del agua (valores negativos y magnitudes hasta 80 m, mientras que para las velocidades se aprecia un error de medición a partir de mayo de 2009).

Los errores en las mediciones pueden ser explicados por la influencia de factores naturales, puesto que no existe una sección regular que proteja los equipos de las condiciones climáticas (caídas o movimientos del sensor producto de los vientos, congelamiento del agua, hielo o polvo en los transductores, etc.), por la presencia de animales (el canal es un corredor biológico, principalmente usado por los flamencos) y por la dinámica del sistema, la que provoca que la línea de flujo principal vaya cambiando su recorrido.

Por lo indicado anteriormente, a partir del 1 de enero de 2010 se eliminarán las mediciones continuas de las estaciones de aforo y se procederá a realizar aforos manuales con frecuencia mensual. De este modo se cumple con lo establecido en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 226/2006, que indica que la frecuencia de medición será mensual (Tabla 5, sección 10.2.2 de la RCA). Más detalle se presenta en la sección 5.1.

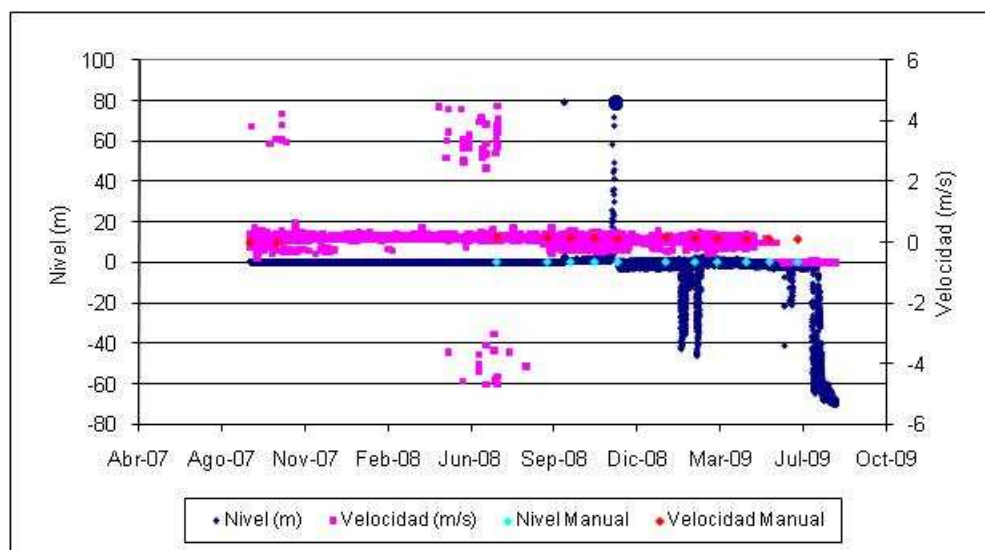


Figura 4.1-104. Altura y velocidad de escurrimiento en la estación de aforo Chaxa (Barros Negros).

Como una manera de complementar la información de la estación de aforo, SQM ha realizado aforos manuales en la misma sección donde se mide con el sensor. Dichas mediciones se realizaron a través del método que estima el caudal como el producto entre la velocidad y el área, para lo cual el ancho total de la sección fue dividido en diez subsecciones donde se midió profundidad y velocidad en cada una de ellas. Dicha campaña también registró el nivel de agua en el sensor. En la Tabla 4.1-40 y Figura 4.1-105 aparecen los aforos manuales realizados.

Tabla 4.1-40. Aforos manuales realizados por SQM

Fecha	Hora	Área total sección (m ²)	Velocidad promedio sección (m/s)	Nivel en sensor (m)	Caudal (L/s)	Velocidad en sensor (m/s)
08-Sep-07	s.i.	3,08	0,08	s.i.*	259,52	s.i.
11-Oct-07	s.i.	2,98	0,07	s.i.	206,51	s.i.
02-Jul-08	11:30	3,33	0,06	s.i.	193,19	0,16
01-Sep-08	18:00	2,98	0,09	0,11	267,15	0,15
29-Sep-08	10:00	2,70	0,09	0,106	233,64	0,15
28-Oct-08	16:00	2,10	0,08	0,094	175,26	0,15
25-Nov-08	16:00	1,81	0,08	0,088	149,54	s.i.
22-Ene-09	17:00	1,60	0,10	0,077	158,38	0,17
26-Feb-09	10:00	1,54	0,12	0,074	180,41	s.i.
25-Mar-09	10:00	1,30	0,05	0,066	144,15	0,115
29-Abr-09	11:15	1,84	0,06	0,088	161,96	0,110
27-May-09	09:50	2,00	0,06	0,093	168,90	0,105
30-Jun-09	11:30	2,61	0,06	0,126	220,13	0,100

*s.i.: sin información

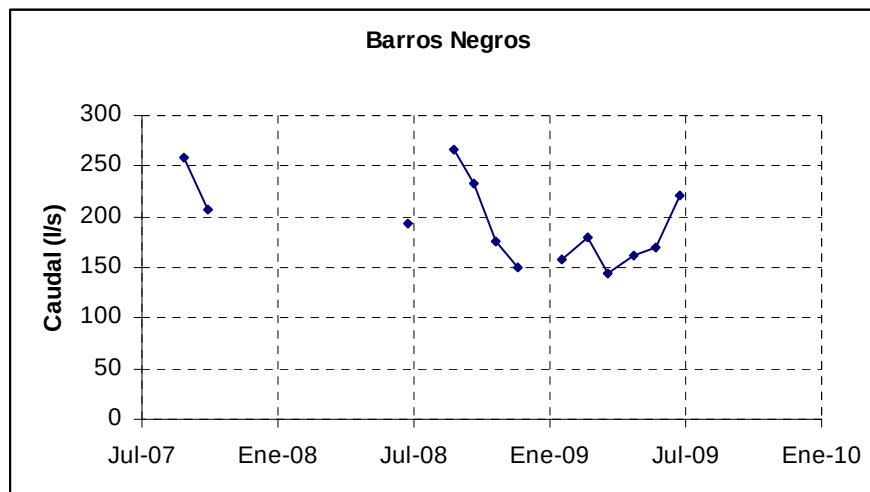


Figura 4.1-105. Caudal aforado por método manual.

La Figura 4.1-106 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 Reglilla Puente San Luis (punto magenta). Esta estación se encuentra ubicada aguas arriba de la laguna Chaxa.

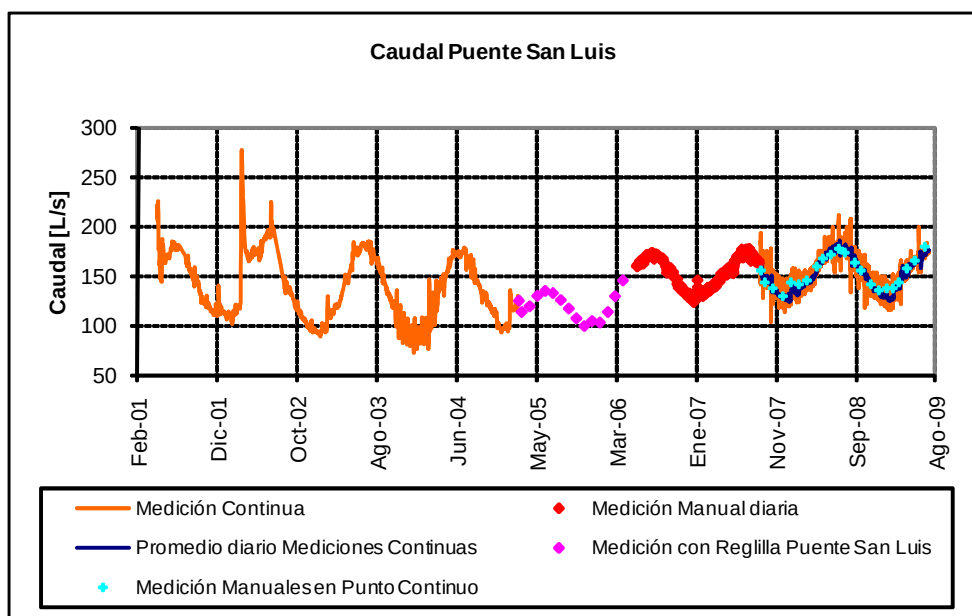


Figura 4.1-106. Caudal promedio diario en puente San Luis.

4.1.6 Superficie Lacustre

Las superficies lacustres a medir en el sistema Soncor corresponden a las lagunas Chaxa, Puilar y Barros Negros.

La superficie lacustre trimestral ha sido medida por CONAF desde 1995 en el marco del Convenio SQM-CONAF. Las superficies calculadas excluyen las denominadas zonas inestables de las lagunas, que se inundan en invierno y se secan en verano. El resultado de las mediciones de CONAF se muestra entre la Figura 4.1-107 a la Figura 4.1-109.

Entre el 10 y el 13 de abril de 2009 se midió la superficie de las lagunas del sistema Soncor mediante levantamiento topográfico siguiendo el borde de las lagunas sin distinción de zonas estables o inestables, el trabajo fue realizado por JRC Ltda., cuyo informe se presenta en el Anexo 7.2. Adicionalmente, Prammar Ambiental calculó la superficie de estas lagunas utilizando imágenes satelitales tomadas el 16 de abril de 2009. En el Anexo 7.3 se presenta el informe de Prammar con los resultados de la superficie lacustre para los sistemas Soncor y

Peine, el que además incluye una comparación de las metodologías topográfica y de imagen satelital.

Los resultados de las mediciones realizadas por JRC Ltda. y Prammar Ambiental se presentan en Tabla 4.1-41. Los valores aquí presentados han sido ajustados de modo que sean comparables entre ellos, ya que existen diferencias metodológicas y diferencias entre las fechas de medición. La principal diferencia corresponde a la definición del perímetro de laguna propiamente tal. En efecto, existe una porción de las lagunas que es muy inestable, varía de una temporada a otra con un comportamiento que no siempre puede ser explicado por las variaciones en las condiciones hidrológicas del sistema. Por lo anterior, CONAF definió límites de corte en los bordes de las lagunas, para identificar sólo aquellas porciones que son estables, de modo de contar con un polígono que permita comparar mediciones consecutivas. Estos límites fueron entregados directamente a SQM por CONAF mediante archivos de AutoCAD durante 2007.

Las mediciones realizadas en 2007 y presentadas en el informe N°2: Informe de Monitoreo Semestral, Diciembre de 2007 (Tabla 3-19 de ese informe), consideraron superficies estables e inestables, por lo tanto los valores allí presentados son mayores que los presentados en este informe. Adicionalmente, existe otra diferencia para las mediciones de esta fecha, derivada del desfase de tiempo que existe entre la toma de la imagen satelital y de la realización del levantamiento topográfico. La imagen satelital fue obtenida en los primeros días de abril, mientras que la topografía fue realizada prácticamente dos meses después (finales de mayo). Lo anterior, explica que la superficie de las lagunas de la última medición sea mayor, dado que es en esta fecha cuando las lagunas reciben mayor recarga de agua, debido entre otros fenómenos al aumento del caudal superficial del canal Burro Muerto que es registrado en el puente San Luis.

Las mediciones realizadas en 2008 también fueron ajustadas. Para la laguna Barros Negros fue necesario incluir 16.202 m² de la imagen satelital por el ingreso del canal Burro Muerto que no fue medido topográficamente. La medición correspondiente a la laguna Puilar fue ajustada debido a que quedó fuera de la topografía un sector al sureste de la laguna, lo cual corresponde a un área de 892 m² de la imagen satelital.

Para el año 2009 se realizaron mediciones de la superficie lacustre mediante topografía e imagen satelital (10 al 13 de abril y 16 de abril respectivamente).

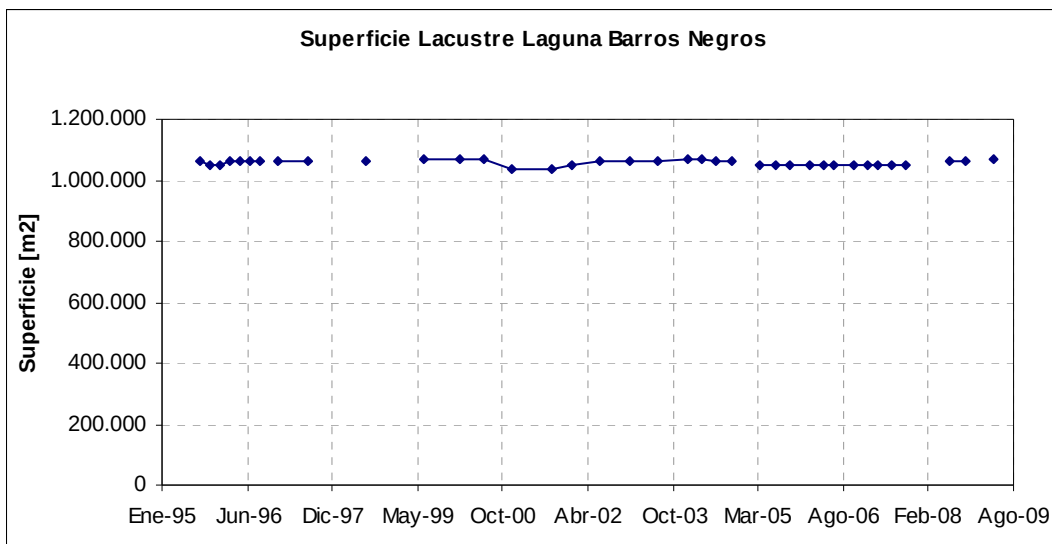


Figura 4.1-107. Superficie trimestral de la laguna Barros Negros medida por CONAF

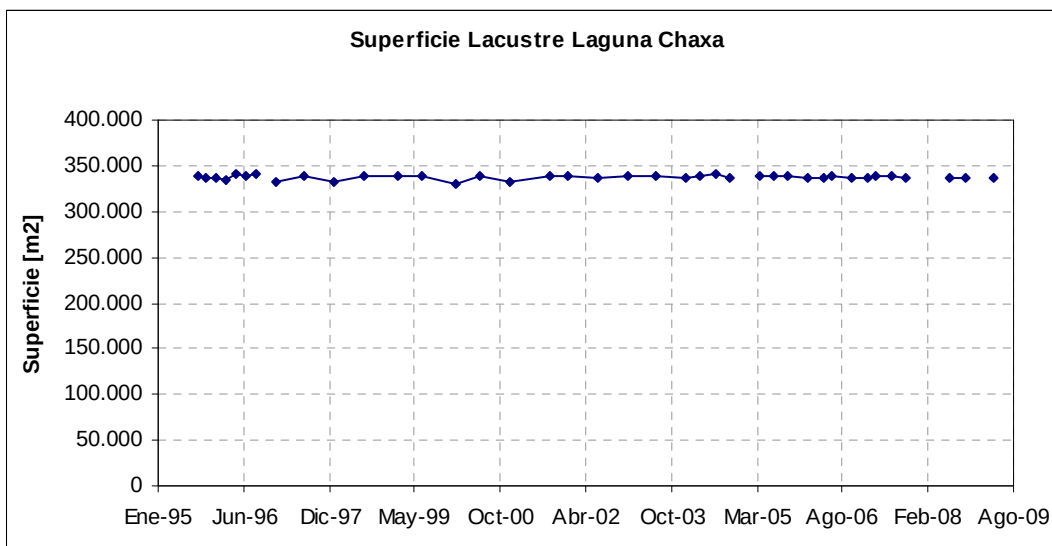


Figura 4.1-108. Superficie trimestral de la laguna Chaxa.

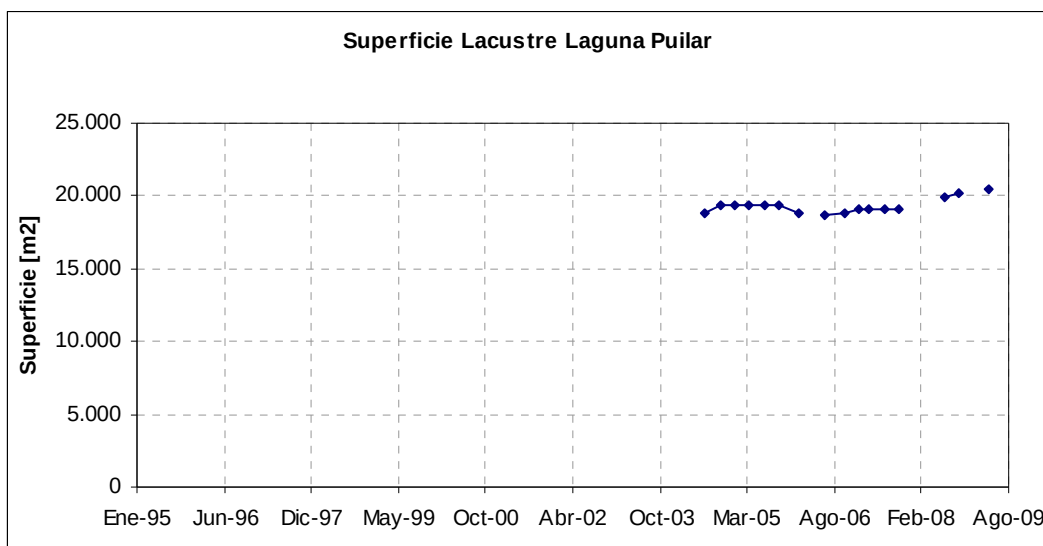


Figura 4.1-109. Superficie trimestral de la laguna Puilar.

Tabla 4.1-41. Superficies lacustres calculadas con levantamiento topográfico e imagen satelital correspondientes los año 2007, 2008 y 2009.

Método	Fecha	Barros Negros (m ²)	Chaxa (m ²)	Puilar (m ²)
Levantamiento topográfico	24 y 25 de mayo de 2007	1.150.280	334.008	71.508
Levantamiento topográfico	24 al 30 de abril de 2008	1.055.856	313.751	65.854
Levantamiento topográfico	10 al 13 de abril de 2009	1.131.267	310.111	77.464
Imagen satelital	6 de abril de 2007	1.076.310	330.456	65.371
Imagen satelital	26 de abril de 2008 (8 de abril para Chaxa)	1.093.625	329.224	63.154
Imagen satelital	16 de abril de 2009	1.152.803	336.644	65.439

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 4.2-1 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo y en la Tabla 4.2-1 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, calicata, reglilla, medición continua y nivel lacustre). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel de manera gráfica.

Tabla 4.2-1. Puntos de monitoreo del Sistema Aguas de Quelana.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
L3-2	Zona aluvial	Pozo profundo	104	L13-5	Zona marginal	Pozo somero	114
L4-3	Zona aluvial	Pozo somero	104	L5-15	Zona marginal	Pozo somero	114
L4-4	Zona aluvial	Pozo somero	105	L13-6	Zona marginal	Pozo somero	115
L5-1	Zona aluvial	Pozo profundo	105	L13-7	Zona marginal	Pozo somero	115
L5-2	Zona aluvial	Pozo profundo	106	L14-1	Zona marginal	Pozo somero	116
GD-02	Zona marginal	Pozo profundo	107	L14-2	Zona marginal	Pozo somero	116
L3-3	Zona marginal	Pozo somero	107	L14-3	Zona marginal	Pozo somero	117
L3-8	Zona marginal	Pozo somero	108	L14-5	Zona marginal	Pozo somero	117
L3-11	Zona marginal	Pozo somero	108	L14-6	Zona marginal	Pozo somero	118
L3-12	Zona marginal	Pozo somero	109	L14-7	Zona marginal	Pozo somero	118
L3-14	Zona marginal	Pozo somero	109	L5-G3	Zona marginal	Reglilla	119
L4-5	Zona marginal	Pozo somero	110	L4-10	Zona marginal	Reglilla	120
L4-11	Zona marginal	Pozo somero	110	L3-5	Zona marginal	Continuo	121
L4-14	Zona marginal	Pozo somero	111	L3-6	Zona marginal	Continuo	122
L4-15	Zona marginal	Pozo somero	111	L3-7	Zona marginal	Continuo	122
L5-9	Zona marginal	Pozo somero	112	L3-9	Zona marginal	Continuo	123
L5-11	Zona marginal	Pozo somero	112	L3-10	Zona marginal	Continuo	123
L5-12	Zona marginal	Pozo somero	113				
L5-13	Zona	Pozo somero	113				

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
L3-13	Zona marginal	Continuo	124	L13-1	Zona marginal	Continuo	130
L4-7	Zona marginal	Continuo	124	L13-2	Zona marginal	Continuo	131
L4-8	Zona marginal	Continuo	125	L13-3	Zona marginal	Continuo	131
L4-9	Zona marginal	Continuo	125	L13-4	Zona marginal	Continuo	132
L4-12	Zona marginal	Continuo	126	L14-4	Zona marginal	Continuo	132
L4-13	Zona marginal	Continuo	126	D-2	Salmuera	Pozo profundo	133
L5-3	Zona marginal	Continuo	127	L3-4 (SOPM -08)	Salmuera	Pozo profundo	133
L5-6	Zona marginal	Continuo	128	L4-6	Salmuera	Pozo profundo	134
L5-7	Zona marginal	Continuo	128	L4-16	Salmuera	Pozo somero	134
L5-8	Zona marginal	Continuo	129	L5-4	Salmuera	Pozo profundo	135
L5-10	Zona marginal	Continuo	129	SOPM -09	Salmuera	Pozo profundo	135
L5-14	Zona marginal	Continuo	130	Camar 2	Zona aluvial	Pozo de agua	136
				Socaire	Zona aluvial	Pozo de agua	136

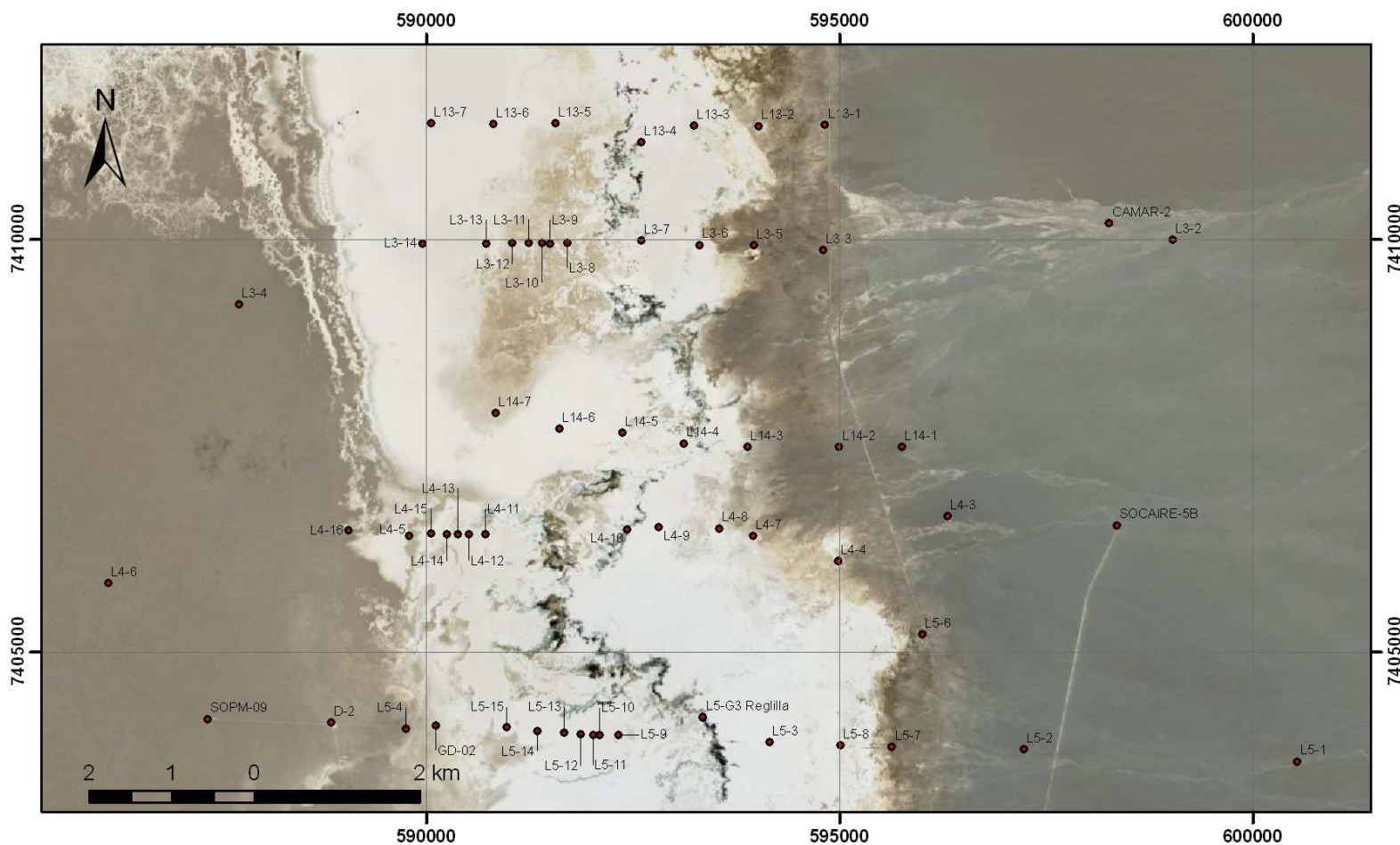


Figura 4.2-1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana.

4.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

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

Los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 (Figura 4.2-3, Figura 4.2-8, Figura 4.2-34 y Figura 4.2-33 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 4.2-58), es parte del monitoreo de niveles de los sistemas Aguas de Quelana y Núcleo del Salar de Atacama y será presentado también sólo en esta sección.

Como se indica más adelante, el pozo Camar comenzó a bombear el mes de mayo del 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. Se puede observar que el efecto combinado del bombeo de los pozos Camar y Socaire es imperceptible en los pozos L13-1, L14-1 y L5-6, los cuales se encuentran cercanos al camino Toconao-Peine en dirección aguas abajo de dichos pozos de bombeo.

Cabe destacar que algunas reglillas o pozos ubicados cerca de los afloramientos superficiales de Aguas de Quelana presentan ascenso de nivel producto de dos precipitaciones registradas en el sector (12 de marzo de 2009 y 12 de abril de 2009), de las cuales solo se logró registrar la del 12 de abril en la estación Salar como se verá posteriormente. Las reglillas o pozos donde se registró este ascenso de nivel son: L3-6, L3-7, L4-9, L5-3 L13-4 y L14-4.

Adicionalmente, DICTUC realizó mediciones en este sistema en los pozos L3-2, L3-3, L3-7, L4-3, L4-8, L4-10, L5-2 y L5-3 y en la reglilla L5-G3.

4.2.1.1 Pozos en zona aluvial

Los pozos L3-2 y L4-3 presentados en la Figura 4.2-2 y en la Figura 4.2-6 corresponden a pozos de la zona aluvial.

El pozo L3-2 (Figura 4.2-2) 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 producto probablemente del bombeo en el pozo Camar 2.

Se reconfirma la cota del punto de referencia del pozo L4-3, siendo esta igual a 2319,611 m.s.n.m., por lo cual, de acuerdo a lo indicado en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 226/2006, el descenso máximo permitido desde mayo de 2007 para este pozo es de 0,92 metros, quedando fijado el umbral de activación como la cota igual a 2301,72 m.s.n.m.

En la Figura 4.2-4 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.

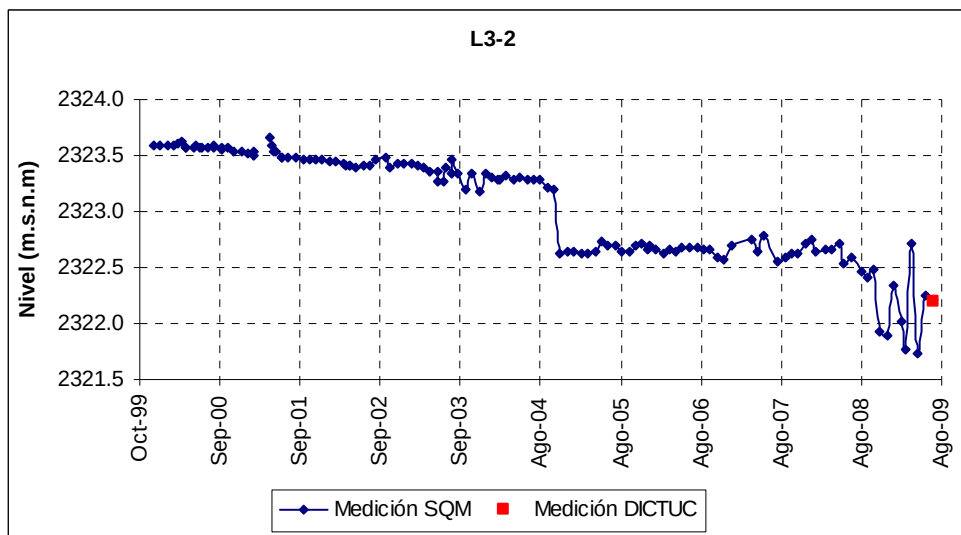


Figura 4.2-2. Nivel mensual observado en el pozo L3-2.

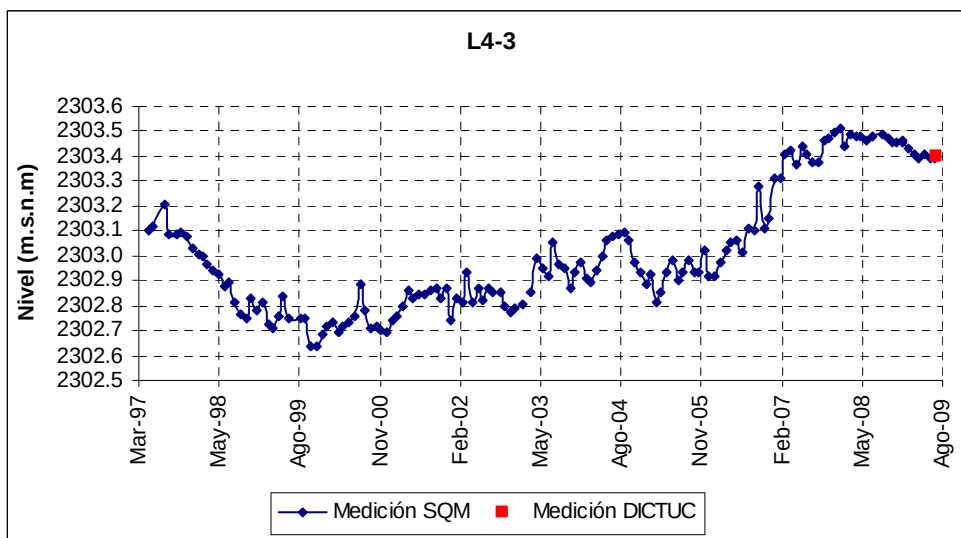


Figura 4.2-3. Nivel mensual observado en el pozo L4-3.

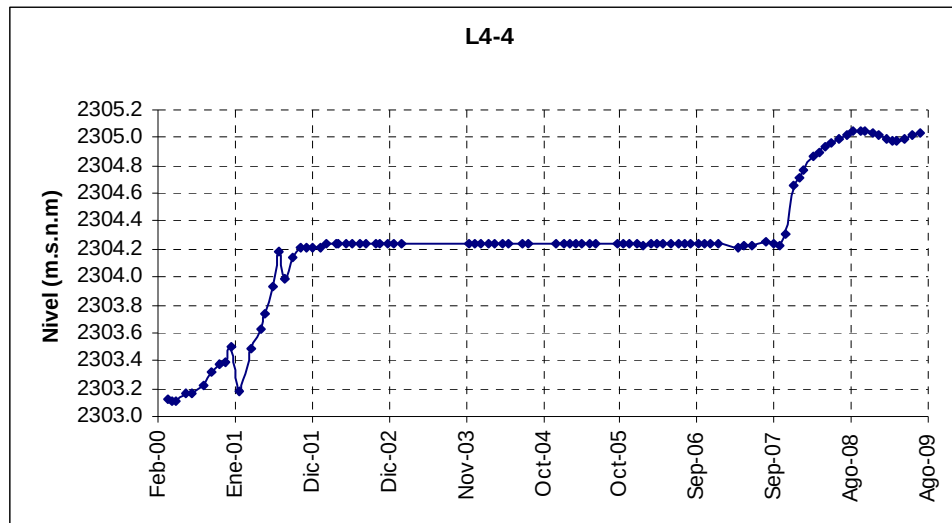


Figura 4.2-4. Nivel mensual observado en el pozo L4-4.

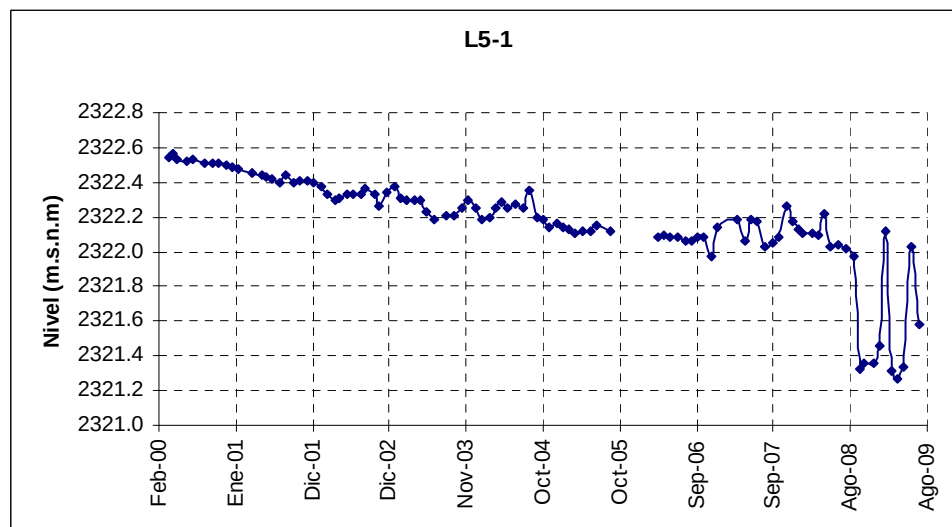


Figura 4.2-5. Nivel mensual observado en el pozo L5-1.

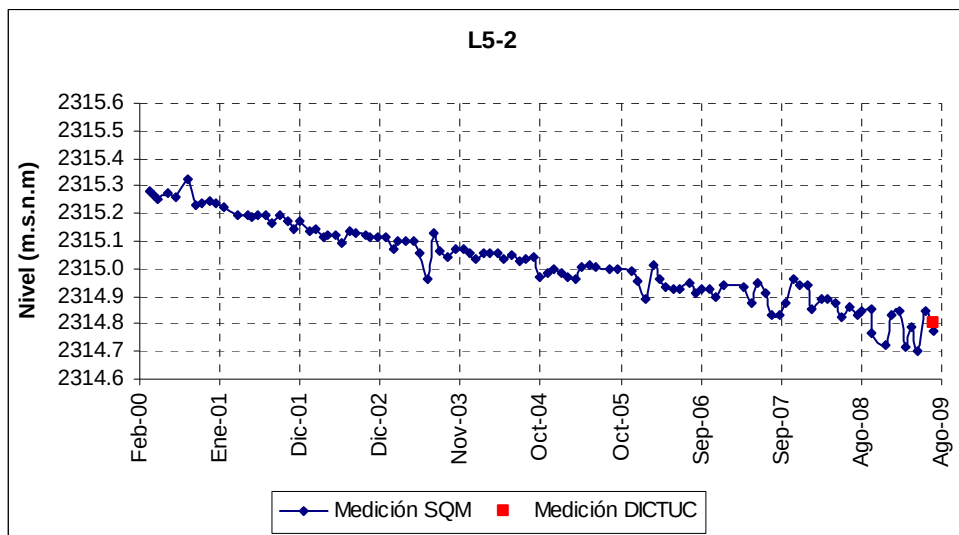


Figura 4.2-6. Nivel mensual observado en el pozo L5-2.

4.2.1.2 Pozos en zona marginal

En el sistema Aguas de Quelana a partir de la información disponible (en general, desde 2007), el nivel del acuífero presenta una oscilación estacional, que es más notoria en aquellos pozos donde la napa se ubica más somera. Los pozos L3-3 y L4-5 son los únicos en la zona marginal con datos anteriores a 2007. En la Figura 4.2-8 se aprecia que en el último año el pozo L3-3 tuvo un comportamiento similar al de años anteriores.

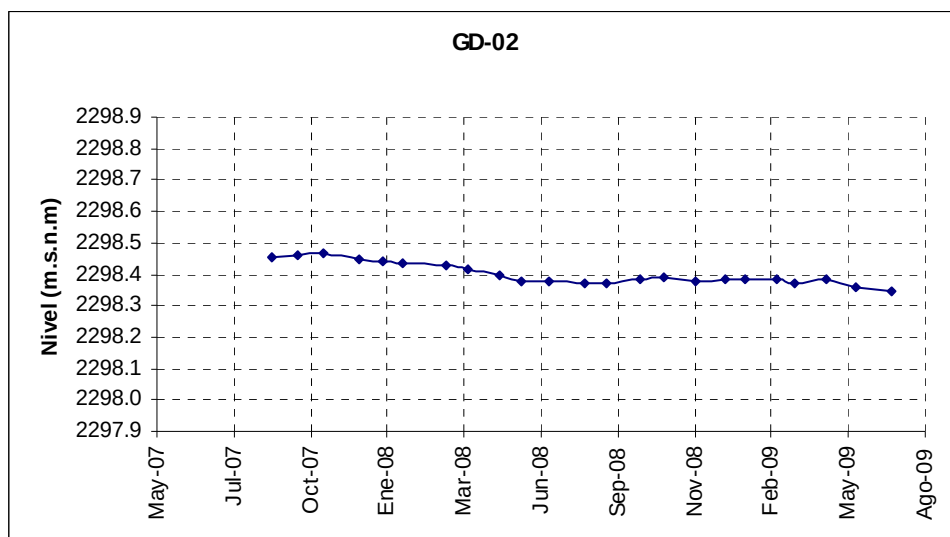


Figura 4.2-7. Nivel mensual observado en el pozo GD-02.

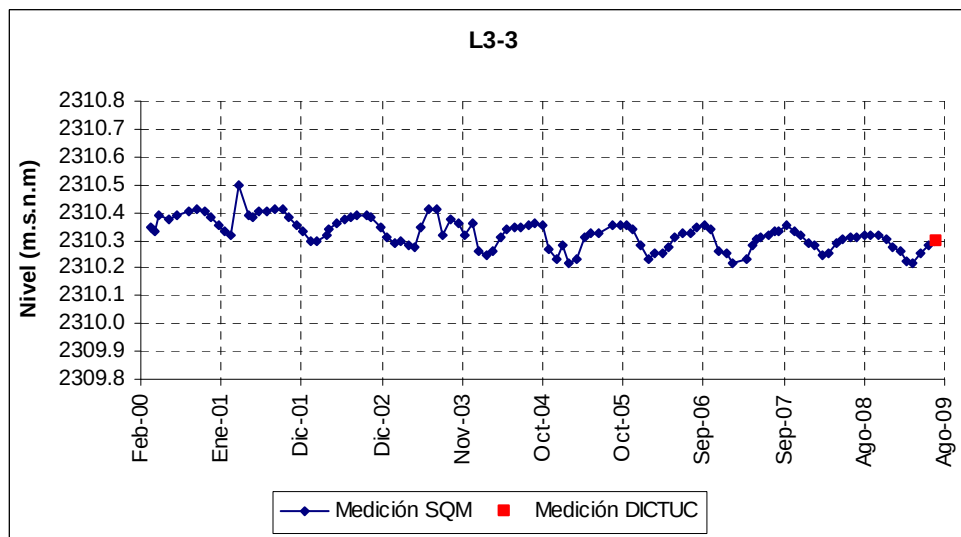


Figura 4.2-8. Nivel mensual observado en el pozo L3-3.

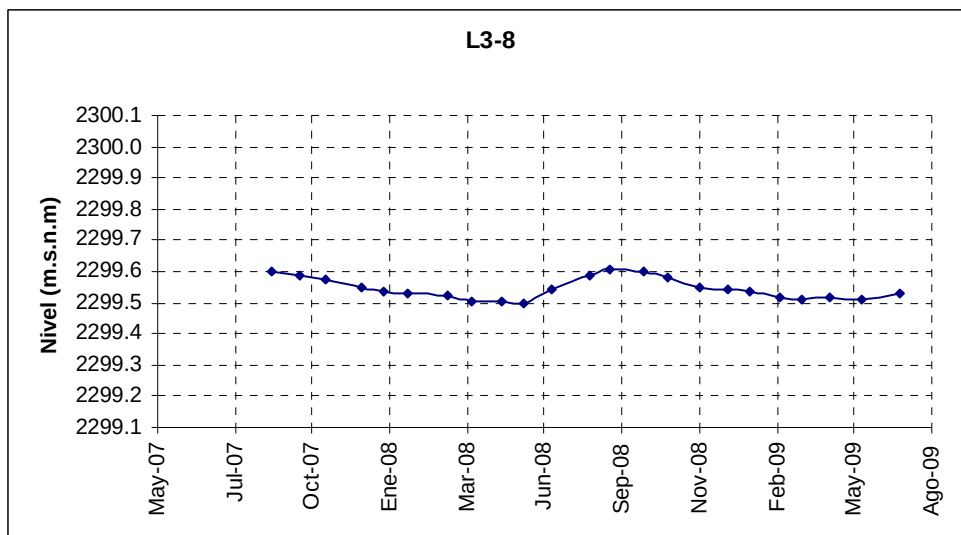


Figura 4.2-9. Nivel mensual observado en el pozo L3-8.

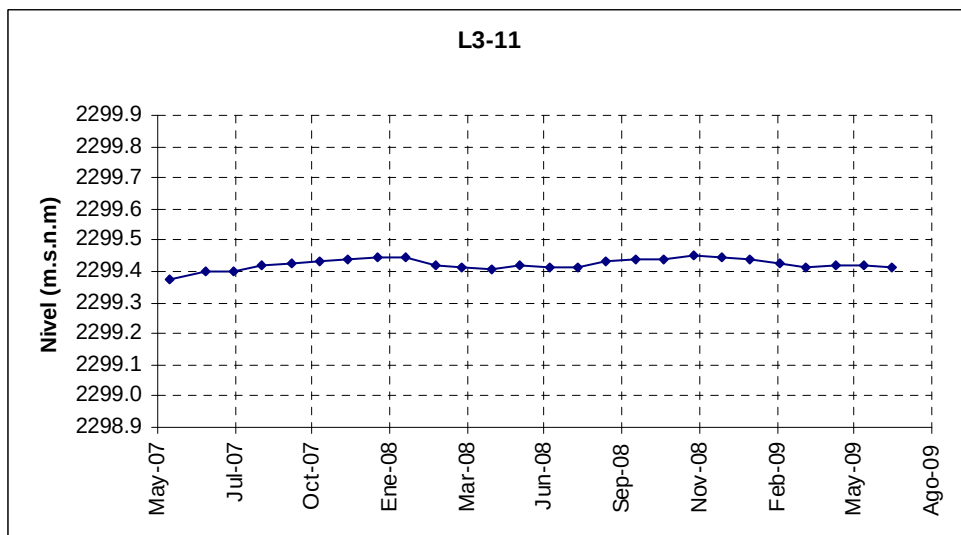


Figura 4.2-10. Nivel mensual observado en el pozo L3-11.

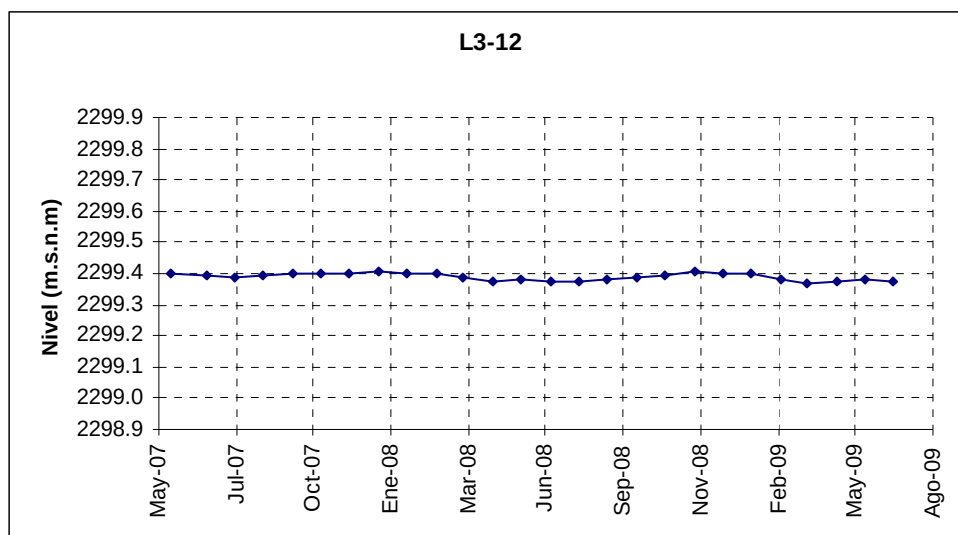


Figura 4.2-11. Nivel mensual observado en el pozo L3-12.

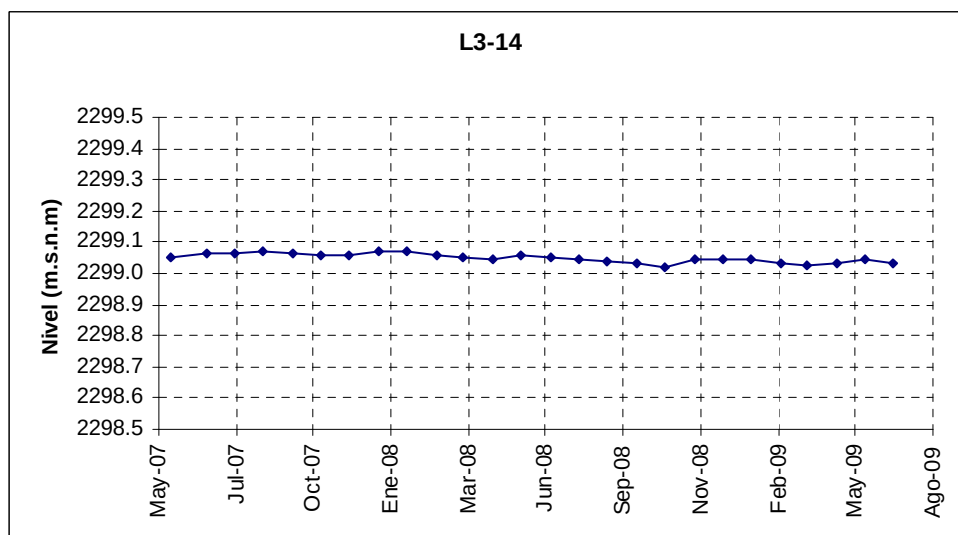


Figura 4.2-12. Nivel mensual observado en el pozo L3-14.

En la Figura 4.2-13 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 se georreferenciaron ambos pozos (nuevo y viejo) para poder realizar las comparaciones correspondientes. A partir de esta fecha todos los registros son a partir del nuevo pozo L4-5.

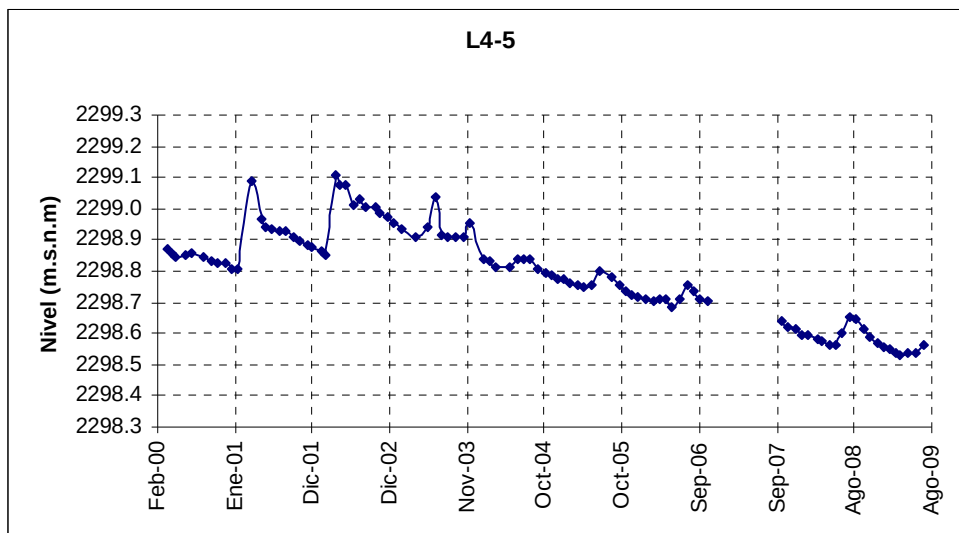


Figura 4.2-13. Nivel mensual observado en el pozo L4-5.

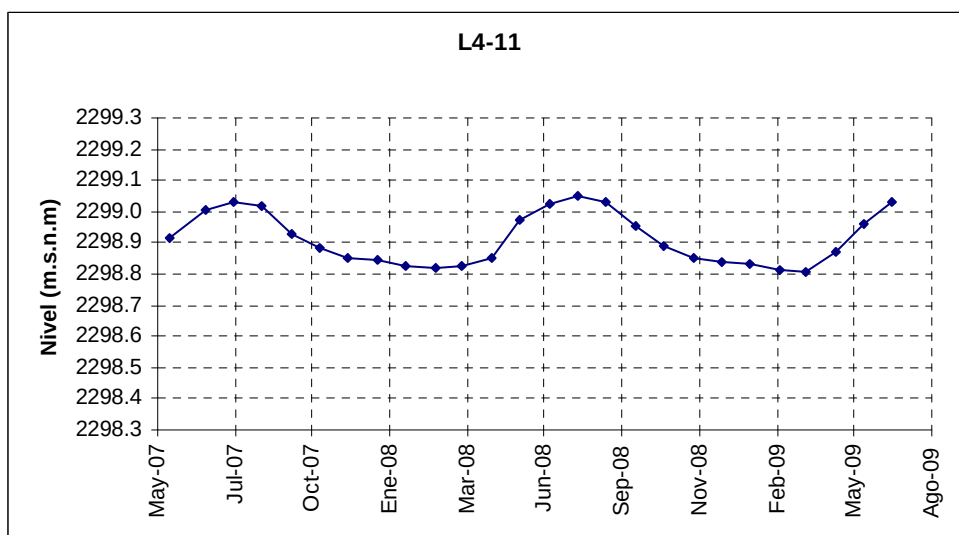


Figura 4.2-14. Nivel mensual observado en el pozo L4-11.

