

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

CÓDIGO Arcadis: N° 4785-0000-RH-INF-012\_0

### Informe Trimestral Mayo-Julio 2018

OCTUBRE 2018

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	C. Huichaquelen	G. Sepúlveda	G. Sepúlveda	Coordinación Interna
	Fecha	25.09.2018	26.09.2018	26.09.2018	
B	Nombre Firma	C. Huichaquelen	G. Sepúlveda	A. Pucheu	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	27.09.2018	28.09.2018	28.09.2018	
C	Nombre Firma	C. Huichaquelen	R. Herrera	A. Pucheu	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	09.10.2018	09.10.2018	09.10.2018	
0	Nombre Firma	C. Huichaquelen	G. Sepúlveda	A. Pucheu	Aprobación Cliente
	Fecha	30.10.2018	30.10.2018	30.10.2018	

## CONTACTOS

### **ANDRÉS PUCHEU** Jefe de Proyecto

T. +56 2 23816293  
e andres.pucheu@arcadis.com

Arcadis.  
Av. Antonio Varas 621  
Providencia, CP 7500966  
Santiago | Chile

---

### **CRISTIAN ORTIZ** Gerente de Proyecto

T. +56 2 23816110  
e cristian.ortiz@arcadis.com

Arcadis.  
Av. Antonio Varas 621  
Providencia, CP 7500966  
Santiago | Chile

---

# CONTENIDO

<b>1 RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
4.1 Descripción del proyecto y área de estudio .....	16
4.1.1 Modelo Conceptual Acuífero río Copiapó .....	17
4.1.2 Sectorización PMR.....	17
4.2 Ubicación de puntos de monitoreo .....	20
4.2.1 Monitoreo de agua subterránea .....	20
4.2.2 Monitoreo de agua superficial .....	26
4.3 Parámetros medidos para caracterizar las variables ambientales .....	30
4.4 Metodología de muestreo .....	36
4.4.1 Nivel Embalse Lautaro .....	36
4.4.2 Medición de niveles de pozos .....	36
4.4.3 Medición de caudales .....	36
4.5 Materiales y equipos utilizados.....	36
4.6 Incertidumbres asociadas a los métodos utilizados .....	37
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
5.1 Datos pluviométricos .....	38
5.2 Datos fluviométricos .....	39
5.2.1 Datos fluviométricos estaciones DGA.....	40
5.2.2 Datos fluviométricos medidos por MLCC.....	42
5.3 Niveles Piezométricos Pozos DGA .....	44
5.4 Niveles Piezométricos Pozos de Monitoreo MLCC .....	49
5.5 Niveles Piezométricos Pozos de Bombeo MLCC.....	76
5.6 Extracciones Pozos de Bombeo MLCC.....	91
5.7 Nivel en Embalse Lautaro .....	120
5.8 Variación de nivel en pozos de control .....	122
<b>6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>130</b>
6.1 Pluviometría y fluviometría.....	130
6.2 Evolución de niveles piezométricos.....	132
6.3 Volumen/Caudal bombeado .....	136
6.4 Umbrales de activación Plan de Monitoreo Dinámico (PMD) .....	136
<b>7 CONCLUSIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>8 REFERENCIAS .....</b>	<b>141</b>

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

### ANEXOS

Anexo A Responsables y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control y elaboración de informe

Anexo B Acreditación ETFA de SGS

Anexo C Nivel Manual de Pozos de Monitoreo

Anexo D Nivel Manual de Pozos de Bombeo

Anexo E Caudal y Volumen Bombeado

Anexo F Caudales Superficiales MLCC

Anexo G Procedimiento para medición de niveles con pozómetro

Anexo H Metodología para mediciones caudales e Instructivo de manejo de molinete

Anexo I Trazabilidad de mediciones de nivel

Anexo J Niveles continuos pozos de monitoreo (Digital)

### TABLAS

Tabla 1-1: Hitos importantes a considerar .....	11
Tabla 2-1: Instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para la elaboración del presente informe.....	14
Tabla 4-1: Hitos importantes a considerar .....	16
Tabla 4-2: Puntos de monitoreo PMR.....	20
Tabla 4-3: Cotas puntos de monitoreo PMR.....	21
Tabla 4-4: Pozos de monitoreo DGA.....	25
Tabla 4-5: Pozos de bombeo .....	26
Tabla 4-6: Estaciones fluviométricas DGA.....	27
Tabla 4-7: Estaciones fluviométricas PMR.....	27
Tabla 4-8: Estaciones pluviométricas DGA.....	28
Tabla 4-9: Características de puntos de monitoreo PMR.....	30
Tabla 5-1: Precipitación media mensual (mm).....	39
Tabla 5-2: Caudal medido periodo mayo a julio 2018 (m <sup>3</sup> /s).....	40
Tabla 5-3: Caudal medio mensual (m <sup>3</sup> /s).....	42
Tabla 5-4: Nivel mensual Embalse Lautaro .....	120
Tabla 5-5: Puntos de Control PMD .....	122
Tabla 6-1: Probabilidades de excedencia para las estaciones fluviométricas, periodo.....	130
Tabla 6-2: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (niveles), periodo mayo a julio 2018.	137
Tabla 6-3: Descensos registrados y proyectados en los puntos PMR-06, PMR-12 y PMR-14.....	138
Tabla 6-4: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (caudal), periodo mayo-julio 2018. ....	139

## FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación Puntos de Monitoreo.....	12
Figura 4-1: Ubicación del proyecto y áreas de monitoreo .....	19
Figura 4-2: Ubicación Puntos de Monitoreo.....	29
Figura 4-3: Ubicación Puntos de Monitoreo PMR presentados en Tabla 4-9. ....	35
Figura 5-1: Precipitación media mes de mayo periodo 1985-2017 en estaciones analizadas.....	38
Figura 5-2: Precipitación mes de junio periodo 1985-2017 en estaciones analizadas.....	39
Figura 5-3: Precipitación mes de julio periodo 1985-2017 en estaciones analizadas. ....	39
Figura 5-4: Caudal medio mensual periodo mayo 2017-julio 2018. ....	40
Figura 5-5: Caudal medio mensual periodo mes de mayo años 1985-2018. ....	41
Figura 5-6: Caudal medio mensual periodo mes de junio años 1985-2018. ....	41
Figura 5-7: Caudal medio mensual periodo mes de julio años 1985-2018. ....	41
Figura 5-8: Caudal medido histórico en puntos de aforo. ....	42
Figura 5-9: Caudal histórico mes de mayo. ....	43
Figura 5-10: Caudal histórico mes de junio.....	43
Figura 5-11: Caudal histórico mes de julio.....	43
Figura 5-12: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo El Rodeo. ....	44
Figura 5-13: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Escuela 17 Los Loros. ....	45
Figura 5-14: Profundidad del agua subterránea en el pozo DGA Vegas El Giro. ....	45
Figura 5-15: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Calquis. ....	46
Figura 5-16: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Seca.....	46
Figura 5-17: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Iglesia Colorada. ....	47
Figura 5-18: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo La Puerta. ....	47
Figura 5-19: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Embalse Lautaro.....	48
Figura 5-20: Área 1 .....	49
Figura 5-21: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-01.....	50
Figura 5-22: Área 2 .....	50
Figura 5-23: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-02.....	51
Figura 5-24: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-03.....	51
Figura 5-25: Área 3 .....	52
Figura 5-26: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-04.....	52
Figura 5-27: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-05.....	53
Figura 5-28: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-06.....	53
Figura 5-29: Área 4 .....	54
Figura 5-30: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-07.....	55
Figura 5-31: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-08.....	55

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-32: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-09.....	56
Figura 5-33: Área 5 .....	57
Figura 5-34: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-10.....	58
Figura 5-35: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-11.....	58
Figura 5-36: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-12.....	59
Figura 5-37: Área 6 .....	60
Figura 5-38: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-13.....	61
Figura 5-39: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-14.....	61
Figura 5-40: Área 7 .....	62
Figura 5-41: Área 8 .....	63
Figura 5-42: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-15.....	63
Figura 5-43: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-16.....	64
Figura 5-44: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-17.....	64
Figura 5-45: Área 9 .....	65
Figura 5-46: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-18.....	66
Figura 5-47: Área 10 .....	66
Figura 5-48: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-19.....	67
Figura 5-49: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-20.....	68
Figura 5-50: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-21.....	68
Figura 5-51: Área 11 .....	69
Figura 5-52: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-22.....	69
Figura 5-53: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-23.....	70
Figura 5-54: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-24.....	70
Figura 5-55: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-25.....	71
Figura 5-56: Área 12 .....	71
Figura 5-57: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-26.....	72
Figura 5-58: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-27. ....	72
Figura 5-59: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-28.....	73
Figura 5-60: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-29.....	73
Figura 5-61: Área 13 .....	74
Figura 5-62: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-30.....	74
Figura 5-63: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-31.....	74
Figura 5-64: Nivel de agua subterránea en el pozo WE-01.....	76
Figura 5-65: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-01.....	77
Figura 5-66: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-02.....	77
Figura 5-67: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-03.....	78
Figura 5-68: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-04.....	78

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-69: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-1.....	79
Figura 5-70: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-2.....	79
Figura 5-71: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-03.....	80
Figura 5-72: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-04.....	80
Figura 5-73: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-05.....	81
Figura 5-74: Nivel de agua subterránea en el pozo PR-01.....	81
Figura 5-75: Nivel de agua subterránea en el pozo PRD-01.....	82
Figura 5-76: Nivel de agua subterránea en el pozo PPO-01.....	82
Figura 5-77: Nivel de agua subterránea en el pozo PPR-01.....	83
Figura 5-78: Nivel de agua subterránea en el pozo PDB-01.....	83
Figura 5-79: Nivel de agua subterránea en el pozo PEL-01.....	84
Figura 5-80: Nivel de agua subterránea en el pozo PAF-1.....	84
Figura 5-81: Nivel de agua subterránea en el pozo PNI-01.....	85
Figura 5-82: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-08B.....	85
Figura 5-83: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-07A.....	86
Figura 5-84: Nivel de agua subterránea en el pozo PBB-01.....	86
Figura 5-85: Nivel de agua subterránea en el pozo BRW-01.....	87
Figura 5-86: Nivel de agua subterránea en el pozo BRW-02.....	87
Figura 5-87: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-08.....	88
Figura 5-88: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-01.....	88
Figura 5-89: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-02.....	89
Figura 5-90: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-02.....	89
Figura 5-91: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-06.....	90
Figura 5-92: Volumen mensual total bombeado por MLCC.....	91
Figura 5-93: Caudal medio mensual total bombeado por MLCC.....	91
Figura 5-94: Volumen mensual bombeado pozo WE-01.....	92
Figura 5-95: Caudal medio mensual bombeado pozo WE-01.....	92
Figura 5-96: Volumen mensual bombeado pozo WP-01.....	93
Figura 5-97: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-01.....	93
Figura 5-98: Volumen mensual bombeado pozo WP-02.....	94
Figura 5-99: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-02.....	94
Figura 5-100: Volumen mensual bombeado pozo WP-03.....	95
Figura 5-101: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-03.....	95
Figura 5-102: Volumen mensual bombeado pozo WP-04.....	96
Figura 5-103: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-04.....	96
Figura 5-104: Volumen mensual bombeado pozo CCH-1.....	97
Figura 5-105: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-1.....	97

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Figura 5-106: Volumen mensual bombeado pozo CCH-2. ....	98
Figura 5-107: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-02. ....	98
Figura 5-108: Volumen mensual bombeado pozo CCH-3. ....	99
Figura 5-109: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-3. ....	99
Figura 5-110: Volumen mensual bombeado pozo CCH-4. ....	100
Figura 5-111: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-04. ....	100
Figura 5-112: Volumen mensual bombeado pozo CCH-5. ....	101
Figura 5-113: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-05. ....	101
Figura 5-114: Volumen mensual bombeado pozo PR-01. ....	102
Figura 5-115: Caudal medio mensual bombeado pozo PR-01. ....	102
Figura 5-116: Volumen mensual bombeado pozo PPO-01. ....	103
Figura 5-117: Caudal medio mensual bombeado pozo PPO-01. ....	103
Figura 5-118: Volumen mensual bombeado pozo PPR-01. ....	104
Figura 5-119: Caudal medio mensual bombeado pozo PPR-01. ....	104
Figura 5-120: Volumen mensual bombeado pozo PDB-1. ....	105
Figura 5-121: Caudal medio mensual bombeado pozo PDB-01. ....	105
Figura 5-122: Volumen mensual bombeado pozo PEL-1. ....	106
Figura 5-123: Caudal medio mensual bombeado pozo PEL-1. ....	106
Figura 5-124: Volumen mensual bombeado pozo PNI-1. ....	107
Figura 5-125: Caudal medio mensual bombeado pozo PNI-1. ....	107
Figura 5-126: Volumen mensual bombeado pozo PRE-2. ....	108
Figura 5-127: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-2. ....	108
Figura 5-128: Volumen mensual bombeado pozo PRE-3. ....	109
Figura 5-129: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-3. ....	109
Figura 5-130: Volumen mensual bombeado pozo POB-08B. ....	110
Figura 5-131: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-08B. ....	110
Figura 5-132: Volumen mensual bombeado pozo POB-07A. ....	111
Figura 5-133: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-07A. ....	111
Figura 5-134: Volumen mensual bombeado pozo PBB-1. ....	112
Figura 5-135: Caudal medio mensual bombeado pozo PBB-1. ....	112
Figura 5-136: Volumen mensual bombeado pozo BRW-01. ....	113
Figura 5-137: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-01. ....	113
Figura 5-138: Volumen mensual bombeado pozo BRW-02. ....	114
Figura 5-139: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-02. ....	114
Figura 5-140: Volumen mensual bombeado pozo PBC-08. ....	115
Figura 5-141: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-08. ....	115
Figura 5-142: Volumen mensual bombeado pozo CRW-01. ....	116



## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Figura 5-143: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-01. ....	116
Figura 5-144: Volumen mensual bombeado pozo CRW-02. ....	117
Figura 5-145: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-02. ....	117
Figura 5-146: Volumen mensual bombeado pozo PBC-02. ....	118
Figura 5-147: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-02. ....	118
Figura 5-148: Volumen mensual bombeado pozo PBC-06. ....	119
Figura 5-149: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-06. ....	119
Figura 5-150: Niveles en embalse Lautaro. ....	121
Figura 5-151: Puntos de control PMD. ....	123
Figura 5-152: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-01. ....	124
Figura 5-153: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-03. ....	124
Figura 5-154: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-06. ....	125
Figura 5-155: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-12. ....	125
Figura 5-156: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-14. ....	126
Figura 5-157: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-16. ....	126
Figura 5-158: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-19. ....	127
Figura 5-159: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-22. ....	127
Figura 5-160: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-25. ....	128
Figura 5-161: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-29. ....	128
Figura 5-162: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-31. ....	129
Figura 6-1: Caudal pasante en el sector La Puerta, periodo enero 2018- julio 2018 .....	138

## 1 RESUMEN

El proyecto Caserones, perteneciente a SCM Minera Lumina Copper Chile (MLCC), fue aprobado ambientalmente mediante la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 013/2010 de la COREMA Región de Atacama.

El proyecto Caserones se ubica en la comuna de Tierra Amarilla, provincia de Copiapó, región de Atacama y tiene por objetivo la producción y venta de concentrado de cobre, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno, con una vida útil de 28 años. A fin de lograr el objetivo señalado anteriormente, el proyecto contempla la extracción de agua en los pozos de bombeo ubicados en el valle del río Copiapó y sus tributarios, desde el proyecto Caserones hasta el sector de la Puerta, donde MLCC tiene aprobada ambientalmente la extracción de 518 l/s promedio anual. Los pozos de bombeo se ubican a lo largo de todo el valle del río Copiapó (Figura 1-1), distribuidos en 8 sectores principalmente (In Site, Carrizalillo Chico, Jorquera, Amolanas, Caserones, La Brea, Agrícola Atacama y La Puerta). La mayoría de estos pozos comenzó su extracción a inicios de 2014 y sólo los cercanos a la mina WE-01, WP-01 WP-02 y WP-03 lo hicieron en el año 2012.

De manera de cumplir con los compromisos ambientales adquiridos en la RCA se desarrolla el Plan de Manejo Dinámico (PMD), el cual tiene por objetivo principal mantener los niveles freáticos en los sectores de extracción dentro de los niveles proyectados por el modelo hidrogeológico desarrollado por el Proyecto Caserones, para el sector comprendido entre las instalaciones del proyecto y el sector de La Puerta. La aplicación de este PMD requiere de un Plan de Monitoreo Robusto (PMR), el cual permite monitorear el comportamiento del acuífero a través de la información de niveles piezométricos de los pozos de monitoreo y caudales de bombeo, además de antecedentes históricos de pluviometría y fluviometría del área de estudio, y reportar dicha información en informes trimestrales.

En el contexto del PMD se definieron 13 áreas de control (Figura 1-1), las que comprenden el valle del río Copiapó desde el sector Mina Caserones hasta el sector de la Puerta, donde se considera monitorear el nivel del agua subterránea en 31 pozos. De estos 31 pozos, 12 corresponden a pozos de control donde se evalúan las variaciones de niveles registradas en relación con las variaciones proyectadas por el modelo hidrogeológico para cada mes, siendo 8 pozos de control los que activan la aplicación del PMD, para lo cual se definieron umbrales de activación.

El presente documento corresponde al informe trimestral para el periodo comprendido entre mayo y julio de 2018. Para el presente informe es pertinente tener en consideración lo siguiente:

- A la fecha de emisión del presente reporte, la DGA no ha publicado información de caudal para el trimestre mayo-julio.
- Las simulaciones de descensos de niveles proyectados se efectuaron con el modelo numérico 2018 actualizado y calibrado con los registros de niveles de 50 pozos de monitoreo para el período comprendido entre Ene-1986 a Dic-2017. Del total de pozos de monitoreo utilizados, 26 corresponden al PMR.
- El error global de calibración del modelo de actualización 2018 se ajusta a los lineamientos sugeridos por SEA (2012) y el grado de ajuste de los pozos del PMR y PMD presenta mejoras en cuanto cota y tendencia respecto de los resultados obtenidos con el modelo de actualización 2017. No obstante lo anterior, para evitar falsas activaciones derivadas del desajuste del modelo en pozos con residuales por sobre 1 m, se continuará con el mejoramiento del modelo en las futuras actualizaciones.
- Como se ha descrito en informes anteriores, la información base corresponde al monitoreo continuo de nivel, el cual presentó algunas desviaciones, correspondientes a:
  - Saltos de nivel por cambio de ubicación de la sonda.

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

- Saltos de nivel por cambio de referencia de medición (nivel de la sonda respecto al nivel del terreno).
- Periodos sin datos por falla de sistema de transmisión.
- Periodos sin datos por falla de baterías.

Los problemas descritos fueron subsanados debido a que se tomaron las siguientes acciones:

- Ajuste de la frecuencia de medición de los parámetros, con ello se logró aumentar la vida útil de las baterías y asegurar la transmisión.
- Durante la mantención se confeccionó una ficha de mantención que da cuenta de los trabajos realizados, así como las referencias de medición.
- Control de nivel con pozómetro de forma mensual, esta medición sirve para el adecuado control del nivel en cada sonda y realizar los ajustes requeridos.

Como resumen del presente reporte, se puede indicar que, en términos generales, las variaciones de nivel observadas están relacionadas a la estacionalidad, funcionamiento del embalse Lautaro y también a los bombeos, tanto de MLCC como de terceros.

En las Áreas 1, 2 y 3 se mantiene el leve descenso de nivel, sumado a la estabilización de algunos pozos. Los pozos PMR-05 y PMR-07 no han podido ser medidos manualmente producto de la presencia de sedimentos, y este último tampoco cuenta con medición continua. El sector de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera corresponde al Área 5, a partir de la información de los niveles manuales, se observa un descenso con respecto a los meses anteriores, excepto para el punto PMR-11, el cual presenta un alza desde marzo de 2018.

Desde el área 6 a la 10, los niveles siguen estabilizados respecto al trimestre anterior con niveles que venían de una tendencia al alza que data de comienzos del año 2016. En particular el pozo PMR-13 presenta un leve descenso en este trimestre. En esta zona se encuentra el pozo PMR-15, el cual se encuentra surgente y se localiza inmediatamente aguas abajo del Embalse Lautaro.

Finalmente, a partir del área 11 en adelante, los niveles de los pozos continúan con una tendencia al ascenso.

Por otro lado, en los pozos DGA cercanos a los pozos de monitoreo se observan variaciones asociadas al ciclo hidrológico de la cuenca y a la intervención de ésta. Cabe destacar que esta información se encuentra actualizada hasta agosto del 2017.

En cuanto a los pozos de bombeo, se observa que todos los caudales de extracción se encuentran bajo los caudales aprobados por la RCA 013/2010, a excepción del pozo de remediación BRW-02 del sector la Brea que supera el caudal de extracción durante mayo del presente trimestre debido a la necesidad de remediación, totalizando 0,5 L/s adicionales al caudal aprobado. Para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver en informes del PMR relativos a Calidad.

Por último, para este trimestre se sobrepasaron los umbrales definidos para los pozos de control PMR-06, PMR-12 y PMR-14. El único pozo que gatilla la activación del PMD corresponde al pozo PMR-12, por ello, MLCC coordinará las acciones necesarias para cumplir con el protocolo definido por el PMR para manejar dicha activación. No obstante esto, si bien se han hecho esfuerzos importantes por mejorar la geometría y calibración del modelo hidrogeológico numérico, la activación puede deberse a un déficit en el modelo, el cual no cuenta con la actualización de las extracciones de terceros, contando con dicha información para el año 2019. Además, es importante mencionar la falta de datos manuales en el mismo pozo, lo que no permite corroborar los datos continuos.

El efecto de las extracciones de MLCC sobre el caudal en la Puerta fue menor a los 310 L/s indicado como umbral de activación. El detalle del PMD y el análisis de las variaciones de niveles se presentan en el acápite 6.4.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

Por último, para considerar en los análisis, es pertinente mencionar que existen 3 hitos importantes, los que se indican en la Tabla 1-1 y que deben ser considerados para efectos de comprensión de los resultados.

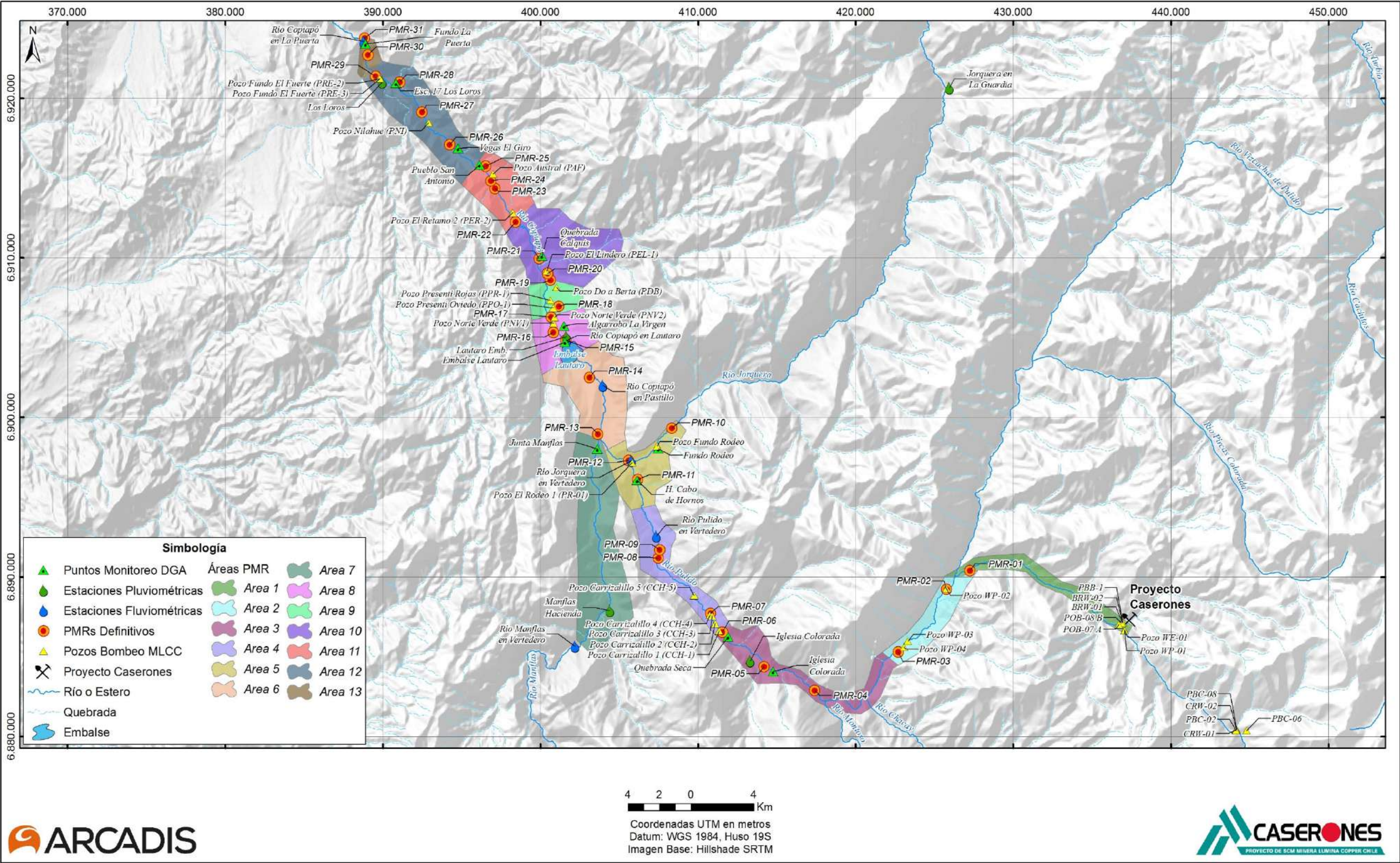
**Tabla 1-1: Hitos importantes a considerar.**

Hitos	Fecha
Inicio de la construcción	Abril 2010
Inicio de Planta de Hidrometalurgia	Marzo 2013
Inicio Planta de Concentración	Mayo 2014

Fuente: Elaboración propia



Figura 1-1: Ubicación Puntos de Monitoreo.



Fuente: Elaboración propia



## 2 INTRODUCCIÓN

El proyecto Caserones, perteneciente a SCM Minera Lumina Copper Chile (MLCC), fue aprobado ambientalmente mediante la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 013/2010 de la COREMA Región de Atacama.

En el Anexo 27 de la Adenda N° 3 del EIA del proyecto Caserones, se presentó el Plan de Manejo Dinámico (PMD), el cual tiene como objetivo *adecuar los puntos de extracción de aguas subterráneas de modo de propender a mantener los descensos de los niveles freáticos en los sectores de extracción dentro de los niveles proyectados por el modelo hidrogeológico presentado por el proyecto*. La aplicación de este PMD requiere de un Plan de Monitoreo, el cual fue presentado en el Anexo 28 de la Adenda señalada, y así gestionar el abastecimiento de agua para el proyecto Caserones.

MLCC posee 864,5 l/s en derechos de aprovechamiento subterráneos consuntivos, permanentes y continuos, ubicados en la parte alta del valle de Copiapó, aguas arriba de La Puerta. De estos derechos, se encuentra aprobado bombear un caudal que no supere los 518 l/s promedio anual.

En la RCA del proyecto Caserones, la autoridad solicitó el desarrollo de un Plan de Seguimiento Ambiental para el recurso hídrico (Numeral N° 9 del Considerando 12), indicando la implementación de “un sistema de monitoreo robusto que contenga todos los antecedentes necesarios para efectos de llevar a cabo un adecuado Plan de Seguimiento”.

Con base a lo anterior, MLCC ha desarrollado un Plan de Monitoreo Robusto (en adelante PMR), permitiendo monitorear tanto el comportamiento del acuífero (PMR cantidad), asociado a la zona alta de la cuenca del río Copiapó, como la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (PMR Calidad) asociadas al proyecto.

La DGA emitió el 14 de febrero de 2014 el Ord. 151 en que se pronuncia conforme, con condiciones, con el PMR Cantidad presentado por MLCC, mientras que la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Atacama (CEA), el 7 de marzo de 2014, mediante Resolución Exenta 064, validó el PMR Cantidad, sujeto a la conformidad con las condiciones establecidas por la DGA. El 31 de julio de 2015, MLCC presentó el informe del cumplimiento de las acciones que se requieren para cumplir la condición del numeral 6, letras a) y b) del Ord.151/2014 del PMR. Finalmente, el 30 de mayo del año 2016, la Dirección General de Aguas de Atacama emitió el Ordinario N°302 cuya materia corresponde a: “Pronunciamiento conforme sobre el denominado Plan de Monitoreo Robusto parte Calidad y Cantidad presentado por SCM Lumina Copper, asociado al proyecto denominado proyecto Caserones”.

El PMD propone las debidas acciones y medidas que se deben ejecutar si en el acuífero se observan descensos significativamente mayores a lo estimado por el modelo hidrogeológico desarrollado para la zona de estudio, para lo cual trabaja con la información recolectada en el PMR, considerando para ello el seguimiento de las variables principales que reflejan el comportamiento hidrogeológico del sistema: niveles de agua subterránea, fluviometría, nivel del embalse Lautaro, y caudal bombeado.

Para la implementación del PMR, se comprometió la habilitación de 31 pozos de monitoreo y 5 estaciones fluviométricas, distribuidos en 13 Áreas definidas dentro de los sectores hidrogeológicos 1 y 2 del acuífero del río Copiapó, y la entrega de informes trimestrales a la autoridad. A la fecha se encuentra en operación cuatro de las estaciones fluviométricas comprometidas, quedando pendiente la construcción de la estación fluviométrica Pulido ubicada aguas debajo de la confluencia con el río Montosa, por lo que en este informe se presenta, a modo de referencia, las mediciones hechas por MLCC en puntos de aforo cercanos a los propuestos.

El presente documento corresponde al informe trimestral del periodo mayo a julio de 2018, el cual ha sido confeccionado por Arcadis basado en la información de monitoreo proporcionada por MLCC, obtenida por la ETFSA SGS Chile Ltda., y a los resultados del modelo hidrogeológico actualización 2017

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

(Arcadis, 2017). Adicionalmente, se ha trabajado con datos obtenidos de la página web de la DGA correspondiente a la información de la red hidrométrica.

Para el presente informe se debe tener en consideración:

- A la fecha de emisión del presente reporte, la DGA no ha publicado información de caudal para el periodo mayo – julio del 2018.
- Las simulaciones de descensos de niveles proyectados se efectuaron con el modelo numérico de actualización 2018 actualizado y calibrado con los registros de niveles de 50 pozos de monitoreo para el período comprendido entre Ene-1986 a Dic-2017. Del total de pozos de monitoreo utilizados, 26 corresponden al PMR.
- El error global de calibración del modelo de actualización 2017 se ajusta a los lineamientos sugeridos por SEA (2012) y el grado de ajuste de los pozos del PMR presentan mejoras en cuanto cota y tendencia respecto de los resultados obtenidos con el modelo de actualización 2017. No obstante lo anterior, para evitar falsas activaciones derivadas del desajuste del modelo en pozos con residuales por sobre 1 m, se continuará con el mejoramiento del modelo en las futuras actualizaciones.
- Como se ha descrito en informes anteriores, la información base corresponde al monitoreo continuo de nivel, el cual presentó inicialmente algunas desviaciones, correspondientes a:
  - Saltos de nivel por cambio de ubicación de la sonda.
  - Saltos de nivel por cambio de referencia de medición (nivel de la sonda respecto al nivel del terreno).
  - Periodos sin datos por falla de sistema de transmisión.
  - Periodos sin datos por falla de baterías.

Los problemas descritos fueron subsanados debido a que se tomaron las siguientes acciones:

- Ajuste de la frecuencia de medición de los parámetros, con ello se logró aumentar la vida útil de las baterías y asegurar la transmisión.
- Durante la mantención se confeccionó una ficha de mantención que da cuenta de los trabajos realizados, así como las referencias de medición.
- Control de nivel con pozómetro de forma mensual, esta medición sirve para el adecuado control del nivel en cada sonda y realizar los ajustes requeridos

Por último, la Tabla 2-1 muestra las instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para elaborar el presente informe y en Anexo A el detalle indicando nombre y cargo.

**Tabla 2-1: Instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para la elaboración del presente informe.**

Institución y/o Equipo de trabajo	Actividad realizada
MLCC - Caserones	Entrega de información y revisión de informe trimestral
SGS	Mediciones en terreno
Arcadis Chile SpA.	Confección de informe trimestral y análisis de resultados

Fuente: Elaboración propia

### 3 OBJETIVOS

De acuerdo con lo establecido en el Anexo 27 de la Adenda N° 3 del EIA del Proyecto Caserones, el objetivo del Plan de Manejo Dinámico es:

*Adecuar los puntos de captación de aguas subterráneas de modo de propender a mantener los niveles en el acuífero dentro de los valores proyectados en el Modelo Hidrogeológico desarrollado por el Proyecto Caserones para el sector comprendido entre las instalaciones del proyecto y La Puerta.*

Lo anterior se fundamenta en el escenario hídrico generado por la sobreexplotación del acuífero de Copiapó por parte de la totalidad de usuarios de la cuenca, por lo que MLCC busca bajar su consumo de agua, llegando a 518 l/s, destinados principalmente a su proceso de concentración de minerales.

En el Anexo 28 de la Adenda N° 3 se describe el Plan de Monitoreo, donde se definieron los objetivos correspondientes al Plan de Monitoreo Robusto (PMR), los cuales son:

1. *Establecer el seguimiento de un Plan de Manejo Dinámico de las extracciones subterráneas del Proyecto que tiene por objeto no producir descensos por sobre lo estimado en el modelo hidrogeológico de la zona entre La Puerta y el Proyecto.*
2. *Monitoreo de los caudales de los ríos para implementar el conocimiento hídrico de la cuenca. Este monitoreo se efectuará mediante estaciones fluviométricas a implementar durante la etapa de construcción del Proyecto*

Para el cumplimiento de estos objetivos se considera el monitoreo del nivel de la napa en una serie de pozos y del caudal en estaciones de aforo y fluviométricas, los que se detallan en el capítulo 4.

La información que se obtenga como parte del PMR se utilizará en las revisiones de la calibración del modelo para simular con mayor exactitud el comportamiento del sistema acuífero cuando entre en actividad el proyecto, y por otro lado se ampliará la base de información de la cuenca hídrica asociada.

De lo anterior se desprende que el programa de monitoreo genera la información necesaria para el PMD desarrollado con la finalidad de gestionar el manejo de las extracciones de agua subterránea requerido para operar el proyecto Caserones. En este sentido, el PMD propone las debidas acciones y medidas que se deben ejecutar, si en el acuífero se observan descensos significativamente mayores a lo estimado por el modelo hidrogeológico desarrollado para la zona de estudio, de acuerdo con lo que se detalla en el capítulo 5.



## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo permite contextualizar el proyecto y su plan de monitoreo posibilitando entender los resultados presentados y su posterior análisis y discusión.

Específicamente se presenta una descripción de la zona de estudio, la infraestructura de monitoreo construido por MLCC para implementar el PMR, los parámetros, metodología y materiales utilizados por SGS (ETFA) en la medición realizada para el periodo de análisis, y las incertidumbres asociadas a éstas.

### 4.1 Descripción del proyecto y área de estudio

El Proyecto Caserones se ubica en la Comuna de Tierra Amarilla, Provincia de Copiapó, Región de Atacama y consiste en la producción y venta de concentrado de cobre, cátodos de cobre y concentrado de molibdeno como resultado de la explotación a rajo abierto del yacimiento ubicado en el entorno del Cerro Caserones, aproximadamente a 160 km al sureste de la ciudad de Copiapó, a una altura media de 4.300 msnm en la parte alta de la cuenca del río Copiapó (ver Figura 4-1).

El mineral sulfurado extraído del rajo es sometido a una etapa de chancado primario, para posteriormente ser procesado en una Planta Concentradora, en la que se realizan las operaciones de molienda y flotación. Los minerales oxidados, mixtos y sulfuros de baja ley, son transportados hasta un depósito de lixiviación donde el mineral es lixiviado con una solución ácida que genera una solución que contiene cobre disuelto, el que se recupera en una Planta de Extracción por Solventes y Electro-obtención (Planta SX-EW), cuyo producto son cátodos de cobre que son transportados hasta su punto de embarque y/o comercialización.

El sistema hídrico de la zona está conformado por el río Copiapó y sus afluentes ríos Jorquera y Pulido (los que confluyen en el sector denominado La Junta) y el río Manflas, el cual se une 2,5 km aguas abajo de La Junta. El río Pulido tiene como tributario al río Ramadillas, que es donde se ubica el proyecto. Adicionalmente, es importante señalar que el valle del río Copiapó está subdividido en seis subsectores acuíferos, de acuerdo con el criterio técnico de la DGA; con el fin de realizar una mejor gestión de la cuenca y explotar los recursos subterráneos de manera sustentable.

El agua requerida para el proyecto es extraída de los pozos ubicados en los sectores hidrogeológicos 1 y 2 del acuífero del río Copiapó (Figura 4-1), abarcando la zona comprendida entre los ríos afluentes al río Copiapó (Manflas, Jorquera y Pulido) y el sector denominado La Puerta. En esta zona MLCC tiene derechos de aprovechamiento por un total de 864,5 l/s (ver Tabla 4-5 y Figura 4-2).

Se debe señalar que existen 3 hitos importantes, los que se indican en la Tabla 1-1 y que deben ser considerados para efectos de comprensión de los resultados.

**Tabla 4-1: Hitos importantes a considerar.**

Hitos	Fecha
Inicio de la construcción	Abril 2010
Inicio de Planta de Hidrometalurgia	Marzo 2013
Inicio Planta de Concentración	Mayo 2014

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una descripción general del modelo conceptual del acuífero del río Copiapó, desarrollado en los sectores 1 y 2.

#### 4.1.1 Modelo Conceptual Acuífero río Copiapó

En la zona de estudio, es decir los sectores hidrogeológicos 1 y 2, las principales fuentes de recarga son las producidas por la infiltración desde los cauces, infiltración desde el Embalse Lautaro, los flujos laterales provenientes de otros sectores, y otras fuentes que consideran infiltración desde predios y canales. La principal infiltración desde los cauces ocurre en el sector bajo las estaciones de aforo de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas, y la estación Copiapó en Pastillo.

El Embalse Lautaro se ubica aguas abajo del sector La Junta y recibe la totalidad del caudal del río Copiapó. Éste regula los caudales en el río almacenando las aguas en el período de mayores caudales, para entregarla en las épocas de menor flujo. Parte de las aguas embalsadas se infiltran hacia el acuífero, otra parte se pierde por evaporación desde el espejo de agua y otra parte vuelve al cauce del río por filtraciones que se producen al pie del muro del embalse.

El flujo lateral subterráneo corresponde a los aportes subterráneos de las distintas cuencas que convergen a la zona de estudio, siendo las más importantes las de los ríos Jorquera, Manflas, El Potro, Montosa, Vizcachas, Quebrada La Brea y Ramadillas. Éstas se encuentran relacionadas con el aporte de las precipitaciones y la producción superficial en las subcuencas que infiltran al acuífero aportando una escorrentía subterránea.

Las descargas ocurren por extracciones subterráneas relacionadas a pozos para riego, uso minero y a los afloramientos de agua subterránea.

Los afloramientos de agua hacia la superficie ocurren en el sector aguas abajo del Embalse Lautaro hasta La Puerta, en donde se produce un estrechamiento del valle y una mayor cercanía del basamento rocoso a la superficie en el sector de La Puerta.

Para más detalles sobre el modelo conceptual, ver el Anexo VI-4 Modelo Hidrogeológico del EIA de Caserones y el Anexo 38 de la Adenda N° 2 del EIA señalado.

#### 4.1.2 Sectorización PMR

Para mantener los descensos de los niveles freáticos en los sectores de extracción dentro de los niveles proyectados por el modelo hidrogeológico, el monitoreo determinado en el PMR tiene definidas 13 áreas de control que sectorizan el valle del río Copiapó (Figura 4-1), desde el sector Mina Caserones hasta el sector de La Puerta, las cuales son:

- Área 1: definida como Área Mina, y comprende el tramo conformado por el Río Ramadillas hasta su confluencia con el Río Pulido. En esta área sólo hay pozos pertenecientes a MLCC.
- Área 2: corresponde al sector del fundo Carrizalillo que comprende al sector del Río Pulido entre la confluencia con el Río Ramadillas hasta 800 m aguas abajo del actual puente de acceso al campamento Carrizalillo. En el sector sólo hay pozos de bombeo de MLCC y el monitoreo tiene como objetivo llevar un registro de los efectos del bombeo en el tiempo, sobre el acuífero del sector Carrizalillo.
- Área 3: abarca el tramo del Río Pulido desde 800 m aguas abajo del actual puente de acceso al campamento Carrizalillo hasta Quebrada Seca. En este tramo sólo existen pozos de Terceros.
- Área 4: se inicia en Quebrada Seca y se extiende hasta 2 km aguas abajo de la estación fluviométrica de Pulido en Vertedero. La primera parte del área corresponde al campo de pozos de MLCC que ha denominado Carrizalillo Chico. En el sector de aguas abajo sólo existen pozos de terceros.

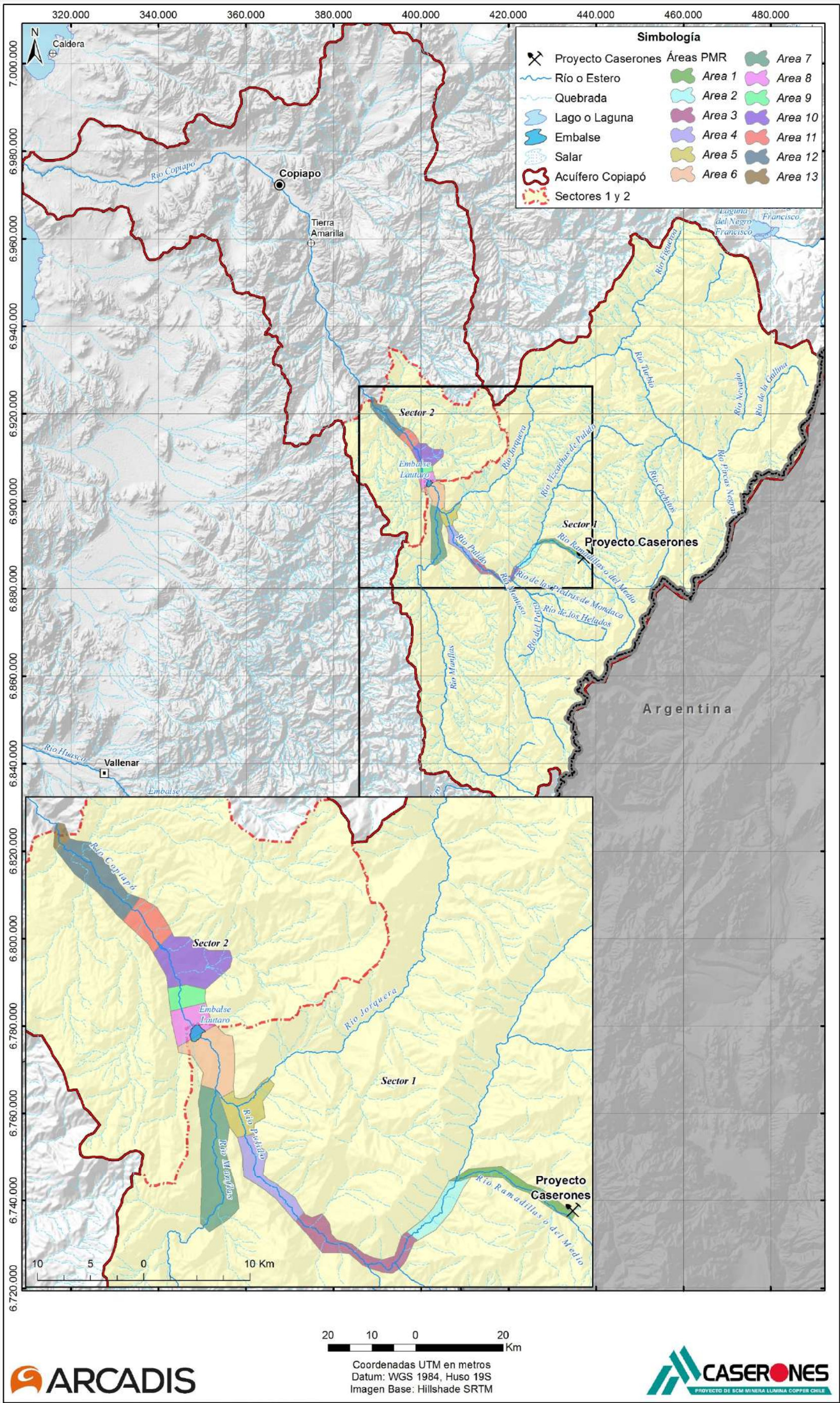
## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

- Área 5: sector de confluencia de los ríos Pulido y Jorquera. En el valle del río Jorquera se ubican pozos de terceros y uno de bombeo de MLCC.
- Área 6: esta área se inicia aguas abajo de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera y se extiende hasta el Embalse Lautaro, en ella sólo hay pozos de terceros.
- Área 7: esta área corresponde al valle del río Manflas. En este valle existen 8 pozos de terceros y ninguno de MLCC.
- Área 8: corresponde al sector ubicado entre el Embalse Lautaro y el fundo Norte Verde, es decir, hasta aproximadamente 1,8 km aguas abajo del pie del muro del embalse. Este es un sector complejo debido a que además de existir pozos de bombeo de MLCC y de Terceros, los niveles están fuertemente influenciados por el embalse Lautaro.
- Área 9: abarca desde aguas abajo del fundo Norte Verde hasta aguas arriba de la junta del río Copiapó con la Quebrada Calquis. Es un sector pequeño, pero en él existen varios pozos de bombeo, tanto de MLCC como de Terceros.
- Área 10: esta área comprende desde la confluencia de la Quebrada Calquis con el río Copiapó hasta unos 3 kilómetros aguas abajo de la misma. En este sector existe sólo un pozo de bombeo de MLCC, ubicado al inicio del área, en tanto que hacia aguas abajo sólo existen pozos de terceros.
- Área 11: esta área abarca desde aproximadamente 3 kilómetros aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Calquis con el río Copiapó hasta aguas abajo del pueblo San Antonio. En ella existen 2 pozos de bombeo de MLCC y varios pozos de Terceros.
- Área 12: corresponde al sector ubicado aguas abajo del Pueblo de San Antonio y hasta aguas abajo de Los Loros. En este tramo, MLCC cuenta con 3 pozos de bombeo y es el área donde más pozos de terceros existen.
- Área 13: esta última área de control se ubica aguas abajo de Los Loros y abarca hasta el sector de angostamiento de La Puerta. En esta área MLCC no posee pozos y existe sólo un pozo de Terceros.

En la Figura 4-1 se presenta una vista general del proyecto con las áreas definidas en el PMR.



Figura 4-1: Ubicación del proyecto y áreas de monitoreo





## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

### 4.2 Ubicación de puntos de monitoreo

En este apartado se indican los puntos de monitoreo que permiten estudiar las variables que inciden en el comportamiento del acuífero analizado. Se monitorea el nivel del agua subterránea tanto en los pozos construidos por MLCC como en pozos de la DGA. Además, se analiza el comportamiento del recurso hídrico superficial mediante las mediciones en distintos puntos del río Copiapó y afluentes.

#### 4.2.1 Monitoreo de agua subterránea

Los pozos de monitoreo se construyeron para poder diferenciar los efectos producto de los pozos de extracción, sean ellos de terceros, de MLCC o en conjunto. Los 31 pozos se distribuyen en las áreas de control definidas en el PMR, de acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 4-2.

**Tabla 4-2: Puntos de monitoreo PMR.**

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (originales)		Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Observaciones
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	
1	PMR-01	WE-03	427.246	6.890.393	427.246	6.890.393	Pozo Definitivo
2	PMR-02	WE-04	425.771	6.889.222	425.771	6.889.222	Pozo Definitivo
	PMR-03	WE-05	422.696	6.885.305	422.696	6.885.305	Pozo Definitivo
3	PMR-04	PMR-04	417.260	6.882.894	417.382	6.882.873	Pozo Definitivo
	PMR-05	PMR-05	414.778	6.884.079	414.179	6.884.363	Pozo Definitivo, ubicado a 667 m de pozo de monitoreo DGA Iglesia Colorada
	PMR-06	PMR-06	411.908	6.886.246	411.547	6.886.533	Pozo Definitivo, ubicado a 456 m de pozo de monitoreo DGA Quebrada Seca
4	PMR-07	PMR-07	410.352	6.888.173	410.793	6.887.712	Pozo Definitivo
	PMR-08	PMR-08	407.509	6.891.655	407.531	6.890.843	Pozo Definitivo
	PMR-09	PMR-09	406.771	6.893.824	407.370	6.892.746	Pozo Definitivo
5	PMR-10	PMR-10	408.014	6.898.825	408.324	6.899.324	Pozo Definitivo
	PMR-11	PMR-11	406.045	6.896.562	406.172	6.896.074	Pozo Definitivo
	PMR-12	PMR-12	405.383	6.897.192	405.581	6.897.305	Pozo Definitivo
6	PMR-13	PMR-13	403.785	6.899.009	403.644	6.898.953	Pozo Definitivo
	PMR-14	PMR-14	403.288	6.902.733	403.110	6.902.509	Pozo Definitivo
	PMR-15	EMBALSE LAUTARO	401.561	6.904.720	401.601	6.904.840	Pozo Definitivo
8	PMR-16	PMR-16	400.742	6.905.086	400.814	6.905.340	Pozo Definitivo
9	PMR-17	PMR-17	400.892	6.906.529	400.663	6.906.278	Pozo Definitivo
	PMR-18	PMR-18	400.777	6.907.258	401.161	6.906.962	Pozo Definitivo
	PMR-19	PMR-19	400.688	6.908.702	400.637	6.908.596	Pozo Definitivo
10	PMR-20	PMR-20	400.254	6.909.250	400.443	6.909.039	Pozo Definitivo
	PMR-21	QUEBRADA CALQUIS	400.091	6.910.120	400.681	6.909.587	Pozo Definitivo
	PMR-22	PMR-22	398.464	6.912.199	398.423	6.912.261	Pozo Definitivo
11	PMR-23	PMR-23	397.642	6.914.078	397.115	6.914.343	Pozo Definitivo

**MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO**

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (originales)		Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Observaciones
			Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	
	PMR-24	PMR-24	396.834	6.915.036	396.848	6.914.822	Pozo Definitivo
	PMR-25	PMR-25	396.140	6.915.828	396.530	6.915.749	Pozo Definitivo
12	PMR-26	PMR-26	394.770	6.916.872	394.224	6.917.092	Pozo Definitivo ubicado a 590 m de pozo de monitoreo DGA Vega el Giro
	PMR-27	PMR-27	392.528	6.919.159	392.470	6.919.142	Pozo Definitivo
	PMR-28	PMR-28	390.841	6.920.955	390.539	6.921.216	Pozo Definitivo
	PMR-29	PMR-29	389.569	6.921.495	389.540	6.921.393	Pozo Definitivo
13	PMR-30	PMR-30	388.900	6.923.418	389.050	6.922.721	Pozo Definitivo
	PMR-31	PMR-31	388.931	6.923.734	388.838	6.923.778	Pozo Definitivo ubicado a 318 m de pozo de monitoreo DGA Fundo La Puerta

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4-3 se presentan las cotas de cada uno de los puntos de monitoreo especificando la punta de referencia (tapa), base de cemento (losa) y la superficie del terreno (terreno natural), conforme a la información disponible. Adicionalmente se indica la cota obtenida del DEM construido con curvas de nivel equidistantes cada 1 m, provenientes de 3 cartas topográficas de alta resolución para ser consistentes con el modelo hidrogeológico.

**Tabla 4-3: Cotas puntos de monitoreo PMR.**

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Cotas (msnm)				Cota utilizada
			Este (m)	Norte (m)	Punta de referencia	Base cemento	Superficie terreno	Cota DEM	
1	PMR-01	WE-03	427.246	6.890.393	-	2.161,45	-	2.161,45	2.161,45
2	PMR-02	WE-04	425.771	6.889.222	-	-	2.113,00	2.109,59	2.109,59
	PMR-03	WE-05	422.696	6.885.305		1.997,00	-	1.988,02	1.988,02
3	PMR-04	PMR-04	417.382	6.882.873	1.645,22	1.644,52	1.644,33	1.644,15	1.644,52
	PMR-05	PMR-05	414.179	6.884.363	1.556,30	1.555,64	1.555,46	1.555,73	1.555,64
	PMR-06	PMR-06	411.547	6.886.533	-	1.491,00	-	1.475,00	1.475,00
4	PMR-07	PMR-07	410.793	6.887.712	1.448,04	1.447,21	-	1.453,87	1.453,87
	PMR-08	PMR-08	407.531	6.890.843	(1.20-0.55)*	-	1.349	1.345,47	1.345,47
	PMR-09	PMR-09	407.370	6.892.746	(1.20-0.80)*	-	1.318	1.308,80	1.308,80
5	PMR-10	PMR-10	408.324	6.899.324	1.273,61	1.272,96	-	1.273,02	1.272,96
	PMR-11	PMR-11	406.172	6.896.074	(1.20-0.60)*	-	1.254	1.243,03	1.243,03
	PMR-12	PMR-12	405.581	6.897.305	1.220,45	1.219,67	-	1.219,90	1.219,67
6	PMR-13	PMR-13	403.644	6.898.953	1.186,22	1.185,40	1.185,20	1.185,11	1.185,40

**MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO**

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Cotas (msnm)				Cota utilizada
			Este (m)	Norte (m)	Punta de referencia	Base cemento	Superficie terreno	Cota DEM	
	PMR-14	PMR-14	403.110	6.902.509	1.143,69	1.142,82	-	1.142,95	1.142,82
	PMR-15	EMBALSE LAUTARO	401.601	6.904.840	1.115,22	1.114,47	1.114,23	1.114,23	1.114,47
8	PMR-16	PMR-16	400.814	6.905.340	1.103,90	-	1.103,14	1.102,36	1.103,14
9	PMR-17	PMR-17	400.663	6.906.278	1.095,85	-	1.095,09	1.095,10	1.095,09
	PMR-18	PMR-18	401.161	6.906.962	1.088,59	1.088,04	1.087,84	1.087,92	1.088,04
	PMR-19	PMR-19	400.637	6.908.596	1.072,93	1.072,10	-	1.072,10	1.072,10
10	PMR-20	PMR-20	400.443	6.909.039	1.069,01	1.068,18	-	1.068,18	1.068,18
	PMR-21	PMR-21	400.681	6.909.587	(1.2-1,05)*	-	1.082	1.090,94	1.090,94
	PMR-22	PMR-22	398.423	6.912.261	1.030,15	1.029,43	1.029,17	1.029,18	1.029,43
11	PMR-23	PMR-23	397.115	6.914.343	1.008,01	-	1.007,04	1.007,68	1.007,04
	PMR-24	PMR-24	396.848	6.914.822	1.002,49	-	1.001,52	1.001,70	1.001,52
	PMR-25	PMR-25	396.530	6.915.749	1.005,68	-	-	1.005,56	1.005,68
12	PMR-26	PMR-26	394.224	6.917.092	-	-	-	977,38	977,38
	PMR-27	PMR-27	392.470	6.919.142	950,75	949,98	-	950,63	949,98
	PMR-28	PMR-28	390.439	6.921.216	(1.20-0,55)*	-	958	948,02	948,02
	PMR-29	PMR-29	389.540	6.921.393	911,24	910,86	-	910,86	910,86
13	PMR-30	PMR-30	389.050	6.922.721	889,43	-	-	889,52	889,43
	PMR-31	PMR-31	388.838	6.923.778	883,82	883,25	883,04	883,01	883,25

\*Borde del tubo bajo el nivel del terreno dentro de cámara de 1,2 m de profundidad  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se fundamenta la ubicación y propósito de los pozos de monitoreo del PMR:

Área 2:

- Pozo PMR-01, ubicado antes de la confluencia de los ríos Ramadillas y Vizcachas de Pulido. En estricto rigor este pozo se ubica dentro del Área 1, pero sirve como cierre del Área 1 y como inicio del Área 2.
- Pozo PMR-02, ubicado inmediatamente aguas abajo del pozo de extracción WP-02, permitirá medir los efectos de este último.
- Pozo PMR-03, se localiza aguas abajo del pozo de extracción WP-04, en el sector del campamento en Carrizalillo Grande. Permitirá llevar un control de los efectos de los 2 pozos de bombeo en el sector del campamento (WP-03 y WP-04). Además sirve como pozo de control en el cierre del área.

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

### Área 3:

- Pozo PMR-04, ubicado aproximadamente a un kilómetro aguas abajo de la confluencia del río Montosa con el río Pulido. Sirve como punto de control de inicio del área.
- Pozo PMR-05, se ubica en las cercanías de pozos de Terceros, por lo que permitiría observar los efectos producidos por esos bombeos.
- Pozo PMR-06, es el punto de cierre del área y el de inicio del Área 4. Los pozos de bombeo más cercanos hacia aguas arriba están a más de 3 kilómetros de distancia, por lo permitirá obtener un buen registro de las condiciones a la entrada del área ubicada inmediatamente aguas abajo.

### Área 4:

- Pozo PMR-07, ubicado entre los pozos de MLCC denominados CCH-4 y CCH-5, permitirá observar los efectos de la batería de 5 pozos que MLCC posee en el fundo Carrizalillo Chico.
- Pozo PMR-08, este pozo se ubica en las cercanías de los pozos de extracción de terceros y permitirá determinar los efectos del bombeo de los mismos.
- Pozo PMR-09, este pozo se ubica aguas abajo del último pozo de Terceros ubicado en esta área. Servirá para el control de cierre del área y como inicio del área ubicada inmediatamente aguas abajo.

### Área 5:

- Pozo PMR-09, si bien este pozo se ubica a la salida del área anterior, servirá también como control de niveles al inicio de esta área, esto dado que se planea ubicarlo a una distancia de alrededor de 1.0 kilómetros de los pozos de bombeo más próximos de esta área.
- Pozo PMR-10, se ubica en el valle del río Jorquera, aguas arriba del punto de explotación de MLCC y de los de Terceros, de forma tal que entregue información respecto a las fluctuaciones del aporte subterráneo de la cuenca del río Jorquera.
- Pozo PMR-11, se localiza en el valle del río Pulido aproximadamente a 1 kilómetro antes de la confluencia con el río Jorquera. Este pozo permitirá determinar los efectos de los bombeos de Terceros, al ubicarse en el sector de mayor concentración de pozos de Terceros existente en esta área.
- Pozo PMR-12, se ubica en la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera y en las cercanías del pozo de explotación de MLCC, permitirá determinar los efectos de dicho bombeo.

### Área 6:

- Pozo PMR-13, ubicado en la confluencia de los ríos Copiapó y Manflas, permitirá determinar las fluctuaciones a la entrada de esta área, dado que se encuentra alejado de los pozos de bombeo más cercano de esta área.
- Pozo PMR-14, se ubica aguas abajo de todos los pozos de Terceros del Área 6 y aguas arriba del Embalse Lautaro, permitirá determinar efectos de los bombeos de Terceros en esta área.



## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

### Área 7:

Esta área corresponde a la parte baja del valle del Río Manflas, donde solamente hay pozos de Terceros. El efecto del bombeo de estos pozos podrá ser monitoreado por el pozo PMR-13 localizado en la junta del Río Manflas con el Río Pulido.

### Área 8:

- Pozo PMR-15, ubicado inmediatamente aguas abajo del Embalse Lautaro.
- Pozo PMR-16, localizado en las cercanías del campo de pozos de Terceros existente en esta área, permitirá registrar las fluctuaciones producto del bombeo de los pozos de uso agrícola del área.
- Pozo PMR-17, se ubica aguas abajo de los 2 pozos de MLCC existentes en esta área. En estricto rigor este pozo se ubica en la siguiente área de control, pero permitirá llevar un registro de fluctuaciones de niveles tanto a la salida del Área 8 como al inicio del Área 9.

### Área 9:

- Pozo PMR-17, ubicado a la entrada del área y servirá para registrar las fluctuaciones de los pozos de MLCC Norte Verde ubicados aguas arriba en el área anterior.
- Pozo PMR-18, está entre los pozos de bombeo de MLCC denominados PPO-1 y PPR-1, tiene el objetivo de controlar los efectos del bombeo de estos pozos.
- Pozo PMR-19, se ubica al cierre de esta área, aguas abajo de un pozo de bombeo de Terceros, permitirá establecer si los efectos del bombeo del área sobre los niveles se expanden hacia el área siguiente, por lo que también servirá como control de entrada del área siguiente.

