INFORME Nº12 DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

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

"Informe de Monitoreo Semestral Actualizado a diciembre de 2012"

Preparado por

GeoHidrología Consultores



Santiago, 24 de junio de 2013

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 1-1
2 ANTECEDENTES GENERALES 2-1
2.1 INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO DEL PSAH 2-1
3 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS 3-1
4 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO 4-1
4.1 SISTEMA SONCOR 4-1
4.1.1 Nivel del agua subterránea y superficial 4-5
4.1.2 Meteorología 4-59
4.1.3 Volumen bombeado 4-62
4.1.4 Calidad química 4-63
4.1.5 Aforo 4-91
4.1.6 Superficie Lacustre 4-93
4.2 SISTEMA AGUAS DE QUELANA 4-96
4.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial 4-97
4.2.2 Volumen bombeado 4-136
4.2.3 Calidad química 4-137
4.3 SISTEMA PEINE 4-150
4.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial 4-151
4.3.2 Calidad química 4-165
4.3.3 Aforos 4-177
4.3.4 Superficie lacustre 4-179
4.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE 4-183
4.4.1 Nivel del agua subterránea 4-185
4.4.2 Volumen bombeado 4-192
4.4.3 Calidad química 4-193
4.5 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO 4-196
4.5.1 Nivel del agua subterránea y superficial 4-197
4.6 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA 4-200
4.6.1 Nivel de la salmuera subterránea 4-203
4.6.2 Meteorología 4-213
4.6.3 Calidad química 4-215
4.7 SISTEMA CUÑA SALINA 4-218
5 GLOSARIO Y ABREVIACIONES 5-1
A. ANEXOS A-1
A.1. VISITA A NUEVO POZO L1-3 ..... A-1
A.2. VISITA AL CORTE DE CAMINO ALEDAÑO A LA ESTACIÓN DE AFORO PUENTE SAN LUIS A-2
A.3. INFORMES QUÍMICOS A-3
A.4. INFORME DE TERRENO GEOHIDROLOGÍA A-4

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH. 2-2

Figura 4.1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor. Perfil L11 se presenta en Figura 4.2. 4-2

Figura 4.2. Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor. 4-3

Figura 4.3. Nivel mensual observado en el pozo L1-1. 4-6

Figura 4.4. Nivel mensual observado en el pozo L1-2. 4-6

Figura 4.5. Nivel mensual observado en el pozo L1-3. 4-7

Figura 4.6. Nivel mensual observado en el pozo L2-2. 4-7

Figura 4.7. Nivel mensual observado en el pozo L2-3. 4-8

Figura 4.8. Nivel mensual observado en el pozo L2-7. 4-8

Figura 4.9. Nivel mensual observado en el pozo L7-1. 4-9

Figura 4.10. Nivel mensual observado en el pozo L7-2. 4-9

Figura 4.11. Nivel mensual observado en el pozo L7-6. 4-10

Figura 4.12. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Mullay 1..... 4-11

Figura 4.13. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Allana..... 4-12

Figura 4.14. Nivel mensual observado en el pozo 1027 4-13

Figura 4.15. Nivel mensual observado en el pozo RC-1. 4-14

Figura 4.16. Nivel mensual observado en el pozo RC-2. 4-14

Figura 4.17. Nivel mensual observado en el pozo RC-3. 4-15

Figura 4.18. Nivel mensual observado en el pozo RC-4. 4-15

Figura 4.19. Nivel mensual observado en el pozo RC-5. 4-16

Figura 4.20. Nivel mensual observado en el pozo RC-6. 4-16

Figura 4.21. Nivel mensual observado en el pozo RC-7. 4-17

Figura 4.22. Nivel mensual observado en el pozo GD-01. 4-17

Figura 4.23. Nivel mensual observado en el pozo L1-4. 4-18

Figura 4.24. Nivel mensual observado en el pozo L1-5. 4-18

Figura 4.25. Nivel mensual observado en el pozo L1-6. 4-19
Figura 4.26. Nivel mensual observado en el pozo L1-7. 4-19
Figura 4.27. Nivel mensual observado en el pozo L1-8. 4-20
Figura 4.28. Nivel mensual observado en el pozo L1-9. 4-20
Figura 4.29. Nivel mensual observado en el pozo L1-10. 4-21
Figura 4.30. Nivel mensual observado en el pozo L1-11. 4-21
Figura 4.31. Nivel mensual observado en el pozo L1-12. 4-22
Figura 4.32. Nivel mensual observado en el pozo L1-13. 4-22
Figura 4.33. Nivel mensual observado en el pozo L1-14. 4-23
Figura 4.34. Nivel mensual observado en el pozo L1-15. 4-23
Figura 4.35. Nivel mensual observado en el pozo L1-16. 4-24
Figura 4.36. Nivel mensual observado en el pozo L2-4. 4-24
Figura 4.37. Nivel mensual observado en el pozo L2-5. 4-25
Figura 4.38. Nivel mensual observado en el pozo L2-8. 4-25
Figura 4.39. Nivel mensual observado en el pozo L2-10. 4-26
Figura 4.40. Nivel mensual observado en el pozo L2-11. 4-26
Figura 4.41. Nivel mensual observado en el pozo L2-12. 4-27
Figura 4.42. Nivel mensual observado en el pozo L2-13. 4-27
Figura 4.43. Nivel mensual observado en el pozo L2-15. 4-28
Figura 4.44. Nivel mensual observado en el pozo L2-17. 4-28
Figura 4.45. Nivel mensual observado en el pozo L2-18. 4-29
Figura 4.46. Nivel mensual observado en el pozo L2-19. 4-29
Figura 4.47. Nivel mensual observado en el pozo L2-21. 4-30
Figura 4.48. Nivel mensual observado en el pozo L2-22. 4-30
Figura 4.49. Nivel mensual observado en el pozo L2-24. 4-31
Figura 4.50. Nivel mensual observado en el pozo L7-3. 4-31
Figura 4.51. Nivel mensual observado en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-32

Figura 4.52. Nivel mensual observado en el pozo L7-4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)..... 4-32

Figura 4.53. Nivel mensual observado en el pozo L7-5. 4-33

Figura 4.54. Nivel mensual observado en el pozo L7-7. 4-33

Figura 4.55. Nivel mensual observado en el pozo L7-10. 4-34

Figura 4.56. Nivel mensual observado en el pozo L7-11. 4-34

Figura 4.57. Nivel mensual observado en el pozo L7-12. 4-35

Figura 4.58. Nivel mensual observado en el pozo L11-1. 4-35

Figura 4.59. Nivel mensual observado en el pozo L11-2. 4-36

Figura 4.60. Nivel observado en la reglilla L1-G4. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua). 4-37

Figura 4.61. Nivel observado en la reglilla L1-G4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua). 4-37

Figura 4.62. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G1. 4-38

Figura 4.63. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua). 4-39

Figura 4.64. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea burdeos: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua). 4-39

Figura 4.65. Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al puente San Luis. 4-41

Figura 4.66. Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual). 4-41

Figura 4.67. Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual). 4-42

Figura 4.68. Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto “C.” medición continua, “M.C.” medición manual). 4-43

Figura 4.69. Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (“C.” medición continua, “M.C.” medición manual). 4-43

Figura 4.70. Nivel mensual observado en la reglilla L11-G1. 4-44

Figura 4.71. Nivel observado en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-45

Figura 4.72. Nivel observado en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-46

Figura 4.73. Nivel observado en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-46

Figura 4.74. Nivel observado en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-47

Figura 4.75. Nivel observado en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-47

Figura 4.76. Nivel observado en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-48

Figura 4.77. Nivel observado en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-48

Figura 4.78. Nivel observado en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-49

Figura 4.79. Nivel observado en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-49

Figura 4.80. Nivel observado en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-50

Figura 4.81. Nivel observado en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-50

Figura 4.82. Nivel observado en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-51

Figura 4.83. Nivel observado en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-51

Figura 4.84. Nivel observado en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-52

Figura 4.85. Nivel observado en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-52

Figura 4.86. Nivel mensual observado en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-53

Figura 4.87. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-07 (L2-6). 4-54

Figura 4.88. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-13. 4-54

Figura 4.89. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-14. 4-55

Figura 4.90. Nivel mensual observado en el pozo L2-14. 4-55

Figura 4.91. Nivel mensual observado en el pozo L2-20. 4-56

Figura 4.92. Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros. 4-57

Figura 4.93. Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros desde el 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC). 4-57

Figura 4.94. Nivel mensual observado en la reglilla Puilar. 4-58

Figura 4.95. Nivel mensual observado en la reglilla Puilar desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC). 4-58

Figura 4.96. Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas. 4-59

Figura 4.97. Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC). 4-59

Figura 4.98. Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa. 4-60

Figura 4.99. Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa. 4-61

Figura 4.100. Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa. 4-61

Figura 4.101. Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa. 4-62

Figura 4.102. Volumen mensual bombeado desde el pozo Mullay. 4-63

Figura 4.103. Volumen mensual bombeado desde el pozo Allana 4-63

Figura 4.104. Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4 4-65

Figura 4.105. Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5 4-66

Figura 4.106. Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6 4-67

Figura 4.107. Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4 4-68
Figura 4.108. Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3..... 4-69
Figura 4.109. Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4..... 4-70
Figura 4.110. Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5..... 4-71
Figura 4.111. Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3..... 4-72
Figura 4.112. Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1 4-73
Figura 4.113. Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07 4-74
Figura 4.114. Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay..... 4-75
Figura 4.115. Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación) 4-76
Figura 4.116. Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14 4-77
Figura 4.117. Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana 4-78
Figura 4.118. Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)..... 4-79
Figura 4.119. Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa 4-80
Figura 4.120. Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros..... 4-81
Figura 4.121. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa 4-83
Figura 4.122. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación)..... 4-84
Figura 4.123. Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto 4-85
Figura 4.124. Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación) 4-86
Figura 4.125. Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros 4-87
Figura 4.126. Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación) . 4-88
Figura 4.127. Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar 4-89
Figura 4.128. Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar (continuación) 4-90
Figura 4.129. Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m^2) 4-92
Figura 4.130. Caudal promedio diario en puente San Luis. 4-93

Figura 4.131. Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (CONAF 2009-2011, informes de avance de plan de monitoreo ambiental hábitat y avifauna del salar de Atacama) 4-94

Figura 4.132. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana. Nivel del agua subterránea y superficial. 4-98

Figura 4.133. Nivel mensual observado en el pozo L3-2. 4-100

Figura 4.134. Nivel mensual observado en el pozo L4-3. 4-101

Figura 4.135. Nivel mensual observado en el pozo L4-4. 4-101

Figura 4.136. Nivel mensual observado en el pozo L5-1. 4-102

Figura 4.137. Nivel mensual observado en el pozo L5-2. 4-102

Figura 4.138. Nivel mensual observado en el pozo GD-02. 4-103

Figura 4.139. Nivel mensual observado en el pozo L3-3. 4-104

Figura 4.140. Nivel mensual observado en el pozo L3-8. 4-104

Figura 4.141. Nivel mensual observado en el pozo L3-11. 4-105

Figura 4.142. Nivel mensual observado en el pozo L3-12. 4-105

Figura 4.143. Nivel mensual observado en el pozo L3-14. 4-106

Figura 4.144. Nivel mensual observado en el pozo L4-5. 4-107

Figura 4.145. Nivel mensual observado en el pozo L4-11. 4-107

Figura 4.146. Nivel mensual observado en el pozo L4-14. 4-108

Figura 4.147. Nivel mensual observado en el pozo L4-15. 4-108

Figura 4.148. Nivel mensual observado en el pozo L5-9. 4-109

Figura 4.149. Nivel mensual observado en el pozo L5-11. 4-109

Figura 4.150. Nivel mensual observado en el pozo L5-12. 4-110

Figura 4.151. Nivel mensual observado en el pozo L5-13. 4-110

Figura 4.152. Nivel mensual observado en el pozo L5-15. 4-111

Figura 4.153. Nivel mensual observado en el pozo L13-5. 4-111

Figura 4.154. Nivel mensual observado en el pozo L13-6. 4-112

Figura 4.155. Nivel mensual observado en el pozo L13-7. 4-112

Figura 4.156. Nivel mensual observado en el pozo L14-1. 4-113

Figura 4.157. Nivel mensual observado en el pozo L14-2. 4-113

Figura 4.158. Nivel mensual observado en el pozo L14-3. 4-114

Figura 4.159. Nivel mensual observado en el pozo L14-5. 4-114

Figura 4.160. Nivel mensual observado en el pozo L14-6. 4-115

Figura 4.161. Nivel mensual observado en el pozo L14-7. 4-115

Figura 4.162. 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). 4-117

Figura 4.163. Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3 desde 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos)..... 4-117

Figura 4.164. Nivel mensual observado en la reglilla L4-10..... 4-118

Figura 4.165. Nivel observado en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-119

Figura 4.166. Nivel mensual observado en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)..... 4-120

Figura 4.167. Nivel mensual observado en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)..... 4-120

Figura 4.168. Nivel observado en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-121

Figura 4.169. Nivel observado en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-121

Figura 4.170. Nivel observado en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-122

Figura 4.171. Nivel mensual observado en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales)..... 4-122

Figura 4.172. Nivel observado en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-123

Figura 4.173. Nivel observado en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-123

Figura 4.174. Nivel observado en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-124

Figura 4.175. Nivel observado en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-124

Figura 4.176. Nivel mensual observado en el pozo L5-3. 4-125

Figura 4.177. 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). 4-125

Figura 4.178. Nivel observado en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-126

Figura 4.179. Nivel mensual observado en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-126

Figura 4.180. Nivel observado en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-127

Figura 4.181. Nivel observado en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-127

Figura 4.182. Nivel mensual observado en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-128

Figura 4.183. Nivel mensual observado en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-128

Figura 4.184. Nivel mensual observado en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-129

Figura 4.185. Nivel mensual observado en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-129

Figura 4.186. Nivel mensual observado en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-130

Figura 4.187. Nivel mensual observado en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales). 4-130

Figura 4.188. Nivel mensual observado en el pozo D2. 4-131

Figura 4.189. Nivel mensual observado en el pozo L3-4 (SOPM-8). 4-132

Figura 4.190. Nivel mensual observado en el pozo L4-6. 4-132
Figura 4.191. Nivel mensual observado en el pozo L4-16. 4-133
Figura 4.192. Nivel mensual observado en el pozo L5-4. 4-133
Figura 4.193. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-9. 4-134
Figura 4.194. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Camar-2 4-135
Figura 4.195. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Socaire 5B. 4-135
Figura 4.196. Volumen mensual bombeado desde el pozo Camar 2. 4-136
Figura 4.197. Volumen mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B. 4-137
Figura 4.198. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-3 4-138
Figura 4.199. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-6 4-139
Figura 4.200. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-8 4-140
Figura 4.201. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-9 4-141
Figura 4.202. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-12 4-142
Figura 4.203. Resultados de análisis físico-químico del pozo L5-3 4-143
Figura 4.204. Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar 4-144
Figura 4.205 Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar (continuación) 4-145
Figura 4.206. Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B 4-146
Figura 4.207. Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B (continuación) 4-147
Figura 4.208. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 4-148
Figura 4.209. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 (continuación) 4-149
Figura 4.210. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine. 4-150
Figura 4.211. Nivel mensual observado en el pozo GD-04. 4-152
Figura 4.212. Nivel mensual observado en el pozo L10-1. 4-152
Figura 4.213. Nivel mensual observado en el pozo L10-2. 4-153
Figura 4.214. Nivel mensual observado en el pozo L10-3. 4-153
Figura 4.215. Nivel mensual observado en el pozo L10-4. 4-154
Figura 4.216. Nivel mensual observado en el pozo L10-5. 4-154
Figura 4.217. Nivel mensual observado en el pozo L10-6. 4-155

Figura 4.218. Nivel mensual observado en el pozo L10-7. 4-155
Figura 4.219. Nivel mensual observado en el pozo L10-8. 4-156
Figura 4.220. Nivel mensual observado en el pozo L10-9. 4-156
Figura 4.221. Nivel mensual observado en el pozo L10-10. 4-157
Figura 4.222. Nivel mensual observado en el pozo L10-15. 4-157
Figura 4.223. Nivel mensual observado en el pozo 1024. 4-158
Figura 4.224. Nivel mensual observado en el pozo 1028. 4-158
Figura 4.225. Nivel mensual observado en el pozo 2018. 4-159
Figura 4.226. Nivel mensual observado en el pozo 2037. 4-159
Figura 4.227. Nivel mensual observado en el pozo GD-03. 4-160
Figura 4.228. Nivel mensual observado en el pozo L10-11. 4-160
Figura 4.229. Nivel mensual observado en el pozo L10-12. 4-161
Figura 4.230. Nivel mensual observado en el pozo L10-13. 4-161
Figura 4.231. Nivel mensual observado en el pozo L10-14. 4-162
Figura 4.232. Nivel mensual observado en el pozo L10-16. 4-162
Figura 4.233. Nivel mensual observado en el pozo L10-17. 4-163
Figura 4.234. Nivel mensual observado en la laguna Salada. 4-164
Figura 4.235. Nivel mensual observado en la laguna Saladita. 4-165
Figura 4.236. Nivel mensual observado en la laguna Interna. 4-165
Figura 4.237. Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028 4-167
Figura 4.238. Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1 4-168
Figura 4.239. Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4 4-169
Figura 4.240. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna 4-171
Figura 4.241. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación) 4-172
Figura 4.242. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada 4-173
Figura 4.243. Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación) 4-174

Figura 4.244. Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita 4-175

Figura 4.245. Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación) 4-176

Figura 4.246. Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m^2). 4-178

Figura 4.247. Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m^2). 4-179

Figura 4.248. Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF (CONAF 2009-2011, informes de avance plan de monitoreo ambiental hábitat y avifauna del salar de Atacama) 4-181

Figura 4.249. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este. 4-184

Figura 4.250. Nivel mensual estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) observado en el pozo de bombeo P2. 4-185

Figura 4.251. Nivel mensual observado en el pozo L1-17. 4-186

Figura 4.252. Nivel mensual observado en el pozo L2-25. 4-187

Figura 4.253. Nivel mensual observado en el pozo L2-26. 4-187

Figura 4.254. Nivel mensual observado en el pozo L2-27. 4-188

Figura 4.255. Nivel mensual observado en el pozo L2-28. 4-188

Figura 4.256. Nivel mensual observado en el pozo L3-15. 4-189

Figura 4.257. Nivel mensual observado en el pozo L3-16. 4-189

Figura 4.258. Nivel mensual observado en el pozo L4-17. 4-190

Figura 4.259. Nivel mensual observado en el pozo L7-13. 4-190

Figura 4.260. Nivel mensual observado en el pozo L7-14 4-191

Figura 4.261. Nivel mensual observado en el pozo L7-15. 4-191

Figura 4.262. Nivel mensual observado en el pozo L9-1. 4-192

Figura 4.263. Nivel mensual observado en el pozo L9-2. 4-192

Figura 4.264. Volumen mensual bombeado desde el pozo P2. 4-193

Figura 4.265. Resultados de análisis físico-químico del pozo P2..... 4-194

Figura 4.266. Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación) 4-195

Figura 4.267. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo..... 4-197
Figura 4.268. Nivel mensual observado en la reglilla de Tilopozo..... 4-198
Figura 4.269. Nivel mensual observado en el pozo L12-1. 4-198
Figura 4.270. Nivel mensual observado en el pozo L12-2. 4-199
Figura 4.271. Nivel mensual observado en el pozo L12-3. 4-199
Figura 4.272. Nivel mensual observado en el pozo L12-4. 4-200
Figura 4.273. Distribución geográfica de puntos de monitoreo en el Núcleo del Salar de Atacama. 4-202
Figura 4.274. Nivel mensual observado en el pozo 1001. 4-204
Figura 4.275. Nivel mensual observado en el pozo 1906. 4-204
Figura 4.276. Nivel mensual observado en el pozo 2028. 4-205
Figura 4.277. Nivel mensual observado en el pozo 2040. 4-205
Figura 4.278. Nivel mensual observado en el pozo C4-B. 4-206
Figura 4.279. Nivel mensual observado en el pozo M1-C. 4-206
Figura 4.280. Nivel mensual observado en el pozo M2-C. 4-207
Figura 4.281. Nivel mensual observado en el pozo M7. 4-207
Figura 4.282. Nivel mensual observado en el pozo E-101. 4-208
Figura 4.283. Nivel mensual observado en el pozo E-324. 4-208
Figura 4.284. Nivel mensual observado en el pozo EIA-5..... 4-209
Figura 4.285. Nivel mensual observado en el pozo Sample4. 4-209
Figura 4.286. Nivel mensual observado en el pozo SOPE-6. 4-210
Figura 4.287. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-2. 4-210
Figura 4.288. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-4. 4-211
Figura 4.289. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-5. 4-211
Figura 4.290. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-10. 4-212
Figura 4.291. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-11. 4-212
Figura 4.292. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-12C. 4-213

Figura 4.293. Nivel mensual observado en el pozo Zar-C-S. 4-213

Figura 4.294. Precipitación diaria registrada en la estación Salar. 4-214

Figura 4.295. Evaporación diaria registrada en la estación Salar. 4-215

Figura 4.296. Velocidad del viento diaria registrada en la estación Salar. 4-215

Figura 4.297. Temperatura media diaria registrada en la estación Salar. 4-215

Figura 4.298. Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12c 4-217

Figura 4.299. Resultados de análisis físico-químico pozo 1001 4-217

Figura 4.300. Relación empírica entre la CE del agua subterránea y la concentración de SDT para el salar de Atacama (línea negra: regresión lineal; línea roja: IC +/- 75%) 4-219

Figura 4.301. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina. 4-221

Figura 4.302. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 1. 4-222

Figura 4.303. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 2. 4-223

Figura 4.304. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 3. 4-223

Figura 4.305. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2012. 4-224

Figura 4.306. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 4 (surgente). 4-224

Figura 4.307. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 5. 4-225

Figura 4.308. Nivel mensual observado en el pozo L4-3. 4-225

Figura 4.309. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 en diciembre de 2012. 4-226

Figura 4.310. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 6. 4-227

Figura 4.311. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 7. 4-227

Figura 4.312. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 en diciembre de 2012 4-228

Figura A.1. Nuevo pozo L1-3 ..... A-1

Figura A.2. Corte de camino aledaño a sección de aforo puente San Luis A-2

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota de activación. 3-2

Tabla 4.1. Puntos de monitoreo del sistema Soncor 4-3

Tabla 4.2. Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril del 2012. 4-95

Tabla 4.3. Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana 4-96

Tabla 4.4. Puntos de monitoreo del sistema Peine 4-150

Tabla 4.5. Superficies lacustres medidas desde abril de 2008 hasta abril de 2012 4-182

Tabla 4.6. Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este 4-183

Tabla 4.7. Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo 4-196

Tabla 4.8. Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama 4-200

Tabla 4.9. Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina 4-218

Tabla 4.10. Criterios de clasificación de aguas de acuerdo a salinidad en unidades de SDT 4-220

Tabla 4.11. Criterios de clasificación de aguas de acuerdo a salinidad en unidades de CE . 4-220

Tabla A.1. Nuevas referencia pozo L1-3 ..... A-1

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al Informe N°12 del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH), que forma parte de las obligaciones ambientales de SQM derivadas de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) Nº 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 diciembre de 2012, incorporando como información nueva la generada durante el segundo semestre de 2012.

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

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

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

2 ANTECEDENTES GENERALES

2.1 INFRAESTRUCTURA DE MONITOREO DEL PSAH

El PSAH se encuentra constituido por 225 puntos de monitoreo, de los cuales 74 corresponden a puntos de monitoreo antiguos y 151 corresponden a puntos de monitoreo construidos como parte del PSAH del proyecto Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama, los cuales se habilitaron en su totalidad el 31 de octubre de 2007.

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

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

Del total de los puntos, 47 corresponden a puntos de medición continua exigidos en la RCA. Adicionalmente, se implementó una medición continua en la reglilla L7-G2, ya que se ubica en una zona con alto potencial de nidificación de flamencos, lo que imposibilita realizar un monitoreo adecuado durante el período reproductivo de los flamencos.

Los puntos de monitoreo hidrogeológicos que conforman el PSAH se encuentran distribuidos en el núcleo, en la zona marginal y en el borde este del salar de Atacama (Figura 2.1). La gran mayoría de los puntos de medición se ubican en la zona marginal y en el borde este, justamente donde se encuentran emplazados los sistemas ambientales que son objeto de protección y en zonas que requieren un adecuado seguimiento. Los sistemas que se monitorean son los sistemas Soncor, Aguas de Quelana, Peine, Vegas de Tilopozo, Núcleo del salar de Atacama y Cuña Salina.

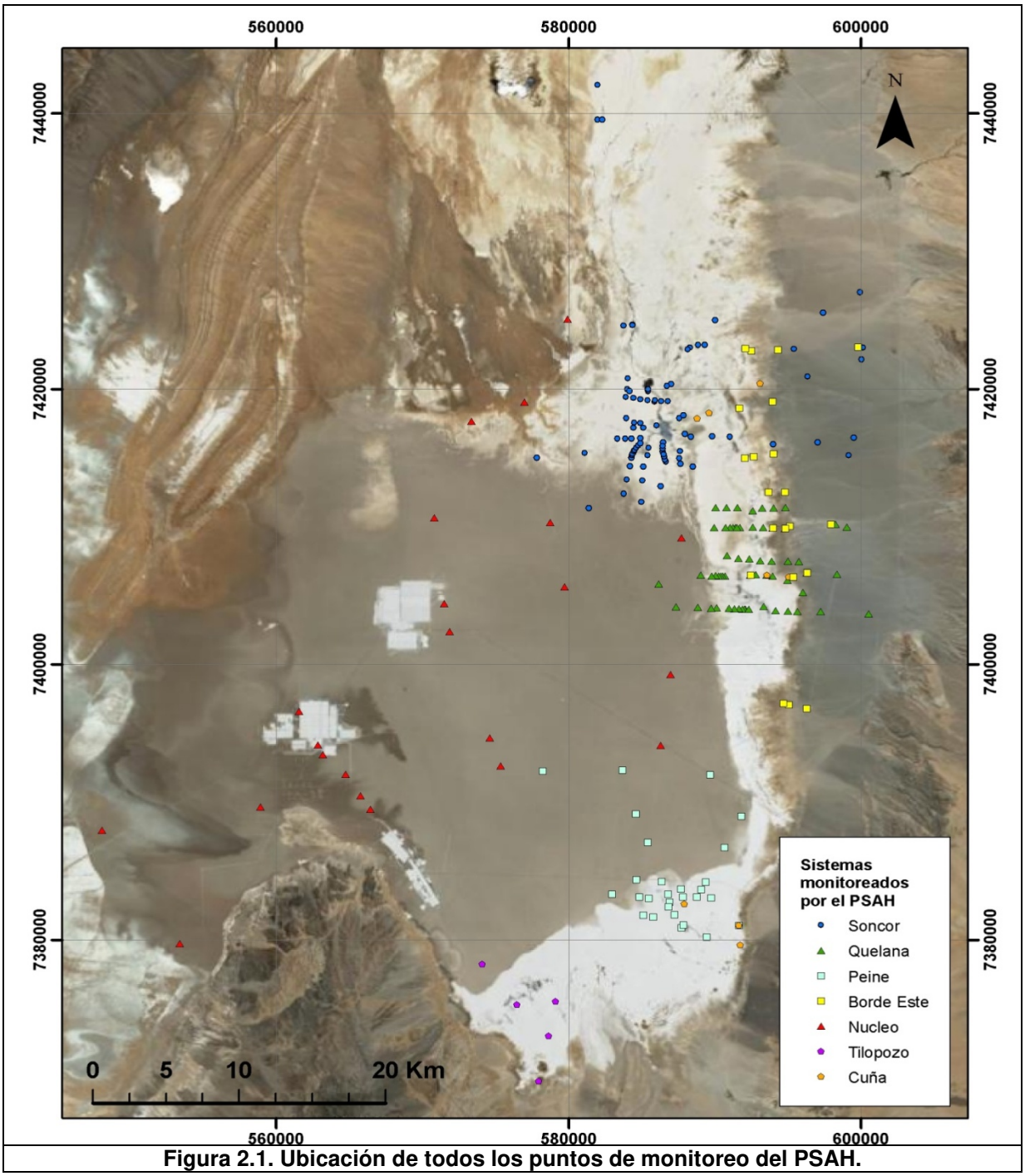


Figura 2.1. Ubicación de todos los puntos de monitoreo del PSAH.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

3 ESTADO DEL PLAN DE CONTINGENCIAS

Desde el inicio de la operación del PSAH (mayo 2007) todos los niveles de la napa subterránea en los puntos de control de plan de contingencias (PC) han permanecido sobre los umbrales de la Fase I, por lo que no se ha activado el plan de contingencias. En la Tabla 3.1 se presentan los umbrales de activación de las distintas fases en conjunto a las cotas del Plan de Alerta Temprana (PAT).

Tabla 3.1. Puntos de monitoreo del PC con su posición y cota de activación.

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	0,10	2298,89	2298,79
	L1-5	584418,52	7415394,02	2298,53	0,02	0,20	2298,51	2298,33
	L1-G4 Pozo	585394,72	7415193,23	2298,62	0,10	0,31	2298,52	2298,31
	L1-G4 Reglilla	585393,96	7415193,49	2298,62	0,10	0,31	2298,52	2298,31
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

4 MONITOREO DE VARIABLES DEL PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL HIDROGEOLÓGICO

En este capítulo se presenta los registros de mediciones efectuadas hasta diciembre de 2012. La Figura 2.1 muestra la ubicación de estos puntos. A continuación se presentan los datos recopilados en los puntos de monitoreo definidos por el PSAH para los siguientes sistemas:

- Soncor
- Aguas de Quelana
- Peine
- Vegetación Borde Este
- 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 y en la Figura 4.2 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo del sistema Soncor.

En la Tabla 4.1 se indica los puntos de monitoreo del sistema Soncor, clasificados de acuerdo a la zona donde están emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y a su tipología (pozo profundo, pozo somero, calicata, reglilla, medición continua y nivel lacustre). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el gráfico de registro de nivel.

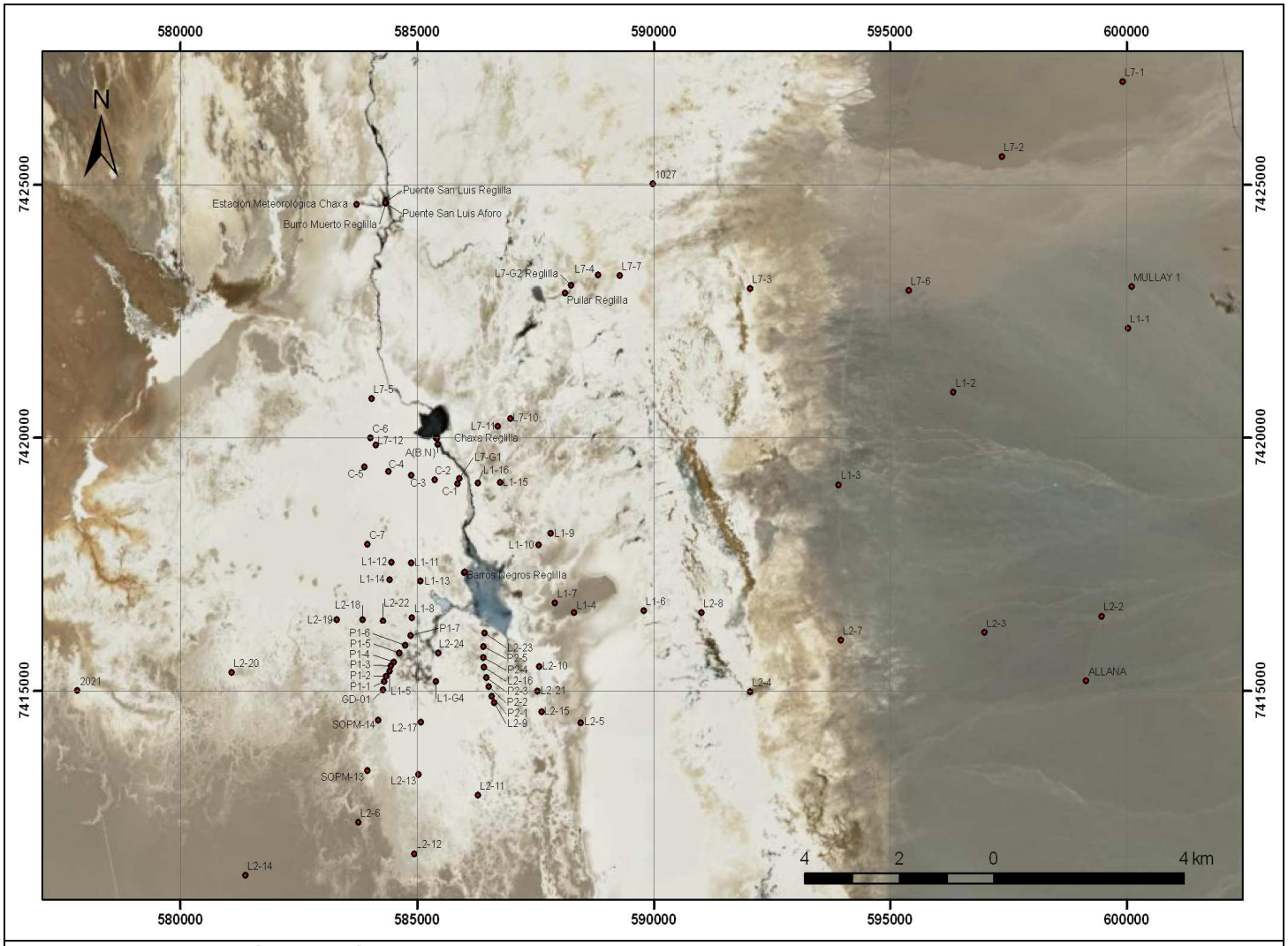


Figura 4.1. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Soncor. Perfil L11 se presenta en Figura 4.2.

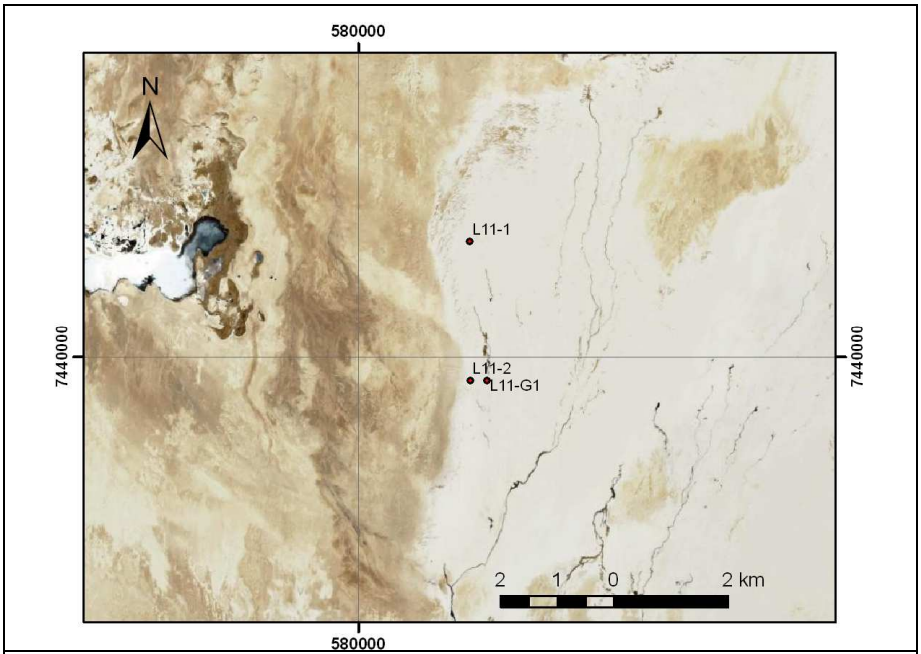


Figura 4.2. Distribución geográfica del perfil L11 del sistema Soncor.

Tabla 4.1. Puntos de monitoreo del sistema Soncor

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

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L1-7	Zona marginal	Pozo somero	4-19
L1-8	Zona marginal	Pozo somero	4-20
L1-9	Zona marginal	Pozo somero	4-20
L1-10	Zona marginal	Pozo somero	4-21
L1-11	Zona marginal	Pozo somero	4-21
L1-12	Zona marginal	Pozo somero	4-22
L1-13	Zona marginal	Pozo somero	4-22
L1-14	Zona marginal	Pozo somero	4-23
L1-15	Zona marginal	Pozo somero	4-23
L1-16	Zona marginal	Pozo somero	4-24
L2-4	Zona marginal	Pozo somero	4-24
L2-5	Zona marginal	Pozo profundo	4-25
L2-8	Zona marginal	Pozo somero	4-25
L2-10	Zona marginal	Pozo somero	4-26
L2-11	Zona marginal	Pozo somero	4-26
L2-12	Zona marginal	Pozo somero	4-27
L2-13	Zona marginal	Pozo somero	4-27
L2-15	Zona marginal	Pozo somero	4-28
L2-17	Zona marginal	Pozo somero	4-28
L2-18	Zona marginal	Pozo somero	4-29
L2-19	Zona marginal	Pozo somero	4-29
L2-21	Zona marginal	Pozo somero	4-30

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L2-22	Zona marginal	Pozo somero	4-30
L2-24	Zona marginal	Pozo somero	4-31
L7-3	Zona marginal	Pozo somero	4-31
L7-4	Zona marginal	Pozo somero	4-32
L7-5	Zona marginal	Pozo somero	4-33
L7-7	Zona marginal	Pozo somero	4-33
L7-10	Zona marginal	Pozo somero	4-34
L7-11	Zona marginal	Pozo somero	4-34
L7-12	Zona marginal	Pozo somero	4-35
L11-1	Zona marginal	Pozo somero	4-35
L11-2	Zona marginal	Pozo somero	4-36
L1-G4	Zona marginal	Reglilla	4-37
L7-G1	Zona marginal	Reglilla	4-38
L7-G2	Zona marginal	Reglilla	4-39
Puente. San Luis	Zona marginal	Reglilla	4-41
Burro Muerto	Zona marginal	Reglilla	4-43
L11-G1	Zona marginal	Reglilla	4-44
P1-1	Zona marginal	Continuo	4-45
P1-2	Zona marginal	Continuo	4-46
P1-3	Zona marginal	Continuo	4-46
P1-4	Zona marginal	Continuo	4-47
P1-5	Zona marginal	Continuo	4-47
P1-6	Zona marginal	Continuo	4-48
P1-7	Zona marginal	Continuo	4-48
L2-9	Zona marginal	Continuo	4-49
P2-1	Zona marginal	Continuo	4-49
P2-2	Zona marginal	Continuo	4-50
P2-3	Zona marginal	Continuo	4-50
L2-16	Zona marginal	Continuo	4-51
P2-4	Zona marginal	Continuo	4-51
P2-5	Zona marginal	Continuo	4-52
L2-23	Zona marginal	Continuo	4-52
2021	Zona marginal	Continuo	4-53
SOPM-07	Salmuera	Pozo profundo	4-54
SOPM-13	Salmuera	Pozo somero	4-54
SOPM-14	Salmuera	Pozo somero	4-55
L2-14	Salmuera	Pozo somero	4-55
L2-20	Salmuera	Pozo somero	4-56
Barros Negros	Zona marginal	Lacustre	4-57
Puilar	Zona marginal	Lacustre	4-58
Chaxa	Zona marginal	Lacustre	4-59
Estación meteorológica Chaxa	Zona marginal	Estación Meteorológica	4-60
Puente San Luis aforo	Zona marginal	Aforo	4-93

4.1.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta los niveles de todos los pozos y reglillas que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Soncor, niveles representados gráficamente desde la Figura 4.3 a la Figura 4.97. Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 (Figura 4.5, Figura 4.36 y Figura 4.50 respectivamente) forman parte del monitoreo de niveles de los sistemas Soncor y Vegetación Borde Este y serán presentados sólo en esta sección.

Geohidrología realizó mediciones durante el mes de diciembre de 2012 en los pozos L1-3, RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5, RC-6, RC-7, GD-01, L2-19, L2-22, L2-20, L2-14, 2021 y la estación de aforo puente San Luis.

4.1.1.1 Pozos en zona aluvial

El acuífero en este sector está compuesto principalmente por material aluvial y depósitos salinos, de granulometría variable, provenientes de la parte alta de la cuenca. El agua subterránea corresponde principalmente a agua fresca (poco salina) que tiende a salinizarse a medida que se acerca a la zona marginal, debido a la concentración de sales producto principalmente de la evaporación y de la disolución de la matriz por donde circula el agua entre otros procesos formativos.

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 y L2-3 muestran un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de extracción de esta zona. En aquellos pozos más cercanos a las zonas de bombeo (L1-1, L2-2), el descenso es claro, sin embargo aquellos pozos más lejanos muestran un efecto mínimo como son el caso de los pozos L1-3 y L2-7. Los pozos L7-1 y L7-2 ubicados al norte del pozo Mullay y el pozo L7-6, presentan efectos del bombeo con un desfase aproximado de 15 meses.

Posterior a las lluvias acontecidas en febrero de 2012, el pozo L1-3 desapareció debido a los aluviones registrados en el camino Toconao-Peine, por este motivo se perforó el 17 de marzo de 2012, un nuevo pozo a metros del pozo desaparecido, el que se referenció para obtener nuevas cotas, las que se presentan en el Anexo A.1. Como parte del monitoreo aleatorio que realiza Geohidrología semestralmente a los puntos de monitoreo, se visitó el nuevo pozo L1-3 para constatar lo ocurrido durante el primer semestre de 2012.

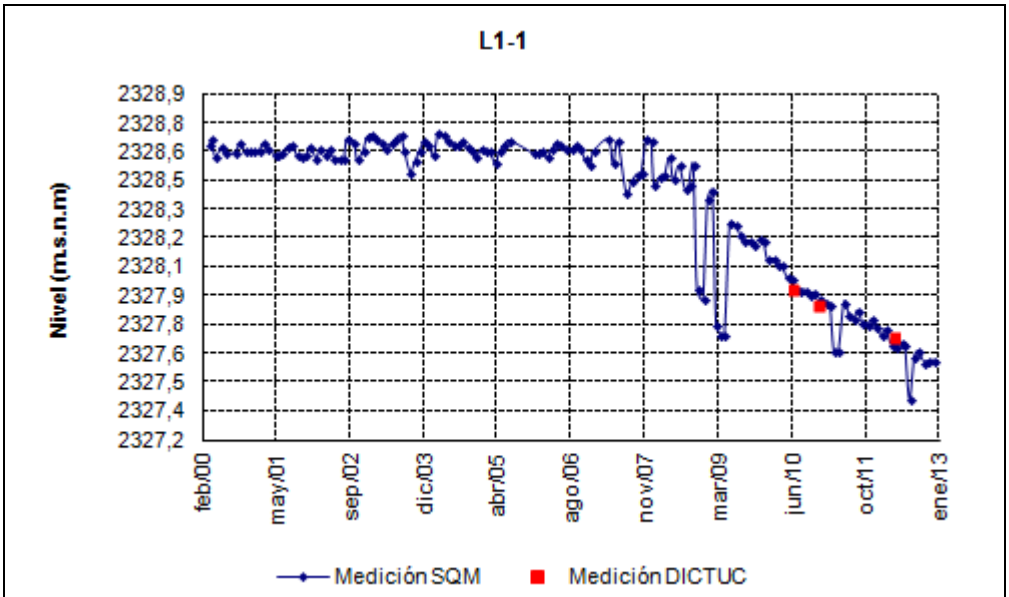


Figura 4.3. Nivel mensual observado en el pozo L1-1.

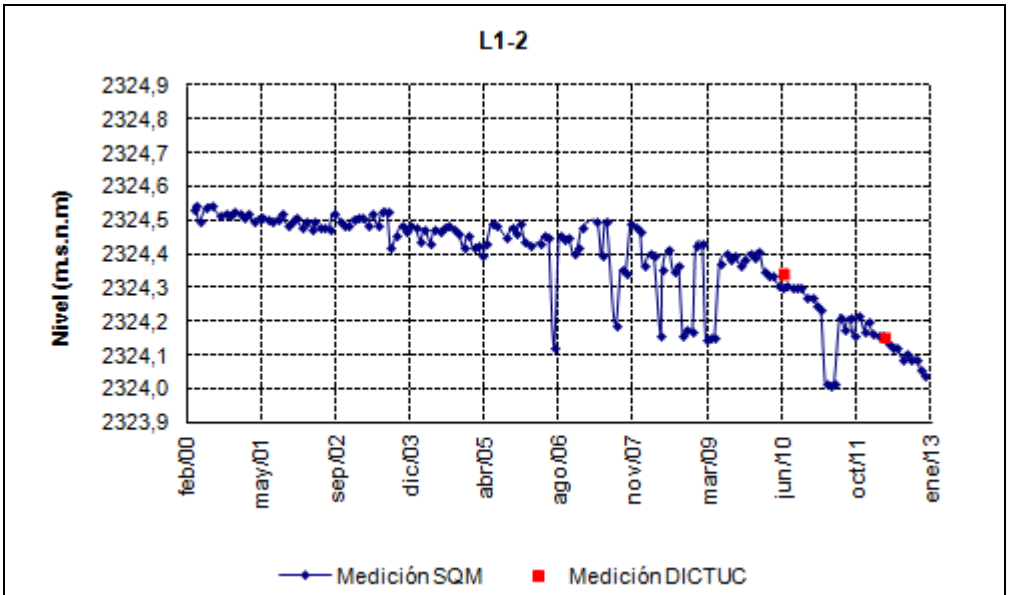


Figura 4.4. Nivel mensual observado en el pozo L1-2.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

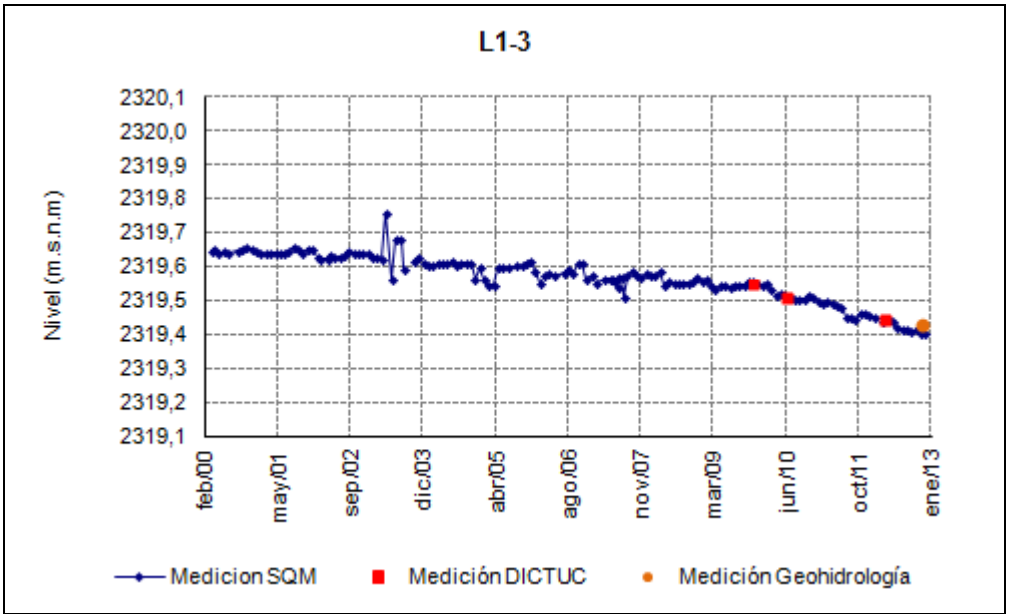


Figura 4.5. Nivel mensual observado en el pozo L1-3.

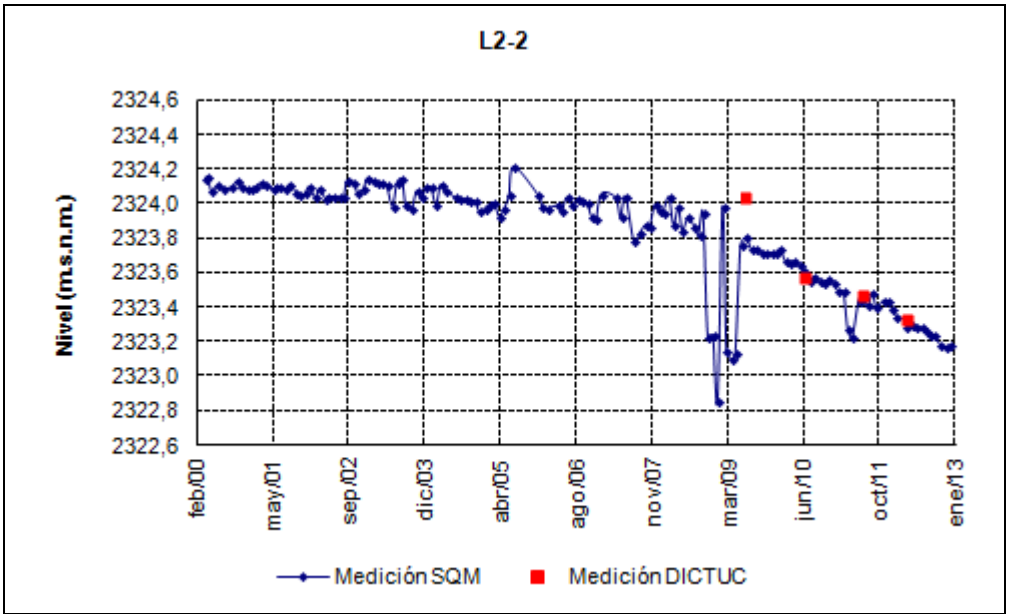


Figura 4.6. Nivel mensual observado en el pozo L2-2.[1]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

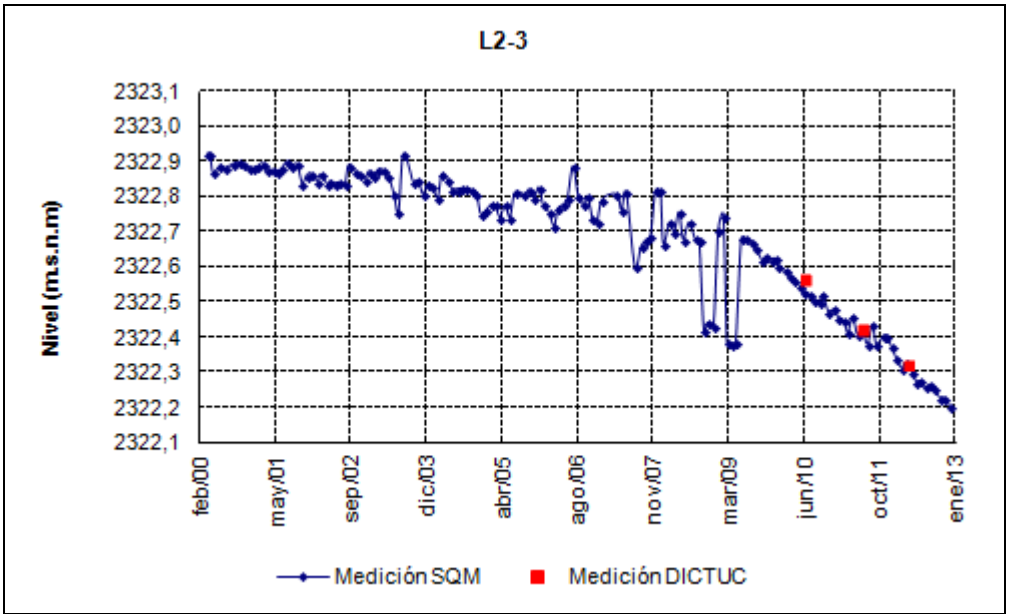


Figura 4.7. Nivel mensual observado en el pozo L2-3.

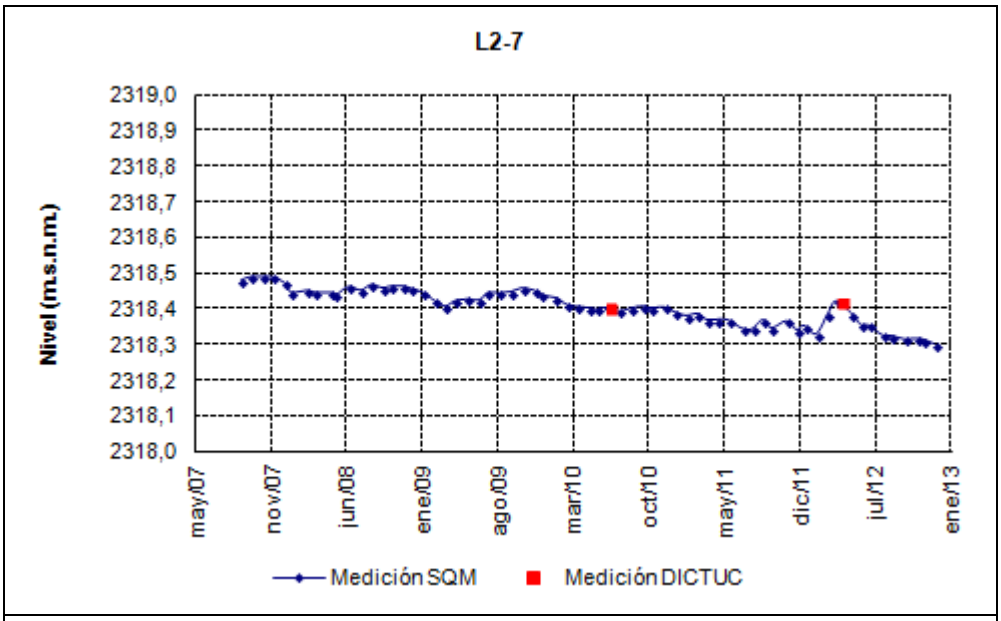


Figura 4.8. Nivel mensual observado en el pozo L2-7.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

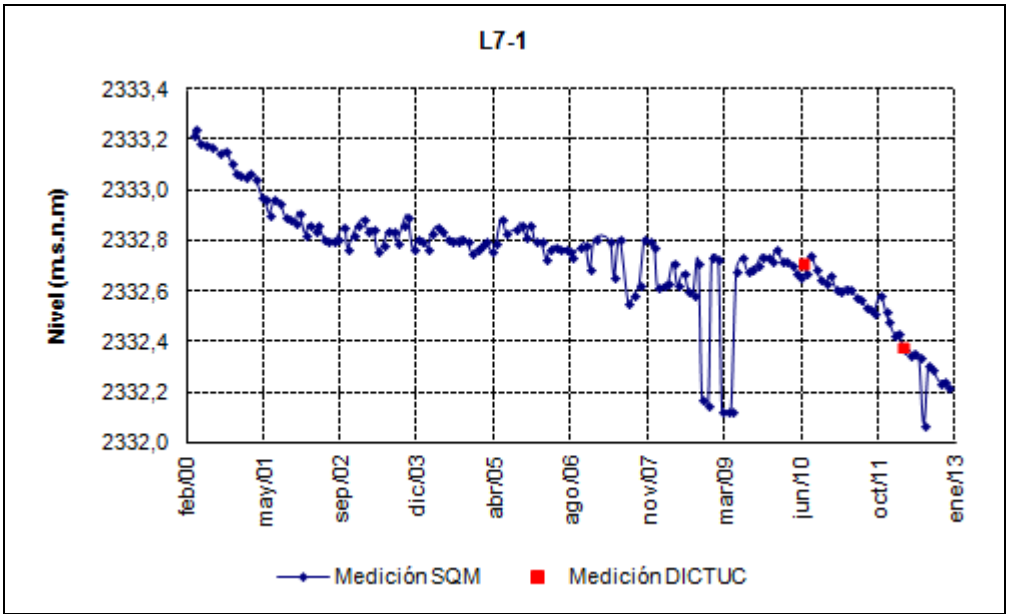


Figura 4.9. Nivel mensual observado en el pozo L7-1.

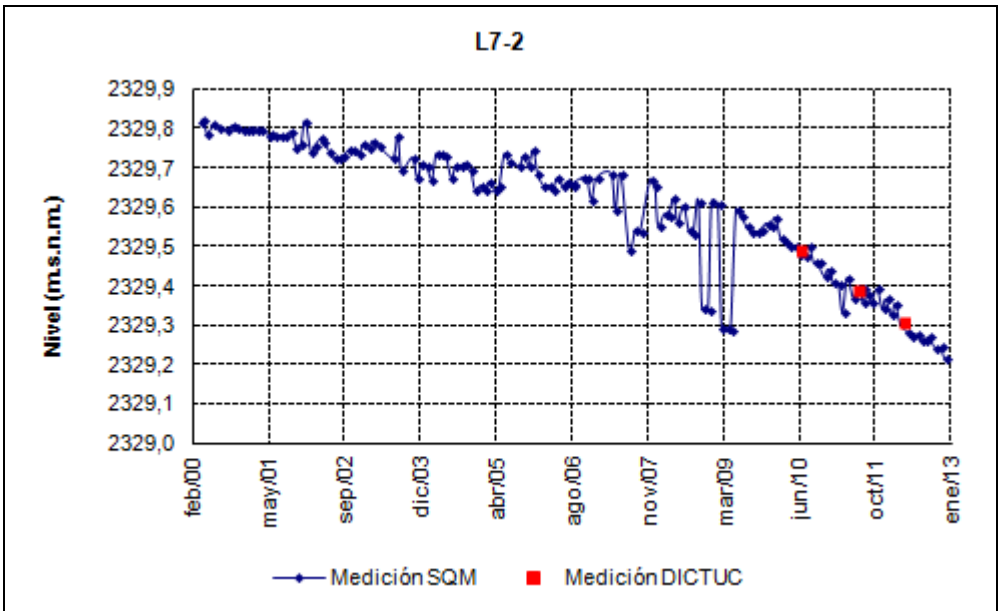


Figura 4.10. Nivel mensual observado en el pozo L7-2.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

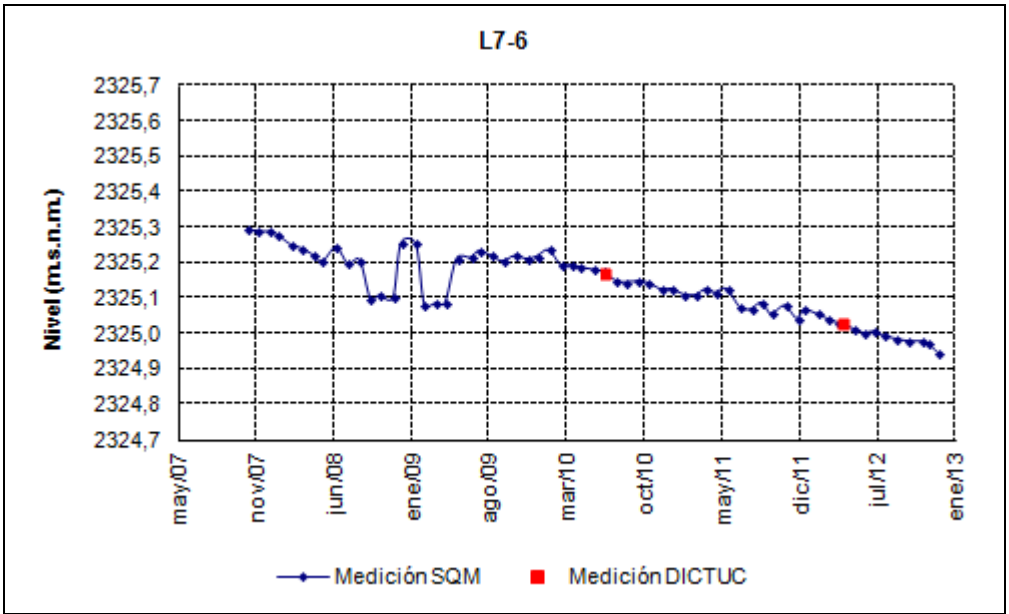


Figura 4.11. Nivel mensual observado en el pozo L7-6.

El pozo Mullay 1 (Figura 4.12) comenzó a operar como pozo de bombeo el día 15 de septiembre de 2008. Dado que fue necesario implementar un sistema de medición de niveles (línea de aire) se modificó el punto de referencia quedando la cota definitiva en 2.404,129 m.s.n.m. Durante el mes de agosto de 2012 no pudo obtenerse el nivel ya que al momento de realizar el monitoreo, éste presentaba la niveleta obstruida. Durante la visita del mes siguiente (22 de septiembre de 2012) se encuentra la niveleta en condiciones normales. A partir de septiembre la gerencia de hidrogeología salar (GHS) se encarga del desmontaje y montaje de pozos de agua industrial, por lo que es consultada cada que ocurren este tipo de situaciones.

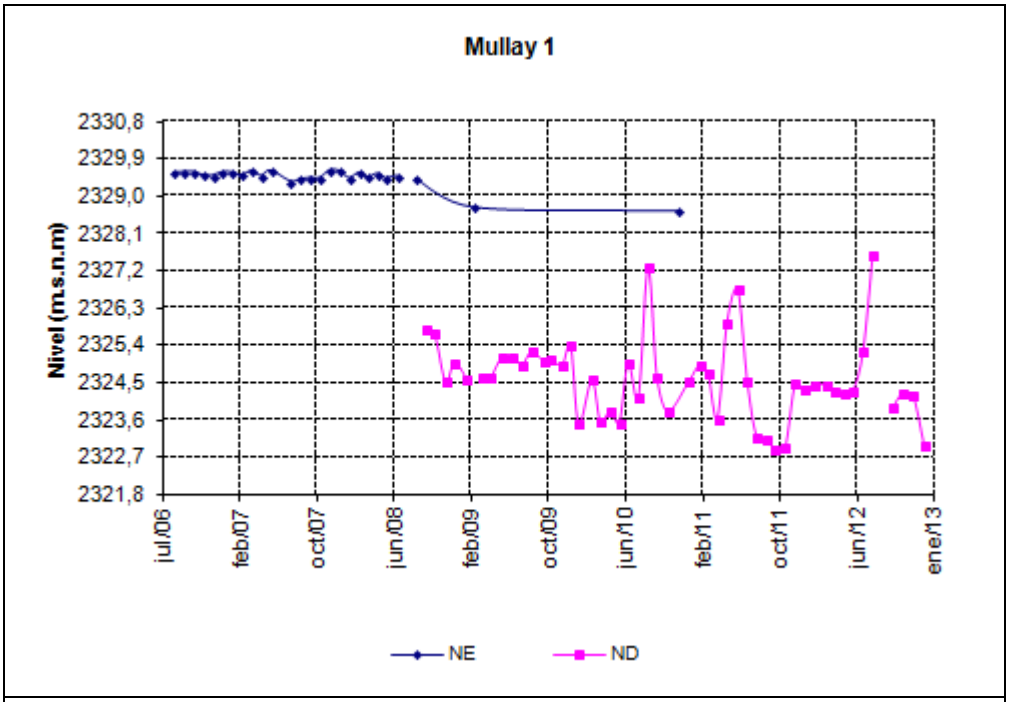


Figura 4.12. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Mullay 1.

El pozo Allana (Figura 4.13) no presenta monitoreo de los niveles desde octubre de 2007 a enero de 2008, debido a que durante ese período se realizaron trabajos para su habilitación como pozo de bombeo, cuyo inicio de actividades como tal fue el día 15 de septiembre del 2008. Por este motivo, fue necesario cambiar el punto de referencia de medición de niveles, al igual que en el pozo Mullay, quedando finalmente en 2403,242 m.s.n.m. Durante el mes de agosto de 2012 no pudo obtenerse el nivel ya que al momento de realizar el monitoreo, éste presentaba la niveleta obstruida.

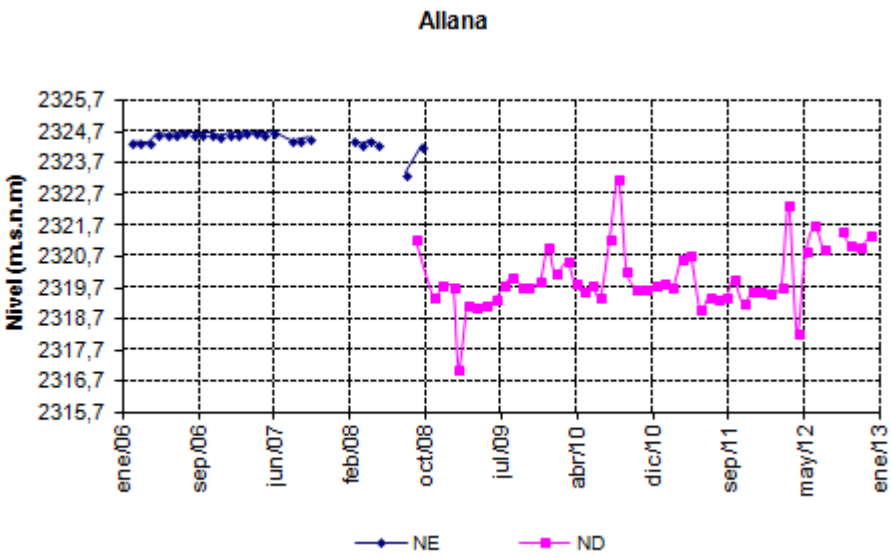


Figura 4.13. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Allana

4.1.1.2 Pozos en zona marginal

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

De manera general, hasta enero de 2012 se puede observar un descenso con tendencia similar al histórico en el nivel en los pozos ubicados en los sectores sur y oeste de la zona marginal (pozos RC, L1-12, L1-14, L2-12, L2-13, L2-17, L2-18, L2-19, L2-22). Respecto de los otros pozos a enero de 2012 se ha observado una mantención de sus niveles e incluso un aumento en aquellos pozos que están más influenciados por el aporte subterráneo proveniente desde el acuífero del borde este (L1-4, L1-6, L1-7, L1-9, L1-10, L1-11, L1-13, L1-15, L1-16, L2-4, L2-10, L2-15, L2-21, L2-24, L7-3, L7-4, L7-5, L7-7, L7-10, L7-11, L7-12, L11-1, L11-2). Se han observado variaciones estacionales de nivel de hasta 70 cm en pozos o reglillas más cercanos a cuerpos de agua superficial como la laguna Barros Negros (por ejemplo los pozos L1-8, L1-13, RC1, L7-G1, L2-5, L2-10, L2-15, L2-21, L2-24, L1-G4, P1-6 y P1-7, entre otros). Al inicio del monitoreo del PSAH las mayores oscilaciones se observaban del lado oeste de la laguna Barros Negros, pero en los últimos años (segundo semestre de 2009, el 2010 y segundo semestre de 2011) las oscilaciones se observan principalmente al sur de la laguna Barros Negros.

Durante las lluvias ocurridas entre el 8 y 15 de febrero de 2012, las que acumularon 46,9 mm los días 10 y 11 de febrero se registra 27,9 y 10,9 mm respectivamente, se observa aumentos significativos en el nivel del acuífero en esta fecha, los que durante abril, mayo y junio fueron disminuyendo, pero manteniéndose por sobre los niveles observados a enero de 2012. Estas lluvias provocaron inundaciones y cortes de camino en febrero de 2012.

En los pozos que se tiene un registro de nivel histórico (1027, L1-4), se logra observar que durante los últimos años los niveles han cambiado su tendencia notándose un aumento gradual de nivel, pero siempre regido por el comportamiento estacional de la zona marginal, haciéndose más notorio este aumento de nivel entre febrero y abril de 2012. En términos generales se aprecia que la gran mayoría de los pozos se encuentran aumentando ligeramente sus niveles o bien se encuentran estabilizados, donde la mayoría de los pozos se vio influenciado por las lluvias de febrero de 2012. Este comportamiento podría estar asociado al aumento de la recarga desde el acuífero del borde este producto de mayores precipitaciones locales ocurridas durante los últimos años y en especial el primer semestre de 2012, lo que también se ve reflejado en los aumentos de nivel en varias de las reglillas asociadas al sistema Soncor como las L1-G4 y L7-G1.

Los pozos ubicados más al sur como el GD-01 muestran un comportamiento intermedio entre la zona marginal (comportamiento estacional relacionado con el funcionamiento de la laguna Barros Negros) y el núcleo, sin embargo se nota la influencia de las lluvias de febrero de 2012 en el comportamiento de este pozo.

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

Los gráficos de tendencia de esta zona se presentan desde la Figura 4.14 a Figura 4.59.

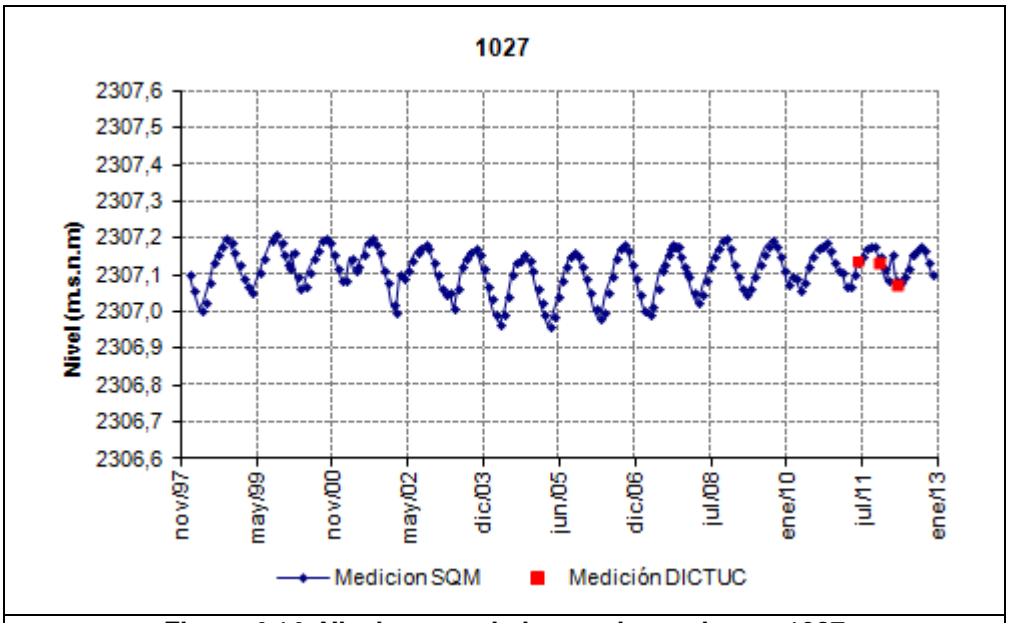


Figura 4.14. Nivel mensual observado en el pozo 1027

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

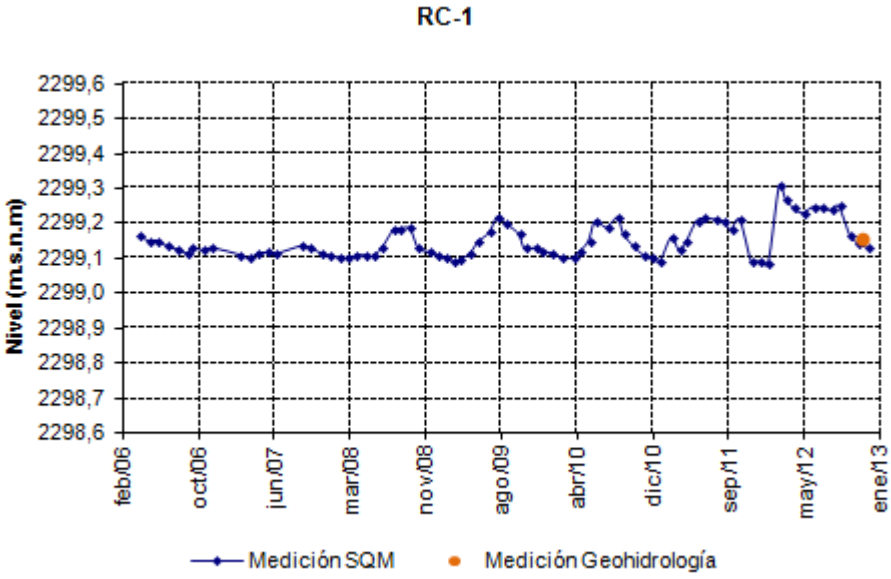


Figura 4.15. Nivel mensual observado en el pozo RC-1.

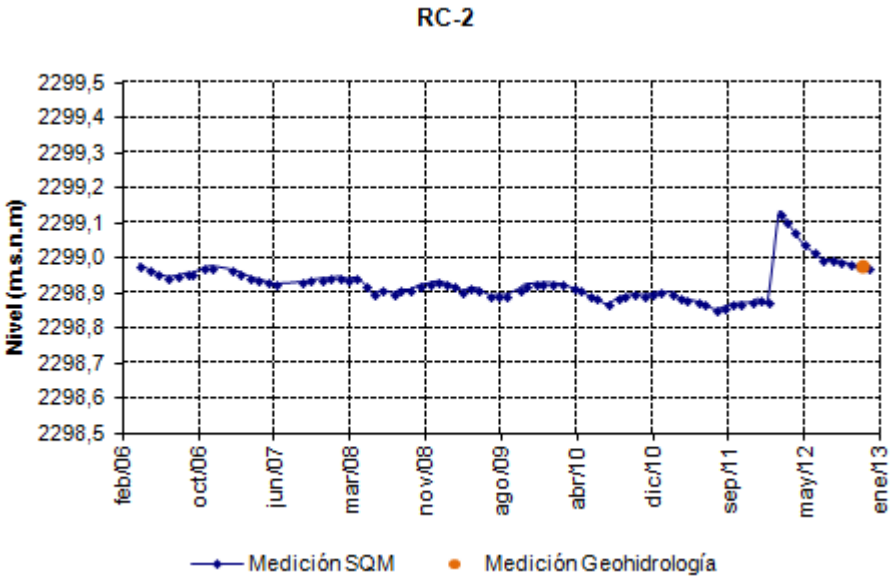


Figura 4.16. Nivel mensual observado en el pozo RC-2.

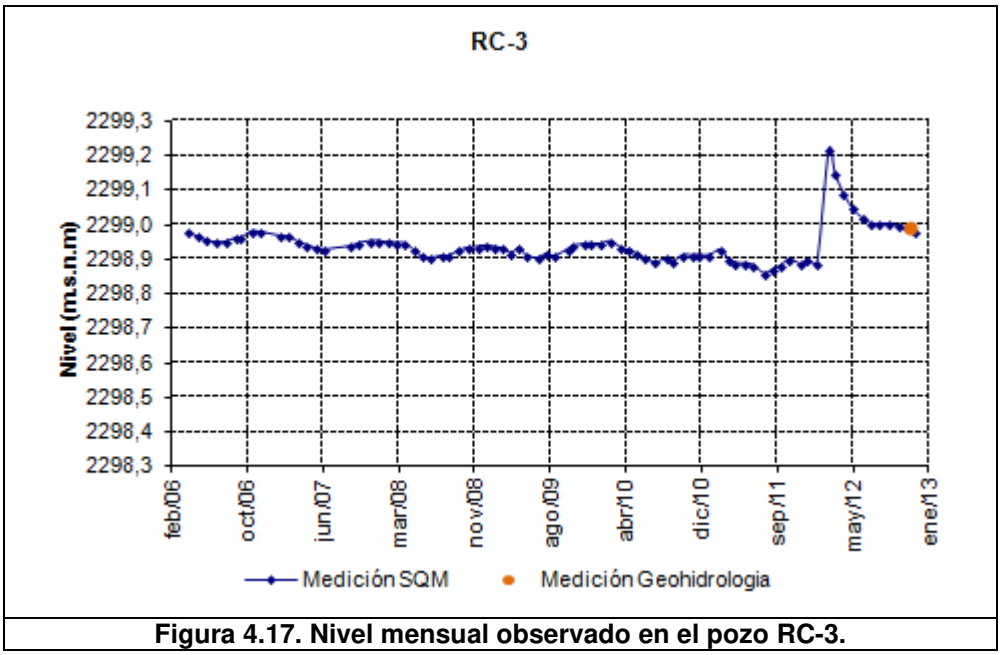


Figura 4.17. Nivel mensual observado en el pozo RC-3.

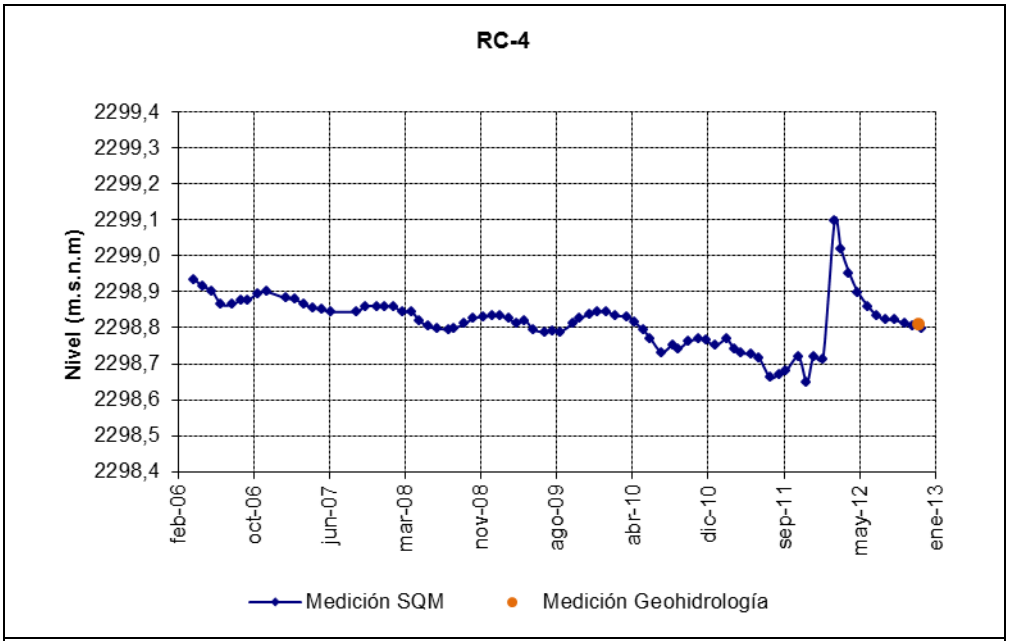


Figura 4.18. Nivel mensual observado en el pozo RC-4.

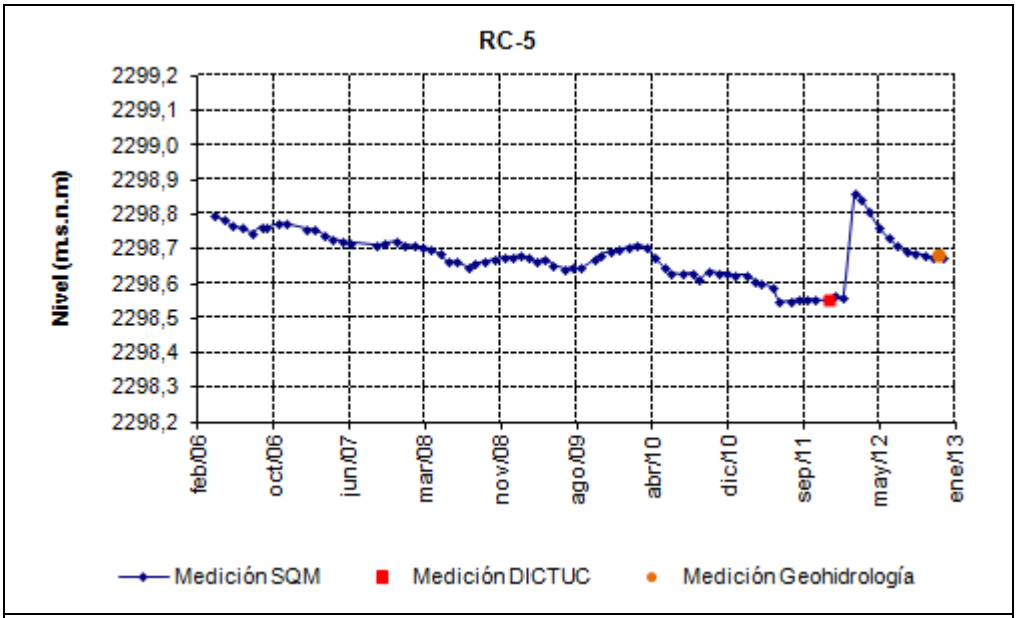


Figura 4.19. Nivel mensual observado en el pozo RC-5.

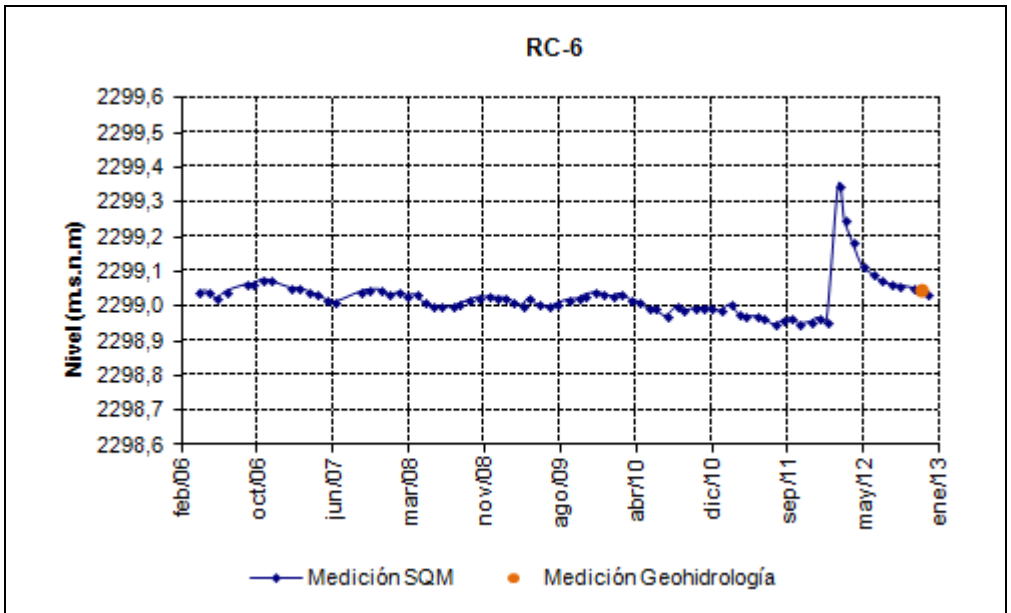


Figura 4.20. Nivel mensual observado en el pozo RC-6.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

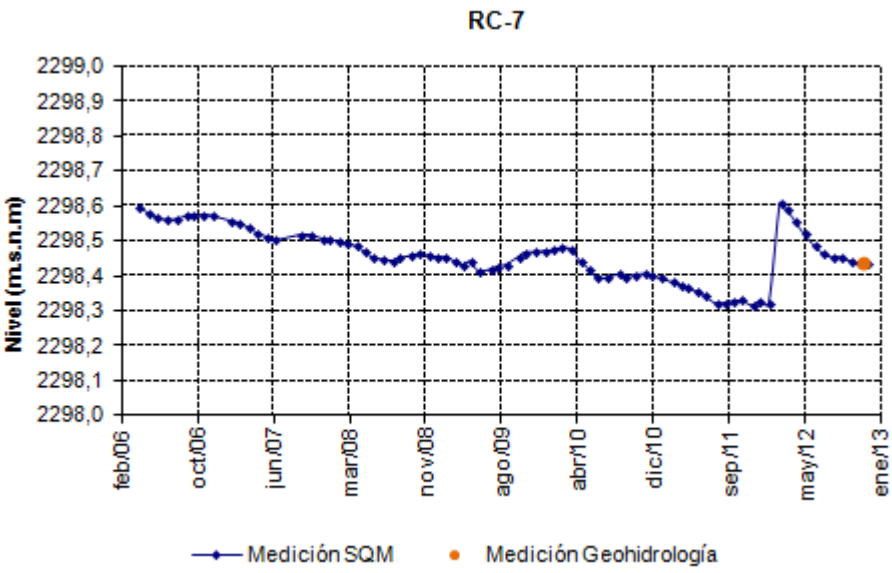


Figura 4.21. Nivel mensual observado en el pozo RC-7.

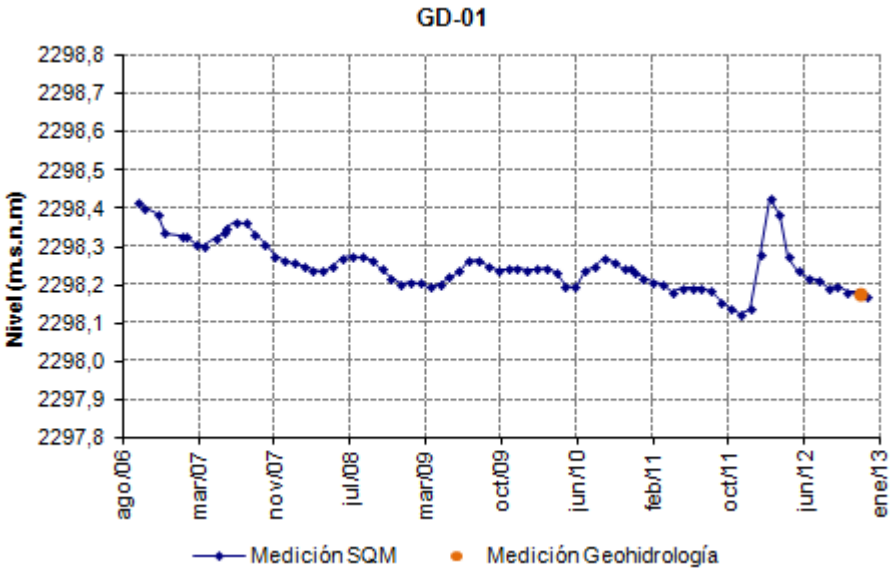


Figura 4.22. Nivel mensual observado en el pozo GD-01.

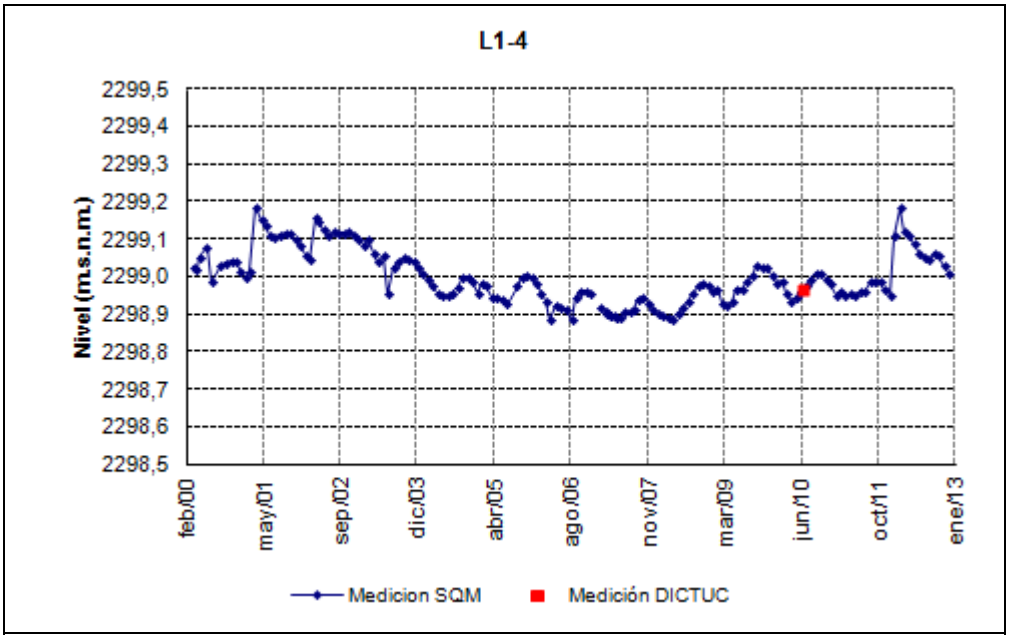


Figura 4.23. Nivel mensual observado en el pozo L1-4.

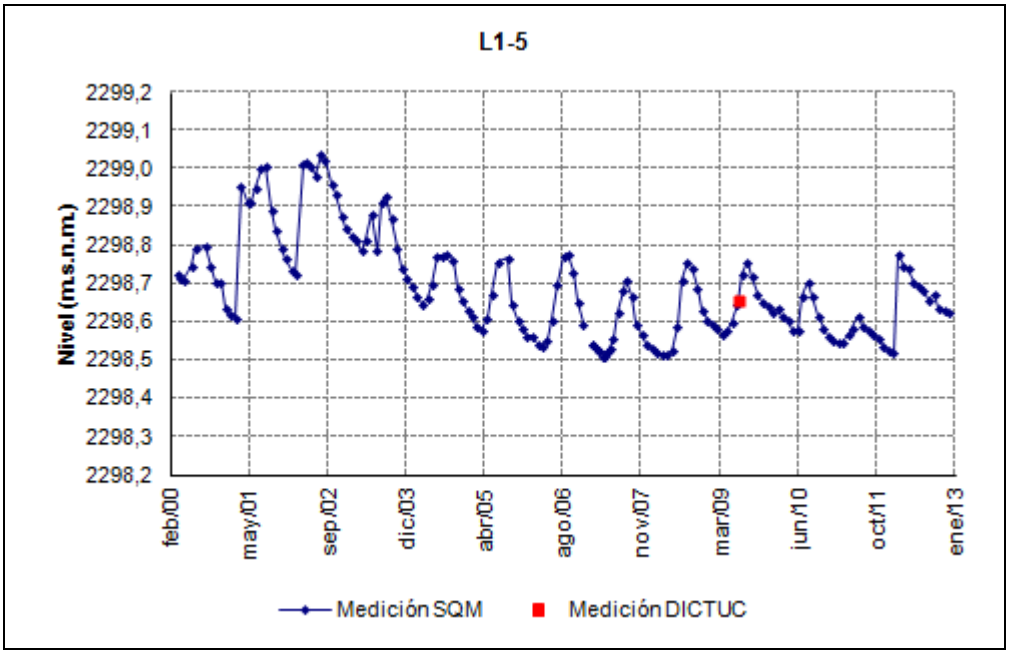


Figura 4.24. Nivel mensual observado en el pozo L1-5.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

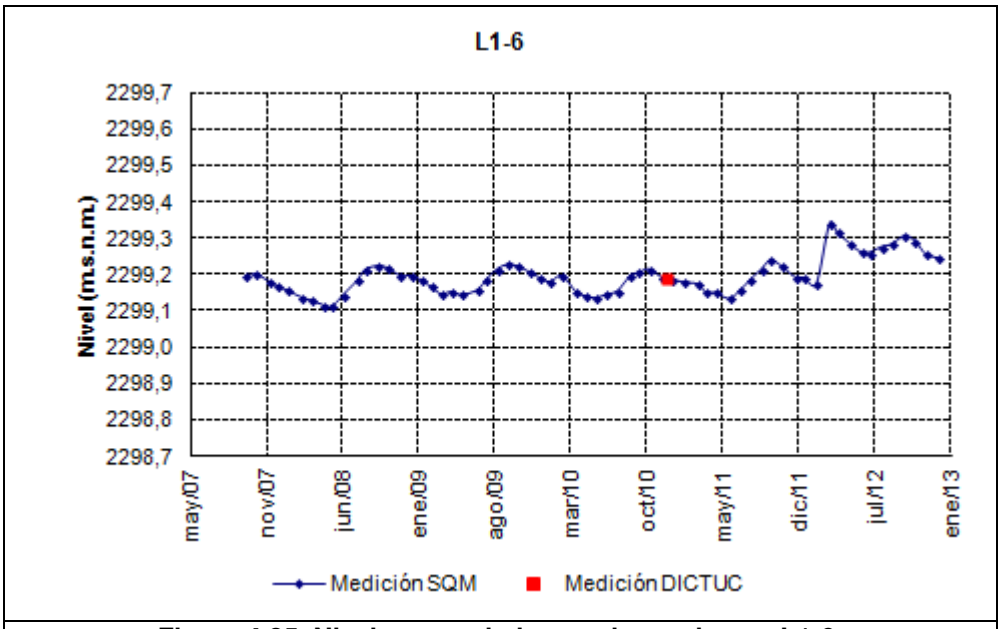


Figura 4.25. Nivel mensual observado en el pozo L1-6.

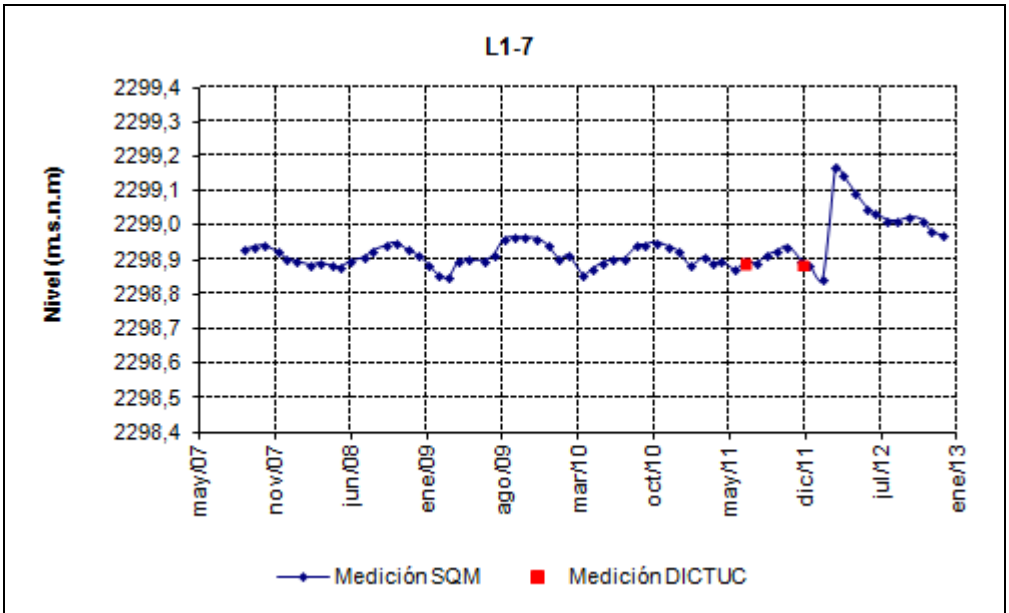


Figura 4.26. Nivel mensual observado en el pozo L1-7.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

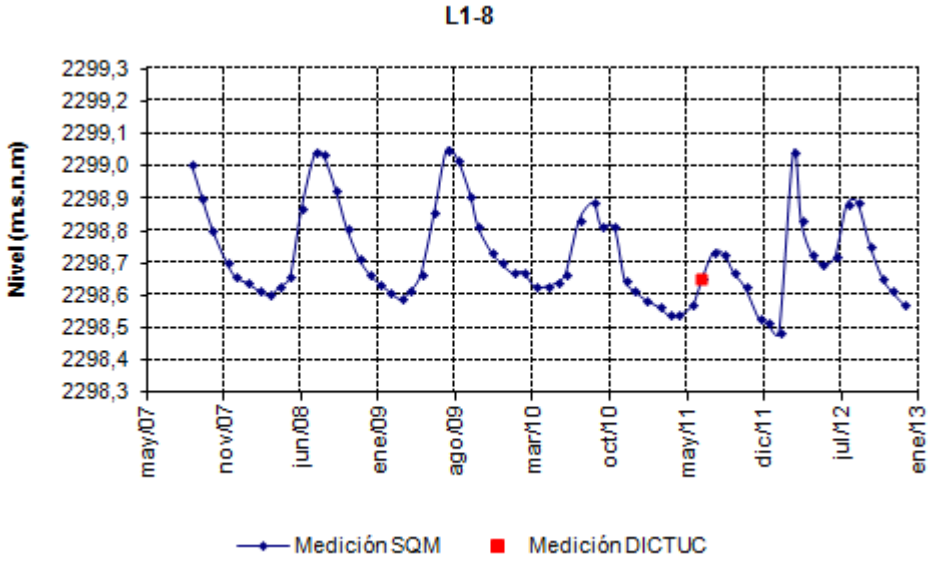


Figura 4.27. Nivel mensual observado en el pozo L1-8.

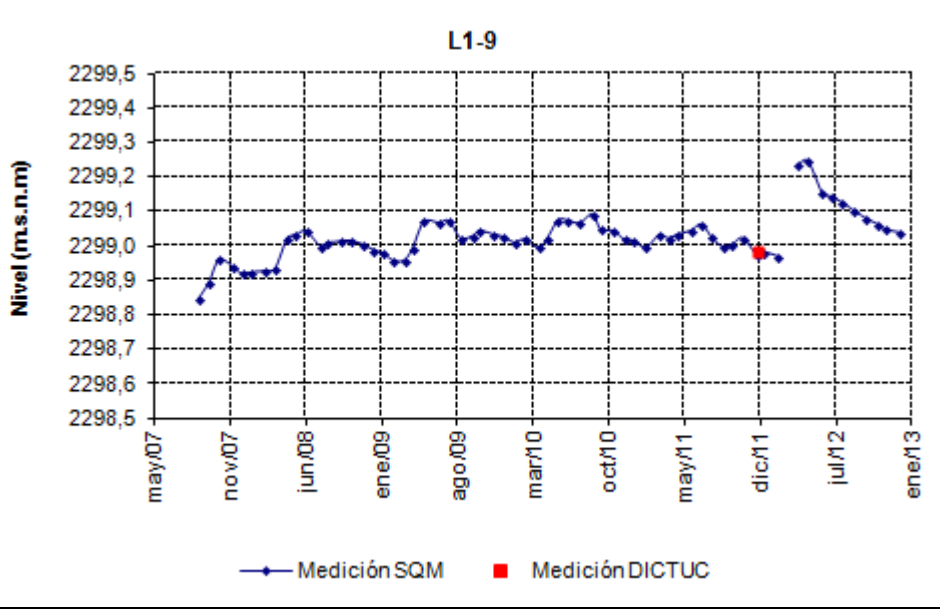


Figura 4.28. Nivel mensual observado en el pozo L1-9.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

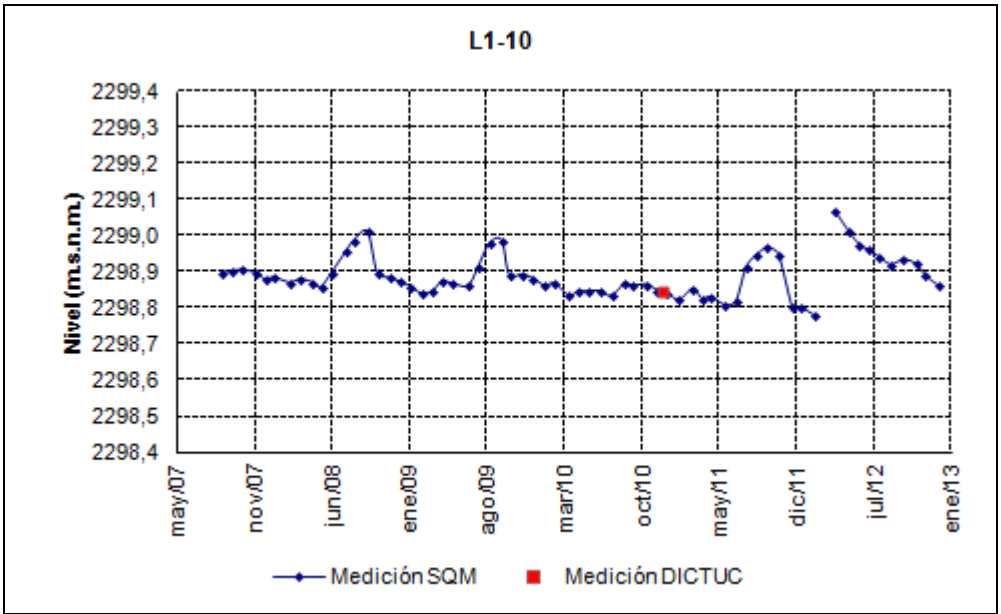


Figura 4.29. Nivel mensual observado en el pozo L1-10.