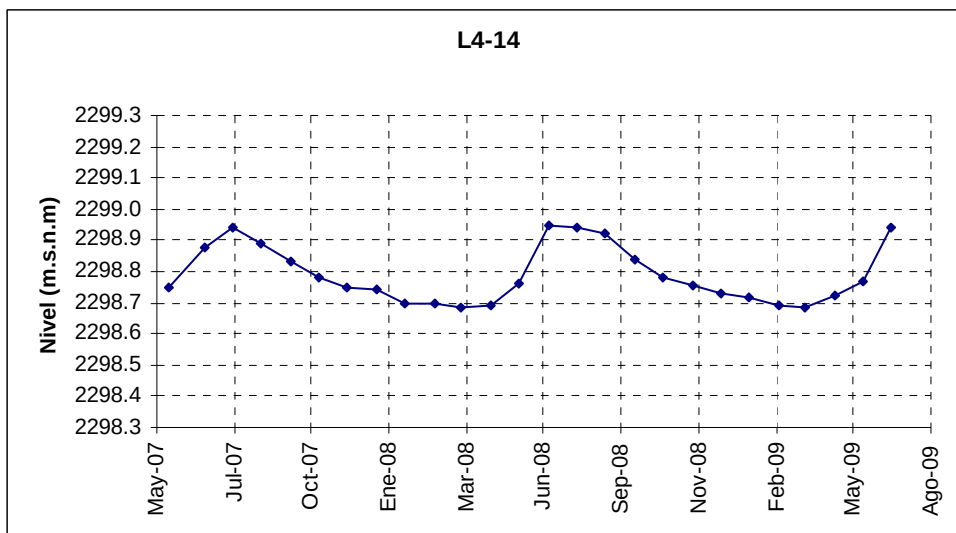


Figura 4.2-15. Nivel mensual observado en el pozo L4-14.

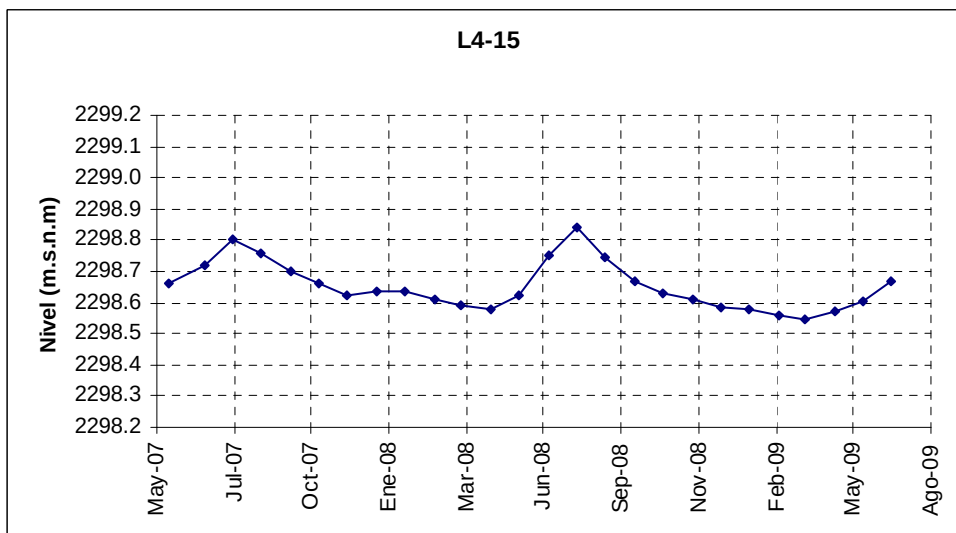


Figura 4.2-16. Nivel mensual observado en el pozo L4-15.

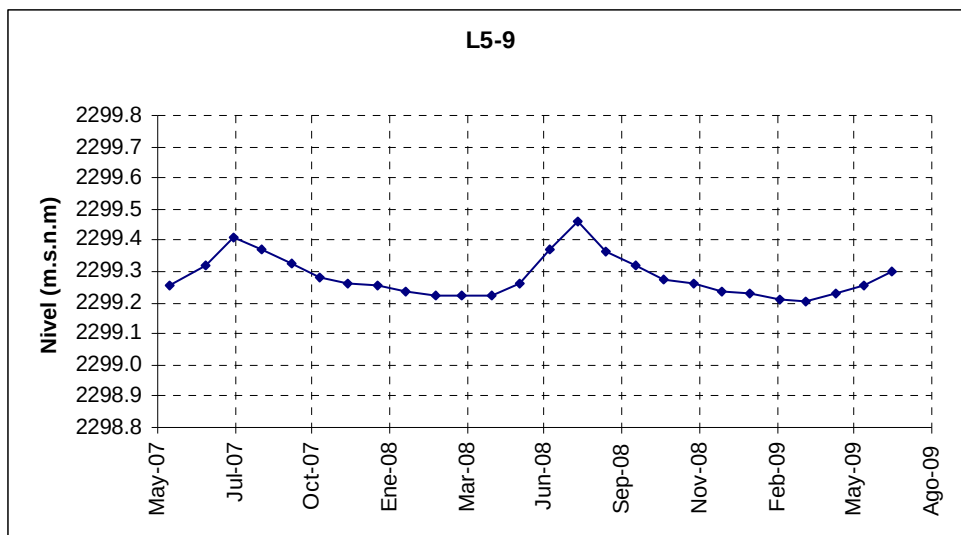


Figura 4.2-17. Nivel mensual observado en el pozo L5-9.

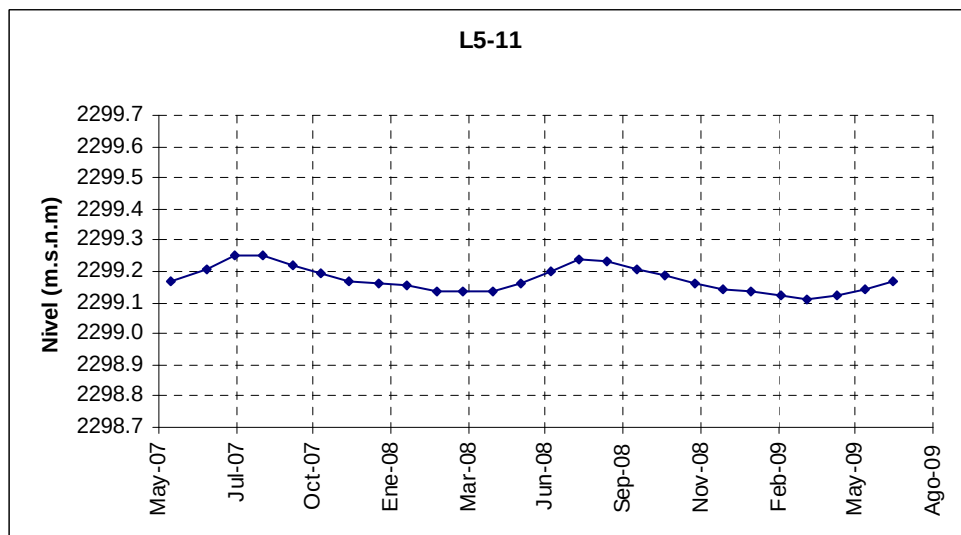


Figura 4.2-18. Nivel mensual observado en el pozo L5-11.

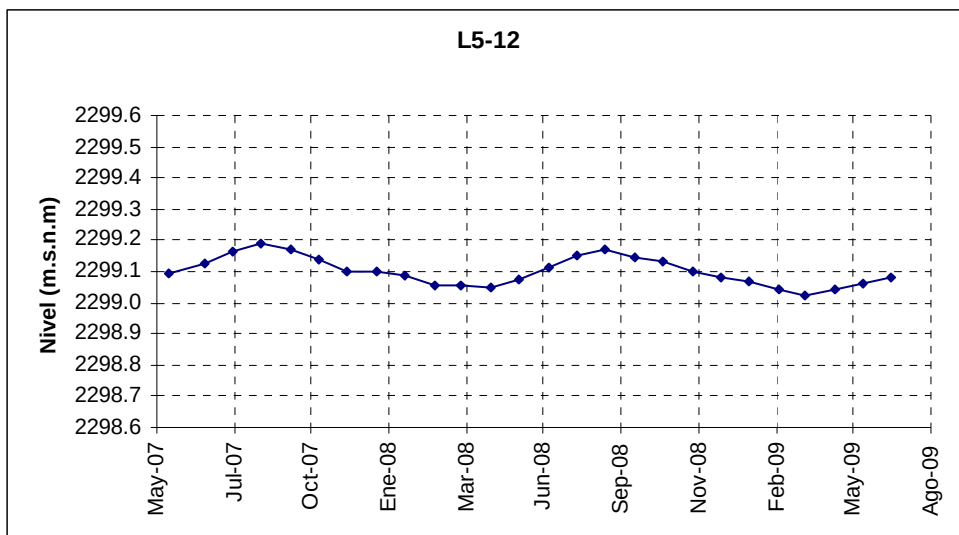


Figura 4.2-19. Nivel mensual observado en el pozo L5-12.

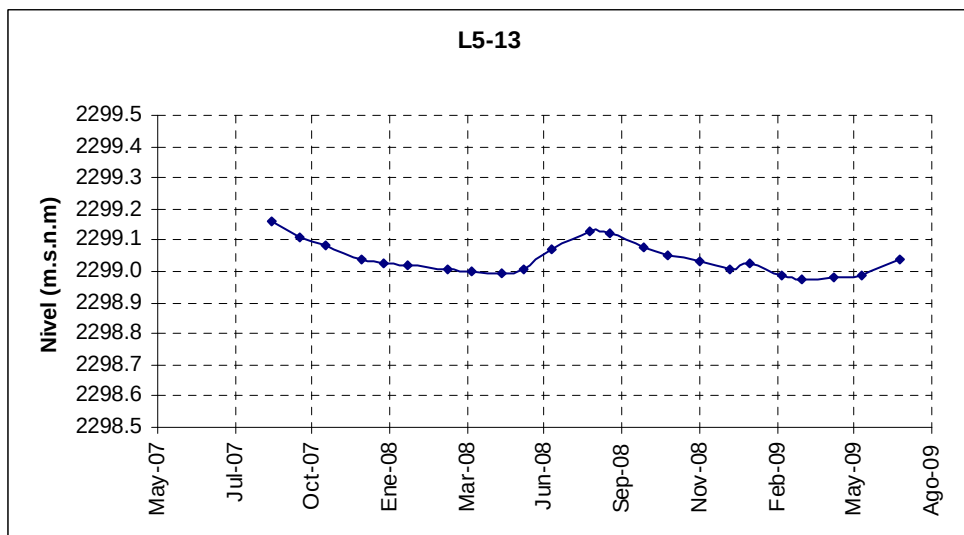


Figura 4.2-20. Nivel mensual observado en el pozo L5-13.

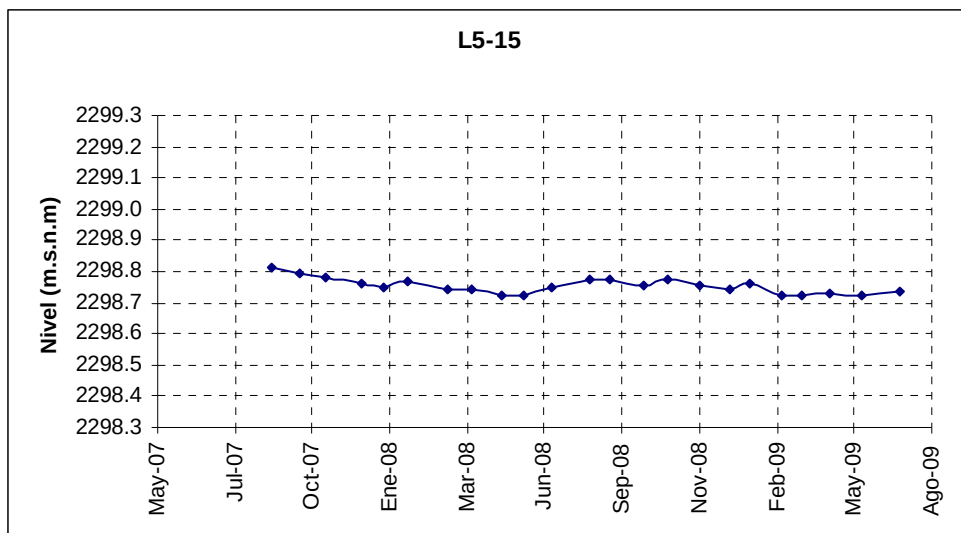


Figura 4.2-21. Nivel mensual observado en el pozo L5-15.

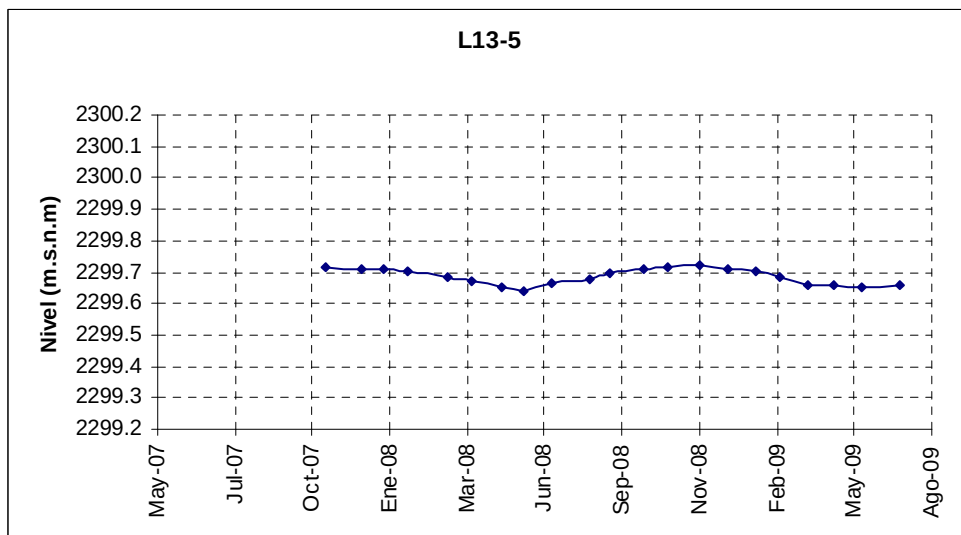


Figura 4.2-22. Nivel mensual observado en el pozo L13-5.

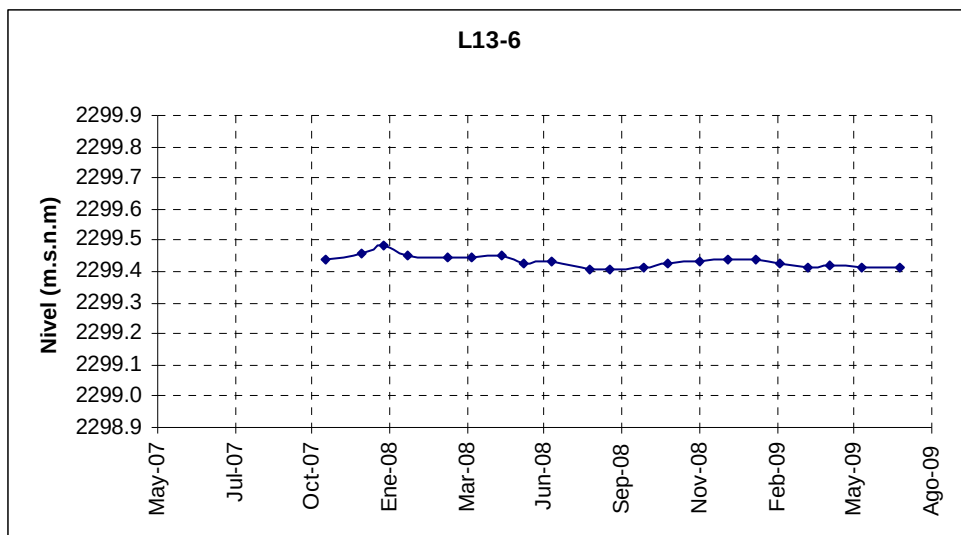


Figura 4.2-23. Nivel mensual observado en el pozo L13-6.

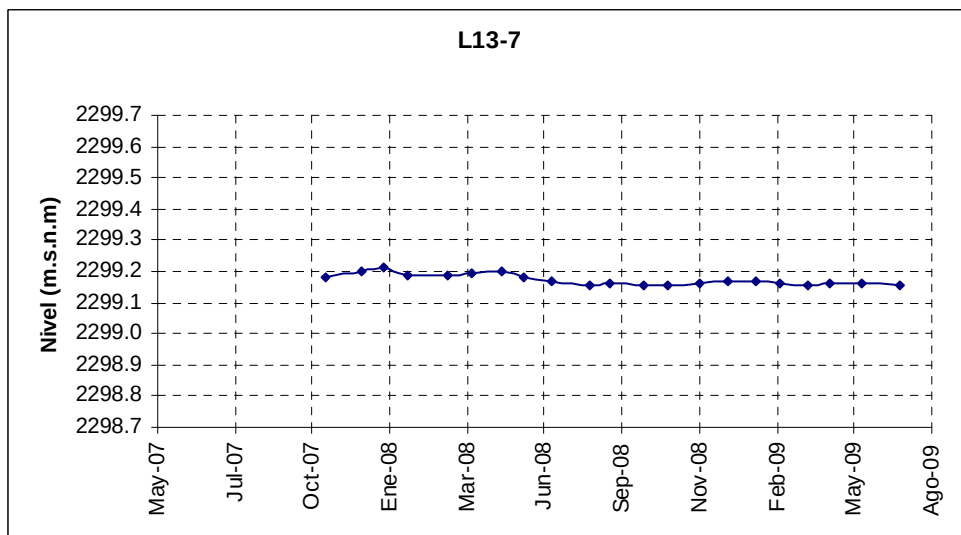


Figura 4.2-24. Nivel mensual observado en el pozo L13-7.

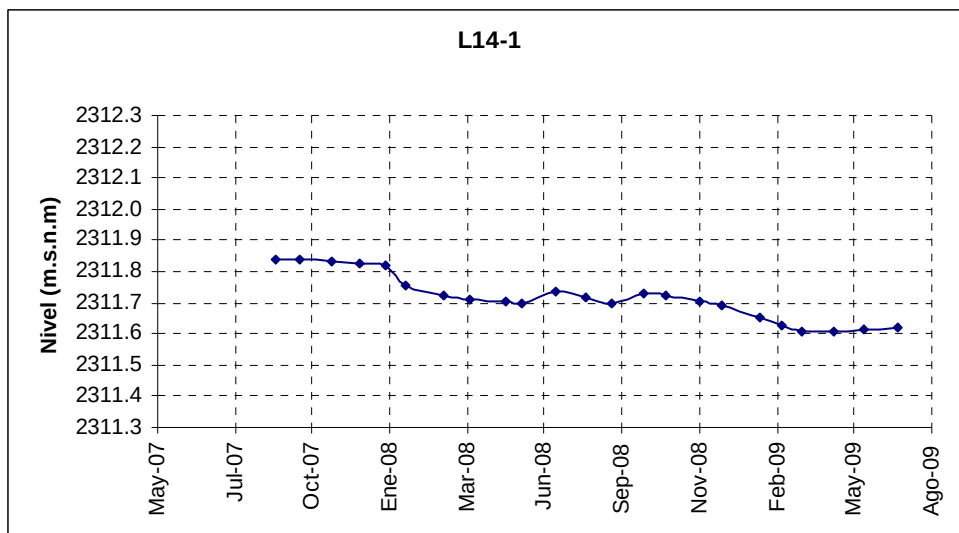


Figura 4.2-25. Nivel mensual observado en el pozo L14-1.

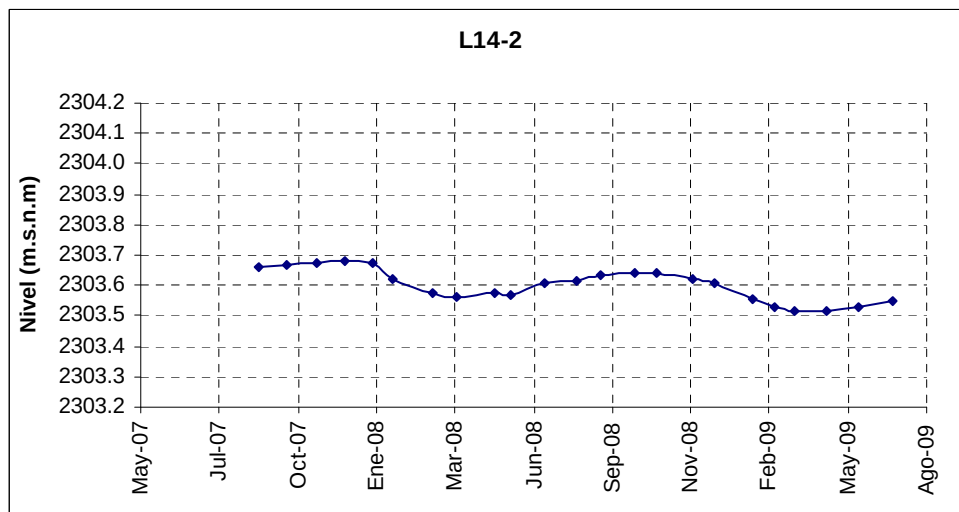


Figura 4.2-26. Nivel mensual observado en el pozo L14-2.

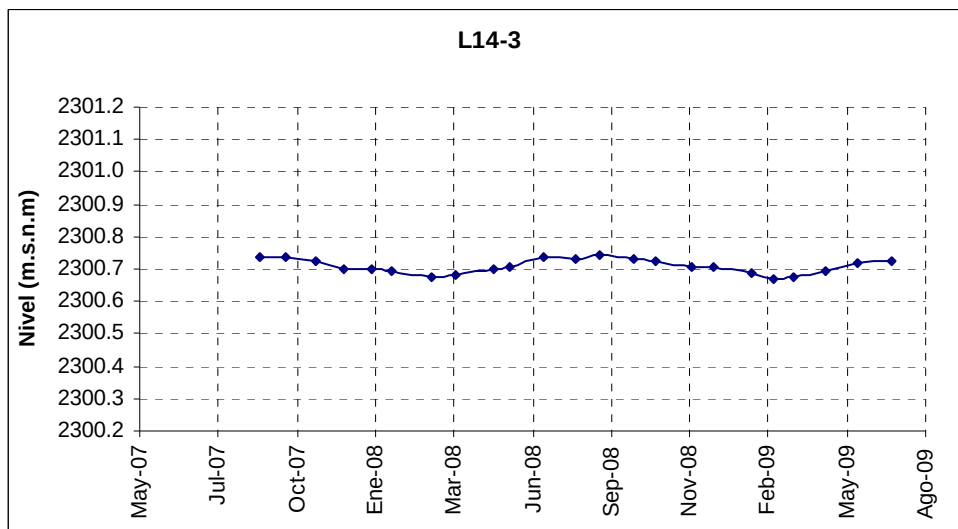


Figura 4.2-27. Nivel mensual observado en el pozo L14-3.

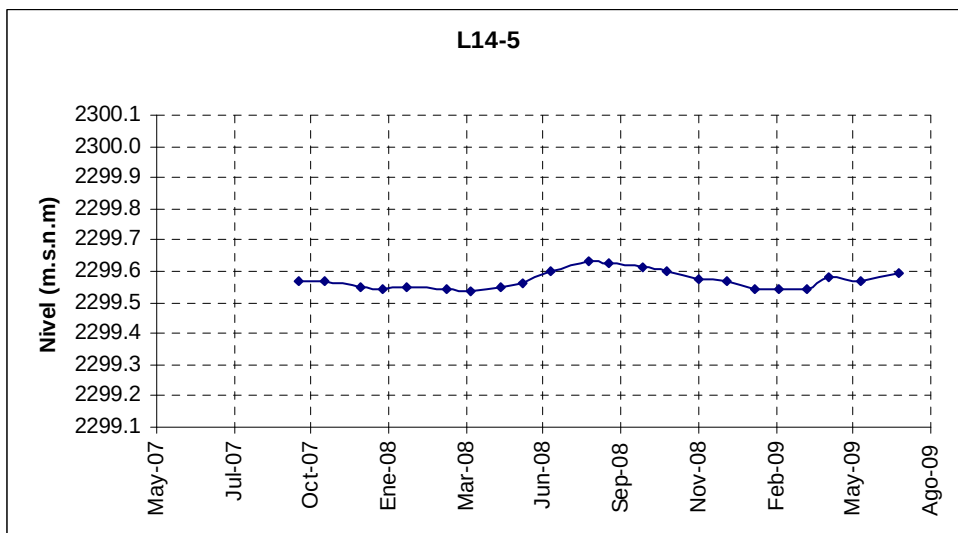


Figura 4.2-28. Nivel mensual observado en el pozo L14-5.

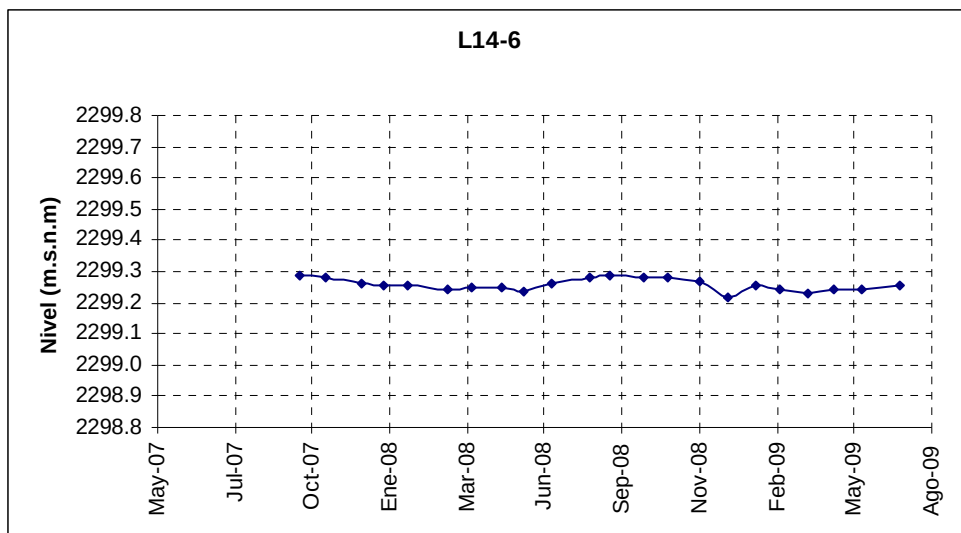


Figura 4.2-29. Nivel mensual observado en el pozo L14-6.

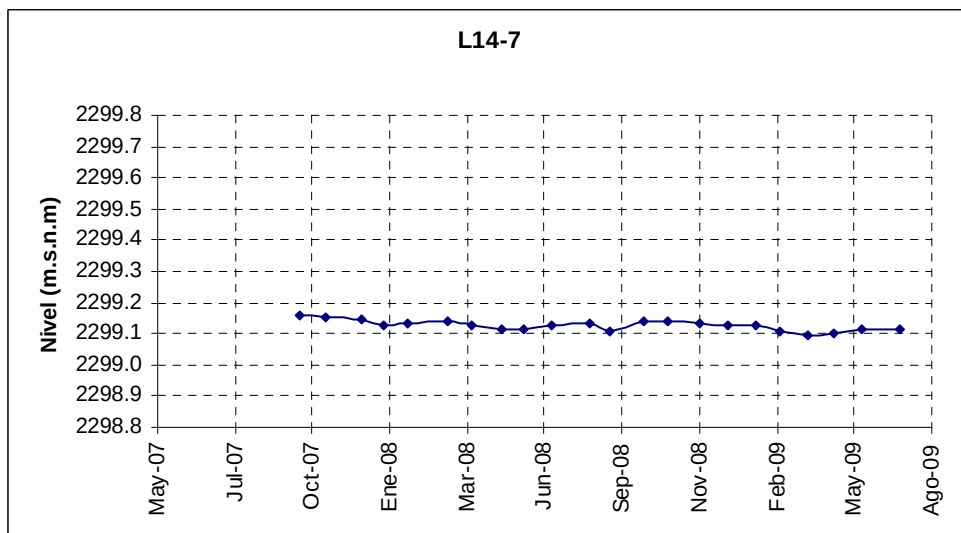


Figura 4.2-30. Nivel mensual observado en el pozo L14-7.

4.2.1.3 Reglillas

Desde la Figura 4.2-31 a la Figura 4.2-33 se muestran 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 4.2-31), mientras que el segundo (Figura 4.2-32) muestra los datos a partir de mayo del 2007. Los gráficos muestran un comportamiento estable desde el inicio de las mediciones a inicios del año 2000.

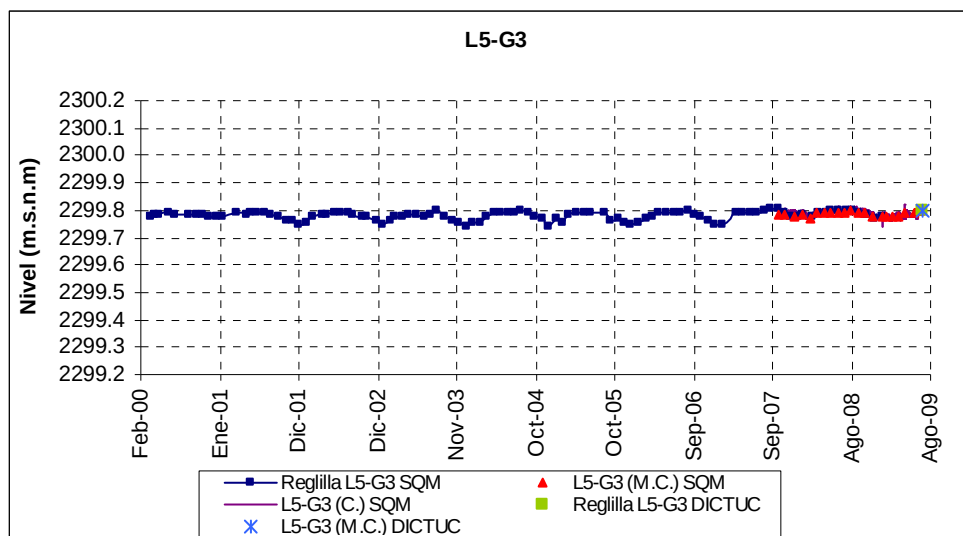


Figura 4.2-31. Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3. (Línea azul: datos históricos; Puntos rojos: Medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; Línea magenta: Datos continuos).

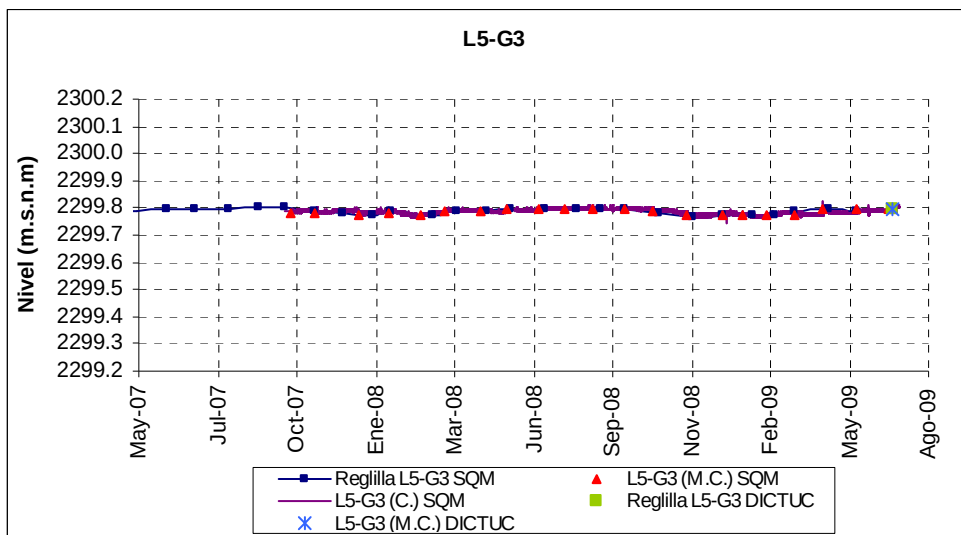


Figura 4.2-32. Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3 desde 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea azul: Datos históricos; Puntos rojos: Medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; Línea magenta: Datos continuos).

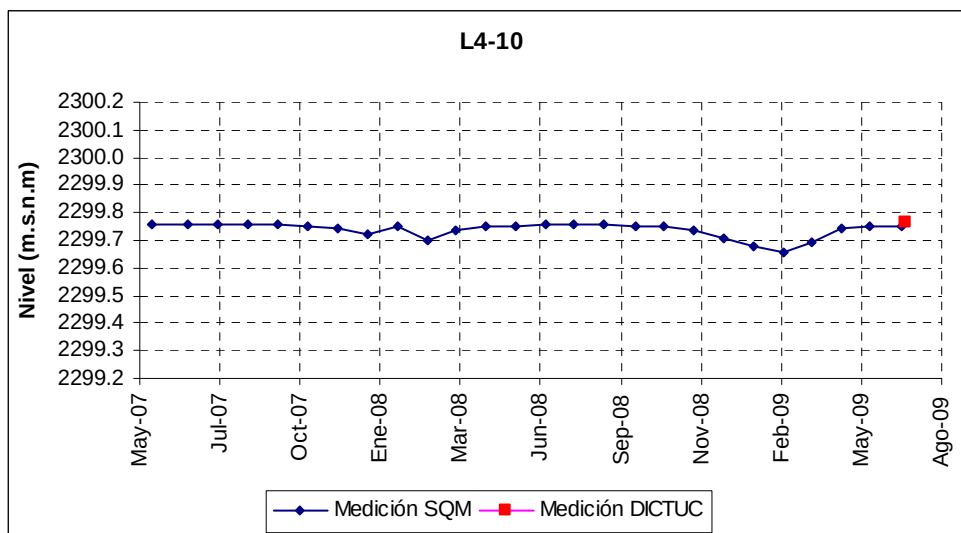


Figura 4.2-33. Nivel mensual observado en la reglilla L4-10.

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 4.2-34 a la Figura 4.2-56. 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.

Se observa que estos pozos 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 dentro de estos dos años de monitoreo.

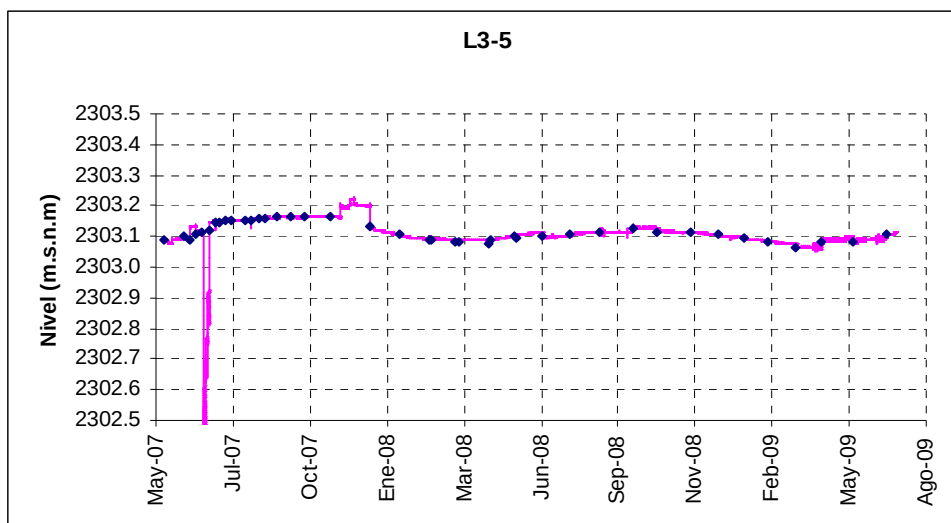
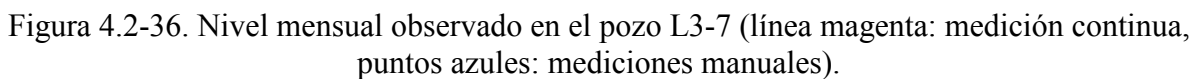
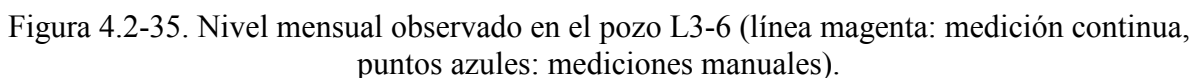


Figura 4.2-34. Nivel observado en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).



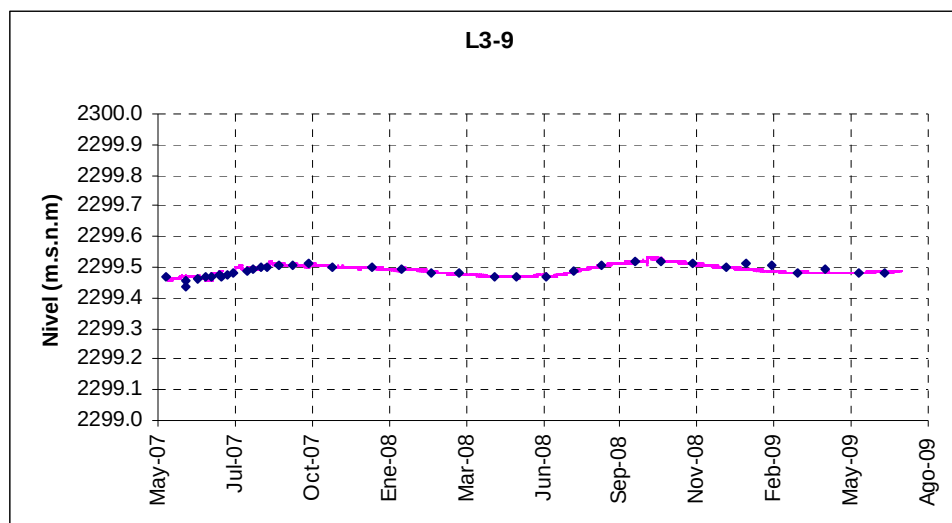


Figura 4.2-37. Nivel observado en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

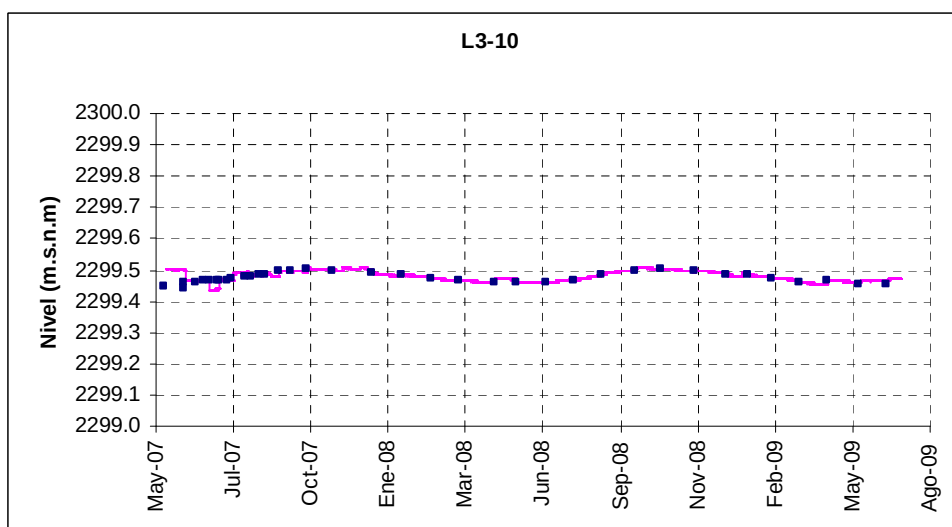


Figura 4.2-38. Nivel observado en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

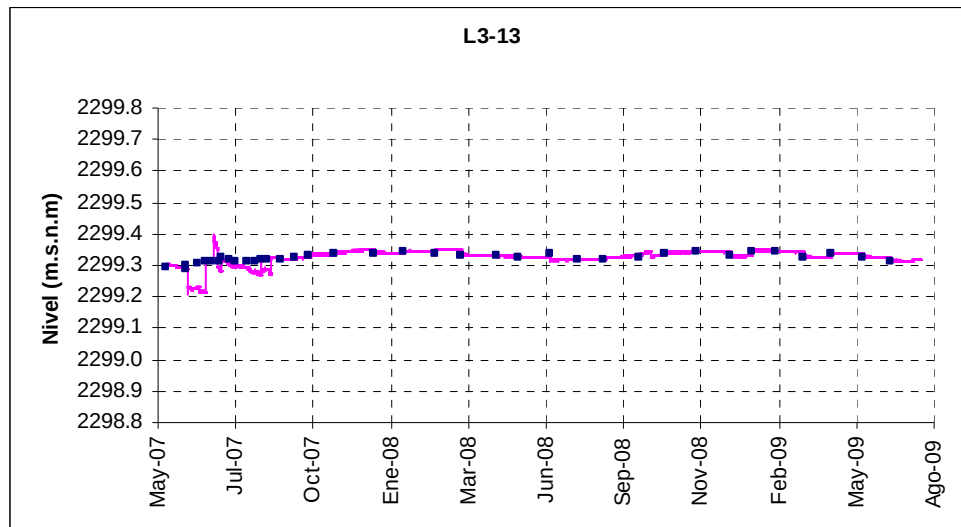


Figura 4.2-39. Nivel observado en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

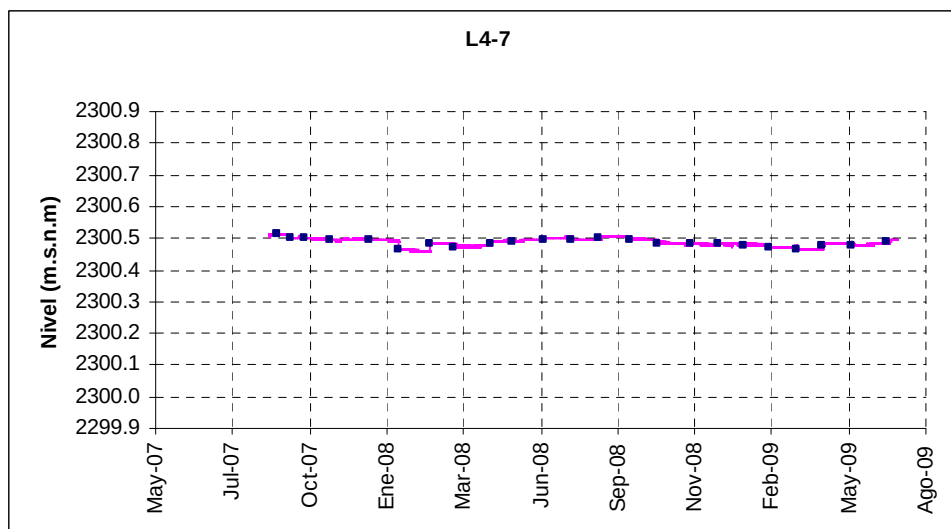


Figura 4.2-40. Nivel mensual observado en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

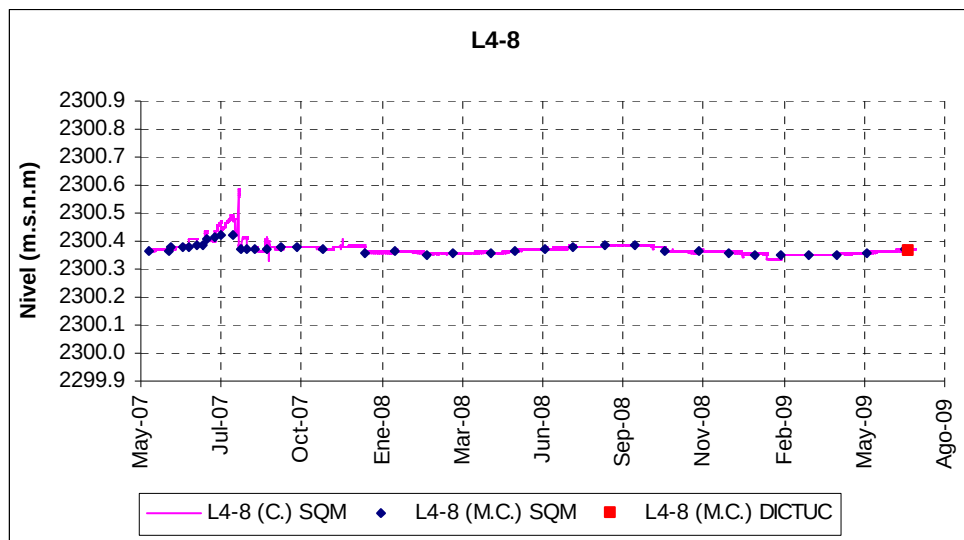


Figura 4.2-41. Nivel observado en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

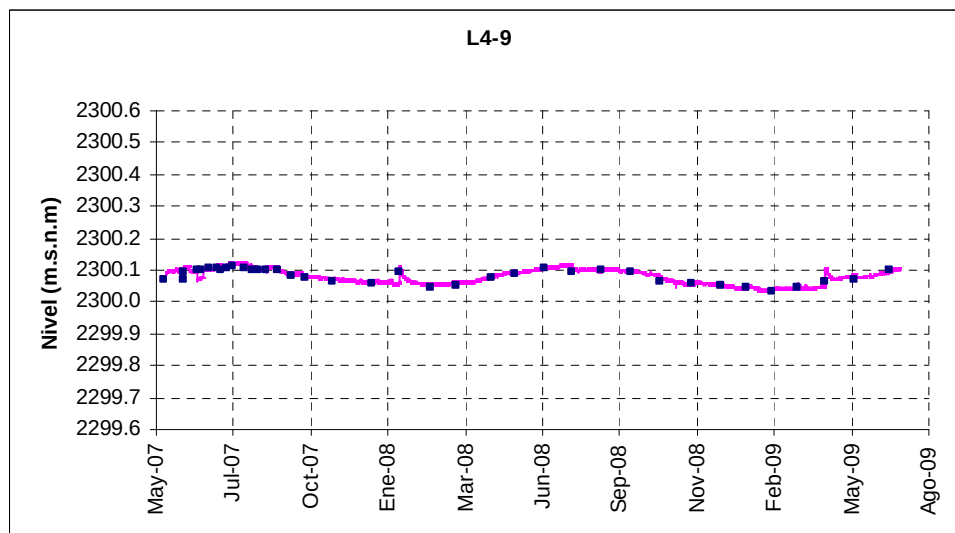


Figura 4.2-42. Nivel observado en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

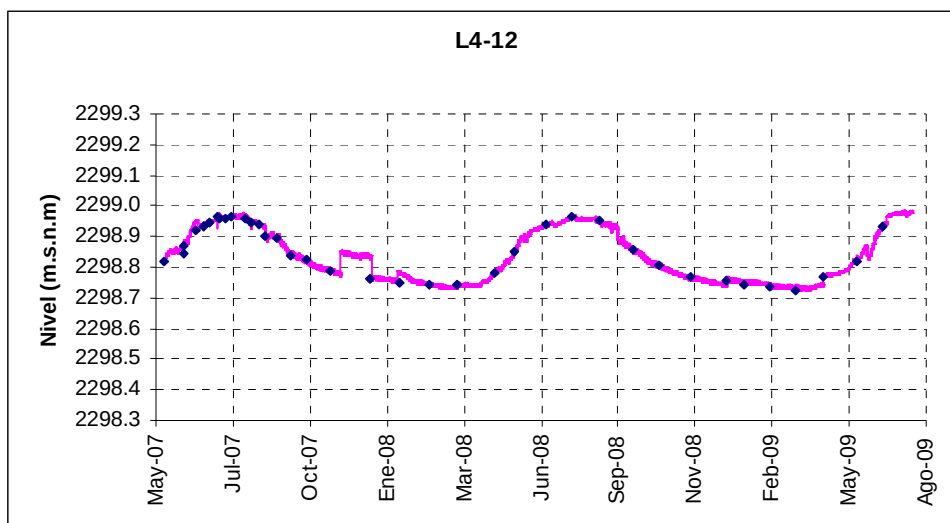


Figura 4.2-43. Nivel observado en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

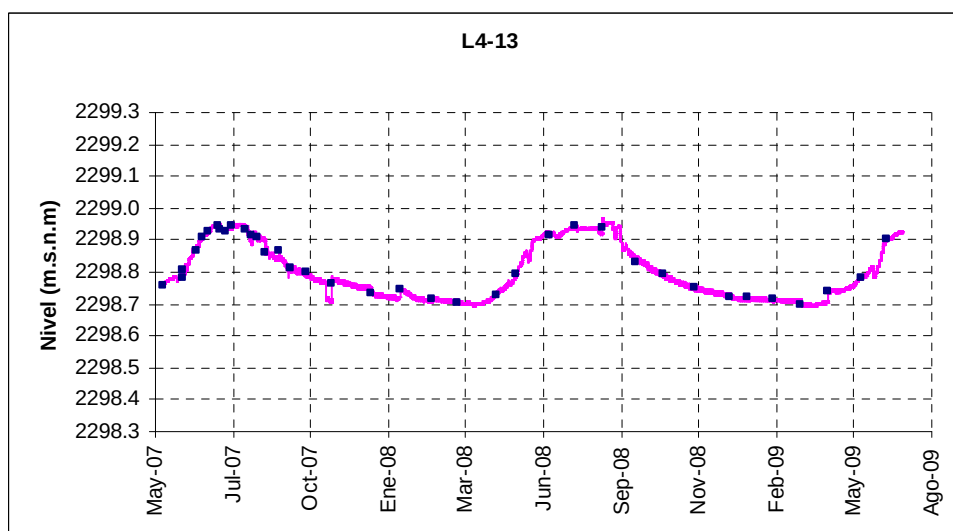


Figura 4.2-44. Nivel observado en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

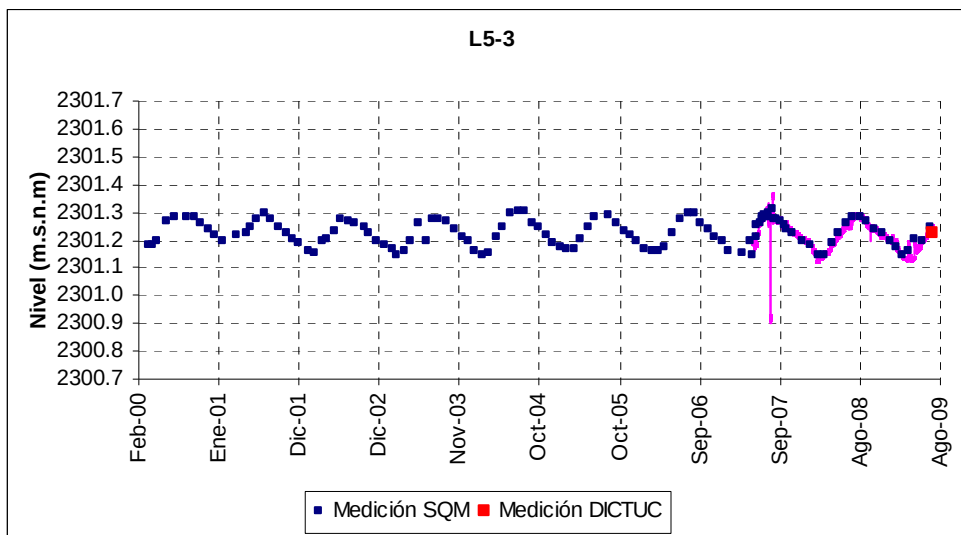


Figura 4.2-45. Nivel mensual observado en el pozo L5-3.