### Área 10:

- Pozo PMR-20, ubicado aguas abajo del pozo de bombeo MLCC denominado PEL-1, permitirá evaluar los efectos del mismo.
- Pozo PMR-21, localizado en la faja fiscal antes de una serie pozos de extracción de terceros.
- Pozo PMR-22, está al cierre de esta área, aguas abajo de un pozo de bombeo de Terceros, permitirá establecer si los efectos del bombeo del área sobre los niveles se expanden hacia el área siguiente. Además, también sirve como control de entrada del Área 11.

### Área 11:

- Pozo PMR-23, se ubica aguas abajo del primer sector con pozos de Terceros, por lo que permitiría evaluar los efectos del bombeo de esos pozos.
- Pozo PMR-24, ubicado en las cercanías de los pozos de bombeo de MLCC denominado PAF, monitoreando su efecto sobre los niveles.
- Pozo PMR-25, localizado al cierre de esta área, aguas abajo de dos pozos de bombeo de Terceros.

### Área 12:

- Pozo PMR-26, ubicado aguas abajo del primer sector con pozos de Terceros, por lo que permitiría evaluar los efectos del bombeo de esos pozos.

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

- Pozo PMR-27, se ubica en aguas abajo del primer pozo de MLCC de esta área, lo que permitiría evaluar los efectos del mismo sobre los niveles de agua subterránea.
- Pozo PMR-28, localizado en la entrada norte de la localidad de los loros (by-Pass) permite cuantificar el efecto de los pozos de terceros en la localidad de los Loros.
- Pozo PMR-29, ubicado casi a la salida o cierre del área, específicamente aguas abajo de los otros dos pozos que MLCC posee en esta área, servirá para monitorear los efectos del bombeo de estos pozos y determinar si este se expande hacia aguas abajo, a la siguiente área.

### Área 13:

- Pozo PMR-30, ubicado aguas arriba del único pozo de bombeo de Terceros existente en esta área, con lo que se tendría el control de entrada al área.
- Pozo PMR-31, está a la salida o cierre del área, antes del estrechamiento de La Puerta. Este pozo permitirá evaluar los efectos que puedan producirse a los niveles de agua subterránea justo antes de la estación fluviométrica Copiapó en La Puerta.

Por otra parte, y para entender mejor aún el comportamiento de los niveles en el acuífero producto de los bombeos asociados al proyecto, se presentan los niveles medidos en 8 pozos de monitoreo de la DGA, los cuales se muestran en la Tabla 4-4. Cabe señalar que las coordenadas oficiales de la DGA no se ajustaban a los pozos observados en terreno por MLCC, mientras que las cotas presentaron diferencias menores. En este punto es importante mencionar que, si bien se cuenta con información oficial de cota, para efectos de presentar los niveles piezométricos se usó la cota del modelo topográfico de detalle, que es la misma cota usada en la modelación.

**Tabla 4-4: Pozos de monitoreo DGA.**

Pozo DGA	Coordenadas UTM WGS 84 (oficiales)		Coordenadas UTM WGS 84 (obtenidas en terreno por MLCC)		Cota (msnm)	
	Este	Norte	Este	Norte	DGA	DEM
Fundo Rodeo	411.919	6.897.937	407.470	6.898.030	1.450	1.247
Escuela 17 Los Loros	390.835	6.922.323	390.841	6.920.955	955	953
Vegas El Giro	394.957	6.917.220	394.770	6.916.872	989	988
Quebrada Calquis	399.963	6.910.492	400.091	6.910.120	1.071	1.072
Quebrada Seca	407.943	6.885.874	411.908	6.886.246	1.500	1.485
Embalse Lautaro	401.510	6.905.181	401.561	6.904.720	1.111	1.118
Iglesia Colorada	404.872	6.884.403	414.778	6.884.079	1.600	1.604
Fundo La Puerta	389.179	6.923.909	388.900	6.923.418	880	893

Fuente: BNA, DGA

Por último, se monitorean los niveles de 30 pozos de extracción pertenecientes a MLCC, de los cuales 10 corresponden a pozos de remediación, los que se identifican en la Tabla 4-5.

**MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO**

**Tabla 4-5: Pozos de bombeo.**

Pozo de Bombeo	Nombre Pozo	Área	Coordenadas UTM WGS 84		Cota (msnm)	Derecho
			Este	Norte		
WE-01	Ramadillas-La Brea	In Site	437.053	6.886.653	2.610,91	0
WP-01	Ramadillas-La Brea	In Site	437.058	6.886.639	2.610,90	10
WP-02	Pulido	In Site	425.775	6.889.254	2.111,81	20
WP-03	Carrizalillo Grande	In Site	423.337	6.885.982	2.016,40	20
WP-04	Carrizalillo Grande	In Site	423.034	6.885.573	2.006,60	15
CCH-1	Carrizalillo Chico 1	Carrizalillo Chico	411.319	6.886.658	1.480,00	40,5
CCH-2	Carrizalillo Chico 2	Carrizalillo Chico	411.100	6.887.095	1.470,00	15
CCH-3	Carrizalillo Chico 3	Carrizalillo Chico	410.880	6.887.518	1.457,00	40
CCH-4	Carrizalillo Chico 4	Carrizalillo Chico	410.753	6.887.662	1.454,00	26
CCH-5	Carrizalillo Chico 5	Carrizalillo Chico	409.753	6.888.835	1.415,00	19
PR-01	PR-01	Jorquera	405.838	6.897.163	1.123,86	25
PPO-1	Pesenti 1	Amolanas	400.806	6.906.855	1.090,33	75
PPR-1	Pesenti 2	Amolanas	400.625	6.907.331	1.089,00	19
PDB-1	Doña Berta	Amolanas	401.027	6.908.172	1.078,20	100
PEL-1	El Linderos (ex-Oasis)	Amolanas	400.357	6.909.193	1.071,97	60
PBC-08	Pozo Remedación	Caserones	444.175	6.880.449	3.195,50	0,7
CRW-02	Pozo Remedación	Caserones	444.158	6.880.431	3.211,60	0,5
CRW-01	Pozo Remedación	Caserones	444.121	6.880.420	3.205,50	0,3
PBC-02	Pozo Remedación	Caserones	444.137	6.880.361	3.183,00	1
PBC-06	Pozo Remedación	Caserones	444.806	6.880.355	3.168,60	3,5
BRW-01	Pozo Remedación	La Brea	436.900	6.887.156	2.624,30	6
BRW-02	Pozo Remedación	La Brea	436.941	6.887.122	2.628,40	1
PBB-1	Pozo Remedación	La Brea	436.941	6.887.122	2.624,30	6
POB-08 B	Pozo Remedación	La Brea	436.872	6.887.098	2.622,80	2
POB-07 A	Pozo Remedación	La Brea	436.699	6.887.007	2.622,10	13
PRD-1 <sup>(1)</sup>	PRD-1		407.395	6.898.202	1.248,03	55
PAF-1 <sup>(1)</sup>	Austral Fruit (Grossi)	Agrícola Atacama	397.000	6.915.270	1.008,00	25
PNI-1	Nilahue	Casa Rosada	392.897	6.918.494	964,70	70
PRE-3	Fundo El Fuerte	La Puerta	389.820	6.921.208	916,00	100
PRE-2	Fundo El Fuerte	La Puerta	389.736	6.921.193	916,97	100

(1) Pozo sin bomba, no conectado al sistema de agua fresca.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2 Monitoreo de agua superficial**

Considerando que la fluctuación de los niveles del agua subterránea aguas arriba del Embalse Lautaro depende también del caudal del río que recarga el acuífero, es necesario conocer con detalle la fluviometría de la zona. Por ello, es que se recopila la información disponible de la red hidrométrica de la DGA (Tabla 4-6). Cabe señalar que la publicación oficial de los datos por parte de la DGA tiene un desfase que puede llegar a 6 meses, lo que implica que no se cuente con la información completa para poder elaborar los informes trimestrales. Para paliar dicha situación, se cuenta con las mediciones que

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

realiza MLCC (a través de la ETFA) en los puntos correspondientes a las estaciones fluviométricas de la DGA.

Adicionalmente, el PMR comprometió la construcción de 5 estaciones fluviométricas, de acuerdo con lo que se indica en la Tabla 4-7. De estas estaciones, una se encuentra en operación desde mayo de 2017, correspondiente a la estación fluviométrica N° 2 Ramadillas Sector 2. Cabe señalar que las coordenadas originales de esta estación, aprobadas por la DGA<sup>1</sup>, difieren de las coordenadas definitivas (103 metros), las que ya fueron informadas a la autoridad respectiva. Las demás estaciones se encuentran construidas y habilitadas restando a la fecha la construcción de la estación fluviométrica N° 5 Río Pulido, adicionalmente se cuenta con medición mensual que realiza MLCC en puntos de aforo cercanos a dichas estaciones.

**Tabla 4-6: Estaciones fluviométricas DGA.**

Estación	Código BNA	Años de Registro		Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)
				Este	Norte	
Jorquera en Vertedero	03404001-K	1970-2015	45	405.765	6.897.277	1.250
Pulido en Vertedero	03414001-4	1970-2015	45	407.358	6.892.550	1.310
Manflas en Vertedero	03421001-2	1964-2015	49	402.202	6.885.647	1.550
Copiapó en Lautaro	03430001-1	1970-2015	40	401.663	6.904.815	1.200
Copiapó en Pastillo	03430003-8	1970-2015	45	403.953	6.902.003	1.300
Copiapó en La Puerta	03431001-7	1974-2015	40	388.784	6.923.570	915

Fuente: Elaboración propia, BNA

**Tabla 4-7: Estaciones fluviométricas PMR.**

Estación	Ubicación	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)	Punto de aforo cercano
		Este	Norte		
Estación Fluviométrica N° 1 Río Ramadillas Sector 1	Río Ramadillas (aguas arriba de Estación N°2)	6.879.024 <sup>(2)</sup>	444.846 <sup>(2)</sup>	3.291	LM-23-A
Estación Fluviométrica N° 2 Río Ramadillas Sector 2	Río Ramadillas, antes de la confluencia con el río Vizcachas de Pulido	6.890.520 <sup>(1)</sup>	427.280 <sup>(1)</sup>	2.159	LM-05
Estación Fluviométrica N° 3 Río del Potro	Río Del Potro, antes de la Junta con el Río Pulido	6.881.860 <sup>(2)</sup>	421.026 <sup>(2)</sup>	1.820	LM-15
Estación Fluviométrica N° 4 Río Montosa	Río Montosa, antes de la junta con el Río Pulido	6.881.200 <sup>(2)</sup>	419.022 <sup>(2)</sup>	1.747	LM-16
Estación Fluviométrica N° 5 Río Pulido	Río Pulido	6.882.627	417.614	1.651	LM-17

(1) Coordenadas aquí señaladas son las coordenadas definitivas de la estación fluviométrica, las que fueron informadas a la DGA.

(2) Coordenadas señaladas provienen de información georreferenciada (archivo KMZ). En informe posterior se indicarán coordenadas oficiales.

Fuente: Elaboración propia, PMR

A su vez el caudal del río es dependiente de las precipitaciones en la cuenca que de ser mayoritariamente pluviales provocarán crecidas en invierno, en cambio si las precipitaciones nivales son las predominantes, las mayores crecidas se producirán en la época de deshielo. Por dicha razón, es que es importante contar con la información de precipitaciones, por lo que se recopilan los datos de las estaciones meteorológicas de la DGA localizadas en la zona (Tabla 4-8).

<sup>1</sup> Coordenadas originales son N: 6.890.579 y E: 427.365, cota: 2.162,73 msnm, indicadas en Res. DGA N° 916, con fecha 29 de octubre de 2015, que autoriza la modificación de cauce.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

**Tabla 4-8: Estaciones pluviométricas DGA.**

Estación	Código BNA	Años de Registro		Coordenadas UTM WGS 84 (originales)		Altitud (msnm)
				Este	Norte	
Jorquera en La Guardia	03404002-8	1966-2015	50	425.650	6.920.649	2.000
Iglesia Colorada	03414002-2	1988-2015	28	413.514	6.885.023	1.550
Manflas	03421004-7	1966-2015	47	404.247	6.887.568	1.410
Lautaro Embalse	03430006-2	1966-2015	50	401.322	6.904.748	1.110
Los Loros	03430007-0	1967-2015	47	390.492	6.920.905	940

Fuente: Elaboración propia, BNA

Aguas abajo del Embalse Lautaro, los niveles del agua subterránea serán dependientes de la forma de funcionamiento del embalse y del volumen de las extracciones por bombeo.

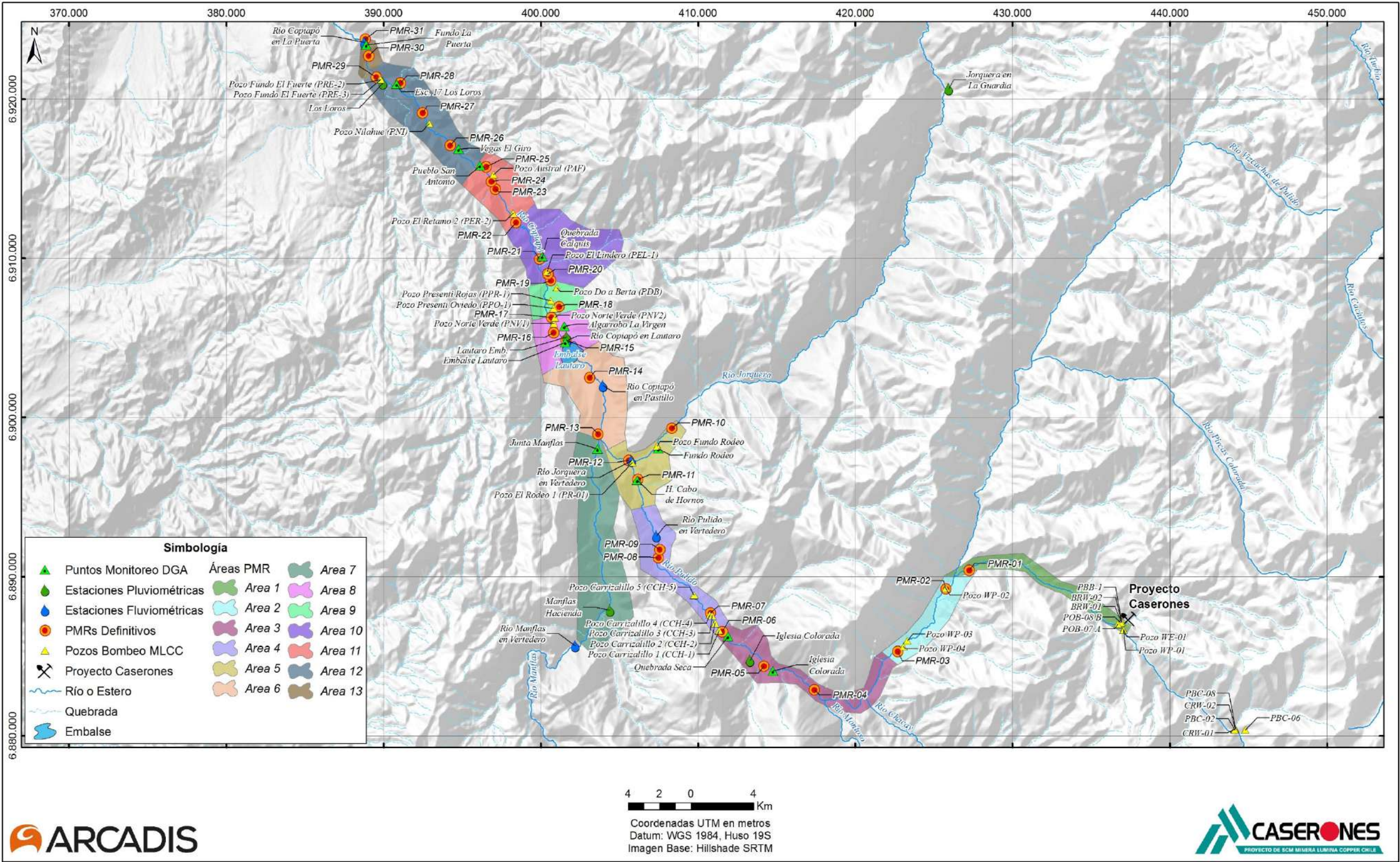
Adicionalmente, se contempla el seguimiento mensual de los niveles del Embalse Lautaro, permitiendo contar con un mayor conocimiento respecto de la disponibilidad de aguas superficiales para la temporada de riego, así como también conocer los fenómenos de recarga del acuífero producto de las infiltraciones desde el Tranque.

El Embalse Lautaro es la principal obra de regulación en el río Copiapó, se ubica a 15 km aguas abajo de las confluencias de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido y a 90 km aguas arriba de la ciudad de Copiapó en las coordenadas aproximadas Norte: 6.904.150 y Este: 401.887 (WGS84 H 19S).

En la siguiente figura (Figura 4-2) se muestra la ubicación de los puntos de monitoreo, tanto superficial como subterráneo y las Áreas de Monitoreo.



Figura 4-2: Ubicación Puntos de Monitoreo



Fuente: Elaboración propia



#### 4.3 Parámetros medidos para caracterizar las variables ambientales

En el presente capítulo se presenta una descripción de las variables utilizadas para caracterizar ambientalmente el acuífero del río Copiapó en la zona del proyecto Caserones. Cabe señalar que las variables de nivel manual y caudal superficial, tal como lo indica la Resolución N°986/2016, a partir del mes de octubre de 2016 deben ser medidas por la ETFA a cargo del monitoreo.

1. Niveles de agua subterránea. El nivel del agua expresada en unidades de metros sobre nivel del mar (msnm) es un parámetro que indica la energía potencial gravitatoria del agua. A partir de este parámetro se establece la relación entre distintos cuerpos de agua y la dirección del flujo de agua tanto a escala local como regional en función de la separación de los puntos de medición en la red de monitoreo del área de estudio. La medición se realiza en metros (m) bajo el nivel de la superficie (profundidad de la napa).

Para el caso del nivel del agua subterránea en los pozos de monitoreo, la medición se realiza a través del uso de sensores electrónicos de nivel, con transmisión continua. Adicionalmente se chequea el nivel mensualmente, de manera rotativa, con un equipo denominado pozómetro que permite medir con precisión la profundidad a la cual se encuentra la napa desde una referencia. La medición se realiza manualmente por un operador. Para obtener el nivel del acuífero (cota en metros sobre el nivel del mar) se requiere adicionalmente conocer la cota del punto de referencia y/o de la superficie del terreno.

Para los pozos de bombeo, la medición se realiza de forma manual, con pozómetro, con frecuencia mensual.

2. Volumen bombeado. La medición y registro del volumen bombeado en m<sup>3</sup> es un parámetro que permite cuantificar el caudal extraído en cada pozo en un periodo de tiempo determinado. Se instaló a la salida de los pozos de bombeo un caudalímetro totalizador que permita medir el volumen total bombeado para cada periodo de manera continua de acuerdo al estándar exigido por la dirección General de Aguas (DGA).
3. Caudal superficial. Se denomina aforo o medición de caudal, a la medición del volumen de agua que pasa por una sección transversal de un río en la unidad de tiempo, con el objetivo de correlacionar el nivel o altura de agua (h) con la velocidad del escurrimiento, lo que determina el caudal.

Dentro de la sección los aforos deben repartirse uniformemente a una razón del 10% del ancho de la sección, donde los resultados llevan a una curva denominada curva de descarga o calibración.

**Tabla 4-9: Características de puntos de monitoreo PMR.**

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
PMR-01	427.246	6.890.393	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo PMR existente
PMR-02	425.771	6.889.222	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-03	422.696	6.885.305	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-13	403.785	6.899.009	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
PMR-14	403.288	6.902.733	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo PMR habilitado trimestre Feb- Abr 2015
PMR-16	400.742	6.905.086	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-17	400.892	6.906.529	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-18	400.777	6.907.258	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-19	400.688	6.908.702	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-20	400.254	6.909.250	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-22	398.464	6.912.199	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-23	397.642	6.914.078	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-24	396.834	6.915.036	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-25	396.140	6.915.828	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-27	392.528	6.919.159	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-28	390.841	6.920.955	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación reubicado	
PMR-30	388.900	6.923.418	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-31	388.931	6.923.734	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-04	417.260	6.882.894	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo PMR habilitado trimestre May- Jul 2015
PMR-05	414.778	6.884.079	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-07	410.352	6.888.173	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-10	408.014	6.898.825	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-26	394.770	6.916.872	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-29	389.569	6.921.495	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	



MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
PMR-15	401.561	6.904.720	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo PMR habilitado trimestre Ago- Oct 2015
PMR-06	411.908	6.886.246	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo habilitado trimestre Nov 2015-Ene 2016
PMR-12	405.383	6.897.192	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo habilitado trimestre Feb- Abr 2016
PMR-08	407.531	6.890.843	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	Pozo habilitados trimestre May- Jul 2017
PMR-09	407.370	6.892.746 824	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-11	406.045	6.896.562	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-21	400.091	6.910.120	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
WP-01	437.058	6.886.639	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	Pozo operativo
			Volumen de extracción			
WP-02	425.775	6.889.254	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
WP-03	423.337	6.885.982	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
WP-04	423.034	6.885.573	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-1	411.319	6.886.658	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-3	410.880	6.887.518	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-4	410.753	6.887.662	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-5	409.753	6.888.835	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
			Volumen de extracción			
PR-01	405.838	6.897.163	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PPO-01	400.806	6.906.855	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PPR1	400.625	6.907.331	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PDB-1	401.027	6.908.172	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PEL-1	400.357	6.909.193	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PBC-08	444.175	6.880.449	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CRW-01	444.121	6.880.420	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CRW-02	444.158	6.880.431	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PBC-02	444.137	6.880.361	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PBC-06	444.806	6.880.355	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
BRW-01	436.900	6.887.156	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
BRW-02	436.941	6.887.122	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PBB-1	436.941	6.887.122	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

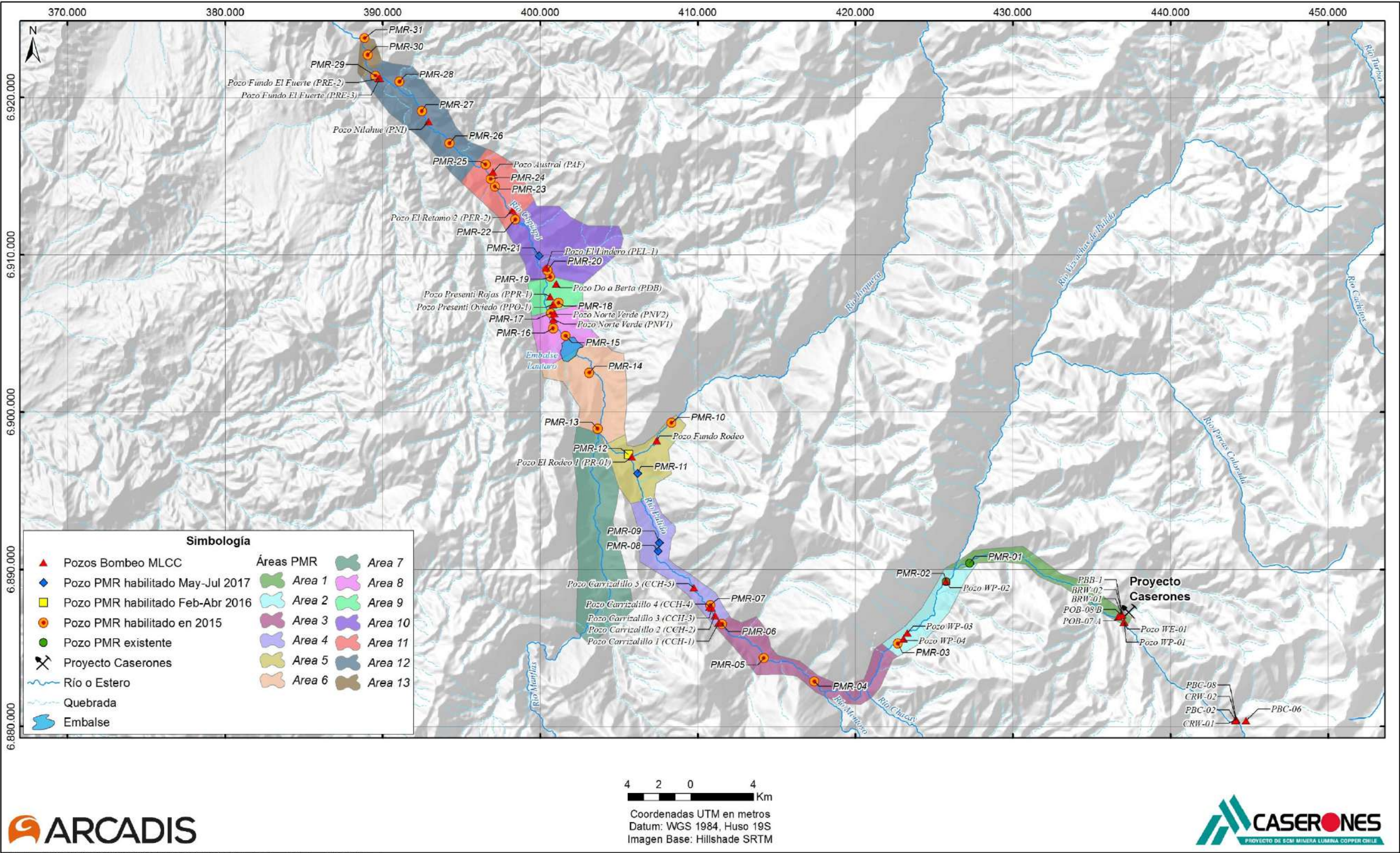
Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
POB-08 B	436.872	6.887.098	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
POB-07A	436.699	6.887.007	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
WE-01	437.053	6.886.653	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	Sin bombeo
			Volumen de extracción			
CCH-2	411.100	6.887.095	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4-3 se muestran los puntos de monitoreo de agua subterránea, correspondiente a los pozos de monitoreo y bombeo, indicando además su estado actual, en cuanto a construcción.



Figura 4-3: Ubicación Puntos de Monitoreo PMR presentados en Tabla 4-9.



Fuente: Elaboración propia



#### 4.4 Metodología de muestreo

En este apartado se describen las metodologías usadas para obtener los datos de nivel.

##### 4.4.1 Nivel Embalse Lautaro

La inspección del nivel del embalse se realiza con frecuencia mensual, en donde se hace una inspección general del vertedero y muro, se realiza la lectura de la regleta en forma visual y se registra la cota de agua tomando como referencia la regleta existente en el embalse.

##### 4.4.2 Medición de niveles de pozos

El control del nivel de pozos debe referirse siempre al mismo origen, por lo que para fines prácticos se le denomina punto de medida y en lo posible en la línea de aire del pozo.

Con una huincha graduada cada un centímetro, el sensor indica la profundidad del espejo de agua. Se identifica el punto de referencia al que se le informa el nivel, ya sea parte superior línea de aire o borde de la tubería de construcción del pozo. Se indica además si el nivel medido se refiere a Nivel Estático o Nivel Dinámico.

Todos los pozos de monitoreo cuentan con sensores electrónicos de nivel y transmisión continua hacia portal WEB, el cual permite obtener la información digitalizada. Para resguardo de los registros ante eventuales problemas de transmisión se consideró la instalación de levellogger, los cuales son descargados con frecuencia mensual.

##### 4.4.3 Medición de caudales

La metodología usada para medir los caudales se basa en las Normas Hidrométricas de la DGA. Los aforos deben repartirse uniformemente a lo largo del período anual que comprende entre el gasto mínimo de estiaje y el correspondiente a las crecidas máximas.

El instrumento usado para medir el caudal es el molinete, el cual mide la velocidad en un único punto, por lo que para calcular el caudal total se deben realizar varias mediciones. Según sea el grado de precisión que se quiera obtener en el aforo, se tomarán mayor o menor número de puntos de medida en la sección.

Cabe mencionar dos posibilidades de suspensión del molinete:

- a) Molinete montado sobre barra (ríos pequeños, esteros, vertientes o quebradas)
- b) Molinete suspendido de cable (uso general de todos los ríos con puente)

#### 4.5 Materiales y equipos utilizados

Los pozos de monitoreo cuentan con el siguiente equipamiento:

- OTT Ecolog 500
- Antena Plana
- Tarjeta SIM
- Brazo de instalación universal Ecolog500

Pozómetro Solinst Modelo 101 (usado por SGS para medición manual).  
Molinete Gurley y sus respectivos accesorios.

#### 4.6 Incertidumbres asociadas a los métodos utilizados

En la obtención de cualquier parámetro ambiental hay asociado un grado de incertidumbre ya sea por el factor humano de quién realice el muestreo, precisión de los equipos, representatividad de las muestras y calibración de equipos entre otros. El establecimiento de procedimientos pautados en la obtención de parámetros ambientales y su cumplimiento se realiza con el objetivo de minimizar y controlar las incertidumbres existentes.

En la obtención de niveles de agua con cota relativa al mar las incertidumbres se concentran en la precisión de los equipos de medición como son el pozómetro (1 mm) y la precisión con la que se haya medido la cota del punto de referencia. Para el caso de la medición continua de niveles con transductor, éstos tienen una precisión de  $\pm 0,05\%$  FS, lo que para los rangos de medición equivale a un error de  $\pm 5$  mm.

Finalmente, la medición de volumen bombeado con caudalímetro la incertidumbre de la medición se asocia a la precisión de éste, la que asciende a un  $\pm 0,2\%$ , lo que equivale a 0,1 l/s para los rangos que se miden en los pozos de bombeo, ya que la medición es continua.

## 5 RESULTADOS

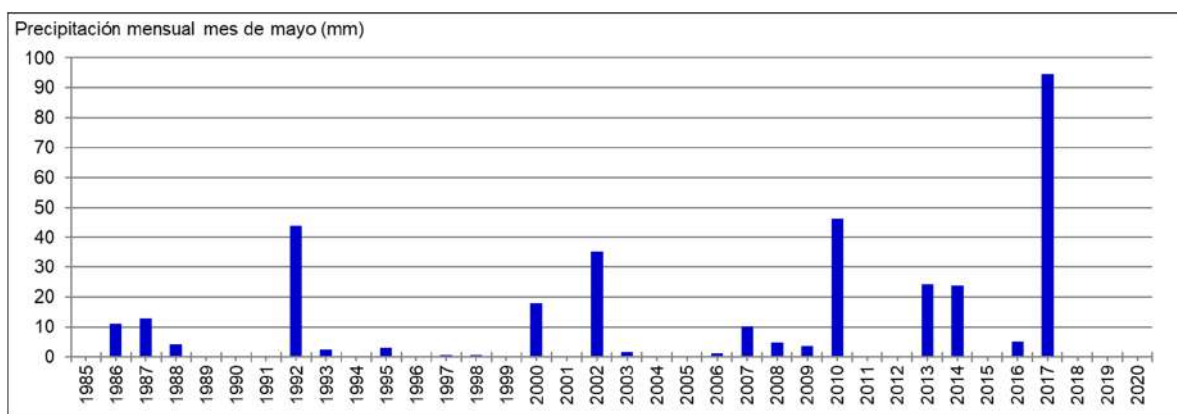
En este capítulo se presentan los datos de precipitación y caudal mensual registrado en las estaciones de la DGA, el nivel piezométrico medido por la DGA en su red de monitoreo, las mediciones de nivel en los pozos del PMR, los caudales de extracción de los pozos de bombeo y niveles del Embalse Lautaro. Por último, se presentan los descensos registrados en los pozos de monitoreo en relación con los descensos proyectados por el modelo.

### 5.1 Datos pluviométricos

En esta sección se presentan los datos de precipitación medido en las estaciones meteorológicas de la DGA, detalladas en la Tabla 4-8, para el periodo mayo a julio del 2018. Sin embargo, aún no se cuenta con registro de los datos de precipitación en dichas estaciones.

Para analizar el comportamiento histórico de las precipitaciones en los meses de mayo, junio y julio, se presentan los siguientes gráficos (Figura 5-1 a Figura 5-3), que muestran el monto de precipitaciones medio considerando las estaciones en análisis, entre los años 1985 a 2017 (periodo de 33 años considerado adecuado para análisis hidrológicos). Cabe señalar que la estación Iglesia Colorada entró en funcionamiento el año 1988 (el análisis de los resultados se presenta en el capítulo 6.1).

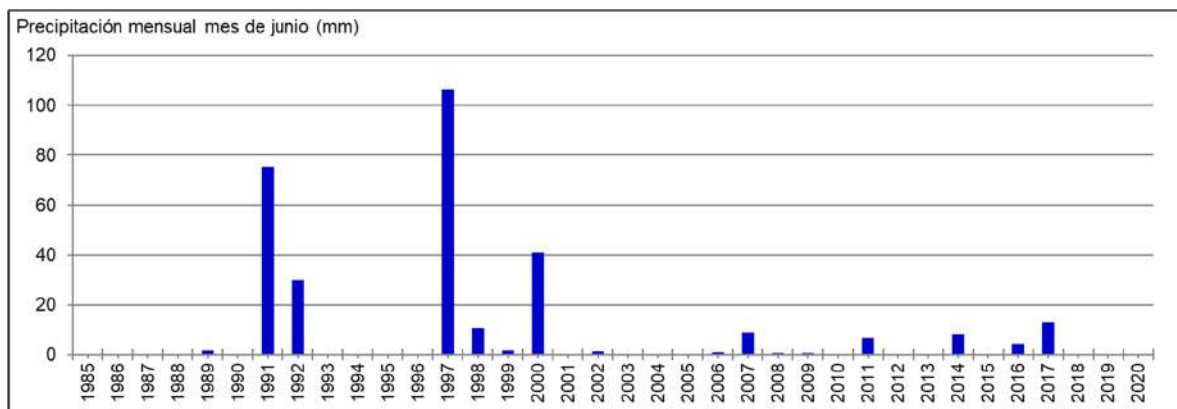
**Figura 5-1: Precipitación media mes de mayo periodo 1985-2017 en estaciones analizadas.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

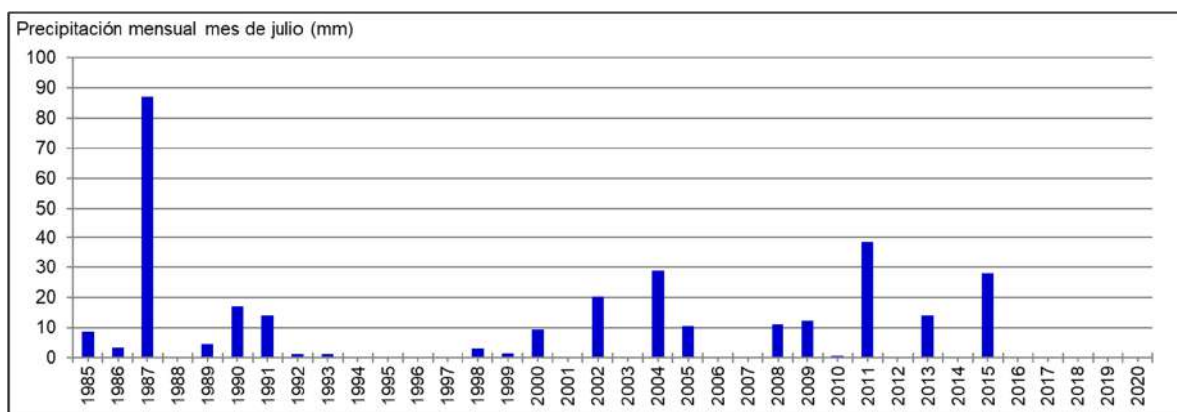
## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

**Figura 5-2: Precipitación mes de junio periodo 1985-2017 en estaciones analizadas.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

**Figura 5-3: Precipitación mes de julio periodo 1985-2017 en estaciones analizadas.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Finalmente, en la Tabla 5-1 se presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones para el periodo 1985-2017.

**Tabla 5-1: Precipitación media mensual (mm).**

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Jorquera en La Guardia	0	1	5	3	13	9	9	7	3	1	0	1	51
Lautaro Embalse	0	1	3	2	9	9	9	8	1	0	0	0	42
Los Loros	0	0	3	1	5	9	9	7	1	0	0	0	34
Manflas	0	0	4	2	12	10	10	10	1	0	0	0	50
Iglesia Colorada	0	0	3	4	15	13	9	8	2	1	0	1	57
Promedio	0	0	4	2	11	10	9	8	2	1	0	1	47

Fuente: Elaboración propia en base a BNA

### 5.2 Datos fluviométricos

Para caracterizar la fluviometría, se revisa la información de caudal medio mensual medido en las 6 estaciones fluviométricas de la DGA. Para el periodo de análisis, mayo a julio del 2018, no se cuenta con registros en dichas estaciones de acuerdo con lo revisado en la página web de la DGA, pero sí se



## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

cuenta con algunas mediciones realizada por MLCC (mediciones realizadas por la ETFA correspondiente) en los puntos de ubicación de dichas estaciones. Cabe mencionar que a medida que la DGA actualiza su información durante el transcurso del año, estos datos son incorporados, y forman parte del análisis de los respectivos informes trimestrales. Hasta la fecha de elaboración de este reporte, se cuenta con datos publicados por la DGA hasta septiembre de 2017.

### 5.2.1 Datos fluviométricos estaciones DGA

En la Tabla 5-2 se presentan los caudales registrados para el trimestre analizado en cada una de las estaciones fluviométricas de la DGA. Dado que, la única estación con datos para el año 2018 (hasta marzo) es Río Copiapó en Pastillo, se utilizaron las mediciones puntuales realizadas por MLCC para complementar la información existente.

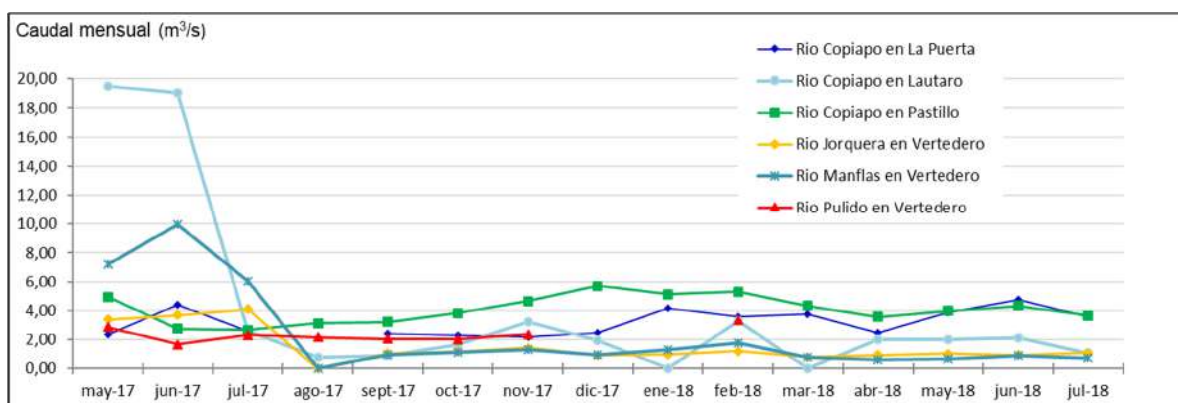
En la Figura 5-4 se muestra el comportamiento fluviométrico para el periodo comprendido entre mayo 2017 a julio de 2018, considerando toda la información fluviométrica disponible, ya que estos valores corresponden a caudales medidos por MLCC, es una medición puntual).

**Tabla 5-2: Caudal medido periodo mayo a julio 2018 (m<sup>3</sup>/s).**

Estación	Mayo	Junio	Julio
Río Jorquera en Vertedero	1,01	0,93	1,06
Río Pulido en Vertedero	-	-	-
Río Manflas en Vertedero	0,65	0,88	0,71
Río Copiapó en Lautaro	2,01	2,11	1,04
Río Copiapó en Pastillo	3,97	4,33	3,66
Río Copiapó en La Puerta	3,90	4,76	3,60

Fuente: Elaboración propia

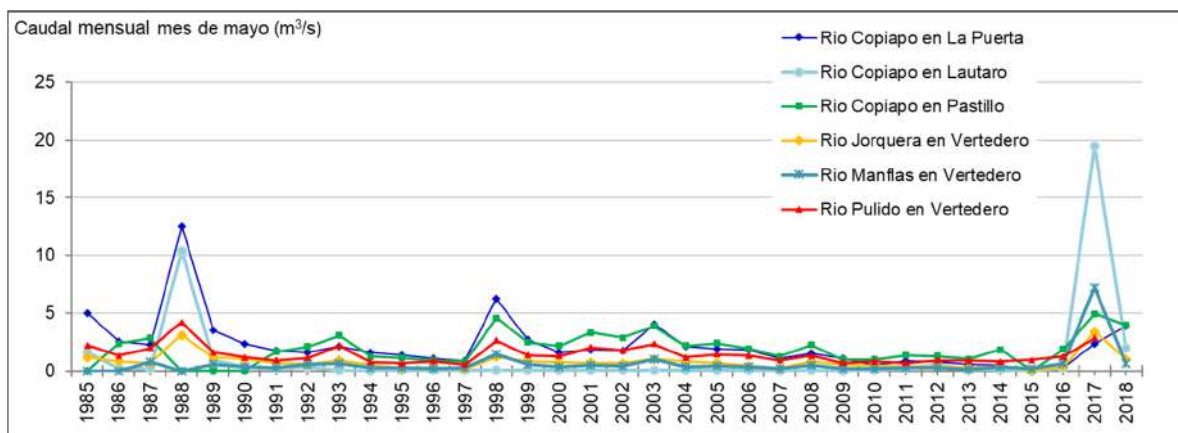
**Figura 5-4: Caudal medio mensual periodo mayo 2017-julio 2018.**



En las Figura 5-5 a Figura 5-7 se muestra el caudal medio mensual de las estaciones para los meses en análisis, considerando el periodo de 33 años (1985-2018) y la información disponible de MLCC. Como ya se señaló, entre los meses mayo a julio el caudal corresponde a medición puntual y no medio.

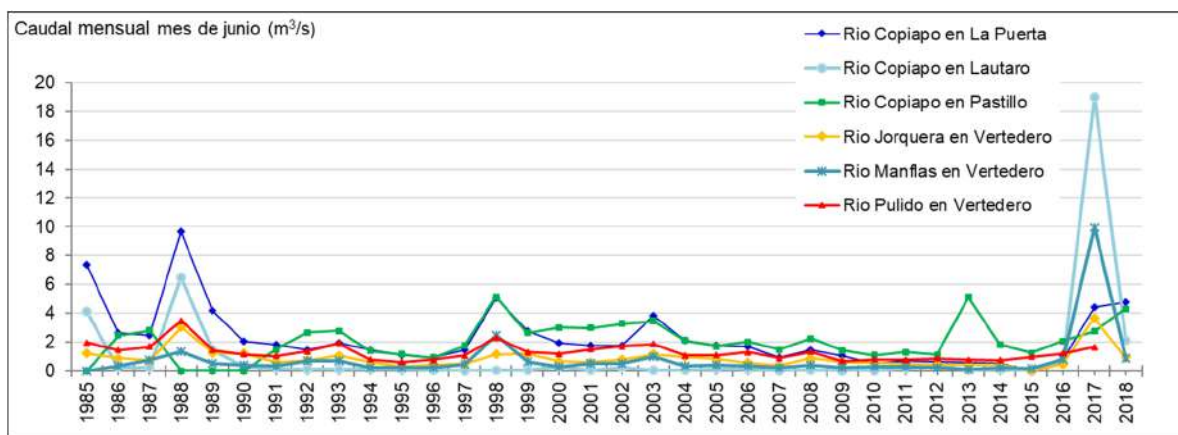
## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

**Figura 5-5: Caudal medio mensual periodo mes de mayo años 1985-2018.**



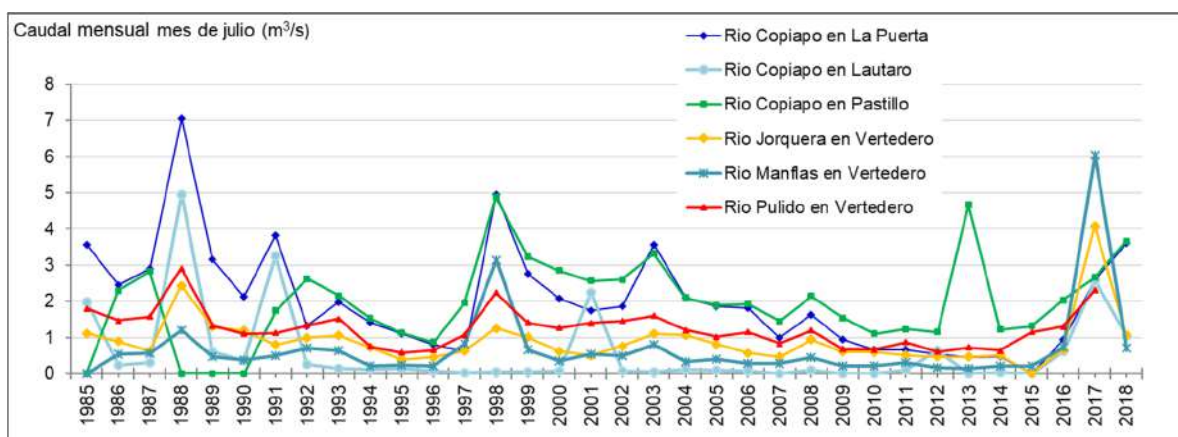
Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

**Figura 5-6: Caudal medio mensual periodo mes de junio años 1985-2018.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

**Figura 5-7: Caudal medio mensual periodo mes de julio años 1985-2018.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Finalmente, en la Tabla 5-3 se muestra el caudal medio mensual y anual para cada estación, considerando un periodo de 33 años de información (1985-2018).

**Tabla 5-3: Caudal medio mensual (m<sup>3</sup>/s).**

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Copiapó en La Puerta	3,26	3,11	2,61	2,34	2,31	2,36	2,07	2,00	1,98	1,99	2,06	2,59	2,39
Río Copiapó en Lautaro	1,66	1,44	1,18	0,81	1,16	1,13	0,62	0,54	0,81	1,20	1,38	1,29	1,09
Río Copiapó en Pastillo	3,15	2,68	2,19	2,02	2,21	2,33	2,22	2,04	1,82	1,62	1,71	2,47	2,14
Río Jorquera en Vertedero	0,78	0,73	0,66	0,72	0,83	0,91	0,93	0,86	0,82	0,75	0,76	0,83	0,80
Río Manflas en Vertedero	0,84	0,71	0,54	0,48	0,68	0,82	0,70	0,51	0,51	0,58	0,67	0,57	0,62
Río Pulido en Vertedero	2,84	2,27	1,75	1,52	1,44	1,30	1,24	1,17	1,03	0,95	1,18	1,92	1,55
Promedio	2,09	1,82	1,49	1,31	1,44	1,47	1,30	1,19	1,16	1,18	1,29	1,61	1,43

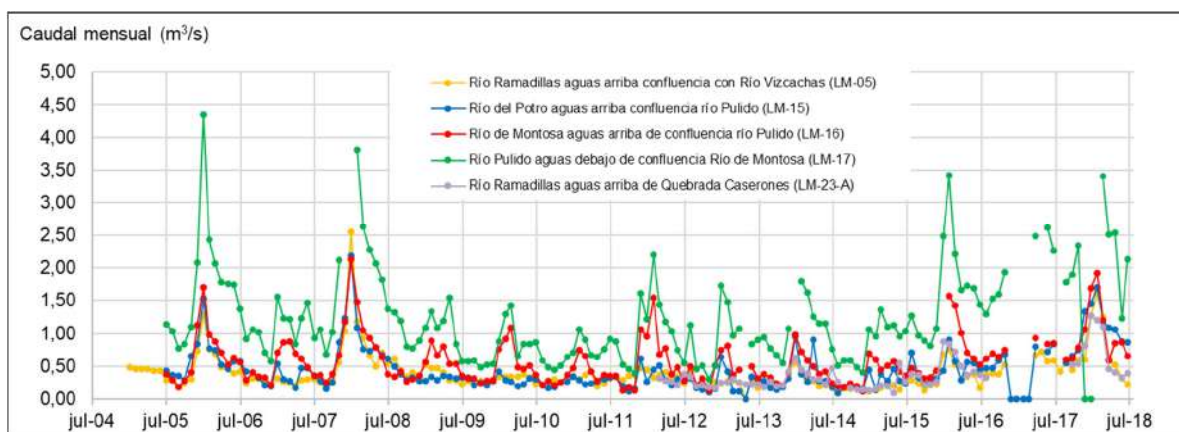
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

### 5.2.2 Datos fluviométricos medidos por MLCC

En este apartado se presentan las mediciones históricas de caudales que ha realizado MLCC<sup>2</sup>, en los puntos de aforo cercanos a las estaciones propuestas en el PMR.

En la Figura 5-8 se presenta el comportamiento fluviométrico de los puntos de aforo cercanos a las estaciones fluviométricas comprometidas.

**Figura 5-8: Caudal medido histórico en puntos de aforo.**



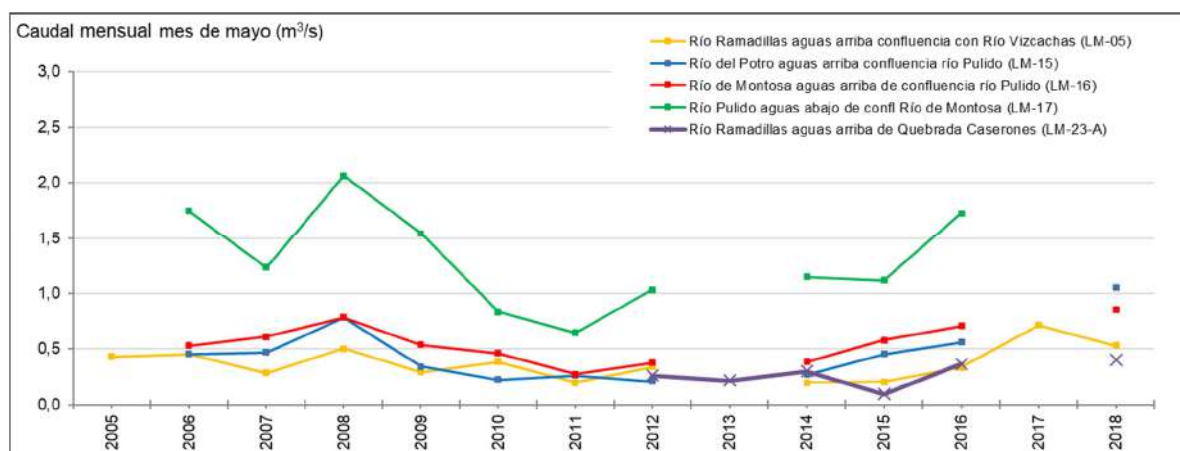
Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras (Figura 5-9 a Figura 5-11) se muestra el caudal medio mensual de las estaciones para los meses en análisis, para el periodo con registro (2004-2018).

<sup>2</sup> Las mediciones las ha realizado la ETF A SITAC. A contar de febrero 2017 las mediciones las realiza la ETF A SGS

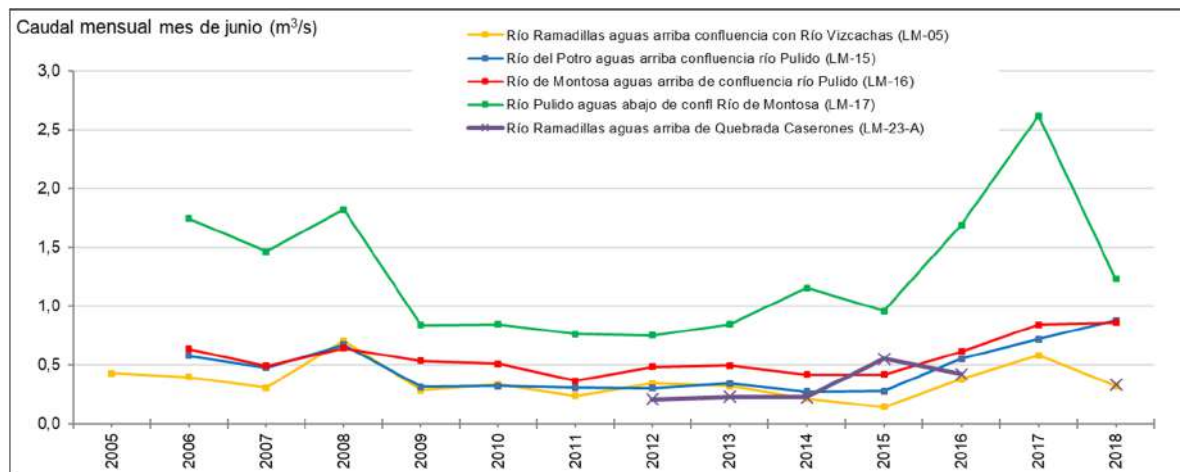
# MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

**Figura 5-9: Caudal histórico mes de mayo.**



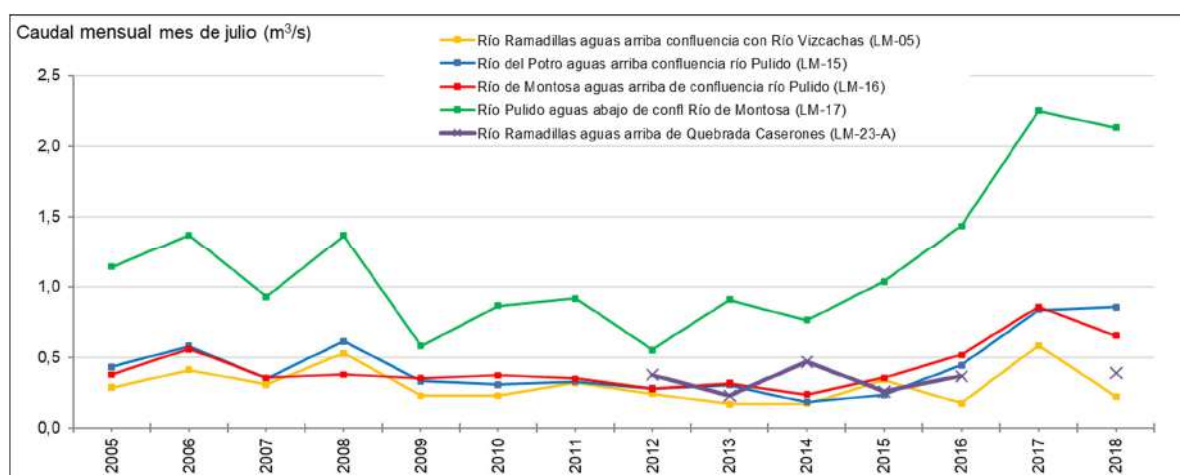
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-10: Caudal histórico mes de junio.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-11: Caudal histórico mes de julio.**



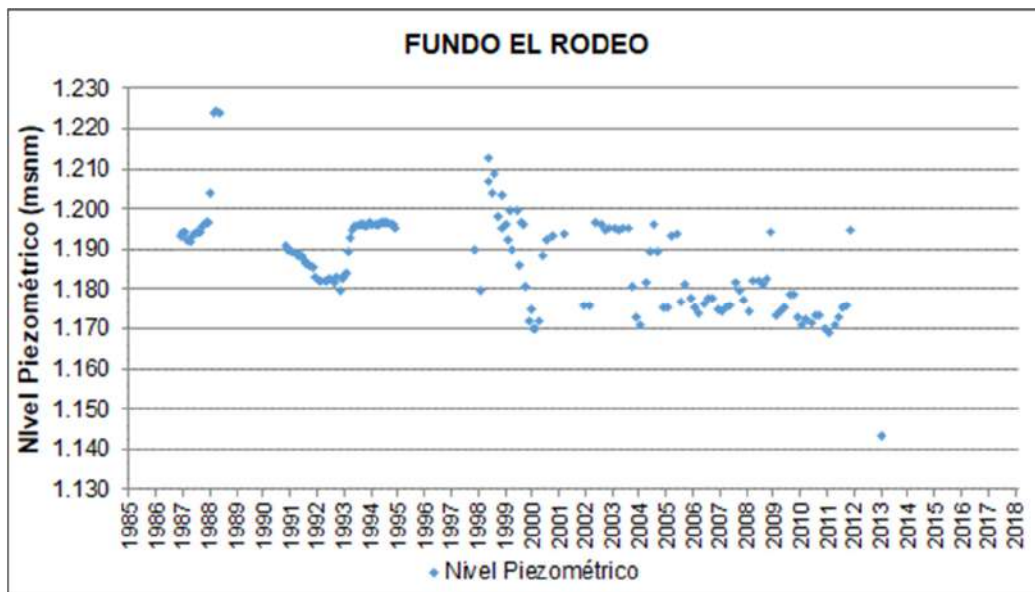
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Niveles Piezométricos Pozos DGA

Para conocer el comportamiento del acuífero de la Cuenca del Río Copiapó, se descargó la información histórica de la profundidad del agua de 8 pozos de la red de monitoreo de la DGA. Las mediciones se han realizado generalmente cada dos meses, la mayoría de las estaciones presentan datos hasta enero del 2017, y la estación Fundo el Rodeo presenta información hasta agosto del 2017. Para efectos de mostrar el nivel piezométrico se consideran las cotas obtenidas del modelo digital de terreno.

En las Figura 5-12 a Figura 5-19 se muestran los niveles piezométricos medidos y reportados por la DGA.

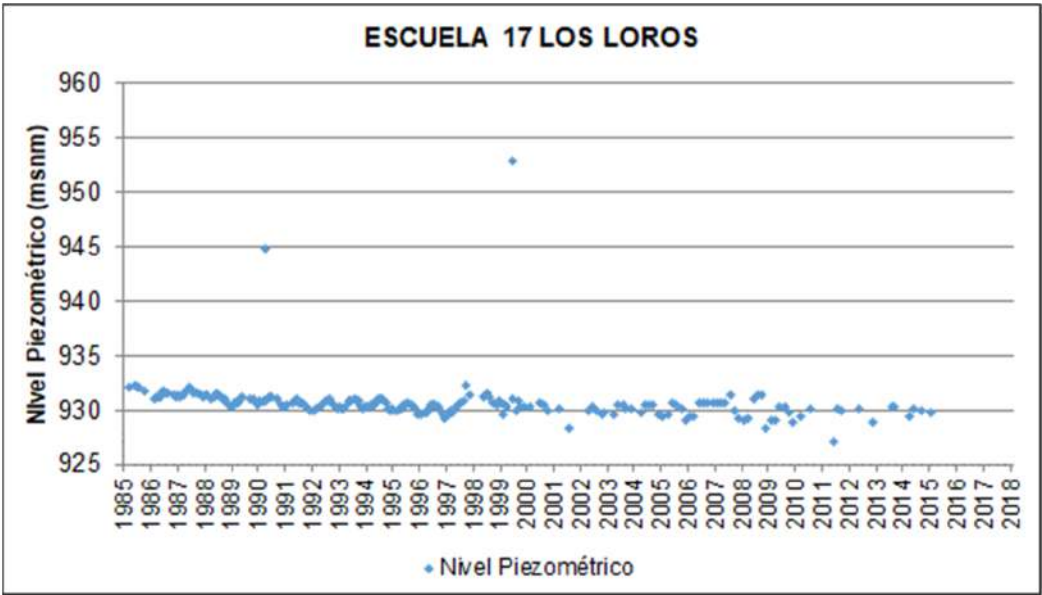
**Figura 5-12: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo El Rodeo.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

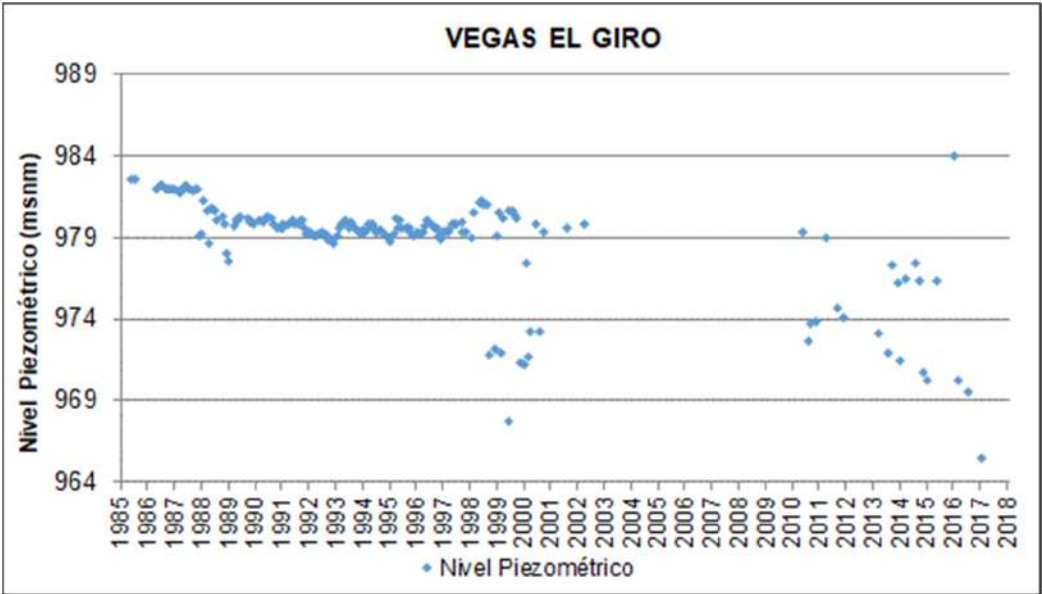


Figura 5-13: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Escuela 17 Los Loros.