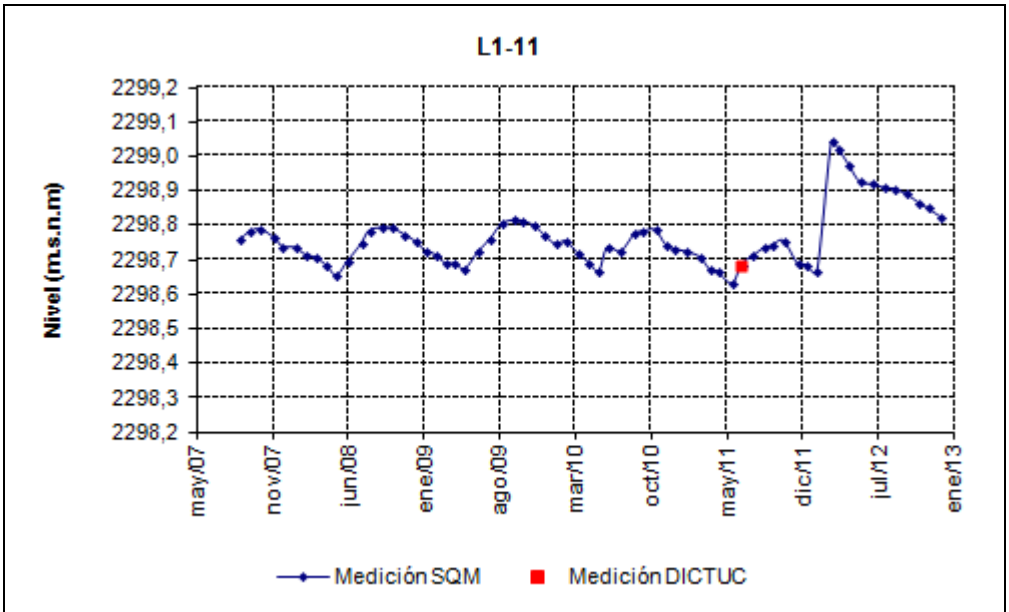


Figura 4.30. Nivel mensual observado en el pozo L1-11.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

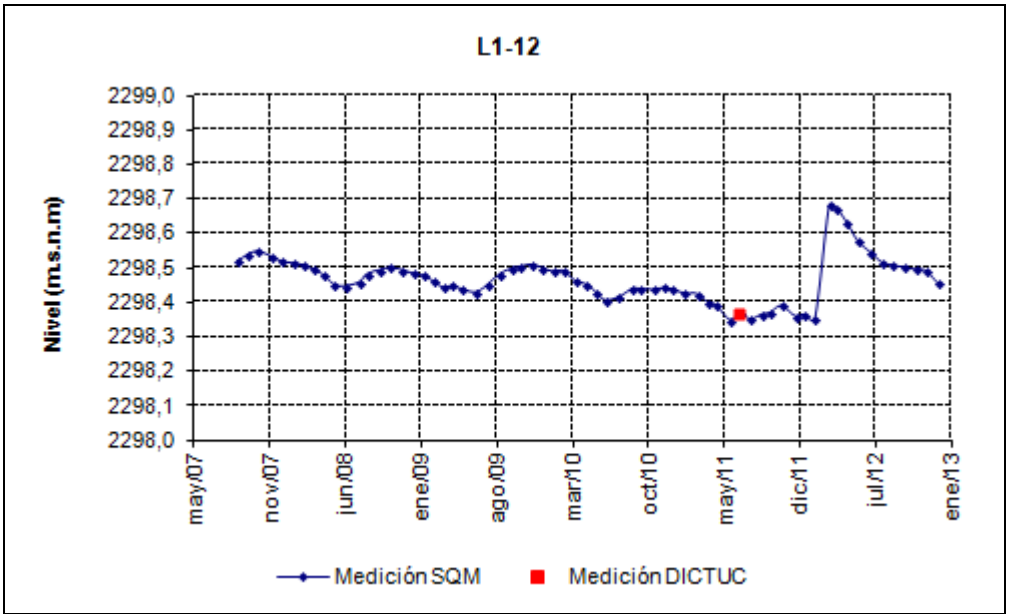


Figura 4.31. Nivel mensual observado en el pozo L1-12.

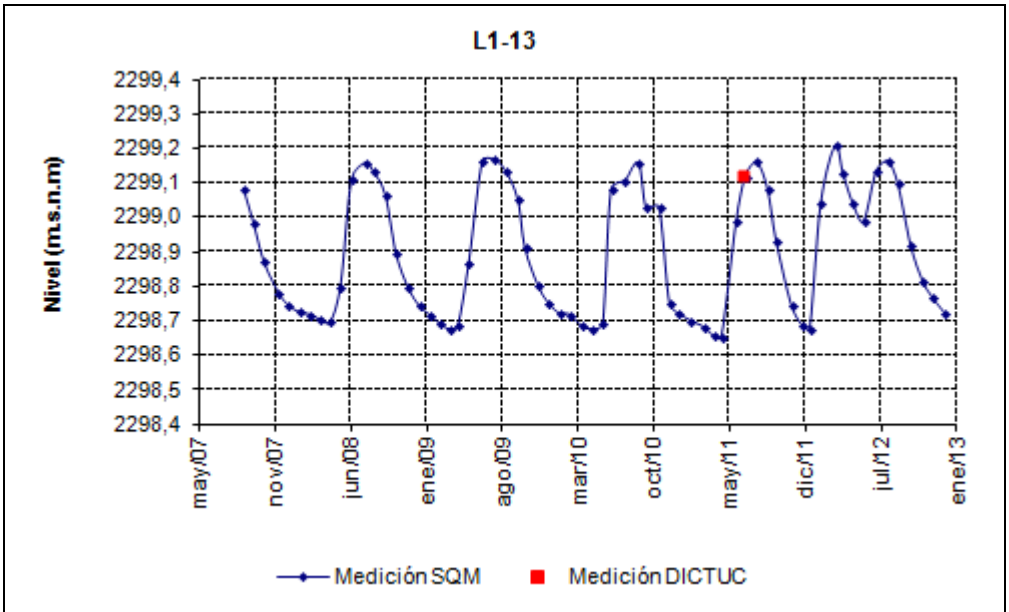


Figura 4.32. Nivel mensual observado en el pozo L1-13.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

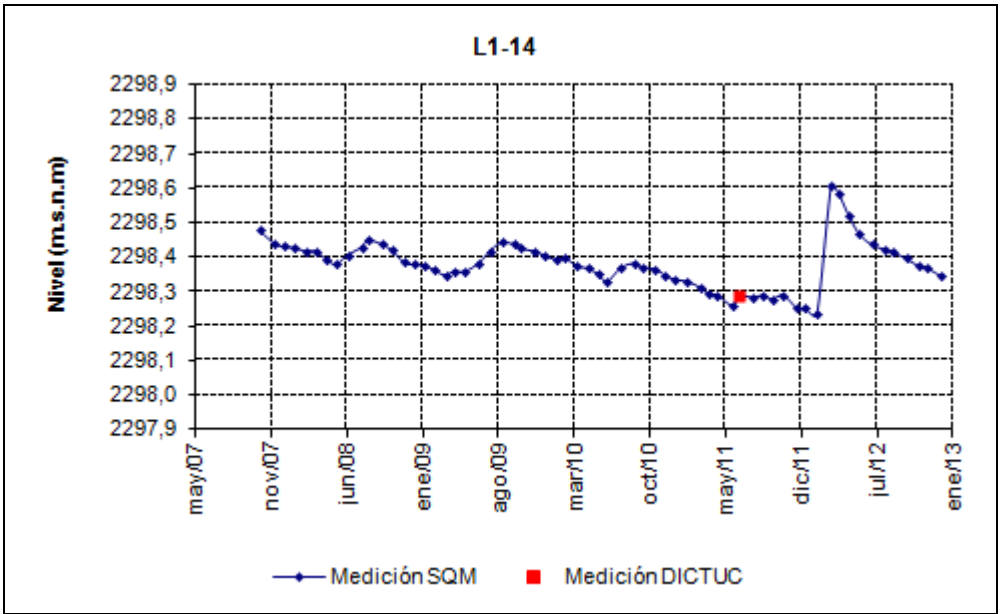


Figura 4.33. Nivel mensual observado en el pozo L1-14.

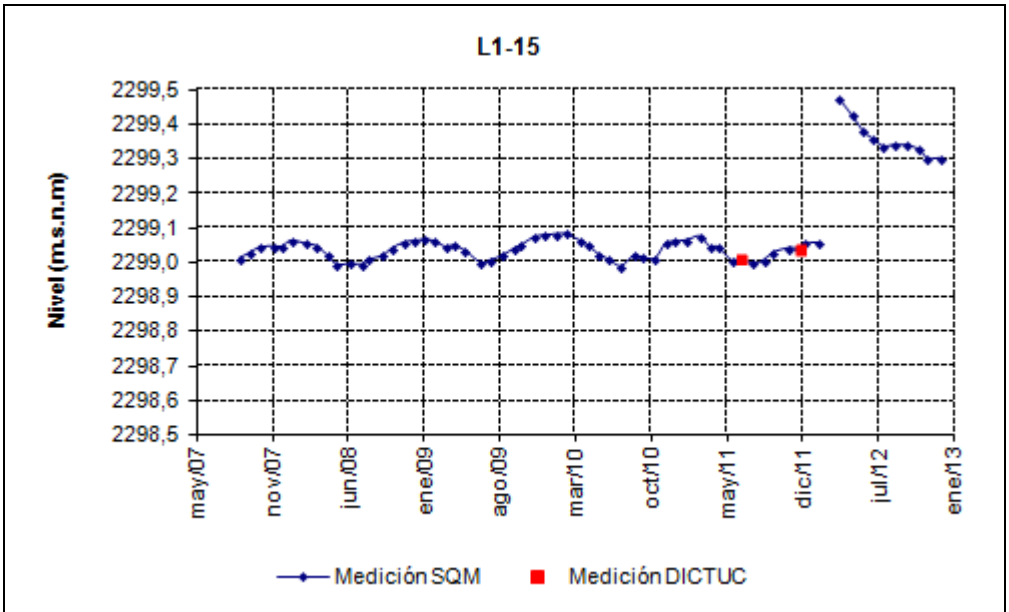


Figura 4.34. Nivel mensual observado en el pozo L1-15.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

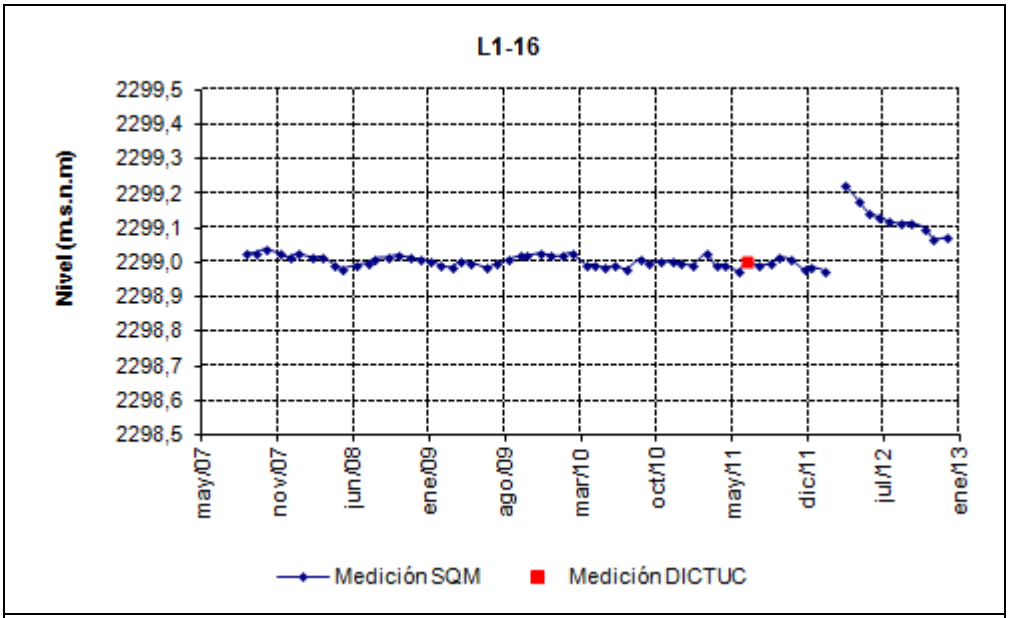


Figura 4.35. Nivel mensual observado en el pozo L1-16.

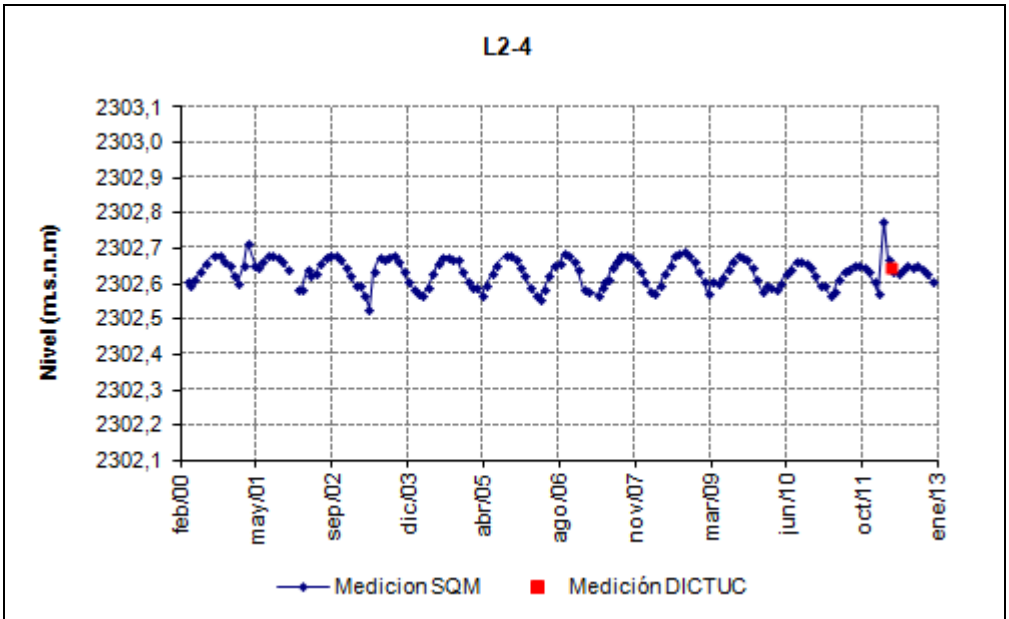


Figura 4.36. Nivel mensual observado en el pozo L2-4.

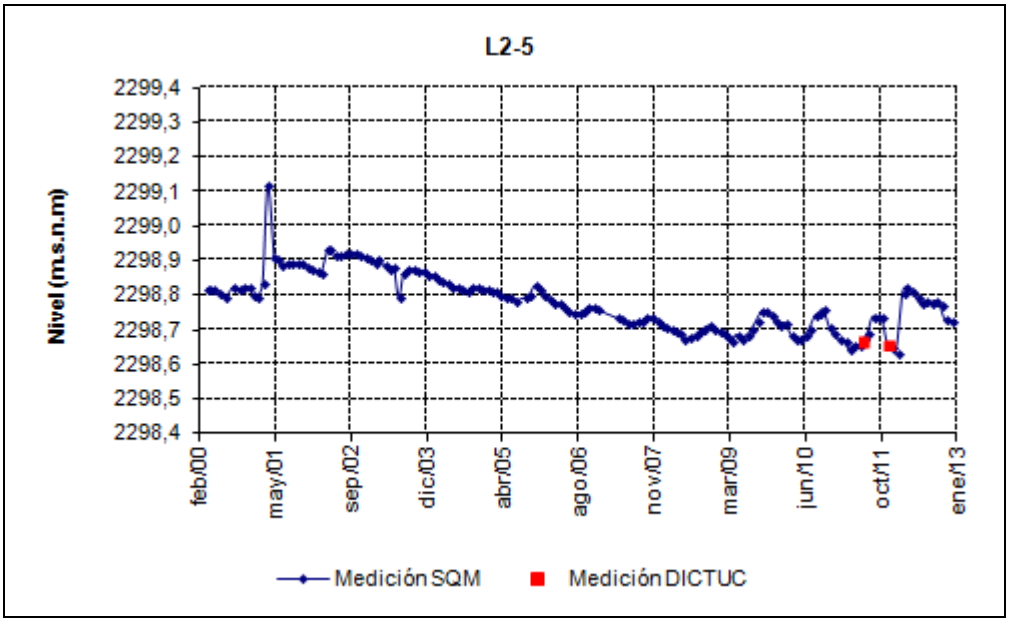


Figura 4.37. Nivel mensual observado en el pozo L2-5.

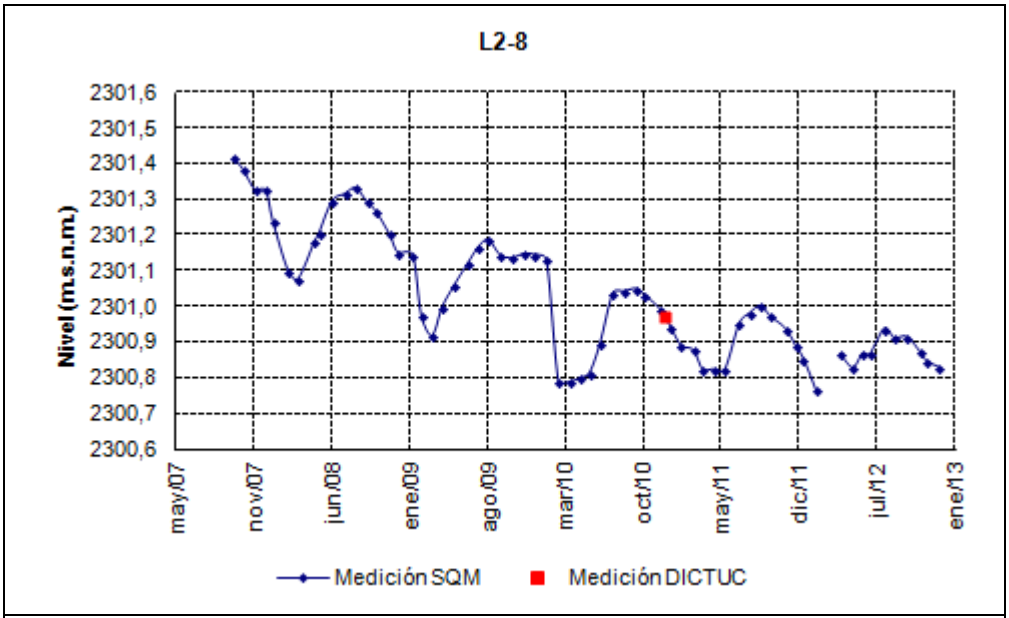


Figura 4.38. Nivel mensual observado en el pozo L2-8.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

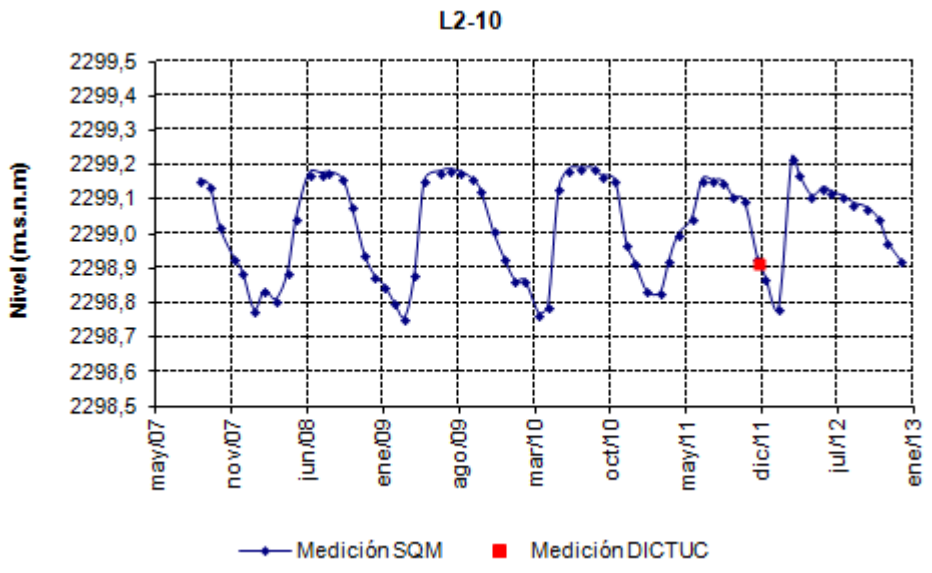


Figura 4.39. Nivel mensual observado en el pozo L2-10.

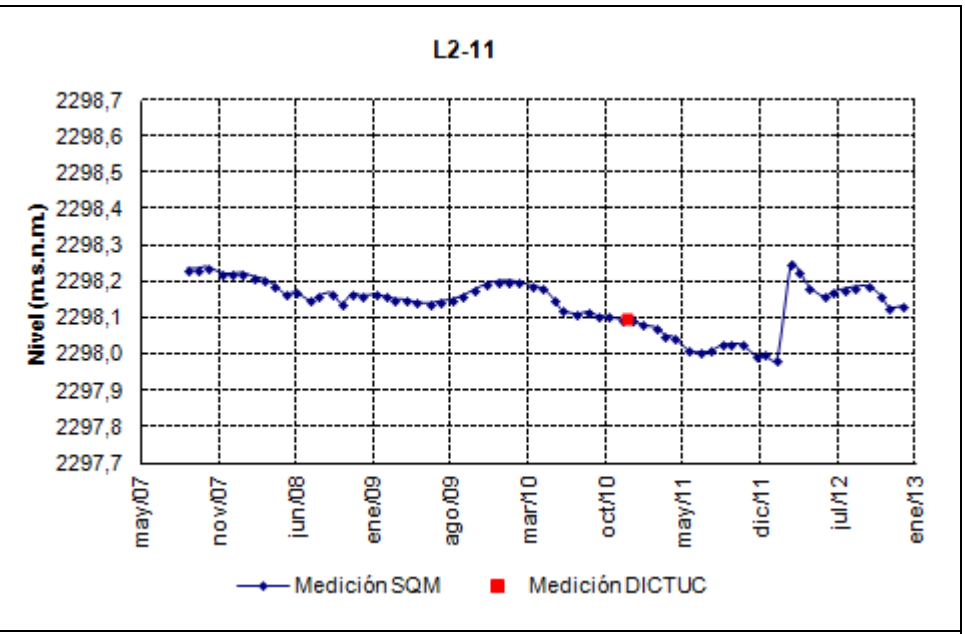


Figura 4.40. Nivel mensual observado en el pozo L2-11.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

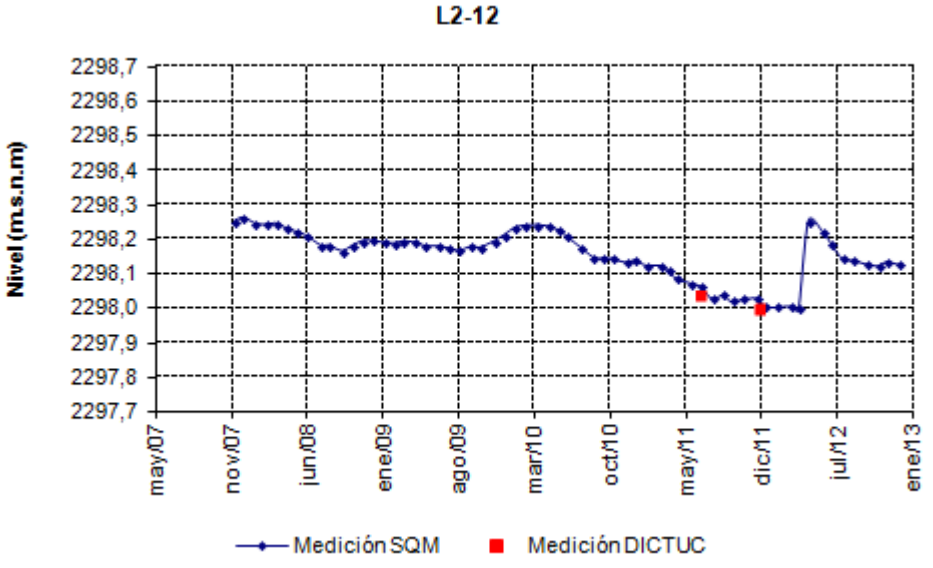


Figura 4.41. Nivel mensual observado en el pozo L2-12.

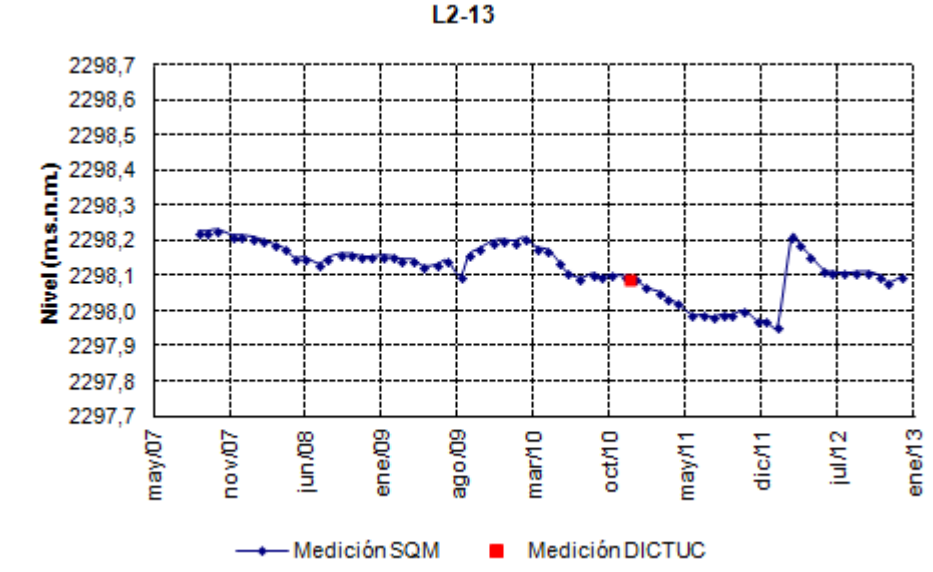


Figura 4.42. Nivel mensual observado en el pozo L2-13.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

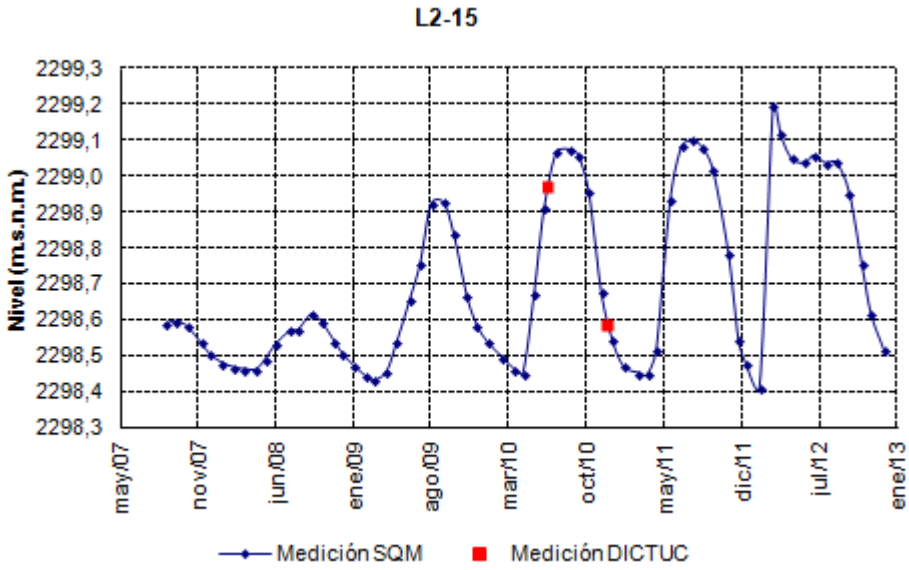


Figura 4.43. Nivel mensual observado en el pozo L2-15.

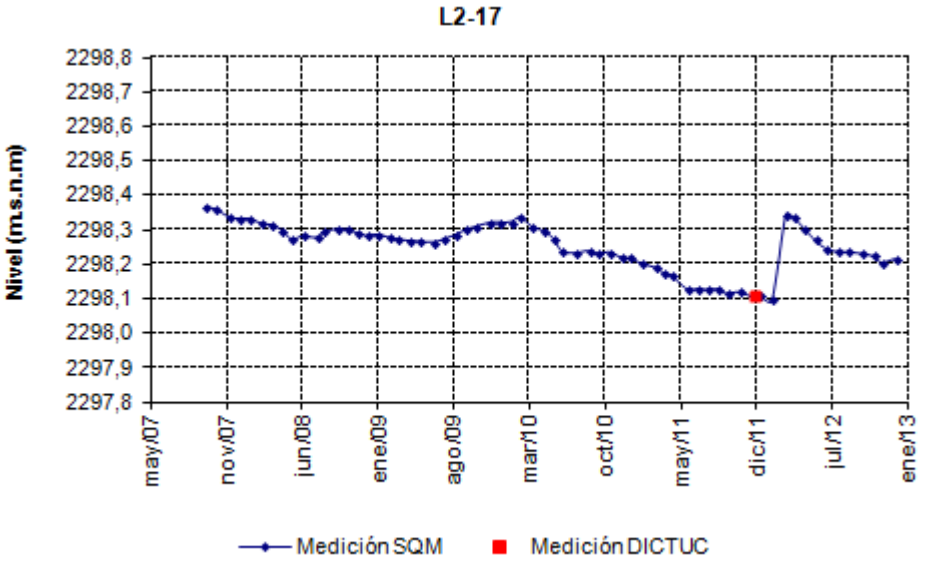


Figura 4.44. Nivel mensual observado en el pozo L2-17.

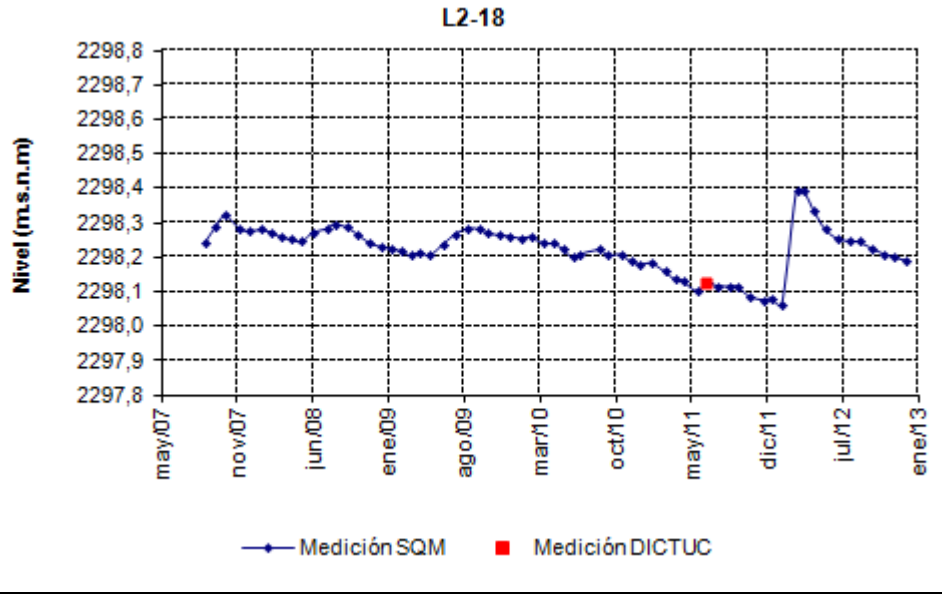


Figura 4.45. Nivel mensual observado en el pozo L2-18.

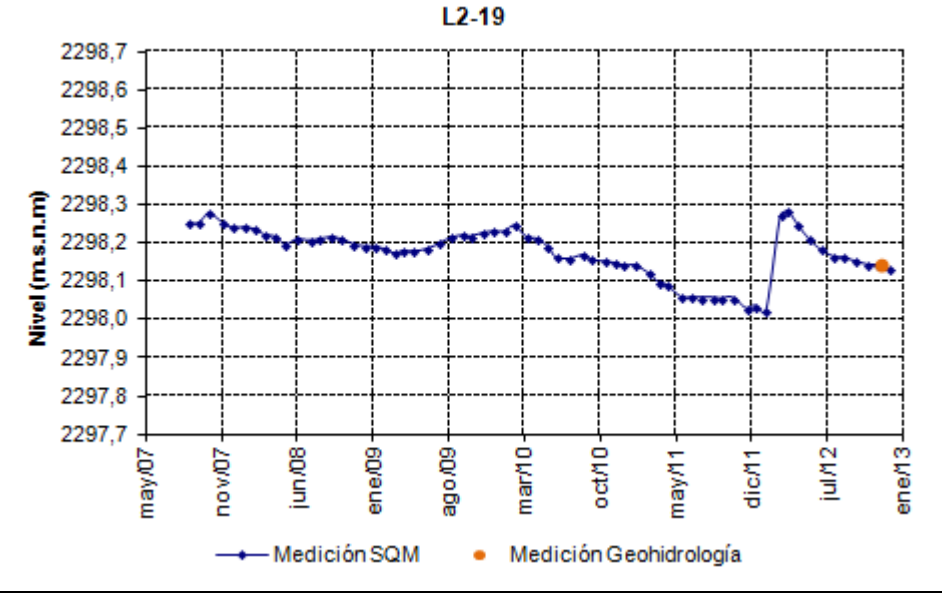


Figura 4.46. Nivel mensual observado en el pozo L2-19.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

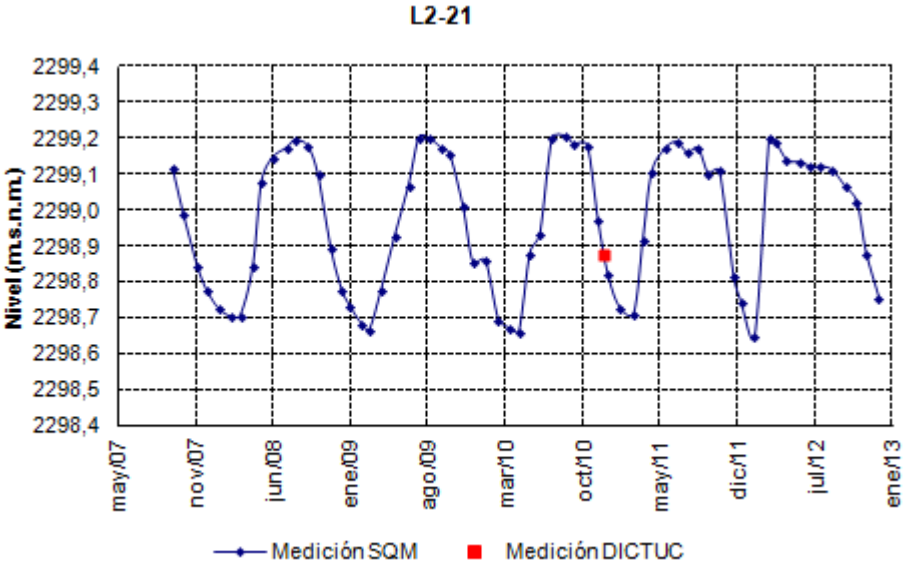


Figura 4.47. Nivel mensual observado en el pozo L2-21.

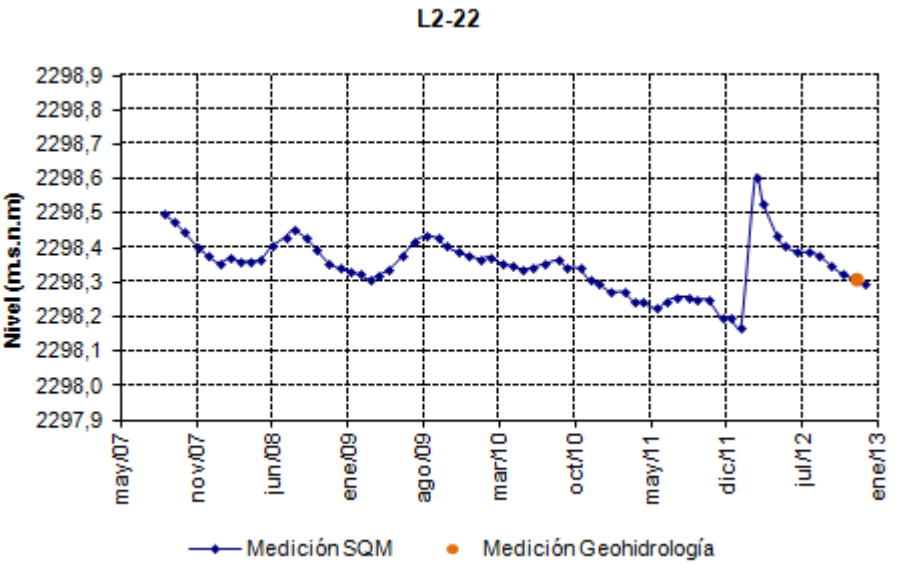


Figura 4.48. Nivel mensual observado en el pozo L2-22.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

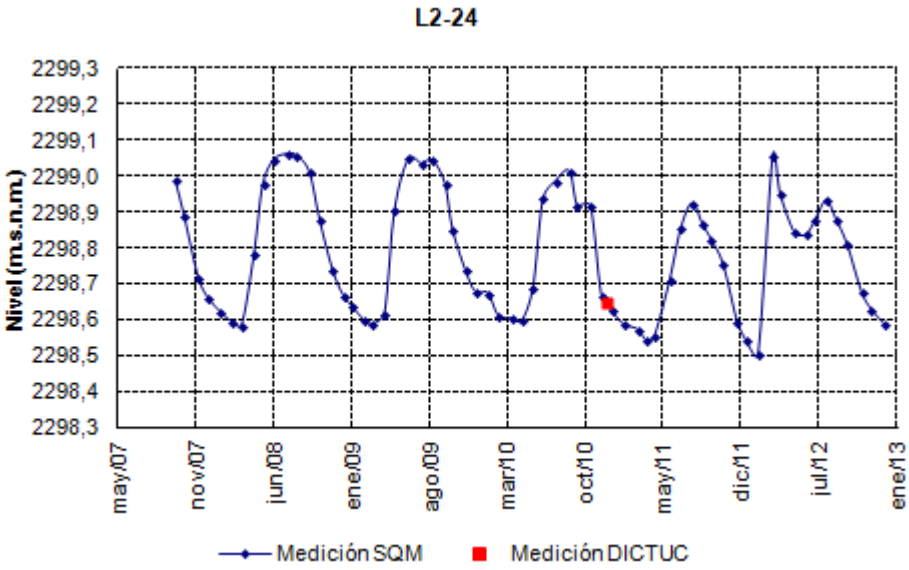


Figura 4.49. Nivel mensual observado en el pozo L2-24.

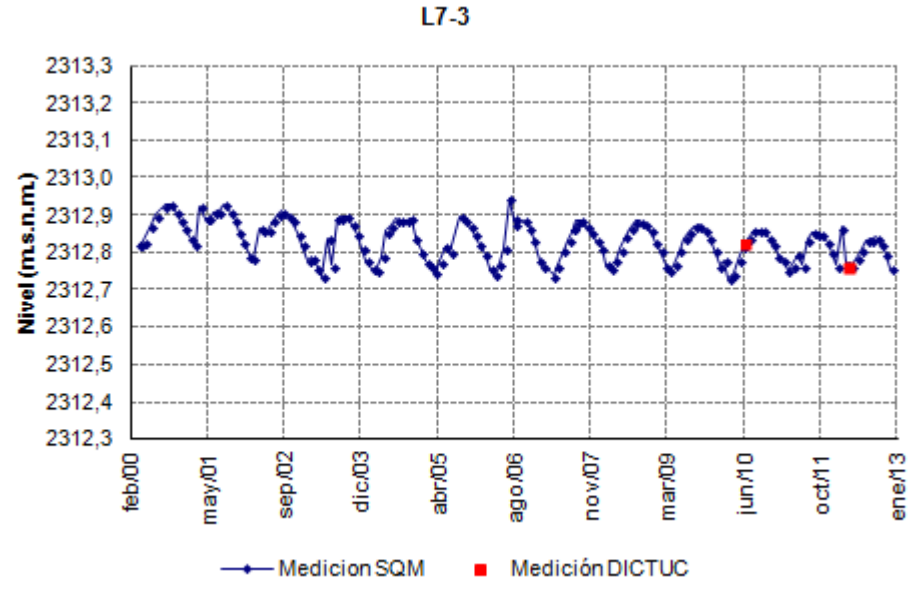


Figura 4.50. Nivel mensual observado en el pozo L7-3.

Dado que el pozo L7-4 tiene datos de medición continua desde mayo de 2007, es necesario presentar el seguimiento de este pozo en dos gráficos. El primero muestra la serie histórica (Figura 4.51) mientras que el segundo (Figura 4.52) muestra los datos a partir de mayo de 2007.

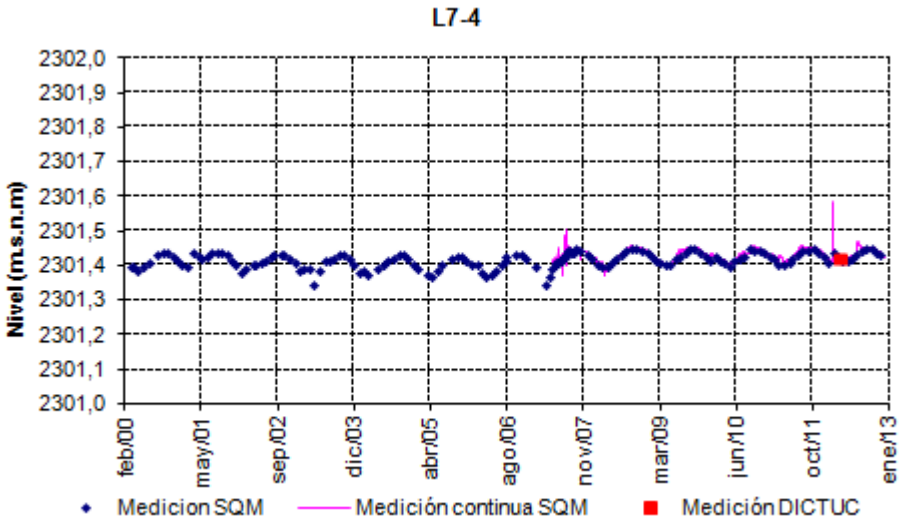


Figura 4.51. Nivel mensual observado en el pozo L7-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

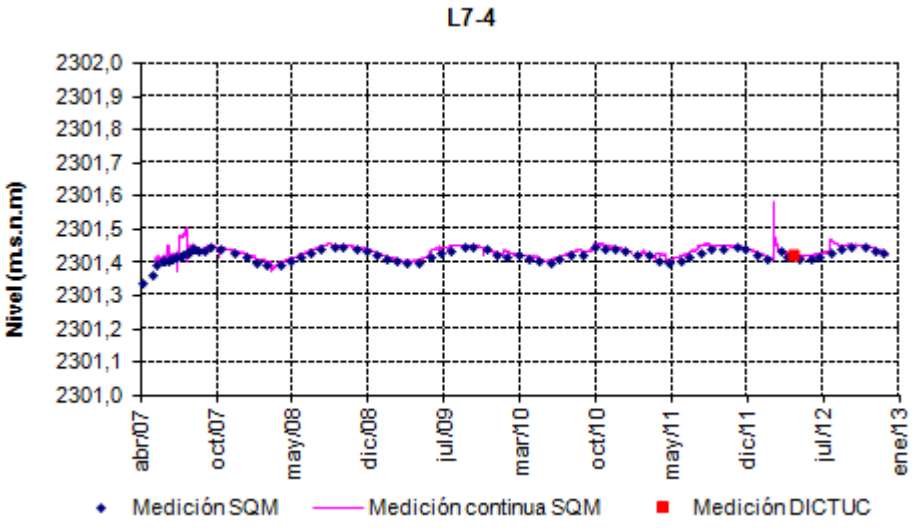


Figura 4.52. Nivel mensual observado en el pozo L7-4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

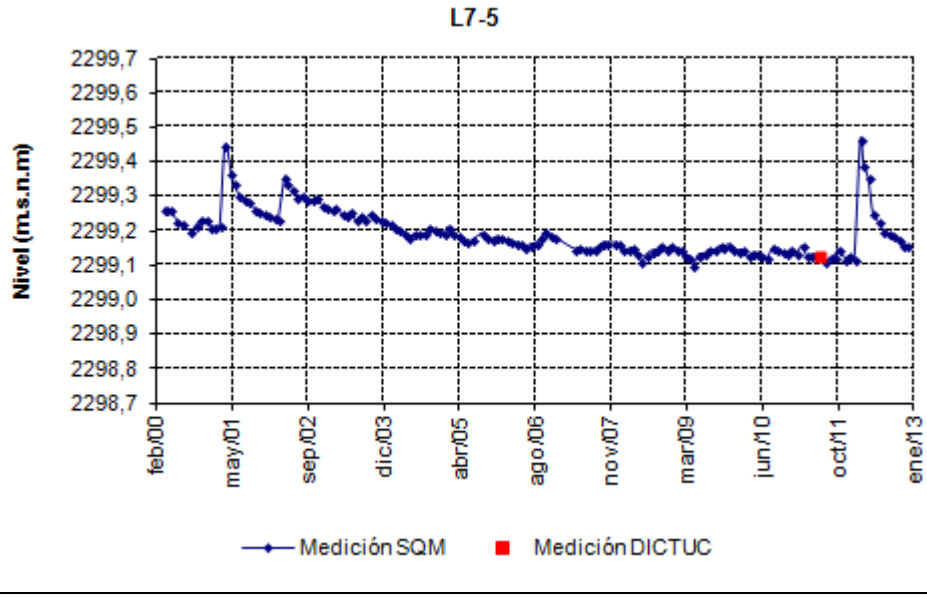


Figura 4.53. Nivel mensual observado en el pozo L7-5.

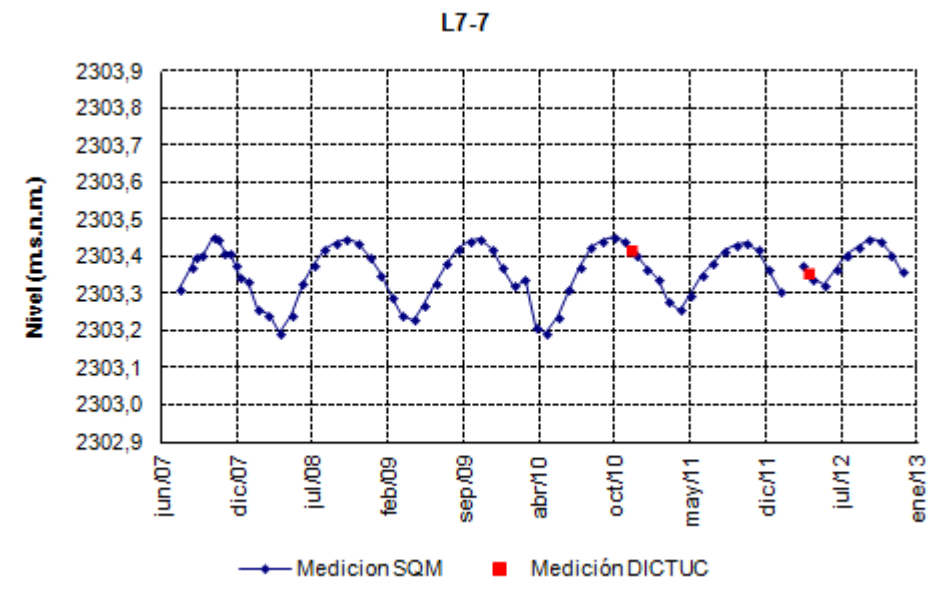


Figura 4.54. Nivel mensual observado en el pozo L7-7.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

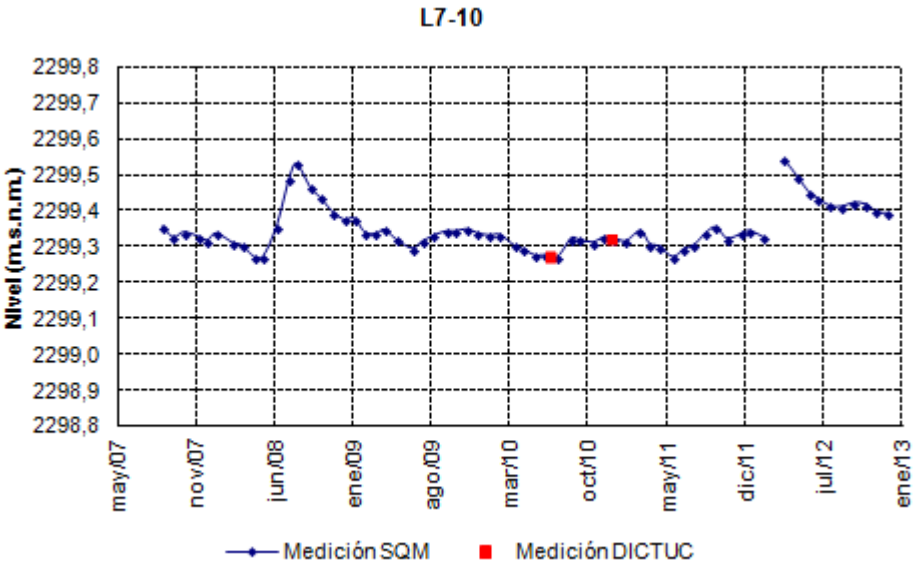


Figura 4.55. Nivel mensual observado en el pozo L7-10.

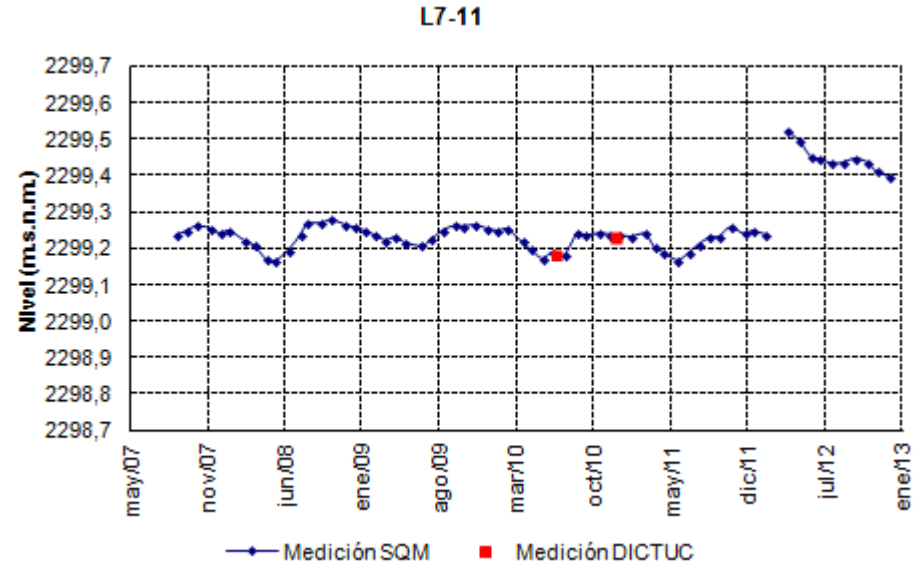


Figura 4.56. Nivel mensual observado en el pozo L7-11.

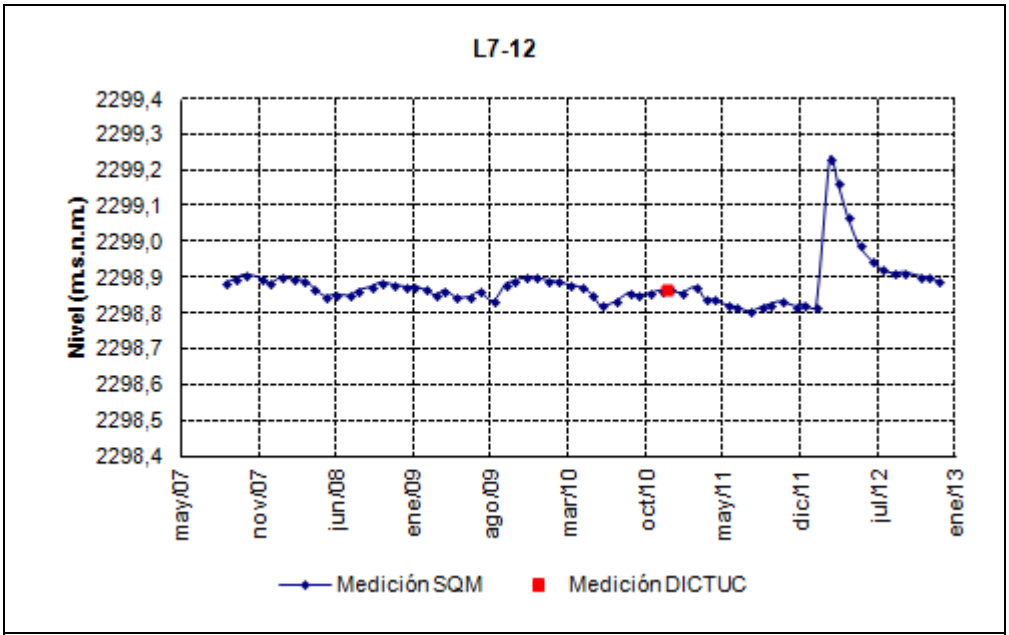


Figura 4.57. Nivel mensual observado en el pozo L7-12.

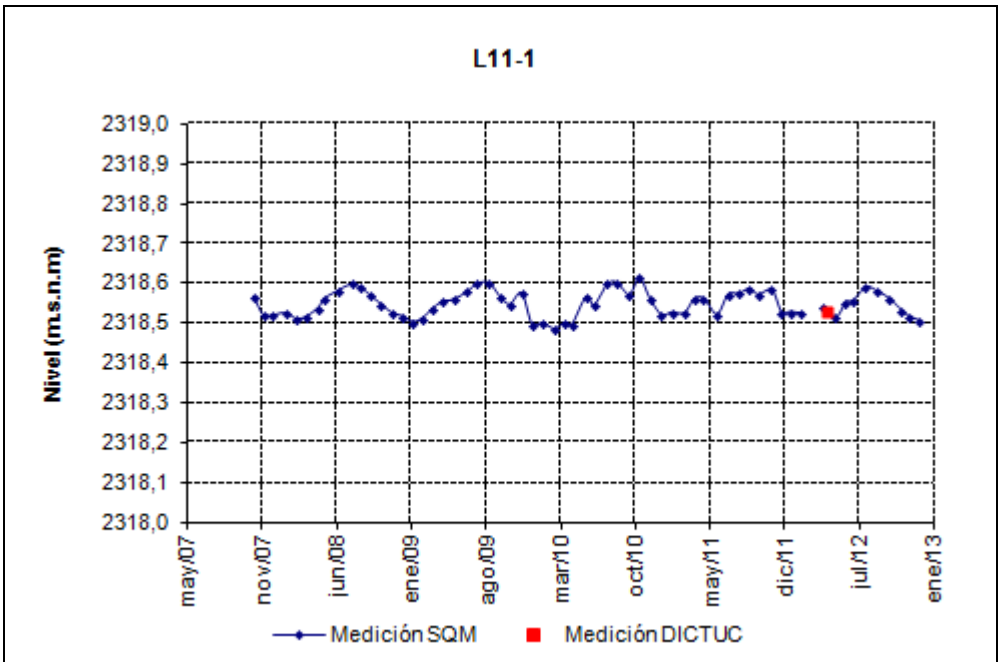


Figura 4.58. Nivel mensual observado en el pozo L11-1.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

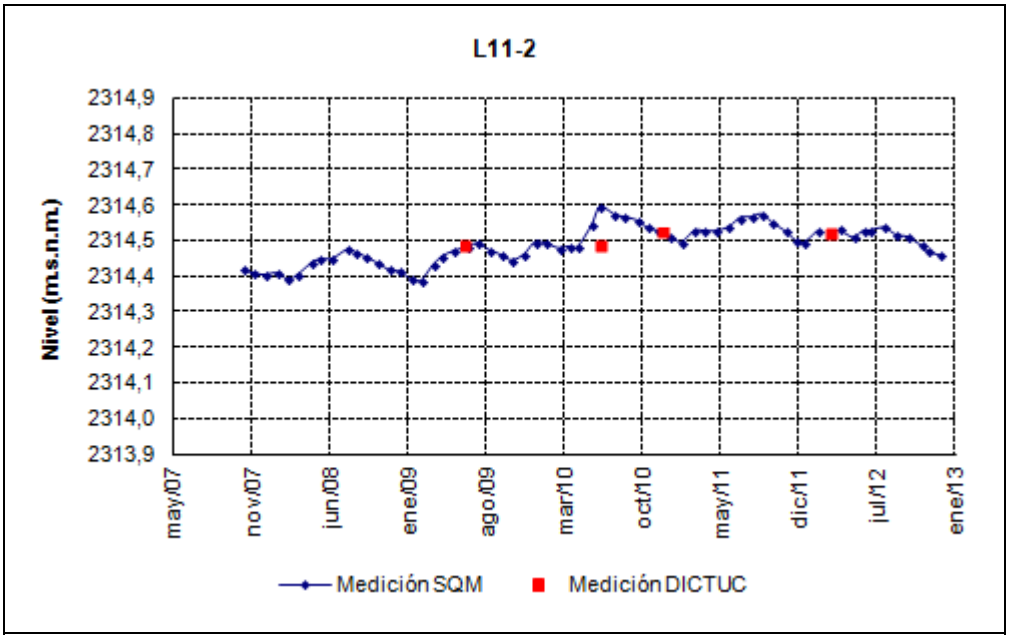


Figura 4.59. Nivel mensual observado en el pozo L11-2.

4.1.1.3 Reglillas

Desde la Figura 4.60 a la Figura 4.70 se presentan los niveles de agua superficial de la reglilla L1-G4 (ubicada al sur de la laguna Barros Negros), la reglilla L7-G1 (ubicada al oeste del canal Burro Muerto), la reglilla L7-G2 (ubicada al este de la laguna Puilar), la reglilla Puente San Luis (ubicada aguas arriba del puente homónimo) y la reglilla L11-G1 (que se ubica en el sector de las nacientes al norte del salar, que alimentan las lagunas de este sistema).

En el gráfico de la reglilla L1-G4 (Figura 4.60) se puede observar los datos históricos en color azul (L1-G4), y se presentan en color celeste (L1-G4 M.C.) los niveles manuales medidos cada vez que se descargan datos desde el transductor de presión y en color lila (L1-G4 C.) los niveles registrados por el instrumento. Dadas las características de este punto de monitoreo, se tuvo que construir manualmente una estructura que soportara el transductor de presión, la que consiste en un tubo de PVC ranurado en su parte inferior, y que en su interior aloja el transductor, éste fue cambiado con fecha 16-04-2012 por una falla ya que no se pudieron descargar los datos comprendidos entre el 20-03 y el 16-04 de 2012.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

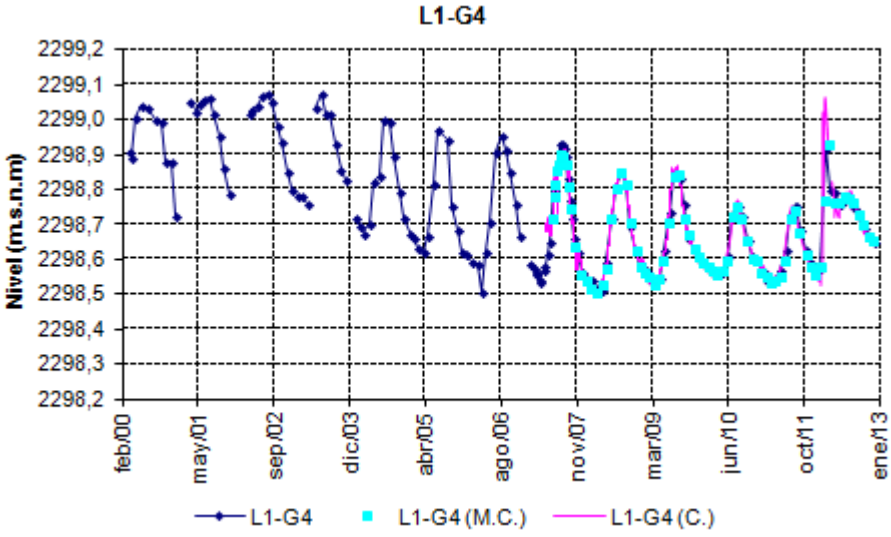


Figura 4.60. Nivel observado en la reglilla L1-G4. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua).

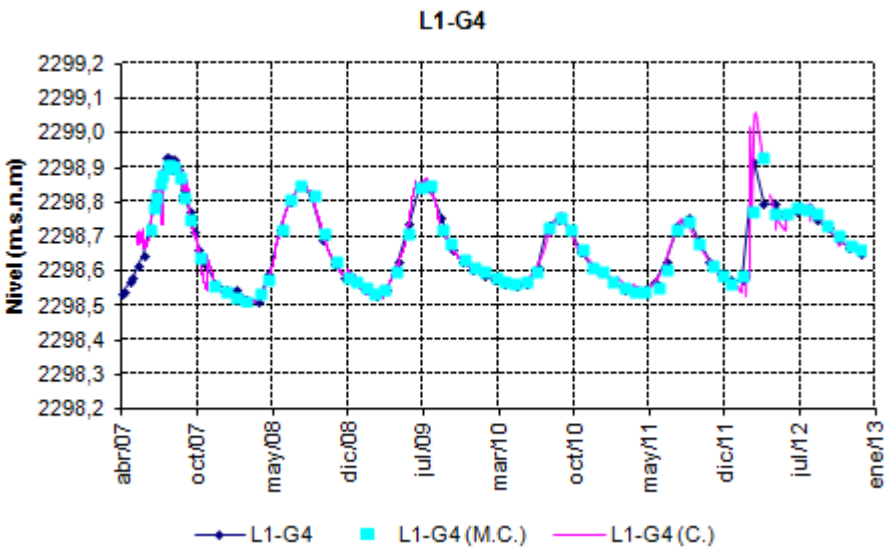


Figura 4.61. Nivel observado en la reglilla L1-G4 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celestes: medición manual en reglilla nueva con medición continua).

En la reglilla L7-G1 (Figura 4.62) se destaca el gran ascenso del nivel freático que alcanzó durante el invierno 2009, comportamiento que se ha repetido desde entonces a la fecha, volviendo de esta forma a presentarse las oscilaciones estacionales de principios de la década.

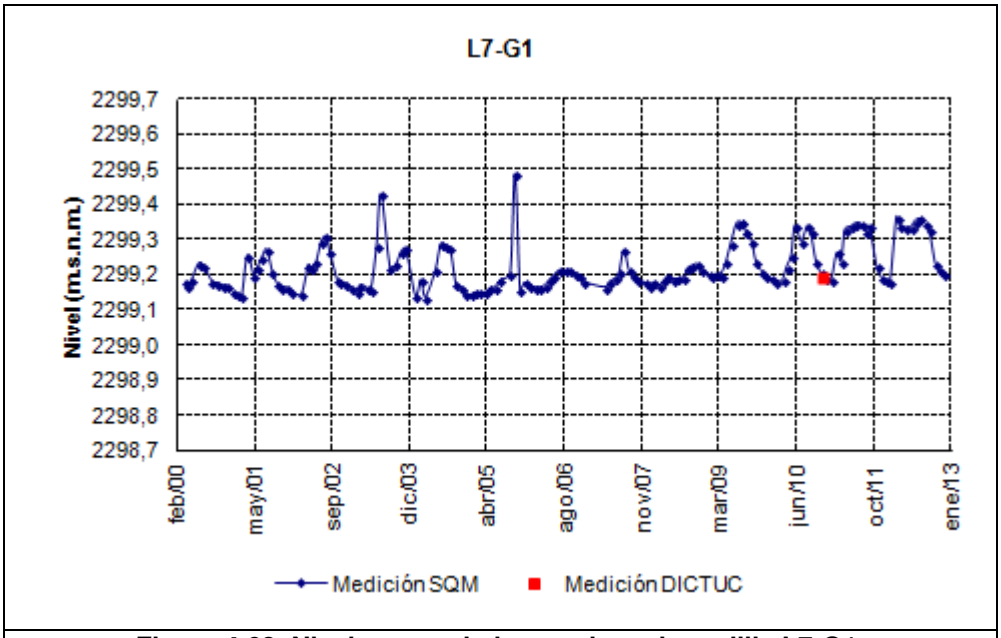


Figura 4.62. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G1.

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

En la Figura 4.64 se puede contrastar la continuidad de datos registrados en el transductor de presión, en color burdeos (L7-G2 C), con los datos históricos registrados manualmente, en color azul (L7-G2). En general, se puede observar que los niveles en esta reglilla han permanecido prácticamente constantes desde octubre de 2001.

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

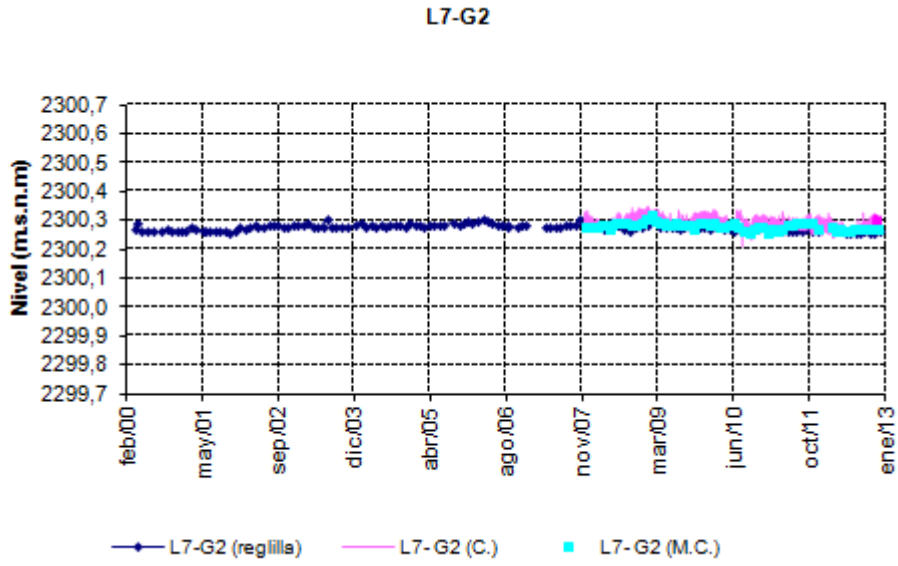


Figura 4.63. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2. (Línea magenta: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua).

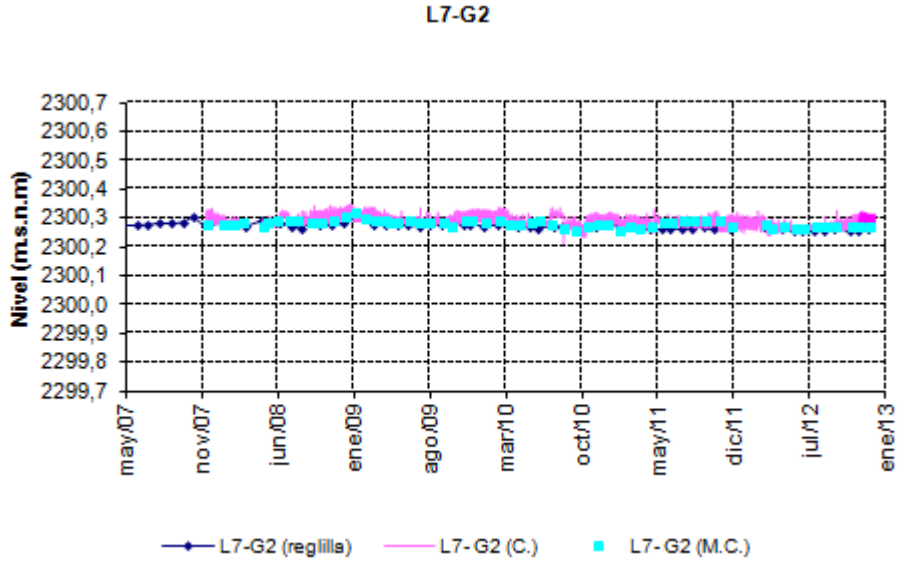


Figura 4.64. Nivel mensual observado en la reglilla L7-G2 desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea burdeos: medición continua; línea azul: medición manual en antigua reglilla; puntos celeste: medición manual en reglilla nueva con medición continua).

Para efectos de comparación y unificación de los registros de niveles medidos tanto por CONAF como por SQM (previo al inicio del proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación

Minera en el Salar de Atacama" y posterior al inicio del monitoreo de este proyecto), se procedió a georreferenciar todas las reglillas aledañas al puente San Luis (antiguas y nuevas), las cuales se aprecian en la Figura 4.65.

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 (limnímetro CONAF y reglilla CONAF).

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

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

Para apreciar de mejor manera los datos registrados en la reglilla Puente San Luis (aguas arriba del puente) se presentan dos gráficos, el primero (Figura 4.66) corresponde a la serie histórica, mientras que el segundo (Figura 4.67) corresponde a los datos registrados a partir de mayo de 2007, mes en el cual se inició el monitoreo de los pozos del PC.

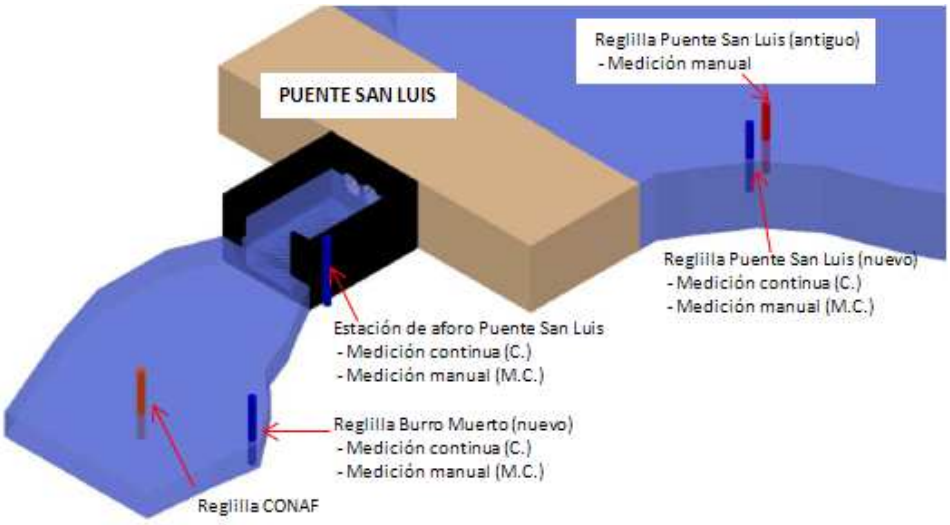


Figura 4.65. Representación gráfica de las reglillas instaladas en torno al puente San Luis.

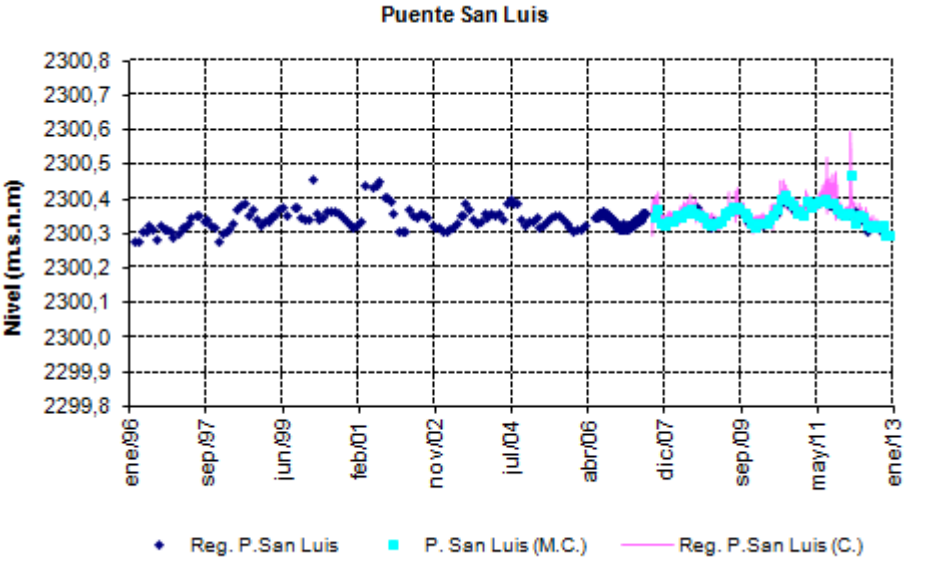


Figura 4.66. Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis ("C." medición continua, "M.C." medición manual).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

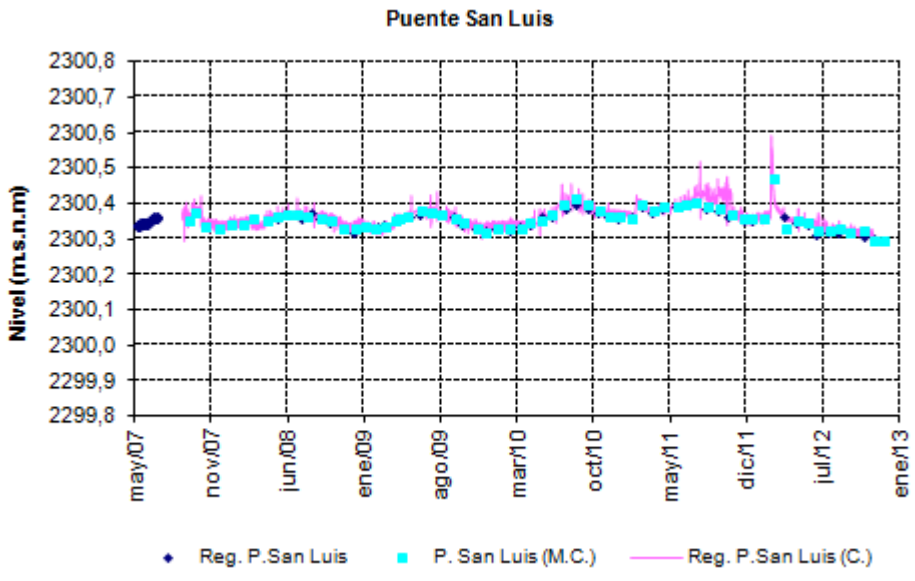


Figura 4.67. Nivel mensual observado en la reglilla Puente San Luis desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC ("C." medición continua, "M.C." medición manual).

De igual modo que para las reglillas anteriores, para apreciar de mejor manera los datos registrados en la reglilla Burro Muerto se construyeron dos gráficos, el primero (Figura 4.68) corresponde a la serie histórica, mientras que el segundo (Figura 4.69) corresponde a los datos registrados a partir de mayo de 2007, mes de inicio del monitoreo de los pozos del PC.

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

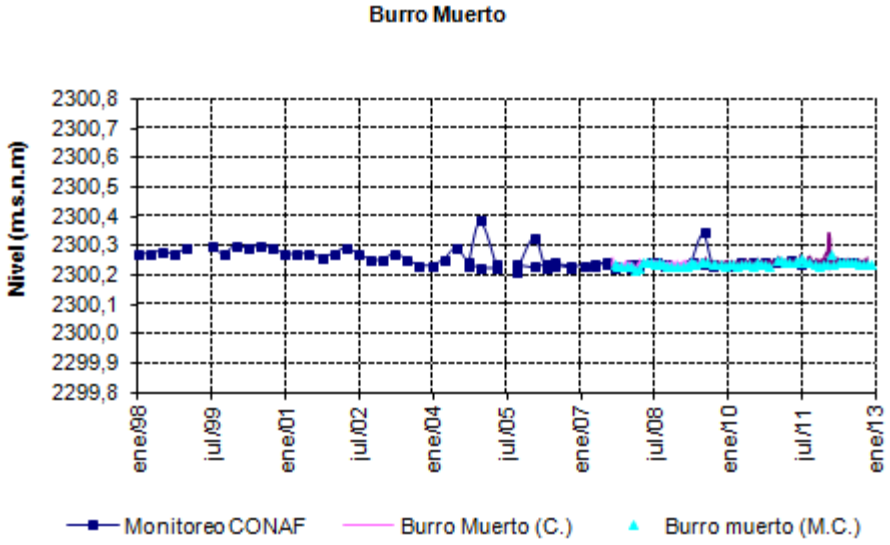


Figura 4.68. Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto "C." medición continua, "M.C." medición manual).

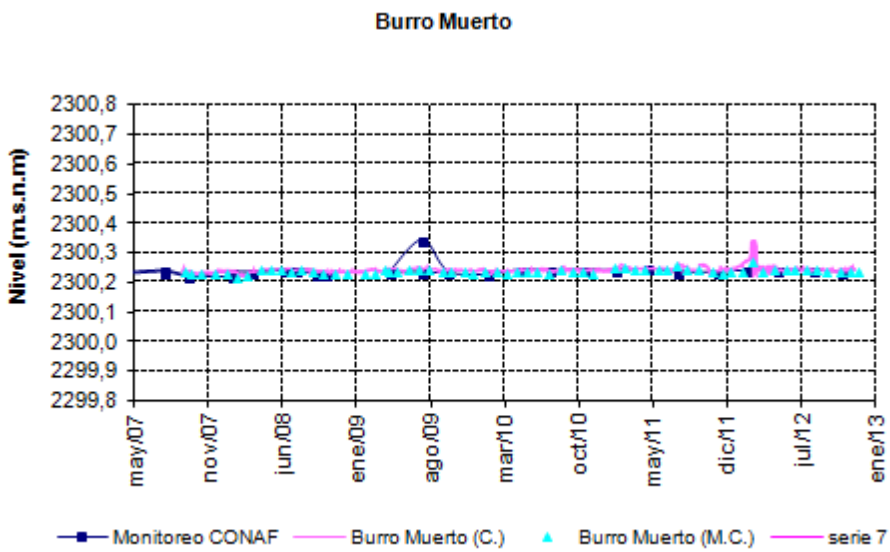


Figura 4.69. Nivel mensual observado en la reglilla Burro Muerto desde el 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. ("C." medición continua, "M.C." medición manual).

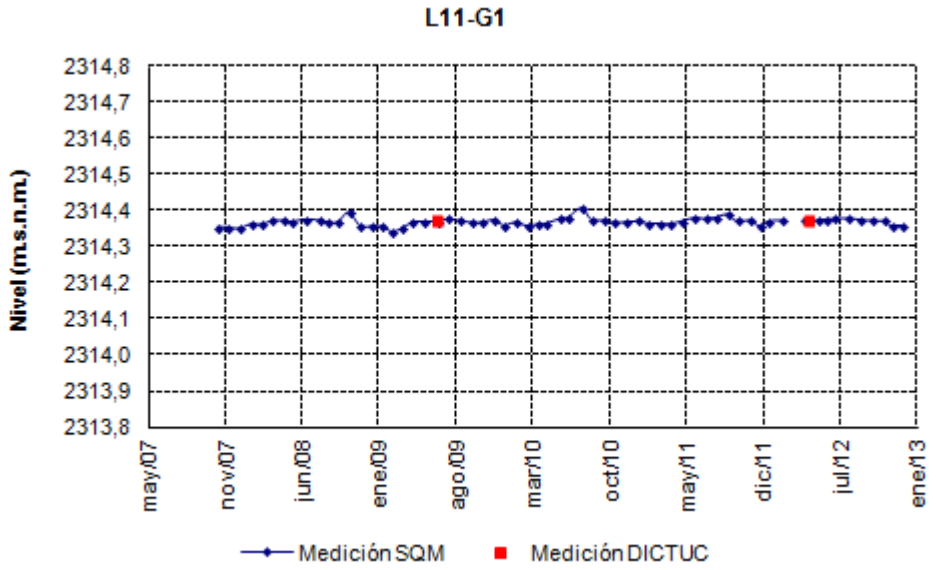


Figura 4.70. Nivel mensual observado en la reglilla L11-G1.

4.1.1.4 Pozos con medición continua de nivel

A continuación se muestran los niveles de todos los pozos 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.

En un comienzo la medición continua del nivel se midió semanalmente en forma manual, 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. En la actualidad, la medición manual se realiza mensualmente.

Los transductores de presión instalados en los pozos P1-6, L2-9, P2-2, P2-3 y L2-23, inicialmente presentaron problemas, observándose bruscas variaciones de nivel que no se condicen con el comportamiento hidrogeológico del sector, por lo que dichos equipos fueron 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 4.71 a la Figura 4.77 se presentan los niveles continuos medidos en el perfil D1, ubicado al suroeste de la laguna Barros Negros, ordenados de sur a norte desde el P1-1 al P1-7. En tanto, desde la Figura 4.78 a la Figura 4.85 se presentan los niveles continuos medidos en el perfil D2, ubicado al sur de la laguna Barros Negros, ordenados de sur a norte desde el L2-9 al L2-23. Finalmente, en la Figura 4.86 se aprecian los niveles del pozo 2021.

Se puede observar en la Figura 4.85 del pozo L2-23 un ascenso de nivel brusco, que se debe a las precipitaciones registradas en el salar durante febrero del 2011, lo que produce

un ingreso de agua dulce en el sector produciendo la disolución de la costra de la plataforma y por ende un cambio del punto de referencia. Asimismo las precipitaciones ocurridas durante la primera quincena de febrero de 2012 generaron un notorio aumento en los niveles de todos los pozos con medición continua en este sector.

No se cuenta con registro de medición manual del mes de enero de 2012 del pozo L2-23 debido a la prohibición de ingreso por nidificación de flamencos.

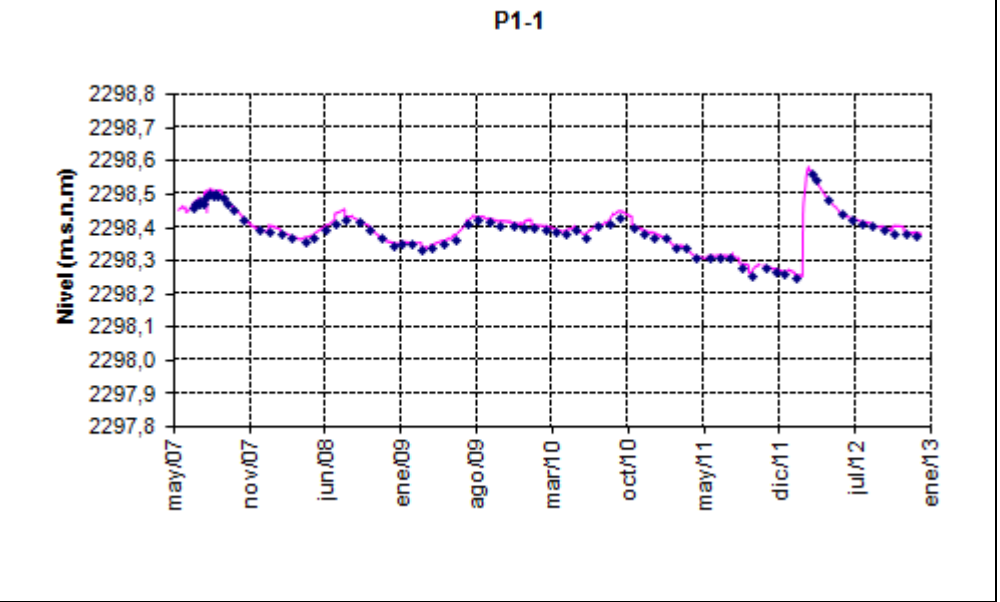


Figura 4.71. Nivel observado en el pozo P1-1, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

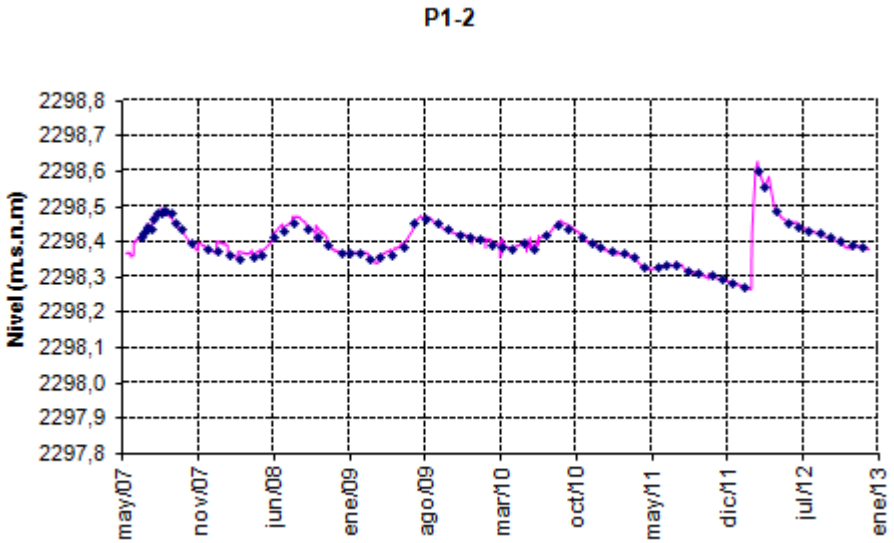


Figura 4.72. Nivel observado en el pozo P1-2, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

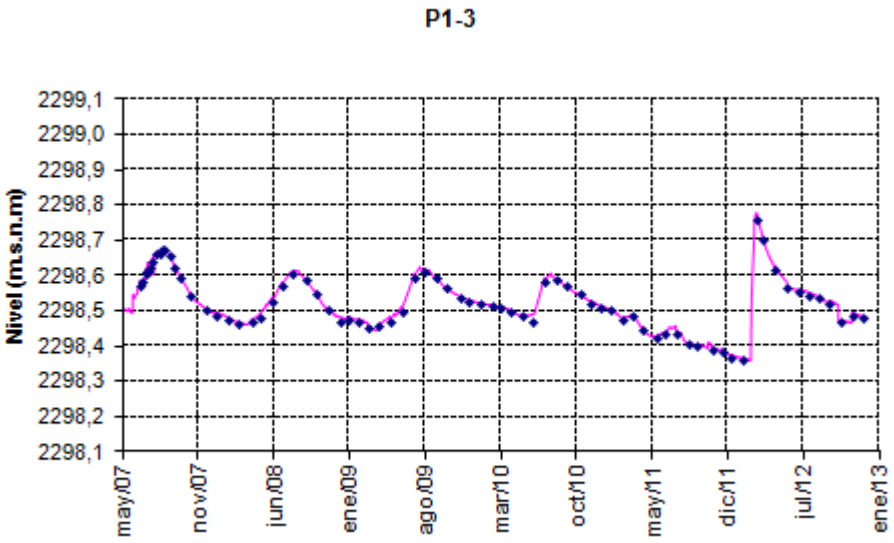


Figura 4.73. Nivel observado en el pozo P1-3, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

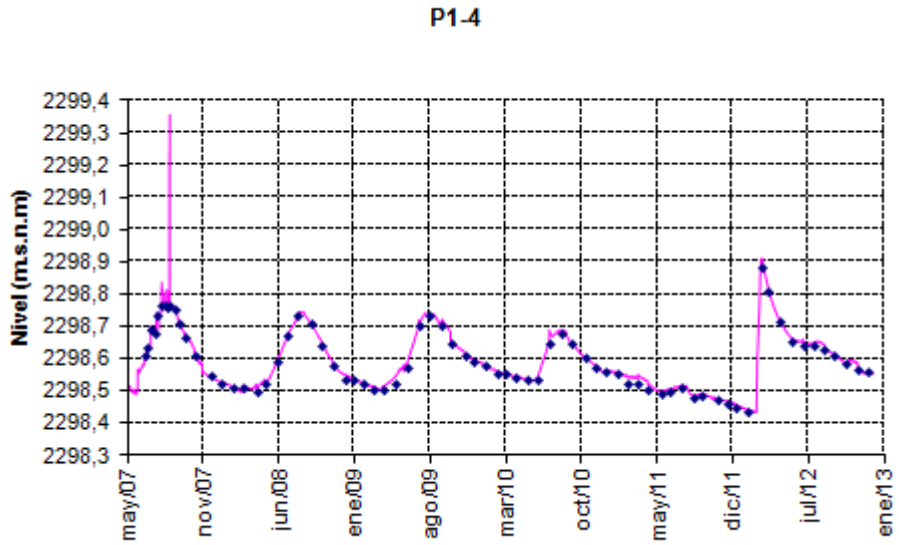


Figura 4.74. Nivel observado en el pozo P1-4, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

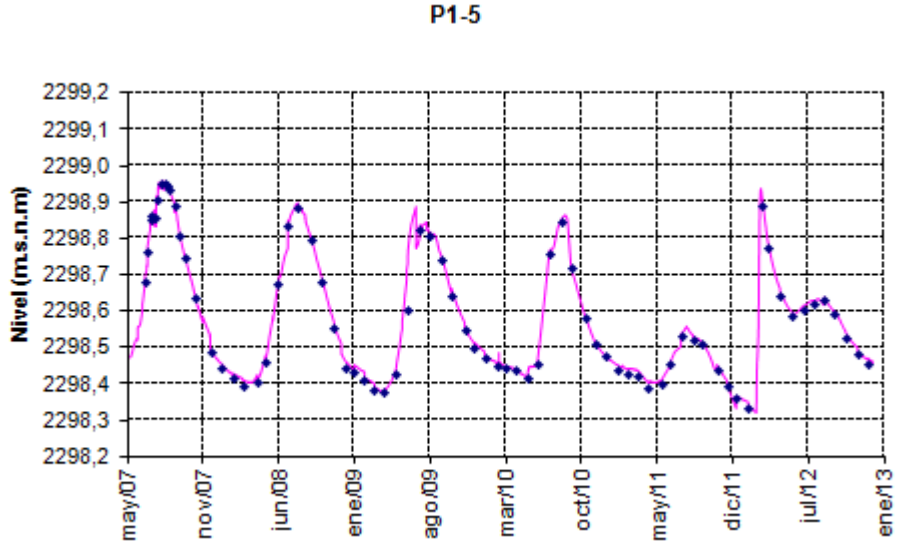


Figura 4.75. Nivel observado en el pozo P1-5, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

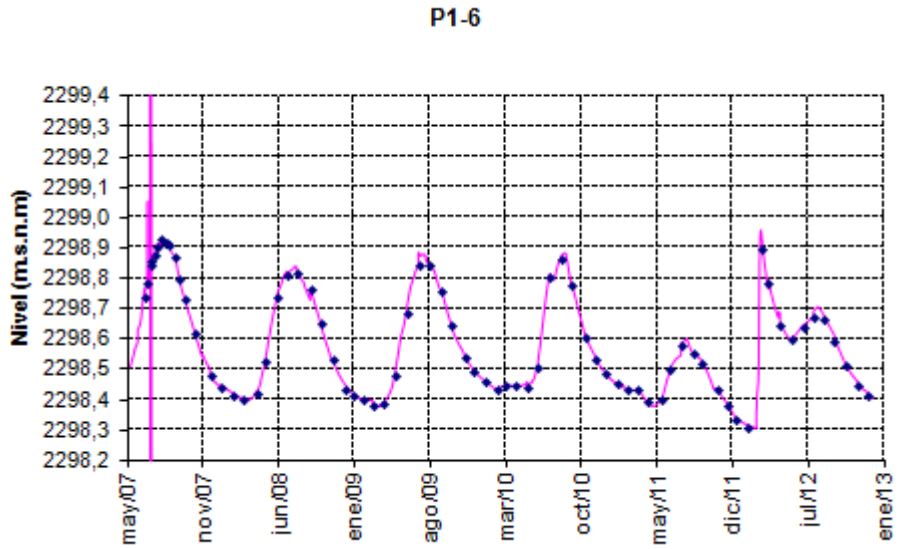


Figura 4.76. Nivel observado en el pozo P1-6, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

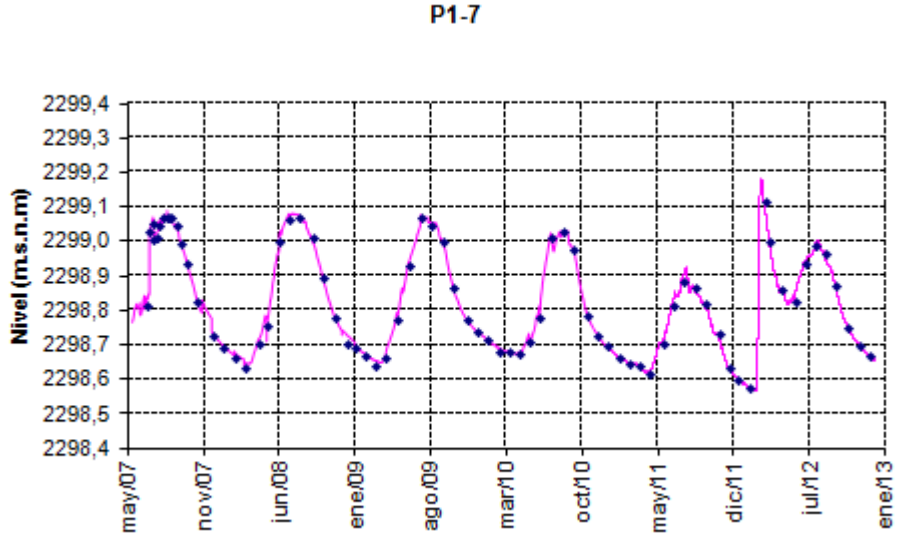


Figura 4.77. Nivel observado en el pozo P1-7, perfil D1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

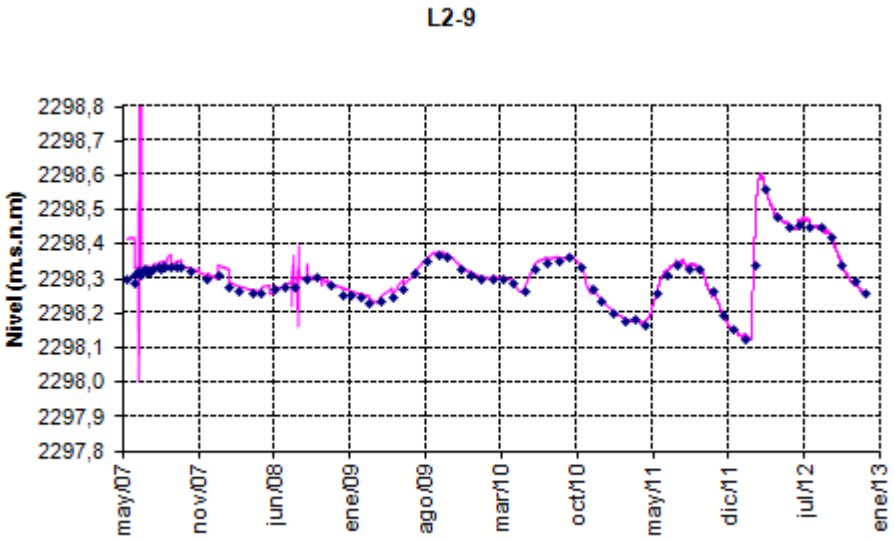


Figura 4.78. Nivel observado en el pozo L2-9, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

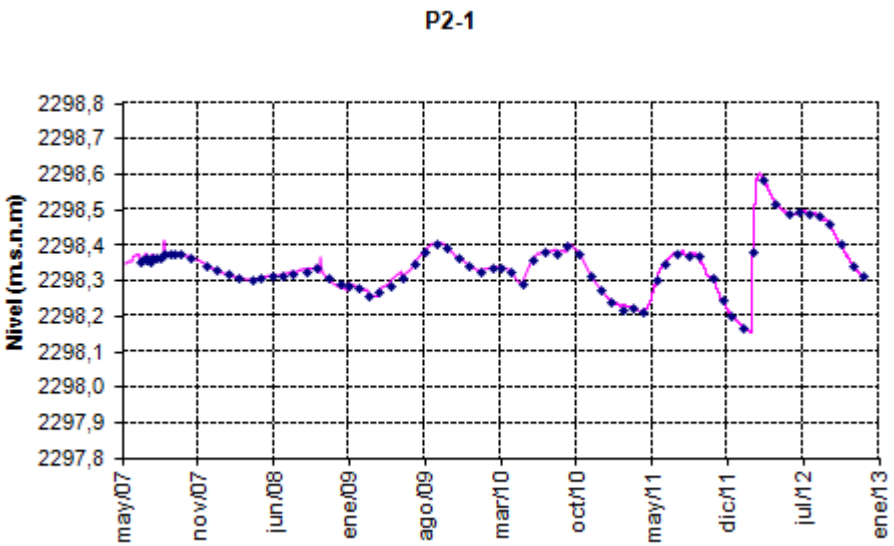


Figura 4.79. Nivel observado en el pozo P2-1, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

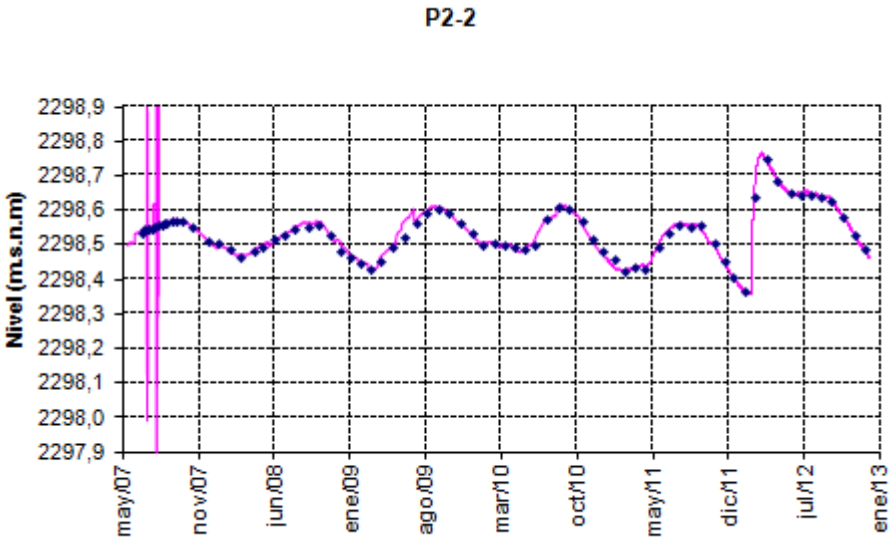


Figura 4.80. Nivel observado en el pozo P2-2, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

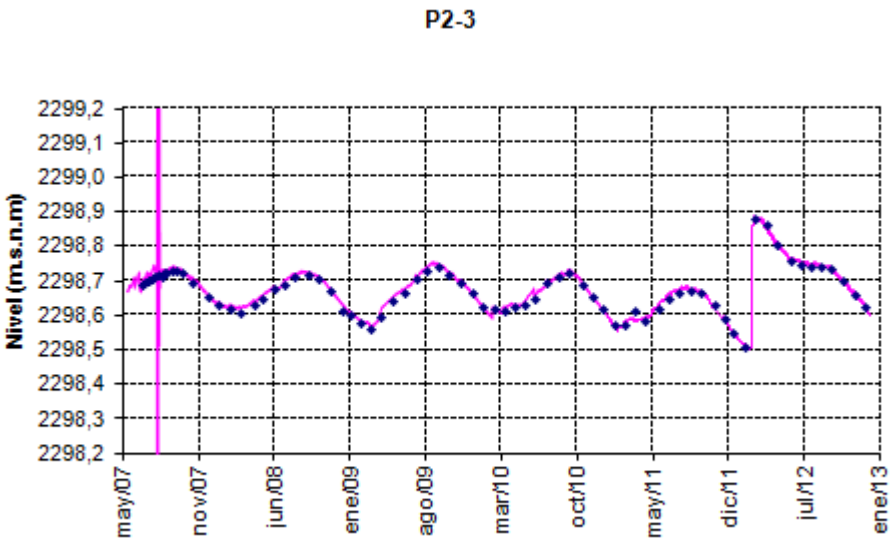


Figura 4.81. Nivel observado en el pozo P2-3, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

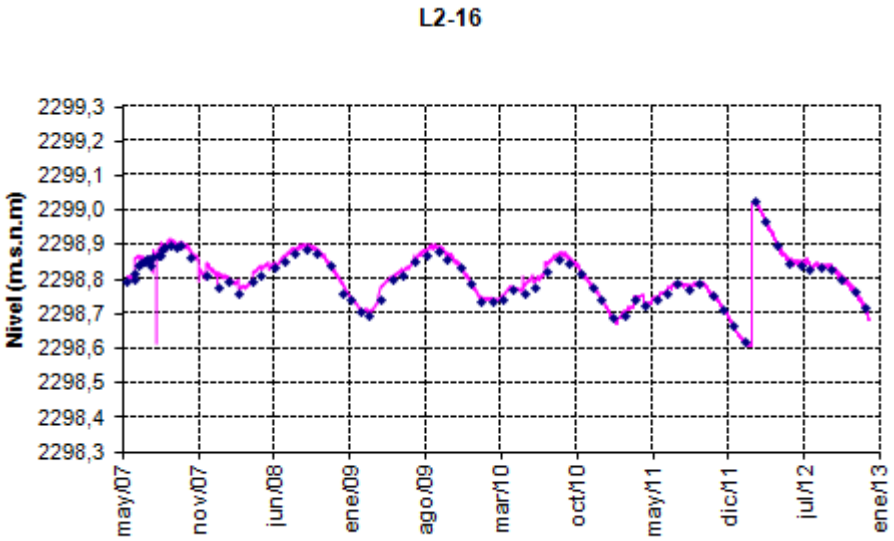


Figura 4.82. Nivel observado en el pozo L2-16, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

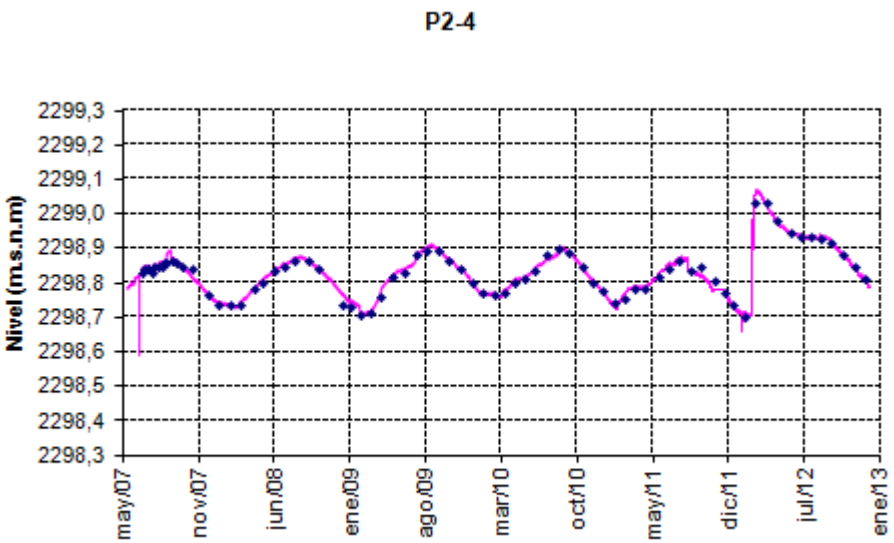


Figura 4.83. Nivel observado en el pozo P2-4, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

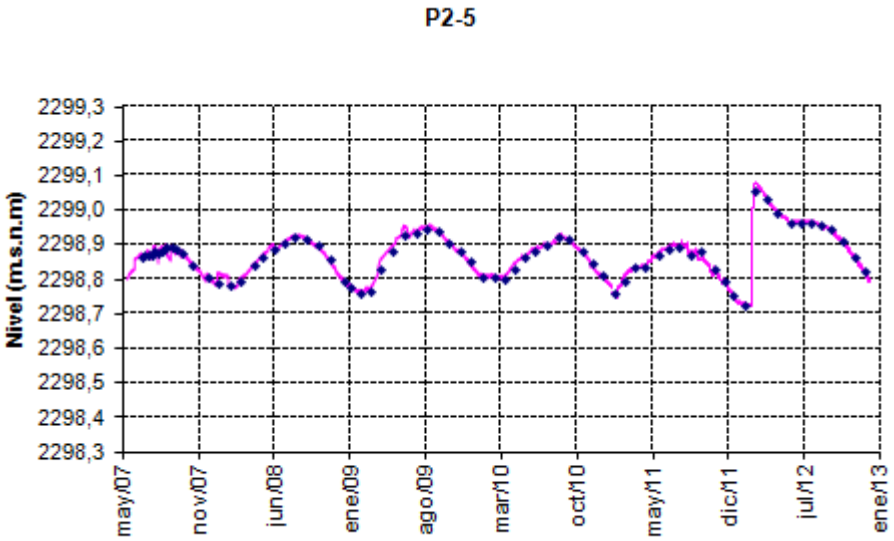


Figura 4.84. Nivel observado en el pozo P2-5, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

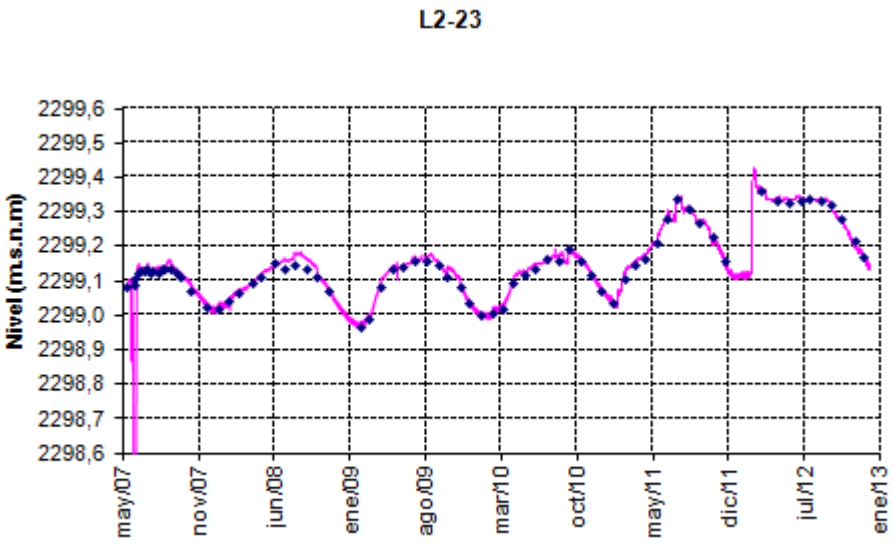


Figura 4.85. Nivel observado en el pozo L2-23, perfil D2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

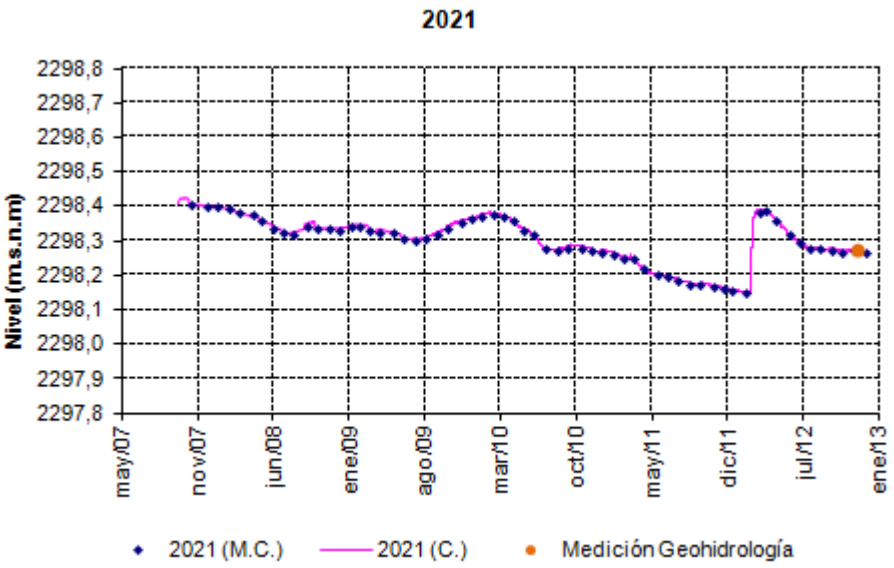


Figura 4.86. Nivel mensual observado en el pozo 2021 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

4.1.1.5 Pozos de salmuera

Al observar la curva histórica de nivel en los gráficos de los pozos de salmuera se observan incrementos marcados en el nivel a principios de 2001, 2002 y 2012, los que se asocian al mayor ingreso de recarga asociado a precipitaciones que ocurrieron durante el invierno altiplánico en esas fechas, en particular para el 2012 ocurridas durante febrero. Estos aumentos marcados son seguidos por periodos en que se observa un descenso gradual histórico que se mantiene en el tiempo en los que se pueden ver aumentos y descensos en el nivel asociados al efecto combinado de la estacionalidad de la evaporación, al volumen de bombeo desde la zona de producción más cercana a estos pozos como por ejemplo el aumento observado en 2009 y 2010 asociado a la disminución en el volumen bombeado, y/o a la variación en la recarga asociada a las precipitaciones que ocurren cada año. Es importante mencionar que a diferencia de lo ocurrido en 2001 y 2002, en el último periodo los niveles han presentado una tendencia a la estabilización encontrándose por sobre las mediciones registradas en enero de 2012.