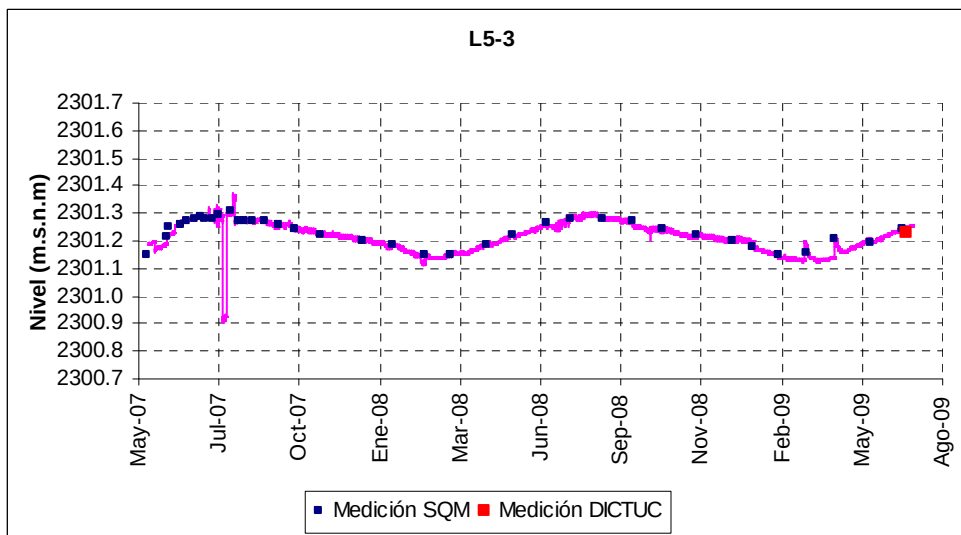


Figura 4.2-46. Nivel observado en el pozo L5-3 desde 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

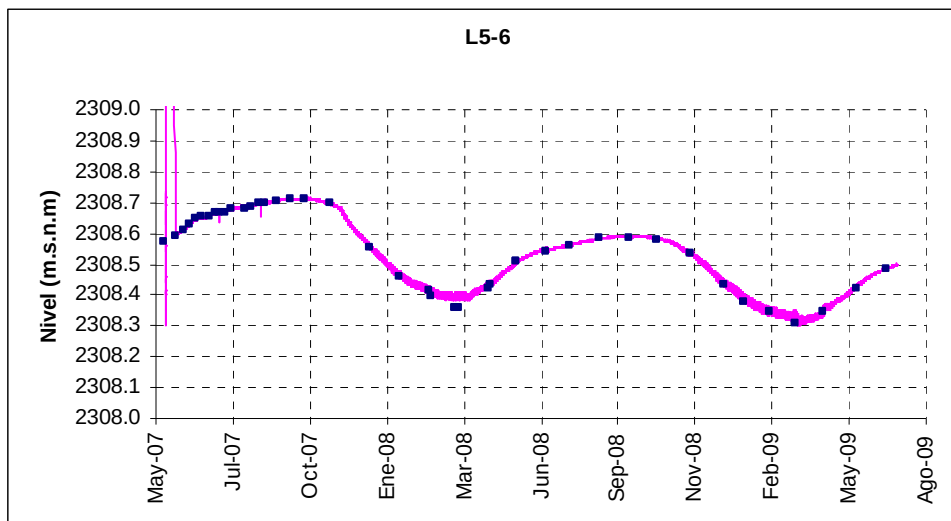


Figura 4.2-47. Nivel observado en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

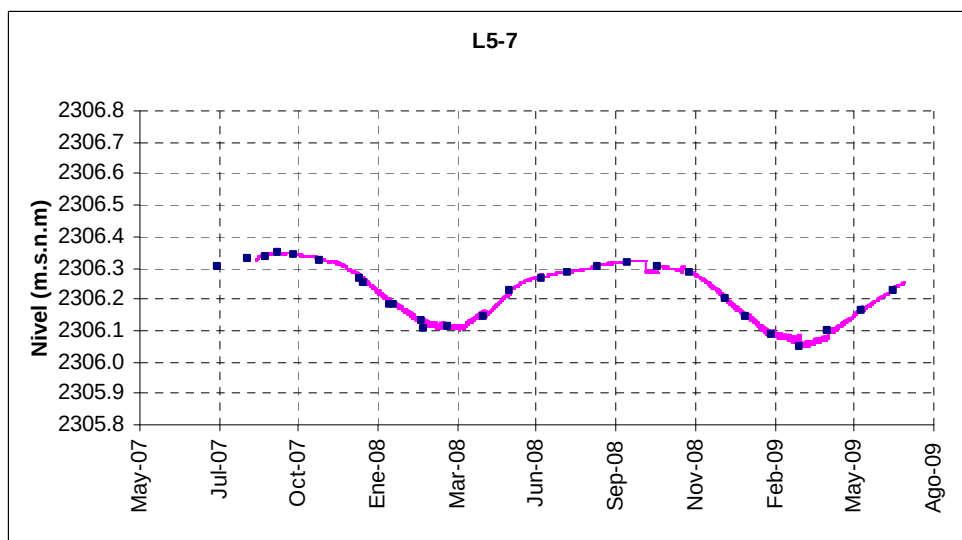


Figura 4.2-48. Nivel mensual observado en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

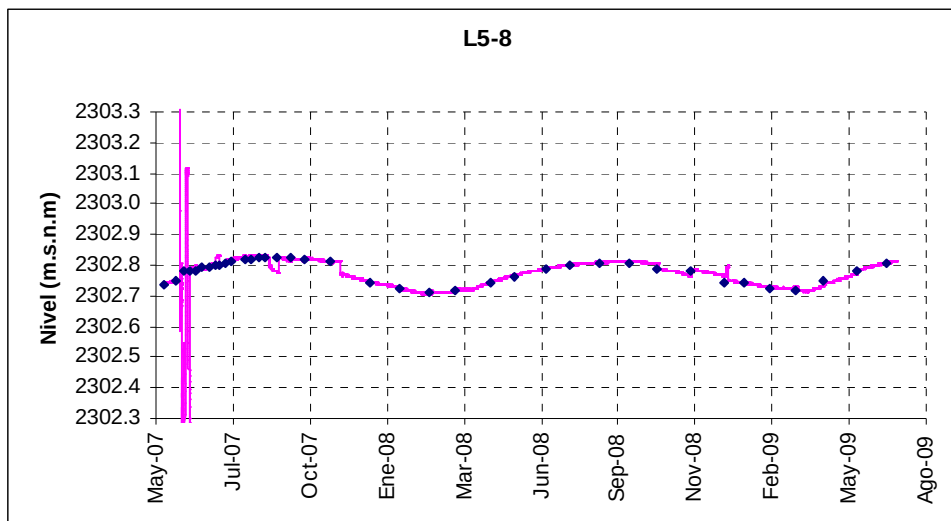


Figura 4.2-49. Nivel observado en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

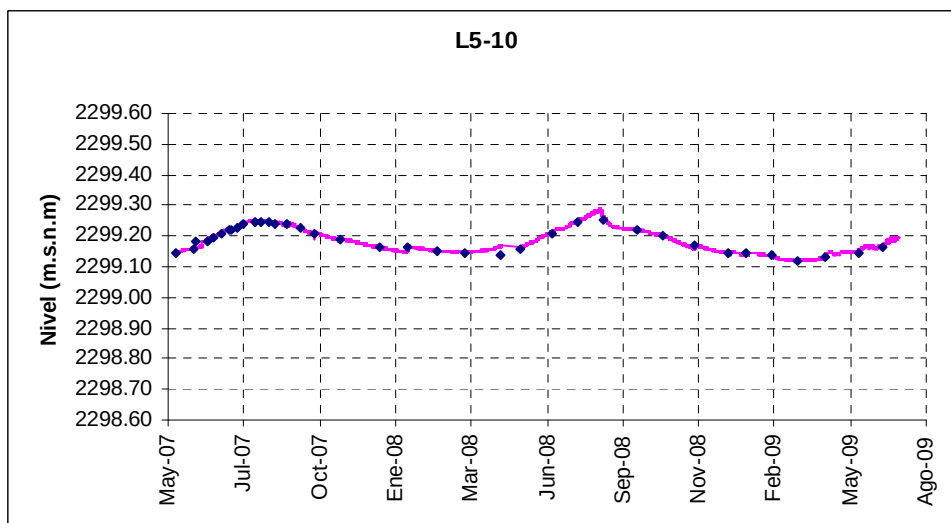


Figura 4.2-50. Nivel observado en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

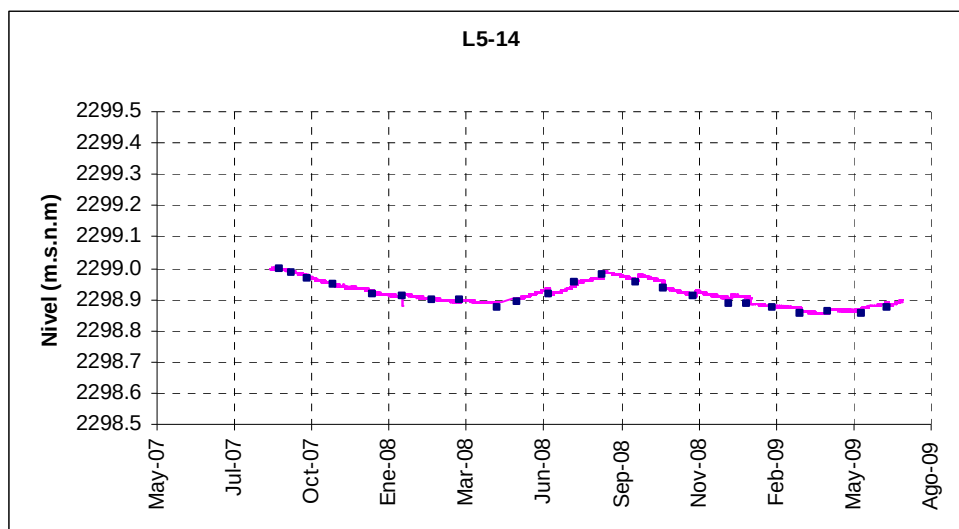


Figura 4.2-51. Nivel mensual observado en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

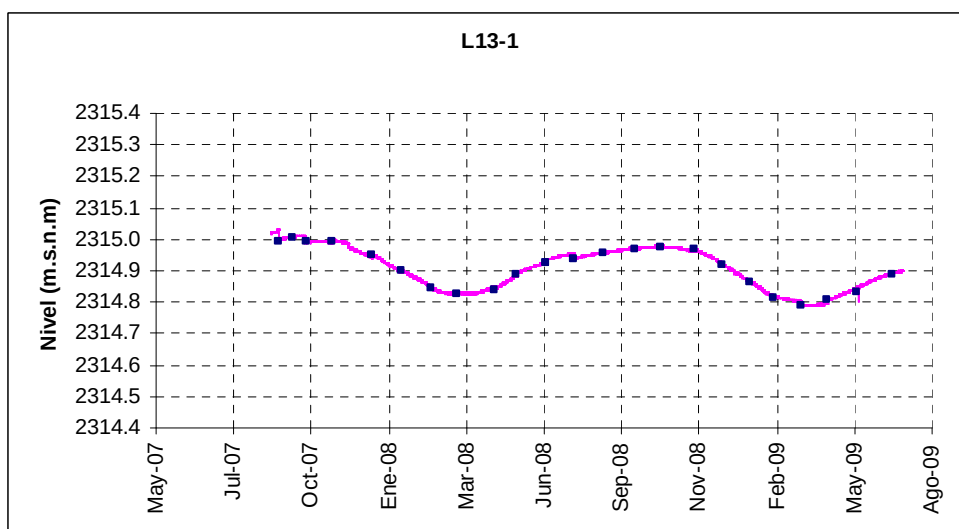


Figura 4.2-52. Nivel mensual observado en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

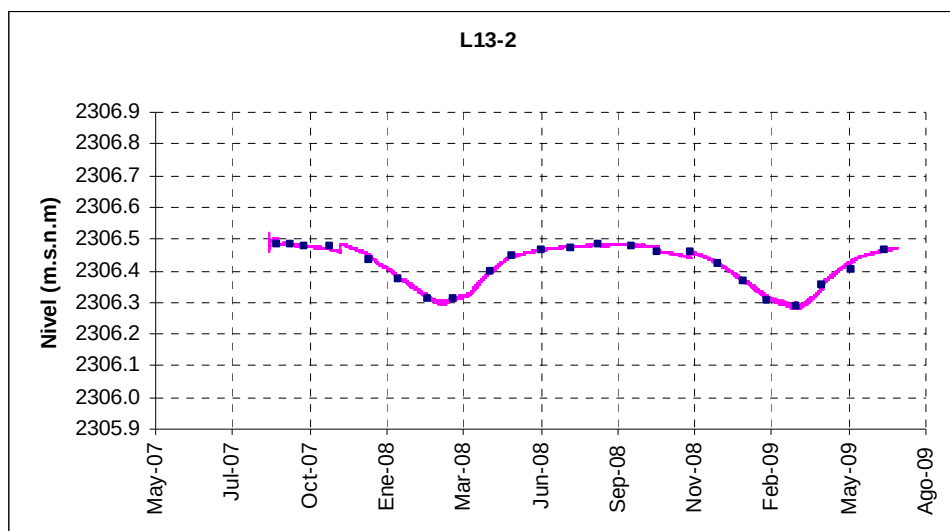


Figura 4.2-53. Nivel mensual observado en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

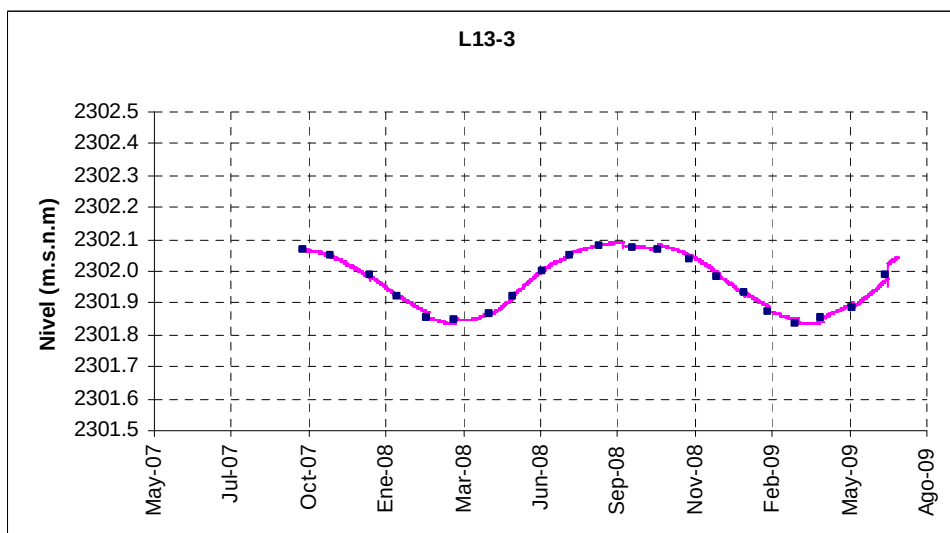


Figura 4.2-54. Nivel mensual observado en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

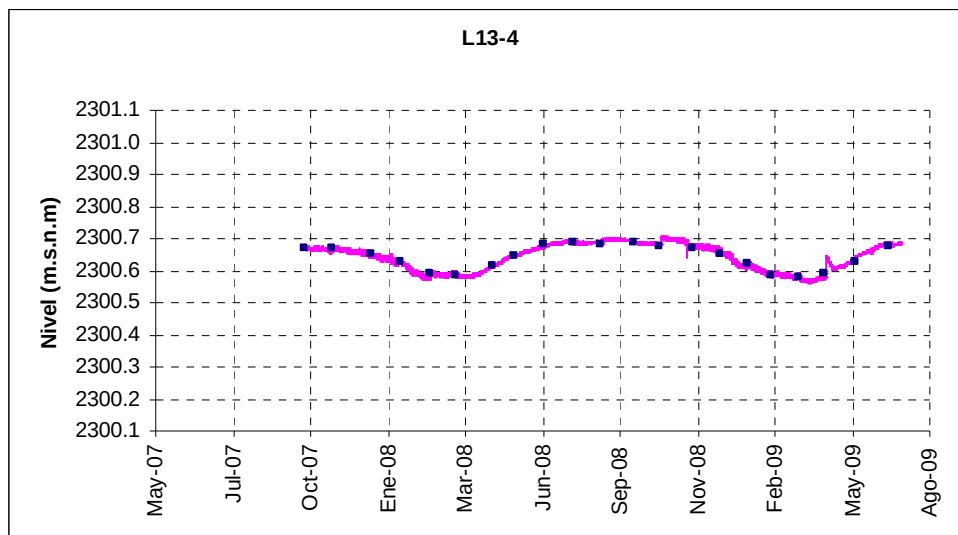


Figura 4.2-55. Nivel mensual observado en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

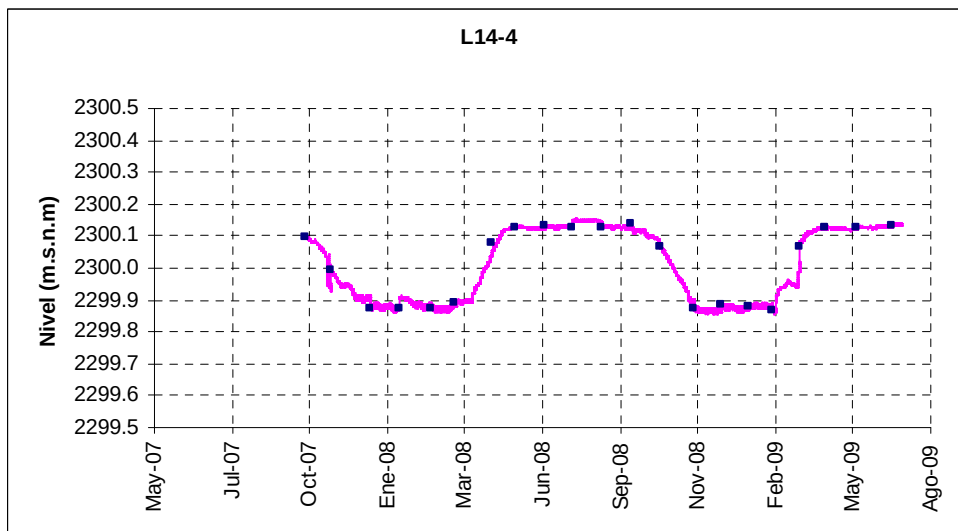


Figura 4.2-56. Nivel mensual observado en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

4.2.1.5 Pozos de salmuera

Desde la Figura 4.2-57 a la Figura 4.2-62 se presentan los pozos del PSAH del sistema Aguas de Quelana catalogados como de salmuera. En general, todos aquellos pozos que cuentan con registros históricos extensos muestran una disminución en la variación del nivel con respecto al tiempo, lo cual sugeriría una tendencia a la estabilización durante el último año, luego de años de descensos marcados.

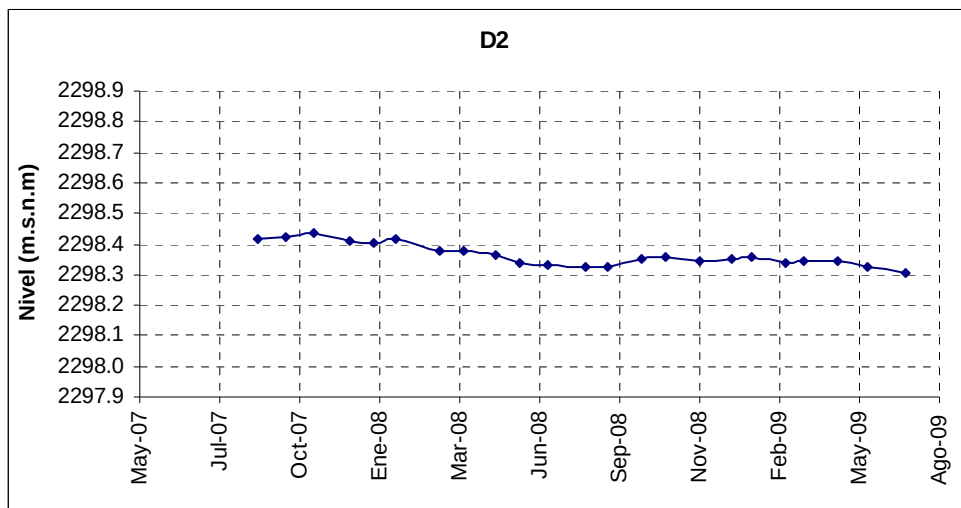


Figura 4.2-57. Nivel mensual observado en el pozo D2.

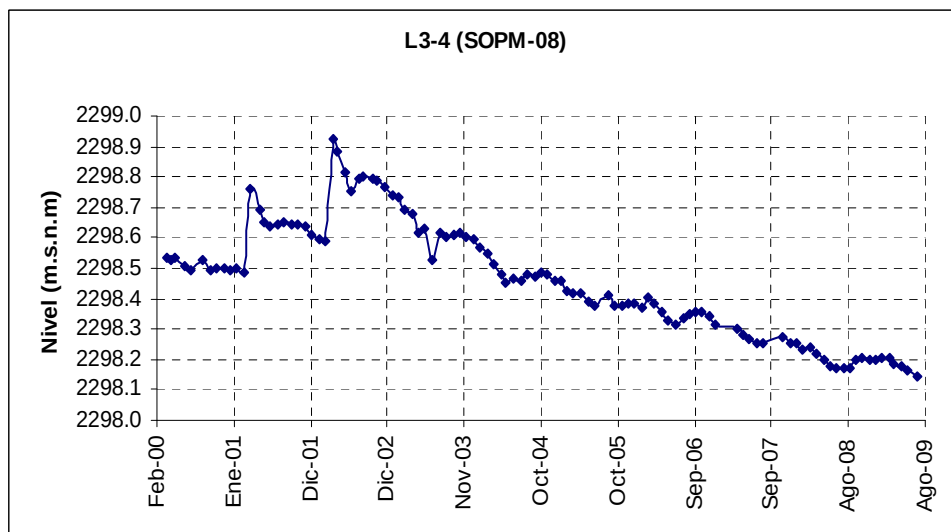


Figura 4.2-58. Nivel mensual observado en el pozo L3-4 (SOPM-8).

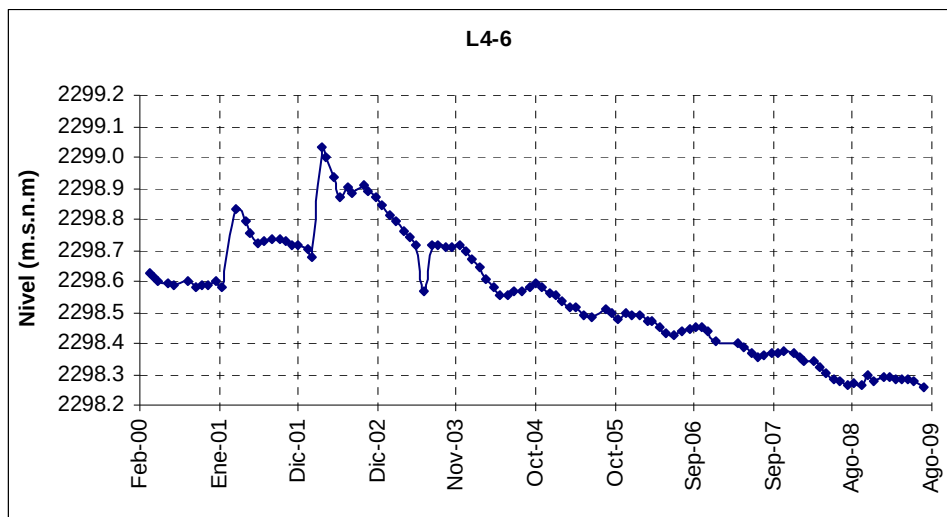


Figura 4.2-59. Nivel mensual observado en el pozo L4-6.

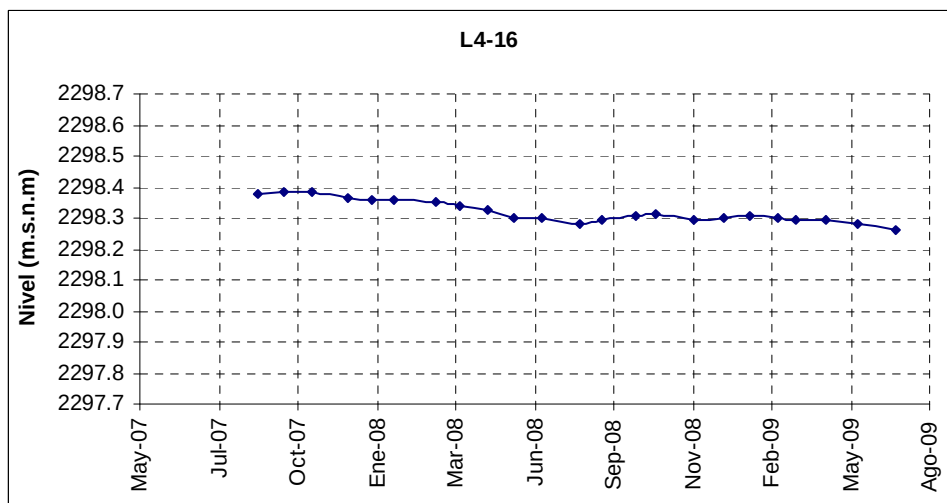


Figura 4.2-60. Nivel mensual observado en el pozo L4-16.

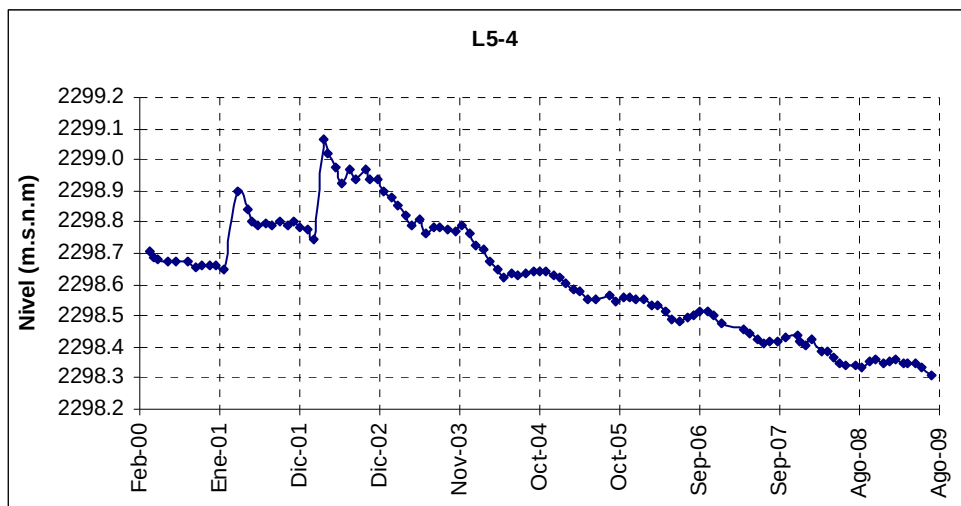


Figura 4.2-61. Nivel mensual observado en el pozo L5-4.

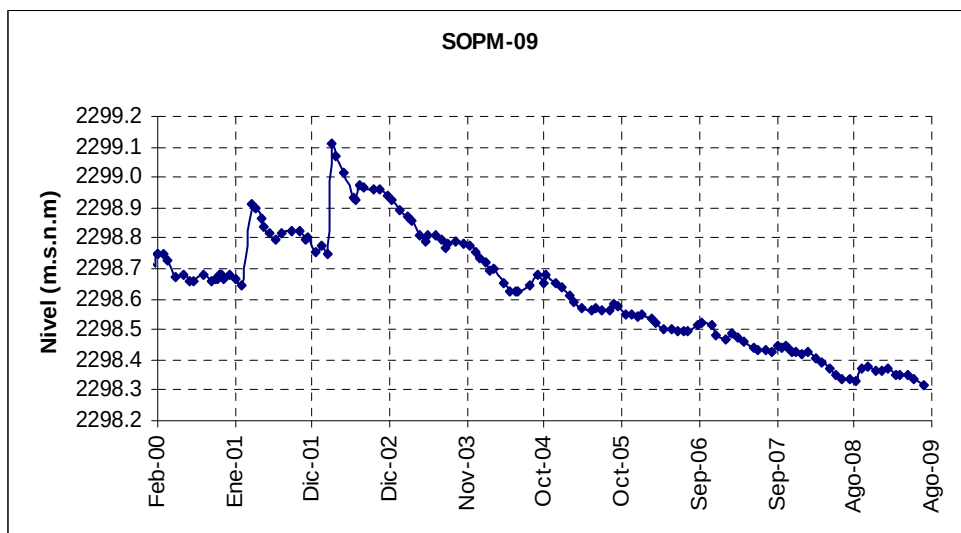


Figura 4.2-62. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-9.

4.2.1.6 Pozos de bombeo

En la Figura 4.2-63 y Figura 4.2-64 se presentan los niveles observados en los pozos de bombeo Camar 2 y Socaire 5B, respectivamente. En el pozo Camar 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.

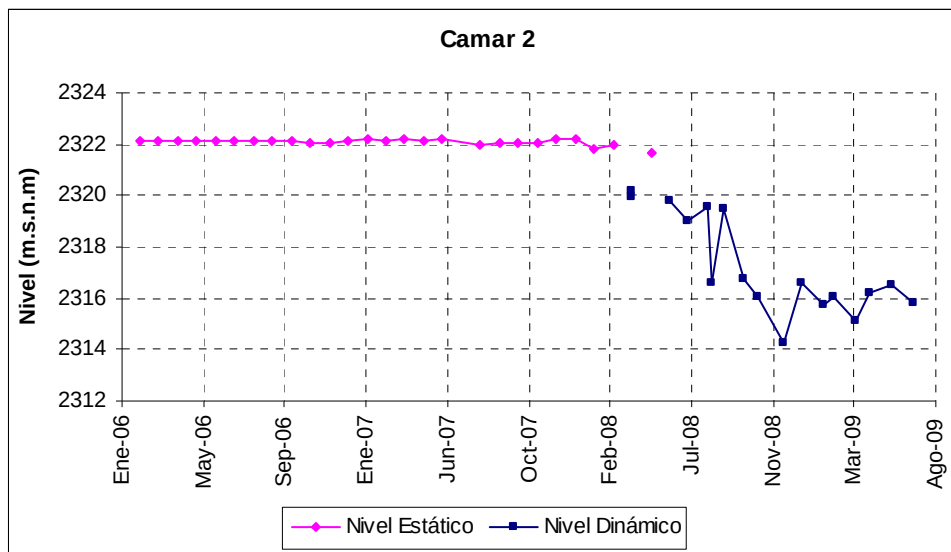


Figura 4.2-63. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Camar-2.

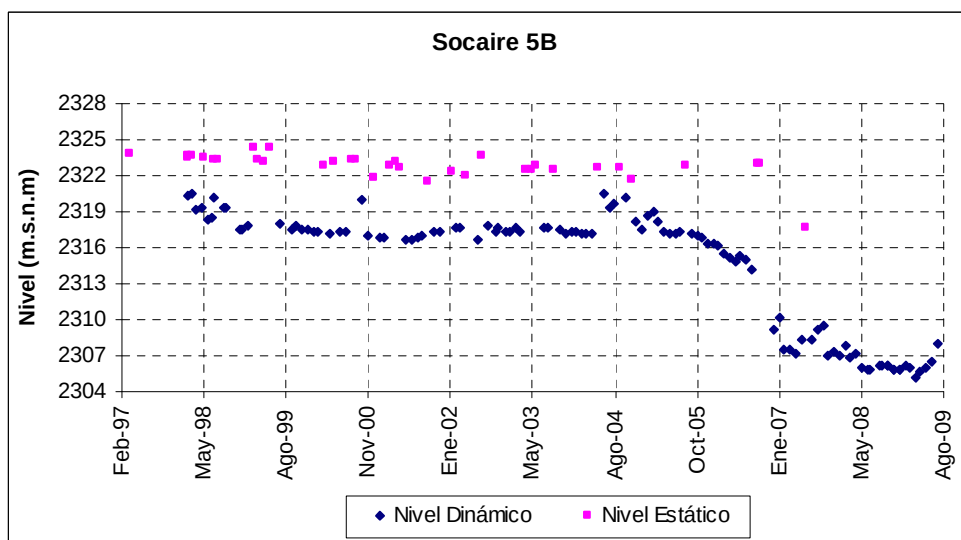


Figura 4.2-64. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Socaire 5B.

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.

4.2.2 Volumen bombeado

En el sector aguas arriba del sistema Aguas de Quelana se explota agua industrial desde los pozos Camar 2 y Socaire 5B, cuyos volúmenes extraídos se presentan en la Figura 4.2-65 y Figura 4.2-66, respectivamente. Cabe indicar que el pozo Camar 2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008.

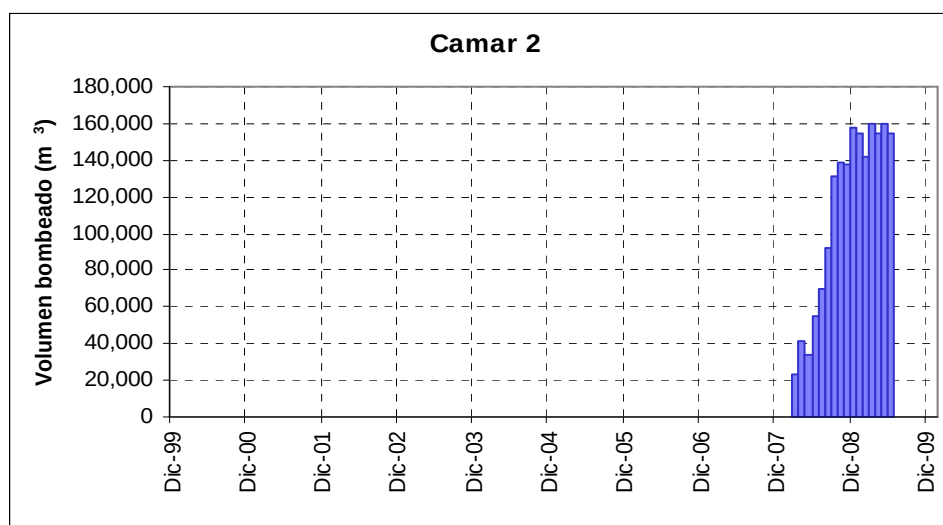


Figura 4.2-65. Volumen mensual bombeado desde el pozo Camar 2.

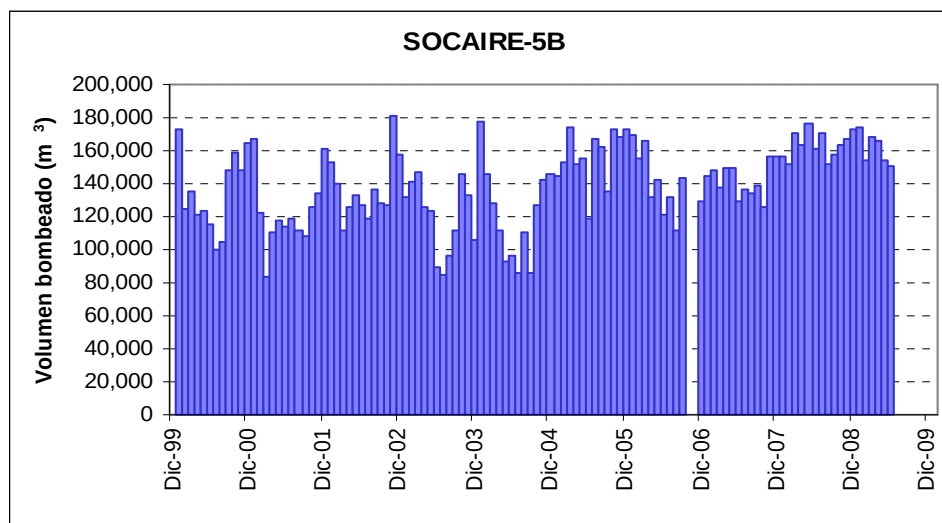


Figura 4.2-66. Volumen mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B.

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 Tabla 4.2-2 a Tabla 4.2-19. Los análisis fueron realizados por el laboratorio ALS Environmental, cuyos certificados se adjuntan en el Anexo 7.4. 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.

Tabla 4.2-2. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L4-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	61,3	9,13	1,024
27-04-2008	60,4	9,06	1,025
12-03-2008	59,7	8,87	1,025
15-10-2008	57,2	8,87	1,022
01-02-2009	18,69	6,51	1,005
26-04-2009	18,65	6,07	1,004

Tabla 4.2-3. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L4-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (Kg/L)
01-08-2007	82,2	46.000	15	46.210	9,10	1,07
31-10-2007	94,2	43.800	34	44.600	9,11	1,03
13-02-2008	84	59.900	38	61.400	9,09	1,02
27-04-2008	84	63.000	230	85.500	9,28	1,02
12-07-2008	85	39.000	30	44.000	8,9	1,028
15-10-2008	57,72	36.300	24	37.120	8,64	1,10
01-02-2009	18,36	9.500	86	10.000	4,78	1,0
26-04-2009	18,12	11.941	100	12.000	5,00	1,0

Tabla 4.2-4. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L4-6

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	240	7,12	1,219
28-04-2008	230	7,08	1,224
13-07-2008	231	7,14	1,222
16-10-2008	233	7,40	1,200
02-02-2009	242	6,53	1,217
27-04-2009	226	6,65	1,217

Tabla 4.2-5. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L4-6

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (Kg/L)
31-07-2007	619	413.000	31	413.450	7,09	1,23
31-10-2007	613	498.000	634	498.700	7,06	1,22
13-02-2008	653	578.000	41	608.000	7,11	1,23
28-04-2008	610	588.000	2.030	627.000	7,33	1,22
13-07-2008	616	384.000	30	426.000	7,08	1,22
16-10-2008	236,55	185.002	8	192.210	7,15	1,20
02-02-2009	237	181.500	92	225.000	7,03	1,2
27-04-2009	236	172.280	334	179.300	6,91	1,1

Tabla 4.2-6. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L4-8

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	143,1	6,84	1,085
27-04-2008	73,5	7,38	1,044
12-07-2008	57,8	7,57	1,027
01-02-2009	83,4	7,65	1,040
26-04-2009	77,6	7,43	1,041

Tabla 4.2-7. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L4-8

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	125	74.000	1.060	76.000	7,88	1,06
31-10-2007	97	59.400	43	60.500	7,75	1,03
14-02-2008	265	262.000	93	282.000	6,87	1,09
27-04-2008	127	110.800	170	131.200	7,51	1,04
12-07-2008	78	34.000	211	36.000	7,38	1,024
17-10-2008	81,38	65.915	10	70.101	7,45	1,30
01-02-2009	85,3	73.400	<3	74.800	7,51	1,0
26-04-2009	85,1	62.123	58	64.500	7,20	1,0

Tabla 4.2-8. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L4-9

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	146,2	7,25	1,086
27-04-2008	88,1	8,03	1,058
12-07-2008	141,5	7,44	1,080
17-10-2008	123,4	8,43	1,068
01-02-2009	113,4	8,16	1,590
26-04-2009	97,3	8,08	1,065

Tabla 4.2-9. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L4-9

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	150	96.000	12	96.540	8,25	1,09
31-10-2007	157	114.000	10	114.700	8,24	1,06
14-02-2008	284	282.000	13	311.000	7,17	1,09
27-04-2008	165	141.000	290	169.000	7,74	1,15
12-07-2008	235	105.000	13	119.000	7,29	1,08
17-10-2008	120,46	111.000	8	125.250	8,25	1,20
01-02-2009	114,8	101.500	98	109.000	7,99	1,0
26-04-2009	116,9	88.025	60	93.500	7,76	1,0

Tabla 4.2-10. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L4-12

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
13-02-2008	208	7,42	1,206
28-04-2008	193,5	7,72	1,161
13-07-2008	219	7,73	1,171
16-10-2008	192,3	8,20	1,137
01-02-2009	181,6	7,95	1,126
27-04-2009	172,5	7,11	1,127

Tabla 4.2-11. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L4-12

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	415	254.000	56	254.300	7,82	1,16
31-10-2007	414	321.000	379	321.900	7,77	1,15
13-02-2008	573	442.000	47	462.000	7,40	1,20
28-04-2008	448	422.000	730	452.000	7,94	1,15
13-07-2008	459	203.000	40	216.000	7,72	1,16
16-10-2008	200,58	150.435	4	155.220	7,85	1,10
01-02-2009	189,2	99.000	30	106.500	7,75	1,1
27-04-2009	192,8	136.888	254	142.000	7,59	1,0

Tabla 4.2-12. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L5-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	4,06	7,82	1,001
28-04-2008	3,15	7,86	1,001
13-07-2008	4,16	7,95	1,002
17-10-2008	4,58	8,11	1,001
01-02-2009	3,61	8,56	1,000
26-04-2009	3,24	7,86	1,000

Tabla 4.2-13. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L5-3

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	4,13	2.770	256	3.170	8,03	1,01
31-10-2007	4,4	2.470	1.355	3.940	7,96	0,97
14-02-2008	4,2	3.790	211	3.910	7,84	1,00
28-04-2008	4,0	3.870	300	4.110	8,14	0,992
13-07-2008	4,2	4.080	340	4.160	7,86	1,00
17-10-2008	4,18	2.640	372	2.696	8,09	1,00
01-02-2009	4,15	2.480	21	2.632	7,81	1,0
26-04-2009	4,16	2.698	83	2.832	7,82	1,0

Tabla 4.2-14. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozos de bombeo Camar

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
11-02-2008	2,34	7,67	1,002
29-04-2008	2,99	7,79	1,002
12-07-2008	2,38	7,38	1,000
13-10-2008	2,38	7,40	1,000
03-02-2009	2,57	7,16	1,000
26-04-2009	2,65	7,49	1,000

Tabla 4.2-15. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo de bombeo Camar 2

Fecha de muestreo	Alcalinidad bicarbonato (mg/l)	Alcalinidad carbonato (mg/L)	Alcalinidad total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Nitrógeno nitrato (mg/L)	pH (pH)	Sodio total (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Potasio total (mg/L)	Zinc total (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Densidad (kg/L)
24-07-2007	31	40	71	<0,005	85	7.420	0,3	0,43	377	0,9	9,0	3.530	19.500	330	350	<0,01	2,29	1,10
24-10-2007	47	24	71	0,015	123	6.570	0,6	0,41	280	1,8	8,6	3.300	15.600	279	420	0,28	2,55	1,10
11-02-2008	510	<1	510	0,045	110	208	0,2	<0,01	99	0,8	7,8	275	2.180	598	15	0,09	2,38	1,00
29-04-2008	525	<1	525	0,039	102	265	0,2	<0,01	49	0,7	8,0	325	2.090	384	14	0,08	2,39	1,00
12-07-2008	559	<1	559	0,214	97	250	0,3	<0,01	94	0,58	7,4	302	1.600	520	16	<0,01	2,38	0,98
13-10-2008	560	<1	560	0,768	92,2	297,3	<0,03	<0,005	107,7	2,80	7,4	330	1.620	559	17,32	0,01	2,46	1,00
03-02-2009	358	<1	358	0,435	127,5	278	<0,03	<0,005	103,2	2,80	7,72	207,8	1.628	613	10,37	0,035	2,41	1,0
26-04-2009	541	<1	541	0,026	255	309,6	<0,03	<0,005	93	2,7	7,16	220,0	1.648	379	17,02	0,040	2,49	-

Tabla 4.2-16. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Pozos de bombeo Socaire 5B

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
11-02-2008	3,48	7,08	1,002
29-04-2008	3,62	6,91	1,001
12-07-2008	3,27	6,89	1,000
13-10-2008	3,23	7,27	1,000
01-02-2009	3,62	7,92	1,000
26-04-2009	3,55	7,10	1,000

Tabla 4.2-17. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo de bombeo Socaire 5B

Fecha de muestreo	Alcalinidad bicarbonato (mg/l)	Alcalinidad carbonato (mg/L)	Alcalinidad total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Nitrógeno nitrato (mg/L)	pH (pH)	Sodio total (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Potasio total (mg/L)	Zinc total (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Densidad (Kg/L)
24-07-2007	527	<1	527	3,14	38	523	<0,05	<0,01	51	1,6	6,9	450	2.580	858	31	<0,01	3,5	0,999
24-10-2007	495	<1	495	8,25	85	485	<0,05	<0,01	60	1,6	7,1	590	2.360	738	37	0,03	3,6	1,00
11-02-2008	620	<1	620	0,069	93	452	0,49	<0,01	59	0,5	7,4	610	3.140	750	46	<0,01	3,4	0,988
29-04-2008	390	<1	390	0,29	104	530	0,14	<0,01	31	0,4	7,4	581	2.980	485	38	0,1	3,3	0,99
12-07-2008	522	<1	522	1,41	88	490	0,14	<0,01	53	0,3	7,0	585	2.140	690	37	0,09	3,3	0,99
13-10-2008	505	<1	505	3,78	67,8	541	<0,03	<0,005	52	1,6	7,1	590	2.172	600	35	0,01	3,3	1,00
01-02-2009	446	<1	446	3,091	117,6	497	<0,03	<0,005	52,26	1,7	7,7	502,0	2.080	702	26,64	<0,005	3,20	-
26-04-2009	501	<1	501	0,842	124,8	543,9	<0,03	<0,005	60,21	1,9	7,2	457,0	2.100	453	44,81	0,072	3,34	-

Tabla 4.2-18. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L4-10

Fecha de muestreo	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	37,0	165,7	7,95	1,087
27-04-2008	4,08	91	8,28	1,053
13-07-2008	4,6	34,5	8,5	1,015
17-10-2008	1,7	46	8,79	1,020
03-02-2009	0,04	188,6	7,94	1,103
28-04-2009	s/d	101,7	8,03	1,052

s/d: bajo el límite de detección

Tabla 4.2-19. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L4-10

Fecha de muestreo	Alcalinidad Bicarbonato (mg/L)	Alcalinidad Carbonato (mg/L)	Alcalinidad Total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Dureza total (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Nitrógeno Nitrato (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH (pH)	Potasio total (mg/L)	Salinidad (%)	Sodio Total (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Temperatura (°C)
01-08-2007	395	22	417	1,8	167	12.920	2.737	1,1	669	1,8	<1	8,5	1.100	28,8	7.150	30.900	12	29.500	1.990	9
31-10-2007	355	<1	355	2,6	147	17.600	3.159	2,4	805	3,1	<1	8,3	3.680	55,9	9.990	42.800	13	42.800	2.310	19
14-02-2008	837	<1	837	1,4	714	76.900	18.172	1,6	3.980	9,6	12	8,0	6.710	>100	37.500	236.000	33	206.000	10.470	20
27-04-2008	259	<1	259	1,0	334	38.290	4.052	0,6	928	<0,01	<1	8,4	3.770	>100	22.600	143.000	260	143.000	5.130	19
13-07-2008	418	<1	418	0,79	125	13.400	2.906	<0.05	n.m.	<0,01	<1	8.27	1.200	28	7.000	29.400	60	25.600	2.000	20
17-10-2008	93	<1	93	2,3	166	20.970	3.176	0,4	802	2,4	0,5	8,5	1.565	45,5	9.875	36.560	123	28.000	613	23
02-03-2009	775	<1	775	11,6	623	84.997	20.337	1,68	4.561	8,5	<0,1	7,92	7.912	>100	42.938	157.400	26	154.000	11.883	21,5
28-04-2009	478	<1	478	1,65	228	43.766	109.933	1,05	2.255	5,2	1,8	8,1	4.423	>70	21.010	90.400	154	85.000	5.480	19

n.m.: no monitoreado

4.3 Sistema Peine

Los puntos de monitoreo del Sistema Peine se encuentran ubicados al sur-este 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 4.3-1 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4.3-1 se indican los puntos de monitoreo del Sistema Peine, clasificándolos 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 y nivel lacustre). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel de manera gráfica.