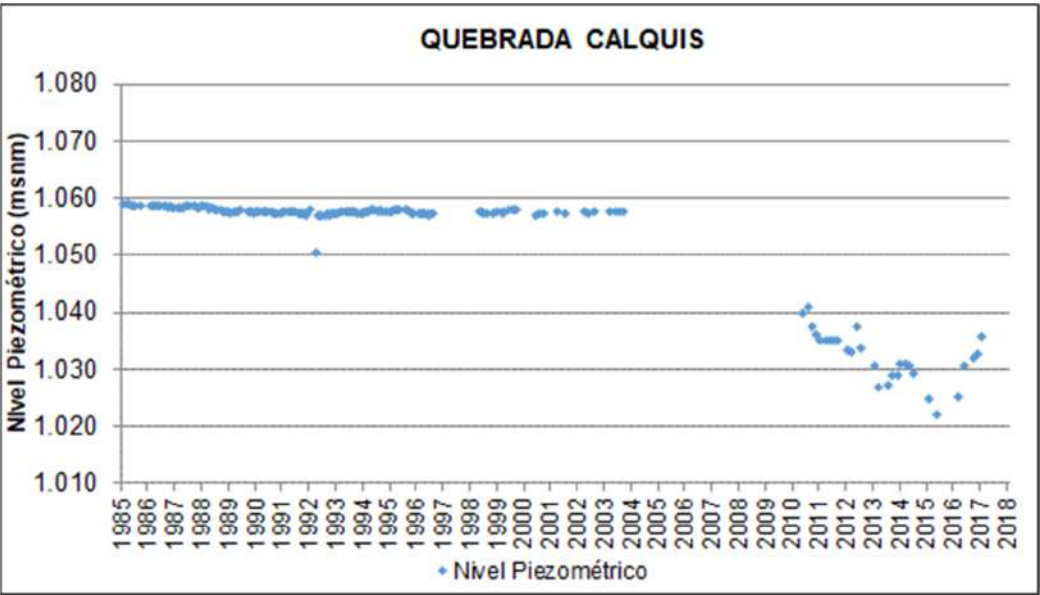
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-14: Profundidad del agua subterránea en el pozo DGA Vegas El Giro.



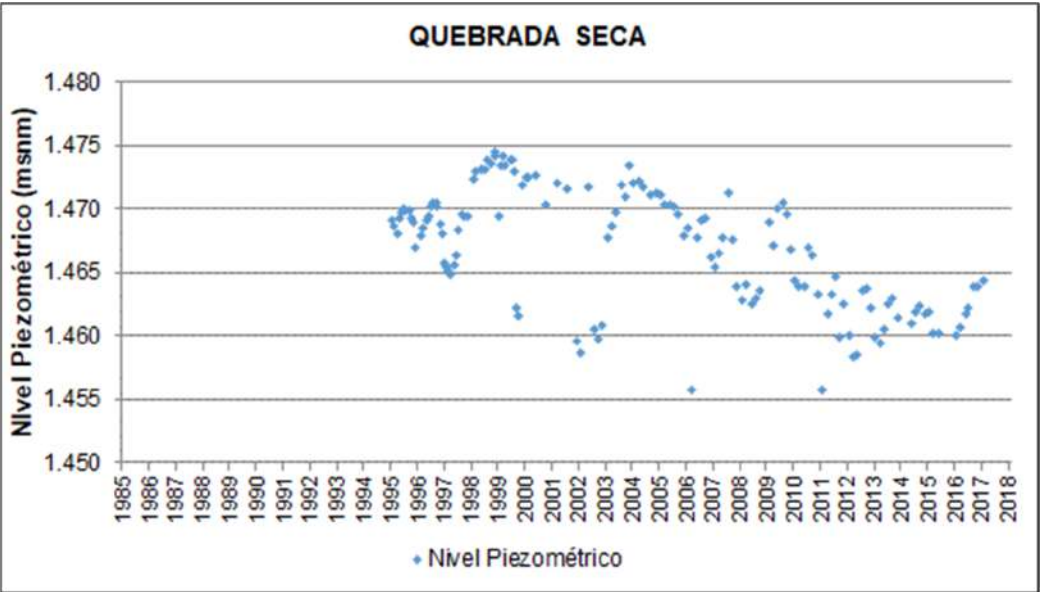
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-15: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Calquis.



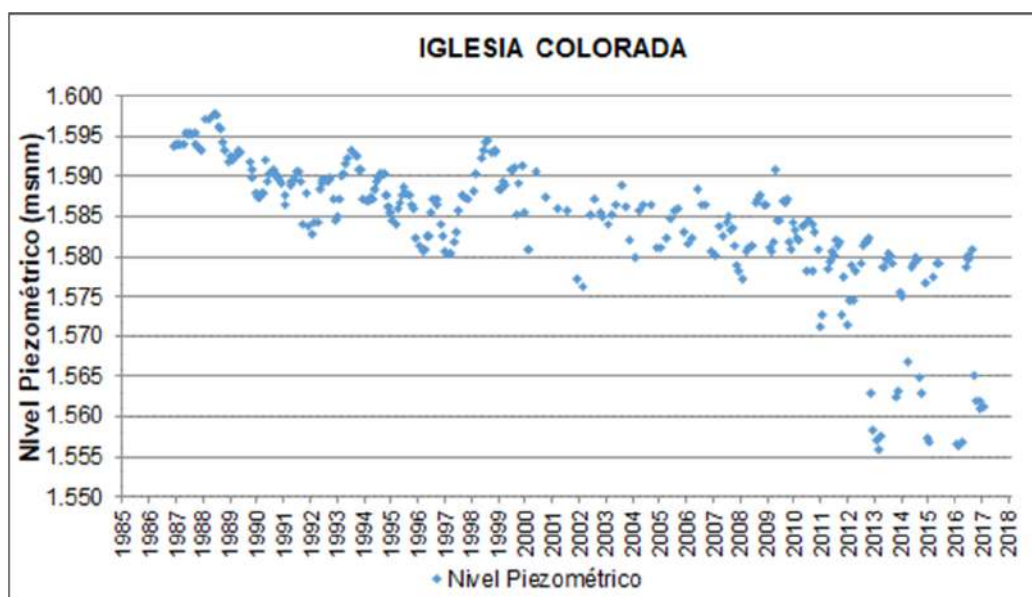
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-16: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Seca.



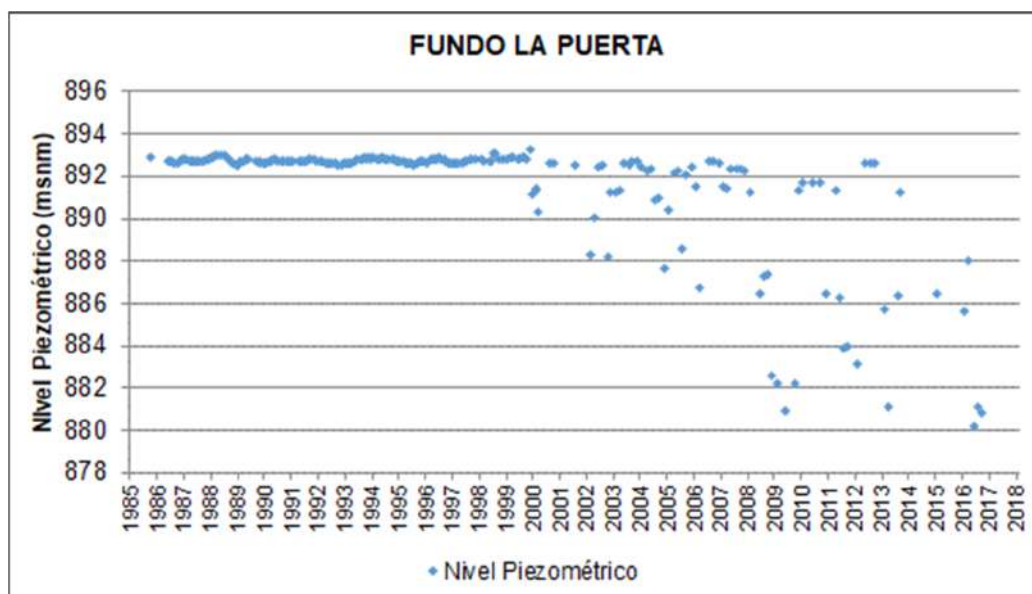
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

**Figura 5-17: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Iglesia Colorada.**



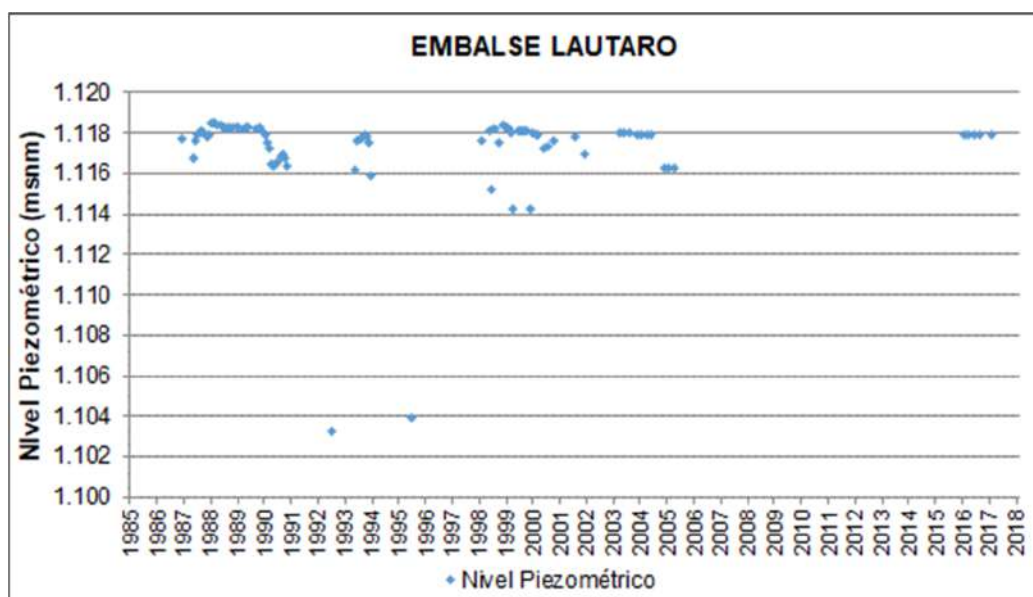
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

**Figura 5-18: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo La Puerta.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

**Figura 5-19: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Embalse Lautaro**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

#### 5.4 Niveles Piezométricos Pozos de Monitoreo MLCC

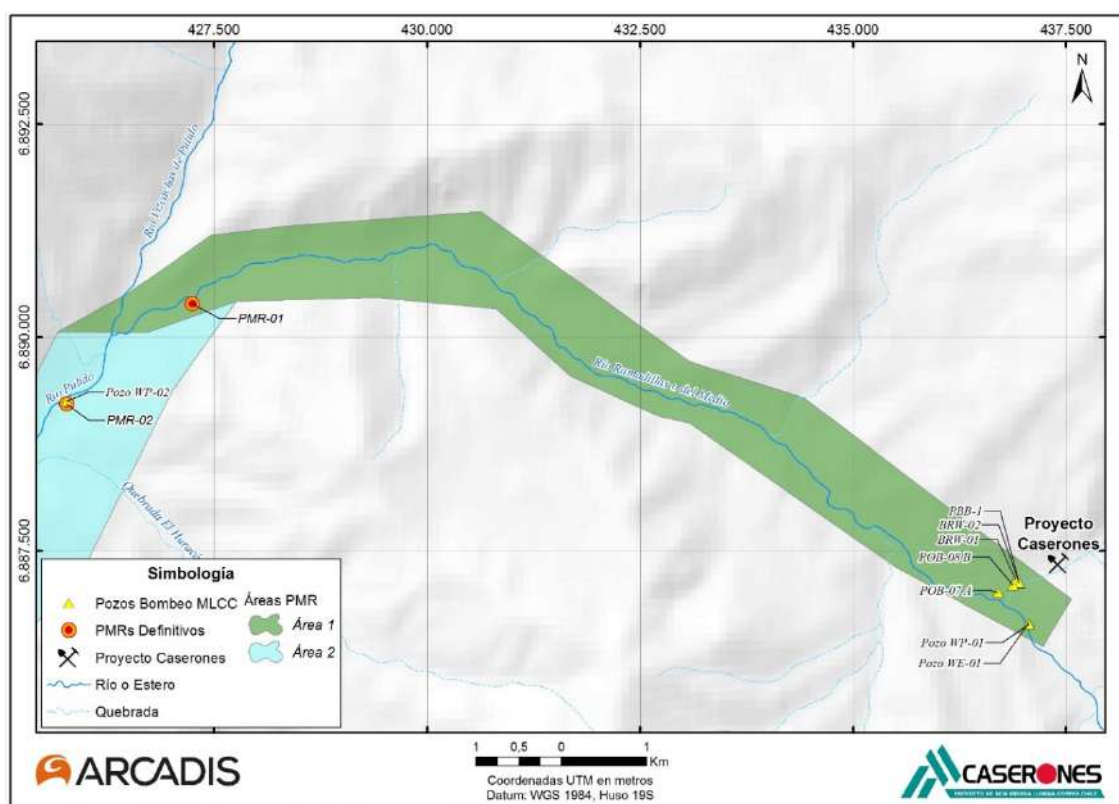
En esta sección se presentan los gráficos que muestran los niveles continuos medidos por el sensor y niveles manuales medidos en los pozos de monitoreo. Junto a lo anterior, se presentan figuras para cada área de monitoreo lo que permite contextualizar el comportamiento del nivel en cada pozo. El análisis del comportamiento de los niveles se presenta en el capítulo 6.

Las cotas de los pozos PMR-02, PMR-03, PMR-06, PMR-07, PMR-26, y de los pozos nuevos PMR-08, PMR-09, PMR-11, PMR-21 y PMR-28, provienen del modelo digital de terreno de alta resolución, para ser consistentes con el modelo hidrogeológico. Respecto a los otros pozos, se considera la cota del levantamiento topográfico debido a que no existen diferencias importantes.

Al comienzo de la medición de los sensores se detectaron saltos relacionados al cambio de profundidad en la instalación de la sonda y/o cambio de referencia de la medición, por lo que se corrigieron los valores usando como referencia la medición manual y luego se revisó la configuración del sensor. Posterior a ello, a contar de abril de 2017 los sensores no consideran el offset, por lo que a partir de esa fecha se vuelve a corregir el nivel medido por el sensor con relación al nivel medido manual.

Cabe mencionar que los pozos PMR-05 y PMR-07 no tienen medición manual porque se encuentran cubiertos de sedimentos y el pozo PMR-12 tampoco ha podido ser medido por estar cubierto de escombros o por dificultad de acceso debido a la abundante vegetación presente. Además, en el mes de mayo los pozos PMR-15 y PMR-20 no tienen medición, ya que el primero se encontraba surgente y el camino de acceso para el segundo estaba inundado. En el mes de mayo y junio, el PMR-28 no registra valores manuales debido al posible atrapamiento del instrumento. Por último, el pozo PMR-29 en los meses junio y julio, no presenta datos manuales, dado que el acceso se encuentra cerrado con candado.

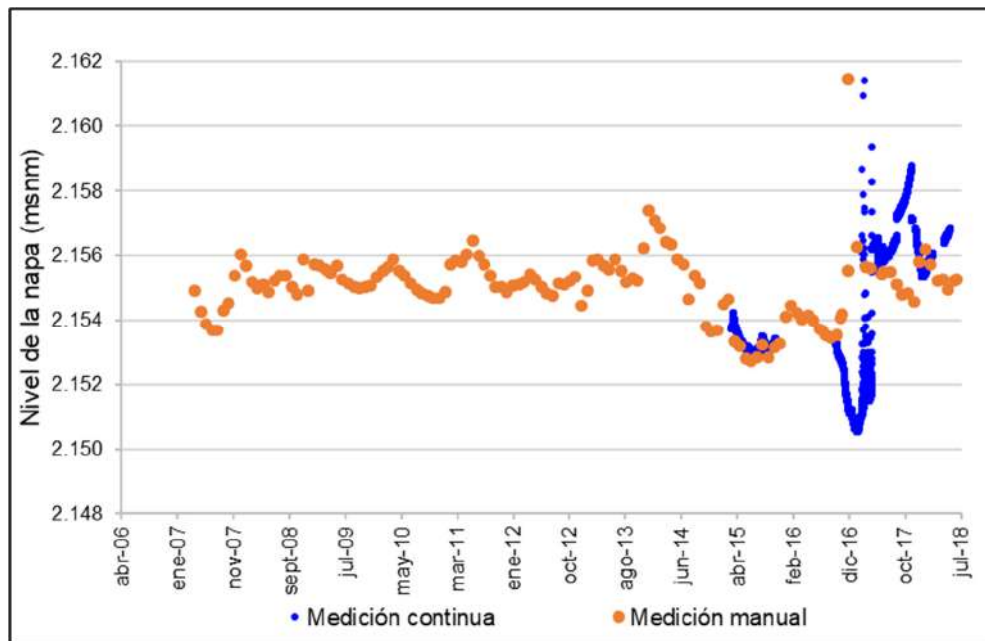
Figura 5-20: Área 1



Fuente: Elaboración propia

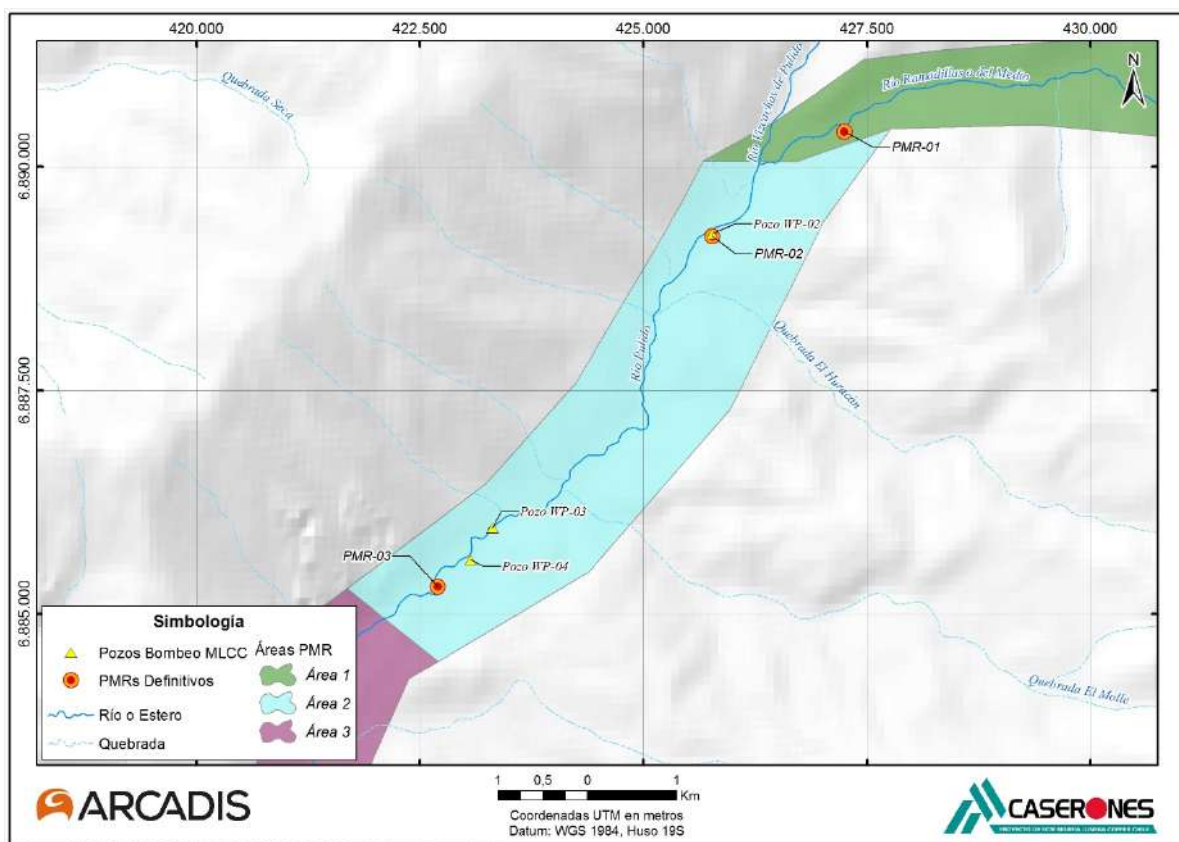


Figura 5-21: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-01.



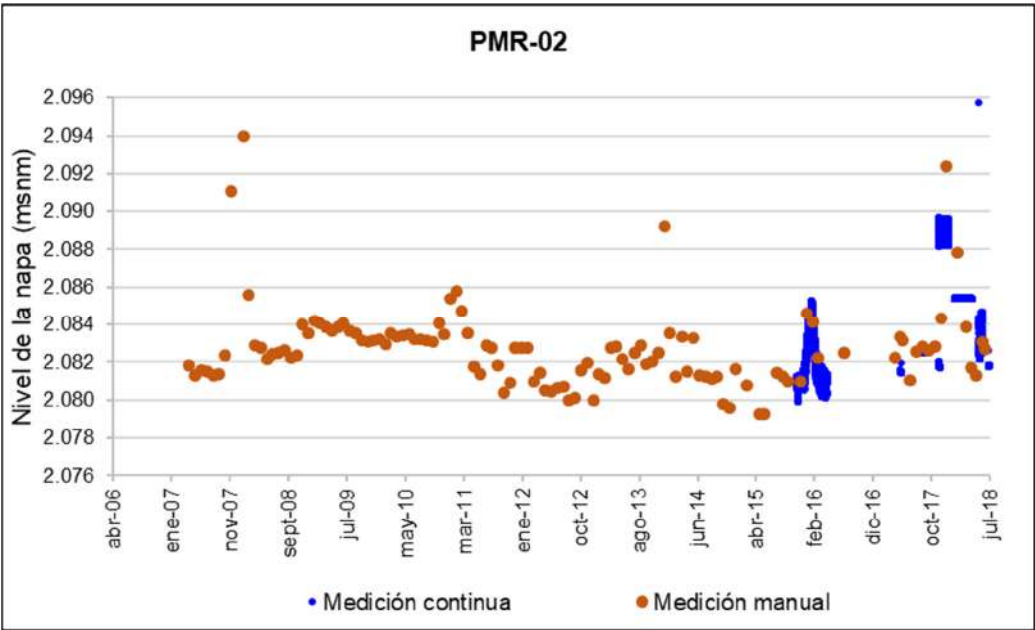
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-22: Área 2



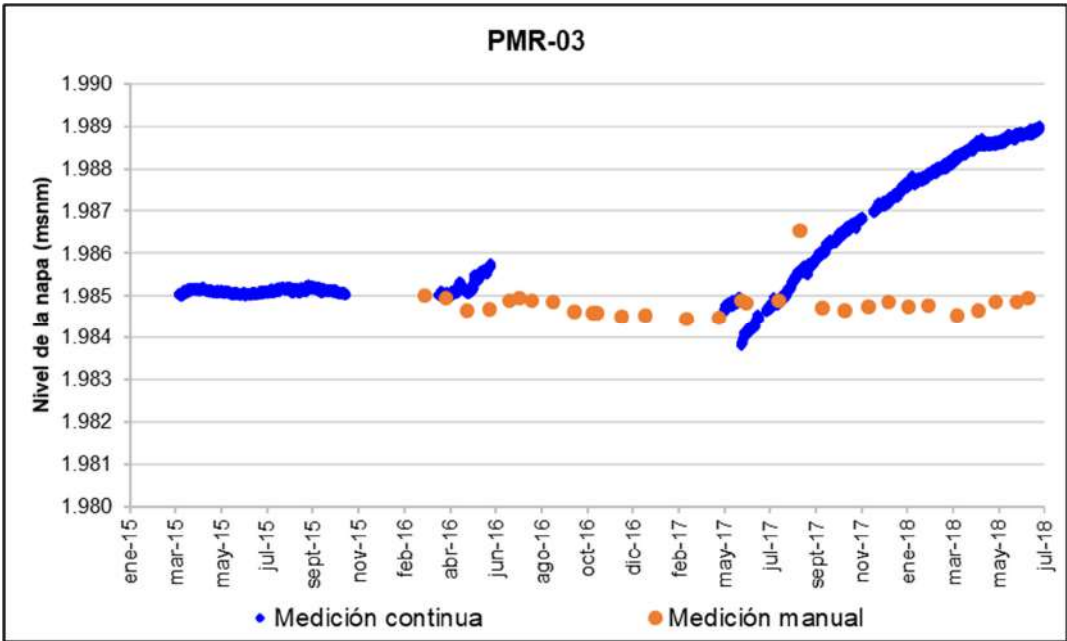
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-23: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-02



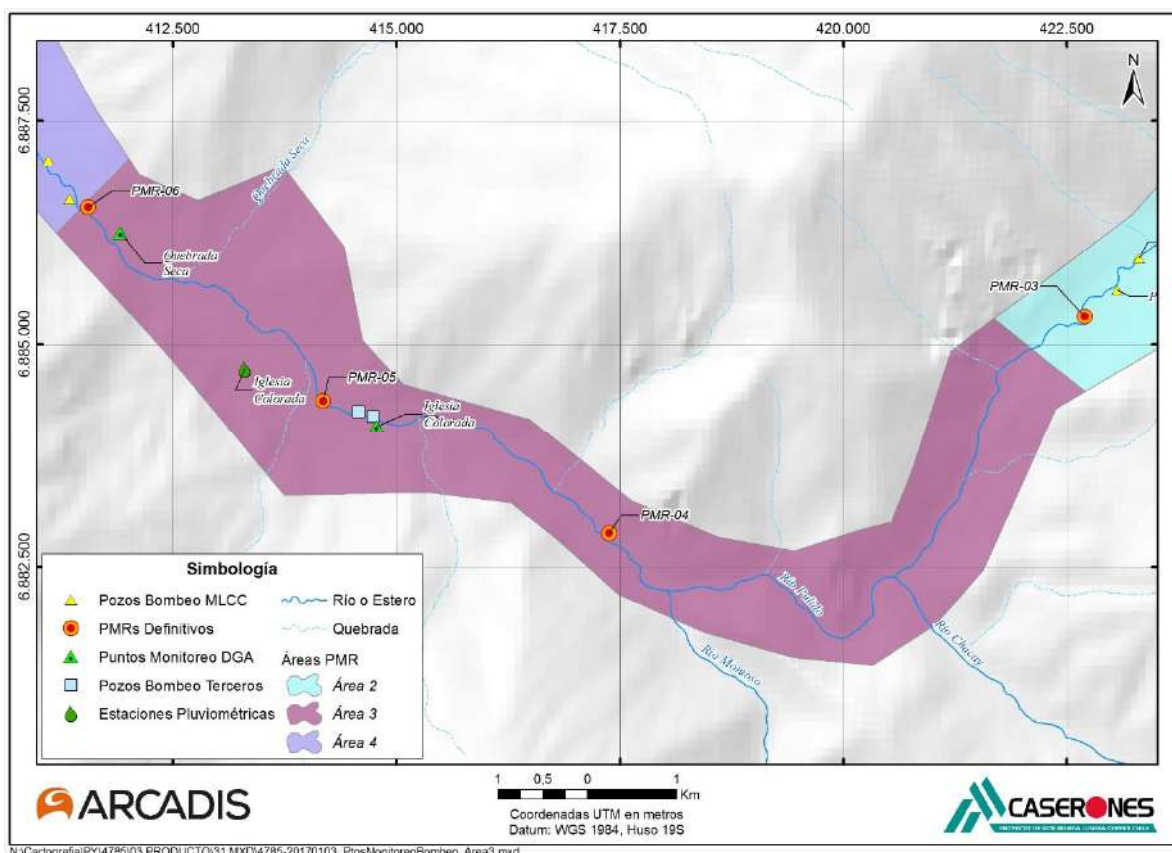
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-24: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-03.



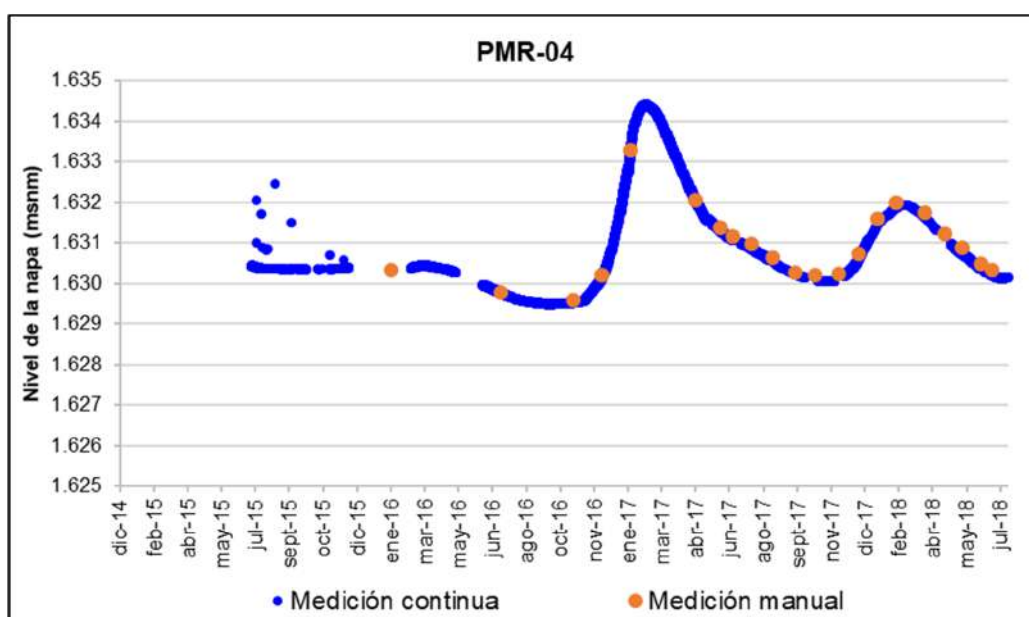
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-25: Área 3



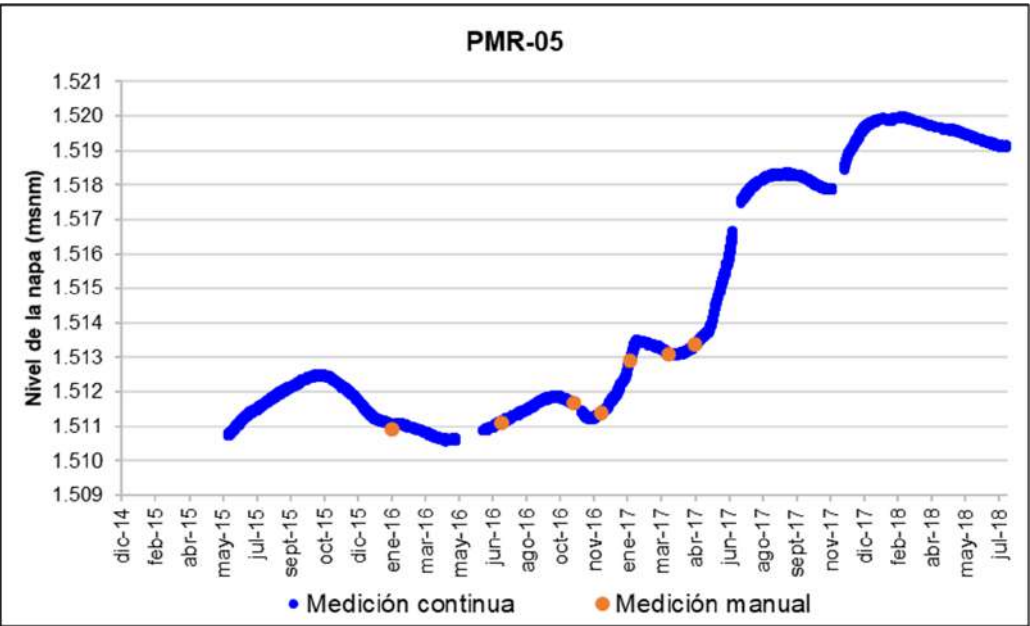
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-26: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-04.



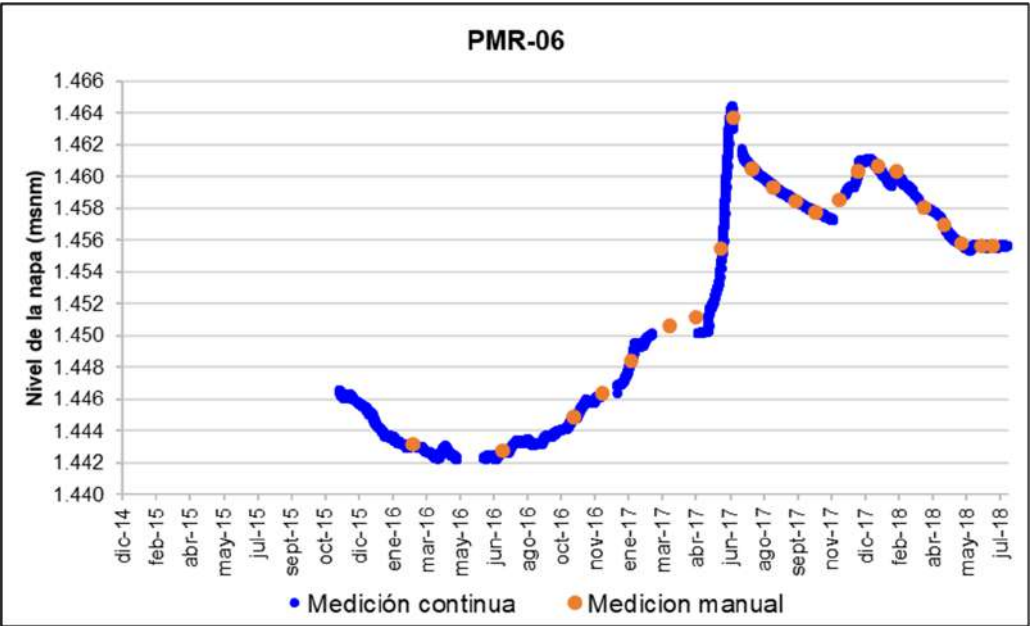
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-27: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-05.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-28: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-06.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-29: Área 4

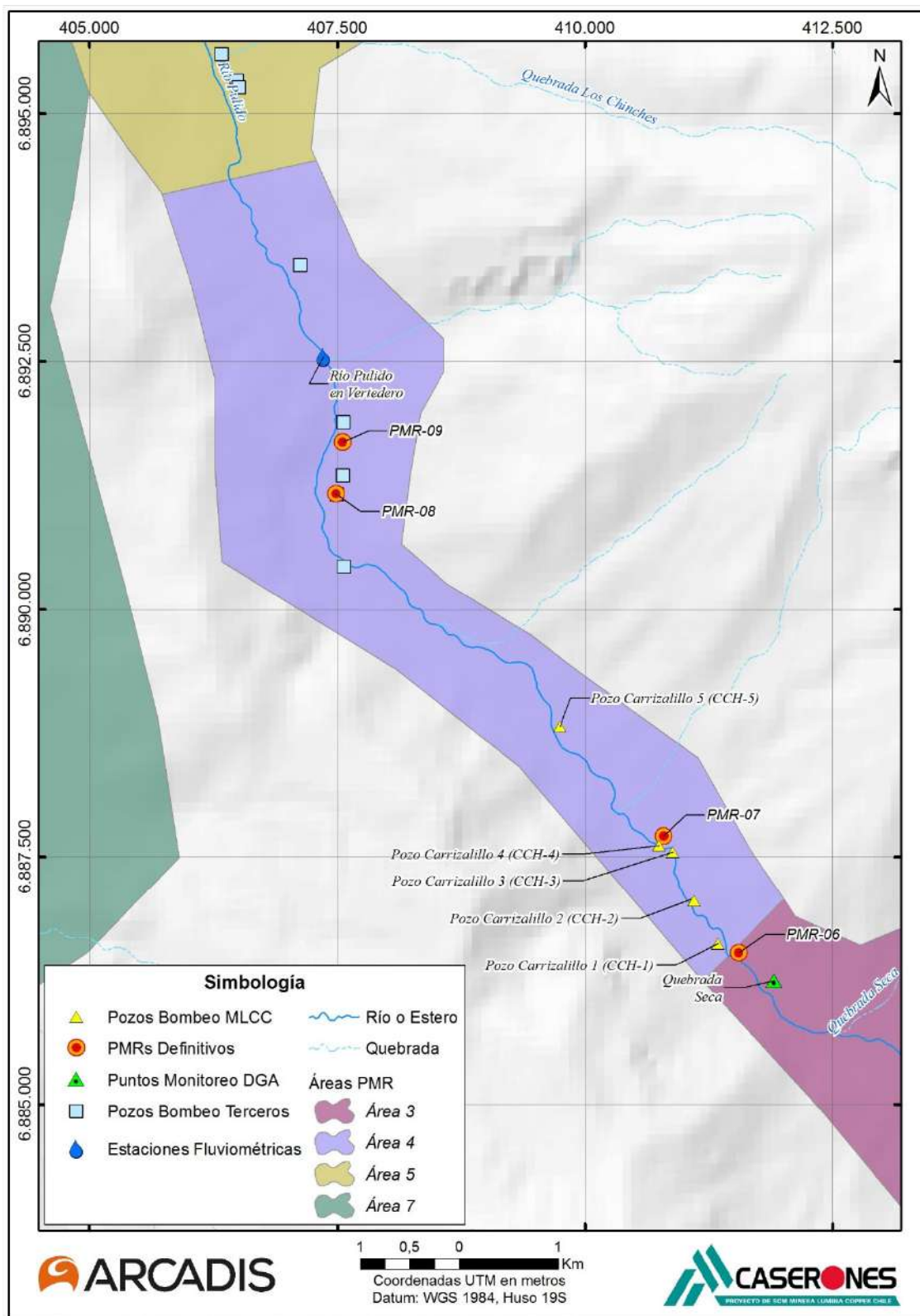
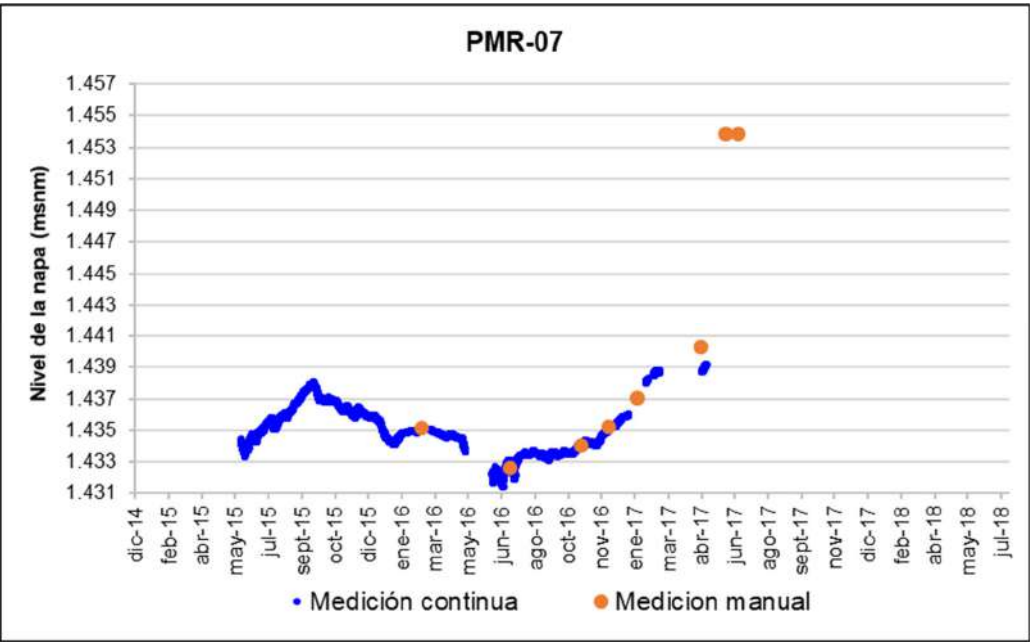


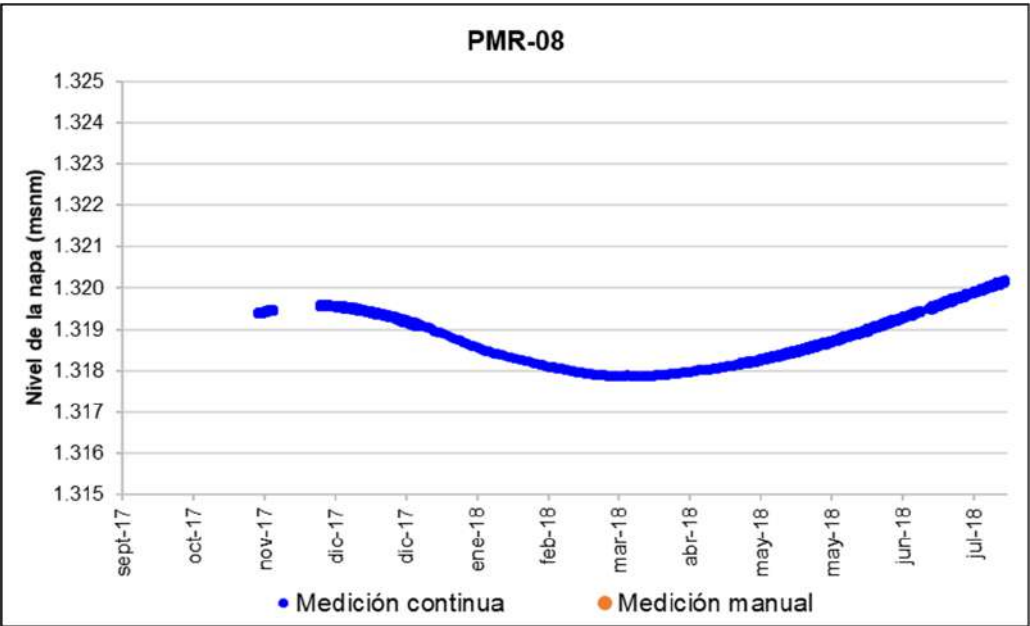


Figura 5-30: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-07.



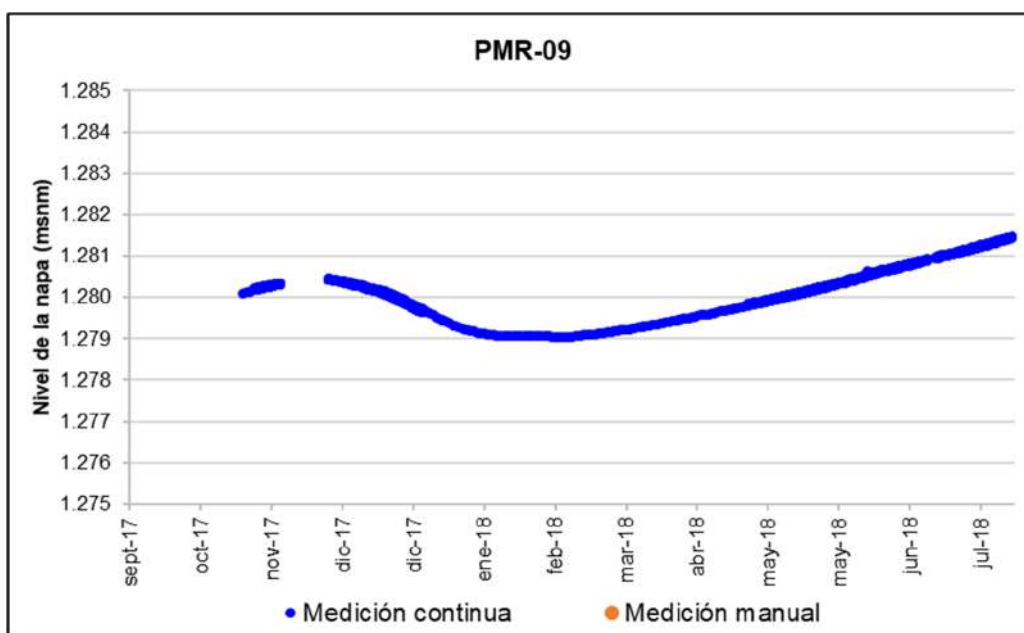
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-31: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-08.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-32: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-09.**



Fuente: Elaboración propia

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Figura 5-33: Área 5

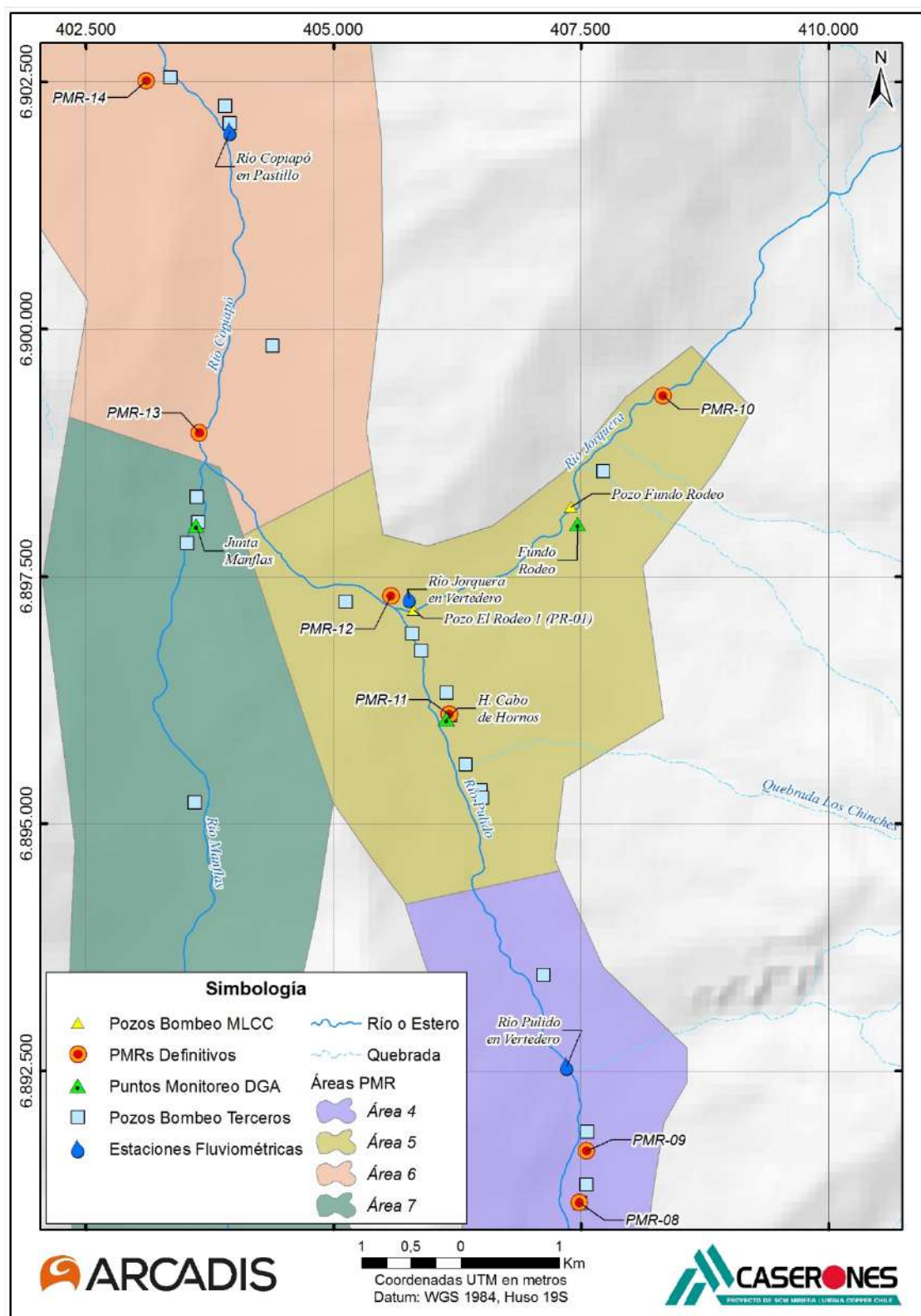
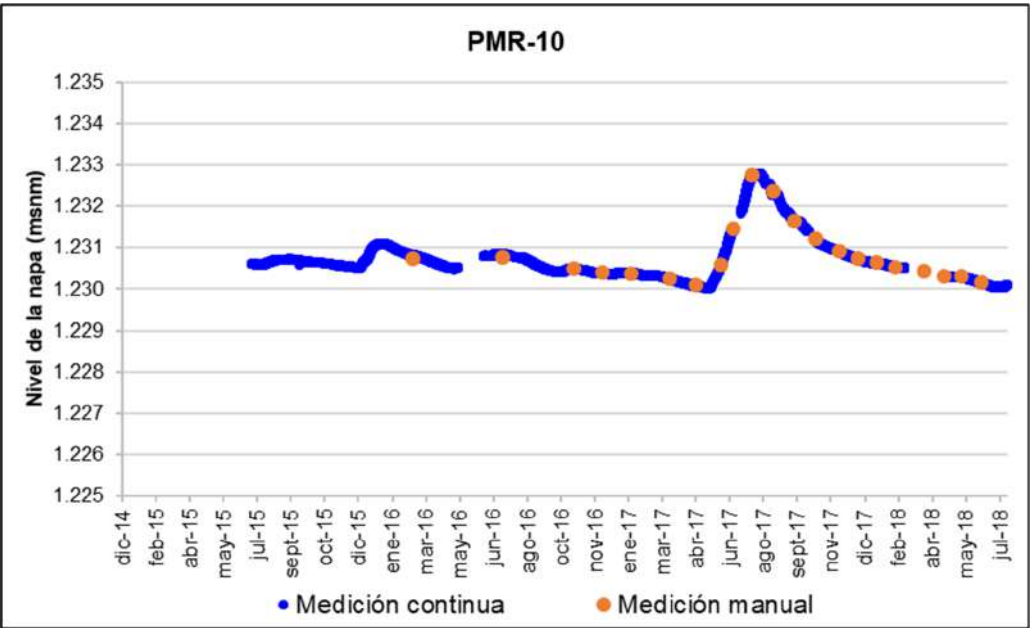
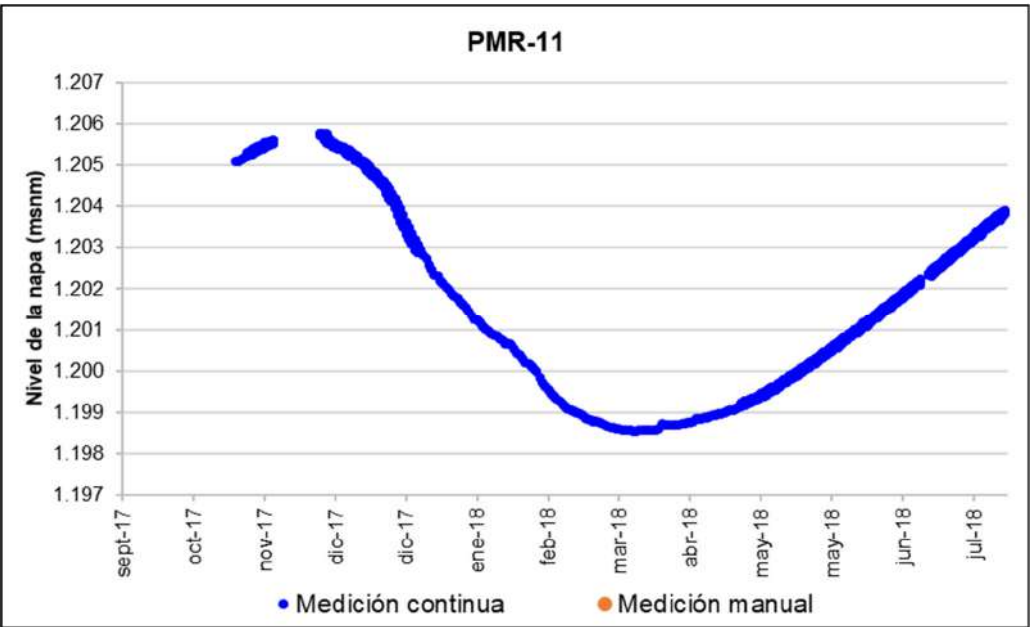


Figura 5-34: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-10.



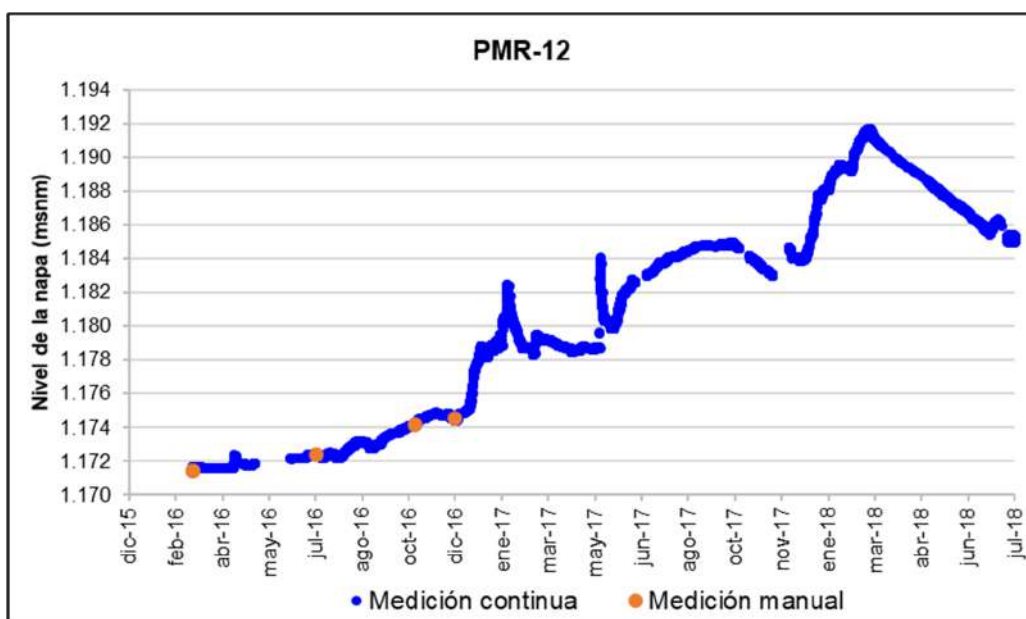
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-35: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-11.



Fuente: Elaboración propia

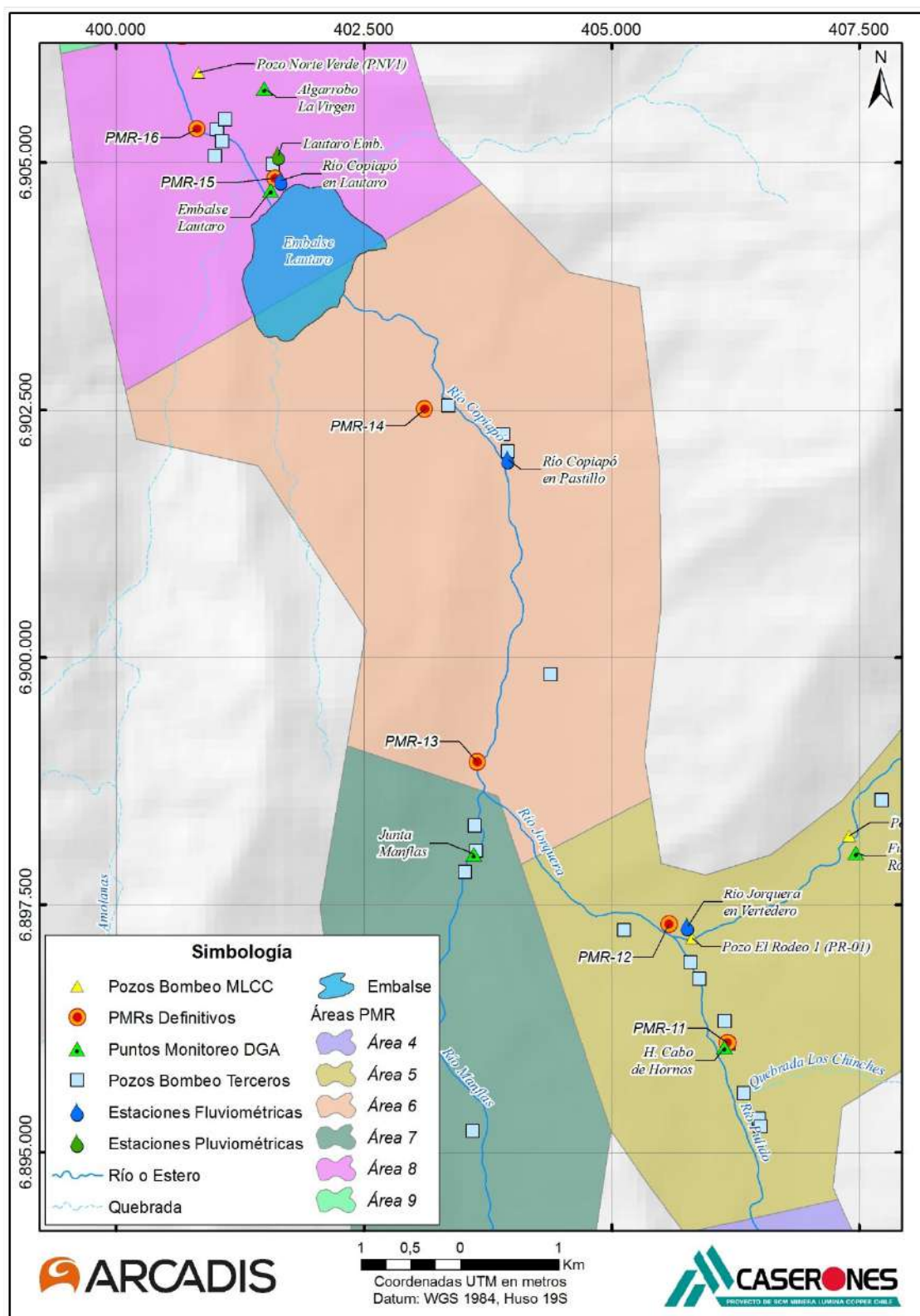
**Figura 5-36: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-12.**



Fuente: Elaboración propia



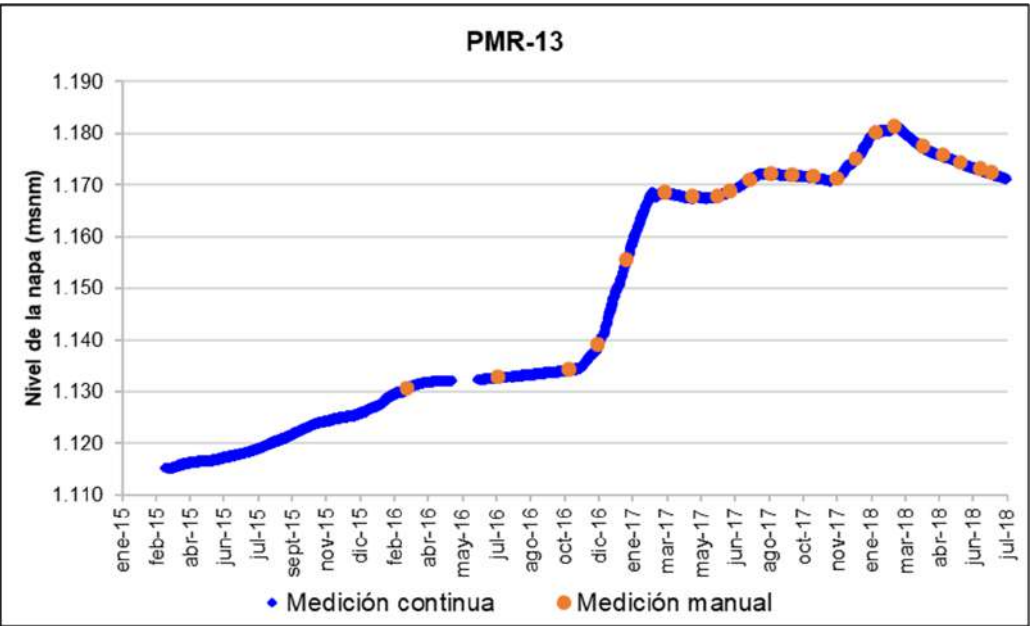
Figura 5-37: Área 6



N:\Cartografía\PY4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103\_PtosMonitoreoBombeo\_Area6.mxd

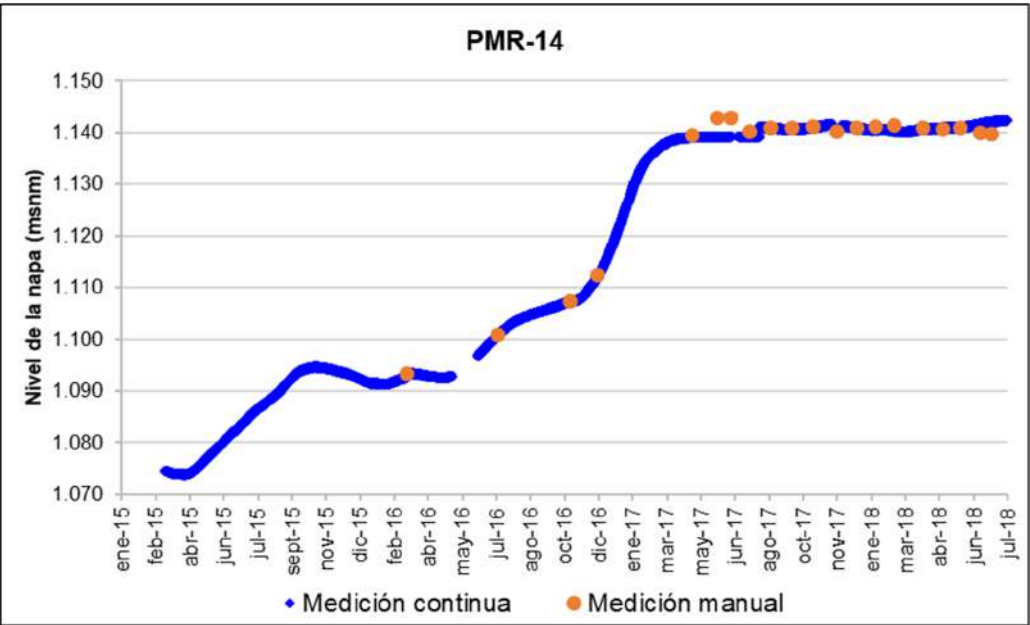
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-38: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-13.