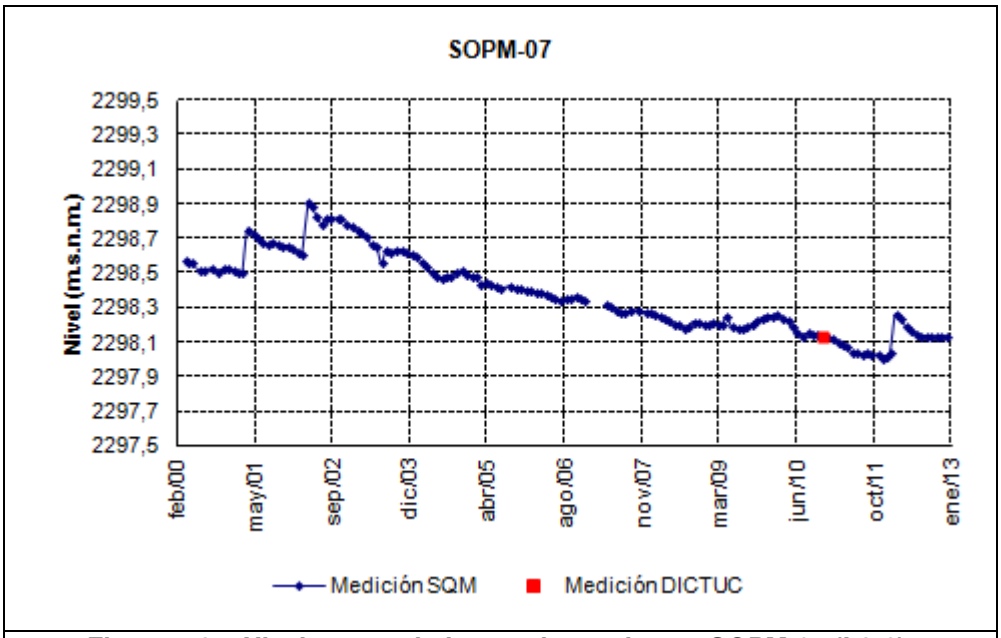


Figura 4.87. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-07 (L2-6).

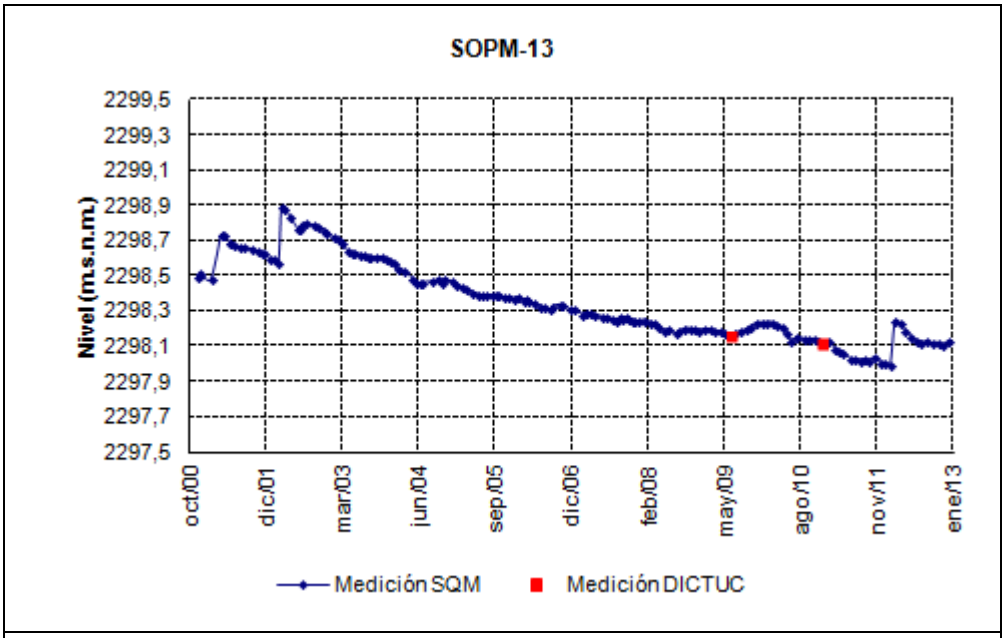


Figura 4.88. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-13.

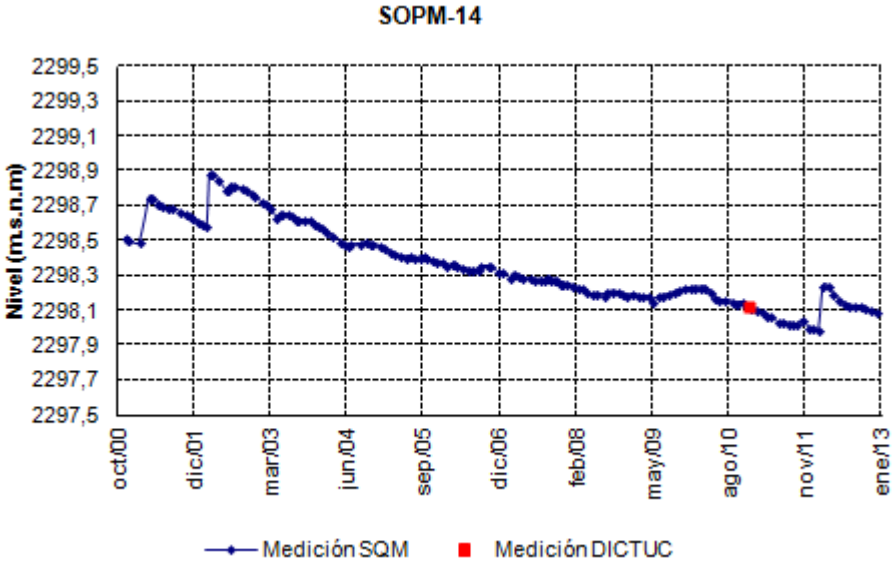


Figura 4.89. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-14.

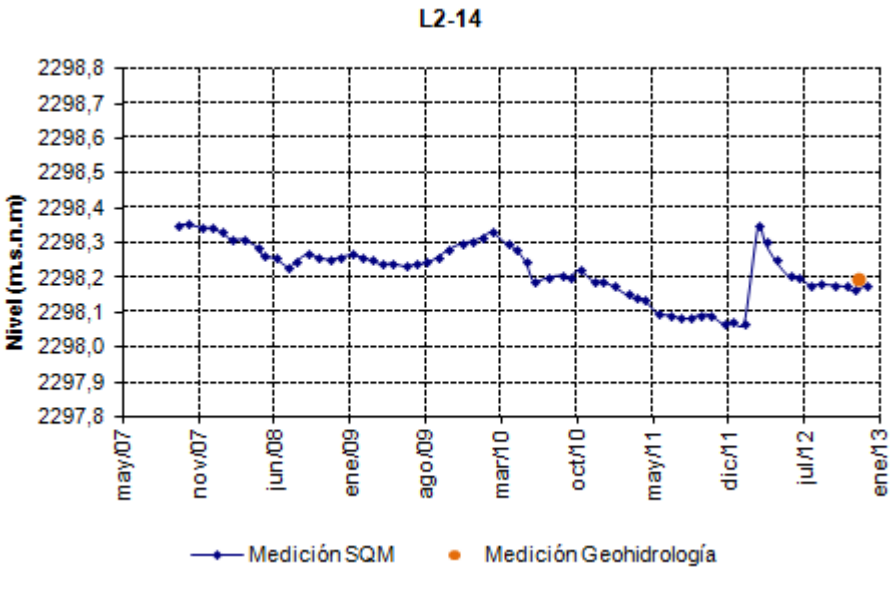


Figura 4.90. Nivel mensual observado en el pozo L2-14.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

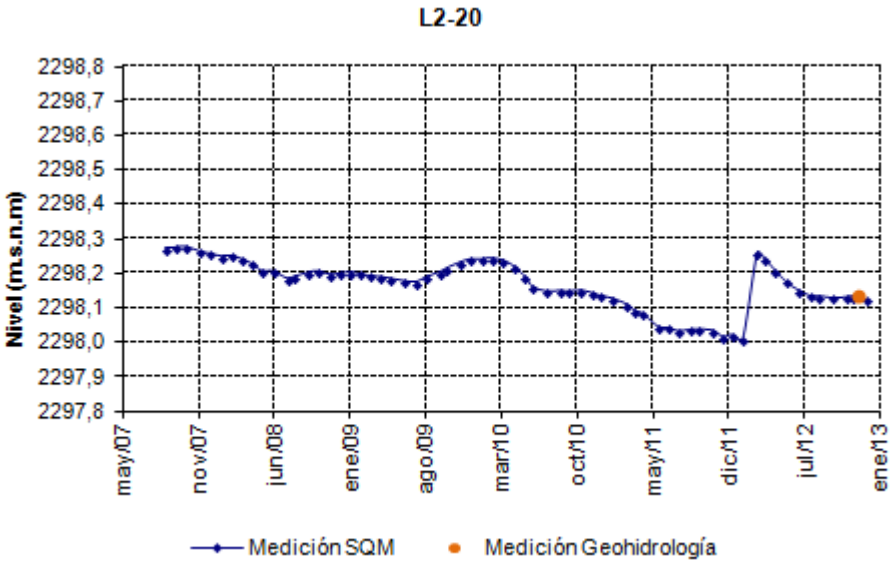


Figura 4.91. Nivel mensual observado en el pozo L2-20.

4.1.1.6 Nivel lacustre

A continuación se presentan los niveles continuos medidos en las lagunas del sistema Soncor, Barros Negros, Chaxa y 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 continúas en las reglillas de SQM.
- mediciones manuales en las reglillas de SQM.
- mediciones manuales en las reglillas de CONAF.

Como se indicó anteriormente, se unificó las mediciones realizadas por CONAF tanto de la reglilla como del limnímetro, de manera que de ahora en adelante se llamará simplemente "Monitoreo CONAF", entendiéndose que este monitoreo corresponde a la reglilla metálica.

Los gráficos que se presentan a continuación muestran niveles estables a través del tiempo, con una leve tendencia al alza en la laguna Barros Negros hasta diciembre del 2010. A partir de esa fecha, se observa un ascenso brusco de nivel, el cual se asocia a las precipitaciones que se produjeron en la cuenca del salar de Atacama durante febrero de 2011 y que se repitieron durante el mismo mes en 2012.

La medición manual de la reglilla Barros Negros no se pudo realizar durante los meses de noviembre y diciembre de 2011 y enero de 2012 debido a restricciones de acceso producto de nidificación de flamencos en el sector de monitoreo. De la misma manera, en la reglilla Puilar no se realizó la medición para el mes de diciembre de 2011 y enero 2012 por el mismo motivo, así como también en la reglilla Chaxa para enero de 2012.

Por otro lado, en los gráficos presentados en el informe 10, algunas mediciones realizadas por SQM y CONAF no eran concordantes, debido al cambio de referencia de algunas de las reglillas, por lo que se realizó una medición de los puntos de referencia, y en los casos que fue necesario se corrigieron las mediciones. Se midió la cota de la reglilla Barros Negros ya que presentaba una desviación respecto de la medida de nivel señalada por el piezómetro Barros Negros, la cota medida fue 2.300,166 msnm.

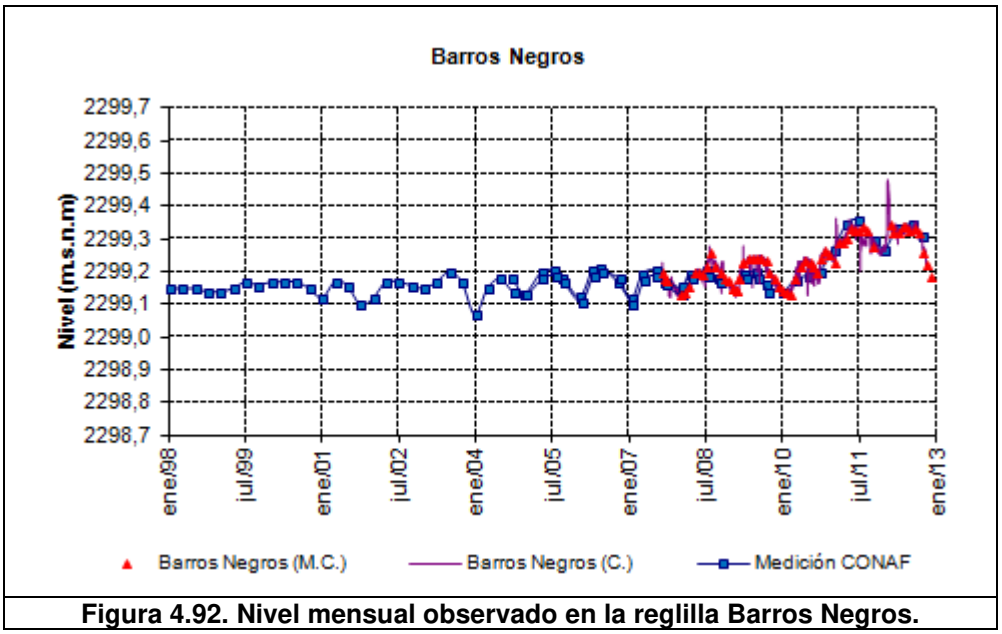


Figura 4.92. Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros.

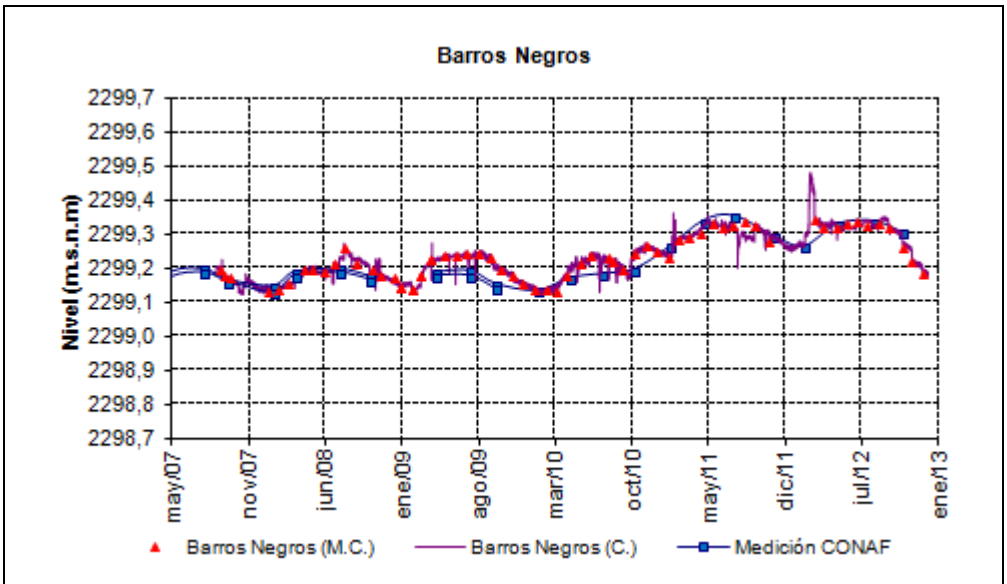


Figura 4.93. Nivel mensual observado en la reglilla Barros Negros desde el 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).

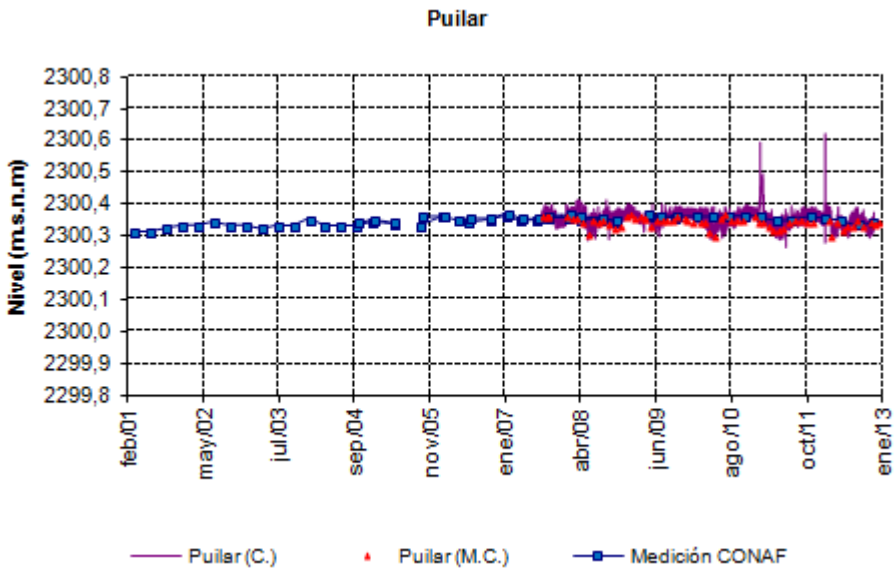


Figura 4.94. Nivel mensual observado en la reglilla Puilar.

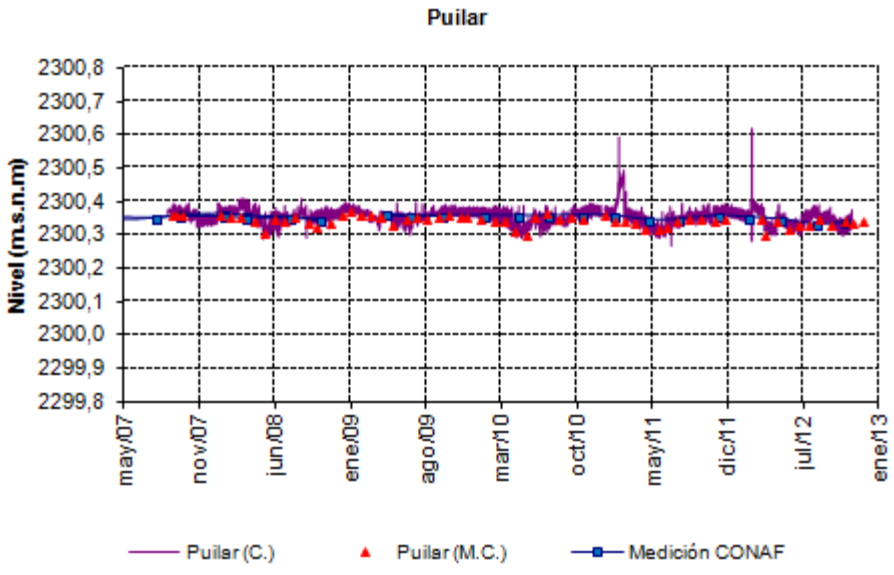


Figura 4.95. Nivel mensual observado en la reglilla Puilar desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

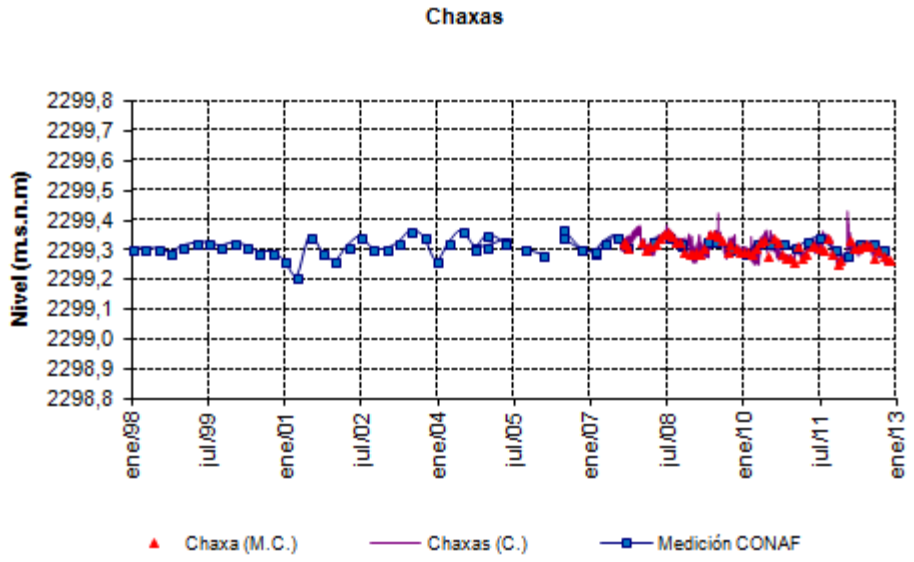


Figura 4.96. Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas.

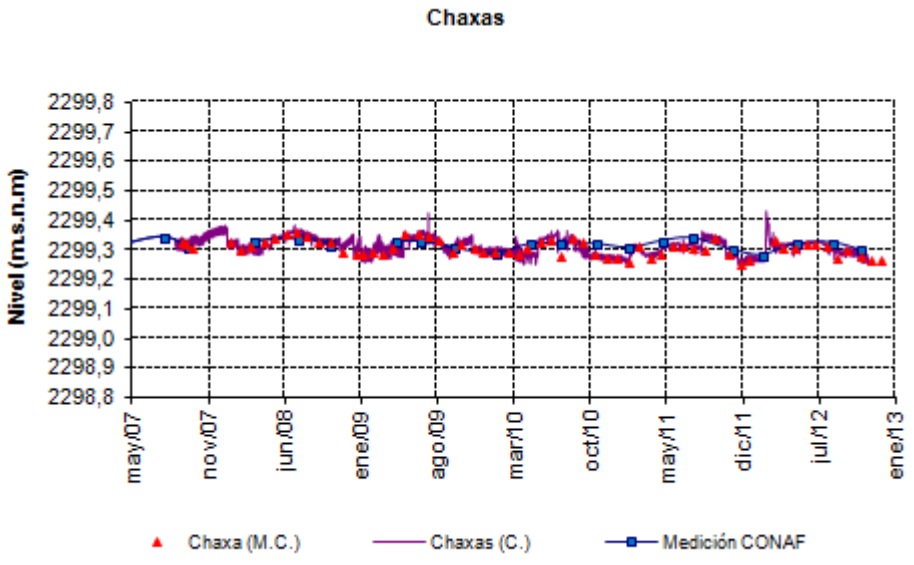


Figura 4.97. Nivel mensual observado en la reglilla Chaxas desde 13 de mayo de 2007 (fecha de inicio de medición de pozos del PC).

4.1.2 Meteorología

Desde la Figura 4.98 a la Figura 4.101 se presentan las variables registradas por la estación meteorológica Chaxa que forman parte del PSAH. Como se aprecia en la Figura 4.98, desde enero de 2005 no se habían registrado precipitaciones que sobrepasaran los 5 mm. Sin

embargo, durante el mes de Febrero de 2011 se registraron tres eventos de precipitación, los días 2, 4 y 11, con precipitaciones de 9,4; 1,27 y 1,27 mm respectivamente. El efecto de esta precipitación, se puede observar en todas las reglillas y en los pozos cercanos a las superficies lacustres. Durante el verano de 2012, se registraron precipitaciones entre los días 8 y 15 de febrero de 2012 que acumulan 46,9 mm. Durante ese periodo se registraron dos días con las mayores precipitaciones de 27,9 y 10,9 mm los días 10 y 11 de febrero de 2012 respectivamente, generando un aumento en los niveles de pozos y reglillas. Es importante mencionar que las precipitaciones en el salar son muy locales por lo que es factible que las precipitaciones cerca de las lagunas pudieron ser mayores o bien menores de lo que se registró en la estación meteorológica Chaxa. La Figura 4.99 muestra la evolución histórica de la evaporación potencial corregida de acuerdo a lo indicado anteriormente. Producto de las lluvias mencionadas anteriormente (verano 2012) se cortó el camino hacia la estación meteorológica Chaxa, el cual si bien fue arreglado, volvió a cortarse lo que ha dificultado el llenado correcto del plan de evaporación provocando el vacío que se observa en la Figura 4.99 desde mediados de mayo hasta diciembre de 2012.

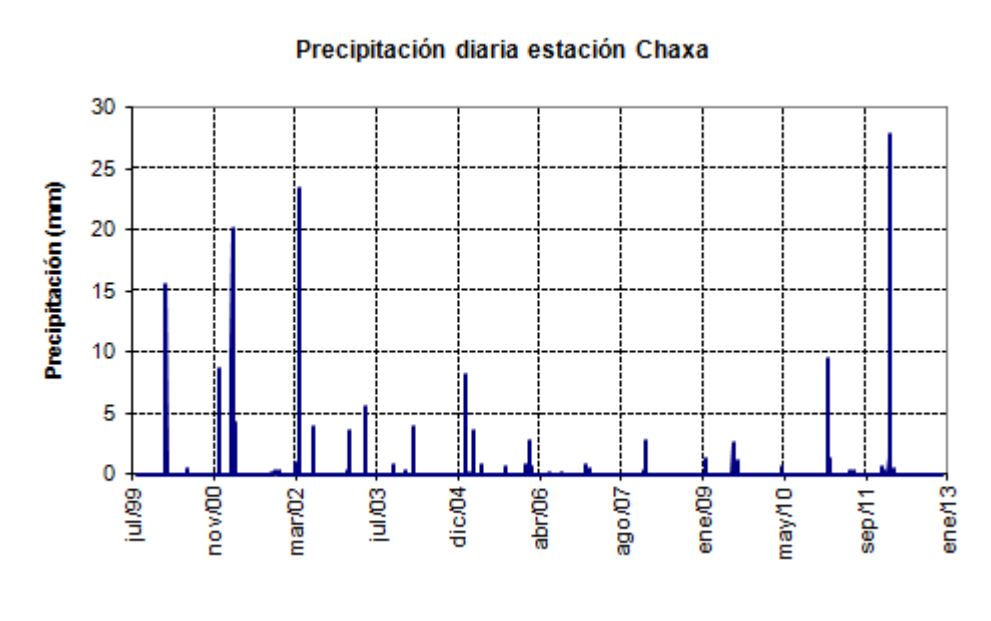


Figura 4.98. Precipitación diaria registrada en la estación Chaxa.

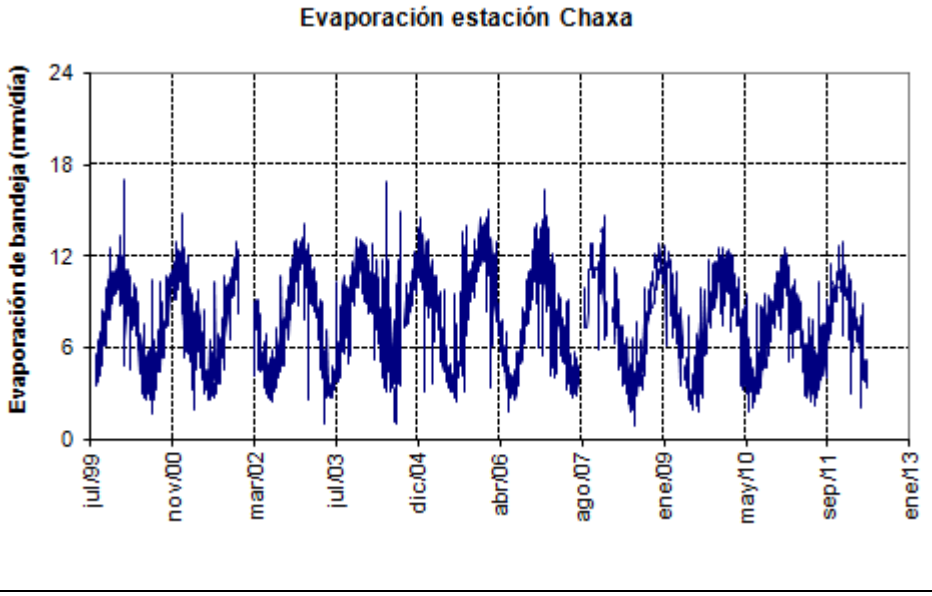


Figura 4.99. Evaporación diaria registrada en la estación Chaxa.

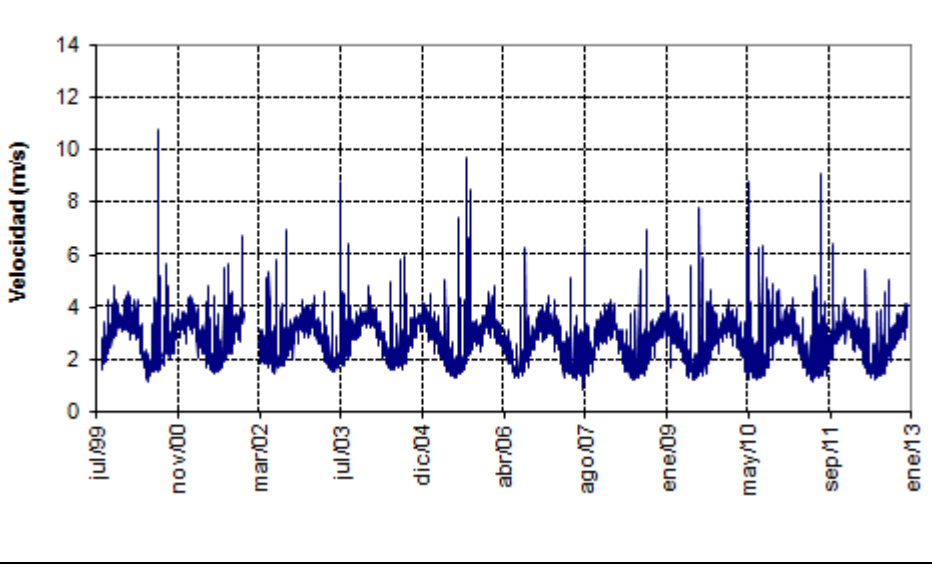


Figura 4.100. Velocidad del viento diaria registrada en la estación Chaxa.

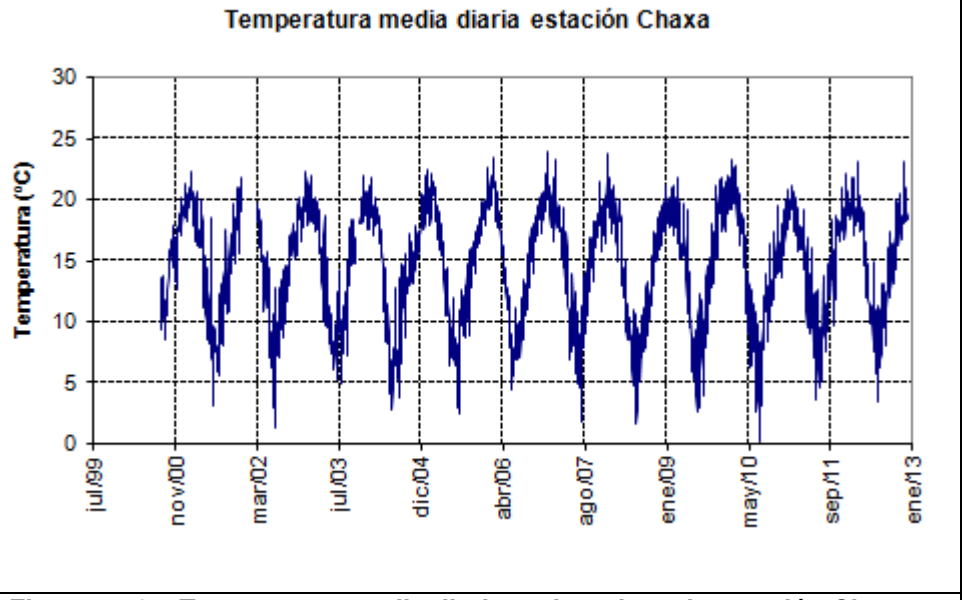
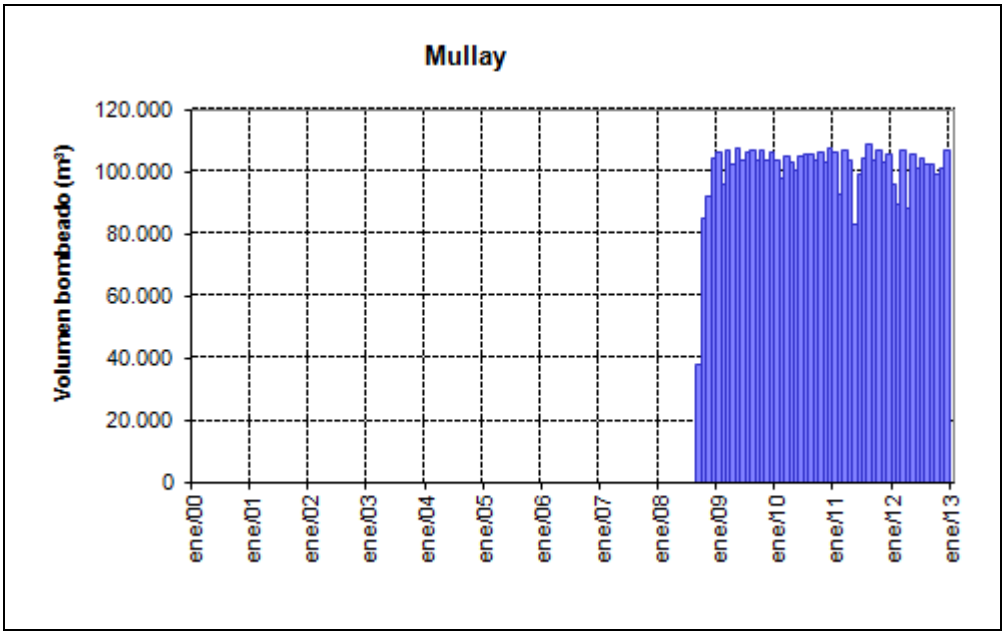


Figura 4.101. Temperatura media diaria registrada en la estación Chaxa.

4.1.3 Volumen bombeado

Los pozos de bombeo de agua industrial ubicados frente al sistema Soncor (Mullay 1 y Allana) iniciaron sus operaciones el día 15 de septiembre de 2008. En la Figura 4.102 y Figura 4.103 se muestran los volúmenes bombeados de los pozos Mullay 1 y Allana respectivamente. Ambos pozos han bombeado caudales iguales o menores a los derechos otorgados (40 l/s en cada uno) desde el inicio de la operación.



Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

Figura 4.102. Volumen mensual bombeado desde el pozo Mullay.

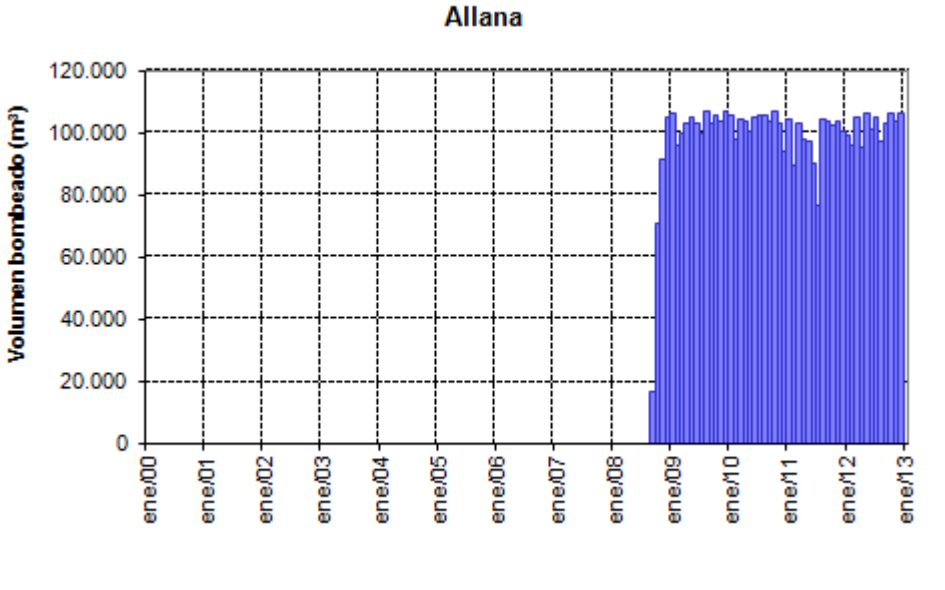


Figura 4.103. Volumen mensual bombeado desde el pozo Allana.

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-07, SOPM-14, Mullay 1 y Allana. Si bien los pozos L2-4 y L7-3 son parte del monitoreo de la calidad del agua tanto para el sistema Soncor como para el sector Vegetación Borde Este, los resultados serán presentados sólo en esta sección. Desde la Figura 4.104 a Figura 4.118 se presentan los datos recogidos en terreno y los resultados de los análisis químicos realizados por el laboratorio ALS Environmental para cada uno de los pozos previamente señalados. En el Anexo A.3 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. En estas muestras se midieron coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, hidrocarburos totales y detergentes en ambas lagunas. Los resultados entregados por ALS Environmental se presentan de la Figura 4.119 a la Figura 4.120. En el Anexo A.3 se presentan los informes de los análisis químicos de estas muestras reportados por ALS Environmental.

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

CONAF, como parte del convenio de monitoreo que posee actualmente con SQM, mide sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza total, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, arsénico, nitrato, fosfato, pH, temperatura y oxígeno disuelto en los cuatro cuerpos de agua del Sistema Soncor, las mediciones se realizan en forma trimestral. Los resultados de estos análisis se presentan de la Figura 4.121 a la Figura 4.128

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

4.1.4.1 Muestreo de aguas realizado por SQM

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

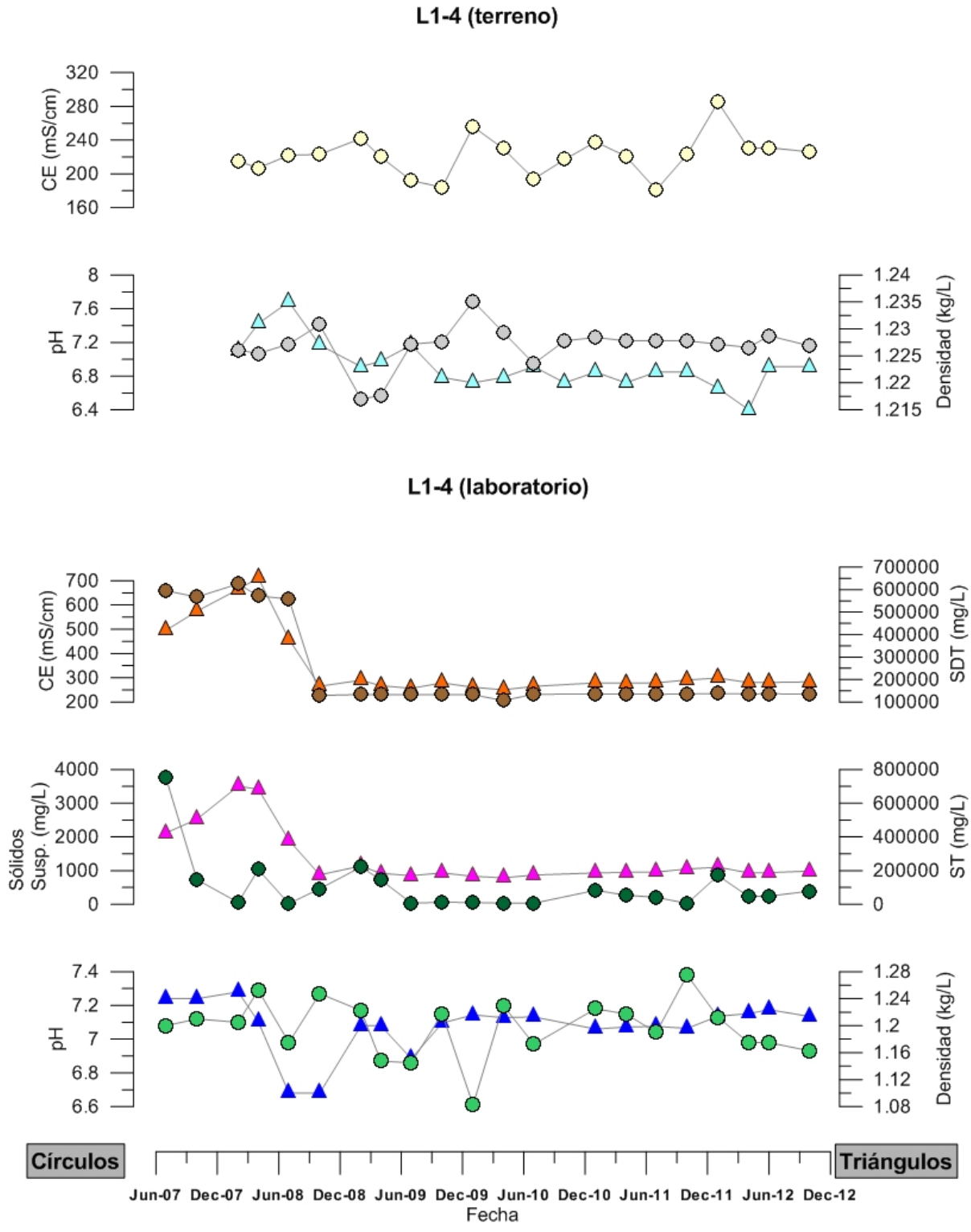


Figura 4.104. Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-4

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

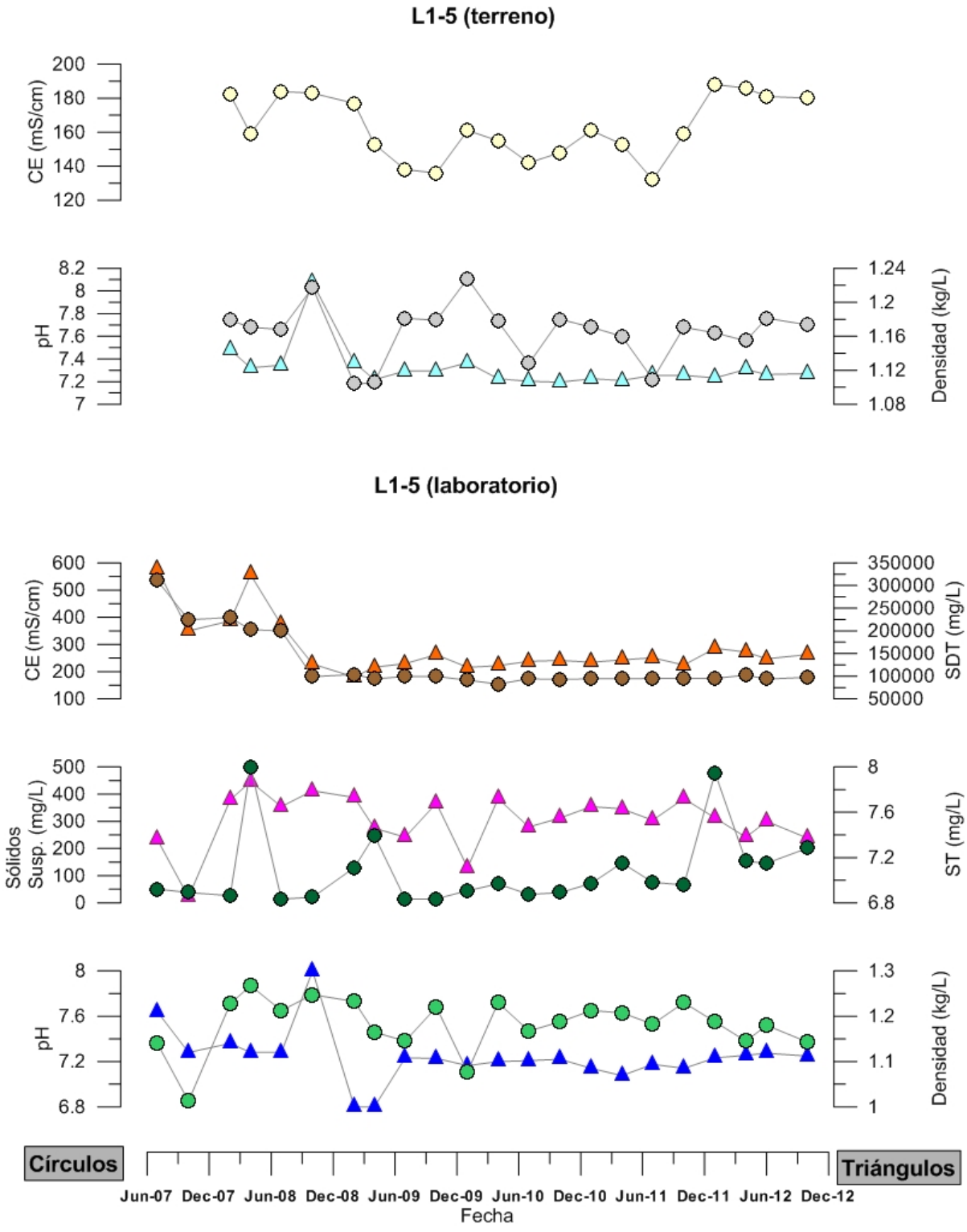


Figura 4.105. Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-5

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

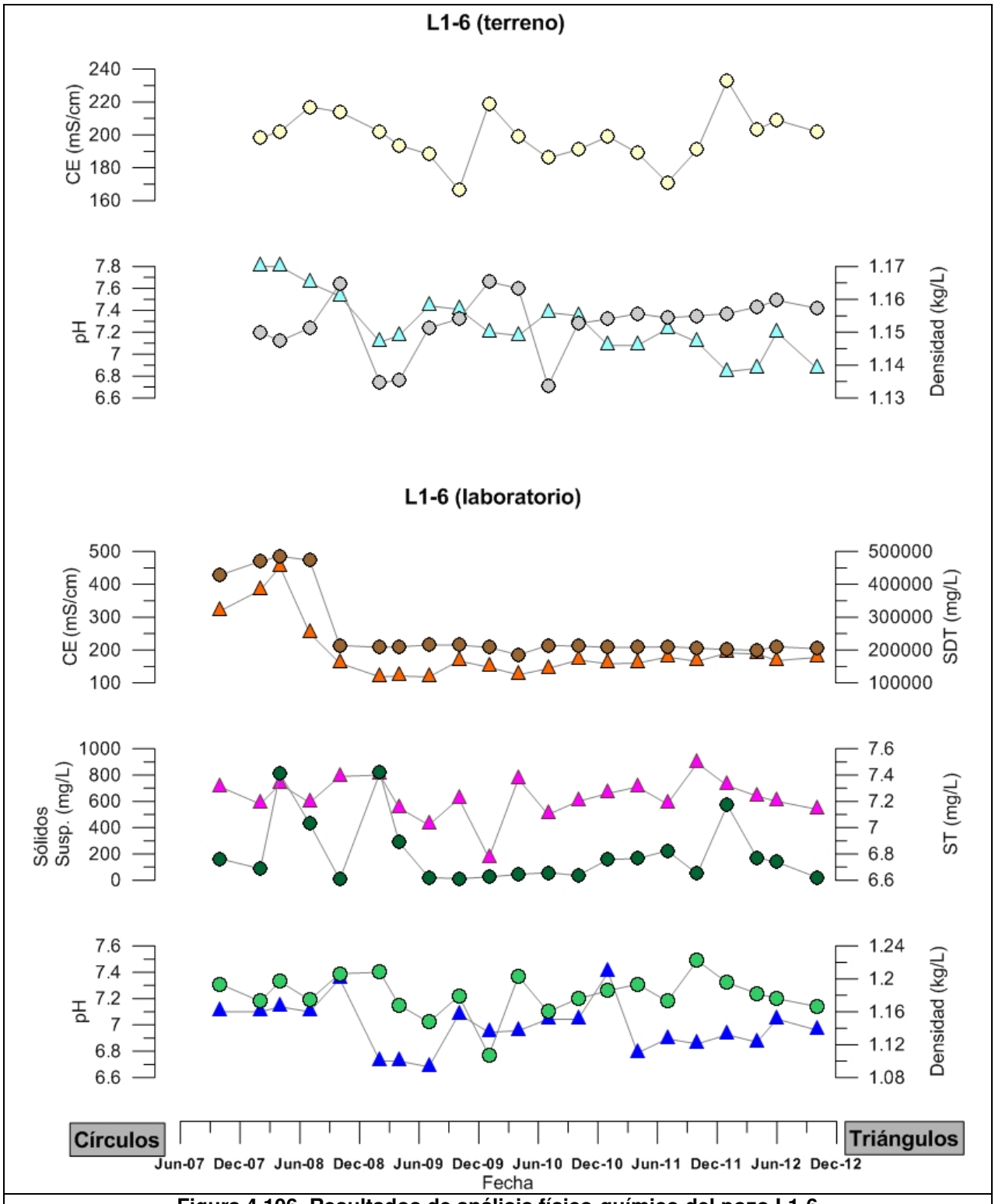


Figura 4.106. Resultados de análisis físico-químico del pozo L1-6

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

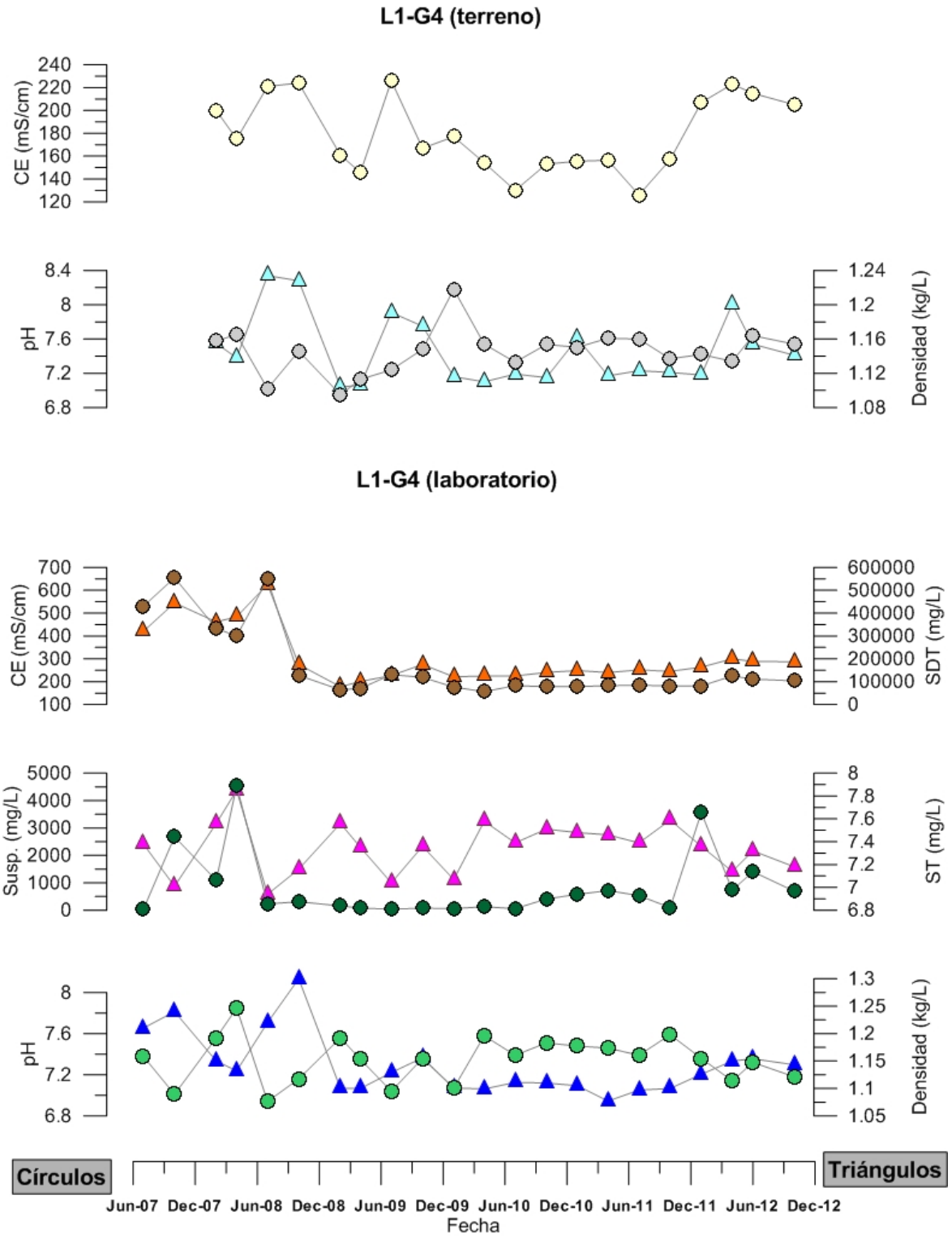


Figura 4.107. Resultados de análisis físico-químico reglilla L1-G4

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

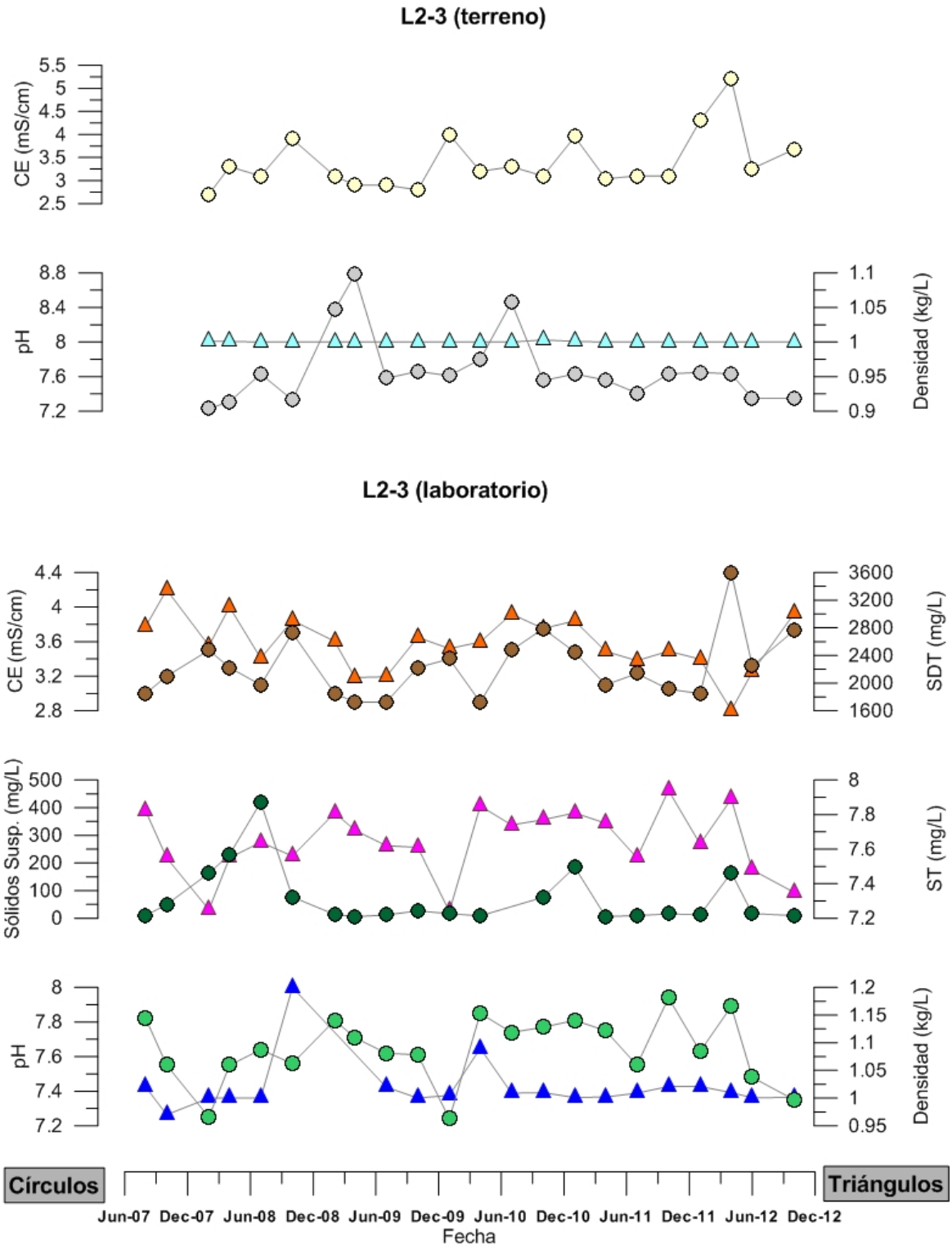


Figura 4.108. Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-3

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

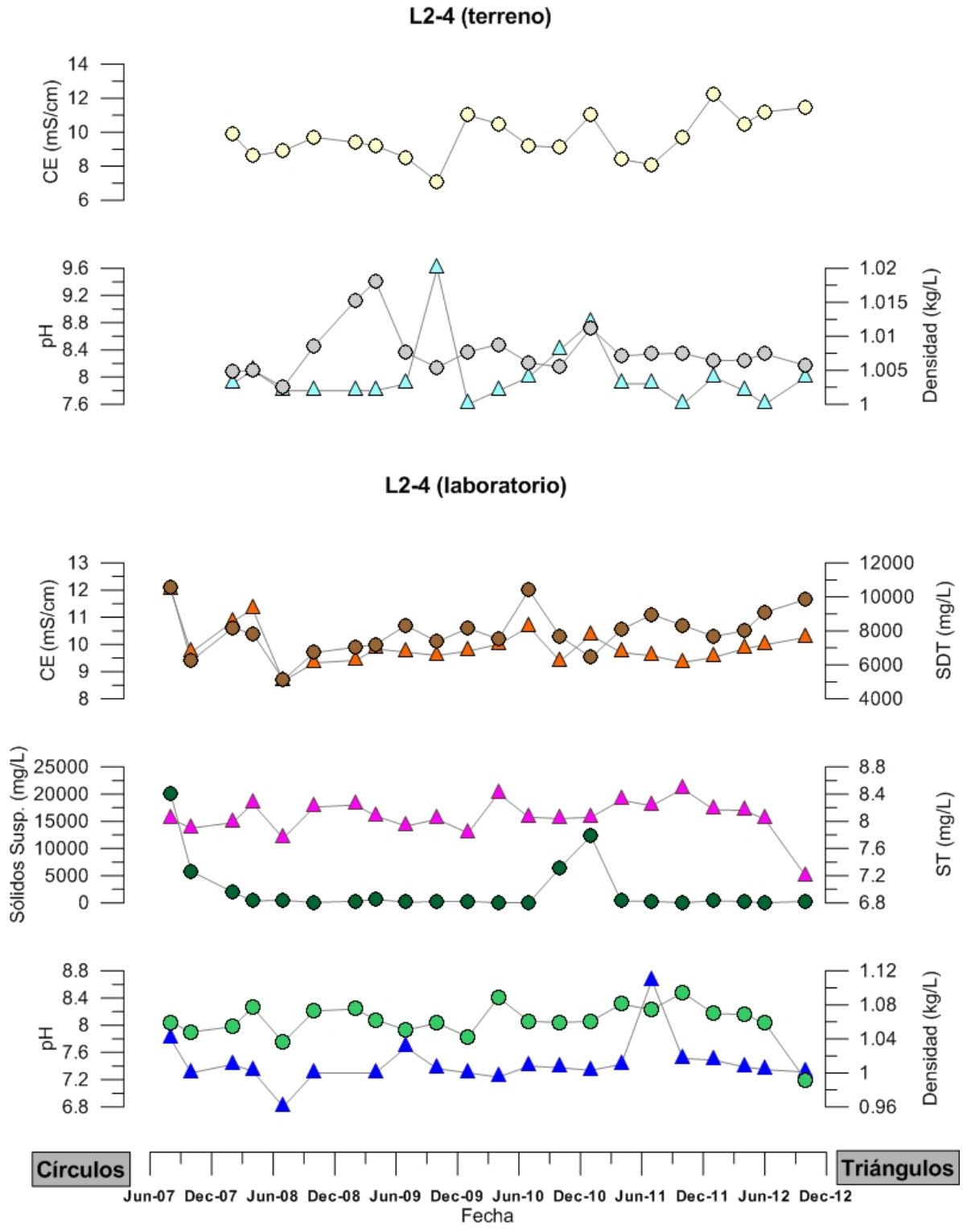


Figura 4.109. Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-4

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

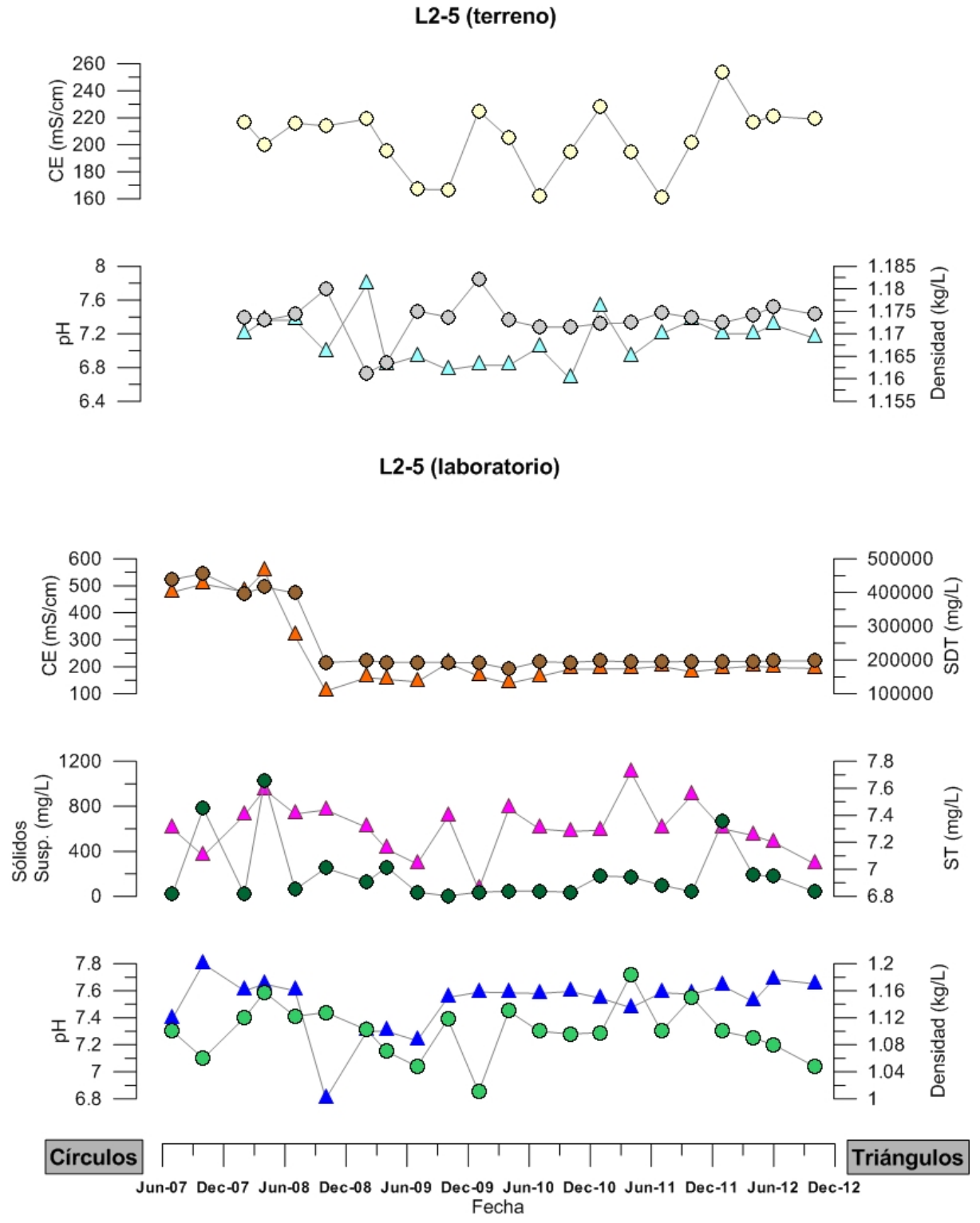


Figura 4.110. Resultados de análisis físico-químico del pozo L2-5

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

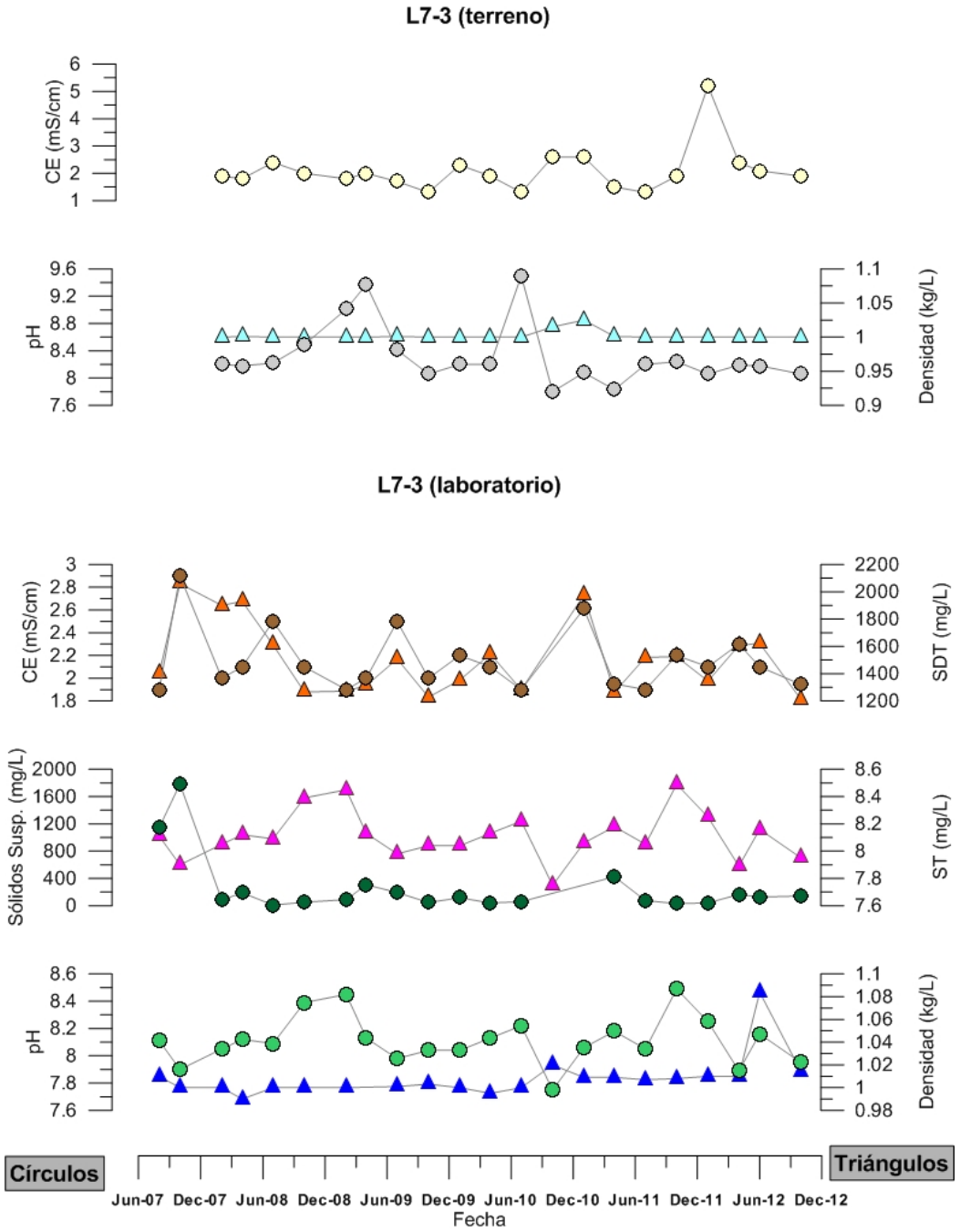


Figura 4.111. Resultados de análisis físico-químico del pozo L7-3[2]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

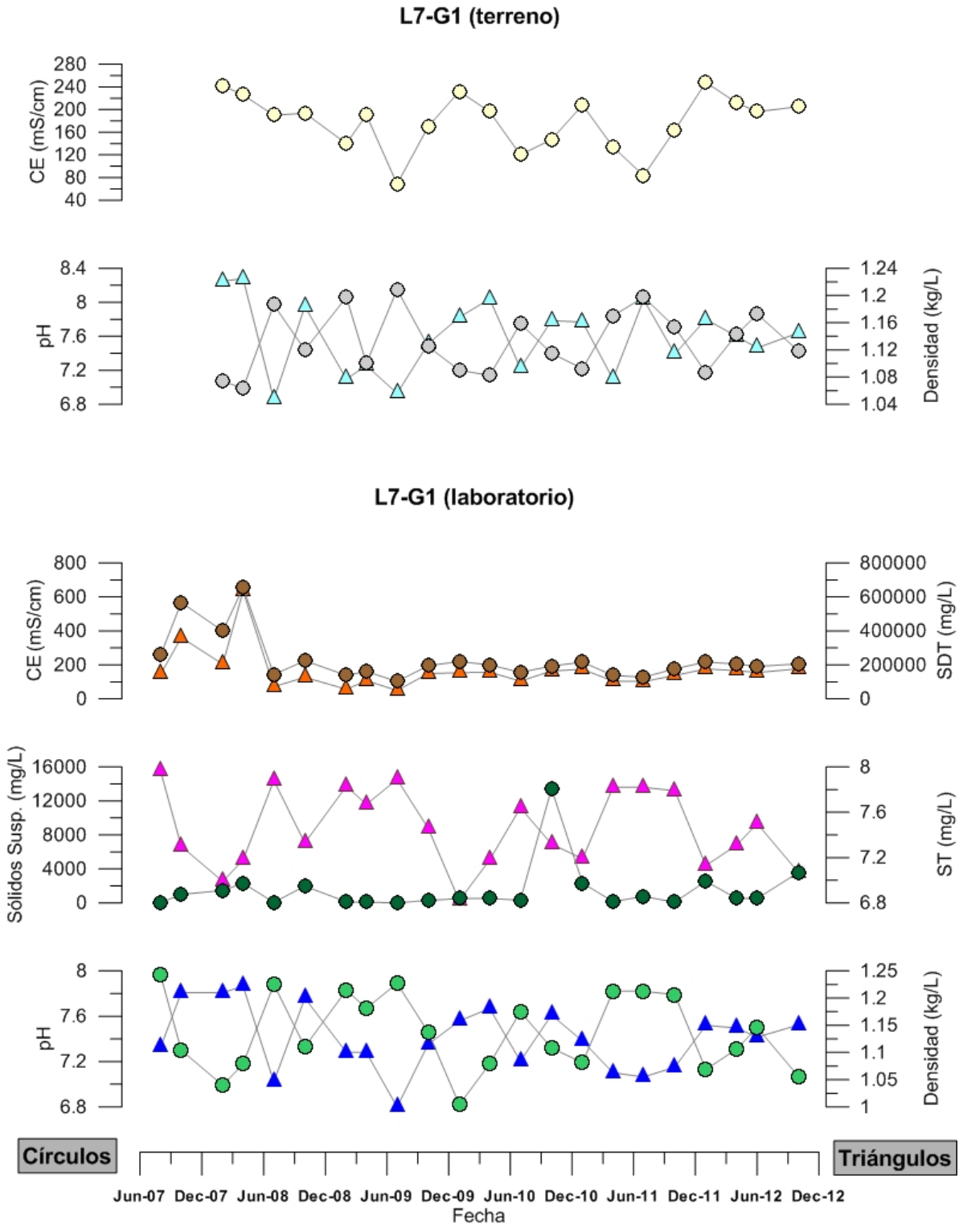


Figura 4.112. Resultados de análisis físico-químico reglilla L7-G1

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

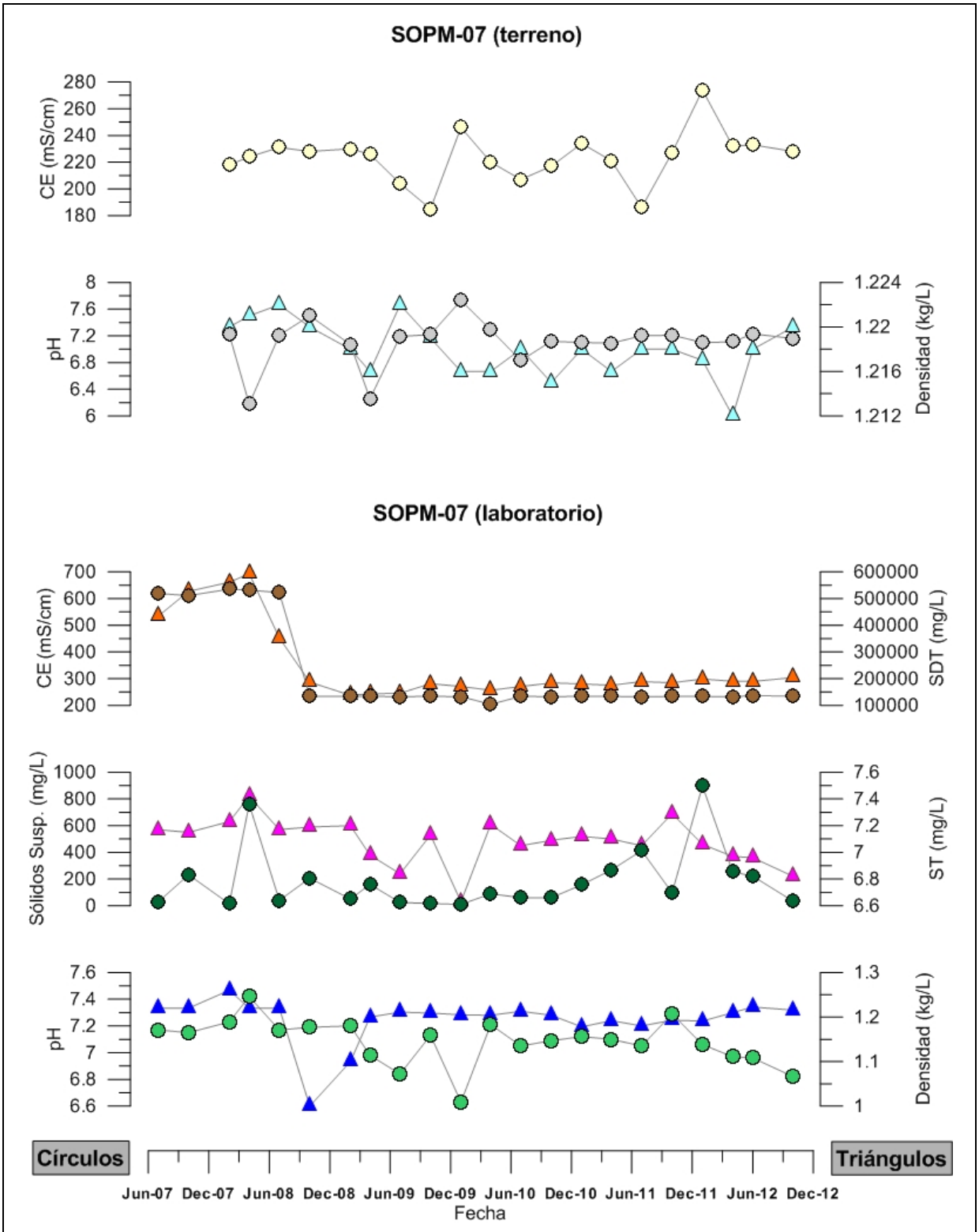


Figura 4.113. Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-07

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

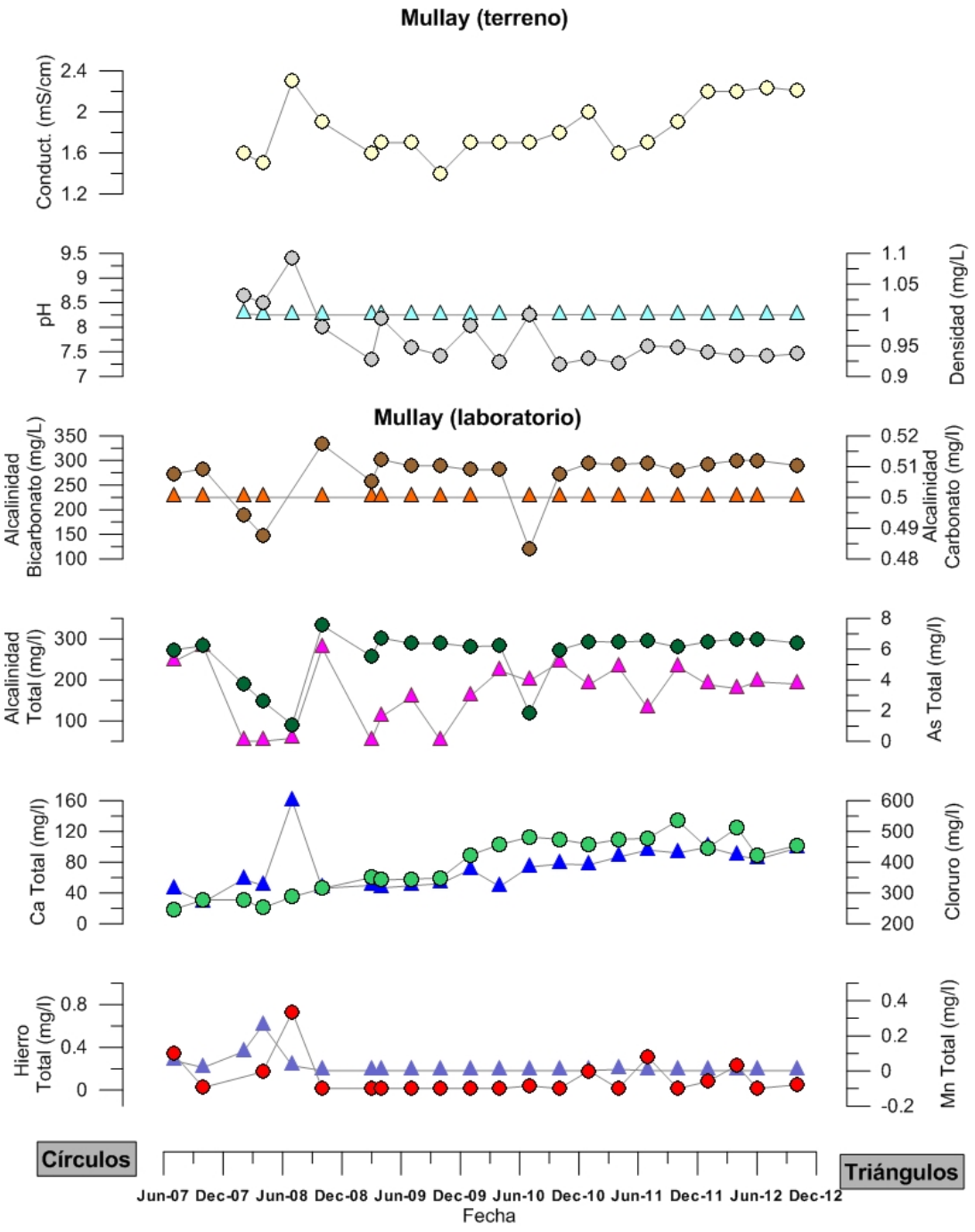


Figura 4.114. Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay[3]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

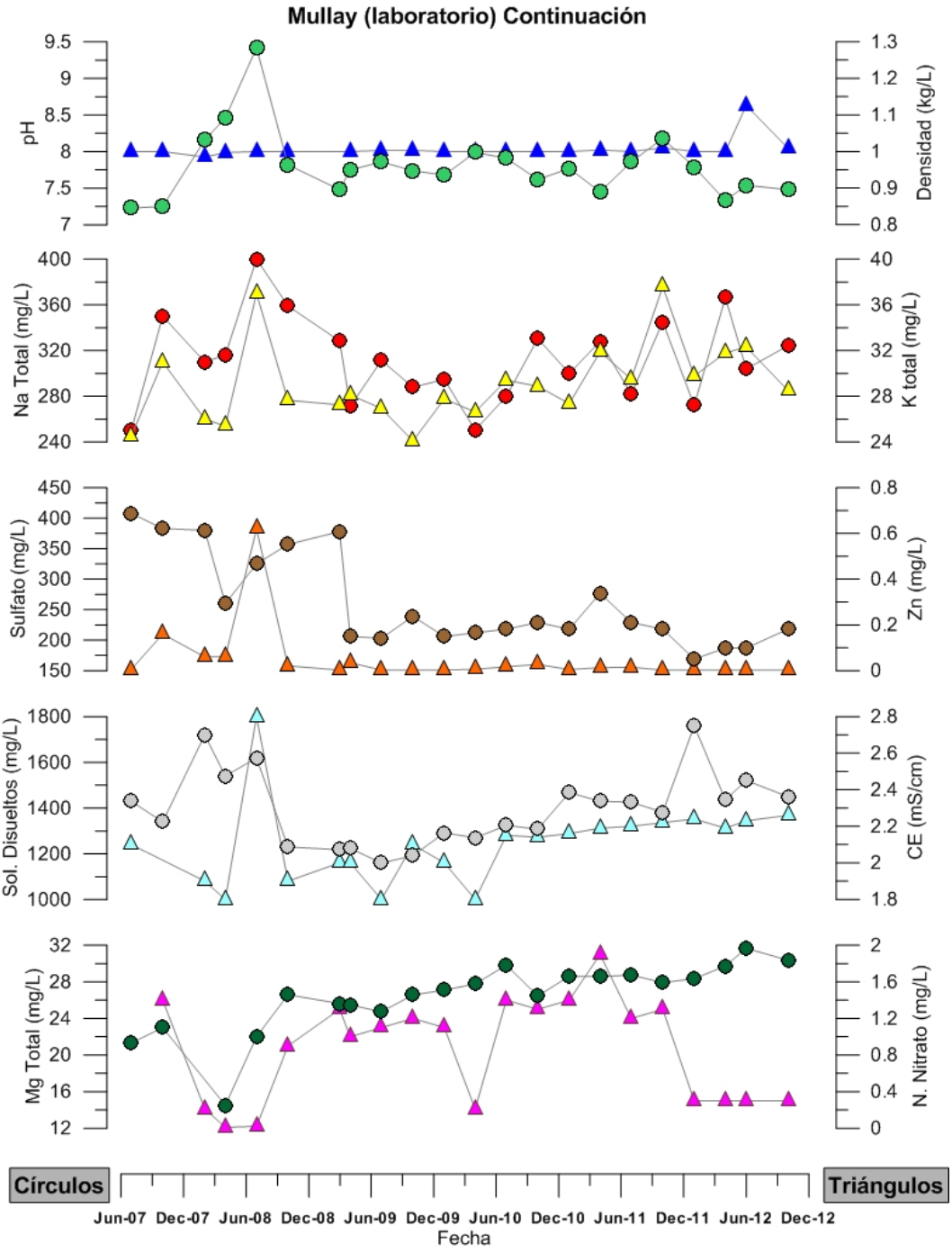


Figura 4.115. Resultados de análisis físico-químico del pozo Mullay (continuación)[4]

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

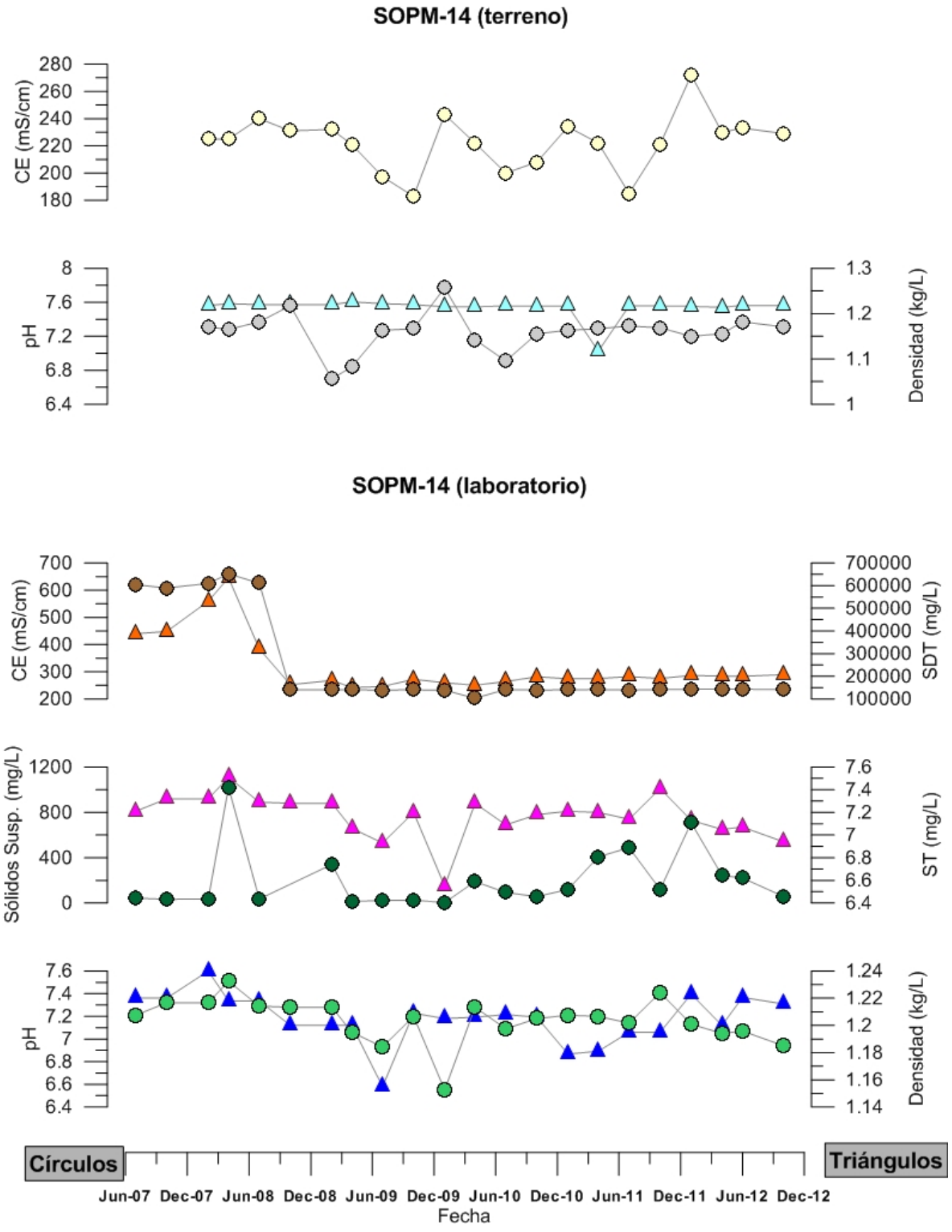


Figura 4.116. Resultados de análisis físico-químico del pozo SOPM-14

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

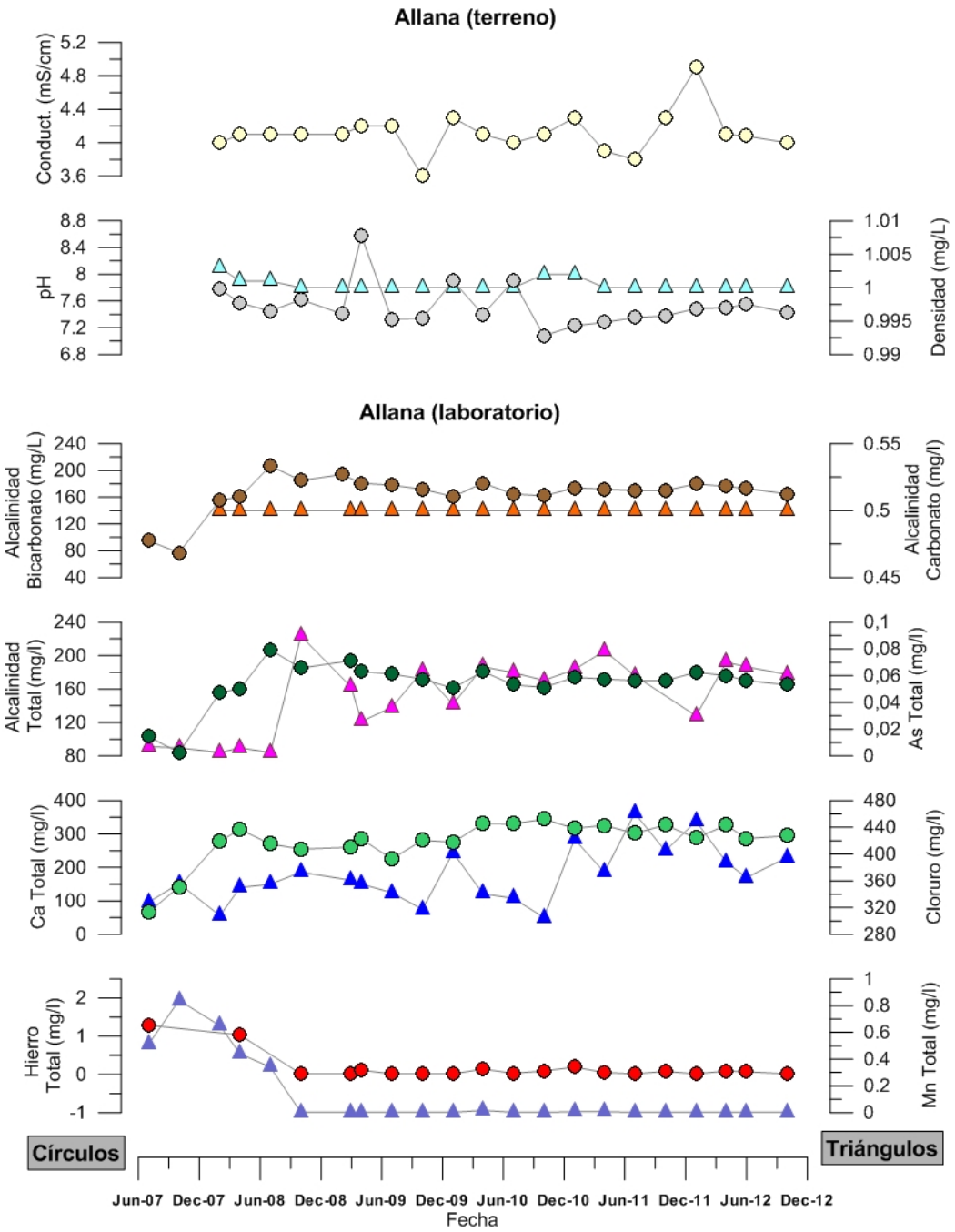


Figura 4.117. Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana[5]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

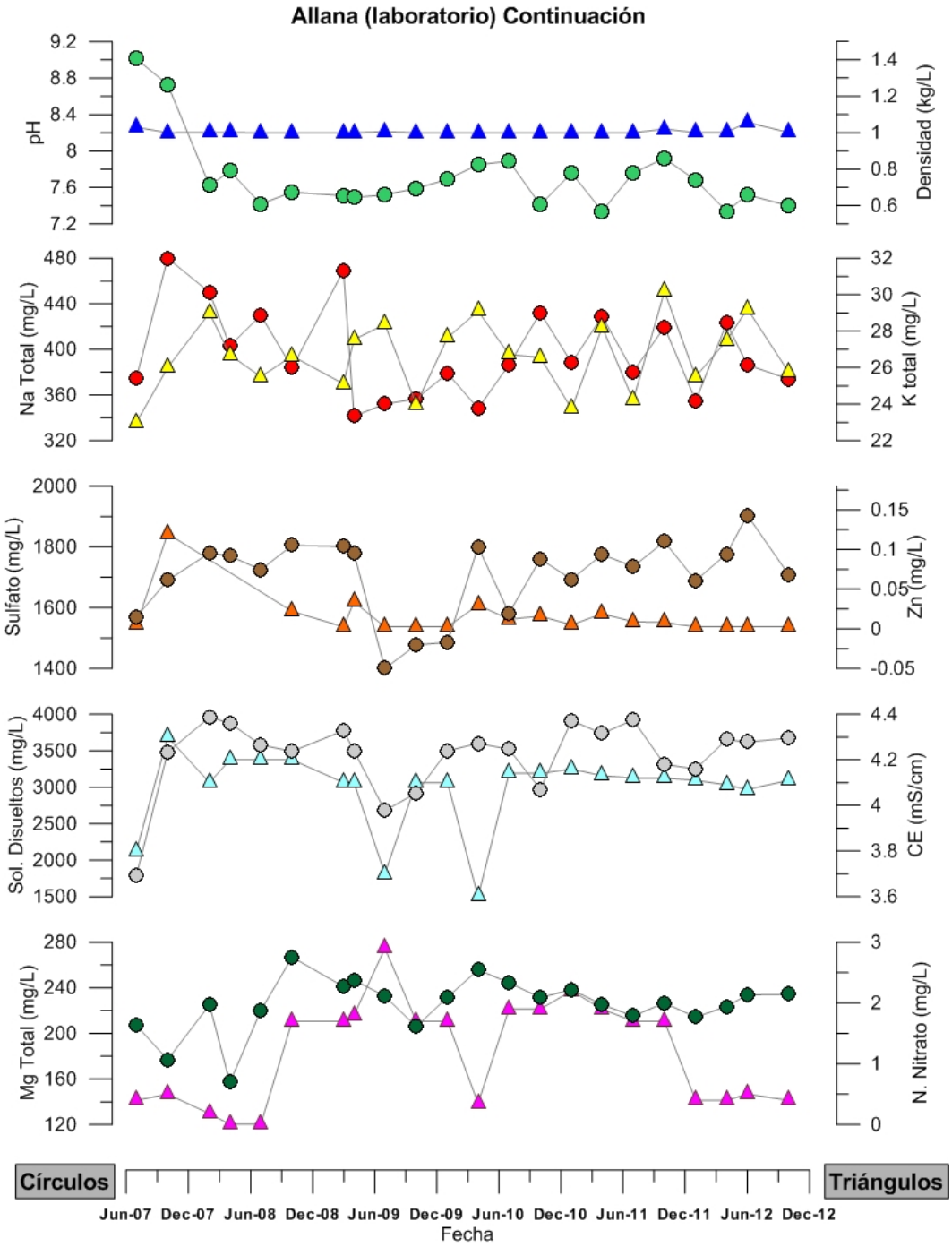


Figura 4.118. Resultados de análisis físico-químico del pozo Allana (continuación)[6]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

