



Design & Consultancy
for natural and
built assets

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

CÓDIGO Arcadis: N° 4785-0000-RH-INF-010_0

Informe Trimestral Noviembre 2017-Enero 2018

MAYO 2018

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	C. Huichaquelén	G. Sepúlveda	A. Palacios	Coordinación Interna
	Fecha	29-03-2018	06-04-2018	06-04-2018	
B	Nombre Firma	C. Huichaquelén	G. Sepúlveda	A. Palacios	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	09-05-2018	15-05-2018	18-05-2018	
0	Nombre Firma	C. Huichaquelén	G. Sepúlveda	A. Palacios	Aprobación Cliente
	Fecha	30-05-2018	30-05-2018	30-05-2018	

CONTACTOS

ALEJANDRA PALACIOS
Jefe de Proyecto

T. +56 2 23816229
e alejandra.palacios@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

1 RESUMEN	9
2 INTRODUCCIÓN	13
3 OBJETIVOS.....	15
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
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
5 RESULTADOS	38
5.1 Datos pluviométricos	38
5.2 Datos fluviométricos	40
5.2.1 Datos fluviométricos estaciones DGA.....	40
5.2.2 Datos fluviométricos estaciones 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.....	75
5.6 Extracciones Pozos de Bombeo MLCC.....	90
5.7 Nivel en Embalse Lautaro	119
5.8 Variación de nivel en pozos de control	121
6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	134
6.1 Pluviometría y fluviometría.....	134
6.2 Evolución de niveles piezométricos.....	137
6.3 Volumen/Caudal bombeado	141
6.4 Umbrales de activación Plan de Monitoreo Dinámico (PMD)	142
7 CONCLUSIONES	146
8 REFERENCIAS	147

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 Trazabilidad de mediciones de nivel

Anexo H 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.	15
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.	25
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 mensual periodo noviembre 2017 a enero 2018 (mm).	38
Tabla 5-2: Precipitación media mensual (mm).	40
Tabla 5-3: Caudal medio mensual periodo noviembre 2017 a enero 2018 (m ³ /s).	40
Tabla 5-4: Caudal medio mensual (m ³ /s).	42
Tabla 5-5: Nivel mensual Embalse Lautaro.	119
Tabla 5-6: Puntos de Control PMD.	121
Tabla 6-1: Probabilidades de excedencia para las estaciones fluviométricas, periodo noviembre 2017-enero 2018.	135
Tabla 6-2: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (niveles), periodo noviembre 2017 – enero 2018.	143
Tabla 6-3 Descensos registrados y proyectados en el punto PMR-01	144
Tabla 6-4: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (caudal), periodo noviembre-diciembre 2017.	145

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

Figura 5-32: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-08.....	55
Figura 5-33: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-09.....	56
Figura 5-34: Área 5	57
Figura 5-35: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-10.....	58
Figura 5-36: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-11.....	58
Figura 5-37: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-12.....	59
Figura 5-38: Área 6	60
Figura 5-39: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-13.....	61
Figura 5-40: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-14.....	61
Figura 5-41: Área 7	62
Figura 5-42: Área 8	63
Figura 5-43: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-15.....	63
Figura 5-44: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-16.....	64
Figura 5-45: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-17.....	64
Figura 5-46: Área 9	65
Figura 5-47: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-18.....	65
Figura 5-48: Área 10	66
Figura 5-49: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-19.....	66
Figura 5-50: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-20.....	67
Figura 5-51: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-21.....	67
Figura 5-52: Área 11	68
Figura 5-53: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-22.....	68
Figura 5-54: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-23.....	69
Figura 5-55: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-24.....	70
Figura 5-56: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-25.....	70
Figura 5-57: Área 12	71
Figura 5-58: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-26.....	71
Figura 5-59: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-27.	72
Figura 5-60: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-28.	72
Figura 5-61: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-29.....	73
Figura 5-62: Área 13	73
Figura 5-63: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-30.....	74
Figura 5-64: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-31.....	74
Figura 5-65: Nivel de agua subterránea en el pozo WE-01.....	75
Figura 5-66: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-01.....	76
Figura 5-67: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-02.....	76
Figura 5-68: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-03.....	77

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

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

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-106: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-1.	96
Figura 5-107: Volumen mensual bombeado pozo CCH-2.	97
Figura 5-108: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-02.	97
Figura 5-109: Volumen mensual bombeado pozo CCH-3.	98
Figura 5-110: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-3.	98
Figura 5-111: Volumen mensual bombeado pozo CCH-4.	99
Figura 5-112: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-04.	99
Figura 5-113: Volumen mensual bombeado pozo CCH-5.	100
Figura 5-114: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-05.	100
Figura 5-115: Volumen mensual bombeado pozo PR-01.	101
Figura 5-116: Caudal medio mensual bombeado pozo PR-01.	101
Figura 5-117: Volumen mensual bombeado pozo PPO-01.	102
Figura 5-118: Caudal medio mensual bombeado pozo PPO-01.	102
Figura 5-119: Volumen mensual bombeado pozo PPR-01.	103
Figura 5-120: Caudal medio mensual bombeado pozo PPR-01.	103
Figura 5-121: Volumen mensual bombeado pozo PDB-1.	104
Figura 5-122: Caudal medio mensual bombeado pozo PDB-01.	104
Figura 5-123: Volumen mensual bombeado pozo PEL-1.	105
Figura 5-124: Caudal medio mensual bombeado pozo PEL-1.	105
Figura 5-125: Volumen mensual bombeado pozo PNI-1.	106
Figura 5-126: Caudal medio mensual bombeado pozo PNI-1.	106
Figura 5-127: Volumen mensual bombeado pozo PRE-2.	107
Figura 5-128: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-2.	107
Figura 5-129: Volumen mensual bombeado pozo PRE-3.	108
Figura 5-130: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-3.	108
Figura 5-131: Volumen mensual bombeado pozo POB-08B.	109
Figura 5-132: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-08B.	109
Figura 5-133: Volumen mensual bombeado pozo POB-07A.	110
Figura 5-134: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-07A.	110
Figura 5-135: Volumen mensual bombeado pozo PBB-1.	111
Figura 5-136: Caudal medio mensual bombeado pozo PBB-1.	111
Figura 5-137: Volumen mensual bombeado pozo BRW-01.	112
Figura 5-138: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-01.	112
Figura 5-139: Volumen mensual bombeado pozo BRW-02.	113
Figura 5-140: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-02.	113
Figura 5-141: Volumen mensual bombeado pozo PBC-08.	114
Figura 5-142: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-08.	114

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Figura 5-143: Volumen mensual bombeado pozo CRW-01.	115
Figura 5-144: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-01.	115
Figura 5-145: Volumen mensual bombeado pozo CRW-02.	116
Figura 5-146: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-02.	116
Figura 5-147: Volumen mensual bombeado pozo PBC-02.	117
Figura 5-148: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-02.	117
Figura 5-149: Volumen mensual bombeado pozo PBC-06.	118
Figura 5-150: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-06.	118
Figura 5-151: Niveles en embalse Lautaro.	120
Figura 5-152: Puntos de control PMD.	122
Figura 5-153: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-01 (Ene– Dic 2017)	123
Figura 5-154: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-01 (Ene– Feb 2018)	123
Figura 5-155: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-03 (Ene– Dic 2017)	124
Figura 5-156: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-03(Ene– Feb 2018)	124
Figura 5-157: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-06 (Ene–Dic 2017)	125
Figura 5-158: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-06 (Ene–Feb 2018)	125
Figura 5-159: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-12 (Ene-Dic 2017)	126
Figura 5-160: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-12 (Ene-Feb 2018)	126
Figura 5-161: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-14 (Ene-Dic 2017)	127
Figura 5-162: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-14 (Ene-Feb 2018)	127
Figura 5-163: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-16 (Ene-Dic 2017)	128
Figura 5-164: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-16 (Ene-Feb 2018)	128
Figura 5-165: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-19 (Ene-Dic 2017)	129
Figura 5-166: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-19 (Ene-Feb 2018)	129
Figura 5-167: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-22 (Ene – Dic 2017)	130
Figura 5-168: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-22 (Ene – Feb 2018)	130
Figura 5-169: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-25 (Ene-Dic 2017)	131
Figura 5-170: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-25 (Ene-Feb 2018)	131
Figura 5-171: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-29 (Ene-Dic 2017)	132
Figura 5-172: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-29 (Ene-Feb 2018)	132
Figura 5-173: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-31 (Ene-Dic 2017)	133
Figura 5-174: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-31 (Ene-Feb 2018)	133
Figura 6-1: Caudal pasante en el sector La Puerta, periodo enero a diciembre 2017	144

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 a 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 noviembre 2017 y enero 2018, incluyendo información de nivel para el mes de febrero. 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 noviembre 2017 – enero 2018.
- Las simulaciones de descensos de niveles proyectados se efectuaron con el modelo numérico de actualización 2017 actualizado y calibrado con los registros de niveles de 50 pozos de monitoreo para el periodo comprendido entre Ene-1986 a Dic-2016. Del total de pozos de monitoreo utilizados, 26 corresponden al PMR, de los cuales el pozo PMR-12 fue agregado en la presente actualización dado que inició el registro de niveles el año 2016.
- 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 y PMD presenta mejoras en cuanto cota y tendencia respecto de los resultados obtenidos con el modelo de actualización 2016. 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:

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

- 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.

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 el presente trimestre, meses posteriores al periodo de lluvias, se observaron descensos, aumentos y estabilización de niveles. Además, en algunos casos los pozos se encontraban surgentes o bien sin acceso para ser medidos de forma manual debido a los depósitos de sedimentos que provocaron los desbordes de los ríos.

En las Áreas 1, 2, 3 y 4 se observa un ascenso de nivel que viene luego de un descenso explicado por las precipitaciones que se han presentado en la zona en trimestres anteriores. Además, en esta zona los pozos PMR-05 y PMR-07 no han podido ser medidos manualmente producto de la presencia de sedimentos. El sector de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera corresponde al Área 5, donde los niveles presentan un descenso con respecto a los meses anteriores, a excepción del PMR-12, ubicado aguas abajo de la confluencia del río Pulido con el río Jorquera.

Desde el área 6 a la 10, se mantienen la tendencia del trimestre anterior, donde los niveles se mantienen estables posterior al alza que data desde comienzos del año 2016. Además, 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, se mantiene la tendencia positiva de los niveles, provenientes del trimestre agosto – octubre 2017, pero dentro de una estacionalidad muy marcada. Cabe señalar que la disminución registrada en los meses de verano del año 2017 es menor a la registrada durante el año 2016 en el Área 11, mientras que en el Área 12 se observan niveles en los meses de verano de 2017 de una magnitud similar a lo observado en el mismo periodo del año 2016. Sin embargo, en el trimestre de estudio, los datos van al alza, alcanzando el registro máximo histórico en el último mes presentado. Es importante mencionar que, en el pozo PMR-27 no cuenta con mediciones continuas, sin embargo, se aprecia que los datos manuales mantienen la tendencia al alza del último tiempo. Por otra parte, el punto PMR-30, muestra una diferencia entre los datos continuos y manuales, lo cual de acuerdo con el registro histórico se concluye que las mediciones continuas se encuentran con error. Por otro lado, existen algunos pozos que se encuentran surgentes, como el caso del pozo PMR-15 ubicado inmediatamente aguas abajo del embalse Lautaro.

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 no se encuentra actualizada para el periodo en estudio.

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 los pozos de remediación ubicados en el sector La Brea, PBB-1 y BRW-01, que superan el valor límite en el mes de noviembre y BRW-02, para

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

todo el periodo de estudio, lo anterior, debido a la necesidad de remediación. Para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver en informes del PMR relativos a Calidad.

Cabe señalar que en el mes de noviembre se mantuvo la tendencia del trimestre anterior, registrándose en el pozo PMR-01 un descenso observado mayor al proyectado, situación que se revirtió en los siguientes meses. Además, 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.

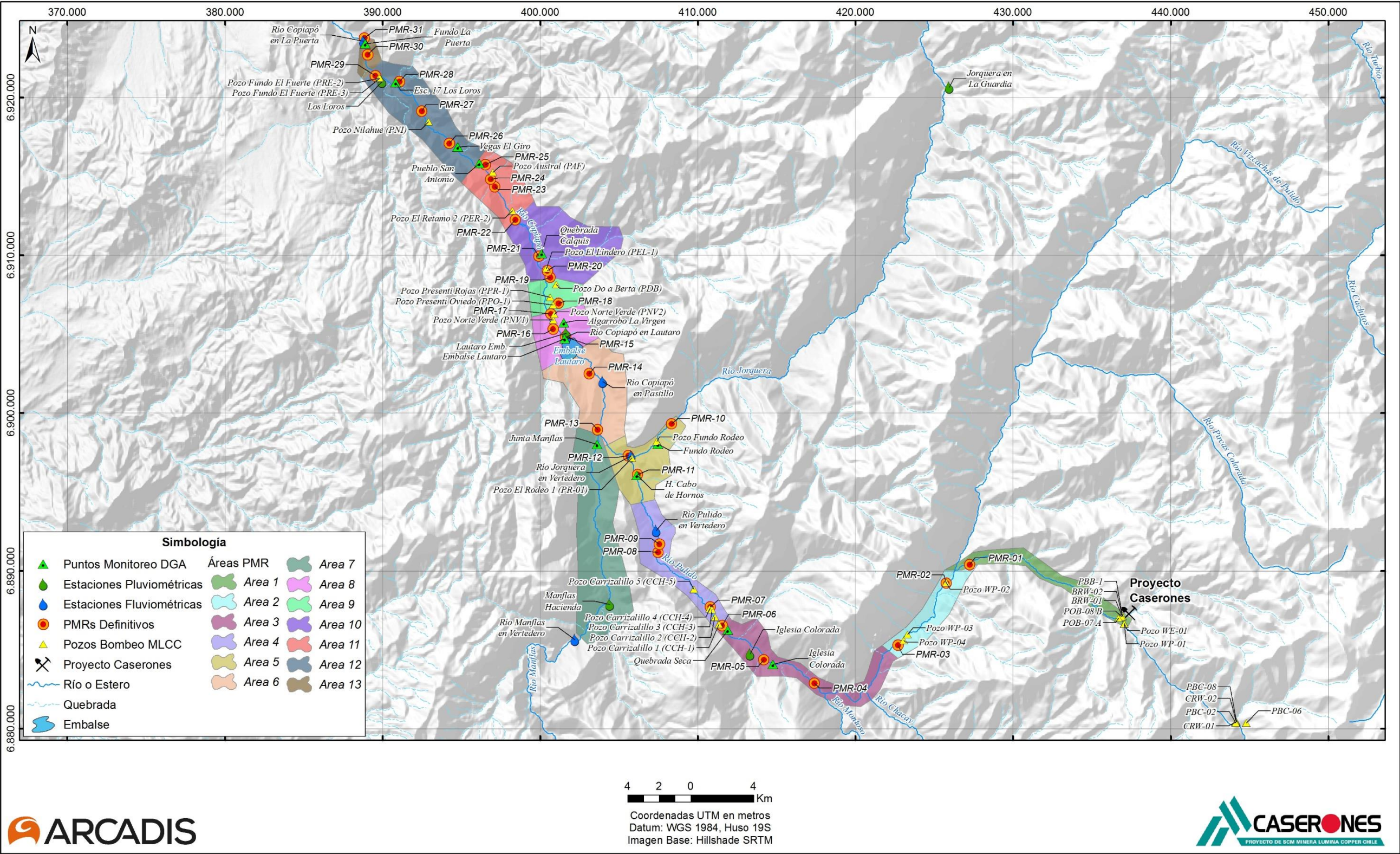
Por último, existen 3 hitos importantes, los que se indican en la Tabla 1-1 y que deben ser considerados para efectos de comprensión de los resultados.

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”.

En 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. En cuanto a las estaciones fluviométricas comprometidas, a la fecha se encuentra en operación sólo una de ellas (N° 2 Ramadillas Sector 2), 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 noviembre 2017 a enero 2018, el cual ha sido confeccionado por Arcadis basado en la información de monitoreo proporcionada por MLCC, obtenida por la ETFA SGS, y a los resultados del modelo hidrogeológico actualización 2017 (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 noviembre 2017 – enero 2018.
- Las simulaciones de descensos de niveles proyectados se efectuaron con el modelo numérico de actualización 2017 actualizado y calibrado con los registros de niveles de 50 pozos de monitoreo para el período comprendido entre Ene-1986 a Dic-2016. Del total de pozos de monitoreo utilizados, 26 corresponden al PMR, de los cuales el pozo PMR-12 fue agregado en la presente actualización dado que inició el registro de niveles el año 2016.
- 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 y PMD presenta mejoras en cuanto cota y tendencia respecto de los resultados obtenidos con el modelo de actualización 2016. 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 presente 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 a 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 a 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 al 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:

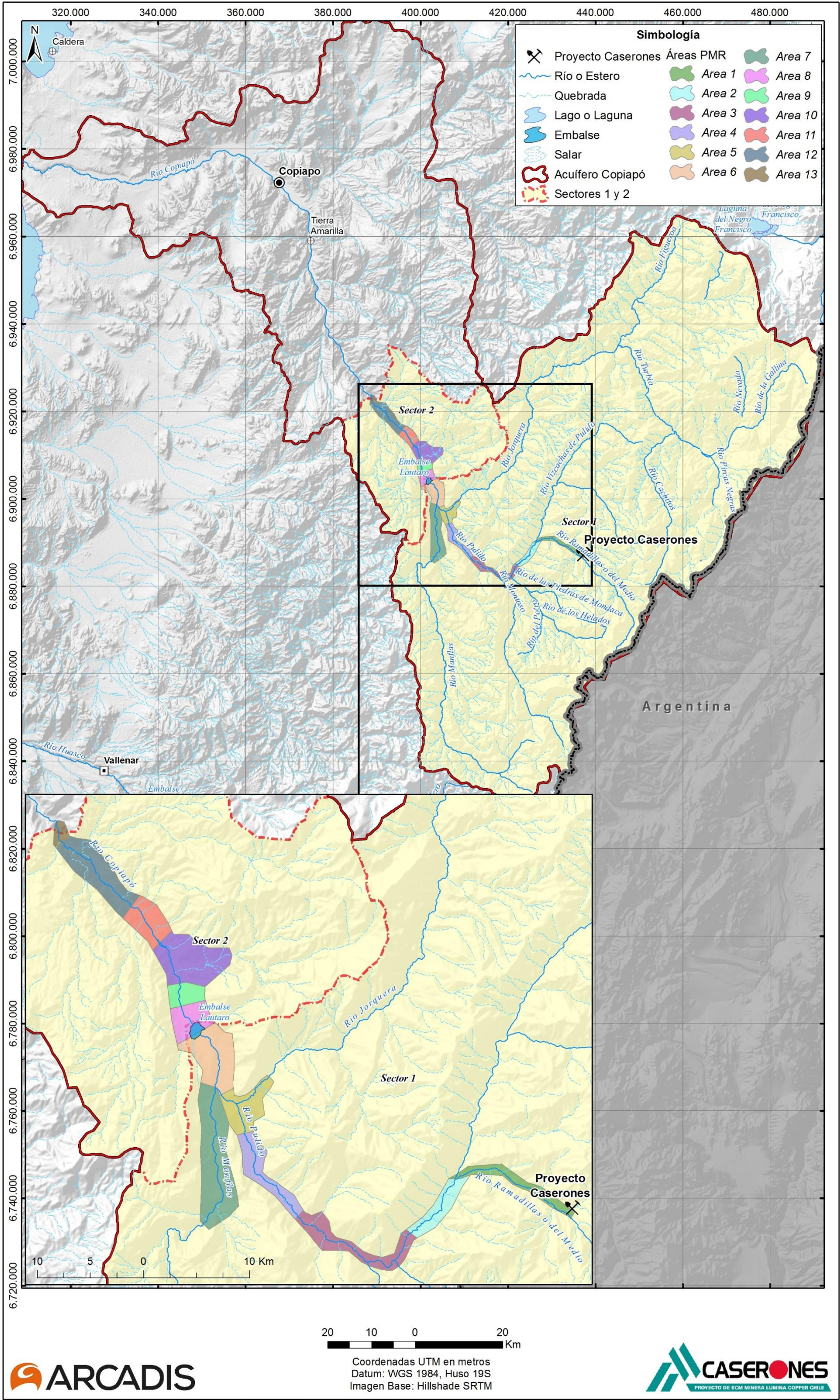
- Área 1: definida como Área Mina, y comprende el tramo conformado por el Río Ramadillas hasta su confluencia con el Río Pulido. En esta área sólo hay pozos pertenecientes a MLCC.
- Área 2: corresponde al sector del fundo Carrizalillo que comprende al sector del Río Pulido entre la confluencia con el 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



N:\Cartografía\PY\4721\03 PRODUCTO\31 MXD\4721-20161025_UbicacionProyecto.mxd

Fuente: Elaboración propia

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 pozos se distribuyen en las áreas de control definidas en el PMR, totalizando 31 pozos propuestos, de acuerdo a 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

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)	
11	PMR-23	PMR-23	397.642	6.914.078	397.115	6.914.343	Pozo Definitivo
	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	-
	PMR-09	PMR-09	407.370	6.892.746	(1.20-0,80)*	-	1.318	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	-
	PMR-12	PMR-12	405.581	6.897.305	1.220,45	1.219,67	-	1.219,90	1.219,67

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	
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
	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	-
	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	-
	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.

Área 3:

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

- 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.

Área 7:

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

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.

Tabla 4-5: Pozos de bombeo.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE
COPIAPO

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 Remediación	Caserones	444.175	6.880.449	3.195,50	0,7
CRW-02	Pozo Remediación	Caserones	444.158	6.880.431	3.211,60	0,5
CRW-01	Pozo Remediación	Caserones	444.121	6.880.420	3.205,50	0,3
PBC-02	Pozo Remediación	Caserones	444.137	6.880.361	3.183,00	1
PBC-06	Pozo Remediación	Caserones	444.806	6.880.355	3.168,60	3,5
BRW-01	Pozo Remediación	La Brea	436.900	6.887.156	2.624,30	6
BRW-02	Pozo Remediación	La Brea	436.941	6.887.122	2.628,40	1
PBB-1	Pozo Remediación	La Brea	436.941	6.887.122	2.624,30	6
POB-08 B	Pozo Remediación	La Brea	436.872	6.887.098	2.622,80	2
POB-07 A	Pozo Remediación	La Brea	436.699	6.887.007	2.622,10	13
PRD-1 ⁽¹⁾	PRD-1				-	55
PAF-1 ⁽¹⁾	Austral Fruit (Grossi)	Agrícola Atacama			-	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 cuenta con la información completa para poder elaborar los informes trimestrales. Para paliar dicha situación, se cuenta con las mediciones que realiza MLCC (a través de la ETFA) en los puntos correspondientes a las estaciones fluviométricas de la DGA.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Adicionalmente, el PMR comprometió la construcción de 5 estaciones fluviométricas, de acuerdo a 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 DGA¹, difieren de las coordenadas definitivas (103 metros), las que ya fueron informadas a la autoridad respectiva. Las demás estaciones no se han construido a la fecha, y a modo de mostrar la situación de los caudales en estos puntos, se muestra la 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)	6.878.997	444.874	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*	427.280*	2.159	LM-05
Estación Fluviométrica N° 3 Río del Potro	Río Del Potro, antes de la Junta con el Río Pulido	6.881.836	421.015	2.163	LM-15
Estación Fluviométrica N° 4 Río Montosa	Río Montosa, antes de la junta con el Río Pulido	6.881.134	419.095	1.747	LM-16
Estación Fluviométrica N° 5 Río Pulido	Río Pulido	6.882.627	417.614	1.651	LM-17

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

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).

¹ 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.