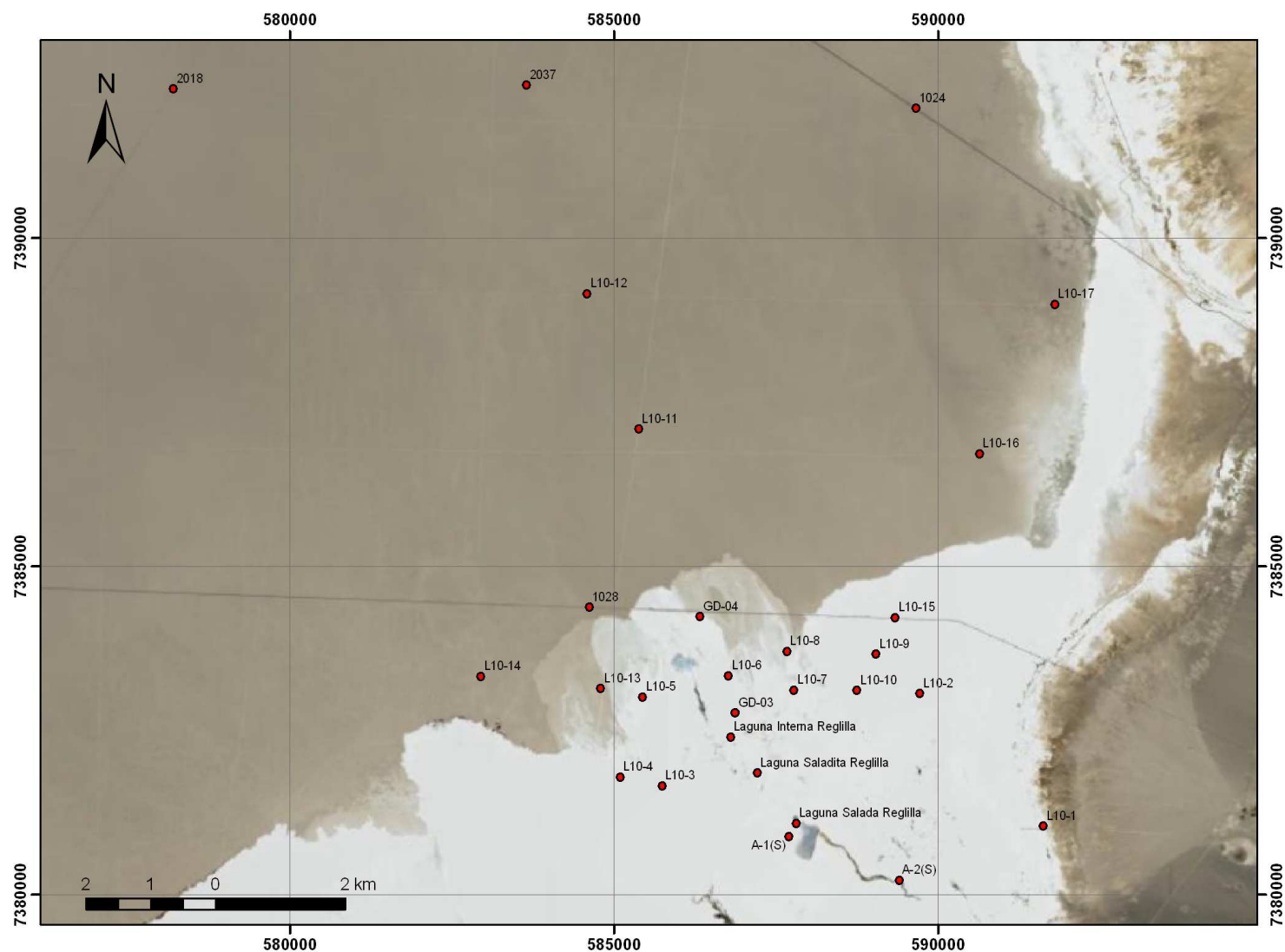


Figura 4.3-1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine.

Tabla 4.3-1. Puntos de monitoreo del Sistema Peine.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
GD-04	Zona marginal	Pozo profundo	148	GD-03	Salmuera	Pozo profundo	156
L10-1	Zona marginal	Pozo profundo	149	L10-11	Salmuera	Pozo somero	157
L10-2	Zona marginal	Pozo somero	149	L10-12	Salmuera	Pozo somero	157
L10-3	Zona marginal	Pozo somero	150	L10-13	Salmuera	Pozo somero	158
L10-4	Zona marginal	Pozo somero	150	L10-14	Salmuera	Pozo somero	158
L10-5	Zona marginal	Pozo somero	151	L10-16	Salmuera	Pozo somero	159
L10-6	Zona marginal	Pozo somero	151	L10-17	Salmuera	Pozo somero	159
L10-7	Zona marginal	Pozo somero	152	Laguna Salada Reglilla	Zona marginal	Lacustre	160
L10-8	Zona marginal	Pozo somero	152	Laguna Saladita Reglilla	Zona marginal	Lacustre	161
L10-9	Zona marginal	Pozo somero	153	Laguna Interna Reglilla	Zona marginal	Lacustre	161
L10-10	Zona marginal	Pozo somero	153	Aforo Salada	Zona marginal	Aforo	168
L10-15	Zona marginal	Pozo somero	154	Aforo Saladita	Zona marginal	Aforo	170
1024	Salmuera	Pozo somero	154				
1028	Salmuera	Pozo profundo	155				
2018	Salmuera		155				
2037	Salmuera	Pozo somero	156				

4.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presentan 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 4.3-3) es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina y será presentado sólo en esta sección.

4.3.1.1 Pozos de zona marginal

La información recopilada en los primeros años de monitoreo muestra un comportamiento distintos al observado en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, ya que no se observa un comportamiento claramente estacional en el nivel del acuífero medido en estos pozos. Más bien parecen estar estables o con una leve tendencia a la baja. 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.

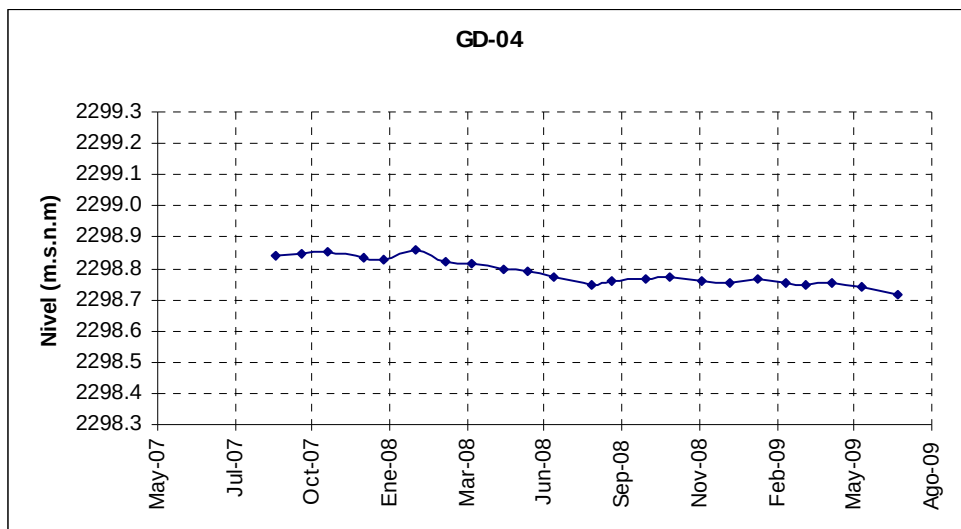


Figura 4.3-2. Nivel mensual observado en el pozo GD-04.

Posterior a un muestreo de agua prolongado en el pozo L10-1 (Figura 4.3-3), el cual se realizó con una bomba de bajo caudal, la recuperación del nivel inicial ha tardado más de lo esperado, pudiendo incluso llegar a estabilizarse en un nuevo nivel estático.

Esto se debe a que al realizar el muestreo de agua se fuerza el ingreso de salmuera de mayor densidad por la parte inferior del pozo (sección ranurada) y se extrae la que se encuentra alojada en la parte superior de la tubería alrededor de la bomba, la cual presenta menor densidad. Como resultado de lo anterior la columna total de agua/salmuera que queda al interior de la tubería ciega es más pesada, por lo cual al igualarse las presiones en la parte inferior de manera natural disminuye la altura de la columna de agua/salmuera en el interior del pozo no ranurado, lo que se refleja en una profundidad mayor desde el punto de referencia.

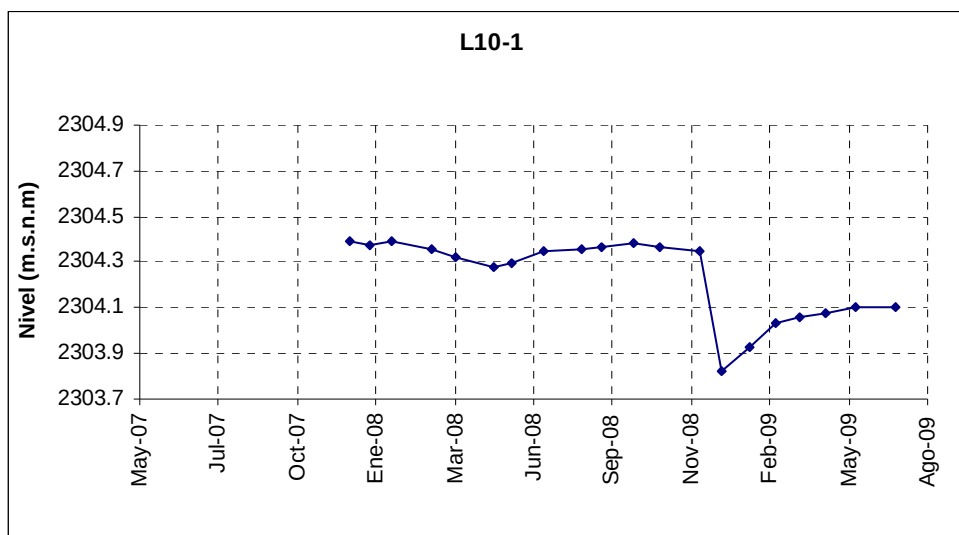


Figura 4.3-3. Nivel mensual observado en el pozo L10-1.

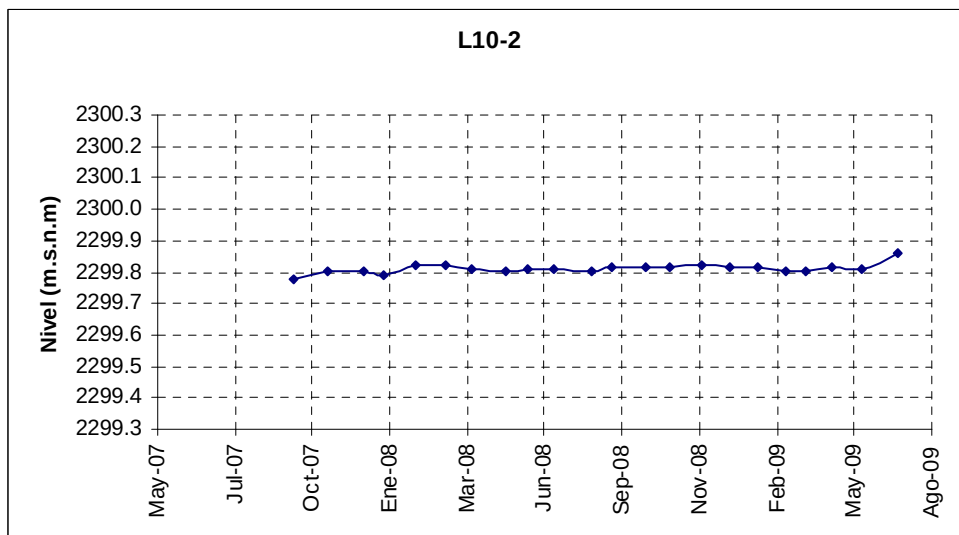


Figura 4.3-4. Nivel mensual observado en el pozo L10-2.

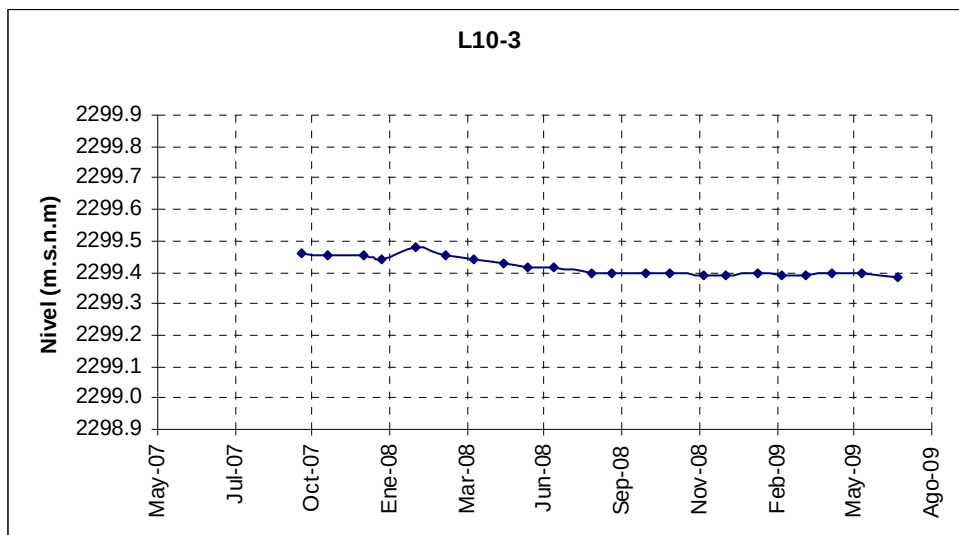


Figura 4.3-5. Nivel mensual observado en el pozo L10-3.

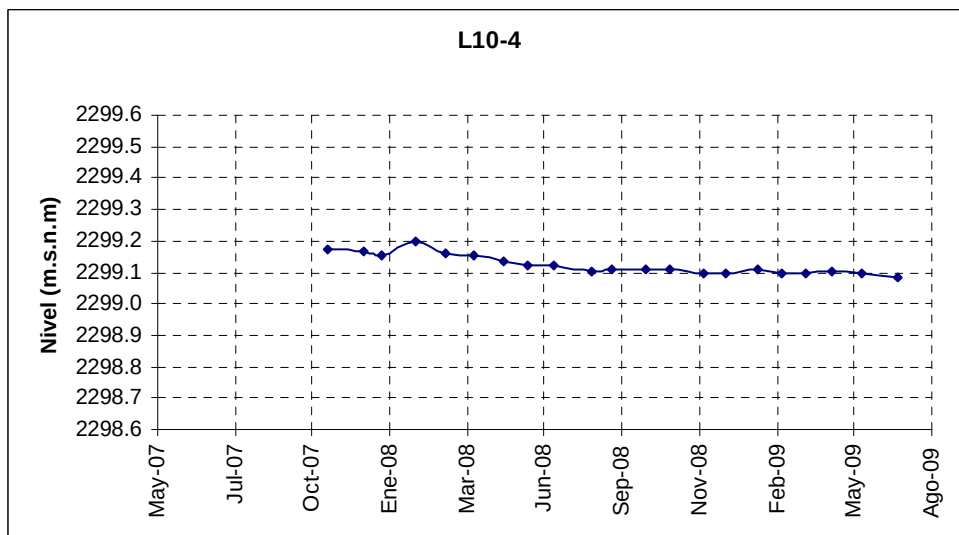


Figura 4.3-6. Nivel mensual observado en el pozo L10-4.

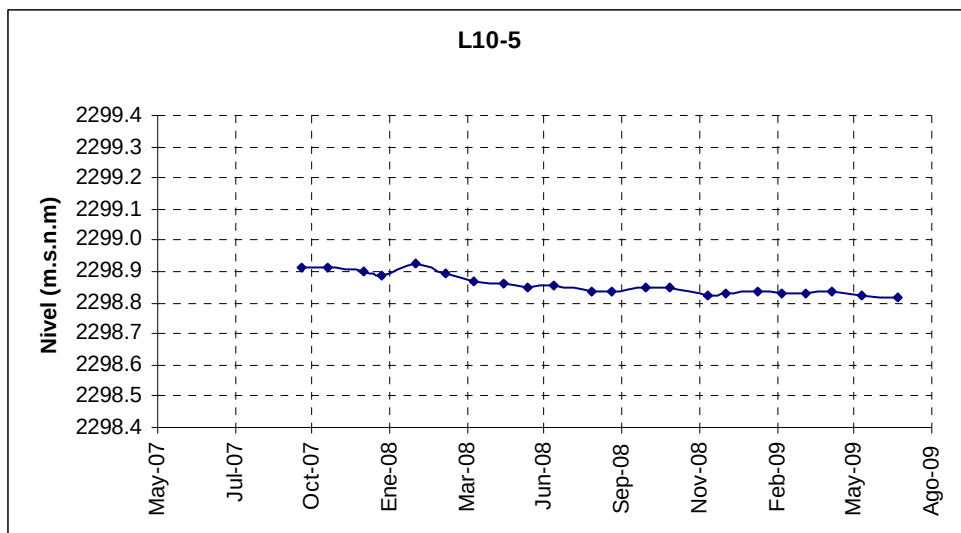


Figura 4.3-7. Nivel mensual observado en el pozo L10-5.

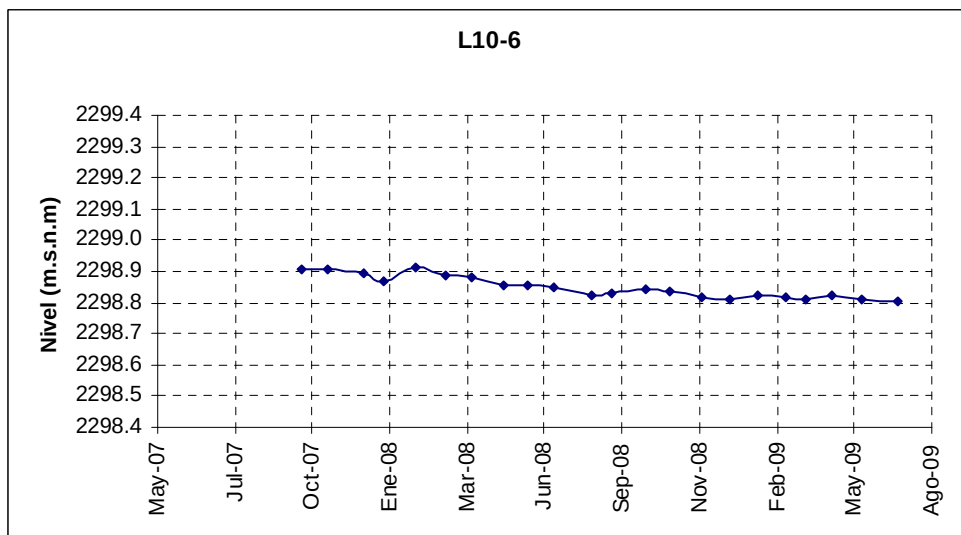


Figura 4.3-8. Nivel mensual observado en el pozo L10-6.

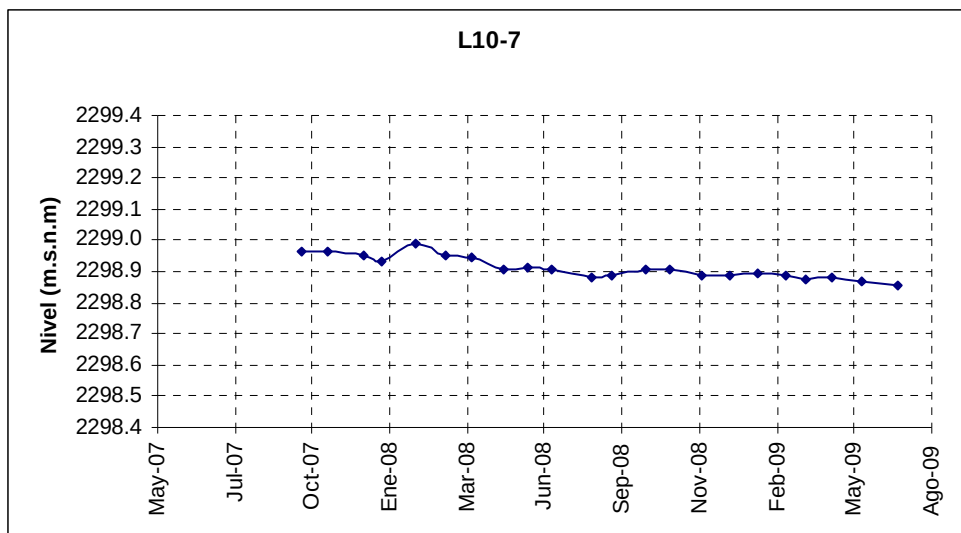


Figura 4.3-9. Nivel mensual observado en el pozo L10-7.

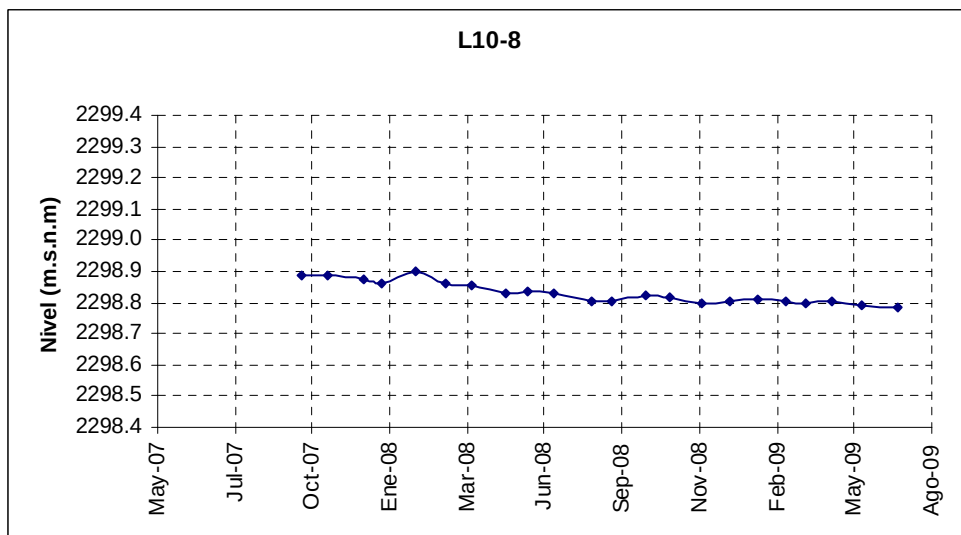


Figura 4.3-10. Nivel mensual observado en el pozo L10-8.

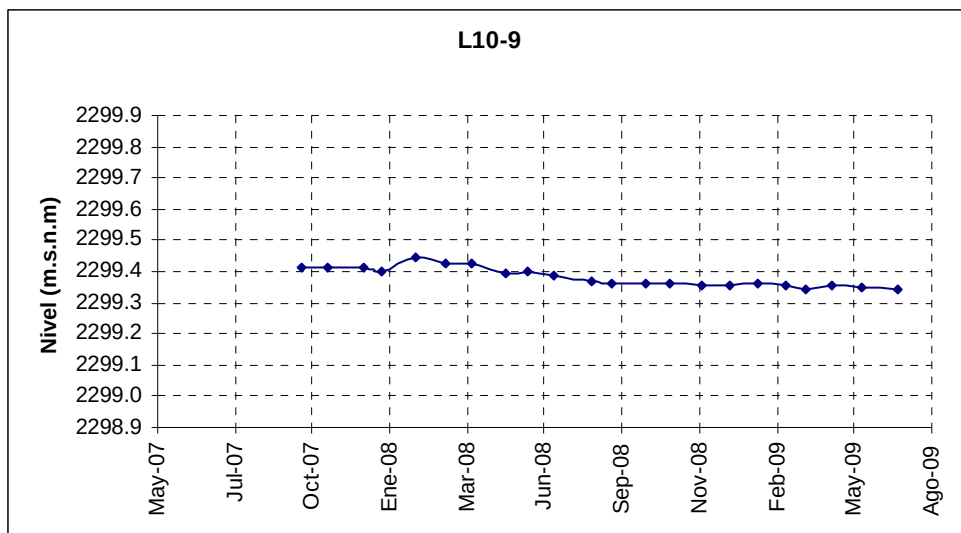


Figura 4.3-11. Nivel mensual observado en el pozo L10-9.

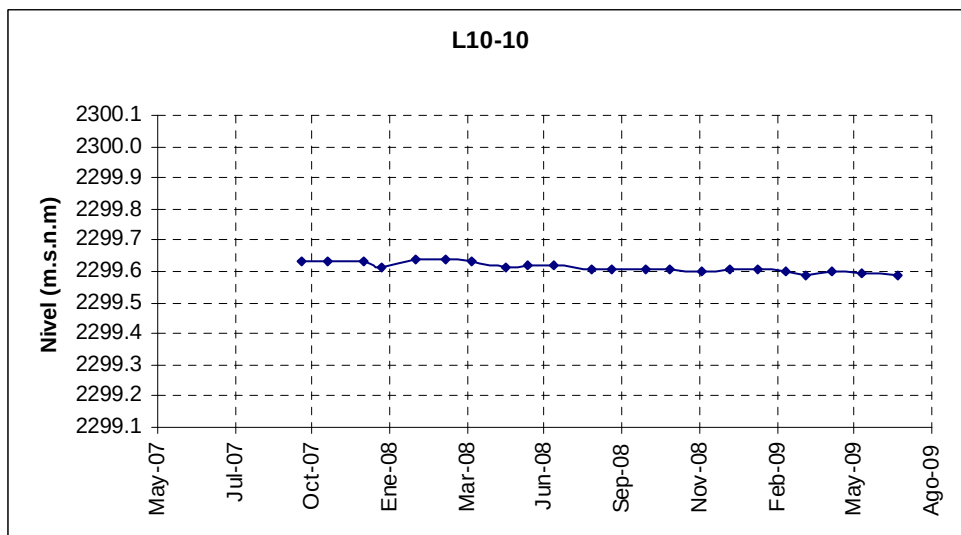


Figura 4.3-12. Nivel mensual observado en el pozo L10-10.

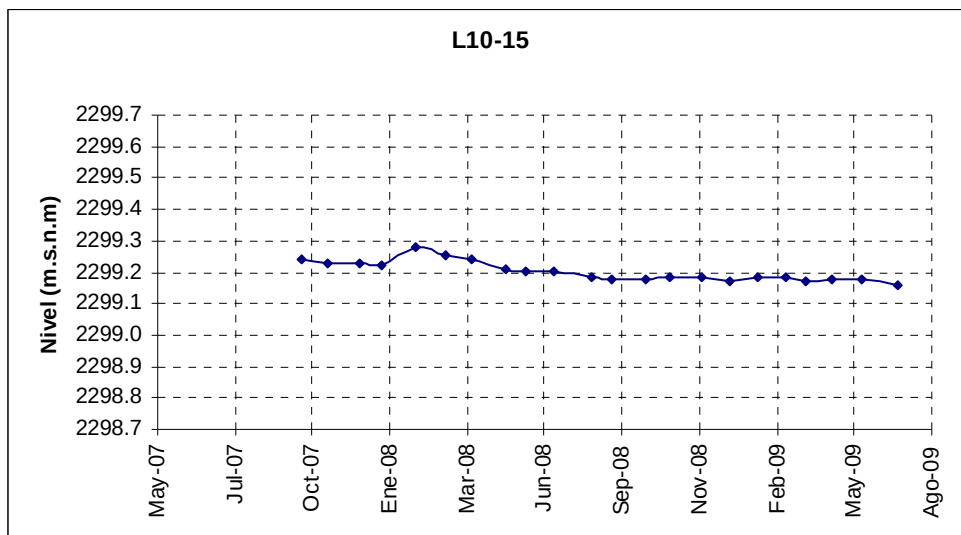


Figura 4.3-13. Nivel mensual observado en el pozo L10-15.

4.3.1.2 Pozos de salmuera

Los pozos 1024 y 1028 (Figura 4.3-15 y Figura 4.3-16) mantienen la tendencia a la baja observada. Para el resto de los pozos no es posible inferir aún una tendencia clara, sin embargo se aprecia una leve tendencia a la disminución y no se aprecia un comportamiento estacional.

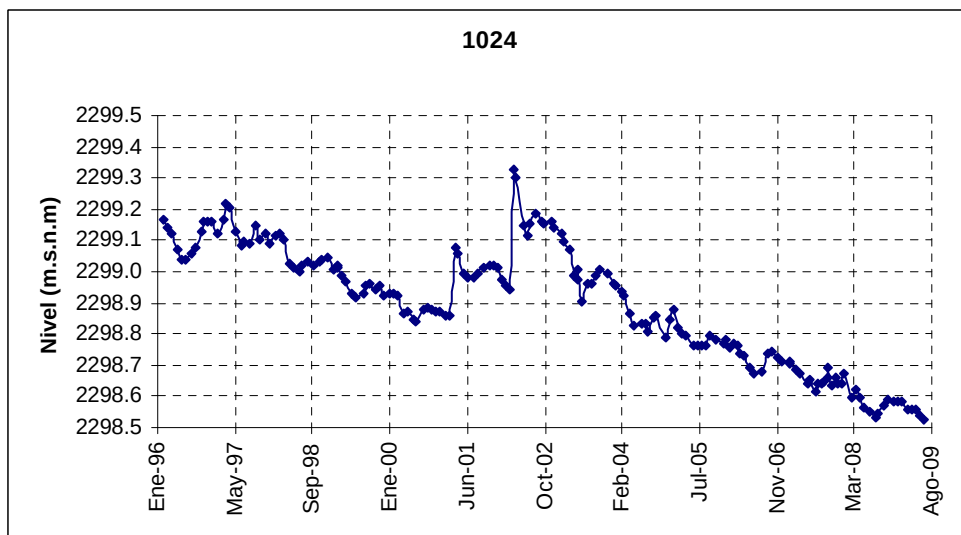


Figura 4.3-14. Nivel mensual observado en el pozo 1024.

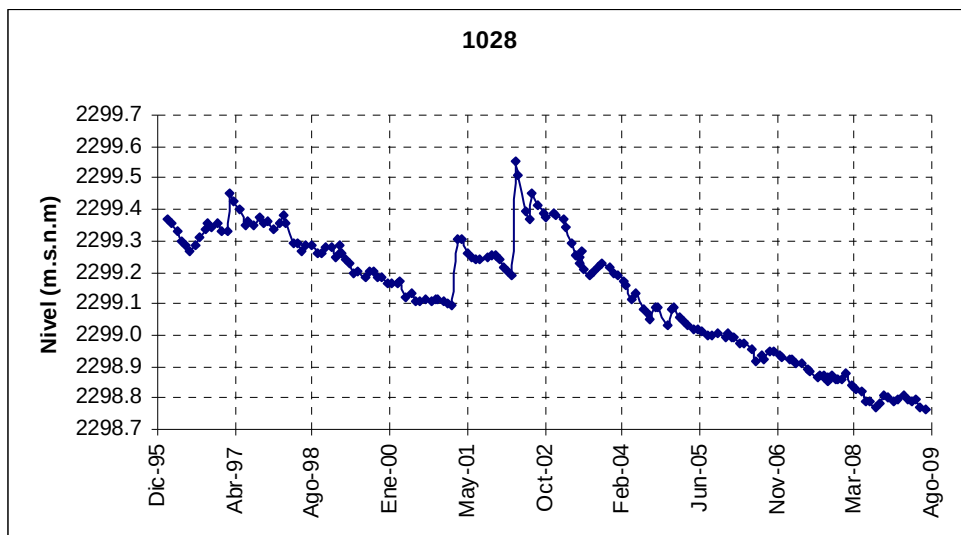


Figura 4.3-15. Nivel mensual observado en el pozo 1028.

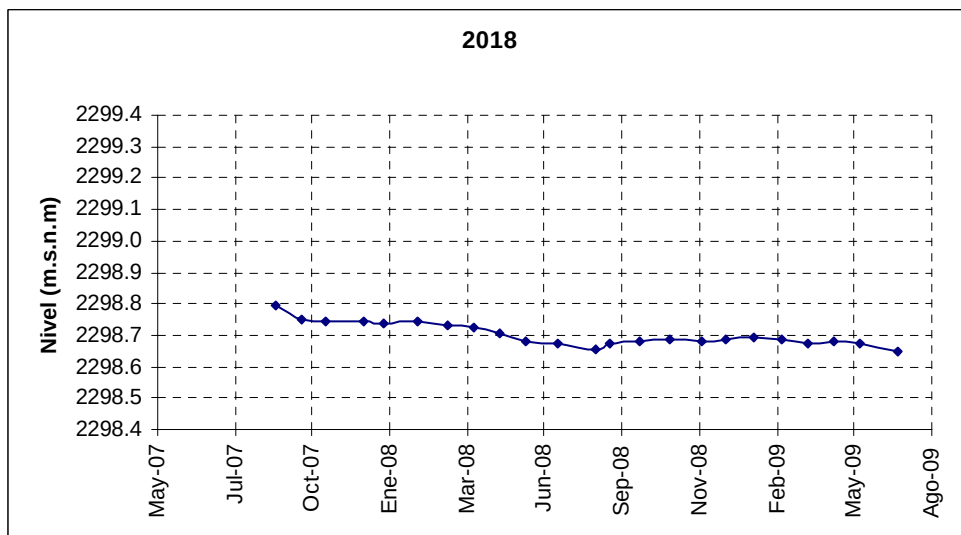


Figura 4.3-16. Nivel mensual observado en el pozo 2018.

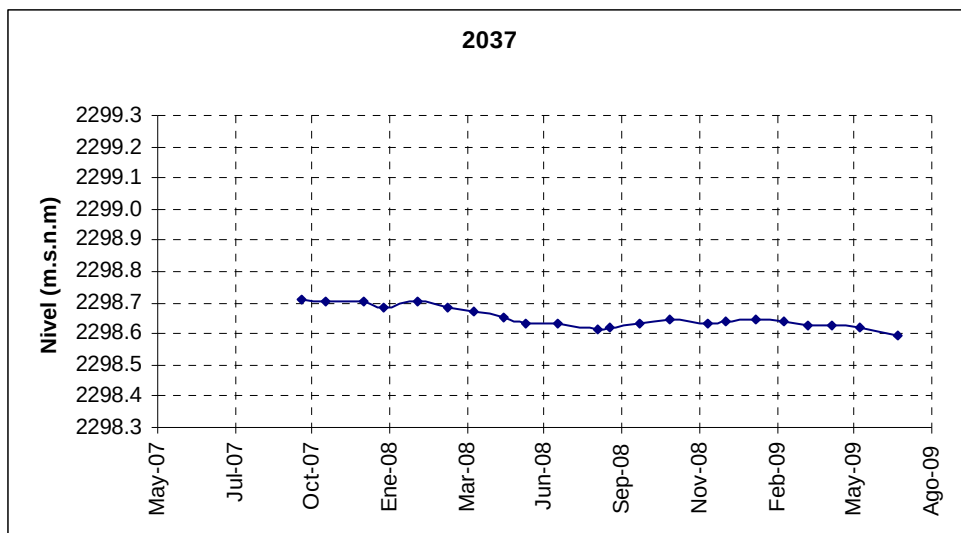


Figura 4.3-17. Nivel mensual observado en el pozo 2037.

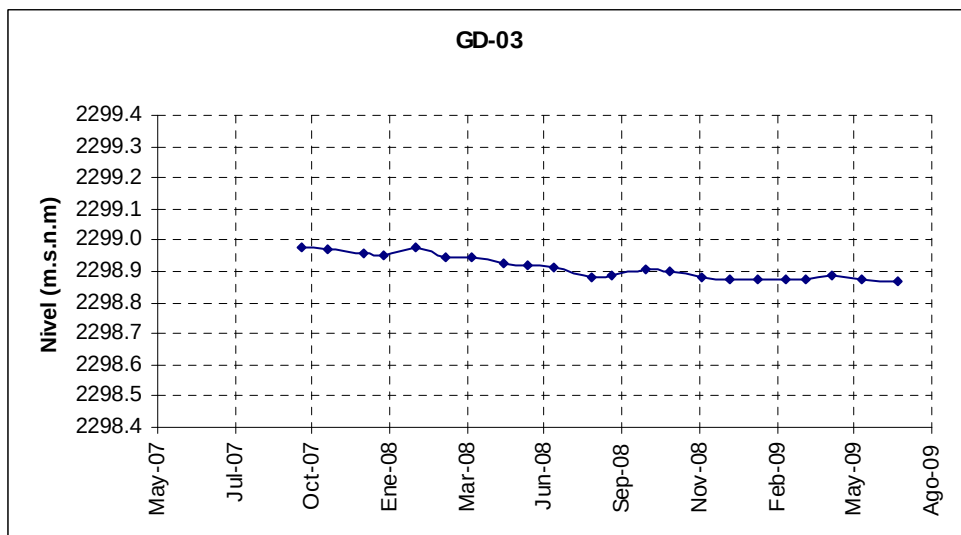


Figura 4.3-18. Nivel mensual observado en el pozo GD-03.

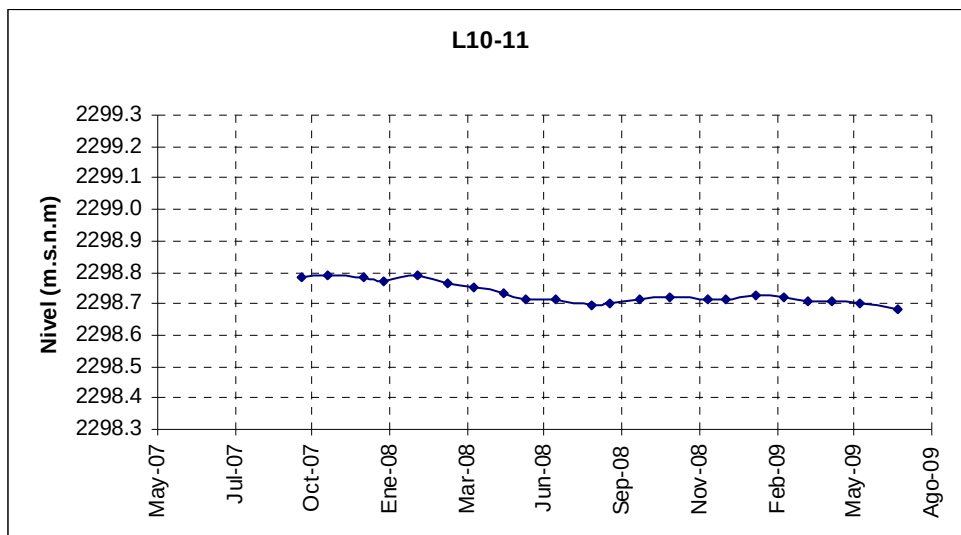


Figura 4.3-19. Nivel mensual observado en el pozo L10-11.

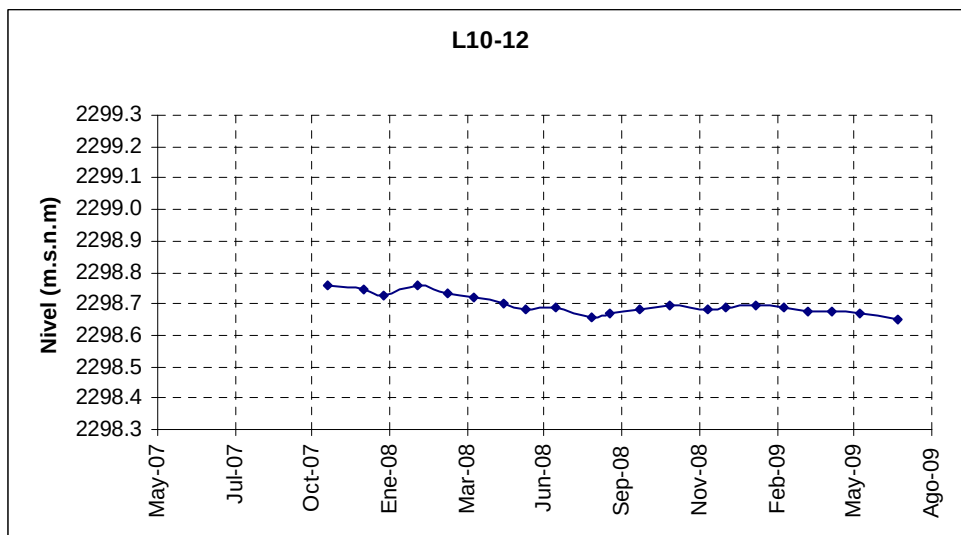


Figura 4.3-20. Nivel mensual observado en el pozo L10-12.

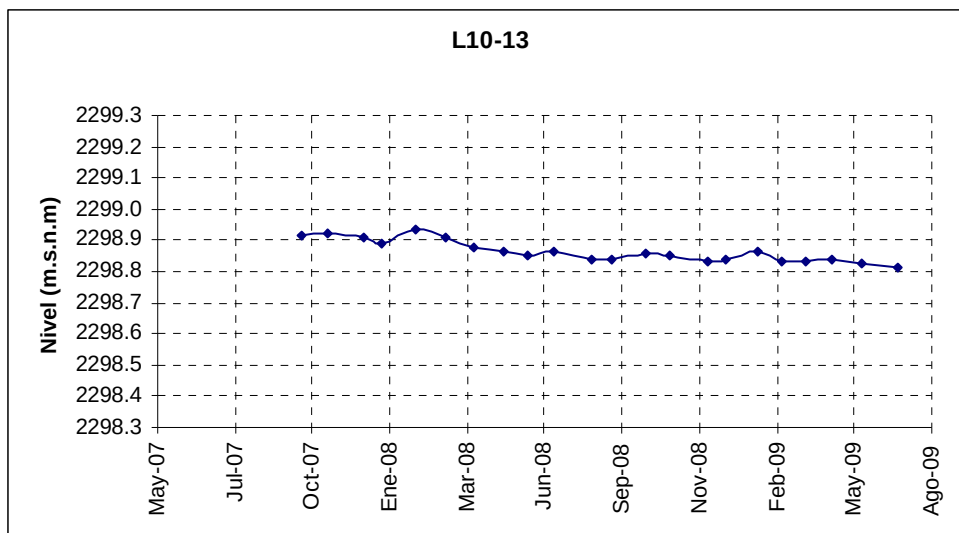


Figura 4.3-21. Nivel mensual observado en el pozo L10-13.

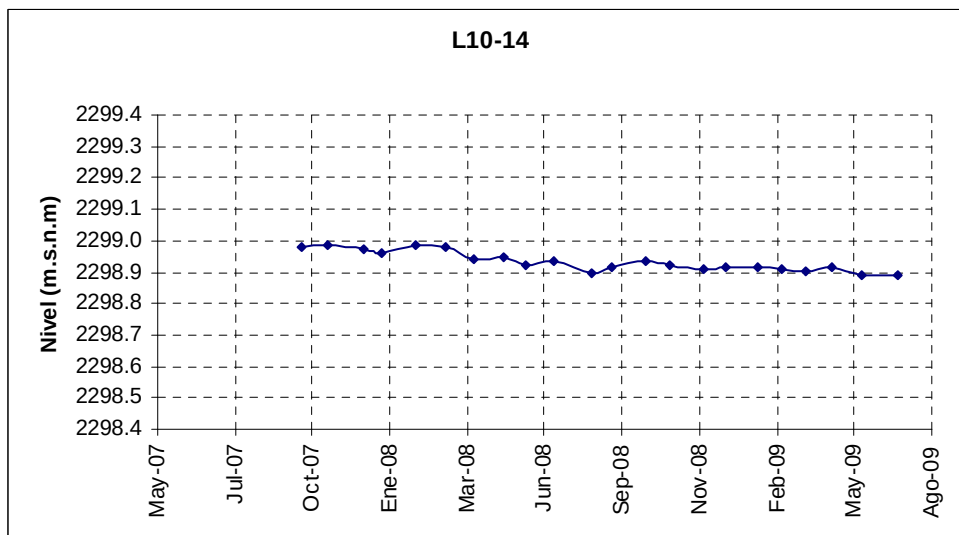


Figura 4.3-22. Nivel mensual observado en el pozo L10-14.

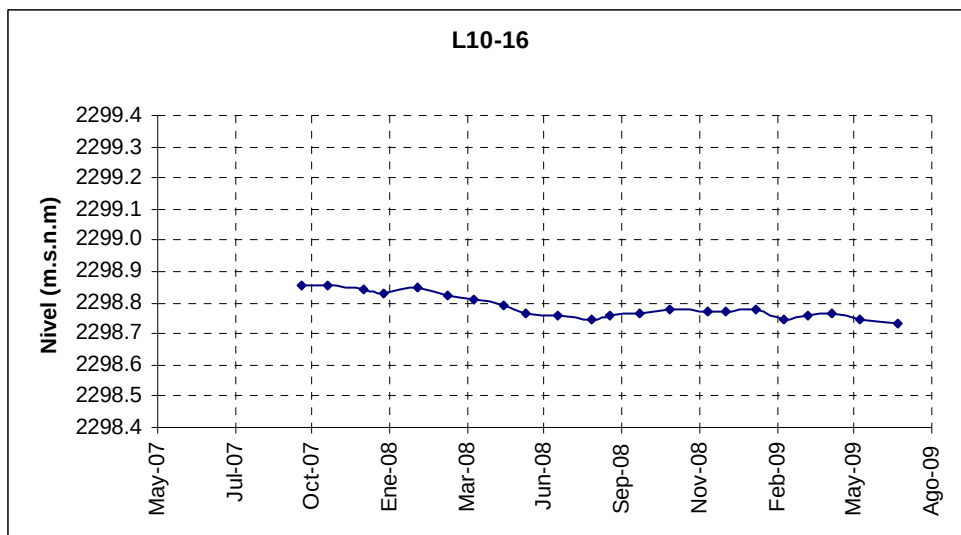


Figura 4.3-23. Nivel mensual observado en el pozo L10-16.

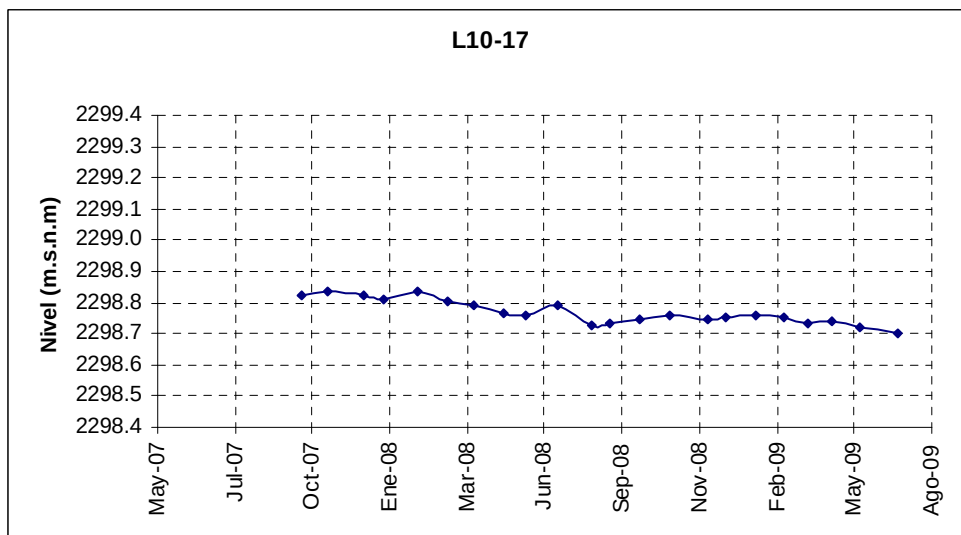


Figura 4.3-24. Nivel mensual observado en el pozo L10-17.

4.3.1.3 Nivel lacustre

Las lagunas Salada (Figura 4.3-25) y Saladita (Figura 4.3-26) presentan un comportamiento bastante estable a través del tiempo, a diferencia de la laguna Interna (Figura 4.3-27) 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.

La cota topográfica de la Reglilla Salada fue medida por CONAF (2300,918 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 2300,979 m.s.n.m. siendo este valor el que se utiliza en la Figura 4.3-25.

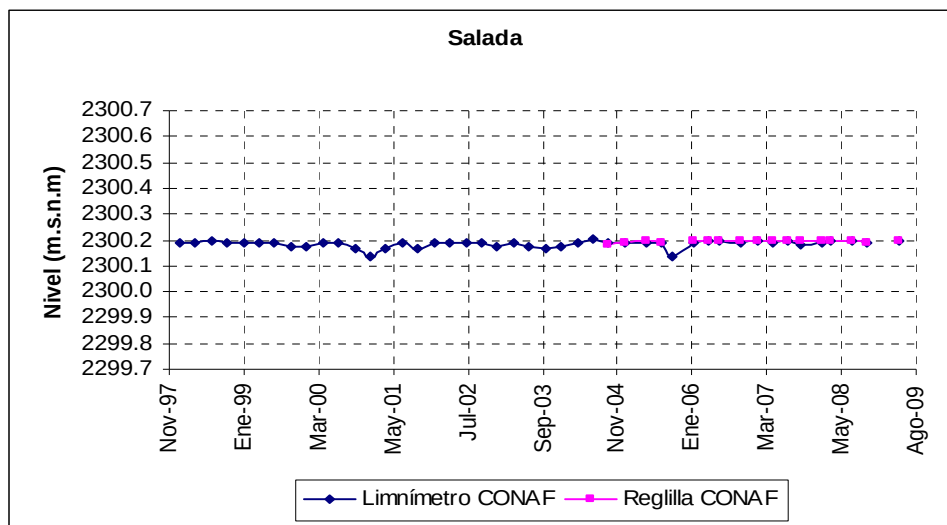


Figura 4.3-25. Nivel mensual observado en Salada.

El único antecedente topográfico que se tenía de la Reglilla 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 2300,780 m.s.n.m. siendo este valor el que se usa para la Figura 4.3-26.