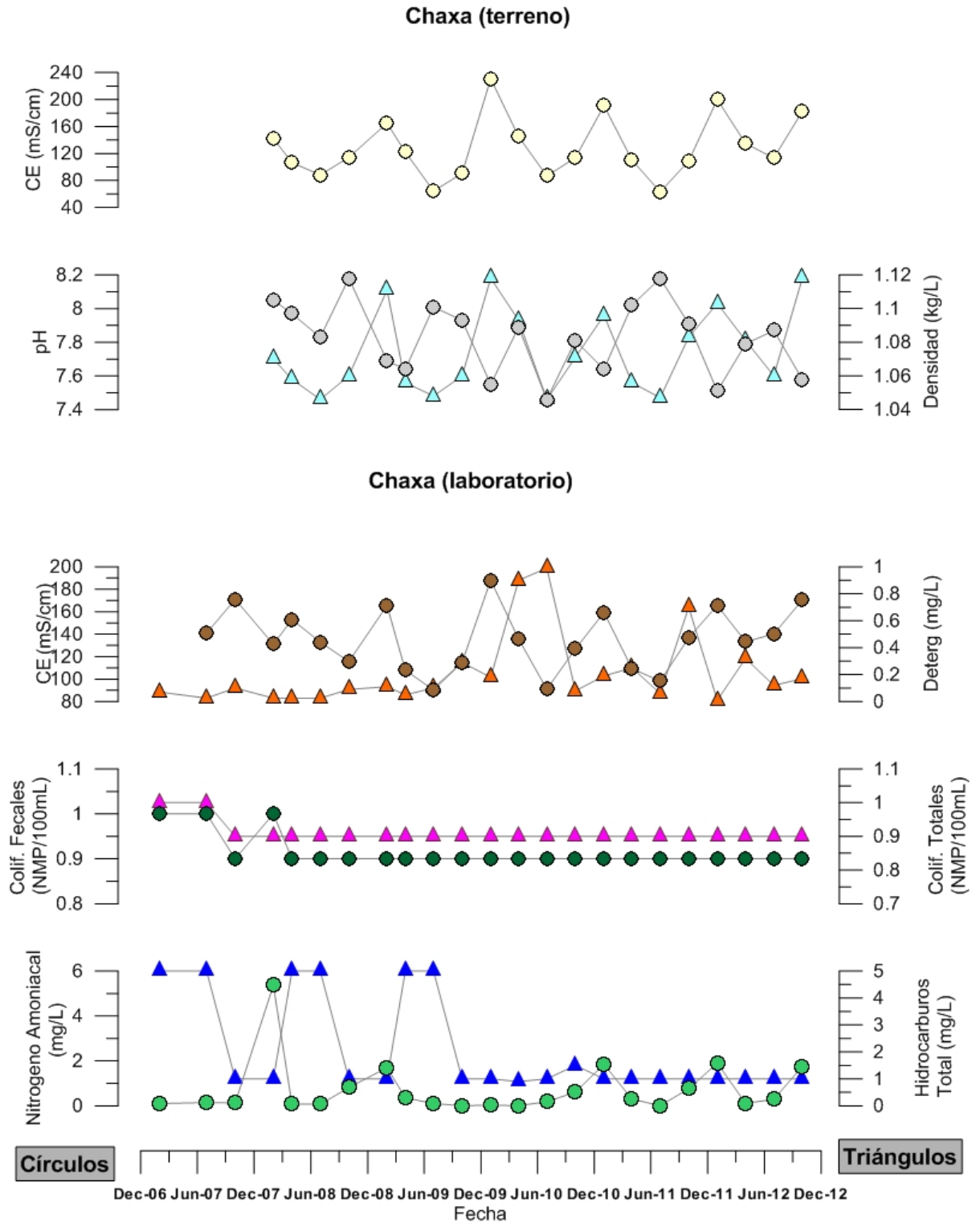


Figura 4.119. Resultados de análisis físico-químico laguna Chaxa

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

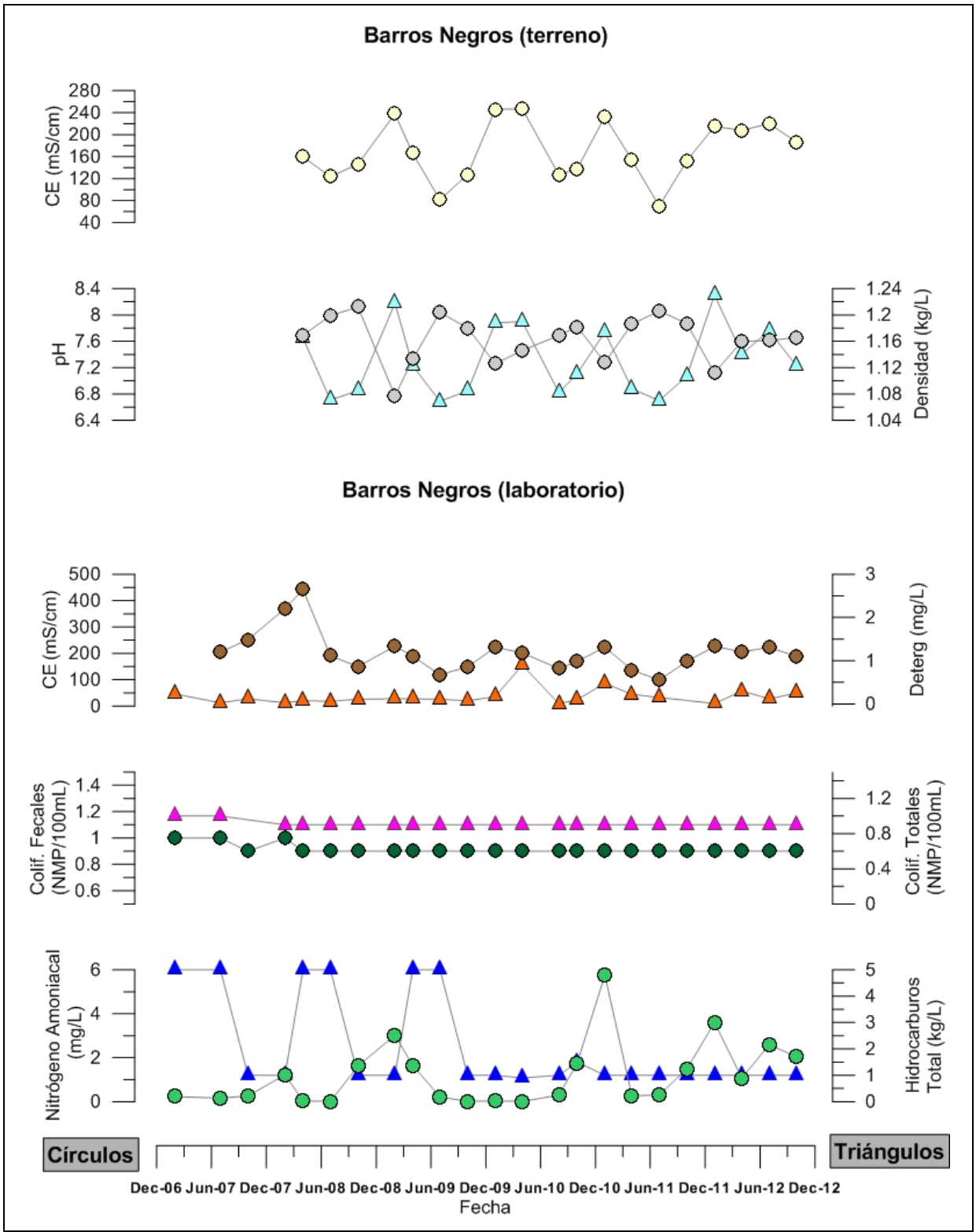


Figura 4.120. Resultados de análisis físico-químico laguna Barros Negros

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.1.4.2 Muestreo de agua realizado por CONAF

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

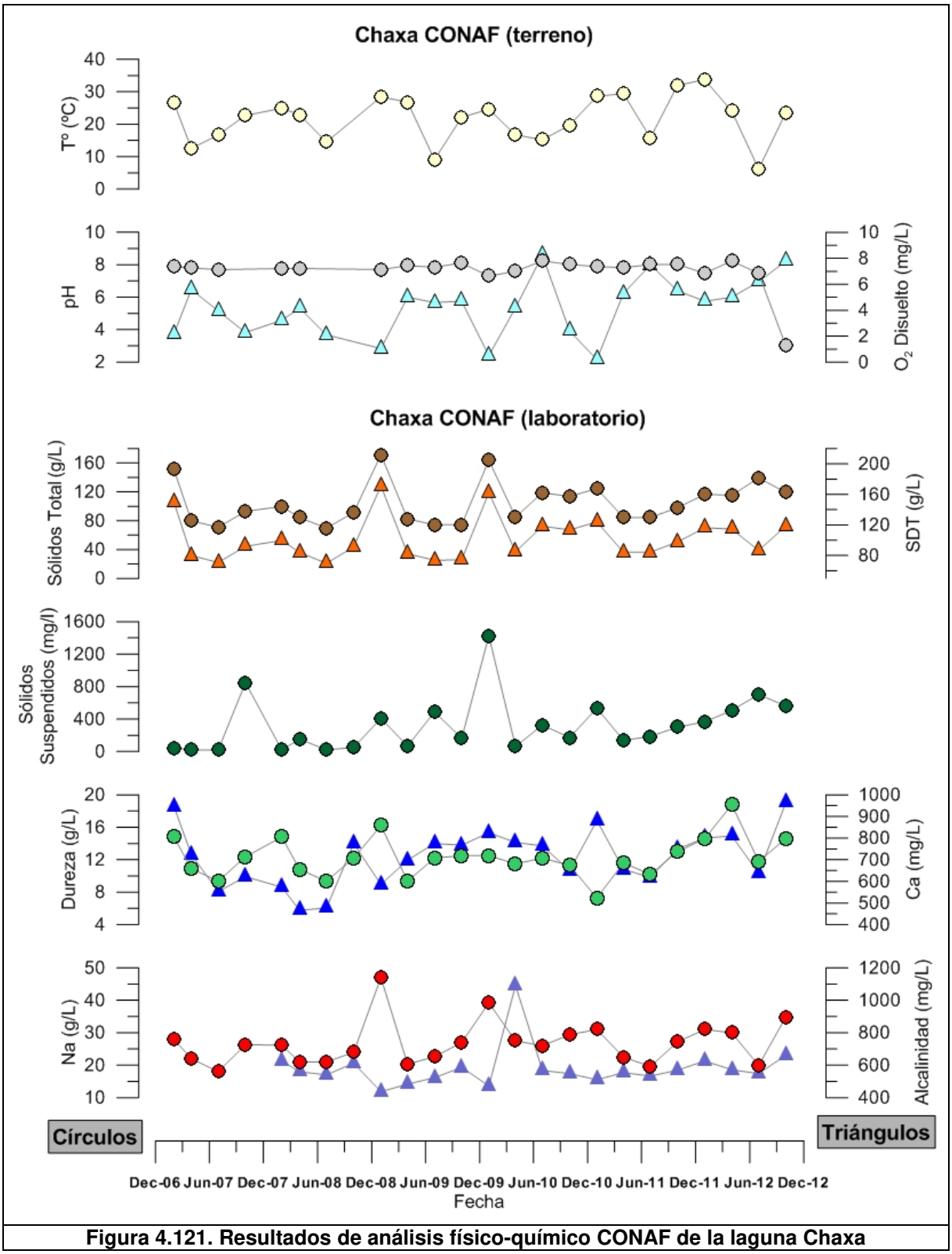


Figura 4.121. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

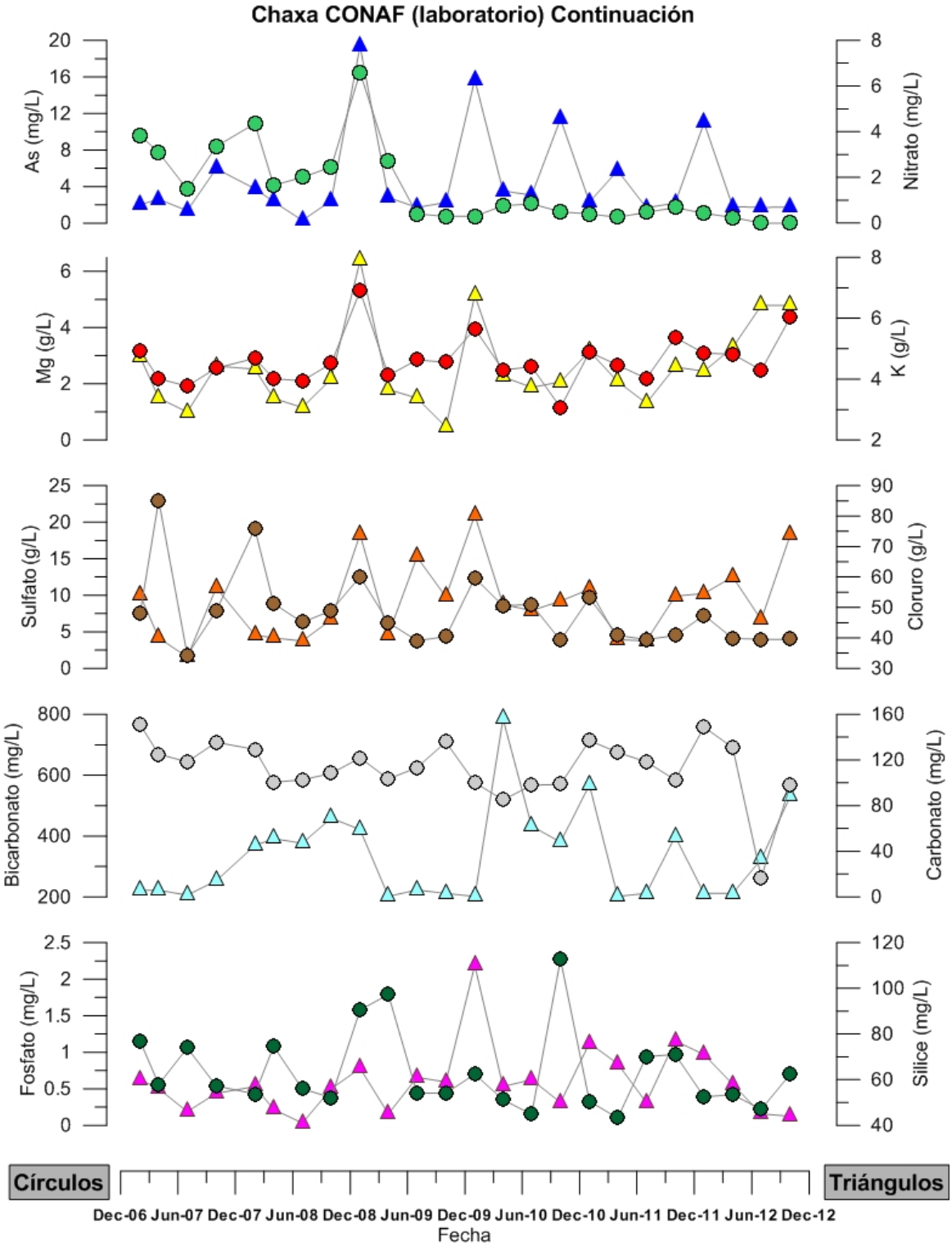


Figura 4.122. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Chaxa (continuación)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

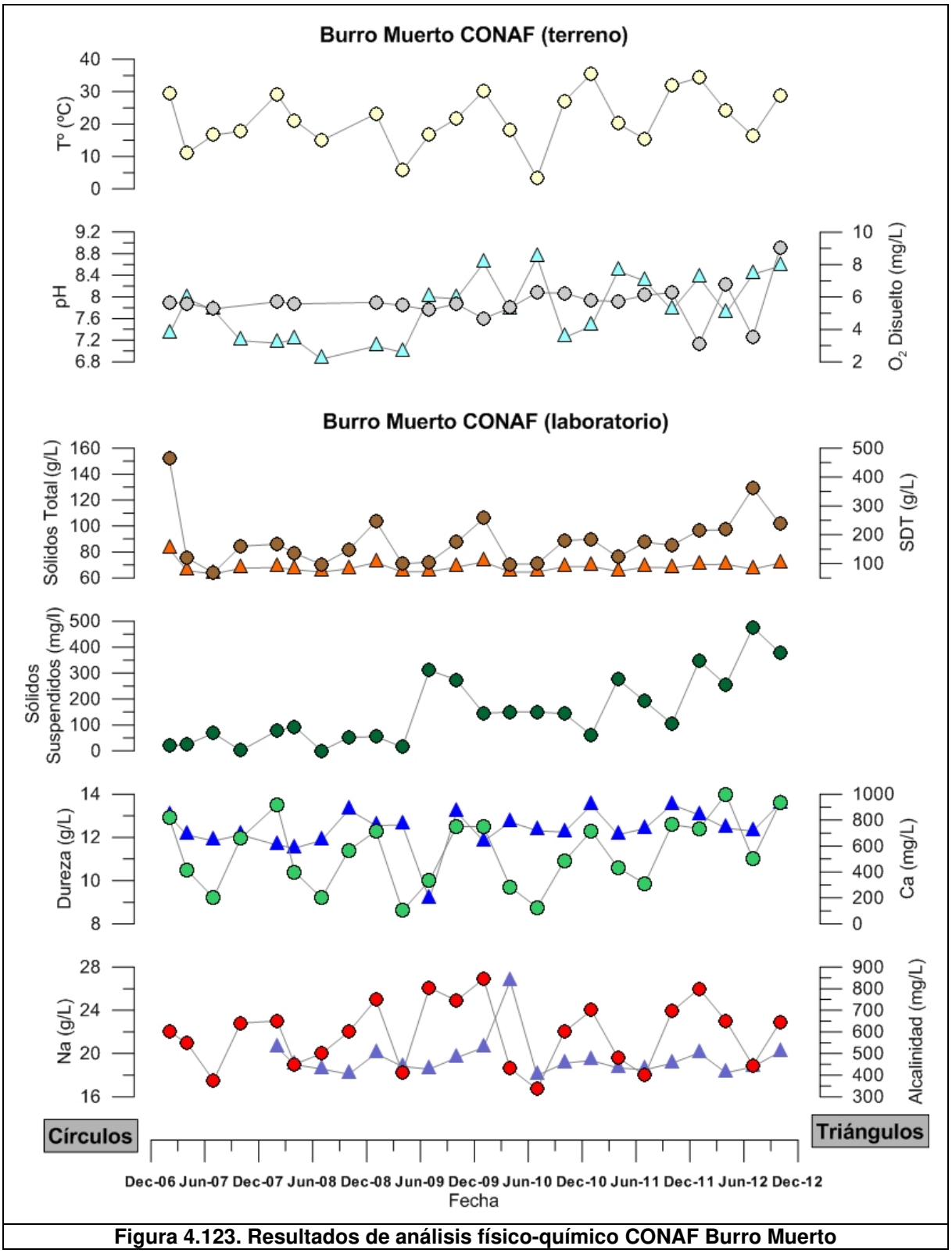


Figura 4.123. Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

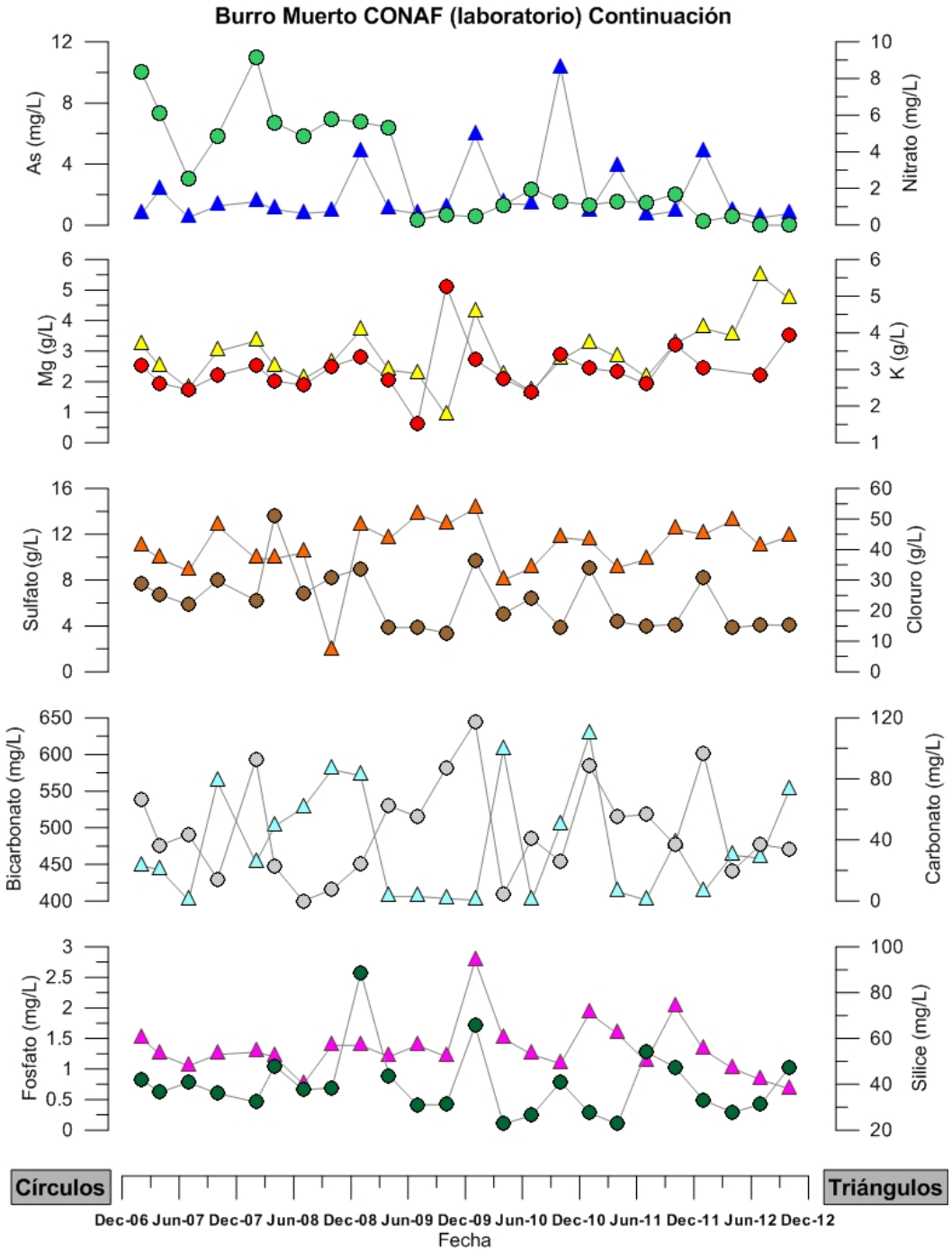


Figura 4.124. Resultados de análisis físico-químico CONAF Burro Muerto (continuación)[7]

[7] El Magnesio correspondiente a una medición de 2.520 g/L en abril de 2012 fue sacado del gráfico para evitar problemas de escala.

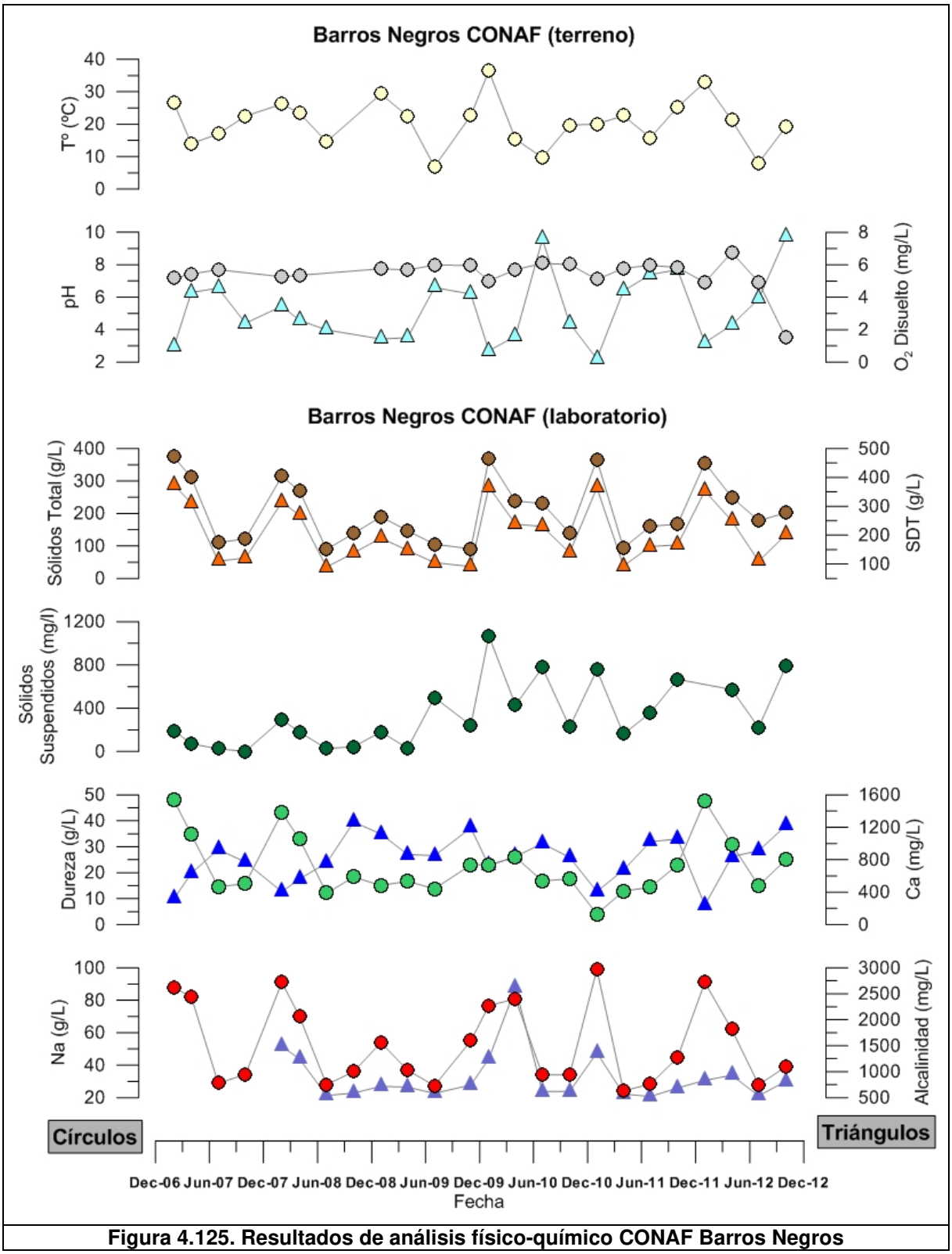


Figura 4.125. Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

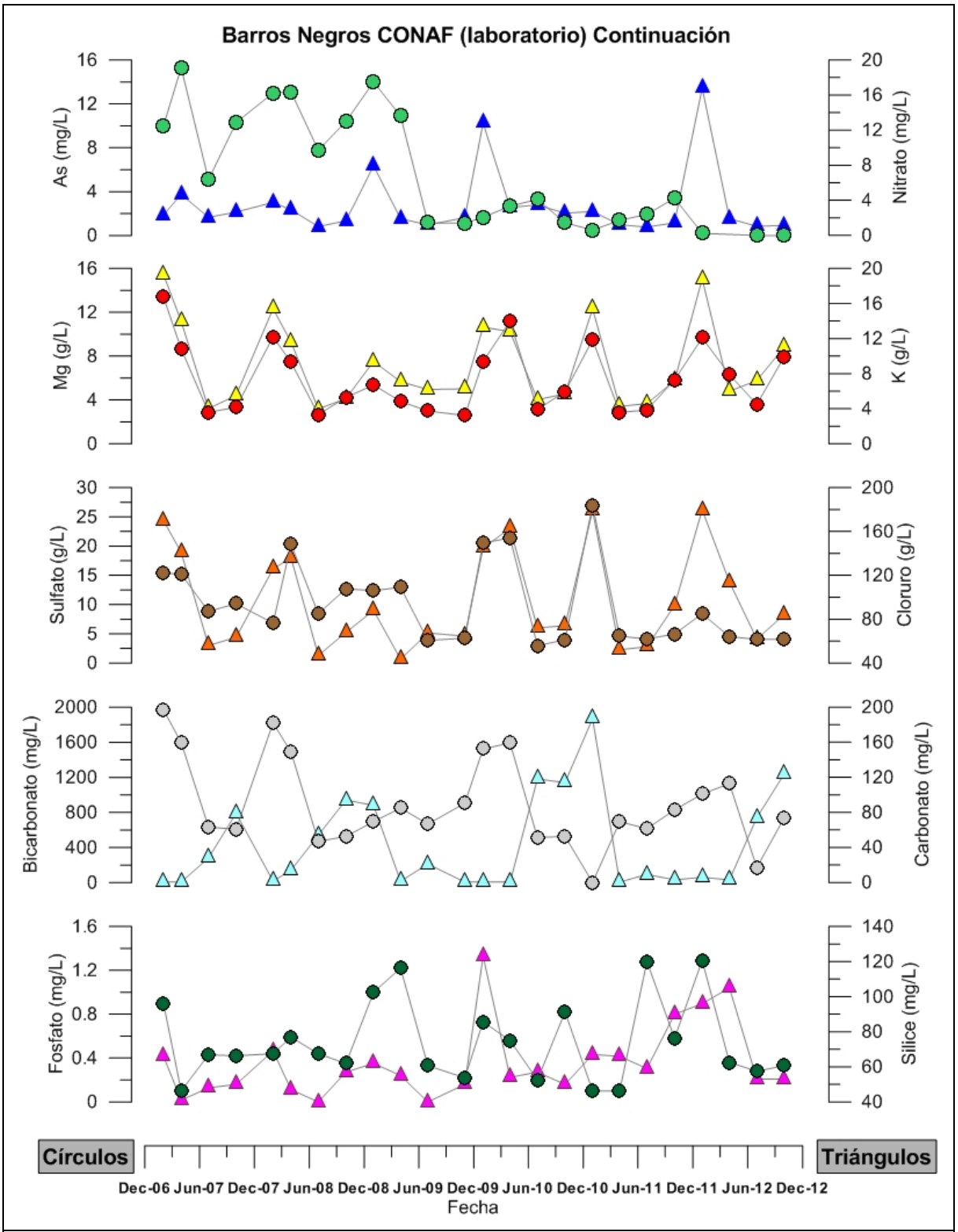


Figura 4.126. Resultados de análisis físico-químico CONAF Barros Negros (continuación)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

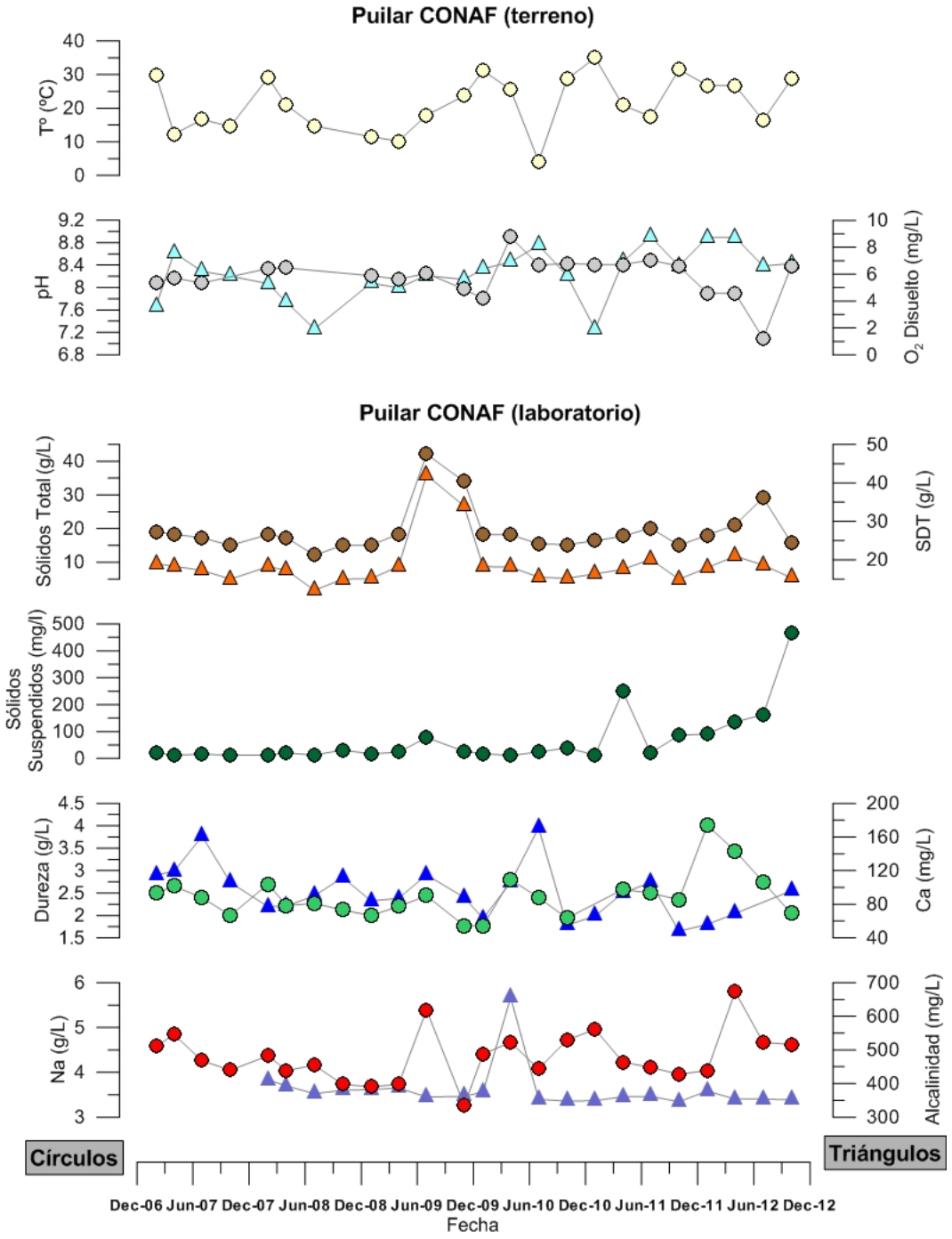


Figura 4.127. Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar[8]

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

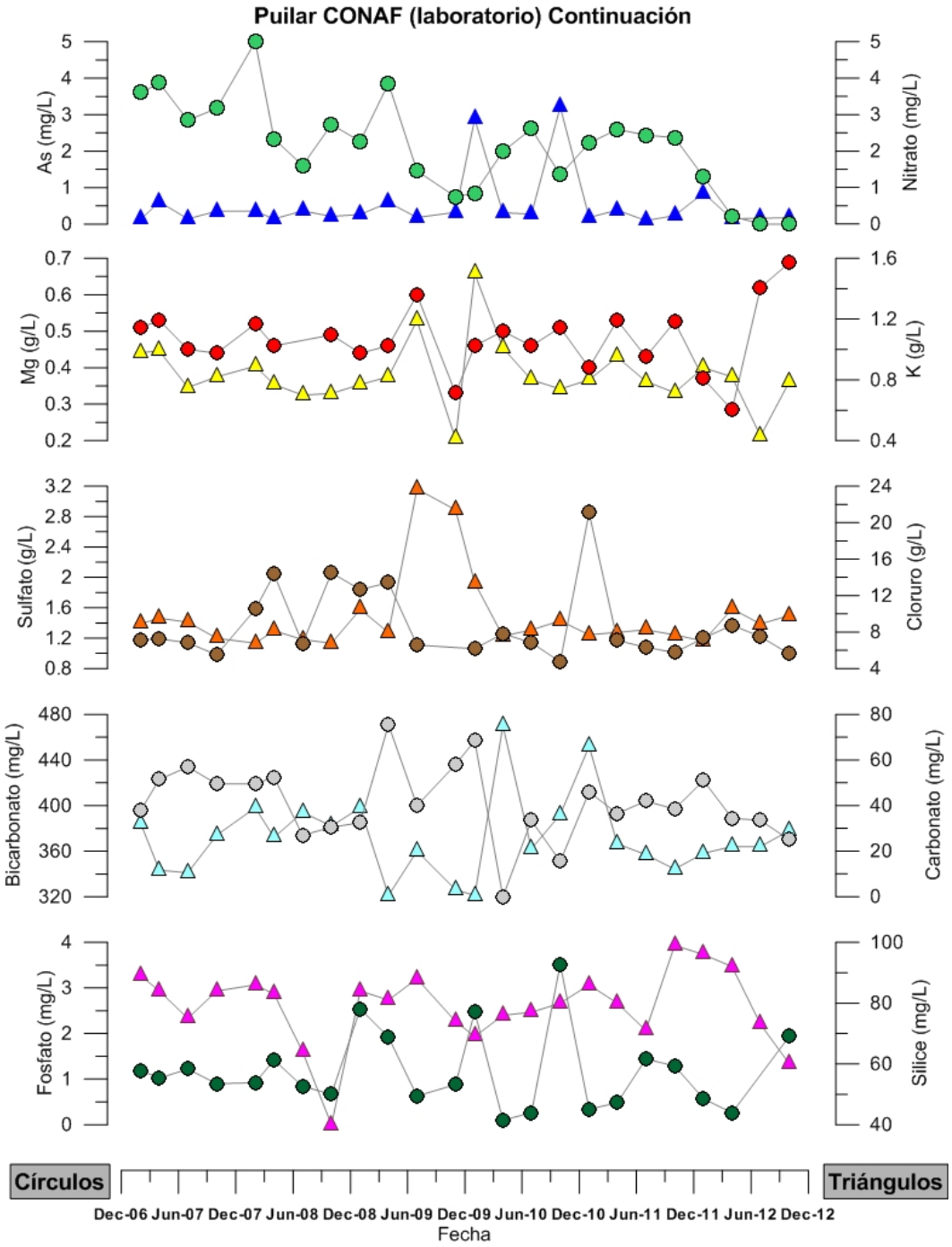


Figura 4.128. Resultados de análisis físico-químico CONAF laguna Puilar[9] (continuación)

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

4.1.5 Aforo

Como se indicó en informes anteriores, debido a que las mediciones de caudal obtenidas con los sensores no fueron del todo satisfactorias, no se realizaron mediciones de caudal entre fines de 2007 y mediados del 2008.

SQM ha realizado aforos manuales que se realizan a través del método de estimación de caudal como el producto entre la velocidad por el área de la sección pasante, para lo cual el ancho total de la sección fue dividido en subsecciones donde se mide la profundidad y la velocidad para cada una de ellas.

Cabe indicar que las mediciones de caudal en el aforo barros negros no se pudieron efectuar durante los meses de noviembre y diciembre del 2011 y enero de 2012 debido a la restricción que existía en la zona por el período reproductivo de los flamencos. De manera particular la medición de noviembre de 2011 se realizó durante la primera semana de diciembre de 2011.

Es importante mencionar el efecto de las lluvias ocurridas en febrero 2012 (invierno altiplánico), el cual es particularmente notorio en el caudal medido en la estación de aforo en el puente San Luis, el que llegó a 290 L/s, crecida que provocó arrastre de sedimentos que se depositaron en la sección de aforo. Este hecho influye en la medición de la altura de la columna de agua y por ende en la estimación del caudal, por lo que la estación fue limpiada. También se produjo el corte de un camino peatonal turístico produciendo que parte del flujo de agua superficial se desviara y la estación de aforo del puente San Luis no midiera todo el caudal pasante ocasionado por este evento hidrológico extraordinario. El 11 de junio de 2012 personal de SQM realizó un aforo a este caudal extra con el objetivo de poder cuantificarlo y fue de 90 L/s. Entre junio y julio de 2012 el camino peatonal fue reparado en el marco de la reparación y reposición de caminos hacia puntos de monitoreo afectados por las condiciones climáticas del verano 2012 y se regularizó la situación. Como parte de la visita a terreno realizada por Geohidrología el 5 de diciembre de 2012, se visitó la estación de aforo del puente San Luis para corroborar la limpieza de la estación y el arreglo del corte de camino que se produjo debido a las lluvias de febrero 2012, ambas actividades se realizaron, sin embargo el camino peatonal turístico se volvió a cortar dos meses después del arreglo realizado en julio. Nuevos arreglos no han podido realizarse debido a que aguas arriba del puente San Luis se instaló una colonia de nidificación de flamencos, por lo que CONAF suspendió los trabajos hasta el término de la nidificación. En el Anexo A.2 se muestra un registro fotográfico de esta situación.

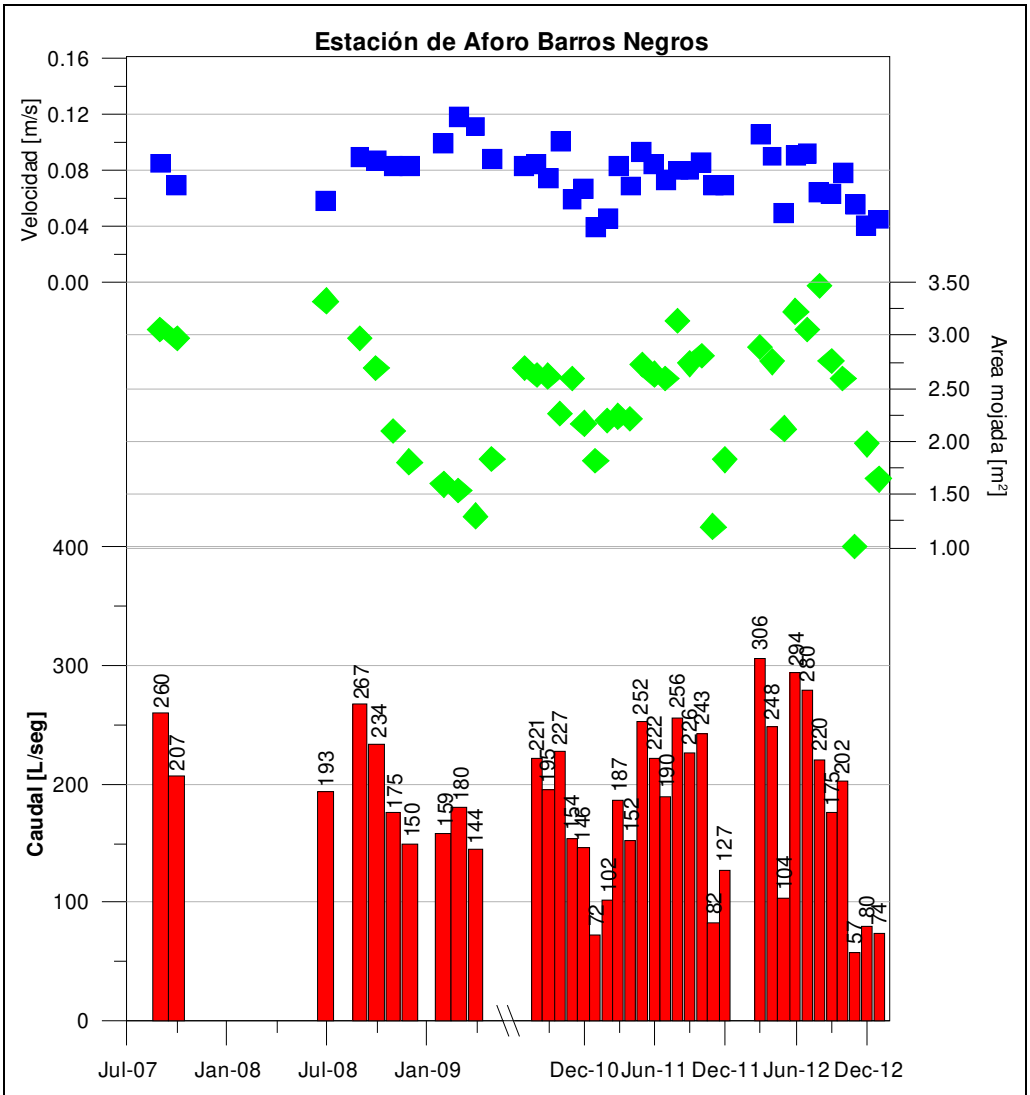


Figura 4.129. Aforo Barros Negros. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²)

La Figura 4.130 presenta el caudal monitoreado en el puente San Luis. En ella se observan los registros continuos (línea naranja), promedio diario de mediciones continuas (línea azul), mediciones manuales en punto continuo (punto celeste), mediciones manuales diarias (punto rojo) y cálculo de caudales según la reglilla Puente San Luis (punto magenta). Esta estación se encuentra ubicada aguas arriba de la laguna Chaxa.

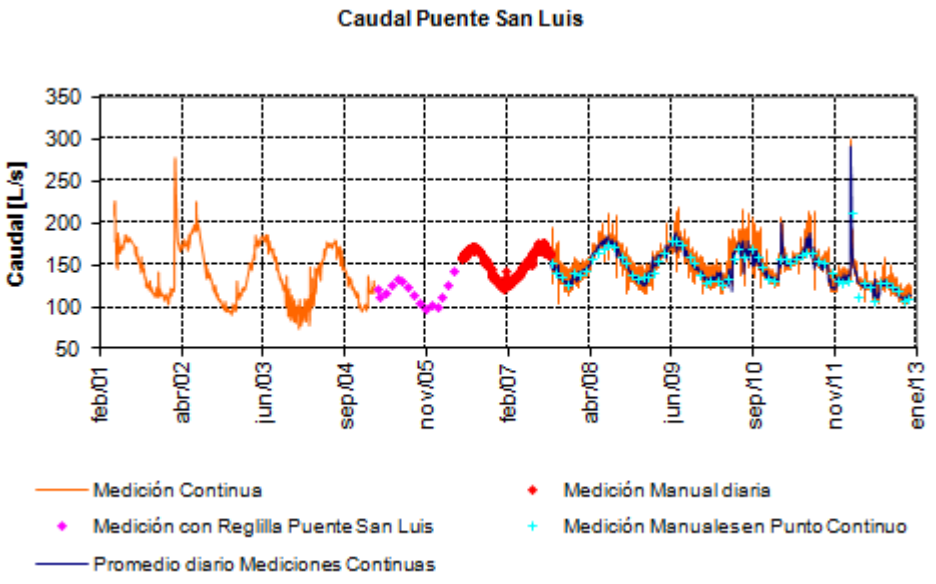


Figura 4.130. Caudal promedio diario en puente San Luis.

4.1.6 Superficie Lacustre

En la Figura 4.131 se presenta la evolución de la superficie lacustre de los cuerpos de agua del sistema Soncor medidos por CONAF en forma trimestral. Las mediciones realizadas por CONAF son el resultado de las mediciones a través de estacas perimetrales, con respecto a las mediciones realizadas en el sector de la laguna Puilar sólo corresponde a la superficie del canal de aporte y no al de la laguna como tal.

En la Tabla 4.2 se observan las mediciones realizadas a través de topografía y del método de imágenes satelitales; las mediciones de topografía sólo se realizaron hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, queda establecido que las mediciones de topografía solo se realizarán cada 5 años, por otro lado en la misma resolución se establece la metodología para realizar la medición a través de imagen satelital, dicha actividad se realiza en el mes de abril de cada año.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

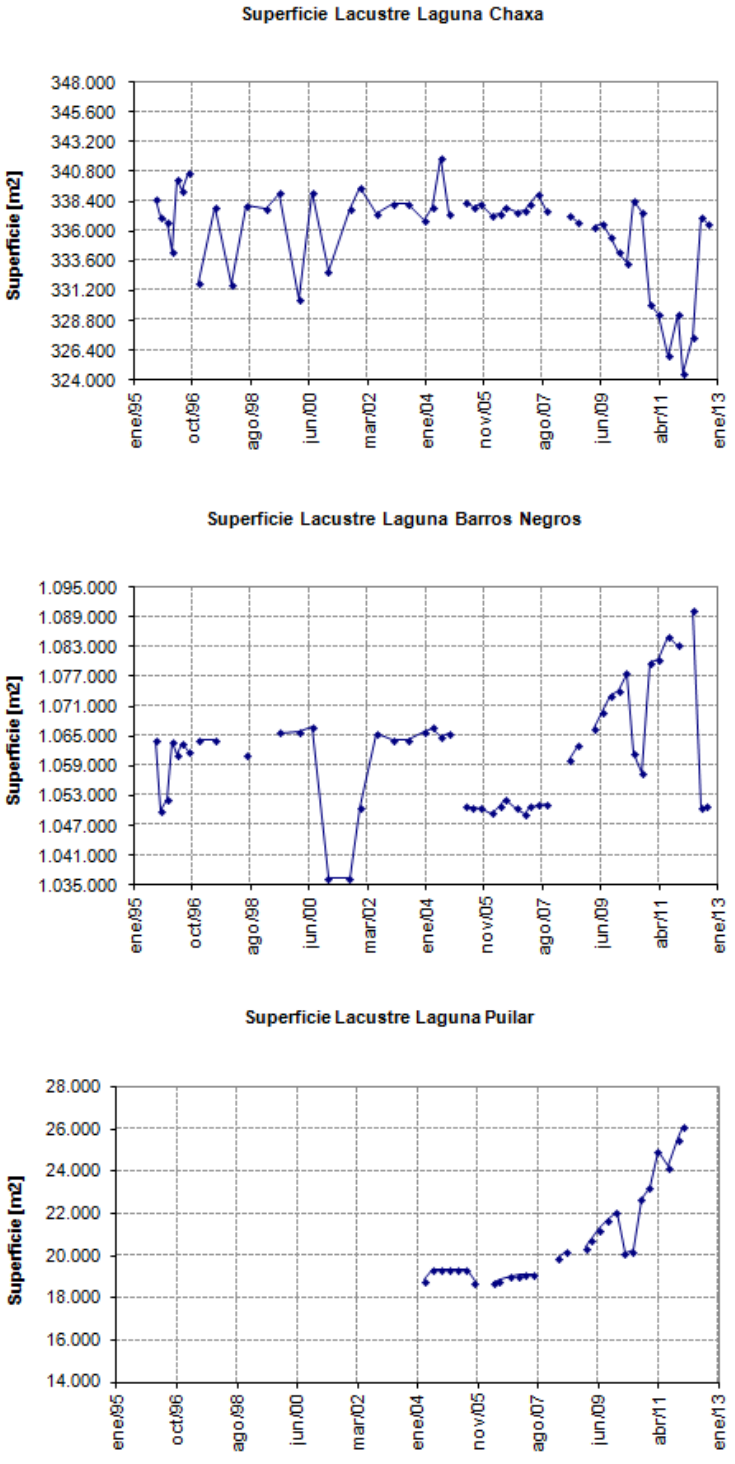


Figura 4.131. Evolución de Superficie lacustre sistema Soncor medida por CONAF (CONAF 2009-2011, informes de avance de plan de monitoreo ambiental hábitat y avifauna del salar de Atacama)

Tabla 4.2. Medición de superficies lacustres medidas desde abril de 2008 a abril del 2012

SISTEMA LACUSTRE	LAGUNA	Superficie (m^2) - 2008		DIF. (%)	Superficie (m^2) -2009		DIF. (%)	Superficie (m^2) - 2010		DIF. (%)	Superficie (m^2) - 2011	Superficie (m^2) -2012
		Topografía	Imagen satelital		Topografía	Imagen satelital		Topografía	Imagen satelital		Imagen satelital	Imagen satelital
Soncor	Barros Negros (cuerpo principal)	1.055.856	1.093.625	3.6	1.130.213	1.152.803	2	1.073.413	1.048.924[1]	2,3	1.083.311	1.085.391
	Barros Negros (áreas aledañas)	-	-	-	-	-	-	173.986	154.737[2]	12,4	242.137	241.942
	Chaxa	313.750	329.224	5	310.739	336.644	8	309.365	308.357	0,3	305.433	300.248
	Puilar[3]	65.854	63.154	4	76.857	65.439	17	71.311	69.267	3.0	70.003	68.280

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

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

[3] En el monitoreo 2010, las superficies fueron calculados mediante límites adicionales propuestos. Conforme a lo anterior, a fin de comparar los resultados con los monitoreos pasados, los resultados según análisis satelital y topografía, considerando limites históricos, corresponderían a 68.977 m^2 y 70.236 m^2 respectivamente. La variación entre metodología seria a 1.8%

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

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 4.132 se muestra la distribución geográfica de los puntos de monitoreo y en la Tabla 4.3 su clasificación de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera), y a su tipología (pozo profundo, pozo somero, reglilla y medición continua). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel de manera gráfica.

Tabla 4.3. Puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L3-2	Zona aluvial	Pozo profundo	4-100
L4-3	Zona aluvial	Pozo somero	4-101
L4-4	Zona aluvial	Pozo somero	4-101
L5-1	Zona aluvial	Pozo profundo	4-102
L5-2	Zona aluvial	Pozo profundo	4-102
GD-02	Zona marginal	Pozo profundo	4-103
L3-3	Zona marginal	Pozo somero	4-104
L3-8	Zona marginal	Pozo somero	4-104
L3-11	Zona marginal	Pozo somero	4-105
L3-12	Zona marginal	Pozo somero	4-105
L3-14	Zona marginal	Pozo somero	4-106
L4-5	Zona marginal	Pozo somero	4-107
L4-11	Zona marginal	Pozo somero	4-107
L4-14	Zona marginal	Pozo somero	4-108
L4-15	Zona marginal	Pozo somero	4-108
L5-9	Zona marginal	Pozo somero	4-109
L5-11	Zona marginal	Pozo somero	4-109
L5-12	Zona marginal	Pozo somero	4-110
L5-13	Zona marginal	Pozo somero	4-110
L5-15	Zona marginal	Pozo somero	4-111
L13-5	Zona marginal	Pozo somero	4-111
L13-6	Zona marginal	Pozo somero	4-112
L13-7	Zona marginal	Pozo somero	4-112
L14-1	Zona marginal	Pozo somero	4-113
L14-2	Zona marginal	Pozo somero	4-113
L14-3	Zona marginal	Pozo somero	4-114
L14-5	Zona marginal	Pozo somero	4-114
L14-6	Zona marginal	Pozo somero	4-115
L14-7	Zona marginal	Pozo somero	4-115
L5-G3	Zona marginal	Reglilla	4-117
L4-10	Zona marginal	Reglilla	4-118
L3-5	Zona marginal	Continuo	4-119
L3-6	Zona marginal	Continuo	4-120
L3-7	Zona marginal	Continuo	4-120
L3-9	Zona marginal	Continuo	4-121
L3-10	Zona marginal	Continuo	4-121
L3-13	Zona marginal	Continuo	4-122
L4-7	Zona marginal	Continuo	4-122
L4-8	Zona marginal	Continuo	4-123
L4-9	Zona marginal	Continuo	4-123
L4-12	Zona marginal	Continuo	4-124
L4-13	Zona marginal	Continuo	4-124
L5-3	Zona marginal	Continuo	4-125
L5-6	Zona marginal	Continuo	4-126
L5-7	Zona marginal	Continuo	4-126
L5-8	Zona marginal	Continuo	4-127
L5-10	Zona marginal	Continuo	4-127
L5-14	Zona marginal	Continuo	4-128
L13-1	Zona marginal	Continuo	4-128
L13-2	Zona marginal	Continuo	4-129
L13-3	Zona marginal	Continuo	4-129
L13-4	Zona marginal	Continuo	4-130
L14-4	Zona marginal	Continuo	4-130
D-2	Salmuera	Pozo profundo	4-131
L3-4 (SOPM -08)	Salmuera	Pozo profundo	4-132
L4-6	Salmuera	Pozo profundo	4-132
L4-16	Salmuera	Pozo somero	4-133
L5-4	Salmuera	Pozo profundo	4-133
SOPM -09	Salmuera	Pozo profundo	4-134
Camar 2	Zona aluvial	Pozo profundo	4-135
Socaire	Zona aluvial	Pozo profundo	4-135

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.2.1 Nivel del agua subterránea y superficial

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

Los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 (Figura 4.134, Figura 4.139, Figura 4.165 y Figura 4.164 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 4.189), 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 de 2008. El inicio del bombeo produjo un cambio en el comportamiento histórico de algunos pozos de la zona aluvial. El pozo L3-2 muestra un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de extracción de esta zona, aunque de forma posterior se observa que continua con la tendencia similar a la que presentaba antes del inicio del bombeo.

Adicionalmente, dentro del periodo correspondiente al presente informe, Geohidrología realizó mediciones (diciembre de 2012) en este sistema en los pozos L4-4, L4-7, L4-12, L4-13, L4-5, L5-11, L5-10 y GD-02.

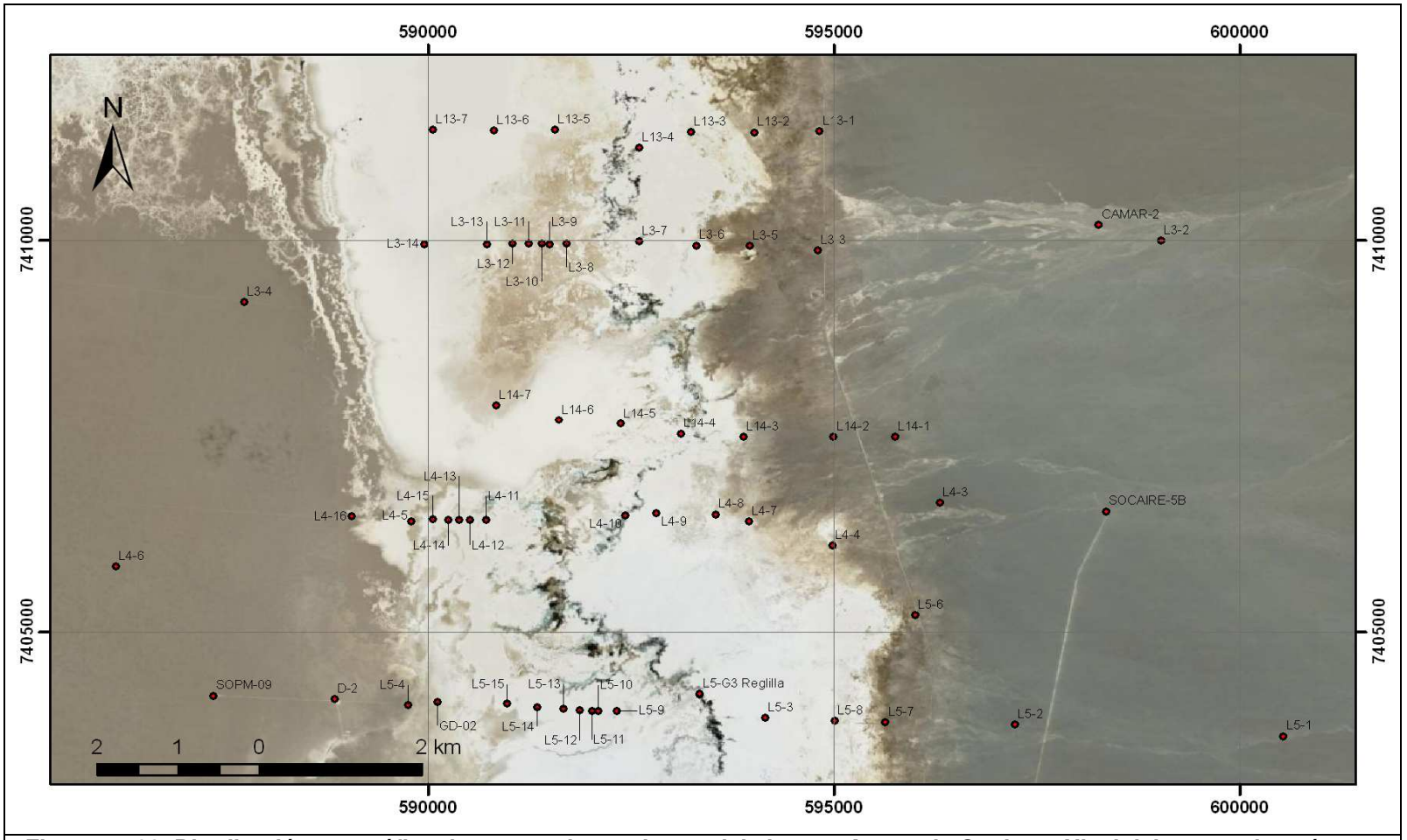


Figura 4.132. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Aguas de Quelana. Nivel del agua subterránea y superficial.

4.2.1.1 Pozos en zona aluvial

Los pozos L3-2, L4-3, L4-4, L5-1 y L5-2 presentados de la Figura 4.133 a la Figura 4.137 corresponden a pozos de la zona aluvial.

El pozo L3-2 (Figura 4.133) presenta un descenso importante de nivel observado durante noviembre de 2004, que se explica por la realización de una prueba de bombeo. El nivel medido en el pozo no se ha recuperado a los niveles anteriores a la realización de la prueba de bombeo. Luego de dicho descenso, el nivel se mantuvo constante hasta mediados de 2008, fecha en la cual se observa un nuevo descenso, probablemente producto del inicio del bombeo en el pozo Camar 2 que se encuentra cercano. La pendiente de descensos se ha mantenido relativamente constante desde el inicio del periodo de bombeo.

Respecto al comportamiento del pozo L4-3 se observa que tuvo un periodo de descenso que duró hasta aproximadamente el año 2000, para posteriormente aumentar hasta el año 2007, donde nuevamente se observa una disminución de su nivel. El comportamiento de este pozo está fuertemente influenciado por las variaciones en la recarga y en menor medida por el bombeo del pozo Socaire-5B, cuyo efecto se aprecia a partir del año 2008, ya que el caudal de extracción ha sido relativamente constante durante todo el periodo de monitoreo de este pozo.

En la Figura 4.135 se puede observar el nivel del acuífero medido en el pozo L4-4, que corresponde a un pozo artesiano. Cabe señalar que el aumento de nivel registrado en octubre de 2007, se explica precisamente porque este pozo monitorea la cota piezométrica de un acuífero confinado surgente. Antiguamente el pozo poseía un tubo que sobresalía aproximadamente 80 cm desde el nivel del suelo, altura que era insuficiente para registrar la cota piezométrica del acuífero. En efecto, la cota registrada desde noviembre de 2001 a octubre de 2007 corresponde a la cota superior del tubo. A partir de esta última fecha se aumentó la altura del tubo en 120 cm adicionales, permitiendo observar el real funcionamiento del acuífero en este punto. El día 20 de mayo de 2012 se visitó el pozo L4-4 para su monitoreo mensual, y se observó que éste estaba inclinado hacia un costado, posiblemente por el impacto de un camión o una máquina de gran tamaño por la altura del abollón (1 metro sobre la superficie). Como se mencionó anteriormente este pozo hasta antes de este incidente presentaba un nivel histórico por sobre la cota del terreno (pozo surgente). Con este incidente el pozo perdió la surgencia que había presentado históricamente presentando una profundidad del nivel estático de 2,737 m el 22 de julio de 2012 desde el punto de referencia; el último valor medido antes del incidente el día 23 de abril de 2012, fue 0,492 m desde la referencia, situación que puede verse en la Figura 4.135. Como antecedentes para explicar este comportamiento se tienen los siguientes:

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

Por su parte SQM realizó las siguientes acciones:

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

A pesar de que no se conoce la habilitación del pozo es posible que con el impacto se haya roto el sello que impedía la conexión entre el acuífero libre y el confinado, por lo que el nivel que se está monitoreando es el de acuífero libre. No se tiene la certeza que interviniendo el pozo se logre recuperar la surgencia, ni tampoco se puede asegurar que construyendo un nuevo pozo se logre obtener un pozo artesiano debido a la heterogeneidad del borde este del salar de Atacama por lo que se decidió no realizar acciones y continuar monitoreando mensualmente este pozo bajo las nuevas condiciones. Geohidrología visitó este pozo el 5 de diciembre de 2012, donde se corroboró la medición realizada por SQM, y se observó un aumento en el nivel en los últimos meses.

El pozo L5-1 presenta un descenso en el periodo de registro con una posterior tendencia a la estabilización, que no se explica por la extracción del pozo Socaire-5B debido a que está aguas arriba de él sino que puede atribuirse a efecto de la recarga producido por las escasas precipitaciones en el periodo. Situación similar puede observarse en el pozo L5-2 al que se le puede aplicar la misma hipótesis de recarga que para el pozo L5-1.

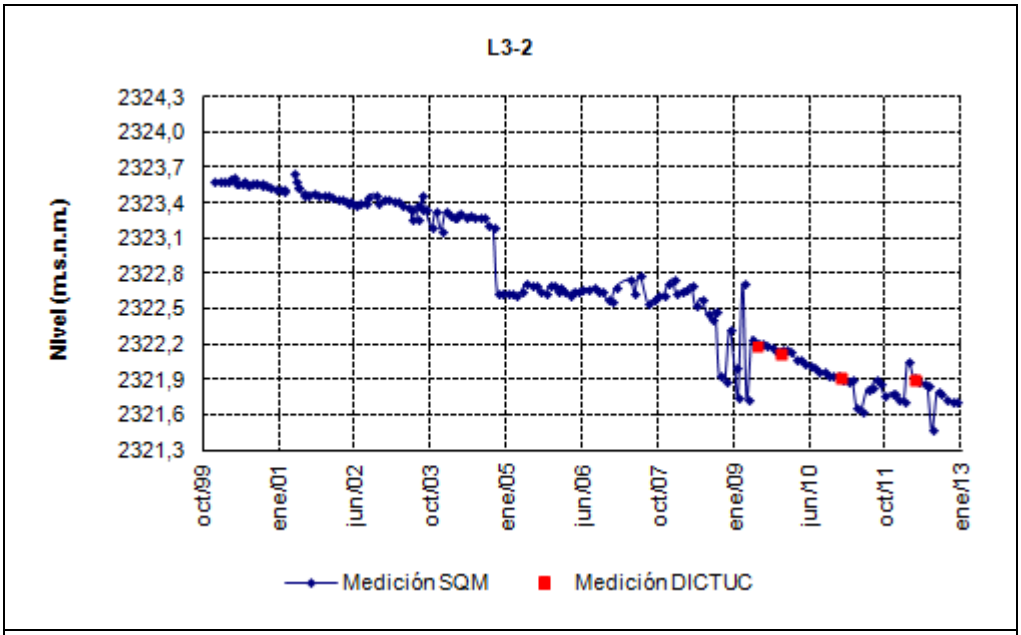


Figura 4.133. Nivel mensual observado en el pozo L3-2.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

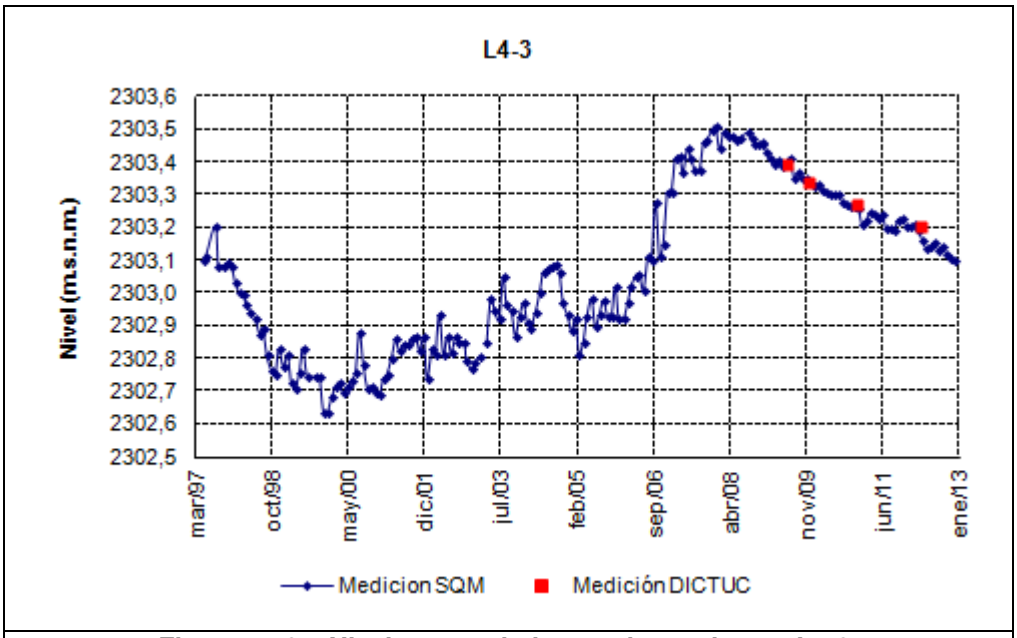


Figura 4.134. Nivel mensual observado en el pozo L4-3.

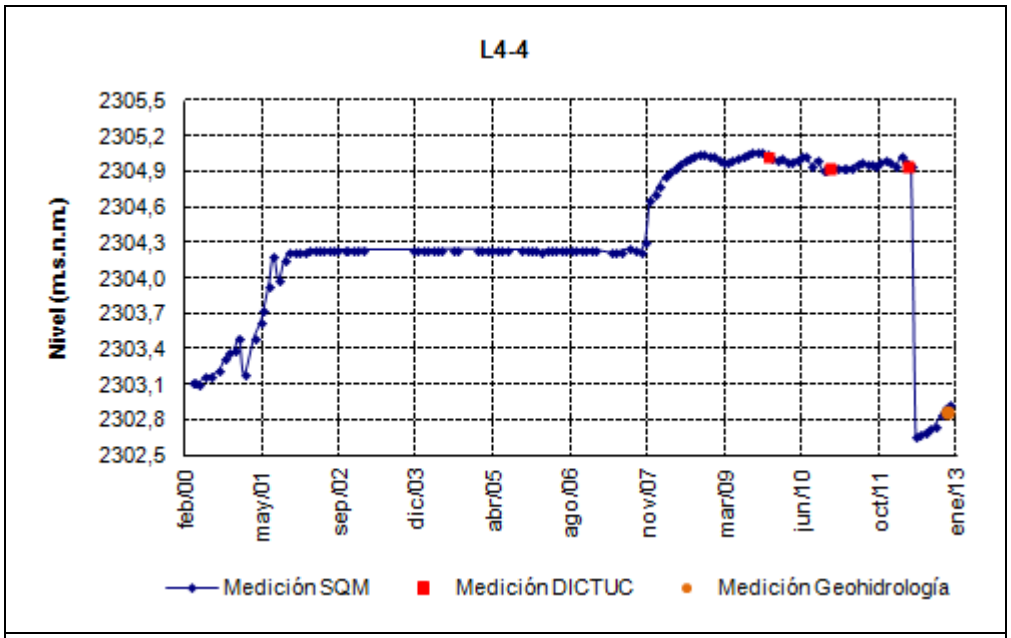


Figura 4.135. Nivel mensual observado en el pozo L4-4.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

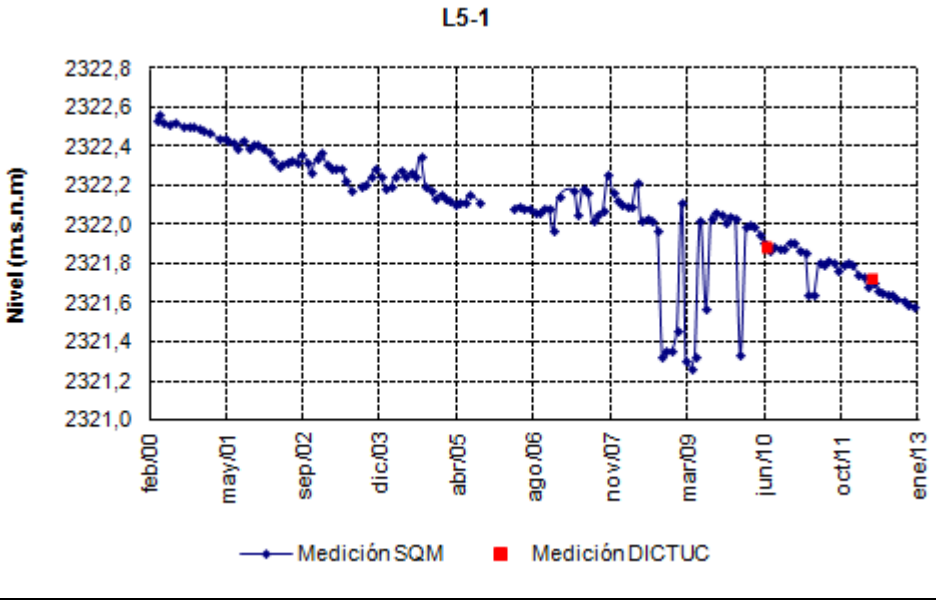


Figura 4.136. Nivel mensual observado en el pozo L5-1.

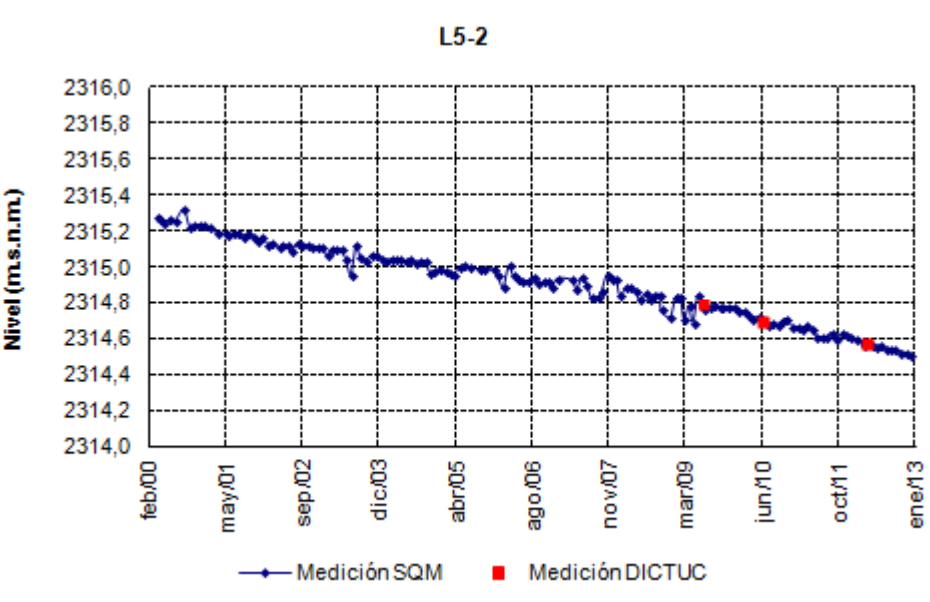


Figura 4.137. Nivel mensual observado en el pozo L5-2.

4.2.1.2 Pozos en zona marginal

En el sistema Aguas de Quelana el nivel del acuífero presenta una oscilación estacional, que es más notoria en aquellos pozos donde la napa se ubica más somera (similar a lo que ocurre en Soncor). Los pozos L3-3 y L4-5 son los únicos pozos en la zona marginal con datos anteriores a 2007. En la Figura 4.139 se aprecia que en el último año el pozo L3-3

presenta un comportamiento claramente estacional, sin embargo, desde el inicio de los registros se observa un leve descenso del nivel de aproximadamente 10 cm en 10 años, es decir, 1 cm/año. Es importante notar en los pozos de este sector, el efecto que tuvieron las lluvias de la primera quincena de febrero de 2012. En efecto en los niveles de febrero a junio de 2012 se registró un aumento de 95 cm en el pozo GD-02, de 20 cm en el pozo L3-3 y de aproximadamente 10 cm en los pozos L3-8, L3-11, L3-12 y L3-14, manteniéndose los niveles relativamente estables en el último periodo.

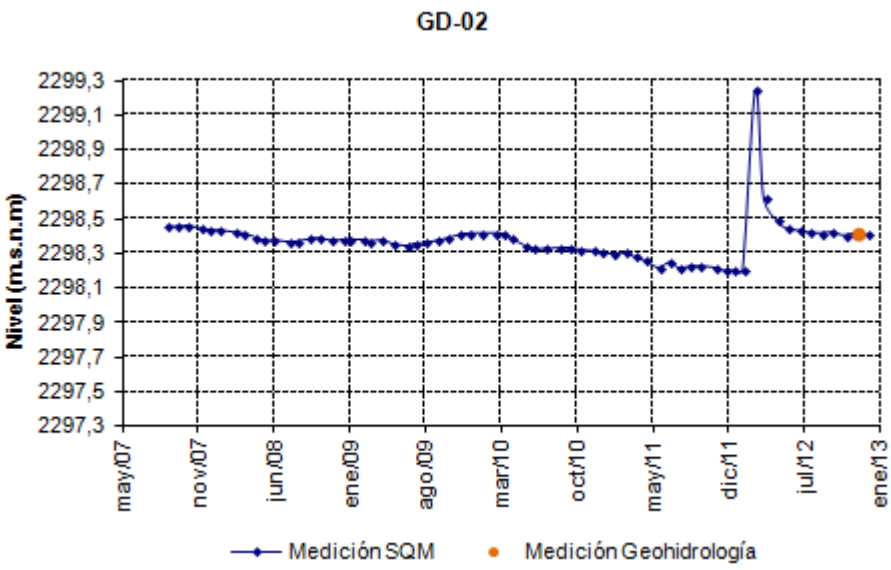


Figura 4.138. Nivel mensual observado en el pozo GD-02.

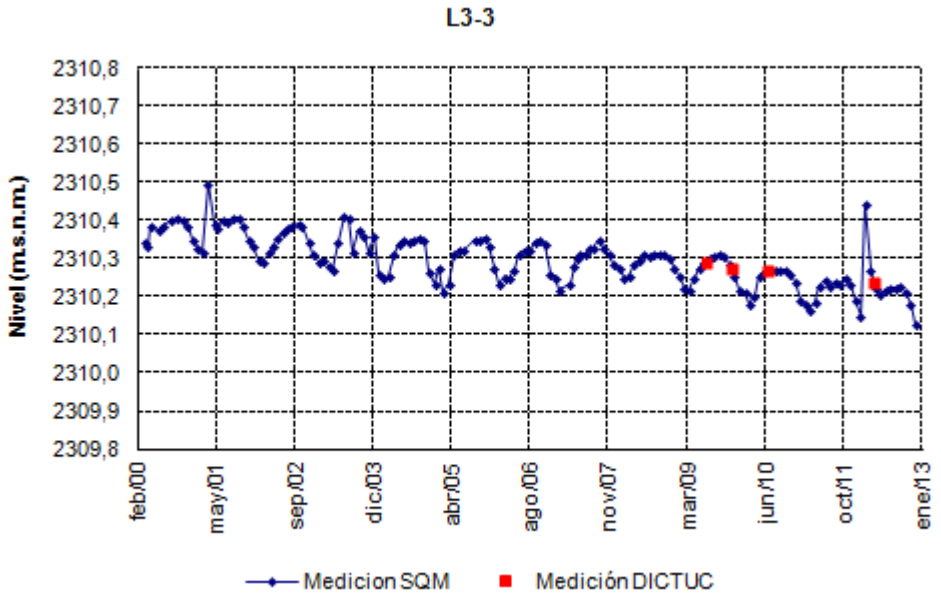


Figura 4.139. Nivel mensual observado en el pozo L3-3.

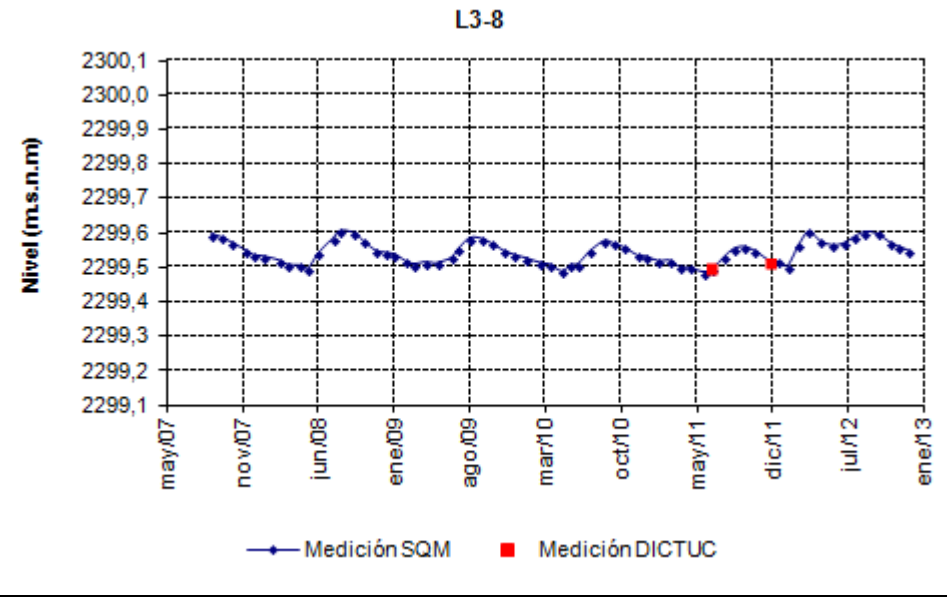


Figura 4.140. Nivel mensual observado en el pozo L3-8.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

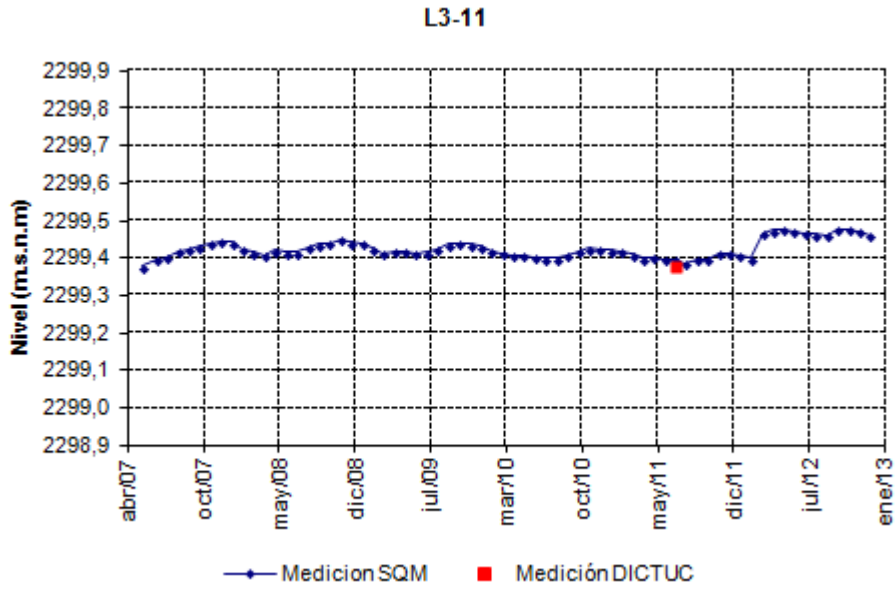


Figura 4.141. Nivel mensual observado en el pozo L3-11.

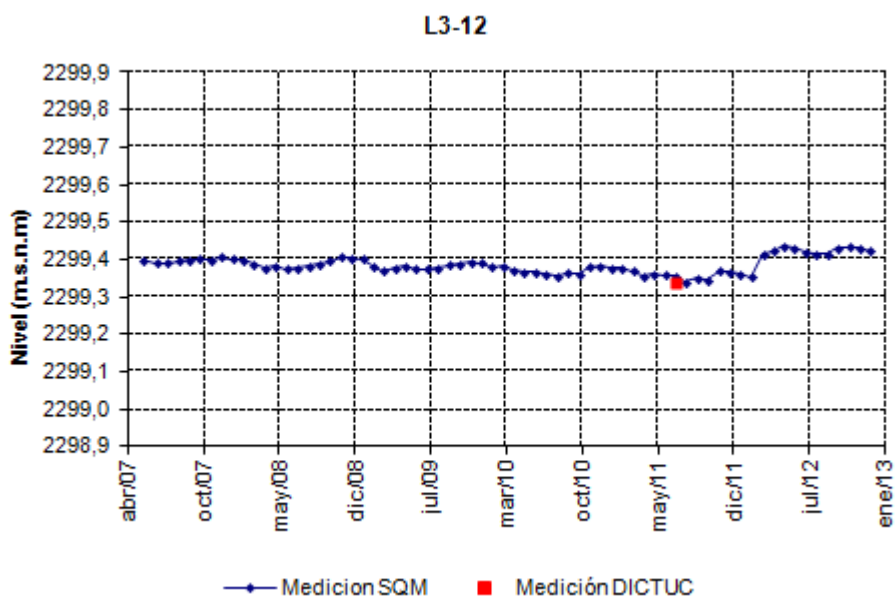


Figura 4.142. Nivel mensual observado en el pozo L3-12.

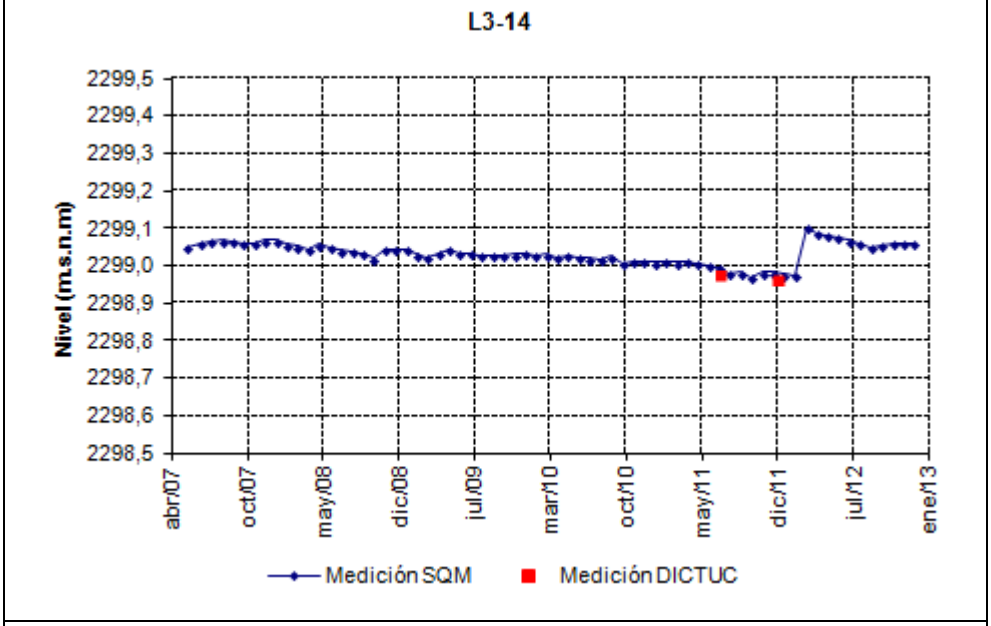


Figura 4.143. Nivel mensual observado en el pozo L3-14.

En la Figura 4.144 se aprecia el nivel mensual observado en el pozo L4-5. A partir de diciembre de 2006 la formación de cristales de sal en su interior impidió la correcta medición de los niveles durante los 3 primeros trimestres del año 2007. Por este motivo, el 26 de septiembre de 2007 se procedió a construir un nuevo pozo aledaño al pozo L4-5 antiguo y a georreferenciar ambos pozos (nuevo y viejo) para poder realizar las comparaciones correspondientes. A partir de esta fecha todos los registros son del nuevo pozo L4-5.

Los pozos L14-1, L14-2 y L14-3 son los que se encuentran más próximos a los pozos de bombeo Camar y Socaire 5. El pozo L14-1 es el que presenta el mayor descenso de los tres y es claro el efecto combinado de ambos pozos de bombeo; el descenso observado en este pozo es aproximadamente 40 cm en poco más de 4 años de registro, en tanto que el L14-2 sólo se aprecia un descenso total de 15 cm. Finalmente en el pozo L14-3 ya no se ven los efectos del bombeo. El pozo L14-1 no pudo monitorearse en febrero de 2012 por problemas de inundación y cortes de camino; se observa el claro efecto de las lluvias estivales de 2012 en los niveles de estos pozos, los que a la fecha se han mantenido sobre el nivel observado en enero de 2012.

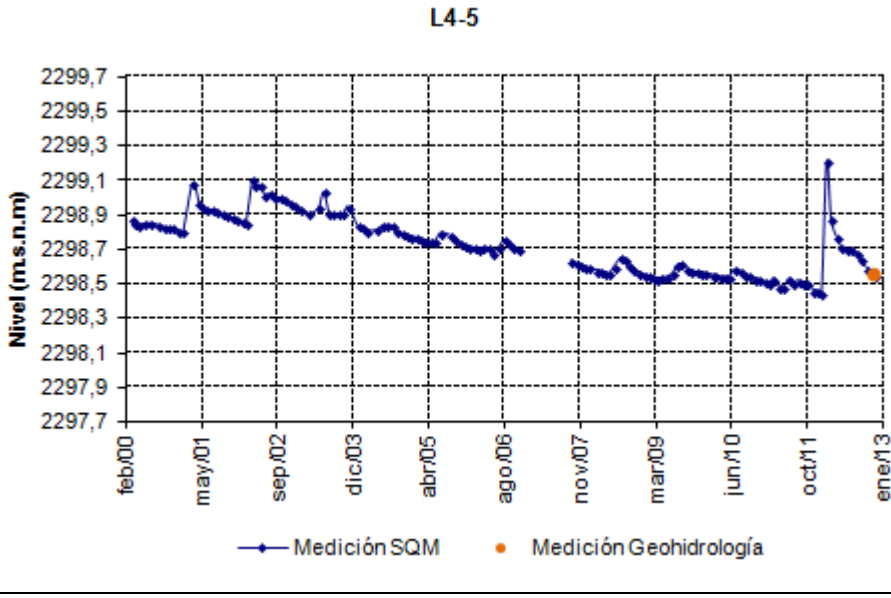


Figura 4.144. Nivel mensual observado en el pozo L4-5.

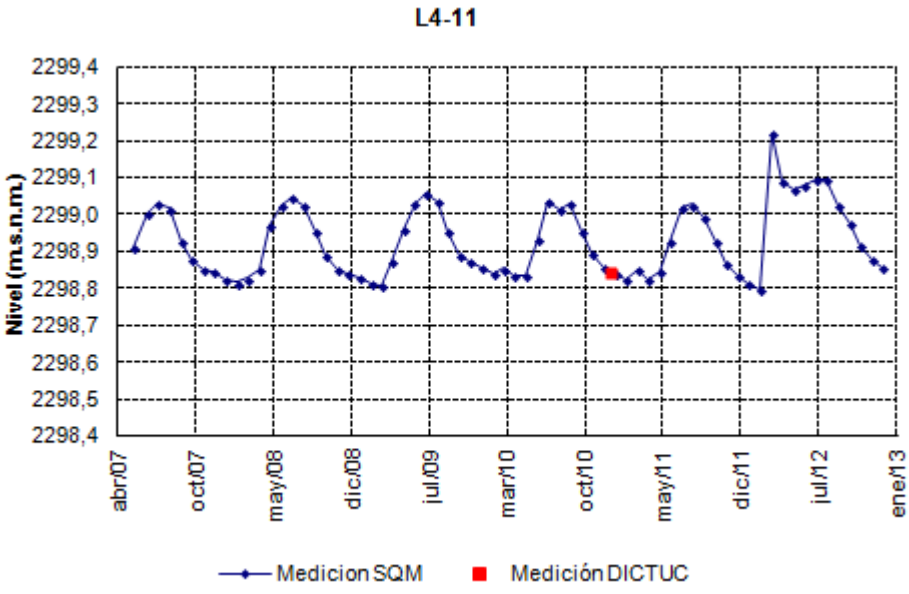


Figura 4.145. Nivel mensual observado en el pozo L4-11.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

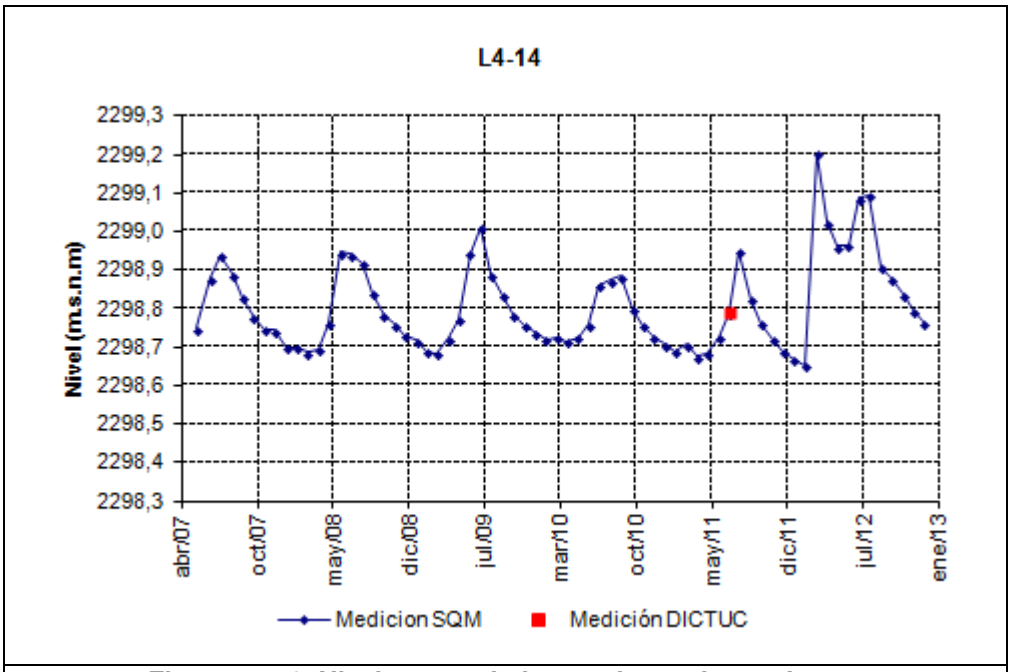


Figura 4.146. Nivel mensual observado en el pozo L4-14.

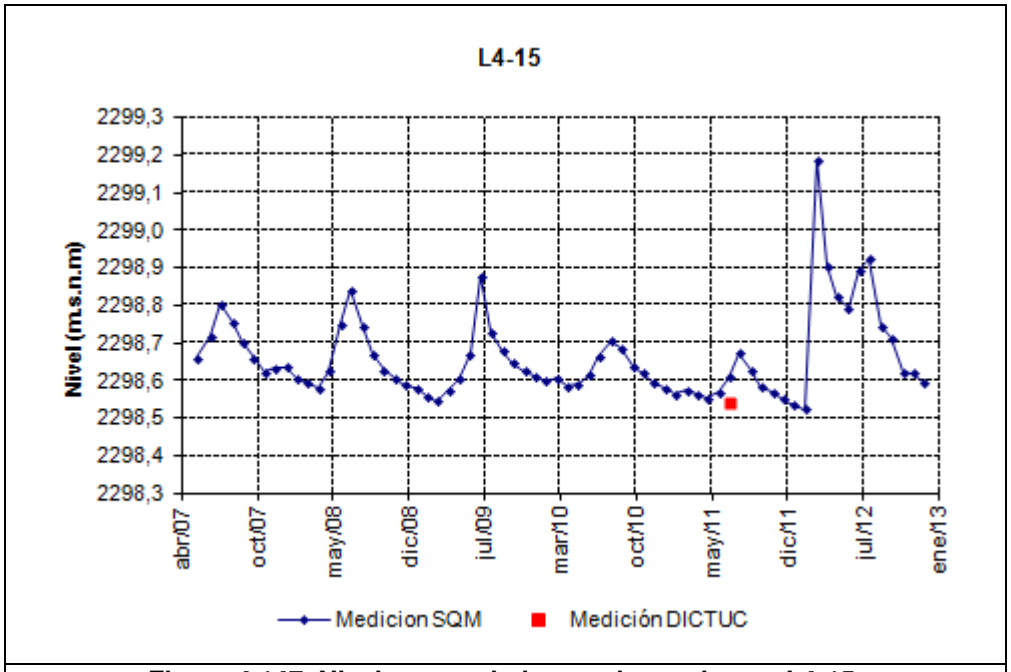


Figura 4.147. Nivel mensual observado en el pozo L4-15.

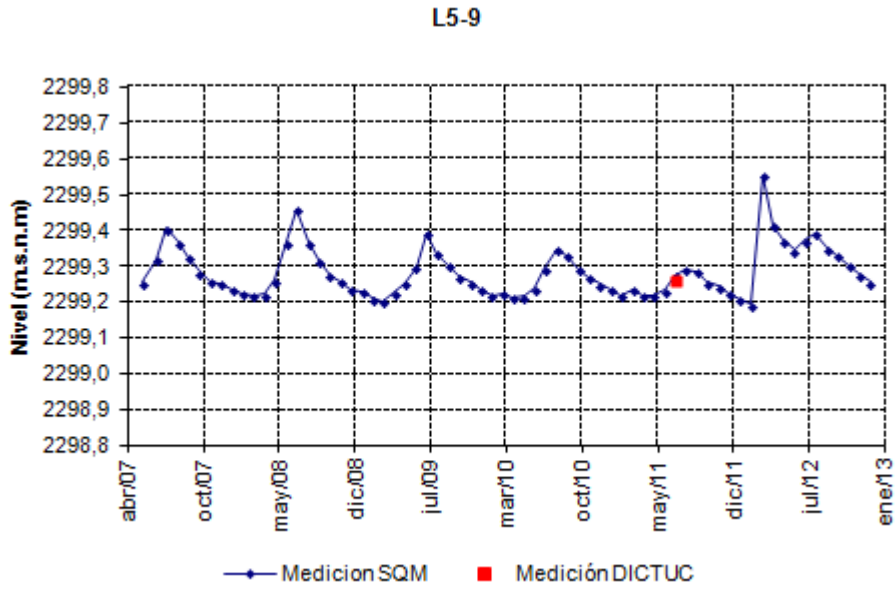


Figura 4.148. Nivel mensual observado en el pozo L5-9.

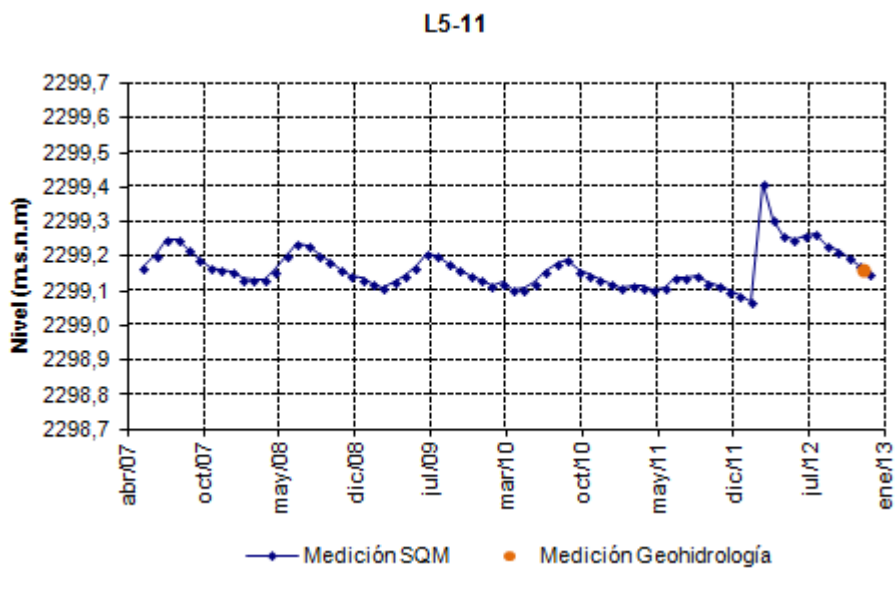


Figura 4.149. Nivel mensual observado en el pozo L5-11.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

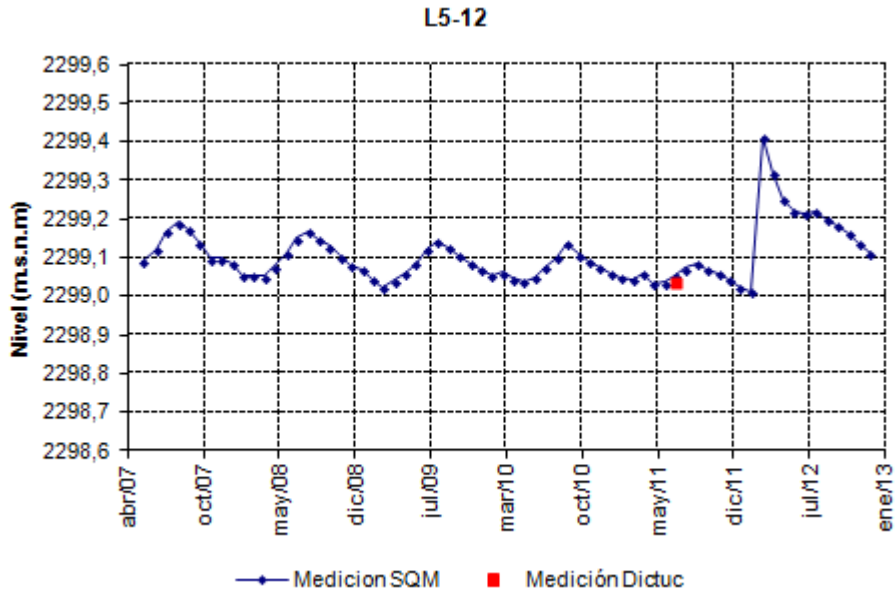


Figura 4.150. Nivel mensual observado en el pozo L5-12.