Fuente: Elaboración propia

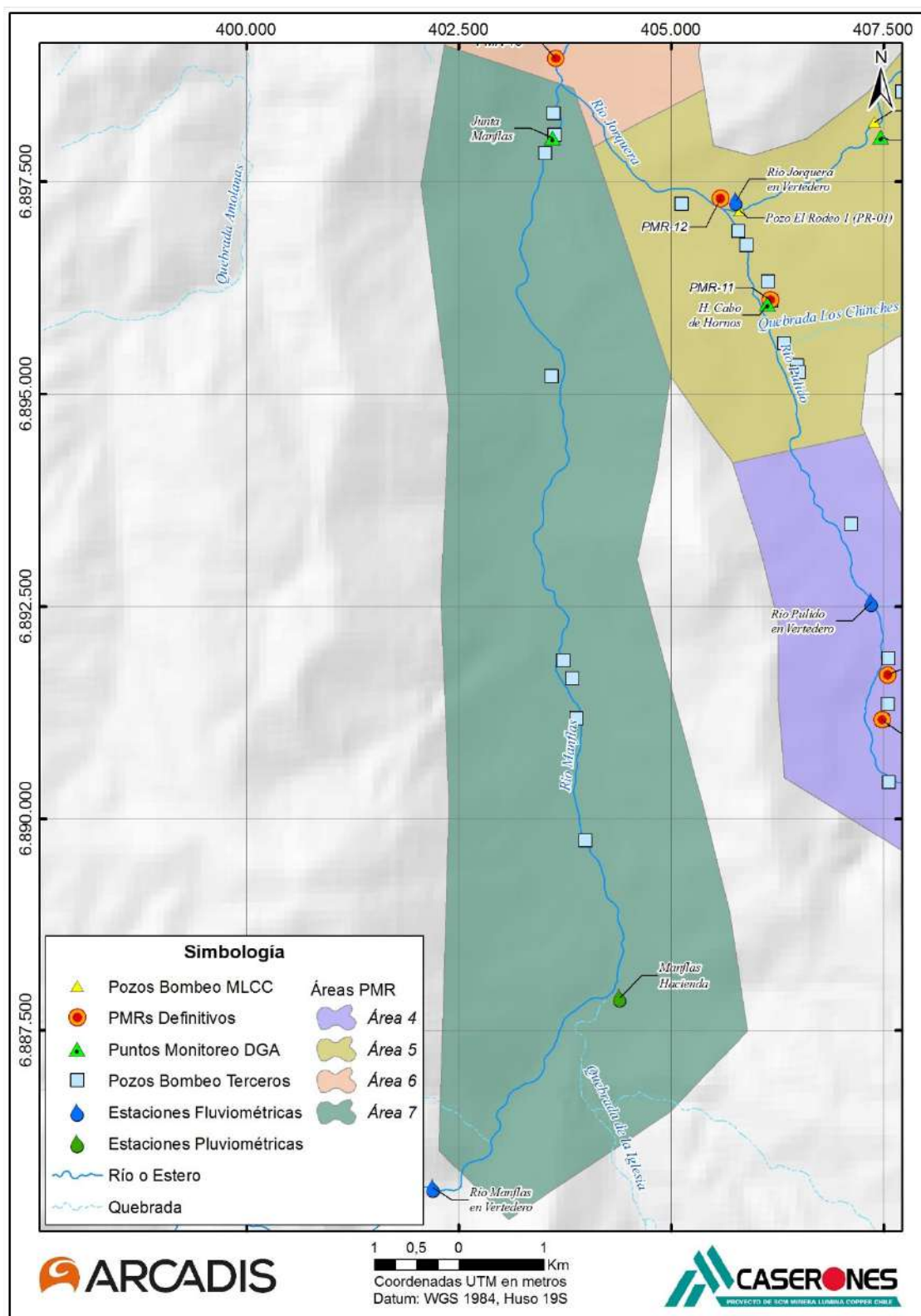
Figura 5-39: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-14.



Fuente: Elaboración propia

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

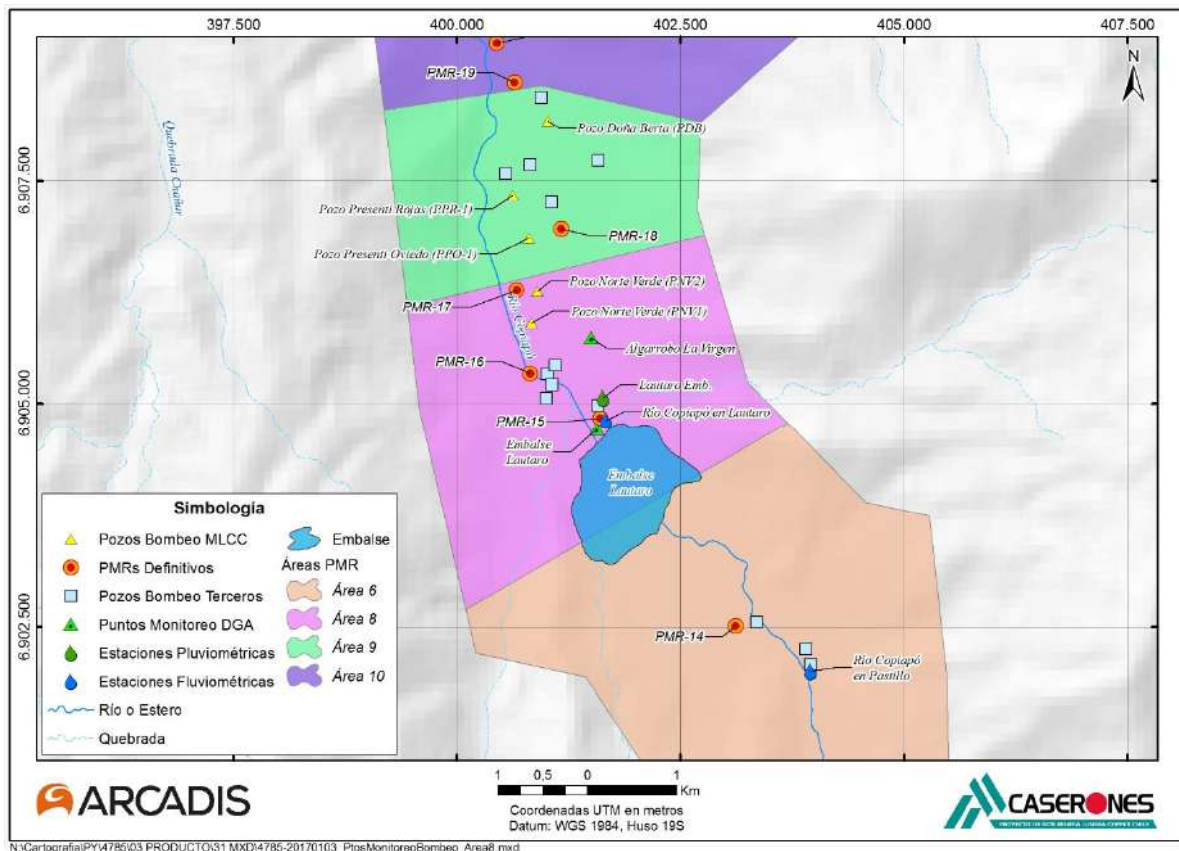
Figura 5-40: Área 7



N:\Cartografia\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103\_PtosMonitoreoBombeo\_Area7.mxd  
 Fuente: Elaboración propia

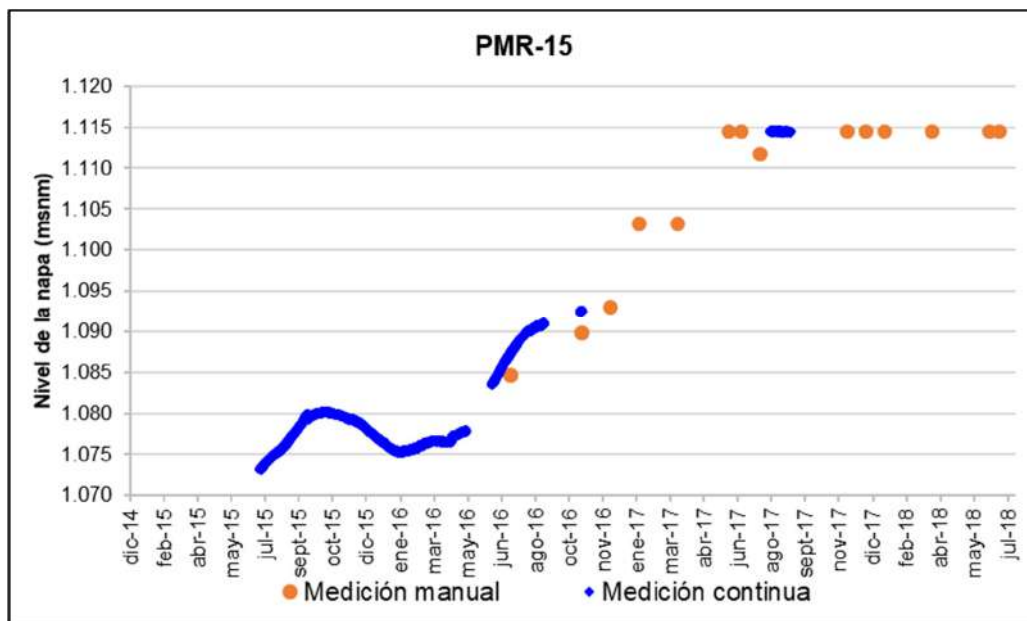
# MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-41: Área 8



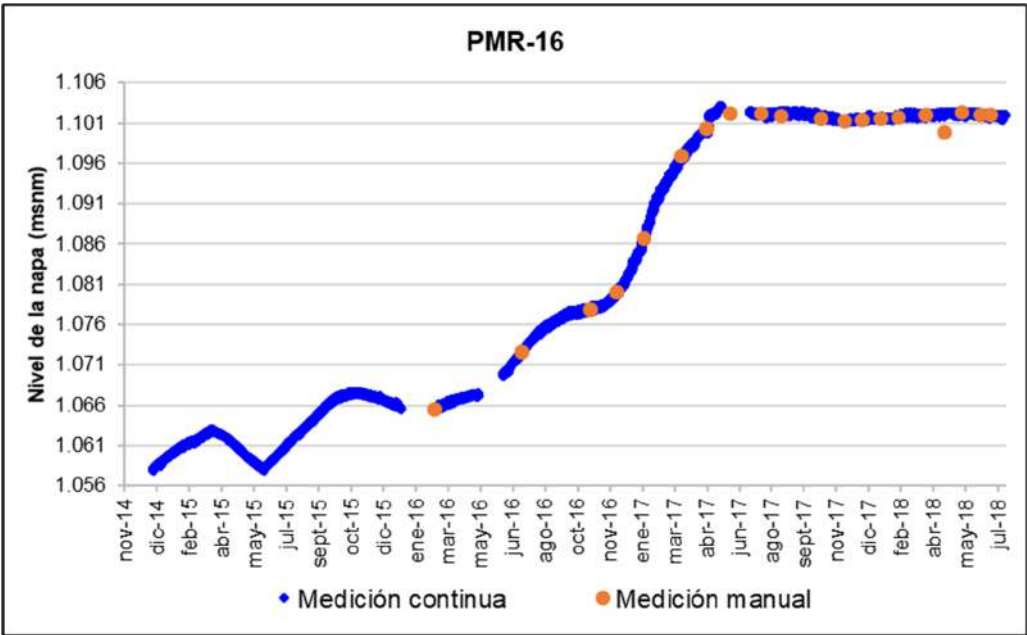
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-42: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-15.



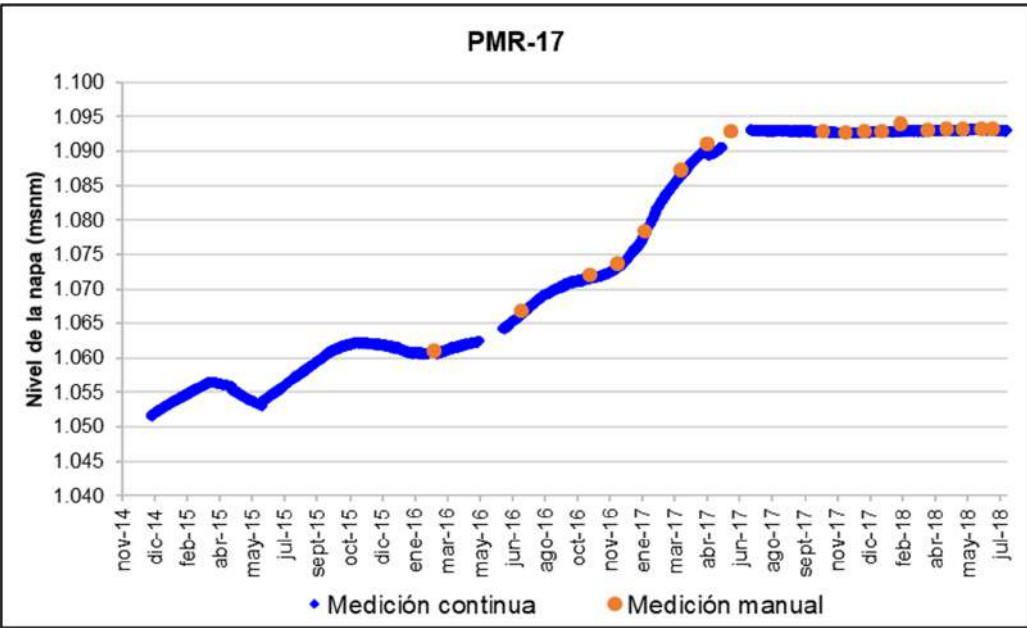
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-43: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-16.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-44: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-17.

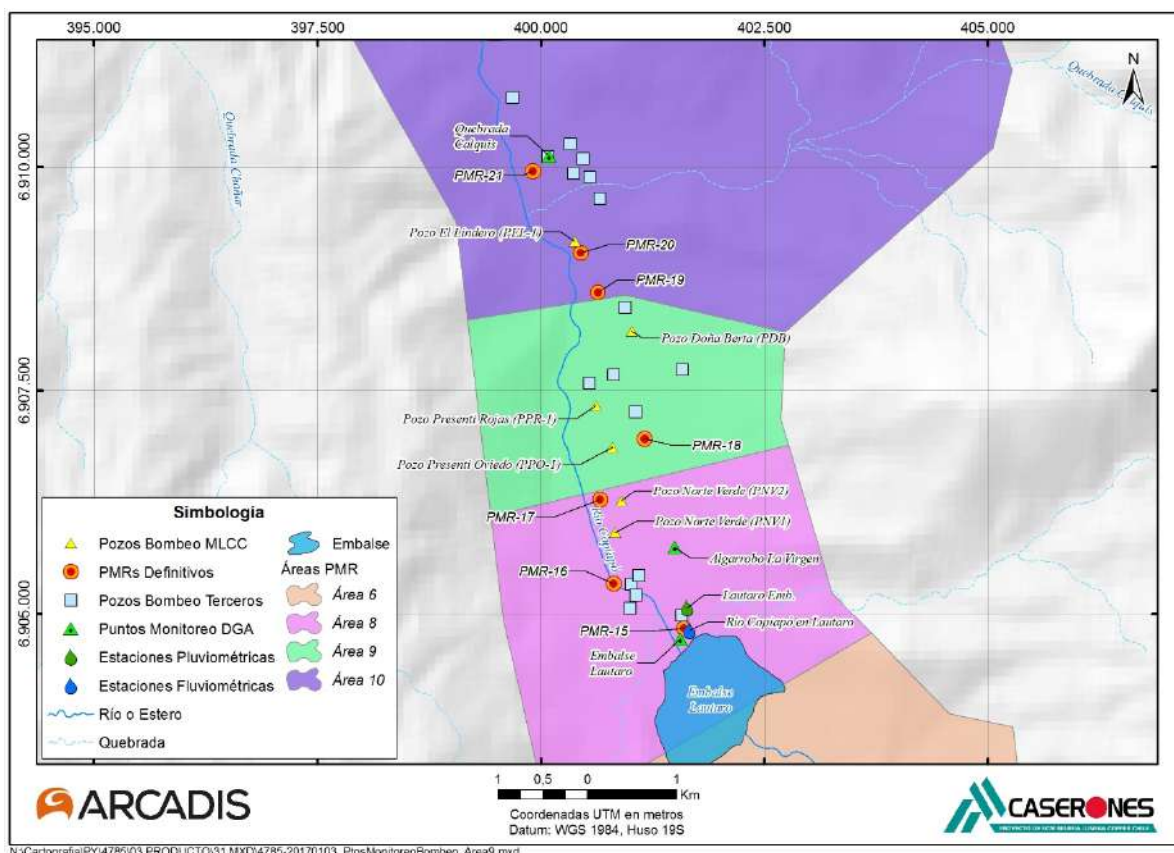


Fuente: Elaboración propia



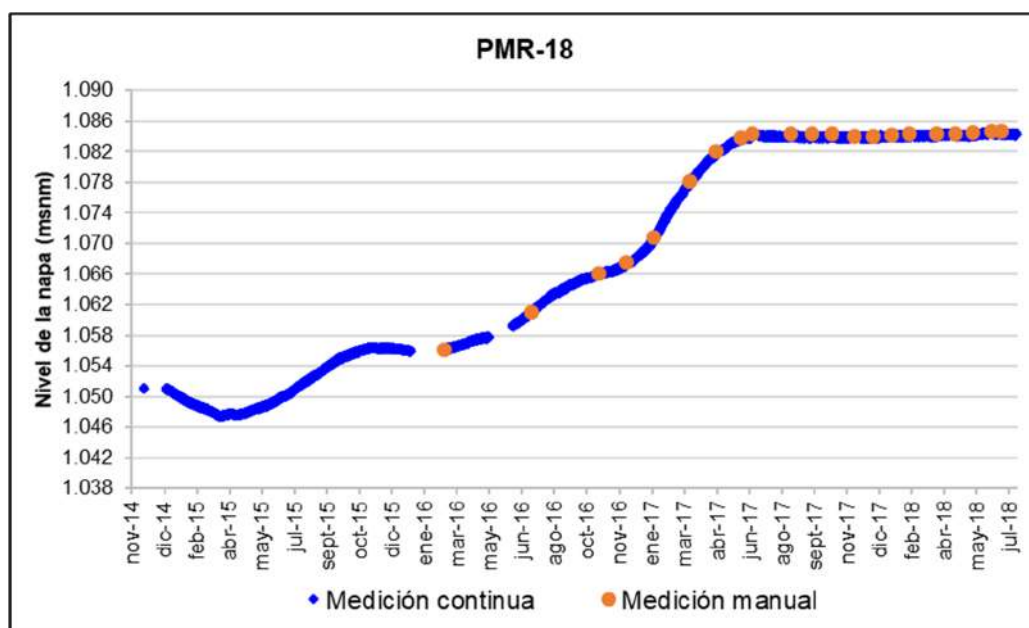
# MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-45: Área 9



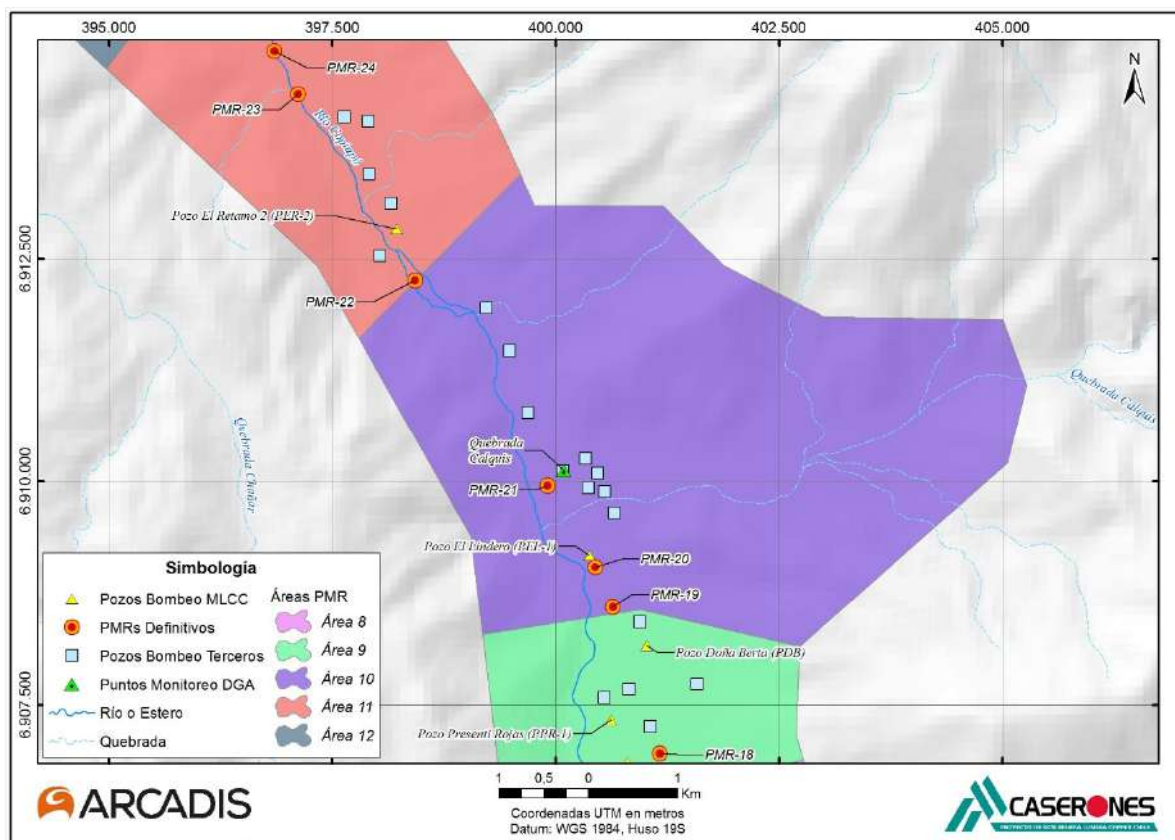
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-46: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-18.



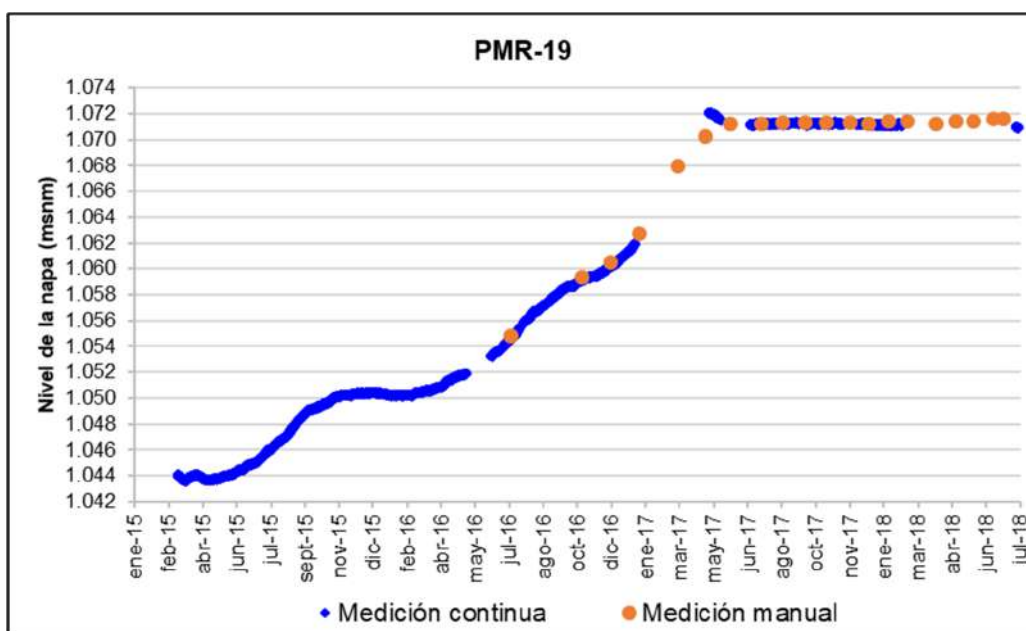
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-47: Área 10



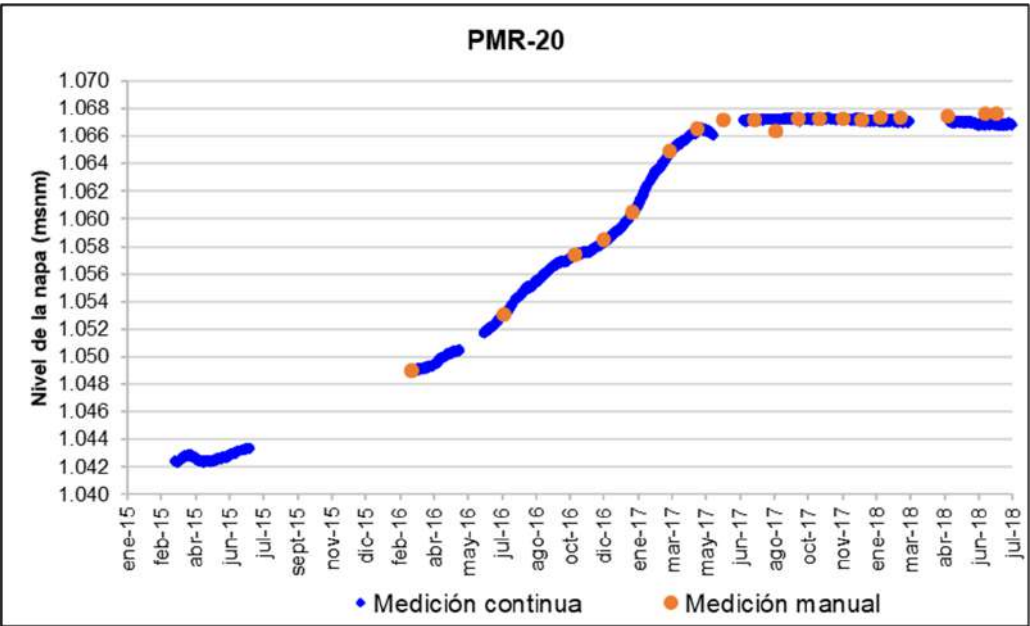
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-48: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-19.**



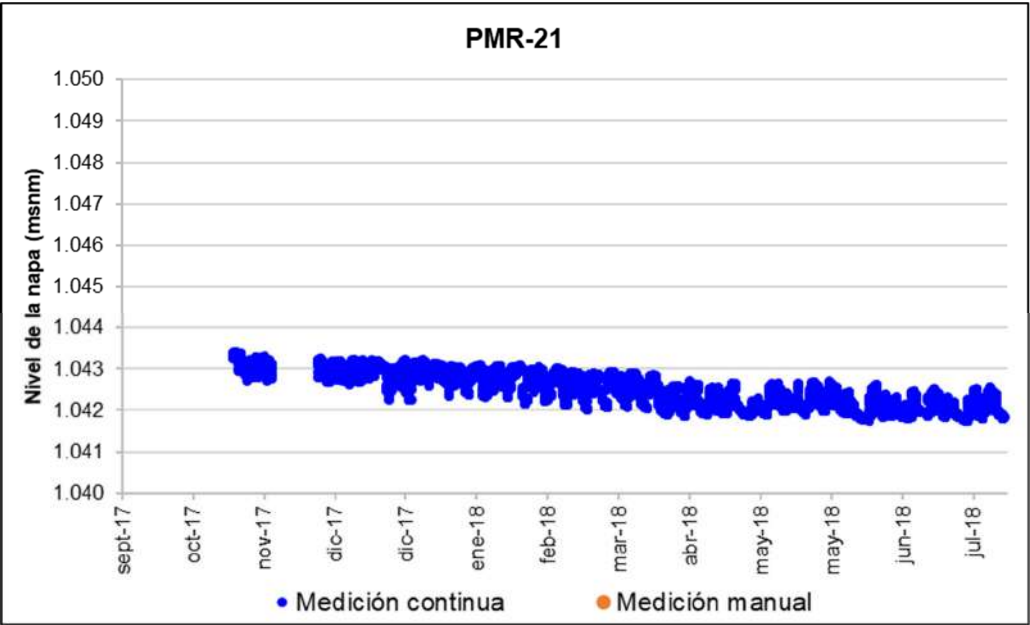
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-49: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-20.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-50: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-21.



Fuente: Elaboración propia

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-51: Área 11

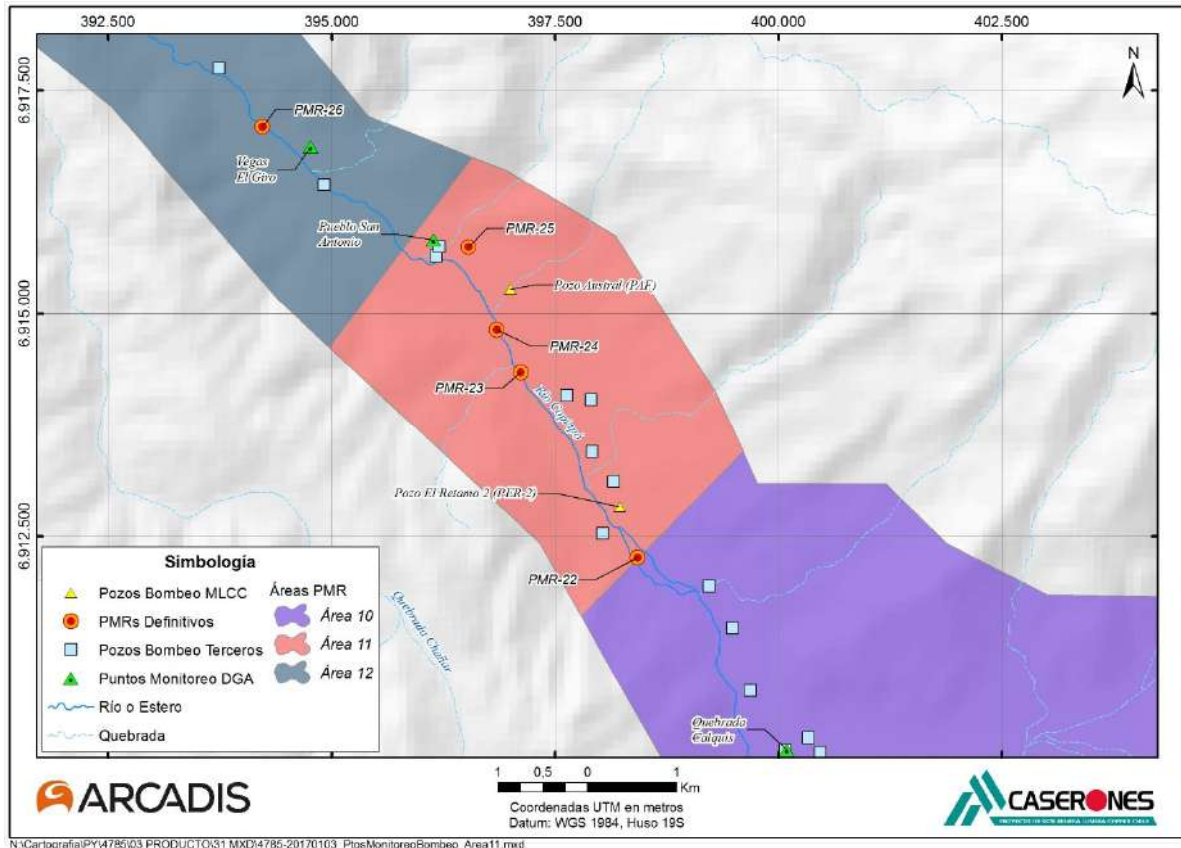
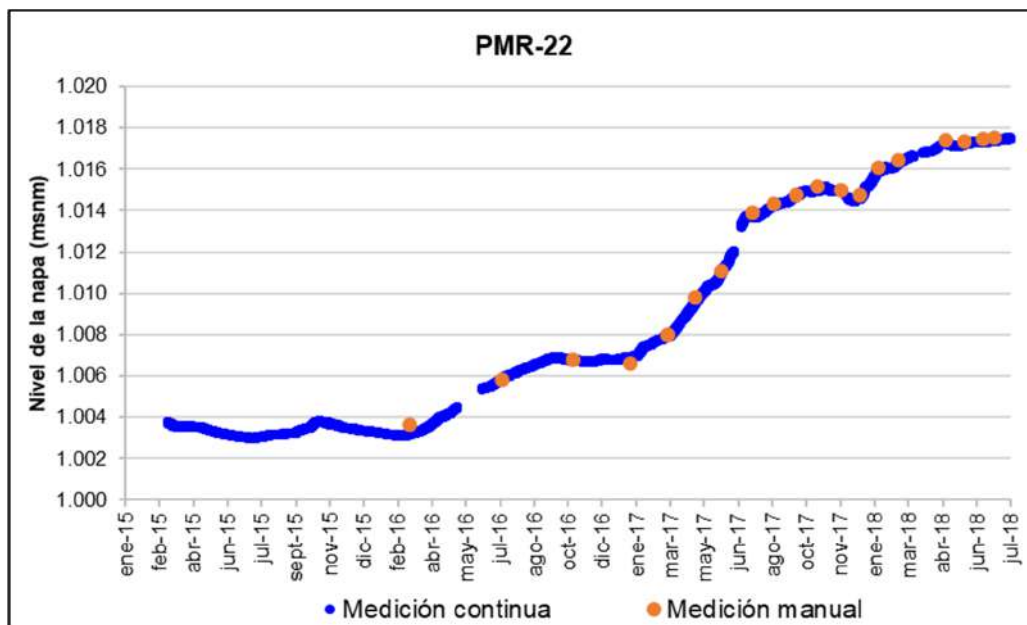


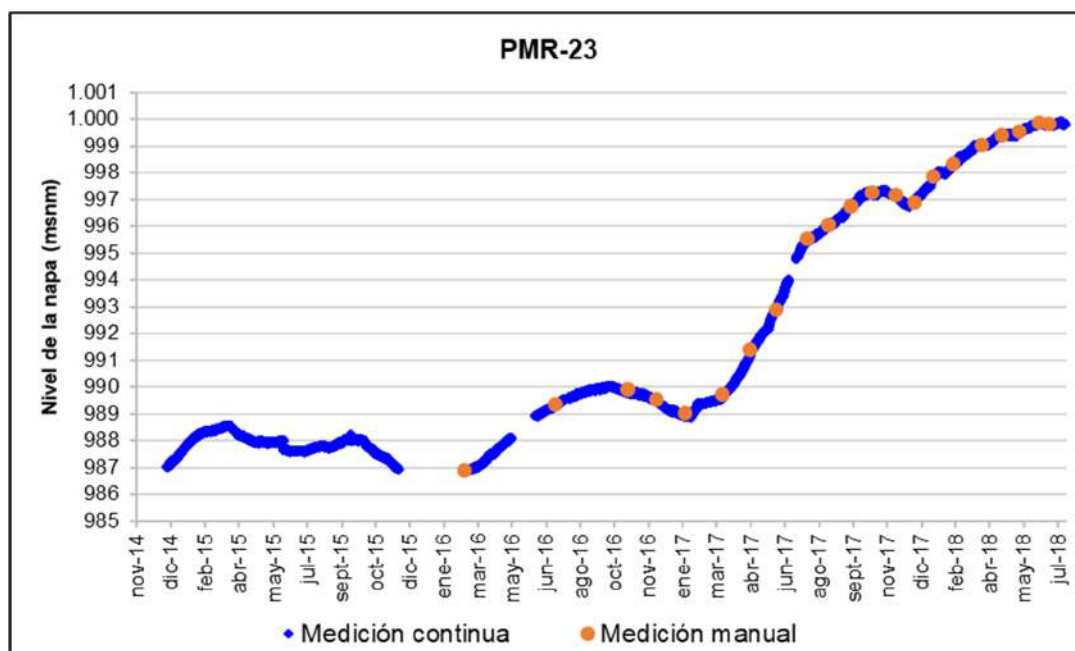
Figura 5-52: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-22.



Fuente: Elaboración propia

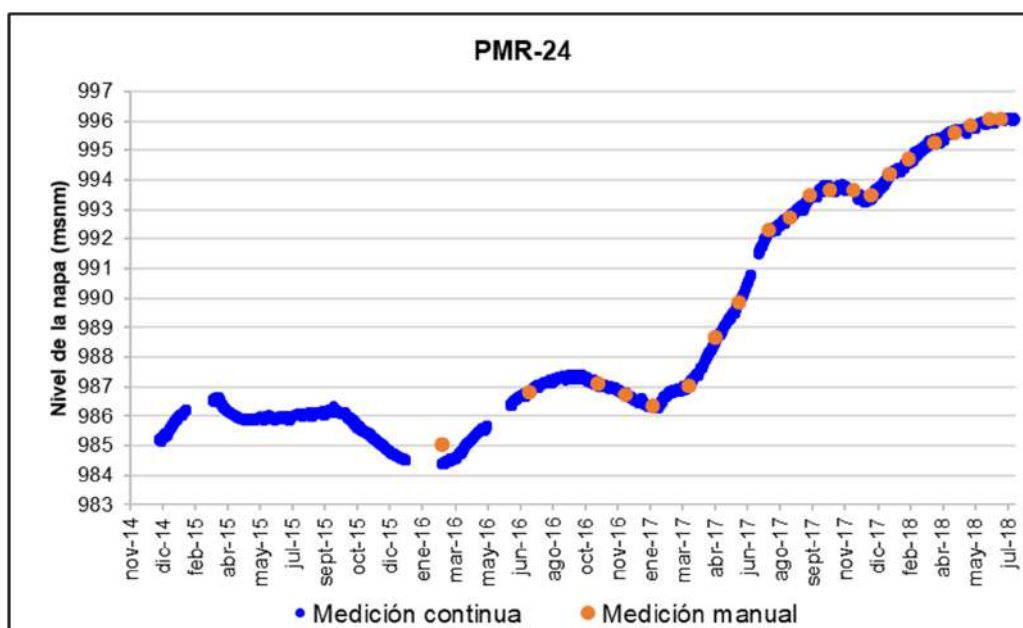


**Figura 5-53: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-23.**



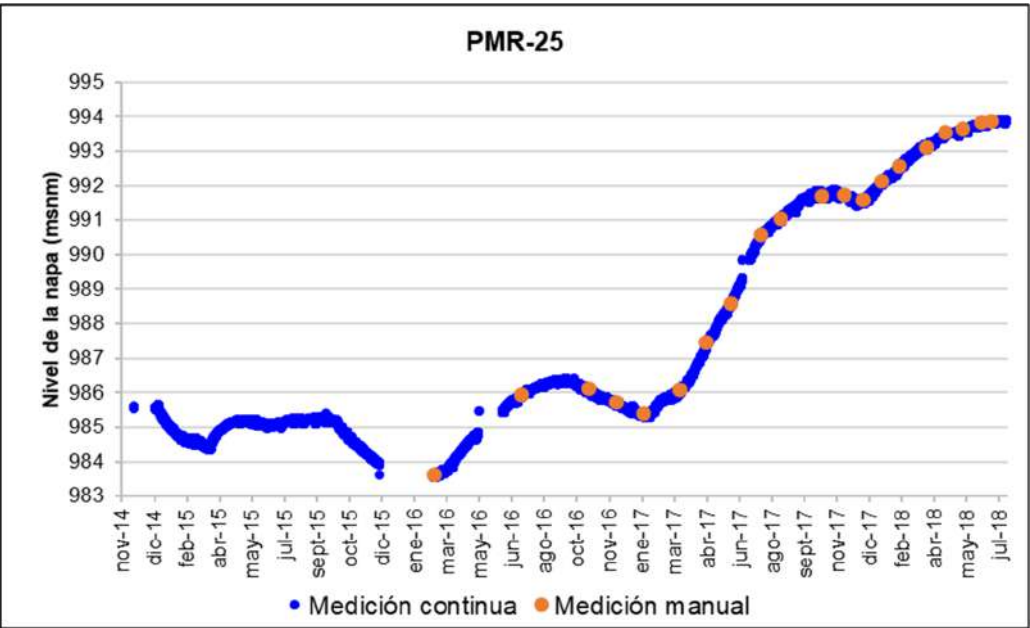
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-54: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-24.**



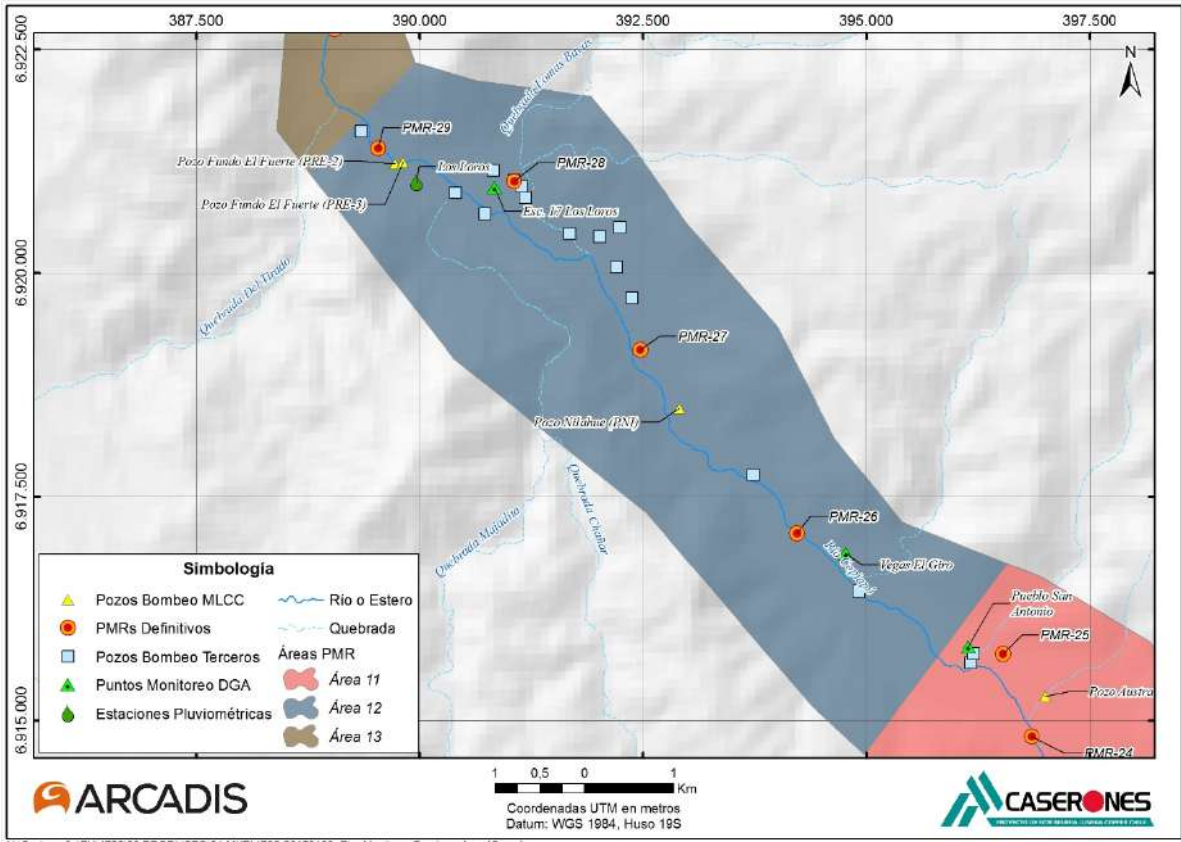
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-55: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-25.



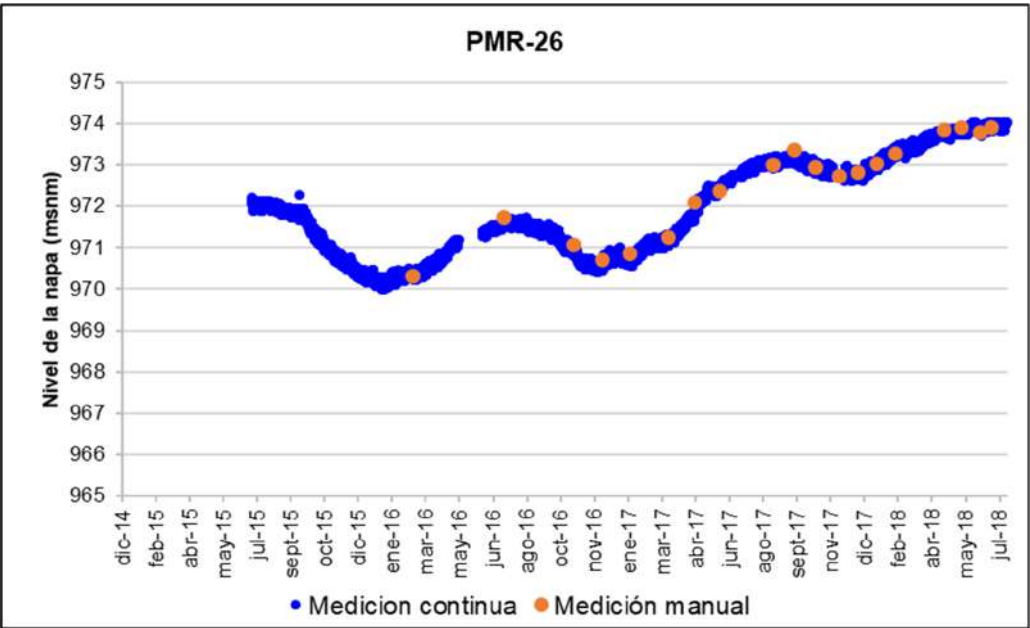
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-56: Área 12



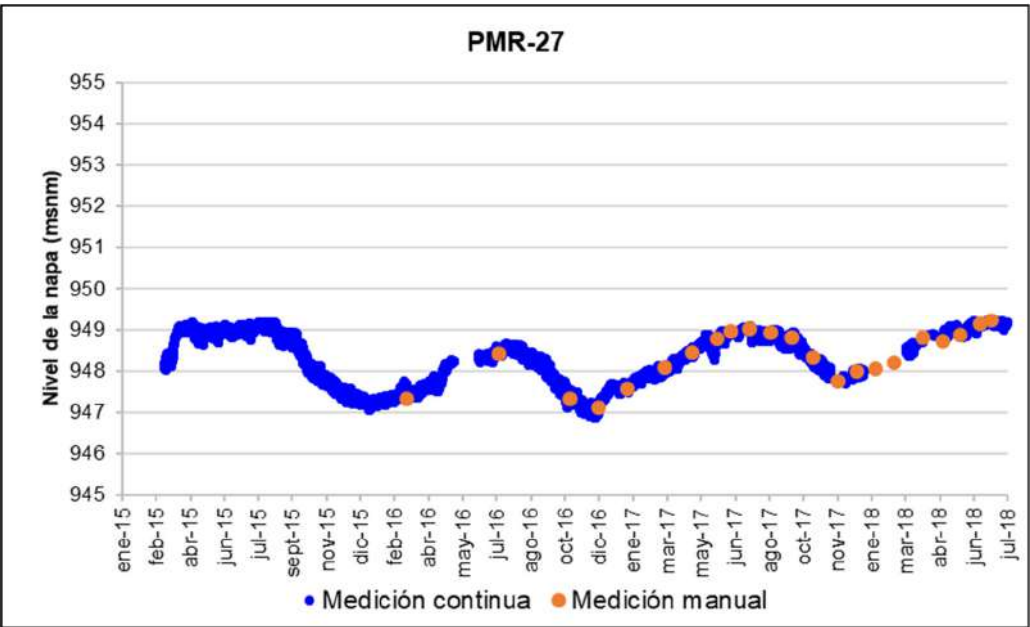
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-57: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-26.



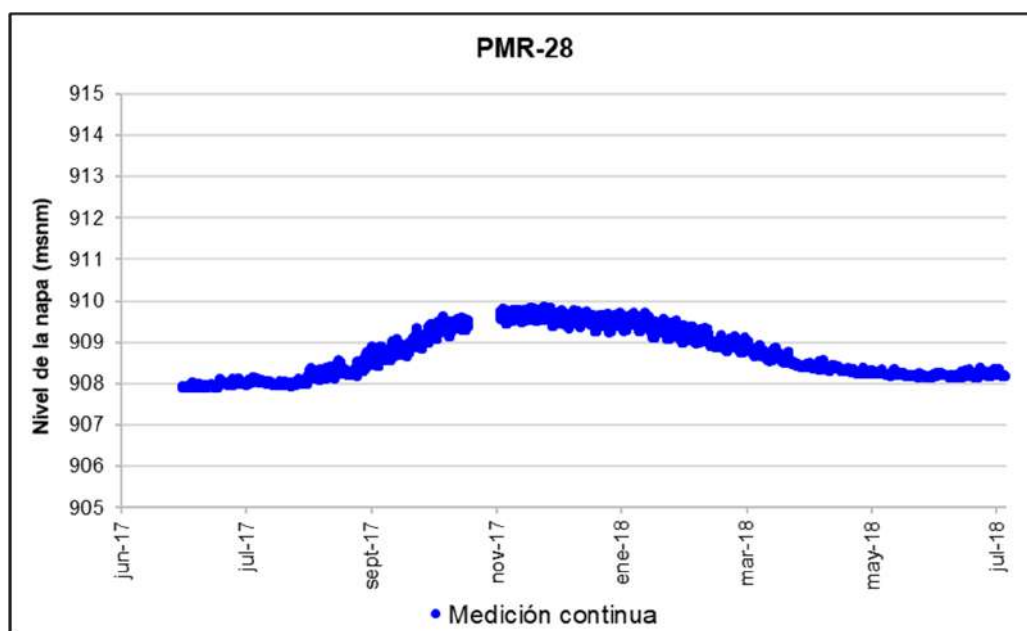
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-58: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-27.



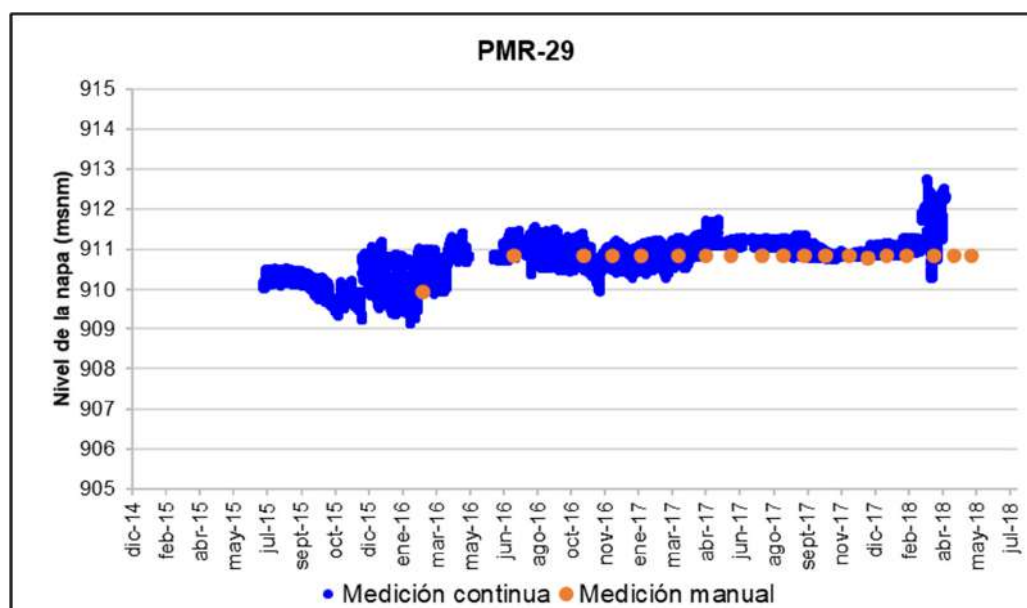
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-59: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-28<sup>3</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-60: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-29.**

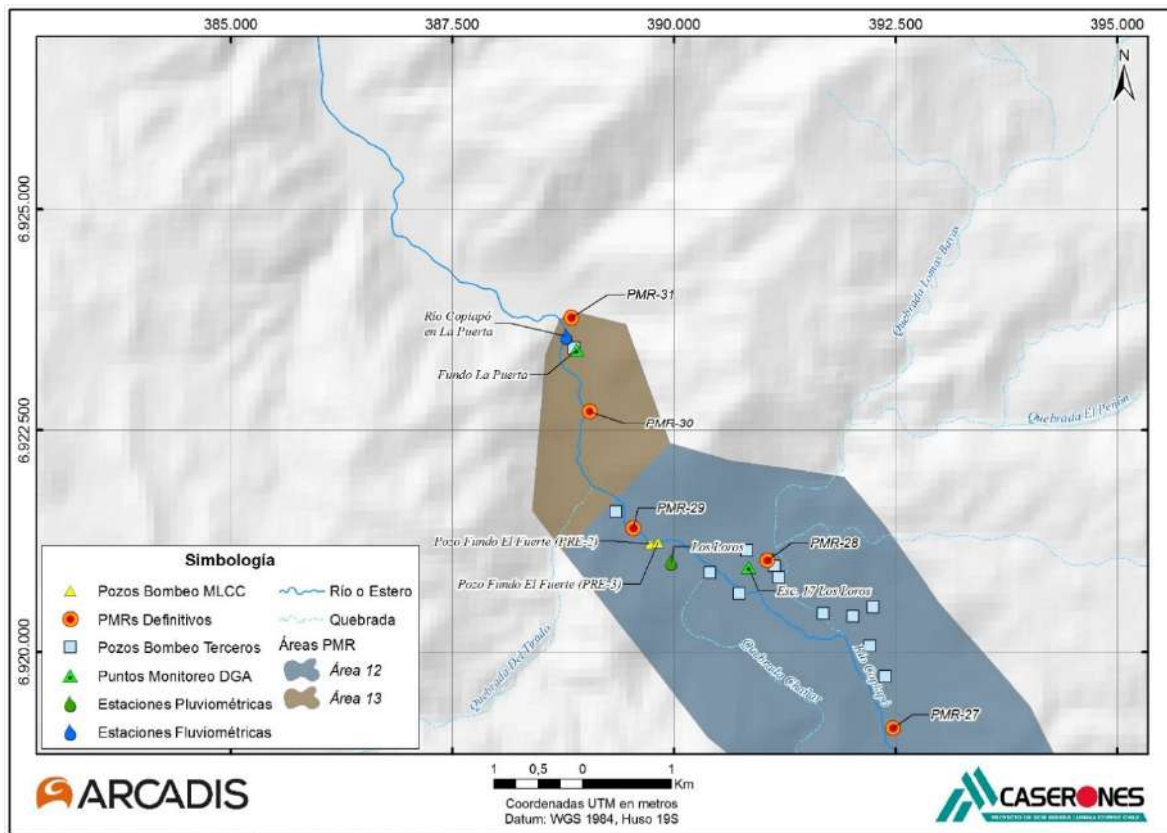


Fuente: Elaboración propia

<sup>3</sup> Pozo PMR-28 fue reubicado. En gráfico se muestra medición de nivel del nuevo pozo PMR-28.

# MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

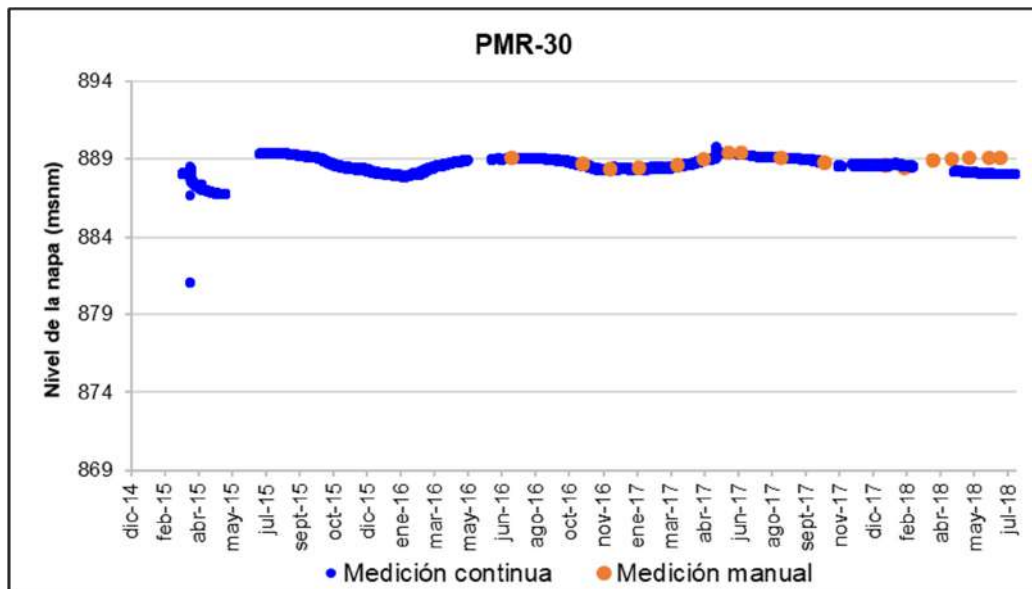
**Figura 5-61: Área 13**



N:\Cartografía\PN\4783\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-2017\0103\_PtosMonitoreoBombeo\_Area13.mxd

Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-62: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-30**

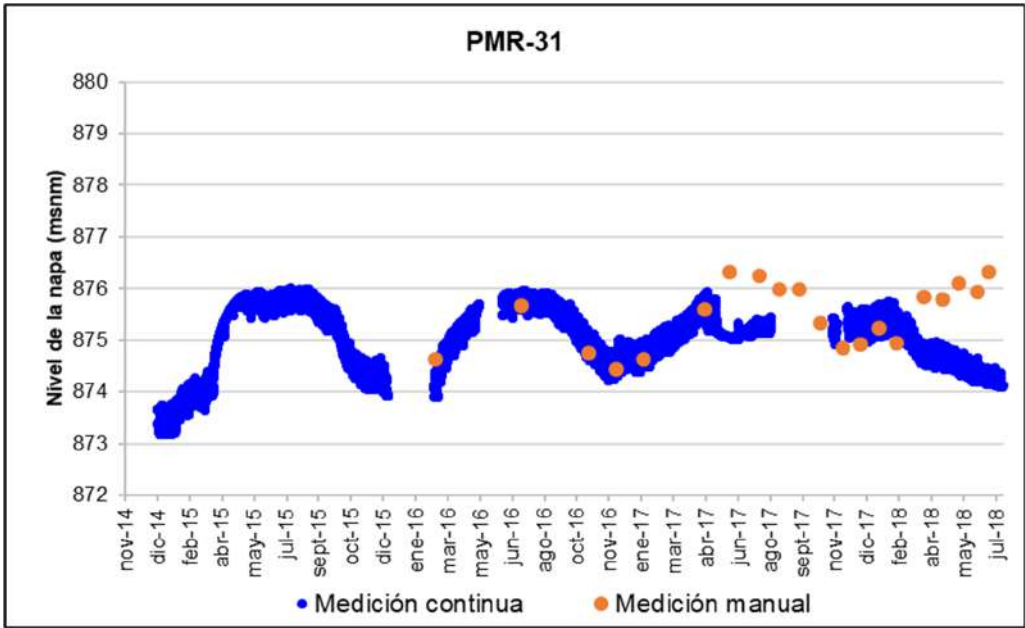


Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-63: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-31.**



MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

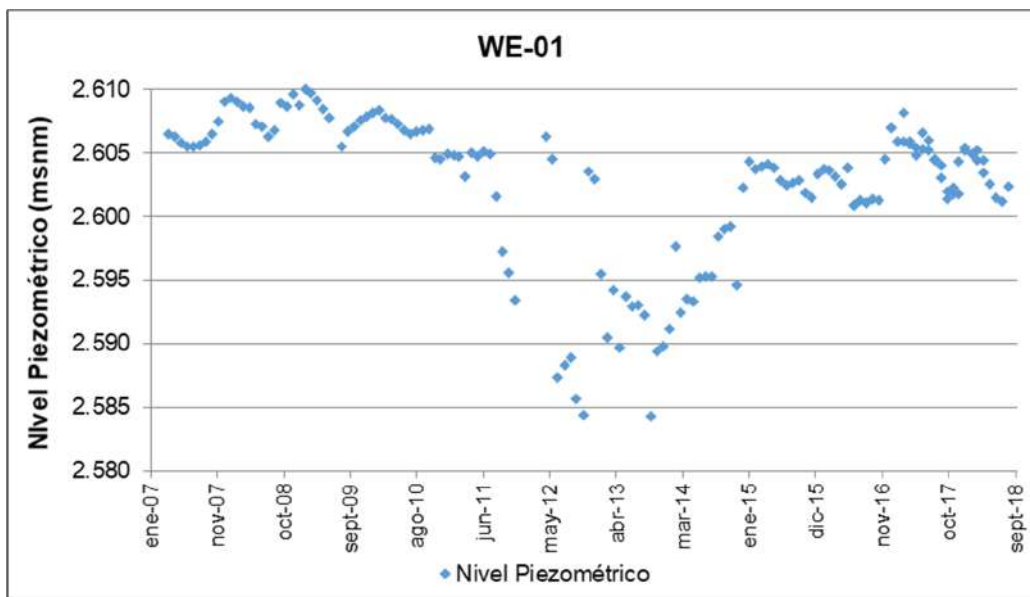


Fuente: Elaboración propia

### 5.5 Niveles Piezométricos Pozos de Bombeo MLCC

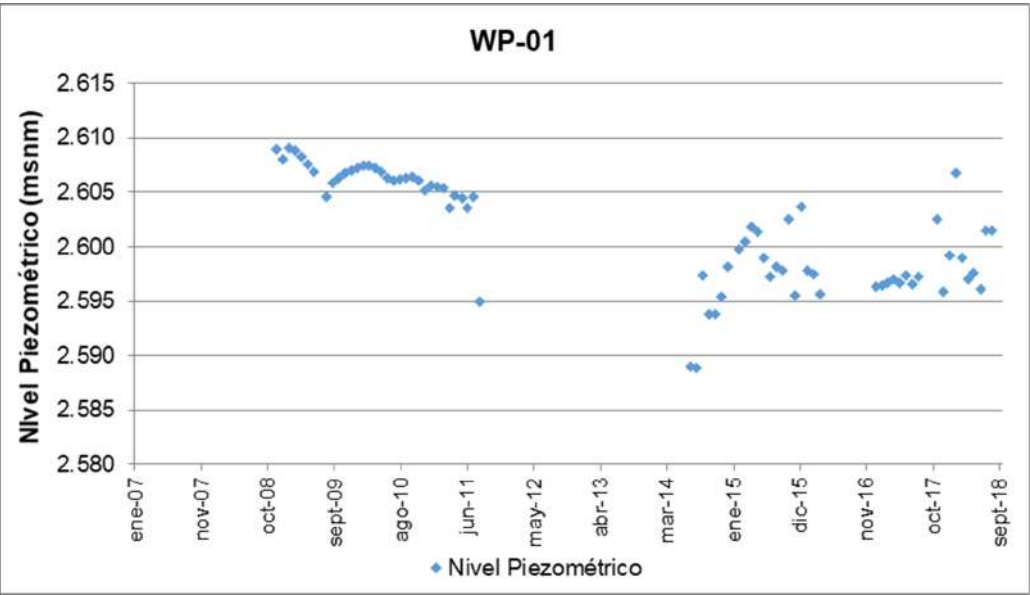
En este apartado se presenta el nivel piezométrico en los pozos de bombeo. En los gráficos de nivel de los pozos de extracción es pertinente tener en consideración las fechas importantes relacionadas a la operación del proyecto, correspondientes a abril de 2010, marzo de 2013 y mayo de 2014 (de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 4-1). Además, es importante mencionar que los pozos PRD-1 y PAF-1 no cuentan con información para el trimestre mayo – julio 2018.

**Figura 5-64: Nivel de agua subterránea en el pozo WE-01.**



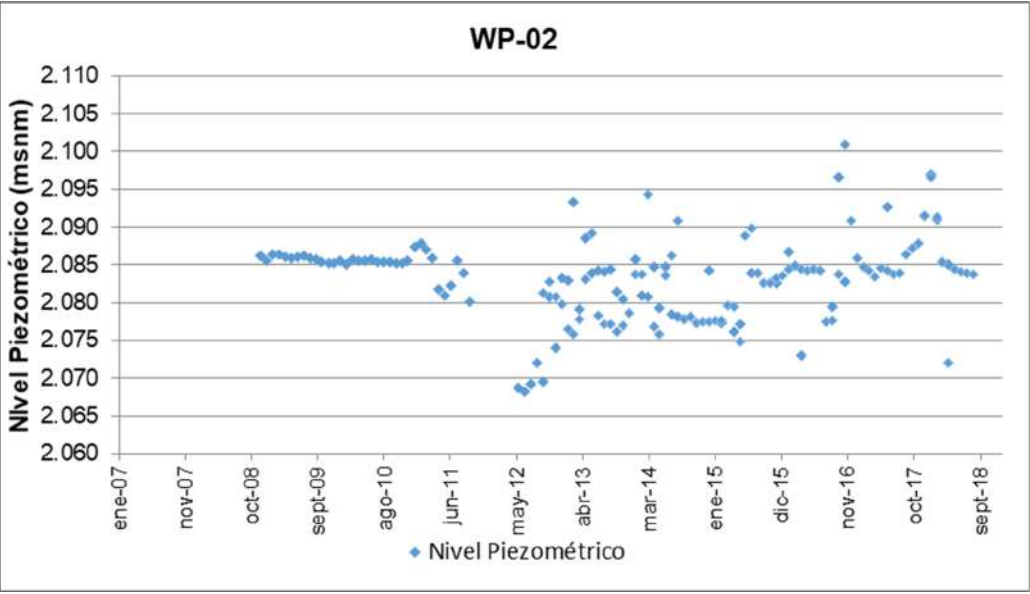
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-65: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-01.



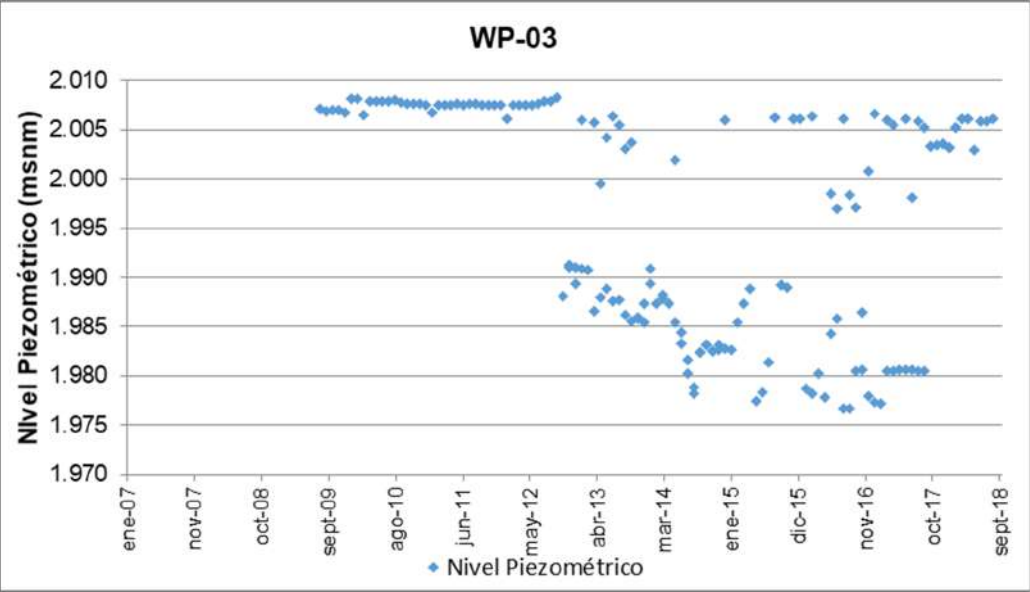
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-66: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-02.



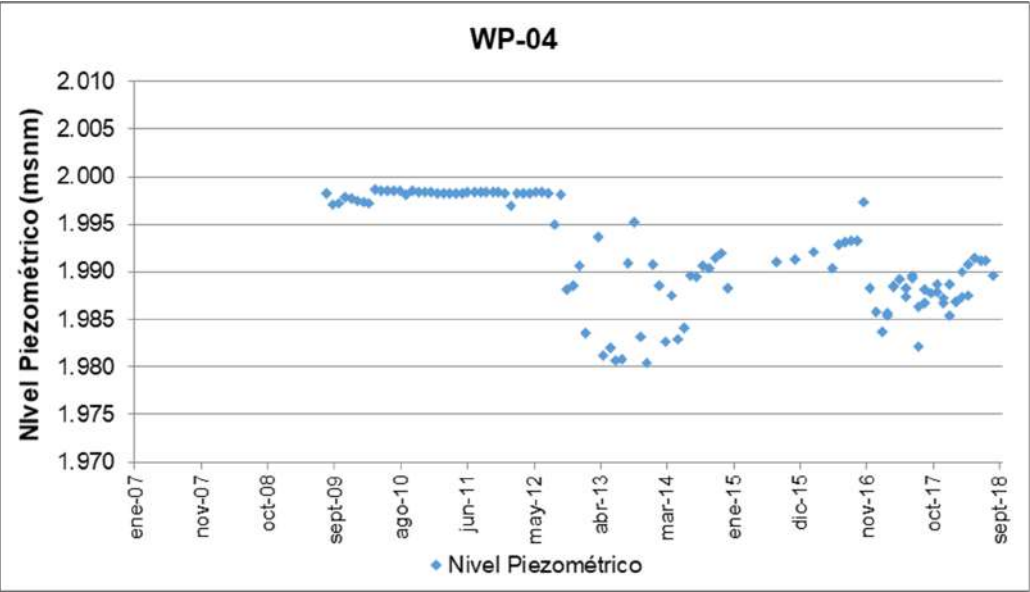
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-67: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-03.



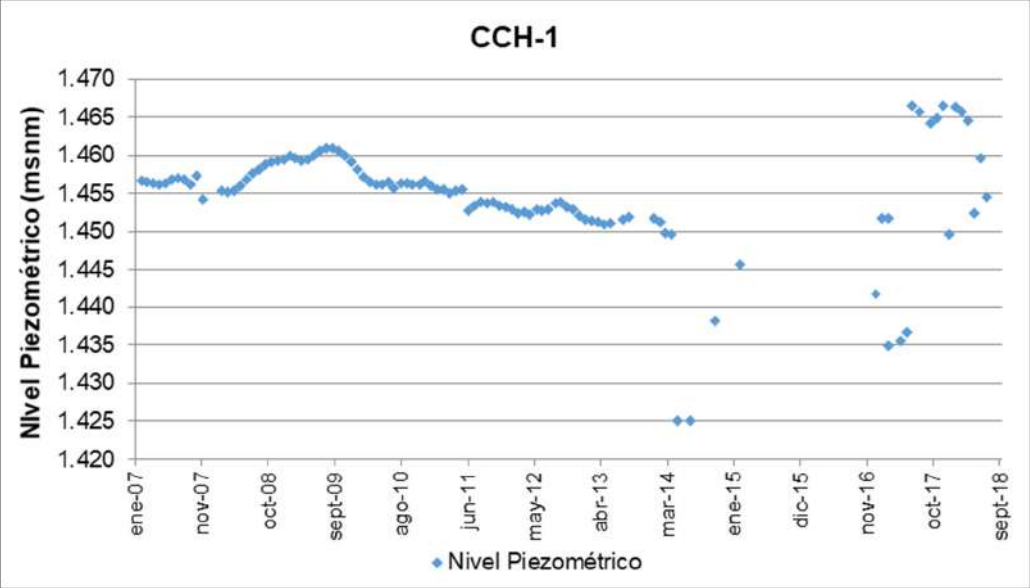
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-68: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-04.



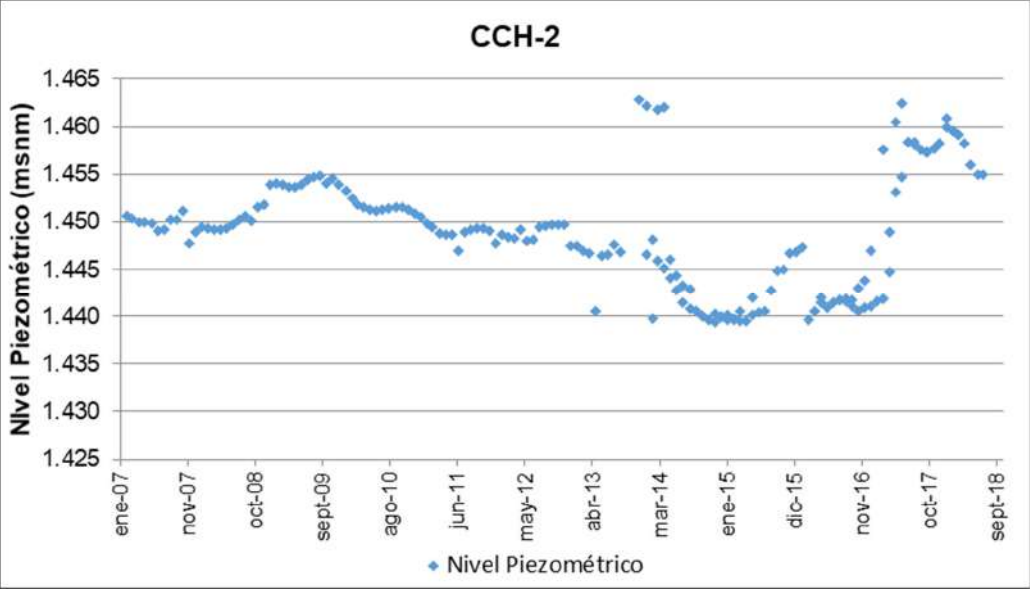
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-69: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-1.



Fuente: Elaboración propia

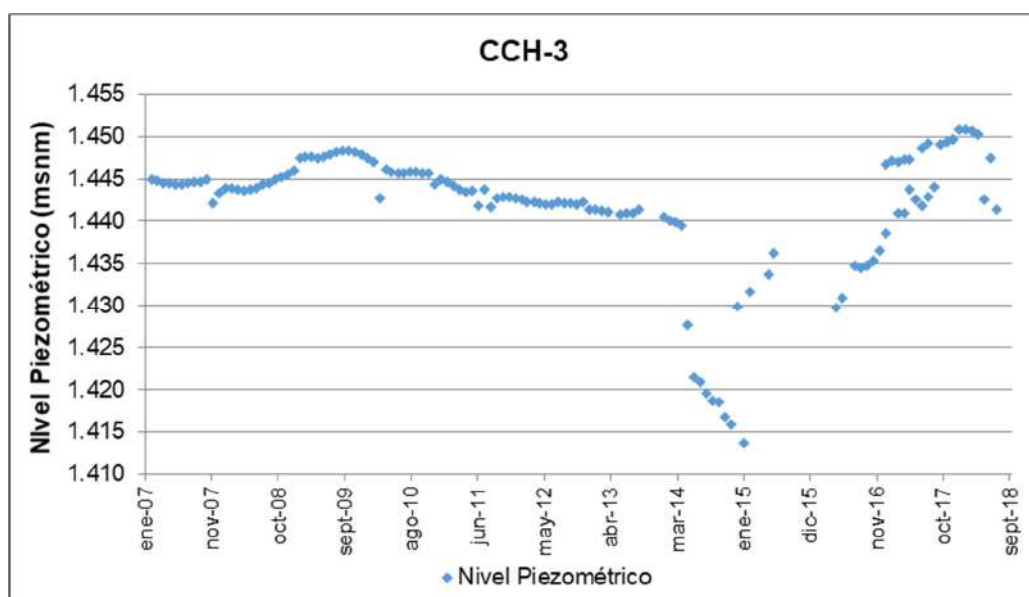
Figura 5-70: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-2.



Fuente: Elaboración propia

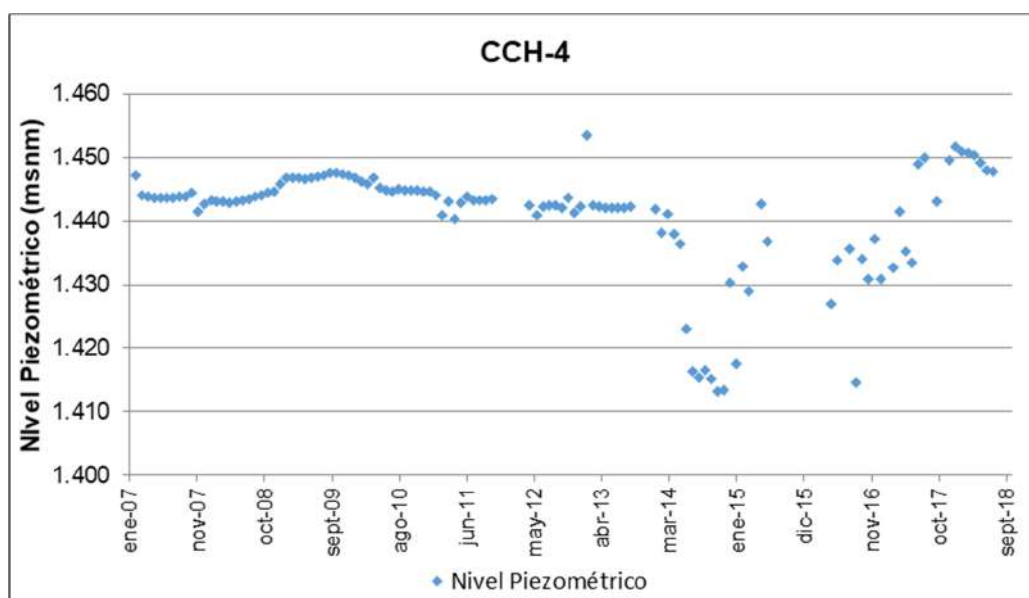


**Figura 5-71: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-03.**



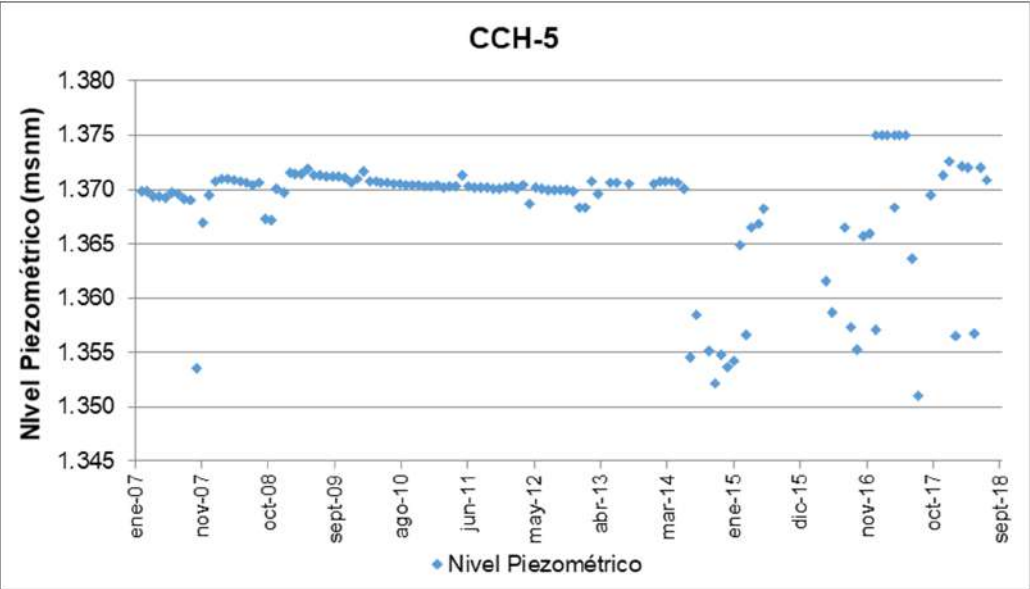
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-72: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-04.**



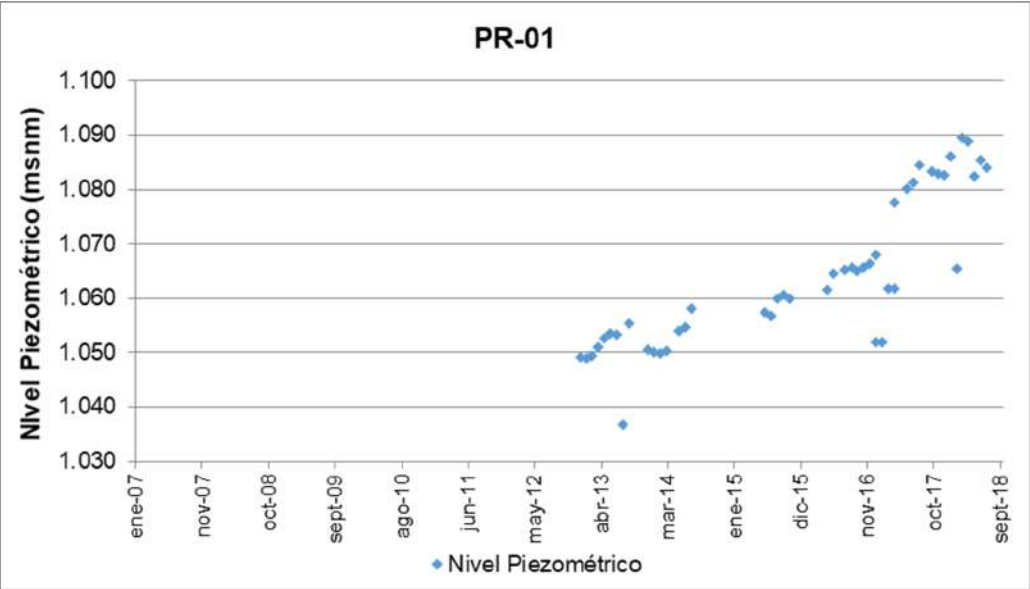
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-73: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-05.



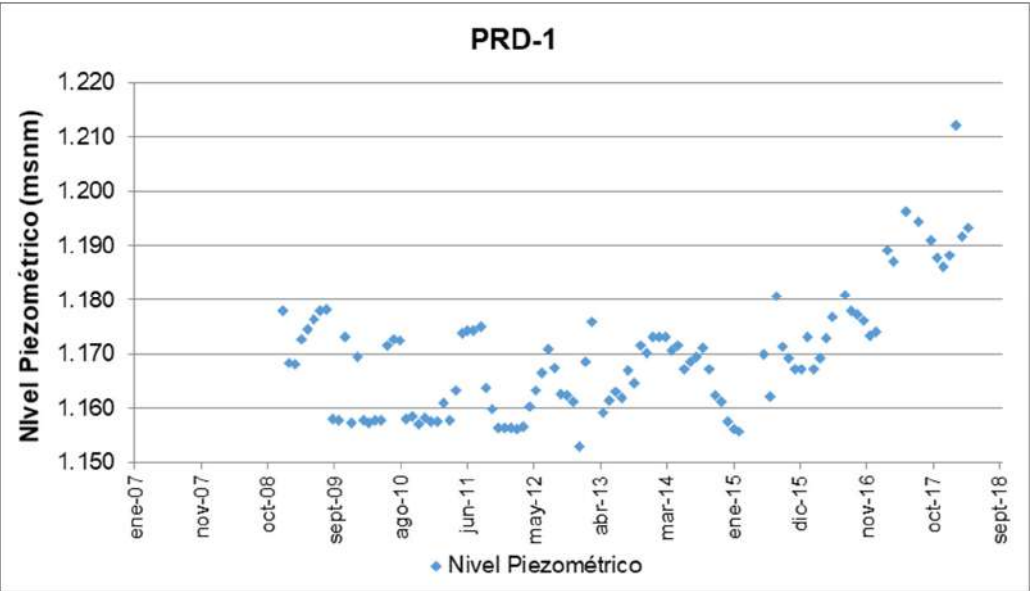
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-74: Nivel de agua subterránea en el pozo PR-01.



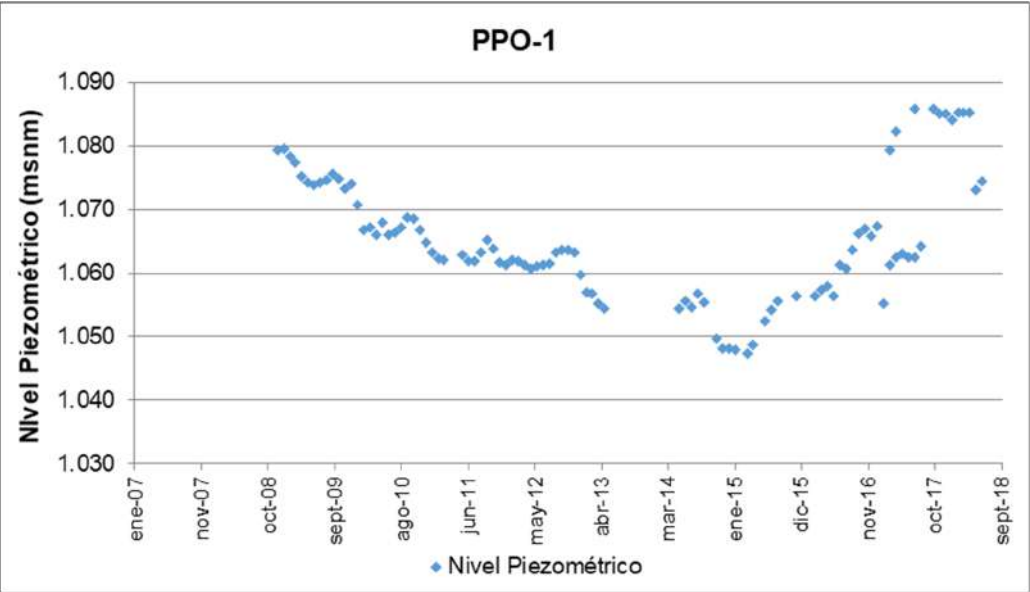
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-75: Nivel de agua subterránea en el pozo PRD-01.



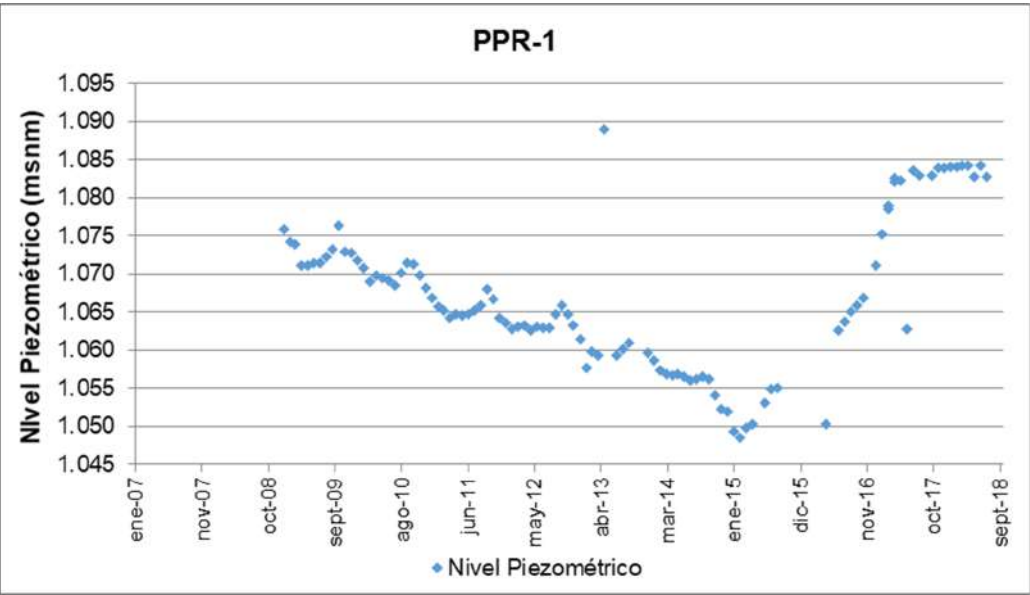
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-76: Nivel de agua subterránea en el pozo PPO-01.



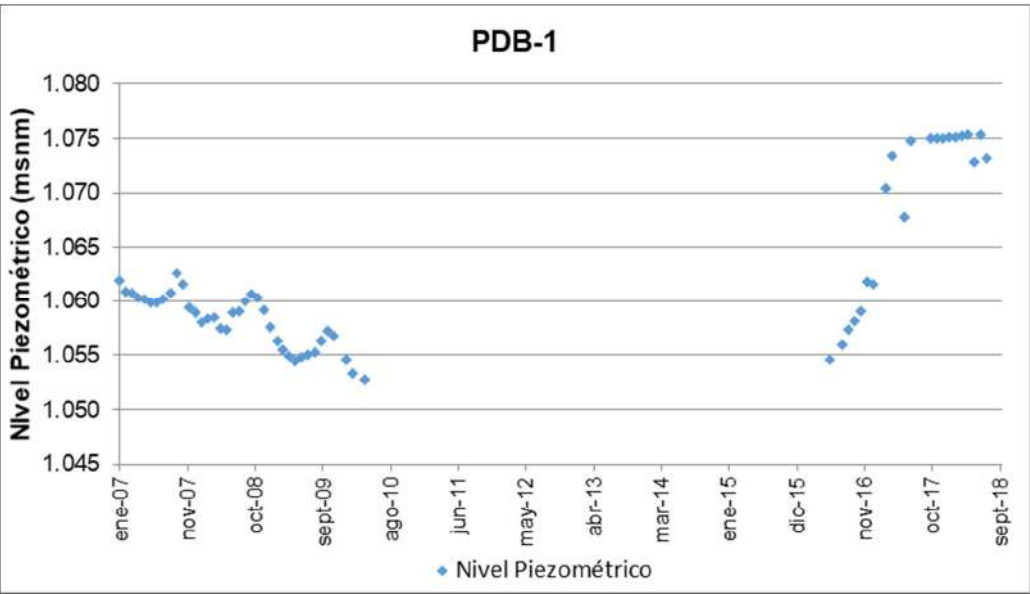
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-77: Nivel de agua subterránea en el pozo PPR-01.



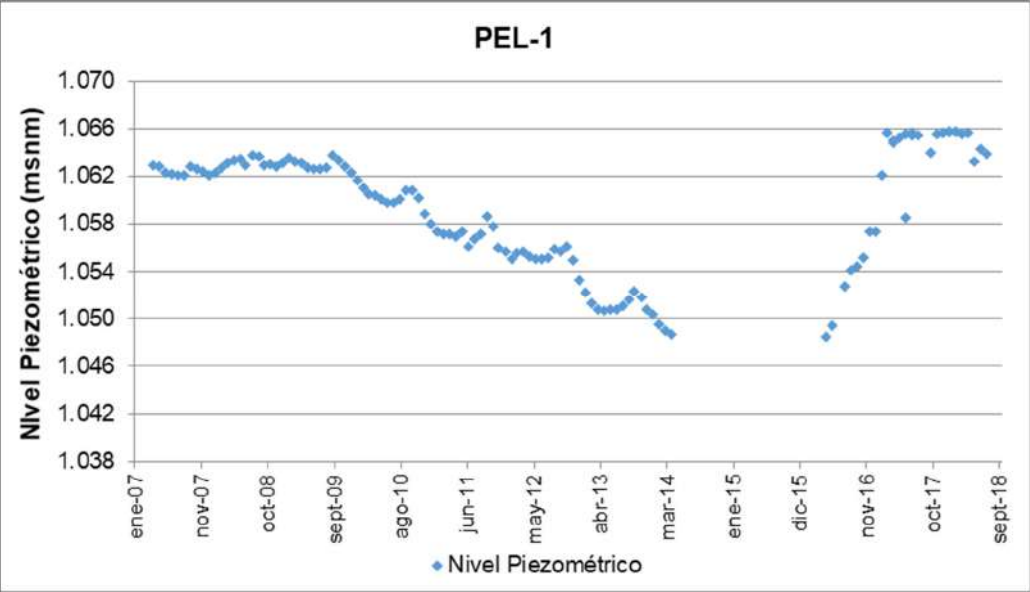
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-78: Nivel de agua subterránea en el pozo PDB-01.



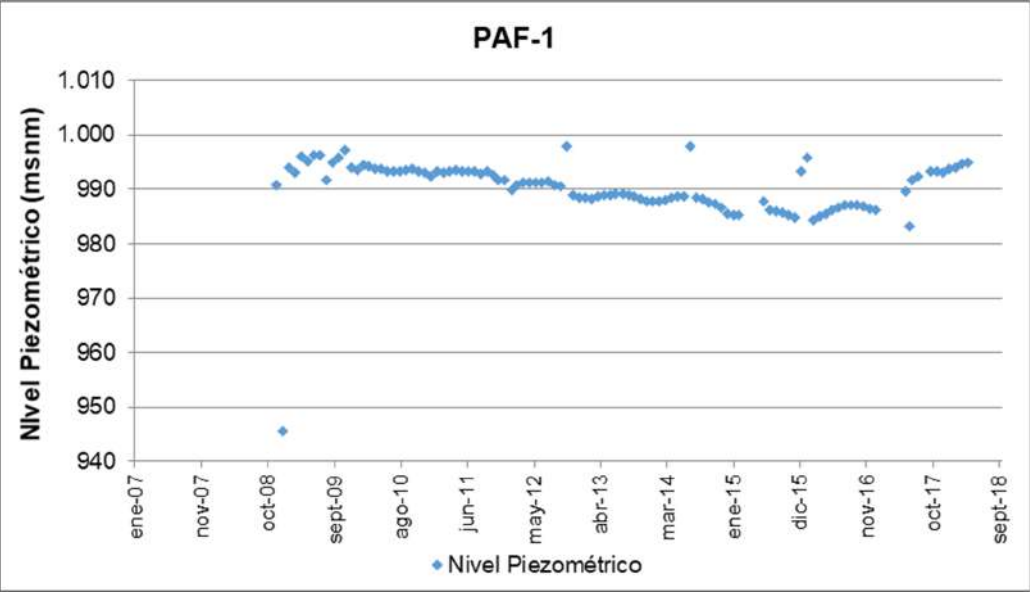
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-79: Nivel de agua subterránea en el pozo PEL-01.



Fuente: Elaboración propia

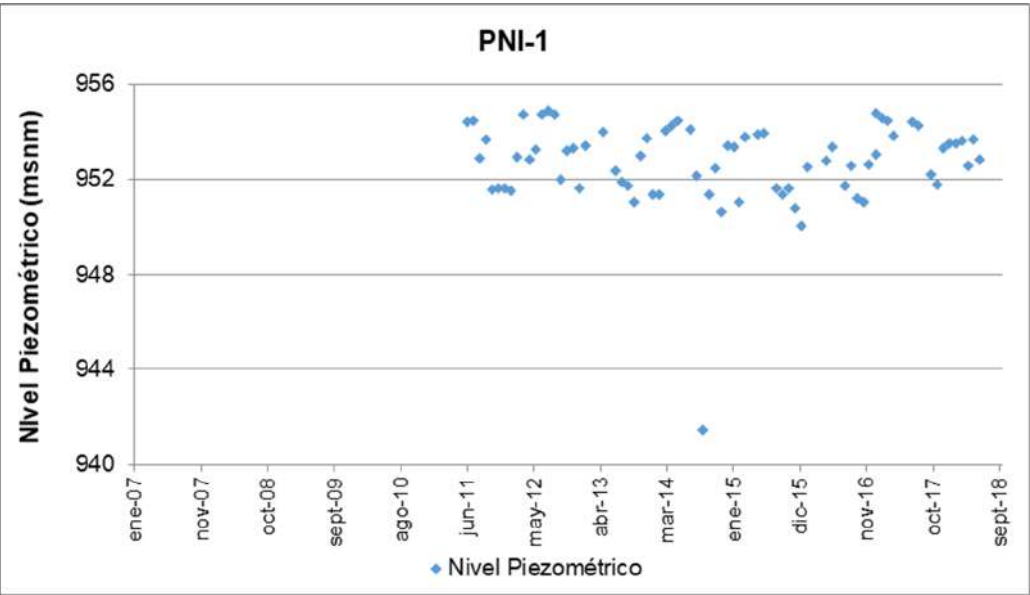
Figura 5-80: Nivel de agua subterránea en el pozo PAF-1.



Fuente: Elaboración propia

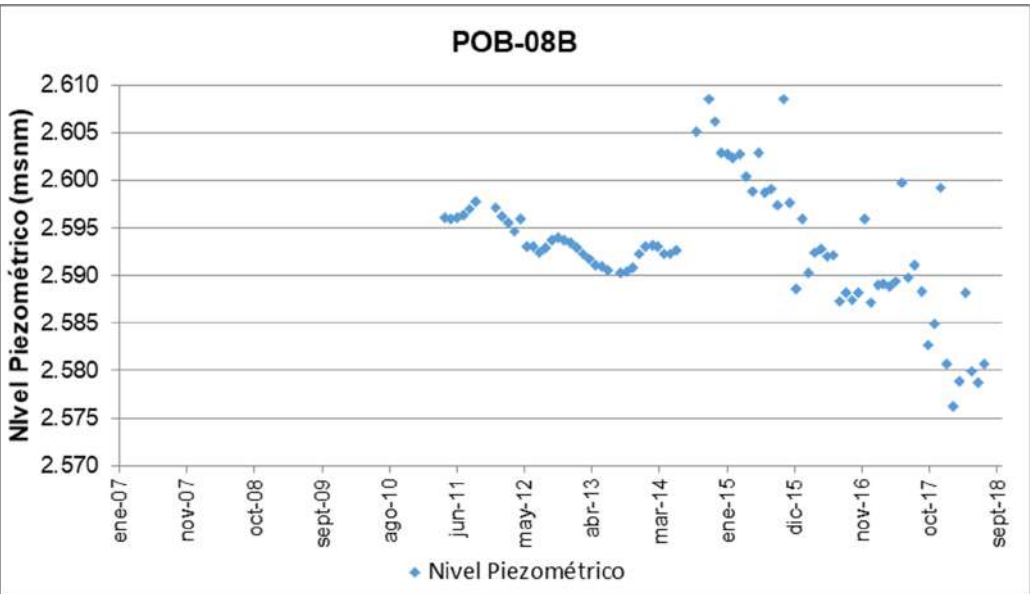


Figura 5-81: Nivel de agua subterránea en el pozo PNI-01.



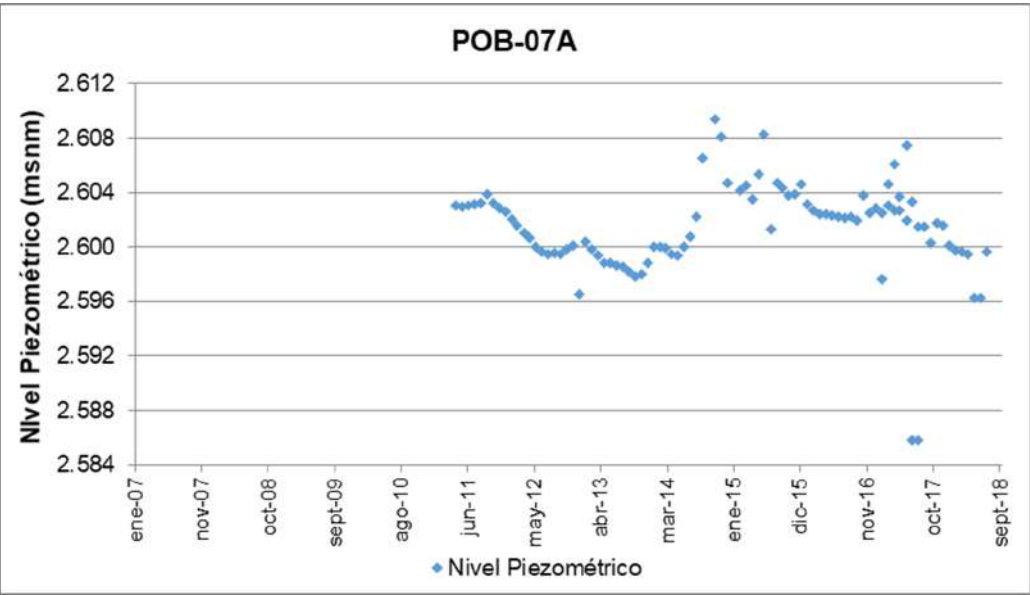
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-82: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-08B.



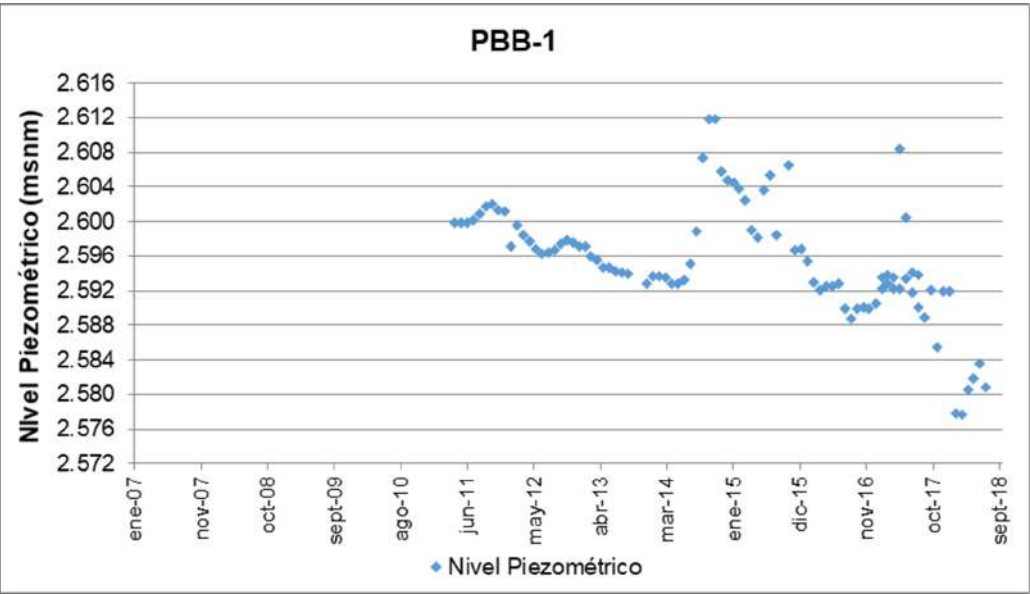
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-83: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-07A.



Fuente: Elaboración propia

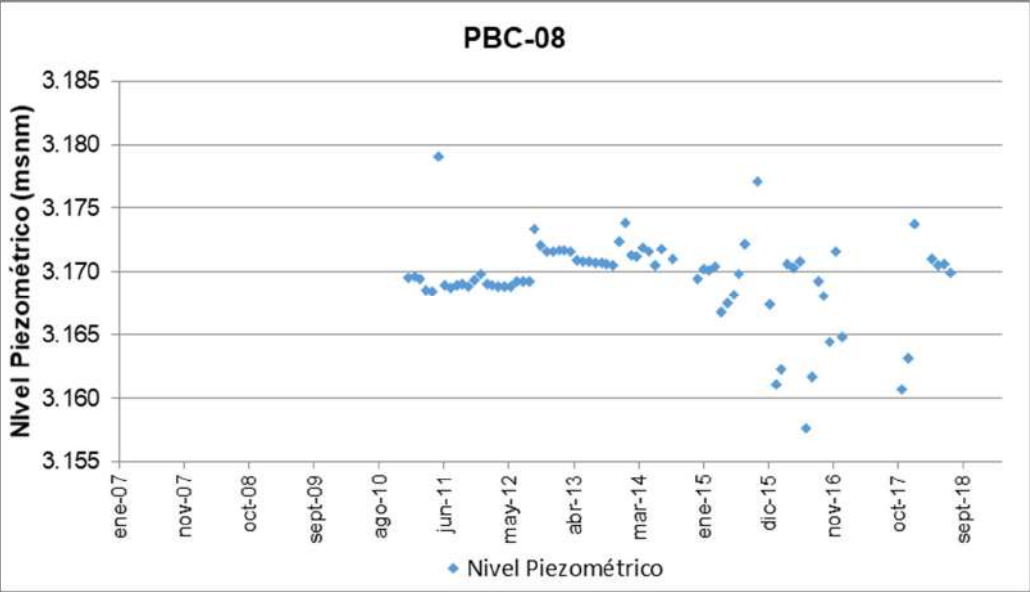
Figura 5-84: Nivel de agua subterránea en el pozo PBB-01.



Fuente: Elaboración propia

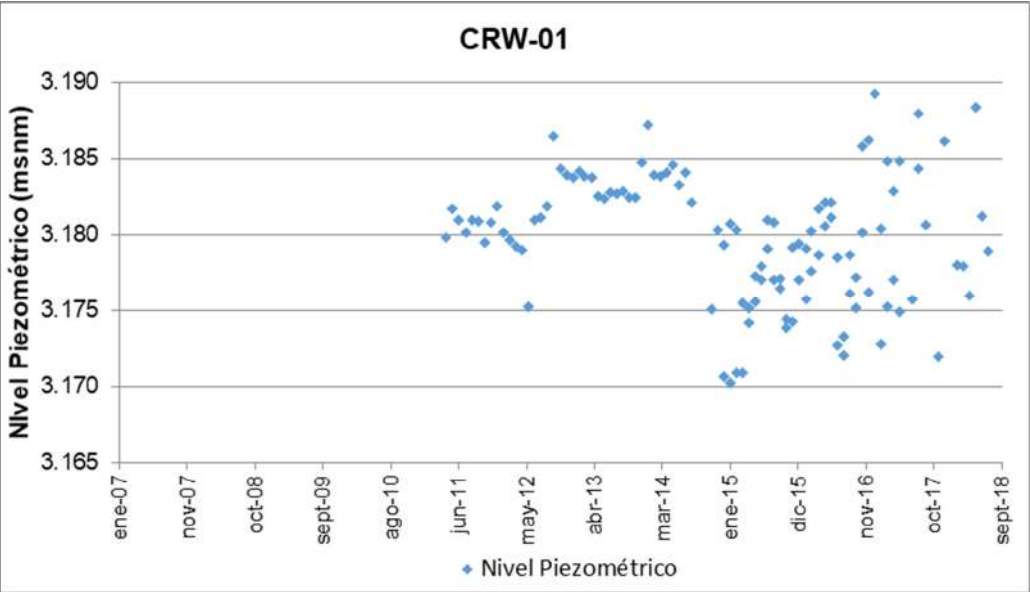


Figura 5-87: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-08.



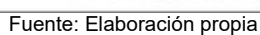
Fuente: Elaboración propi

Figura 5-88: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-01.

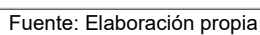


Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-89: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-02.**

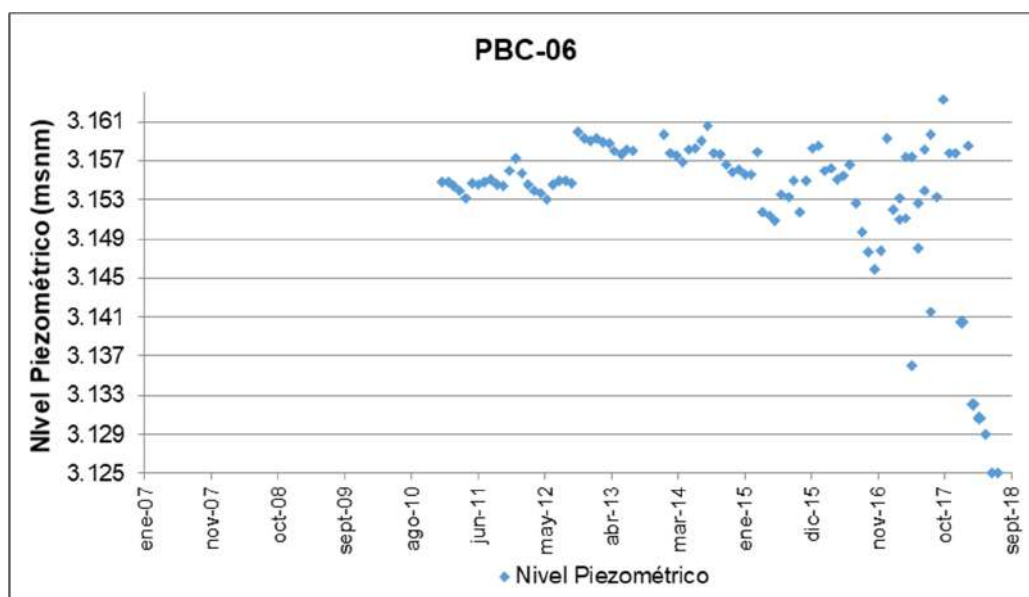


**Figura 5-90: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-02.**





**Figura 5-91: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-06.**



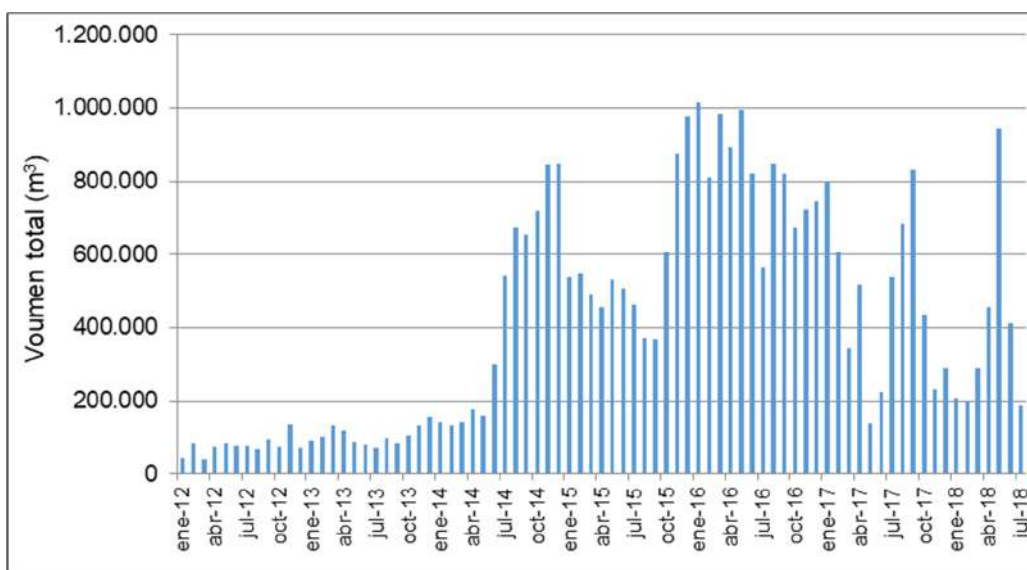
Fuente: Elaboración propia

## 5.6 Extracciones Pozos de Bombeo MLCC

En este subcapítulo se muestran las extracciones registradas en los pozos de bombeo del proyecto Caserones para el periodo comprendido entre el año 2012 hasta la fecha.

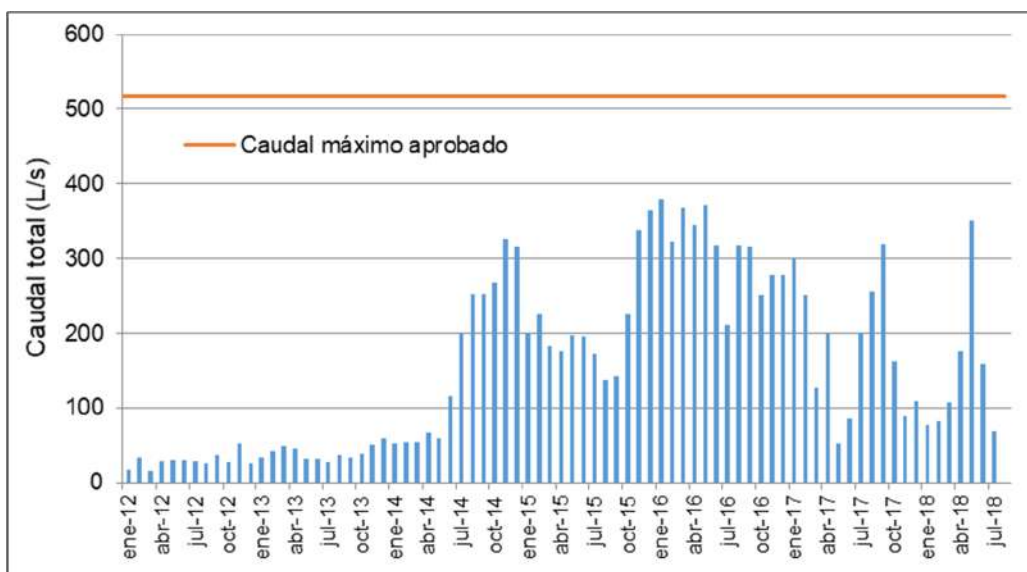
En la Figura 5-92 se muestra el volumen mensual total bombeado mientras que en la Figura 5-93 muestra el caudal total mensual. Desde la Figura 5-94 a Figura 5-147 se presenta el volumen bombeado a nivel mensual y el caudal medio mensual para cada uno de los pozos, junto al respectivo caudal aprobado.

**Figura 5-92: Volumen mensual total bombeado por MLCC.**



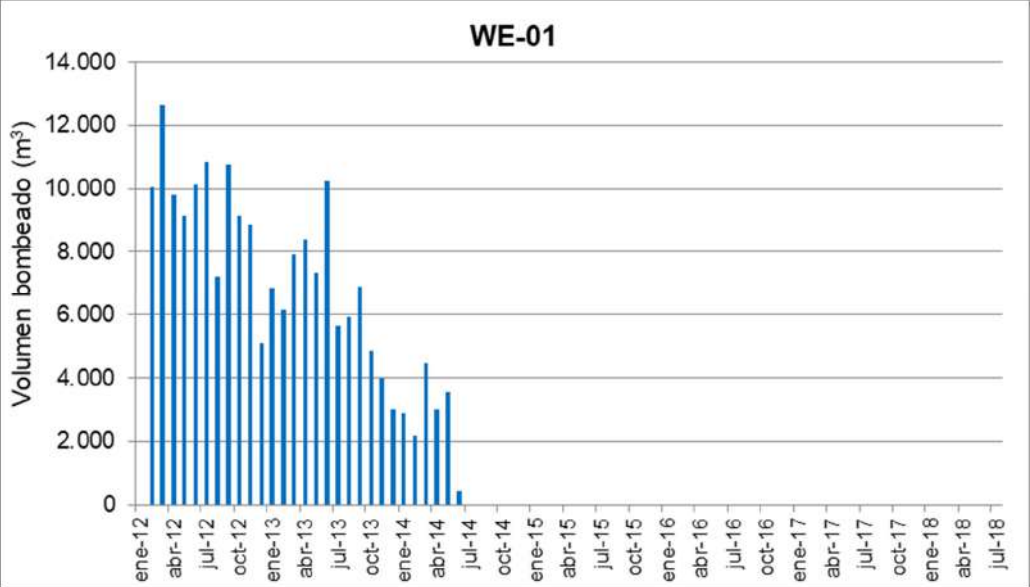
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-93: Caudal medio mensual total bombeado por MLCC.**



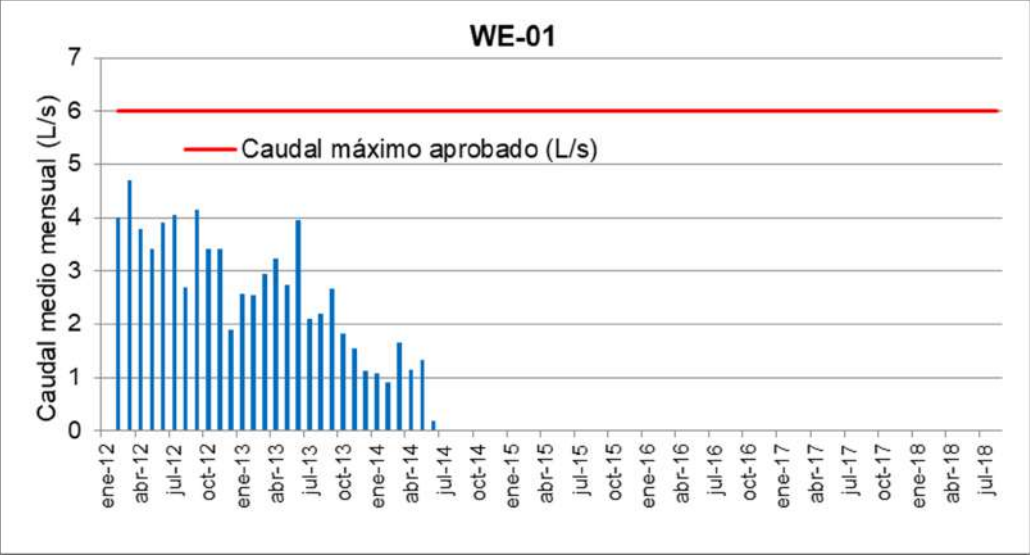
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-94: Volumen mensual bombeado pozo WE-01.



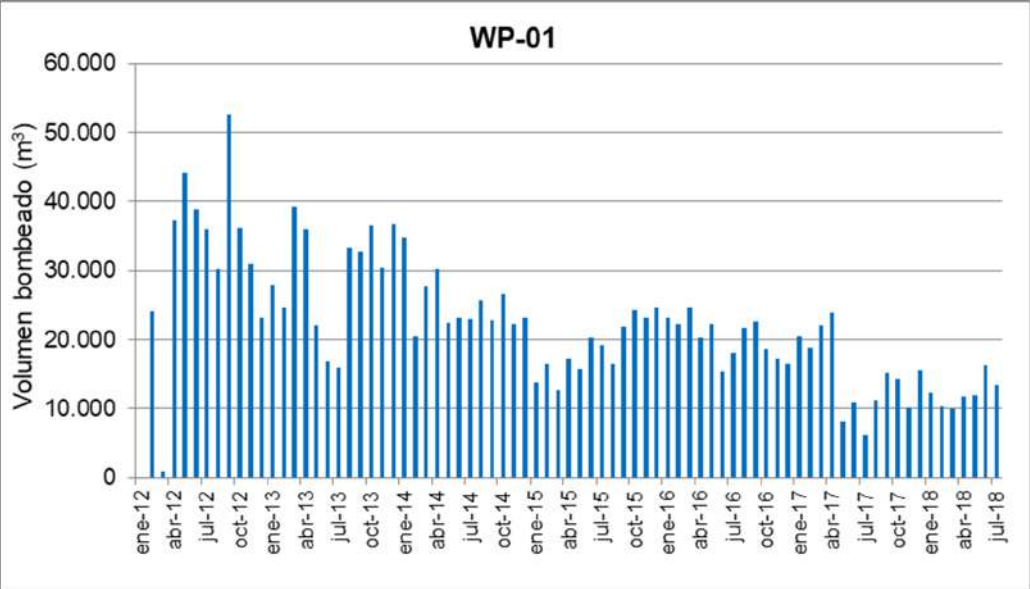
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-95: Caudal medio mensual bombeado pozo WE-01.



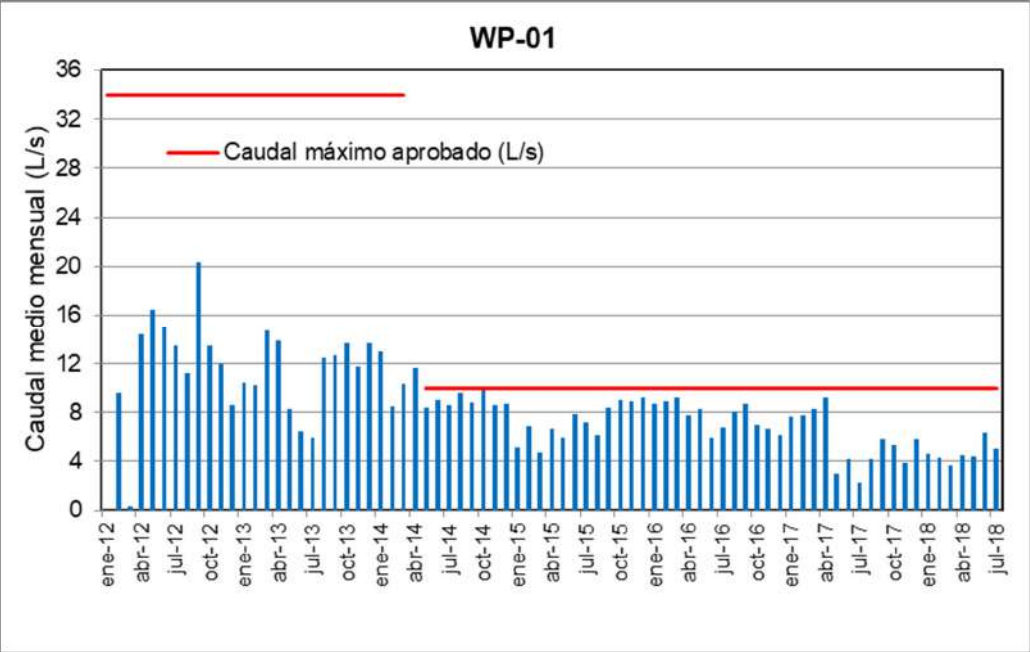
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-96: Volumen mensual bombeado pozo WP-01.