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

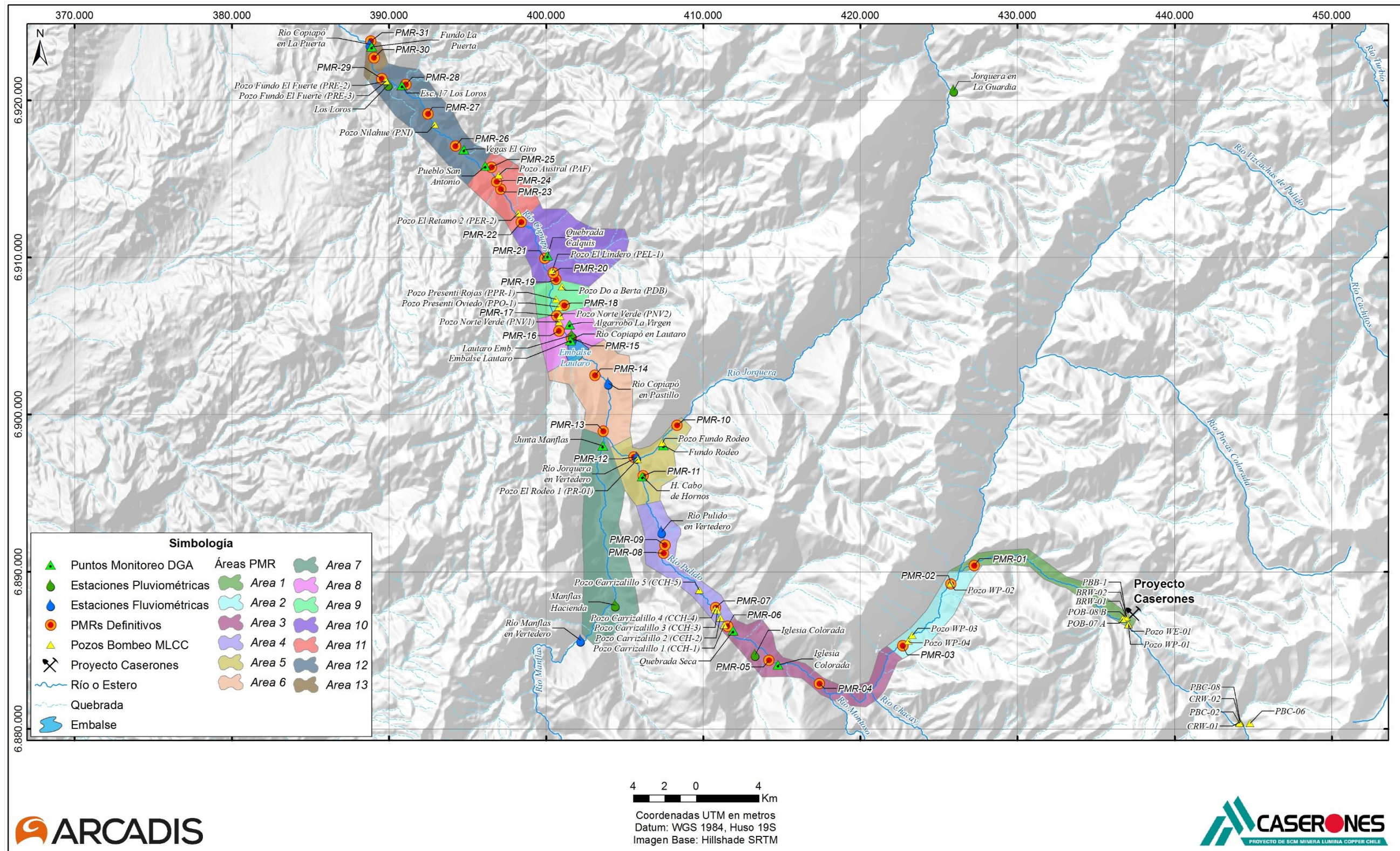
Aguas abajo del Embalse Lautaro, los niveles del agua subterránea serán dependientes de la forma de funcionamiento del embalse y del volumen de las extracciones por bombeo.

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 m³ 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	

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			
CCH-5	409.753	6.888.835	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			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	

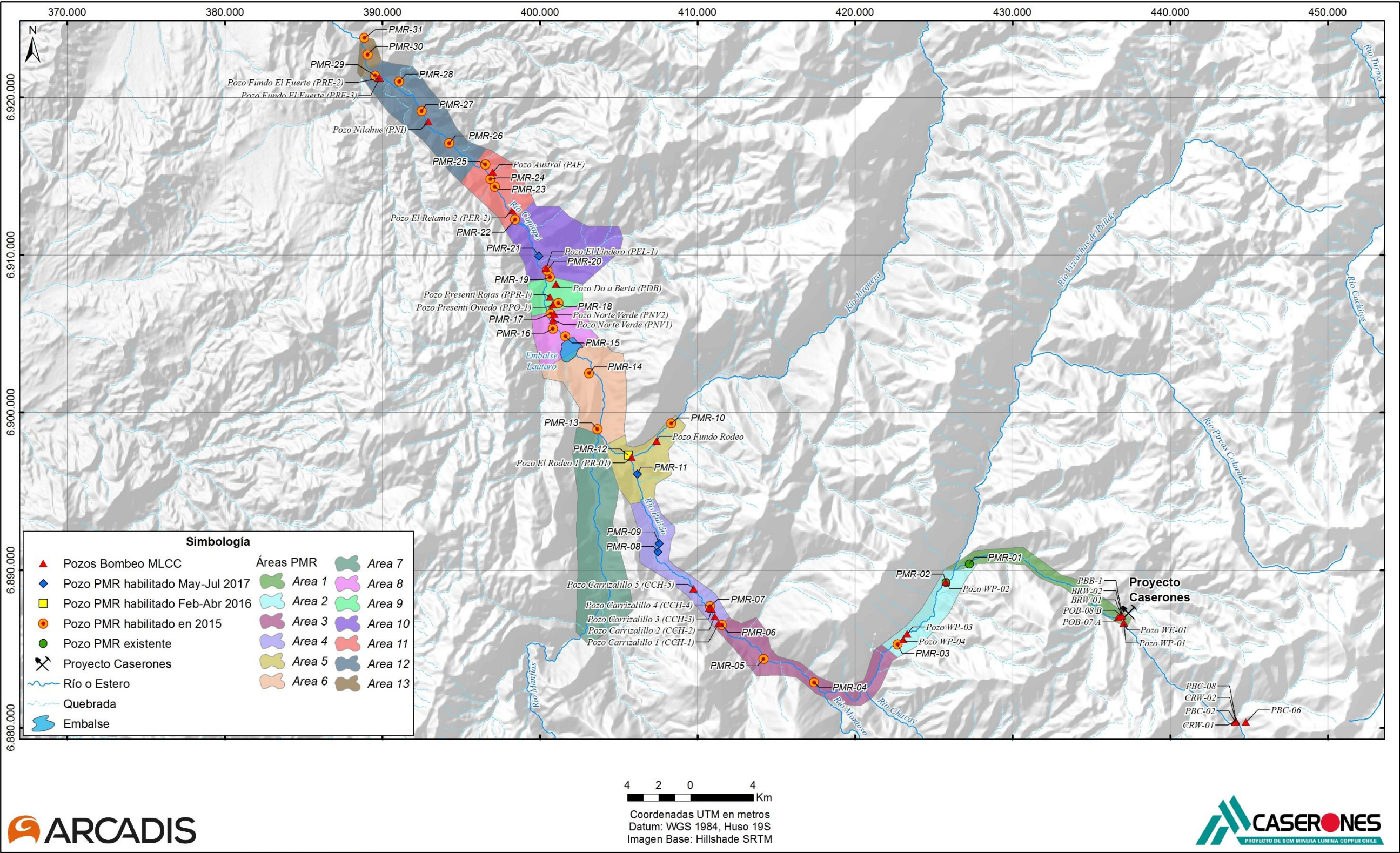
MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE
COPIAPO

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
			Volumen de extracción			
PBB-1	436.941	6.887.122	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
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 ± 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 a 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 noviembre 2017- enero 2018. El análisis de los resultados se presenta en el capítulo 6.1.

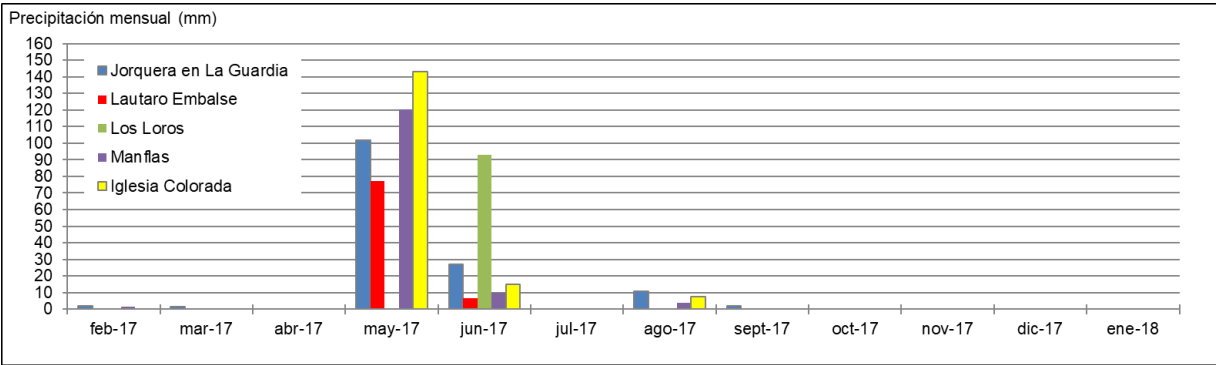
En la Tabla 5-1 se muestra la precipitación mensual para cada estación, con base en la información publicada por la DGA a la fecha de elaboración de este informe. En el gráfico de la Figura 5-1 se observa la precipitación mensual medida en las estaciones, considerando el periodo anual entre febrero 2017 y enero 2018. Sin embargo, no se cuenta con registros de enero 2018.

Tabla 5-1: Precipitación mensual periodo noviembre 2017 a enero 2018 (mm).

Estación	Noviembre	Diciembre	Enero
Jorquera en La Guardia	0	--	--
Lautaro Embalse	--	--	--
Los Loros	0	--	--
Manflas	0	--	--
Iglesia Colorada	--	0	--
Promedio	0	0	--

Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

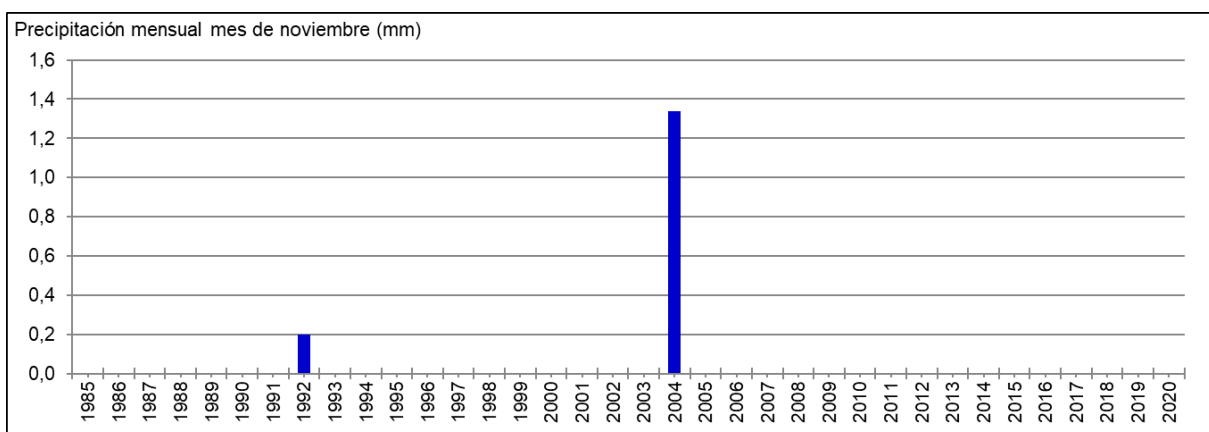
Figura 5-1: Precipitación mensual periodo noviembre 2017 a enero 2018.



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

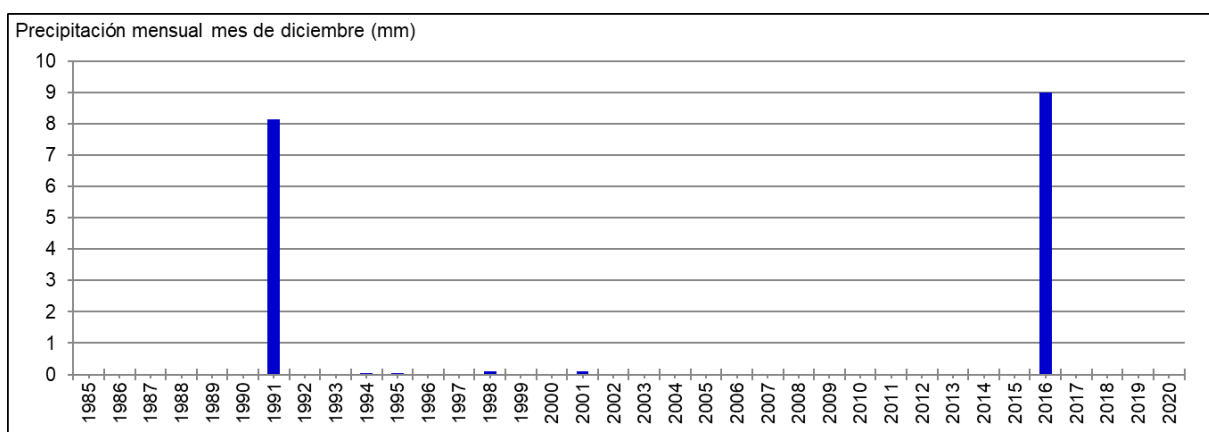
Para analizar el comportamiento histórico de las precipitaciones en los meses de noviembre, diciembre de 2017 y enero de 2018, se presentan los siguientes gráficos (Figura 5-2 a Figura 5-4), que muestran el monto de precipitaciones medio considerando las estaciones en análisis, entre los años 1985 a 2017 (periodo de 33 años considerado adecuado para análisis hidrológicos). Cabe señalar que la estación Iglesia Colorada entró en funcionamiento el año 1988.

Figura 5-2: Precipitación media mes de noviembre periodo 1985-2017 en estaciones analizadas.



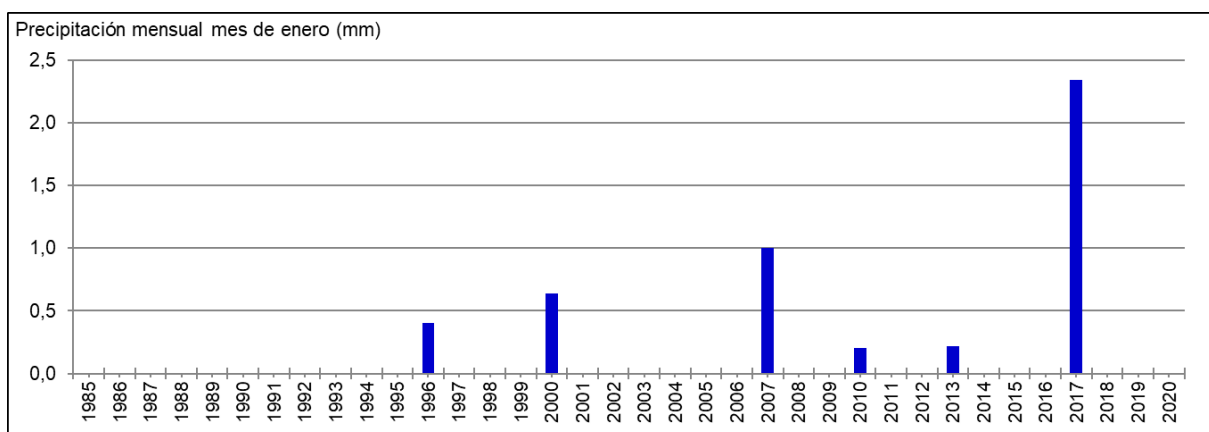
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

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



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-4: Precipitación mes de enero periodo 1985-2018 en estaciones analizadas.



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Finalmente, en la Tabla 5-2 se presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones para el periodo 1985-2017.

Tabla 5-2: 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	40
Los Loros	0	0	3	1	4	11	9	7	1	0	0	0	36
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, noviembre 2017 a enero de 2018, no se cuenta con registros en dichas estaciones de acuerdo a lo revisado en la página web de la DGA, pero sí se cuenta con algunas mediciones realizadas por MLCC (mediciones realizadas por la ETFA correspondiente) en los puntos de ubicación de dichas estaciones para los meses noviembre, diciembre (2017) y enero de 2018. Cabe mencionar que a medida que la DGA actualiza su información durante el transcurso del año, estos datos son incorporados para el presente reporte, y forman parte del análisis de los respectivos informes trimestrales. Hasta la fecha de elaboración de este reporte, la DGA ha publicado los datos de las estaciones hasta octubre de 2017.

5.2.1 Datos fluviométricos estaciones DGA

En la Tabla 5-3 se presentan los caudales medidos por MLCC, para el trimestre analizado en cada una de las estaciones fluviométricas de la DGA.

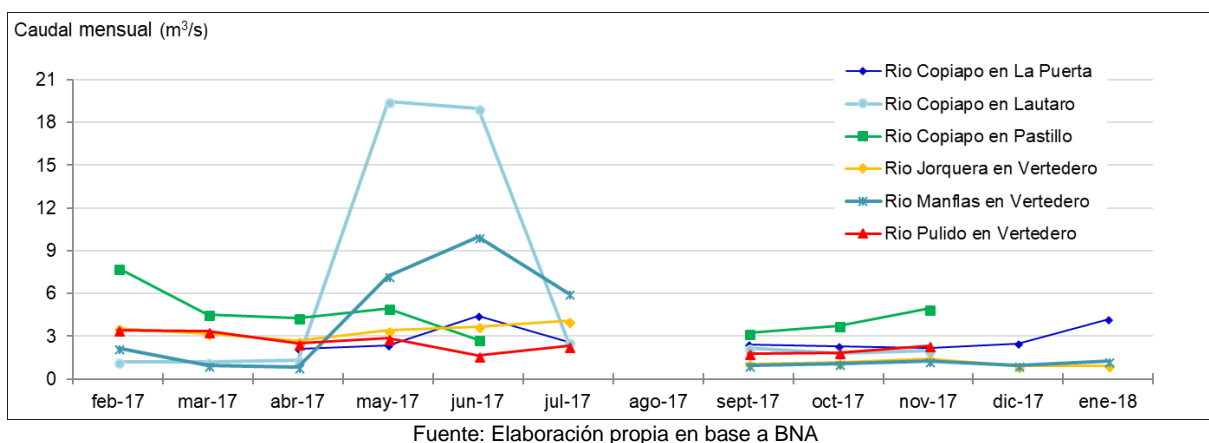
En la Figura 5-5 se muestra el comportamiento fluviométrico para el periodo comprendido entre febrero de 2017 a enero de 2018, considerando toda la información fluviométrica disponible. En general se cuenta con información oficial de la DGA hasta diciembre de 2017, a excepción de las estaciones Río Copiapó en Lautaro, Río Copiapó en Pastillo y Río Pulido en Vertedero, los cuales tienen información hasta noviembre de 2017.

Tabla 5-3: Caudal medio mensual periodo noviembre 2017 a enero 2018 (m³/s).

Estación	Noviembre	Diciembre	Enero
Río Jorquera en Vertedero	1,42	0,91	0,95
Río Pulido en Vertedero	2,35	-	-
Río Manflas en Vertedero	1,28	0,97	1,27
Río Copiapó en Lautaro	1,96	-	-
Río Copiapó en Pastillo	4,93	-	-
Río Copiapó en La Puerta	2,18	2,46	4,18

Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-5: Caudal medio mensual periodo febrero 2017-enero 2018.



En las Figura 5-6 a Figura 5-8 se muestra el caudal medio mensual de las estaciones para los meses en análisis, considerando el periodo de 33 años (1985-2017) y la información disponible de MLCC.

Figura 5-6: Caudal medio mensual periodo mes de noviembre años 1985-2017.

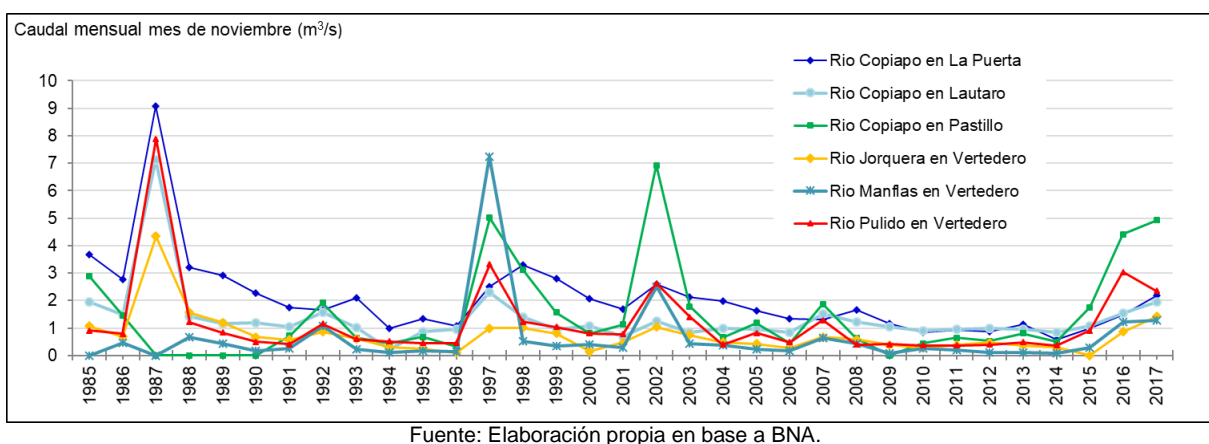


Figura 5-7: Caudal medio mensual periodo mes de diciembre años 1985-2017.

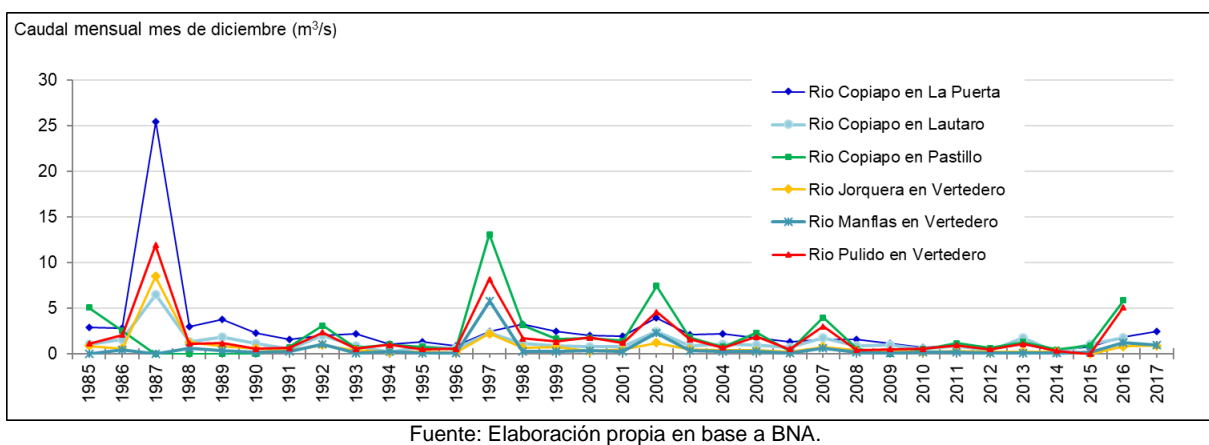
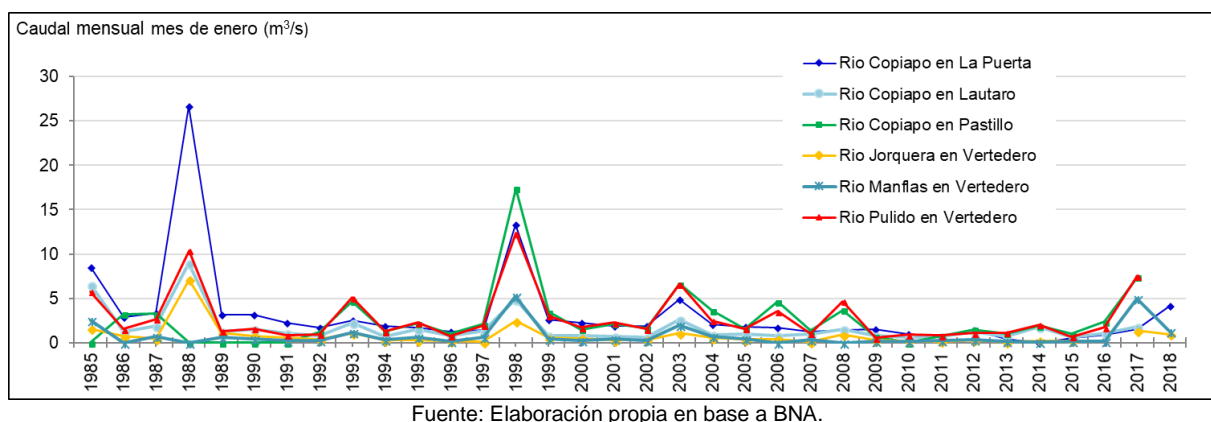


Figura 5-8: Caudal medio mensual periodo mes de enero años 1985-2017.



Finalmente, en la Tabla 5-4 se muestra el caudal medio mensual y anual para cada estación, considerando un periodo de 33 años de información (1985-2017).

Tabla 5-4: Caudal medio mensual (m³/s).