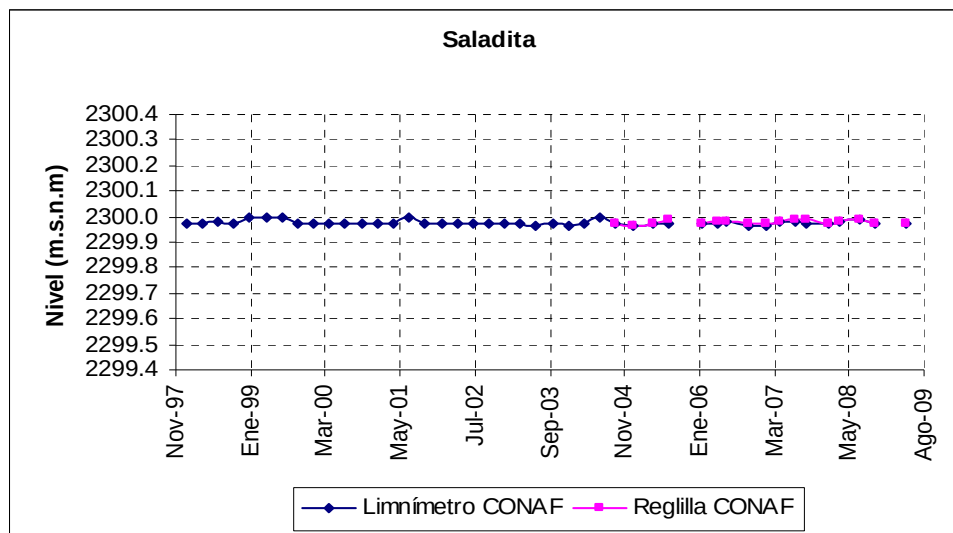


Figura 4.3-26. Nivel mensual observado en Saladita.

La cota topográfica de la Reglilla Interna fue medida por CONAF (2300,379 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 2300,476 m.s.n.m. siendo este valor el que se usa para la Figura 4.3-27.

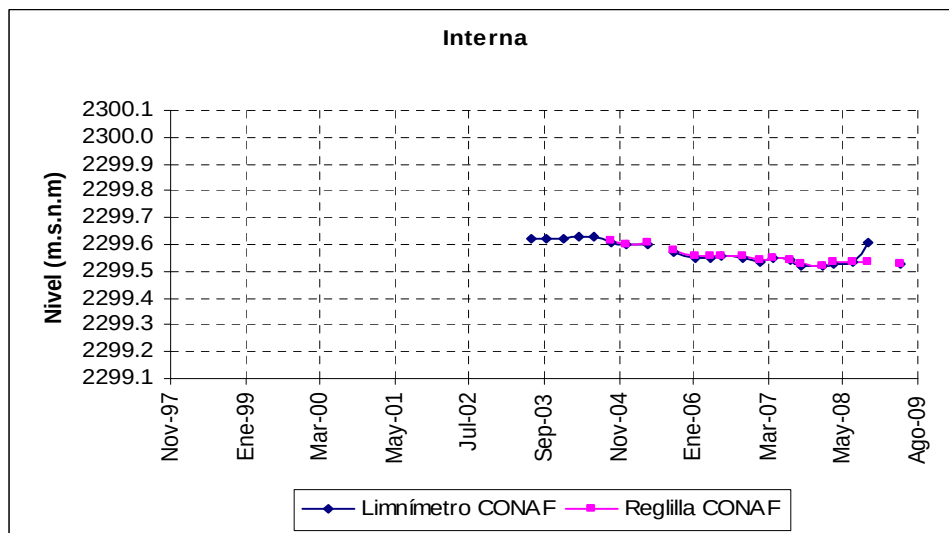


Figura 4.3-27. Nivel mensual observado en Interna.

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 Tabla 4.3-2 a la Tabla 4.3-7 se presentan 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 7.4 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 Tabla 4.3-8 a la Tabla 4.3-13 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.

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.

Tabla 4.3-2. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo 1028

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
12-02-2008	247	6,83	1,212
28-04-2008	228	6,89	1,213
13-07-2008	235	6,96	1,215
17-10-2008	237	7,24	1,212
02-02-2009	235	6,42	1,209
27-04-2009	233	6,22	1,223

Tabla 4.3-3. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo 1028

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
01-08-2007	645	442.000	23	442.710	6,82	1,240
31-10-2007	563	523.000	770	524.100	6,83	1,230
12-02-2008	625	531.000	27	545.000	6,93	1,210
28-04-2008	658	634.000	2.120	664.000	7,16	1,210
13-07-2008	614	554.000	14	574.000	6,89	1,210
17-10-2008	240	164.500	<3	173.109	6,97	1,000
02-02-2009	240	194.500	50	234.500	6,86	1,2
27-04-2009	239	169.690	164	173.523	6,74	1,2

Tabla 4.3-4. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L10-1

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
12-02-2008	53,9	7,92	1,020
29-04-2008	21,7	7,61	1,010
13-07-2008	24,9	7,95	1,009
17-10-2008	28,7	8,19	1,012
02-02-2009	9,48	8,35	1,005
26-04-2009	8,76	8,55	1,002

Tabla 4.3-5. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L10-1

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendedos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-10-2007	313	244.000	442	244.800	7,37	1,120
12-02-2008	20,8	17.660	<10	18.320	7,48	1,010
29-04-2008	21	19.800	250	22.100	7,80	1,006
13-07-2008	24,3	19.200	<10	19.800	7,81	1,010
17-10-2008	28,5	19.424	8	20.624	7,95	1,300
02-02-2009	11,95	7.900	6	8.920	8,39	1,0
26-04-2009	9,91	6.868	9	7.340	8,13	-

Tabla 4.3-6. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo L10-4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
12-02-2008	166,7	7,50	1,116
28-04-2008	130,9	7,57	1,083
13-07-2008	145,7	7,71	1,083
17-10-2008	189,0	7,91	1,124
02-02-2009	155,8	7,08	1,111
27-04-2009	141,5	6,83	1,105

Tabla 4.3-7. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo L10-4

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	pH	Densidad (kg/L)
31-10-2007	323	236.000	109	236.500	7,42	1,120
12-02-2008	328	282.000	35	312.000	7,50	1,110
28-04-2008	238	223.000	760	244.000	7,67	1,080
13-07-2008	258	216.000	104	231.000	7,56	1,090
17-10-2008	177,7	167.000	73	171.210	7,64	1,000
02-02-2009	176,0	162.500	292	168.500	7,45	1,1
27-04-2009	165,3	130.833	192	142.500	7,32	1,1

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.

Tabla 4.3-8. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Laguna Interna. (CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
08-02-2007	3,71	8,04	22,60
20-04-2007	5,70	8,10	11,40
24-07-2007	5,63	8,04	14,50
24-10-2007	4,04	nm	21,20
24-02-2008	4,06	8,12	19,40
24-04-2008	4,25	8,25	19,6
01-08-2008	1,92	nm	11,2
06-11-2008	nm	nm	nm
01-02-2009	3,10	8,10	28,00
24-04-2009	3,45	8,12	17,40

nm: no monitoreado

Tabla 4.3-9. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Laguna Interna. (CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
08-02-2007	55,00	54,00	36	8,46	12,10	4,80	2,23	1012	1,34	24,00	3,76	246	11,60	0,65	1,36	90	-
20-04-2007	29,79	29,73	59	5,10	7,46	3,02	1,31	682	0,84	14,70	2,24	240	5,82	0,91	0,81	76	-
24-07-2007	26,92	26,90	19	4,50	6,43	1,72	0,92	513	0,63	13,70	1,96	238	8,25	0,35	0,98	71	-
24-10-2007	45,32	44,56	760	7,41	11,94	3,13	1,95	860	1,13	23,06	3,55	209	19,70	1,95	0,72	77	-
24-02-2008	45,17	45,13	41	8,16	11,00	5,33	1,87	769	1,23	20,00	3,88	266	7,80	1,60	0,50	78	232
24-04-2008	27,81	27,75	55	4,54	6,57	2,51	1,10	433	0,74	13,80	3,93	222	15,60	0,61	1,80	64	208
01-08-2008	20,41	20,40	12	3,99	7,20	2,24	1,07	432	0,81	11,00	2,19	228	26,00	0,42	0,52	60	232
06-11-2008	44,69	44,36	326	7,68	11,00	5,34	1,82	1023	1,39	24,00	4,42	216	28,00	0,87	0,56	73	224
01-02-2009	61,64	61,52	124	9,51	14,80	1,33	2,46	818	1,79	31,00	4,90	179	44,00	4,49	1,88	84	220
24-04-2009	37,01	37,00	6	5,60	8,06	3,54	1,39	797	0,92	23,50	3,27	243	9,09	0,91	1,33	69	215

Tabla 4.3-10. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Laguna Salada. (CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
08-02-2007	3,45	8,08	23,00
20-04-2007	5,90	8,14	11,70
24-07-2007	5,33	8,07	14,60
24-10-2007	3,49	nm	20,90
24-02-2008	3,94	8,21	16,00
24-04-2008	4,63	8,25	18,3
01-08-2008	1,69	nm	10,5
06-11-2008	nm	nm	nm
01-02-2009	3,42	8,24	18,00
24-04-2009	4,10	8,26	21,80

nm: no monitoreado

Tabla 4.3-11. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Laguna Salada. (CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
08-02-2007	31,00	31	26	5,05	7,21	3,10	1,32	776	0,87	16,00	2,35	234	26,00	0,40	1,39	81	-
20-04-2007	22,44	22	144	3,87	5,62	2,43	0,94	527	0,62	11,30	1,74	228	22,00	1,00	0,60	76	-
24-07-2007	23,28	23	38	3,85	5,79	1,20	0,88	474	0,58	12,00	1,78	267	3,00	0,37	1,00	78	-
24-10-2007	31,48	31	344	5,25	7,95	1,01	1,35	632	0,75	19,67	2,34	206	31,00	0,91	0,89	76	-
24-02-2008	31,25	31	67	5,63	7,20	5,45	1,21	501	0,80	11,60	2,55	247	22,00	0,91	0,62	78	239
24-04-2008	22,89	22,85	38	3,79	5,35	1,45	0,92	354	0,65	11,40	8,31	241	22,00	0,55	1,28	71	234
01-08-2008	21,46	21,45	12	4,45	6,68	1,14	0,94	406	0,72	11,00	2,56	254	34,00	0,45	0,77	63	265
06-11-2008	33,31	33,12	189	5,88	7,99	2,03	1,31	756	1,00	15,00	3,18	230	25,00	0,67	0,47	72	237
01-02-2009	35,84	35,32	524	5,10	8,57	2,51	1,47	970	1,08	18,00	2,78	216	24,00	2,74	2,6	85	217
24-04-2009	25,00	24,80	201	4,35	6,15	2,81	1,10	501	0,72	14,50	2,13	237	3,03	0,75	1,66	71	200

Tabla 4.3-12. Resultados de Análisis Físico Químico (Terreno). Lagunas Saladita. (CONAF)

Fecha de muestreo	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)
08-02-2007	3,33	8,03	22,10
20-04-2007	5,50	8,06	11,80
24-07-2007	5,59	8,06	15,90
24-10-2007	3,90	nm	19,50
24-02-2008	4,10	8,11	17,40
24-04-2008	4,34	8,22	18,50
01-08-2008	1,79	nm	11,4
06-11-2008	nm	nm	nm
01-02-2009	3,55	8,10	13,00
24-04-2009	3,01	8,16	20,00

nm: no monitoreado

Tabla 4.3-13. Resultados de Análisis Físico Químico (Laboratorio). Lagunas Saladita.
(CONAF)

Fecha de Muestreo	Sólidos totales (g/L)	Sólidos disueltos totales (g/L)	Sólidos suspendidos (mg/L)	Dureza (g/L)	Sodio (g/L)	Arsénico (mg/L)	Potasio (g/L)	Calcio (mg/L)	Magnesio (g/L)	Cloruro (g/L)	Sulfato (g/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Carbonatos (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato (mg/L)	Sílice (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)
08-02-2007	48,00	48,00	30	7,41	10,80	5,00	1,96	885	1,18	21,00	3,31	251	5,82	0,58	1,43	92	-
20-04-2007	28,61	28,58	30	4,61	7,02	2,47	1,21	635	0,77	15,30	2,14	248	2,91	1,15	0,96	76	-
24-07-2007	25,72	25,71	10	4,20	6,03	1,42	0,89	494	0,60	13,10	5,60	244	8,25	0,75	0,85	74	-
24-10-2007	43,39	42,46	928	7,06	11,00	4,38	1,87	784	1,06	23,75	3,25	212	28,00	1,34	0,86	80	-
24-02-2008	41,85	41,84	9	7,68	9,81	5,41	1,71	640	1,09	20,00	4,84	247	18,70	0,99	0,59	76	234
24-04-2008	22,49	22,45	40	4,41	6,25	2,41	1,05	388	0,72	12,20	4,59	206	23,00	0,65	1,28	67	208
01-08-2008	23,17	23,15	23	4,14	7,09	2,49	1,03	425	0,76	12,00	1,91	232	28,00	0,58	0,60	59	237
06-11-2008	35,92	35,88	44	6,72	9,17	3,92	1,51	889	1,13	18,00	3,60	200	34,00	0,80	0,47	77	221
01-02-2009	50,31	50,28	32	8,31	12,60	4,49	2,07	837	1,51	27,00	2,78	179	38,00	4,07	2,40	73	210
24-04-2009	21,49	21,40	88	4,75	6,81	2,94	1,22	648	0,77	21,50	1,16	209	7,58	0,92	1,25	72	174

4.3.3 Aforos

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

4.3.3.1 Salada

La Figura 4.3-28 muestra las series medidas de altura de agua y velocidad en la estación de aforo de la laguna Salada. Estos datos fueron obtenidos a través de un sensor que mide altura y velocidad del escurrimiento y que realiza mediciones cada treinta minutos, a partir de octubre de 2007. Se aprecia que existen numerosos registros de velocidad en Salada con valores que escapan al rango esperado, de acuerdo a la información histórica y a las características físicas del lugar (por ejemplo, magnitudes mayores a 3 m/s). El error en el monitoreo puede ser explicado por la influencia de factores naturales, puesto que no existe una sección regular que proteja los equipos de las condiciones climáticas (caídas o movimientos del sensor producto de los vientos, congelamiento del agua, hielo o polvo en los transductores, etc.), por la presencia de animales y por la dinámica del sistema.

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 eliminarán las mediciones continuas de las estaciones de aforo y se comenzará la medición a través de un sistema manual, con frecuencia

mensual de modo de dar cumplimiento preciso a lo contenido en la RCA N° 226/2006. Más detalle se presenta en la sección 5.1.

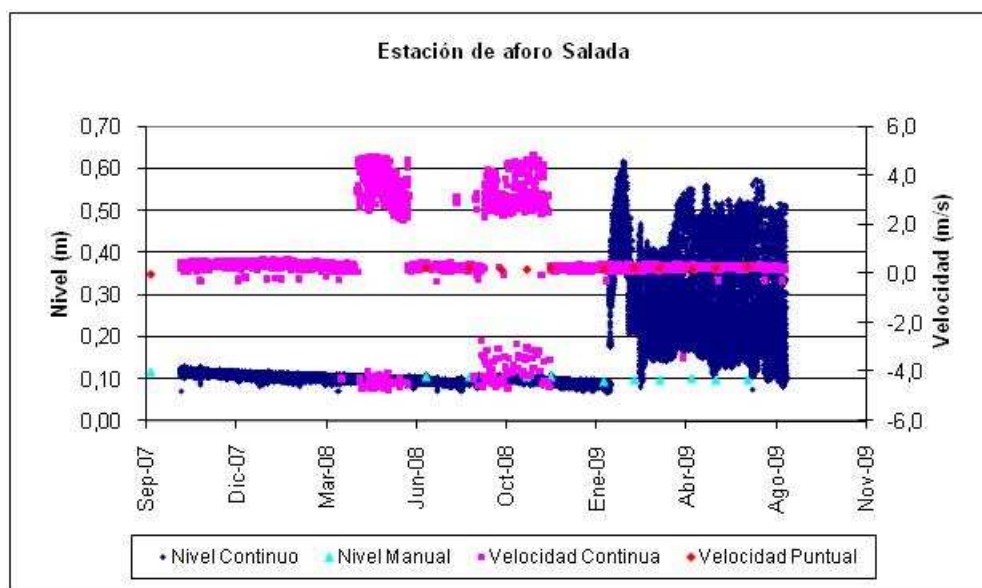


Figura 4.3-28. Nivel y velocidad instantánea en la estación de aforo Salada.

Al igual que en Barros Negros, SQM realiza aforos manuales en la sección donde se ubica la estación de Salada. Los caudales calculados son presentado en la Tabla 4.3-14 y Figura 4.3-29.

Tabla 4.3-14. Aforos manuales realizados por SQM

Fecha	Hora	Área total sección (m ²)	Caudal (L/s)	Velocidad promedio sección (m/s)	Nivel en sensor (m)	Velocidad en sensor (m/s)
08-sep-07	s.i.	0,36	65,45	0,18	s.i.	s.i.
09-jul-08	12:00	0,36	75,45	0,21	0,105	0,23
26-ago-08	15:00	0,51	71,87	0,14	0,103	0,25
30-sep-08	14:00	0,51	62,44	0,12	0,102	s.i.
28-oct-08	9:00	0,54	56,67	0,10	0,103	s.i.
24-nov-08	13:00	0,58	85,58	0,15	0,104	s.i.
22-ene-09	10:00	0,51	75,79	0,15	0,095	0,19
24-feb-09	12:00	0,46	45,83	0,10	0,098	0,21
26-Mar-09	10:00	0,47	64,88	0,11	0,099	0,22
30-Abr-09	8:30	0,48	62,30	0,10	0,100	0,19
27-May-09	14:00	0,50	69,80	0,11	0,097	0,24
30-Jun-09	13:50	0,55	82,95	0,12	0,098	0,27

*s.i.: sin información

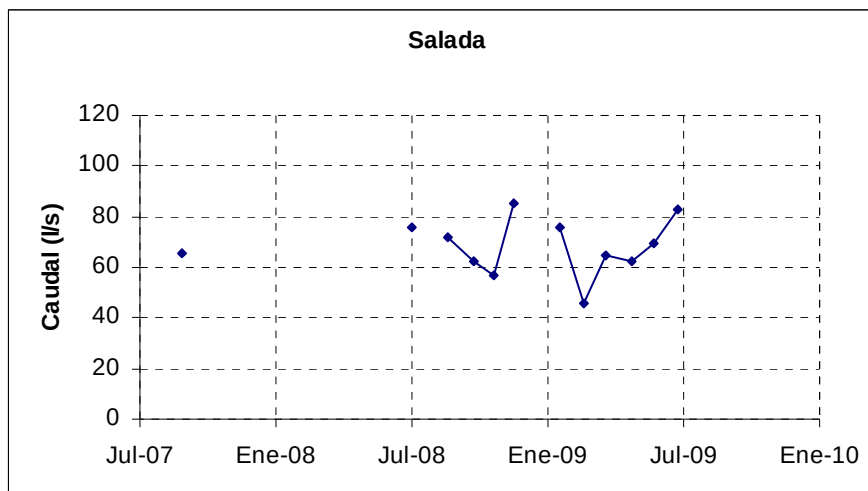


Figura 4.3-29. Caudal calculado en aforos manuales realizados en estación de aforo Salada.

4.3.3.2 Saladita

En la Figura 4.3-30 se muestran los datos registrados de nivel y velocidad de la estación de aforo Saladita. Esta estación de aforo ha presentado reiterados problemas desde su primera instalación (8 de septiembre de 2007). Después de varios intentos destinados a mejorar la calidad de las mediciones se decidió enviar la estación a revisión al proveedor. Desde el 15 de junio de 2008 se realizaron las mediciones con una estación nueva proporcionada por el proveedor del equipo, la cual fue finalmente reemplazada el día 9 de julio de 2008.

Los registros de caudal con que cuenta SQM para esta estación de aforo se presentan en la Tabla 4.1-15 y Figura 4.3-31.

Después de varias visitas a esta estación de aforo, se concluyó que el punto de monitoreo no es el más apropiado, pues los niveles no alcanzan el valor mínimo requerido para que la estación trabaje apropiadamente, y además se observó que durante la época invernal este canal se congela, lo que altera las mediciones. Estas mediciones se eliminarán a partir del 1 de enero de 2010, siendo reemplazadas por aforos manuales con una frecuencia mensual. Más detalle se presenta en la sección 5.1.

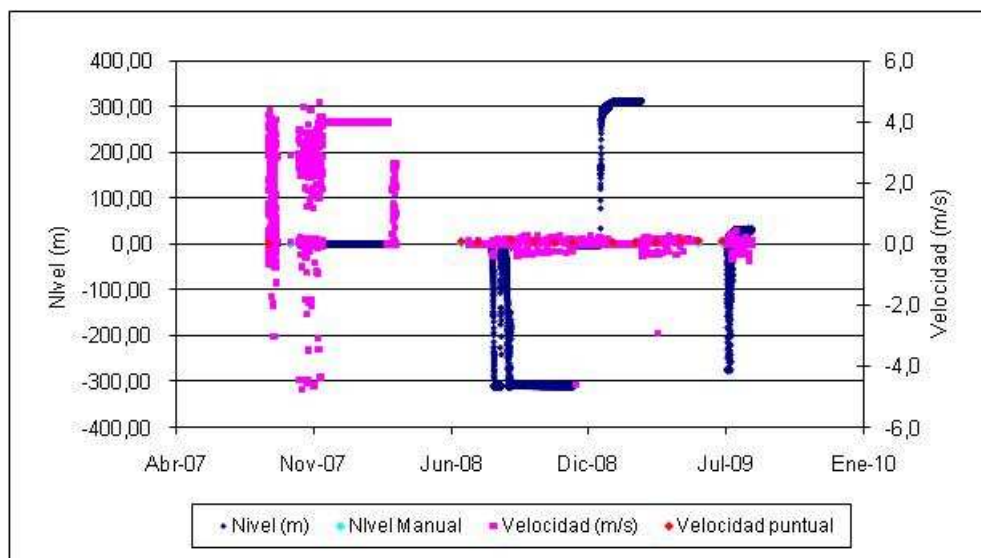


Figura 4.3-30. Altura y velocidad, estación de aforo Saladita.

Tabla 4.3-15. Aforos manuales realizados por SQM

Fecha	Hora	Área total sección (m ²)	Caudal (L/s)	Velocidad promedio sección (m/s)	Nivel en sensor (m)	Velocidad en sensor (m/s)
08-Sep-07	s.i.	0,47	59,94	0,10	s.i.	s.i.
11-Oct-07		0,18	44,81	0,18	0,018	0,900
15-Jun-08		0,46	56,58	0,12	0,077	0,090
09-Jul-08		0,57	55,78	0,10	0,081	0,055
26-Ago-08		0,48	81,30	0,17	0,069	0,135
30-Sep-08		0,38	53,04	0,14	0,057	0,112
28-Oct-08		0,38	28,22	0,07	0,057	0,065
24-Nov-08		0,38	15,80	0,04	0,057	0,041
22-Ene-09		0,30	23,35	0,08	0,051	0,065
24-Feb-09		0,36	35,39	0,10	0,060	0,075
26-Mar-09	12:45	0,38	28,87	0,08	0,061	0,065
30-Abr-09	11:20	0,40	58,68	0,15	0,065	0,115
27-May-09	16:50	0,53	81,35	0,15	0,079	0,110
30-Jun-09	16:30	0,63	104,86	0,17	0,094	0,105

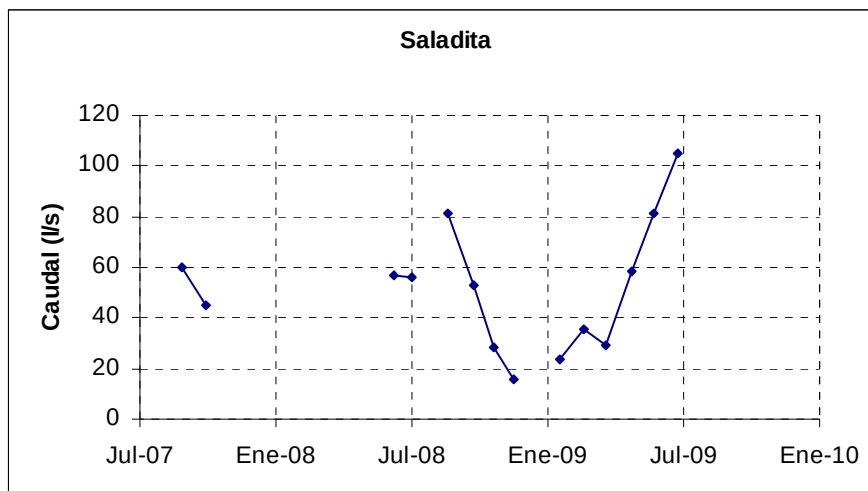


Figura 4.3-31. Caudal calculado en aforos manuales realizados en estación de aforo Saladita.

4.3.4 Superficie lacustre

La superficie lacustre trimestral ha sido medida por CONAF desde 1995 en el marco del Convenio SQM-CONAF. Las superficies calculadas excluyen las denominadas zonas inestables de las lagunas, que se inundan en invierno y se secan en verano. No se cuenta con mediciones en la laguna Interna por la dificultad en definir su contorno ya que es muy variable estacionalmente. Las superficies reportadas por CONAF se muestran en la Figura 4.3-32 y en la Figura 4.3-33.

Entre el 7 y 9 de abril de 2009 (15 de abril se completa sector norte de Interna) se midió la superficie de las lagunas del sistema Peine mediante levantamiento topográfico siguiendo todo el borde de las lagunas, trabajo realizado por la empresa JRC Ltda. En el Anexo 7.2 se presenta el informe de esta medición. En la Tabla 4.3-16 se presentan los resultados obtenidos tanto de la imagen satelital como los del levantamiento topográfico.

Tabla 4.3-16. Superficies lacustres calculadas con levantamiento topográfico e imagen satelital correspondientes al año 2007 y 2008.

Método	Fecha	Salada	Saladita	Interna
Levantamiento topográfico (m ²)	26 de mayo de 2007	220.236	143.689	-
Levantamiento topográfico (m ²)	25 al 29 de abril de 2008	147.500	118.284	79.706
Levantamiento topográfico (m ²)	07 al 09 de abril de 2009 (15 de abril se completa sector norte de Interna)	199.989	106.687	247.360
Imagen satelital (m ²)	6 de abril de 2007	199.361	99.022	161.447
Imagen satelital (m ²)	26 de abril de 2008	176.126	99.665	175.769
Imagen satelital (m ²)	16 de abril de 2009	196.616	105.274	200.217

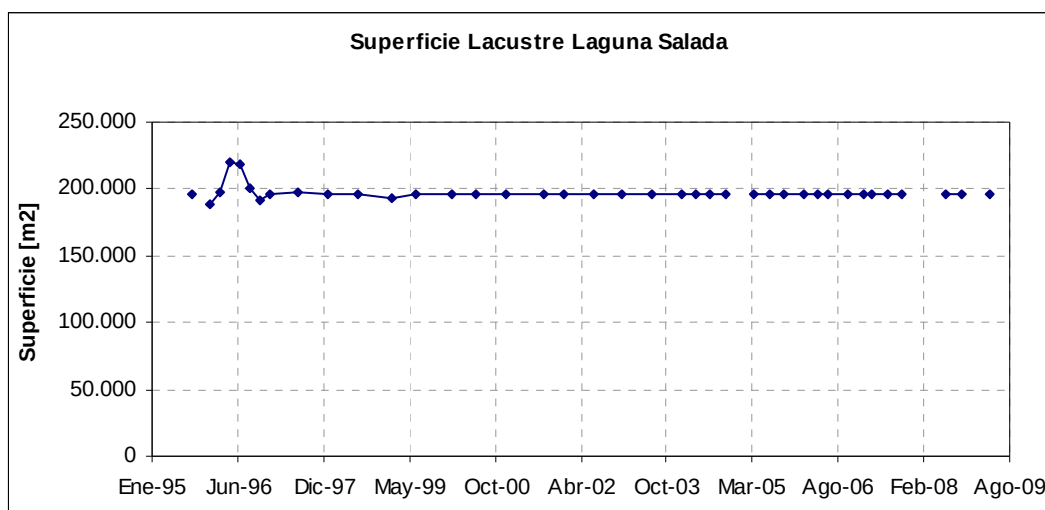


Figura 4.3-32. Superficie trimestral de la laguna Salada medida por CONAF

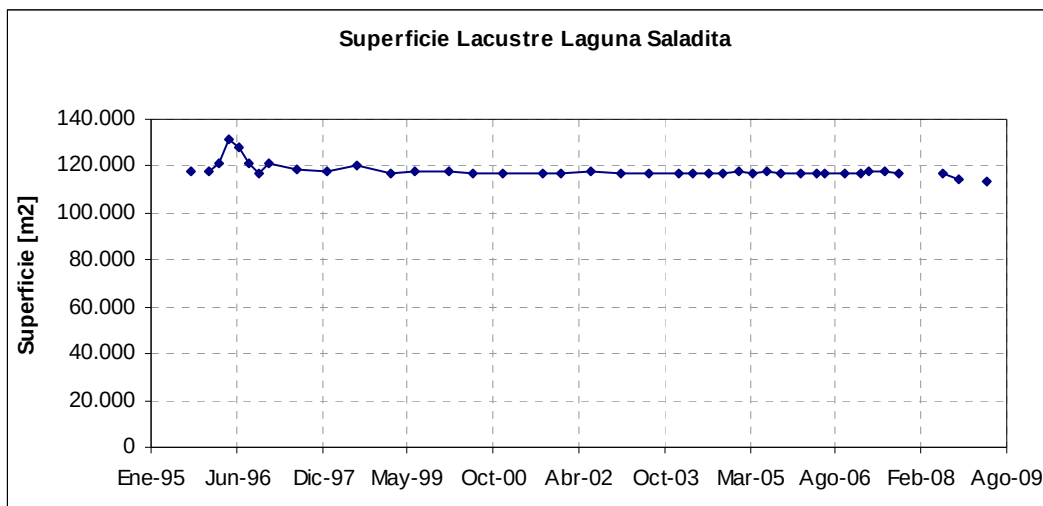


Figura 4.3-33. Superficie trimestral de la laguna Saladita medida por CONAF

4.4 Sistema Vegetación Borde Este

Los puntos de monitoreo del Sistema 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 4.4-1 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4.4-1 se indican los puntos de monitoreo del Sistema Borde Este, clasificándolos de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera), y su tipología (pozo profundo, pozo somero, calicata, reglilla, medición continua y nivel lacustre). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra de manera gráfica el registro de nivel.

Tabla 4.4-1. Puntos de monitoreo del Sistema Borde Este.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
P2	Zona aluvial	Pozo profundo	175	L4-17	Zona marginal	Pozo somero	180
L1-17	Zona marginal	Pozo somero	176	L7-13	Zona marginal	Pozo profundo	180
L2-25	Zona marginal	Pozo somero	177	L7-14	Zona marginal	Pozo somero	181
L2-26	Zona marginal	Pozo profundo	177	L7-15	Zona marginal	Pozo profundo	181
L2-27	Zona marginal	Pozo somero	178	L9-1	Zona marginal	Pozo profundo	182
L2-28	Zona marginal	Pozo profundo	178	L9-2	Zona marginal	Pozo profundo	182
L3-15	Zona marginal	Pozo profundo	179				
L3-16	Zona marginal	Pozo profundo	179				

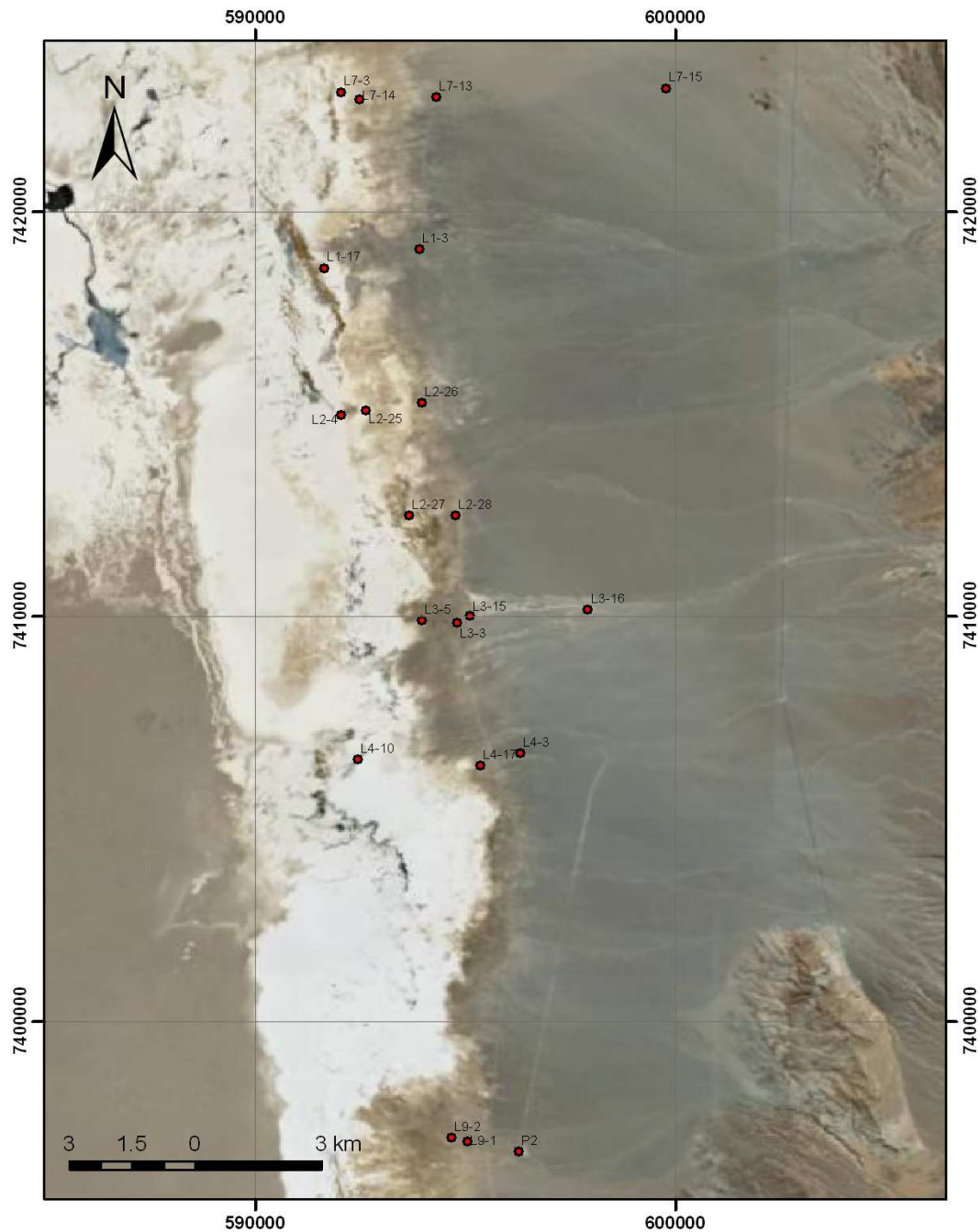


Figura 4.4-1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Borde Este.

4.4.1 Nivel del agua subterránea

En esta sección se presentan los niveles de los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el Sistema Vegetación Borde Este.

Los pozos L1-3, L2-4, y L7-3 pertenecen a la red de monitoreo del Sistema Soncor y del Sistema Vegetación Borde Este, siendo presentados en la sección 4.1 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 Sistema Aguas de Quelana.

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

4.4.1.1 Pozos en zona aluvial

En la Figura 4.4-2 se presenta el nivel estático y dinámico observado en el pozo de bombeo P2. La disminución del nivel dinámico en estos pozos se explica por el aumento del volumen bombeado a partir del año 2003, observándose una estabilización posterior, tal como se observa en la Figura 4.4-16.

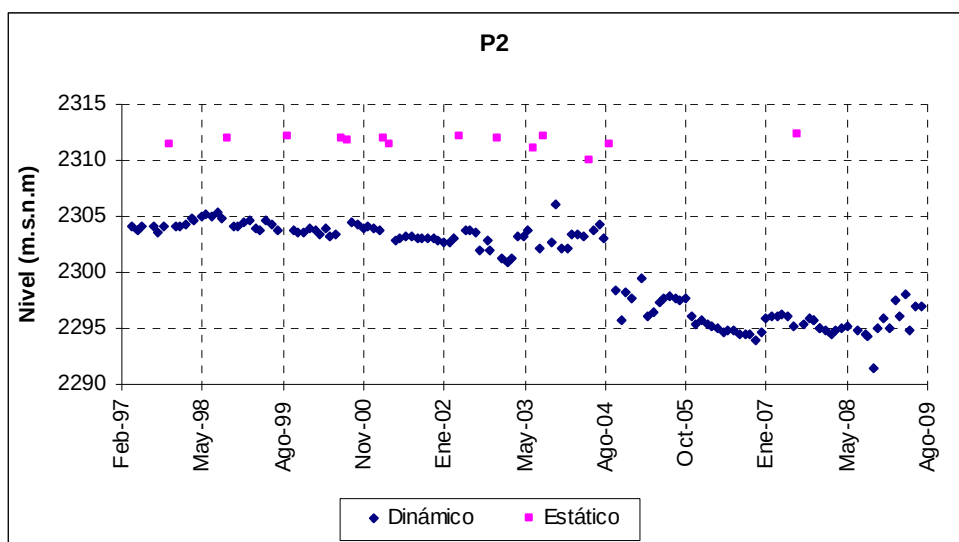


Figura 4.4-2. Nivel mensual estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) observado en el pozo de bombeo P2.

4.4.1.2 Pozos en zona marginal

Los dos primeros años de monitoreo permiten calificar el comportamiento en la mayoría de los pozos.

Existen pozos en los cuales el nivel está fuertemente controlado por la evaporación, con 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 dependerá de la profundidad del agua subterránea.

Existen pozos que muestran el efecto del bombeo de pozos que iniciaron su bombeo dentro de los 2 últimos años, con una leve tendencia al descenso que depende de la cercanía al pozo (L3-15, L3-16). En estos sectores el acuífero aún está buscando el punto de equilibrio.

Existen pozos con un comportamiento mixto, donde se mezclan los 2 comportamientos anteriormente descritos, es decir, estacional y leve tendencia al descenso (L4-17, L7-15, L9-1, L9-2). En estos pozos, la tasa de descenso dependerá de su cercanía al pozo de bombeo.

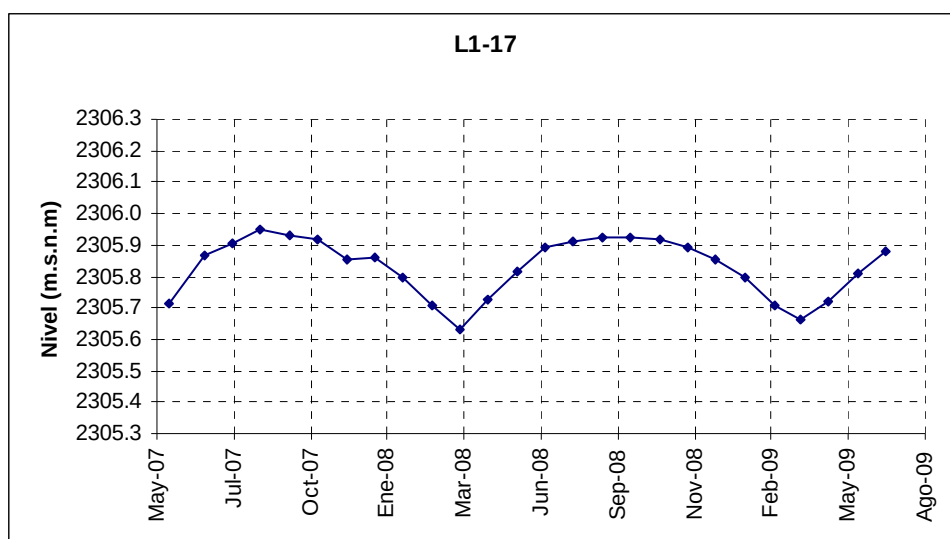


Figura 4.4-3. Nivel mensual observado en el pozo L1-17.

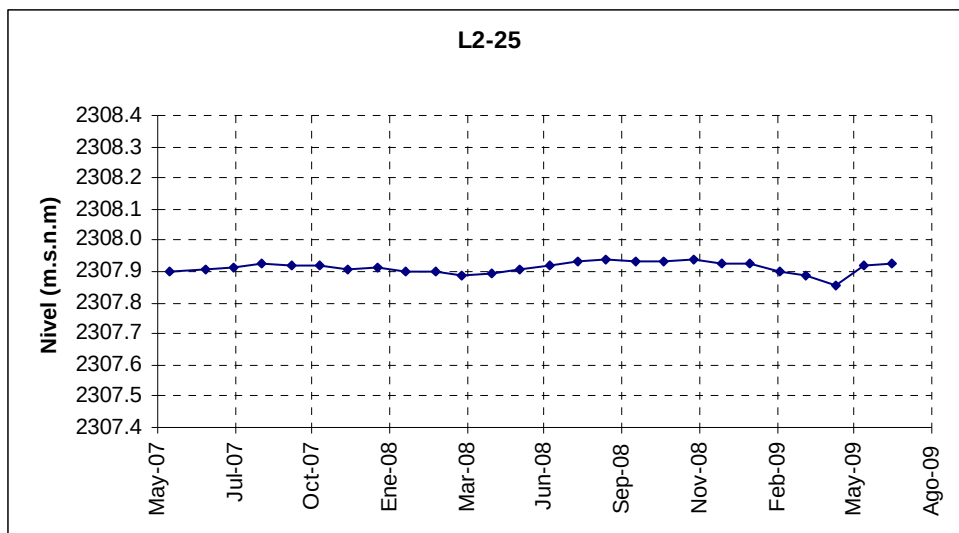


Figura 4.4-4. Nivel mensual observado en el pozo L2-25.

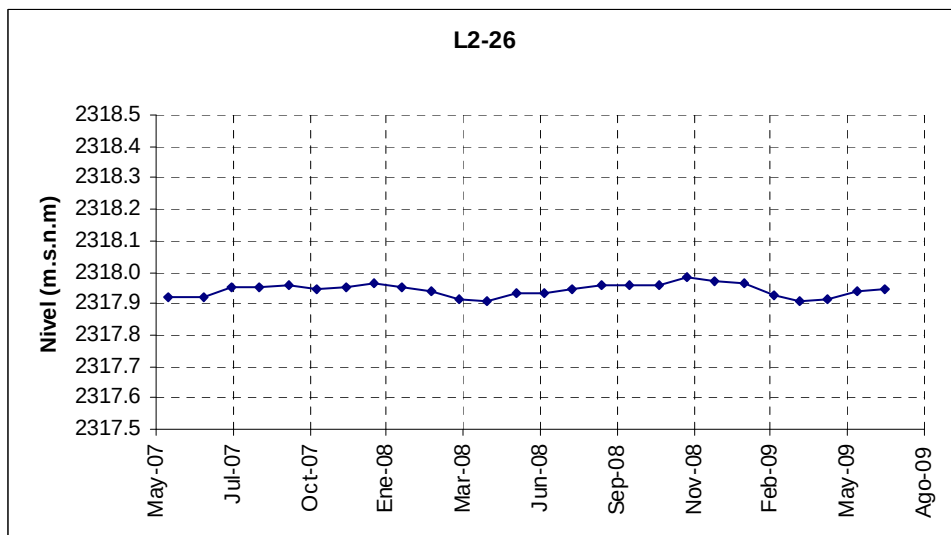


Figura 4.4-5. Nivel mensual observado en el pozo L2-26.

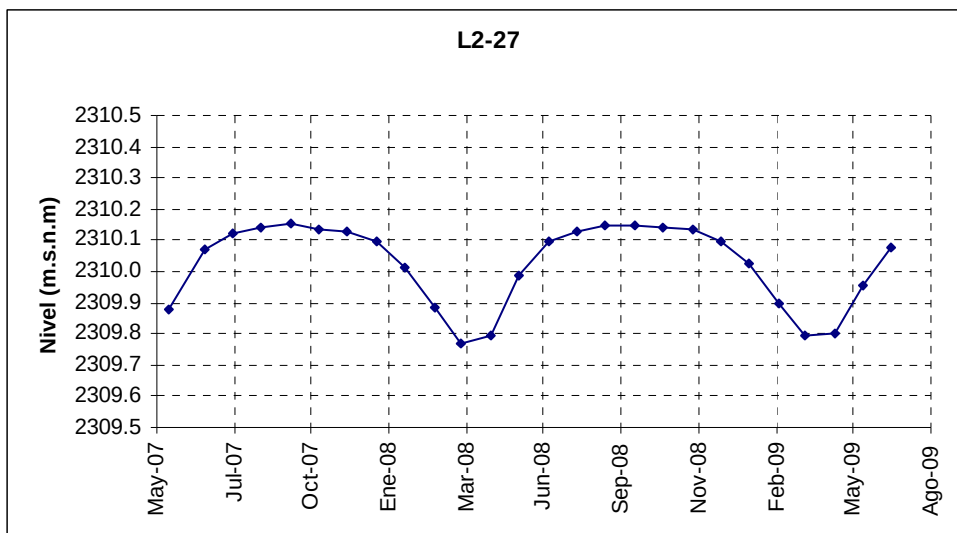


Figura 4.4-6. Nivel mensual observado en el pozo L2-27.

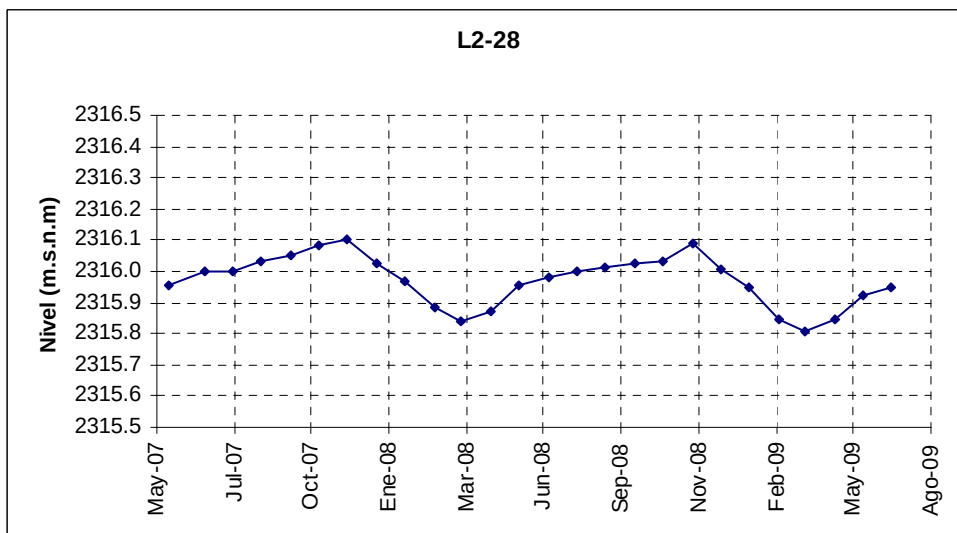


Figura 4.4-7. Nivel mensual observado en el pozo L2-28.

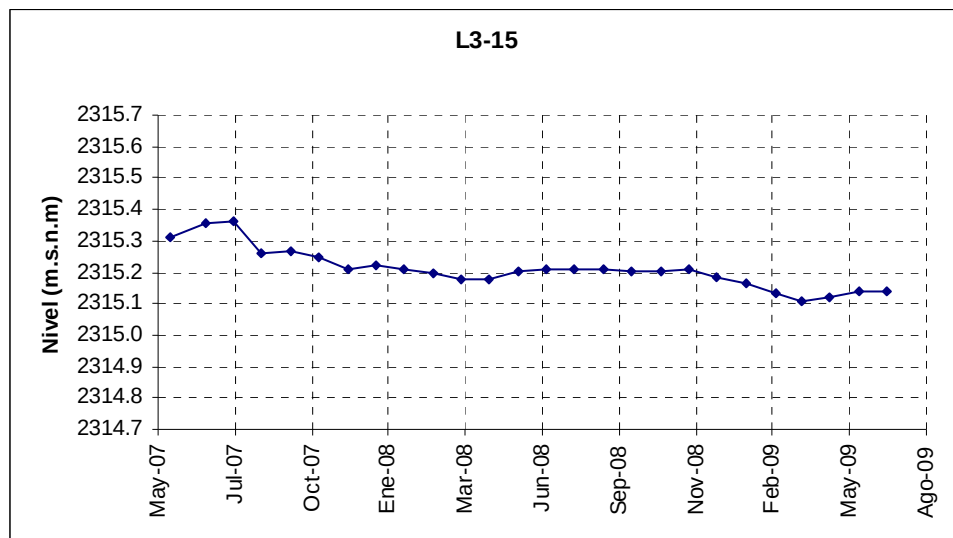


Figura 4.4-8. Nivel mensual observado en el pozo L3-15.