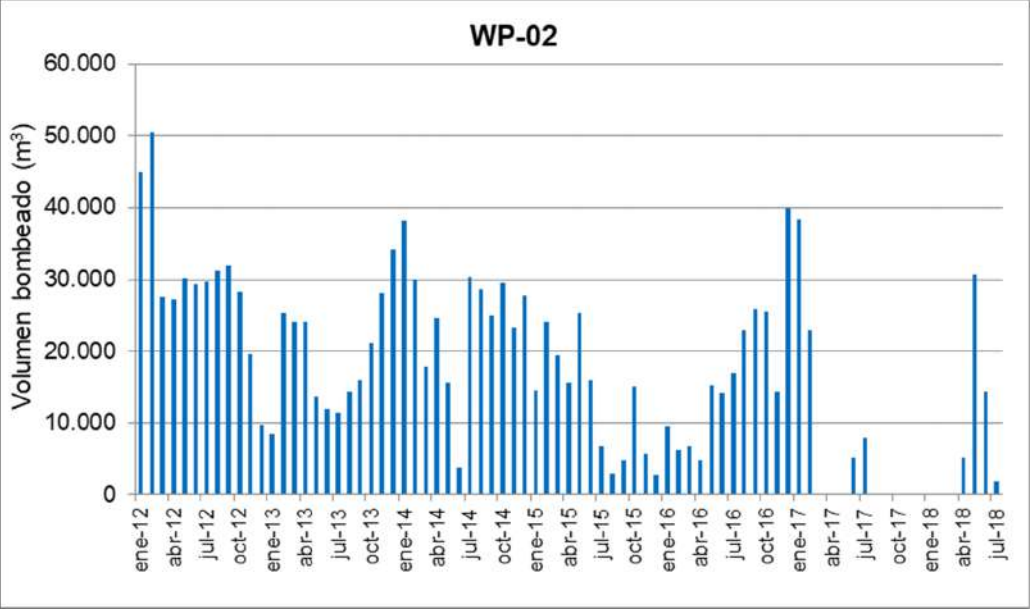
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-97: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-01.



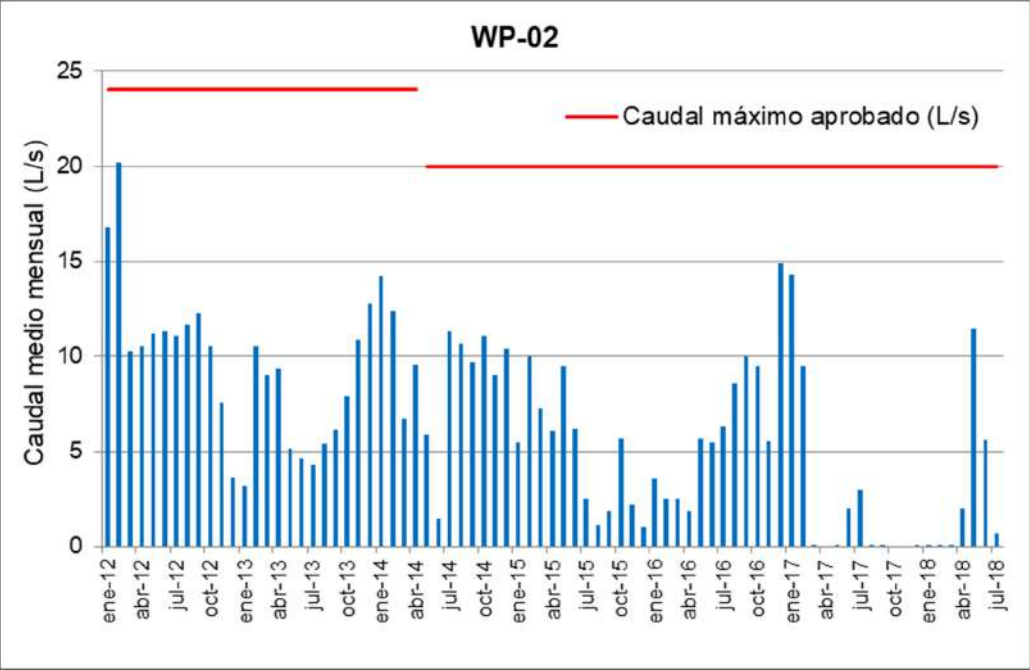
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-98: Volumen mensual bombeado pozo WP-02.



Fuente: Elaboración propia

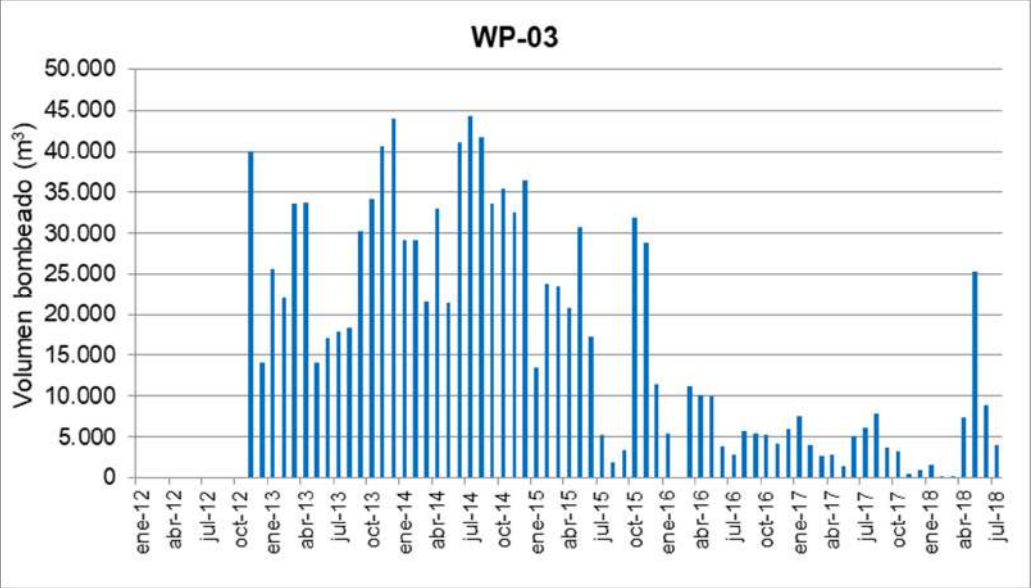
Figura 5-99: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-02.



Fuente: Elaboración propia

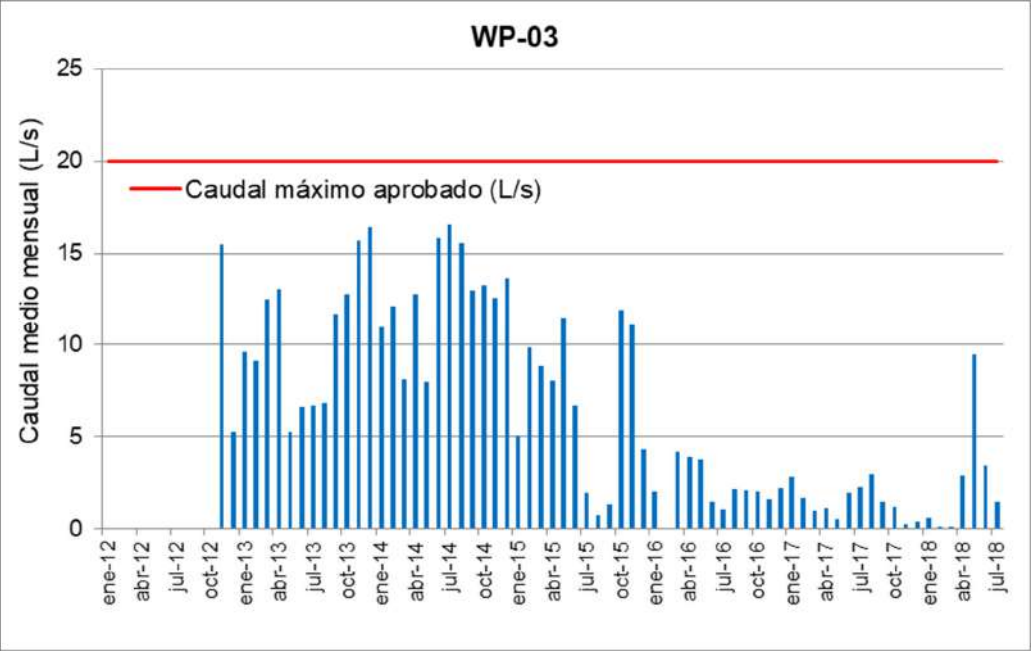


Figura 5-100: Volumen mensual bombeado pozo WP-03.



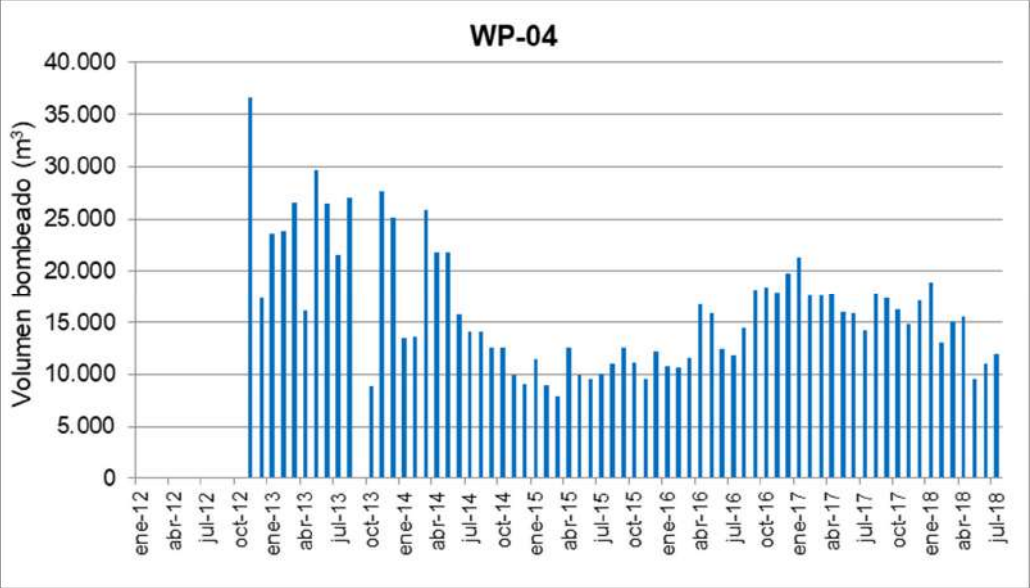
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-101: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-03.



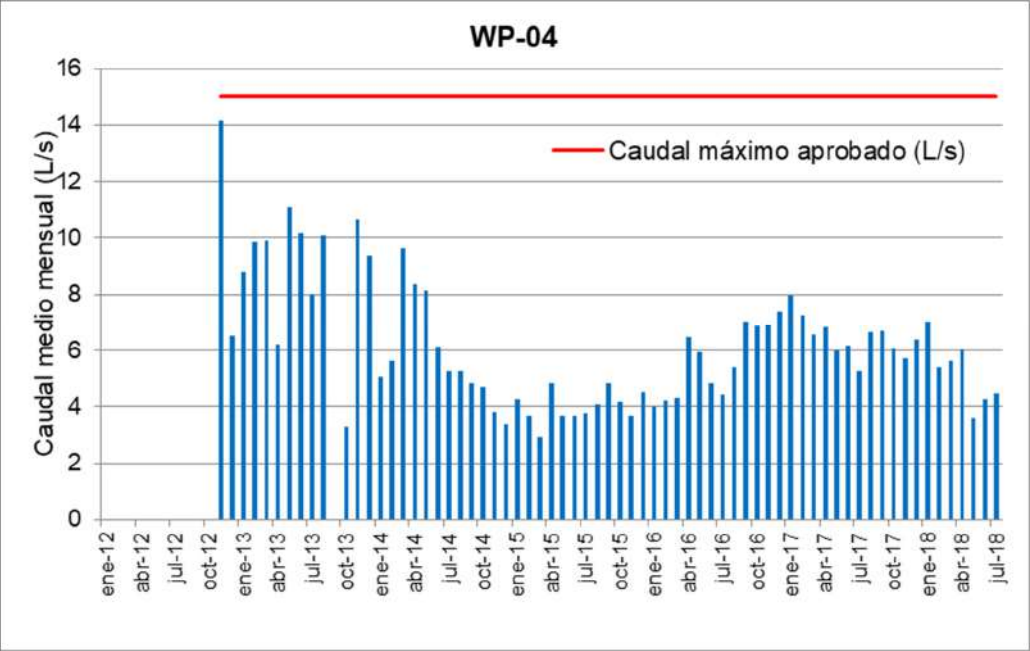
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-102: Volumen mensual bombeado pozo WP-04.



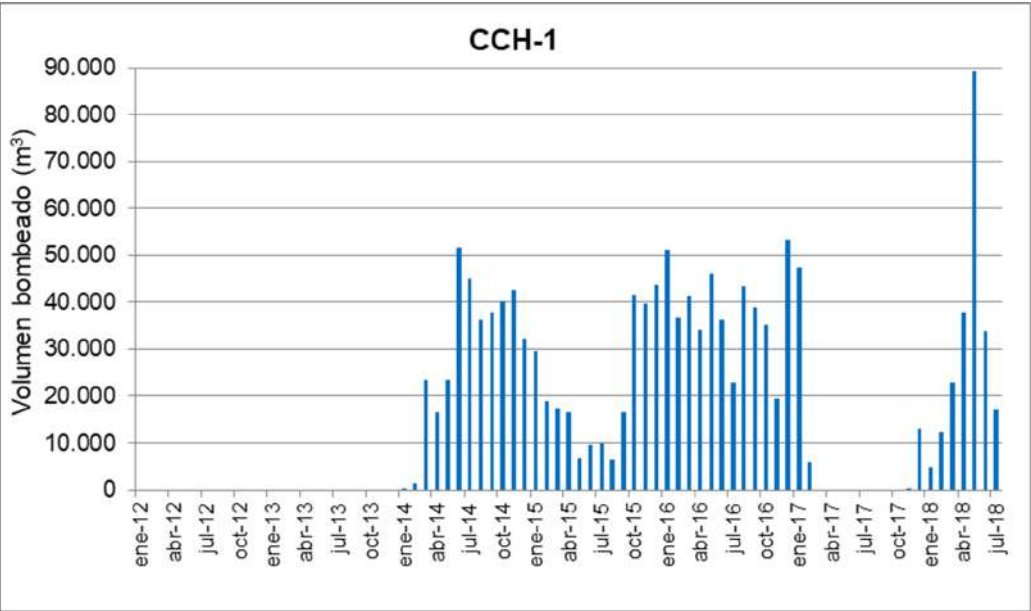
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-103: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-04.



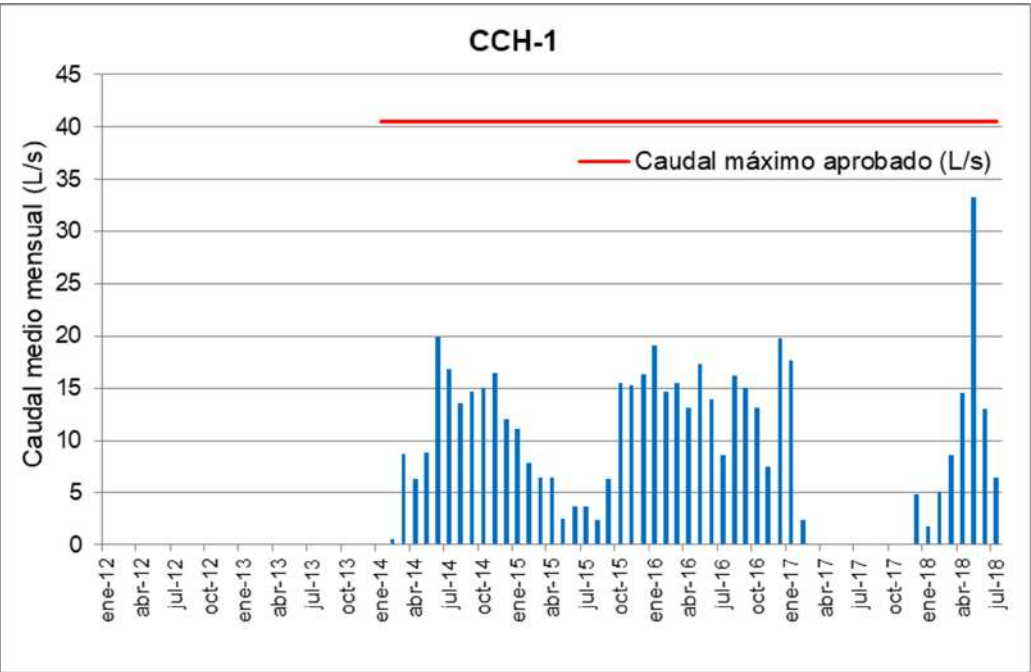
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-104: Volumen mensual bombeado pozo CCH-1.



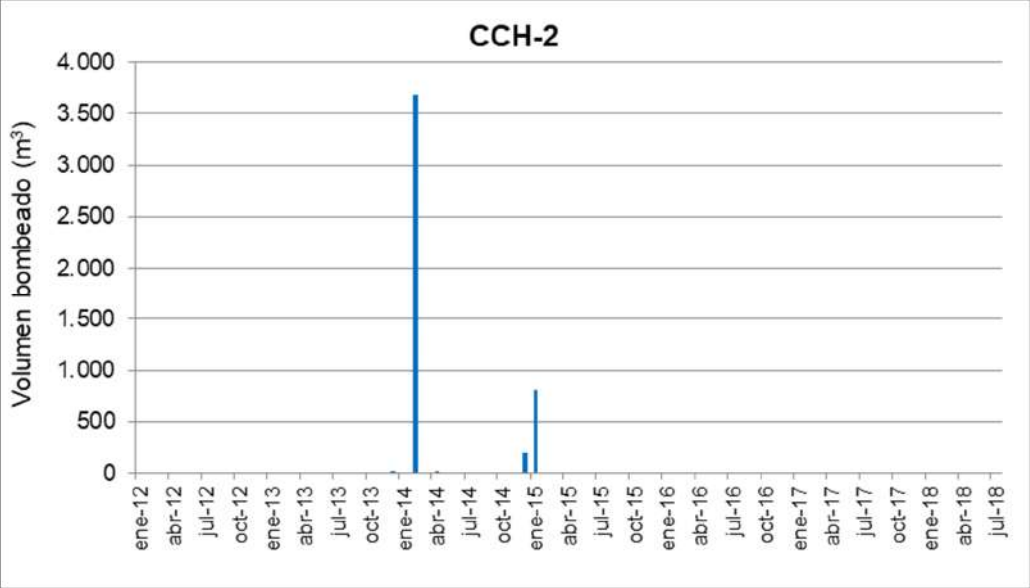
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-105: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-1.



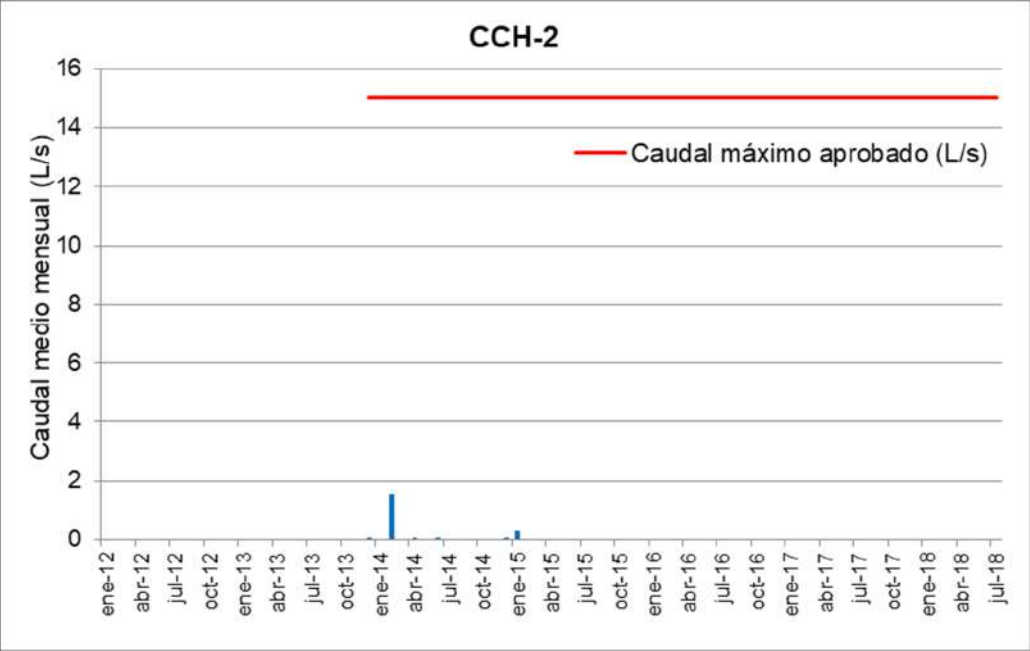
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-106: Volumen mensual bombeado pozo CCH-2.



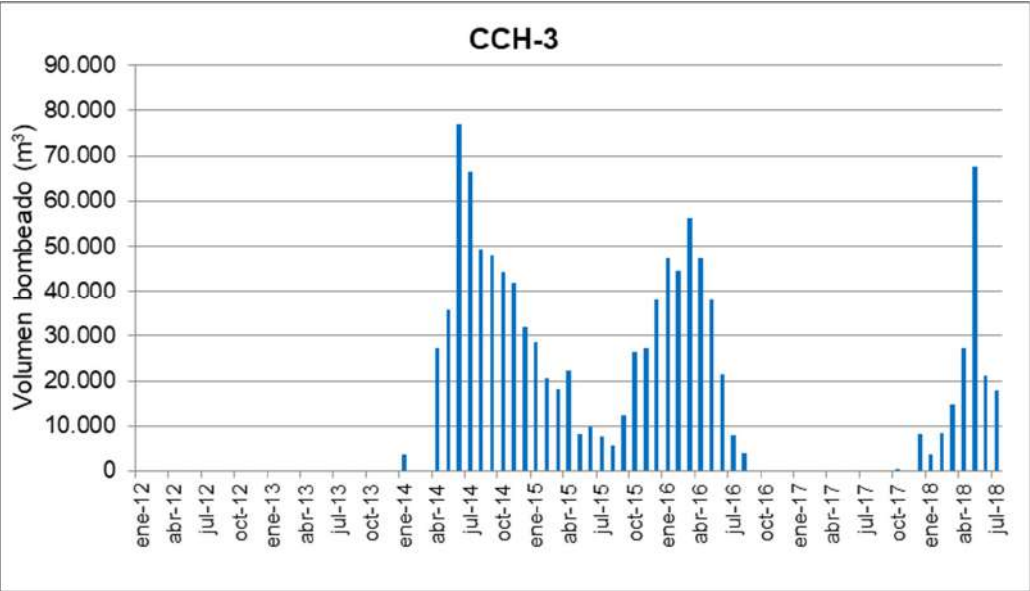
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-107: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-02.



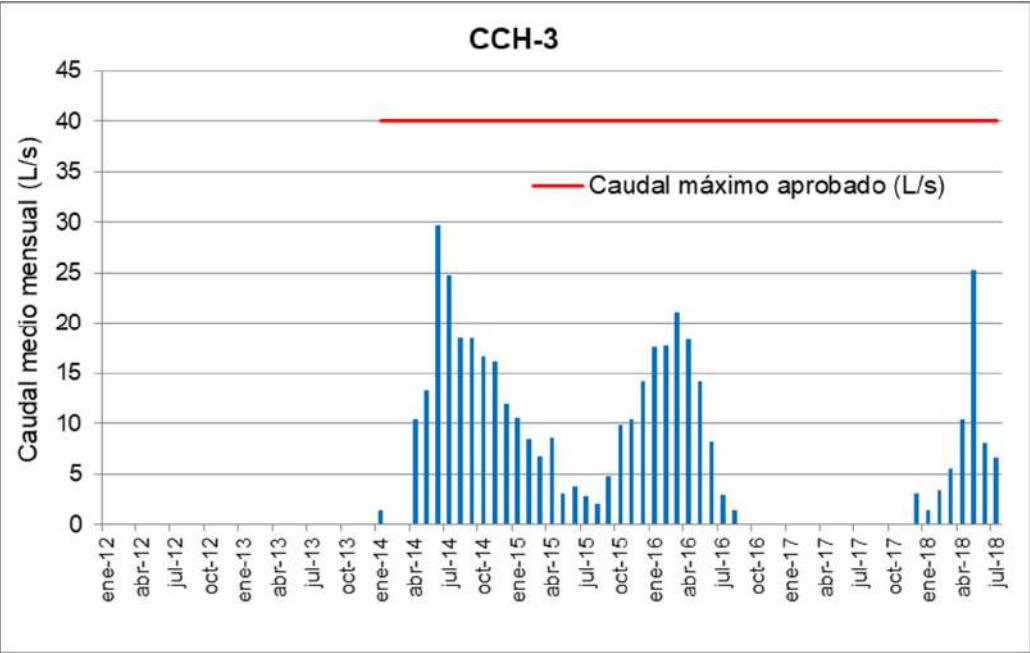
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-108: Volumen mensual bombeado pozo CCH-3.



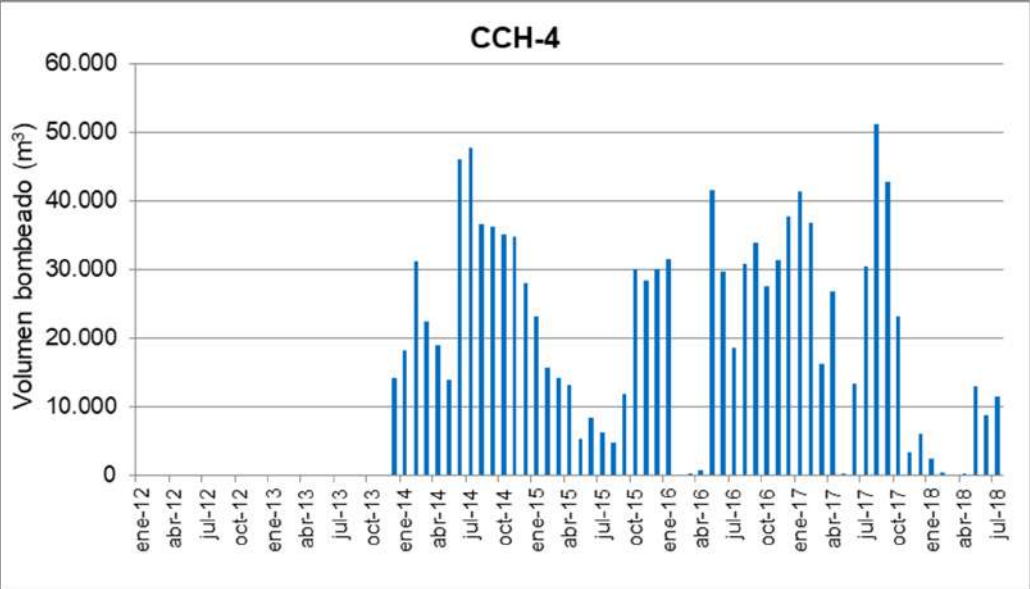
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-109: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-3



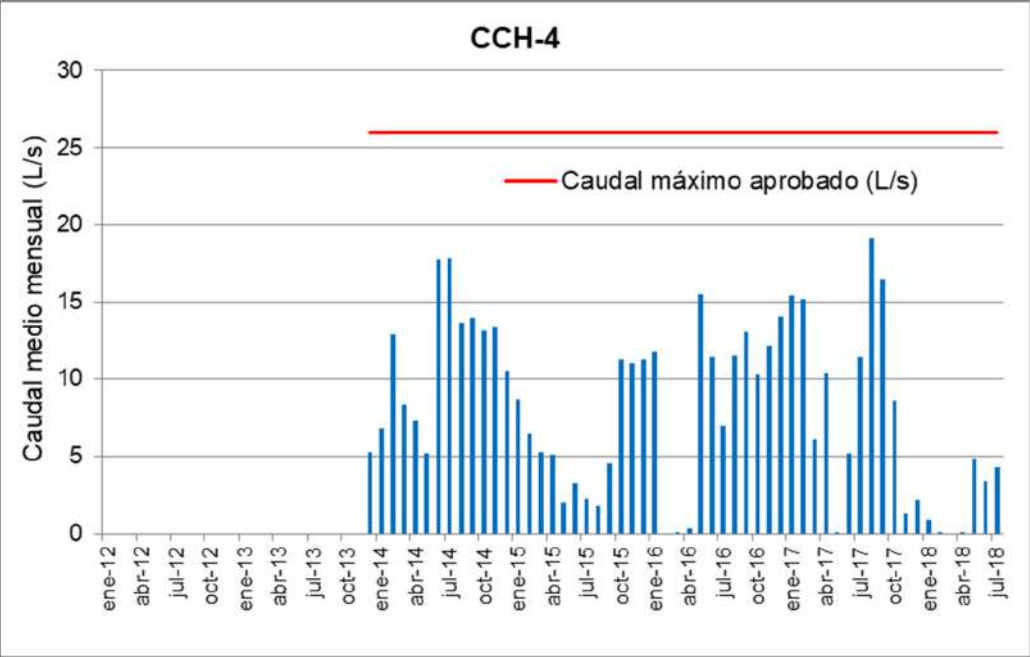
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-110: Volumen mensual bombeado pozo CCH-4.



Fuente: Elaboración propia

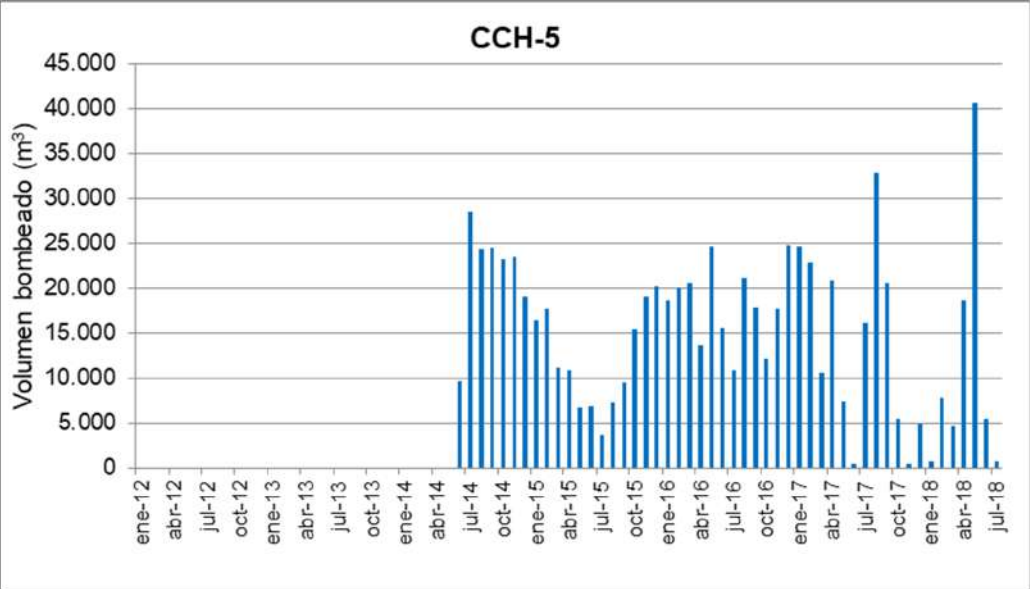
Figura 5-111: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-04.



Fuente: Elaboración propia

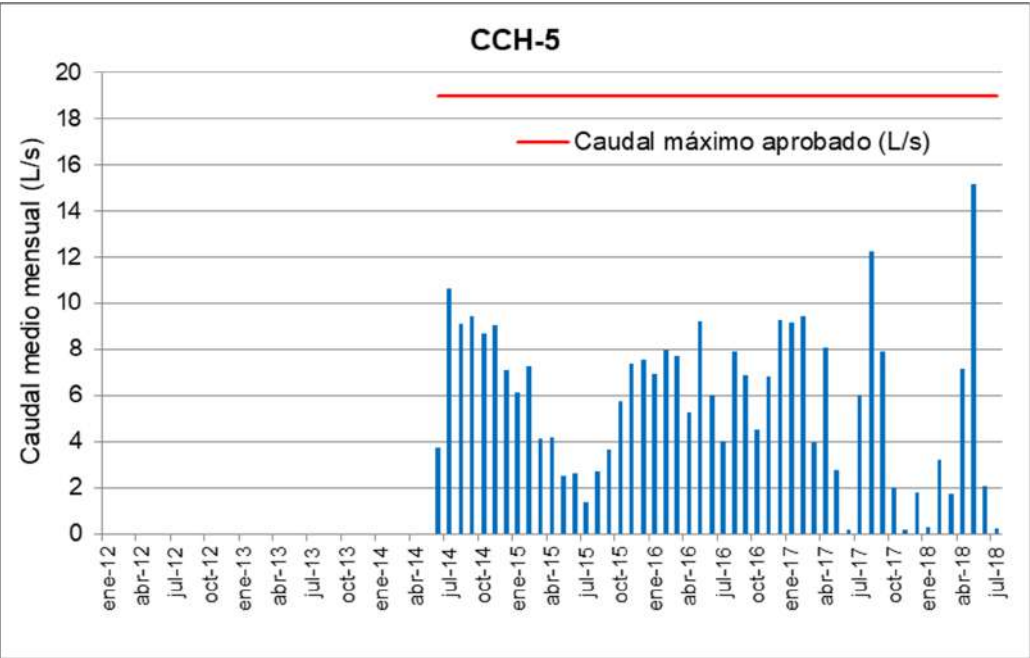


Figura 5-112: Volumen mensual bombeado pozo CCH-5.



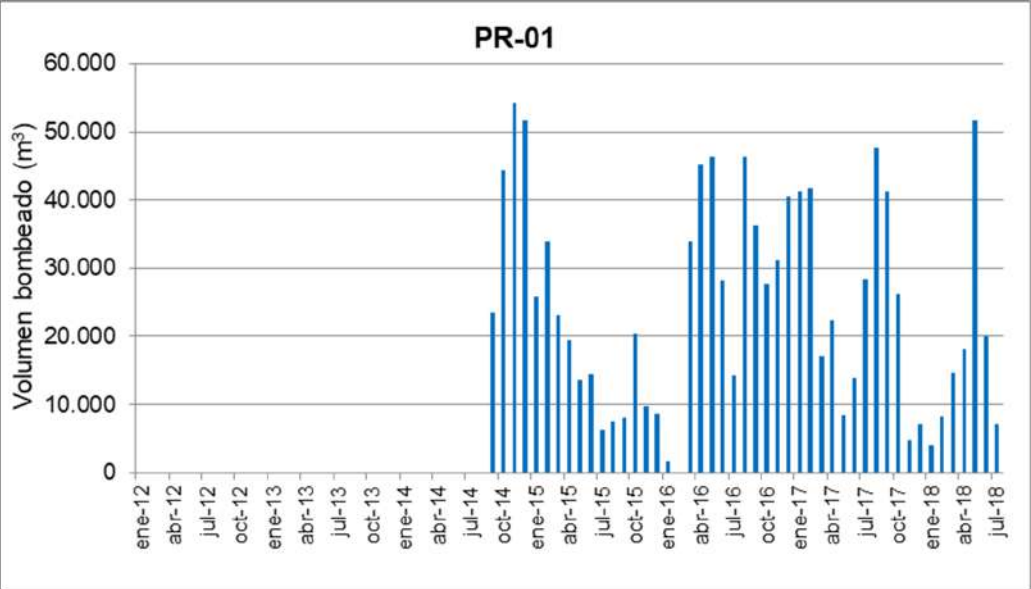
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-113: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-05.



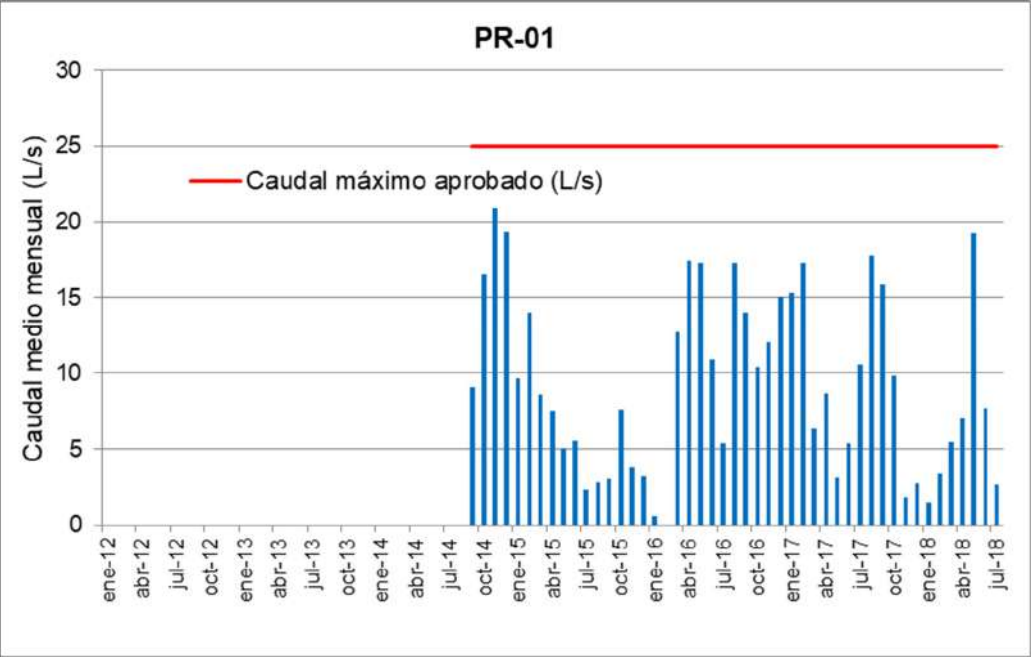
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-114: Volumen mensual bombeado pozo PR-01.



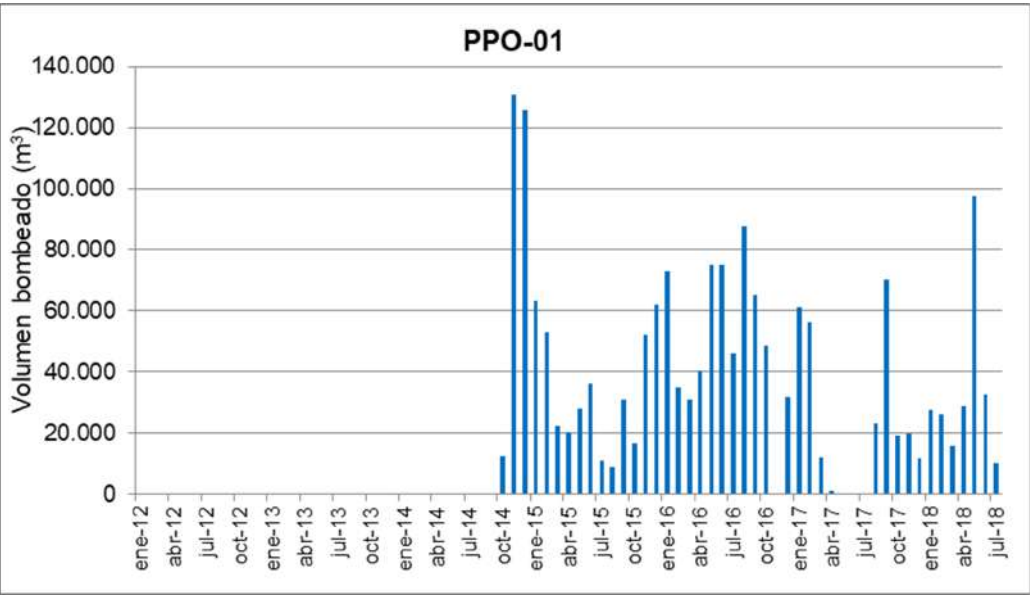
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-115: Caudal medio mensual bombeado pozo PR-01.



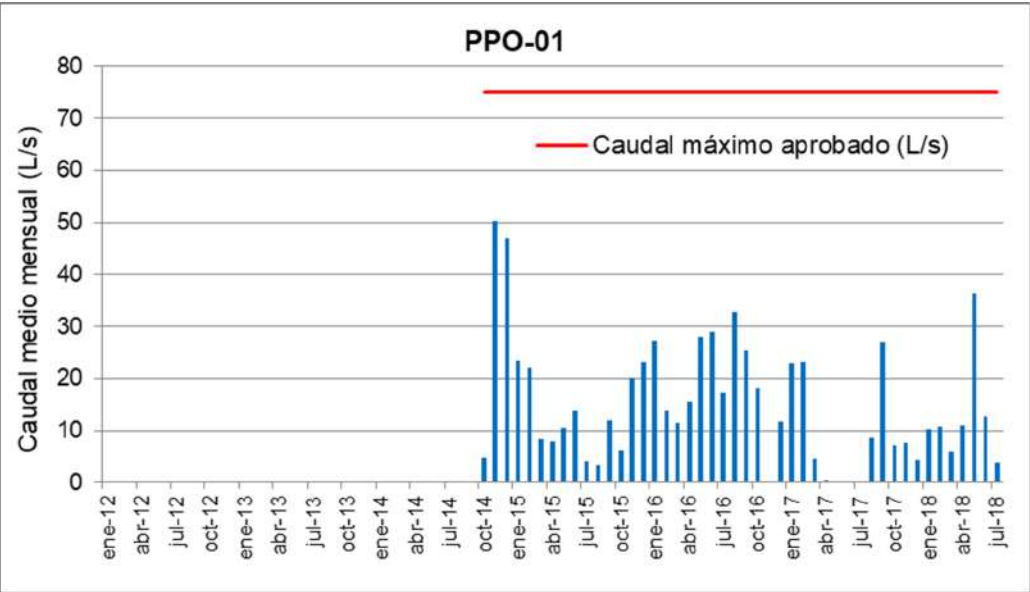
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-116: Volumen mensual bombeado pozo PPO-01.



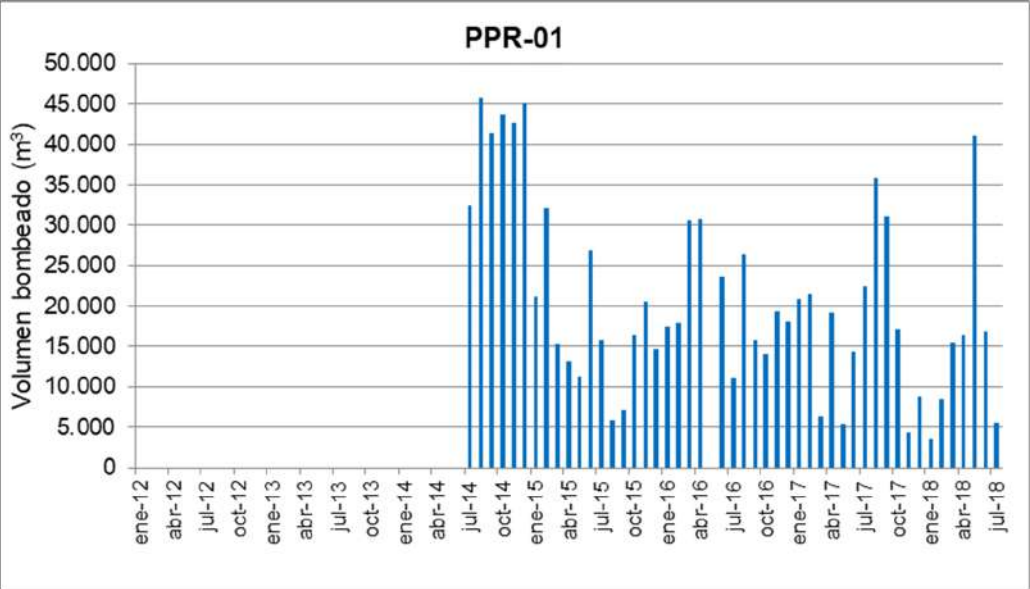
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-117: Caudal medio mensual bombeado pozo PPO-01.



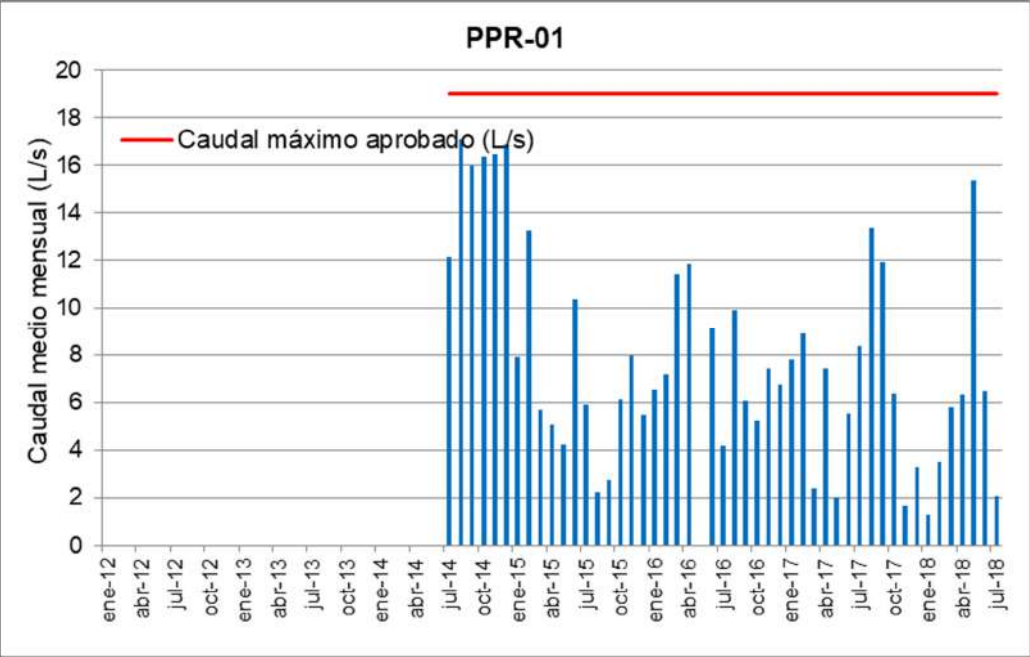
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-118: Volumen mensual bombeado pozo PPR-01.



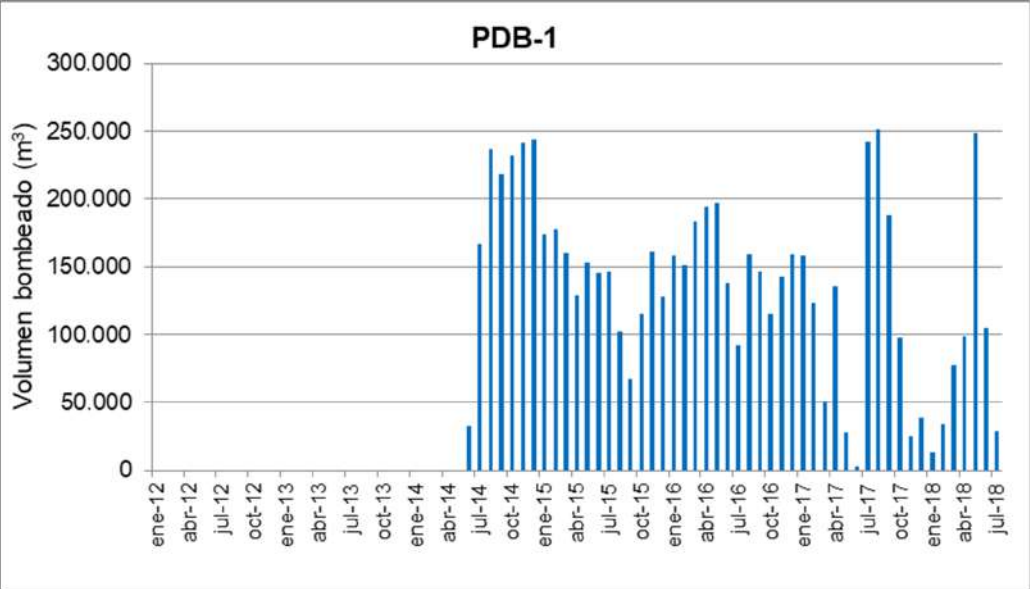
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-119: Caudal medio mensual bombeado pozo PPR-01.



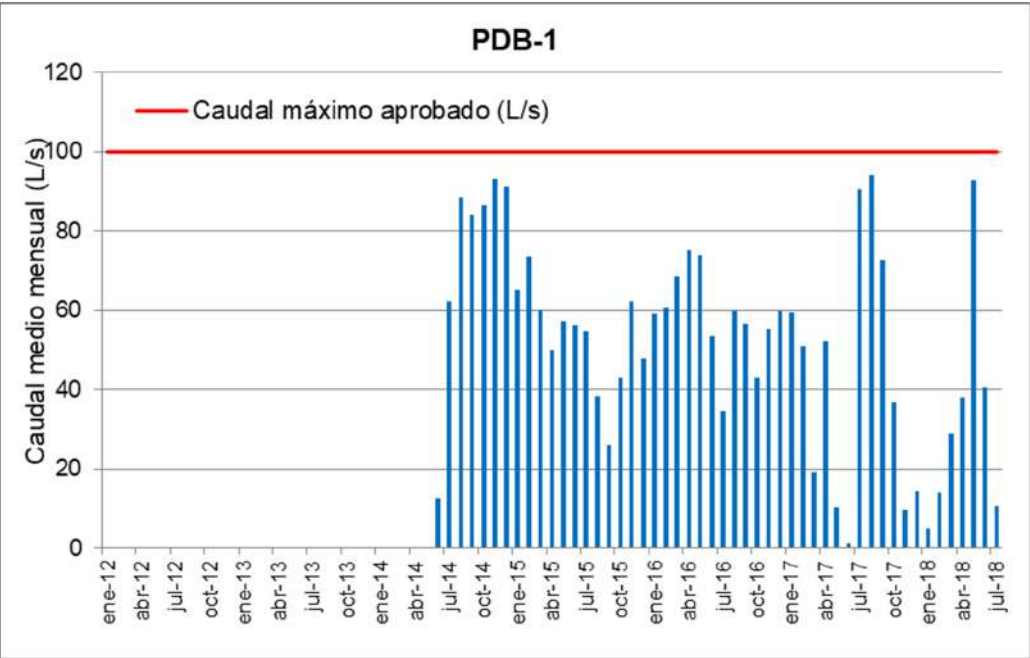
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-120: Volumen mensual bombeado pozo PDB-1



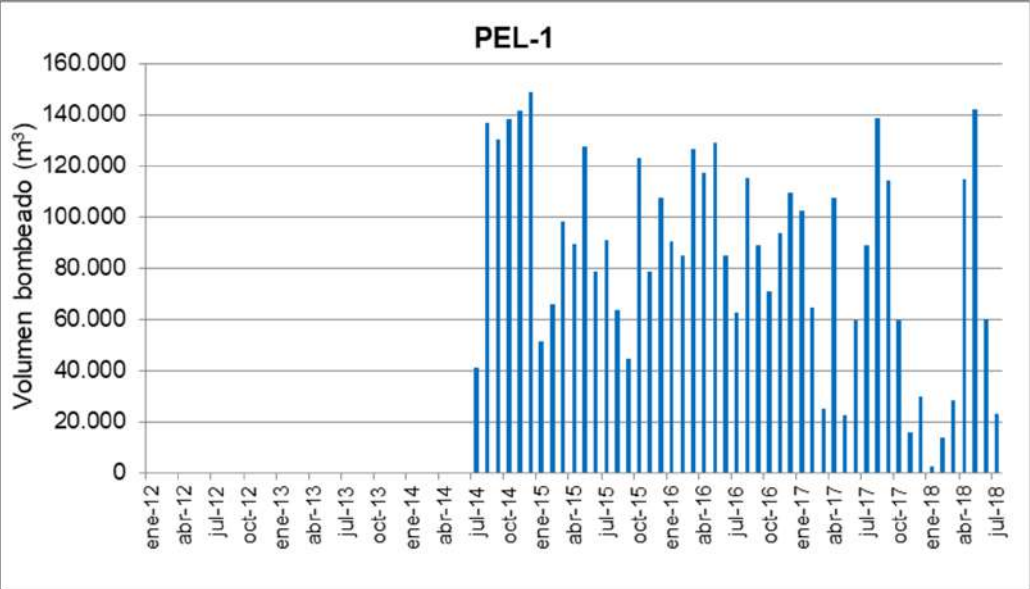
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-121: Caudal medio mensual bombeado pozo PDB-01.



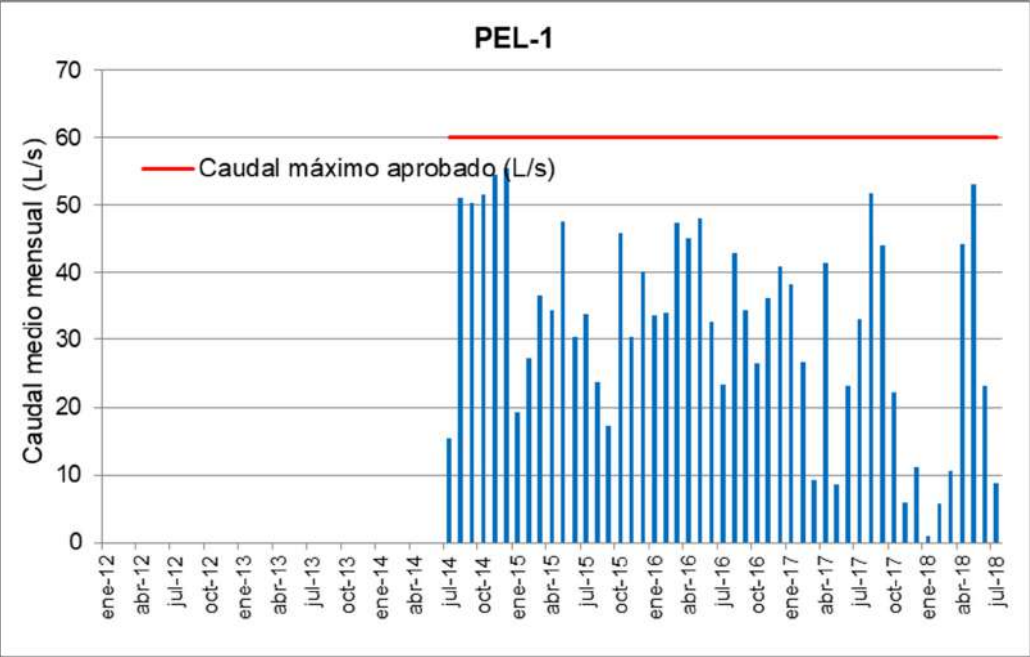
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-122: Volumen mensual bombeado pozo PEL-1.



Fuente: Elaboración propia

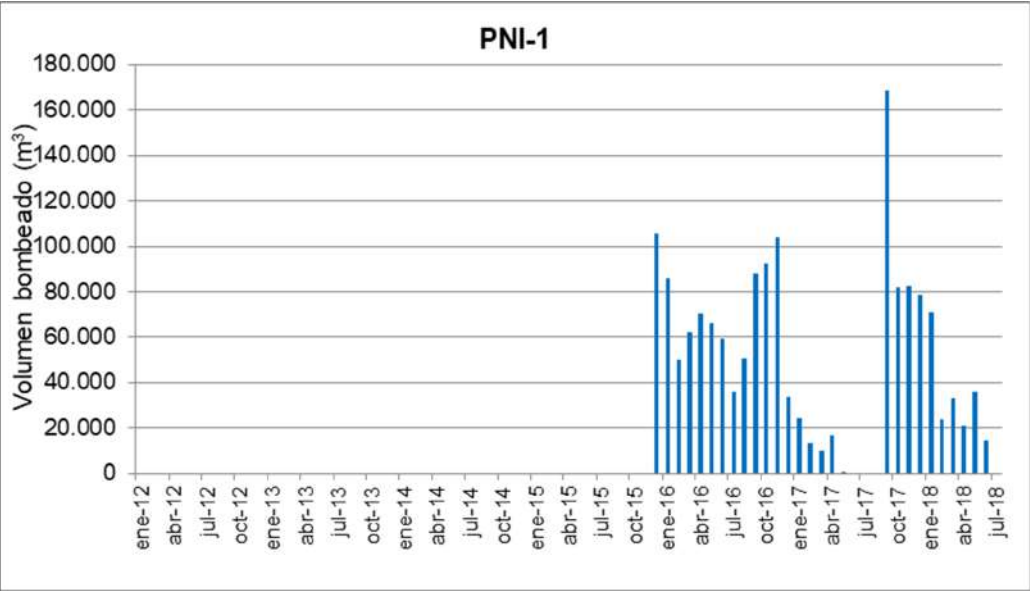
Figura 5-123: Caudal medio mensual bombeado pozo PEL-1.



Fuente: Elaboración propia

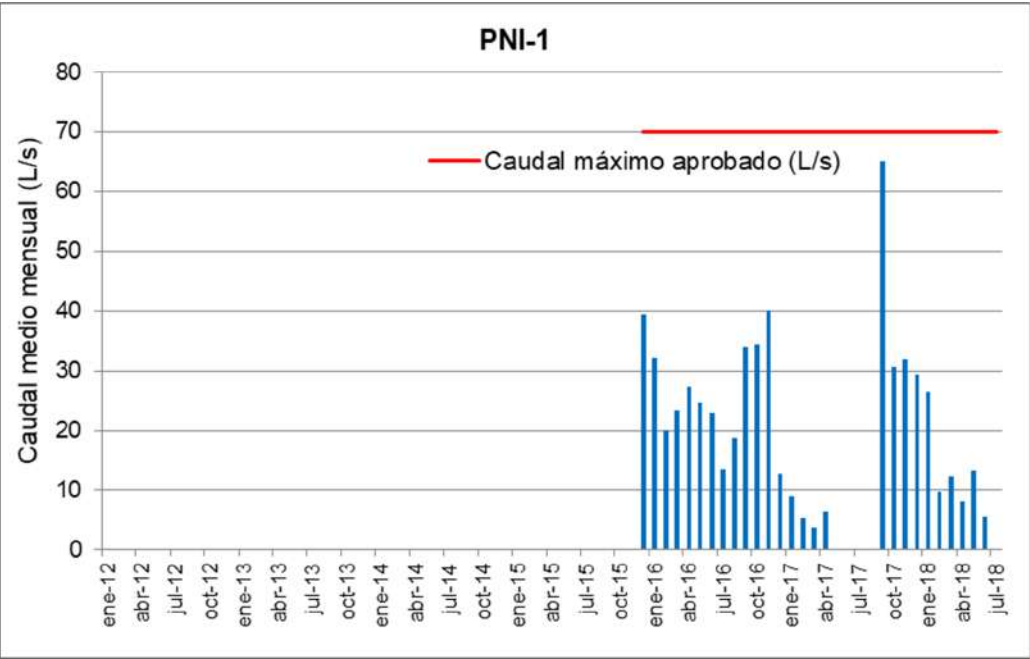


Figura 5-124: Volumen mensual bombeado pozo PNI-1.



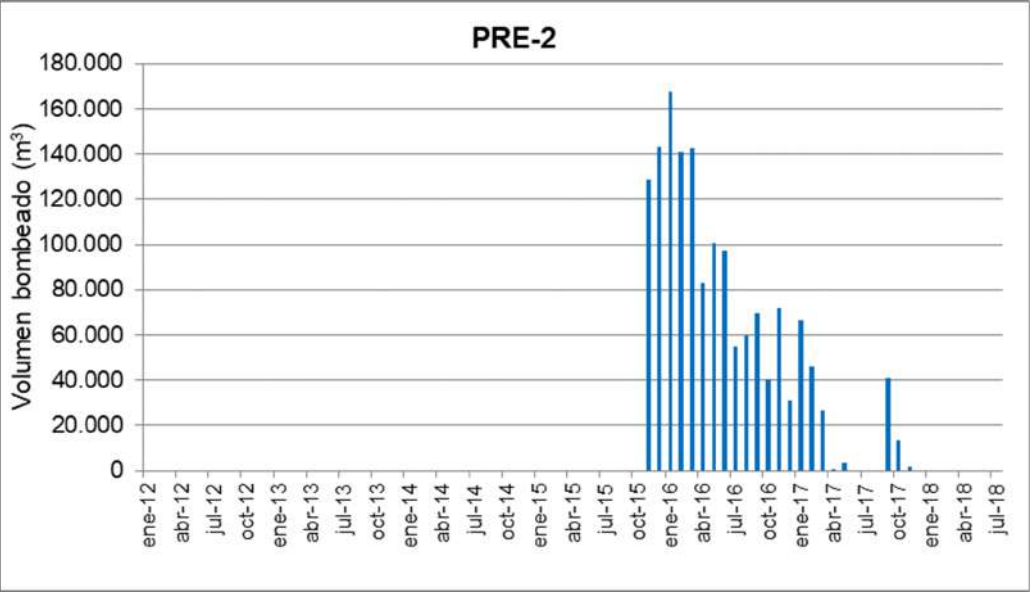
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-125: Caudal medio mensual bombeado pozo PNI-1.