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Copiapó en La Puerta	3,23	3,10	2,60	2,33	2,26	2,28	2,03	2,00	1,98	1,98	2,06	2,59	2,39
Río Copiapó en Lautaro	1,66	1,38	1,18	0,77	1,13	1,10	0,61	0,54	0,85	1,20	1,34	1,27	1,11
Río Copiapó en Pastillo	3,08	2,58	2,10	1,96	2,14	2,25	2,15	2,00	1,83	1,63	1,72	2,35	2,15
Río Jorquera en Vertedero	0,77	0,71	0,65	0,71	0,82	0,91	0,92	0,86	0,82	0,75	0,76	0,83	0,80
Río Manflas en Vertedero	0,82	0,68	0,54	0,47	0,68	0,81	0,70	0,51	0,51	0,58	0,67	0,57	0,62
Río Pulido en Vertedero	2,84	2,23	1,75	1,52	1,44	1,30	1,24	1,14	1,03	0,94	1,18	1,92	1,55
Promedio	2,07	1,78	1,47	1,29	1,41	1,44	1,27	1,17	1,17	1,18	1,29	1,59	1,44

Fuente: Elaboración propia en base a BNA

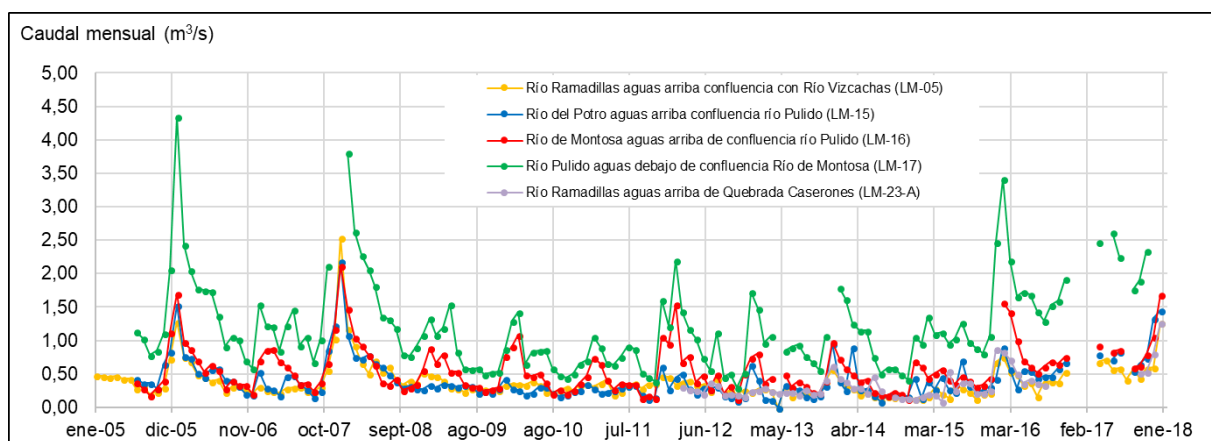
5.2.2 Datos fluviométricos estaciones MLCC

En este apartado se presentan las mediciones históricas de caudales que ha realizado MLCC², en los puntos de aforo cercanos a las estaciones propuestas. Es importante destacar que no se tienen mediciones en los meses diciembre 2017 y enero 2018 para el punto LM-17. Además, en el punto LM-23A no se realizaron mediciones entre septiembre de 2016 y septiembre de 2017, volviendo a medirse el caudal en el mes de octubre 2017.

En la Figura 5-9 se presenta el comportamiento fluviométrico de los puntos de aforo cercanos a las estaciones fluviométricas comprometidas.

² Las mediciones las ha realizado la ETFA SITAC. A contar de febrero 2017 las mediciones las realiza la ETFA SGS

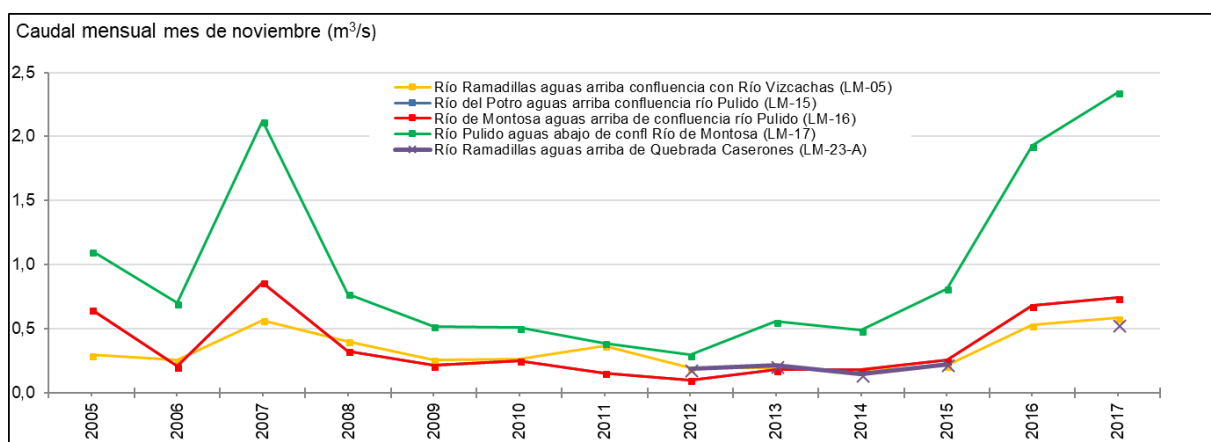
Figura 5-9: Caudal medio mensual histórico en puntos de aforo.



Fuente: Elaboración propia.

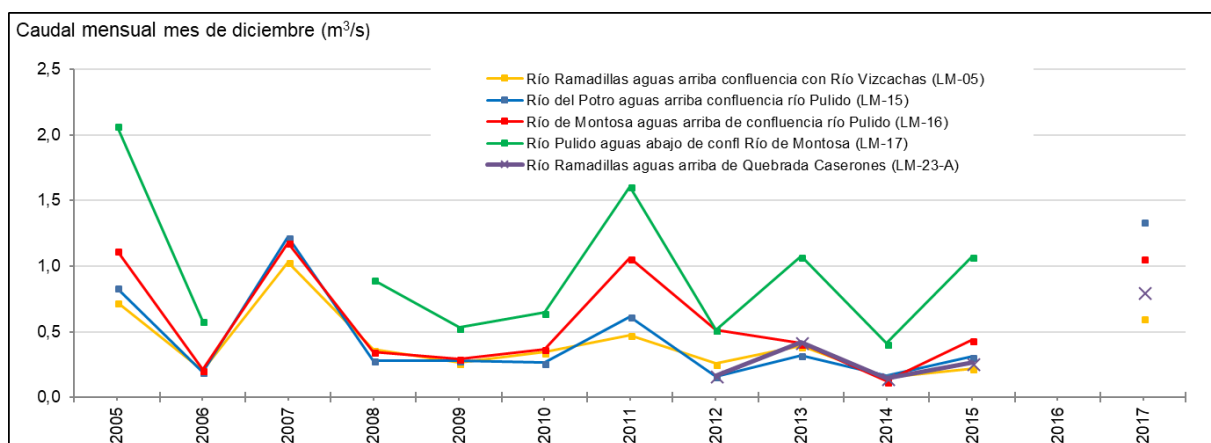
En las siguientes figuras (Figura 5-10 a Figura 5-12) se muestra el caudal medio mensual de las estaciones para los meses en análisis, para el periodo con registro (2004-2017).

Figura 5-10: Caudal medio mensual histórico mes de noviembre.



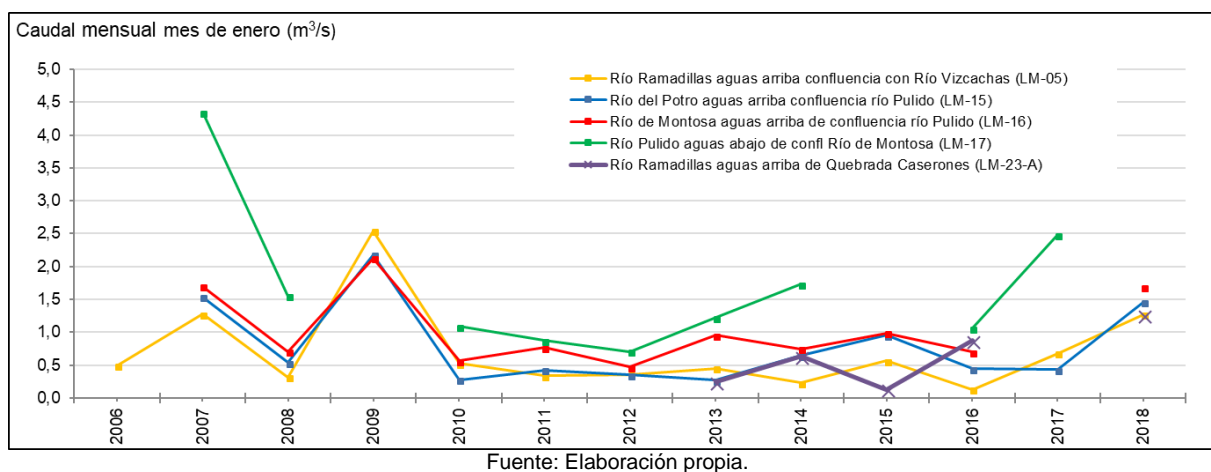
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-11: Caudal medio mensual histórico mes de diciembre.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-12: Caudal medio mensual histórico mes de enero.

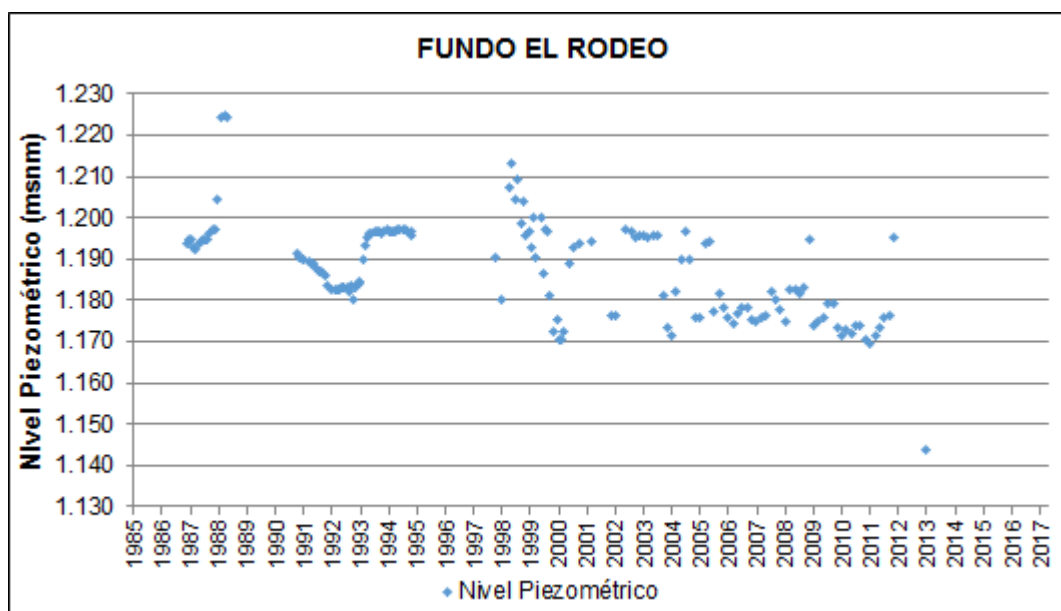


5.3 Niveles Piezométricos Pozos DGA

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, hasta enero de 2017 para algunos de estos pozos. Cabe recordar que para efectos de mostrar el nivel piezométrico se consideran las cotas obtenidas del modelo digital de terreno.

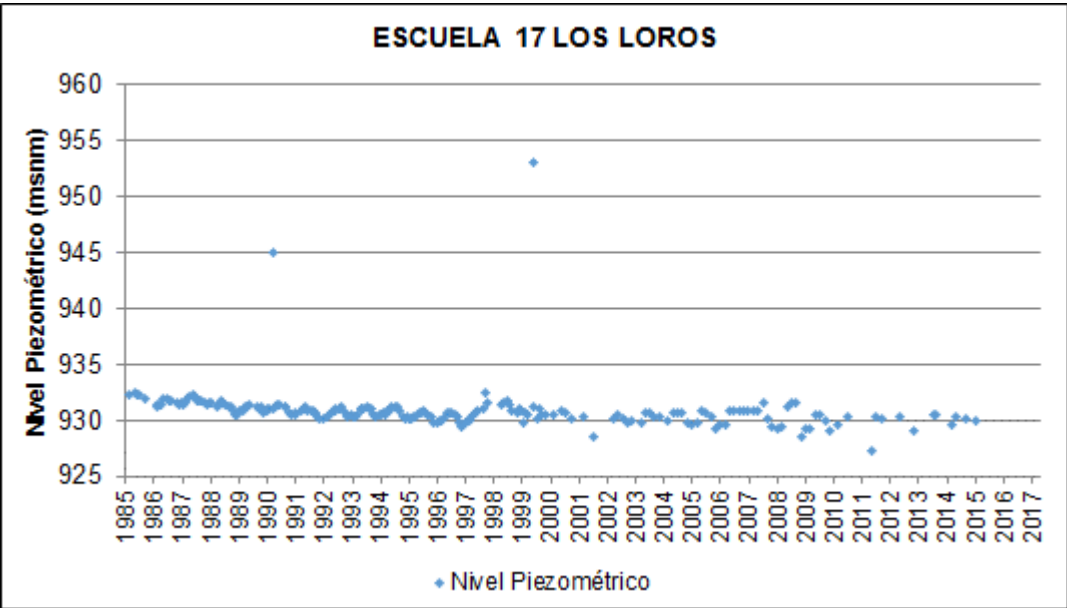
En las Figura 5-13 a Figura 5-20 se muestran los niveles piezométricos en los pozos DGA.

Figura 5-13: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo El Rodeo.



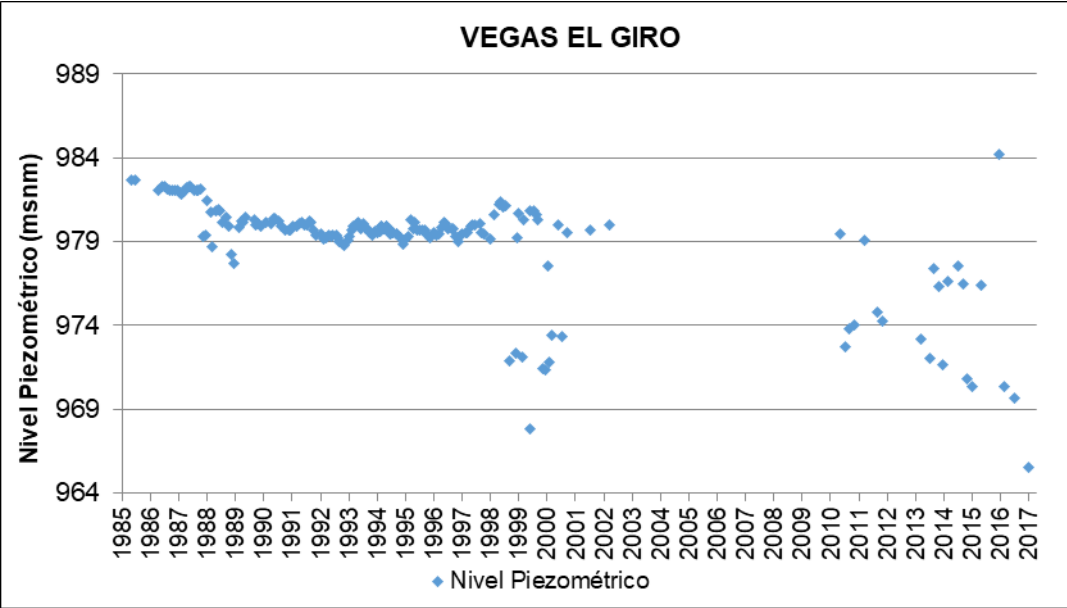
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-14: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Escuela 17 Los Loros.



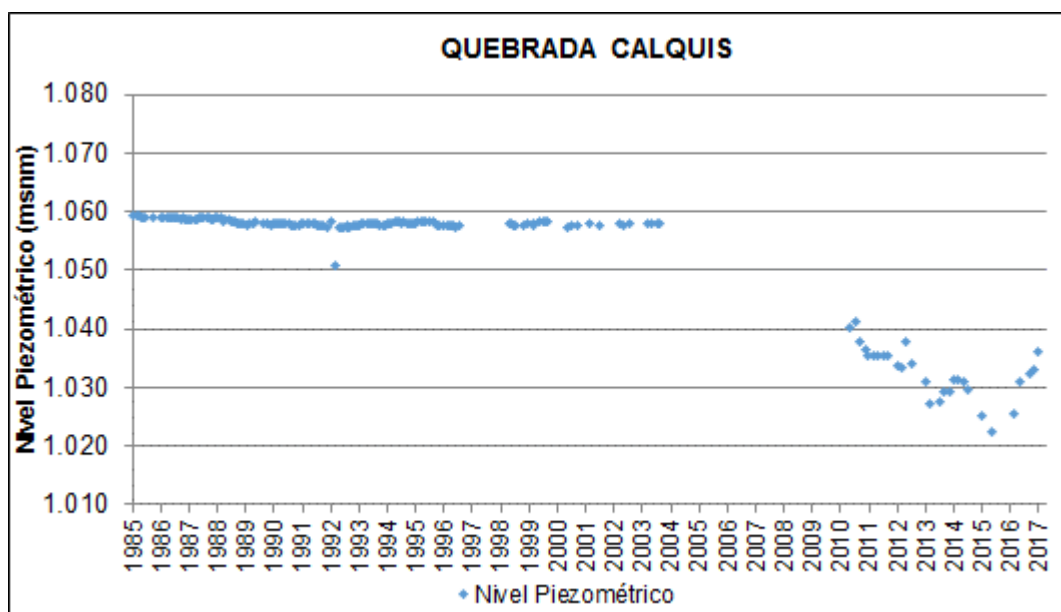
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-15: Profundidad del agua subterránea en el pozo DGA Vegas El Giro.



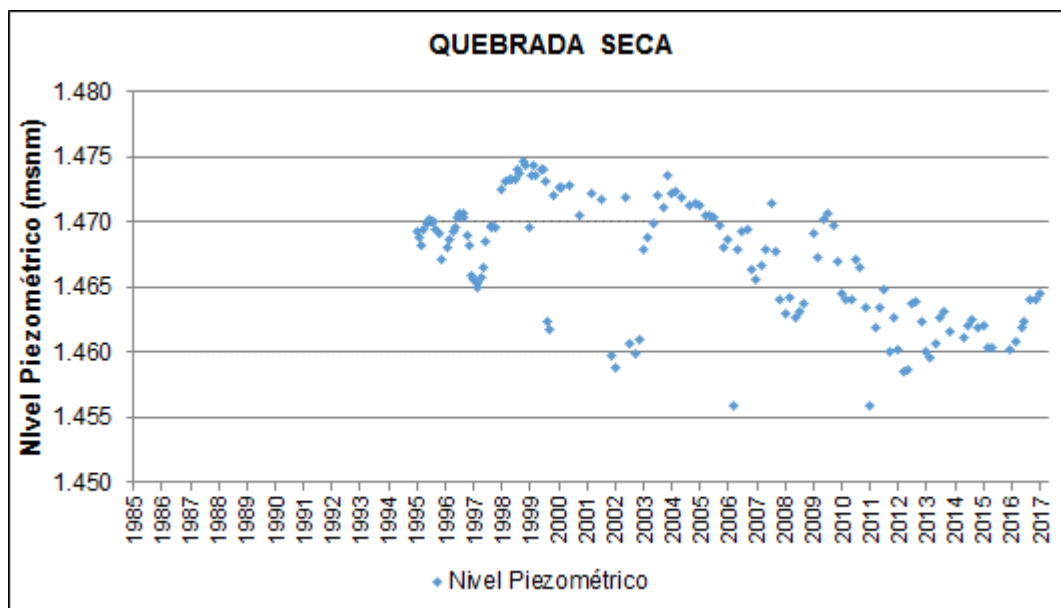
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

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



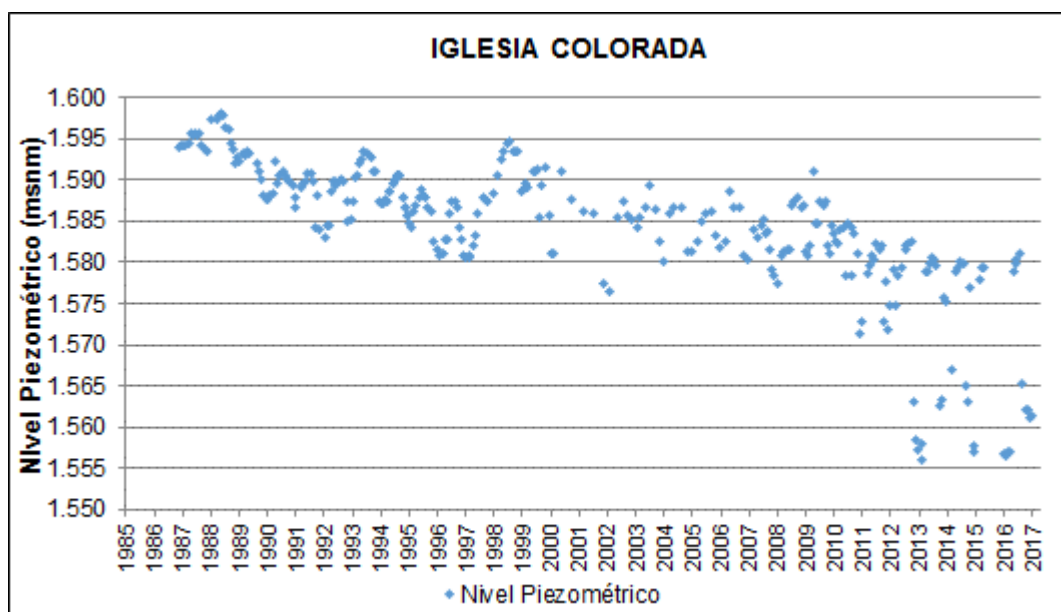
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-17: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Seca.



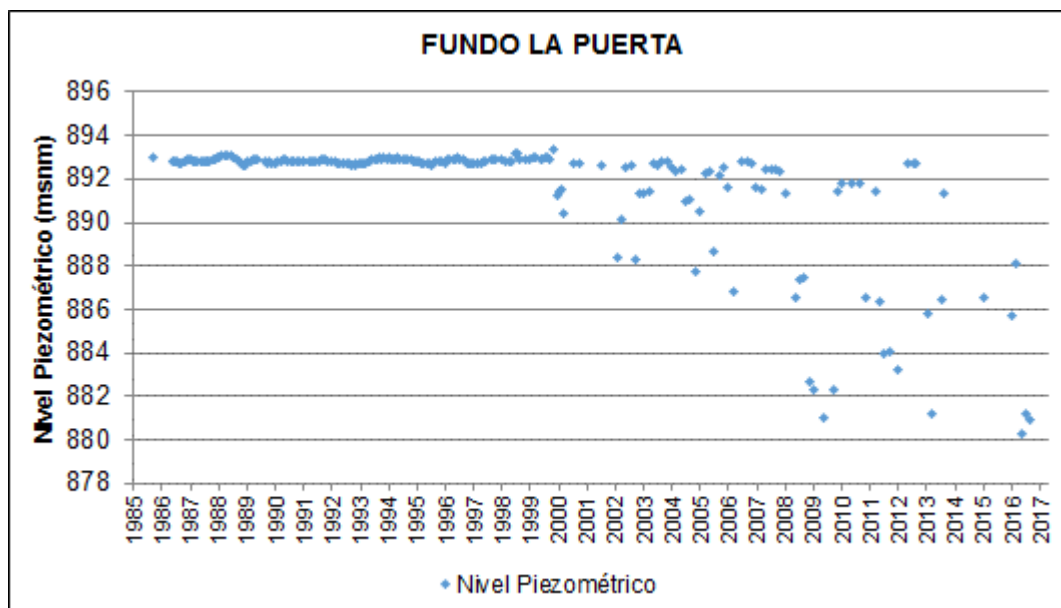
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-18: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Iglesia Colorada.



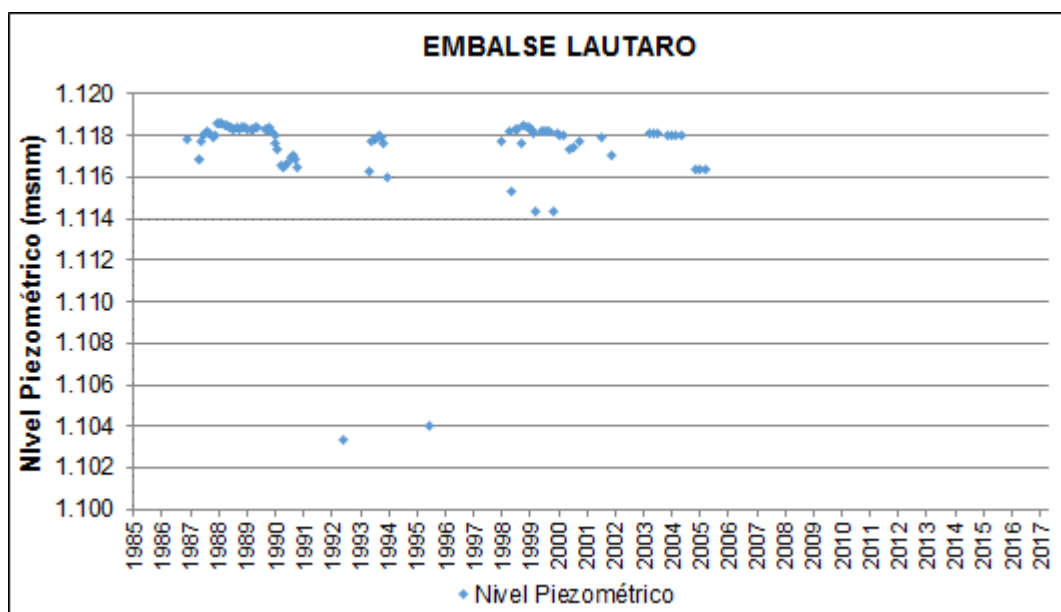
Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-19: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo La Puerta.