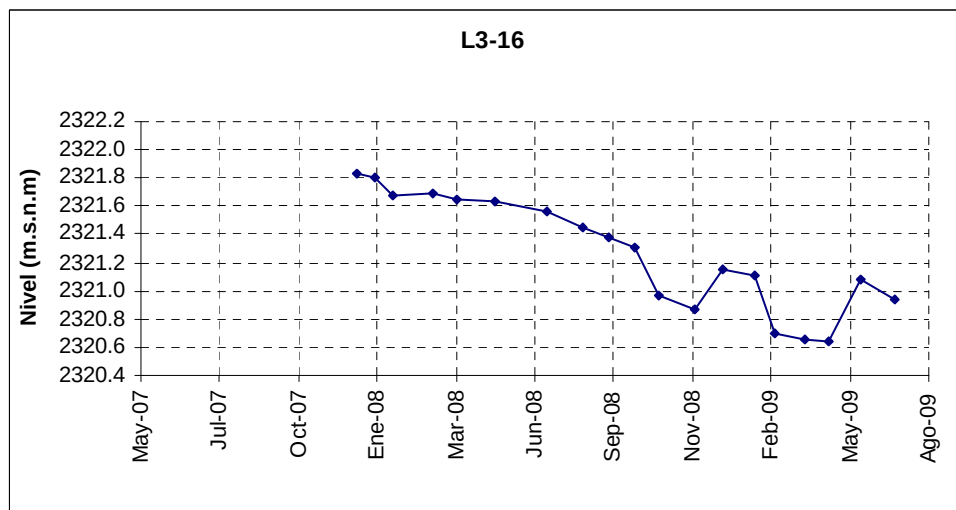


Figura 4.4-9. Nivel mensual observado en el pozo L3-16.

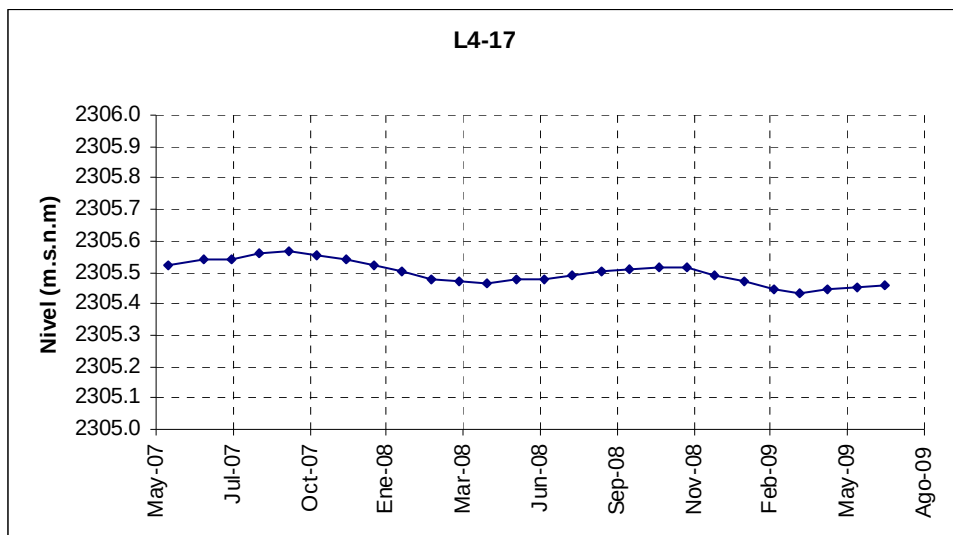


Figura 4.4-10. Nivel mensual observado en el pozo L4-17.

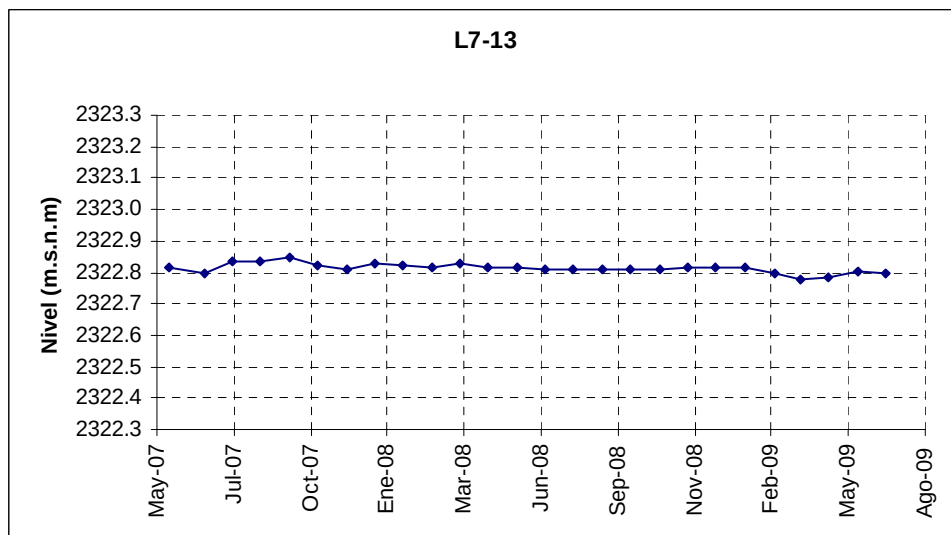


Figura 4.4-11. Nivel mensual observado en el pozo L7-13.

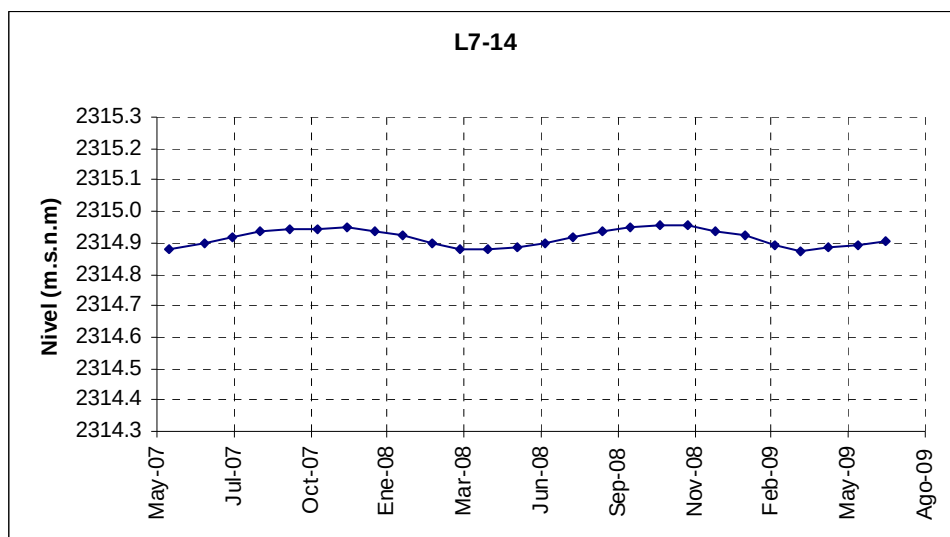


Figura 4.4-12. Nivel mensual observado en el pozo L7-14.

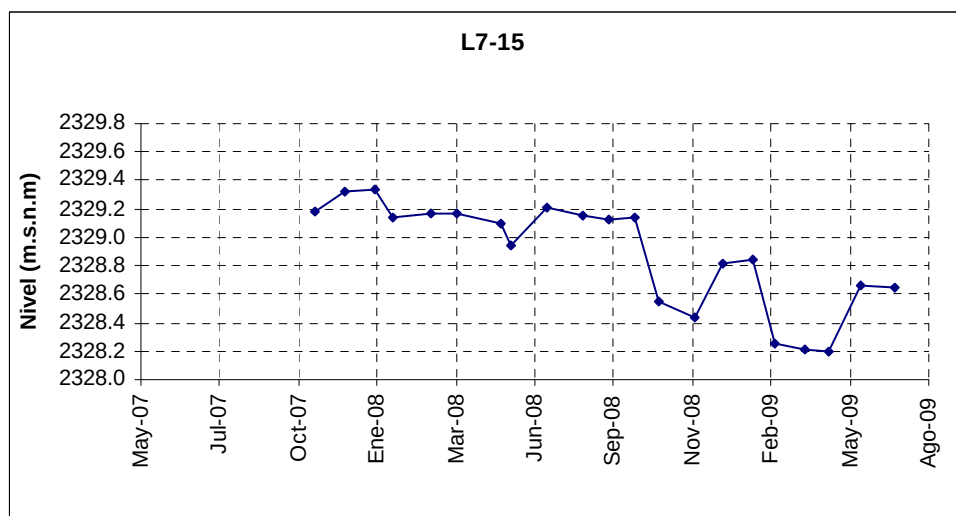


Figura 4.4-13. Nivel mensual observado en el pozo L7-15.

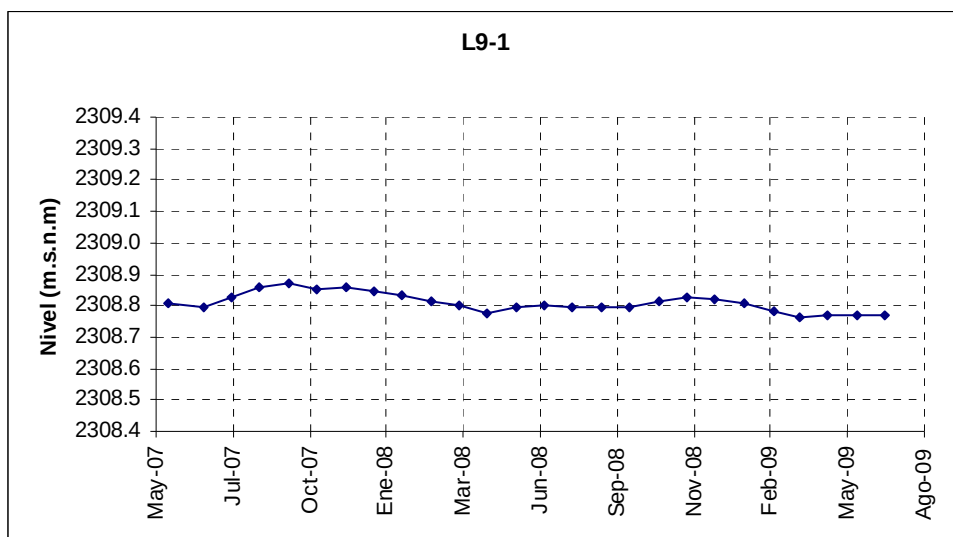


Figura 4.4-14. Nivel mensual observado en el pozo L9-1.

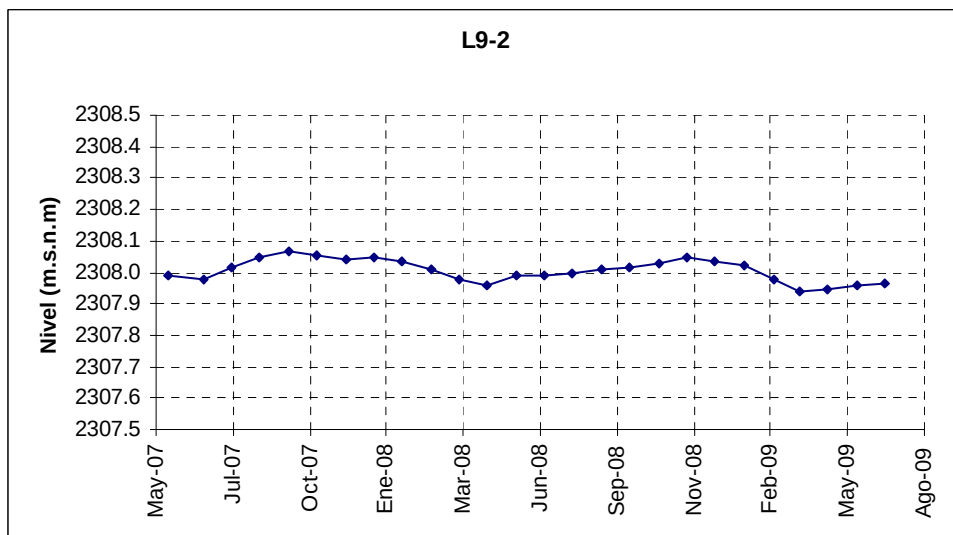


Figura 4.4-15. Nivel mensual observado en el pozo L9-2.

4.4.2 Volumen bombeado

En el Sistema Borde Este del PSAH, el único pozo que ha sido explotado es el pozo P2, cuyo volumen extraído se presenta en la Figura 4.4-16.

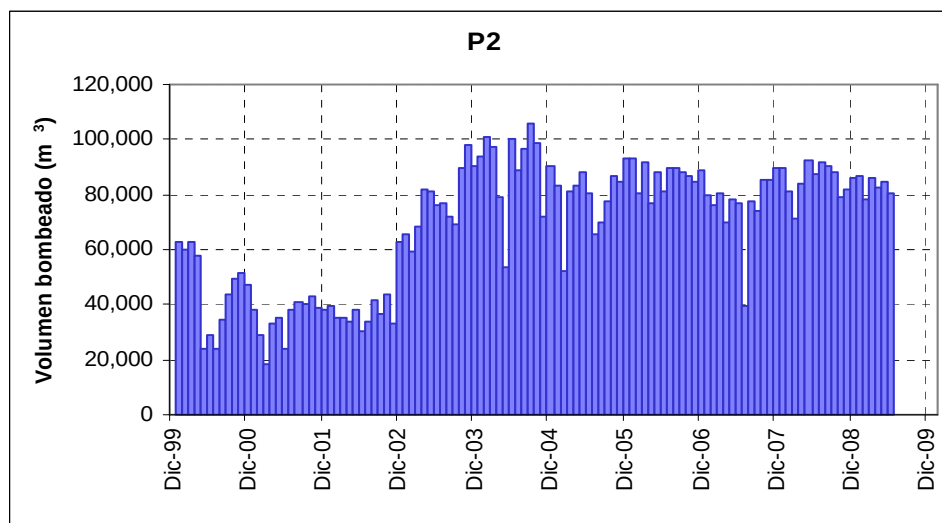


Figura 4.4-16. Volumen mensual bombeado desde el pozo P2.

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 7.4.

Los resultados de los análisis químicos de los pozos L2-4 y L7-3 se presentan en la sección 4.1 Sistema Soncor, mientras que los resultados del pozo L4-3 se presentan en la sección 4.2 Sistema Aguas de Quelana. En la Tabla 4.4-2 y Tabla 4.4-3 se muestran los resultados de los análisis químicos realizados en el pozo de bombeo P2.

Tabla 4.4-2. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo P2.

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	3,93	7,67	1,000
28-04-2008	3,71	7,41	1,001
13-07-2008	3,98	7,34	1,000
17-10-2008	3,92	8,24	1,000
03-02-2009	3,88	7,92	1,000
27-04-2009	3,89	7,05	1,000

Tabla 4.4-3. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo de bombeo P2

Fecha de muestreo	Alcalinidad bicarbonato (mg/l)	Alcalinidad carbonato (mg/L)	Alcalinidad total (mg/L)	Arsénico total (mg/L)	Calcio total (mg/L)	Cloruro (mg/L)	Hierro total (mg/L)	Manganeso total (mg/L)	Magnesio total (mg/L)	Nitrógeno nitrato (mg/L)	pH (pH)	Sodio total (mg/L)	Sólidos disueltos (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Potasio total (mg/L)	Zinc total (mg/L)	Conductividad (mS/cm)	Densidad (Kg/L)
24-07-2007	198	<1	198	0,372	80,0	912	0,17	<0,01	49,4	3,3	7,43	404	3.010	454	34,5	<0,01	3,98	1,00
24-10-2007	126	<1	126	0,16	150	817	<0,05	<0,01	50	3,9	7,29	560	2.690	388	33	<0,01	3,98	1,00
14-02-2008	171	<1	171	0,028	171	582	0,10	<0,01	59,9	2,6	7,64	385	2.450	425	34,8	<0,01	3,82	-
28-04-2008	152	<1	152	0,019	197	1.000	<0,05	<0,01	30,3	0,87	7,81	480	3.400	308	35,6	<0,01	3,8	0,996
13-07-2008	166	<1	166	0,156	165	935	<0,05	<0,01	56,0	0,78	7,34	510	2.510	390	36,0	0,08	3,90	1,00
17-10-2008	160	<1	160	0,466	180,16	1.026	<0,03	<0,005	55,95	3,7	7,85	547,5	2.456	393	37,04	0,013	3,97	1,00
03-02-2009	126	<1	126	0,222	217,3	965	<0,03	<0,005	53,16	3,9	7,98	431,8	2.716	388	25,13	0,011	3,92	1,0
26-04-2009	167	<1	167	0,080	216,8	1.005	<0,03	<0,005	60,8	4,0	7,53	454,7	2.652	310	38,61	0,040	3,98	1,0

4.5 Sistema Vegas de Tilopozo

Los puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo se encuentran al sur-este 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 4.5-1 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4.5-1 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 4.5-1. Puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
Tilopozo Reglilla	Zona marginal	Reglilla	186
L12-1	Zona marginal	Pozo somero	186
L12-2	Zona marginal	Pozo somero	187
L12-3	Zona marginal	Pozo somero	187
L12-4	Zona marginal	Pozo somero	188

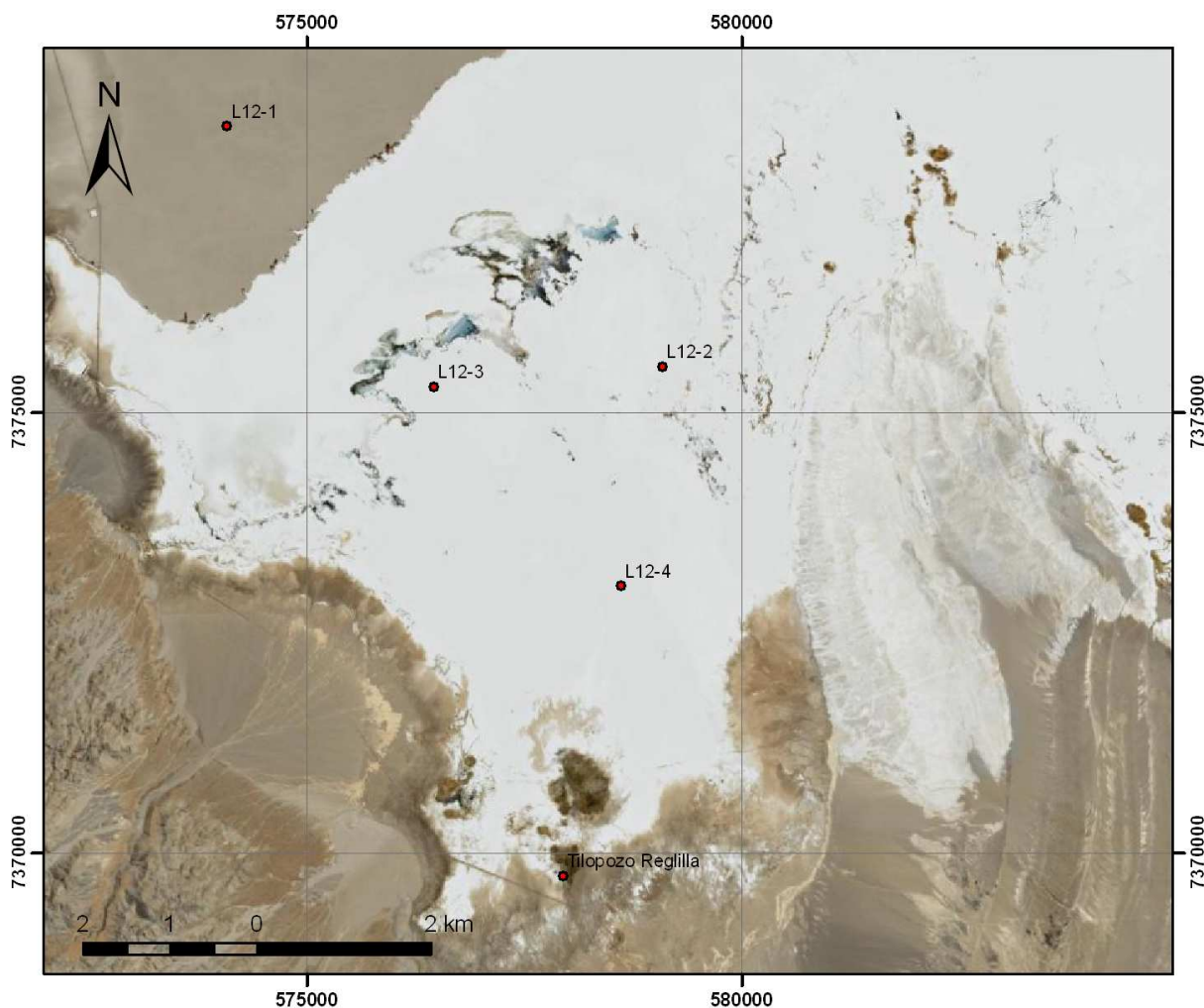


Figura 4.5-1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo.

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 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, alguno de ellos incluso muestran tendencia al aumento. 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 la Sociedad Chilena de Litio.

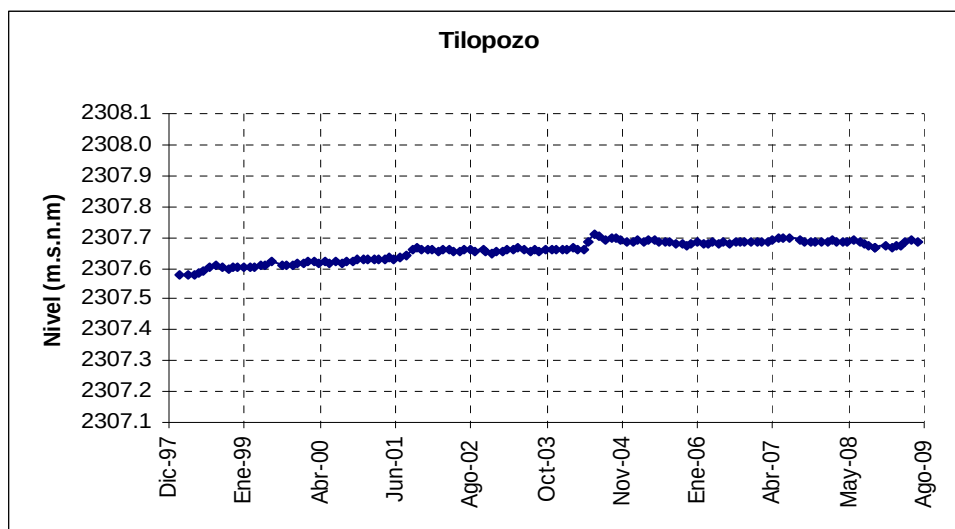


Figura 4.5-2. Nivel mensual observado en la reglilla de Tilopozo.

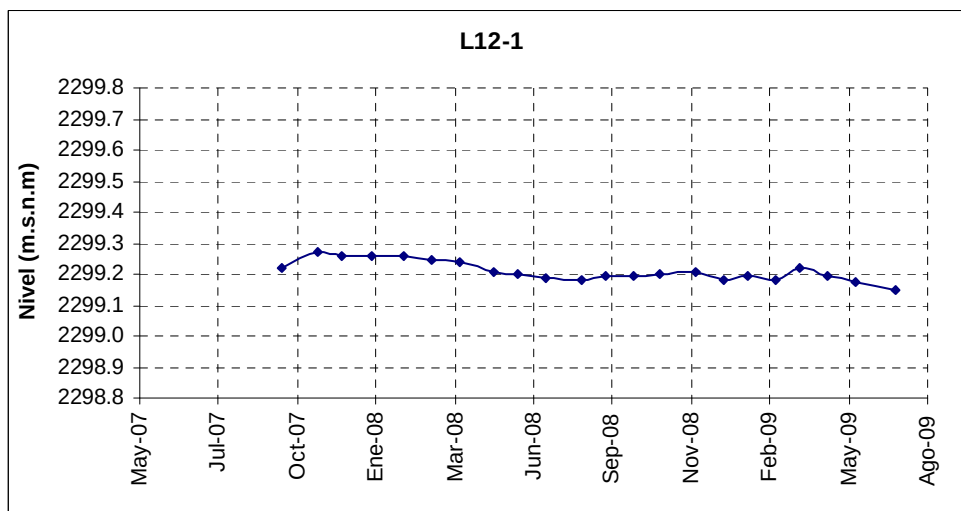


Figura 4.5-3. Nivel mensual observado en el pozo L12-1.

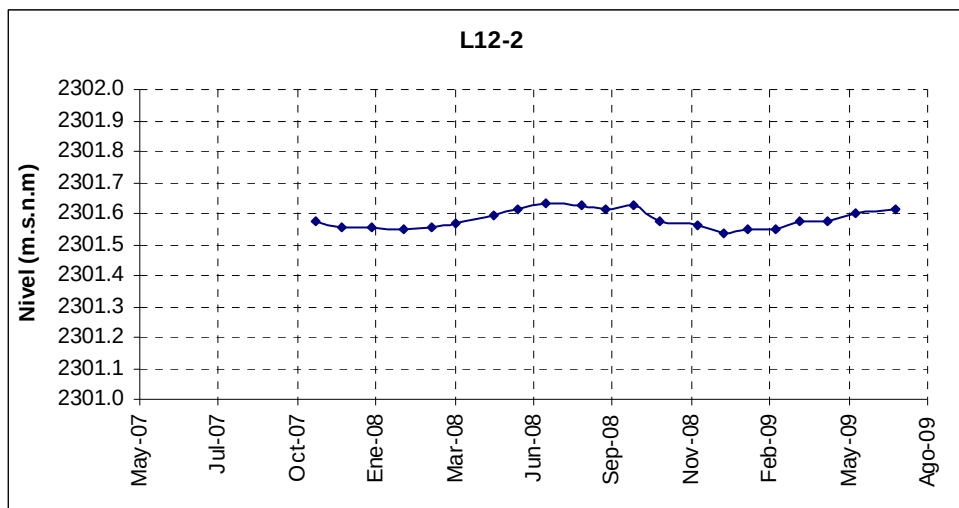


Figura 4.5-4. Nivel mensual observado en el pozo L12-2.

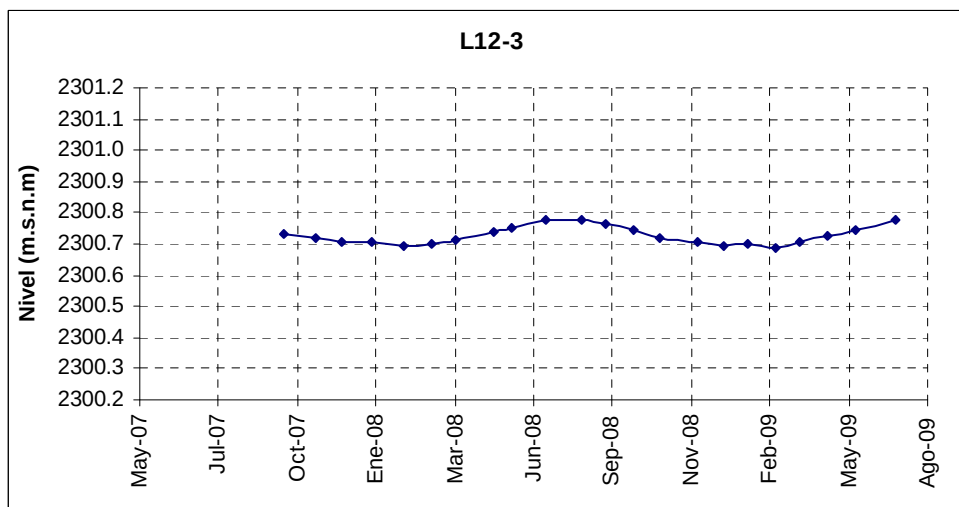


Figura 4.5-5. Nivel mensual observado en el pozo L12-3.

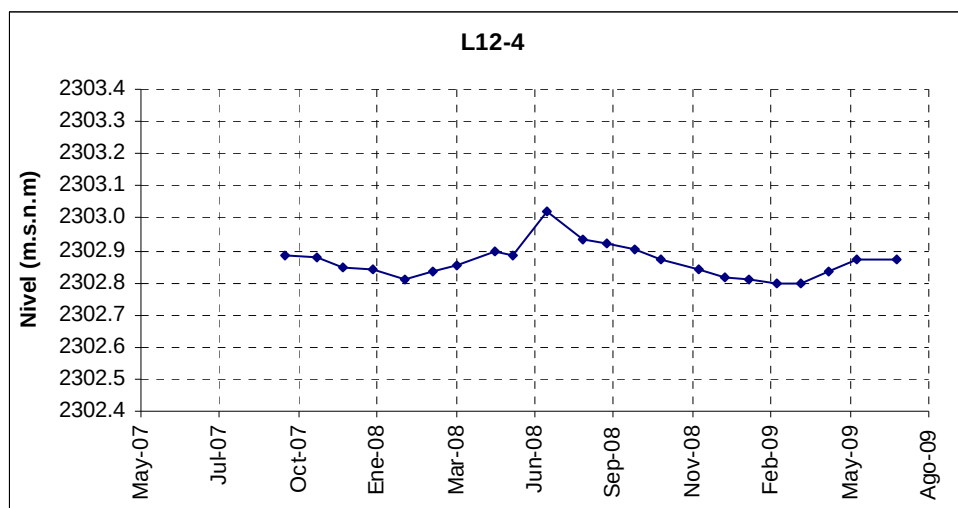


Figura 4.5-6. Nivel mensual observado en el pozo L12-4.

4.6 Núcleo del Salar de Atacama

Los puntos de monitoreo del Núcleo del Salar se encuentran entre las coordenadas 7.425.000 a 7.379.000 Norte y 547.000 a 588.000 Este. En la Figura 4.6-1 se muestra la distribución geográfica de dichos puntos.

En la Tabla 4.6-1 se indican los puntos de monitoreo del Núcleo del Salar, siendo todos clasificados como salmuera. Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel en formato gráfico.

Tabla 4.6-1. Puntos de monitoreo del Sistema Núcleo del Salar de Atacama.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página	Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
1001	Salmuera	Pozo profundo	190	SOPE-6	Salmuera	Pozo profundo	196
1906	Salmuera	Pozo profundo	190	SOPM -02	Salmuera	Pozo profundo	196
2028	Salmuera	Pozo profundo	191	SOPM -04	Salmuera	Pozo profundo	197
2040	Salmuera	Pozo profundo	191	SOPM -05	Salmuera	Pozo profundo	197
E-101	Salmuera	Pozo profundo	194	SOPM-10	Salmuera	Pozo profundo	198
E-324	Salmuera	Pozo profundo	194	SOPM -11	Salmuera	Pozo somero	198
EIA-5	Salmuera	Pozo profundo	195	SOPM -12c	Salmuera	Pozo profundo	199
M1-C	Salmuera	Pozo profundo	192	Zar-C-S	Salmuera	Pozo somero	199
M2-C	Salmuera	Pozo profundo	193	C4-B	Salmuera	Pozo somero	192
M7	Salmuera	Pozo profundo	193				
Sample-4	Salmuera	Pozo somero	195				

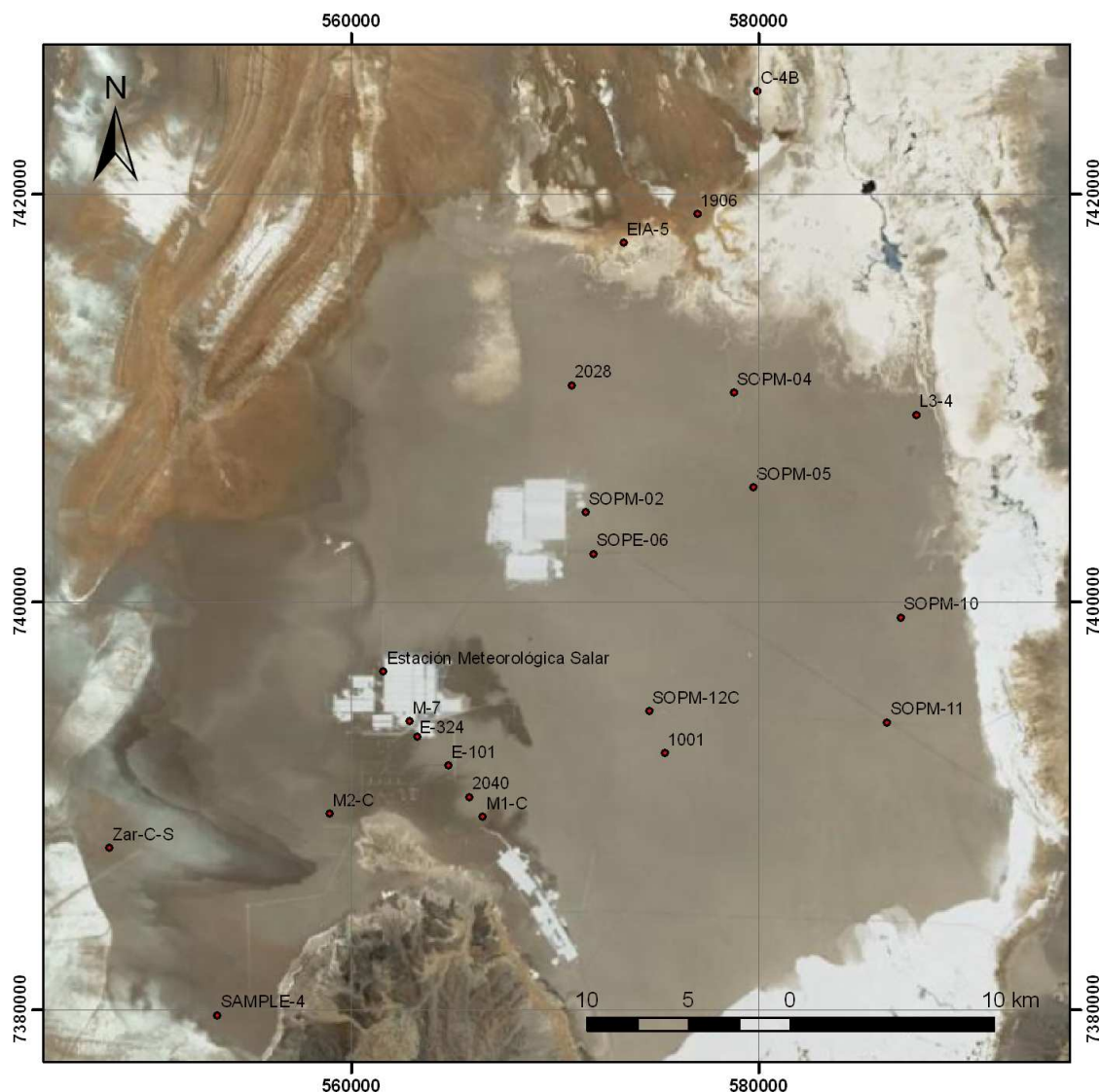


Figura 4.6-1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo en el Núcleo del Salar de Atacama.

4.6.1 Nivel de la salmuera subterránea

En esta sección se presentan los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sector 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. Su gráfico puede ser consultado en la sección 4.2 Sistema Aguas de Quelana.

Se puede observar en los gráficos que, en general, para los últimos meses los pozos mantienen la tendencia a estabilizarse, especialmente los pozos SOPM. Existen otros pozos que muestran clara tendencia a la disminución especialmente los que se ubican cercanos a sectores de bombeo. La napa en el sector suroeste (Sample4 y Zar-C-S) ha disminuido sin tendencia a la estabilización, esto se explica por las nuevas 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 (EIA-5, C4-B, 1906)

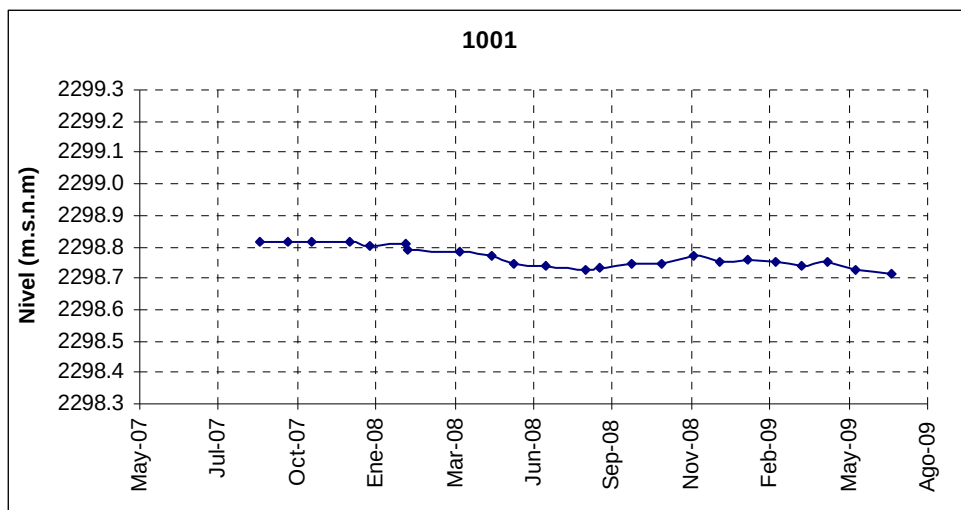


Figura 4.6-2. Nivel mensual observado en el pozo 1001.

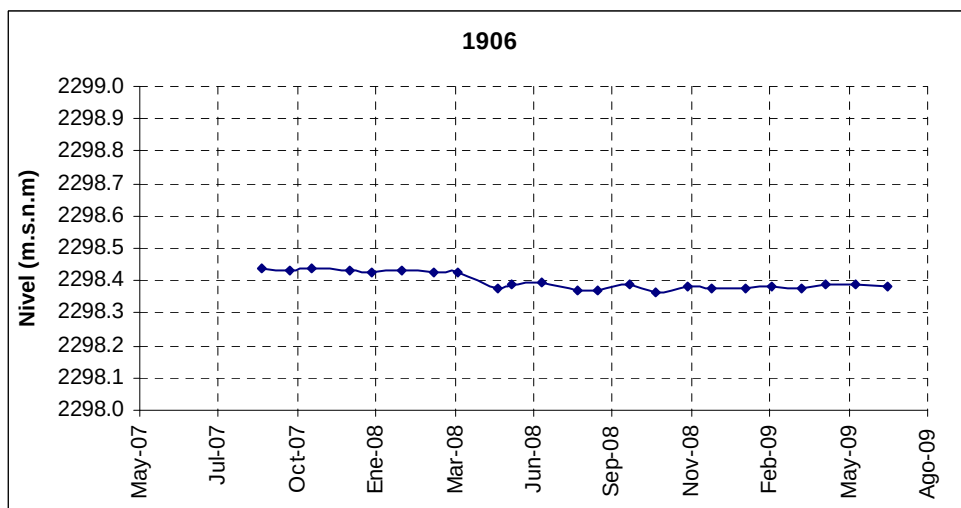


Figura 4.6-3. Nivel mensual observado en el pozo 1906.

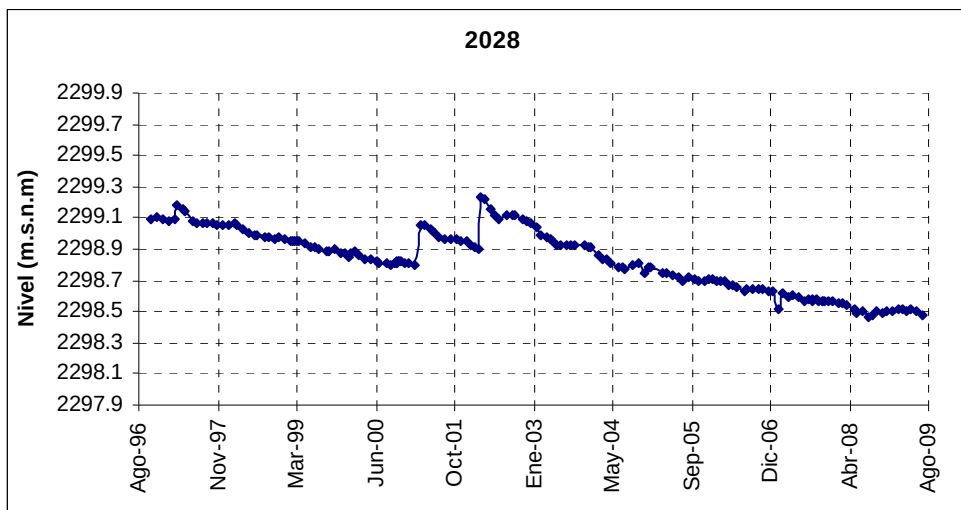


Figura 4.6-4. Nivel mensual observado en el pozo 2028.

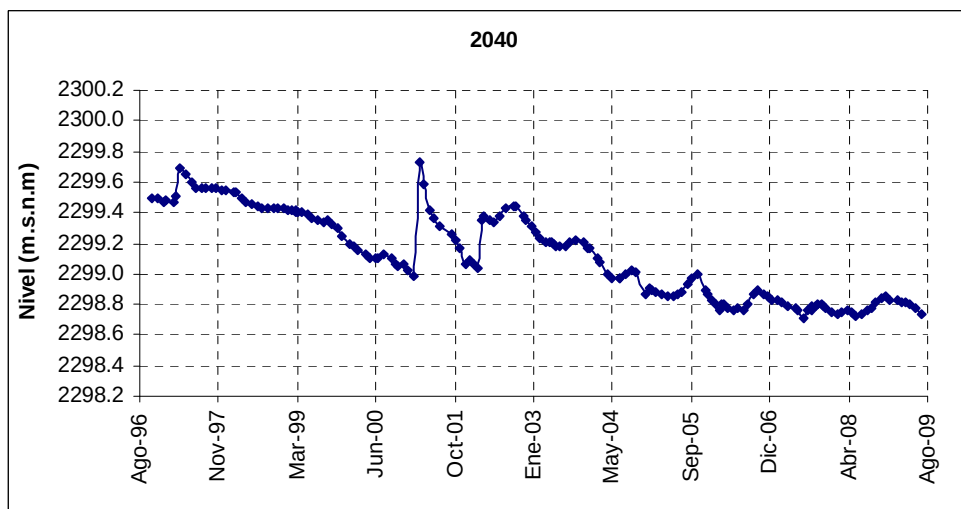


Figura 4.6-5. Nivel mensual observado en el pozo 2040.

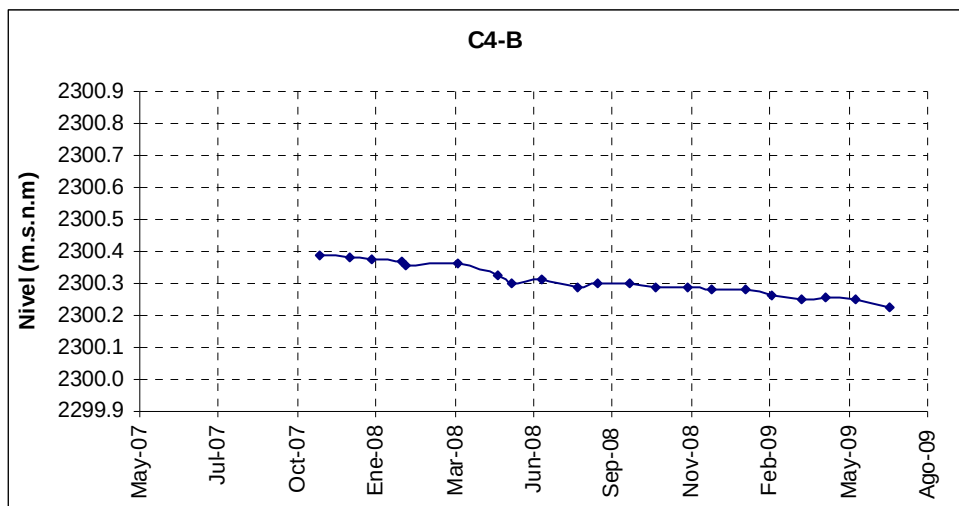


Figura 4.6-6. Nivel mensual observado en el pozo C4-B.

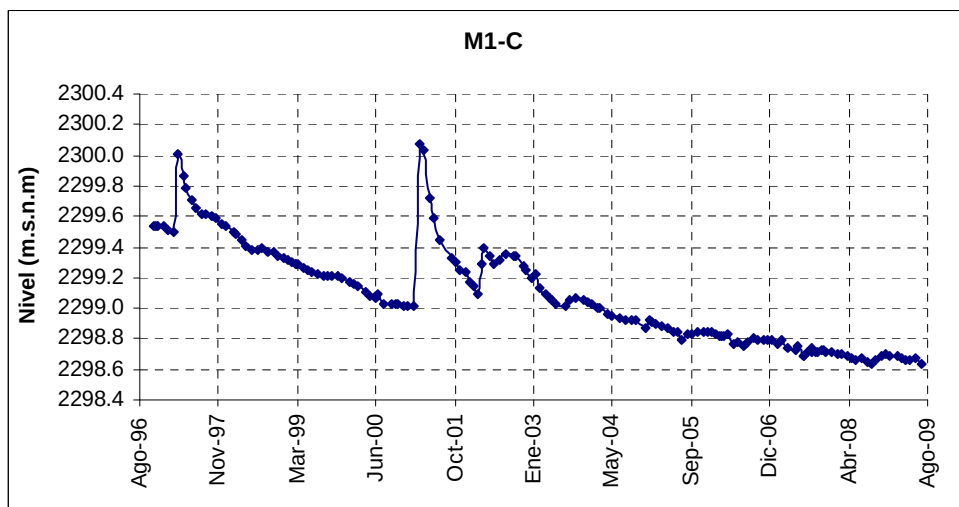


Figura 4.6-7. Nivel mensual observado en el pozo M1-C.

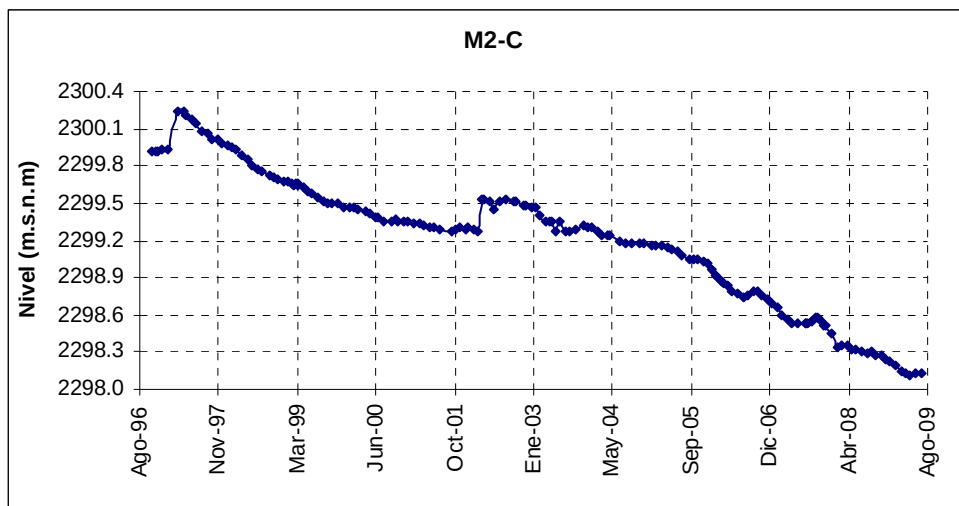


Figura 4.6-8. Nivel mensual observado en el pozo M2-C.

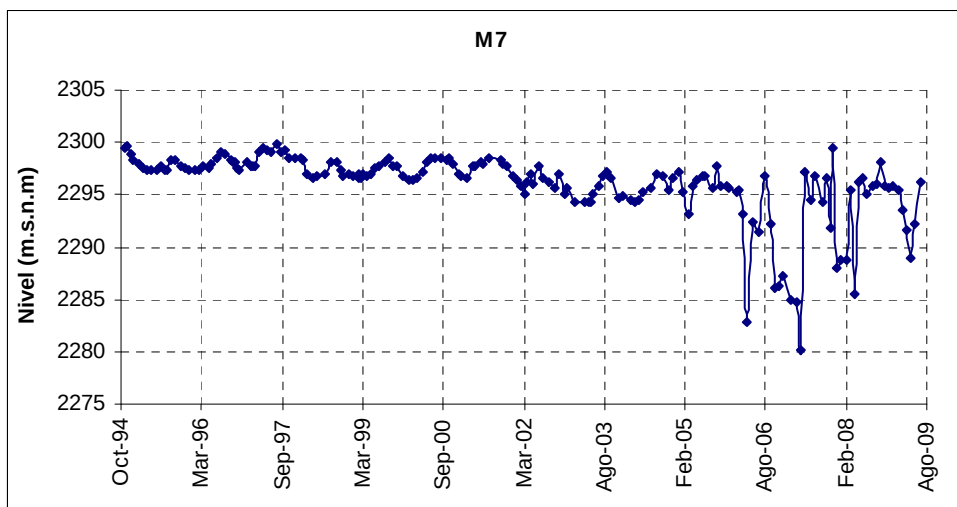


Figura 4.6-9. Nivel mensual observado en el pozo M7.

Cabe señalar que las fuertes variaciones de nivel del pozo M7 son la respuesta directa al bombeo del pozo de producción WM-7, el cual se encuentra a 1,5 metros de distancia, es decir, dentro del cono de depresión del pozo de bombeo.

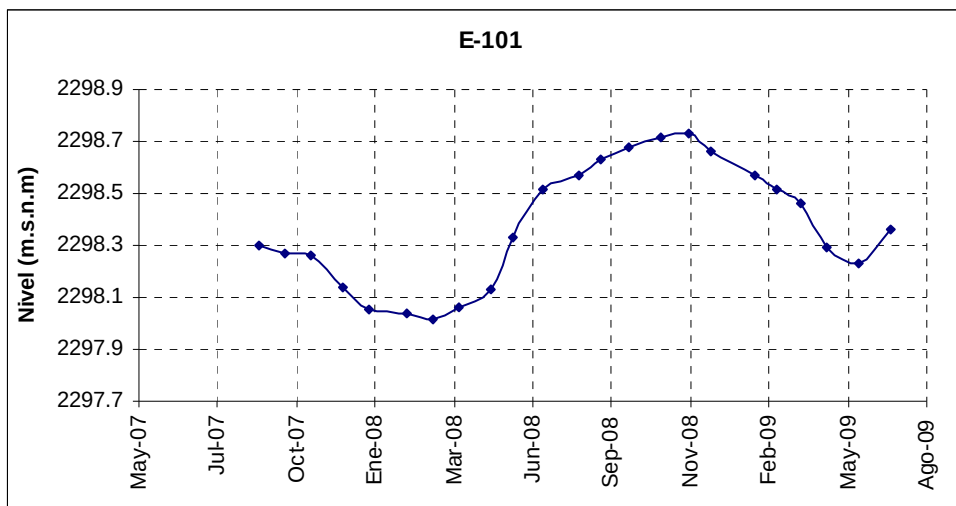


Figura 4.6-10. Nivel mensual observado en el pozo E-101.