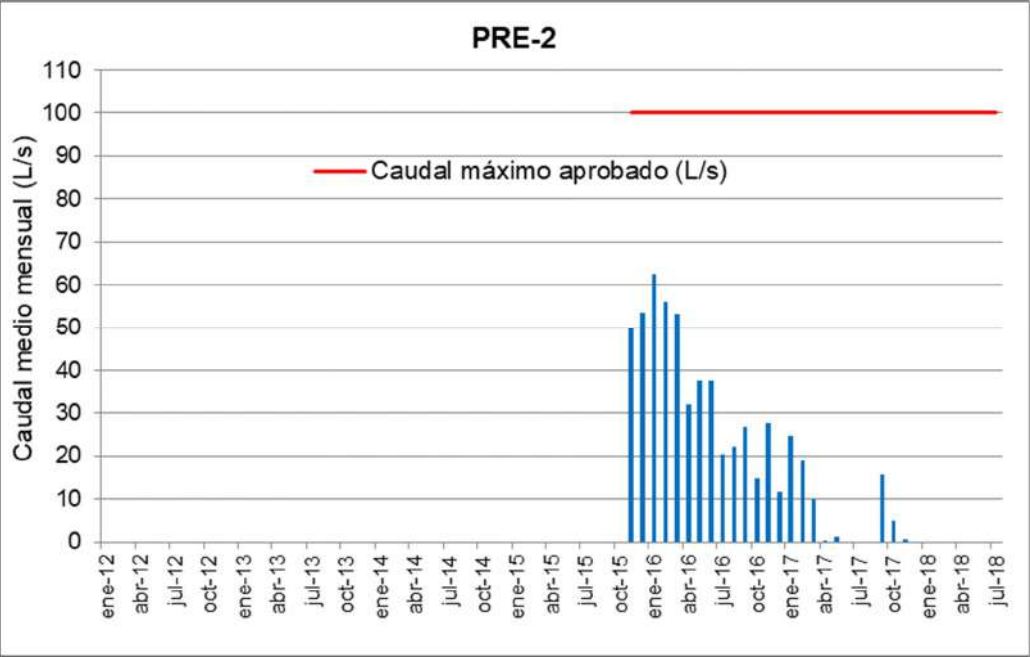
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-126: Volumen mensual bombeado pozo PRE-2.



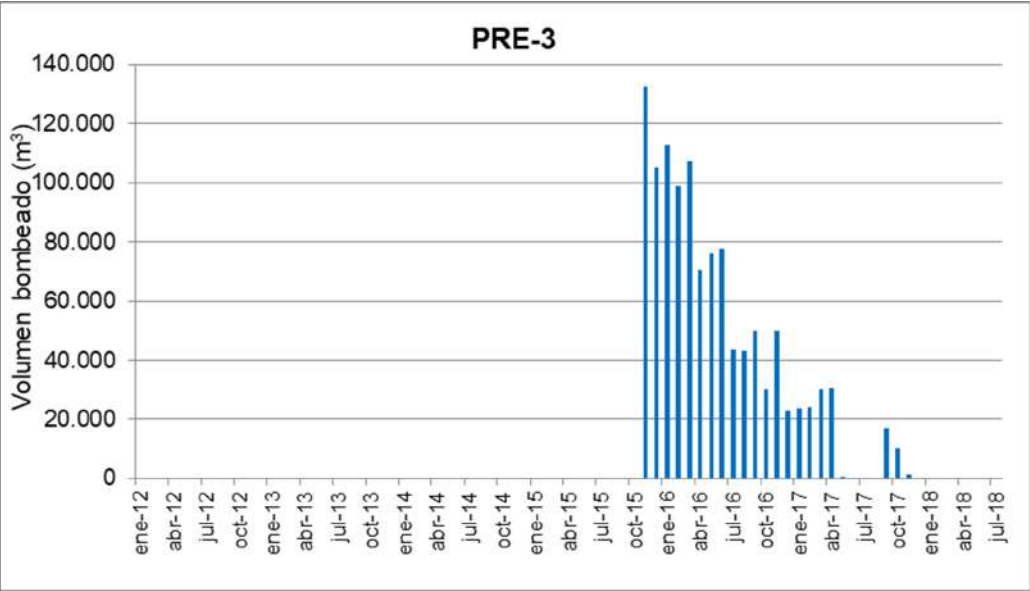
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-127: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-2.



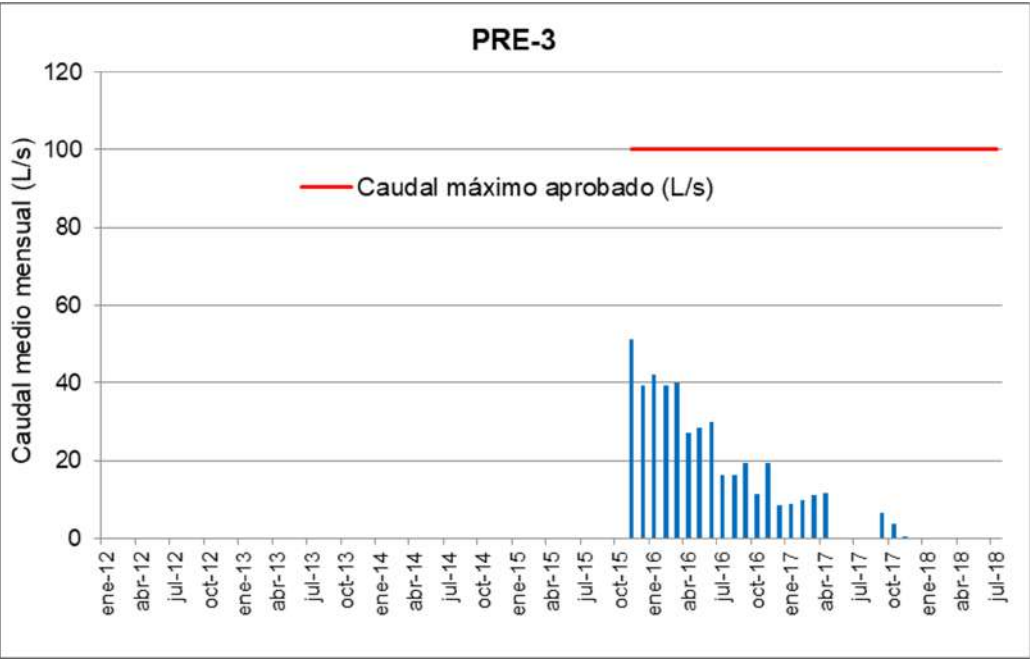
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-128: Volumen mensual bombeado pozo PRE-3.



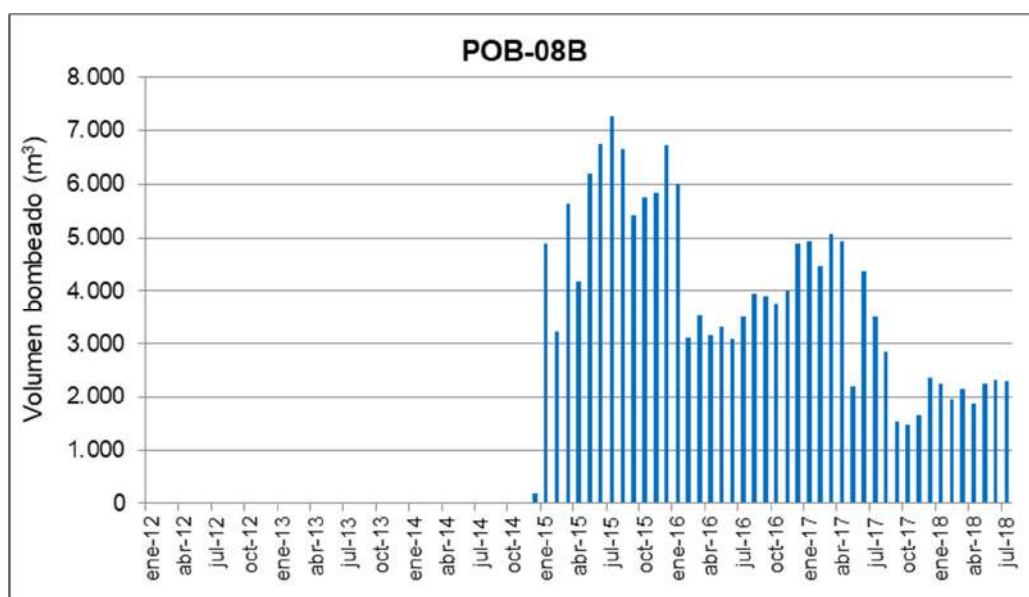
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-129: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-3.



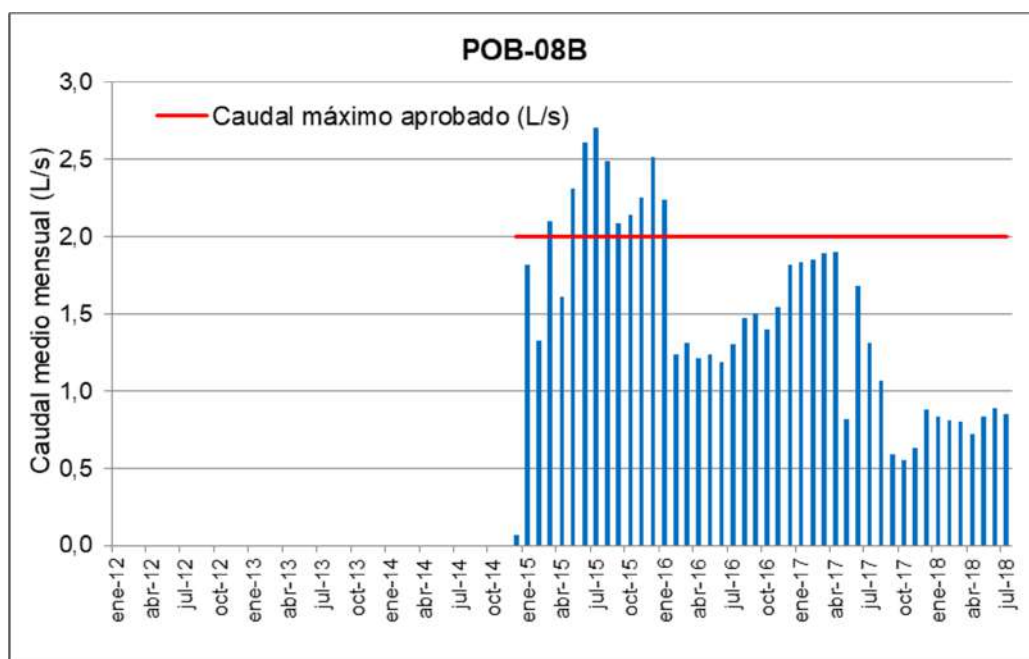
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-130: Volumen mensual bombeado pozo POB-08B.**



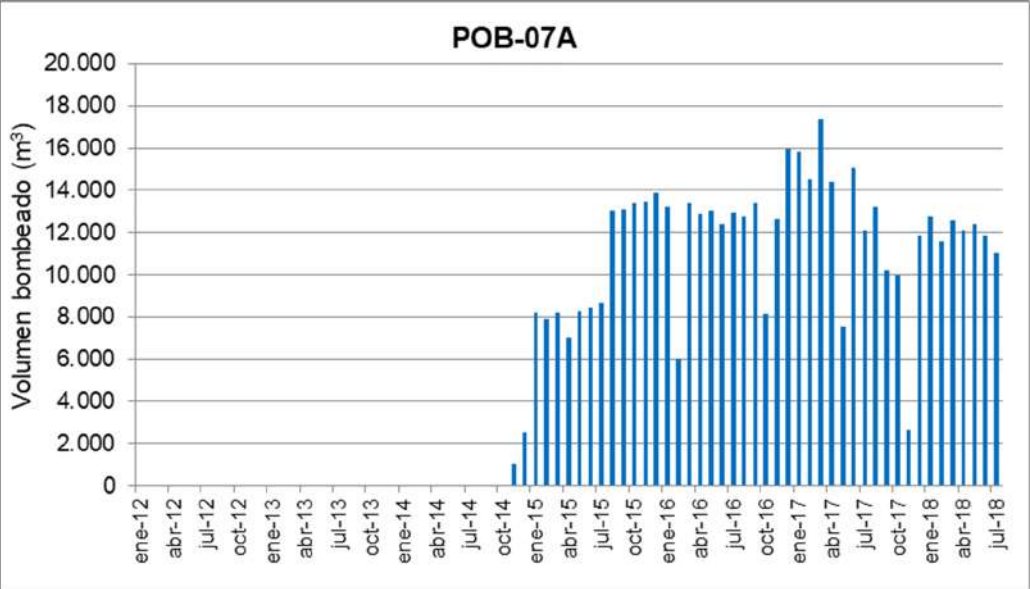
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-131: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-08B.**



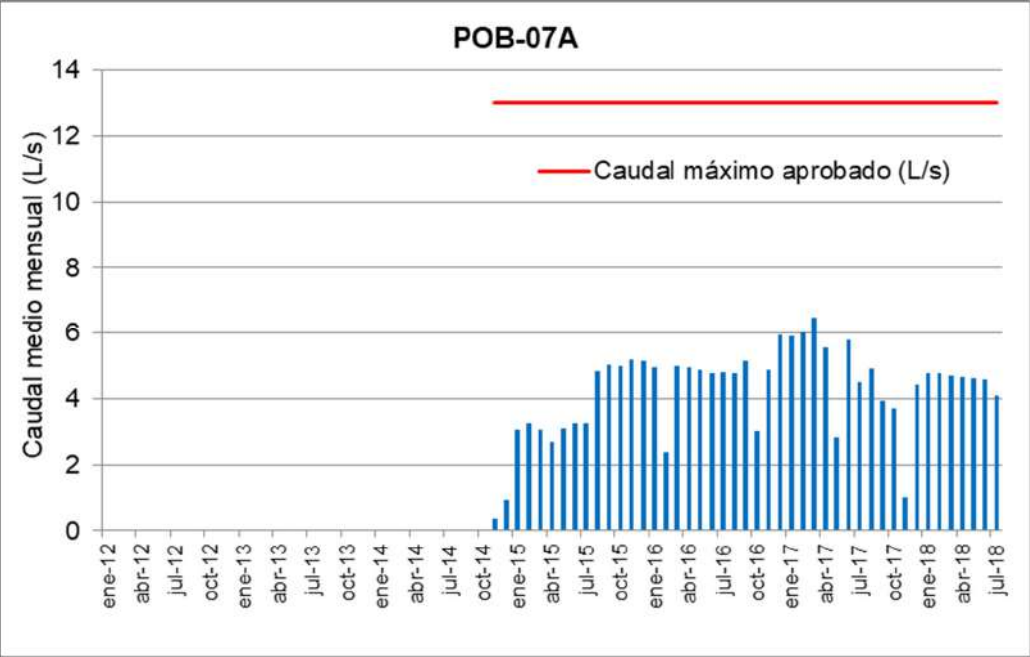
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-132: Volumen mensual bombeado pozo POB-07A.



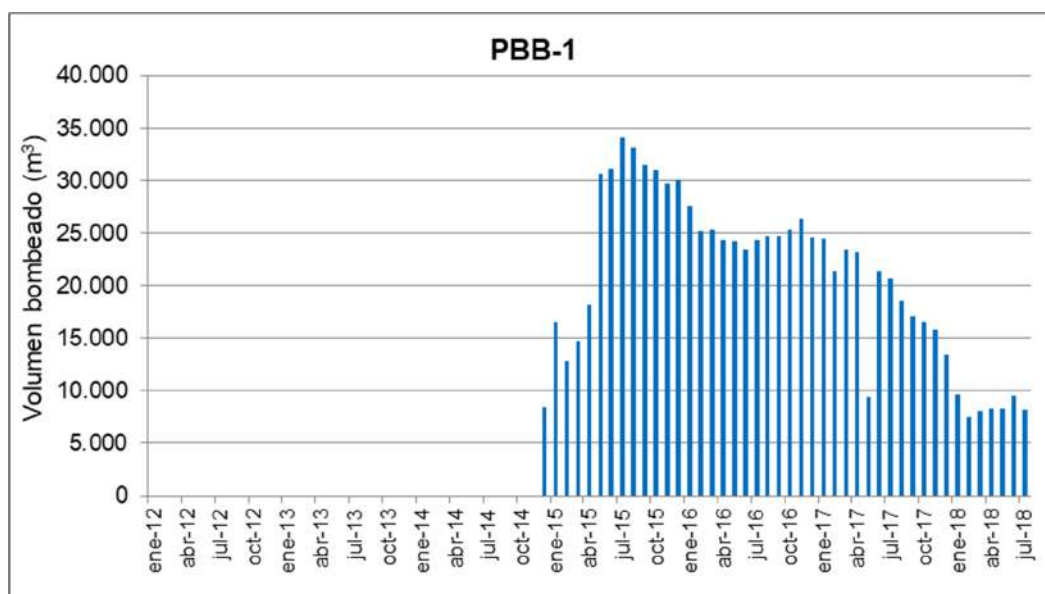
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-133: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-07A.



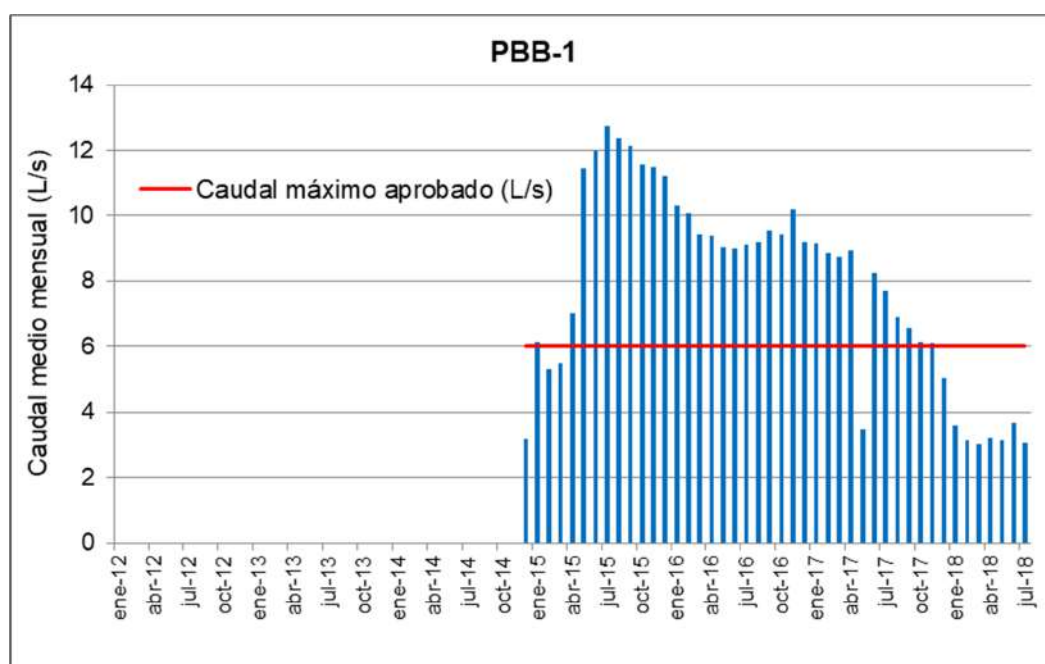
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-134: Volumen mensual bombeado pozo PBB-1.**



Fuente: Elaboración propia

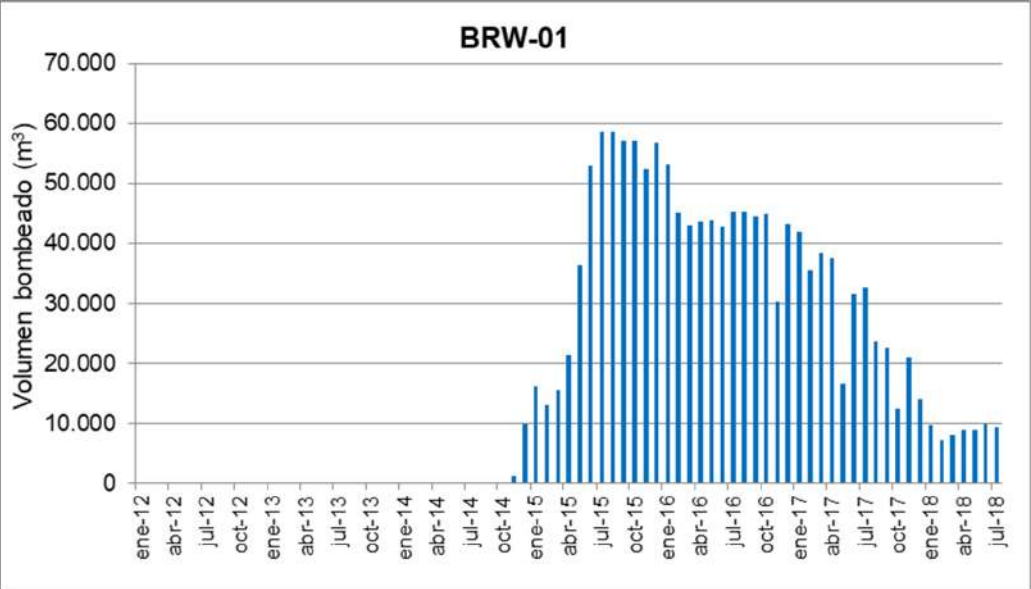
**Figura 5-135: Caudal medio mensual bombeado pozo PBB-1.**



Fuente: Elaboración propia

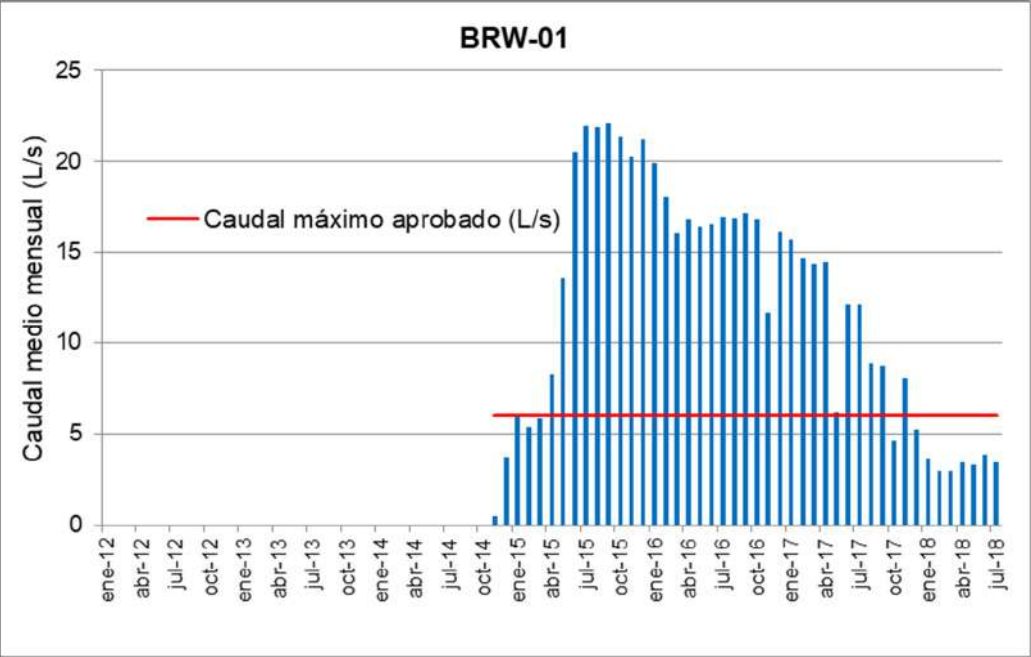


Figura 5-136: Volumen mensual bombeado pozo BRW-01.



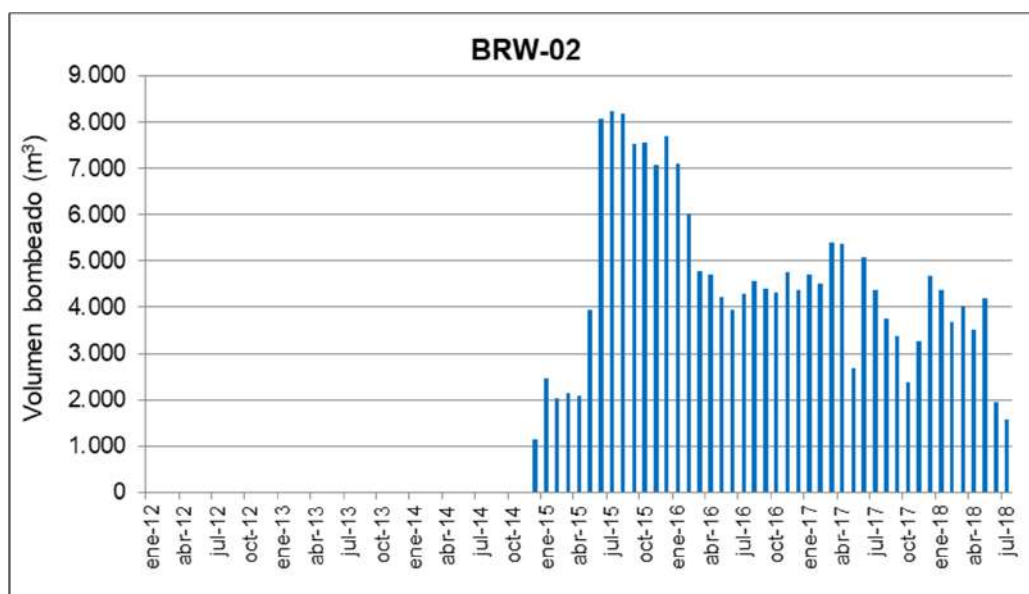
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-137: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-01.



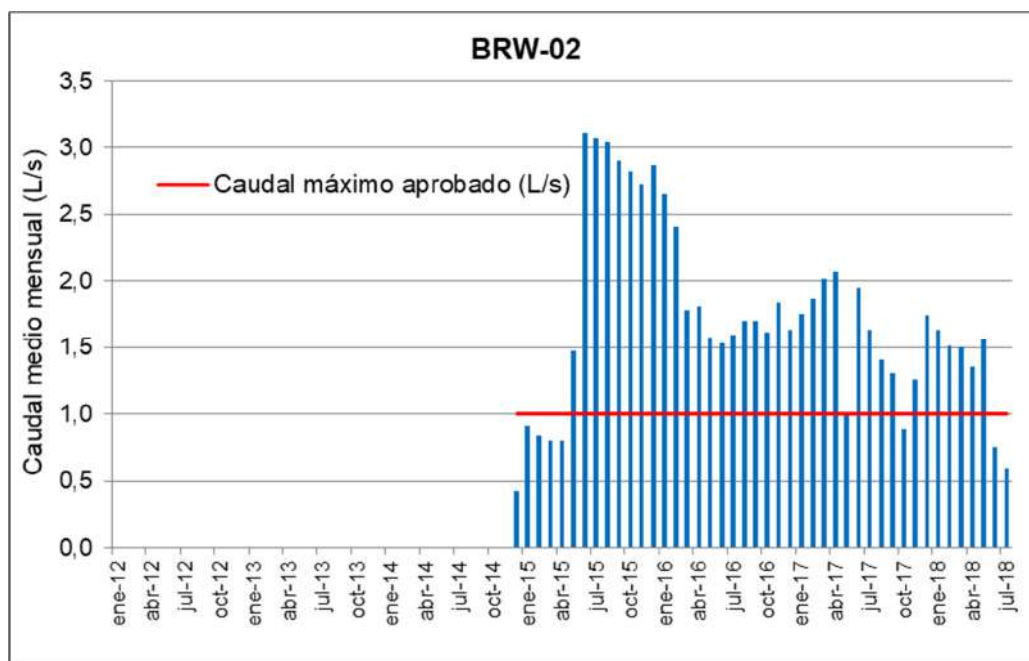
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-138: Volumen mensual bombeado pozo BRW-02.**



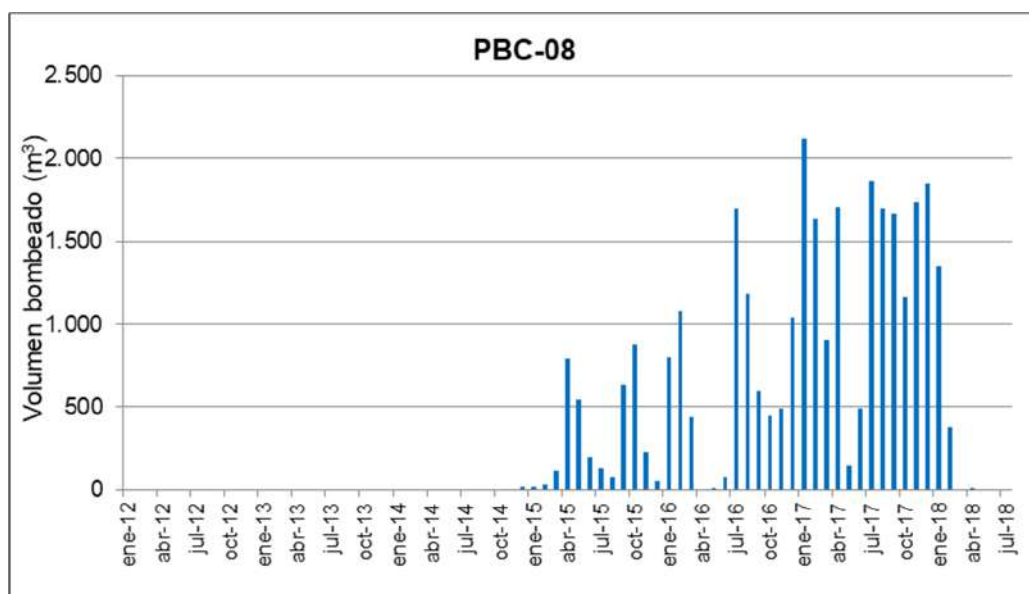
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-139: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-02.**



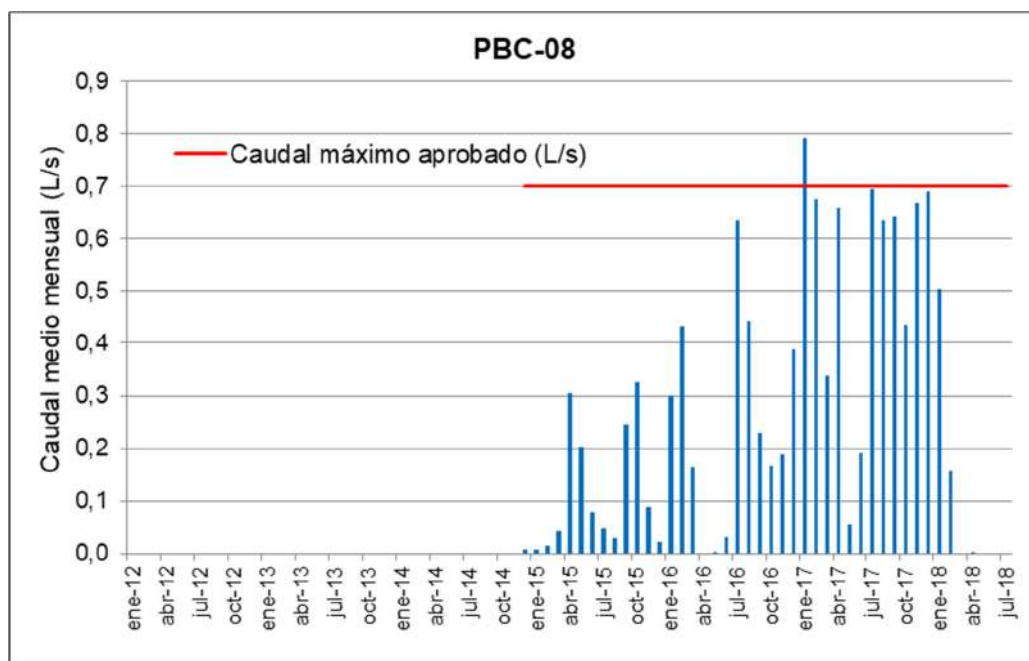
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-140: Volumen mensual bombeado pozo PBC-08.**



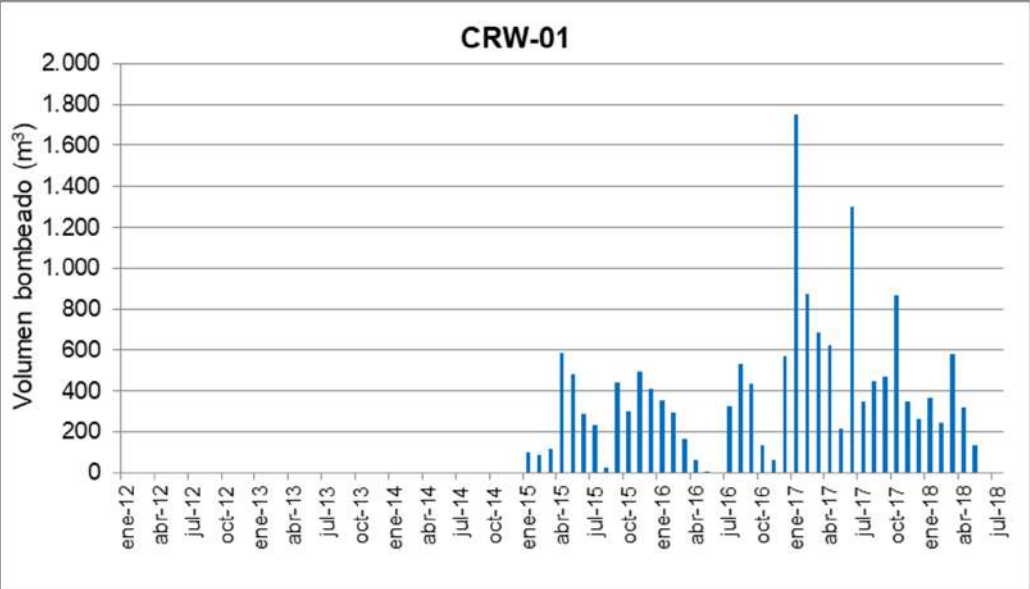
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-141: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-08.**



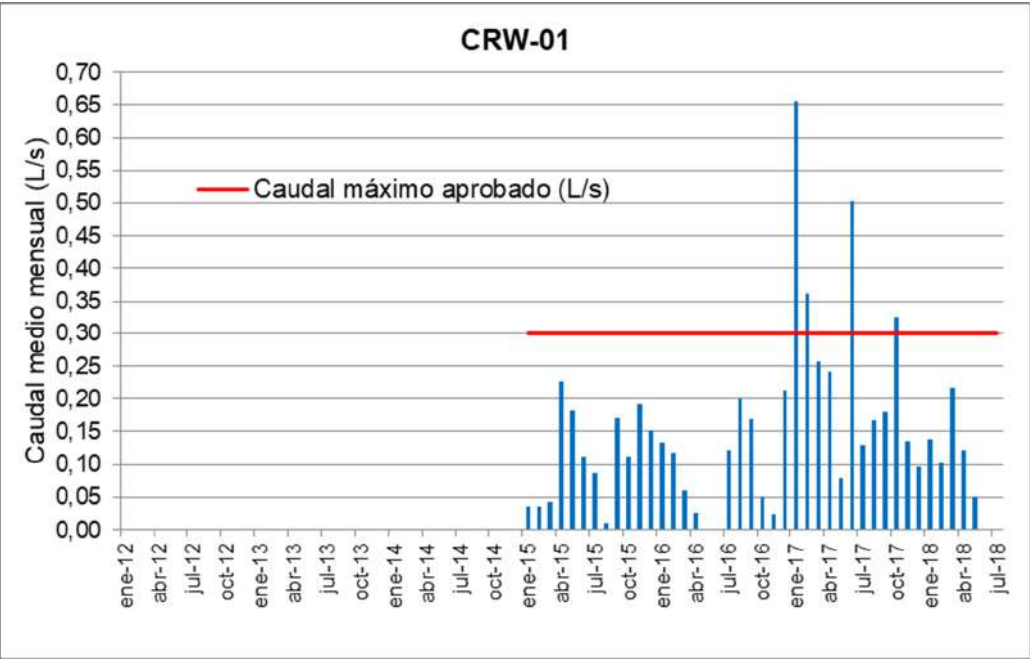
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-142: Volumen mensual bombeado pozo CRW-01.



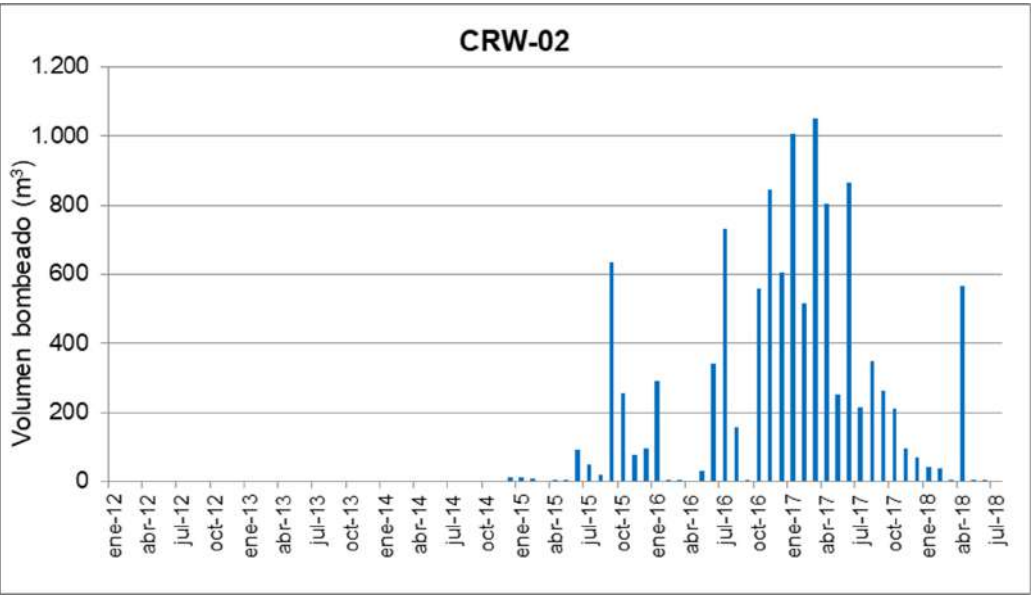
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-143: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-01.



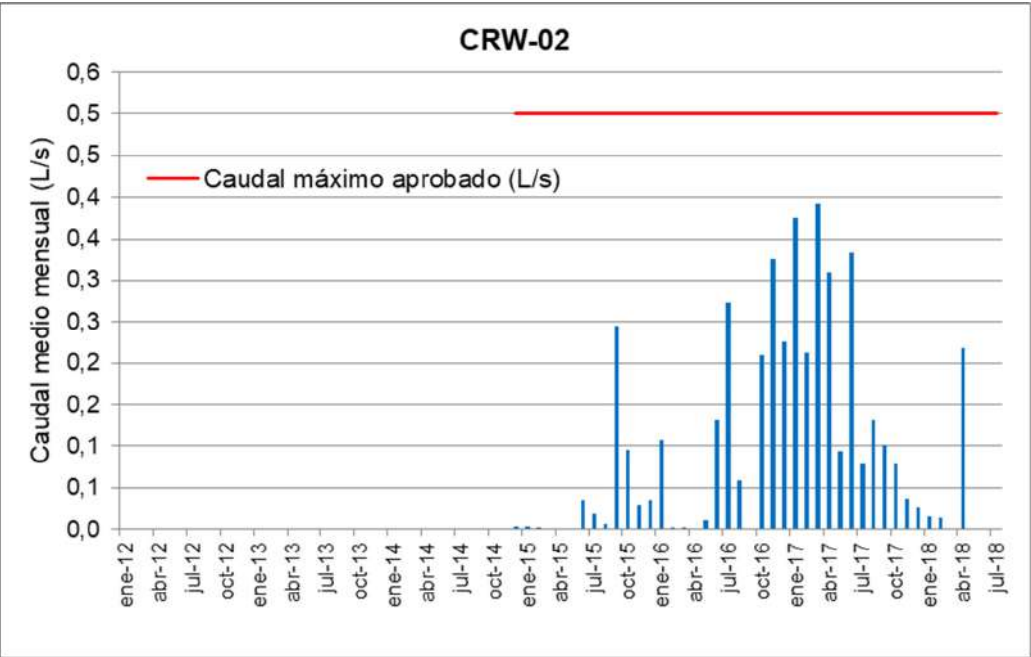
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-144: Volumen mensual bombeado pozo CRW-02.



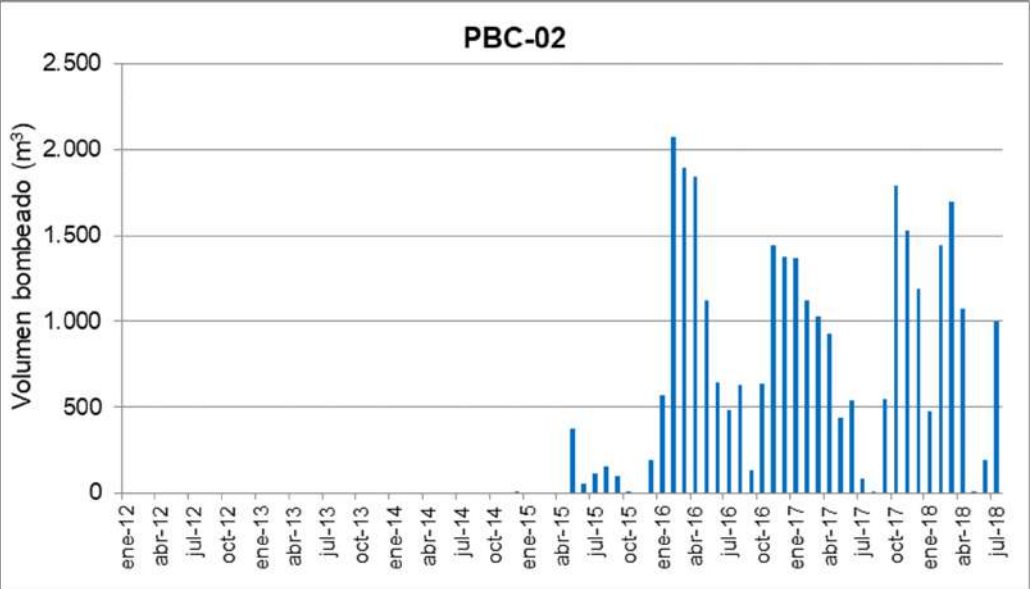
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-145: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-02.



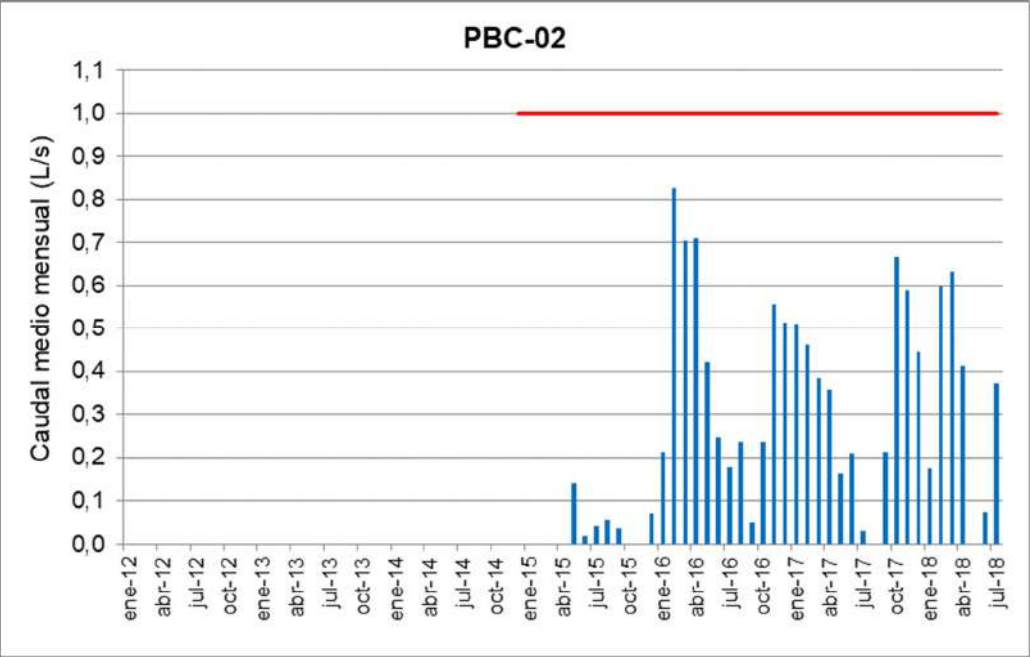
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-146: Volumen mensual bombeado pozo PBC-02.



Fuente: Elaboración propia

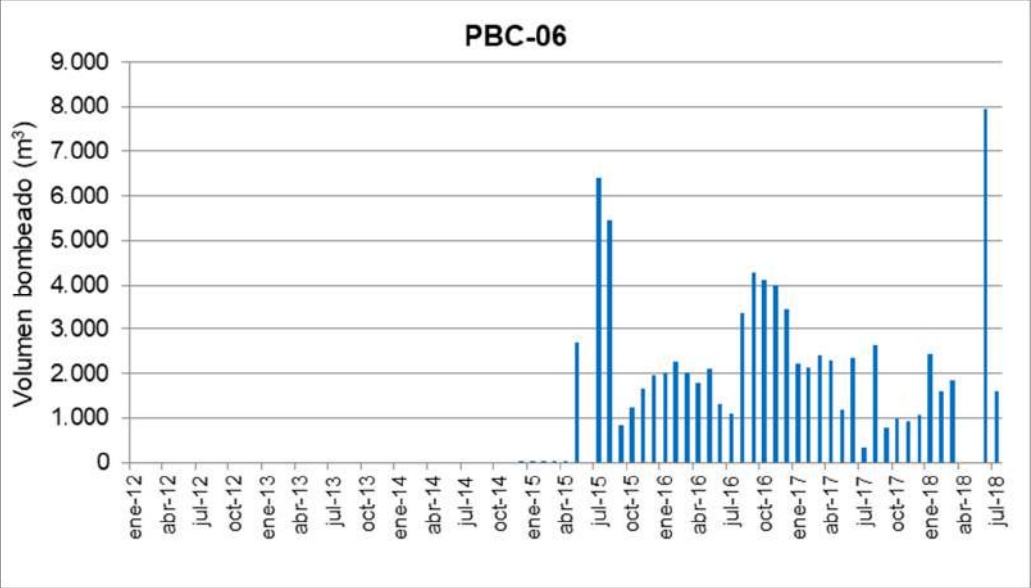
Figura 5-147: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-02.



Fuente: Elaboración propia

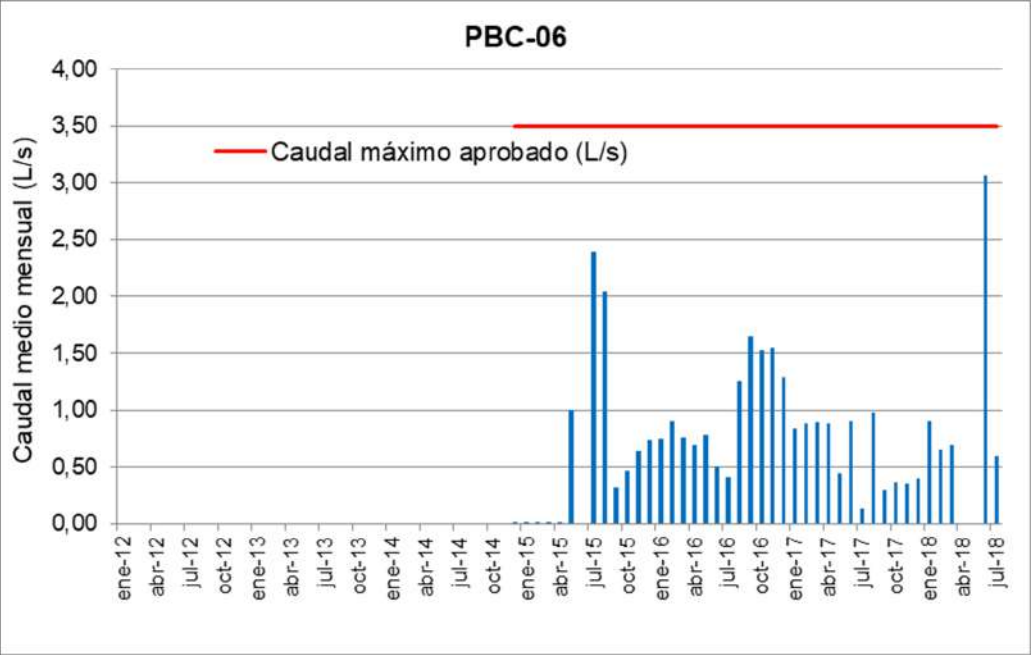


Figura 5-148: Volumen mensual bombeado pozo PBC-06.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-149: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-06.



Fuente: Elaboración propia

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

### 5.7 Nivel en Embalse Lautaro

En este apartado se presenta el nivel del agua medido en la regleta del embalse Lautaro, hasta el mes de julio 2018. Si bien los niveles medidos se reportan en informes semestrales, de acuerdo con lo establecido en la RCA, se presentan en este informe a modo de referencia.

Los niveles para el trimestre en análisis junto a los datos históricos se presentan en la Tabla 5-4. Como se observa, los niveles de este trimestre se mantienen por sobre los 25 m, debido a lo acumulado en los últimos meses, alcanzando el nivel máximo en el último periodo.

**Tabla 5-4: Nivel mensual Embalse Lautaro.**

Mes	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2017/18	Media	Máx	Min
MAY	12,20		11,80	11,64	12,05	14,98	14,95	24,07	25,20	15,86	25,20	11,64
JUN	14,00	12,50	12,70	12,55	12,95	15,20	15,43	22,95	26,00	16,03	26,00	12,50
JUL	14,44	13,16	13,20	12,80	13,30	15,40	15,70	22,50	26,00	16,28	26,00	12,80
AGO	14,52	14,12	13,60	13,60	13,25	15,50	15,66	22,91		15,40	22,91	13,25
SEP	14,40	14,98	13,66	14,60	12,20	15,59	15,55	23,29		15,53	23,29	12,20
OCT	12,10	10,86	12,31	11,64	11,05	18,05	15,55	22,90		14,31	22,90	10,86
NOV	10,66	9,20	10,48	10,56	9,70	14,35	14,48	22,03		12,68	22,03	9,20
DIC	0,00	8,80	8,20	8,60	0,00	13,82	13,40	22,50		9,42	22,50	0,00
ENE	0,00	8,40	0,00	9,80	8,80	13,50	13,10	22,71		9,54	22,71	0,00
FEB	9,20	10,80	9,00	11,70	9,55	13,20	20,02	23,00		13,31	23,00	9,00
MAR	0,00	10,60	8,93	10,35	9,30	15,20	21,23	25,20		12,60	25,20	0,00
ABR	9,60	9,90	9,85	10,60	14,96	14,10	22,01	25,20		14,53	25,20	9,60

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-151 se muestra el gráfico con los niveles medidos desde el año 2010, donde se observan las fluctuaciones mes a mes, con meses en donde el embalse estuvo con niveles bajo o incluso seco, principalmente meses asociados a la temporada de regadío. En el último periodo se observa que el nivel del agua ha aumentado respecto al trimestre anterior, alcanzando un nivel superior con respecto a años anteriores por las lluvias y deshielos producidos en los últimos años.

Figura 5-150: Niveles en embalse Lautaro.



Fuente: Elaboración propia

## 5.8 Variación de nivel en pozos de control

En este apartado se presentan los gráficos que muestran el descenso proyectado por el modelo y el descenso observado para el trimestre en análisis en los pozos de control, los que se usan para evaluar la activación del PMD.

Los pozos de control corresponden a los pozos del PMR que cierran cada una de las 13 áreas de monitoreo. Si bien se verifican los umbrales de activación en estos 12 pozos, sólo 8 de ellos gatillan la aplicación directa del PMD, los que se indican en la Tabla 5-5, junto a la condición de dicho pozo si estuviera influenciado por el bombeo de terceros) y en la Figura 5-151 se presenta su ubicación.

**Tabla 5-5: Puntos de Control PMD.**

Área	Pozo de Control	Coordenadas UTM WGS 84		Condición Pozos que gatillan aplicación PMD	Verificación Umbral de Activación PMD	Situación Pozo
		Este	Norte			
1	PMR-01	427.246	6.890.393	No Influenciado	Directa	Pozo existente
2	PMR-03	422.696	6.885.305	No Influenciado	Directa	Pozo habilitado trimestre Feb-Abr 2015
3	PMR-06	411.547	6.886.533	-	-	Pozo habilitado trimestre Nov 2015-Ene 2016
4	PMR-09	407.370	6.892.746	No Influenciado	Directa	Pozo habilitado trimestre May-Jul 2017
5	PMR-12	405.581	6.897.305	No Influenciado	Directa	Pozo habilitado en el trimestre Feb-Abr 2016
6	PMR-14	403.110	6.902.509	-	-	Pozo habilitado trimestre Feb-Abr 2015
8	PMR-16	400.814	6.905.340	-	-	
9	PMR-19	400.637	6.908.596	No Influenciado	Directa	
10	PMR-22	398.423	6.912.261	No Influenciado	Directa	
11	PMR-25	396.530	6.915.749	Influenciado	Modelo Simplificado	Pozo habilitado trimestre May-Jul 2015
12	PMR-29	389.540	6.921.393	Influenciado	Modelo Simplificado	
13	PMR-31	388.838	6.923.778	-	-	Pozo habilitado trimestre Feb-Abr 2015

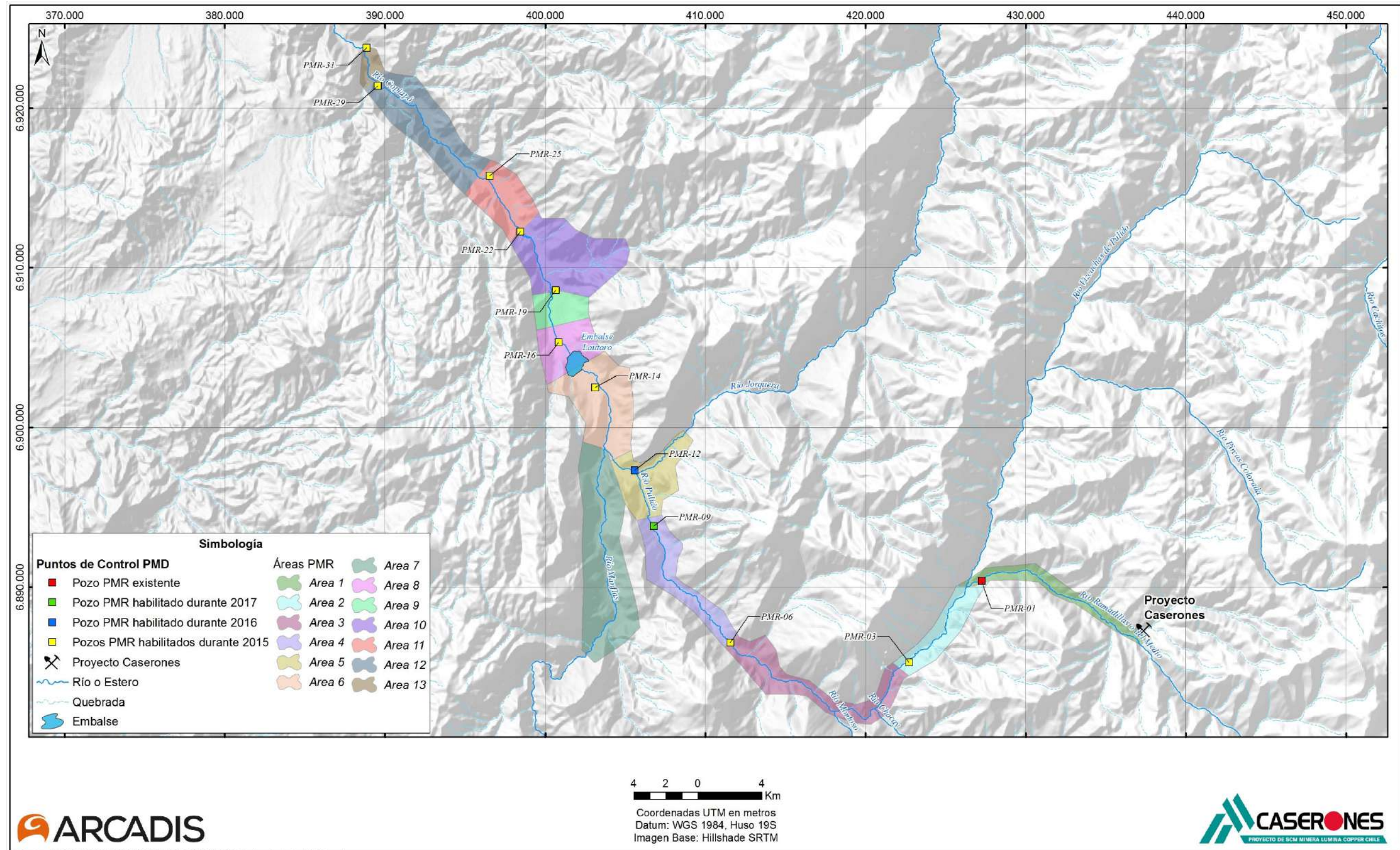
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras (Figura 5-152 a Figura 5-162) se muestran los gráficos que indican la variación de nivel observado en los pozos de control, considerando la información disponible para el trimestre y la variación de nivel proyectado por el modelo. Cabe recordar que el modelo usado para este análisis corresponde a la actualización 2018 (Arcadis, 2018). Debido a que el pozo PMR-09 fue habilitado durante el año 2017, no fue considerado en la calibración del modelo, y no se ha proyectado el descenso para dicho pozo.

Para algunos pozos se ha considerado la medición manual en vez de la medición continua debido a saltos ocurridos en dicha medición para este trimestre.