Fuente: Elaboración propia en base a BNA

Figura 5-20: 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

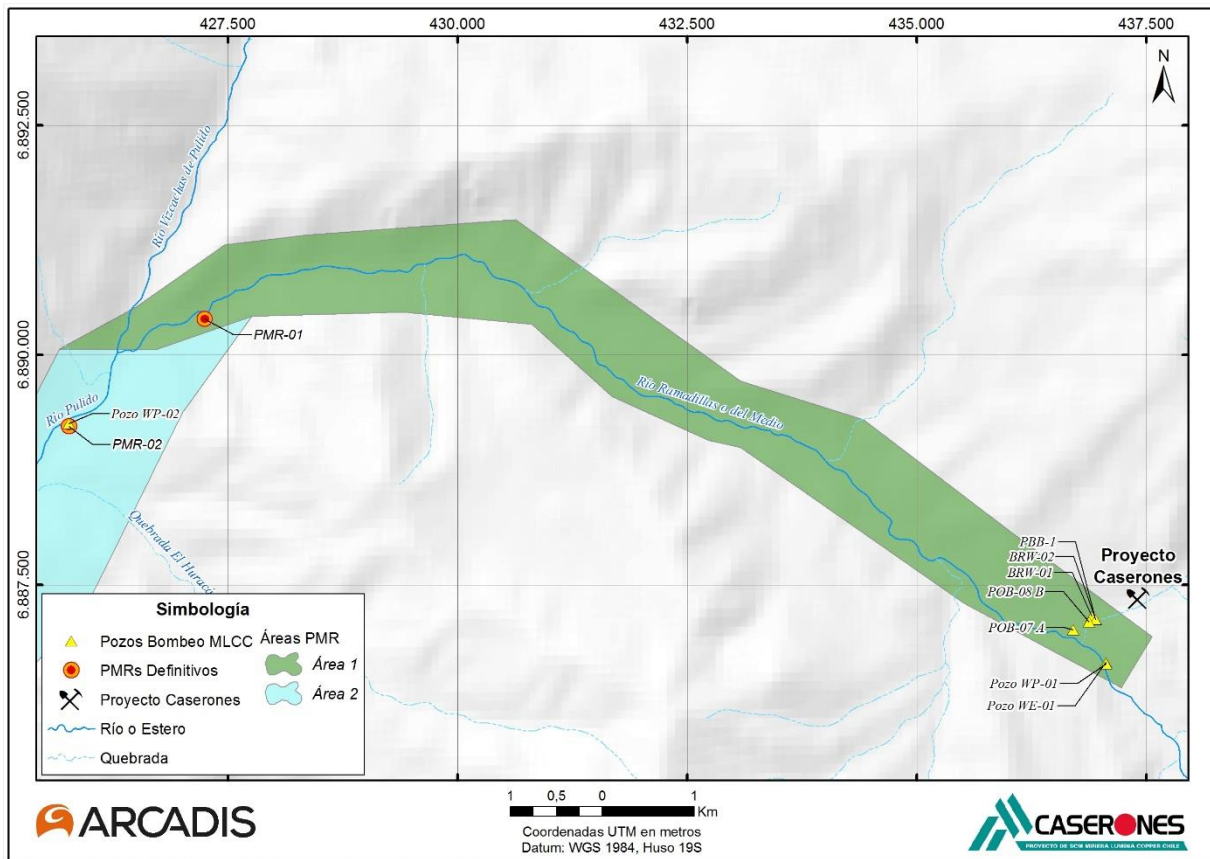
En esta sección se presentan los gráficos que muestran los niveles continuos medidos por el sensor y niveles manuales medidos en los pozos de monitoreo. Junto a lo anterior, se presentan figuras para cada área de monitoreo lo que permite contextualizar el comportamiento del nivel en cada pozo. El análisis del comportamiento de los niveles se presenta en el capítulo 0.

Las cotas de los pozos PMR-02, PMR-03, PMR-06, PMR-07, PMR-08, PMR-09, PMR-11, PMR-21 y PMR-26 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.

Se han corregido los niveles continuos ya que se detectaron saltos relacionados al cambio de profundidad en la instalación de la sonda y/o cambio de referencia de la medición. Para ello se utilizaron las mediciones manuales de nivel, con las cuales los datos continuos fueron contrastados y corregidos.

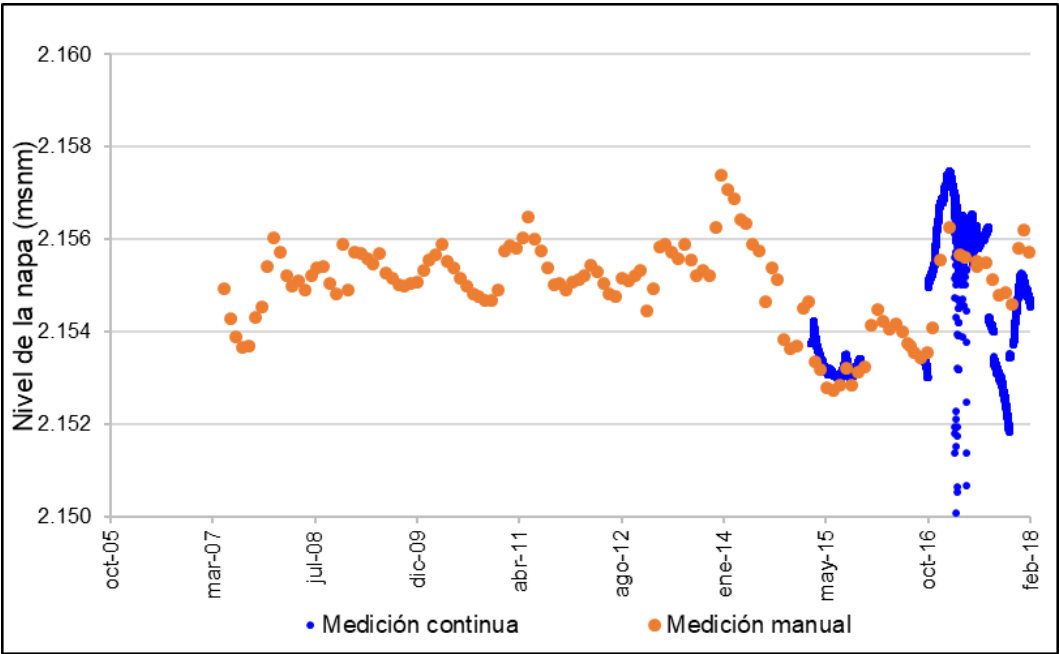
Cabe mencionar que los pozos PMR-05 y PMR-07 no tienen medición manual porque se encuentran cubiertos de sedimentos, este último, por su parte, sólo cuenta con mediciones continuas hasta mayo de 2017 y el pozo PMR-12 tampoco ha podido ser medido por estar cubierto de escombros o por dificultad de acceso debido a la abundante vegetación presente. Por su parte, los pozos PMR-08, PMR-09, PMR-11 y PMR-21 comenzaron con monitoreo continuo en noviembre del año 2017, sin contar con medición manual. Por último, señalar que el pozo PMR-15 se encuentra surgente durante todo el trimestre analizado, además de no contar con mediciones continuas desde septiembre de 2017.

Figura 5-21: Área 1



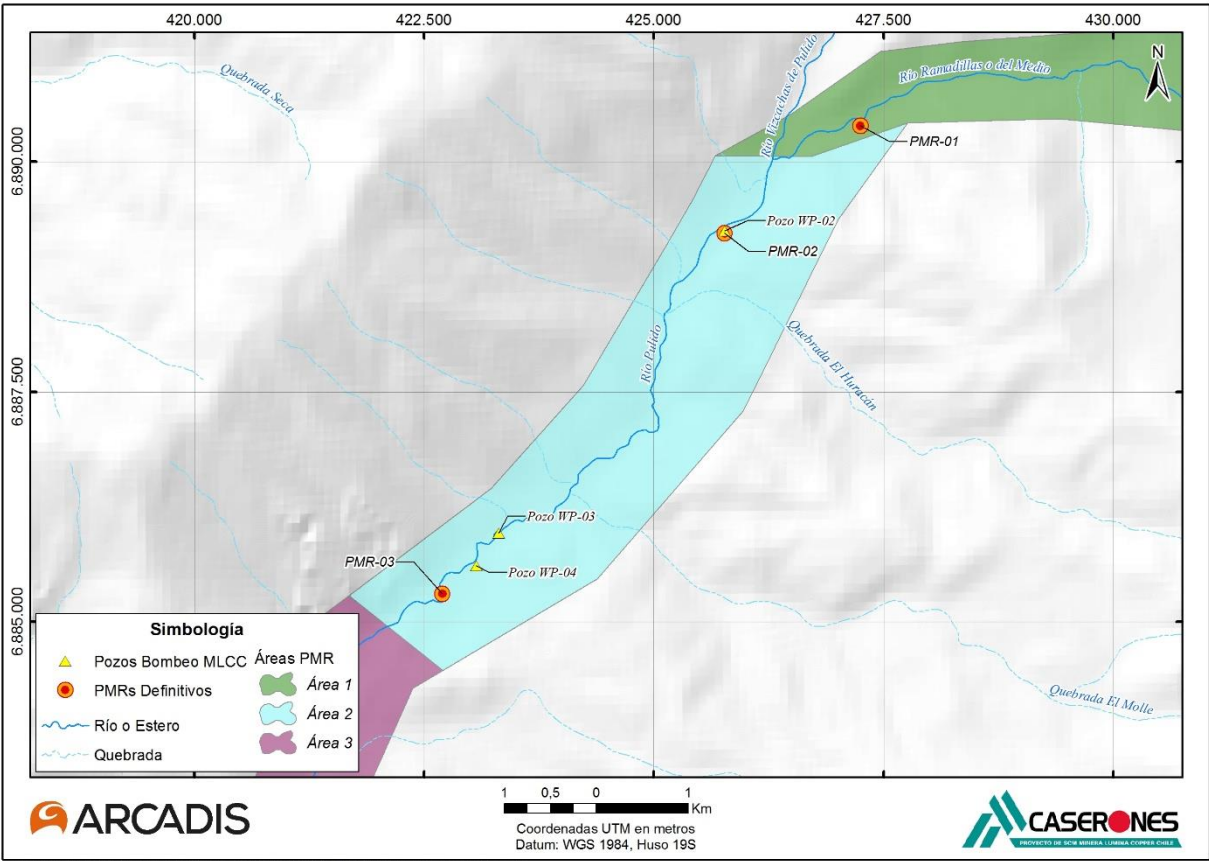
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-22: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-01.



Fuente: Elaboración propia

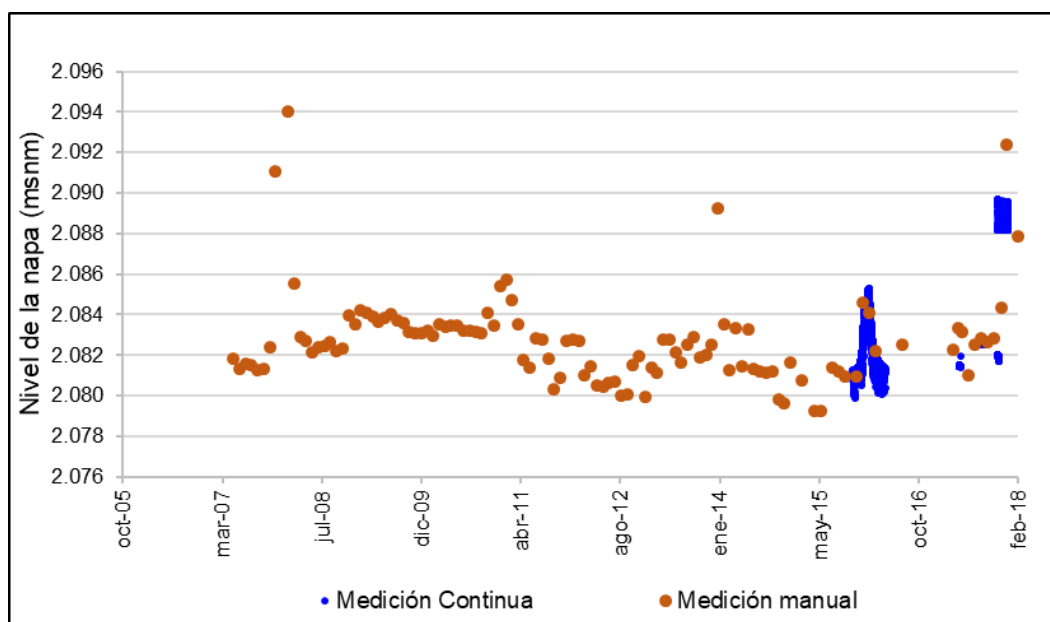
Figura 5-23: Área 2



N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103_PlosMonitoreoBombeo_Area2.mxd

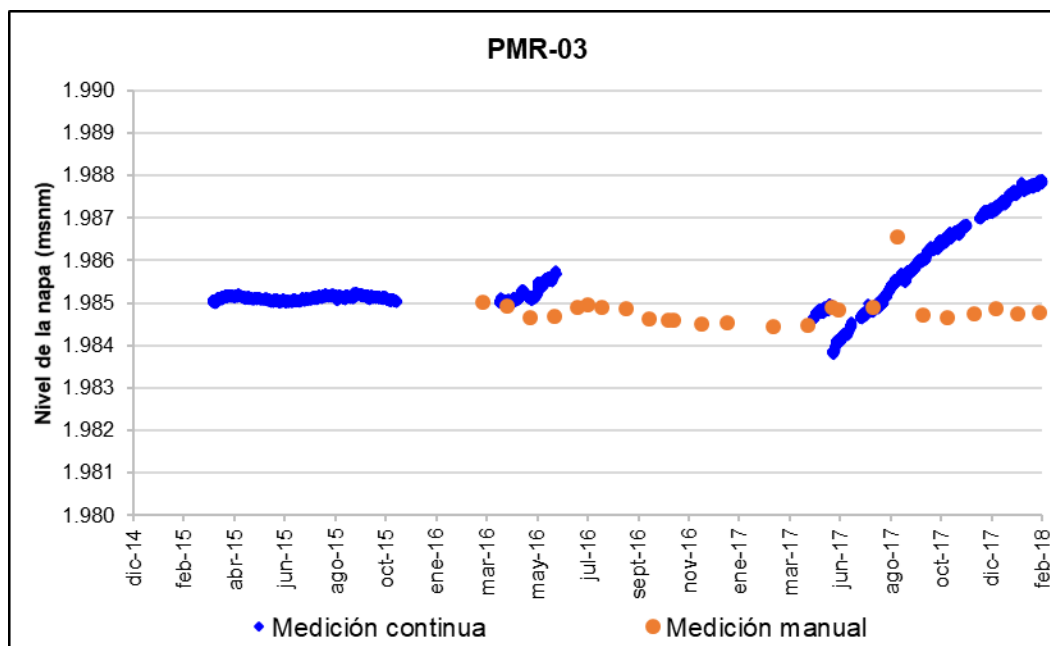
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-24: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-02.



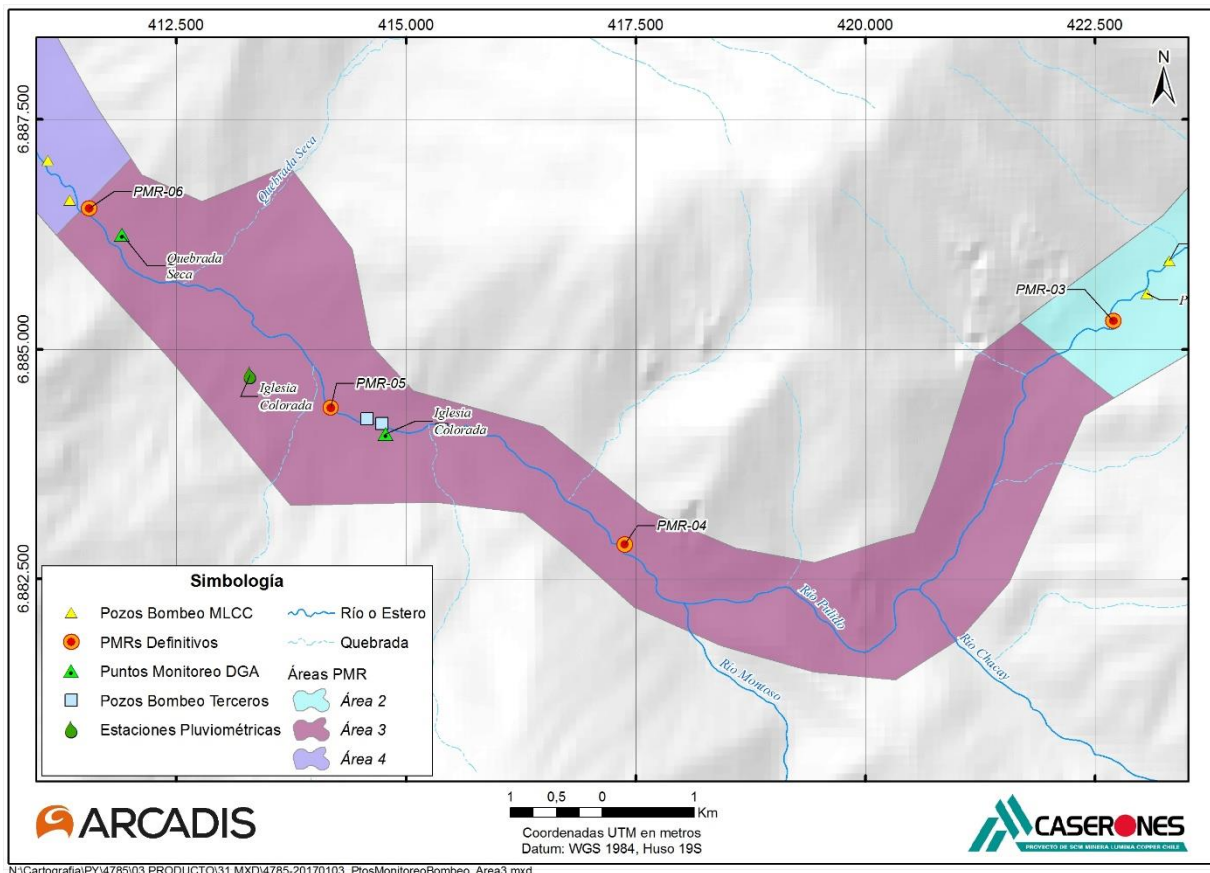
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-25: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-03.



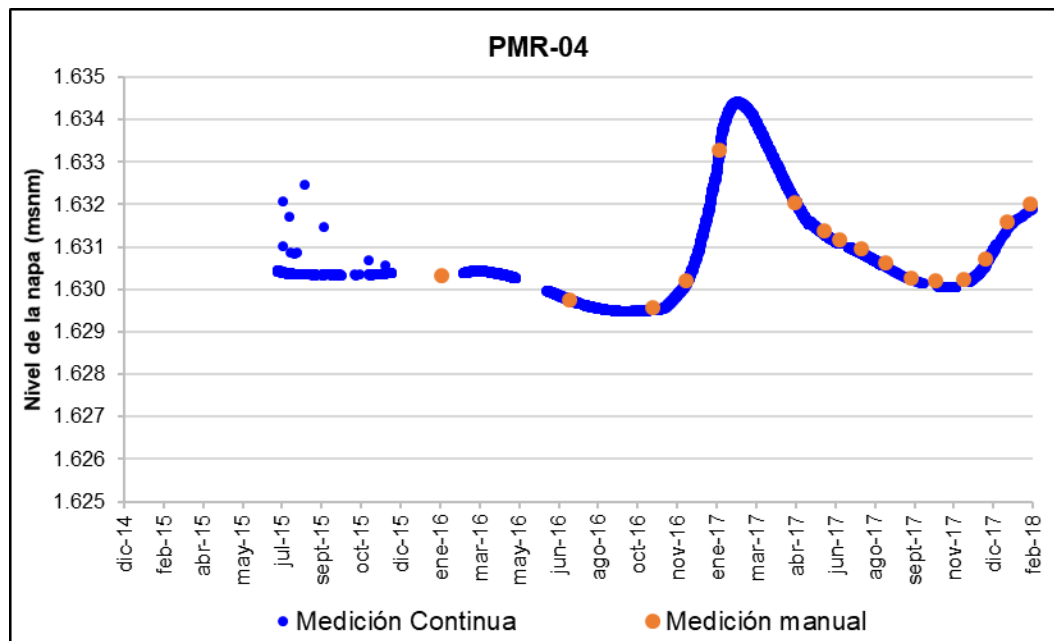
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-26: Área 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-27: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-04.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-28: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-05.

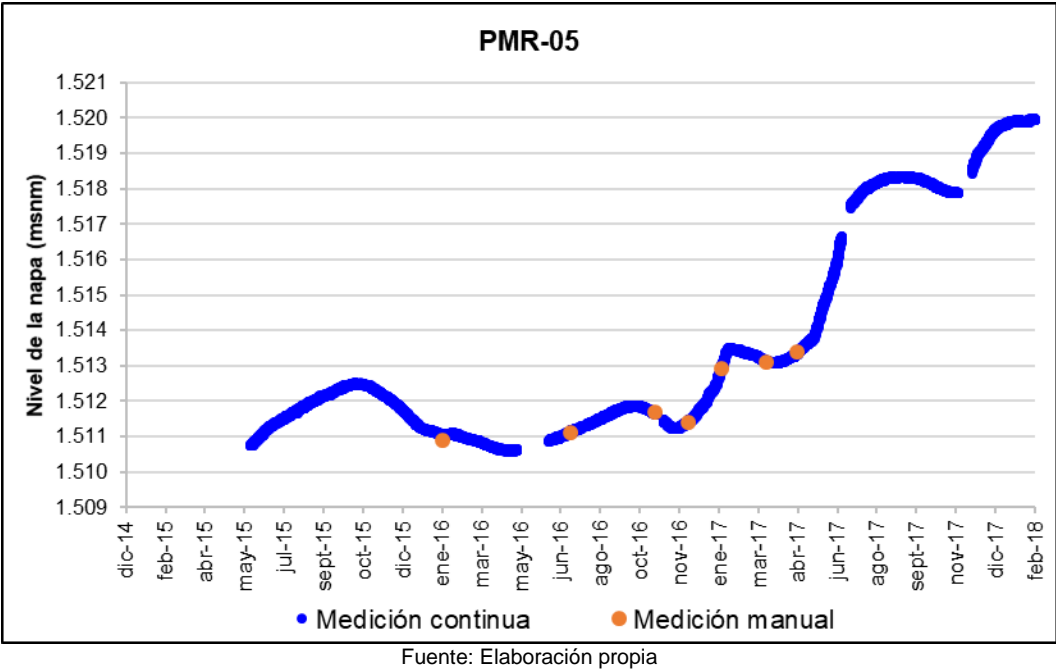


Figura 5-29: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-06.