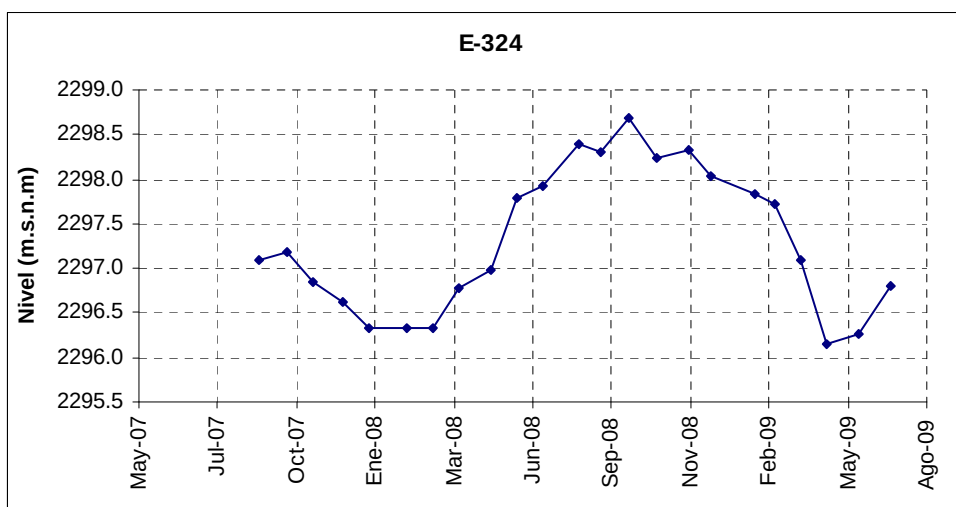


Figura 4.6-11. Nivel mensual observado en el pozo E-324.

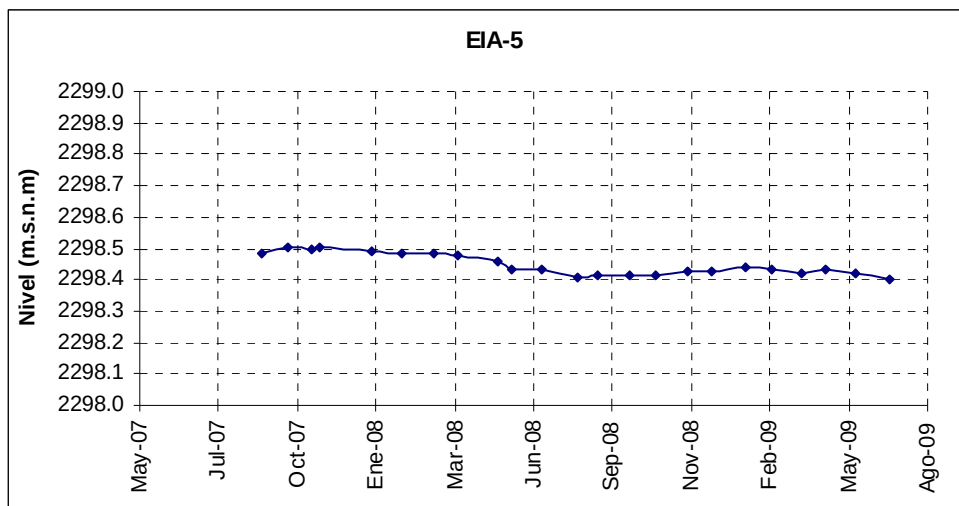


Figura 4.6-12. Nivel mensual observado en el pozo EIA-5.

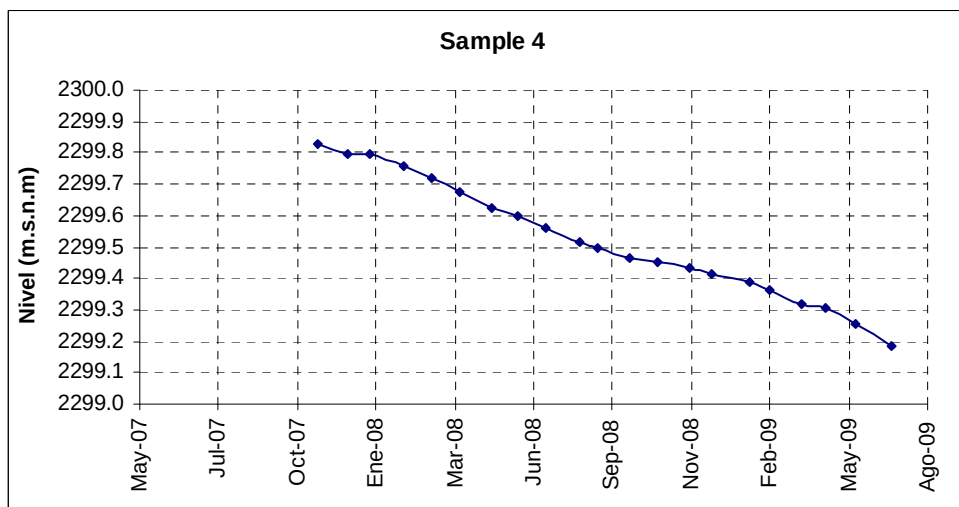


Figura 4.6-13. Nivel mensual observado en el pozo Sample4.

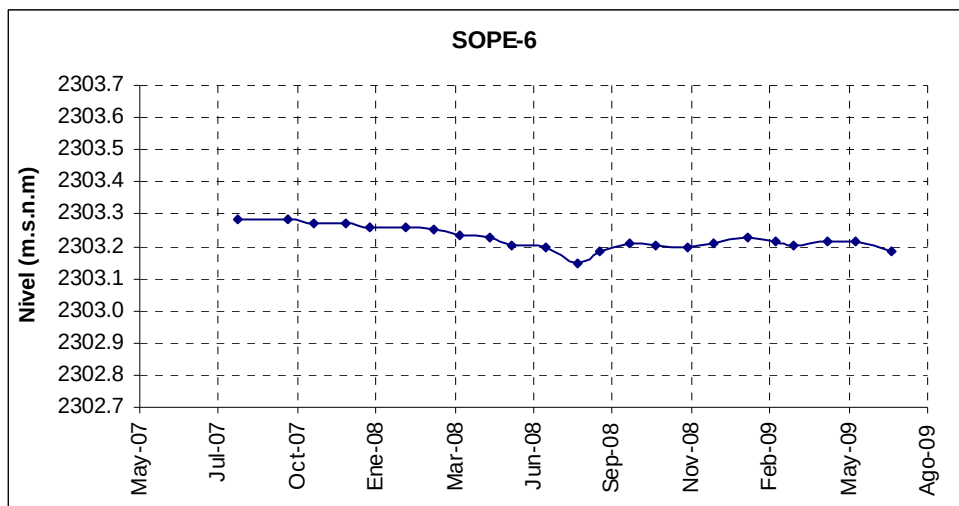


Figura 4.6-14. Nivel mensual observado en el pozo SOPE-6.

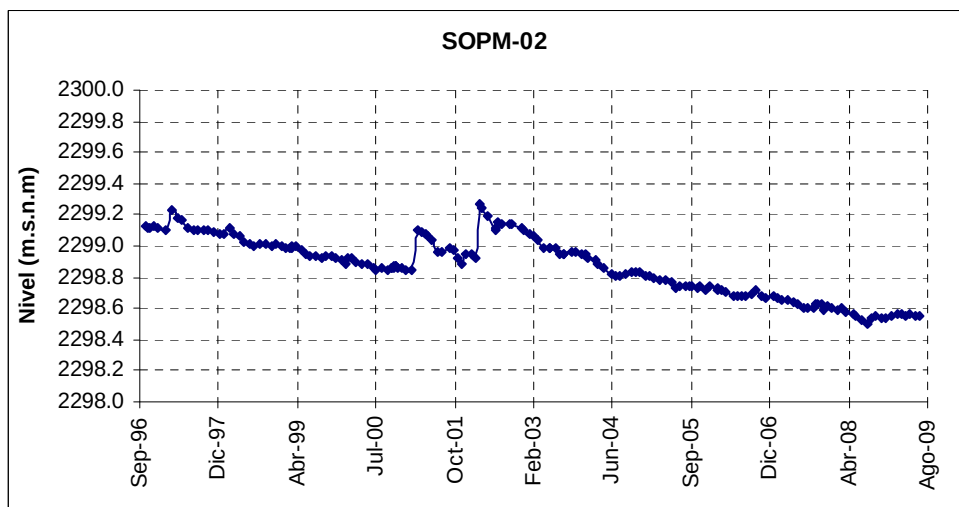


Figura 4.6-15. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-2.

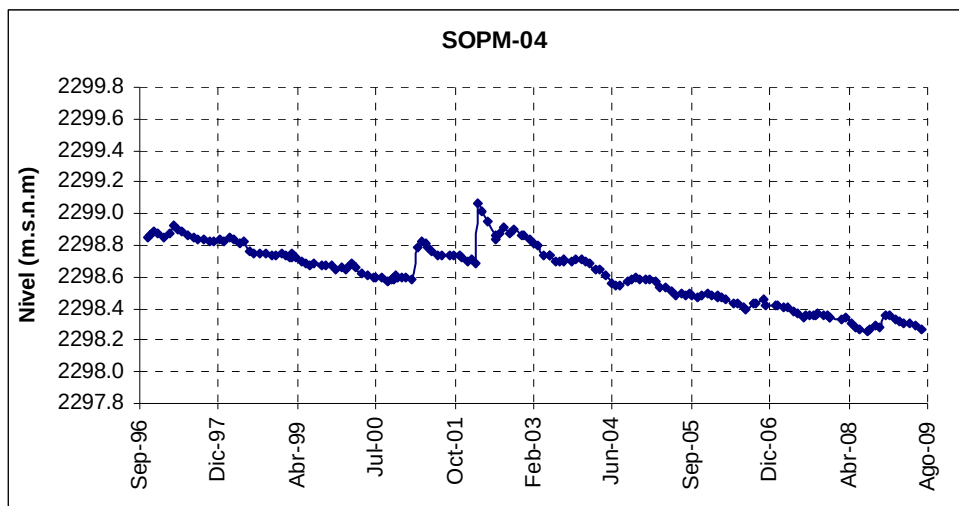


Figura 4.6-16. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-4.

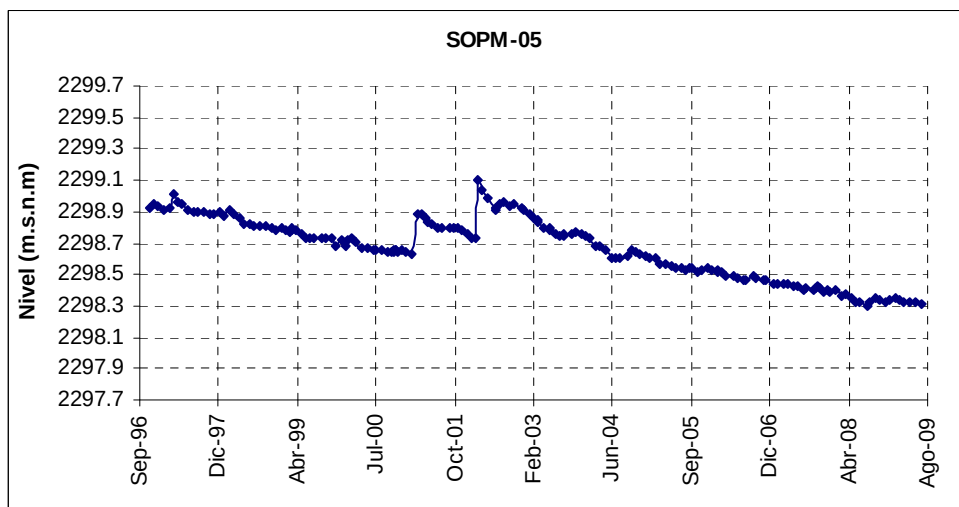


Figura 4.6-17. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-5.

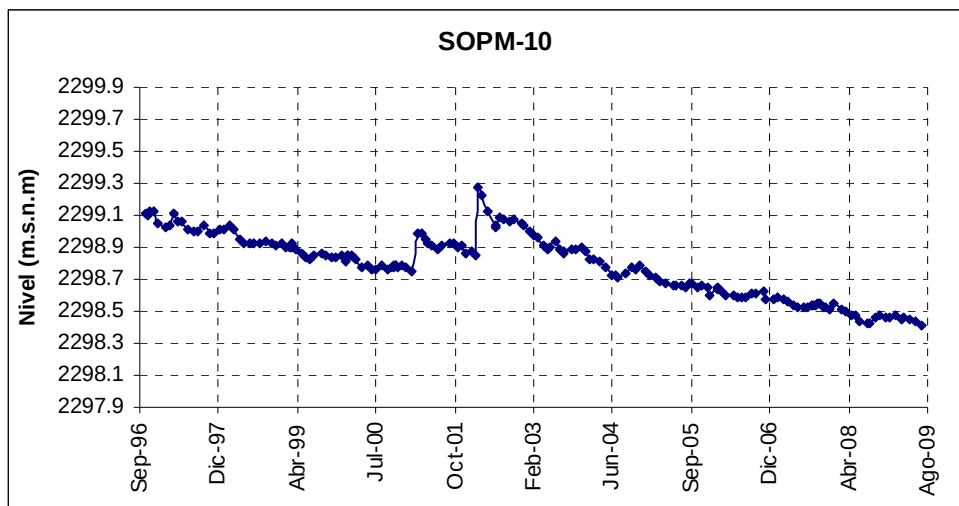


Figura 4.6-18. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-10.

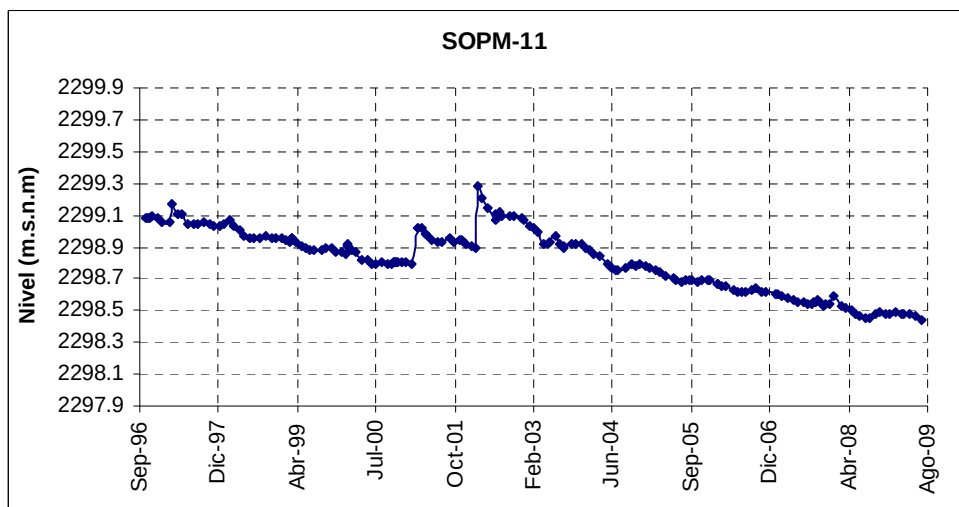


Figura 4.6-19. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-11.

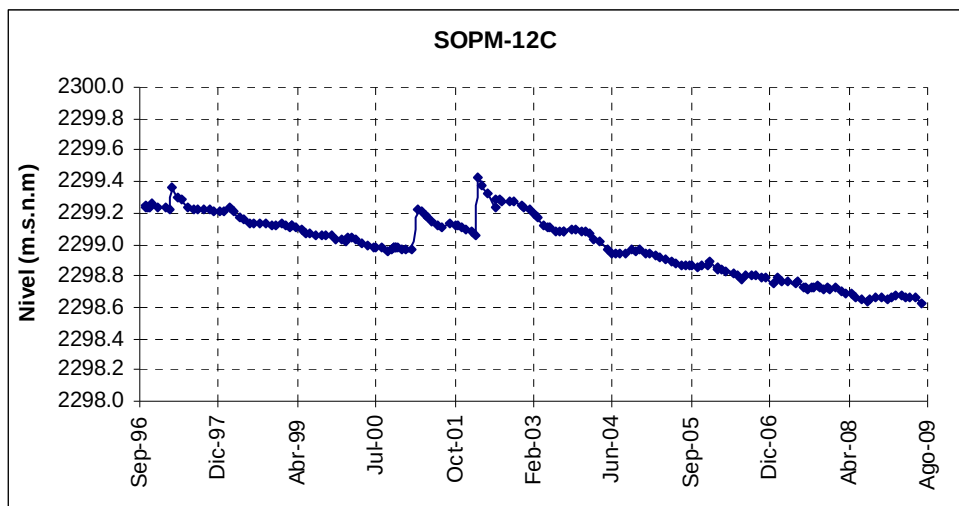


Figura 4.6-20. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-12C.

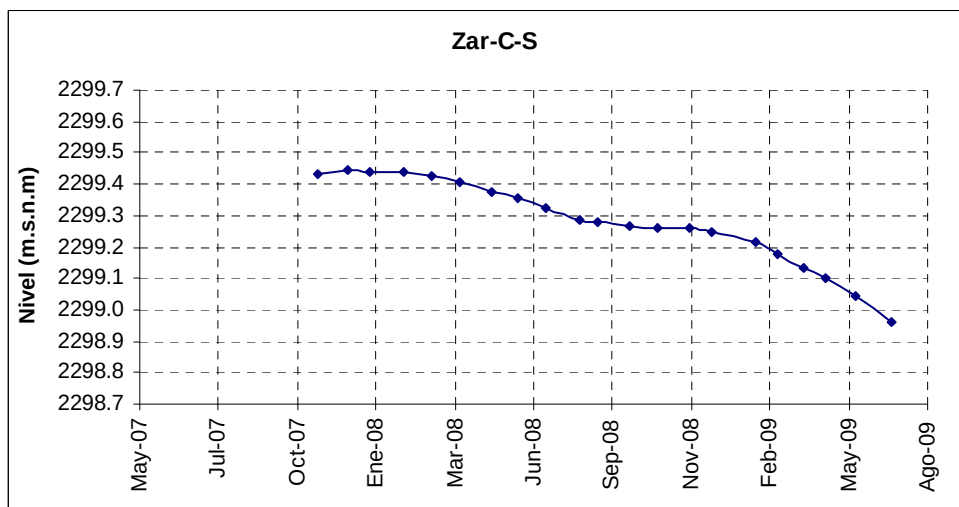


Figura 4.6-21. Nivel mensual observado en el pozo Zar-C-S.

4.6.2 Meteorología

Entre la Figura 4.6-22 y la Figura 4.6-25 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica Salar que son parte del PSAH. Se puede observar que la última precipitación registrada en abril de 2009 fue de 0,76 mm.

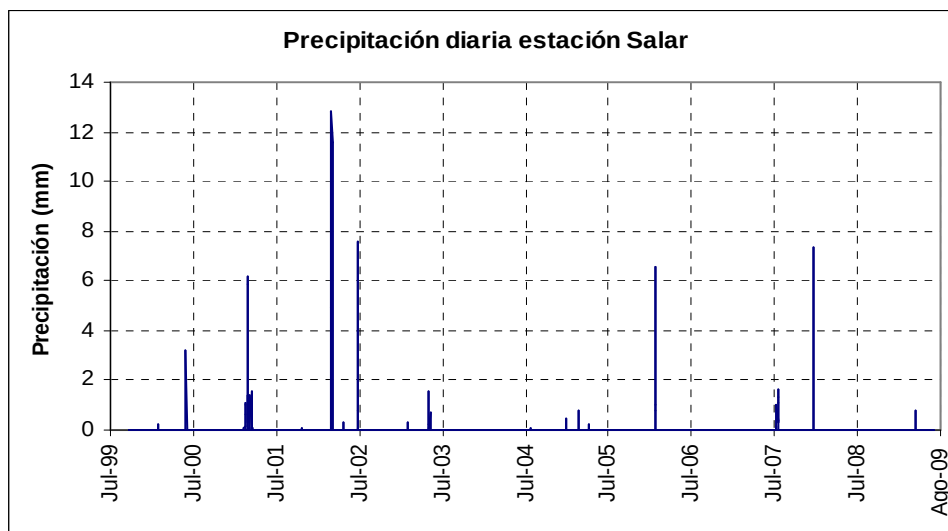


Figura 4.6-22. Precipitación diaria registrada en la estación Salar.

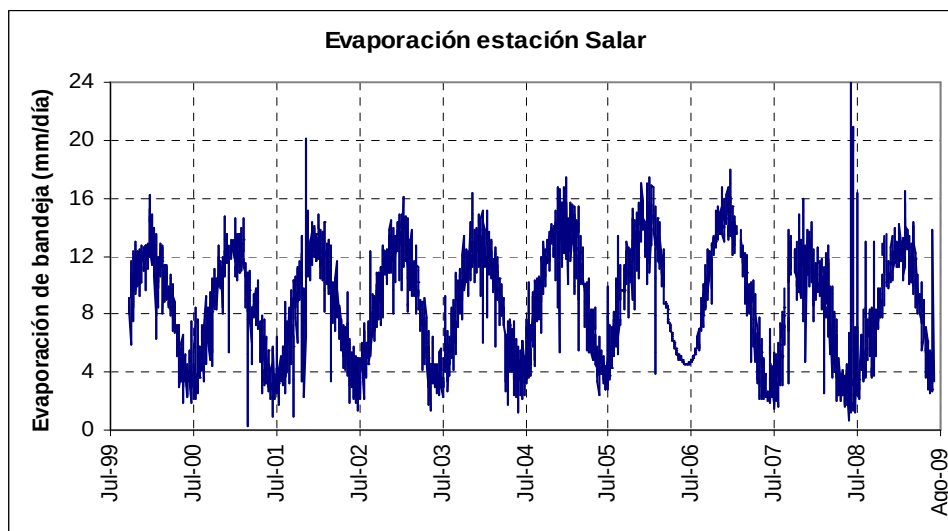


Figura 4.6-23. Evaporación diaria registrada en la estación Salar.

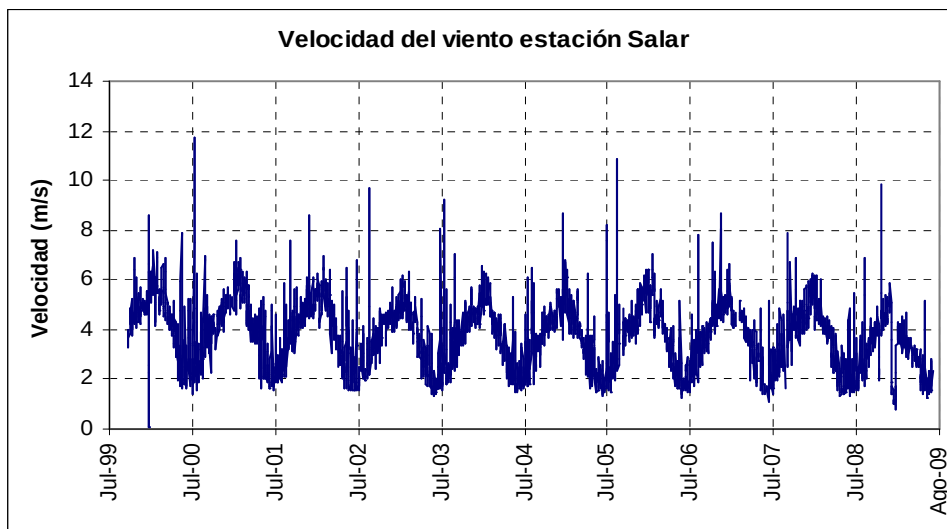


Figura 4.6-24. Velocidad del viento diaria registrada en la estación Salar.

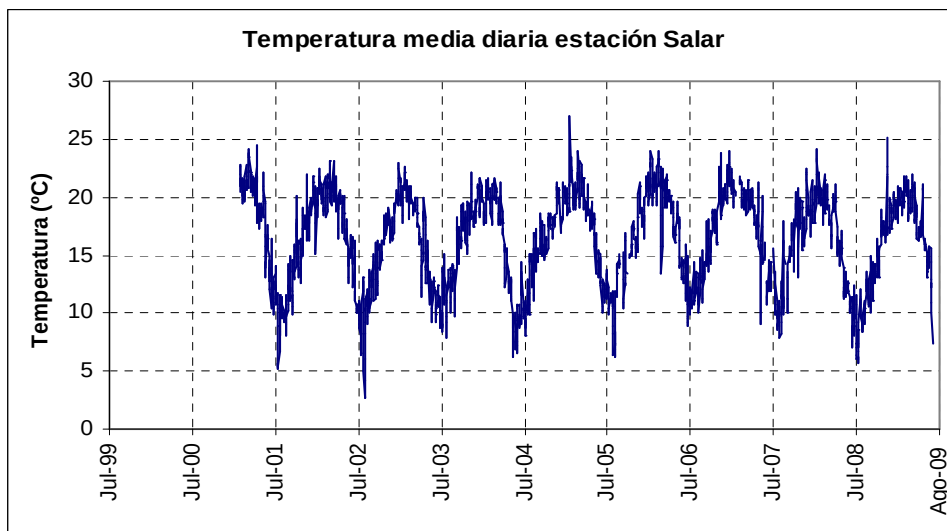


Figura 4.6-25. Temperatura media diaria registrada en la estación Salar.

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 7.4 se adjuntan los informes de los análisis químicos de estos pozos. Los resultados se presentan desde la Tabla 4.6-2 a la Tabla 4.6-5.

Tabla 4.6-2. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo SOPM-12C.

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	218	6,67	1,215
28-04-2008	221	6,92	1,230
13-07-2008	231	6,94	1,226
17-10-2008	231	7,17	1,224
02-02-2009	230	6,14	1,222
27-04-2009	226	6,83	1,224

Tabla 4.6-3. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo SOPM-12C.

Fecha de muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	Densidad (kg/L)
01-08-2007	439.000	1,24
31-10-2007	578.000	1,24
02-02-2008	372.000	1,221
29-04-2008	601.000	1,233
13-07-2008	178.000	1,22
17-10-2008	418.000	1,30
02-02-2009	177.000	1,1
27-04-2009	158.450	1,2

Tabla 4.6-4. Resultados de Análisis Físico-Químico (Terreno). Pozo 1001.

Fecha de muestreo	Conductividad (mS/cm)	pH	Densidad (kg/L)
14-02-2008	237	6,87	1,225
28-04-2008	220	6,88	1,225
13-07-2008	231	6,90	1,226
17-10-2008	237	7,19	1,224
02-02-2009	245	6,10	1,221
27-04-2009	229	6,18	1,222

Tabla 4.6-5. Resultados de Análisis Físico-Químico (Laboratorio). Pozo 1001.

Fecha de muestreo	Sólidos Disueltos (mg/L)	Densidad (kg/L)
01-08-2007	444.000	1,24
31-10-2007	601.000	1,24
02-02-2008	351.000	1,222
29-04-2008	616.000	1,248
13-07-2008	224.000	1,218
17-10-2008	419.000	1,30
02-02-2009	192.000	1,2
27-04-2009	165.800	1,2

4.7 Sistema Cuña Salina

Los puntos de monitoreo de la 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 4.7-2 se aprecia la distribución geográfica de dichos puntos.

En la Tabla 4.7-1 se indican los puntos de monitoreo de la Cuña Salina, los cuales corresponden a pozos clasificados como cuña, emplazados íntegramente en la zona marginal. Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel de manera gráfica.

Tabla 4.7-1. Puntos de monitoreo del Sistema Cuña Salina.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
Cuña 1	Zona marginal	Pozo cuña	207 y 209
Cuña 2	Zona marginal	Pozo cuña	208 y 209
Cuña 3	Zona marginal	Pozo cuña	208 y 209
Cuña 4	Zona marginal	Pozo cuña	209 y 211
Cuña 5	Zona marginal	Pozo cuña	210 y 211
L4-3	Zona marginal	Pozo cuña	211
Cuña 6	Zona marginal	Pozo cuña	211 y 213
Cuña 7	Zona marginal	Pozo cuña	212 y 213
L10-1	Zona marginal	Pozo cuña	213

El sector de la 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 (2001²) 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 4.7-2). 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 4.7-2). Los valores utilizados se presentan además expresados en unidades de conductividad eléctrica en la Tabla 4.7-3.

El monitoreo de la 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 4.7-1.

Adicionalmente, DICTUC realizó una medición en este sistema en el pozo Cuña 5.

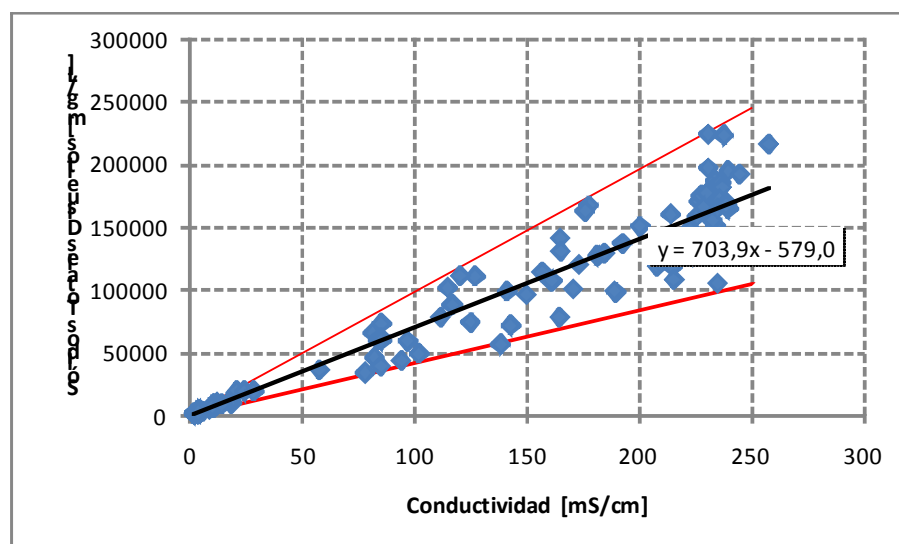


Figura 4.7-1. Relación empírica entre la conductividad eléctrica del agua subterránea y la concentración de sólidos totales disueltos para el Salar de Atacama (línea negra: regresión lineal; línea roja: intervalos de confianza equivalentes a +/- 60% del valor estimado en la regresión).

² Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall

Tabla 4.7-2. Criterios para clasificación de aguas de acuerdo a salinidad en unidades de TDS.

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

Tabla 4.7-3. Criterios para clasificación de aguas de acuerdo a salinidad en unidades de conductividad.

Categoría	Rango [mS/cm]
Agua fresca	0 - 2,2
Zona de transición	2,2 – 142,9
Salmuera	> 142,9

Los pozos que monitorean la Cuña Salina son: L4-3, Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6, Cuña 7 y L10-1. 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. El gráfico del pozo L10-1 puede ser consultado en la sección 4.3. En la Tabla 4.7-4 se indican las profundidades de los pozos cuñas. Nótese que los pozos Cuña 3 y Cuña 4 presentan un comportamiento artesiano.

Tabla 4.7-4. Profundidades de los pozos cuñas.

Pozo	Profundidad (m)
Cuña 1	22
Cuña 2	24
Cuña 3	140
Cuña 4	95
Cuña 5	38
Cuña 6	122
Cuña 7	42
L4-3	95
L10-1	162

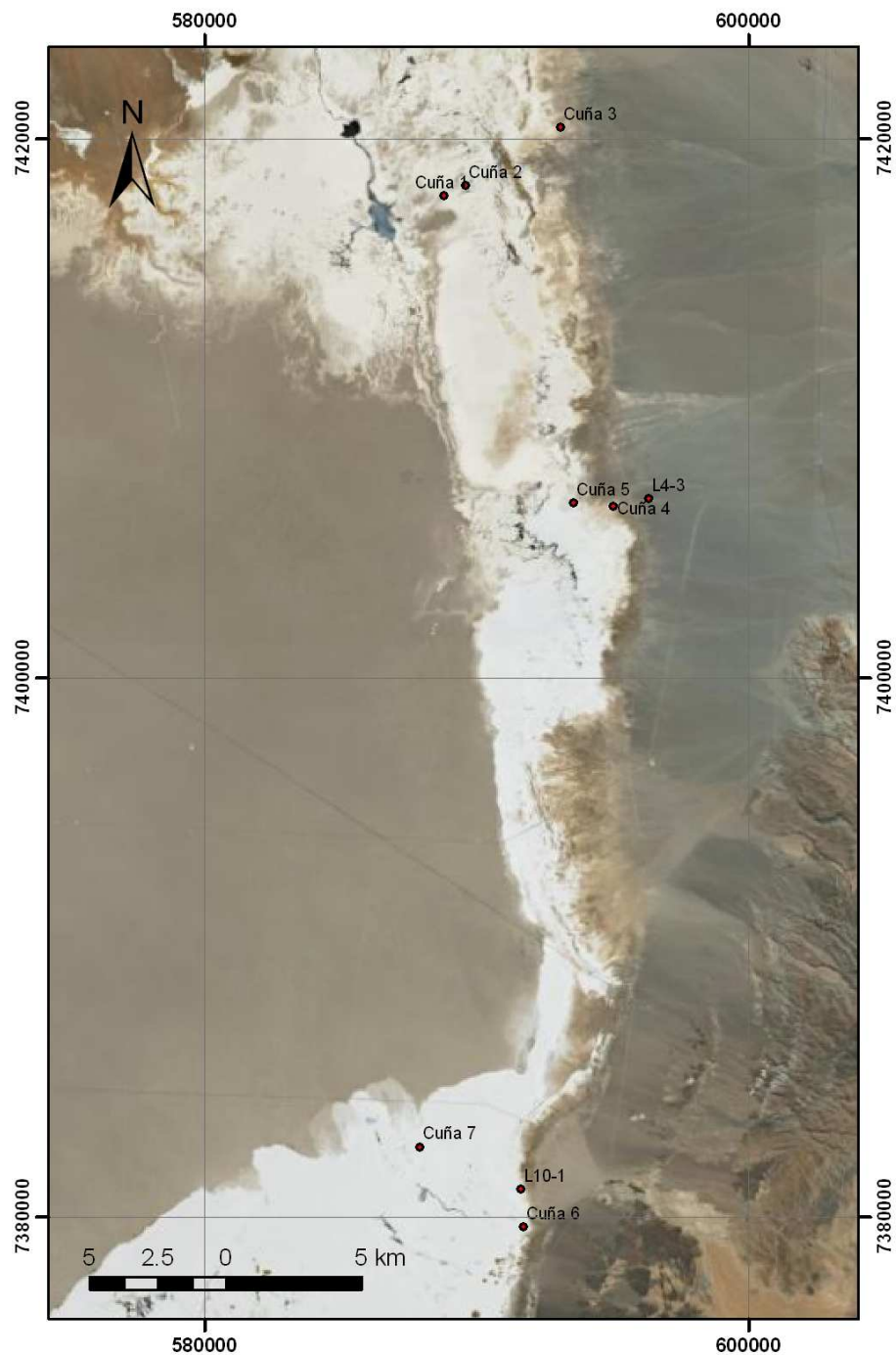


Figura 4.7-2. Distribución geográfica de puntos de monitoreo de la Cuña Salina.

SQM Salar realizó mediciones del perfil de conductividad y temperatura en todos los pozos listados en la Tabla 4.7-1. Estos perfiles se presentan en la Figura 4.7-6, Figura 4.7-10 y Figura 4.7-13.

Los registros de nivel de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 se muestran en la Figura 4.7-3, Figura 4.7-4 y Figura 4.7-5, respectivamente.

Los perfiles de conductividad de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 se presentan en la Figura 4.7-6. Los pozos Cuña 1 y Cuña 2 están emplazados directamente en la cuña salina, registrando valores mayores al límite de la categoría definido en 142,9 mS/cm, mientras que el pozo Cuña 3 atraviesa la denominada zona de transición en sus primeros 129 metros (conductividades entre 18,7 y 142,9 mS/cm), para luego internarse en la zona de salmuera por los 11 metros restantes.

El nivel de la napa medido en los pozos utilizados para realizar el seguimiento de la Cuña Salina en general presenta un comportamiento estable, con algún comportamiento estacional dependiendo de la profundidad de la napa. La excepción son los pozos Cuña 3 y Cuña 4 cuyos niveles se ven influenciados por la toma de muestras para análisis químico.

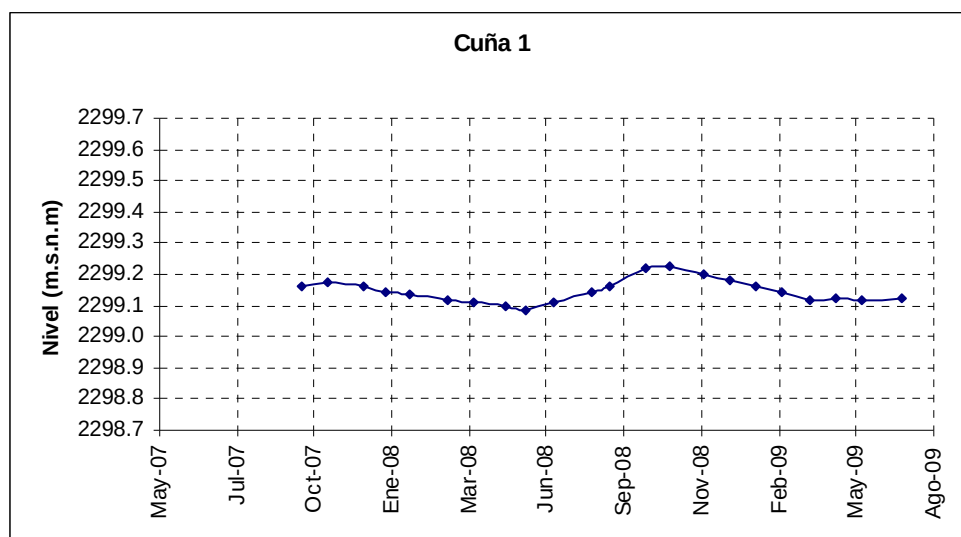


Figura 4.7-3. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 1.

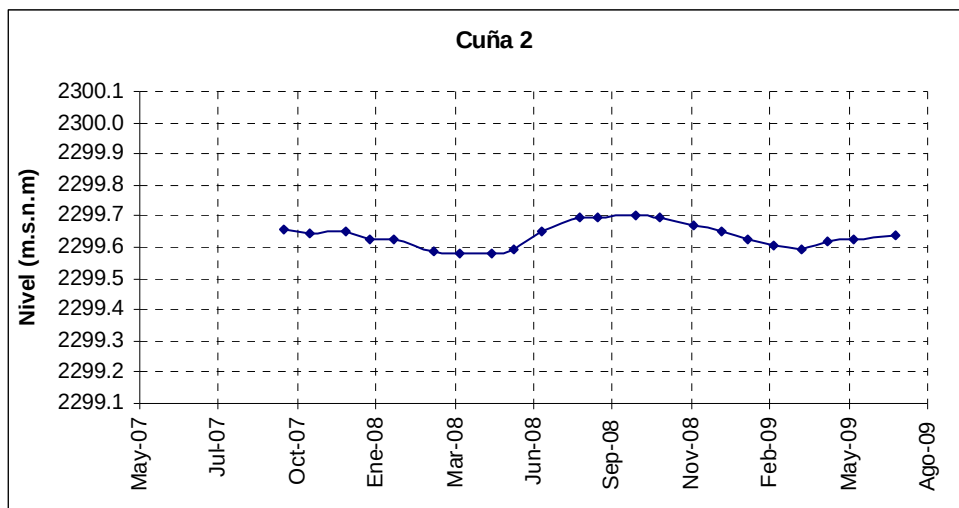


Figura 4.7-4. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 2.

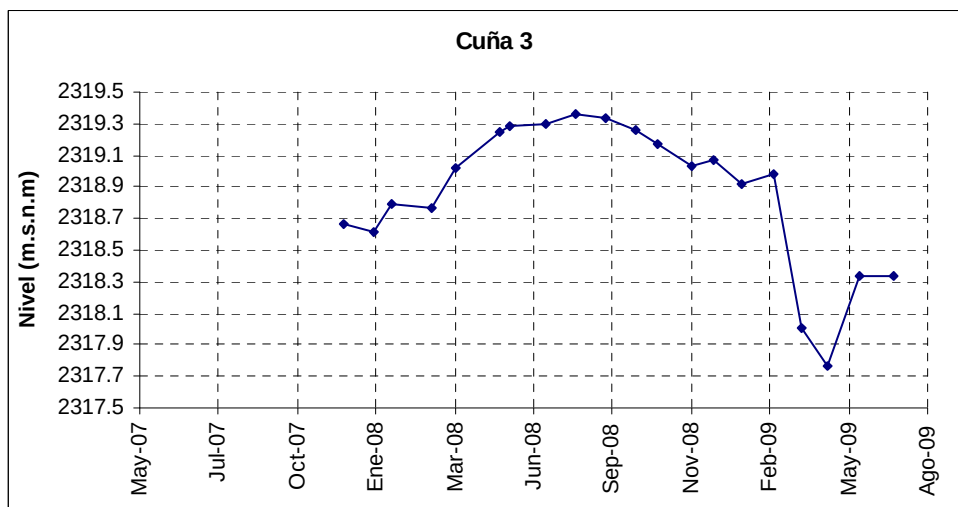


Figura 4.7-5. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 3.

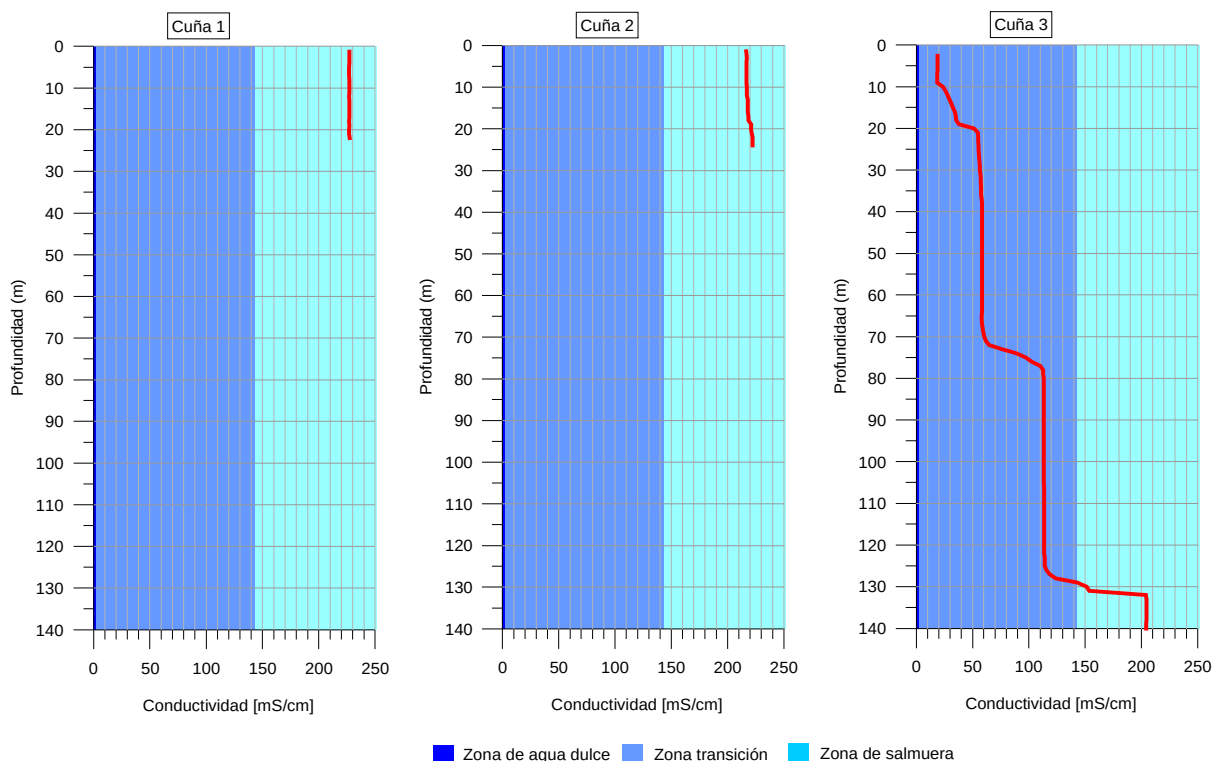


Figura 4.7-6. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 (Cyan: zona de salmuera; Celeste: zona de transición; Azul: agua fresca).

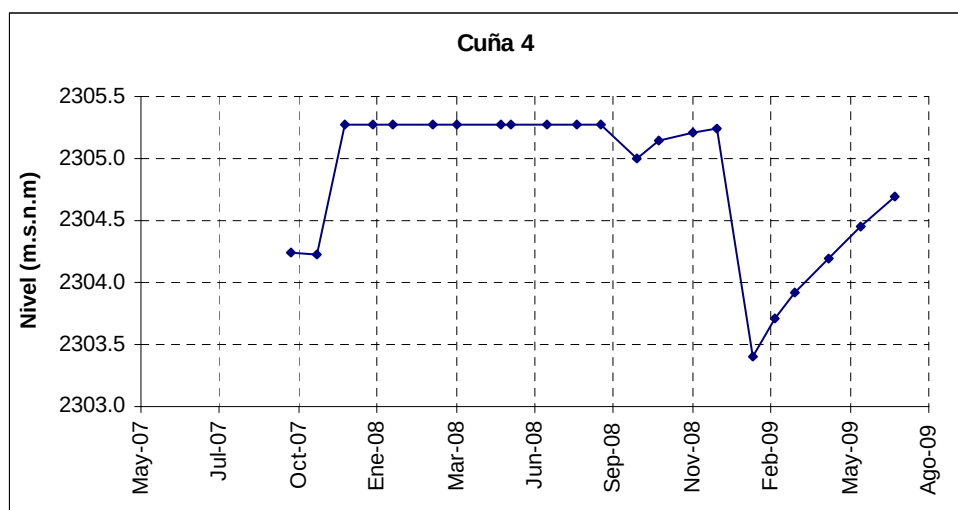


Figura 4.7-7. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 4 (Inicialmente reportaba afloramiento).

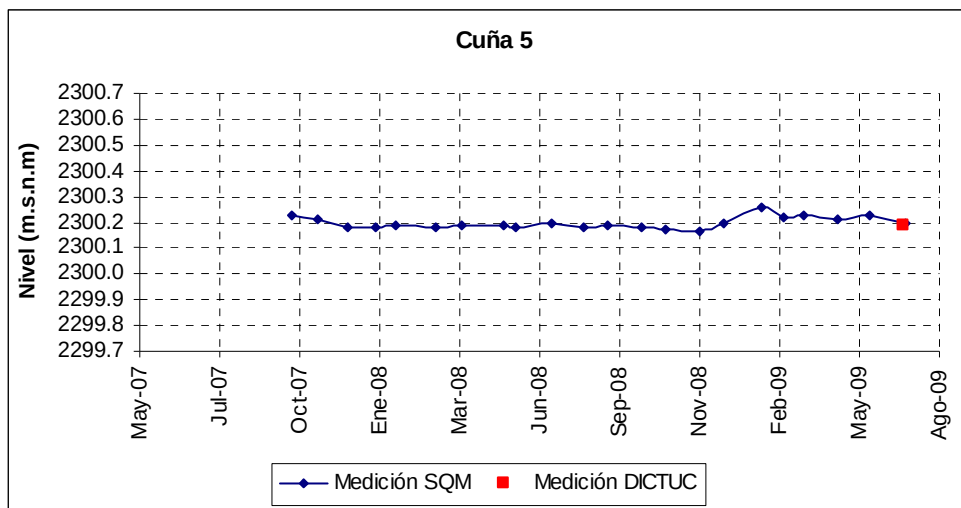


Figura 4.7-8. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 5.

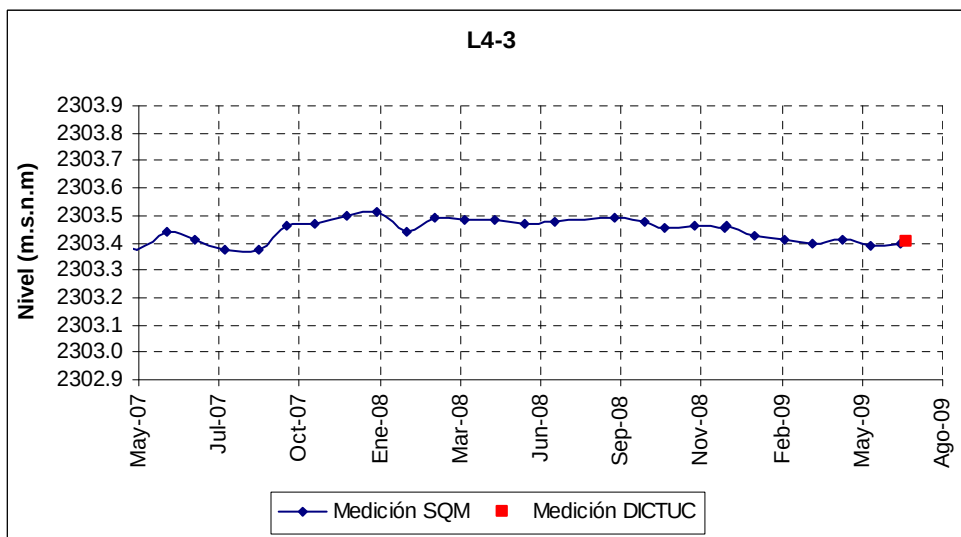


Figura 4.7-9. Nivel mensual observado en el pozo L4-3.

La Figura 4.7-10 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3. Se aprecia que los pozos Cuña 4 y Cuña 5 se encuentran ubicados totalmente dentro de la zona de salmuera, mientras que el pozo L4-3 inicialmente se encuentra en una zona de transición (hasta los 40 m de profundidad aproximadamente) para posteriormente ubicarse en la zona de salmuera.