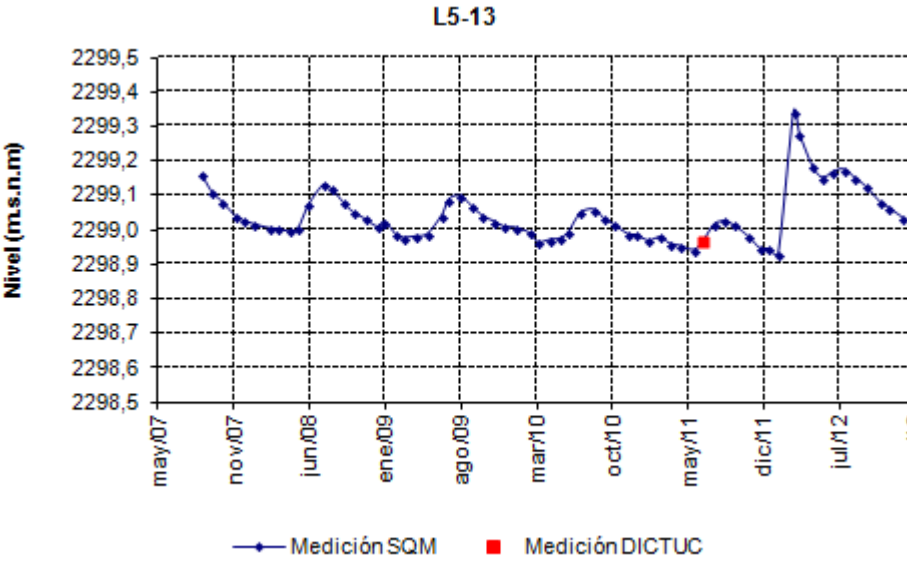


Figura 4.151. Nivel mensual observado en el pozo L5-13.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

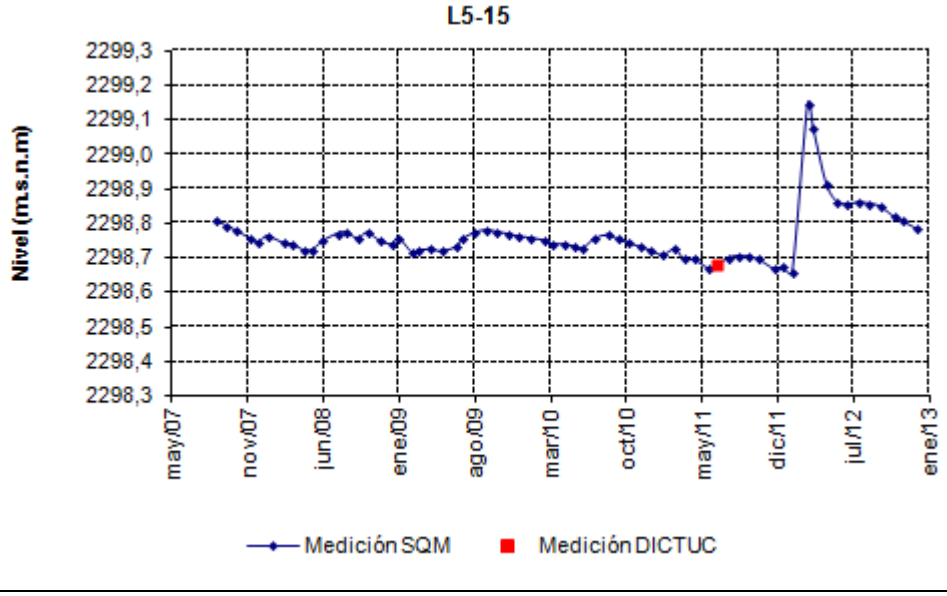


Figura 4.152. Nivel mensual observado en el pozo L5-15.

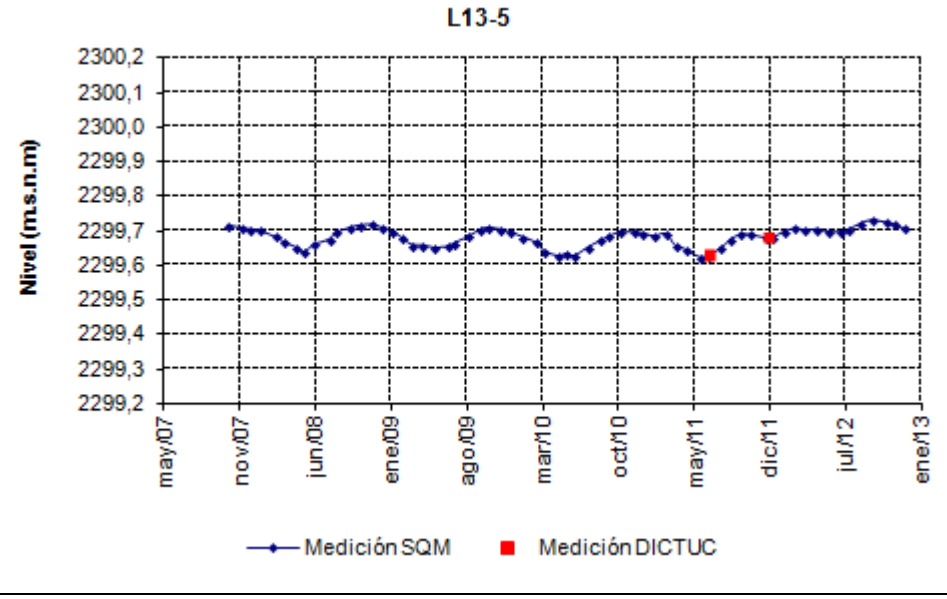


Figura 4.153. Nivel mensual observado en el pozo L13-5.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

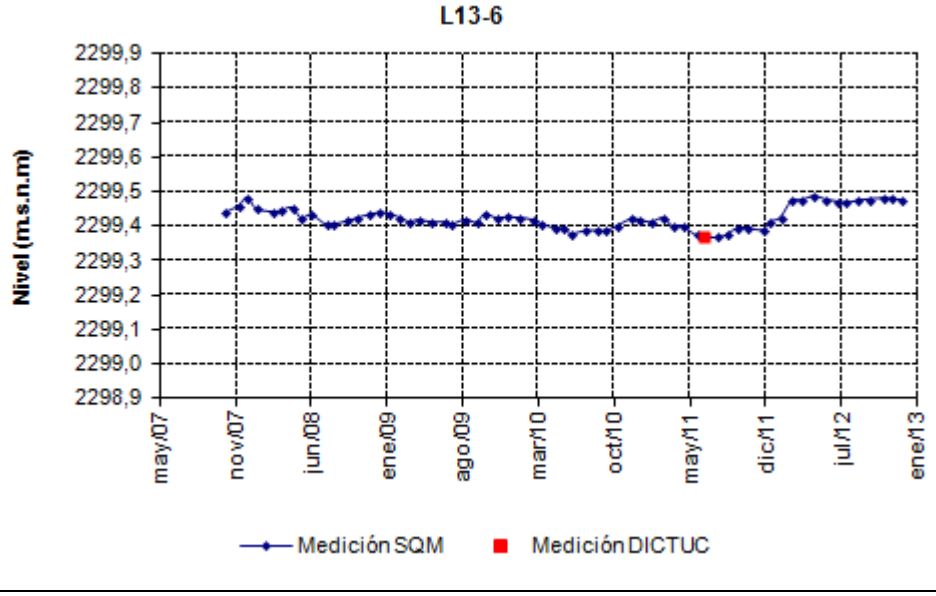


Figura 4.154. Nivel mensual observado en el pozo L13-6.

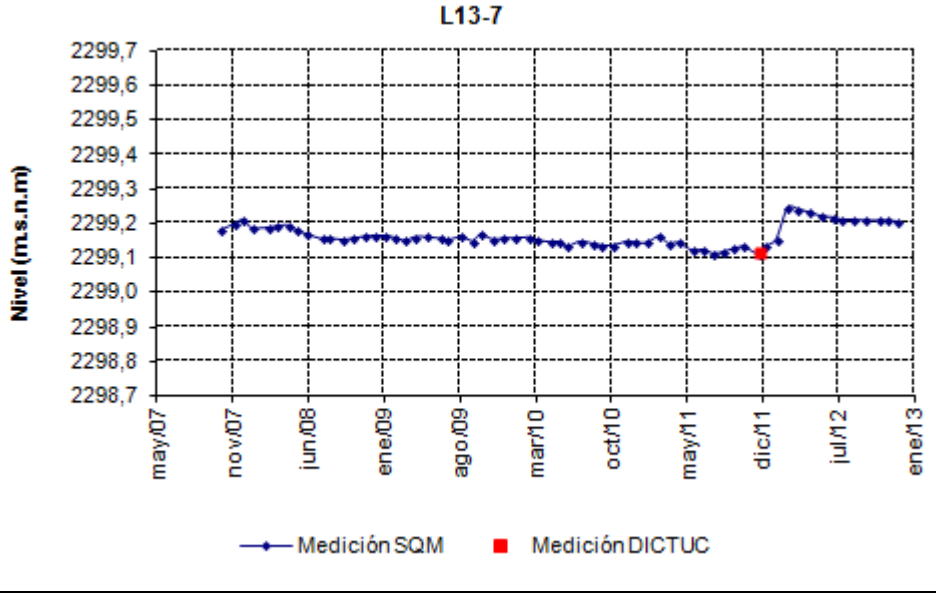


Figura 4.155. Nivel mensual observado en el pozo L13-7.

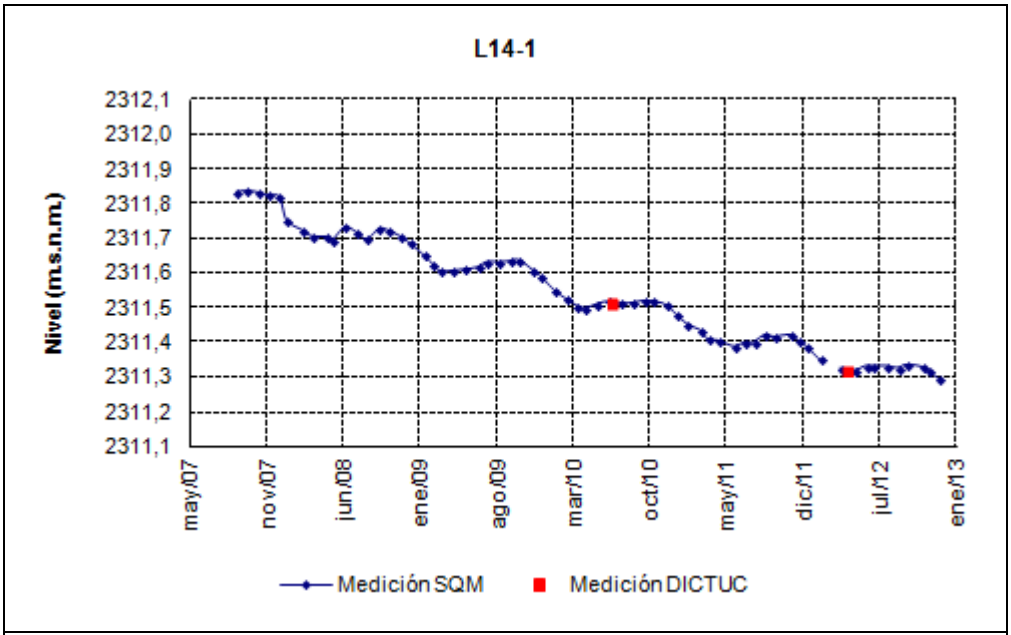


Figura 4.156. Nivel mensual observado en el pozo L14-1.

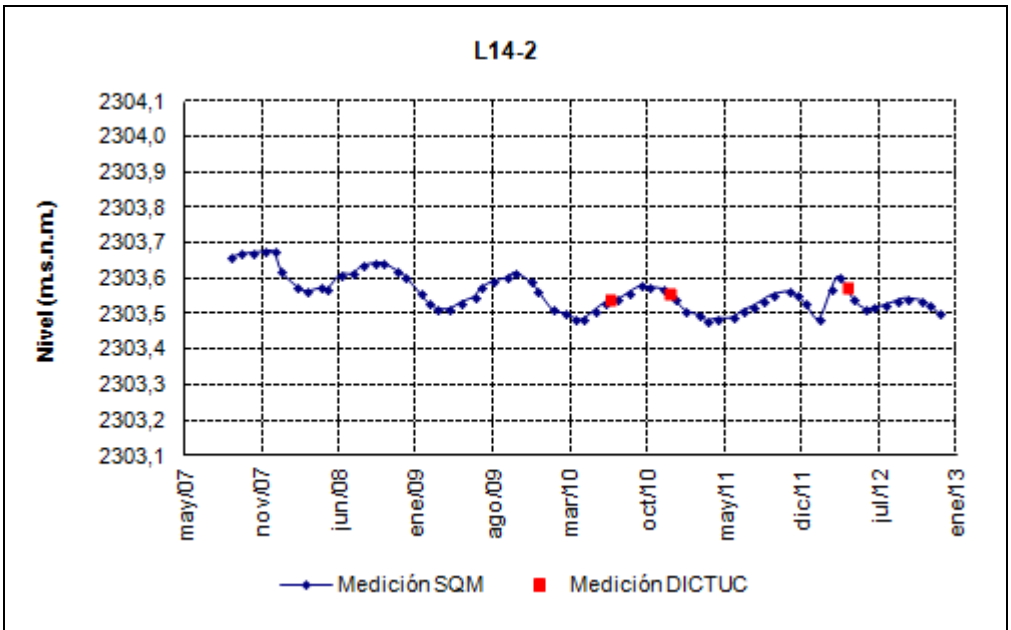


Figura 4.157. Nivel mensual observado en el pozo L14-2.

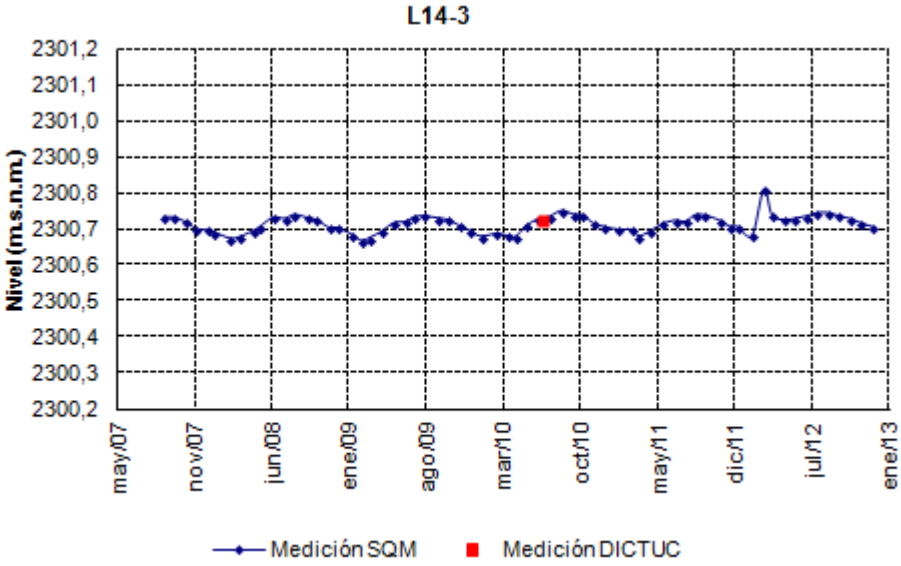


Figura 4.158. Nivel mensual observado en el pozo L14-3.

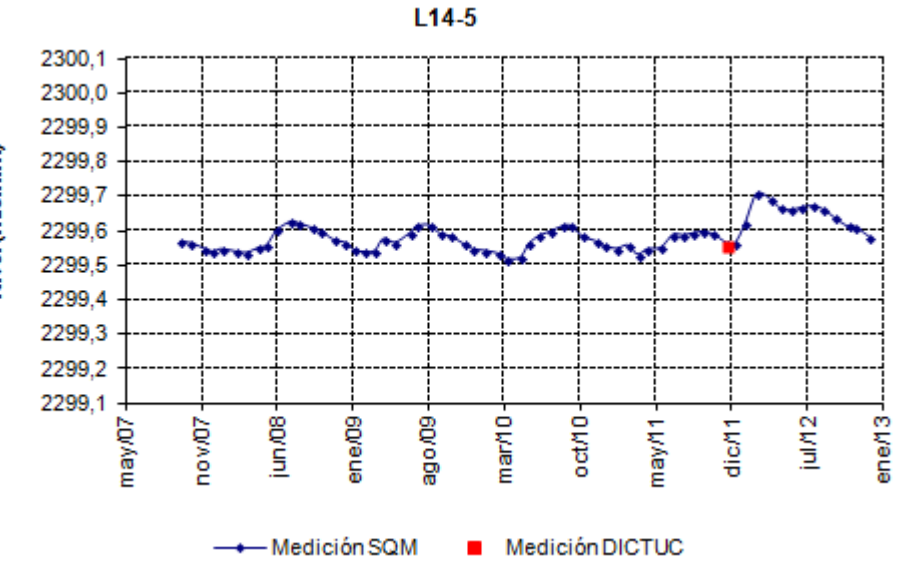


Figura 4.159. Nivel mensual observado en el pozo L14-5.

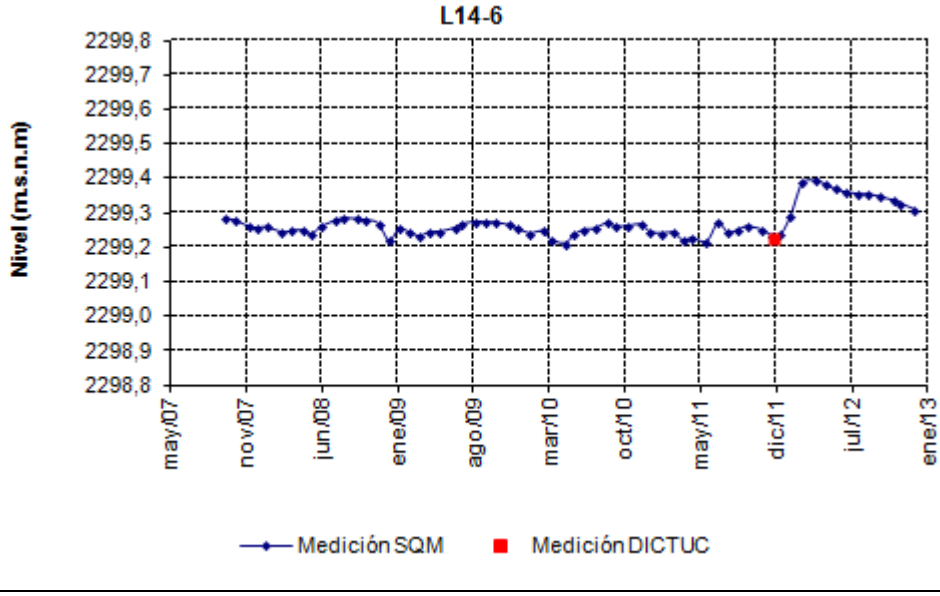


Figura 4.160. Nivel mensual observado en el pozo L14-6.

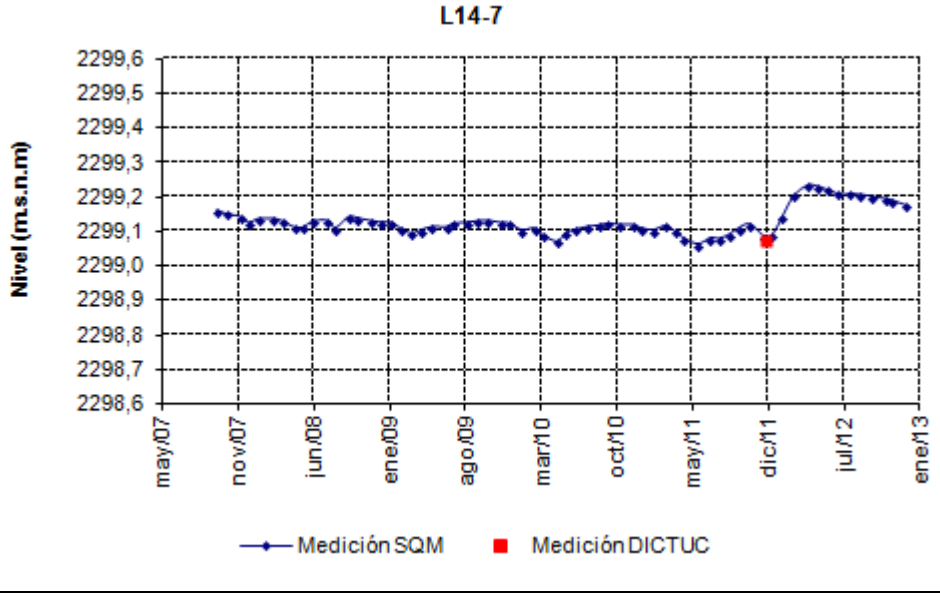


Figura 4.161. Nivel mensual observado en el pozo L14-7.

4.2.1.3 Reglillas

Desde la Figura 4.162 a la Figura 4.164 se muestra los niveles mensuales observados en las reglillas ubicadas en el sector Aguas de Quelana.

Dado que la reglilla L5-G3 tiene datos de medición continua desde septiembre de 2007, para una mejor visualización se presenta el seguimiento de esta reglilla en dos gráficos. El primero muestra la serie histórica (Figura 4.162), mientras que el segundo (Figura 4.163) muestra los datos a partir de mayo del 2007. Los gráficos muestran un comportamiento estable desde inicio de las mediciones a comienzos del año 2000. Se observa un aumento puntual de nivel en febrero de 2012, provocado por las lluvias que ocurrieron la primera quincena de ese mes.

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

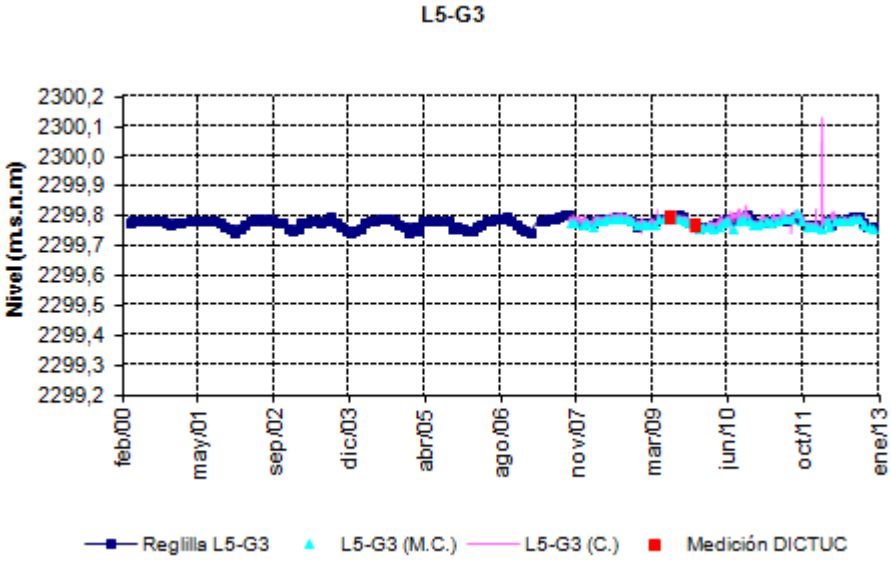


Figura 4.162. Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos).

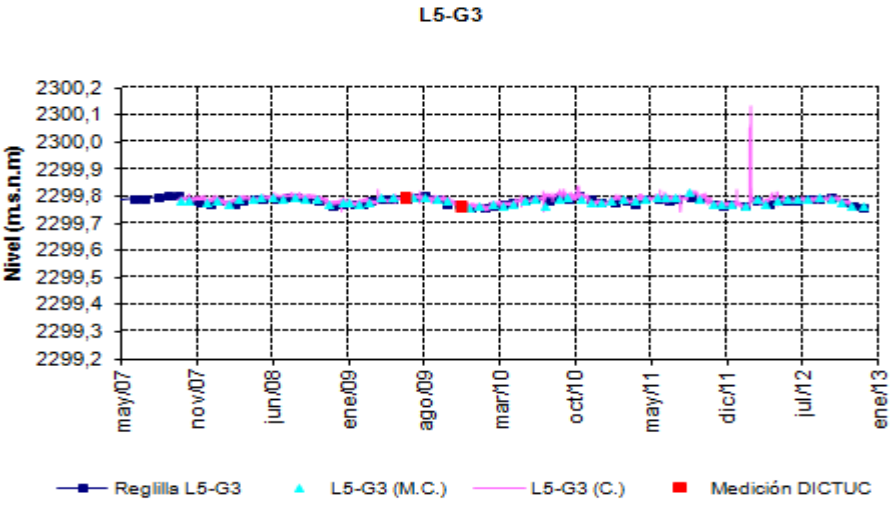


Figura 4.163. Nivel mensual observado en la reglilla L5-G3 desde 13 de mayo de 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC. (Línea azul: datos históricos; puntos rojos: medición manual en reglilla con registros de datos continuos – M.C.; línea magenta: datos continuos).

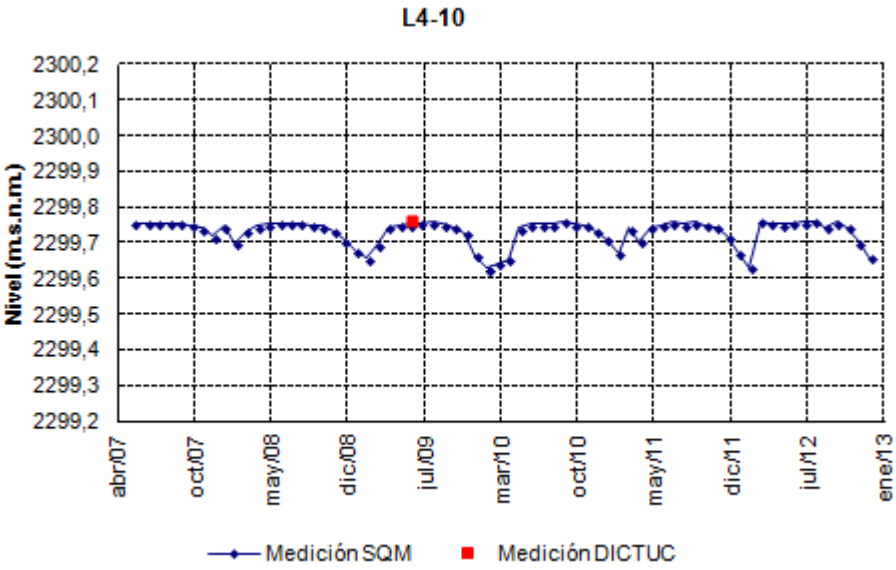


Figura 4.164. Nivel mensual observado en la reglilla L4-10.

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 4.165 a la Figura 4.187. Es importante recordar que aquellos pozos ubicados en sectores con densidad del agua variable deben ser recalibrados permanentemente. Los puntos mostrados en las figuras (color azul) corresponden a mediciones manuales realizadas en el pozo correspondiente.

Al igual que para el caso del sistema Soncor, hubo transductores de presión que presentaron problemas en su funcionamiento inicial (L3-5, L3-13, L4-8, L5-3, L5-6, L5-8) los que fueron debidamente reemplazados por transductores nuevos, de manera de asegurar una correcta medición de niveles. Cabe señalar que después de la reposición de todos los transductores de presión no se observaron valores anómalos, salvo las variaciones propias por cambio de densidad. Con fecha 26 de enero de 2012 se cambió el transductor del pozo L5-7.

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 en el tiempo.

De manera general y unificando lo observado en los pozos del sistema Aguas de Quelana anteriormente mencionados, se observa descensos aguas arriba y aguas abajo del sistema lagunar difuso, descensos que se correlacionan con los descensos históricos. La zona lagunar difusa no presenta descenso y se mantiene estable en el tiempo.

Cabe destacar el ascenso temporal de niveles en aquellos pozos más someros y cercanos a la zona lagunar difusa, producto de la precipitación ocurrida en el mes de febrero de 2012, similar a lo que se observó en el sector de Soncor.

Con fecha 24 de agosto de 2012 y 05 de diciembre de 2012 se cambió el transductor del

pozo L14-4 y L13-3 respectivamente.

En el pozo L5-6 no se cuenta con datos de registro continuo durante la segunda quincena del mes de diciembre de 2012, ya que el transductor presentó un problema de comunicación con el aparato de recepción (*palm*). Por lo anterior se chequeó el cable *vented* de comunicación y *palm*, para descartar posible falla y realizar los cambios pertinentes, para lo cual se realizaron posteriormente 2 visitas al punto de monitoreo para verificar el funcionamiento de los equipos de medición continua y así evitar que esta situación se vuelva a repetir.

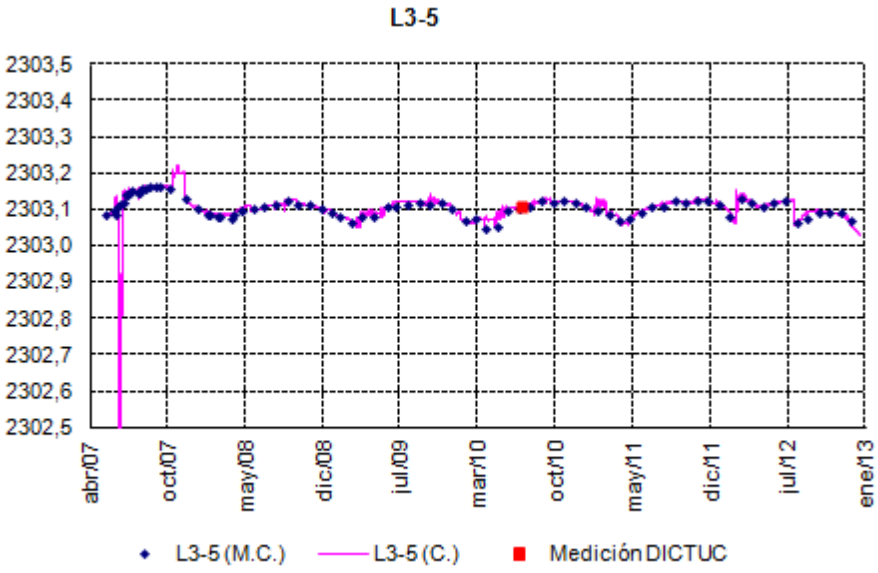


Figura 4.165. Nivel observado en el pozo L3-5 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

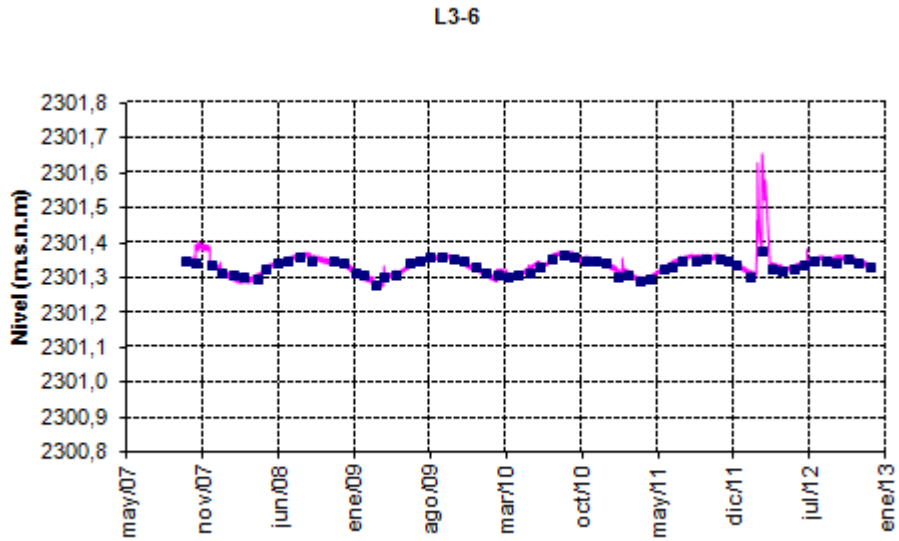


Figura 4.166. Nivel mensual observado en el pozo L3-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

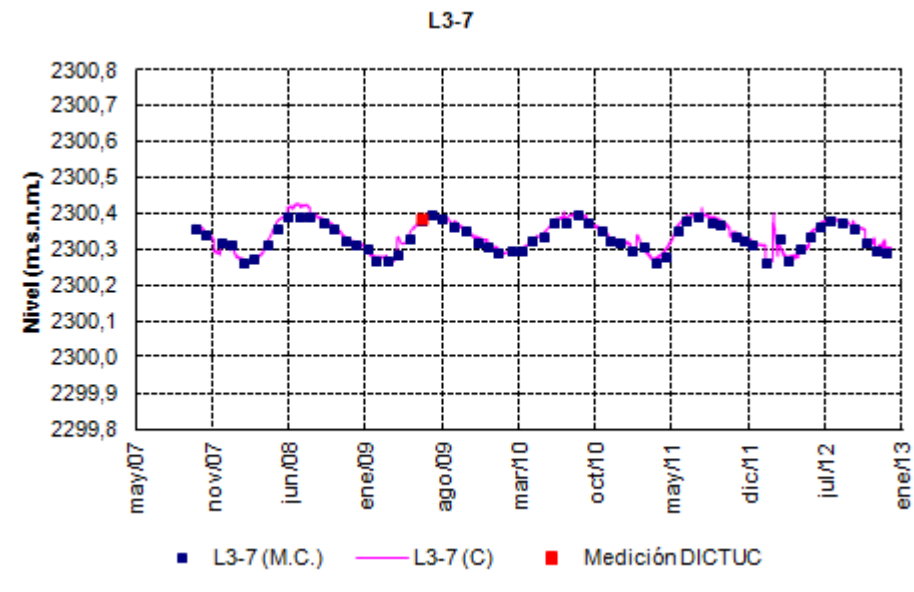


Figura 4.167. Nivel mensual observado en el pozo L3-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

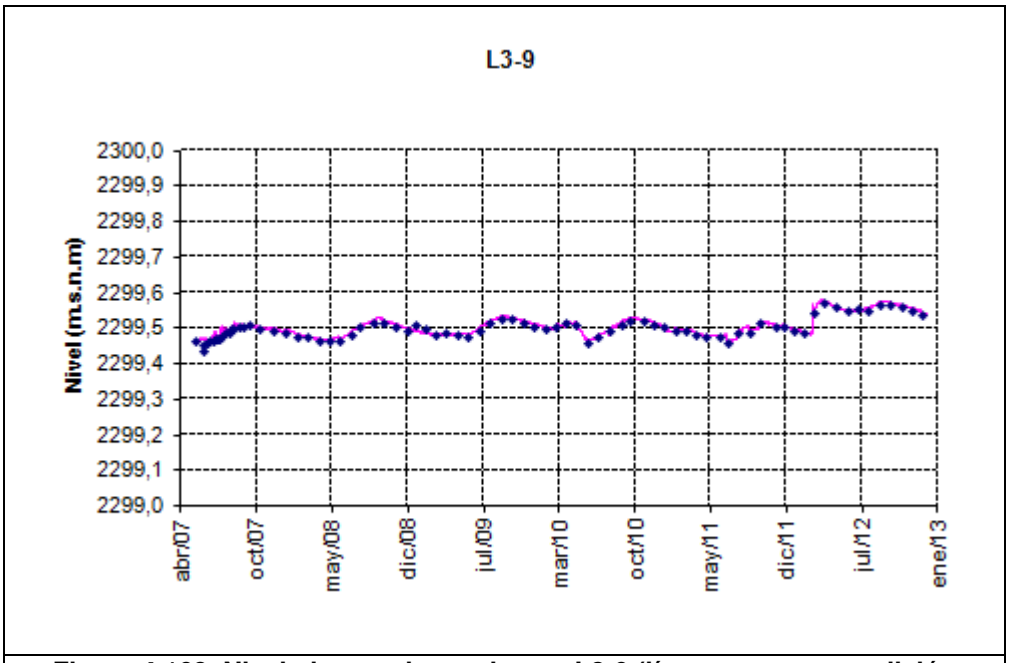


Figura 4.168. Nivel observado en el pozo L3-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

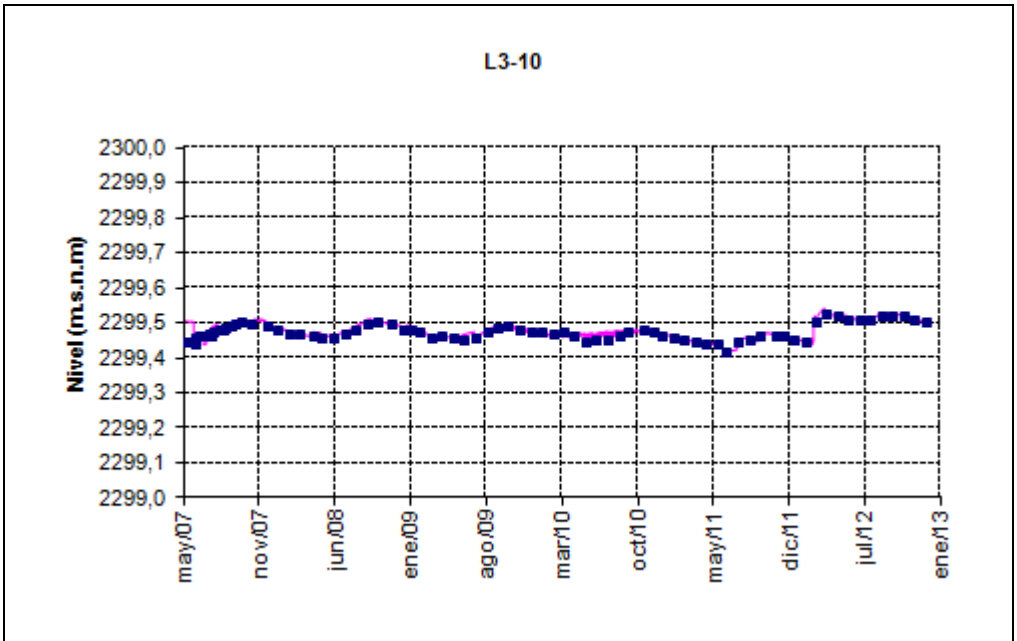


Figura 4.169. Nivel observado en el pozo L3-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

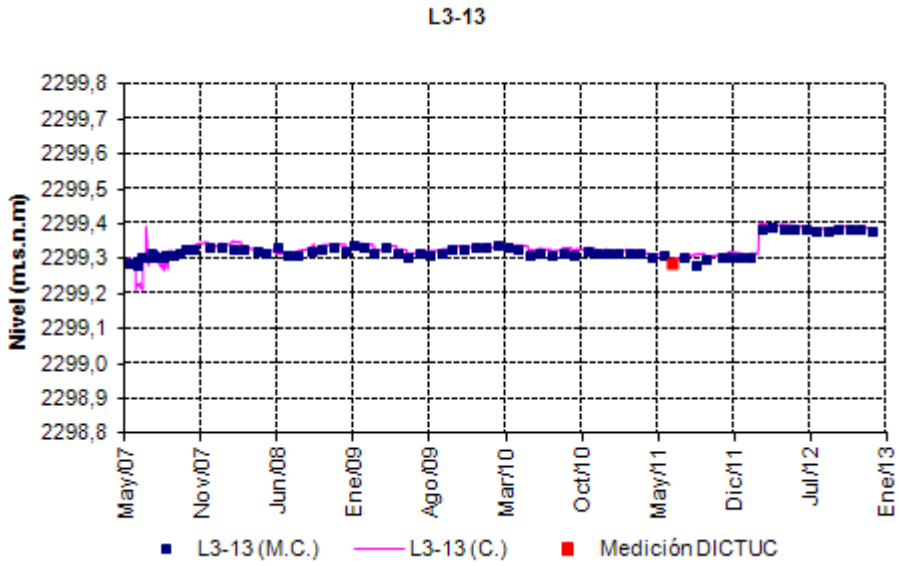


Figura 4.170. Nivel observado en el pozo L3-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

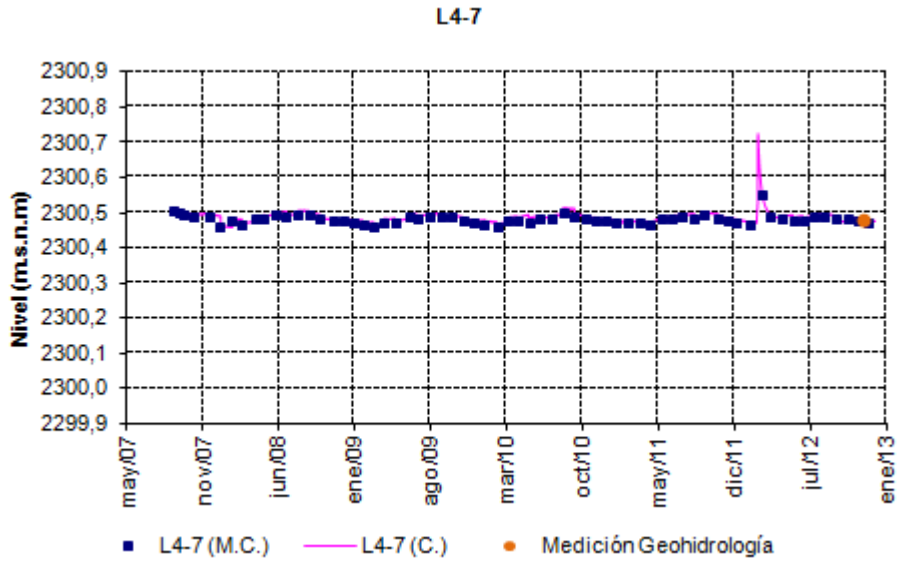


Figura 4.171. Nivel mensual observado en el pozo L4-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

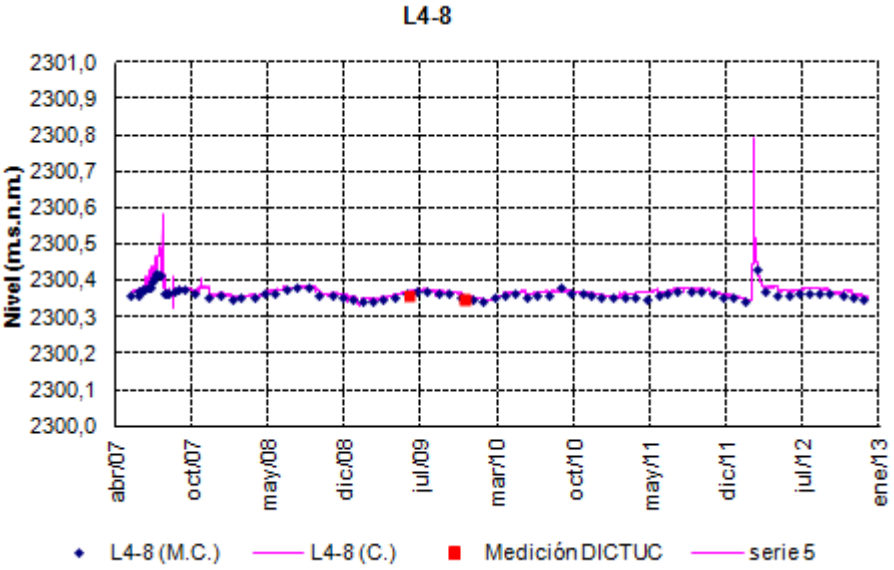


Figura 4.172. Nivel observado en el pozo L4-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

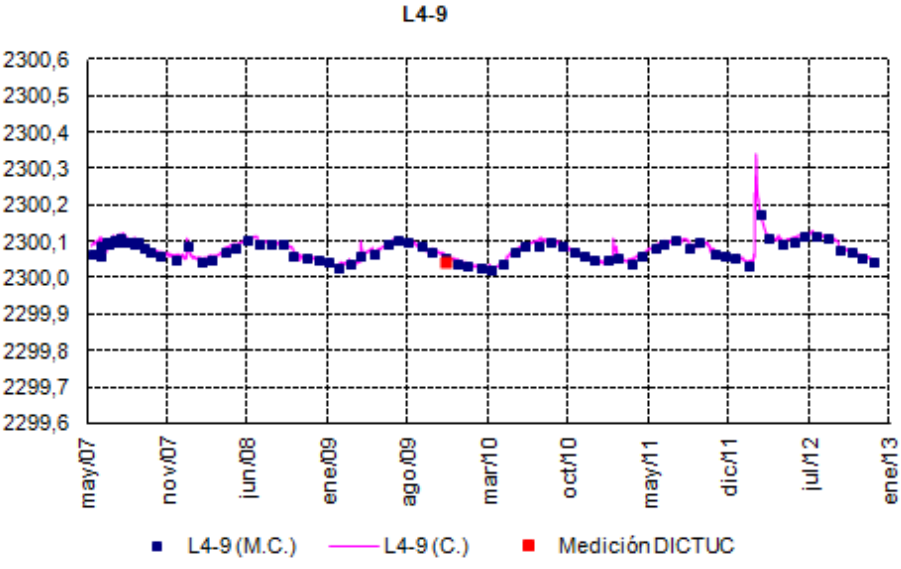


Figura 4.173. Nivel observado en el pozo L4-9 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

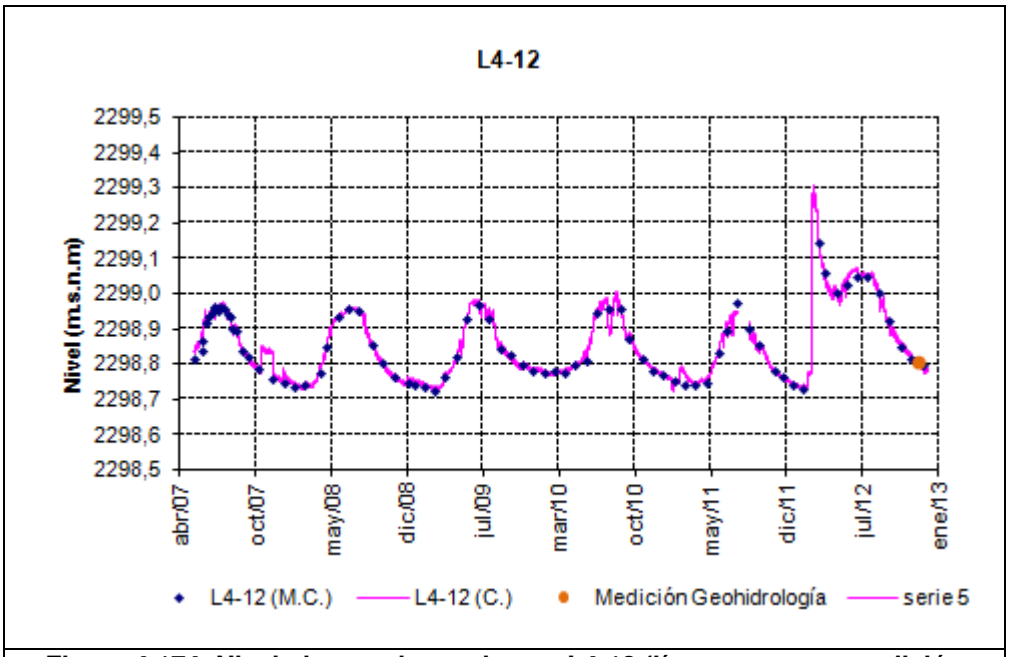


Figura 4.174. Nivel observado en el pozo L4-12 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

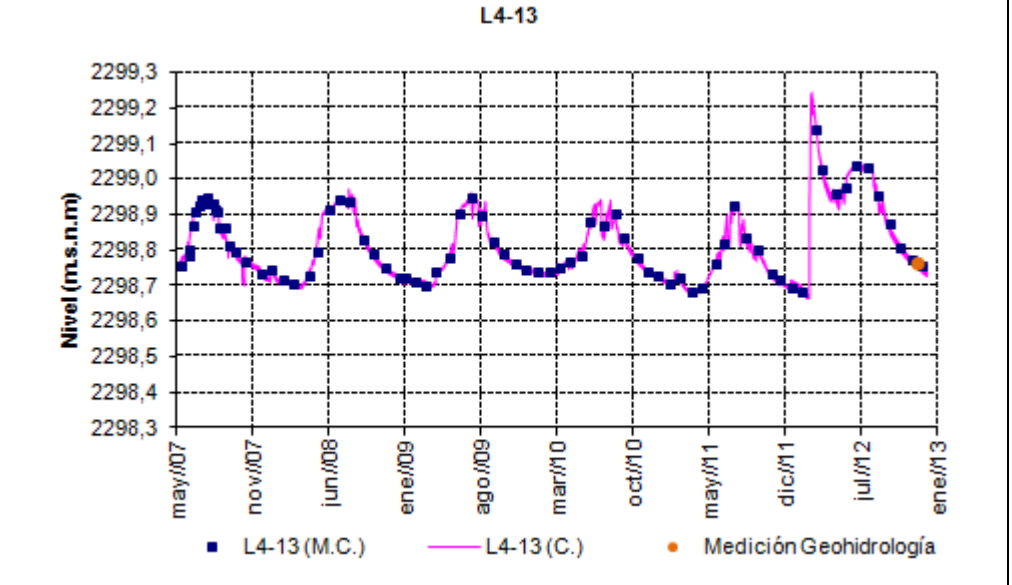


Figura 4.175. Nivel observado en el pozo L4-13 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

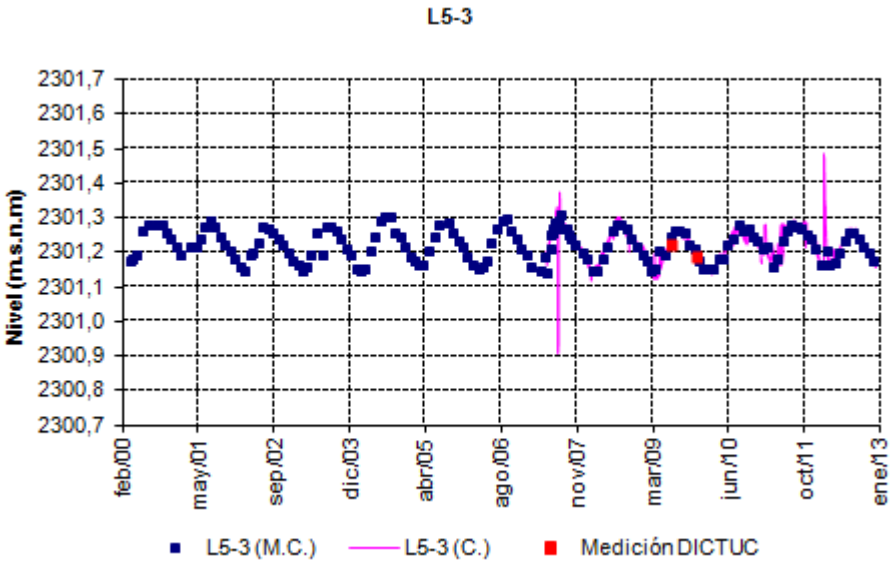


Figura 4.176. Nivel mensual observado en el pozo L5-3.

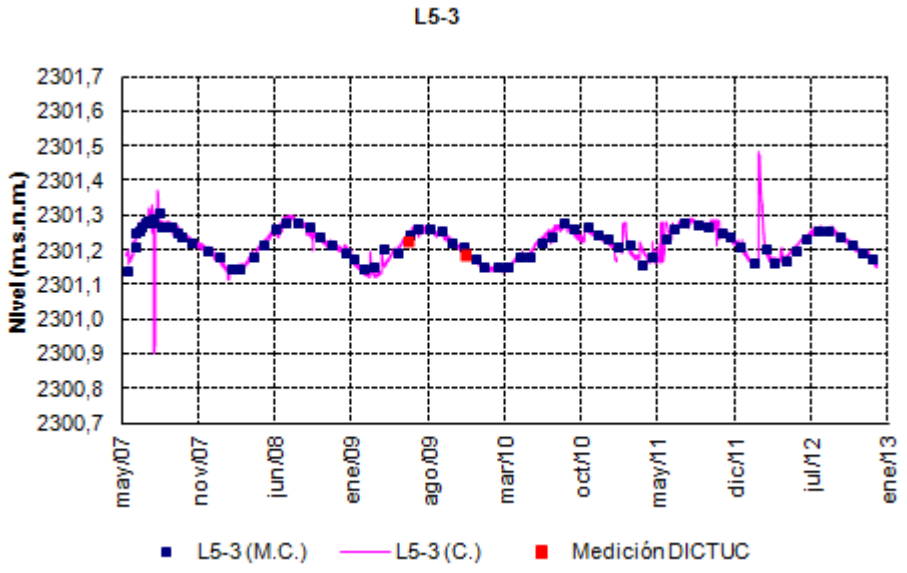


Figura 4.177. Nivel observado en el pozo L5-3 desde 13 de mayo del 2007, fecha de inicio de medición de pozos del PC (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

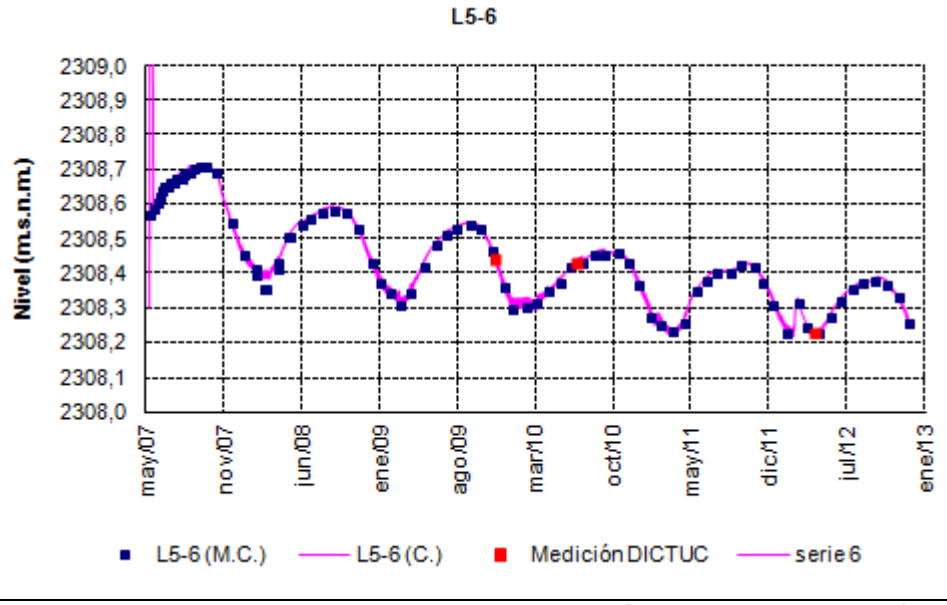


Figura 4.178. Nivel observado en el pozo L5-6 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

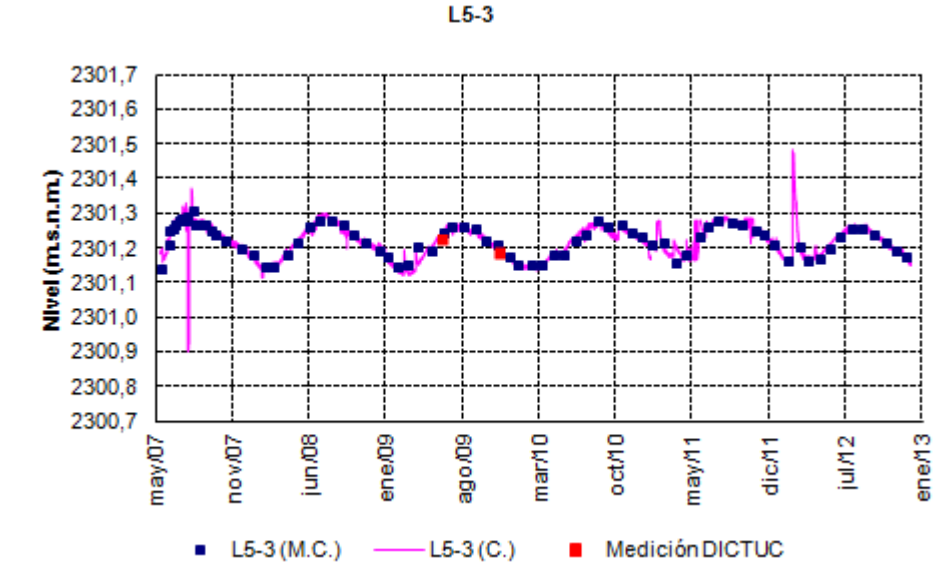


Figura 4.179. Nivel mensual observado en el pozo L5-7 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

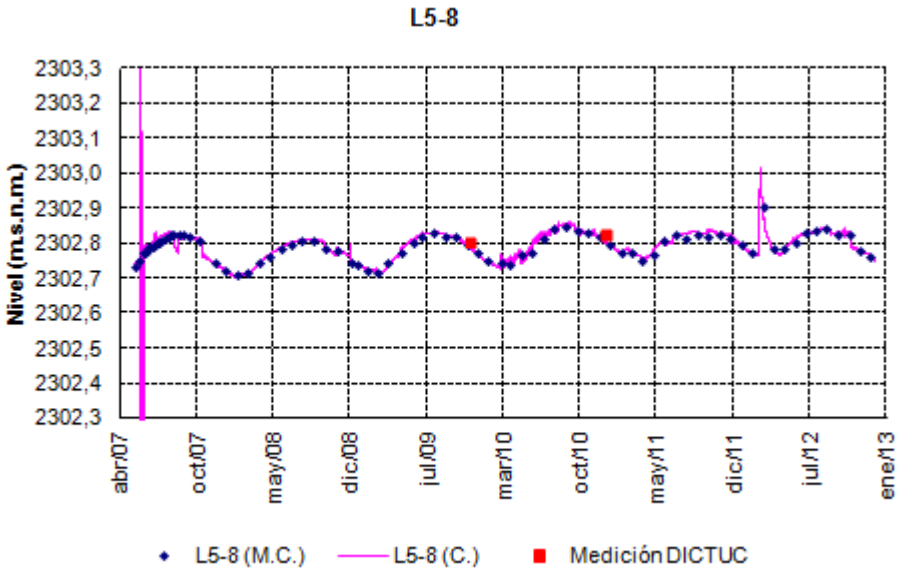


Figura 4.180. Nivel observado en el pozo L5-8 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

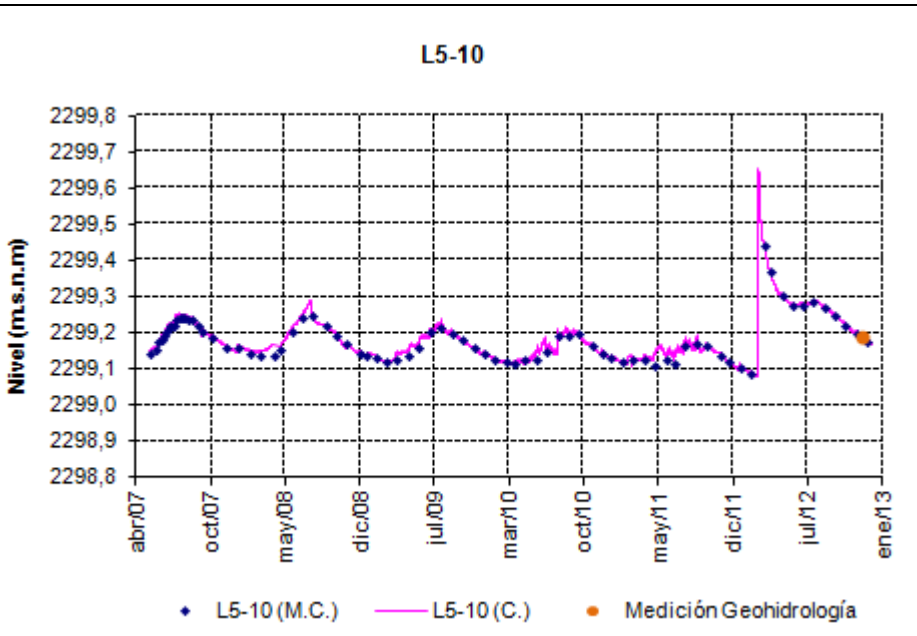


Figura 4.181. Nivel observado en el pozo L5-10 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

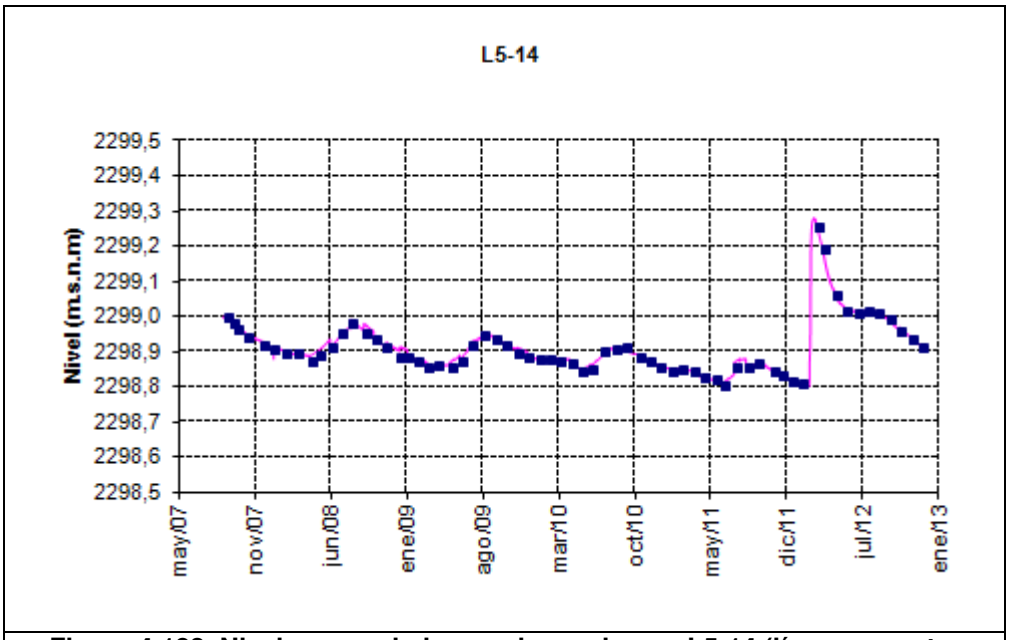


Figura 4.182. Nivel mensual observado en el pozo L5-14 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

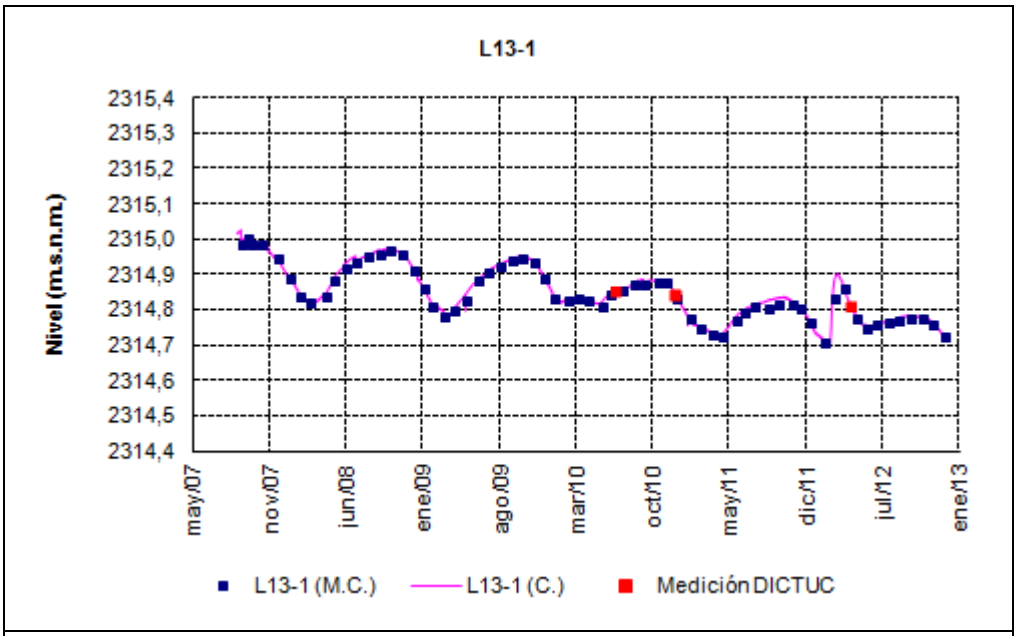


Figura 4.183. Nivel mensual observado en el pozo L13-1 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

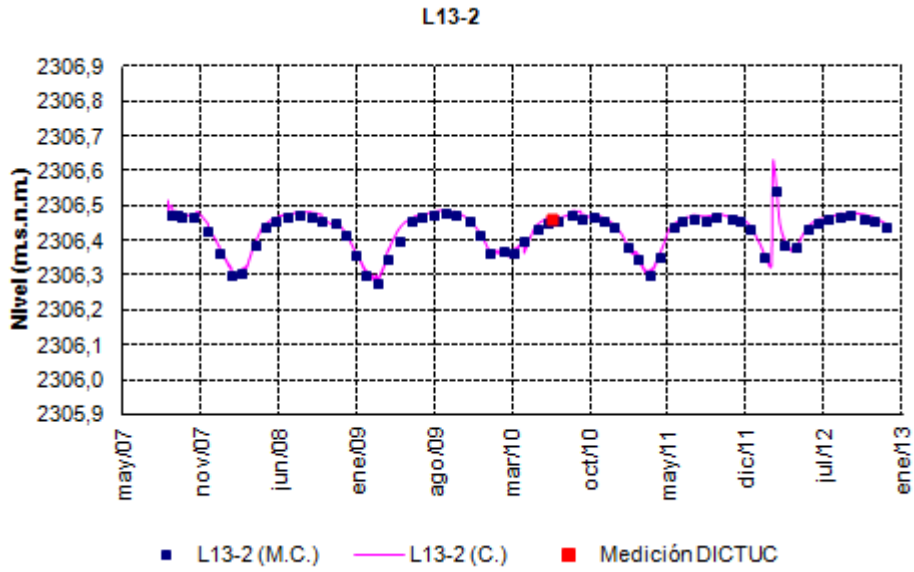


Figura 4.184. Nivel mensual observado en el pozo L13-2 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

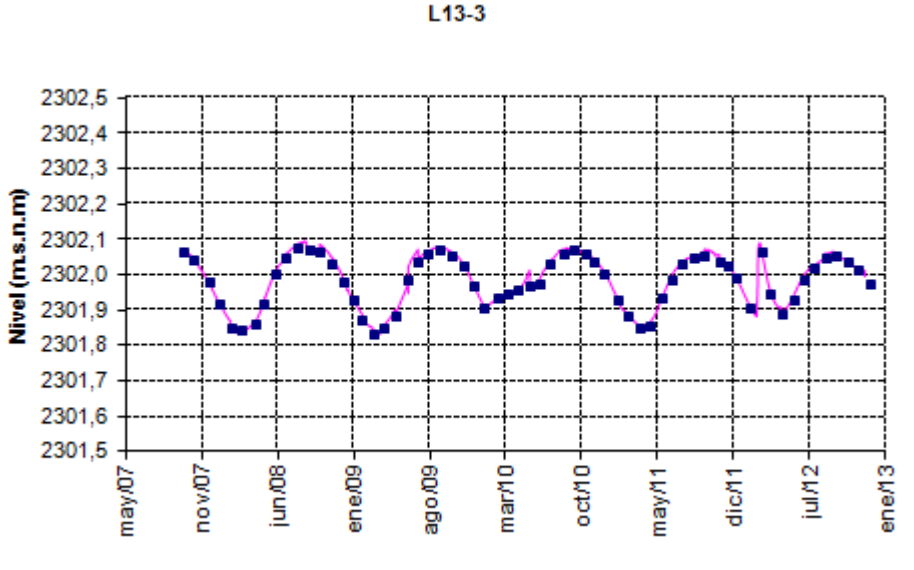


Figura 4.185. Nivel mensual observado en el pozo L13-3 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

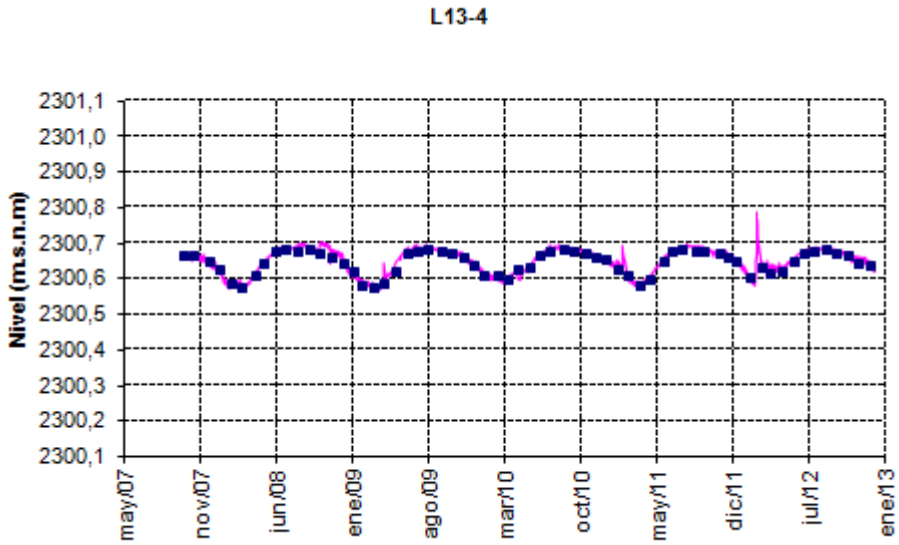


Figura 4.186. Nivel mensual observado en el pozo L13-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

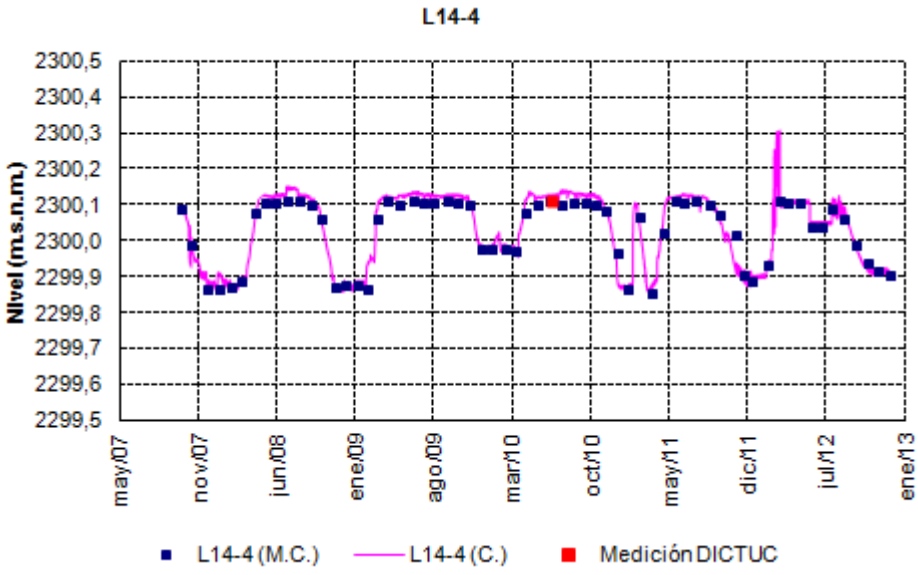


Figura 4.187. Nivel mensual observado en el pozo L14-4 (línea magenta: medición continua, puntos azules: mediciones manuales).

4.2.1.5 Pozos de salmuera

Desde la Figura 4.188 a la Figura 4.193 se presenta los niveles en los pozos del PSAH del sistema Aguas de Quelana catalogados como pozos de salmuera. En general, en todos

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

aquellos pozos que cuentan con registros históricos extensos, se observan aumentos marcados de nivel provocados por las precipitaciones que ocurren durante el verano (invierno altiplánico) tal como lo ocurrido en 2001, 2002 y 2012, este último asociado a las precipitaciones ocurridas durante la primera quincena de febrero, además se observa un descenso gradual marcado por aumentos y descensos de nivel asociados al efecto combinado de la estacionalidad de la evaporación, al caudal de bombeo de salmuera de los pozos del sector norte (SOP) tal como el aumento de nivel que se observa en 2009 y 2010 asociado a una disminución en el bombeo y/o con un aumento de la recarga y las precipitaciones que cayeron durante el año. En el último periodo los niveles se han mantenido estables encontrándose por sobre las mediciones registradas en diciembre de 2011.

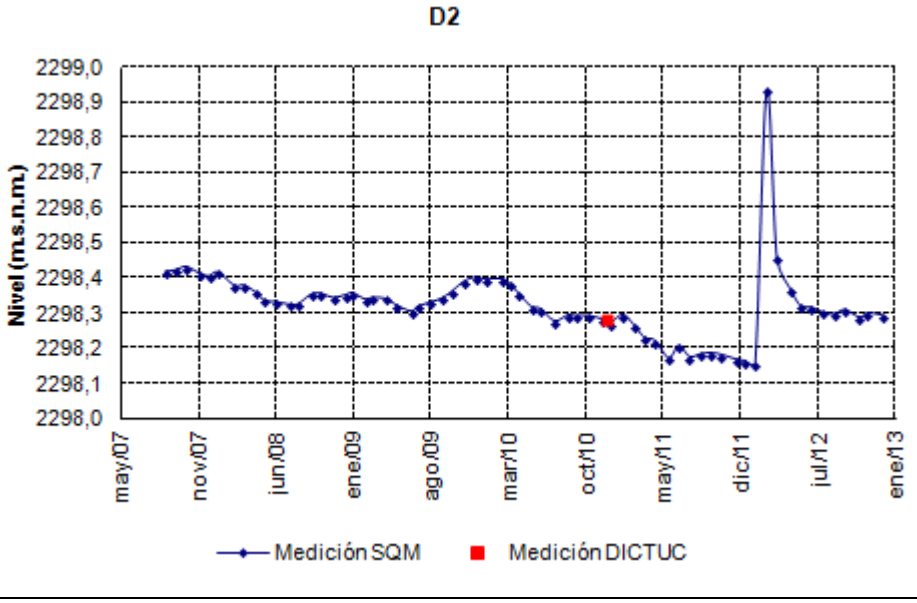


Figura 4.188. Nivel mensual observado en el pozo D2.

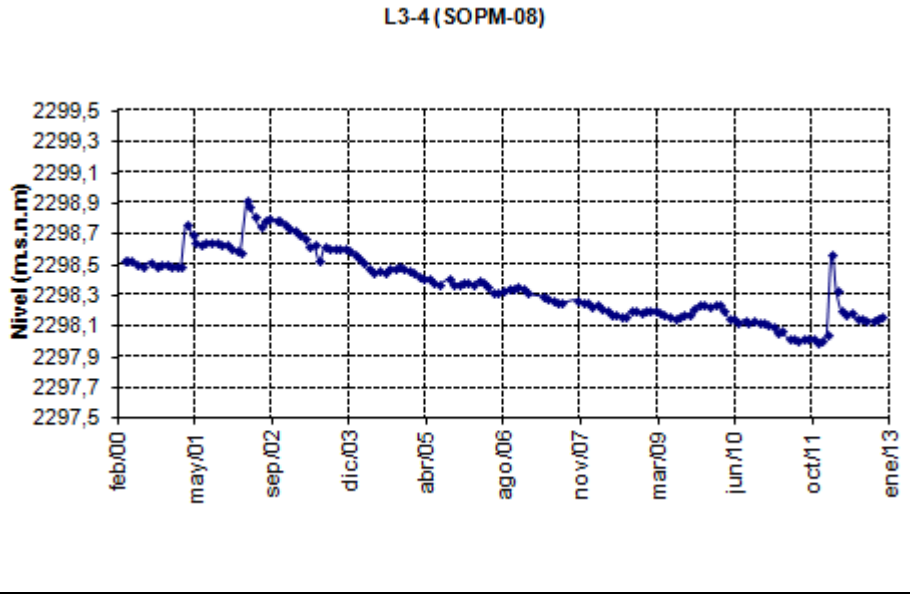


Figura 4.189. Nivel mensual observado en el pozo L3-4 (SOPM-8).

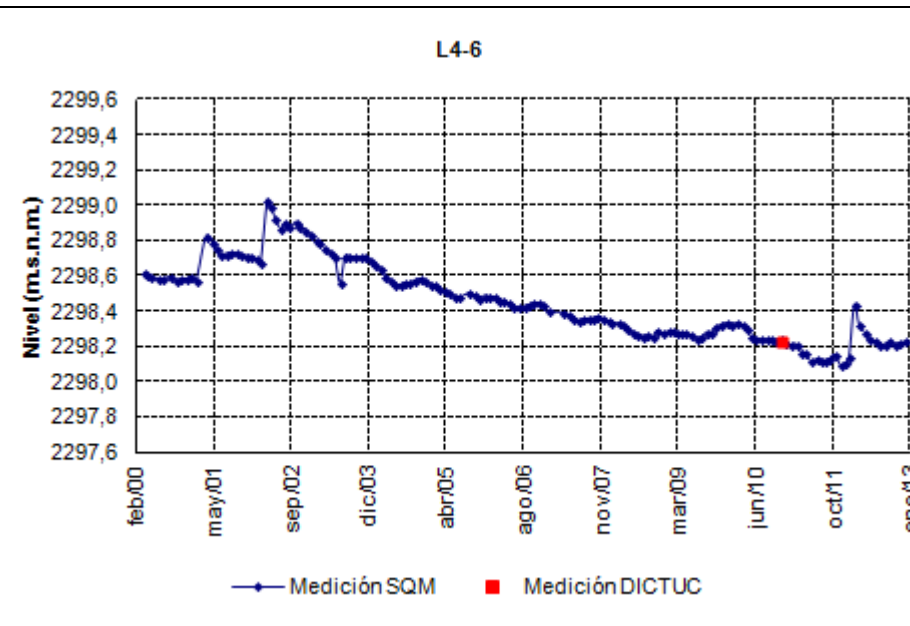


Figura 4.190. Nivel mensual observado en el pozo L4-6.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

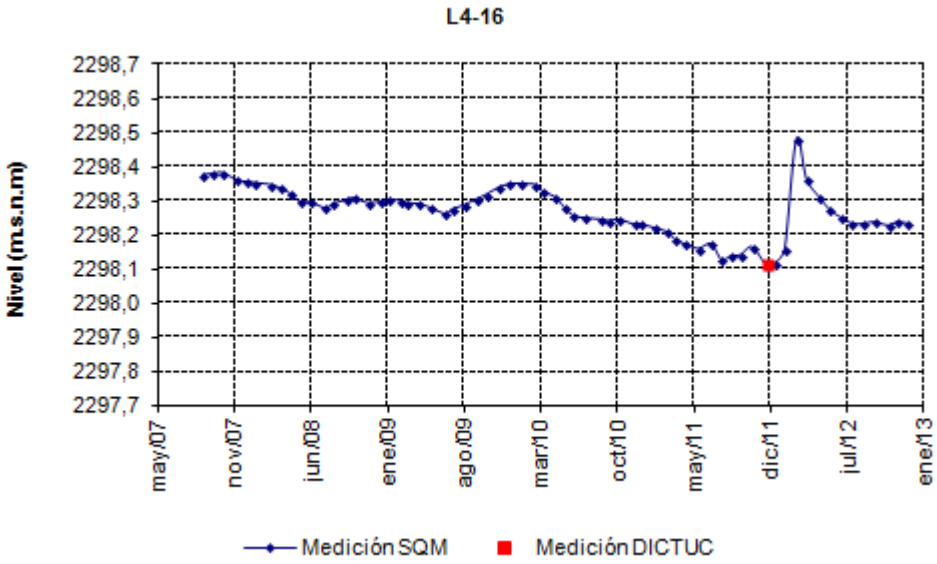


Figura 4.191. Nivel mensual observado en el pozo L4-16.

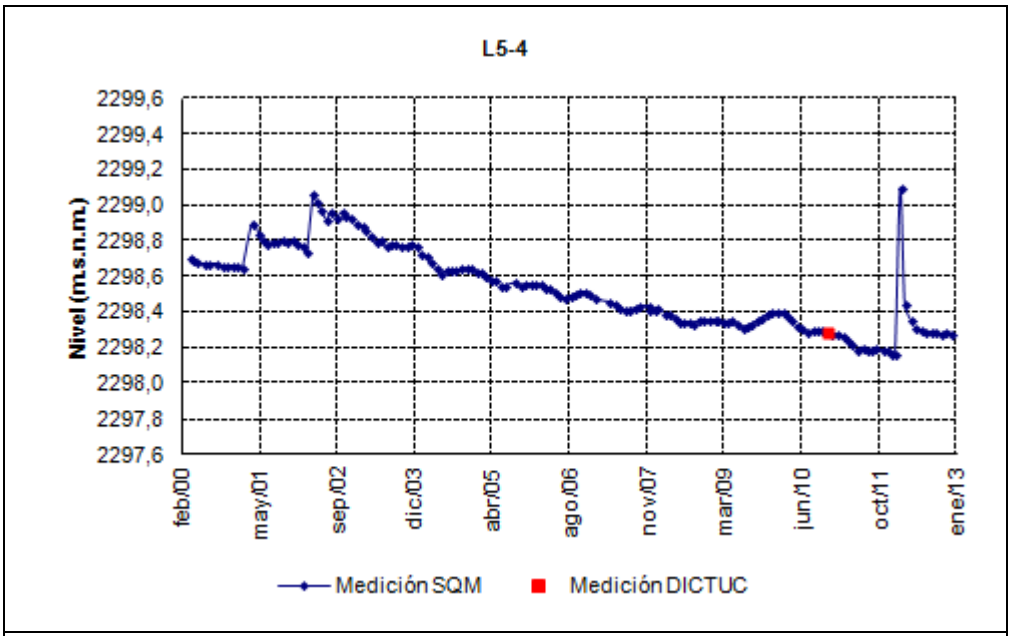


Figura 4.192. Nivel mensual observado en el pozo L5-4.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

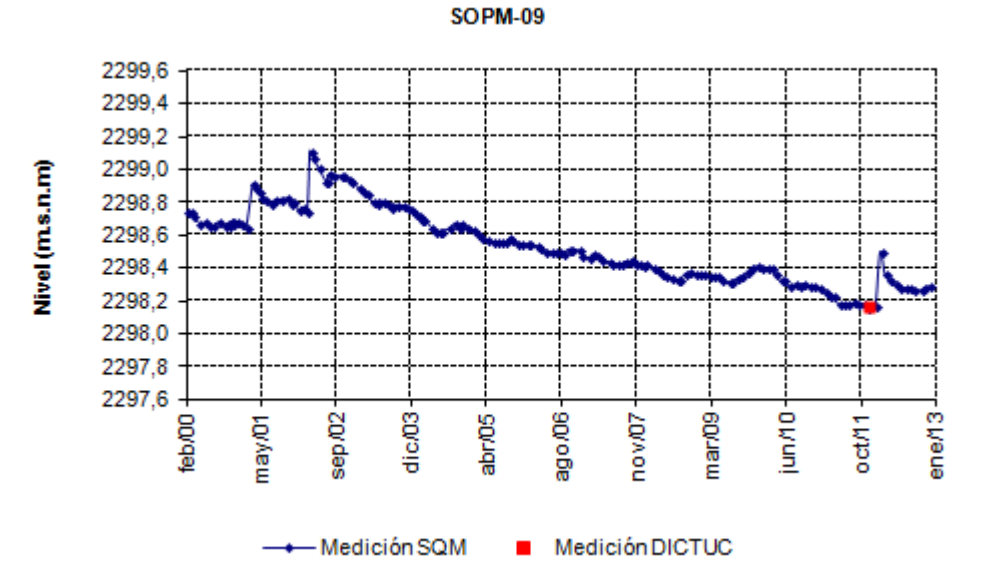


Figura 4.193. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-9.

4.2.1.6 Pozos de bombeo

En la Figura 4.194 y Figura 4.195 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.

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

En mayo de 2012 no se monitoreó el pozo de bombeo Camar 2, ya que se encontraba en proceso de desmontaje y cambio de niveleta por mantenciones normales de estos pozos, en la fecha que se fue a medir su nivel.

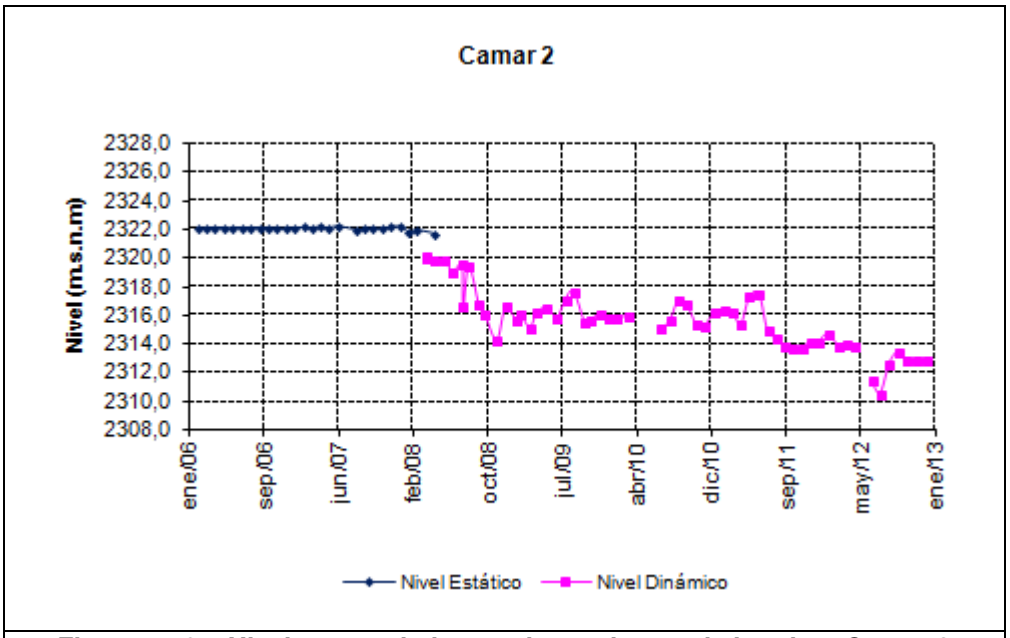


Figura 4.194. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Camar-2

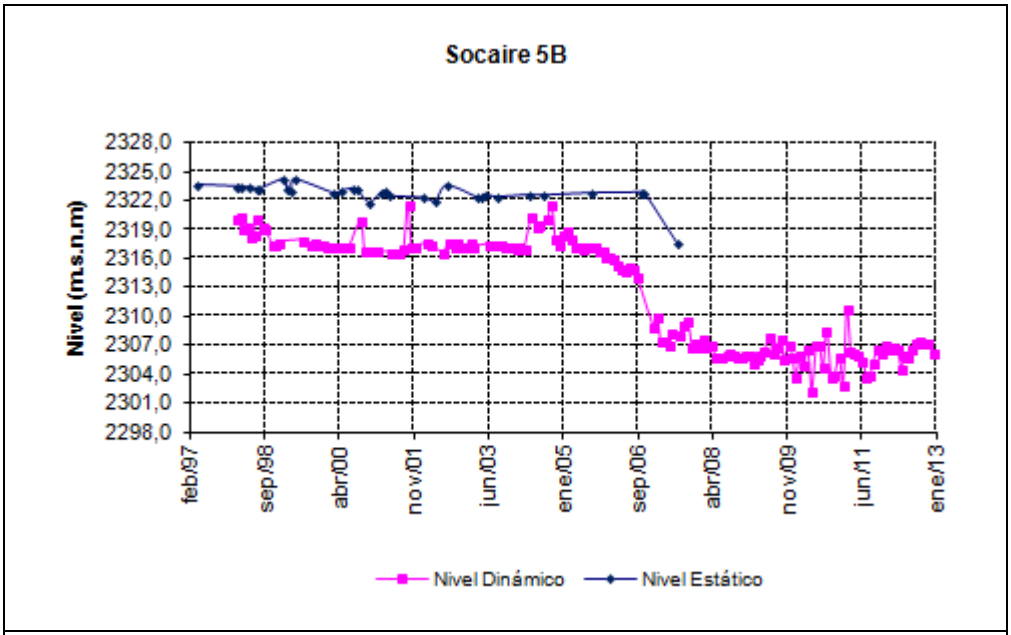


Figura 4.195. Nivel mensual observado en el pozo de bombeo Socaire 5B.

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 4.196 y Figura 4.197, respectivamente. Cabe indicar que el pozo Camar 2 comenzó a operar el 13 de marzo de 2008. Los caudales bombeados no han sobrepasado los derechos otorgados desde el inicio de la operación que son 60 y 65 l/s para el pozo Camar 2 y Socaire 5B, respectivamente.

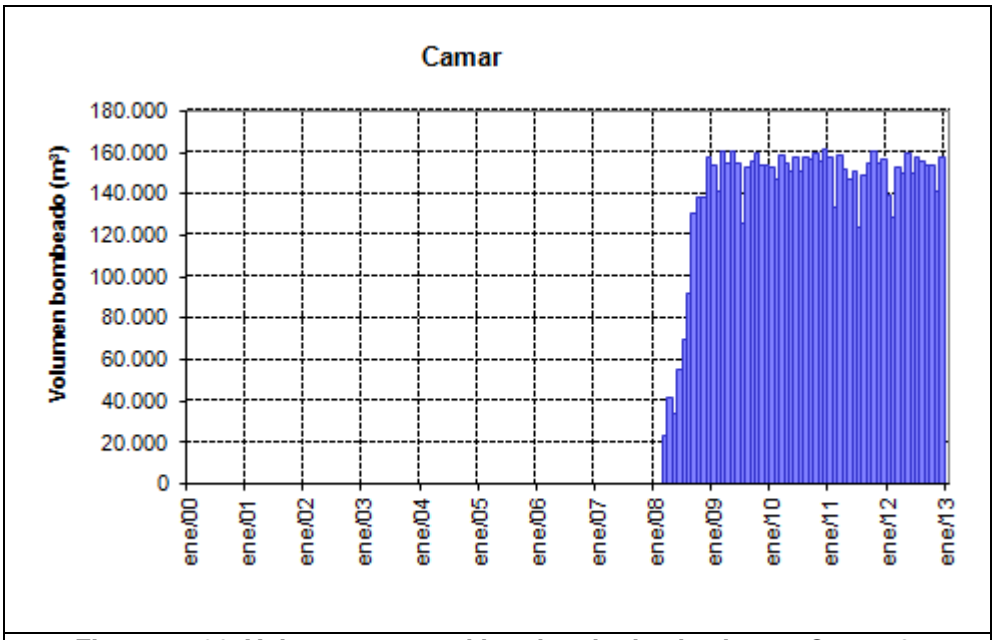


Figura 4.196. Volumen mensual bombeado desde el pozo Camar 2.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

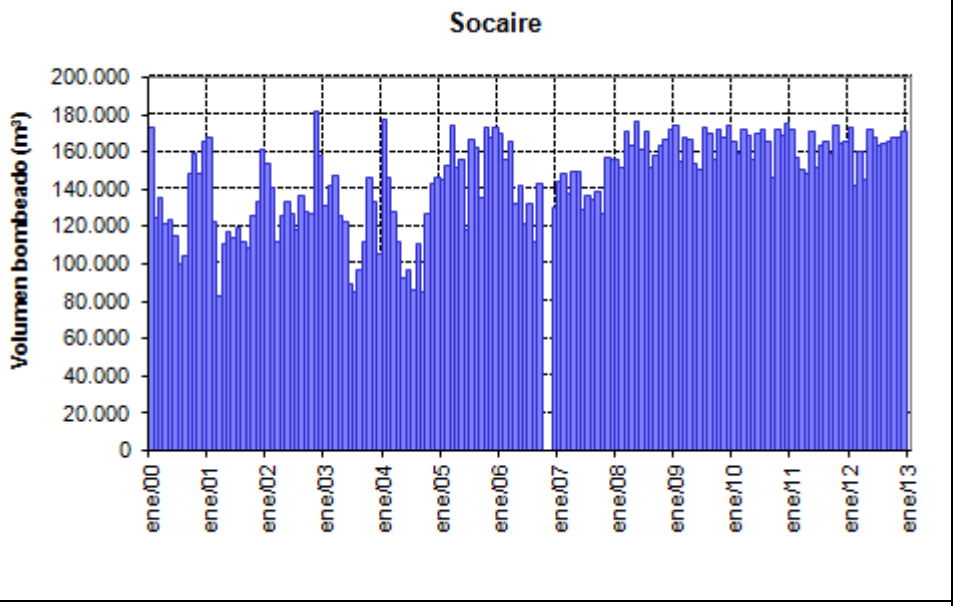


Figura 4.197. Volumen mensual bombeado desde el pozo Socaire 5B.

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 Figura 4.198 a Figura 4.209. Los análisis fueron realizados por el laboratorio ALS Environmental, cuyos certificados se adjuntan en el Anexo A.3. Si bien el pozo L4-3 es parte del monitoreo de la calidad del agua de los sistemas Aguas de Quelana, Borde Este y Cuña Salina, será presentado sólo en esta sección.