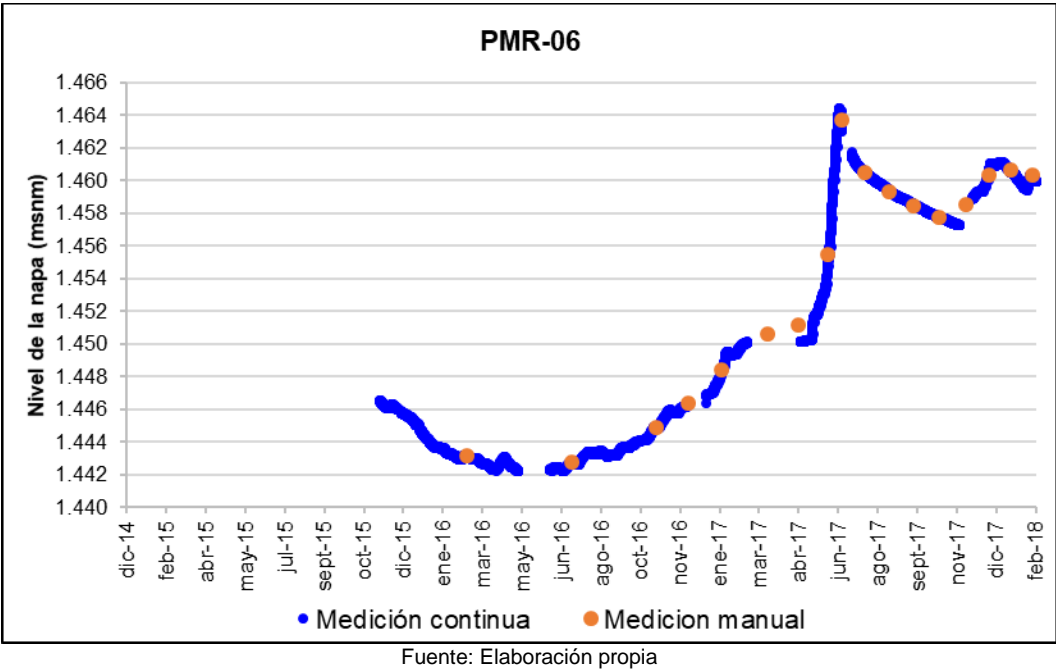
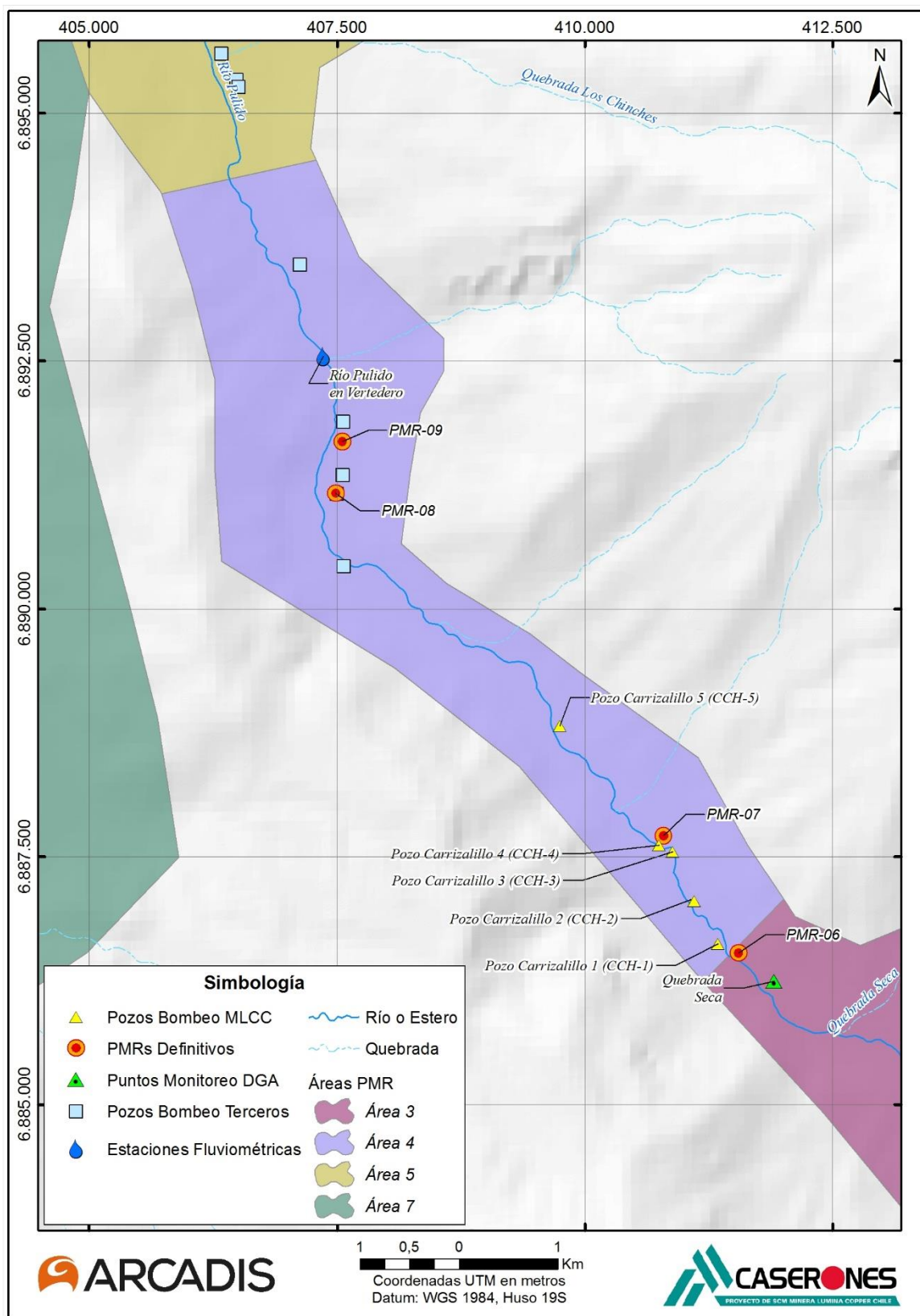
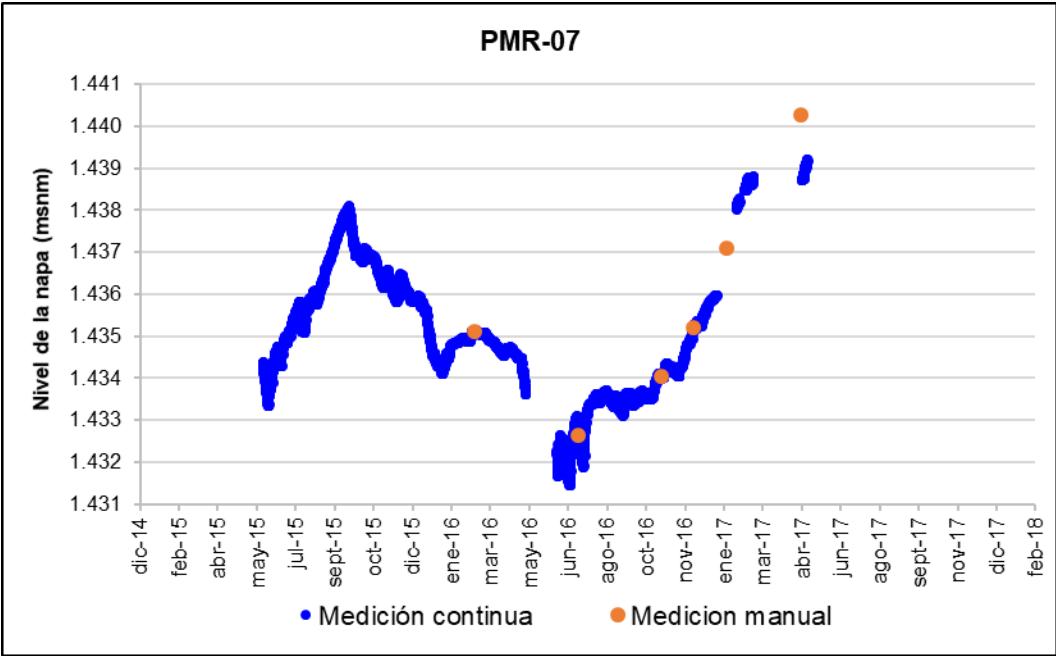


Figura 5-30: Área 4



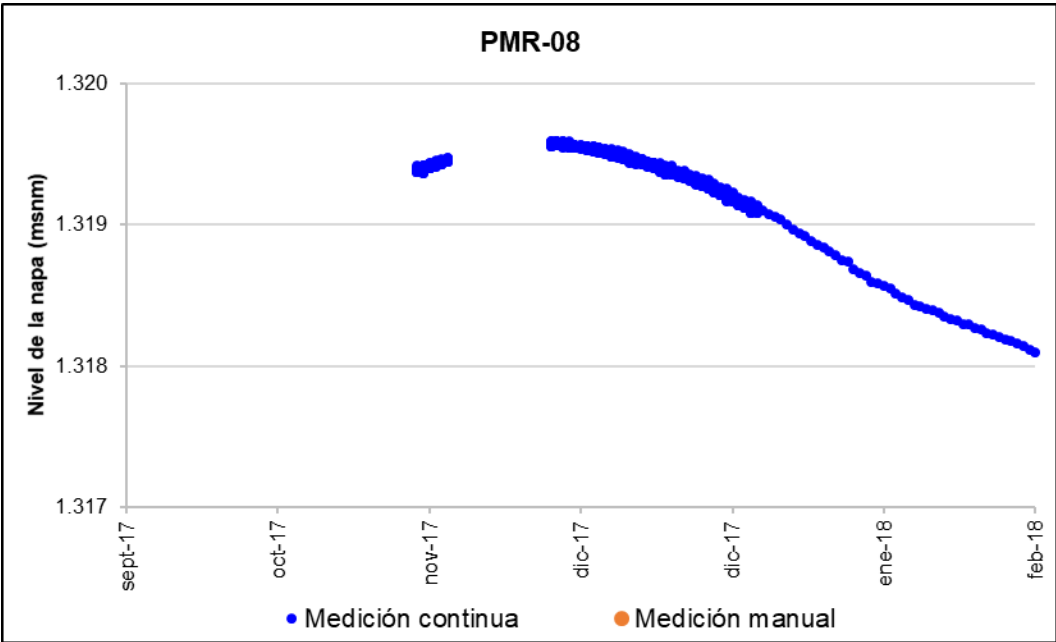
N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103_PtosMonitoreoBombeo_Area4.mxd
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-31: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-07.



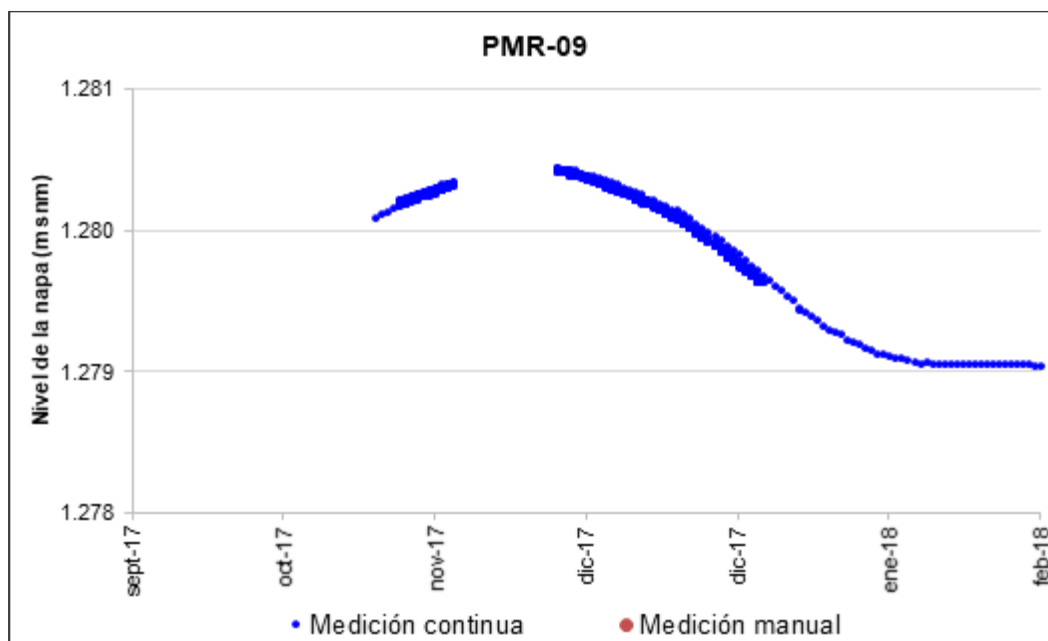
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-32: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-08.



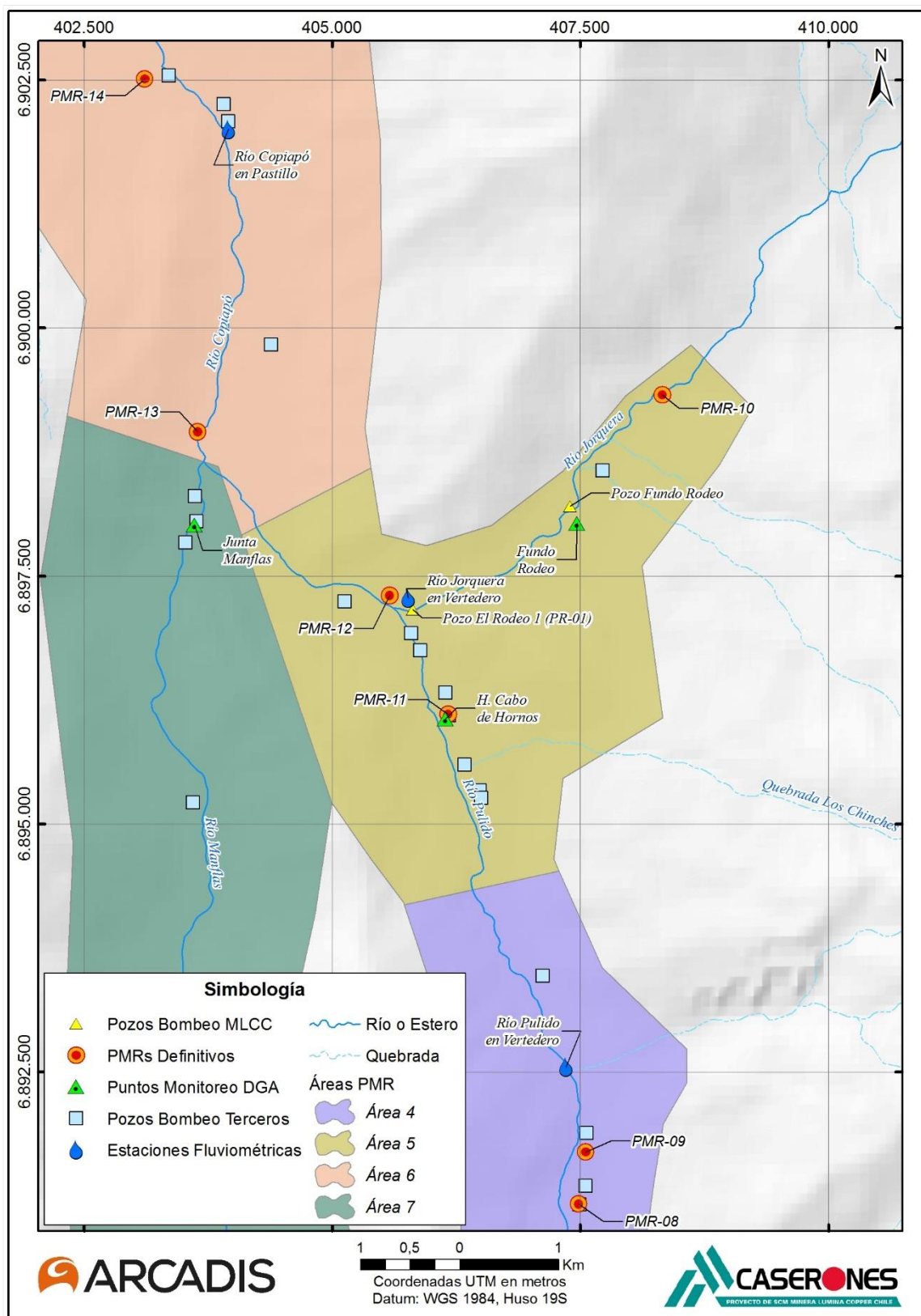
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-33: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-09.



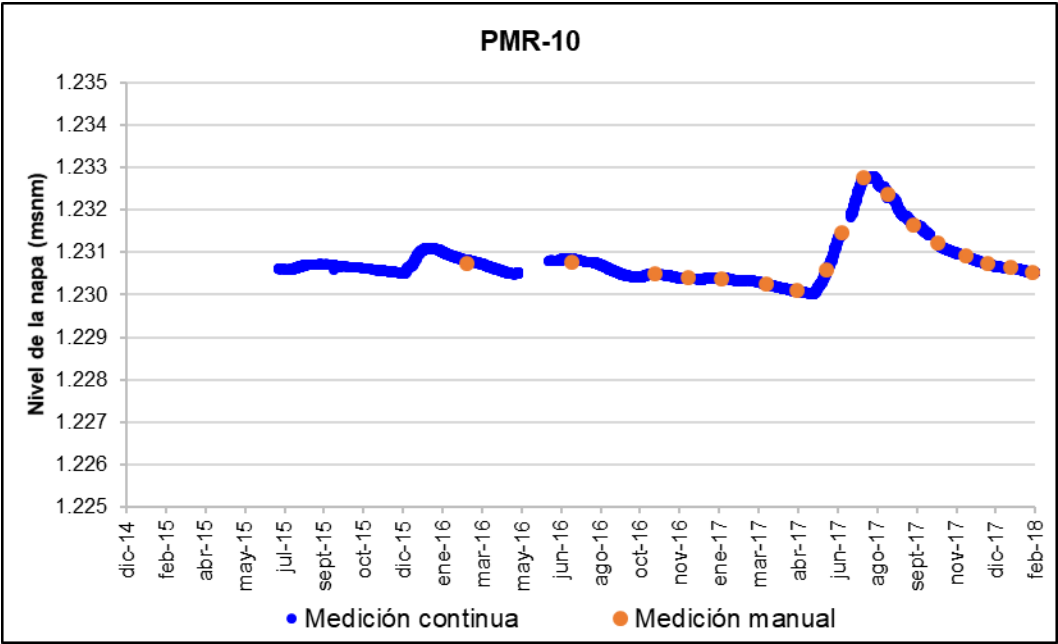
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-34: Área 5



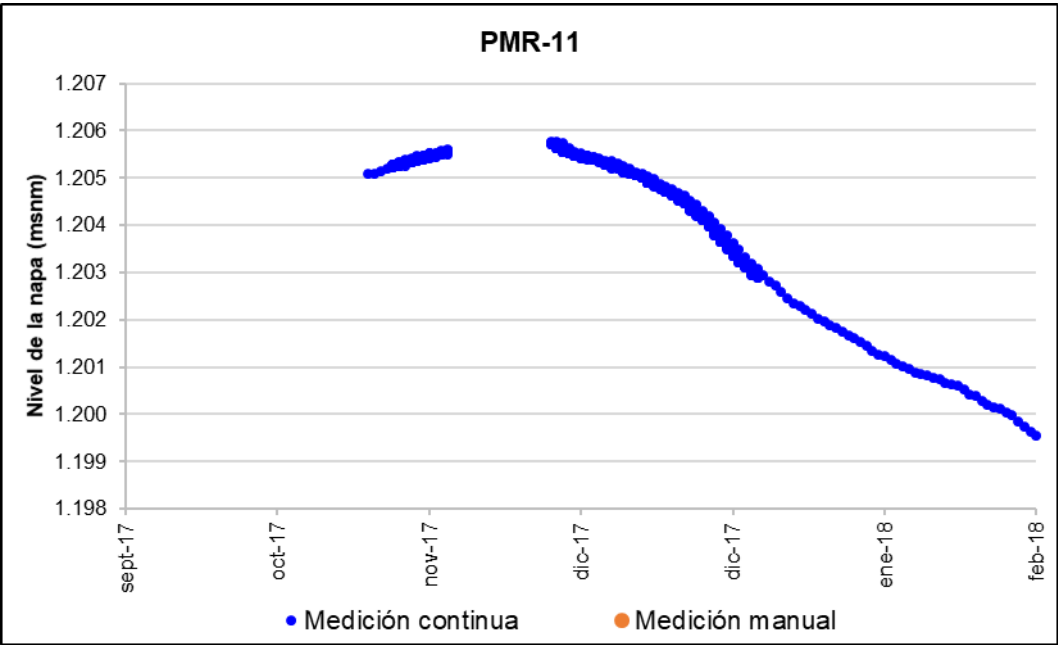
N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103_PtosMonitoreoBombeo_Area5.mxd
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-35: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-36: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-11.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-37: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-12.

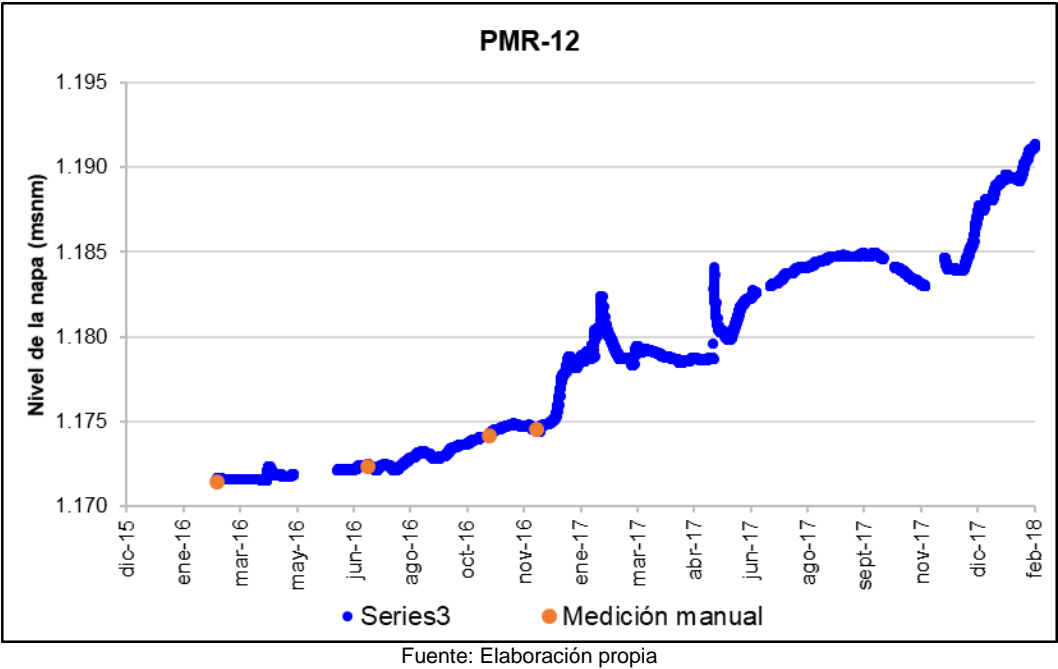
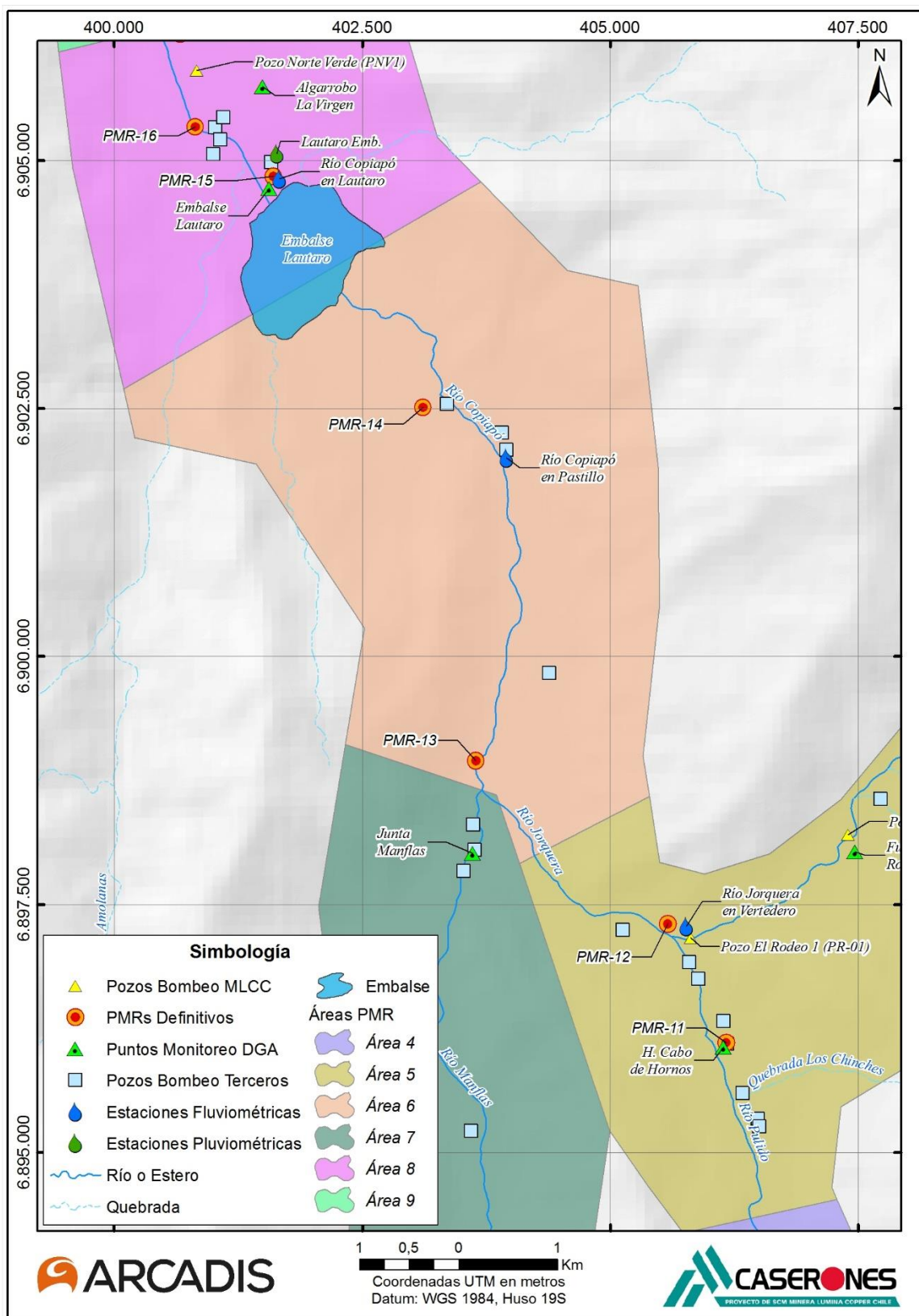


Figura 5-38: Área 6



N:\Cartografía\PY4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103_PtosMonitoreoBombeo_Area6.mxd
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-39: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-13.