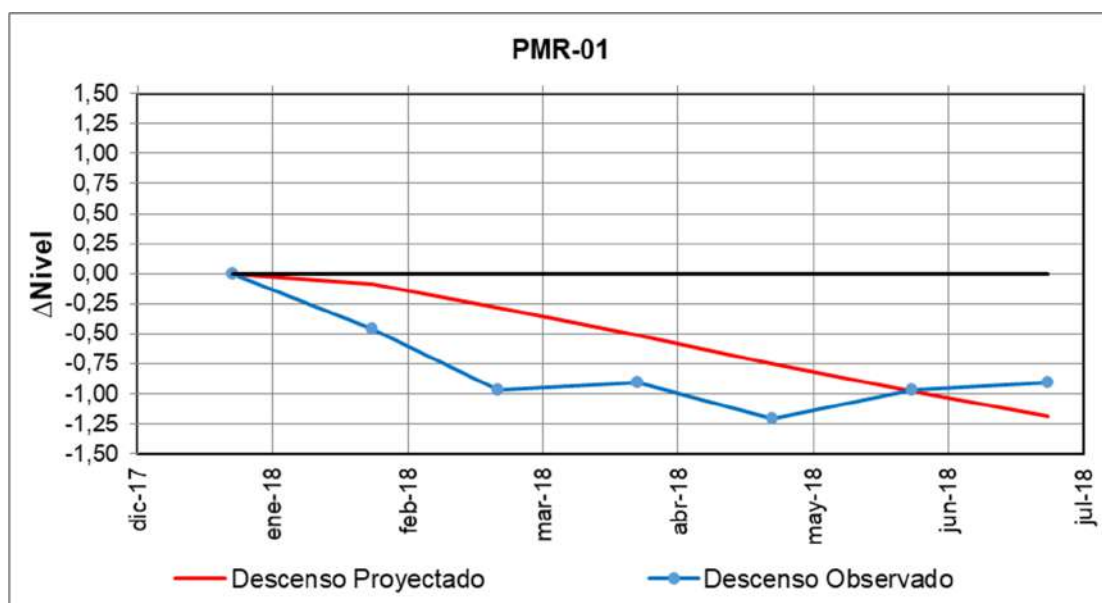
**Figura 5-151: Puntos de control PMD.**



Fuente: Elaboración propia

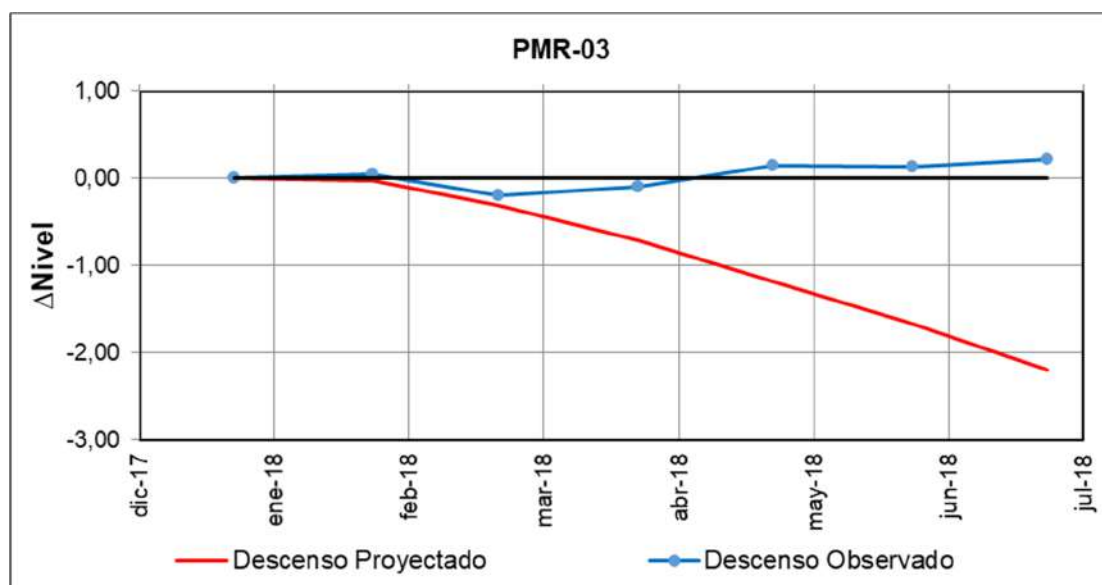


**Figura 5-152: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-01.**



Fuente: Elaboración propia

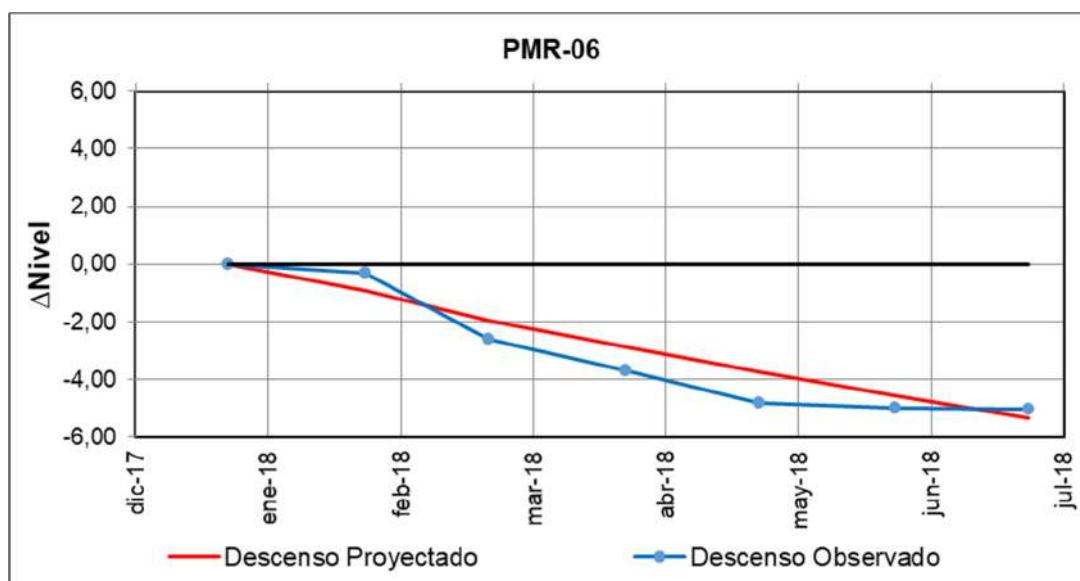
**Figura 5-153: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-03.**



Fuente: Elaboración propia

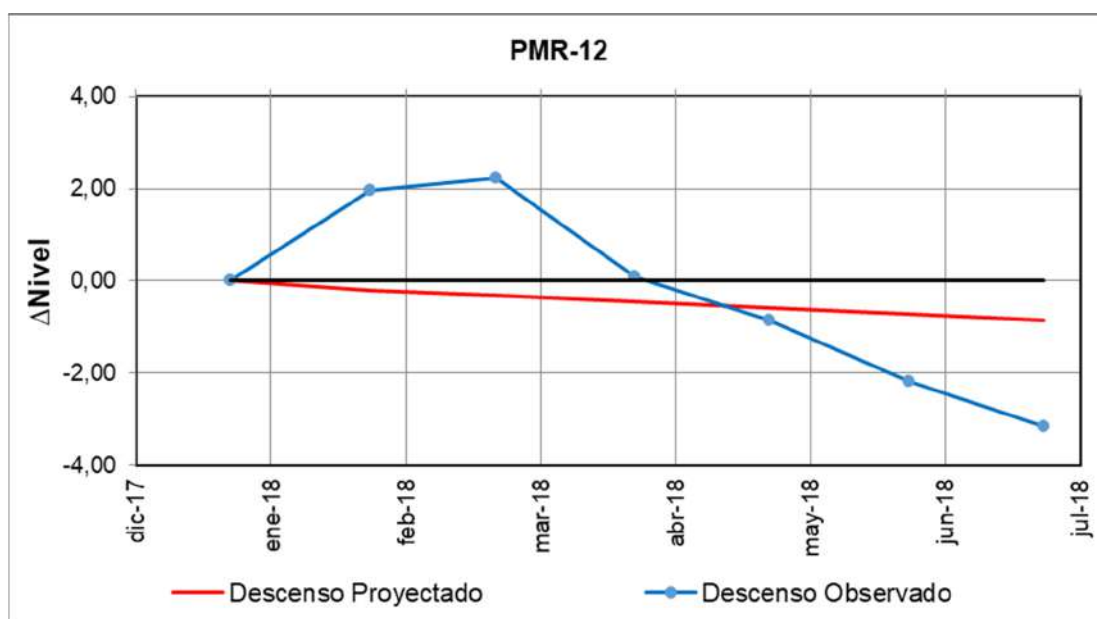


**Figura 5-154: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-06.**



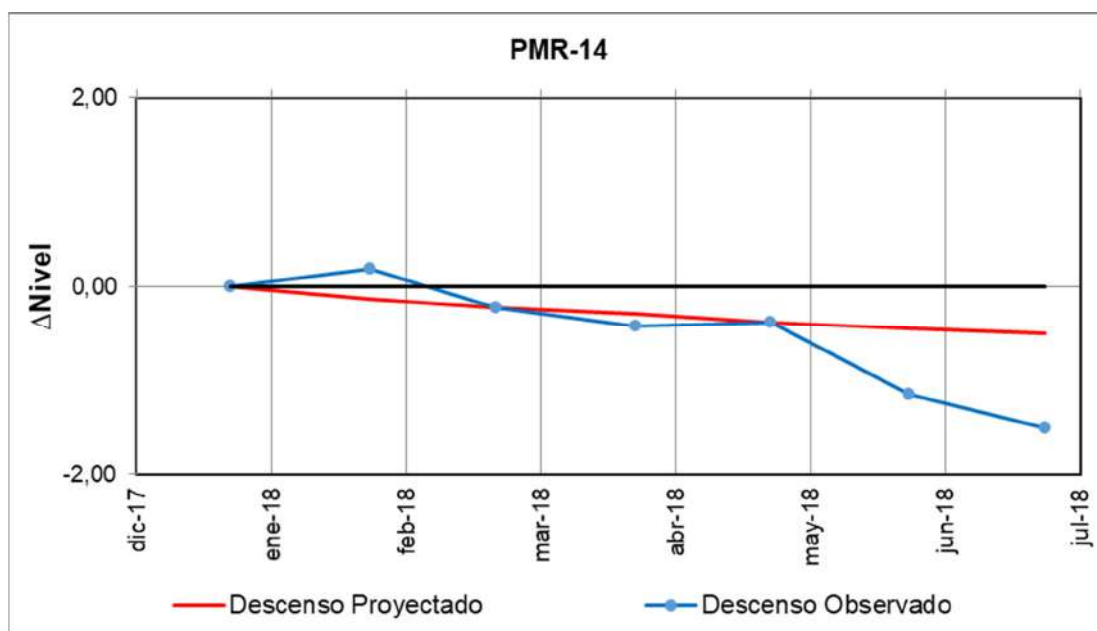
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-155: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-12.**



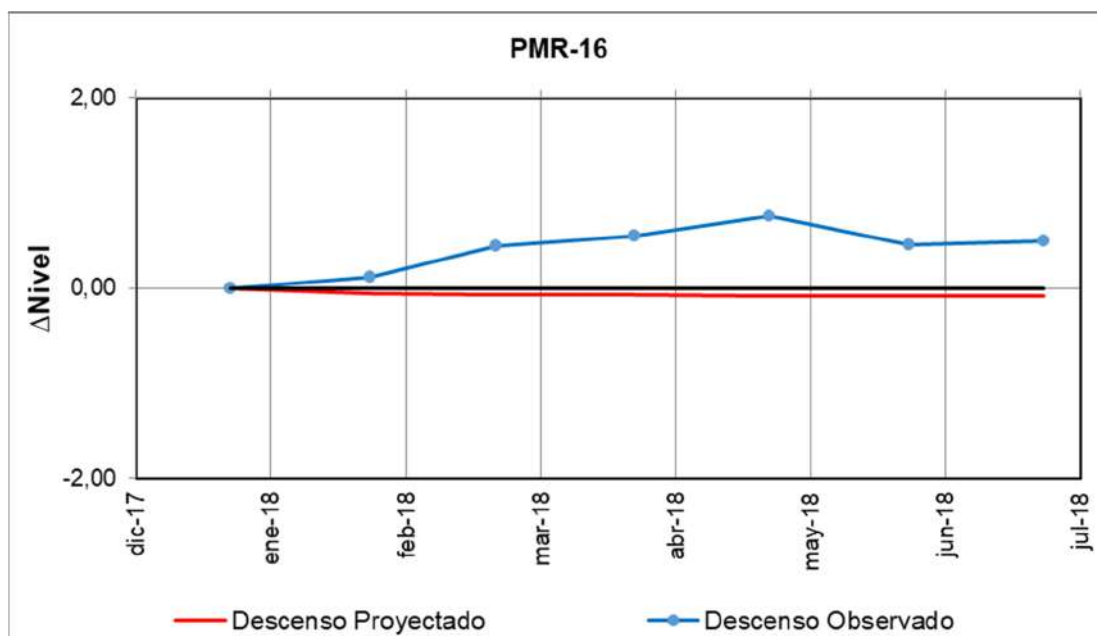
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-156: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-14.**



Fuente: Elaboración propia

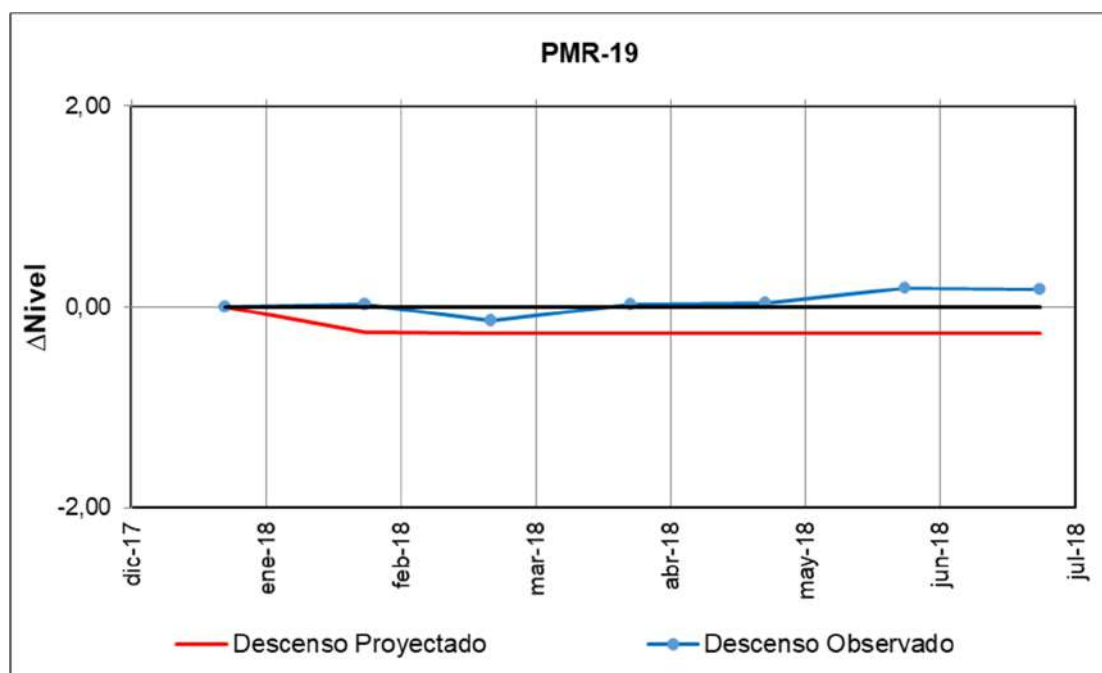
**Figura 5-157: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-16<sup>4</sup>.**



Fuente: Elaboración propia

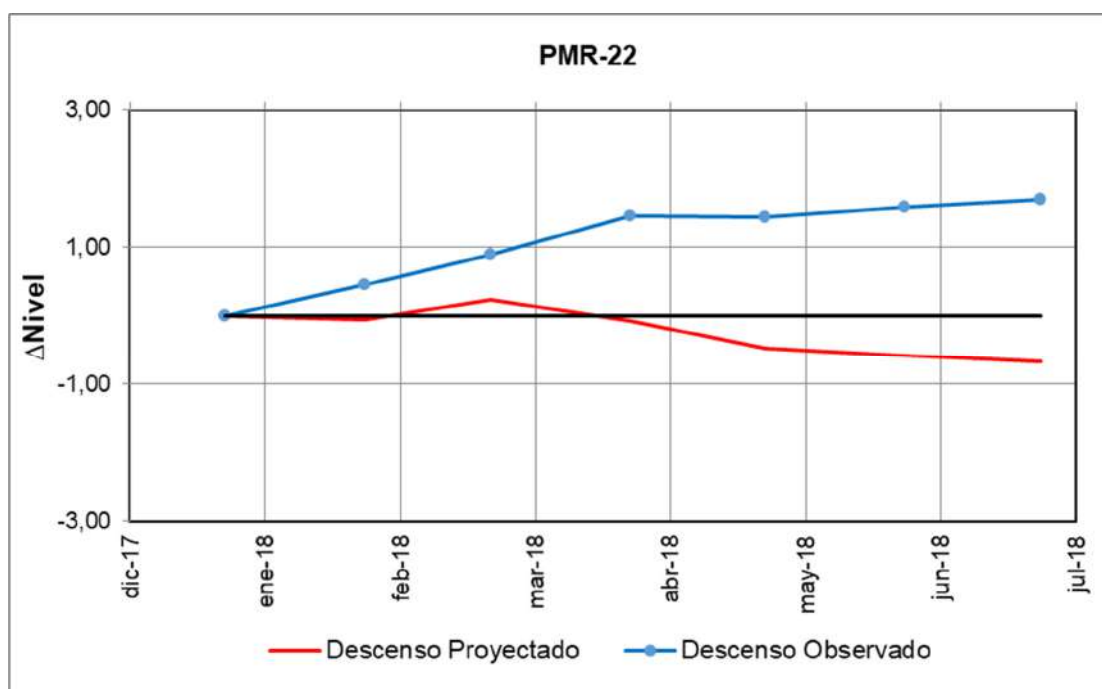
<sup>4</sup> El valor mostrado para el mes de abril difiere del indicado en el reporte anterior (trimestre Feb-Abr 2018) ya que se constató que la medición manual del mes de abril tenía un error, por lo que para el presente trimestre se considera el promedio de la medición continua.

Figura 5-158: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-19.



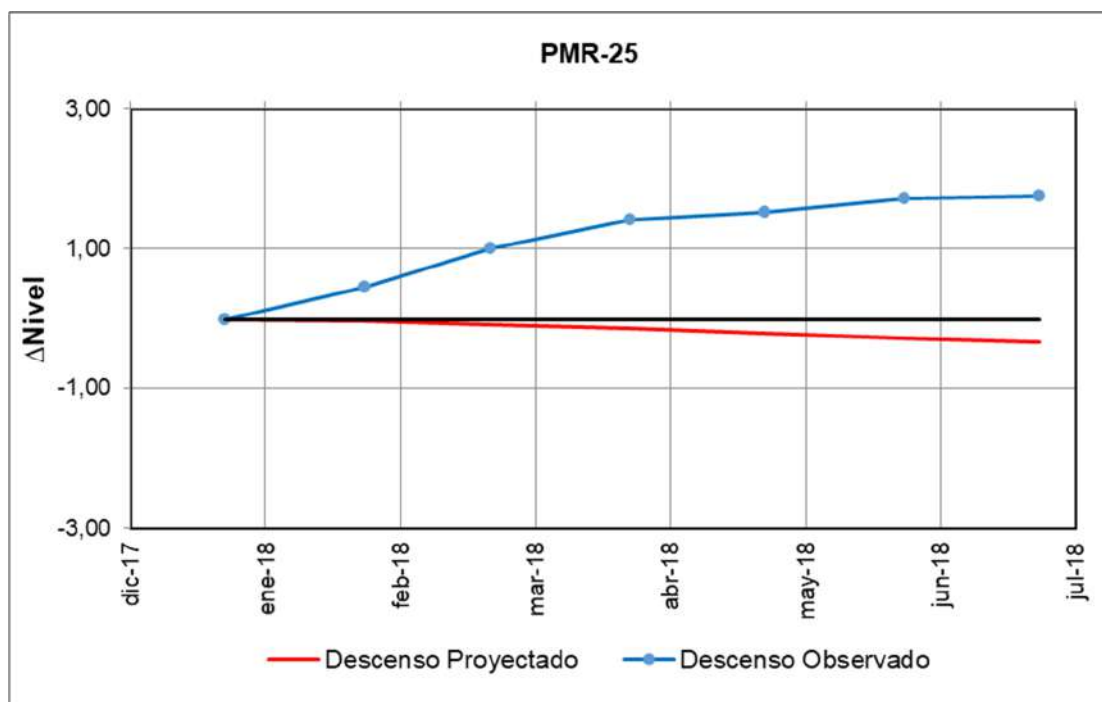
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-159: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-22.



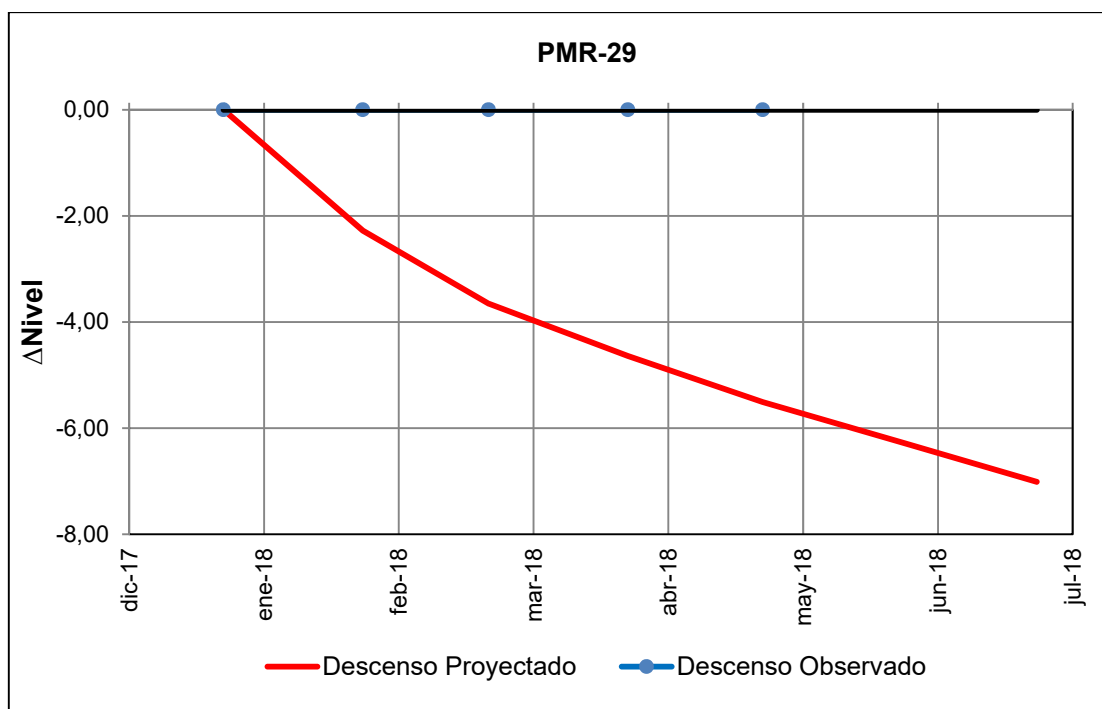
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-160: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-25.



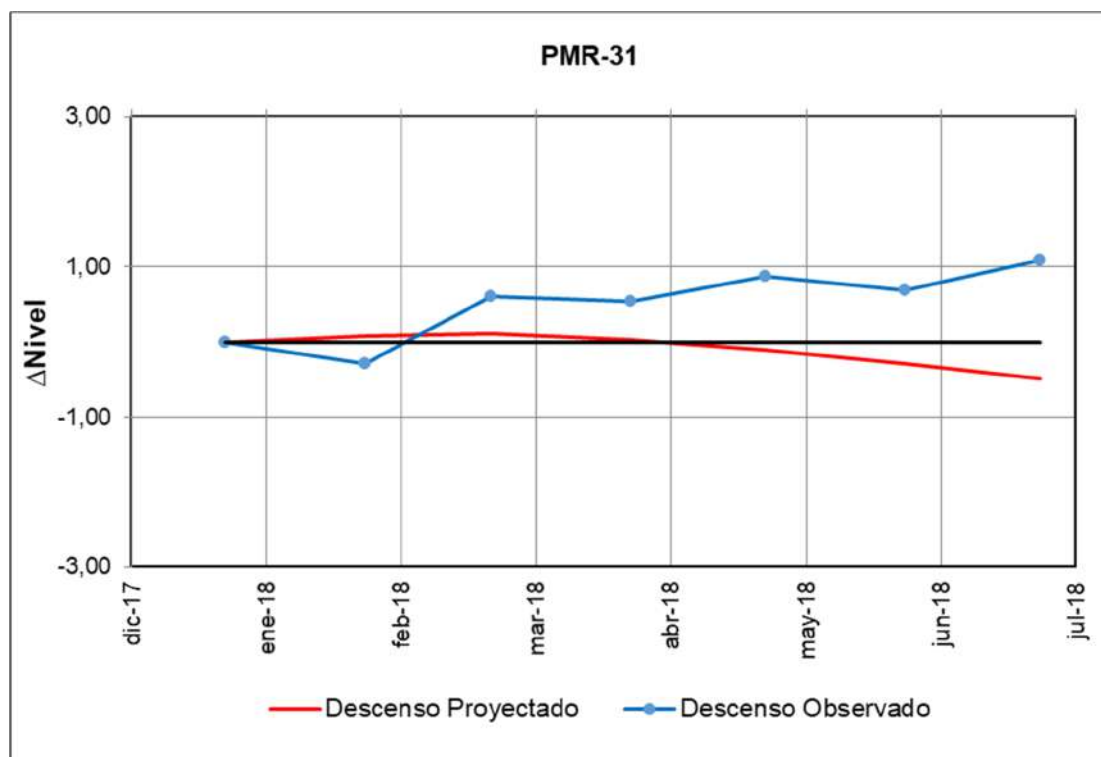
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-161: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-29.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-162: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-31.



Fuente: Elaboración propia

## 6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Pluviometría y fluviometría

A la fecha de emisión de este informe, la DGA no ha publicado datos de precipitación ni caudal para las estaciones analizadas en el presente trimestre.

Considerando los últimos 33 años de registro de precipitaciones (hasta el año 2017), se observa que la precipitación media mensual de los meses mayo, junio y julio presentan valores equivalentes a 7,8 mm, 10,3 mm y 9,0 mm, respectivamente. Para el caso de los últimos registros en el mes de mayo, este promedio se ve ampliamente superado (94,6 mm), para el mes de junio se encuentra dentro del rango, mientras que, para julio este valor es menor al promedio mensual.

El análisis fluviométrico se realiza considerando la información de los caudales puntuales medidos por MLCC. En la Figura 5-4 se observa que, en general, los caudales en la mayoría de las estaciones no superan los 6 m<sup>3</sup>/s.

Desde la Figura 5-5 hasta la Figura 5-7 se observan los caudales de los meses de mayo, junio y julio, respectivamente para el periodo 1985 - 2018. En el mes de mayo se observa una tendencia al alza del caudal hacia 2017, mientras que en el presente periodo se mantienen relativamente estables. Para el periodo de estudio, la estación río Pulido en Vertedero no cuenta con información, sin embargo, es posible observar que a partir del año 2015 ha existido una leve alza. En este análisis es importante tener en consideración, como ya se ha señalado, que las mediciones realizadas por MLCC son puntuales, y por lo tanto no son comparables directamente con las mediciones mensuales que reporta la DGA.

Para el análisis de los caudales, se estimaron las probabilidades de excedencia de 15%, 50% y 85% de cada una de las estaciones DGA analizadas, de manera de conocer la probabilidad de que un evento de determinada magnitud se alcance o sobrepase, usando la información histórica disponible para cada estación. Las probabilidades fueron obtenidas mediante la función de distribución Log-Normal, considerando sólo las mediciones oficiales de la DGA. En la Tabla 6-1 se presentan las probabilidades de excedencia del trimestre, además del caudal observado en cada estación, las que corresponden a los caudales obtenidos por MLCC en las estaciones fluviométricas DGA. Se observa que, en general, los caudales medidos son relativamente mayores al 15% de probabilidad de excedencia, con algunas excepciones como es la estación Jorquera en Vertedero y Manflas en Vertedero. Se debe tener en consideración en este análisis que los caudales son mediciones puntuales.

**Tabla 6-1: Probabilidades de excedencia para las estaciones fluviométricas, periodo mayo-julio 2018.**

Estación	Probabilidad de Excedencia	Mayo	Junio	Julio
Jorquera en Vertedero	85	302,3	359,2	381,8
	50	583,0	650,4	669,5
	15	1124,6	1177,6	1174,0
	Caudal Obs. (L/s)	1.010	932	1.061
Pulido en Vertedero	85	679,7	708,0	651,5
	50	1139,7	1092,6	1024,5
	15	1910,9	1686,1	1610,9



MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

Estación	Probabilidad de Excedencia	Mayo	Junio	Julio
	Caudal Obs. (L/s)	-	-	-
Manflas en Vertedero	85	160,2	160,7	158,9
	50	346,4	363,2	350,2
	15	749,2	820,9	771,8
	Caudal Obs. (L/s)	646	881	714
Copiapó en Lautaro	85	77,3	79,2	70,3
	50	383,2	385,4	353,2
	15	1898,5	1876,5	1774,9
	Caudal Obs. (L/s)	2.014	2.109	1.035
Copiapó en Pastillo	85	1013,4	1124,4	1114,9
	50	1673,7	1791,9	1767,4
	15	2764,3	2855,9	2801,6
	Caudal Obs. (L/s)	3.971	4.329	3.663
Copiapó en La Puerta	85	938,9	921,2	892,9
	50	1719,9	1696,0	1627,4
	15	3150,7	3122,5	2966,0
	Caudal Obs. (L/s)	3.896	4.760	3.599

Fuente: Elaboración propia

Por último, considerando las mediciones hechas por MLCC (Ver Figura 5-8), en los puntos de aforo cercanos a las estaciones fluviométricas comprometidas, se observa que en la estación LM-17, que mide el caudal del río Pulido luego de su confluencia con el río Montosa, los caudales de la serie completa (2005 – 2018) se encuentran por sobre los caudales de las otras estaciones. Para el resto de las estaciones se observa que el valor de escorrentía está por debajo de 1,5 m<sup>3</sup>/s. Además, es posible apreciar que, existe un descenso del caudal durante el trimestre.

En las mediciones de caudales para el mes de mayo, presentando una tendencia a la recuperación con respecto a los últimos años, encontrándose entre los 0,5 a 1,0 m<sup>3</sup>/s para la mayoría de las estaciones.

Para el mes de junio, los caudales varían entre 0,5 y 2,5 m<sup>3</sup>/s lo que, al realizar una comparación histórica, estos valores se encuentran por sobre la escorrentía medida en años anteriores, a excepción de LM-17.

Finalmente, en julio se registra un aumento en la escorrentía respecto de los años anteriores (2010-2013), presentando valores que varían entre 0,3 a 2,5 m<sup>3</sup>/s. En general se observa una tendencia al descenso, a excepción de LM-05, LM-16 y LM-17.

## 6.2 Evolución de niveles piezométricos

Se realiza el análisis del comportamiento del nivel en los pozos de monitoreo, considerando las mediciones manuales y continua. Para esta última se debe tener en consideración que existen algunos vacíos de información, esto debido principalmente a fallas de algunos transductores.

Cabe mencionar que sólo en los pozos PMR-01 y PMR-02 se cuenta con larga data de nivel (11 años), por lo que se puede realizar un análisis del comportamiento histórico. Sin embargo, se debe tener en consideración que los transductores instalados en estos pozos han presentado problemas en el último periodo. Los gráficos que indican la situación de los niveles en los pozos se muestran en los capítulos 5.3 al 5.5.

Al cierre del Área 1 se analiza el nivel piezométrico del pozo PMR-01, cuyo comportamiento se muestra en la Figura 5-21. Al observar los niveles puntuales medidos desde el año 2007 se visualizan variaciones, con los niveles más altos en los meses del verano, lo que podría relacionarse al comportamiento del río Ramadillas, el cual tiene un régimen nival, con mayores caudales en los meses estivales. En general dichas variaciones son del orden de 2 m, alcanzando aproximadamente los 5 m si se considera el nivel máximo y mínimo medido en todo el periodo. En las mediciones del año 2015 se observa que el nivel piezométrico ha disminuido respecto a los años anteriores en aproximadamente 2 m. Entre noviembre de 2015 y septiembre de 2016 no se cuenta con datos continuos, posterior a esta ausencia de información se observan datos anómalos en las mediciones del sensor con variaciones que alcanzan los 7 metros en el lapso enero – febrero de 2017, variación que se mantiene hasta la fecha, en menor magnitud. Para el último periodo el nivel puntual muestra un comportamiento de estabilización respecto a los años anteriores.

Al inicio del Área 1 se localizan los pozos de bombeo de MLCC WP-01 y WE-01, de los cuales sólo el primero sigue bombeando. Además, en este sector se ubican los pozos de remediación BRW-01, BRW-02, PBB-1, POB-08 B y POB-07a, los que se encuentran extrayendo agua.

El Área 2 es monitoreada por los pozos PMR-02 y PMR-03. El primero de ellos se ubica junto al pozo de bombeo WP-02, y cuenta con información de nivel mensual desde el año 2007 y medición continua desde noviembre de 2015 hasta abril de 2016, y luego desde abril 2017 hasta julio del 2018, con vacíos de información. El segundo, por su parte, tiene datos continuos desde marzo de 2015 hasta julio de 2018, con información faltante en este periodo, entre noviembre de 2015 a marzo de 2016, y a contar de junio de 2016 el sensor dejó de medir hasta fines de abril de 2017.

En la Figura 5-23, que muestra la situación del pozo PMR-02, se observan variaciones de hasta 14 m considerando el nivel medido más bajo y más alto, lo cual podría relacionarse a que está influenciado por el bombeo del pozo WP-02 de extracción o también a errores en la medición del nivel, además de la influencia del río, ya que este pozo se ubica aguas debajo de la confluencia de los ríos Ramadillas y Pulido. Para el último trimestre se observa un descenso del nivel respecto a diciembre del 2017, alcanzando un nivel de 2.082 msnm para el mes de julio.

El nivel medido en el pozo PMR-03 ha continuado el ascenso que proviene desde mayo de 2017 (Figura 5-24), lo que no se relaciona con el nivel medido manualmente, el cual se ha mantenido prácticamente constante durante el último tiempo. Esto indica que el sensor instalado presenta errores en su medición y se adoptarán las medidas correspondientes para solucionar el problema.

En el Área 3 sólo existen pozos de extracción de terceros, y se emplazan los pozos de monitoreo PMR-04, PMR-05 y PMR-06. El primero de ellos tiene datos de niveles continuos desde julio hasta noviembre de 2015 mostrando un nivel estable, con pocas variaciones, y algunos datos anómalos propios del transductor; a contar de marzo de 2016 se tiene nuevamente datos, donde se observa también un nivel estable con una leve disminución hasta octubre de 2016, mes desde donde se observa una recuperación, llegando en el mes de enero de 2017 al nivel más alto registrado para este pozo. En el último trimestre se mantiene el leve descenso, que alcanza los 0,9 m respecto a los niveles del trimestre del periodo anterior (febrero - abril 2018, ver Figura 5-26).

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

El gráfico de la Figura 5-27 muestra la situación del nivel en el pozo PMR-05, el cual se ubica aguas abajo de dos pozos de bombeo pertenecientes a terceros. En el pozo se observan oscilaciones de nivel, disminuyendo la cota hacia el último periodo. En el presente trimestre, esta disminución es de 0,5 m, y de 6 m aproximadamente mayor al nivel registrado en el mismo periodo del año 2017. Cabe mencionar que a contar de mayo de 2017 no se han podido realizar las mediciones manuales, ya que el acceso al pozo estaba cubierto de sedimentos y barro. Cercano a este pozo se emplaza el pozo de la DGA Iglesia Colorada, donde se observan variaciones de hasta los 70 m a lo largo de toda la serie histórica con un descenso de 16 m aproximadamente (en Figura 5-17), situación que se visualiza principalmente entre el año 2013 a la fecha. En las últimas cuatro mediciones (entre octubre de 2016 a enero de 2017) los niveles se mantuvieron estables, con una diferencia de aproximadamente 44 m que lo registrado durante todo el registro histórico en el pozo PMR-05, ubicado unos 500 m aguas abajo.

Por último, el pozo PMR-06 (Figura 5-28) cuenta con medición continua de nivel a contar de octubre de 2015, mostrando un nivel descendente hasta mayo de 2016. Entre junio de 2016 y junio de 2017 se observa un aumento brusco de nivel, llegando al máximo valor histórico en junio de 2017. Posterior a esa fecha, se observa una disminución en el nivel hasta noviembre del mismo año. Para el presente trimestre se observa un nivel estable, alcanzando los 1456 m. Este pozo se encuentra aguas abajo del pozo DGA Quebrada Seca (Figura 5-16), el cual se ubica a unos 500 m aguas arriba y durante el año 2016 las mediciones fluctuaron entre 1.460 y 1.464 msnm.

Para el Área 4 se tiene medición de nivel en el pozo PMR-07, PMR-08 y PMR-09. El PMR-07, se ubica aguas abajo de los pozos de extracción Carrizalillo de MLCC y tanto el PMR-08, como el PMR-09 se encuentran cercanos a pozos de tercero y aguas arriba de la estación fluviométrica Río Pulido en Vertedero, y comenzaron a medir a fines del año 2017. El gráfico de la Figura 5-30 muestra el comportamiento del nivel del pozo de monitoreo PMR-07, el que cuenta con información a contar de junio de 2015, observándose que a partir de septiembre de ese año el nivel disminuye en casi 4 m hasta enero de 2016. Luego, se visualiza un leve aumento hasta marzo de 2016 para disminuir nuevamente durante el mes de abril del mismo año. Entre julio y agosto de 2016 se observan fluctuaciones que alcanzan los 2 m aproximadamente; desde octubre de 2016 presenta un aumento hasta abril de 2017. Posteriormente, no se tienen mediciones continuas de nivel y las últimas mediciones manuales corresponden a mayo y junio del 2017 alcanzando un nivel de 1.453 msnm, posterior a esta fecha no se cuenta con mediciones manuales debido a que el pozo se encuentra enterrado por sedimentos. En general se observa la misma tendencia que el pozo PMR-06, con disminuciones de nivel que se relacionan al periodo más seco, y a la dinámica del bombeo de los pozos Carrizalillo Chico.

En la Figura 5-31 se observa el pozo PMR-08, el cual fue habilitado durante el año 2017, por lo que sólo cuenta con mediciones continuas a partir de noviembre de 2017, con una disminución hacia el mes de marzo de 2018 y luego un aumento, llegando a 1.320 m. Con respecto al pozo PMR-09 (Figura 5-32), presenta un comportamiento similar, diferenciándose en la magnitud de los niveles, los cuales varían entre 1.279 y 1.281,4 msnm, además, desde el mes de febrero 2018 se observa un aumento de sus niveles.

El sector de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera corresponde al Área 5, donde se localiza el pozo PMR-10 el cual registra un nivel relativamente estable hasta abril de 2017, para luego presentar un aumento hacia el mes de julio de 2017, alcanzando una cota de 1.233 msnm, y posteriormente mostrar una disminución, alcanzando el nivel más bajo en el mes de julio de 2018 (Figura 5-34).

El pozo PMR-11 (Figura 5-35) cuenta con mediciones continuas a contar de noviembre de 2017 aumentando en 1 m su nivel en diciembre del mismo año y posteriormente muestra una disminución hacia marzo. Se observa una leve recuperación hacia el mes de julio de 2018, llegando a los 1.204 m.

Para el pozo PMR-12 se tiene información a contar de marzo de 2016, y se observa un nivel ascendente, con fluctuaciones que no alcanzan el metro de diferencia. Considerando todo el periodo de información, se observa que el nivel ha ascendido en 12 metros aproximadamente hasta febrero de 2017, con aumento importante a contar de diciembre de 2016, lo que puede relacionarse a que en el mes de enero

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

la zona se encuentra inundada producto del desborde del río, razón por la cual no se cuenta con medición manual en este sector desde esa fecha a la actualidad. En marzo de 2018 alcanza su máximo equivalente a 1.191 msnm, posterior a esto disminuye, registrándose una cota de 1.185 m en el mes de julio de 2018.

En el Área 6 se observa que el nivel del agua subterránea va en aumento en el pozo PMR-13 (Figura 5-38), con un gran aumento entre noviembre de 2016 a febrero de 2017 (34 m), mes desde el cual el nivel se ha mantenido relativamente estable hasta mayo de 2017, para luego volver a aumentar la cota a partir de julio 2017 y mantenerse hasta octubre de 2017. Desde noviembre de 2017 hasta febrero de 2018, la cota ha seguido aumentando, alcanzando un nivel de 1.181 msnm. Posteriormente, se ha presentado una disminución, la cual llega a 1.170 m en este último trimestre. Por su parte, en el pozo PMR-14 se observa una tendencia al alza desde que comenzó la medición hasta marzo de 2017. En los meses posteriores el nivel se ha mantenido estable en una cota cercana a los 1.140 msnm, mientras que, en el último trimestre se presentó un alza de 2 m (Figura 5-39).

Aguas abajo, donde se localiza el embalse Lautaro, se encuentra el Área 8, caracterizada por la presencia de pozos de extracción de terceros y pozos de MLCC (PNV1 y PNV2, los cuales no bombean). Este sector es monitoreado por los pozos PMR-15, PMR-16 y PMR-17. En la Figura 5-42 se muestra el comportamiento del nivel del pozo PMR-15. El análisis se realiza considerando las mediciones manuales, ya que el sensor ha presentado problemas desde el año 2016. De la medición manual se observa un nivel ascendente hasta mayo de 2017 (1.115 msnm), muy superior al nivel que venía registrándose el año anterior, manteniéndose constante en los últimos meses. De acuerdo con las últimas mediciones manuales, este pozo se encuentra surgente.

En la Figura 5-43 y Figura 5-44 se presentan los niveles de los pozos PMR-16 y PMR-17 respectivamente. En ambos pozos se visualiza un comportamiento similar, con el mínimo nivel medido en junio 2015, para luego recuperarse y aumentar a un máximo en octubre del mismo año, situación que puede explicarse por el embalse Lautaro. A contar del mes de marzo de 2016, se observa un aumento de nivel constante hasta mayo de 2017, a partir del cual el nivel se ha mantenido constante hasta el último trimestre. Cabe mencionar que el nivel continuo del presente trimestre para el pozo PMR-16, da cuenta que la medición manual realizada en el mes de abril presenta un error, por lo que para efectos del análisis de descensos en relación con lo proyectado por el modelo se considerará el nivel continuo.

Continuando aguas abajo del Embalse Lautaro, en el Área 9, se ubica el pozo PMR-18 (Figura 5-46), el cual presenta aumento en el nivel hasta mayo de 2017. A contar de ese mes, y hasta el presente trimestre se estabiliza el nivel en una cota cercana a los 1.084 msnm, luego de un ascenso de 28 m. Se destaca que en este sector se localizan los pozos de extracción de MLCC PPR-1 y PPO-1, además de pozos de terceros.

En el pozo PMR-19 (Figura 5-48), ubicado al cierre del Área 10, se observa un comportamiento similar al pozo PMR-18. Presenta con un ascenso en sus niveles hasta el mayo de 2017 alcanzando una cota de 1.071 msnm, de acuerdo con lo observado en las mediciones manuales, dado que el sensor presenta valores errados a contar de enero de 2017. A partir de julio de 2017 nuevamente se cuenta con medición continua, la cual muestra un nivel estable en la cota 1.071 msnm hasta la actualidad. Se destaca que lo anterior, se basa en las muestras manuales, ya que en el periodo mayo – junio 2018 no existen mediciones continuas.

El pozo PMR-20, cercano al pozo de bombeo PEL-1 en el Área 10, presenta también un aumento de nivel, llegando a 1.067 msnm aproximadamente en abril de 2017, para luego presentar un leve periodo sin medición, y posterior a ello, mantenerse estable en torno a los 1.067 msnm aproximadamente hasta julio de 2018 (Figura 5-49). Se aprecia que existe un ascenso de los niveles en este pozo, a pesar de su cercanía al pozo de bombeo de MLCC PEL-1 (150 m de distancia).

En la misma área 10 y cercano al pozo Quebrada Calquis y a algunos pozos de terceros, se encuentra el PMR-21, el cual cuenta con información desde octubre de 2017, con vacío de datos para la segunda

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

quincena del mes de noviembre y cuyo nivel varía desde 1.043 msnm a 1.042 msnm, presentando anomalías en las mediciones.

Aguas abajo se localizan pozos de terceros y el pozo PMR-22, el cual, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 5-52, indica un comportamiento más bien estable durante el año 2015, con fluctuaciones menores. A contar de febrero de 2016 se observa que el nivel asciende en 3 m hasta el mes de octubre y luego se mantiene estable en torno a los 1.007 msnm hasta enero de 2017. Posteriormente, se observa un aumento de nivel, llegando a un nivel máximo registrado de 1.018 msnm en el mes de julio de 2018.

En el Área 11 se ubican los pozos PMR-23, PMR-24 y PMR-25 (desde la Figura 5-53 a Figura 5-55) donde la extracción está dada principalmente por pozos de terceros y dos pozos de MLCC. En el pozo PMR-23 se observa un nivel que presenta variaciones relacionadas a los periodos secos y húmedos. A partir de marzo de 2017 se aprecia un ascenso de nivel hasta el presente trimestre, con una leve disminución en el mes de diciembre de 2017. Situación similar se presenta en los pozos PMR-24 y PMR-25, los cuales muestran variaciones de nivel manteniendo la tendencia a presentar niveles más bajos en los meses más secos y niveles altos en los meses húmedos, cuyo ascenso histórico más importante ocurrió en el período enero – octubre 2017, tendencia que se sigue repitiendo para el último trimestre alcanzando niveles de 996 y 994 msnm respectivamente para julio de 2018.

En el Área 12 se encuentran los pozos PMR-26, PMR-27, PMR-28 y PMR-29, junto a pozos de terceros y pozos propios. En el primero de ellos se observa una oscilación de nivel asociado a los meses húmedos y secos. A partir de enero de 2017 se observa un aumento de nivel mayor a lo observado en años anteriores. De acuerdo con la Figura 5-57 en este último trimestre presenta una estabilización del nivel (974 msnm). Situación similar ocurre con el pozo PMR-27. Para noviembre y diciembre del 2017 se observa un descenso de nivel con respecto a lo observado en los meses de junio y julio de 2017 y posterior ascenso en el periodo estival, manteniendo la tendencia de lo observado en el mismo periodo del año 2016, alcanzando un nivel en torno a los 949 msnm en el último trimestre.

El pozo PMR-28 fue reubicado y habilitado durante el año 2017, contando con información de nivel continuo a partir de junio de ese año. Es importante mencionar que no se tienen mediciones manuales para calibrar la medición continua. En el trimestre de estudio sus valores de nivel corresponden a 908 msnm (ver Figura 5-59).

Por último, las mediciones continuas del pozo PMR-29 presentan ruido, lo que no permite visualizar en detalle este comportamiento, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 5-60, mientras que las mediciones manuales indican que el pozo está con nivel de agua estable y próximo a la superficie con un nivel cercano a los 911 msnm, pero que a partir de mayo del 2017 se registra un descenso de los niveles manteniéndose constante cercano a los 909 msnm hasta febrero de 2018, posterior a esta fecha el nivel asciende no más de 1 metro. En el trimestre actual no se cuenta con mediciones continuas, sin embargo, los datos manuales indican que el nivel se mantiene estable (911 msnm).

En este sector se localizan varios pozos de terceros, lo que podría influenciar en el comportamiento del nivel. Esta situación se refleja también en los niveles del pozo DGA Vegas El Giro, ubicado aguas abajo del poblado de San Antonio a unos 2,5 km aprox. y a unos 3 km del pozo PMR-27. En la Figura 5-14 se observa que en el primer periodo de mediciones (1985 a 2002) los niveles se mantienen estables con variaciones en torno a los 2 m aprox. hasta comienzos del año 1998. Posterior a este periodo, desde mayo 2010, se aprecian variaciones mayores, con diferencias de hasta 30 m.

Finalmente, en el Área 13 se ubican los pozos PMR-30 y PMR-31, sector donde no existen pozos de extracción por parte de MLCC. En el primero de ellos se observa que el nivel oscila en aproximadamente 1 metro, con aumentos en los meses invernales y disminución hacia los meses estivales, como se observa en la Figura 5-62. Para el periodo mayo - julio 2018, se observa una discordancia entre los datos manuales y continuos, encontrándose los primeros por sobre los segundos, presentando una diferencia de 1 m. En cuanto al pozo PMR-31 (Figura 5-63), considerando la información de los años 2015 y 2016, se observa un comportamiento similar, con aumentos entre los meses de mayo y

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

septiembre, y disminuciones en los meses de verano. Se destaca que la medición continua presenta ruido en la medición, además, no se cuenta con registro continuo para el periodo agosto - octubre 2017. Para el último trimestre se observa una diferencia entre los datos manuales y continuos, la cual varía entre 2 a 3 m.

### 6.3 Volumen/Caudal bombeado

En el sector de la Brea se ubican 6 pozos de remediación que en conjunto tienen aprobado 28 L/s, pero en el presente trimestre fue necesario aumentar el caudal de extracción en 0,52 L/s, debido a que se encuentran en etapa de Remediación, producto que algunos parámetros de monitoreo de calidad de agua superaron los URM establecidos en el PMR. Para ello se extrae el agua subterránea alterada en calidad desde el caudal pasante y almacenamiento en la quebrada La Brea (Para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver Informes del PMR relativos a Calidad). En particular el único pozo en que se extrajo más caudal que el aprobado es BRW-02 en el mes de mayo (Figura 5-139).

En el sector de Caserones, donde también se localizan pozos de remediación, no se registra un caudal de extracción mayor al aprobado.

En el río Ramadillas las extracciones comenzaron a contar del año 2012 para los pozos WE-01, WP-01 WP-03 y WP-04. En particular, se debe mencionar que el pozo WE-01 fue utilizado en la etapa de construcción, y a contar de julio del año 2014 no registra bombeo. A su vez, el pozo WP-01 tenía un caudal aprobado de 34 l/s hasta abril de 2014; a partir de esa fecha se traslada parte del derecho a otro pozo de bombeo, quedando con un caudal de 10 l/s.

Al igual que con el pozo WP-01, el caudal aprobado para el pozo WP-02 disminuyó de 24 l/s a 20 l/s en abril de 2014, al ser trasladado a otro pozo.

En el área de Carrizalillo Chico las extracciones comenzaron en general, en diciembre de 2013 y se han mantenido bajo el caudal de aprobación establecido. De la misma manera, en el sector de Amolanas las extracciones comenzaron desde a mitad del año 2014 y se mantienen bajo los caudales de aprobación.

### 6.4 Umbrales de activación Plan de Monitoreo Dinámico (PMD)

Como se ha señalado anteriormente, el PMD trabaja con la información recolectada en el PMR, la que se utiliza para actualizar el modelo hidrogeológico anualmente. Dicho modelo proyecta los efectos en los puntos de control para luego proceder con la contrastación con los valores registrados producto de la extracción de los pozos por parte de MLCC.

Respecto de los niveles, se ha definido un umbral de activación del PMD en base a los descensos proyectados por el modelo y los registrados, de acuerdo a la siguiente formulación:

$$\frac{(DR_{i,t} - DP_{i,t})}{DP_{i,t}} \times 100 > 20\% \quad \text{Activación 1}$$

$$DR_{i,t} - DP_{i,t} > 1m \quad \text{Activación 2}$$

Donde:

$DR_{i,t}$ : Descenso registrado para el pozo de control i del PMR en el mes t.

$DP_{i,t}$ : Descenso Proyectado para el pozo de control i del PMR en el mes t.



## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Adicionalmente, el modelo hidrogeológico determinará el efecto de las extracciones de MLCC sobre el caudal en el sector La Puerta. Si el efecto corregido sobre el caudal en La Puerta supera los 310 l/s (Activación 3), MLCC aportará hasta 18 l/s de dos maneras posibles

- Disminuyendo el consumo a 500 l/s, o
- Incrementando el aporte de agua desalada en 18 l/s.

Si se opta por la entrega adicional de 18 l/s, una vez activada se mantendrá mientras la afectación sea mayor a 328 l/s.

Con base a lo anterior, y considerando los resultados para este trimestre, se presenta en la Tabla 6-2 la verificación de la activación de los umbrales respecto de los niveles.

**Tabla 6-2: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (niveles),  
periodo mayo a julio 2018.**

Área	Pozo de Control	Condición Pozos que gatillan aplicación PMD	Verificación Umbral de Activación PMD	Activación 1	Activación 2	Pozos de bombeo
1	PMR-01	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC
2	PMR-03	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC
3	PMR-06	-	-	Si	Si	Terceros
4	PMR-09	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC y Terceros
5	PMR-12	No Influenciado	Directa	Si	Si	MLCC y Terceros
6	PMR-14	-	-	Si	Si	Terceros
8	PMR-16	-	-	No	No	MLCC y Terceros
9	PMR-19	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC y Terceros
10	PMR-22	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC y Terceros
11	PMR-25	Influenciado	Modelo Simplificado	No	No	MLCC y Terceros
12	PMR-29	Influenciado	Modelo Simplificado	No	No	MLCC y Terceros
13	PMR-31	-	-	No	No	Terceros

Fuente: Elaboración propia.

En los meses correspondientes al presente trimestre se observa que para los pozos PMR-06, PMR-12 y PMR-14 se sobrepasan los umbrales establecidos, esto es, que el descenso registrado es 20% superior al descenso proyectado por el modelo y que el descenso registrado es 1 m superior al proyectado. **Es importante destacar que, de los tres pozos sólo el PMR-12 gatilla la activación del PMD (Plan de Manejo Dinámico) de MLCC.**

Al respecto, MLCC coordinará las acciones necesarias para cumplir con el protocolo definido por el PMR para manejar la activación del PMD en PMR-12. No obstante esto, si bien se han hecho esfuerzos importantes por mejorar la geometría y calibración del modelo hidrogeológico numérico, la activación puede deberse a deficiencias que aún persisten, por ejemplo, extracciones de terceros no consideradas.

## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Lo anterior refuerza la necesidad de desarrollar un catastro de usuarios en el Valle de Copiapó, el cual ya se encuentra en desarrollo y estará disponible para la actualización 2019 del modelo numérico.

Adicionalmente, se debe tener en consideración la falta de mediciones manuales en el mismo punto, dado que no es posible corroborar los descensos que el PMR-12 presenta en el trimestre actual, por lo que los descensos registrados podrían estar asociados a errores en la medición continua.

La Tabla 6-3 presenta el descenso registrado y el proyectado por el modelo hidrogeológico para los meses de mayo a julio, donde se observa que el descenso registrado es mayor que un 20% al proyectado (>28%) y la diferencia de descensos es superior a 1 metro.

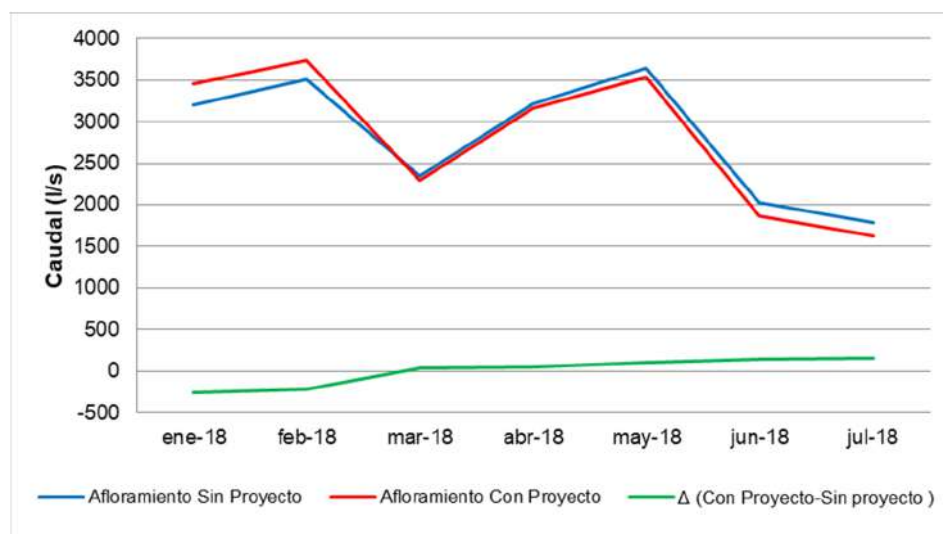
**Tabla 6-3 Descensos registrados y proyectados en los puntos PMR-06, PMR-12 y PMR-14**

Punto	Descenso registrado (m)	Descenso proyectado (m)	Activación 1	Activación 2	Activación PMD
PMR-06	-4,81	-3,75	28,40	1,06	Si
	-4,98	-4,54	9,67	0,44	No
	-5,01	-5,32	-5,77	-0,31	No
PMR-12	-0,86	-0,59	44,91	0,27	No
	-2,19	-0,72	202,39	1,47	Si
	-3,16	-0,86	269,08	2,30	Si
PMR-14	-0,38	-0,38	-0,52	0,00	No
	-1,15	-0,45	156,70	0,70	No
	-1,51	-0,50	200,20	1,01	Si

Fuente: Elaboración propia.

Respecto del efecto de las extracciones de MLCC sobre el caudal en la Puerta para este trimestre, en la Figura 6-1 se presenta la situación base (línea azul) que muestra el caudal pasante en situación sin proyecto, el escenario proyectado (línea roja), el cual muestra el caudal pasante con el proyecto, y la diferencia entre ambos (línea verde). Este último corresponde al efecto de las extracciones de MLCC sobre el caudal en la Puerta, el cual no supera los 200 L/s indicado como umbral de activación del PMD para ninguno de los meses del trimestre, como lo indica la Tabla 6-4.

**Figura 6-1: Caudal pasante en el sector La Puerta, periodo enero 2018- julio 2018**



Fuente: Elaboración propia

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

**Tabla 6-4: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (caudal),  
periodo mayo-julio 2018.**

Mes	Afloramiento sin proyecto (L/s)	Afloramiento con proyecto (L/s)	$\Delta$ (Sin proyecto - Con Proyecto)	Activación 3
May-18	3643,11	3538,29	104,82	No
Jun-18	2020,78	1871,79	148,99	No
Jul-18	1784,11	1623,72	160,39	No

Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

## 7 CONCLUSIONES

En el presente informe se da cumplimiento a lo establecido en la RCA 013/2010 que calificó favorablemente el proyecto Caserones presentando toda la información necesaria para implementar el PMD a través del PMR.

Al observar los pozos de monitoreo, que en su mayoría cuentan con información a contar del año 2015, se infiere que hay variaciones de nivel relacionadas a la estacionalidad, funcionamiento del embalse Lautaro, como también a los bombeos, tanto de terceros como de MLCC. Adicionalmente, se presentan algunas anomalías en los datos tomados por el sensor, por problemas de ajuste de referencia principalmente y pozos que no midieron para este trimestre, pero sí cuentan con medición manual y otros que no, al estar tapados con sedimentos o no tener acceso a los pozos.

Para el presente trimestre se observaron descensos, aumentos y estabilización de niveles. En general, las primeras áreas muestran variaciones de nivel asociadas a los meses de verano e invierno y descensos leves, los que en algunos casos terminan en estabilización del nivel al finalizar el trimestre.

Desde el área 6 a la 10, los niveles se han mantenido estables respecto a periodos anteriores, donde además venían de una tendencia al alza que data de comienzos del año 2016. Finalmente, a partir del área 11 en adelante, los niveles de los pozos muestran una tendencia de ascenso y estabilización en comparación con el trimestre anterior pero influenciado por una estacionalidad muy marcada. En todos estos pozos se observa un leve ascenso en el presente trimestre. Por otro lado, existen algunos pozos que se encuentran surgentes, como el caso del pozo PMR-15 ubicado inmediatamente aguas abajo del embalse Lautaro.

Se aprecia que los niveles registrados en los pozos de monitoreo implementados por MLCC, no presentan variaciones significativas asociadas a la extracción directa de MLCC. Esto debido, en primera instancia que el registro histórico es relativamente nuevo y no es posible establecer una relación directa entre los niveles y las extracciones durante un periodo considerable de años, salvo para los pozos PMR-01 y PMR-02 que presentan registro hace 11 años. A su vez, el acuífero de estudio se encuentra bastante intervenido no sólo por la extracción de MLCC, sino que también de terceros de los cuales no se tiene conocimiento de los periodos y caudales de extracción. Por último, los niveles de estos pozos han reflejado la situación de la zona del último periodo, donde se han presentado eventos caracterizados por montos altos de precipitaciones, luego de un periodo prolongado de sequía.

En cuanto a los pozos de bombeo, se observa que todos los caudales de extracción se encuentran bajo los caudales aprobados por la RCA 013/2010, a excepción del pozo de remediación BRW-02 del sector La Brea, durante el presente trimestre que sobrepasó el caudal aprobado de extracción (1 L/s) debido a la necesidad de remediación. Para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver en informes del PMR relativos a Calidad.

Por último, para este trimestre se superan los umbrales establecidos en el pozo PMR-06, PMR-12 y PMR-14. Los pozos PMR-06 y PMR-14 no son gatillantes para la activación del PMD, a diferencia del PMR-12. Al respecto, MLCC regulará las acciones necesarias para cumplir con el protocolo determinado por el PMR para manejar la activación del PMD en PMR-12. No obstante esto, si bien se han hecho esfuerzos importantes por mejorar la geometría y calibración del modelo hidrogeológico numérico, la activación puede deberse a una posible deficiencia del modelo, el cual no cuenta con la actualización de las extracciones de terceros (dicha actualización del catastro de usuarios en el valle de Copiapó estará disponible para el año 2019). Por otra parte, no es posible corroborar los descensos que el PMR-12 presenta en el trimestre actual, ya que no se cuentan con mediciones manuales para el mismo periodo.

## 8 REFERENCIAS

- Arcadis, 2017. Modelo hidrogeológico cuenca alta del Río Copiapó - Actualización 2017 (Diciembre 2015 a Diciembre 2016).
- MLCC, 2015. Plan de Monitoreo Robusto Recurso Hídrico Cantidad.
- SEA, 2012. Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile. ISBN: 978-956-9076-12-1.
- COREMA Región de Atacama, 2010. .Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 013/2010.

Arcadis

Av. Antonio Varas 621  
Providencia, Santiago  
T: +56 2 2381 6000

[arcadis.com](http://arcadis.com)