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

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

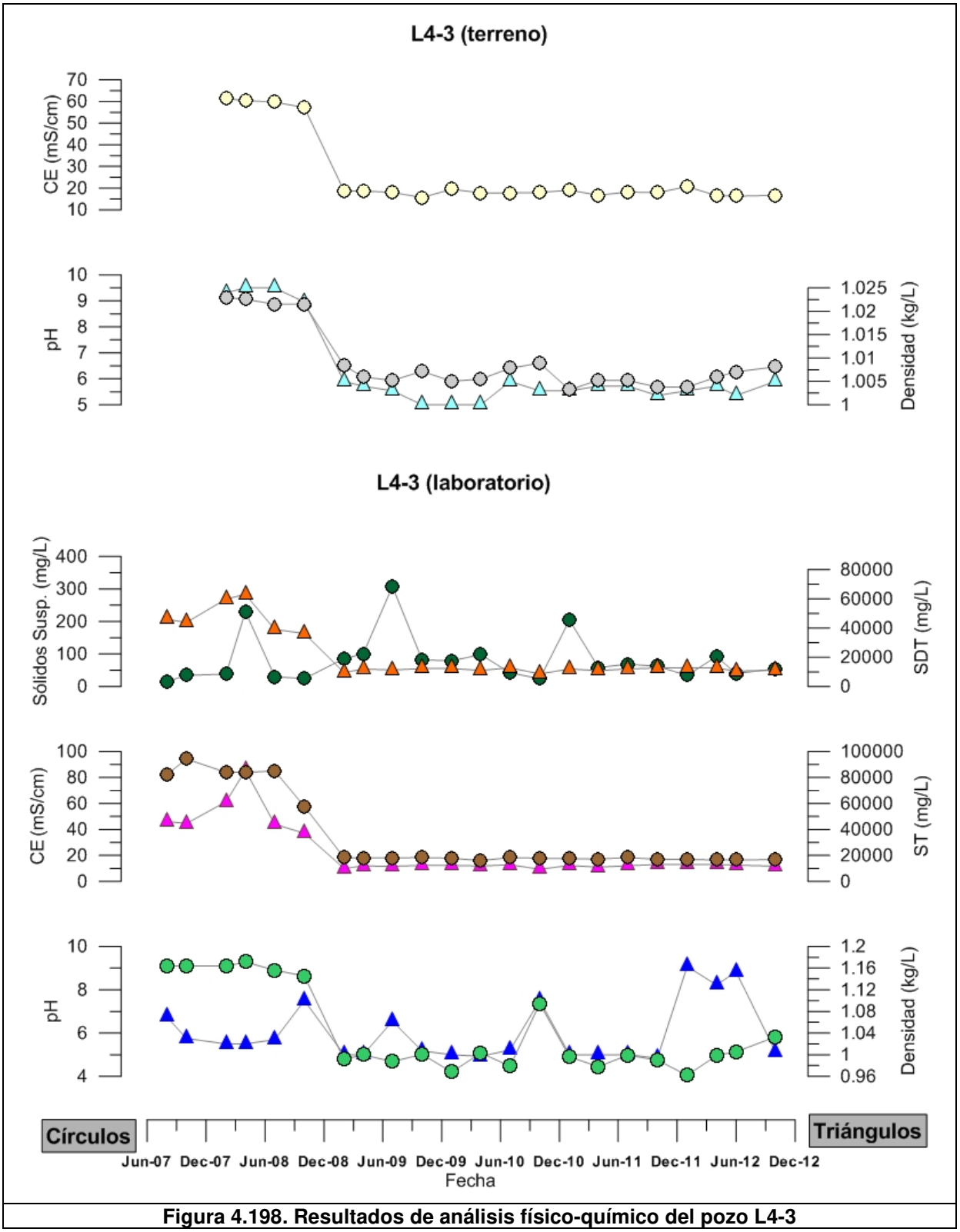


Figura 4.198. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-3

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

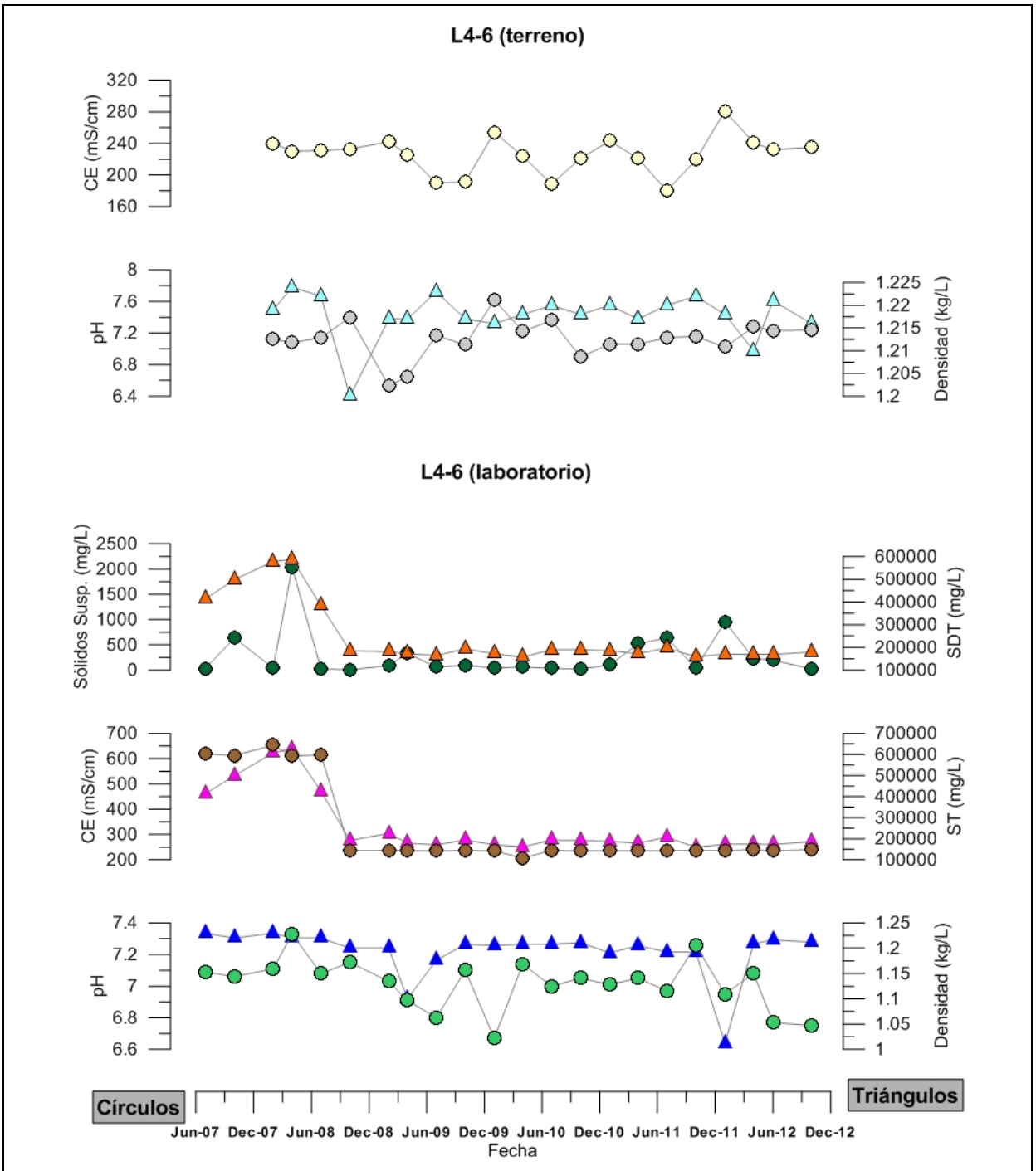


Figura 4.199. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-6[10]

[10] Los Sólidos Suspendidos correspondiente a una medición de 2030 mg/L en abril de 2008 fue sacado del gráfico para evitar problemas de escala.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

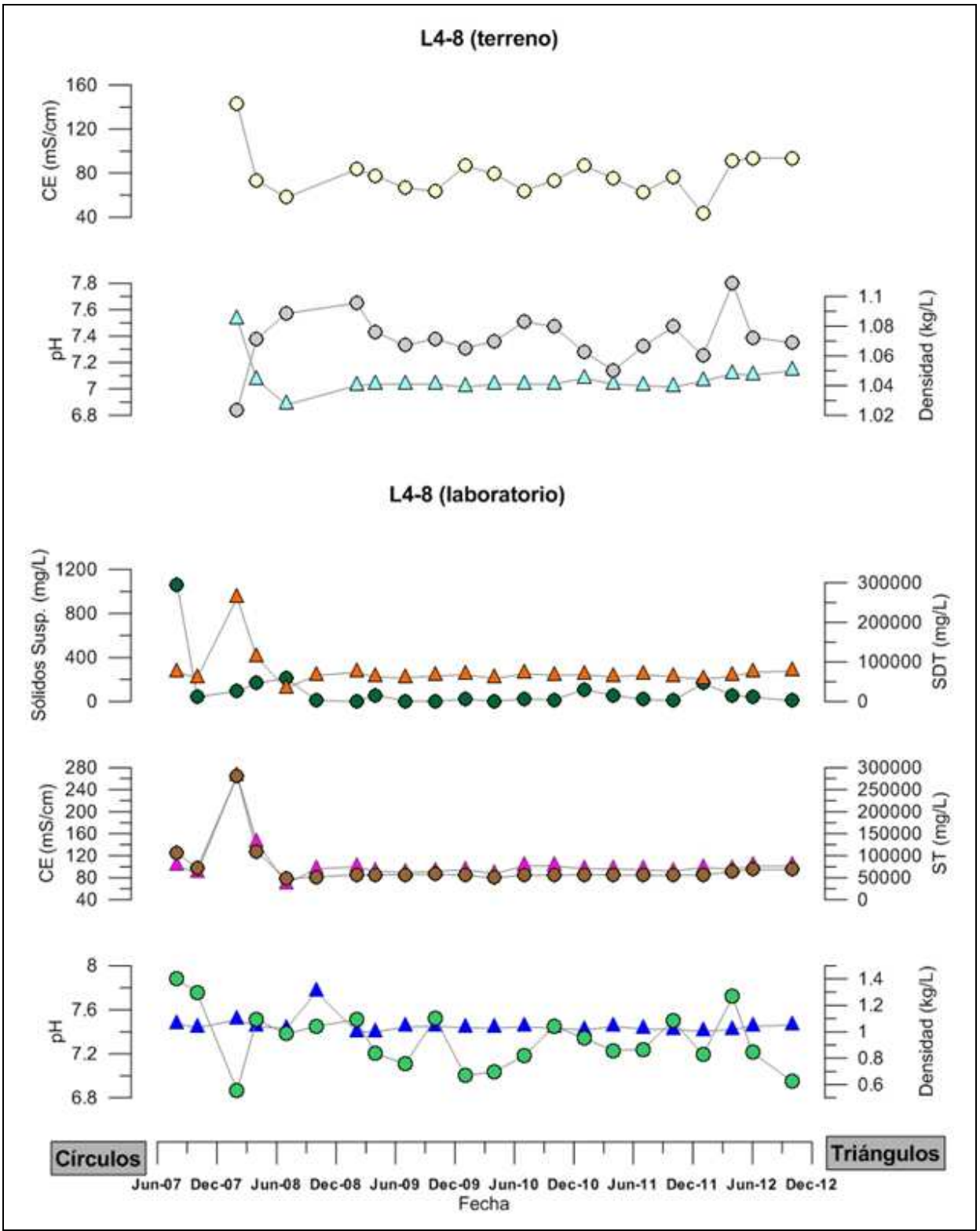


Figura 4.200. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-8

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

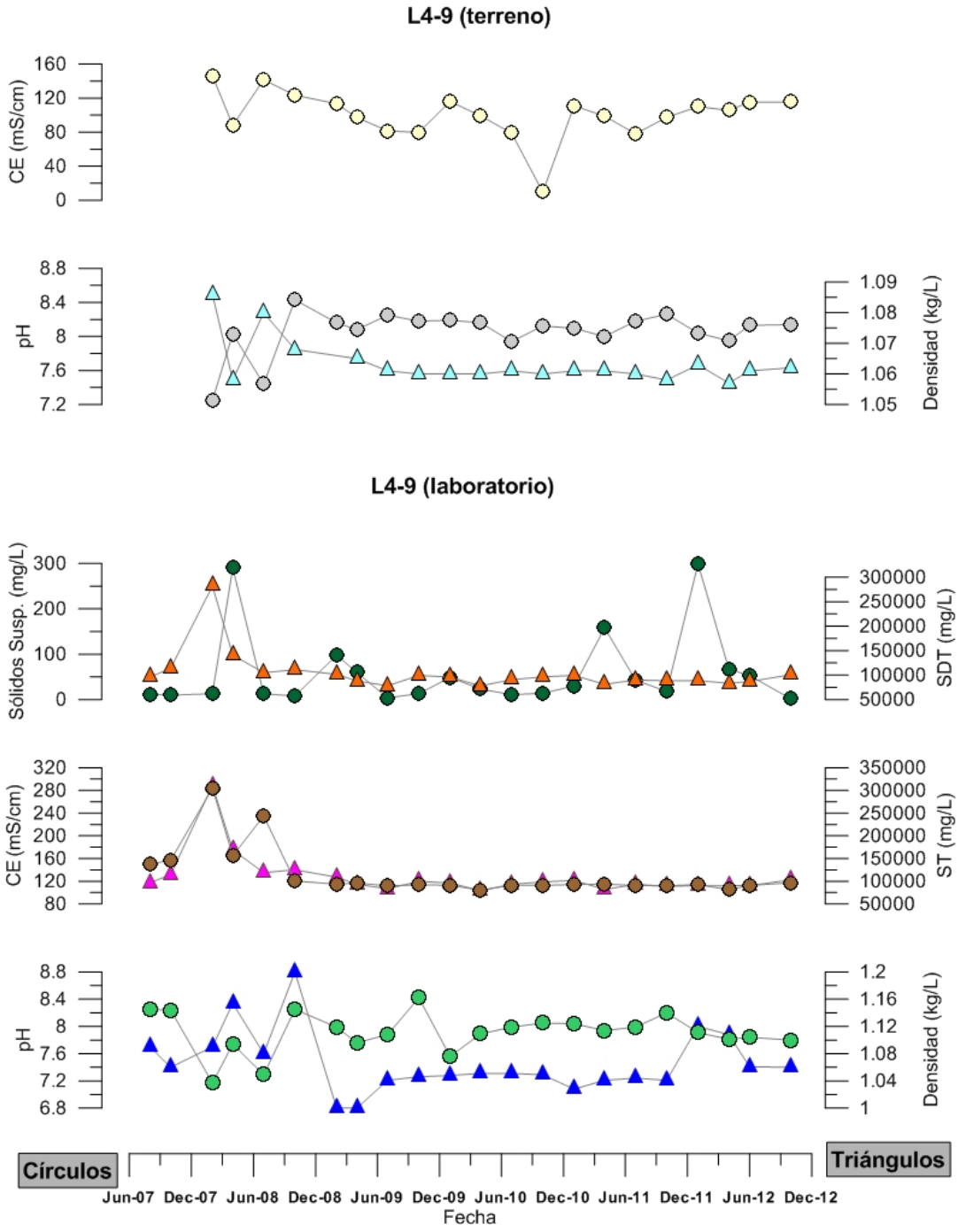


Figura 4.201. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-9[11]

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

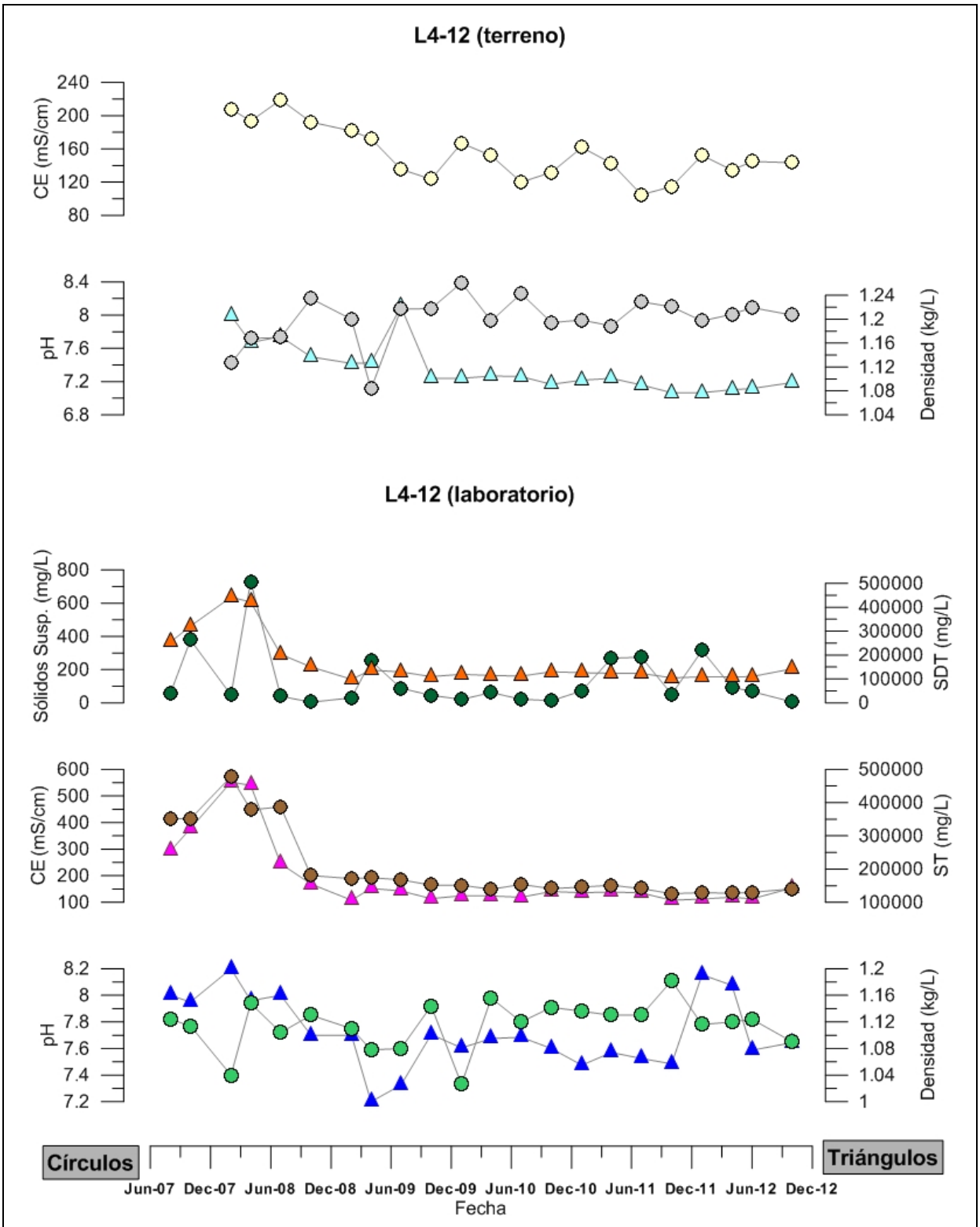


Figura 4.202. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-12

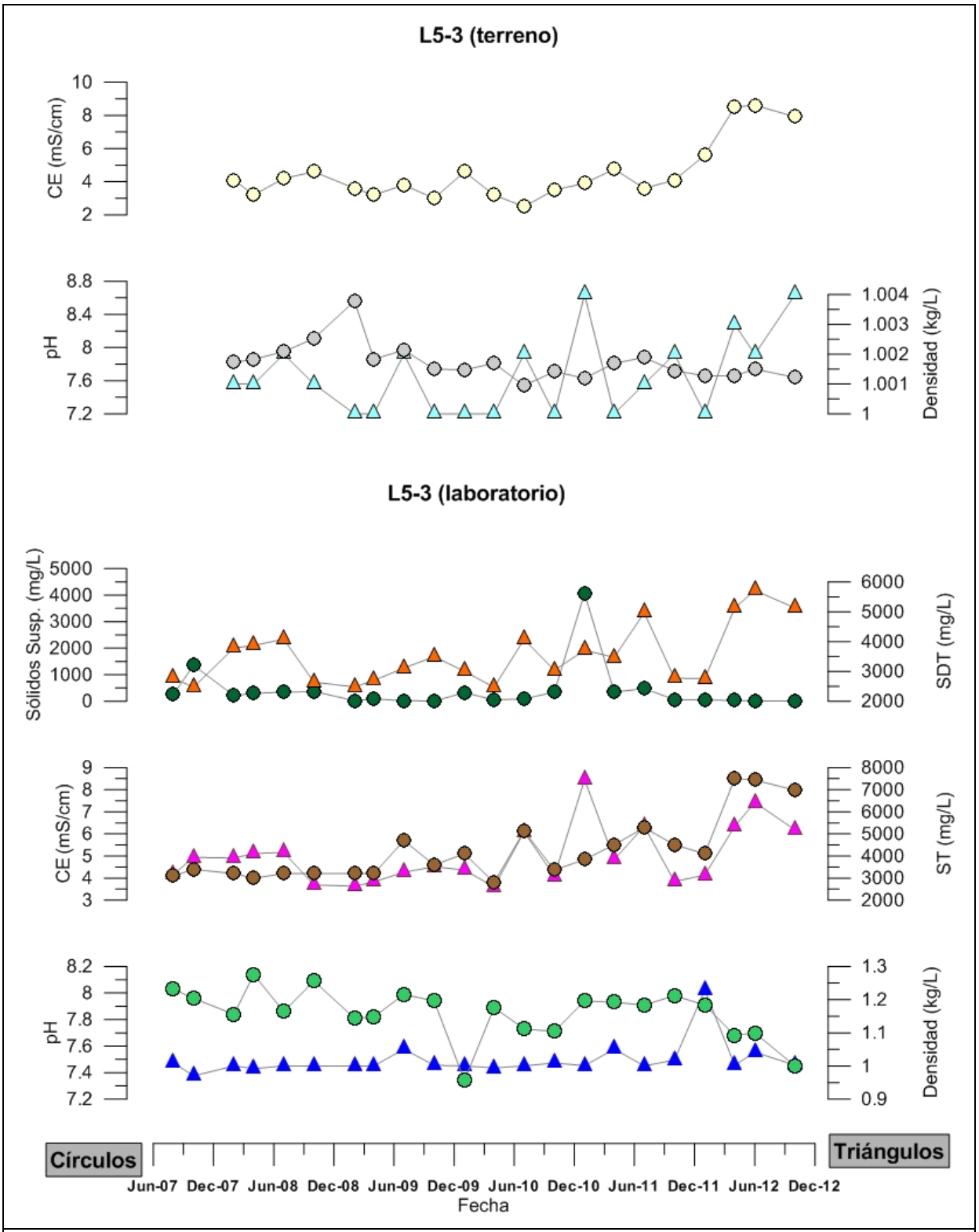


Figura 4.203. Resultados de análisis físico-químico del pozo L5-3

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

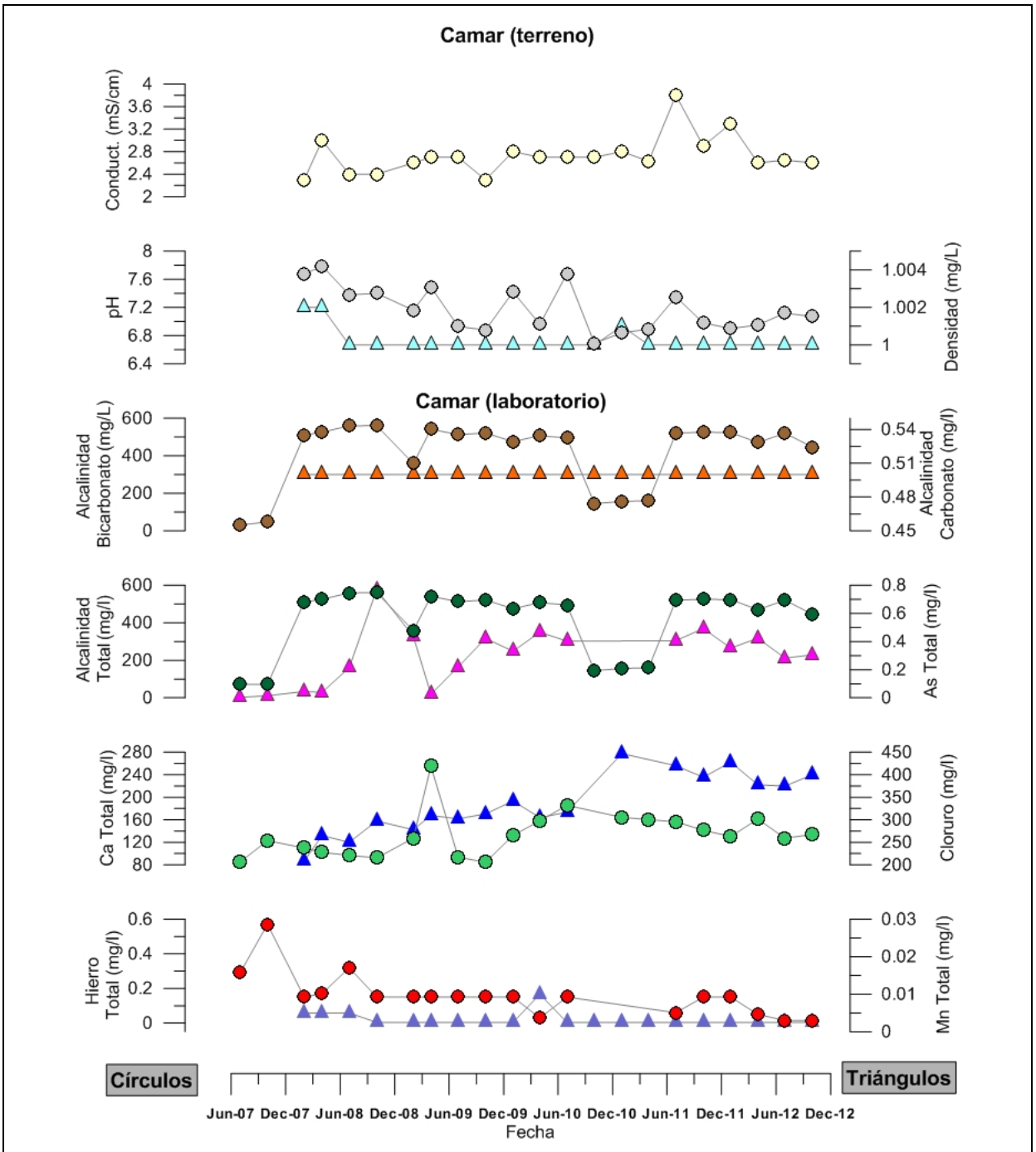


Figura 4.204. Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar[12]

[12] Para evitar problemas de escala a la serie de alcalinidad carbonato se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondientes a un valor de 40 y 24 mg/L respectivamente; a la serie del Cloruro se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a un valor de de 7.420 y 6.570 mg/L respectivamente.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

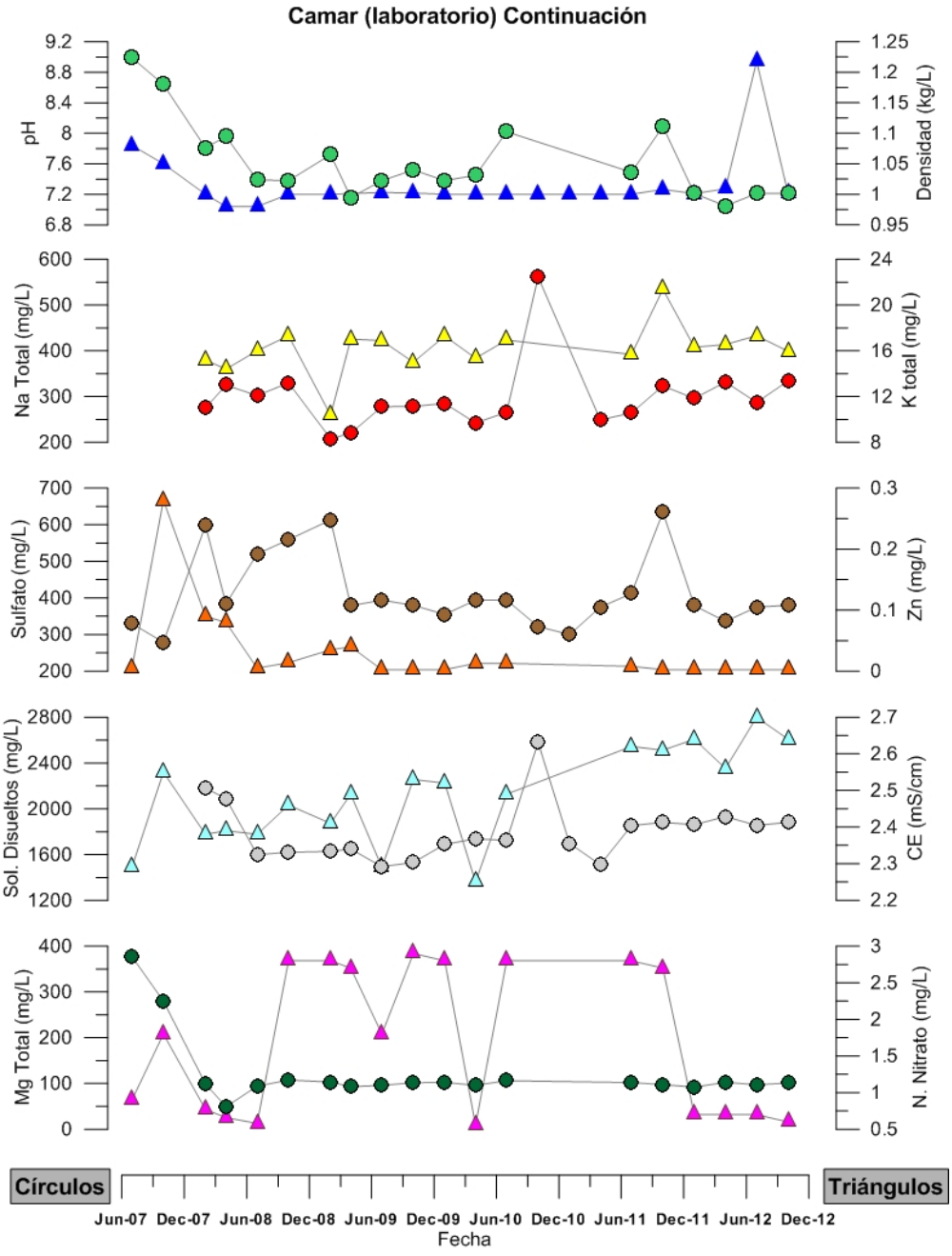


Figura 4.205 Resultados de análisis físico-químico del pozo Camar (continuación)[13]

[13] Para evitar problemas de escala a la serie del magnesio total se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a un valor de 377 y 280 mg/L respectivamente; a la serie de SDT se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a un valor de 19.500 y 15.600 mg/L respectivamente; a la serie de potasio total se le sacó el dato de julio y octubre de 2007 correspondiente a una medición de 350 y 420 mg/L respectivamente.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

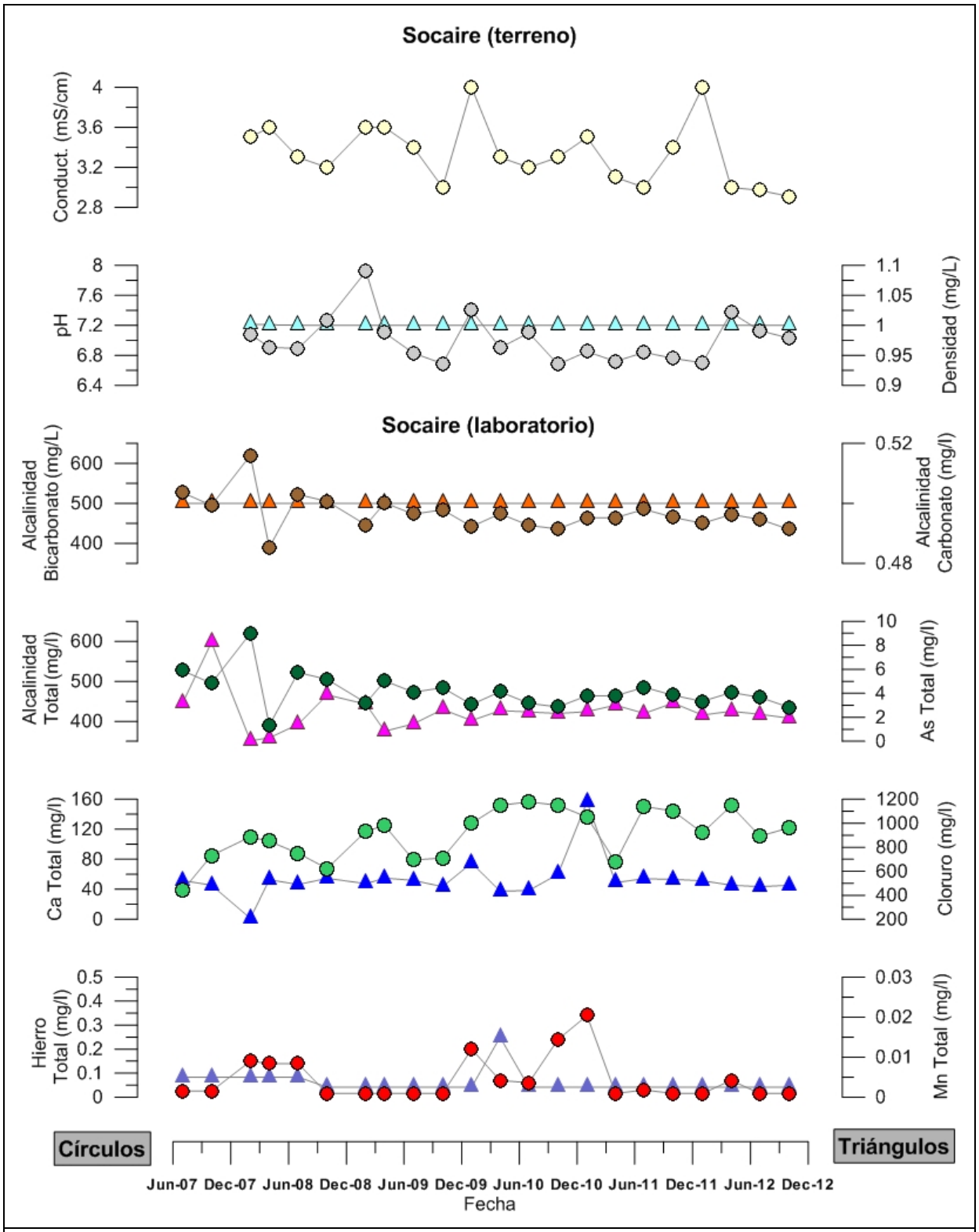


Figura 4.206. Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

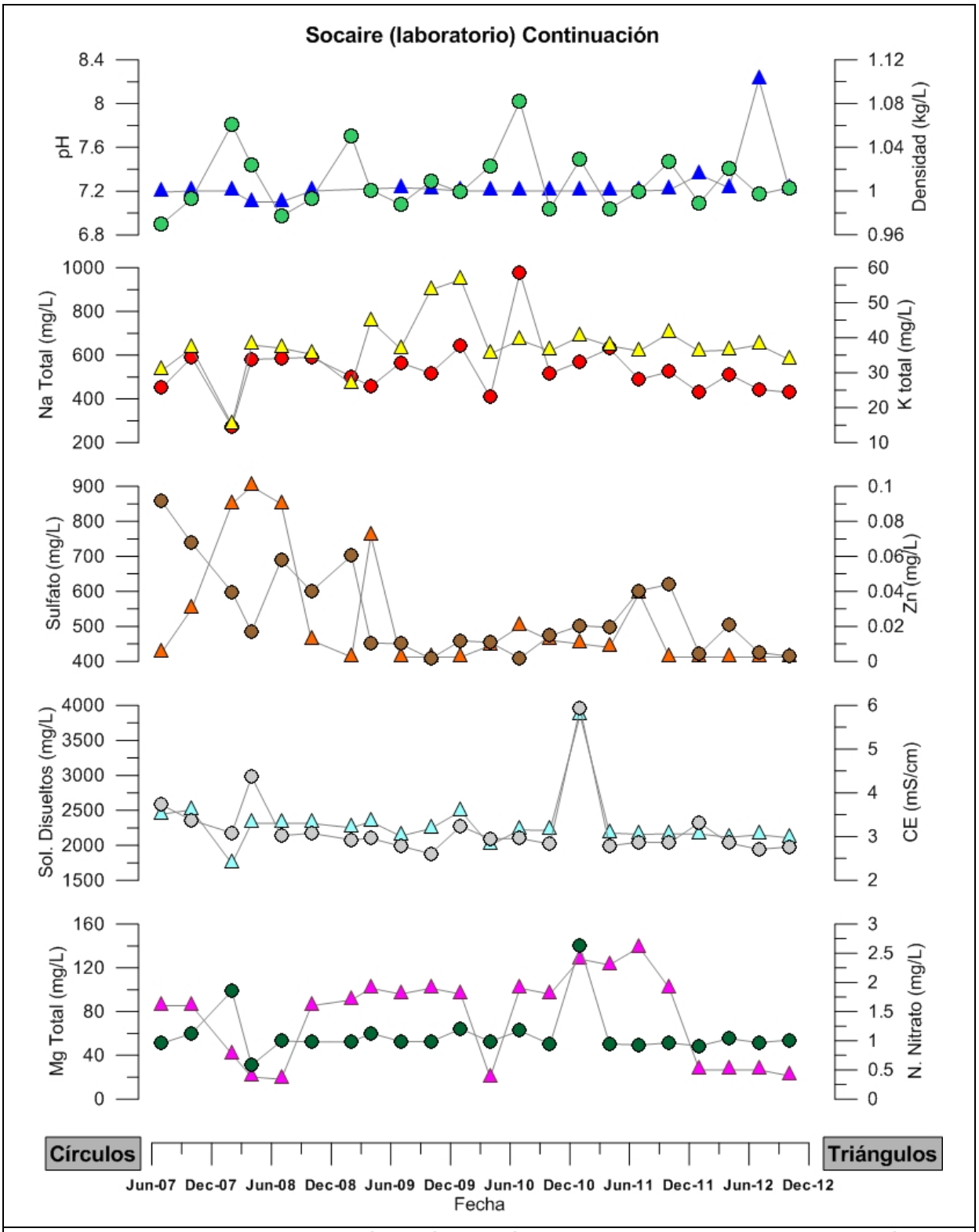


Figura 4.207. Resultados de análisis físico-químico del pozo Socaire 5B (continuación)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

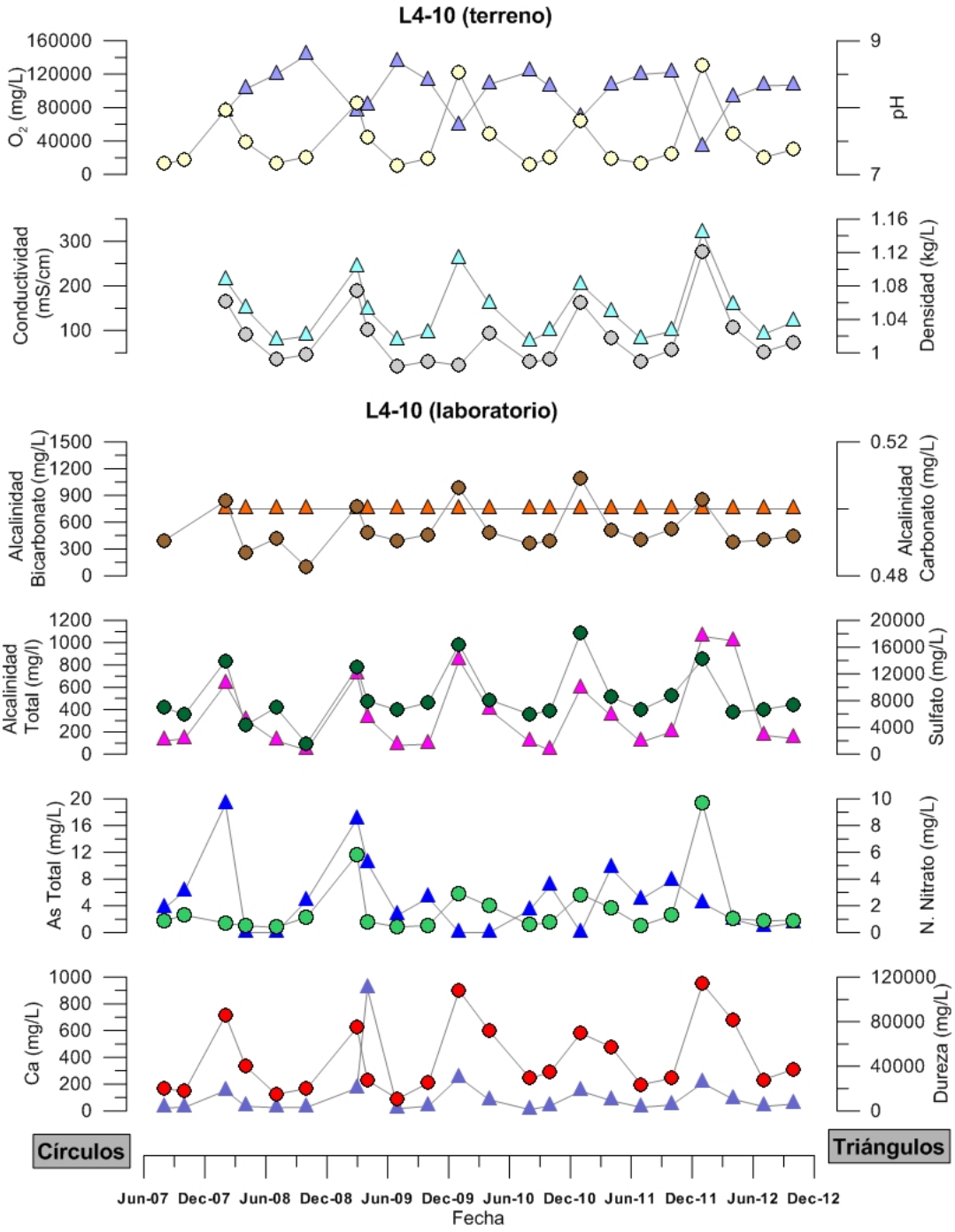


Figura 4.208. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10[14]

[14] Para evitar problemas de escala a la serie de alcalinidad carbonato se le sacó el dato de agosto de 2007 correspondiente a un valor de 22 mg/L.

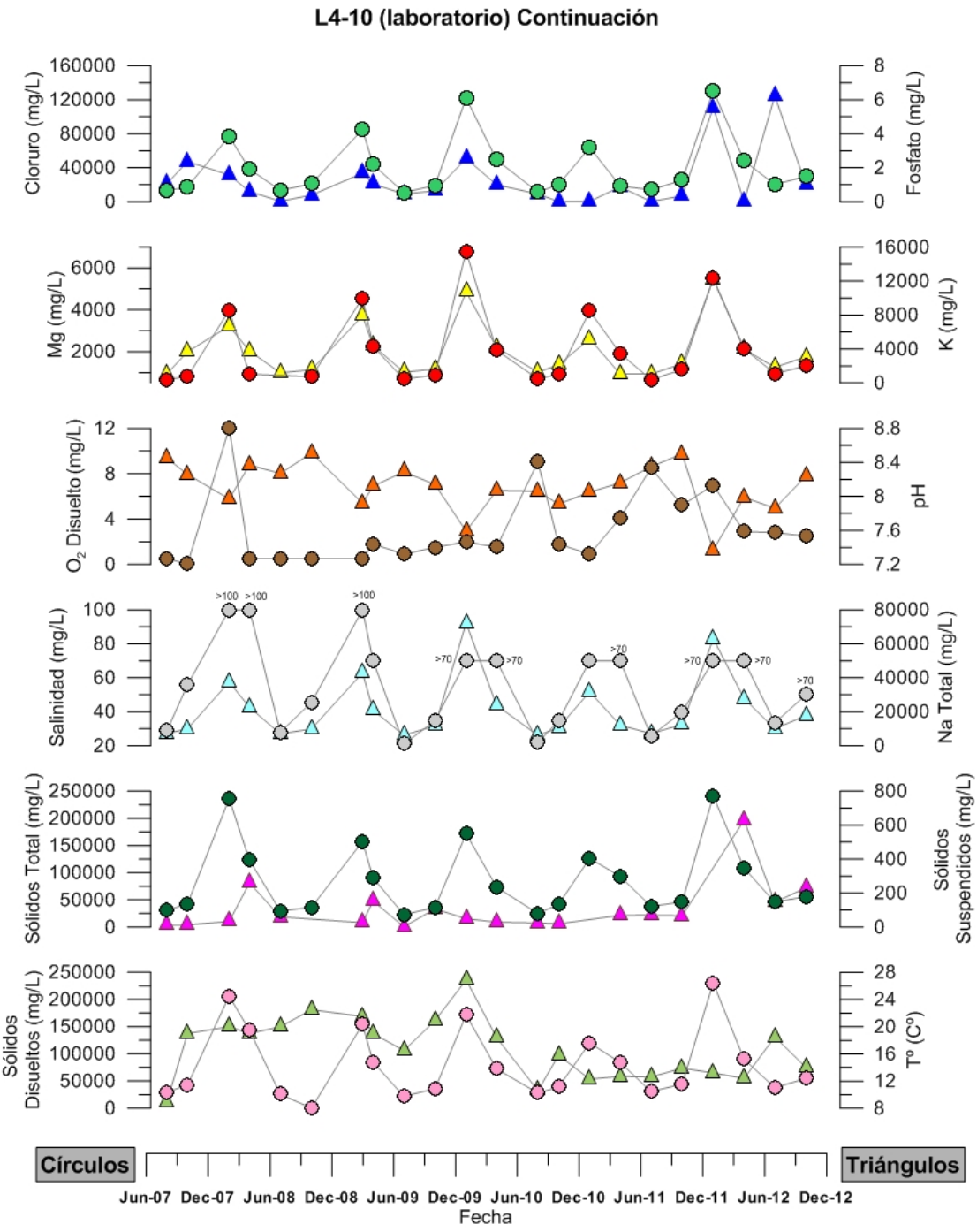


Figura 4.209. Resultados de análisis físico-químico del pozo L4-10 (continuación)[15]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.3 SISTEMA PEINE

Los puntos de monitoreo del sistema Peine se encuentran ubicados al sureste del salar de Atacama, entre las coordenadas 7.393.000 a 7.379.000 norte y 577.000 a 572.000 este. En la Figura 4.210 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4.4 se indican los puntos de monitoreo del sistema Peine, clasificándolos de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal y sector de salmuera), y a su tipología (pozo profundo, pozo somero y nivel lacustre). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel de manera gráfica.

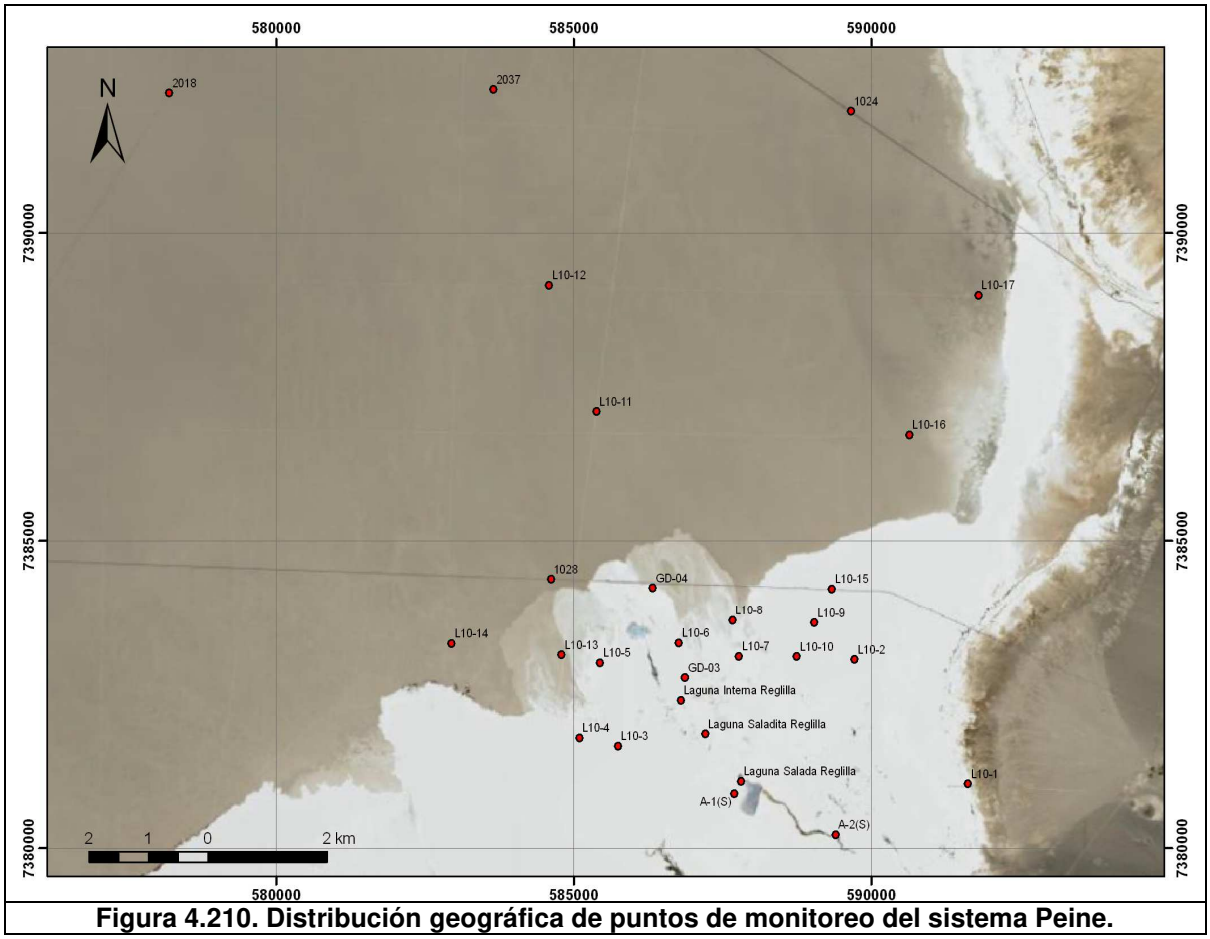


Figura 4.210. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Peine.

Tabla 4.4. Puntos de monitoreo del sistema Peine

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
GD-04	Zona marginal	Pozo profundo	4-152
L10-1	Zona marginal	Pozo profundo	4-152
L10-2	Zona marginal	Pozo somero	4-153
L10-3	Zona marginal	Pozo somero	4-153
L10-4	Zona marginal	Pozo somero	4-154
L10-5	Zona marginal	Pozo somero	4-154

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L10-6	Zona marginal	Pozo somero	4-155
L10-7	Zona marginal	Pozo somero	4-155
L10-8	Zona marginal	Pozo somero	4-156
L10-9	Zona marginal	Pozo somero	4-156
L10-10	Zona marginal	Pozo somero	4-157
L10-15	Zona marginal	Pozo somero	4-157
1024	Salmuera	Pozo somero	4-158
1028	Salmuera	Pozo profundo	4-158
2018	Salmuera		4-159
2037	Salmuera	Pozo somero	4-159
GD-03	Salmuera	Pozo profundo	4-160
L10-11	Salmuera	Pozo somero	4-160
L10-12	Salmuera	Pozo somero	4-161

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Pág.
L10-13	Salmuera	Pozo somero	4-161
L10-14	Salmuera	Pozo somero	4-162
L10-16	Salmuera	Pozo somero	4-162
L10-17	Salmuera	Pozo somero	4-165
Laguna Salada Reglilla	Zona marginal	Lacustre	4-164
Laguna Saladita Reglilla	Zona marginal	Lacustre	4-165
Laguna Interna Reglilla	Zona marginal	Lacustre	4-165
Aforo Salada	Zona marginal	Aforo	4-178
Aforo Saladita	Zona marginal	Aforo	4-179

4.3.1 Nivel del agua subterránea y superficial

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

El pozo L10-1 (Figura 4.212) es parte del monitoreo de los sistemas Peine y Cuña Salina y será presentado sólo en esta sección.

Adicionalmente, dentro del periodo correspondiente al presente informe, Geohidrología realizó mediciones en diciembre de 2012 en los pozos L10-1, L10-2, L10-3, L10-4, L10-5, L10-13, L10-14, L10-16 y L10-17.

4.3.1.1 Pozos en zona marginal

La información recopilada en los primeros años de monitoreo muestra un comportamiento distinto al observado en los sistemas Soncor y Aguas de Quelana, ya que no se observa un comportamiento oscilatorio claramente estacional en el nivel del acuífero medido en estos pozos, más bien muestran tendencias bastante estables. Lo anterior indica que en este sector a pesar que la napa es relativamente somera (1 a 1,5 m de profundidad) la evaporación parece no ser importante, lo que está relacionado con la salinidad del agua y el tipo de costra salina del sector.

En términos generales se observa una leve tendencia de disminución de niveles en la mayoría de los pozos de este sistema, con un aumento de la pendiente de descenso a partir de abril del 2010 aproximadamente, hasta enero de 2012, donde las lluvias en el borde este del salar generan un aumento en el nivel de los pozos (10 cm aprox.), salvo los pozos L10-1, L10-2 y L10-10 cuyos niveles se han mantenido estables en el último periodo. Estos ascensos pueden estar asociados a la dinámica de interacción entre la zona marginal y el núcleo de salmuera, que se observa especialmente activa en esta zona, como lo demuestra el avance hacia el núcleo que ha presentado la laguna Interna en el último tiempo, y a un aumento de recarga asociado a la precipitación.

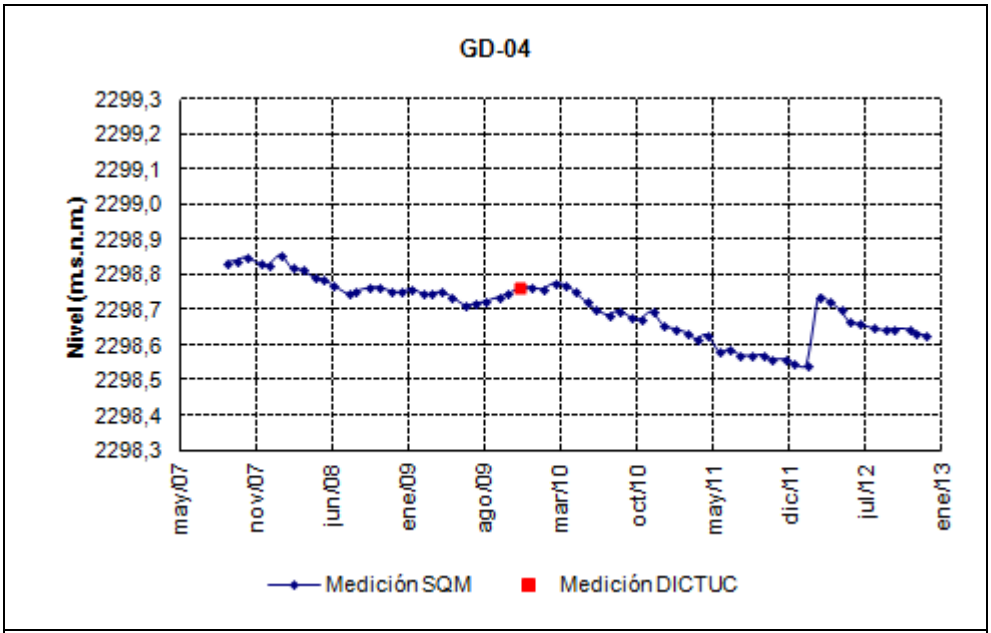


Figura 4.211. Nivel mensual observado en el pozo GD-04.

Posterior a un muestreo de agua en el pozo L10-1 (Figura 4.212), el cual se realizó con una bomba de bajo caudal, la recuperación del nivel inicial ha tardado más de lo esperado. Se puede observar que la recuperación podría estar afectada por la estacionalidad invierno/verano lo que se refleja similar a escalones de ascenso en lugar de ascenso continuo. Se observa que a diciembre de 2012 este pozo presenta niveles por sobre los que se tenían a finales de 2007.

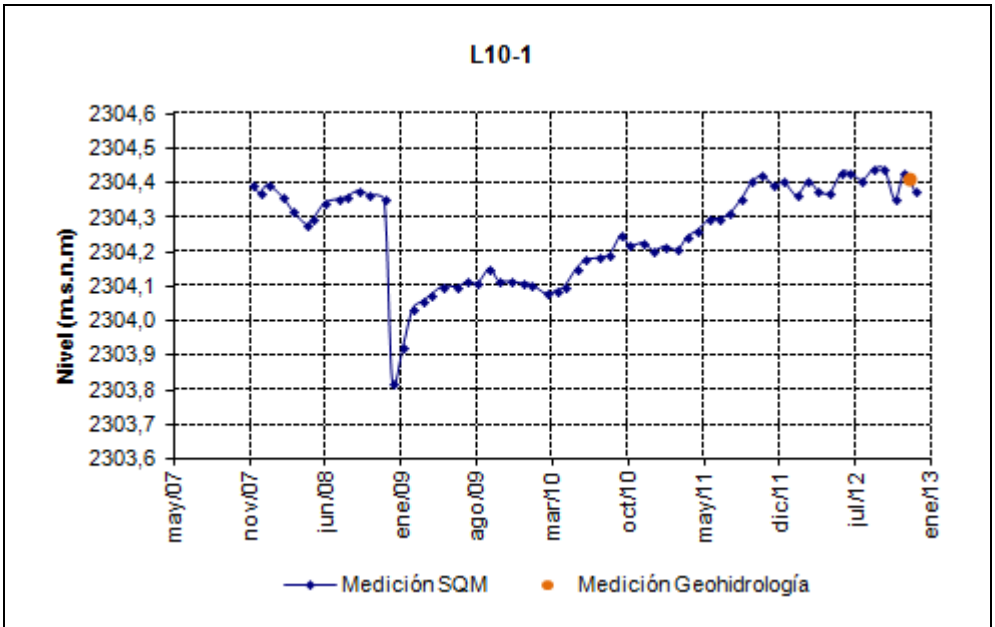


Figura 4.212. Nivel mensual observado en el pozo L10-1.

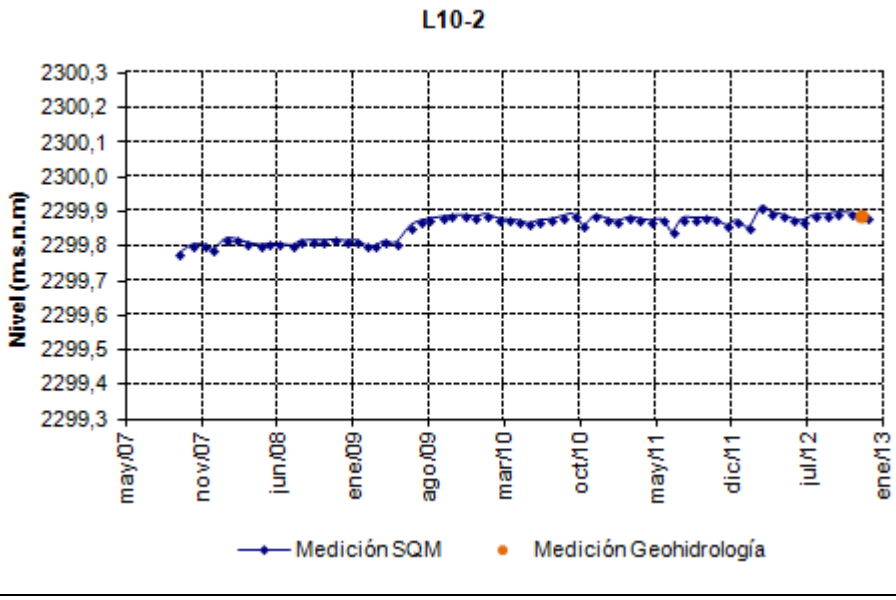


Figura 4.213. Nivel mensual observado en el pozo L10-2.

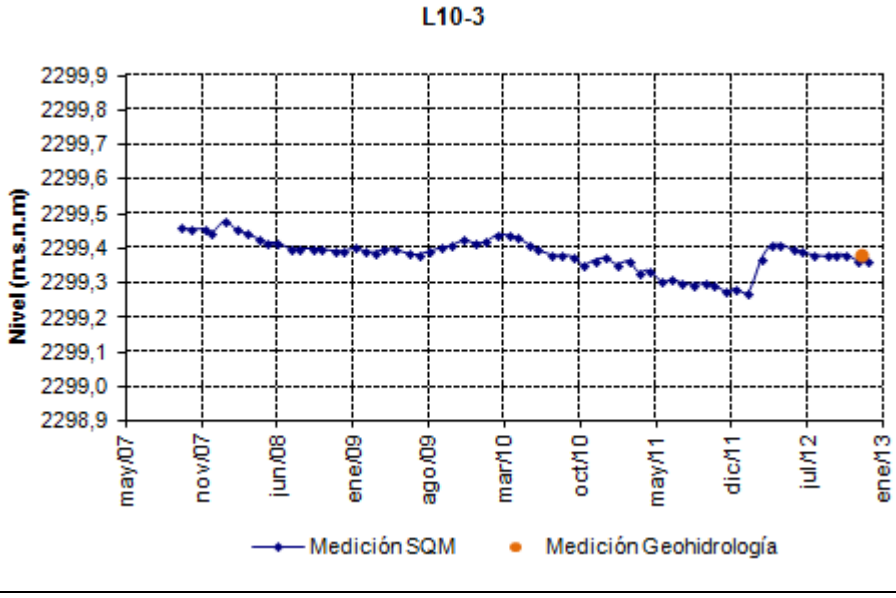


Figura 4.214. Nivel mensual observado en el pozo L10-3.

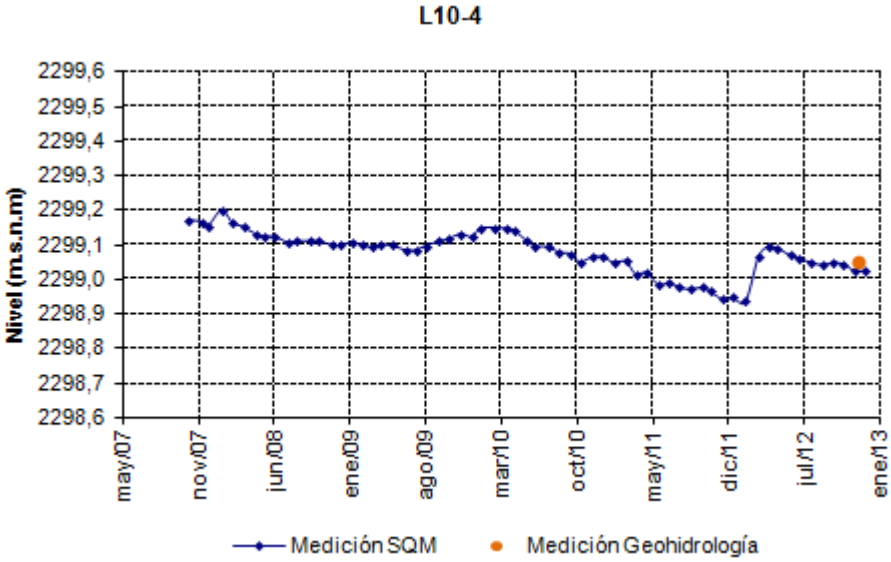


Figura 4.215. Nivel mensual observado en el pozo L10-4.

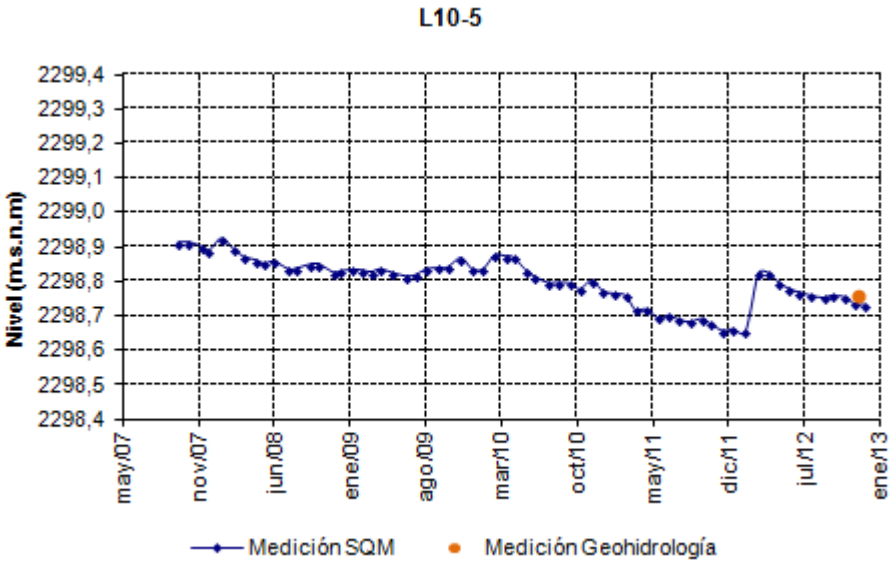


Figura 4.216. Nivel mensual observado en el pozo L10-5.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

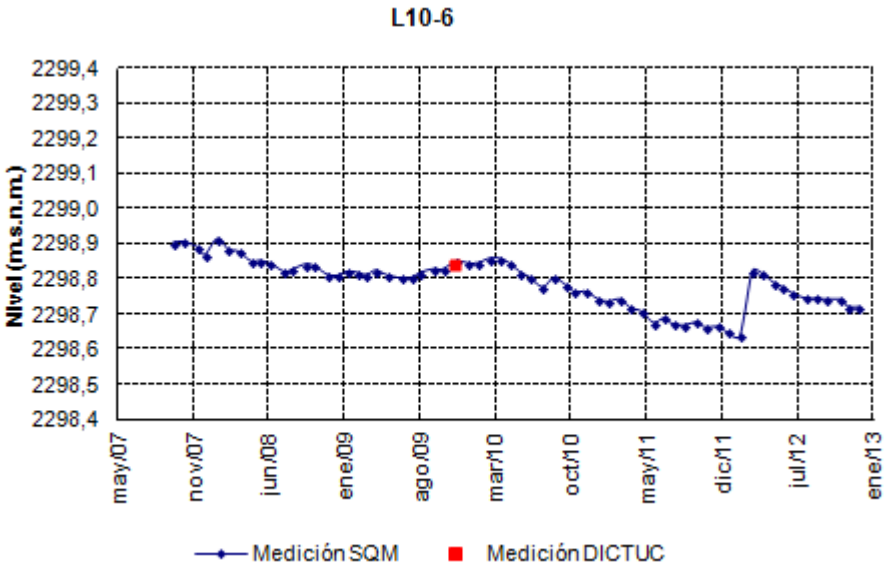


Figura 4.217. Nivel mensual observado en el pozo L10-6.

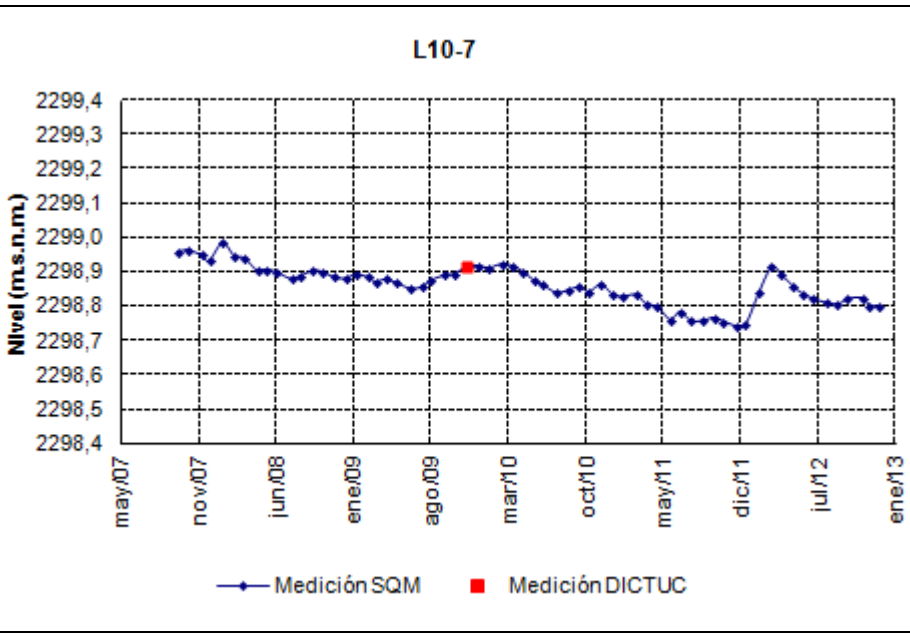


Figura 4.218. Nivel mensual observado en el pozo L10-7.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

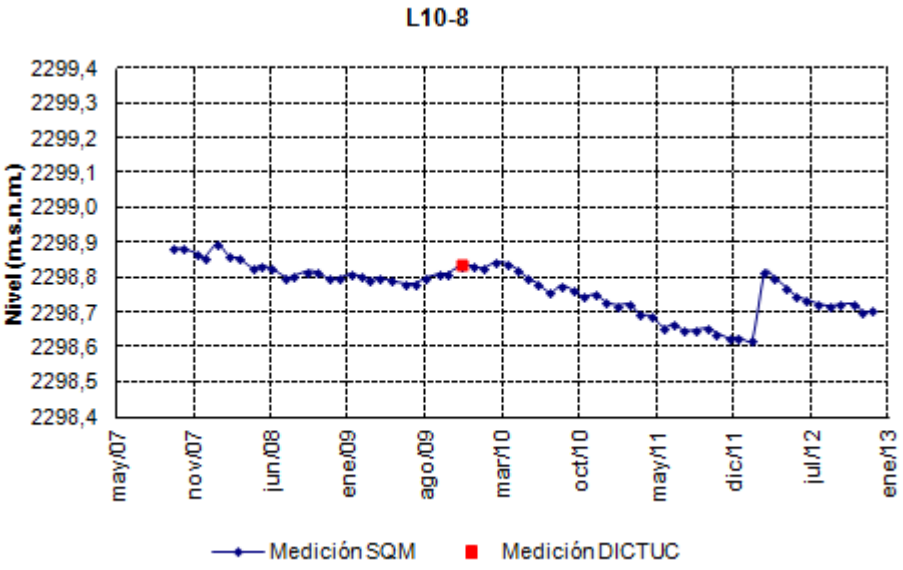


Figura 4.219. Nivel mensual observado en el pozo L10-8.

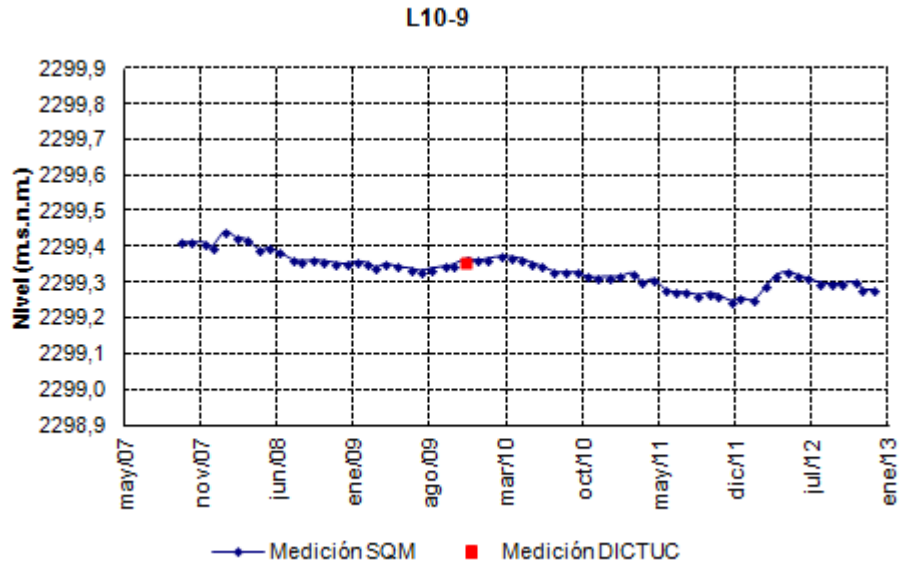


Figura 4.220. Nivel mensual observado en el pozo L10-9.

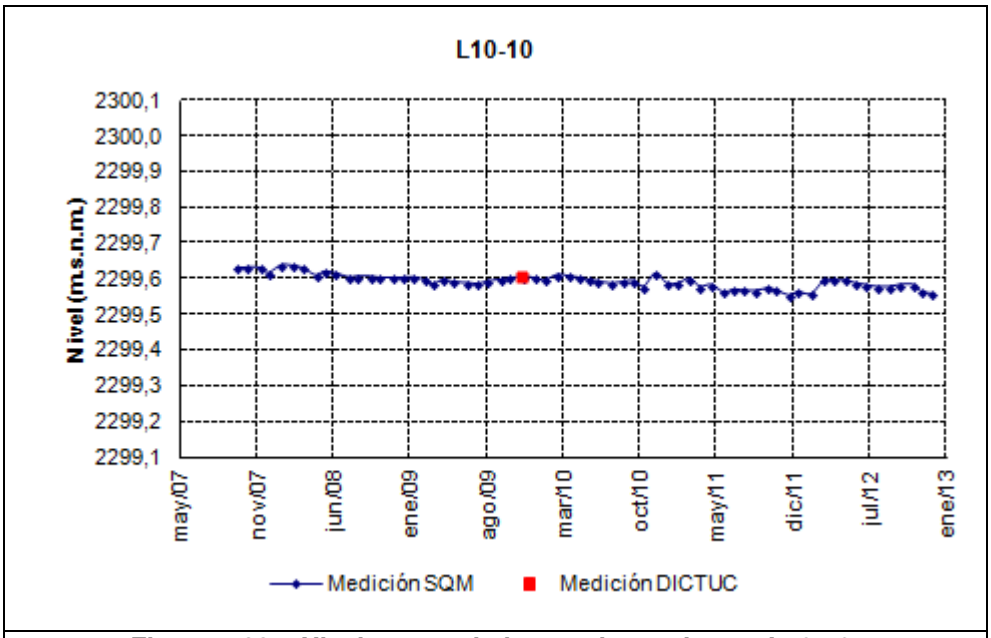


Figura 4.221. Nivel mensual observado en el pozo L10-10.

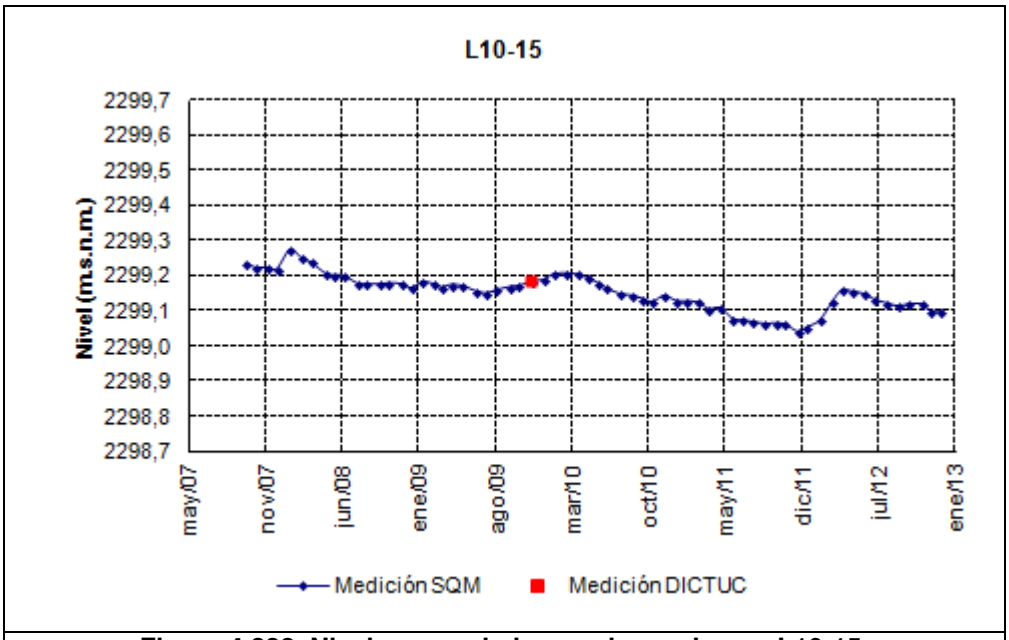


Figura 4.222. Nivel mensual observado en el pozo L10-15.

4.3.1.2 Pozos de salmuera

Los pozos 1024 y 1028 (Figura 4.223 y Figura 4.224) presentaron estabilización a partir de 2008, y durante el último periodo se observa una disminución del nivel, el que después del aumento producido por las lluvias de febrero de 2012 se ha mantenido estable. Para el resto de los pozos no se aprecia un comportamiento estacional claro, aunque los datos históricos

muestran que los sistemas se mantienen estables hasta abril del 2010 aproximadamente, en donde hay un cambio en la pendiente de descenso. Las lluvias ocurridas durante la primera quincena de febrero de 2012 produjeron un aumento en los niveles, sin embargo posterior a este hecho se ha mantenido la pendiente de descenso de los niveles, igual al que se había observado en años anteriores.

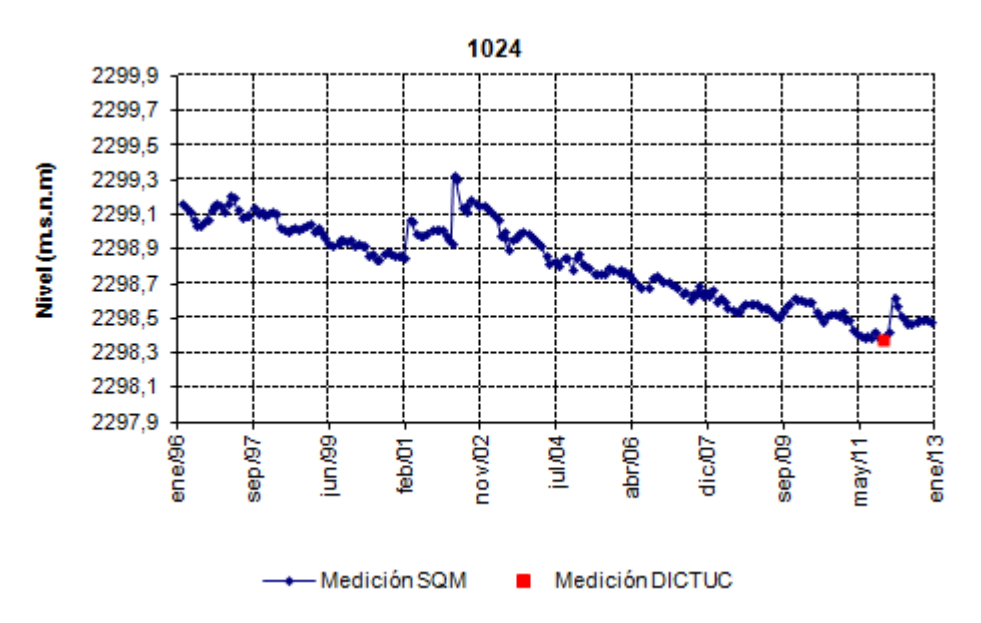


Figura 4.223. Nivel mensual observado en el pozo 1024.

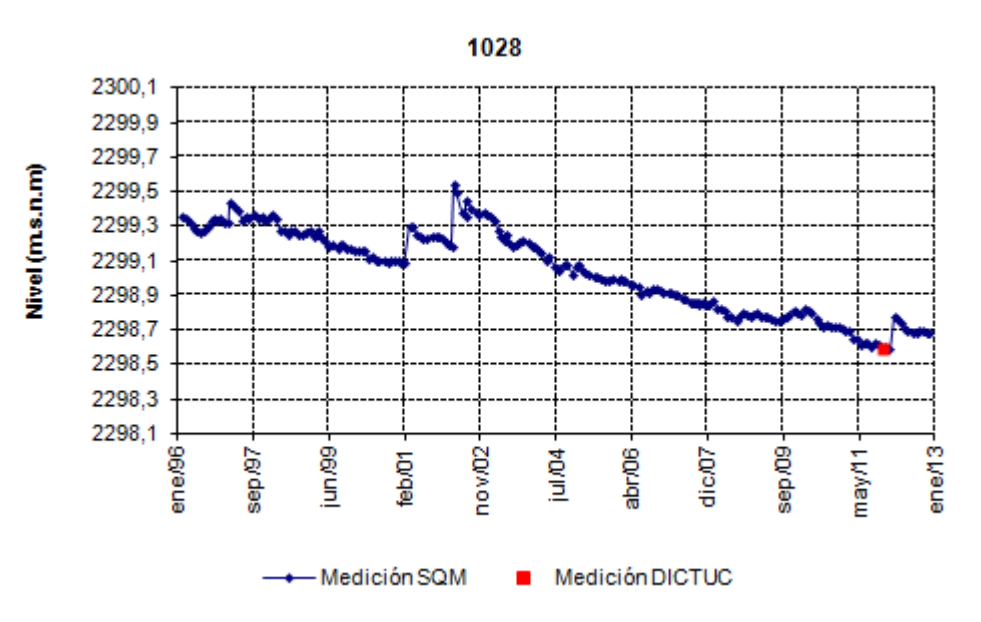


Figura 4.224. Nivel mensual observado en el pozo 1028.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

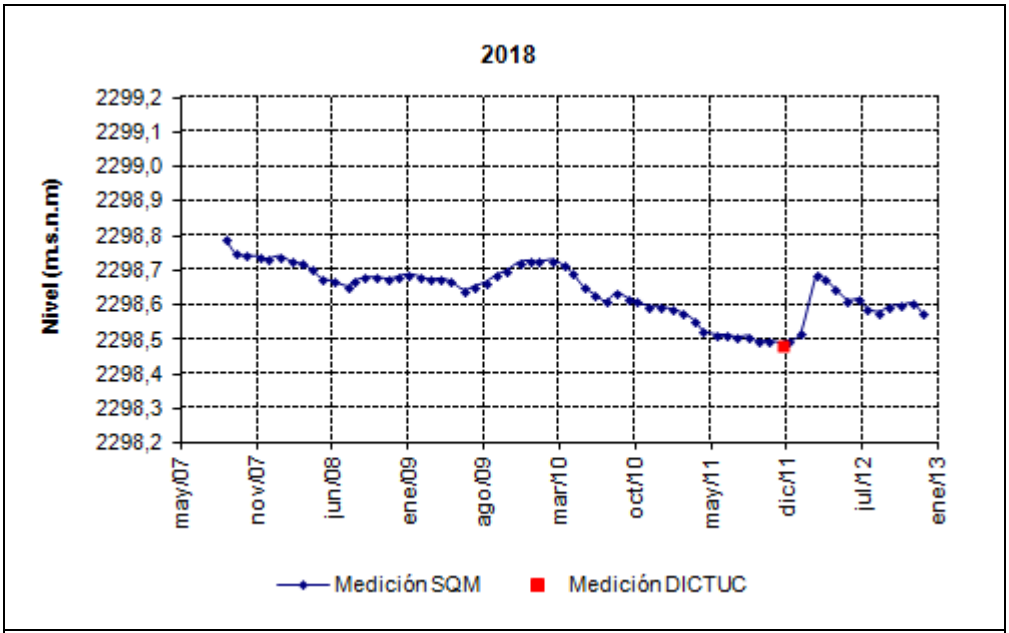


Figura 4.225. Nivel mensual observado en el pozo 2018.

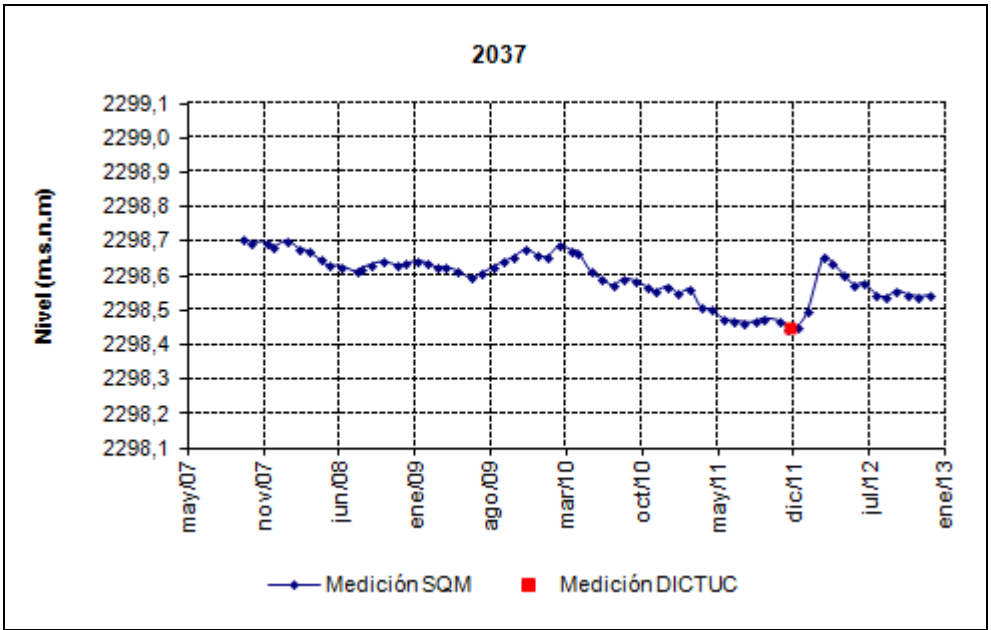


Figura 4.226. Nivel mensual observado en el pozo 2037.

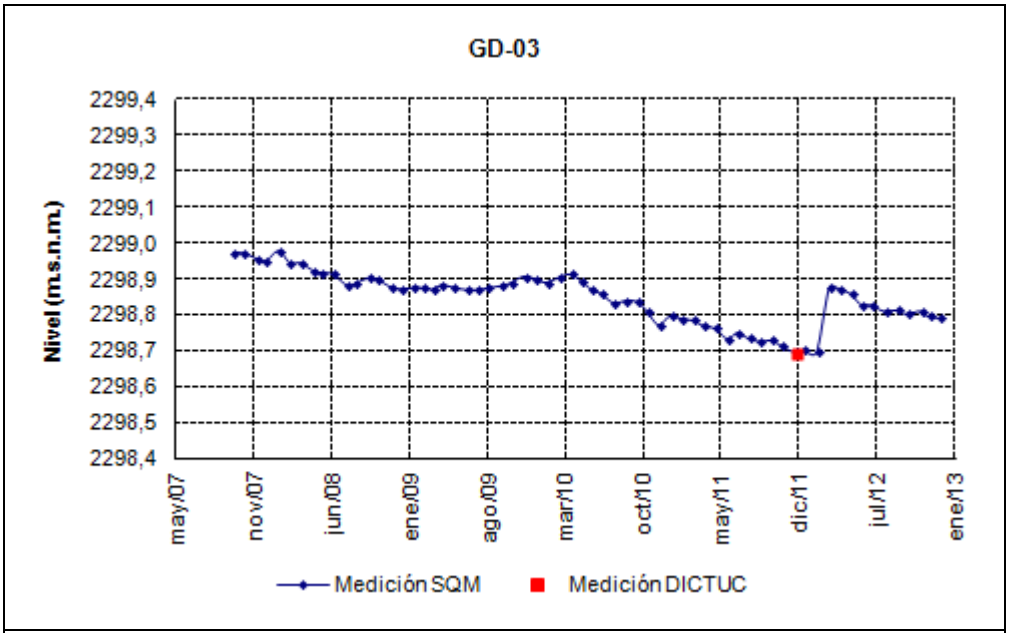


Figura 4.227. Nivel mensual observado en el pozo GD-03.

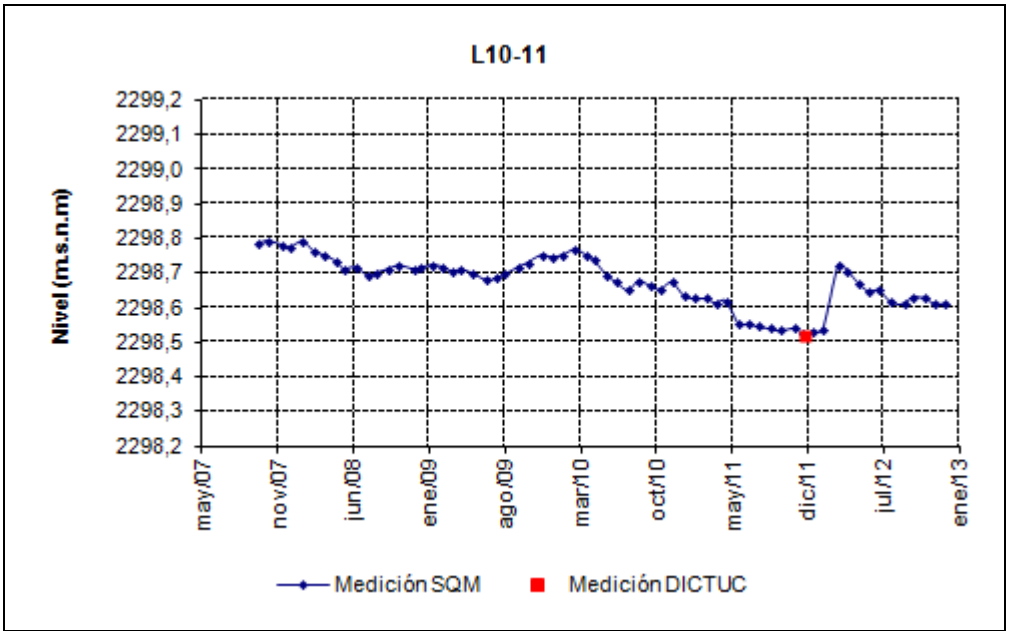


Figura 4.228. Nivel mensual observado en el pozo L10-11.

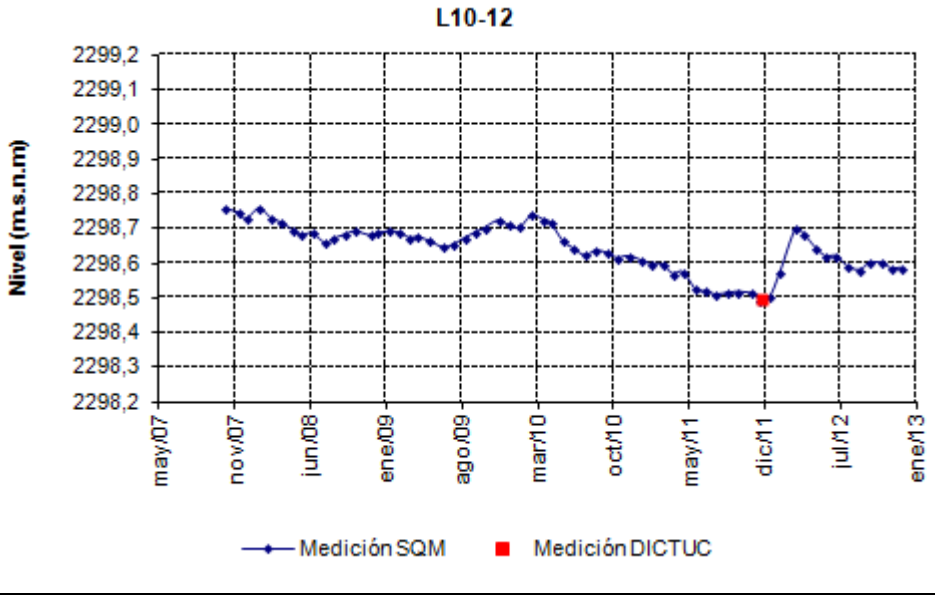


Figura 4.229. Nivel mensual observado en el pozo L10-12.

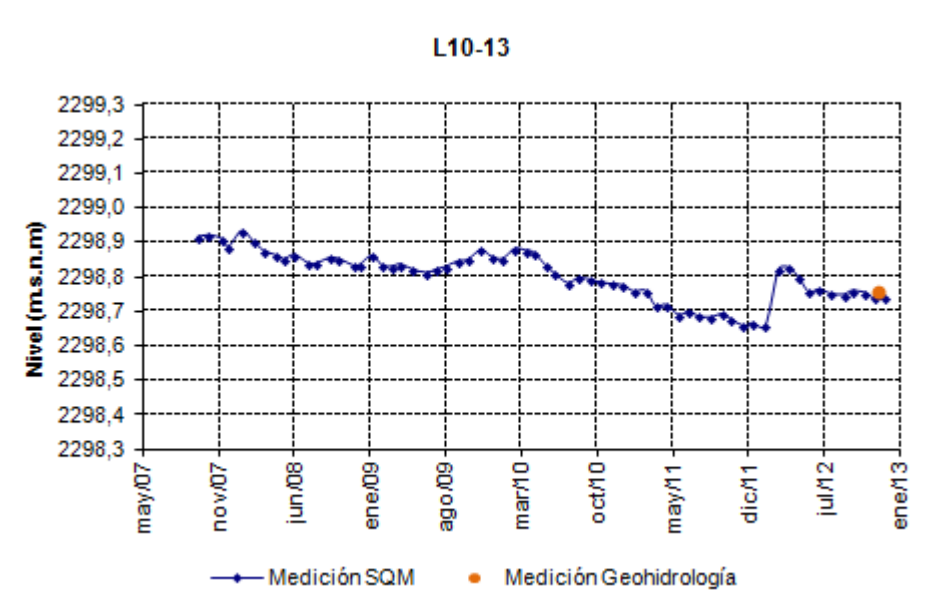


Figura 4.230. Nivel mensual observado en el pozo L10-13.

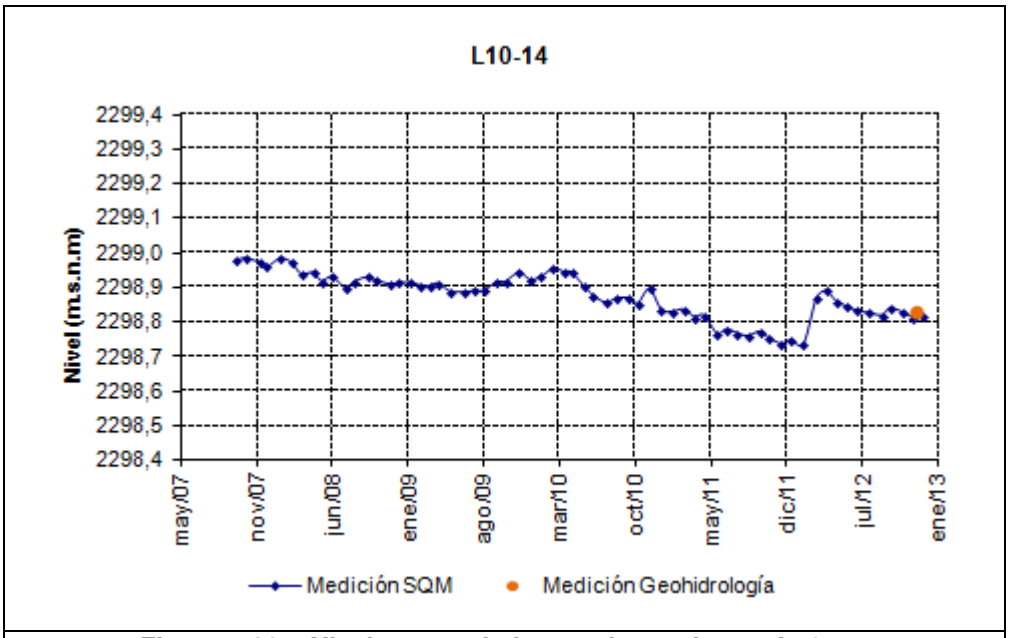


Figura 4.231. Nivel mensual observado en el pozo L10-14.

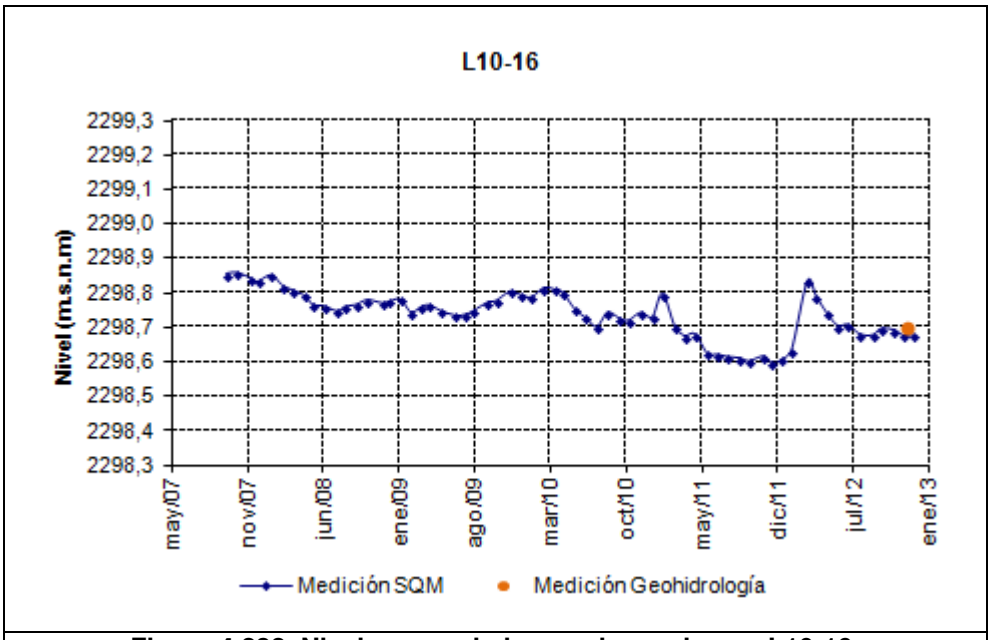


Figura 4.232. Nivel mensual observado en el pozo L10-16.

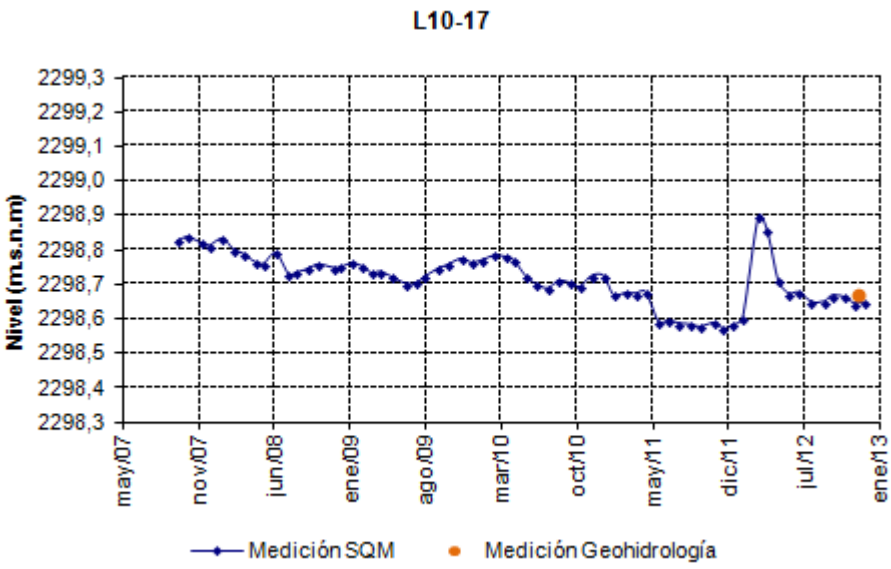


Figura 4.233. Nivel mensual observado en el pozo L10-17.

4.3.1.3 Nivel lacustre

Las lagunas Salada (Figura 4.234) y Saladita (Figura 4.235) presentan un comportamiento bastante estable a través del tiempo, a diferencia de la laguna Interna (Figura 4.236) que tuvo un descenso durante el año 2005 para luego estabilizarse en un nuevo nivel.

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

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

La cota topográfica de la reglilla de la laguna Salada fue medida por CONAF (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. valor que se utiliza en la Figura 4.234.

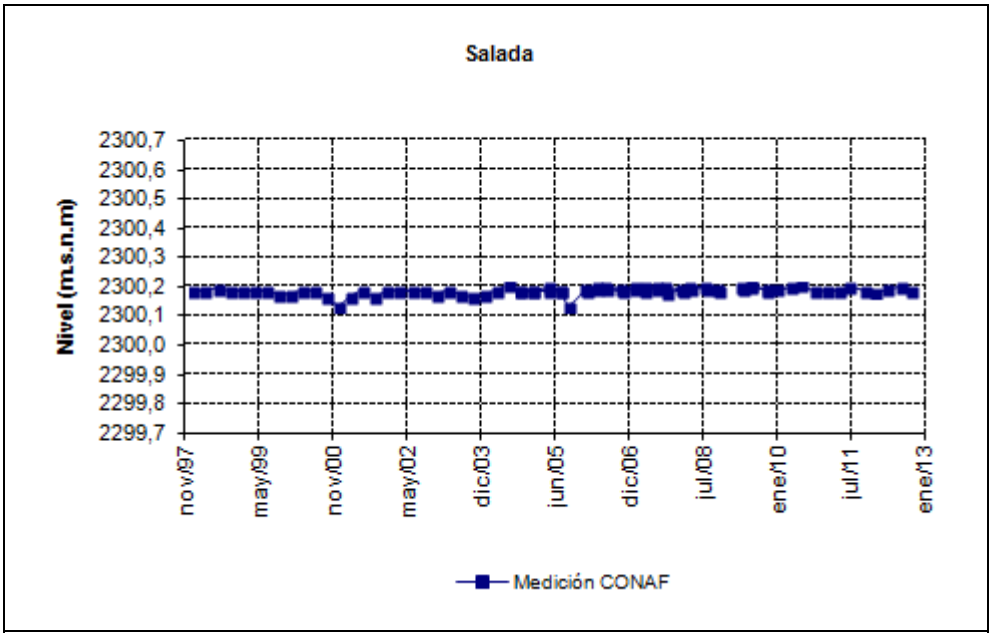


Figura 4.234. Nivel mensual observado en la laguna Salada.

El único antecedente topográfico que se tenía de la reglilla de la laguna Saladita fue medido por CONAF (2300,729 m.s.n.m.), pero posterior a la georreferenciación de todos los pozos involucrados en el proyecto, la medición de la cota fue corregida a 2300,780 m.s.n.m. siendo este valor el que se usa para la Figura 4.235.

La cota topográfica de la reglilla de la laguna 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 4.236.

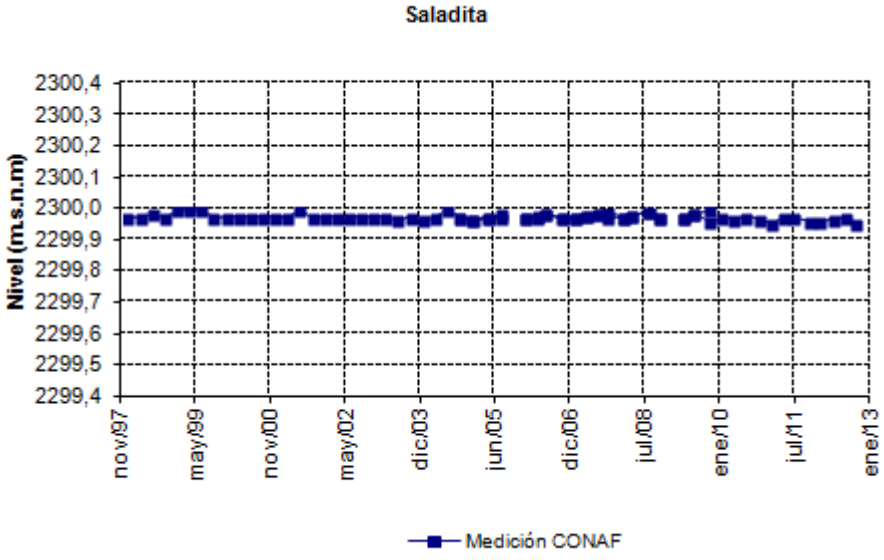


Figura 4.235. Nivel mensual observado en la laguna Saladita.

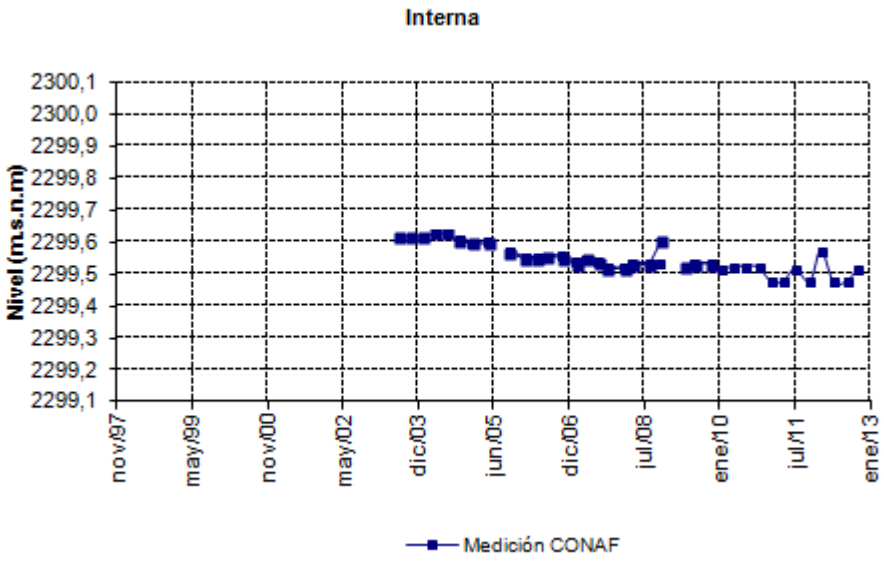


Figura 4.236. Nivel mensual observado en la laguna Interna.

4.3.2 Calidad química

Los pozos del sistema Peine incluidos para monitorear la calidad del agua subterránea son el 1028, L10-1 y L10-4. Desde la Figura 4.237 a la Figura 4.239 se presenta las mediciones efectuadas en terreno por personal de SQM y los resultados del análisis químico realizado por el laboratorio ALS Environmental para cada uno de los pozos mencionados. Cabe

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

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 A.3 se presentan los informes de los análisis químicos realizados en estos pozos.

Respecto a los parámetros de calidad del agua de las lagunas del sistema Peine, CONAF realiza el muestreo en el marco del convenio que actualmente posee con SQM. Los parámetros que se miden son sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza total, carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, arsénico, nitrato, fosfato, pH, temperatura y oxígeno disuelto. Desde la Figura 4.240 a la Figura 4.245 se muestran los resultados para las lagunas Interna, Salada y Saladita. El pozo L10-1 es parte del monitoreo de la calidad del agua de los sistemas Peine y Cuña Salina y será presentado sólo en esta sección.