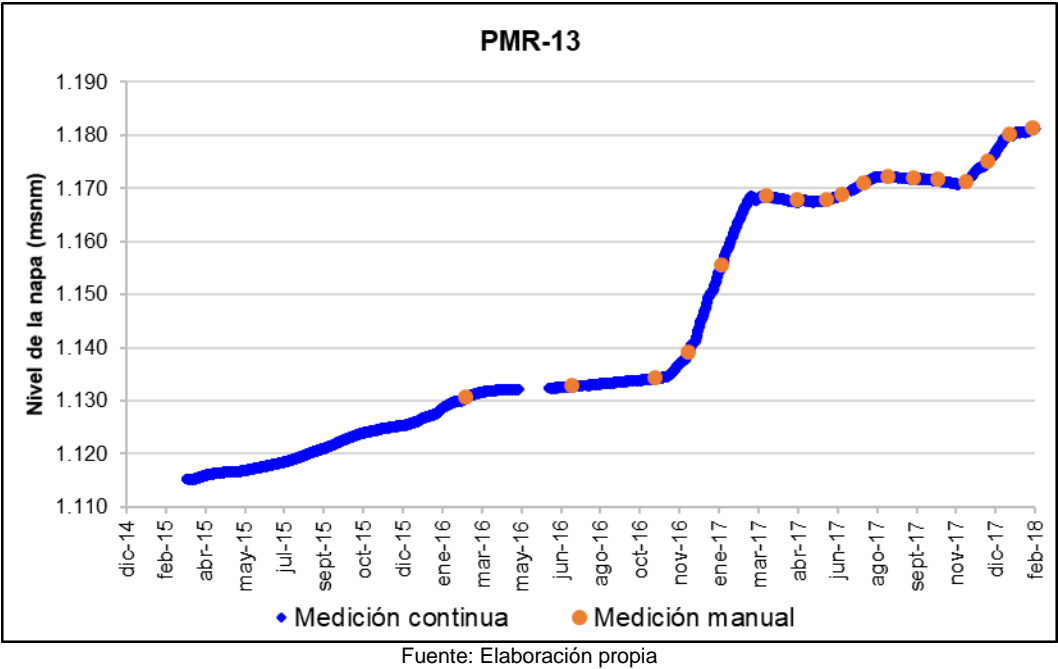


Figura 5-40: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-14.

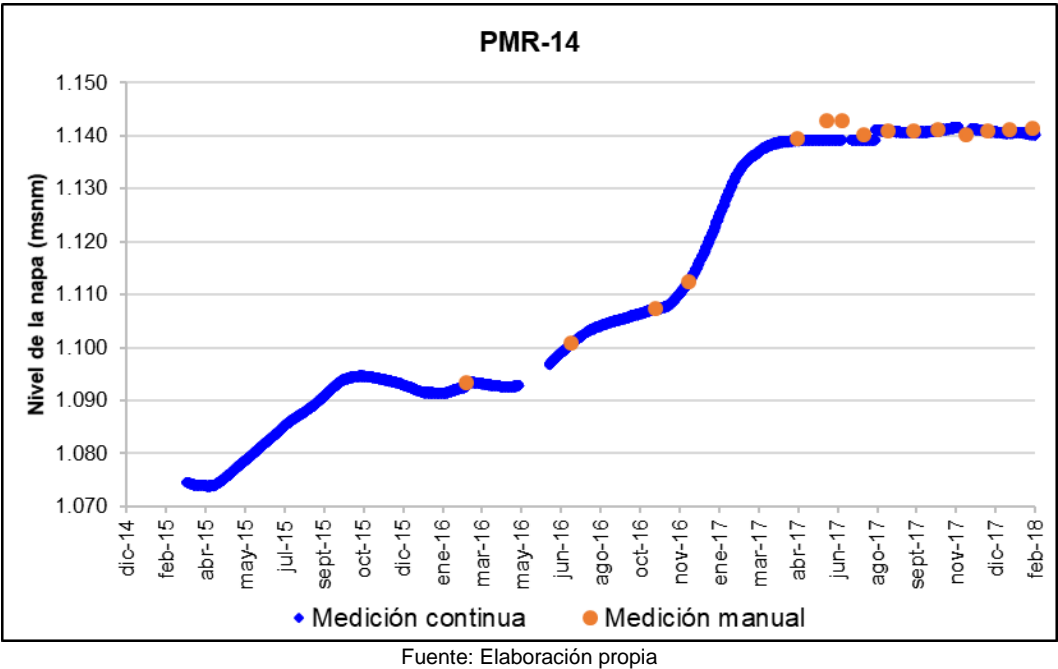
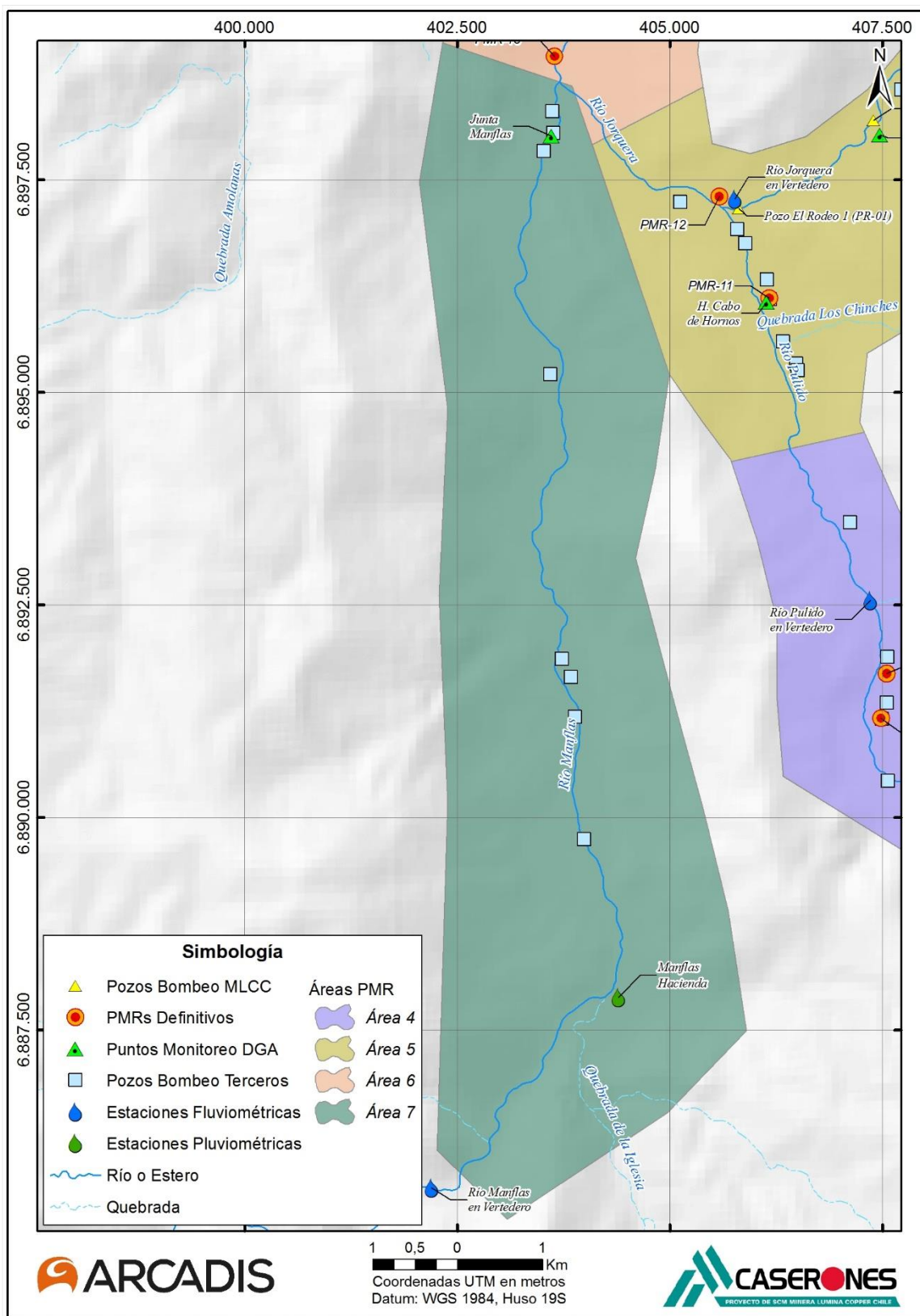
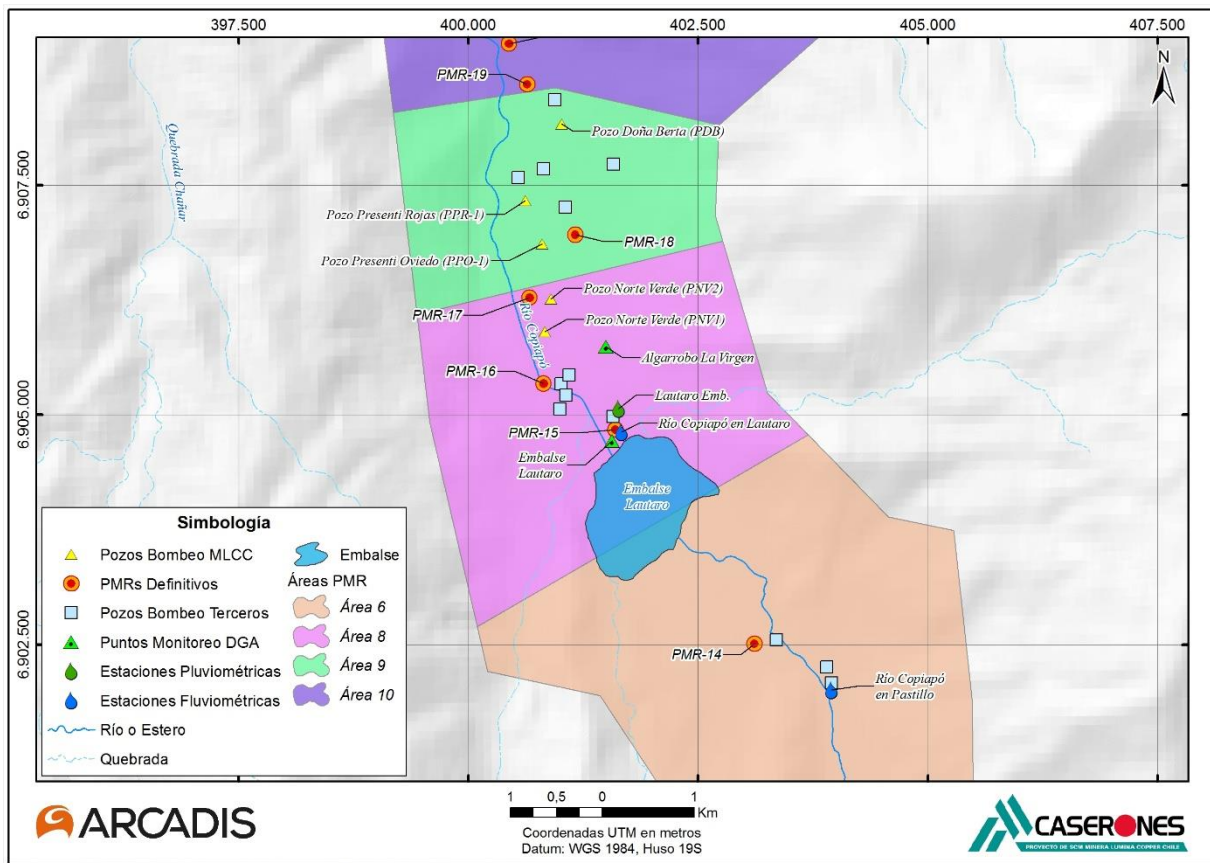


Figura 5-41: Área 7



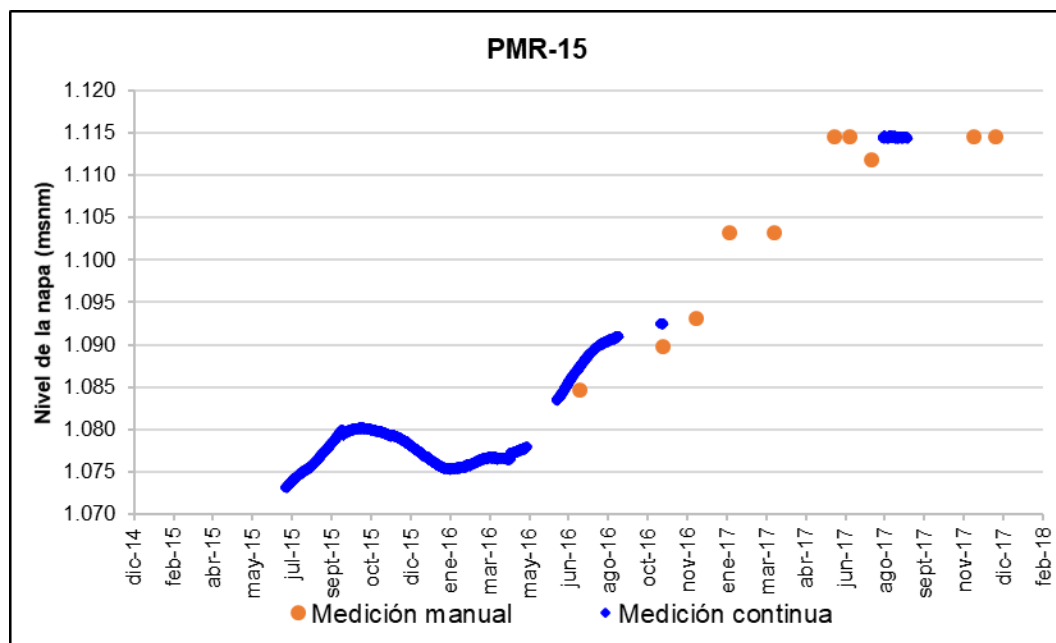
N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103_PtosMonitoreoBombeo_Area7.mxd
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-42: Área 8



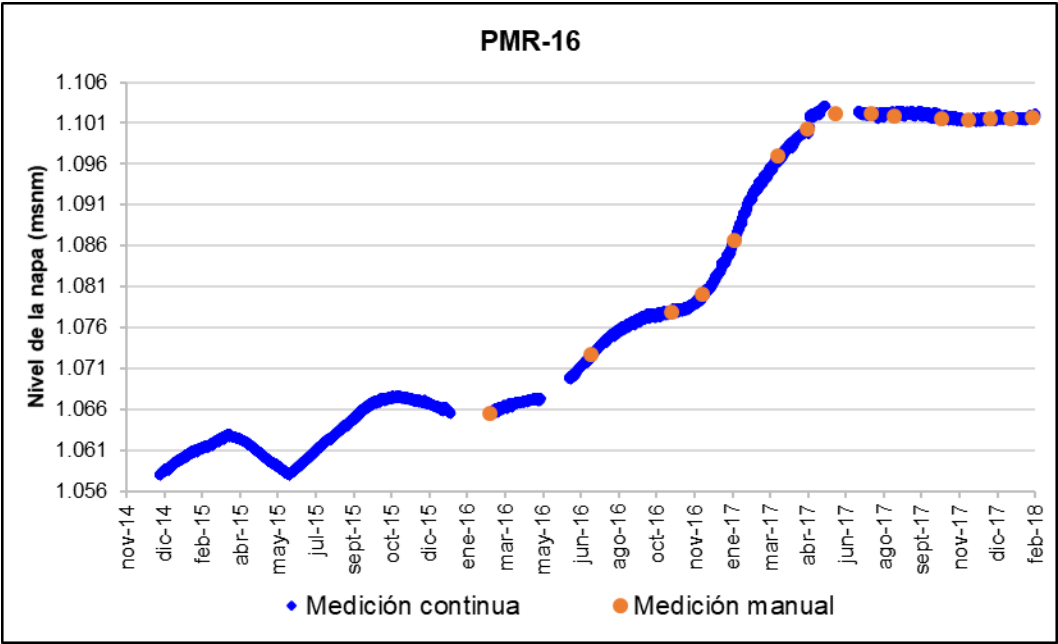
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-43: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-15.



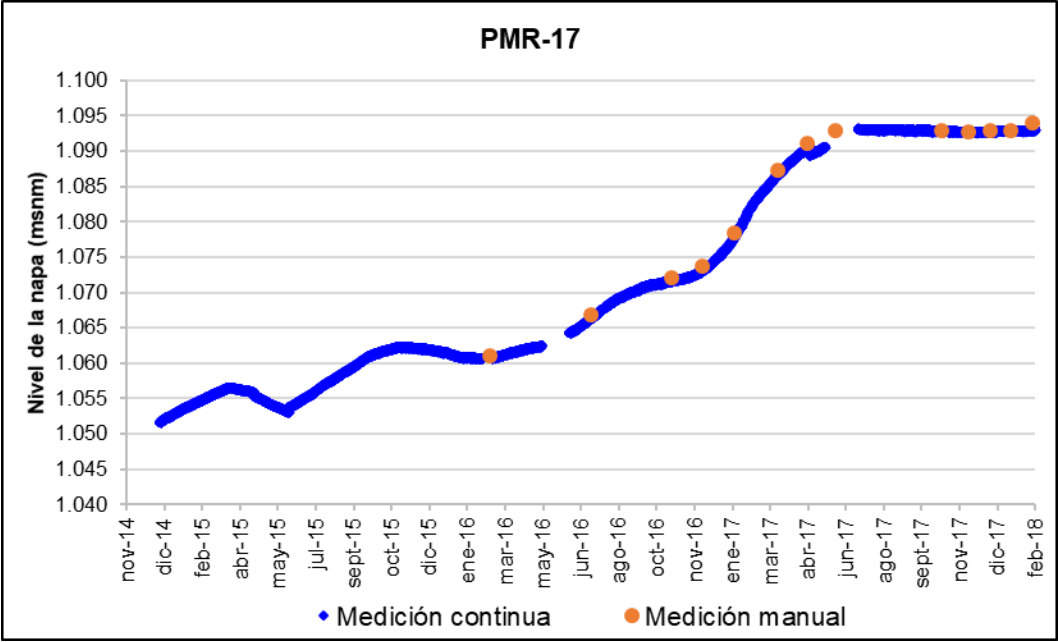
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-44: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-16.



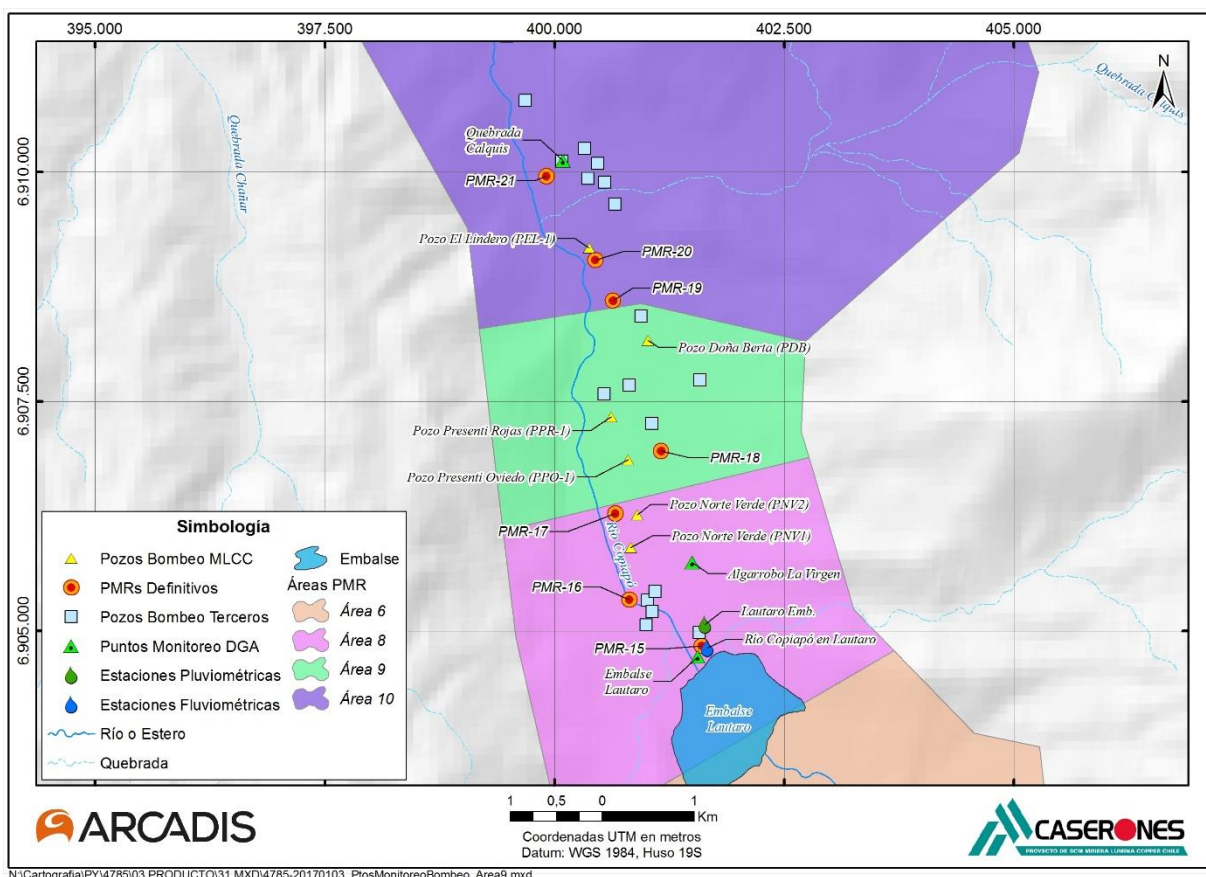
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-45: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-17.



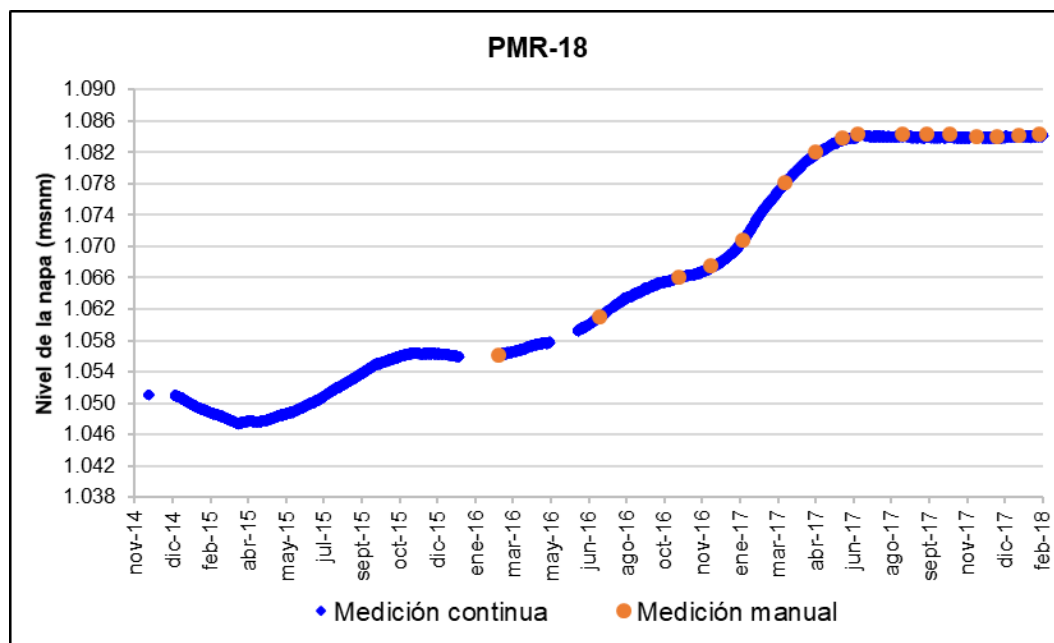
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-46: Área 9



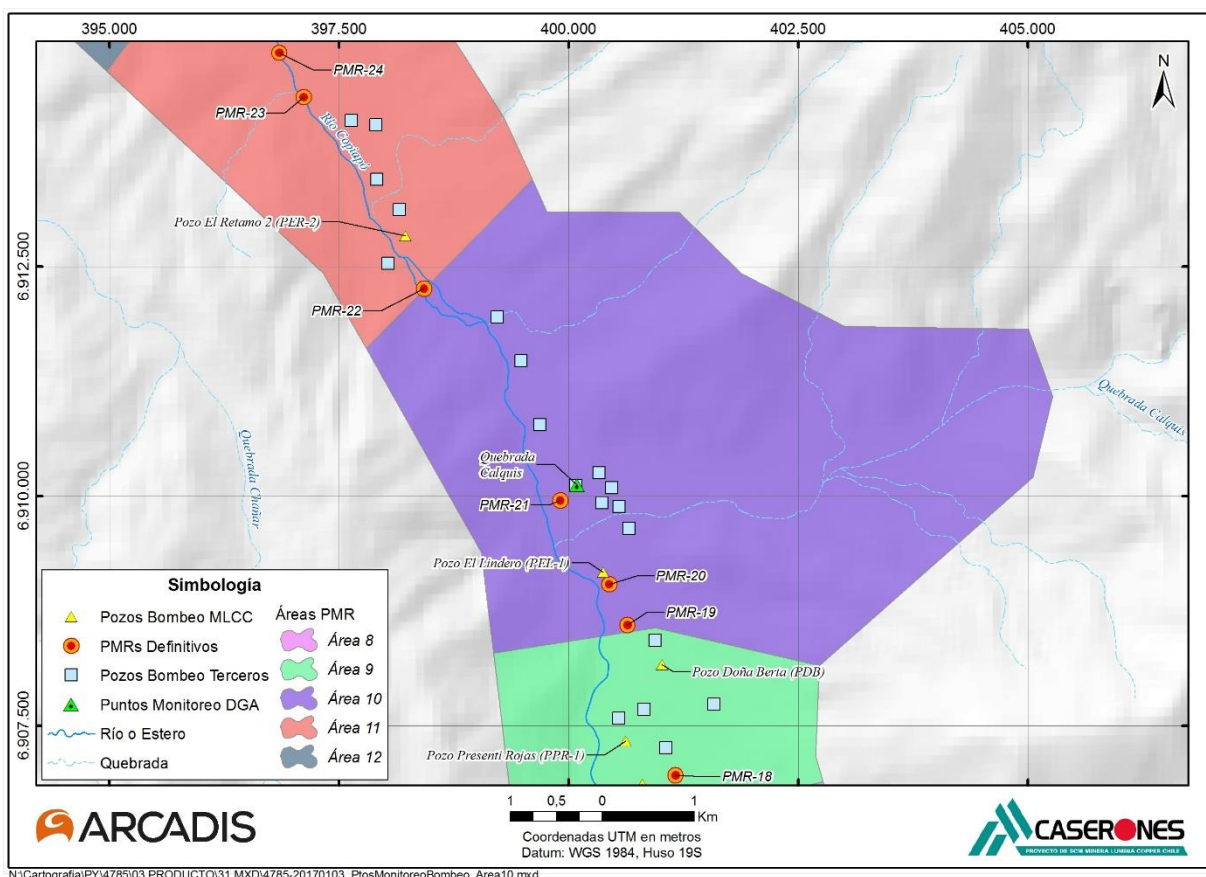
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-47: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-18.