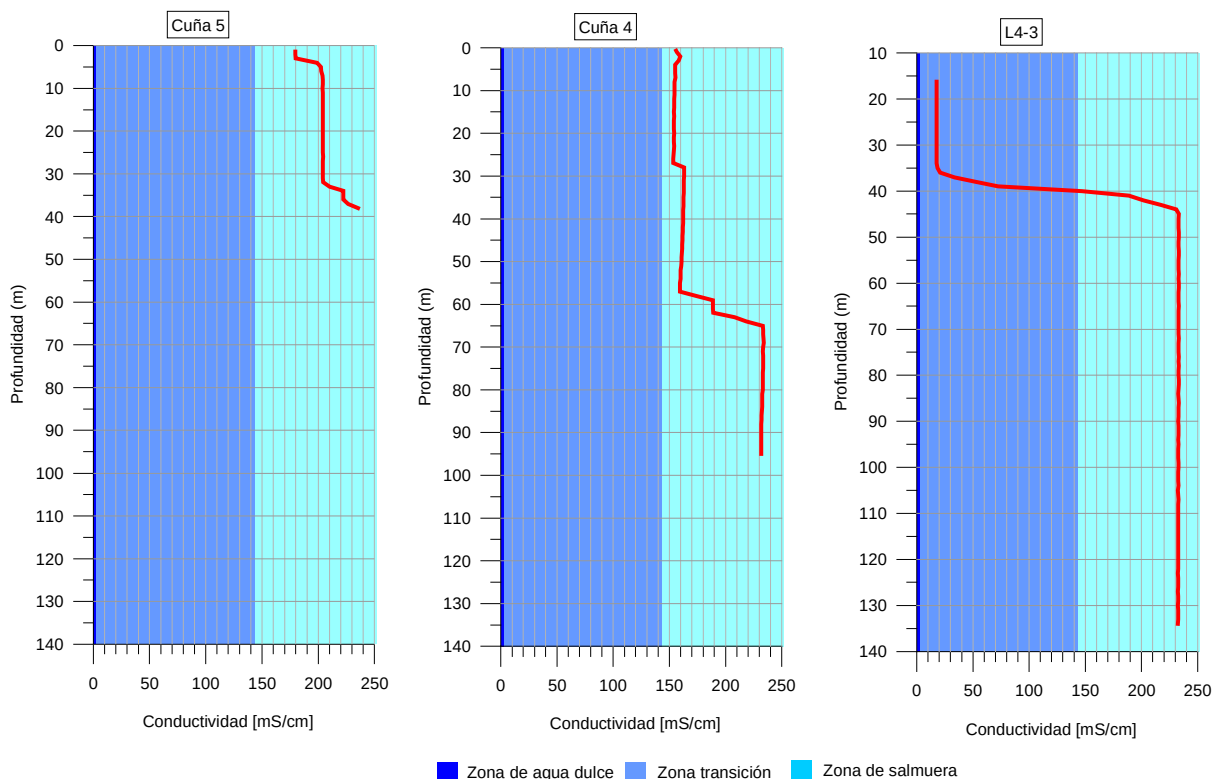


Figura 4.7-10. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3. Cyan: zona de salmuera; Celeste: zona de transición; Azul: agua fresca.

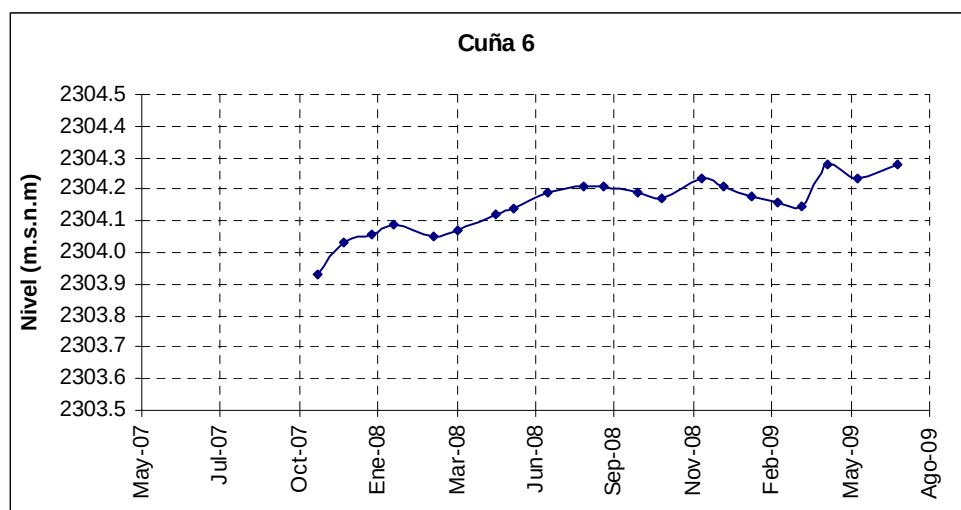


Figura 4.7-11. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 6.

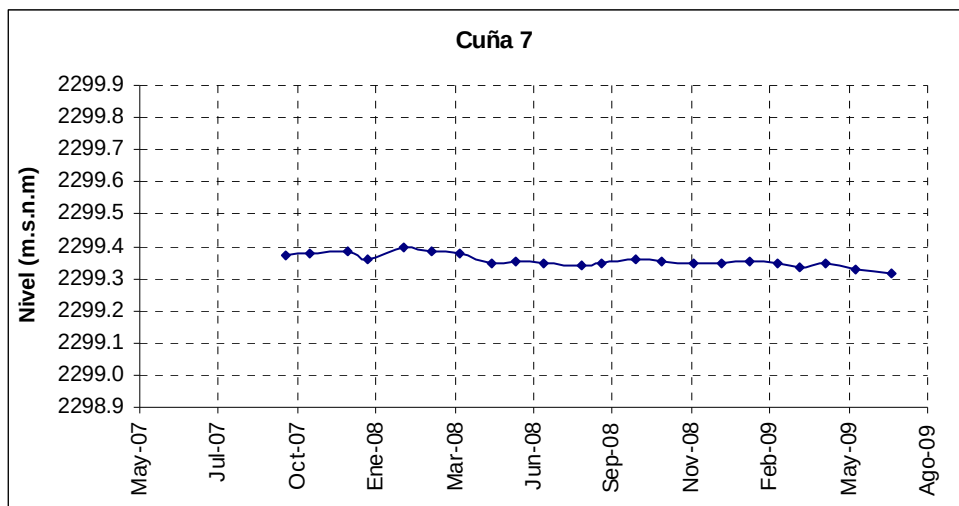


Figura 4.7-12. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 7.

La Figura 4.7-13 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 aproximadamente hasta los 50 metros, luego de lo cual se supera el umbral de 142,9 mS/cm que define la zona de salmuera.

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

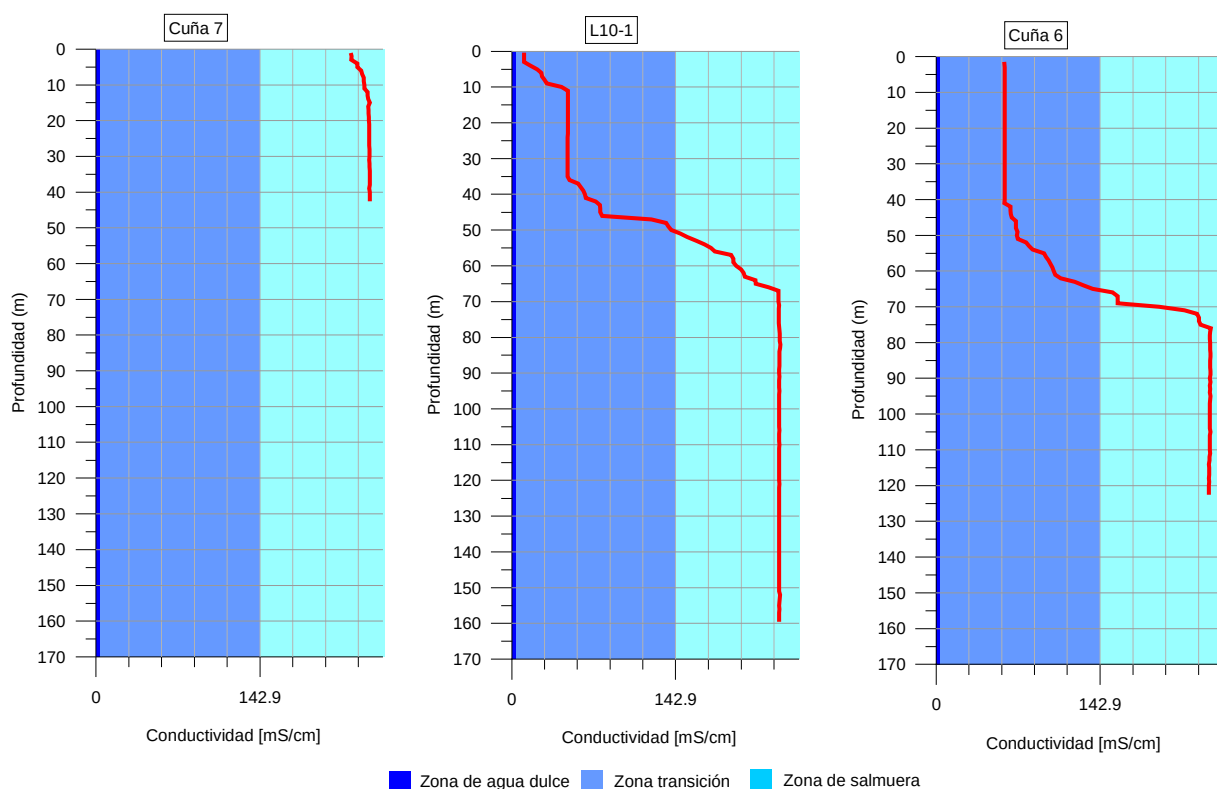


Figura 4.7-13. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6. Cyan: zona de salmuera; Celeste: zona de transición; Azul: agua fresca.

5 COMENTARIOS RESPECTO AL MONITOREO DEL PSAH

En este capítulo se detallan observaciones al monitoreo ambiental hidrogeológico, que aportan antecedentes para mejorar el entendimiento de los resultados obtenidos.

5.1 Estaciones de aforo

Existen diversos problemas con la medición continua de altura y velocidad de agua en los canales de los sistemas Soncor y Peine donde se monitorea caudal superficial. Existen numerosos valores que se encuentran fuera de los rangos esperados, que pueden ser explicados por la ausencia de una sección regular que proteja los equipos de las condiciones climáticas (caídas o movimientos del sensor producto de los vientos, congelamiento del agua, hielo o polvo en los transductores, etc.), por la presencia de animales (los canales son corredores biológicos, principalmente usado por los flamencos) y por la dinámica de los sistemas, que provoca que la línea de flujo principal vaya cambiando su recorrido.

Profesionales de DICTUC (agosto y noviembre de 2009) han visitado todas las estaciones de aforo para comprobar su funcionamiento en terreno. En estas visitas se constató la dificultad que existe para operar con este tipo de equipos en las condiciones extremas del Salar de Atacama. Por lo anterior y con el objetivo de contar con mediciones confiables, se recomendó la realización de la medición de aforos manuales, utilizando el método velocidad (micromolinete)-área. Sin embargo, se pudo constatar que la ubicación del punto de medición de la laguna Saladita no permite obtener mediciones de caudal, ya que, durante la época de estiaje la altura del agua alcanza sólo algunos milímetros, debido al bajo caudal y el ancho de la sección. En la Fotografía 5.1-1 se muestra el lugar de emplazamiento de la estación de aforo Saladita.

La estación de aforo Salada en tanto, presenta flujo suficiente para realizar mediciones, sin embargo el ambiente al que es expuesto el sensor de velocidad y altura, provoca que su vida útil se reduzca considerablemente, generando mediciones erróneas al poco tiempo de uso. Por lo que también se recomendó el aforo manual. En la Fotografía 5.1-2 se muestra el lugar de emplazamiento de la estación de aforo Salada.

Por lo indicado anteriormente, a partir del 1 de enero de 2010 se eliminarán las mediciones continuas de las estaciones de aforo y se procederá a realizar aforos manuales con micromolinete con una frecuencia mensual. De este modo se cumple con lo establecido en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 226/2006, que indica que la frecuencia de medición será mensual (Tabla 5, sección 10.2.2 de la RCA).

Además se instalará una nueva estación de aforo en el canal que une las lagunas Salada y Saladita, en un sector angosto donde existe velocidad y altura de agua suficiente para medir caudal mediante micro molinete. Este punto se ubica en las coordenadas aproximadas UTM E 587.279 y UTM N 7.381.272 datum PSAD56 Huso 19S (Figura 5.1-1). La medición en este punto se iniciará en enero de 2010.



Fotografía 5.1-1. Ubicación de estación de aforo Saladita. Durante la visita la altura del agua fue aproximadamente 3 mm.



Fotografía 5.1-2. Ubicación de estación de aforo Salada.



Figura 5.1-1. Ubicación de estación de aforo adicional en el sector de la laguna Saladita.

5.2 Superficie lacustre

Desde el comienzo del monitoreo del PSAH se ha medido la superficie lacustre de los sistemas Soncor y Peine mediante levantamiento topográfico e imágenes satelitales. Durante este periodo se han observado diferencias poco significativas en los resultados obtenidos por ambas metodologías (ver Tabla 5.2-1), siendo la imagen satelital la que entrega resultados más confiables. A continuación se exponen diferentes razones que apoyan la medición mediante imagen satelital por sobre el levantamiento topográfico:

- Mediante la imagen satelital es posible tener una mejor visión de toda la laguna, pudiendo identificarse islas internas que son incluidas como parte de la superficie lacustre por la metodología del levantamiento topográfico que asume que todo lo que está dentro del contorno de las lagunas es agua.
- La metodología de la imagen satelital entrega un contorno lacustre mucho más preciso que la medición mediante levantamiento topográfico, debido a que en muchos sectores es muy difícil acercarse hasta el borde de las lagunas por lo blando del terreno o por la dificultad de identificar el límite de las lagunas en zonas de aguas someras.
- La metodología de la imagen satelital ha sido validada por Pramar Ambiental mediante la identificación en terreno de puntos de control en los contornos de las lagunas y el posterior cotejamiento con lo que la imagen satelital indica que es el borde de la laguna (ver Anexo 7.3). Esta validación concluye que la metodología de la imagen satelital es capaz de distinguir superficies de agua tan someras como 1 cm de profundidad.

- Gracias a esta validación, la metodología de la imagen satelital no requerirá una visita a terreno para obtener la superficie lacustre de las lagunas, eliminando el impacto sobre el ecosistema que provoca la medición topográfica por la presencia de equipos y personas en terreno.
- En efecto en los resultados de las superficies medidas en Salada y Saladita, se puede apreciar las diferencias son inferiores al 2 %, para la medición de abril de 2009.

Tabla 5.2-1. Superficies lacustres calculadas con levantamiento topográfico e imagen satelital correspondientes los año 2007, 2008 y 2009.

Método	Fecha	Barros Negros (m ²)	Chaxa (m ²)	Puillar (m ²)
Levantamiento topográfico	24 y 25 de mayo de 2007	1.150.280	334.008	71.508
Levantamiento topográfico	24 al 30 de abril de 2008	1.055.856	313.751	65.854
Levantamiento topográfico	10 al 13 de abril de 2009	1.131.267	310.111	77.464
Imagen satelital	6 de abril de 2007	1.076.310	330.456	65.371
Imagen satelital	26 de abril de 2008 (8 de abril para Chaxa)	1.093.625	329.224	63.154
Imagen satelital	16 de abril de 2009	1.152.803	336.644	65.439

A modo de ejemplo, en la Figura 5.2-1 se presenta el resultado del contorno de la laguna Barros Negros realizado mediante ambas metodologías. En ella se puede apreciar la mayor precisión de la metodología satelital en cuanto a la definición del borde de la laguna, junto a la exclusión de las islas como parte de la superficie lacustre.

Por las razones anteriormente expuestas, se propone eliminar la metodología de levantamiento topográfico para la medición de la superficie lacustre de los sistemas Soncor y Peine y utilizar en adelante la imagen satelital para estos fines.

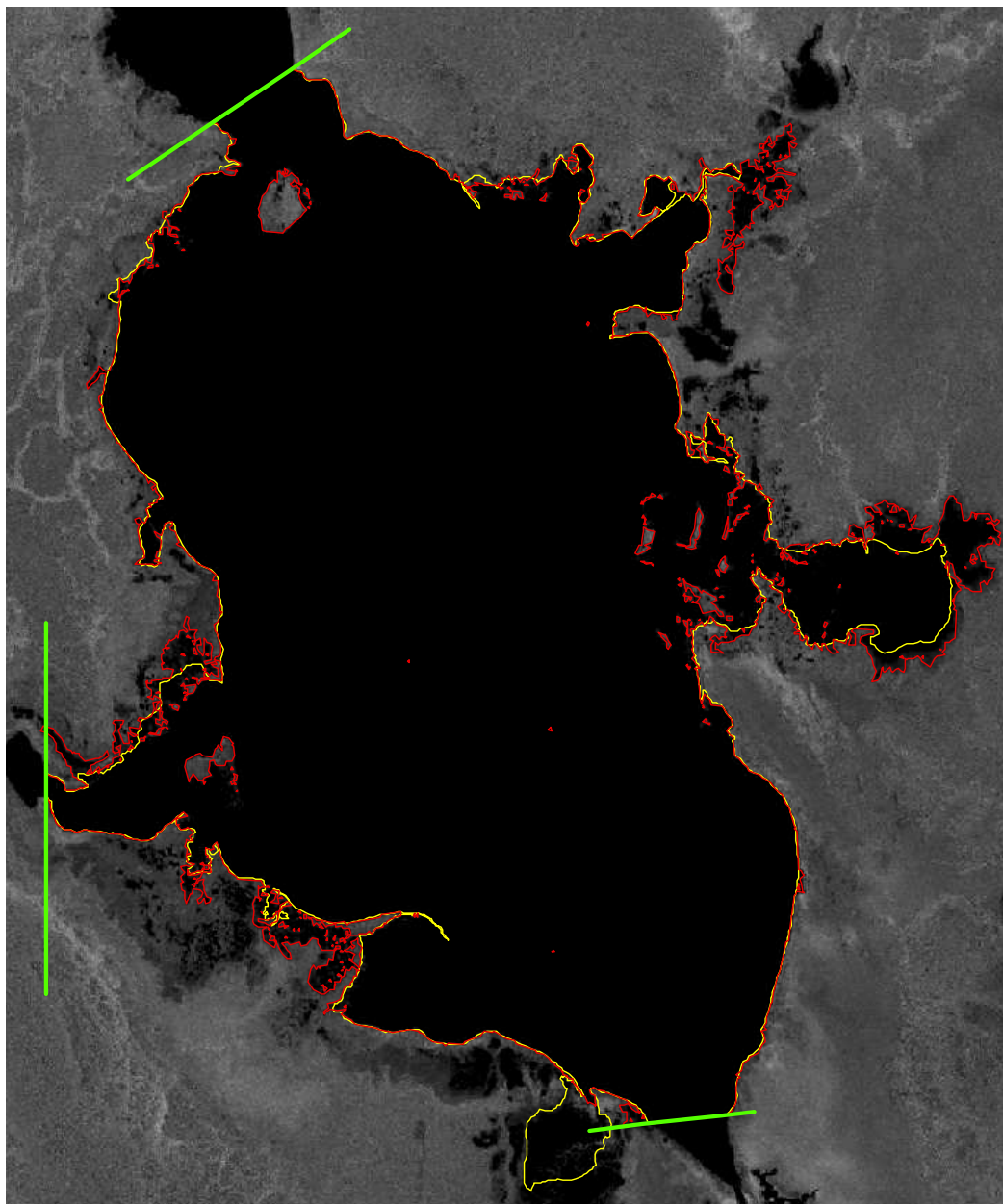


Figura 5.2-1. Comparación entre el límite definido por el levantamiento topográfico (línea amarilla) y la imagen satelital (línea roja) en la laguna Barros Negros. Las líneas verdes delimitan las zonas inestables de esta laguna.

5.3 Conductividad eléctrica del agua subterránea medida en laboratorio

Producto del seguimiento continuo que SQM y DICTUC realiza de los análisis químicos reportados por el Laboratorio ALS Environmental, se constató un error en las mediciones de la

conductividad eléctrica (CE) de las muestras de aguas subterráneas obtenidas el segundo semestre de 2007.

El error consiste en la sobreestimación sistemática de la CE en aquellas muestras que presentan una mayor concentración de sólidos disueltos totales. La incongruencia de los valores medidos por el laboratorio fue confirmado a través de la adquisición, por parte de SQM, de un equipo de medición de CE con capacidad de medir en un rango de 0 a 500 mS/cm. El resultado de las mediciones se presenta en la Figura 5.3-1, donde se compara las mediciones realizadas por SQM en terreno y las informadas por el laboratorio para las mismas muestras.

Estos antecedentes fueron informados y discutidos con el laboratorio respectivo (ALS Environmental), quién emitió una carta indicando el error de procedimiento y la vía a través de la cual se subsanaría el error (Anexo 7.5).

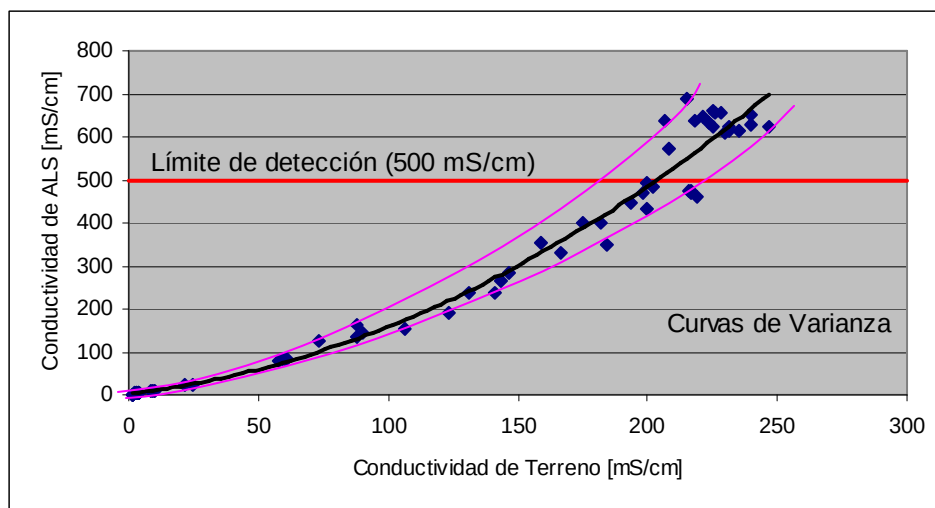


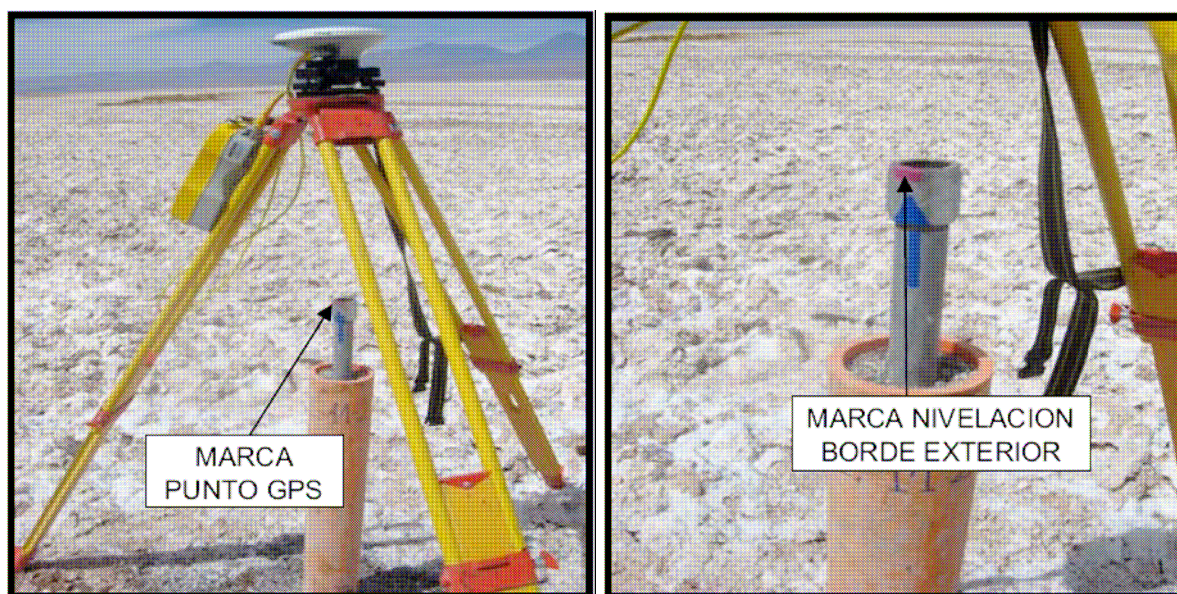
Figura 5.3-1 Comparación gráfica de valores de conductividad eléctrica de terreno y laboratorio.

Por este motivo, numerosos valores reportados de conductividad eléctrica por el laboratorio ALS Environmental anteriores a octubre de 2008 están fuera de rango. Esto se indicó en el Informe N°3 del PSA y fue debido a que el laboratorio no tenía el equipo adecuado para hacer estas mediciones. Al parecer, los instrumentos utilizados anteriormente erraban la estimación de los sólidos disueltos que, a través de las sales presentes, determinan la conductividad eléctrica de una muestra. Para resolver esta situación, ALS Environmental adquirió un equipo especial capaz de registrar los valores típicos de salmuera del salar, los que son similares a los obtenidos en terreno para la conductividad eléctrica. Respecto a las diferencias en los valores proporcionados para la densidad, éstos se deben a las metodologías usadas, siendo el pesaje de la muestra realizado en el laboratorio el método más confiable.

5.4 Vandalismo en pozo L11-2

Durante el monitoreo correspondiente al mes de marzo de 2009 se detectó que el pozo L11-2 y su respectivo monolito topográfico habían sido destruidos sin conocerse los autores, en la Fotografía 5.4-1 y Fotografía 5.4-2 se muestran las condiciones originales de este pozo y su respectivo monolito, mientras que en la Fotografía 5.4-3 y Fotografía 5.4-4 se muestra cómo quedaron después del acto vandálico.

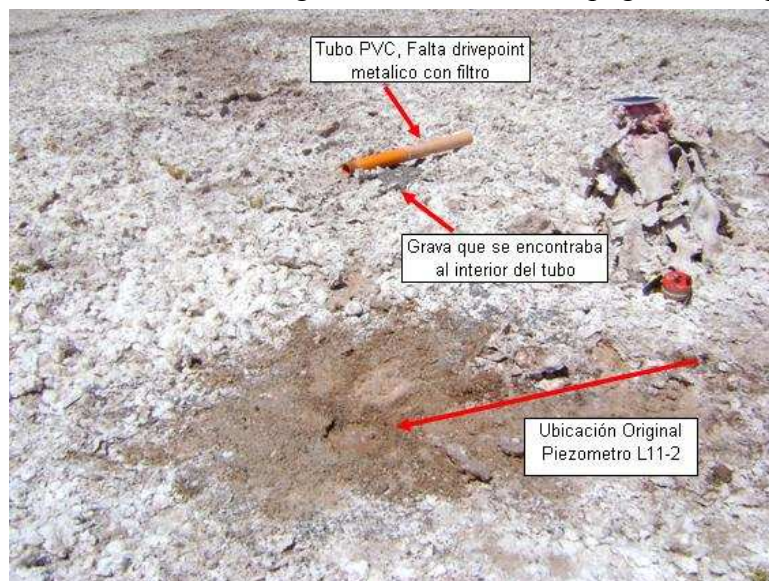
Detectado el problema se procedió a restaurar el pozo dejando el punto de referencia en la misma posición del anterior (Fotografía 5.4-5), el trabajo se realizó con personal de SQM utilizando un GPS Diferencial y una mira topográfica. La cota que se tomó como referencia fue la de la Reglilla L11-G1. Se dejó como constancia de lo ocurrido en el Reten de Carabineros de Toconao (Fotografía 5.4-6).



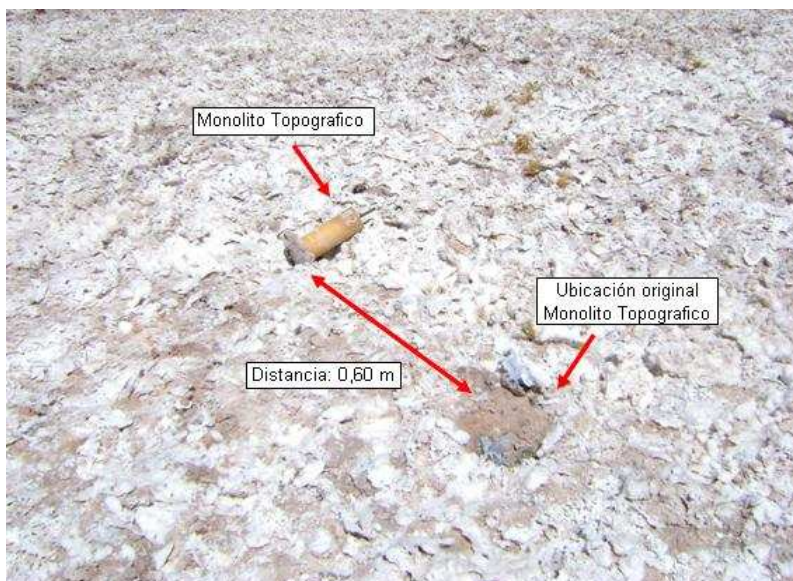
Fotografía 5.4-1. Condiciones originales del pozo L11-2.



Fotografía 5.4-2. Condiciones originales del monolito topográfico del pozo L11-2.



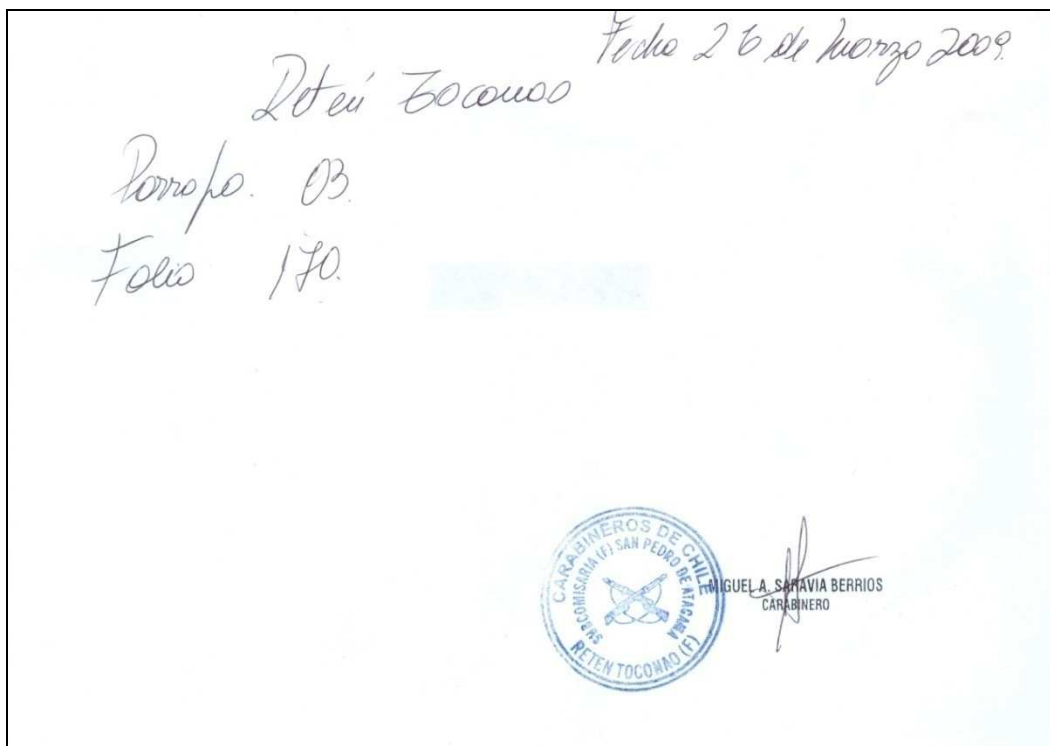
Fotografía 5.4-3. Condiciones del pozo L11-2 posterior al acto de vandalismo.



Fotografía 5.4-4. Condiciones del monolito topográfico del pozo L11-2 posterior al acto vandálico.



Fotografía 5.4-5. Pozo L11-2 reposicionado posterior al acto vandálico.



Fotografía 5.4-6. Copia de denuncia de acto vandálico a Carabineros de Chile en el Retén Toconao

5.5 Reposición de reglilla L7-G1

Debido al deterioro natural en la Reglilla L7-G1, fue necesario remplazar la reglilla de madera instalando un tubo de PVC en el mismo lugar donde se encontraba el punto de monitoreo. Este cambio se realizó el mes de abril de 2009. Durante la instalación se verificó que el punto de referencia coincidiera con la antigua reglilla. En la Fotografía 5.5-1 se muestra la antigua reglilla de monitoreo, mientras que en la foto Fotografía 5.5-2 se muestra la actual reglilla.



Fotografía 5.5-1. Condiciones originales de la reglilla L7-G1.



Fotografía 5.5-2. Reglilla L7-G1 reconstruida

5.6 Deterioro de vías de acceso

Durante todo el periodo de monitoreo de este PSAH, diversos problemas se han presentado en los accesos a ciertos sectores de monitoreo, especialmente aquellos ubicados al sur de la laguna Barros Negros. Los sectores afectados han sido los perfiles D1 y D4 y el acceso al pozo L2-17.

En particular, durante el último invierno, los accesos cercanos a los pozos L2-21 y L2-15 (Figura 5.6-1) se destruyeron de manera natural debido a una inundación. Se presume que esta inundación corresponde a afloramientos similares a los de Aguas de Quelana, los cuales recargan desde el sur la Laguna de Barros Negros. Este deterioro obligó a que parte del monitoreo se realizara a pie, aumentando los tiempos de monitoreo y los riesgos asociados a caminar sobre costra irregular. En la Fotografía 5.6-1 y Fotografía 5.6-3 se puede observar cómo quedaron los accesos posterior a esta inundación.

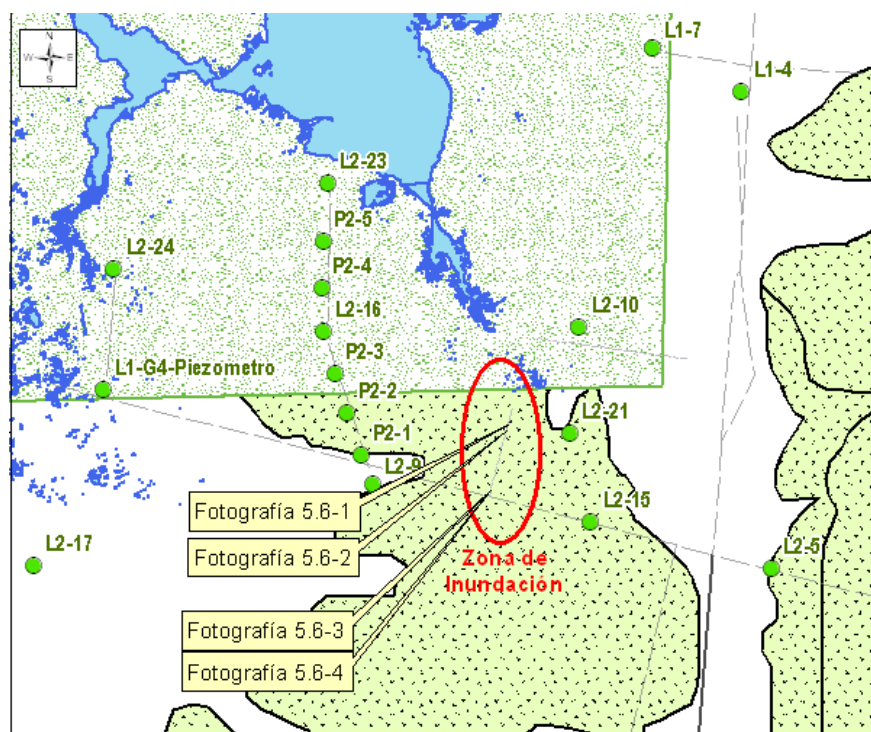


Figura 5.6-1. Mapa de ubicación de nuevos accesos deteriorados.



Fotografía 5.6-1. Acceso deteriorado naturalmente al Pozo L2-21. Vista Sur-Norte.



Fotografía 5.6-2. Acceso deteriorado naturalmente al Pozo L2-21. Vista Oeste-Este.



Fotografía 5.6-3. Acceso deteriorado naturalmente aledaño al Pozo L2-15. Vista Oeste-Este.



Fotografía 5.6-4. Acceso deteriorado naturalmente aledaño al Pozo L2-15. Vista Sur-Norte.

5.7 Movimiento aparente de puntos de referencia y desplazamiento de la costra

Existen algunos sectores donde la napa de agua o salmuera está más cerca de la superficie en los que se ha observado el desplazamiento vertical de la losa (radier) que sustenta los antepozos. La posible explicación a lo anterior es el crecimiento o decrecimiento periódico de la costra por debajo de la losa. Hay casos muy notorios en donde se ha observado el desplazamiento de la losa con respecto al antepozo como son los pozos L2-27 (Fotografía 5.7-1), L3-14 (Fotografía 5.7-2) y P1-2 (Fotografía 5.7-3).

Se debe recordar que todos los puntos desde donde se hacen las mediciones de nivel de los pozos del PSAH están referidos a la parte alta de los antepozos.

Se realizó un levantamiento de aquellos pozos donde se observó un claro desplazamiento de la costra y por lo tanto un desplazamiento de las cotas de referencia antepozo y/o losa de hormigón que lo sostiene). Estos cambios están incorporados en la Tabla 2.3-1



Fotografía 5.7-1. Colapso de losa de hormigón del Pozo L2-27



Fotografía 5.7-2. Desplazamiento de la losa con respecto al antepozo del Pozo L3-14



Fotografía 5.7-3. Desplazamiento de la losa con respecto al antepozo del Pozo P1-2

5.8 Formulario de puntos no monitoreados

En el Anexo 7.6 se presentan los formularios de puntos no monitoreados de todos los informes de monitoreo presentados a la fecha, debido a actividad reproductiva de flamencos.

6 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: Agua superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a 100.000 mg/L, o análogamente, aguas con conductividades mayores a 80,2 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 6,1 y 80,2 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 Hidrológico.

PSAD56: Datum geodésico o sistema de referencia geodésico provisional sudamericano del año 1956 (Provisional Sudamericano datum 1956).

7 ANEXOS

7.1 Actualización de umbrales de activación del Plan de Contingencias

Una de las principales obligaciones contenidas en la RCA 226/2006 que aprueba este proyecto corresponde al levantamiento topográfico de precisión. Para el caso de los puntos de monitoreo correspondientes al Plan de Contingencias, dicho levantamiento se encuentra realizado y se informó con detalle en el informe de monitoreo N°1 de este PSAH.

El hecho de realizar un nuevo levantamiento topográfico lleva consigo necesariamente la redefinición de los umbrales de activación. Lo anterior se funda en las siguientes dos consideraciones:

- Cambio de cotas y coordenadas. El levantamiento topográfico entregó nuevas coordenadas para la ubicación de los puntos de monitoreo y nuevas cotas para el nivel del agua subterránea. En efecto, la cota del agua subterránea en alguno de los puntos varió en más de un metro;
- Cambio de ubicación de algunos pozos del PC. Una cantidad importante de puntos de monitoreo del Plan de Contingencias corresponden a pozos que no existían al momento de diseñar dicho plan. Por lo tanto, el diseño del PC consideró la construcción de pozos en coordenadas propuestas donde se esperó un cierto comportamiento hidrogeológico. Durante la etapa de perforación fue necesario adecuar la ubicación de algunos pozos, debido fundamentalmente a problemas de acceso. Los valores umbrales de activación fueron definidos en algunos de estos puntos en base a modelos de simulación hidrogeológicos (alerta temprana Sistema Borde Este), donde la distancia a los pozos de bombeo es determinante para la estimación de los umbrales de activación.

A continuación se presenta la redefinición de los valores de activación para cada uno los sistemas objetos de protección del Plan de Contingencias.

7.1.1 Sistema Soncor

Este sistema esta 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, se ubica al este de las dos anteriores y es llamada Puilar.

El PC diseñado para este sistema busca proteger los tres cuerpos lacustres, tanto de potenciales efectos del bombeo de salmuera desde el núcleo, como de potenciales efectos del bombeo de agua fresca desde el acuífero del Borde Este.

7.1.1.1 Indicadores de estado y valores de activación

Los indicadores de estado de este sistema están compuestos por los pozos L1-5, L1-4 y L7-4 y la reglilla (agua superficial) L1-G4. El Plan de Contingencias 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), una alerta temprana temporal. La Fase I fue definida como el valor mínimo histórico que no ha provocado efectos sobre los sistemas que se quiere proteger. Para el cálculo de la Fase II se determina el promedio de la cota del agua para el mes

en que más frecuentemente se produce el mínimo del año hidrológico (abril a marzo), menos dos veces su desviación estándar.

Junto con actualizar los valores umbrales para cada pozo y cada fase debido al cambio en la cota de referencia, se actualizó la información de niveles, ya que la utilizada en el PC original cuenta con información sólo hasta el 2 de marzo de 2006, sin embargo el proyecto se inició el 13 de mayo de 2007.

La Tabla 7.1-1 y la Tabla 7.1-2 presentan los valores de activación para las fases I y II respectivamente. Se observa que las diferencias por levantamiento topográfico son importantes, generando diferencias que varían entre 0,734 m y 1,111 m, dependiendo del pozo, siempre con valores negativos (napa más baja respecto el nivel del mar). La diferencia por actualización de los registros históricos es pequeña variando entre 0,03 m y 0,08 m para el pozo L1-5 y la reglilla L1-G4, respectivamente.

Tabla 7.1-1. Valores de activación para la Fase I.

Pozo o reglilla	Valor de Activación PC RCA (msnm)	Diferencia de cota por levantamiento topográfico (m)	Valor de activación por cambio de cota ¹ (msnm)	Valor de activación por actualización de registro ² (msnm)
L1-5	2299,27	-0,734	2298,54	2298,51
L1-G4	2299,40	-0,811	2298,59	2298,52
L1-4	2299,69	-0,800	2298,89	2298,89
L7-4	2302,46	-1,111	2301,35	2301,35

¹ Valor que sólo considera cambio en cota de referencia

² Valor que considera cambio de cota de referencia y extensión del registro de datos. Para ver detalle del comportamiento de estos pozos ver Figura 4.1-22 (L1-4), Figura 4.1-23 (L1-5), Figura 4.1-60 (L1-G4) y Figura 4.1-50 (L7-4).

Tabla 7.1-2. Valores de activación para la Fase II.

Pozo	Valor de Activación PC RCA (msnm)	Diferencia de cota por levantamiento topográfico (m)	Valor de activación por cambio de cota ¹ (msnm)	Valor de activación por actualización de registro ² (msnm)
L1-5	2299,16	-0,734	2298,43	2298,35
L1-G4	2299,24	-0,811	2298,43	2298,36
L1-4	2299,66	-0,800	2298,86	2298,81
L7-4	2302,44	-1,111	2301,33	2301,33

¹ Valor que sólo considera cambio en cota de referencia

² Valor que considera cambio de cota de referencia y extensión del registro de datos

7.1.2 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.

7.1.2.1 Indicadores de estado y valores de activación

Este sistema se encuentra conformado por los siguientes indicadores ambientales: L5-8, L4-8, L3-5, L3-9, L5-10 y L4-12. Es importante señalar que todos estos pozos no habían sido construidos cuando se diseñó el PC. El diseño del PC consideró un descenso máximo para cada pozo de acuerdo al mes de inicio del monitoreo, que en este caso corresponde a mayo de 2007 (Tabla 7.1-3). En este caso en particular, aumentar la serie histórica mantiene los mismos valores para los descensos máximos, por lo que se mantienen los mismos valores que los incluidos en la RCA. El único cambio es que ahora se cuenta con el valor de la cota del agua subterránea para el mes de inicio del monitoreo, por lo que se puede referenciar los umbrales a un valor de cota, lo que permite facilitar la fiscalización.

La Tabla 7.1-4 presenta los valores de activación para las fases I y II del PC, expresados en términos de cota sobre el nivel del mar. Como se comentó anteriormente estos valores fueron calculados como la cota de la napa medida en mayo de 2007 menos los descensos máximos permitidos para dicho mes, es decir, menos 0,1 m para la fase I y menos 0,13 m para la fase II.

Tabla 7.1-3 Descensos máximos permitidos en el nivel de los indicadores de estado para Aguas de Quelana.

Mes	Descenso máximo (cm)	
	Fase I	Fase II
Enero	2	3
Febrero	2	3
Marzo	3	4
Abril	6	8
Mayo	10	13
Junio	14	17
Julio	16	19
Agosto	16	19
Septiembre	13	16
Octubre	11	13
Noviembre	8	10
Diciembre	5	7

Tabla 7.1-4. Valores de activación Fase I y II para Aguas de Quelana, presentados en metros sobre el nivel del mar.

Pozo	Cota napa mayo 2007 (msnm)	Cota Fase I (msnm)	Cota Fase II (msnm)
L5-8	2302,74	2302,64	2302,61
L5-10	2299,15	2299,05	2299,02
L4-8	2300,36	2300,26	2300,23
L4-12	2298,82	2298,72	2298,69
L3-5	2303,09	2302,99	2302,96
L3-9	2299,47	2299,37	2299,34

Para más detalle del comportamiento del nivel de la napa ver Figura 4.2-49 (L5-8), Figura 4.2-50 (L5-10), Figura 4.2-41 (L4-8), Figura 4.2-43 (L4-12), Figura 4.2-34 (L3-5) y Figura 4.2-37 (L3-9).

7.1.3 Sistema Borde Este

El PC diseñado para este sistema busca proteger del bombeo de agua dulce, la vegetación presente en el Borde Este del Salar de Atacama, y especialmente la vegetación hidromorfa y la arbustiva que se encuentra realmente conectada con el acuífero (menos de 3 m de profundidad). 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. La definición de los valores de activación de estos pozos fue realizada a través del uso de modelos numéricos hidrogeológicos (Modflow). El criterio para la definición del umbral de activación de alerta temprana fue determinar el valor mínimo que puede presentar la napa en el punto de alerta temprana, para que una vez activada la acción de contingencia (disminución de caudal de bombeo), el pozo ubicado en la zona de conexión vegetación-acuífero, nunca descienda más de 1 m (valor para la fase II).

Dado que algunos de estos pozos presentaron cambios en su ubicación definitiva fue necesario recalcular con el modelo numérico los nuevos valores de activación.

7.1.3.1 Indicadores de estado y valores de activación

Los indicadores considerados en este sistema son:

- Zona de Vegetación Hidromorfa: L7-3, L2-4, L3-5, L1-17. Estos umbrales se mantienen igual a los presentados en la RCA (Tabla 7.1-5). La Tabla 7.1-6 presenta los valores de activación expresados en msnm. Dicho cálculo se realizó restando el descenso máximo permitido (Tabla 7.1-5), para cada fase a la medición de la cota de la napa realizada en mayo de 2007.

Tabla 7.1-5. Descensos máximos permitidos en el nivel de los indicadores de estado para Bordo Este, sector de vegetación hidromorfa.

Mes	Descenso máximo (cm)	
	Fase I	Fase II
Enero	21	26
Febrero	28	33
Marzo	24	29
Abril	21	26
Mayo	28	33
Junio	33	38
Julio	38	43
Agosto	39	44
Septiembre	38	43
Octubre	35	40
Noviembre	30	35
Diciembre	25	30

Tabla 7.1-6. Valores de activación para vegetación hidromorfa expresados en msnm.

Pozo	Este	Norte	Cota mayo 2007	Cota Fase I (msnm)	Cota Fase II (msnm)
L7-3	592042,473	7422959,95	2312,81	2312,53	2312,48
L2-4	592034,943	7414985,57	2302,61	2302,33	2302,28
L3-5	593960,272	7409923,92	2303,09	2302,81	2302,76
L1-17	591637,366	7418615,57	2305,72	2305,44	2305,39

- Zona de conexión vegetación Brea-Atriplex conectada con el acuífero: L7-14, L2-25, L3-3, L4-17, L9-1 y L1-3. Estos umbrales se mantienen igual a los presentados en la RCA, es decir 50 cm y 100 cm para fase I y fase II, respectivamente.
- Zona de Alerta temprana: L7-13, L2-26, L3-15, L4-3 y L9-1. Los umbrales de estos pozos fueron modificados de acuerdo a lo presentado en Tabla 7.1-7.

Tabla 7.1-7. Valores de activación Fase II para Borde Este, presentados en metros.

Pozo	Coordenadas propuestas		Descenso para activación de la Fase II ¹ (cm)	Coordenadas reales		Descenso para activación de la Fase II ² (cm)
	Este	Norte		Este	Norte	
L7-13	594070	7423000	1,25	594316	7422800	1,42
L2-26	594250	7415000	0,88	593999	7415308	0,78
L3-15	595270	7410000	0,86	595270	7410000	0,85
L4-3	596306	7406650	0,82	596306	7406650	0,92
L9-1	592965	7396685	0,86	595067	7397025	0,87

¹ Valor según coordenadas estimadas (antiguas)

² Valor según coordenadas definitivas (nuevas)

7.2 Informe de medición de superficie lacustre mediante levantamiento topográfico (Abril 2009)

7.3 Informe de medición de superficie lacustre mediante imagen satelital (Abril 2009)

7.4 Informes de análisis químicos

7.5 Carta de ALS Environmental justificando valores de conductividad eléctrica

7.6 Formularios de puntos no monitoreados