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

4.3.2.1 Muestreo realizado por SQM

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

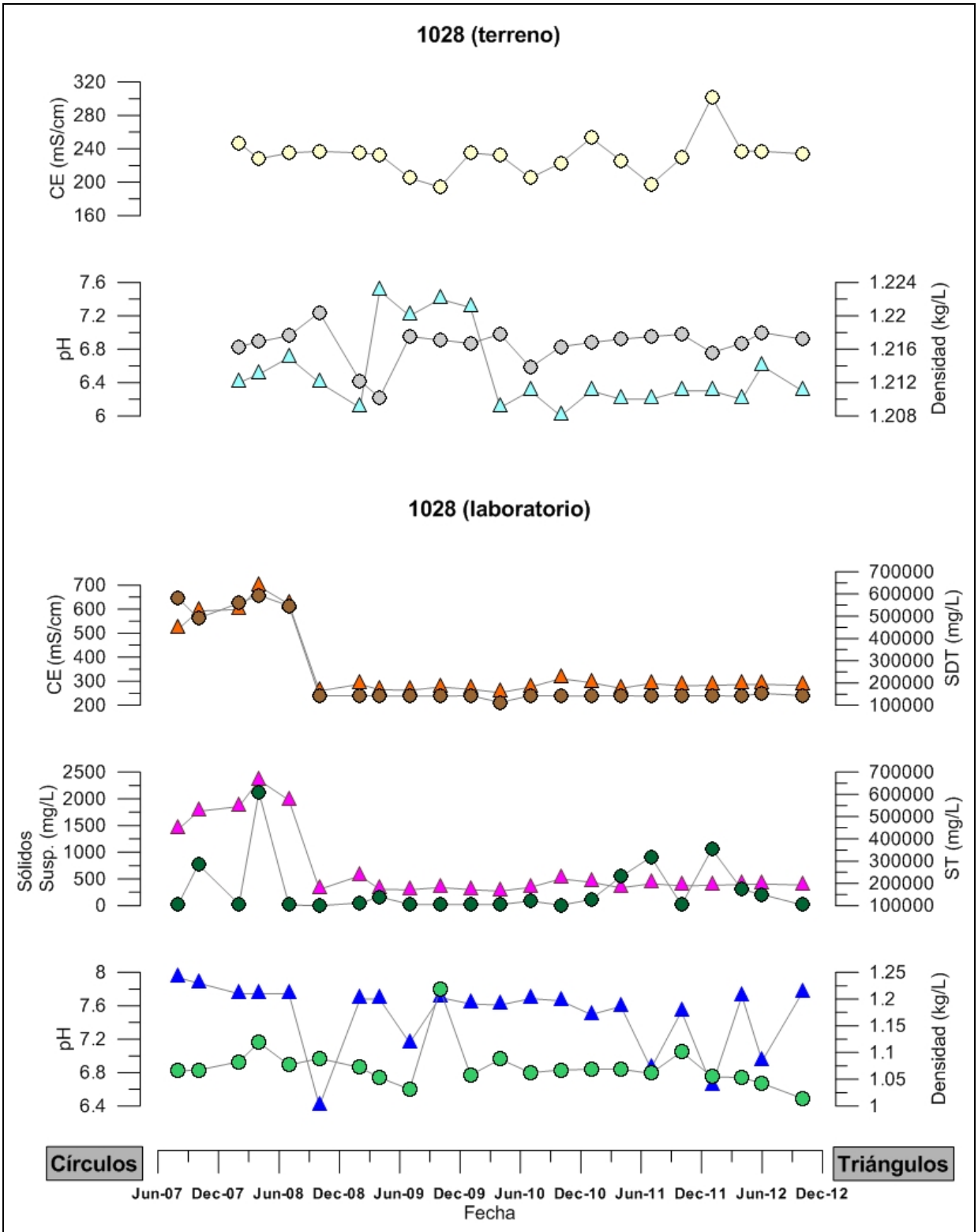


Figura 4.237. Resultados de análisis físico-químico del pozo 1028

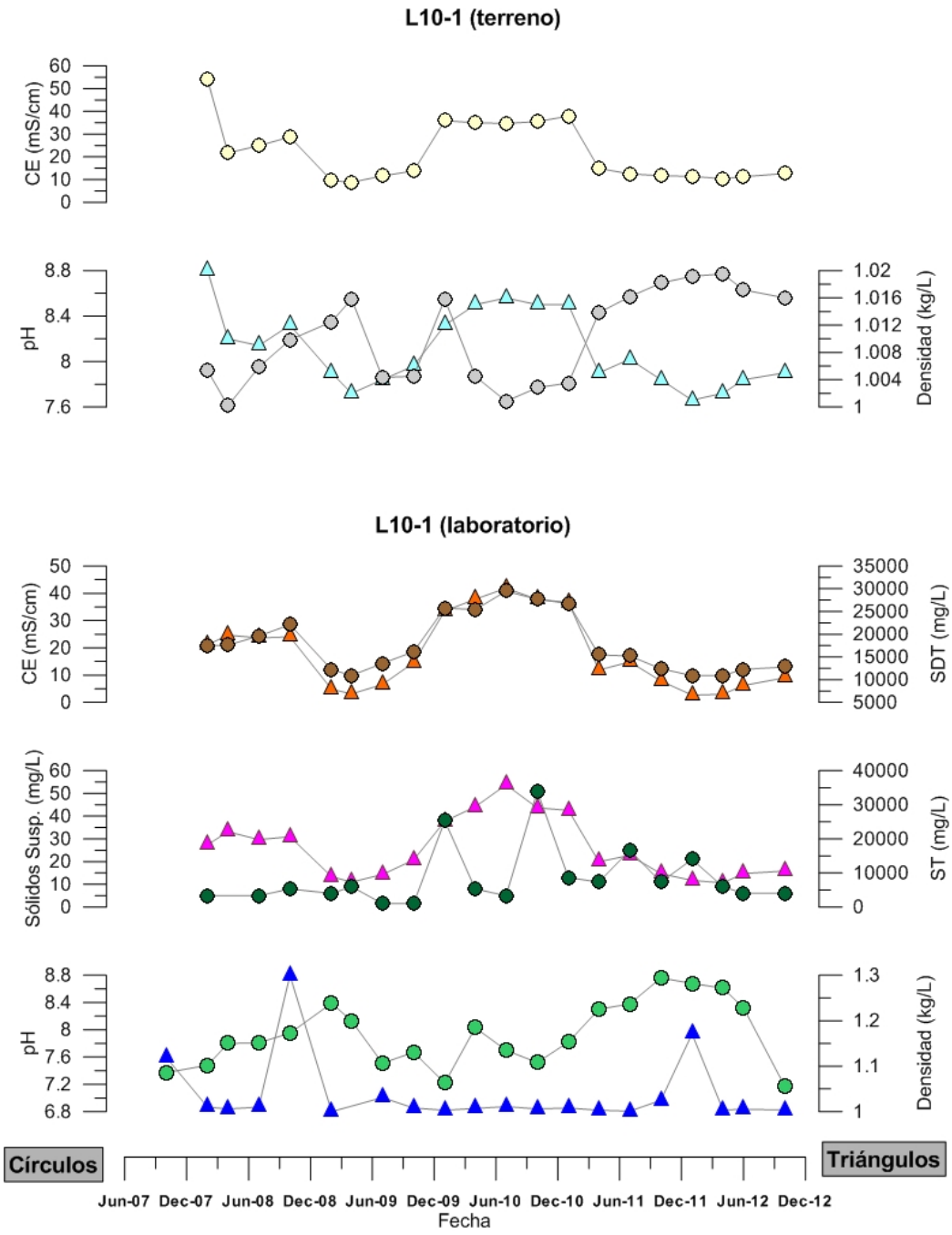


Figura 4.238. Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-1[16]

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

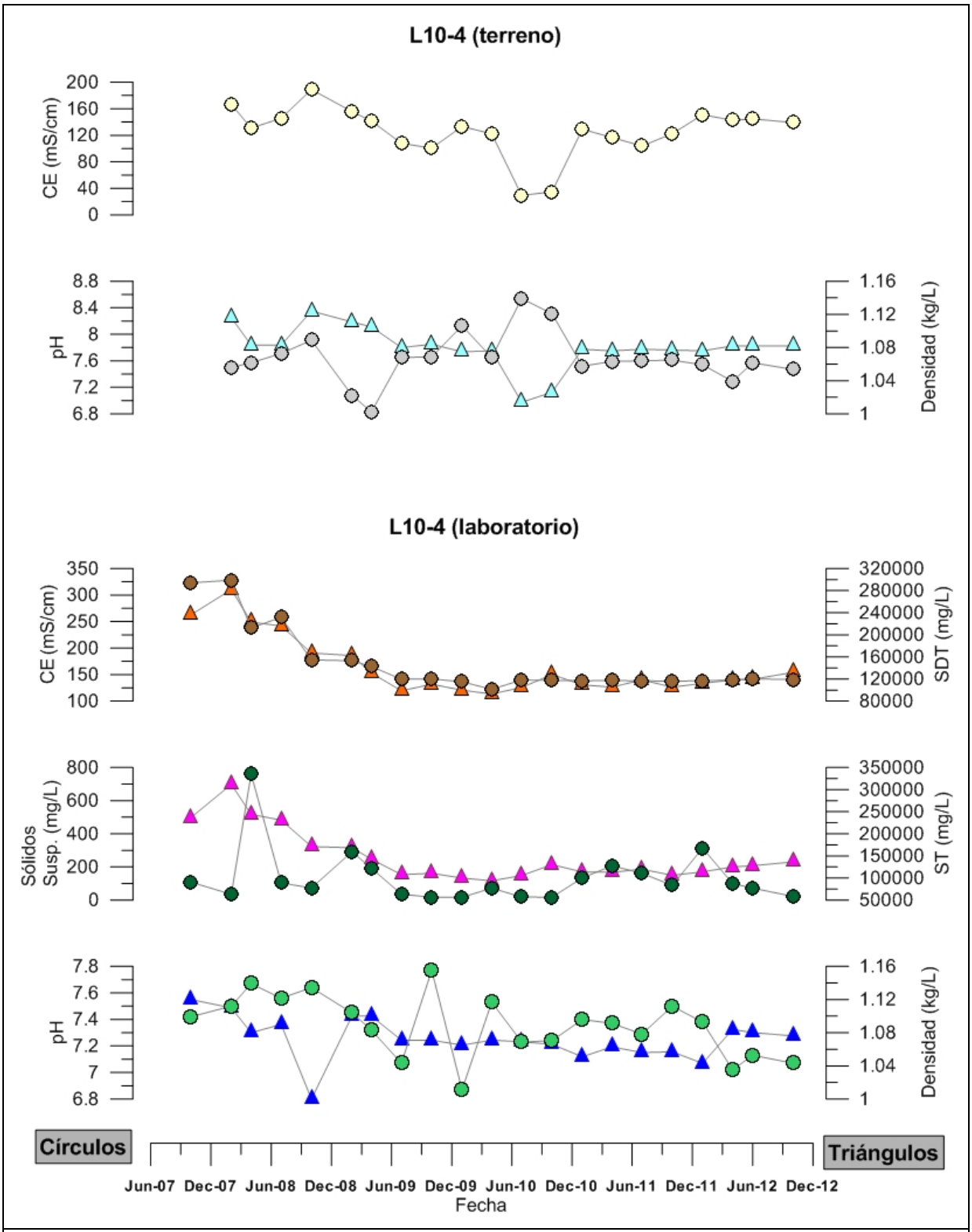


Figura 4.239. Resultados de análisis físico-químico del pozo L10-4

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.3.2.2 Muestreo realizado por CONAF

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

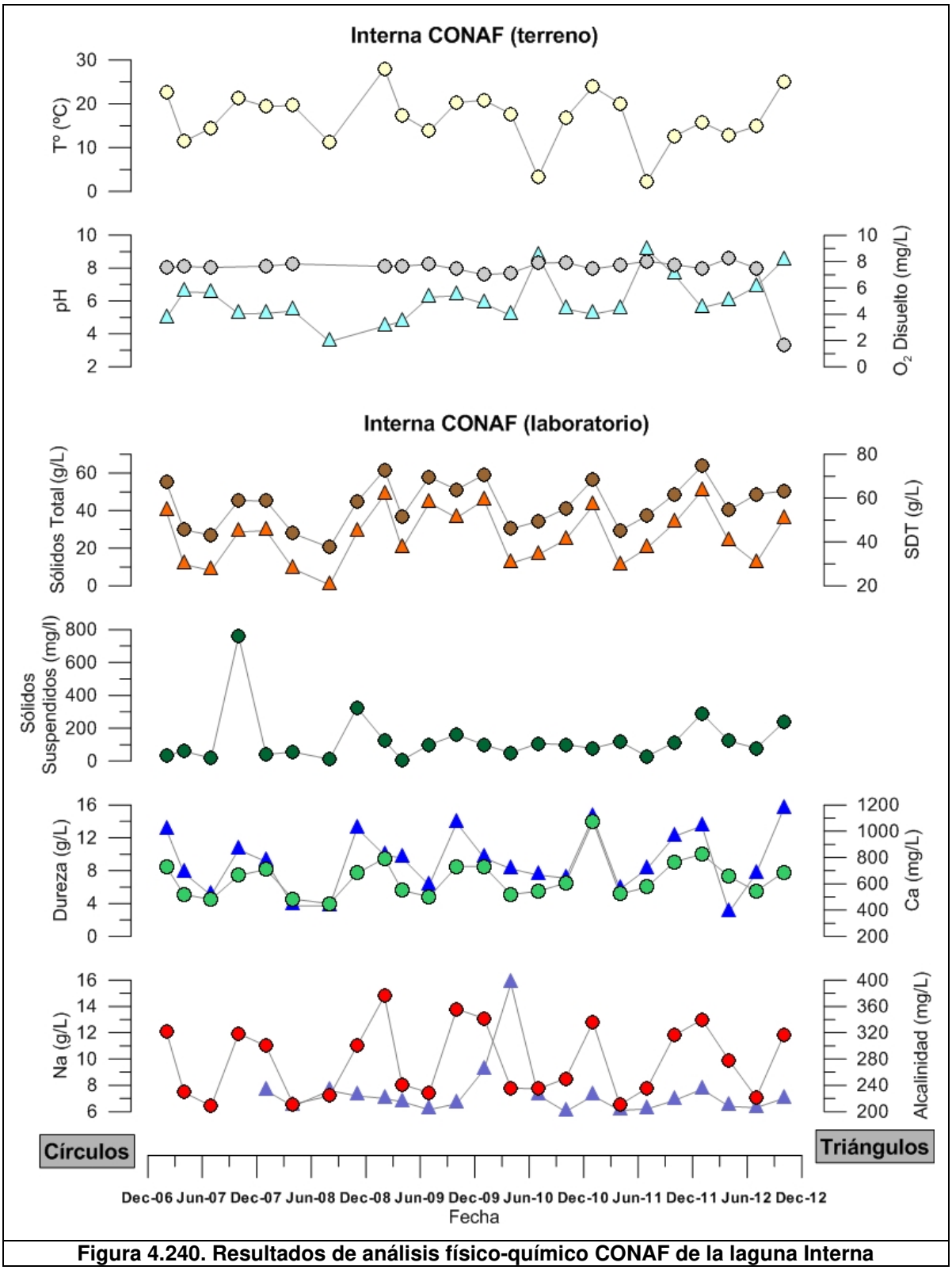


Figura 4.240. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

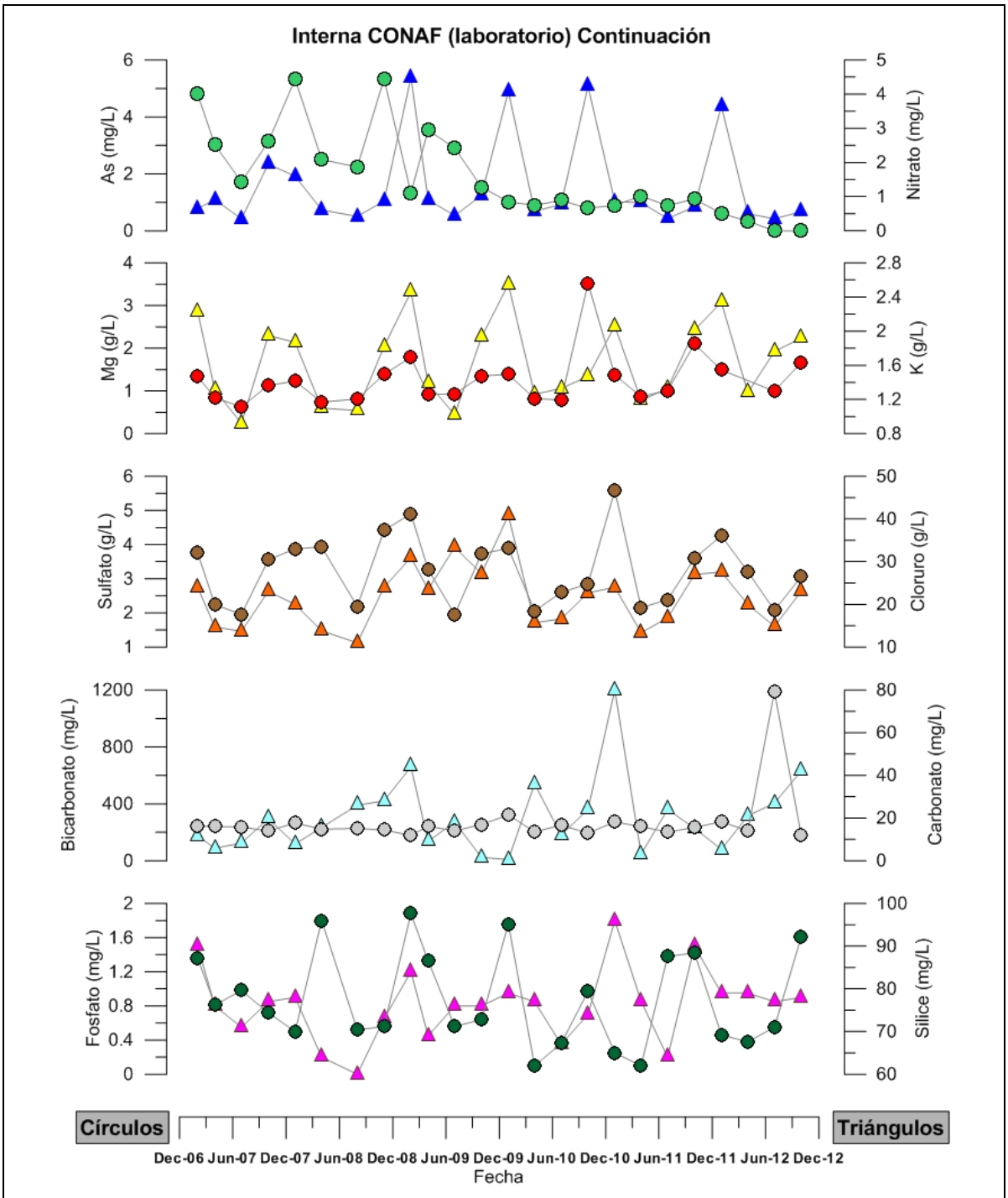


Figura 4.241. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Interna (continuación)[17]

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

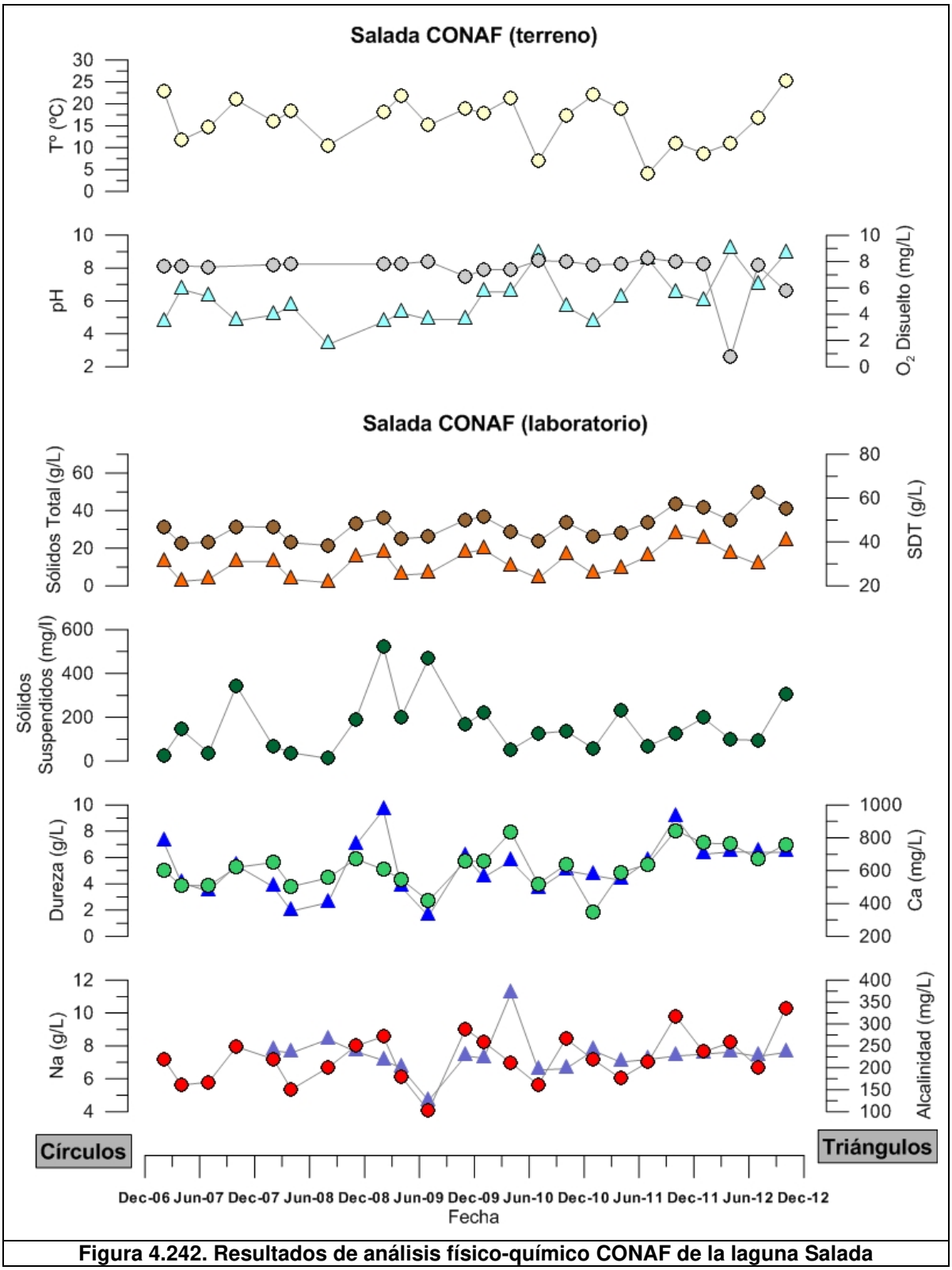


Figura 4.242. Resultados de análisis físico-químico CONAF de la laguna Salada

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

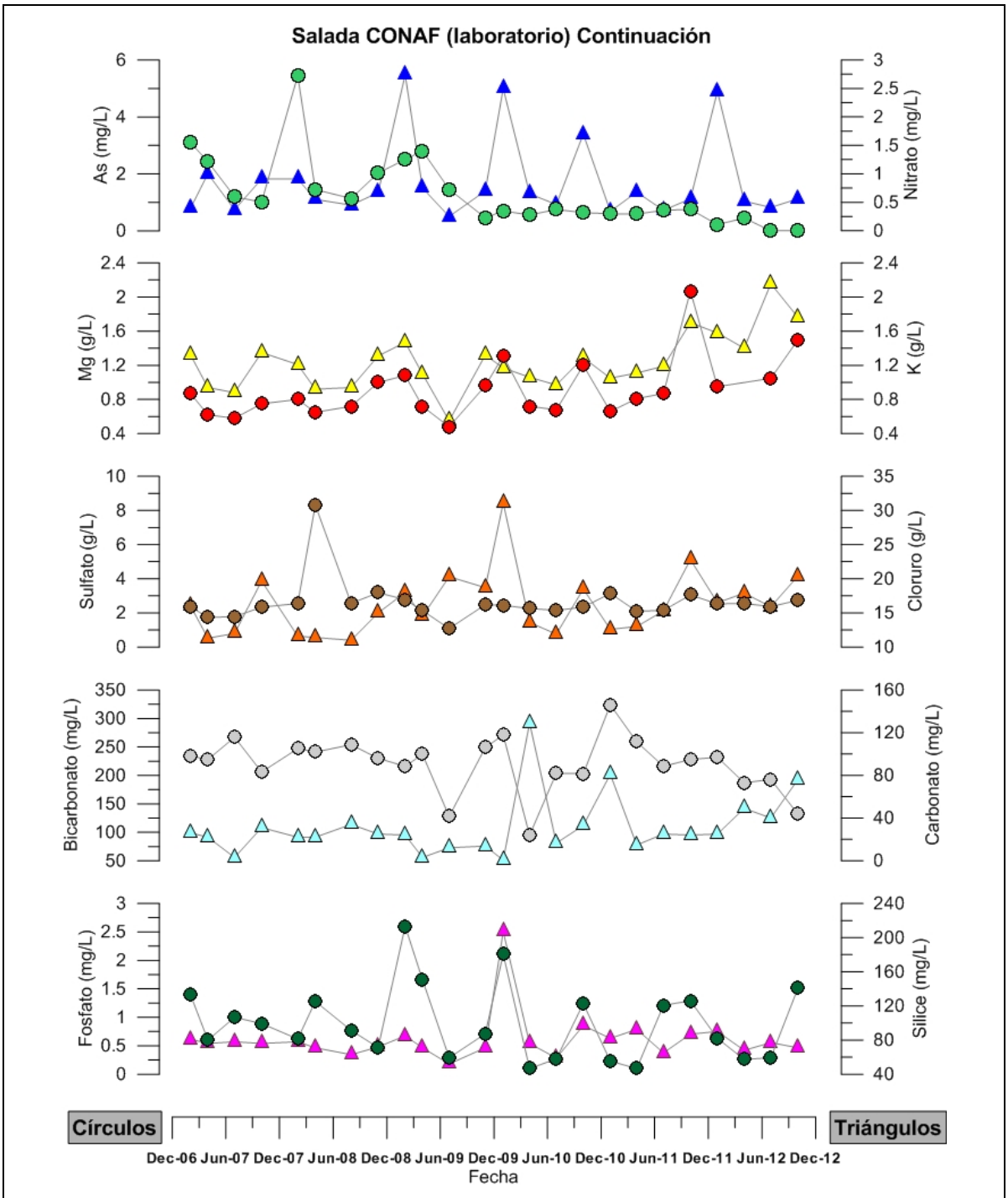


Figura 4.243. Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Salada (continuación)[18]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

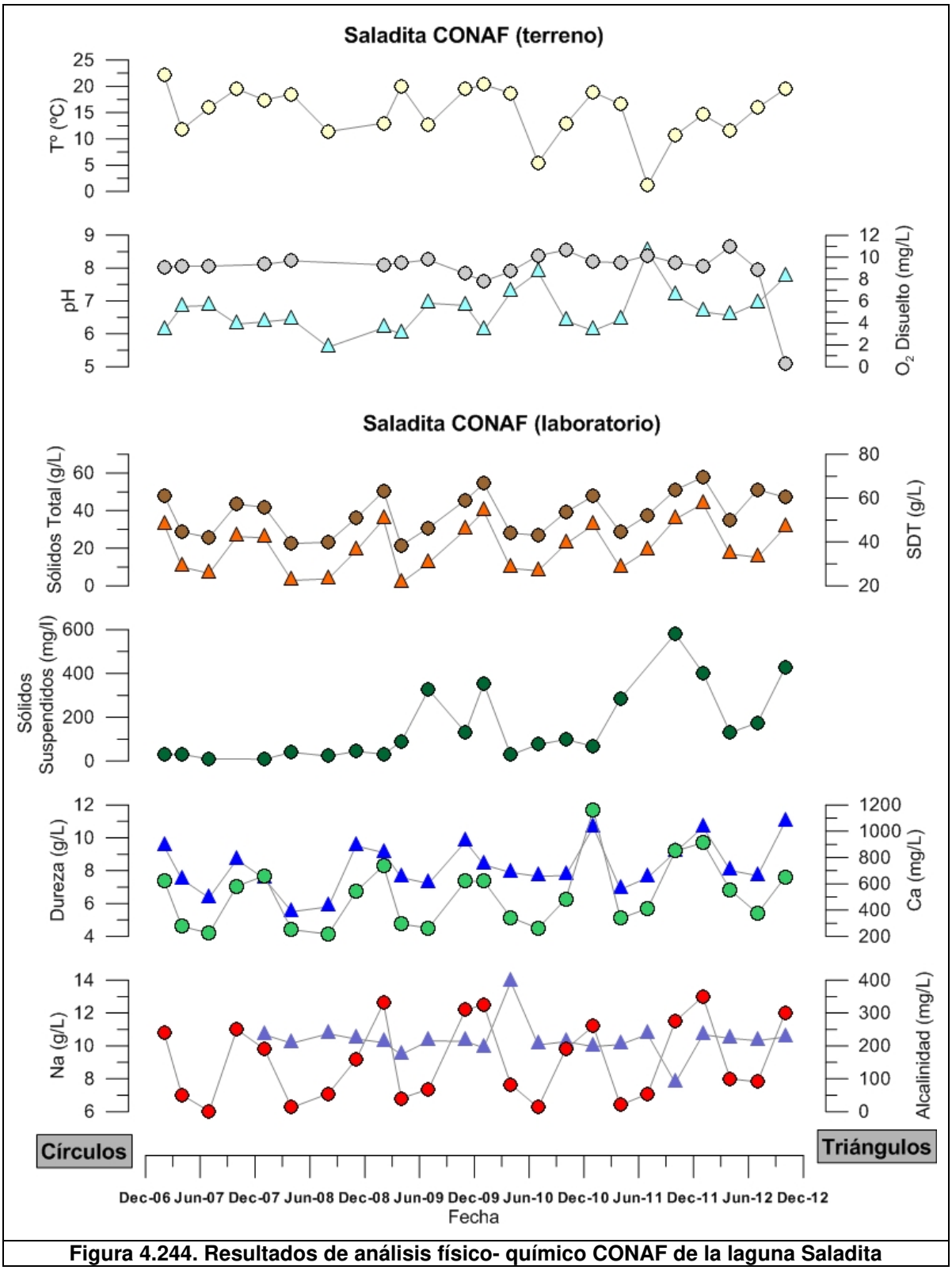


Figura 4.244. Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

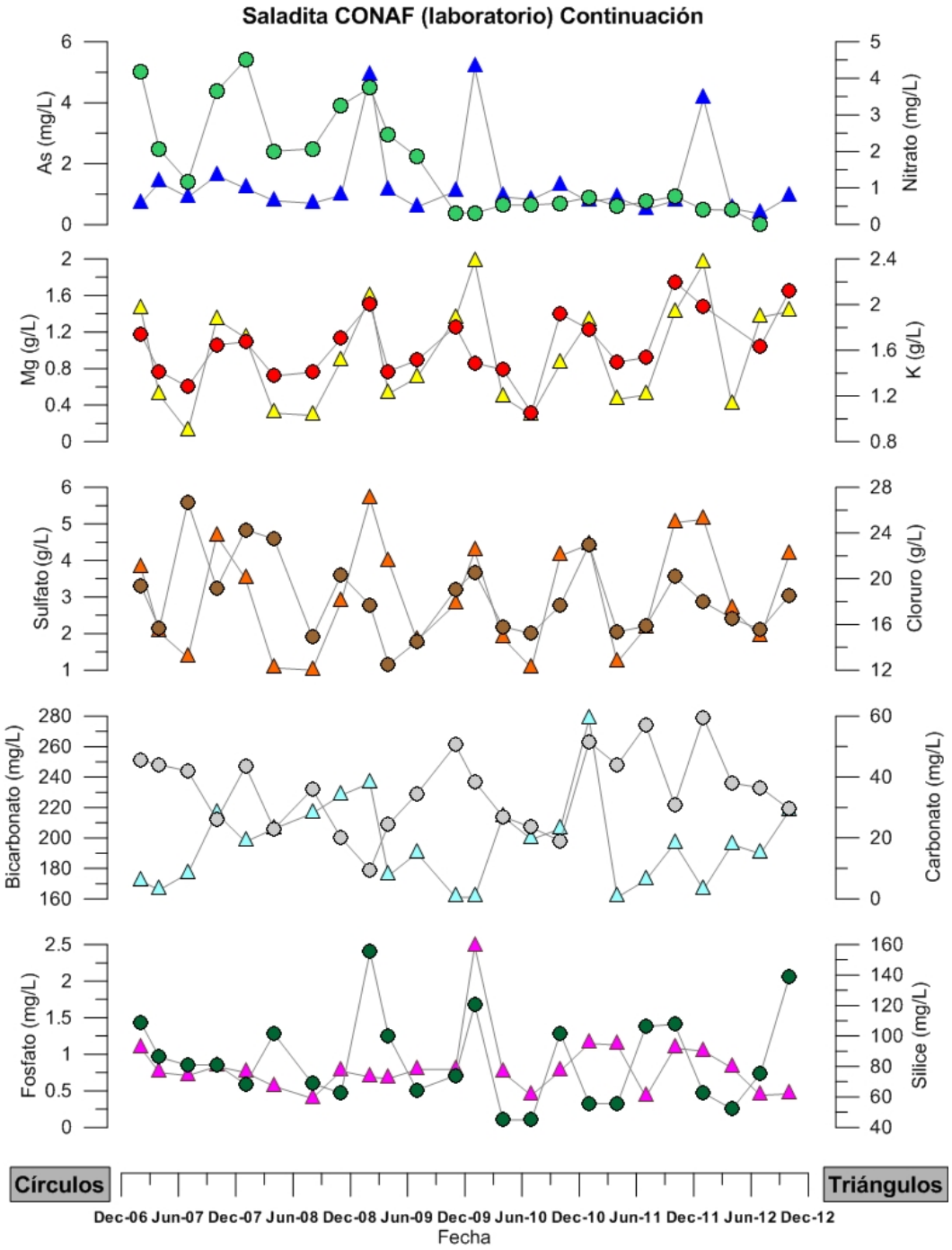


Figura 4.245. Resultados de análisis físico- químico CONAF de la laguna Saladita (continuación)[19]

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

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.3.3 Aforos

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

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

4.3.3.1 Laguna Salada

Al igual que para la estación Barros Negros y como una forma de contar con información confiable, a partir del 1 de enero de 2010 se eliminaron las mediciones continuas de las estaciones de aforo y se realiza la medición solo a través de un sistema manual con frecuencia mensual a modo de dar cumplimiento preciso a lo contenido en la RCA N^{o} 226/2006. Más detalle se presenta en la sección 5.1 del Informe Nº5 del PSAH.

Al igual que en Barros Negros, SQM realiza aforos manuales en la sección donde se ubica la estación de la laguna Salada. Los caudales manuales calculados son presentados en la Figura 4.246.

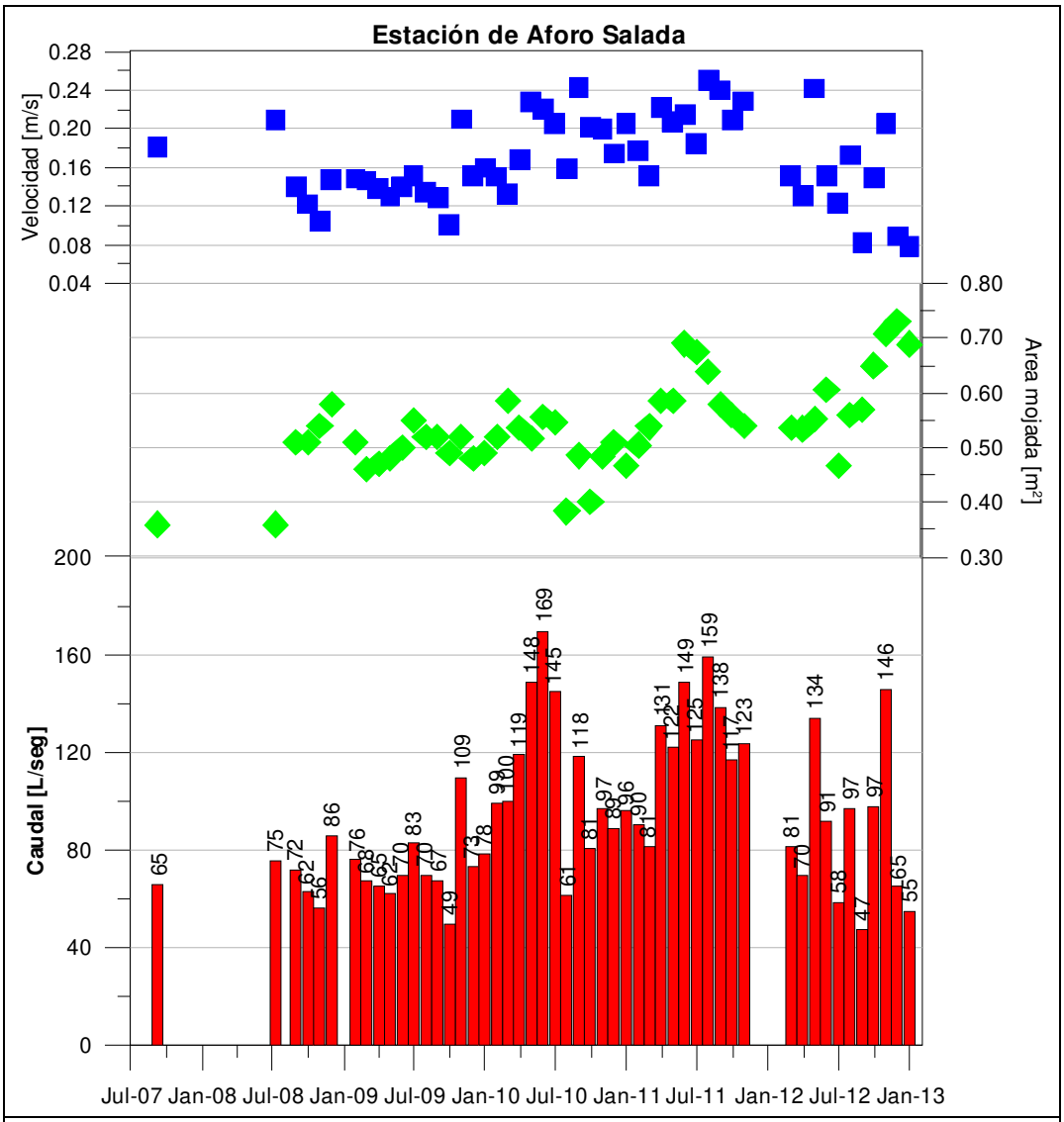


Figura 4.246. Aforo laguna Salada. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m²).

4.3.3.2 Laguna Saladita

Los registros manuales de caudal con que cuenta SQM para esta estación de aforo se presentan en la Figura 4.247

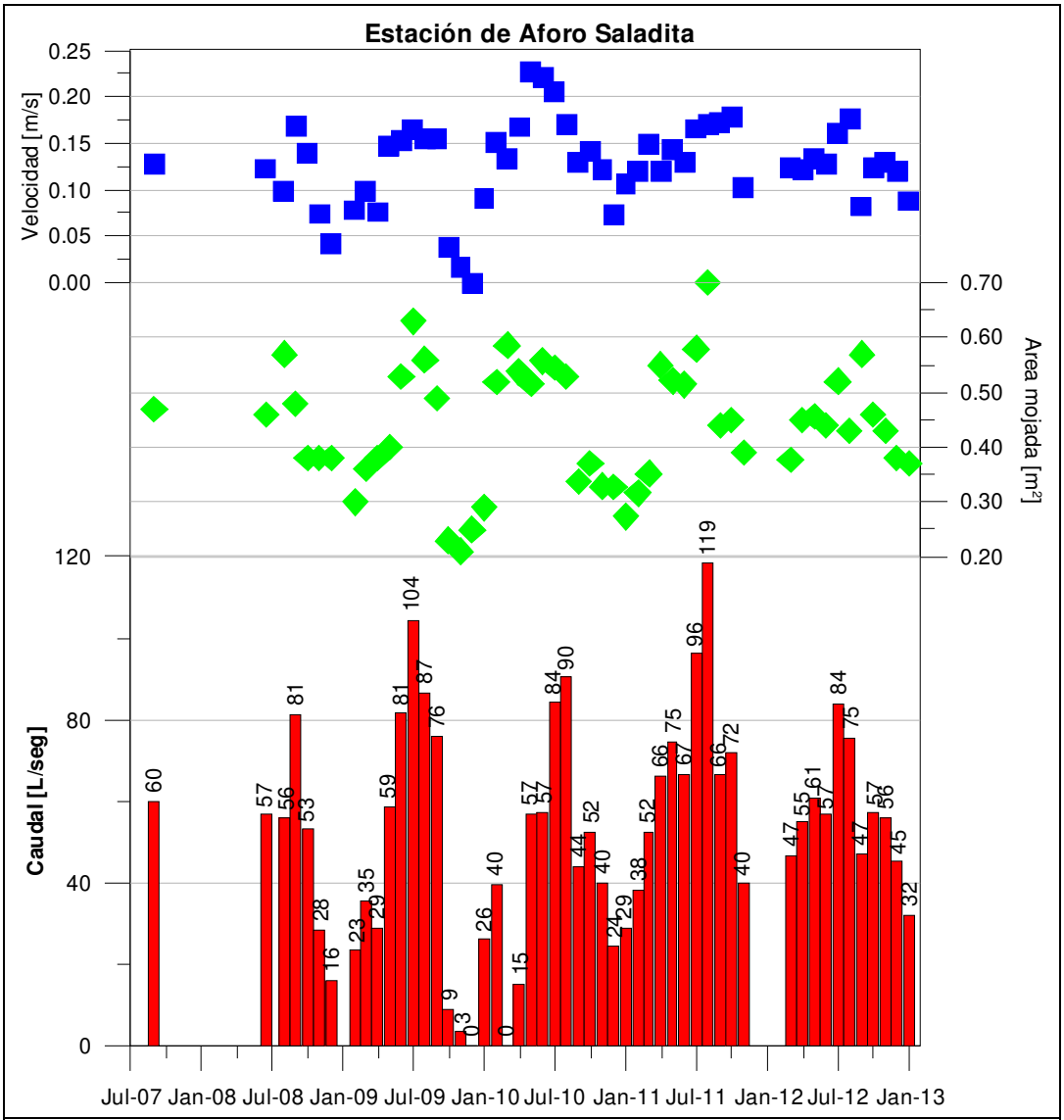


Figura 4.247. Aforo laguna Saladita. En barra roja caudal aforado por método manual, en azul velocidad (m/s) y en verde área mojada (m^2).

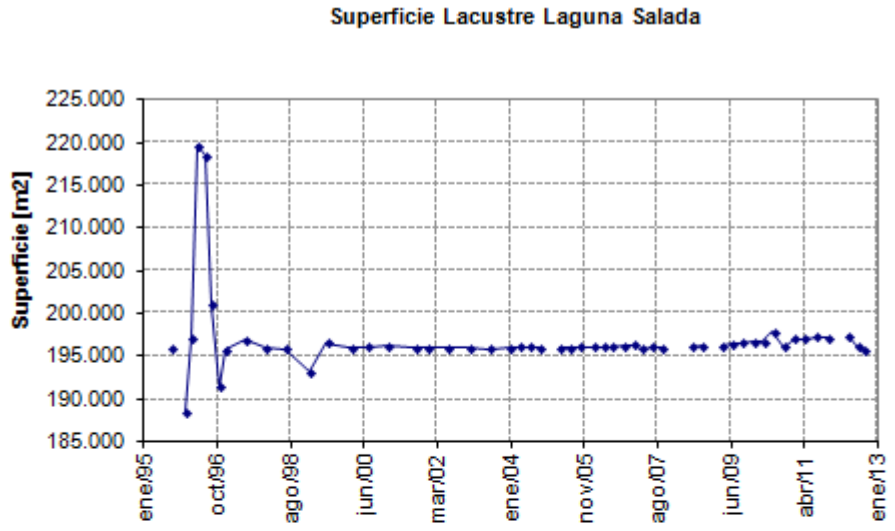
4.3.4 Superficie lacustre

En el marco del convenio específico CONAF – SQM Salar S.A. vigente para el periodo 2004-2009 y el Addendum que lo renueva hasta enero de 2014, relativo al Plan de Monitoreo Ambiental Hábitat y Avifauna del salar de Atacama, se presenta a continuación

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

los resultados de las mediciones de perfiles de las lagunas, efectuadas con estacas perimetrales. Se observa que la superficie en la laguna Salada se ha mantenido constante prácticamente desde el año 1996, mientras que la laguna Saladita presenta un descenso durante 2009 en las mediciones realizadas por CONAF; se debe destacar que esta tendencia no es coincidente con la observada a través de imágenes satelitales presentadas en el informe Nº7.

En la Tabla 4.5 se presenta las mediciones realizadas a través de topografía y del método de imágenes satelitales, las mediciones de topografía sólo se realizaron hasta el año 2010, ya que a través de la Resolución Exenta 244/2010, queda establecido que las mediciones de topografía sólo se realizarán cada 5 años y por otro lado en la misma resolución se establece la metodología para realizar la medición a través de imagen satelital, actividad que se realiza en el mes de abril de cada año.



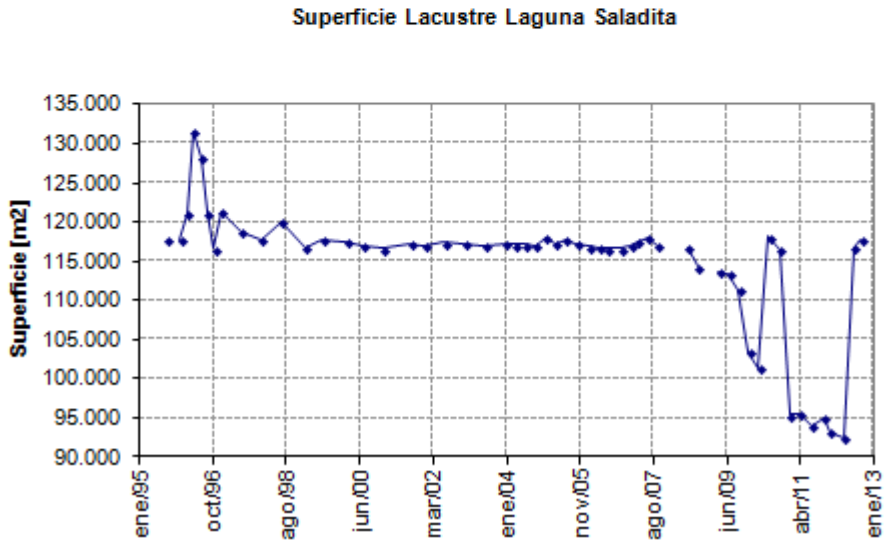


Figura 4.248. Evolución de la superficie lacustre sistema Peine medida por CONAF (CONAF 2009-2011, informes de avance plan de monitoreo ambiental hábitat y avifauna del salar de Atacama)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

Tabla 4.5. Superficies lacustres medidas desde abril de 2008 hasta abril de 2012

SISTEMA LACUSTRE	LAGUNA	Superficie (m^2) - 2008		DIF. SUP. (%)	Superficie (m^2) -2009		DIF. SUP. (%)	Superficie (m^2) - 2010		DIF. SUP. (%)	Superficie (m^2) - 2011	Superficie (m^2) - 2012
		Topografía	Imagen satelital		Topografía	Imagen satelital		Topografía	Imagen satelital		Imagen satelital	Imagen satelital
Peine	Salada	147.500	176.126	19.4	199.394	196.616	2	199.067	198.178	0.4	199.521	196.398
	Saladita	118.284	99.665	18.7	110.502	105.274	5	107.149	108.022	0.8	110.394	116.315
	Interna	-	-	-	246.295	199.968	23	231.590	198.838	16.5	182.616	246.828

4.4 SISTEMA VEGETACIÓN BORDE ESTE

Los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este se encuentran al este del salar de Atacama entre las coordenadas 7.423.000 a 7.396.000 norte y 591.000 a 598.000 este. En la Figura 4.249 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4.6 se presenta los puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este clasificando de acuerdo a la zona donde se encuentran emplazados (zona marginal o aluvial y sector de salmuera) y su tipología (pozo profundo y pozo somero). Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra de manera gráfica el registro de nivel.

Tabla 4.6. Puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este

Punto de monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
P2	Zona aluvial	Pozo profundo	4-185
L1-17	Zona marginal	Pozo somero	4-186
L2-25	Zona marginal	Pozo somero	4-187
L2-26	Zona marginal	Pozo profundo	4-187
L2-27	Zona marginal	Pozo somero	4-188
L2-28	Zona marginal	Pozo profundo	4-188
L3-15	Zona marginal	Pozo profundo	4-189
L3-16	Zona marginal	Pozo profundo	4-189
L4-17	Zona marginal	Pozo somero	4-190
L7-13	Zona marginal	Pozo profundo	4-190
L7-14	Zona marginal	Pozo somero	4-191
L7-15	Zona marginal	Pozo profundo	4-191
L9-1	Zona marginal	Pozo profundo	4-192
L9-2	Zona marginal	Pozo profundo	4-192

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

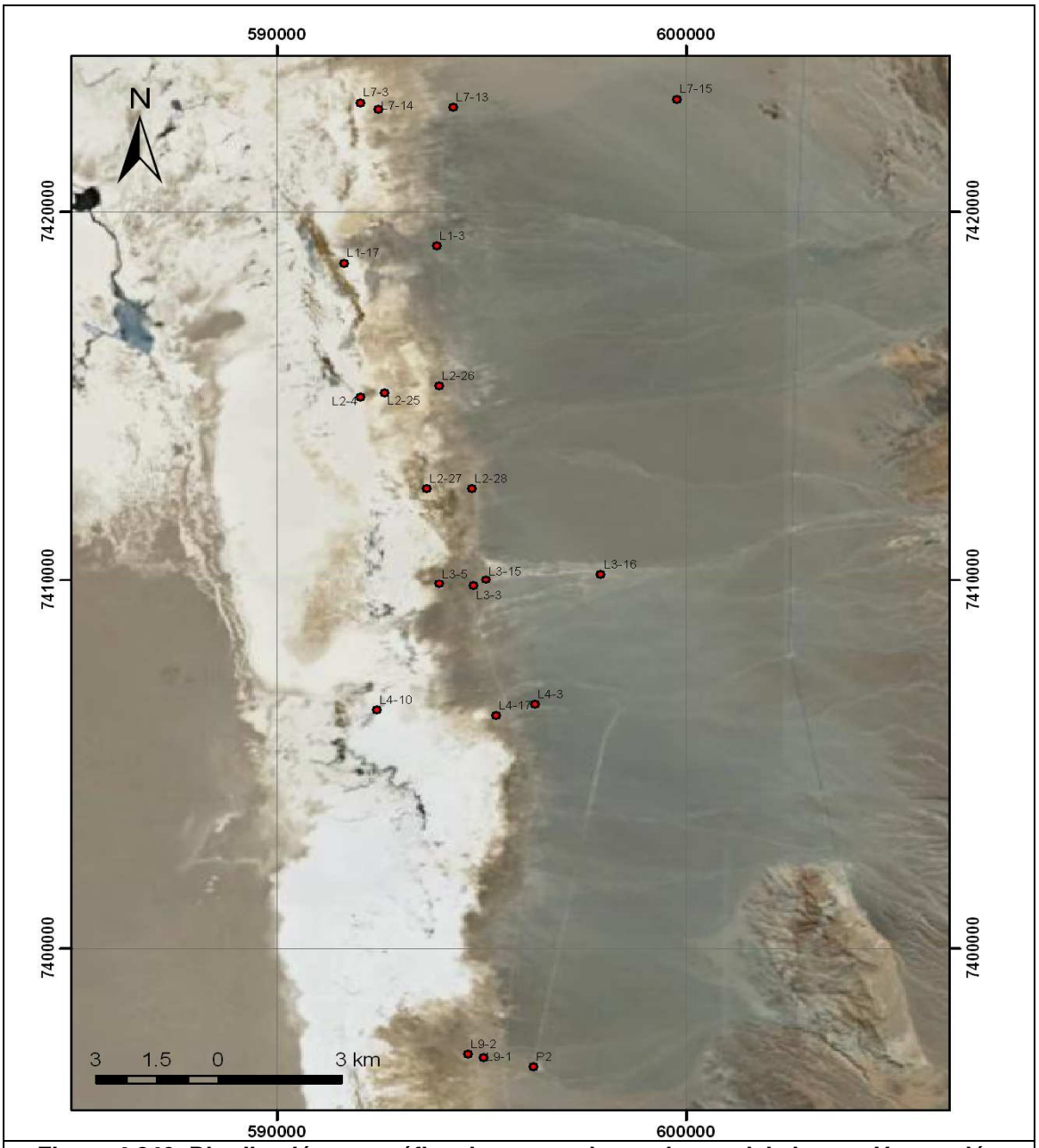


Figura 4.249. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Vegetación Borde Este.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.4.1 Nivel del agua subterránea

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

Los pozos L1-3, L2-4 y L7-3 pertenecen a la red de monitoreo del sistema Soncor y del sistema Vegetación Borde Este, siendo presentados en la sección 0 (sistema Soncor).

Los pozos L4-3, L3-3 y L3-5 junto a la reglilla L4-10 son parte del monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y Vegetación Borde Este, presentándose en el subcapítulo de Aguas de Quelana. Sus gráficos pueden ser consultados en la sección 4.2.1, donde también se muestra que el pozo L3-3 presenta un comportamiento claramente estacional, sin embargo se observa desde el inicio de los registros un leve descenso del nivel de aproximadamente 10 cm en 10 años, es decir, 1 cm/año. No obstante, el pozo L3-5 se encuentra muy cercano a éste y no presenta este descenso.

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

4.4.1.1 Pozos en zona aluvial

En la Figura 4.250 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 4.264.

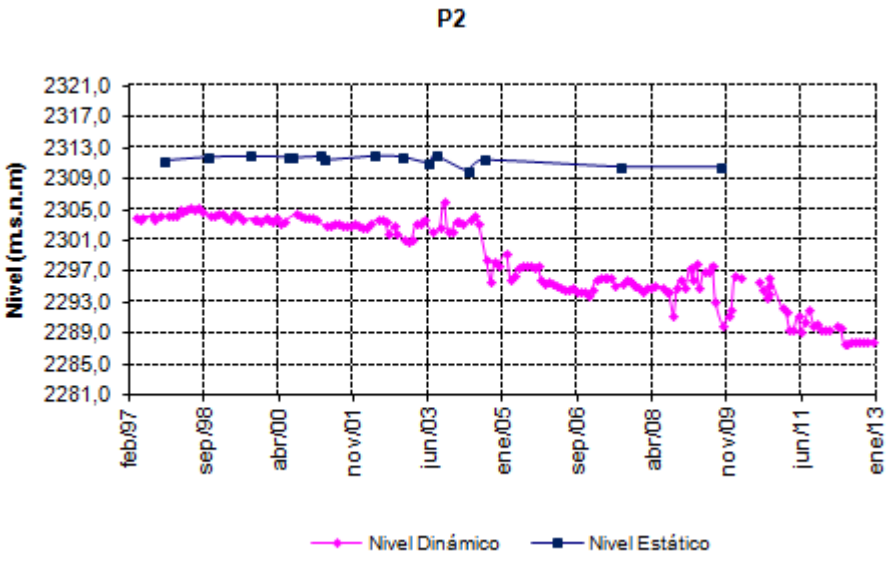


Figura 4.250. Nivel mensual estático (línea magenta) y dinámico (línea azul) observado en el pozo de bombeo P2.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.4.1.2 Pozos en zona marginal

Existen pozos en los cuales la variación de nivel está fuertemente controlada por la evaporación con un claro comportamiento estacional, es decir, menor nivel en verano y mayor en invierno (L1-17, L2-25, L2-26, L2-27, L2-28, L4-17, L7-14). La magnitud de esta oscilación depende de la profundidad del agua subterránea. Dadas las lluvias ocurridas en febrero de 2012, se observa un aumento en los niveles de estos pozos con una variación en la tendencia observada en años anteriores.

Existen pozos que muestran el efecto de pozos de bombeo cercanos que iniciaron su actividad, con una leve tendencia al descenso en función de la cercanía al pozo (L3-15, L3-16). En estos sectores el acuífero aún está buscando su equilibrio y se aprecia durante el último periodo una tendencia a la estabilización.

Existen pozos con un comportamiento mixto, donde se mezclan los 2 comportamientos anteriormente descritos, es decir, estacional y leve tendencia al descenso (L2-28, L3-15, L4-17). En estos pozos la tasa de descenso depende de su cercanía al pozo de bombeo.

En particular, los pozos L3-16 y L7-15 muestran un descenso que concuerda con el inicio del bombeo de los pozos de agua industrial que se encuentran muy cerca, sin embargo a partir de 2010 se puede apreciar que este último tiende a estabilizarse.

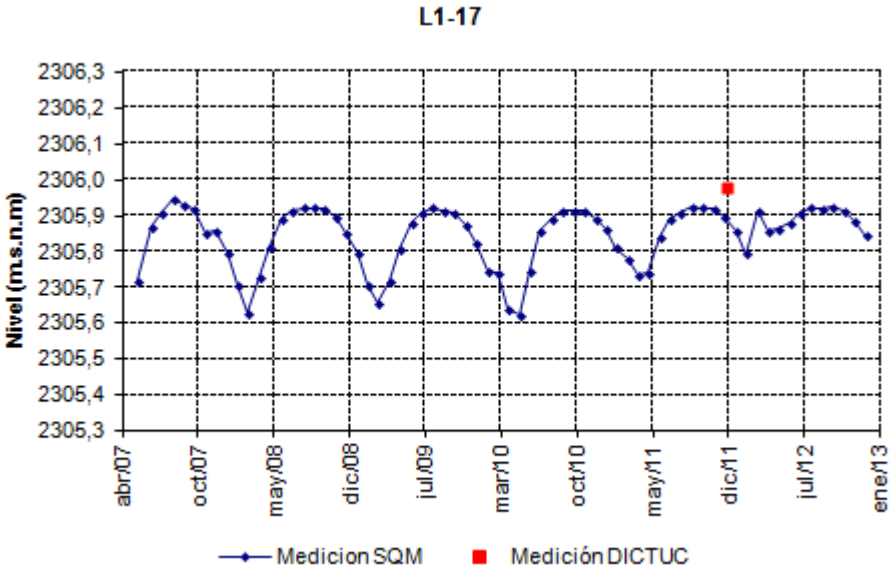


Figura 4.251. Nivel mensual observado en el pozo L1-17.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

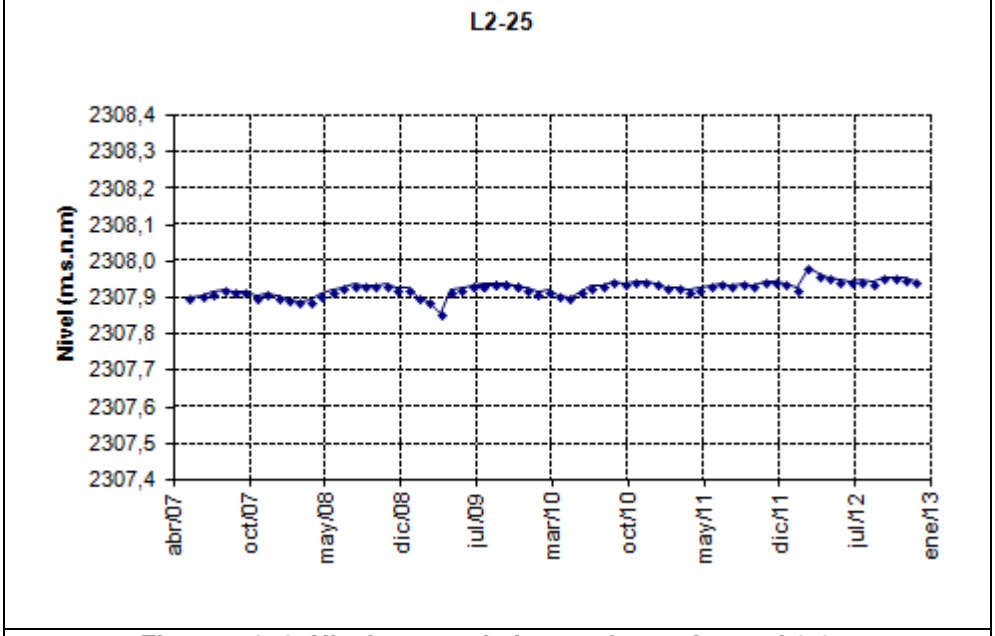


Figura 4.252. Nivel mensual observado en el pozo L2-25.

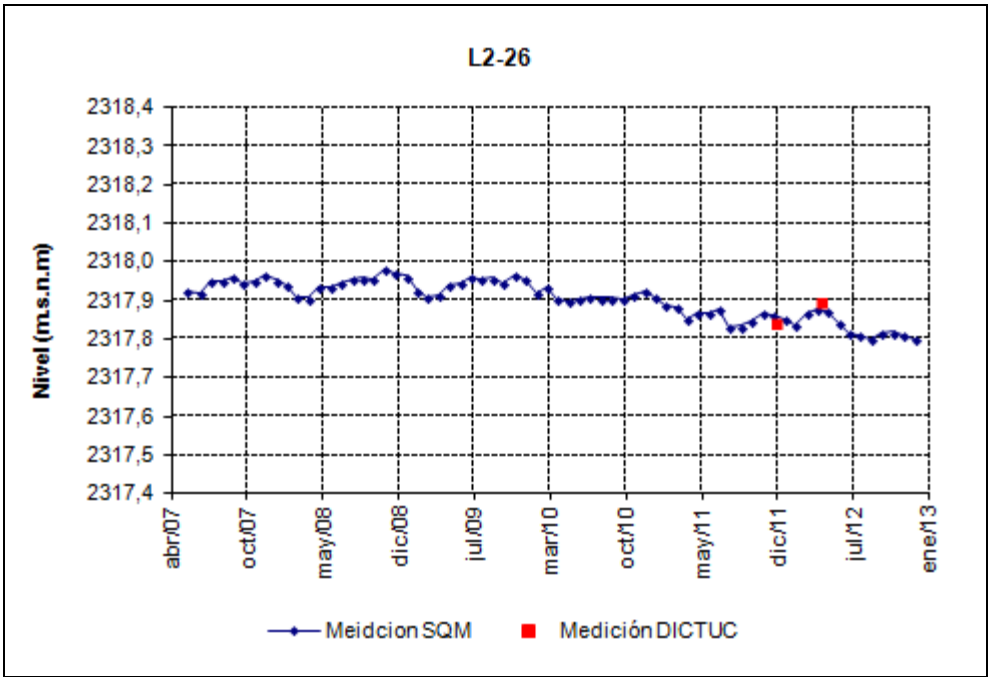


Figura 4.253. Nivel mensual observado en el pozo L2-26.

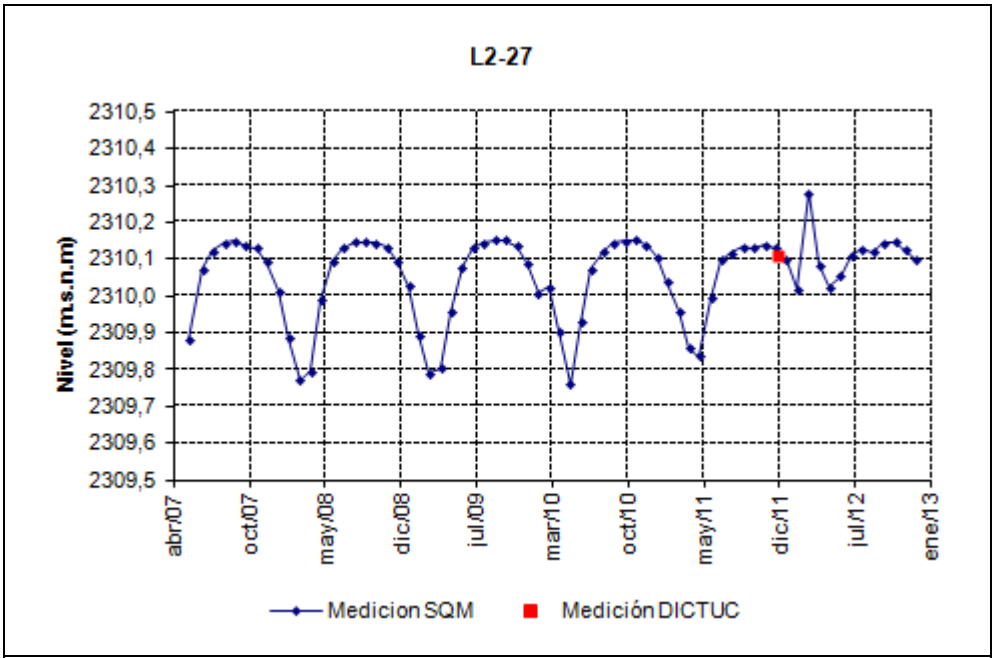


Figura 4.254. Nivel mensual observado en el pozo L2-27.

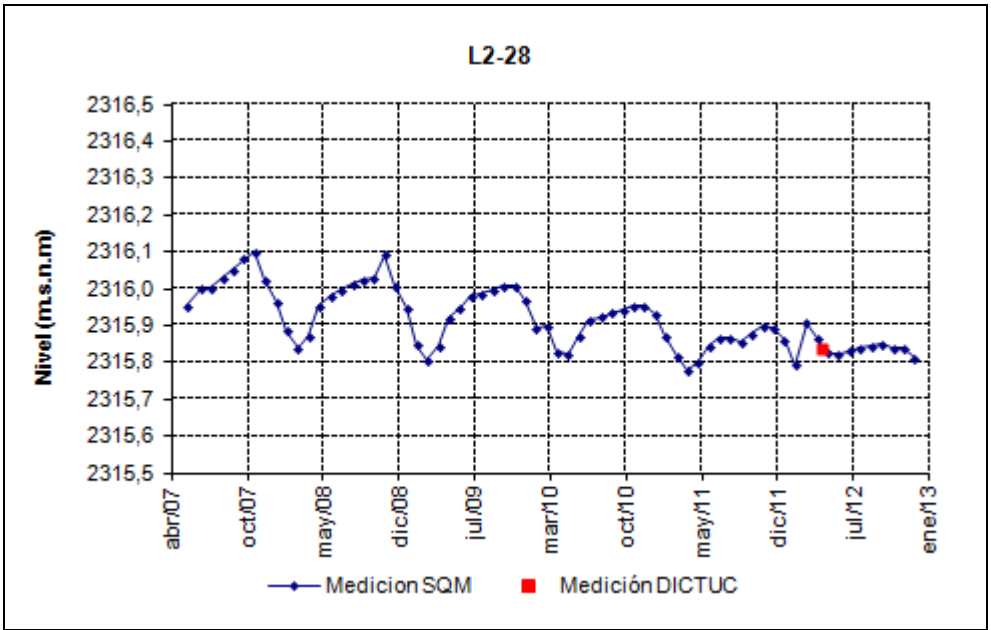


Figura 4.255. Nivel mensual observado en el pozo L2-28.

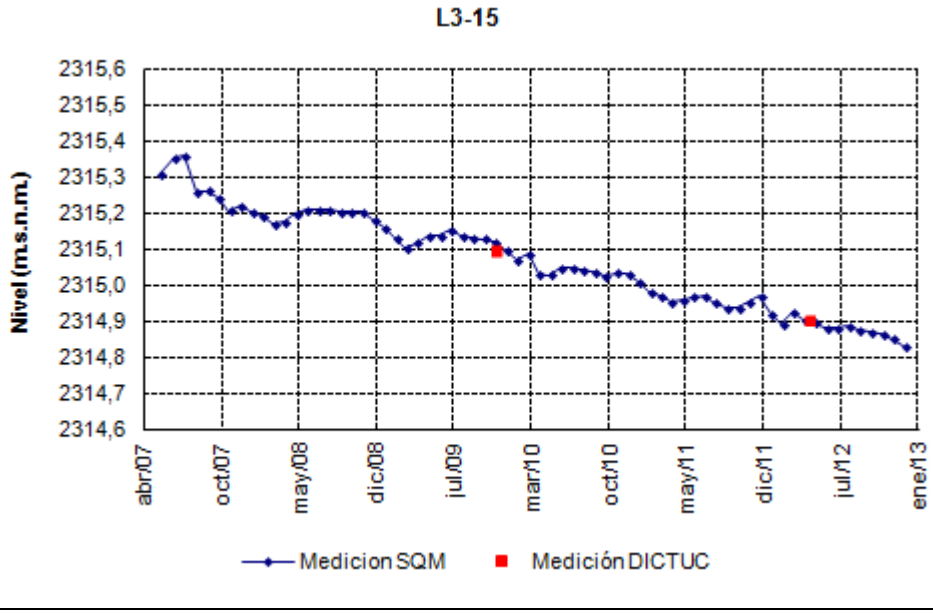


Figura 4.256. Nivel mensual observado en el pozo L3-15.

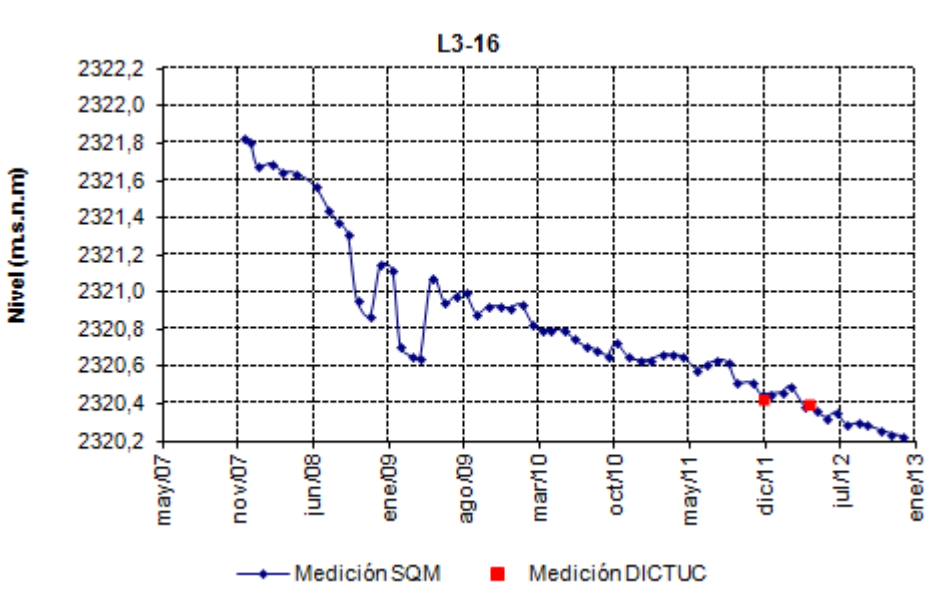


Figura 4.257. Nivel mensual observado en el pozo L3-16.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

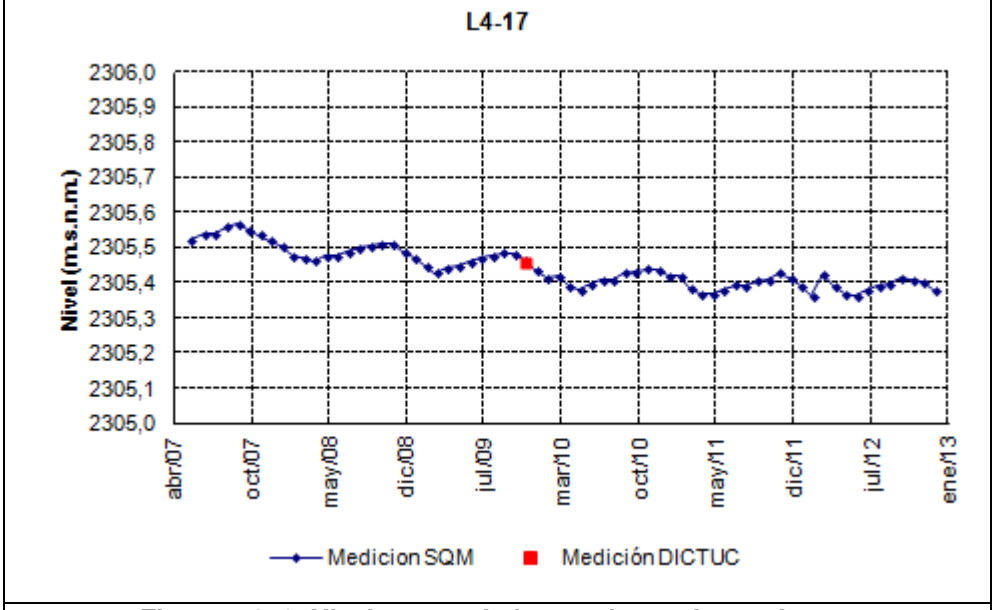


Figura 4.258. Nivel mensual observado en el pozo L4-17.

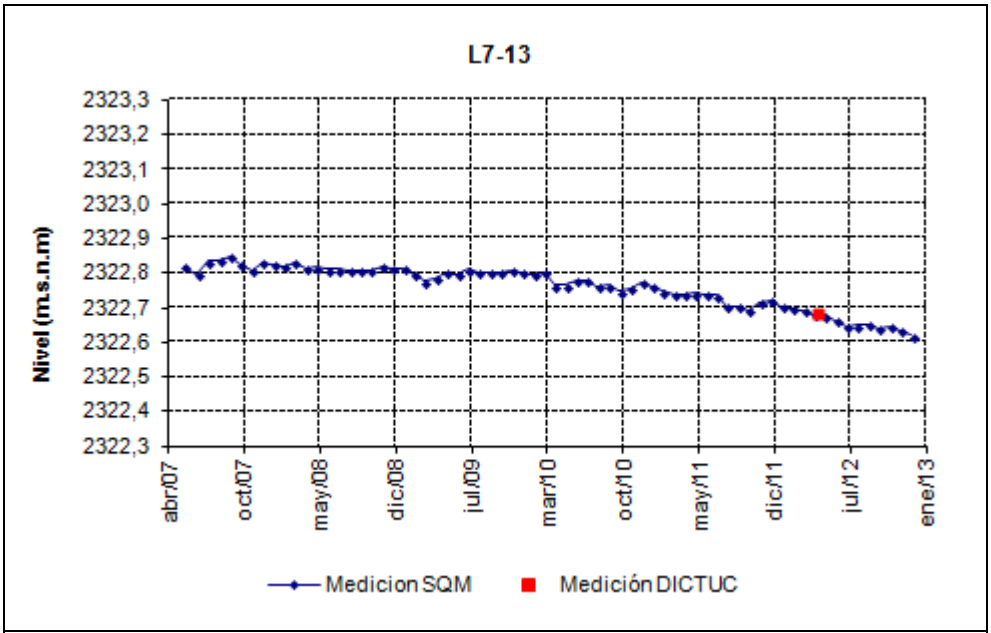


Figura 4.259. Nivel mensual observado en el pozo L7-13.

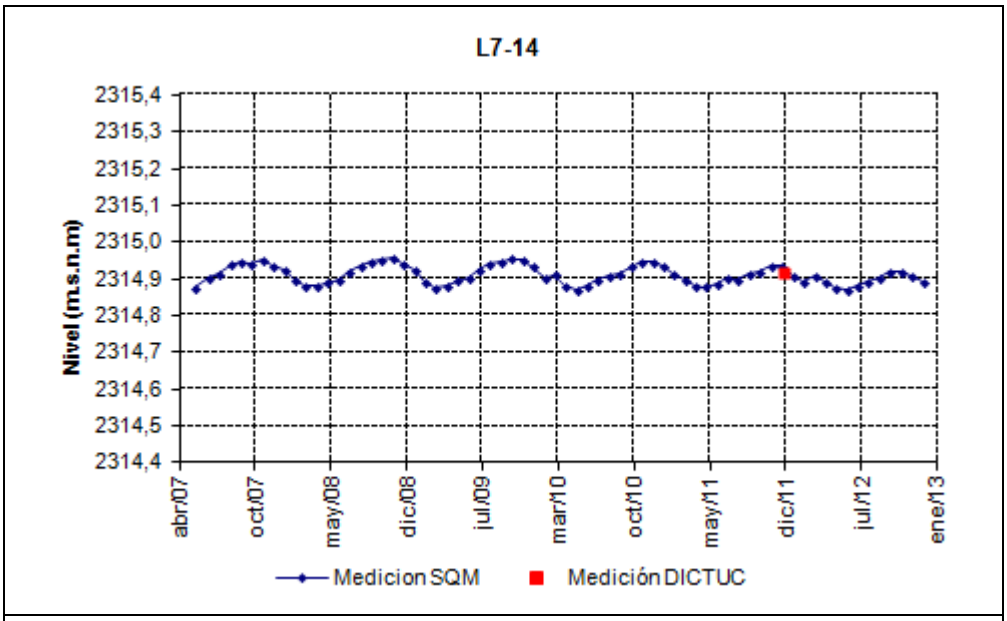


Figura 4.260. Nivel mensual observado en el pozo L7-14

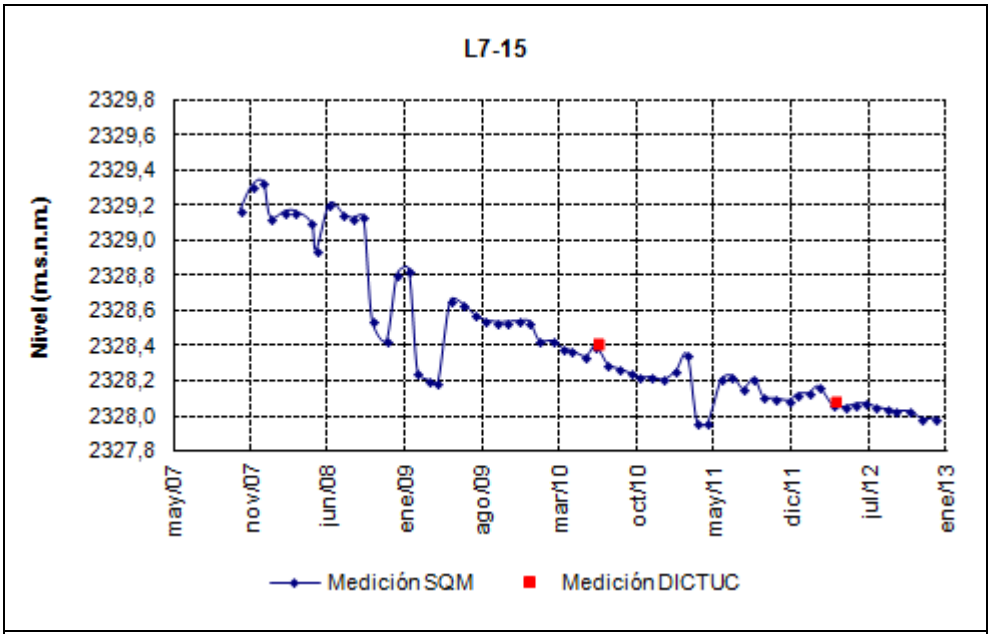


Figura 4.261. Nivel mensual observado en el pozo L7-15.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

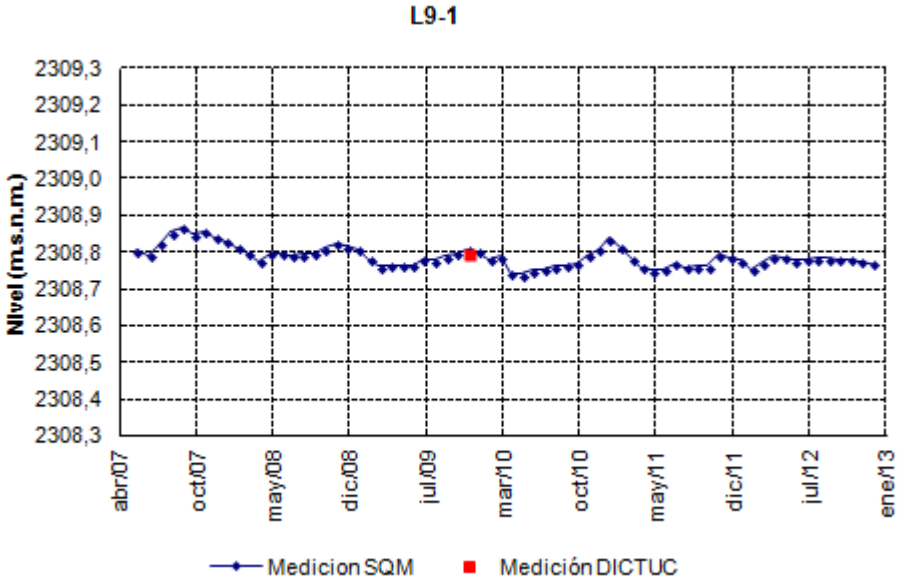


Figura 4.262. Nivel mensual observado en el pozo L9-1.

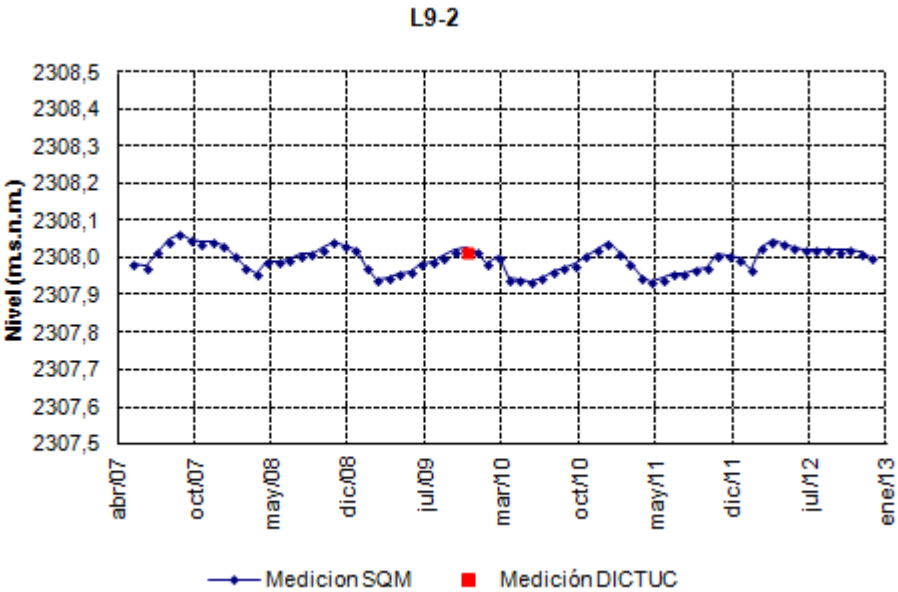


Figura 4.263. Nivel mensual observado en el pozo L9-2.

4.4.2 Volumen bombeado

En el sistema Vegetación Borde Este del PSAH, el único pozo que ha sido explotado es el pozo P2, cuyo volumen extraído se presenta en la Figura 4.264. Los caudales extraídos no han superado los derechos otorgados a partir del inicio del PSAH (35 L/s).

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

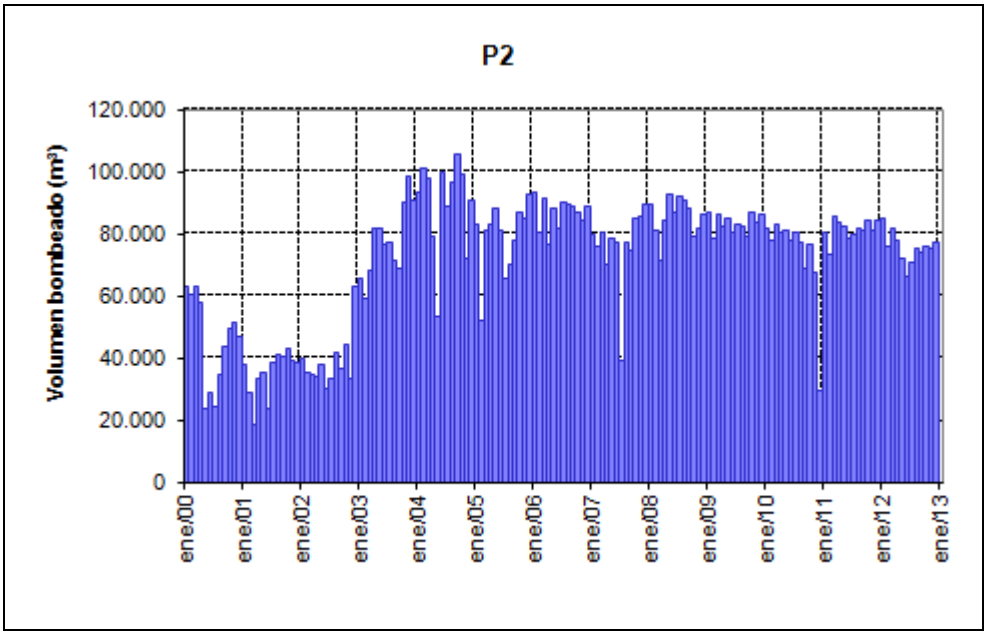


Figura 4.264. Volumen mensual bombeado desde el pozo P2.

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 A.3.

Los resultados de los análisis químicos de los pozos L2-4 y L7-3 se presentan en la sección XX, mientras que los resultados del pozo L4-3 se presentan en la sección 4.1.4. En la Figura 4.265 y Figura 4.266 se muestra los resultados de los análisis químicos realizados en el pozo de bombeo P2.

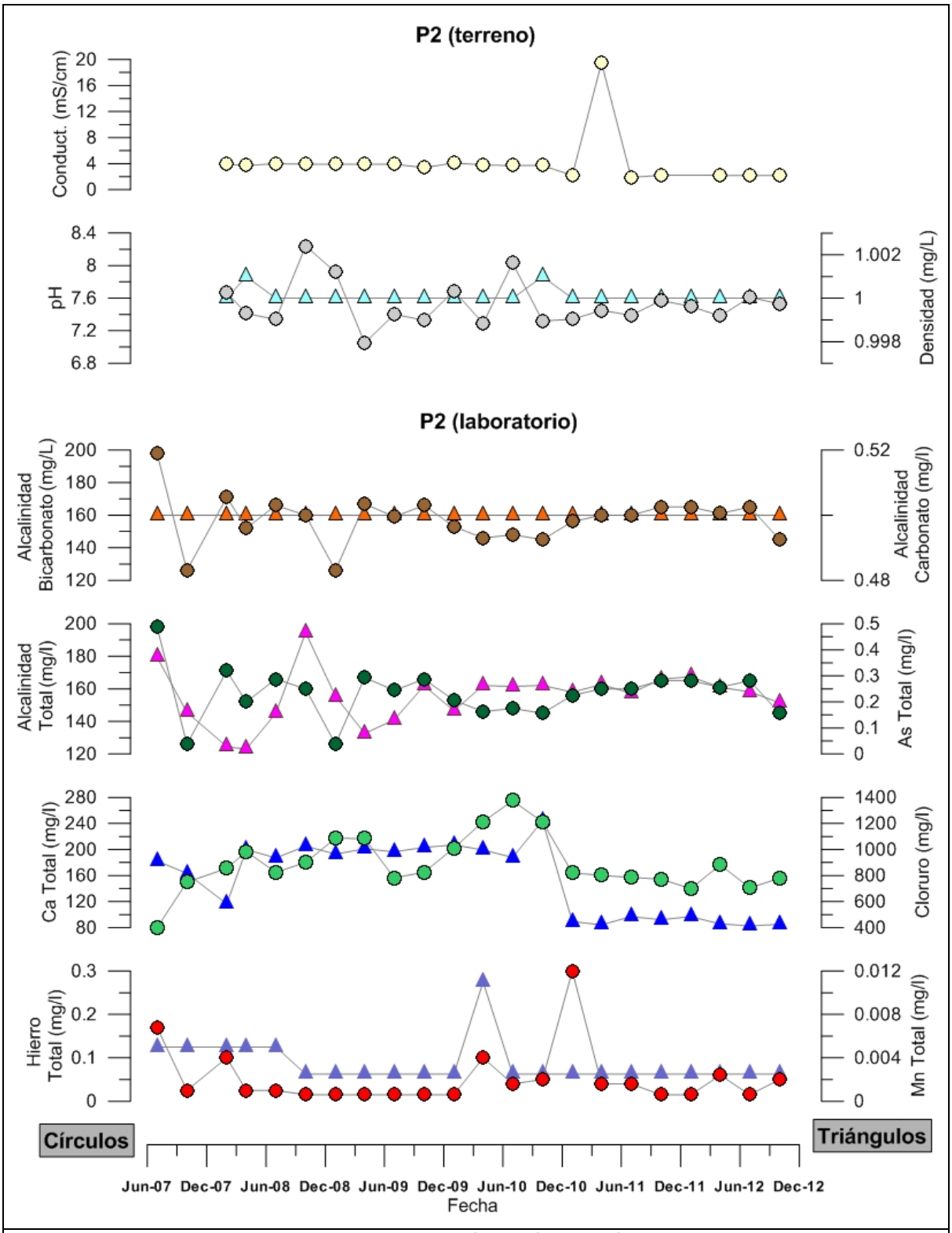


Figura 4.265. Resultados de análisis físico-químico del pozo P2

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

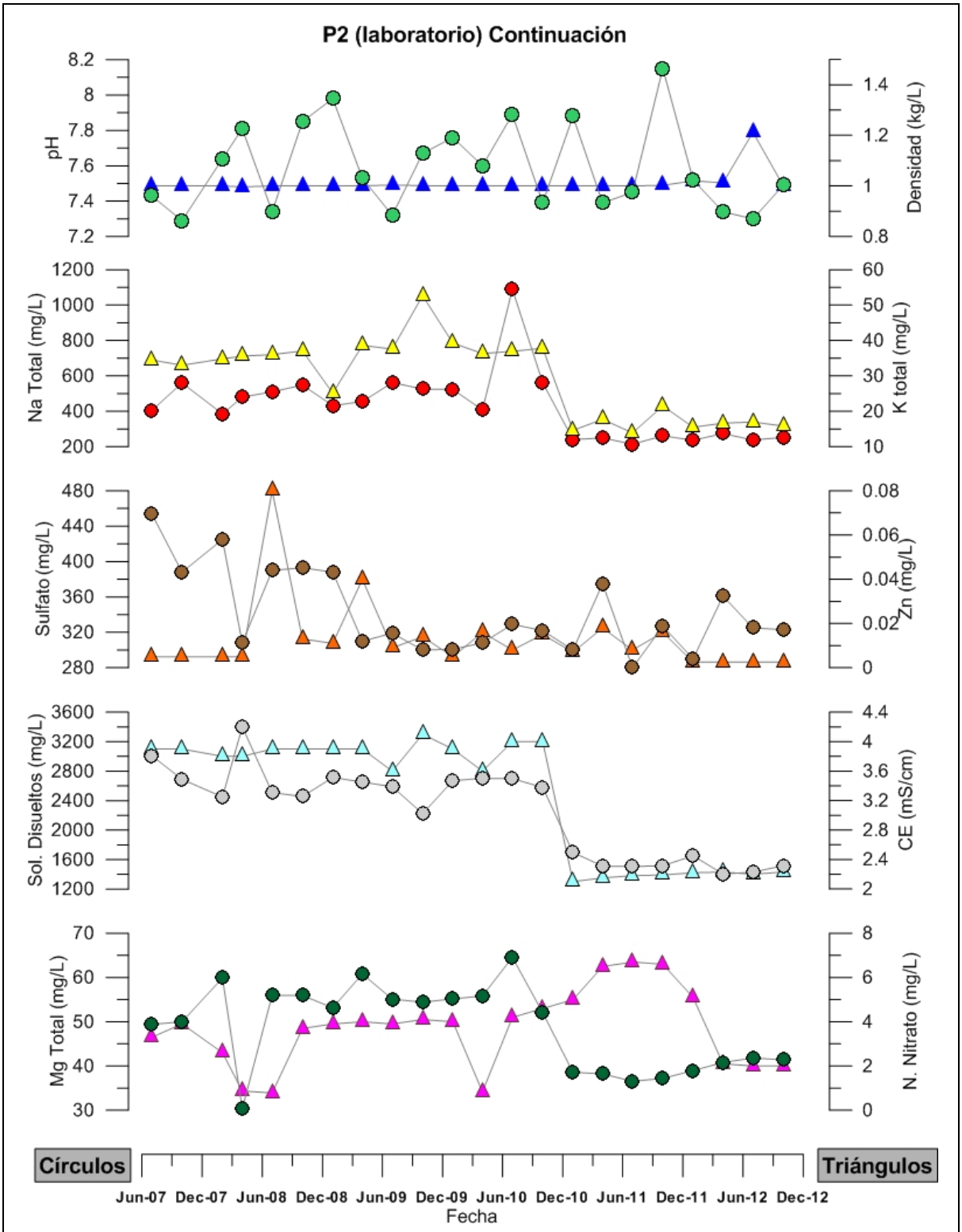


Figura 4.266. Resultados de análisis físico-químico del pozo P2 (continuación)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

4.5 SISTEMA VEGAS DE TILOPOZO

Los puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo se encuentran al sureste del salar de Atacama, entre las coordenadas 7.378.000 a 7.369.000 norte y 573.000 a 581.000 este. En la Figura 4.267 se muestra la distribución geográfica de los puntos.

En la Tabla 4.7 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 4.7. Puntos de monitoreo del sistema Vegas de Tilopozo.

Nombre Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
Tilopozo Reglilla	Zona marginal	Reglilla	4-198
L12-1	Zona marginal	Pozo somero	4-198
L12-2	Zona marginal	Pozo somero	4-199
L12-3	Zona marginal	Pozo somero	4-199
L12-4	Zona marginal	Pozo somero	4-200

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

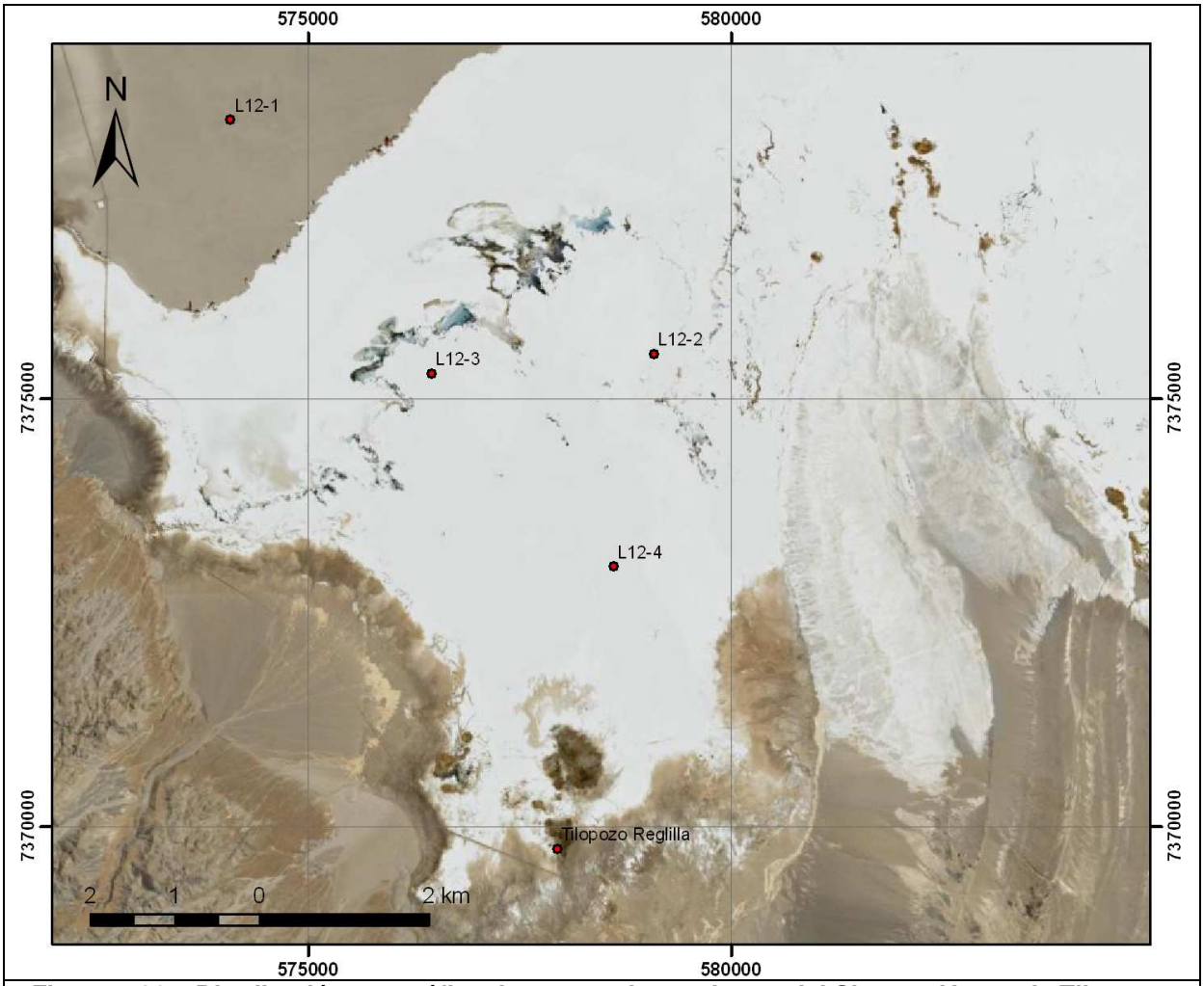


Figura 4.267. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del Sistema Vegas de Tilopozo.

4.5.1 Nivel del agua subterránea y superficial

En esta sección se presenta el nivel de los pozos construidos en la red de monitoreo del PSAH para el sistema Vegas de Tilopozo. Se observa en la reglilla de Tilopozo un comportamiento estable desde mediados del año 2004. La mayoría del resto de los pozos presenta un comportamiento estacional, determinado por el comportamiento de la evaporación y de la profundidad de la napa. La excepción es el pozo L12-1 que se encuentra ubicado al interior del salar y muestra una leve tendencia al descenso probablemente producto de su cercanía al campo de pozos de Rockwood Lithium[20].

Los pozos L12-2, L12-3, L12-4, no pudieron ser monitoreados en febrero de 2012 porque los caminos se encontraban cortados, dada las lluvias que ocurrieron durante ese mes. Por esta

[20] Cambio de nombre, corresponde a ex Sociedad Chilena del Litio (SCL)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

misma razón, se observa un aumento en los niveles durante el verano de 2012, que de acuerdo al comportamiento histórico debiesen disminuir por efecto de la evaporación.

Adicionalmente, dentro del periodo correspondiente al presente informe, Geohidrología realizó mediciones (diciembre de 2012) en este sistema en la reglilla Tilopozo y en los pozos L12-1, L12-2, L12-3 y L12-4.

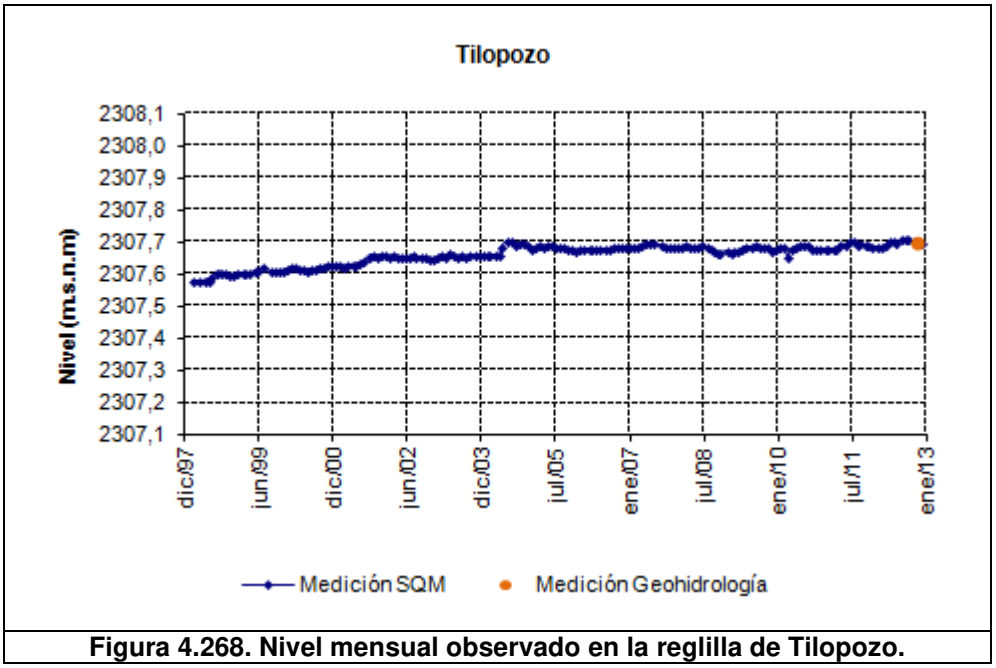


Figura 4.268. Nivel mensual observado en la reglilla de Tilopozo.

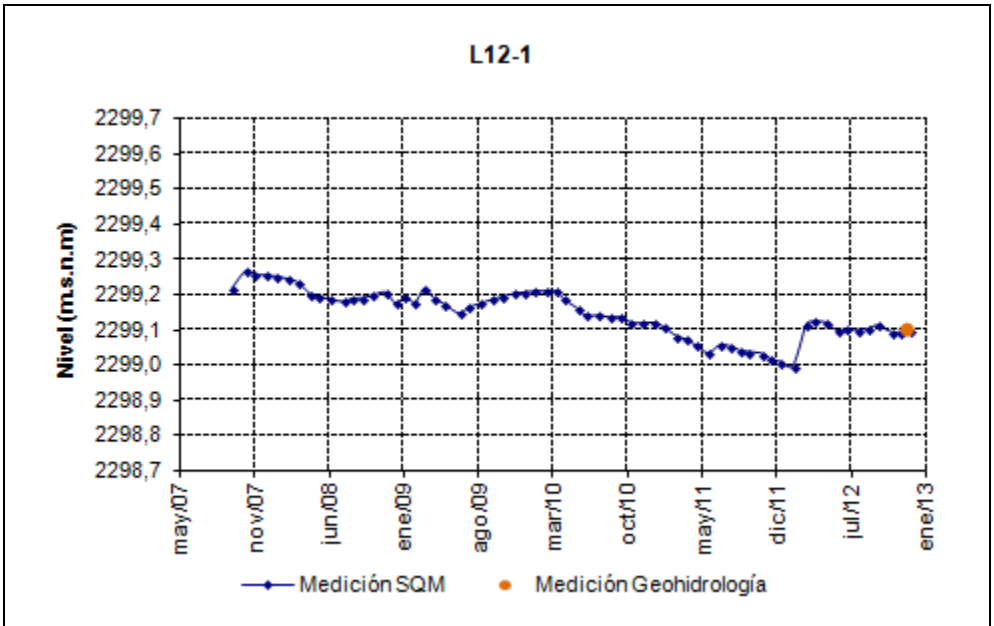


Figura 4.269. Nivel mensual observado en el pozo L12-1.