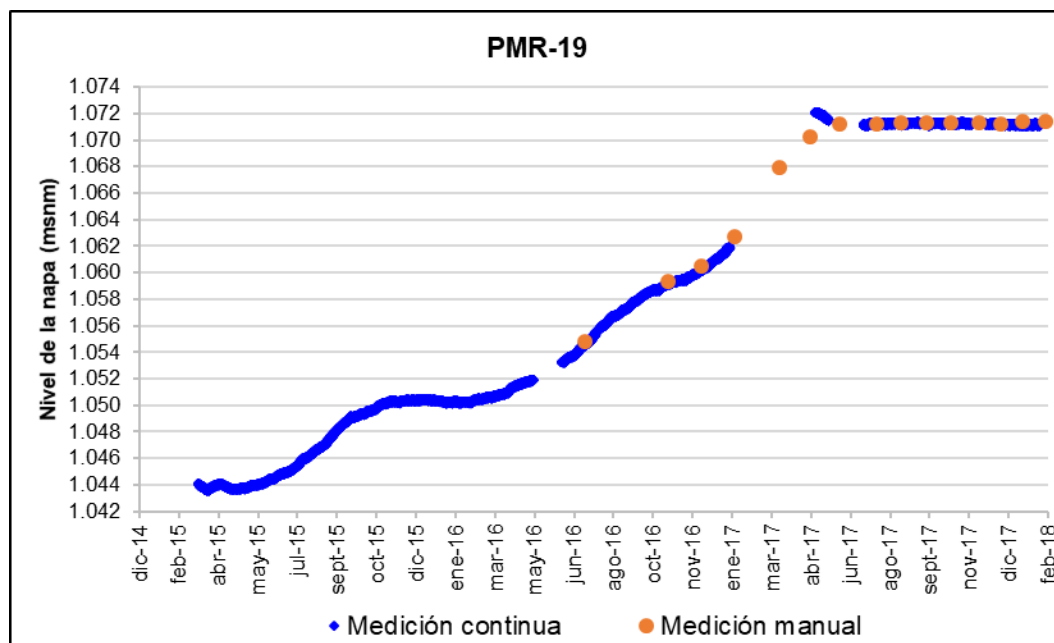
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-48: Área 10



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-49: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-19.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-50: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-20.

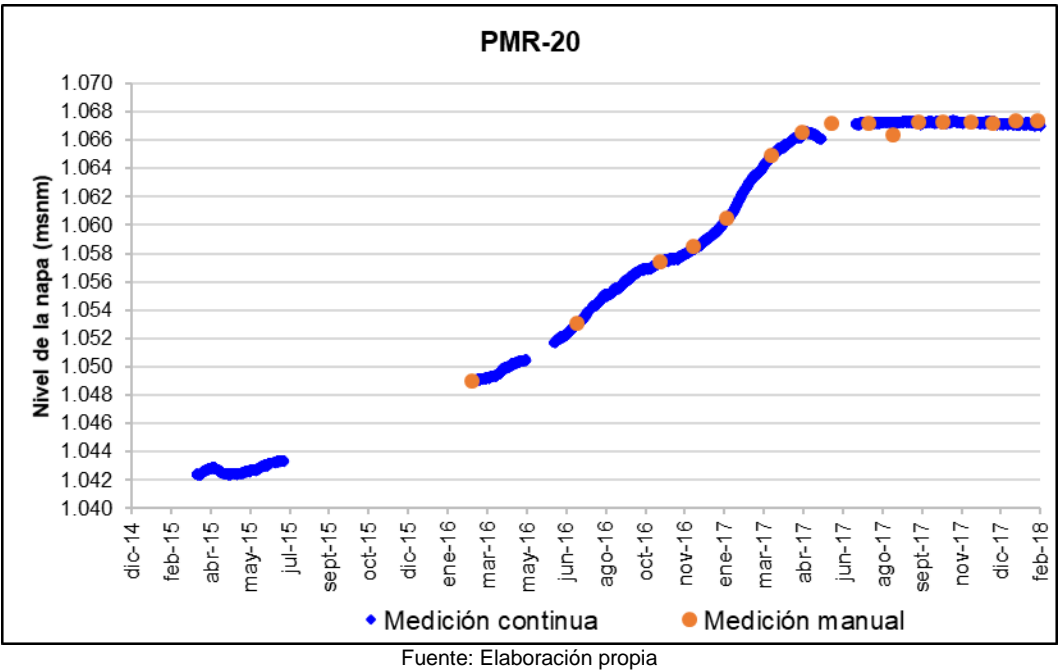


Figura 5-51: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-21.

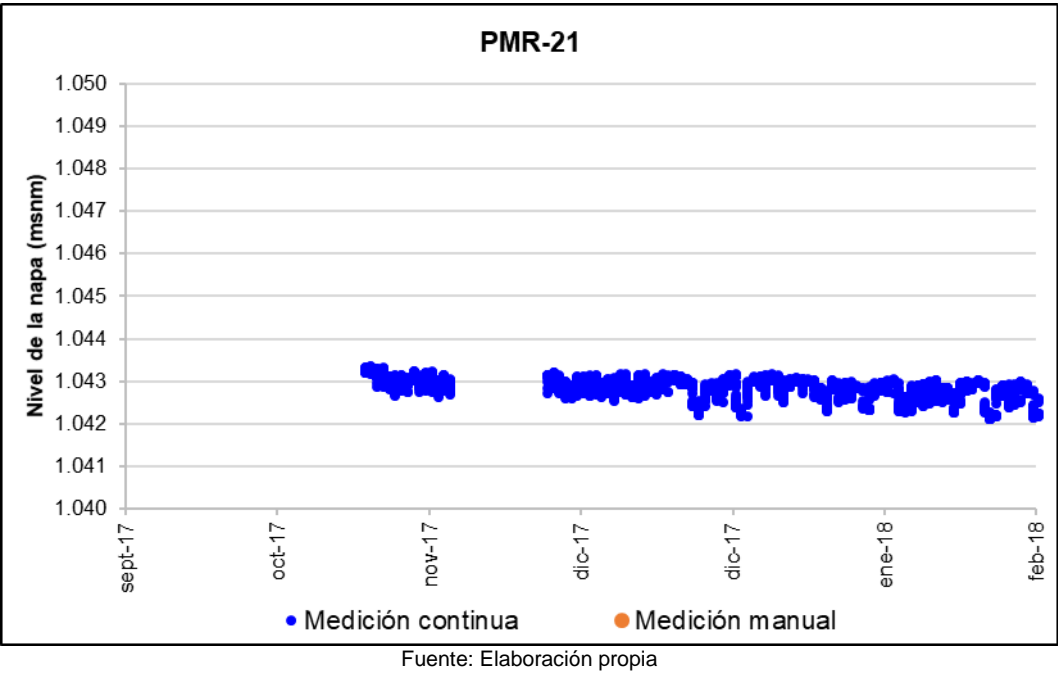
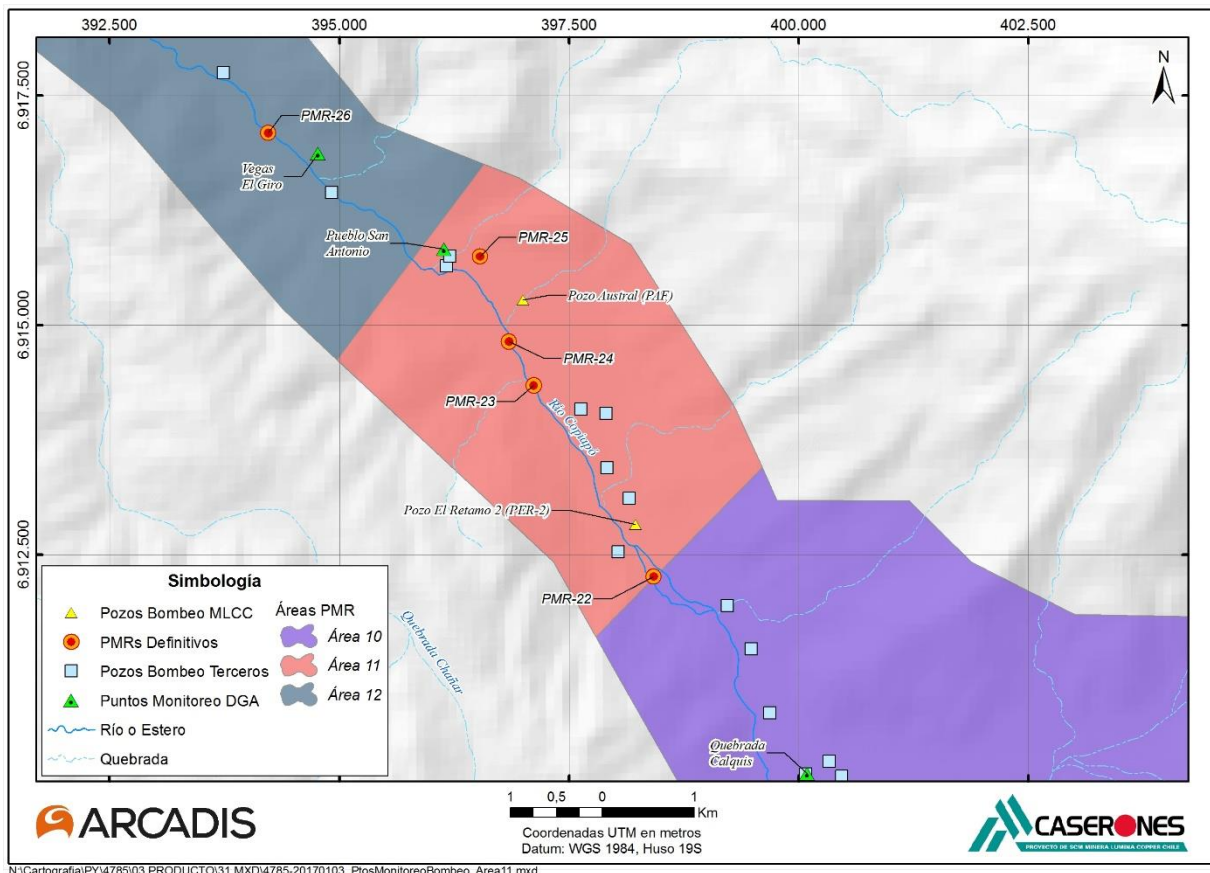
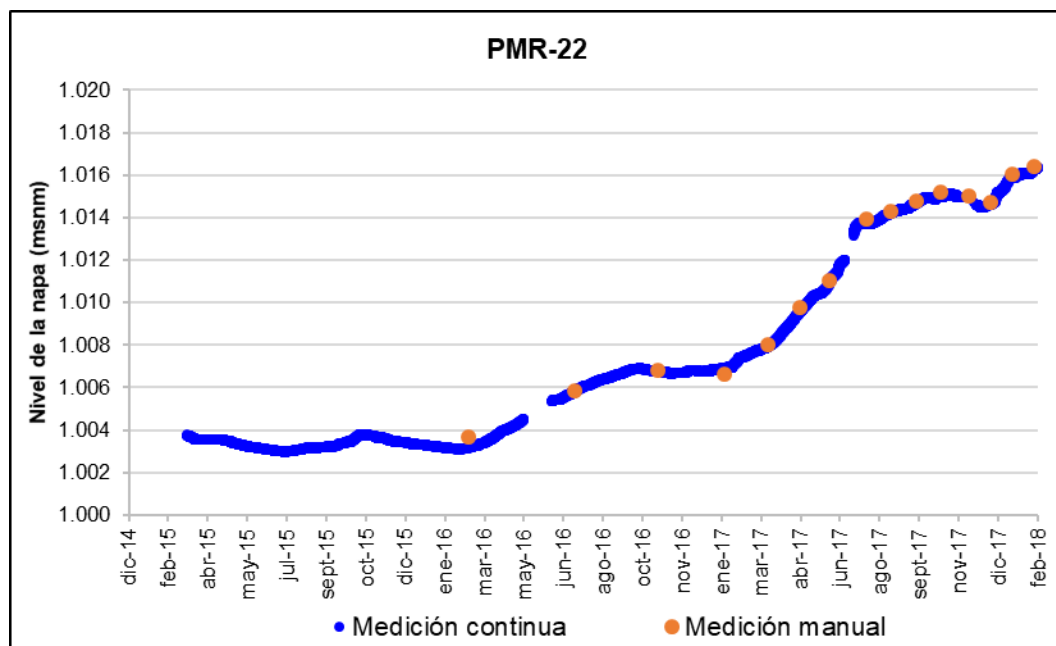


Figura 5-52: Área 11



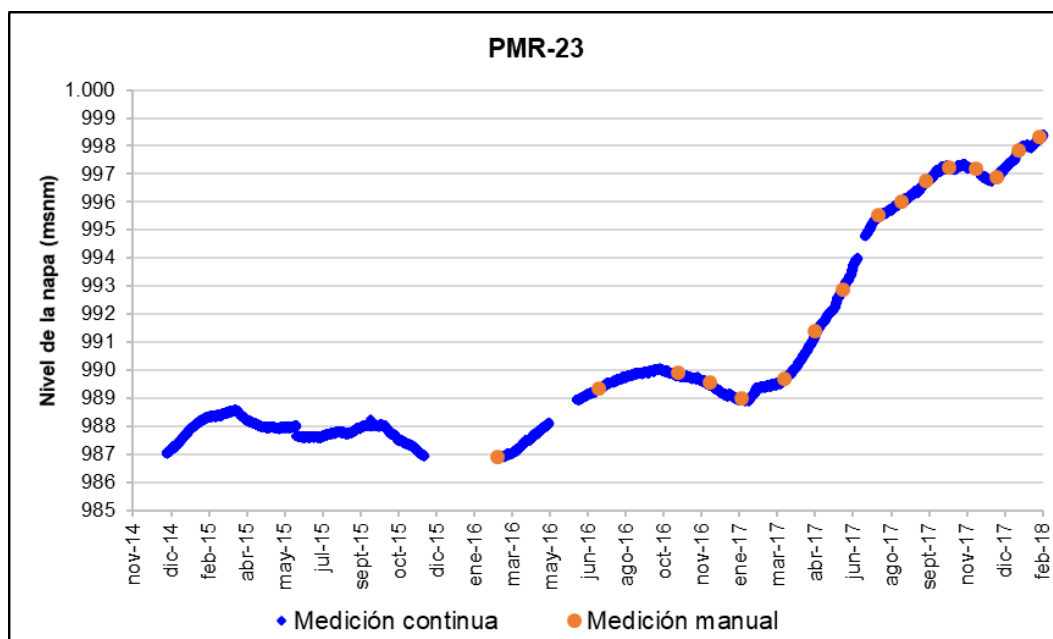
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-53: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-22.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-54: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-23.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-55: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-24.

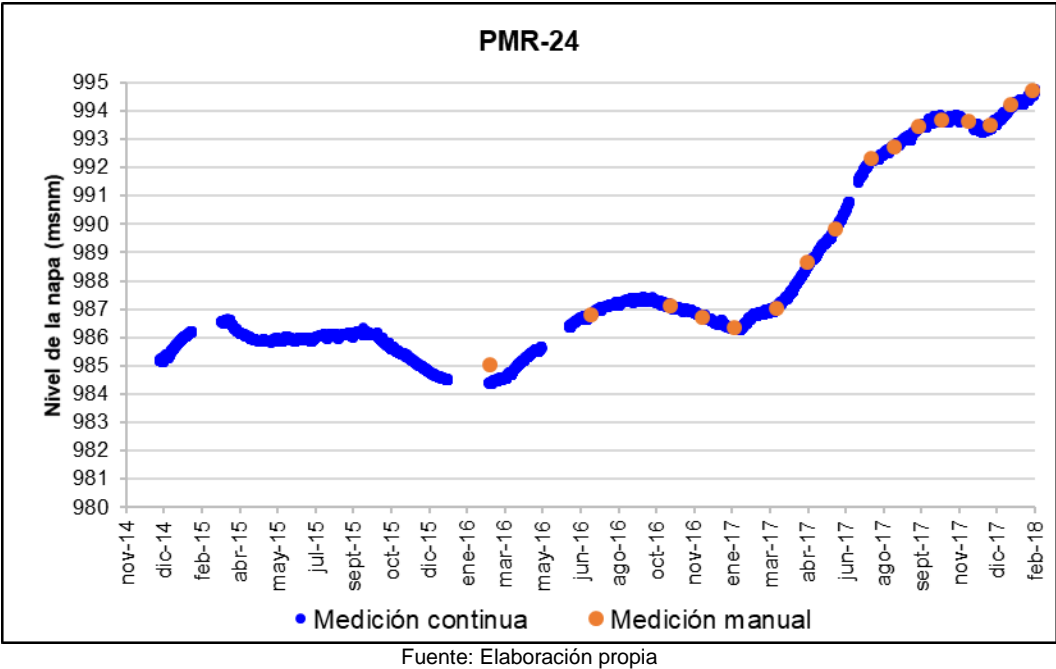


Figura 5-56: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-25.

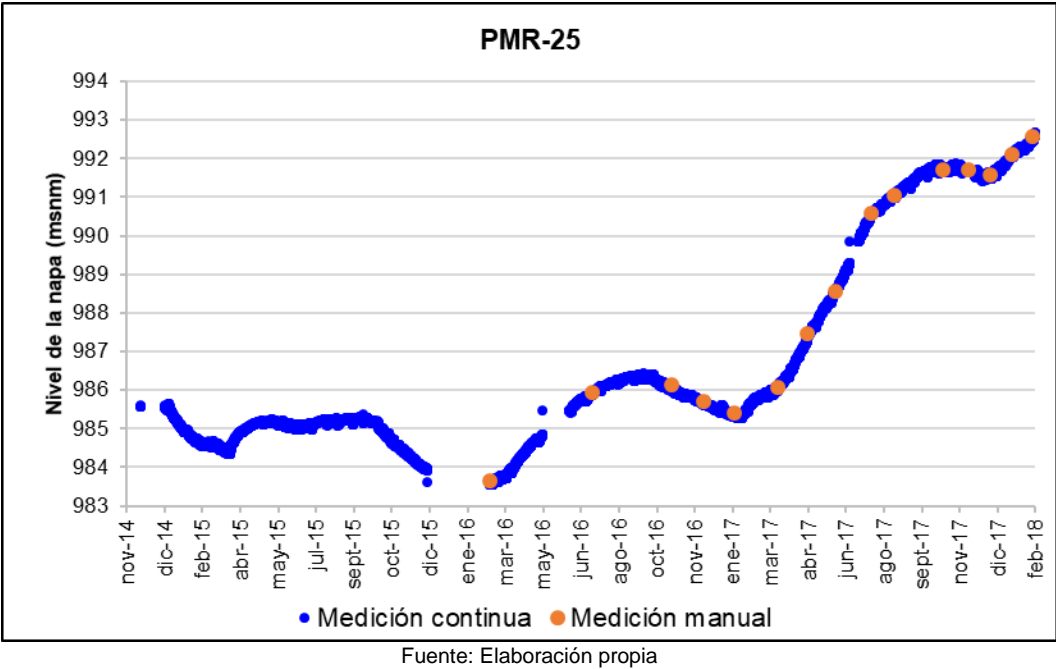
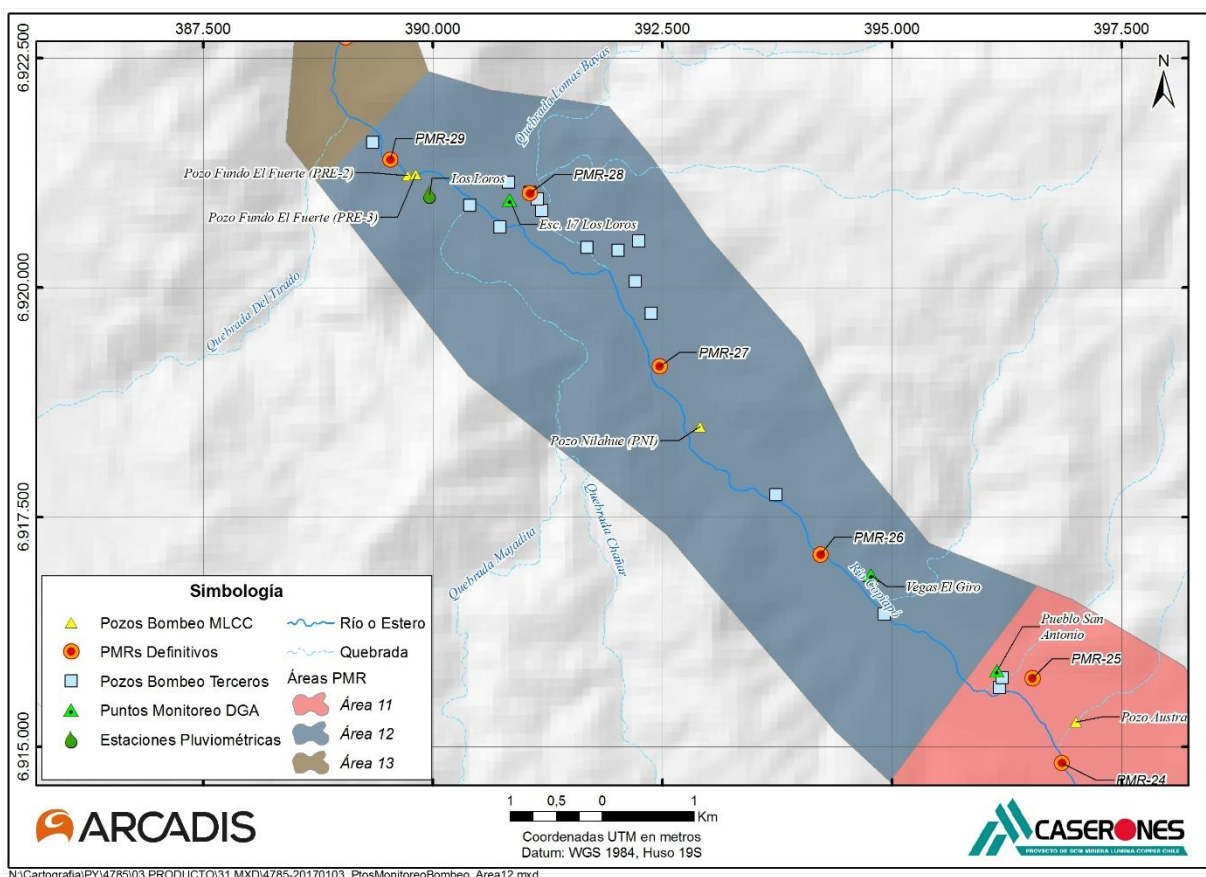
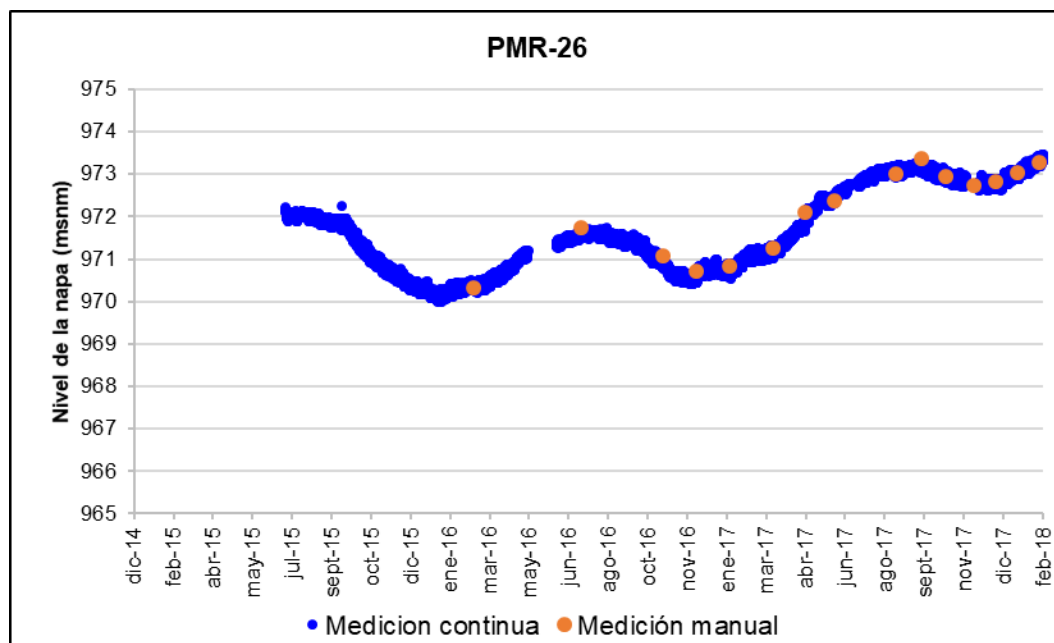