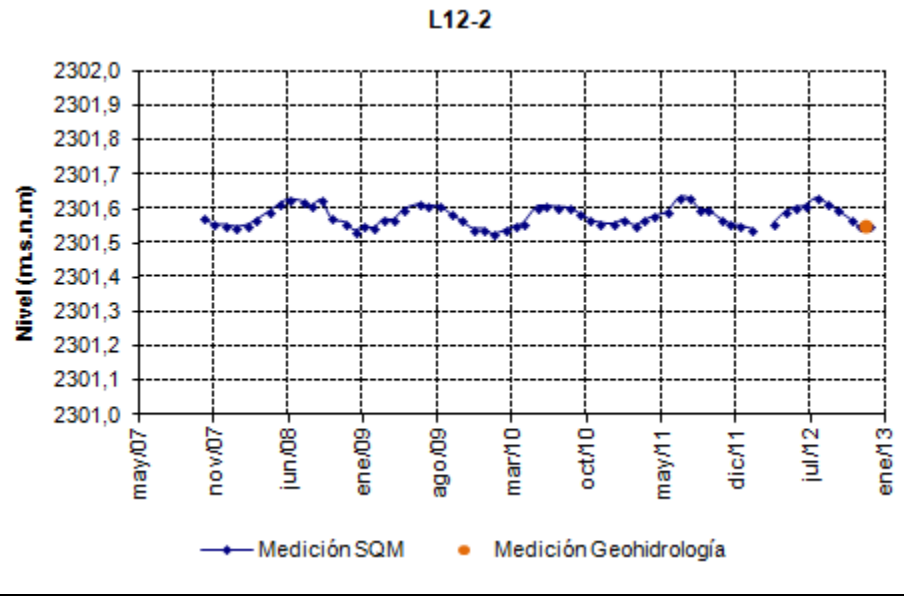


Figura 4.270. Nivel mensual observado en el pozo L12-2.

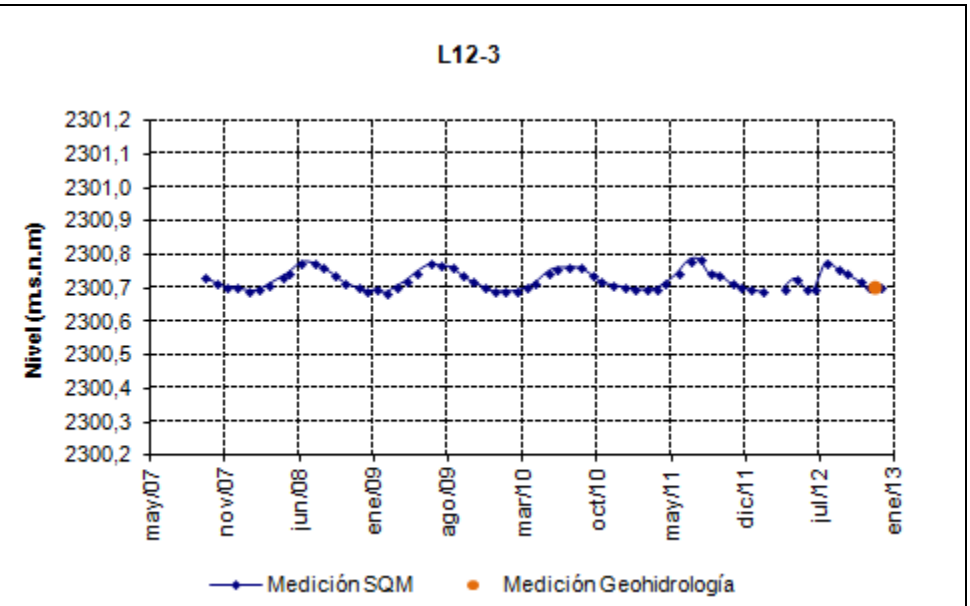


Figura 4.271. Nivel mensual observado en el pozo L12-3.

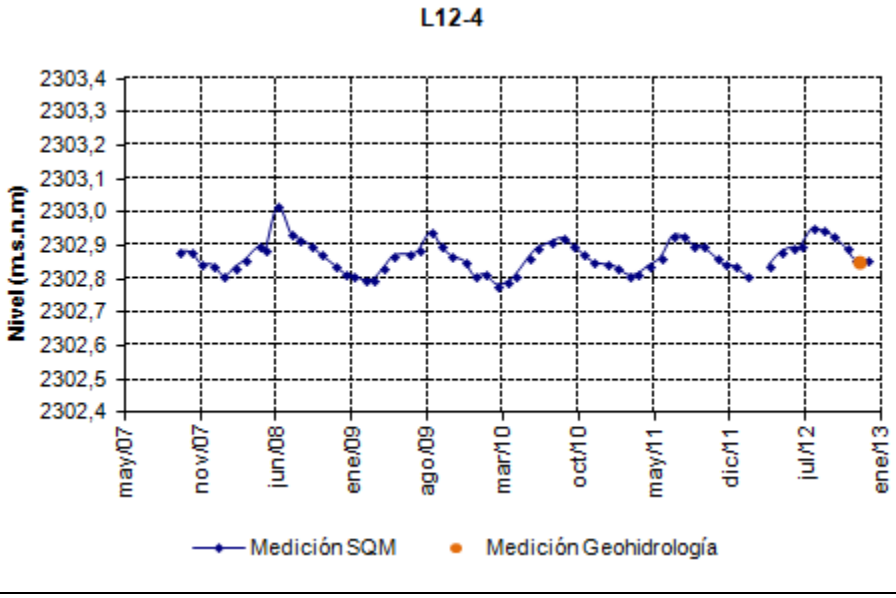


Figura 4.272. Nivel mensual observado en el pozo L12-4.

4.6 SISTEMA NÚCLEO DEL SALAR DE ATACAMA

Los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama se encuentran entre las coordenadas 7.425.000 a 7.379.000 norte y 547.000 a 588.000 este. En la Figura 4.273 se muestra la distribución geográfica de dichos puntos.

En la Tabla 4.8 se indican los puntos de monitoreo del sistema Núcleo del Salar de Atacama, siendo todos clasificados como salmuera. Adicionalmente, se indica el número de página donde se muestra el registro de nivel en formato gráfico.

Tabla 4.8. Puntos monitoreo Sistema Núcleo del Salar de Atacama

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Página
1001	Salmuera	Pozo profundo	4-204
1906	Salmuera	Pozo profundo	4-204
2028	Salmuera	Pozo profundo	4-205
2040	Salmuera	Pozo profundo	4-205
C4-B	Salmuera	Pozo somero	4-206
M1-C	Salmuera	Pozo profundo	4-206
M2-C	Salmuera	Pozo profundo	4-207
M7	Salmuera	Pozo profundo	4-207
E-101	Salmuera	Pozo profundo	4-208
E-324	Salmuera	Pozo profundo	4-208
EIA-5	Salmuera	Pozo profundo	4-209
Sample-4	Salmuera	Pozo somero	4-209
SOPE-6	Salmuera	Pozo profundo	4-210
SOPM -02	Salmuera	Pozo profundo	4-210

SOPM -04	Salmuera	Pozo profundo	4-211
SOPM -05	Salmuera	Pozo profundo	4-211
SOPM-10	Salmuera	Pozo profundo	4-212
SOPM -11	Salmuera	Pozo somero	4-212
SOPM -12C	Salmuera	Pozo profundo	4-213
Zar-C-S	Salmuera	Pozo somero	4-213
Estación meteorológica Salar	Salmuera	Estación meteorológica	4-214

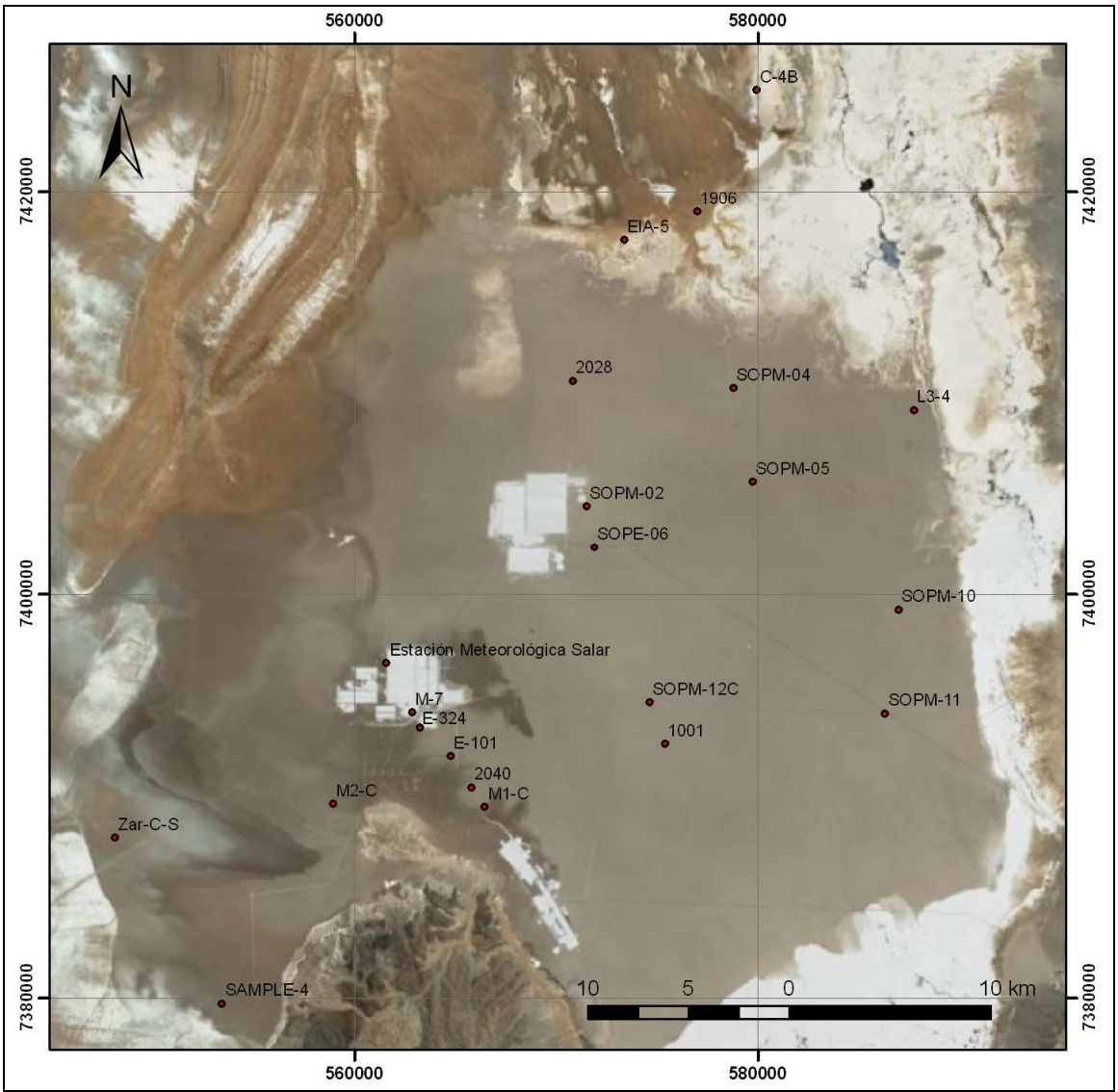


Figura 4.273. Distribución geográfica de puntos de monitoreo en el Núcleo del Salar de Atacama.

4.6.1 Nivel de la salmuera subterránea

En esta sección se presenta los niveles de todos los pozos que componen la red de monitoreo del PSAH para el sistema Núcleo del Salar de Atacama.

El pozo SOPM-8 (L3-4) pertenece a la red de monitoreo de los sistemas Aguas de Quelana y Núcleo del Salar de Atacama, por lo cual no se presenta en este subcapítulo. Su gráfico puede ser consultado en la sección 4.2.1.

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

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

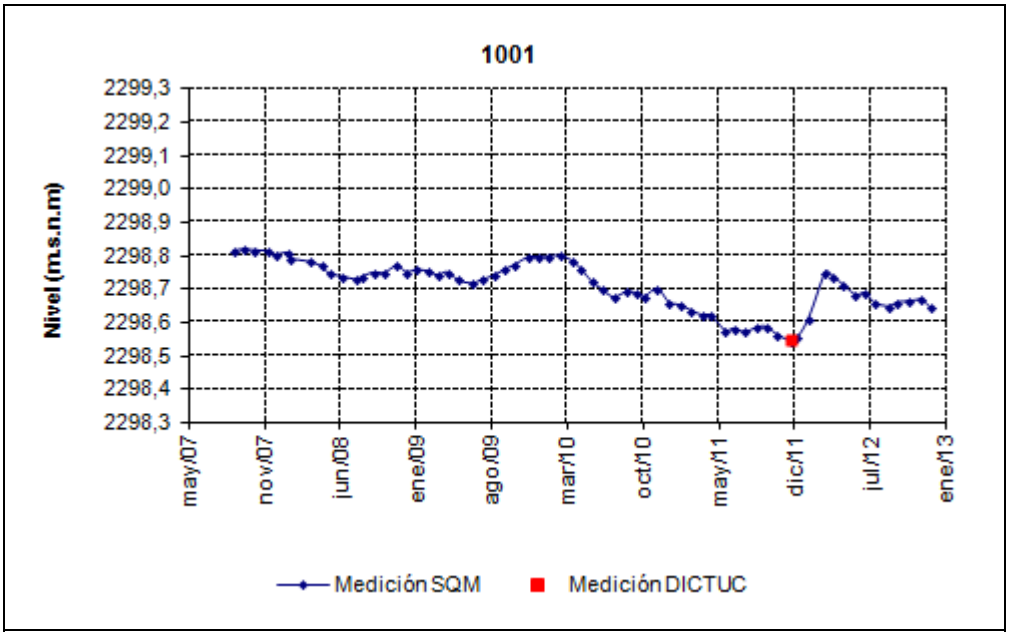


Figura 4.274. Nivel mensual observado en el pozo 1001.

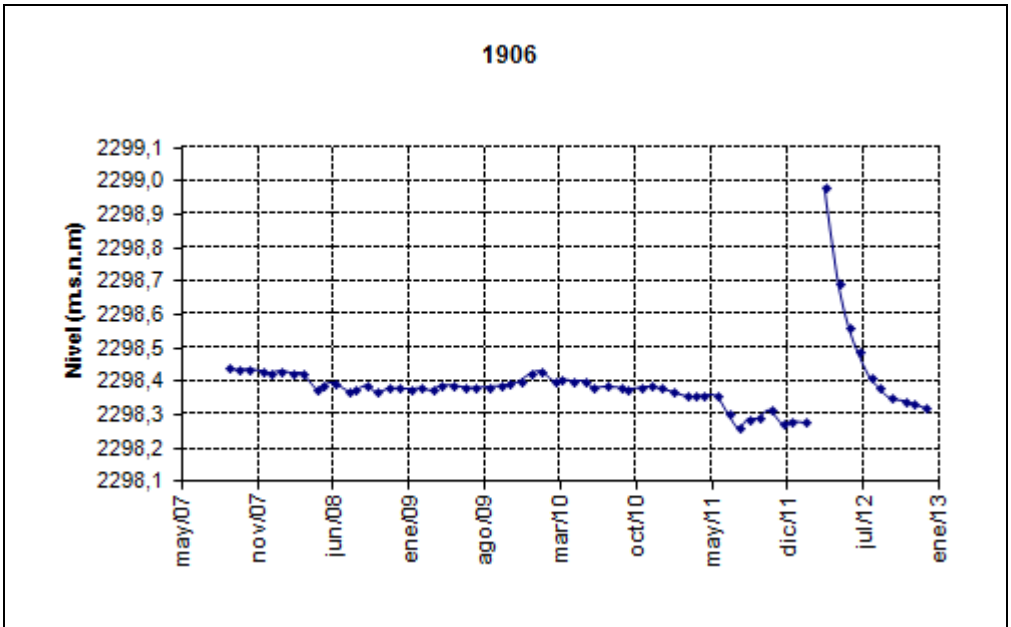


Figura 4.275. Nivel mensual observado en el pozo 1906.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

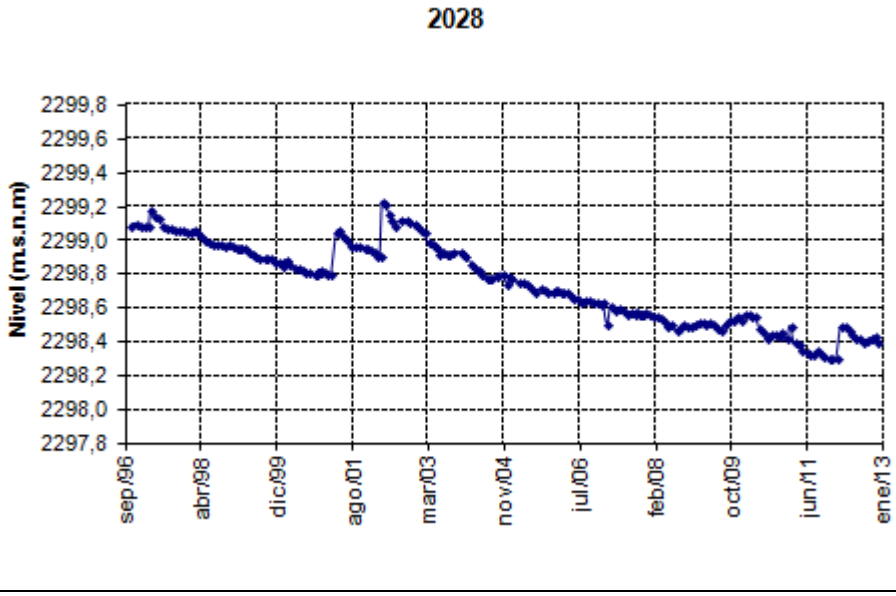


Figura 4.276. Nivel mensual observado en el pozo 2028.

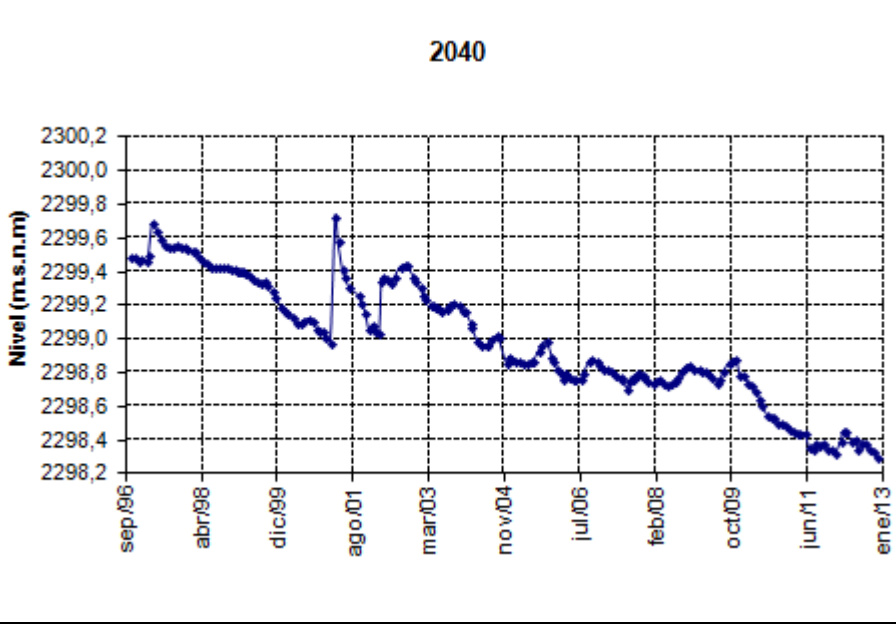


Figura 4.277. Nivel mensual observado en el pozo 2040.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

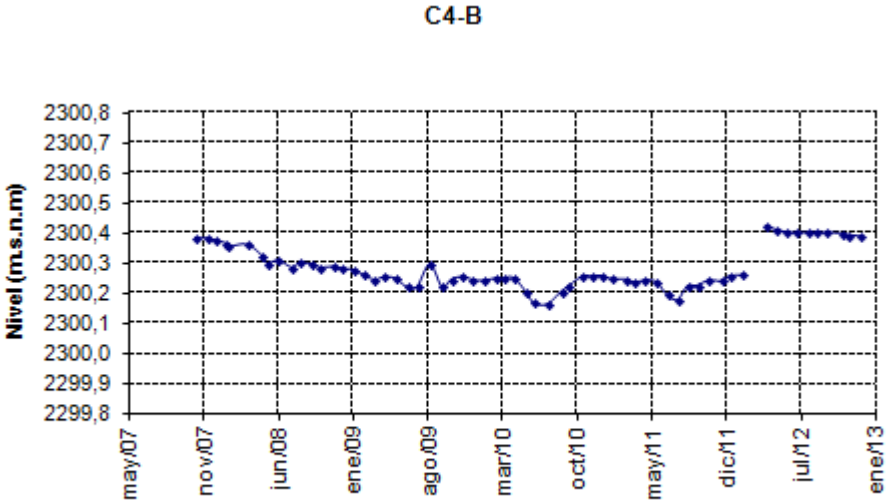


Figura 4.278. Nivel mensual observado en el pozo C4-B.

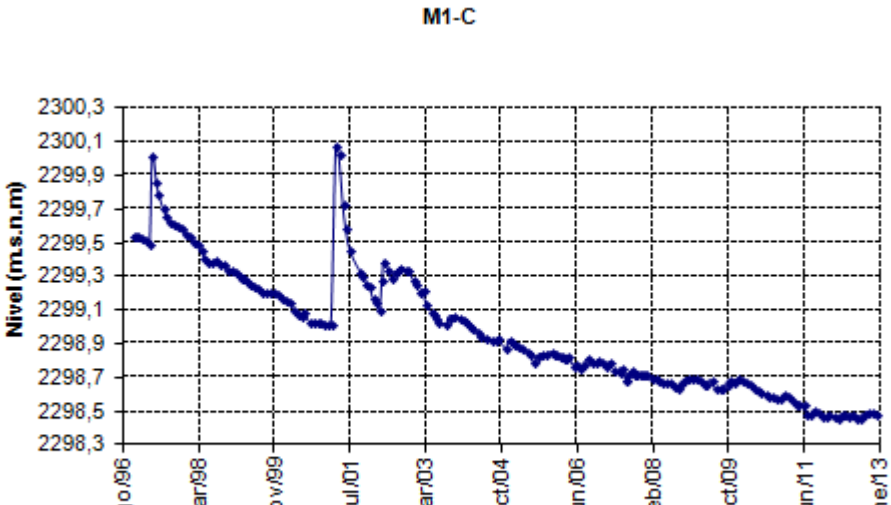


Figura 4.279. Nivel mensual observado en el pozo M1-C.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

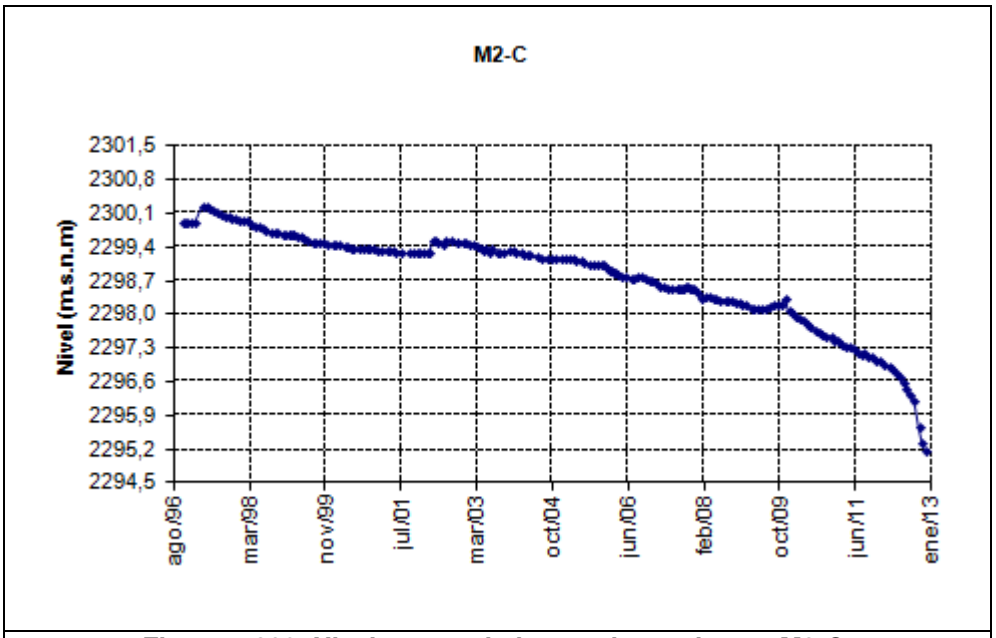


Figura 4.280. Nivel mensual observado en el pozo M2-C.

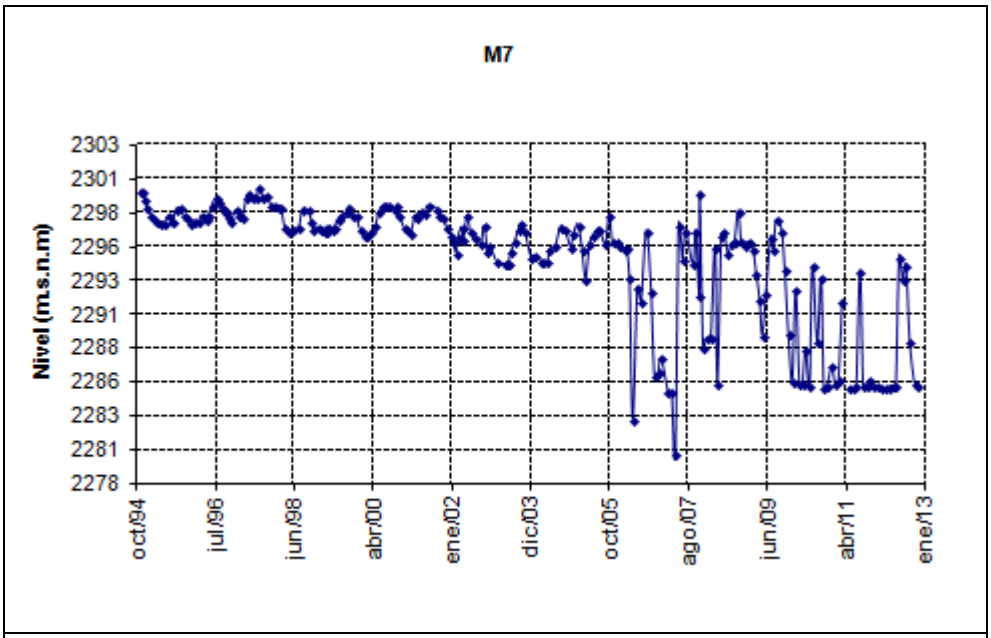


Figura 4.281. Nivel mensual observado en el pozo M7.

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

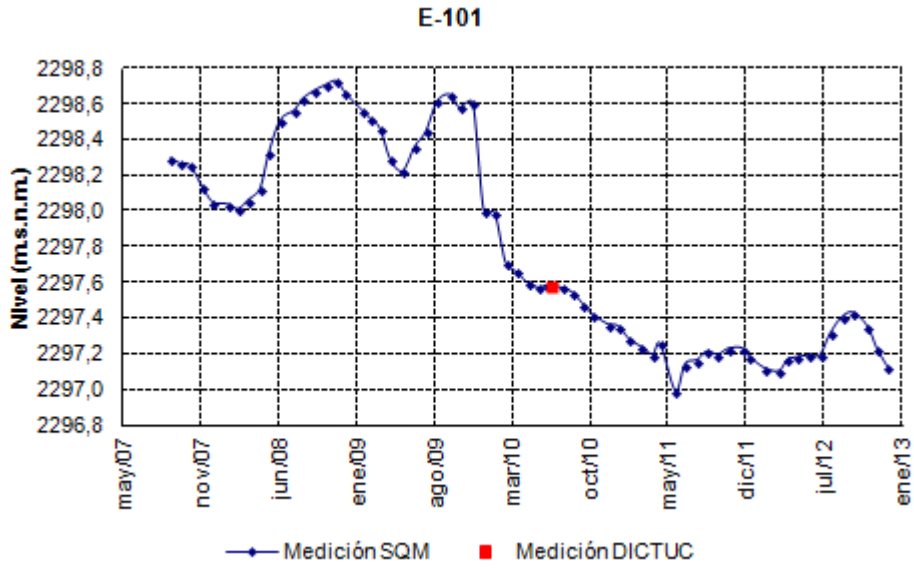


Figura 4.282. Nivel mensual observado en el pozo E-101.

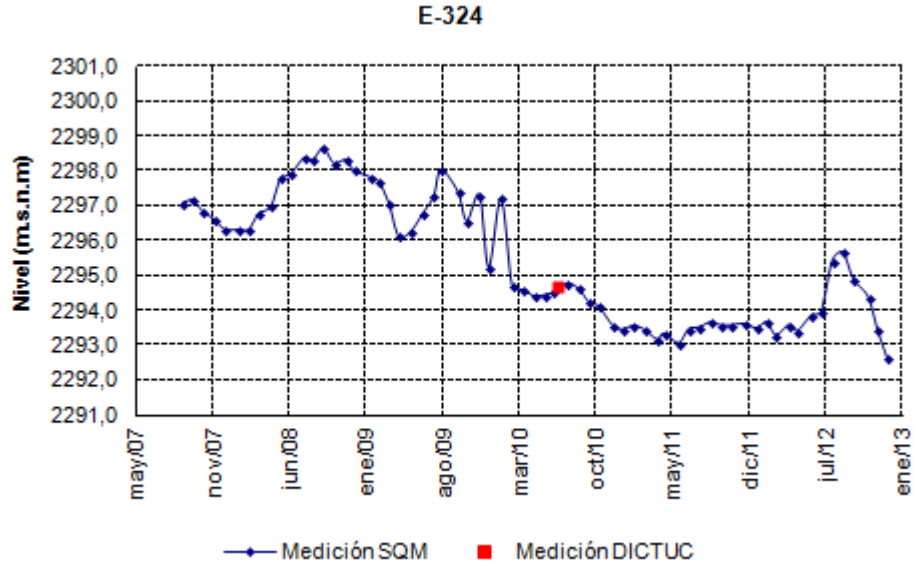


Figura 4.283. Nivel mensual observado en el pozo E-324.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

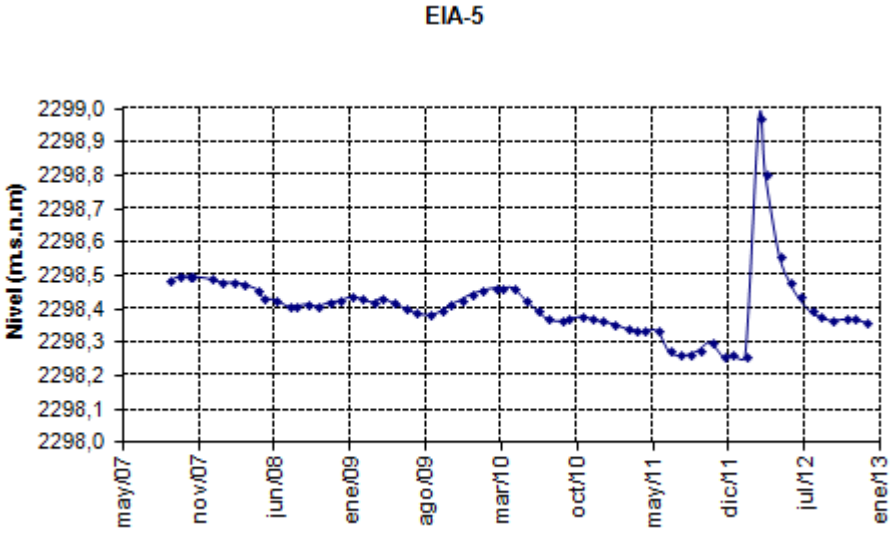


Figura 4.284. Nivel mensual observado en el pozo EIA-5.

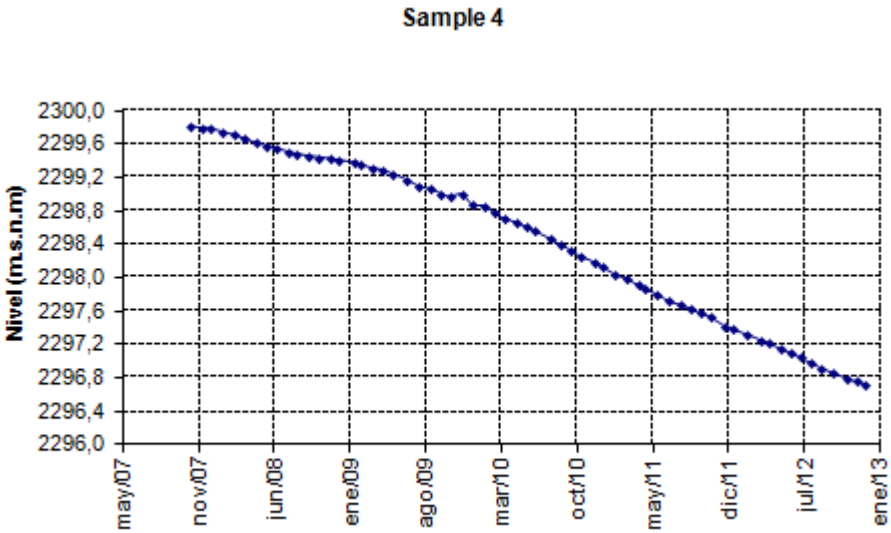


Figura 4.285. Nivel mensual observado en el pozo Sample4.

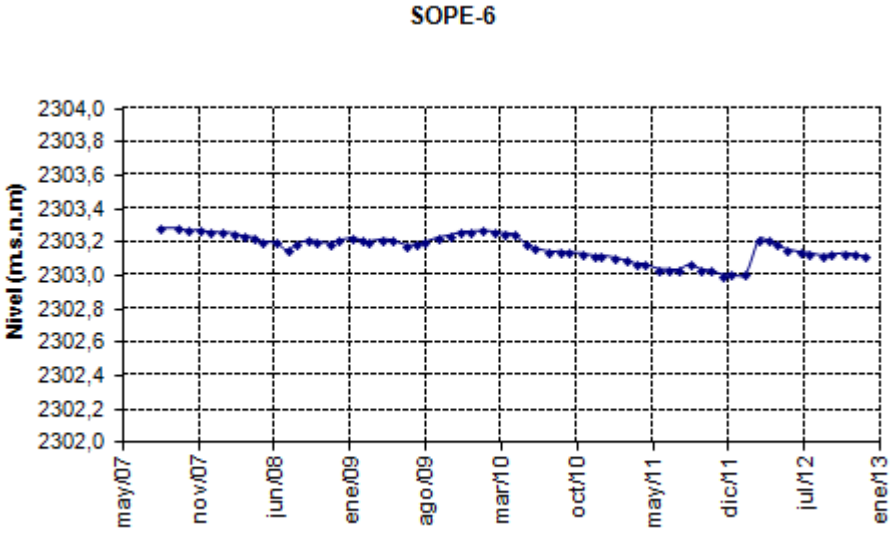


Figura 4.286. Nivel mensual observado en el pozo SOPE-6.

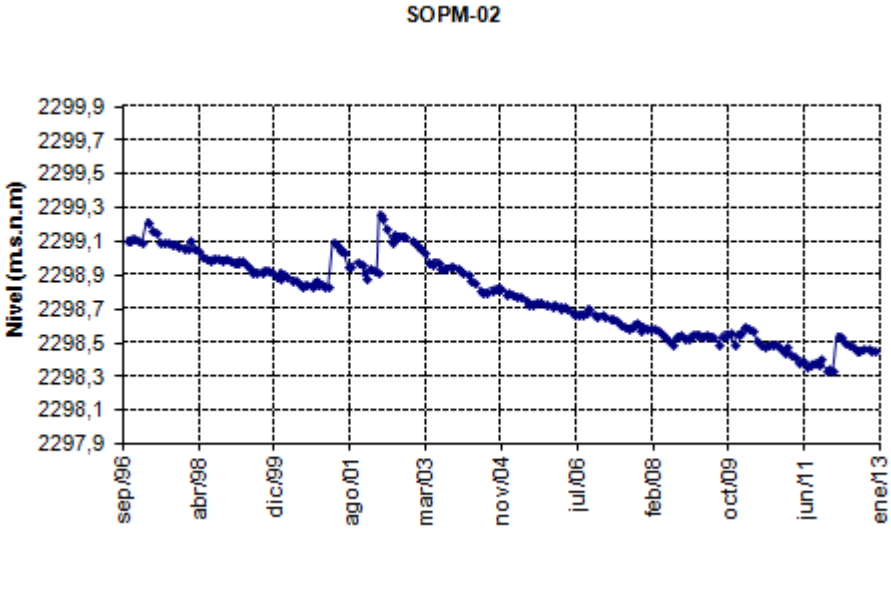


Figura 4.287. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-2.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

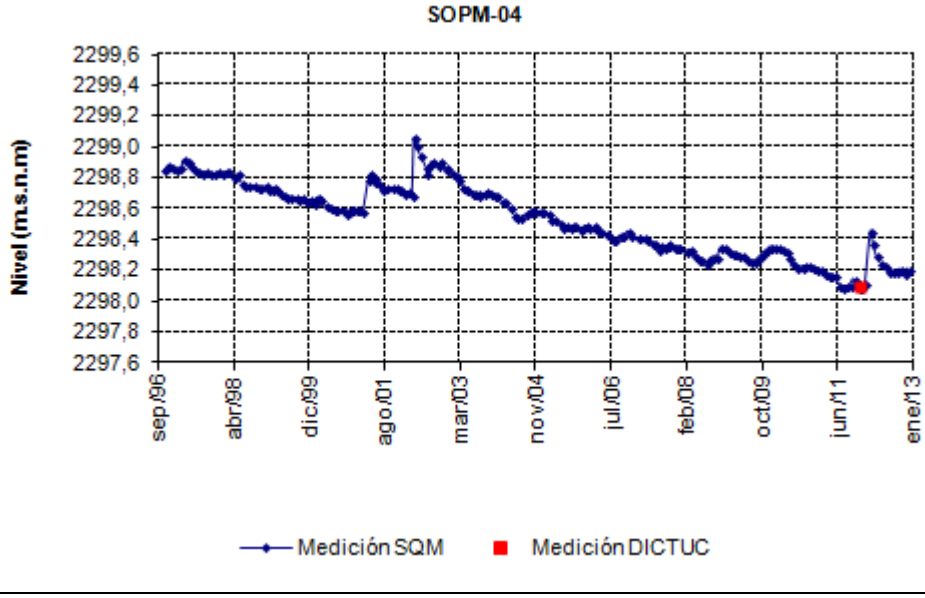


Figura 4.288. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-4.

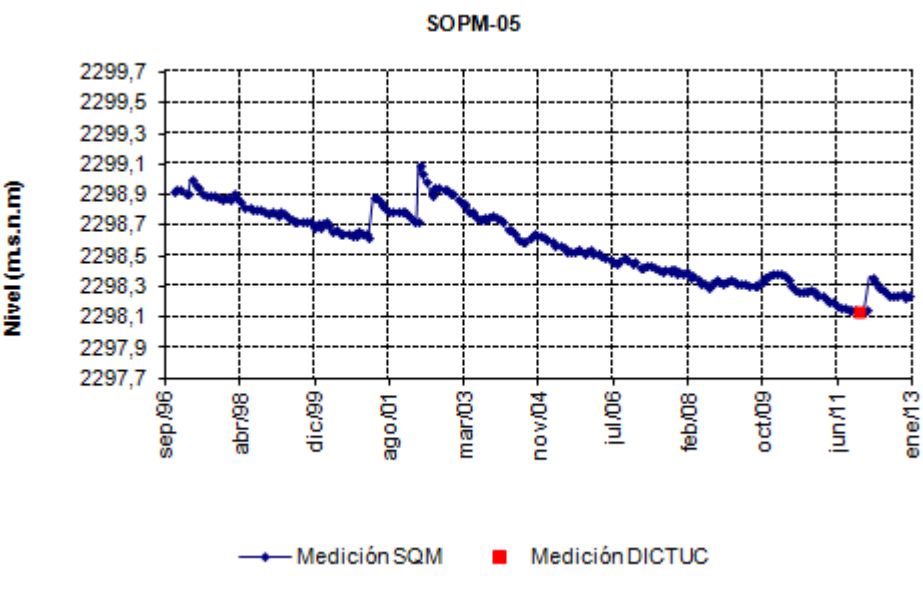


Figura 4.289. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-5.

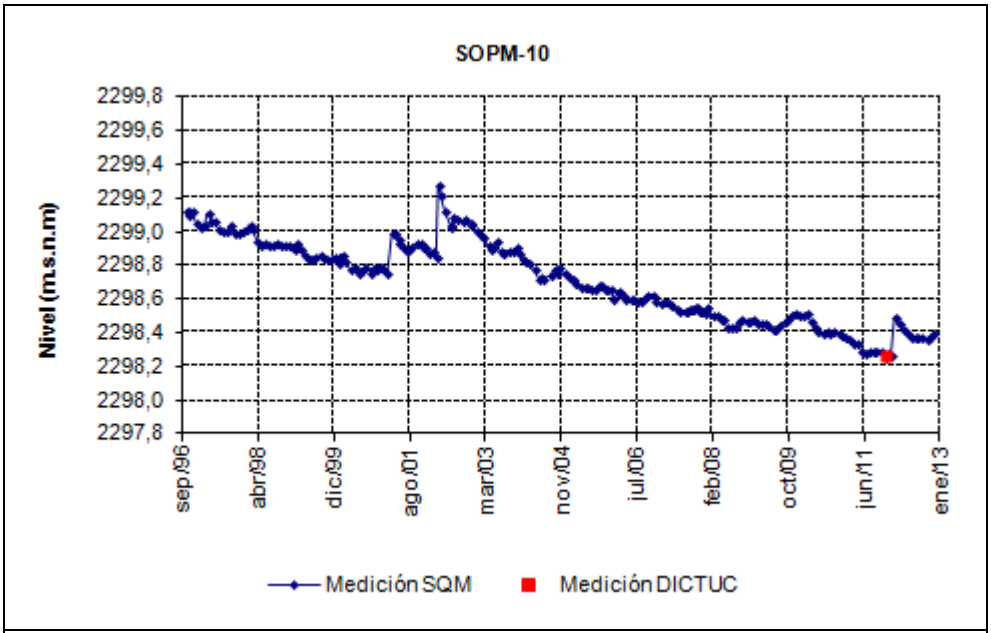


Figura 4.290. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-10.

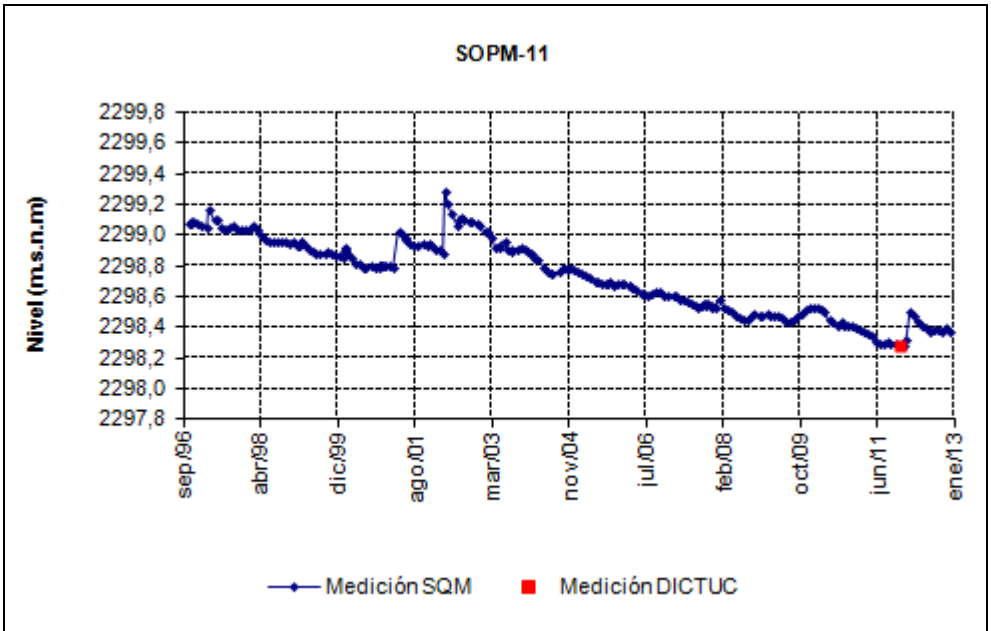


Figura 4.291. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-11.

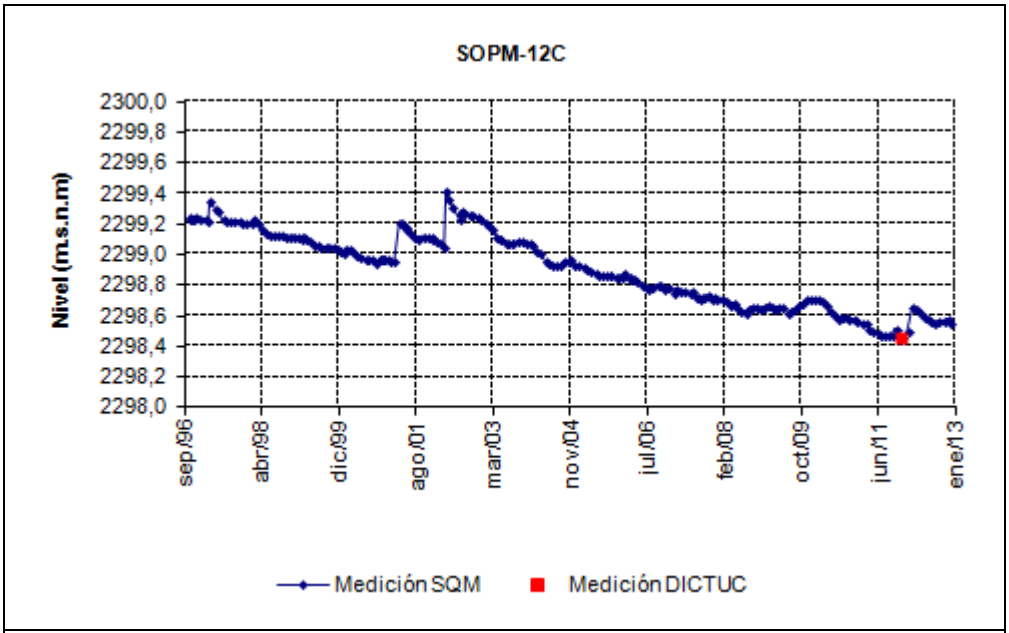


Figura 4.292. Nivel mensual observado en el pozo SOPM-12C.

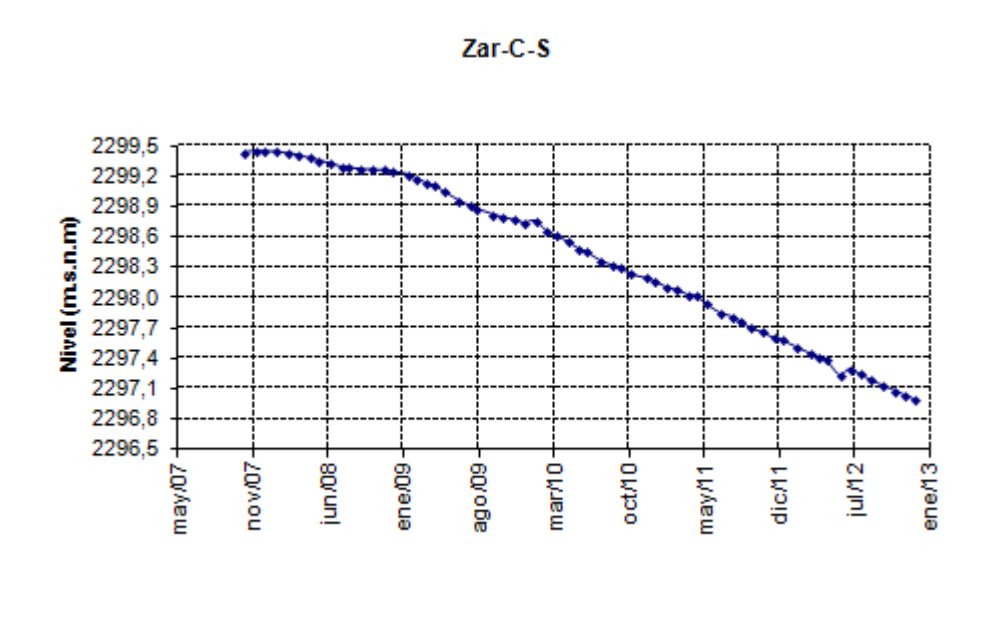


Figura 4.293. Nivel mensual observado en el pozo Zar-C-S.

4.6.2 Meteorología

Entre la Figura 4.294 y la Figura 4.297 se presenta las variables registradas por la estación meteorológica Salar, que son parte del PSAH. Se puede observar que las últimas precipitaciones registradas son inferiores a los 6 mm. Las precipitaciones ocurridas durante el año 2011 se dieron los días 2 de febrero, 25 de febrero y 18 de junio, registrándose en

este último día 3,8 mm de lluvia siendo la de mayor magnitud en 2011. Durante el primer semestre de 2012 ocurrieron lluvias los días 11 de febrero y 13 de abril con 4 y 1 mm de agua caída respectivamente. Se observa que la lluvia registrada en febrero de 2012 tuvo una magnitud mucho menor que la registrada en la estación Chaxa.

Se detectaron mediciones anómalas en la evaporación de la estación Salar, con valores sobre 24 mm/d en julio de 2008, los que se escapan de la variación histórica natural de esta variable meteorológica, por lo que se eliminaron del gráfico.

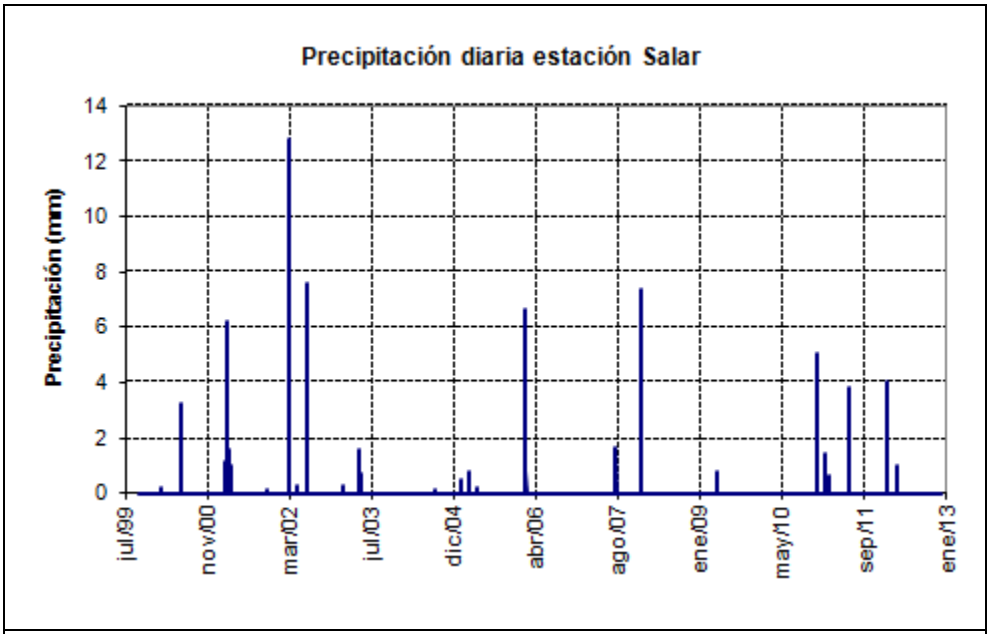
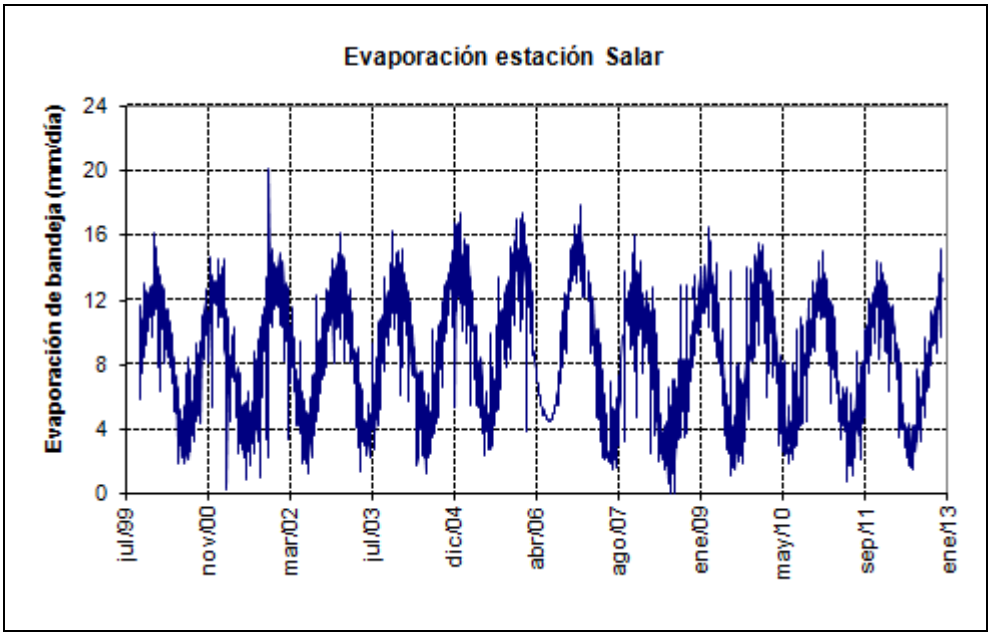


Figura 4.294. Precipitación diaria registrada en la estación Salar.



Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

Figura 4.295. Evaporación diaria registrada en la estación Salar.

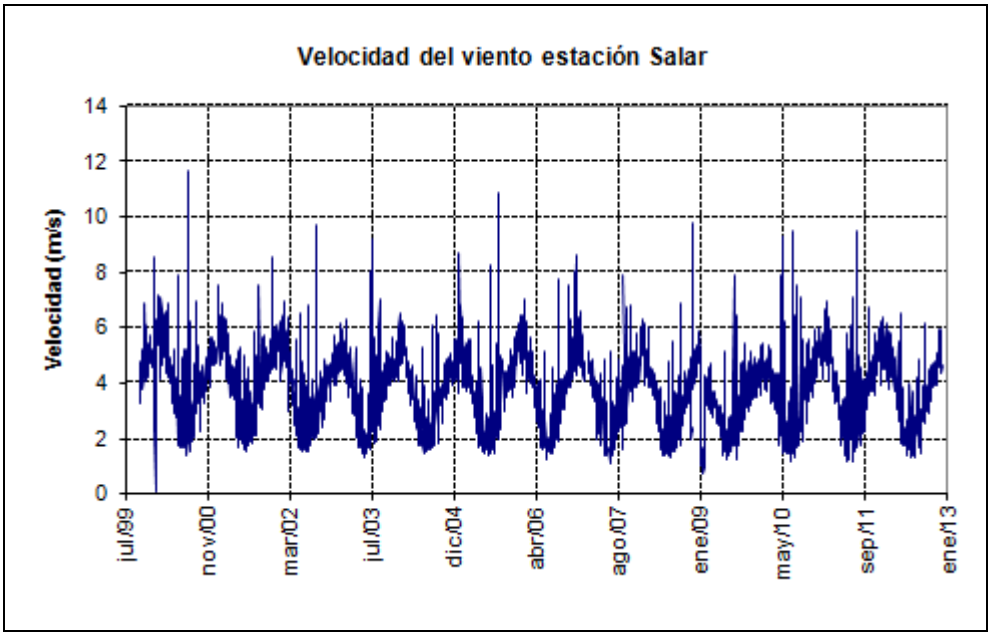


Figura 4.296. Velocidad del viento diaria registrada en la estación Salar.

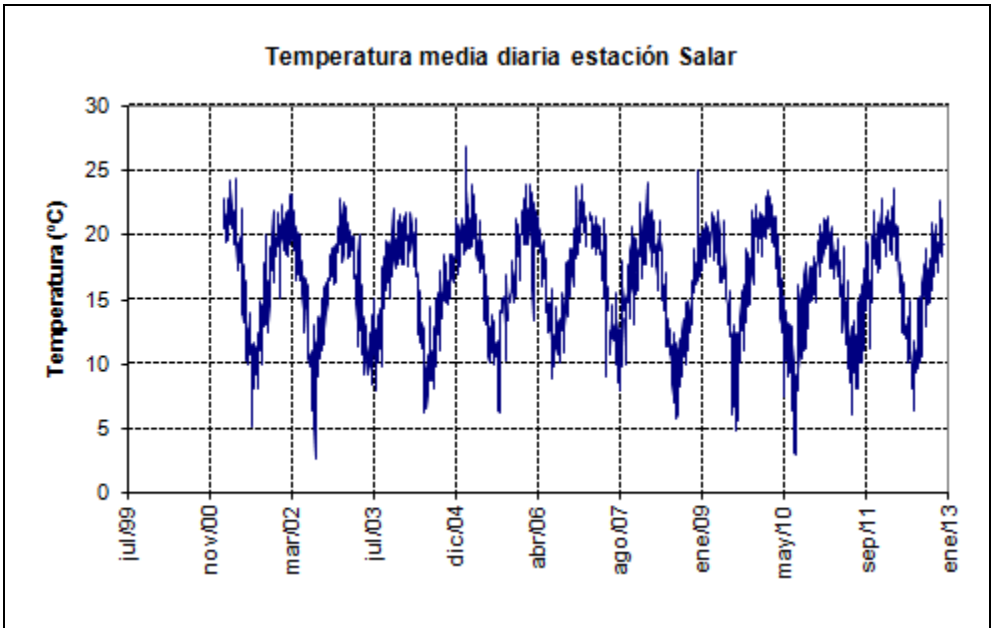


Figura 4.297. Temperatura media diaria registrada en la estación Salar.

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 A.3 se adjuntan los informes de los análisis químicos de estos pozos. Los resultados se presentan desde la Figura 4.298 a la Figura 4.299.

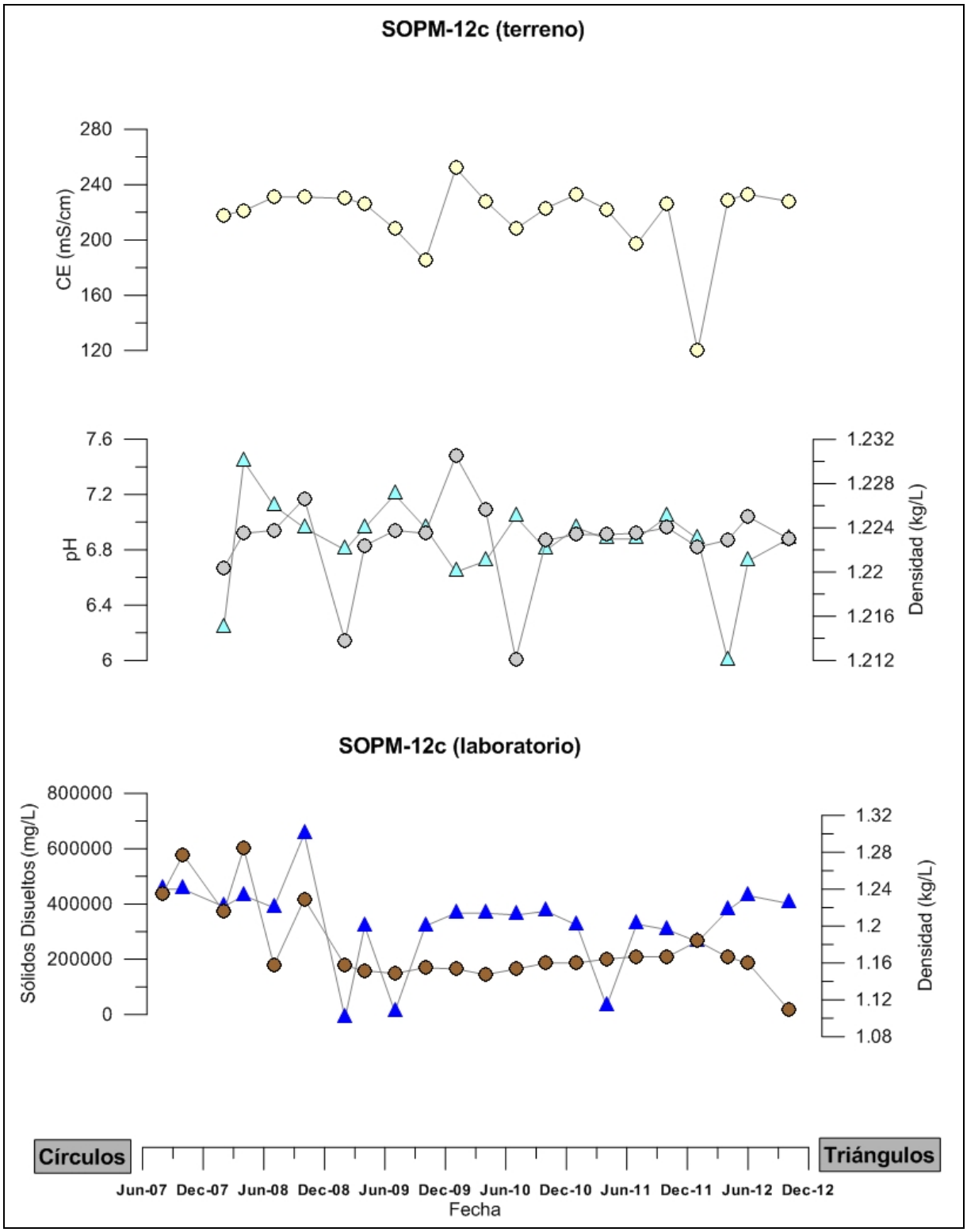


Figura 4.298. Resultados de análisis físico-químico pozo SOPM-12c

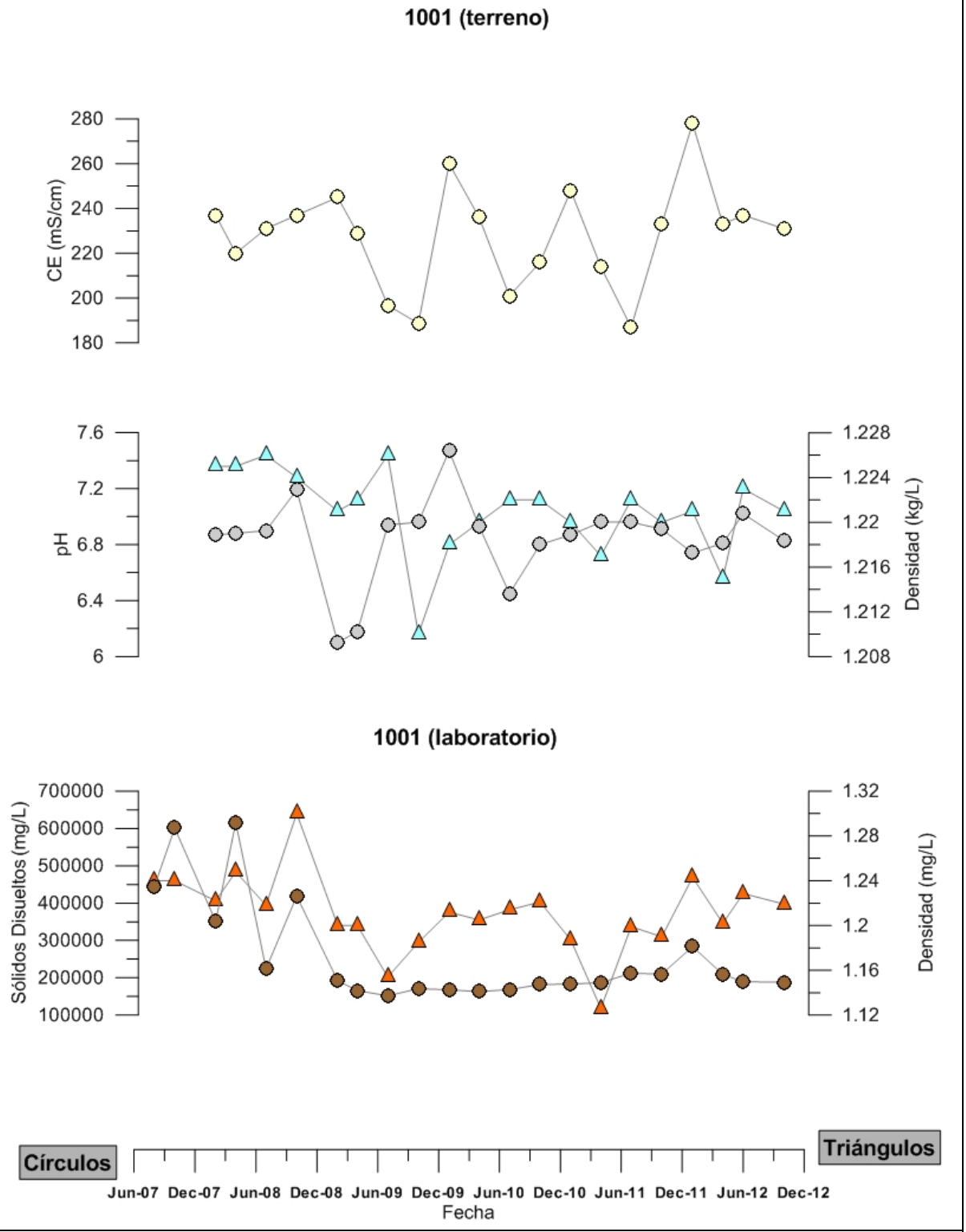


Figura 4.299. Resultados de análisis físico-químico pozo 1001

4.7 SISTEMA CUÑA SALINA

Los puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina se encuentran al este del salar de Atacama, entre las coordenadas 7.421.000 a 7.379.000 norte y 587.000 a 597.000 este. En la Figura 4.301 se aprecia la distribución geográfica de dichos puntos.

Los pozos que monitorean el sistema Cuña Salina son: L4-3, Cuña 1, Cuña 2, Cuña 3, Cuña 4, Cuña 5, Cuña 6, Cuña 7 y L10-1, los que se muestran en la Tabla 4.9, donde se muestra su profundidad y número de página del gráfico con registro de nivel. El pozo L10-1 es parte del monitoreo de nivel del sistema Peine, razón por la cual sus niveles no se presentan en este subcapítulo, y su gráfico puede ser consultado en la sección 4.3. Los pozos clasificados como cuña están emplazados íntegramente en la zona marginal.

Tabla 4.9. Puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina

Punto de Monitoreo	Clasificación	Tipología	Profundidad (m)	Página
Cuña 1	Zona marginal	Pozo cuña	22	4-222 y 4-224
Cuña 2	Zona marginal	Pozo cuña	24	4-223 y 4-224
Cuña 3	Zona marginal	Pozo cuña	140	4-223 y 4-224
Cuña 4	Zona marginal	Pozo cuña	95	4-224 y 4-226
Cuña 5	Zona marginal	Pozo cuña	38	4-225 y 4-226
L4-3	Zona marginal	Pozo cuña	95	4-226
Cuña 6	Zona marginal	Pozo cuña	122	4-227 y 4-228
Cuña 7	Zona marginal	Pozo cuña	42	4-227 y 4-228
L10-1	Zona marginal	Pozo cuña	162	4-228

El sistema Cuña Salina presenta la particularidad de estar conformado por un acuífero superior de agua dulce proveniente de las zonas de recarga ubicadas al oriente del salar y un acuífero inferior denominado cuña salina que se adentra por debajo del acuífero de agua dulce, por lo que un pozo que esté ubicado en este sector puede atravesar ambas zonas. Para efectos de simplificar el análisis y definir los límites de ambos sectores se ha utilizado el criterio presentado por Fetter (2001[21)] 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 4.10). 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 4.11). Los valores utilizados se presentan además expresados en unidades de conductividad eléctrica en la Tabla 4.11, en base a la relación empírica de la Figura 4.300.

El monitoreo del sistema Cuña Salina se realiza a través de la medición de la conductividad eléctrica del agua subterránea. Para expresar estas mediciones en términos de sólidos

[21] Fetter, C.W. 2001 *Applied Hydrogeology 4th Edition.* Prentice Hall

disueltos totales, se utilizó una curva construida en base a mediciones realizadas en el salar de Atacama y que se aprecia en la Figura 4.300.

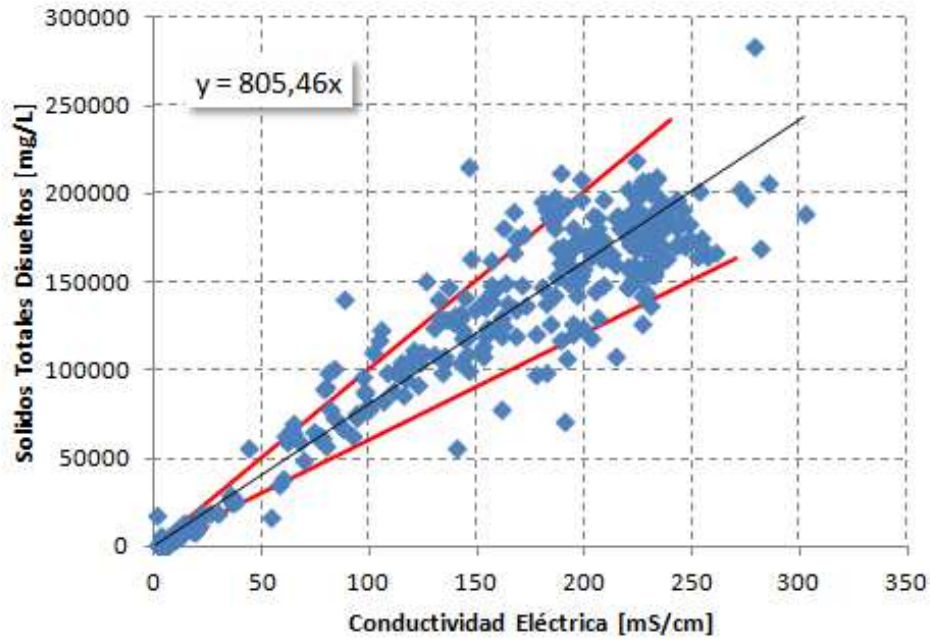


Figura 4.300. Relación empírica entre la CE del agua subterránea y la concentración de SDT para el salar de Atacama (línea negra: regresión lineal; línea roja: IC +/- 75%)

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

Tabla 4.10. Criterios de clasificación de aguas de acuerdo a salinidad en unidades de SDT

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

Tabla 4.11. Criterios de clasificación de aguas de acuerdo a salinidad en unidades de CE

Categoría	Rango [mS/cm]
Agua fresca	0 – 3,7
Zona de transición	3,7 – 124,2
Salmuera	> 124,2



Figura 4.301. Distribución geográfica de puntos de monitoreo del sistema Cuña Salina.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

SQM Salar realizó mediciones del perfil de conductividad y temperatura en todos los pozos listados en la Tabla 4.9. Estos perfiles se presentan en la Figura 4.305, Figura 4.309 y Figura 4.312.

Los registros de nivel de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 se muestran en la Figura 4.302, Figura 4.303 y Figura 4.304, respectivamente. Durante febrero de 2012 no se pudo monitorear los dos primeros pozos ya que los caminos se encontraban cortados por las lluvias ocurridas durante ese mes. Las precipitaciones registradas generaron un aumento en los niveles de estos pozos.

Los perfiles de conductividad de los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 se presentan en la Figura 4.305. Los pozos Cuña 1 y Cuña 2 están emplazados directamente en la cuña salina, registrando valores mayores al límite de la categoría definido en 124,2 mS/cm, mientras que el pozo Cuña 3 atraviesa la denominada zona de transición en sus primeros 126 metros (conductividades entre 6,9 y 121,9 mS/cm), para luego internarse en la zona de salmuera por los 14 metros restantes.

En general, el nivel de la napa medido en los pozos utilizados para realizar el seguimiento del sistema Cuña Salina presenta un comportamiento estable, con algún comportamiento estacional dependiendo de la profundidad de la napa, durante marzo de 2012 se observa el efecto de las precipitaciones en el aumento de los niveles. La excepción son los pozos Cuña 3 y Cuña 4 cuyos niveles se ven influenciados por la toma de muestras para análisis químico (nótese que estos 2 pozos presentan un comportamiento artesiano).

Adicionalmente, dentro del periodo correspondiente al presente informe, Geohidrología realizó mediciones durante diciembre de 2012 en los pozos Cuña 6 y Cuña 7.

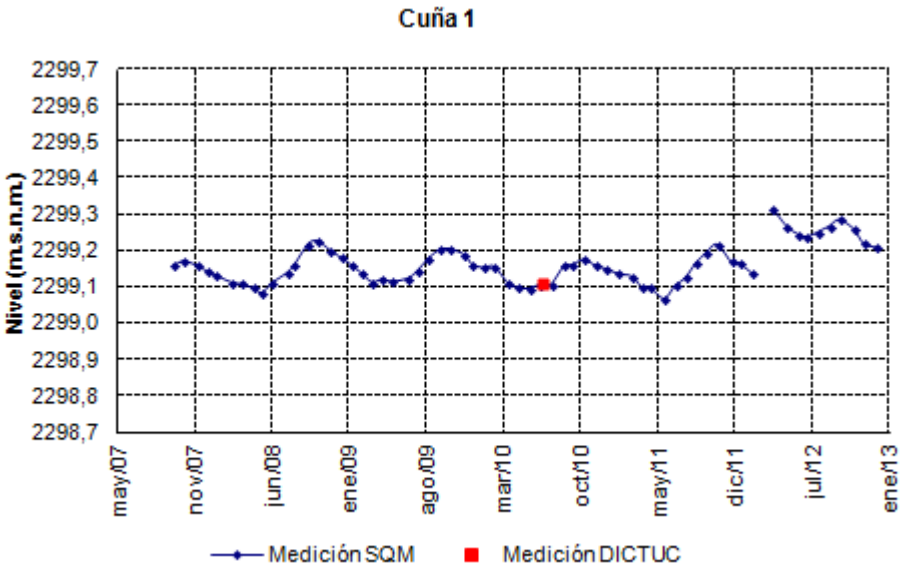


Figura 4.302. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 1.

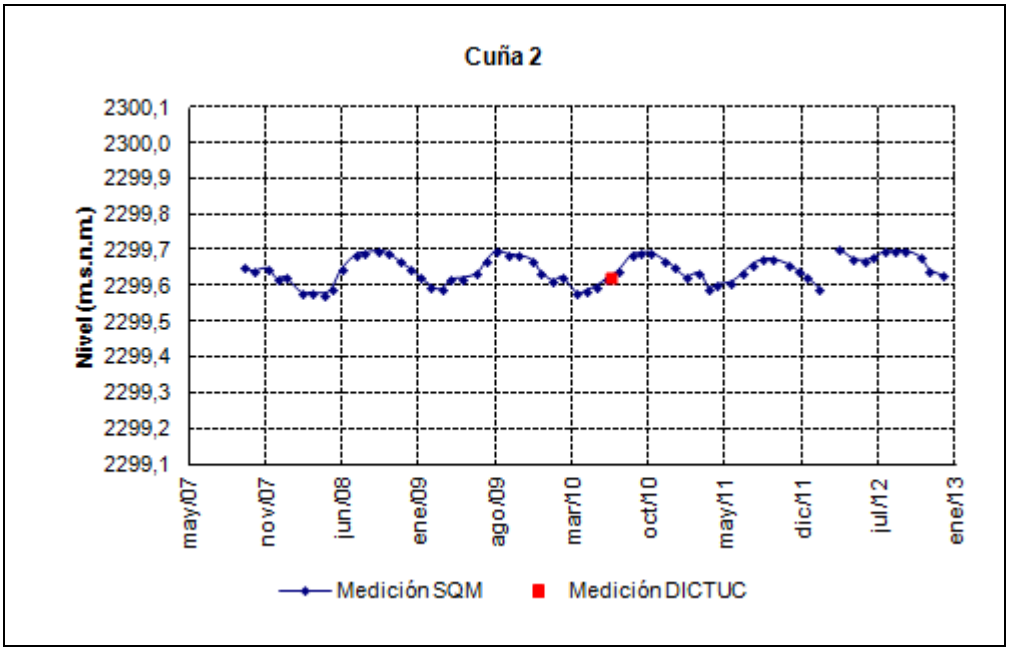


Figura 4.303. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 2.

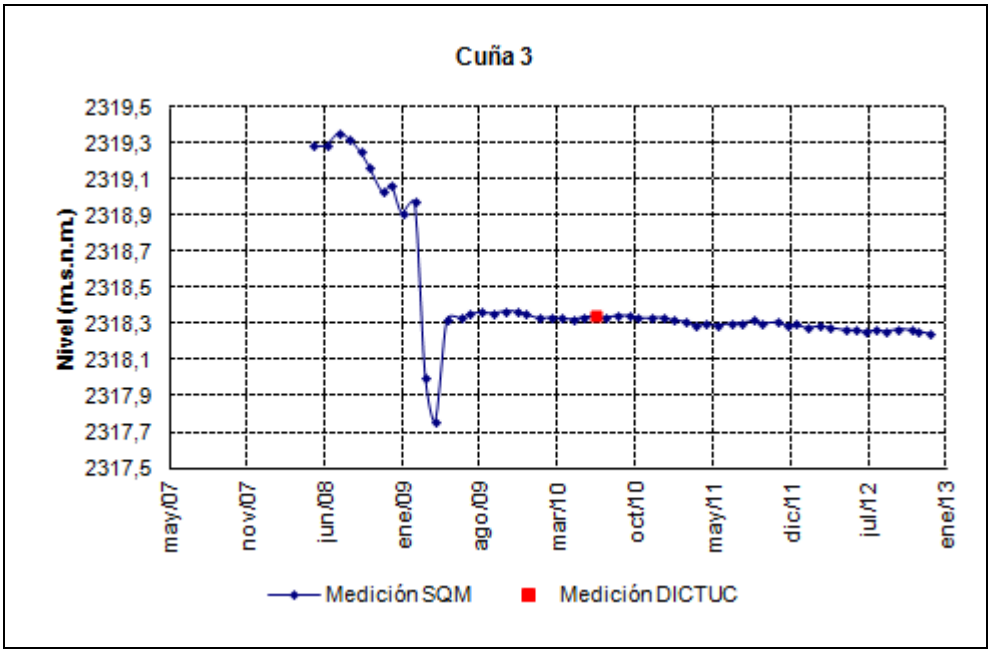


Figura 4.304. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 3.

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fono: 24491880 / www.geohidrologia.cl

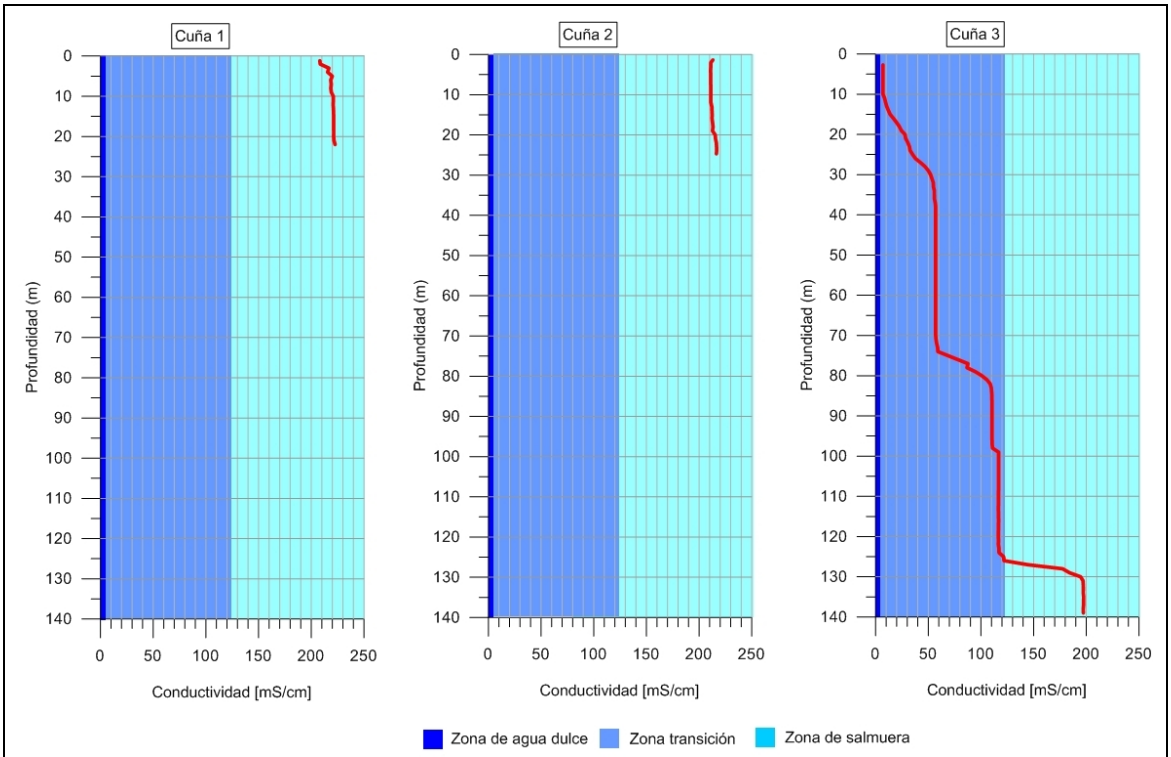


Figura 4.305. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina en los pozos Cuña 1, Cuña 2 y Cuña 3 a diciembre de 2012.

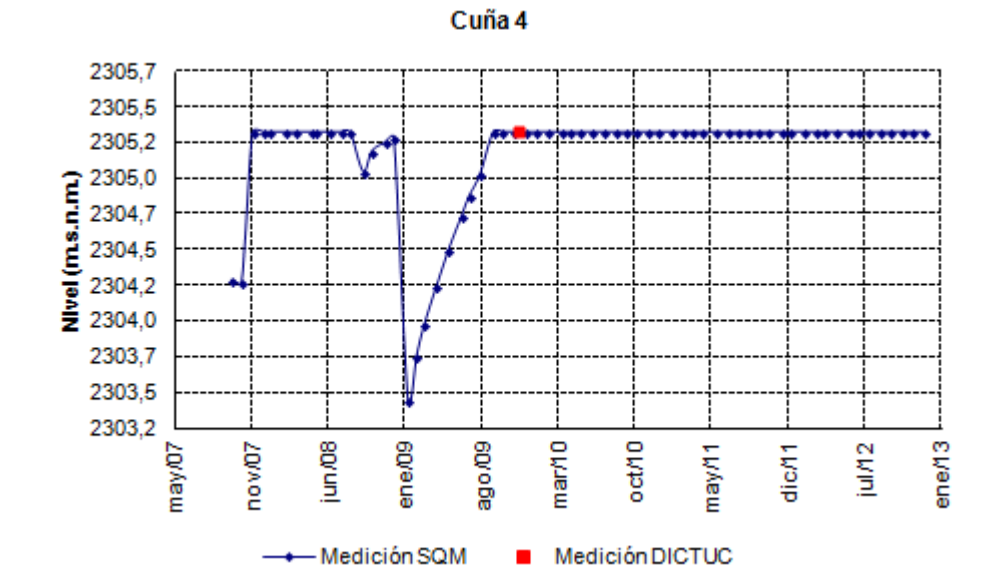


Figura 4.306. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 4 (surgente).

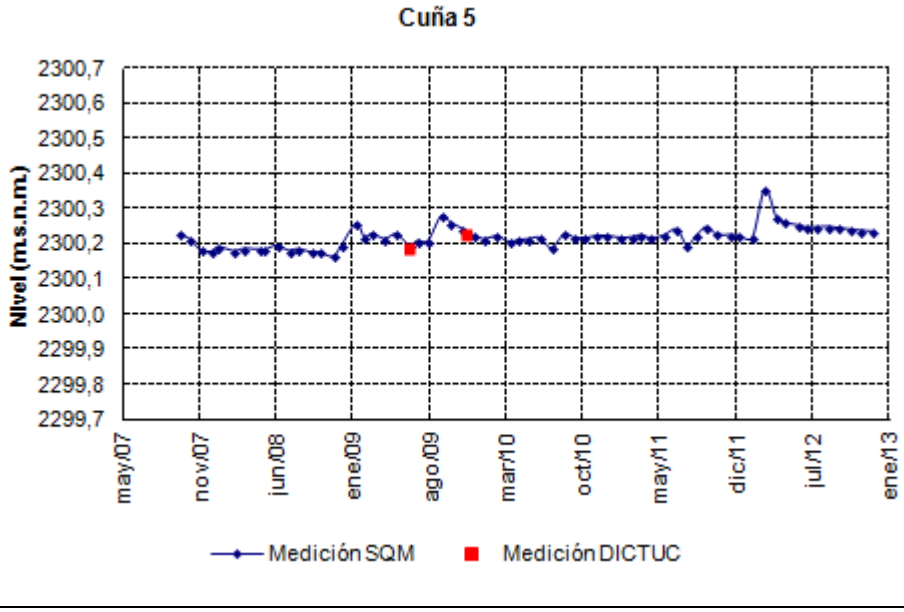


Figura 4.307. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 5.

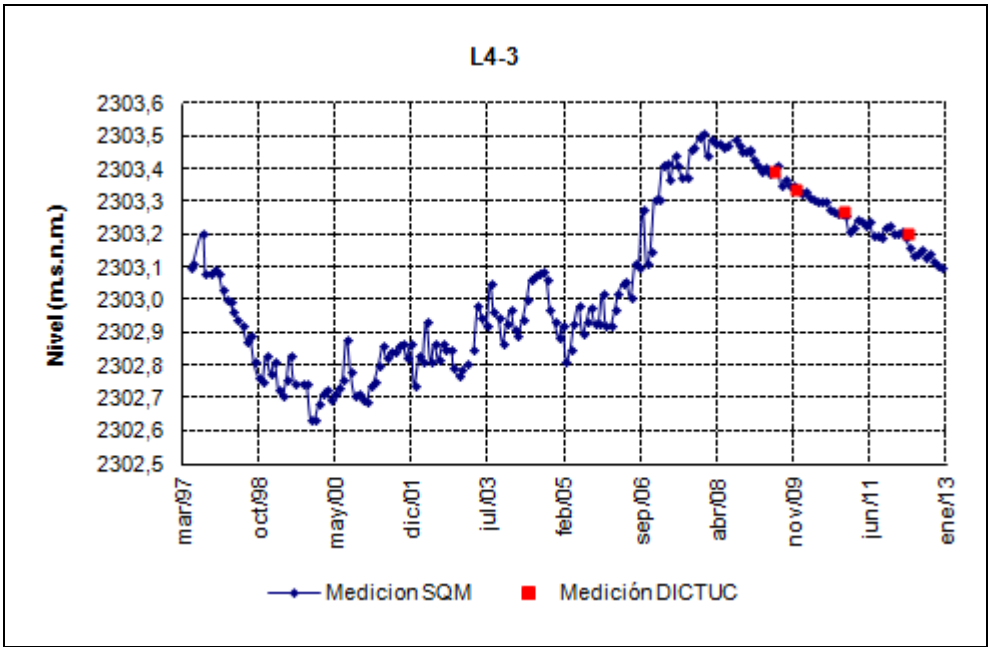


Figura 4.308. Nivel mensual observado en el pozo L4-3.

La Figura 4.309 presenta los perfiles de conductividad eléctrica para los pozos Cuña 4, Cuña 5 y L4-3. Se aprecia que el pozo Cuña 4 y Cuña 5 se ubican totalmente dentro de la zona de salmuera y el pozo L4-3 inicialmente se encuentra en una zona de transición (hasta

los 40 m de profundidad aproximadamente) para posteriormente ubicarse dentro de la zona de salmuera por los 73 metros restantes.

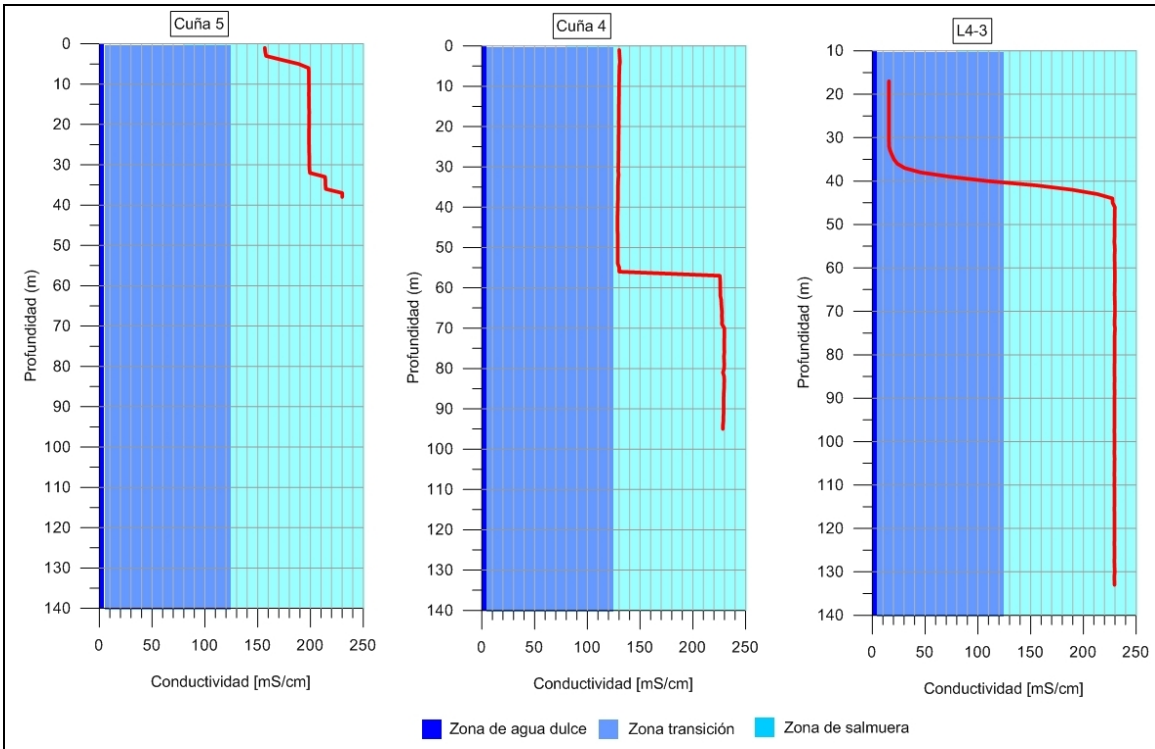


Figura 4.309. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 5, Cuña 4 y L4-3 en diciembre de 2012.

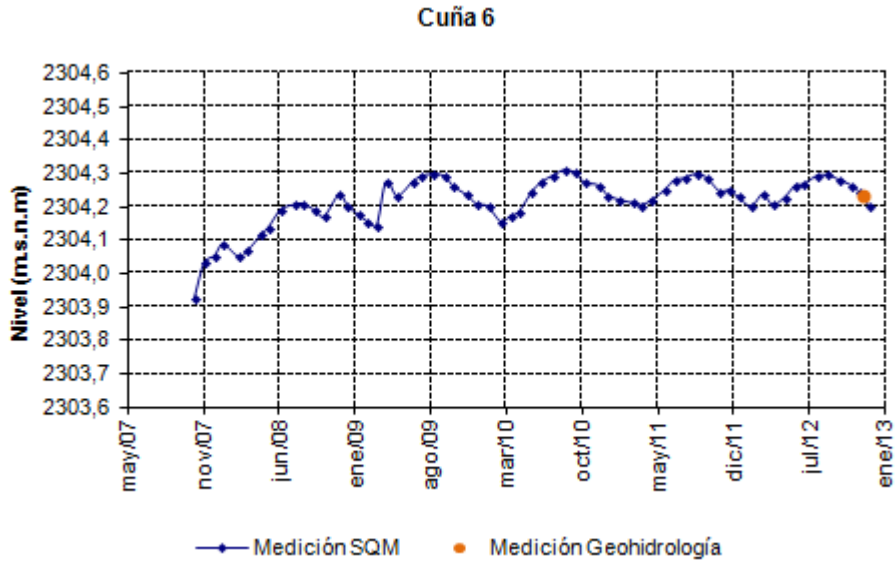


Figura 4.310. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 6.

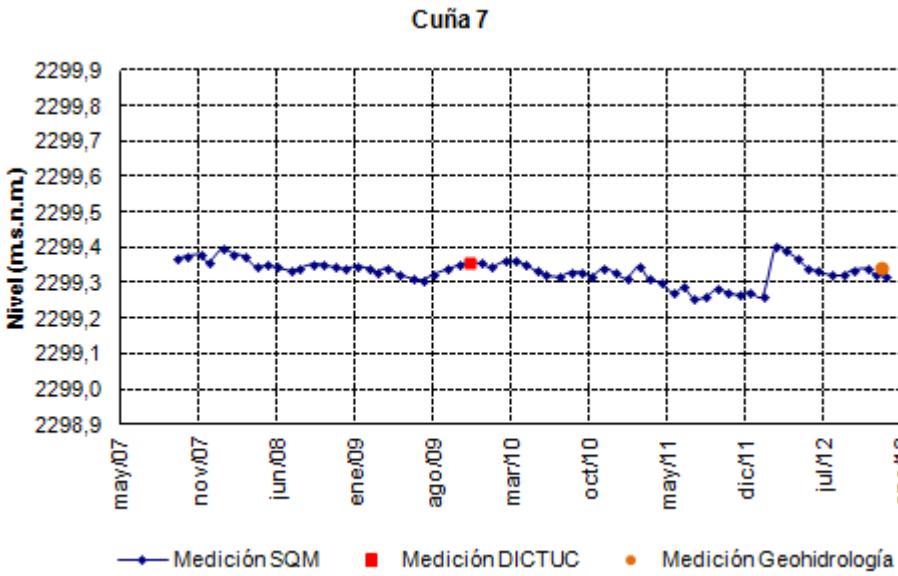


Figura 4.311. Nivel mensual observado en el pozo Cuña 7.

La Figura 4.312 presenta los perfiles de conductividad eléctrica de los pozos Cuña 6, Cuña 7 y L10-1. El pozo Cuña 7 se encuentra ubicado en la zona de salmuera a lo largo de toda su extensión, mientras que el pozo Cuña L10-1 se extiende por la zona de transición hasta los 48 metros, luego de lo cual se supera el umbral de 124,2 mS/cm que define la zona de salmuera por los 109 metros restantes.

En el pozo Cuña 6 la zona de transición se extiende hasta los 63 metros, mientras que en profundidades mayores se detectó la zona de salmuera.

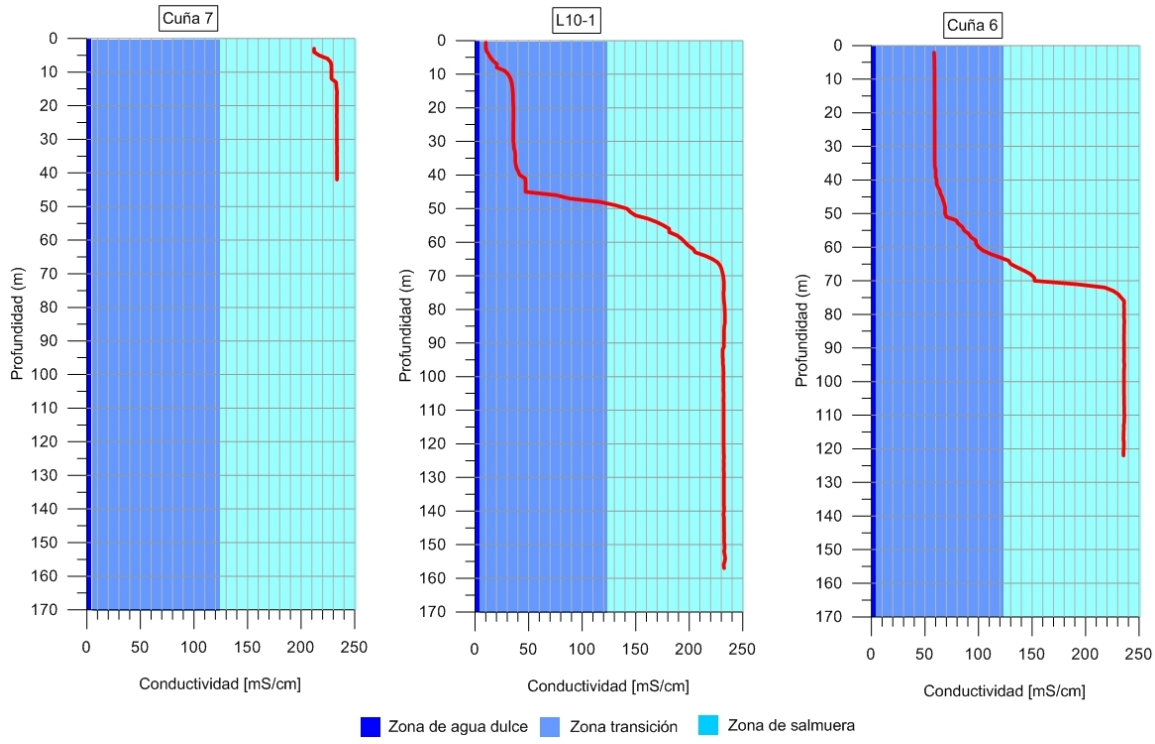


Figura 4.312. Perfil de conductividad eléctrica y representación gráfica de cuña salina para los pozos Cuña 7, L10-1 y Cuña 6 en diciembre de 2012

5 GLOSARIO Y ABREVIACIONES

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

Georreferenciación: Proceso que consiste en ligar o relacionar una información geográfica a uno o varios puntos en común

Limnímetro: Reglilla graduada para medición de nivel.

Salmuera: Solución altamente concentrada en sales, puede estar presente de manera superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos mayores a 100.000 mg/L. o análogamente de acuerdo a lo definido en este informe para el Salar de Atacama, con conductividades mayores a 142,9 mS/cm.

Zona de transición: Agua superficial o subterránea con concentraciones de sólidos totales disueltos entre 3.000 y 100.000 mg/L. o análogamente, aguas con conductividades entre 2,2 y 142,9 mS/cm.

C.: Registros Continuos de nivel.

M.C.: Mediciones manuales en pozos con registro Continuo.

m.s.n.m.: Metros sobre nivel medio del mar

PC: Plan de Contingencia.

PSA: Plan de Seguimiento Ambiental.

PSAH: Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico.

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

A. ANEXOS

A.1. VISITA A NUEVO POZO L1-3

En la Tabla A.1 se presentan las coordenadas del nuevo pozo L1-3 y en la Figura A.1 una foto del nuevo pozo construido.

Tabla A.1. Nuevas referencia pozo L1-3

Punto medido: Pozo L1-3	Cota medida
L1-3 CLAVO en base	2.326,393
L1-3 referencia tubo	2.326,867



Figura A.1. Nuevo pozo L1-3

A.2. VISITA AL CORTE DE CAMINO ALEDAÑO A LA ESTACIÓN DE AFORO PUENTE SAN LUIS

En la Figura A.2 se muestran fotografías tomadas a principios de diciembre de 2012 donde se encontró que a pesar de los arreglos realizados por SQM el camino se volvió a cortar, lo que trae consigo que la estación de aforo del puente San Luis no mida la totalidad del caudal pasante, por lo que SQM volverá a arreglar el corte de camino a la brevedad.



Figura A.2. Corte de camino aledaño a sección de aforo puente San Luis

A.3. INFORMES QUÍMICOS

A.4. INFORME DE TERRENO GEOHIDROLOGÍA

Los Militares 6191 of 81, Piso 8, Las Condes, Santiago / Fonos: 24491880 / www.geohidrologia.cl