Figura 5-57: Área 12



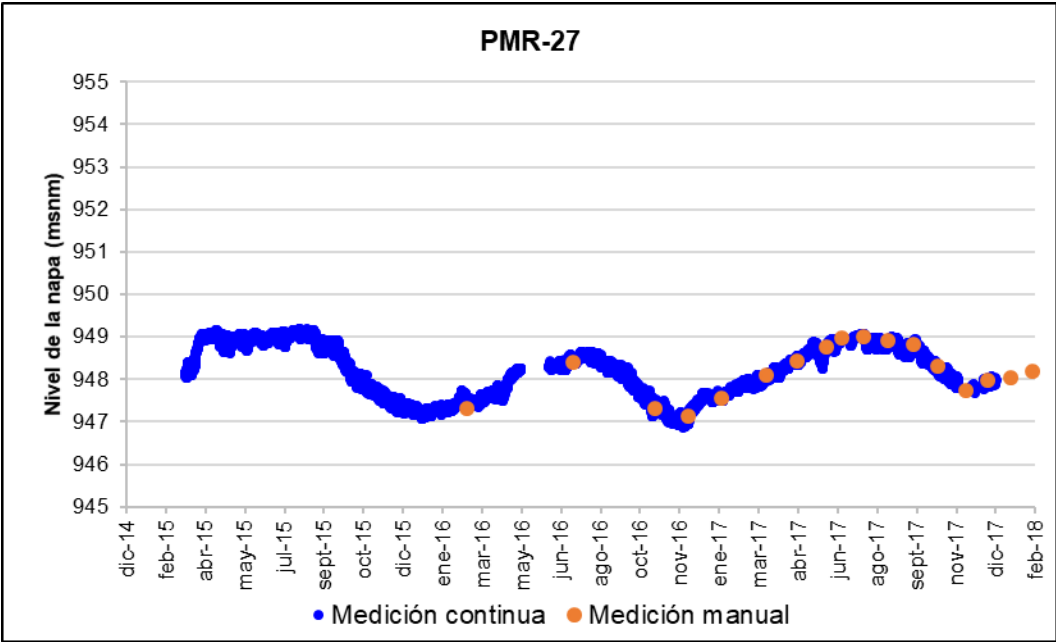
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-58: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-26.



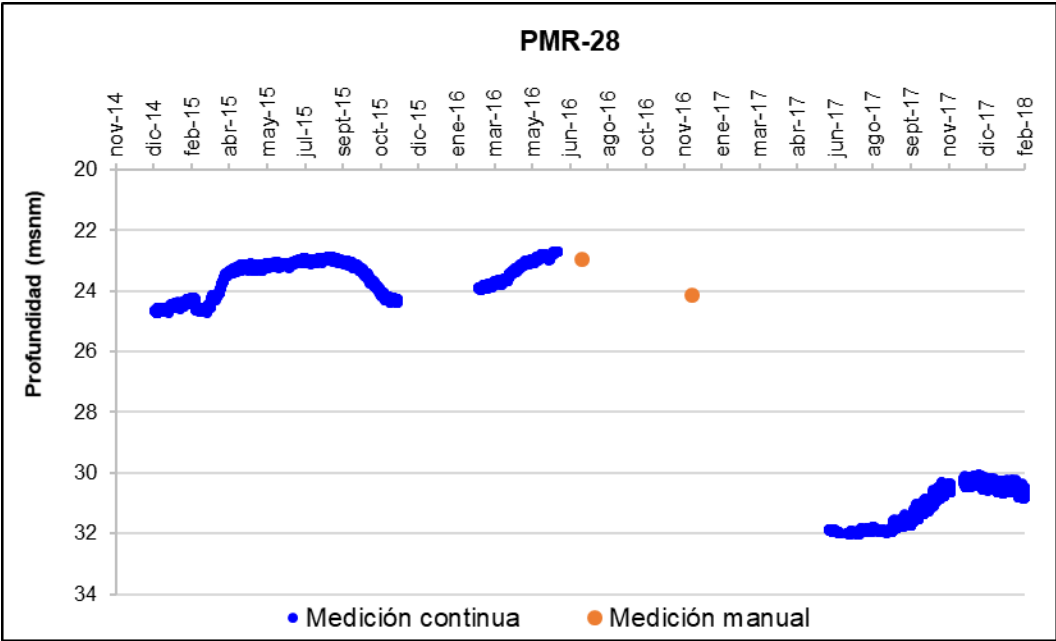
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-59: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-27.



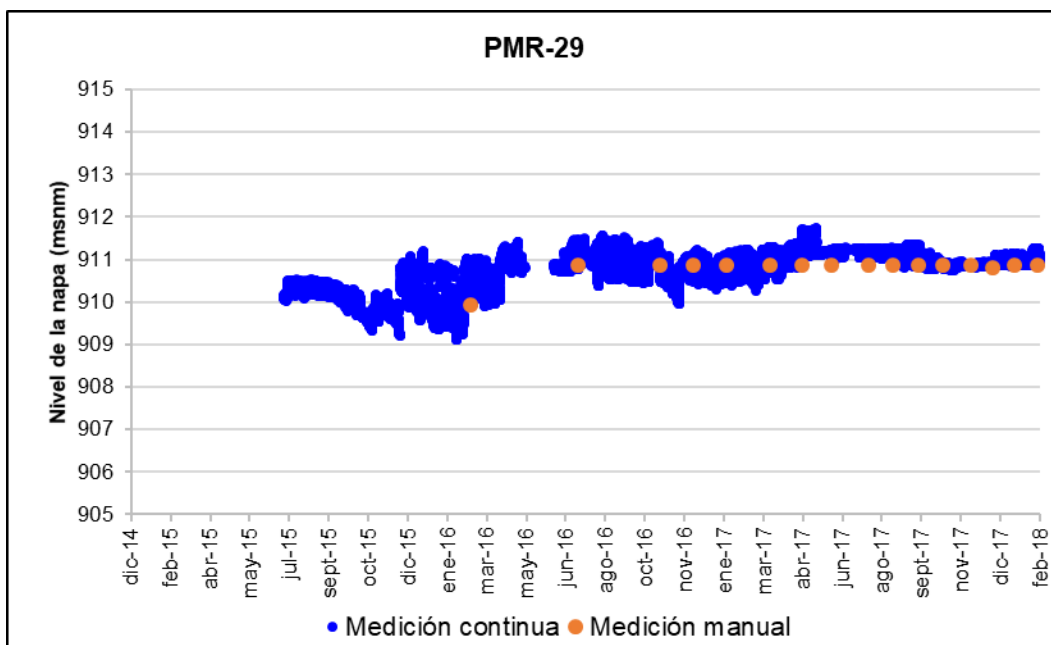
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-60: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-28.



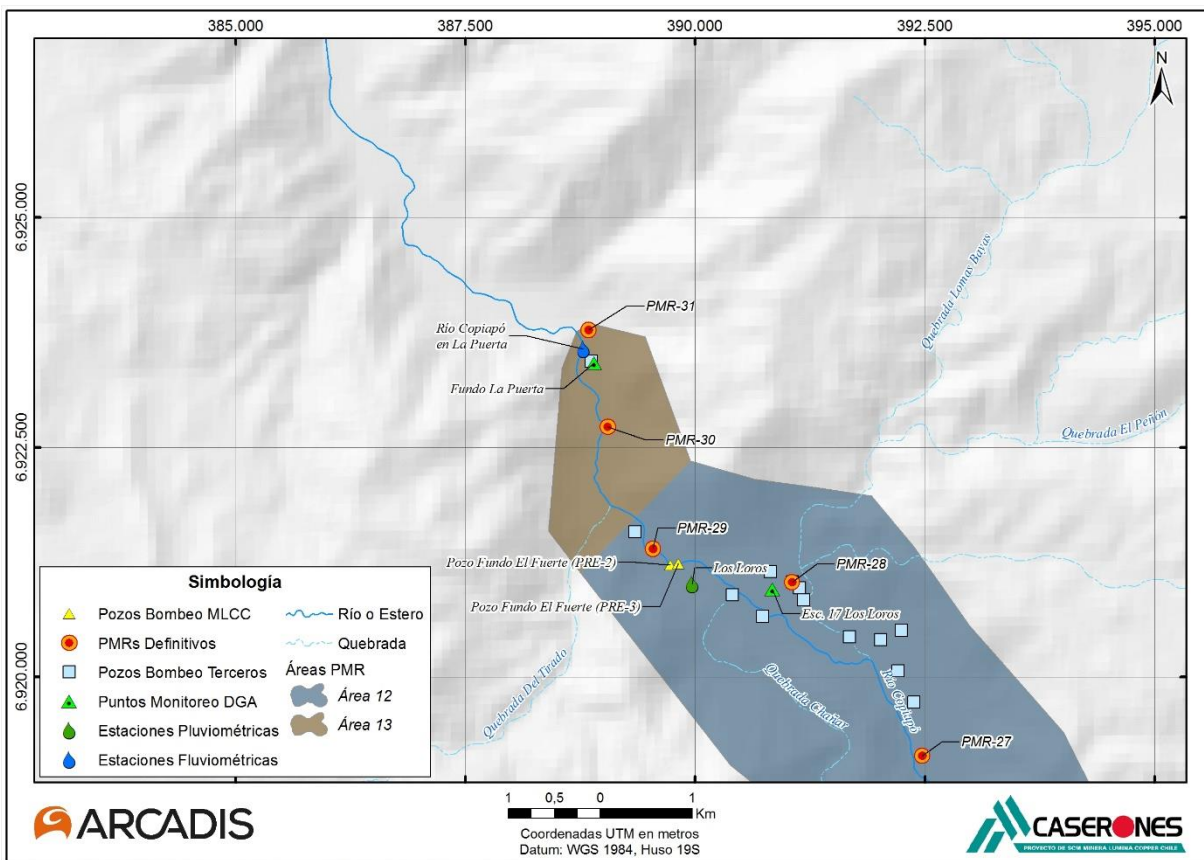
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-61: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-29.



Fuente: Elaboración propia

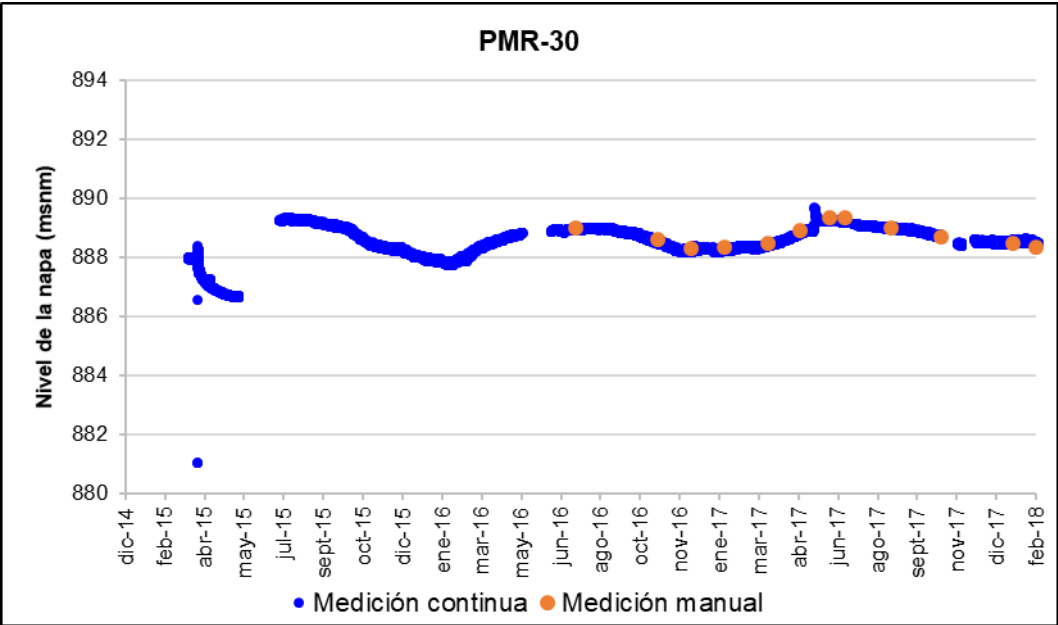
Figura 5-62: Área 13



N:\Cartografía\PY\4785103 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103_PtosMonitoreoBombeo_Area13.mxd

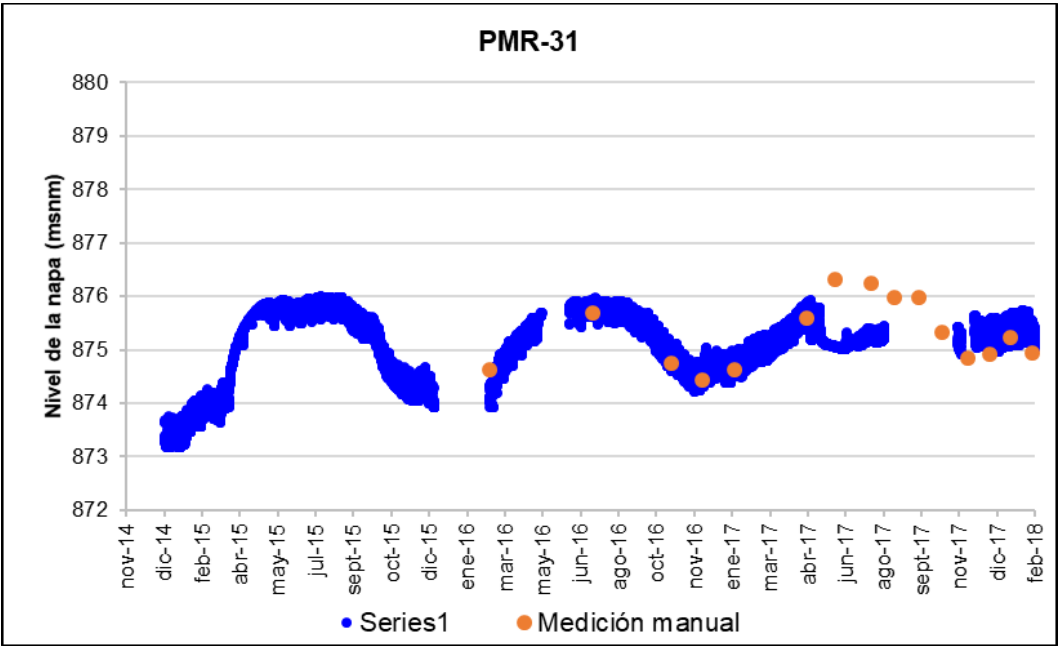
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-63: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-30.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-64: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-31.



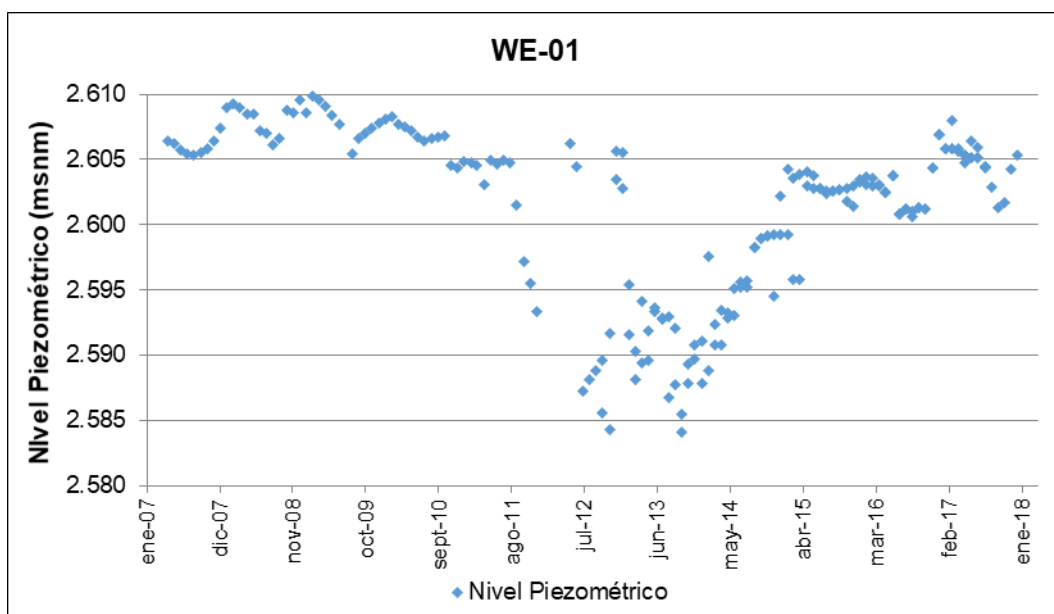
Fuente: Elaboración propia

5.5 Niveles Piezométricos Pozos de Bombeo MLCC

En este apartado se presenta el nivel piezométrico en los pozos de bombeo. Para los pozos PRD-1 y PAF-1 no se tiene información de cota, por lo que se considera la información obtenida del modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés).

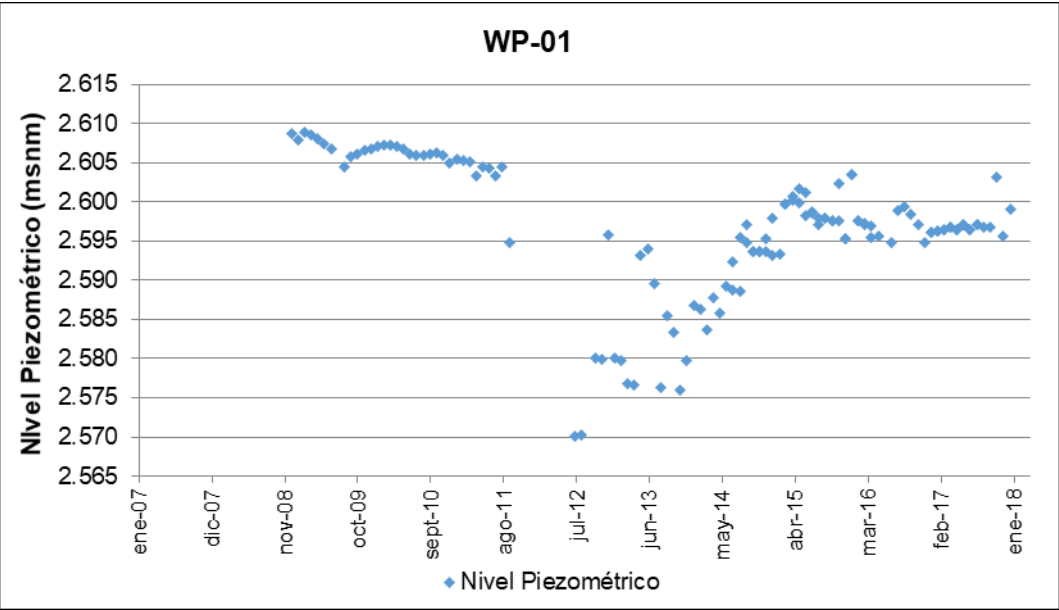
En los gráficos de nivel de los pozos de extracción es pertinente tener en consideración las fechas importantes relacionadas a la operación del proyecto, correspondientes a abril de 2010, marzo de 2013 y mayo de 2014 (de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 4-1).

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



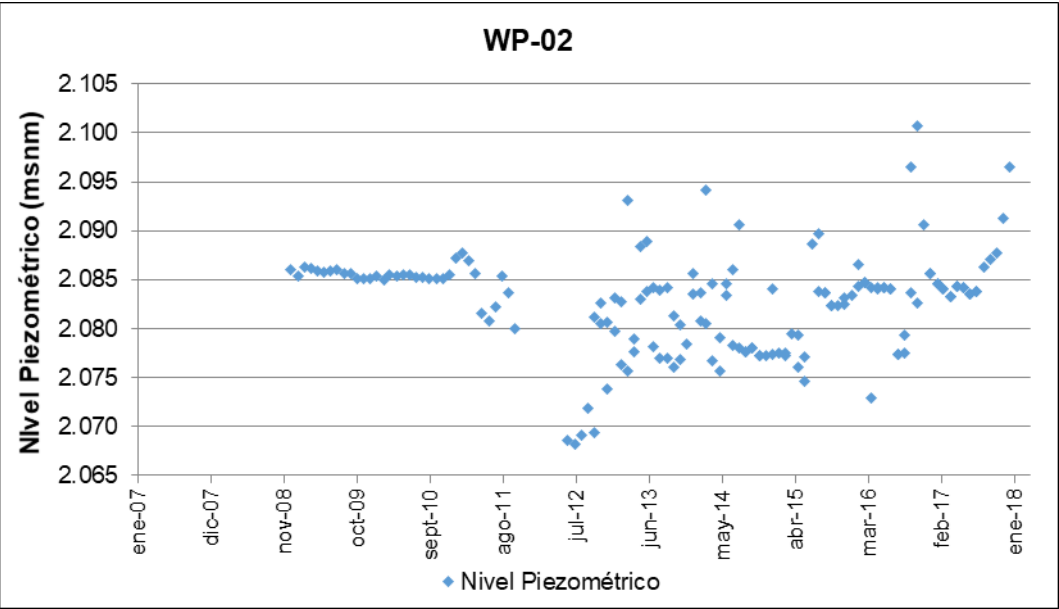
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-66: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-01.



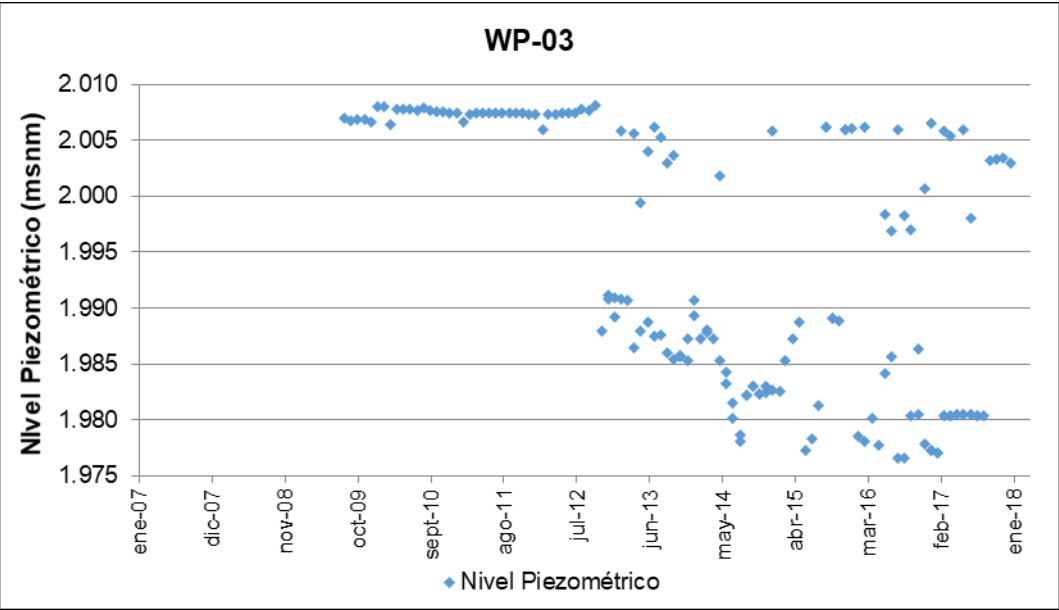
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-67: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-02.



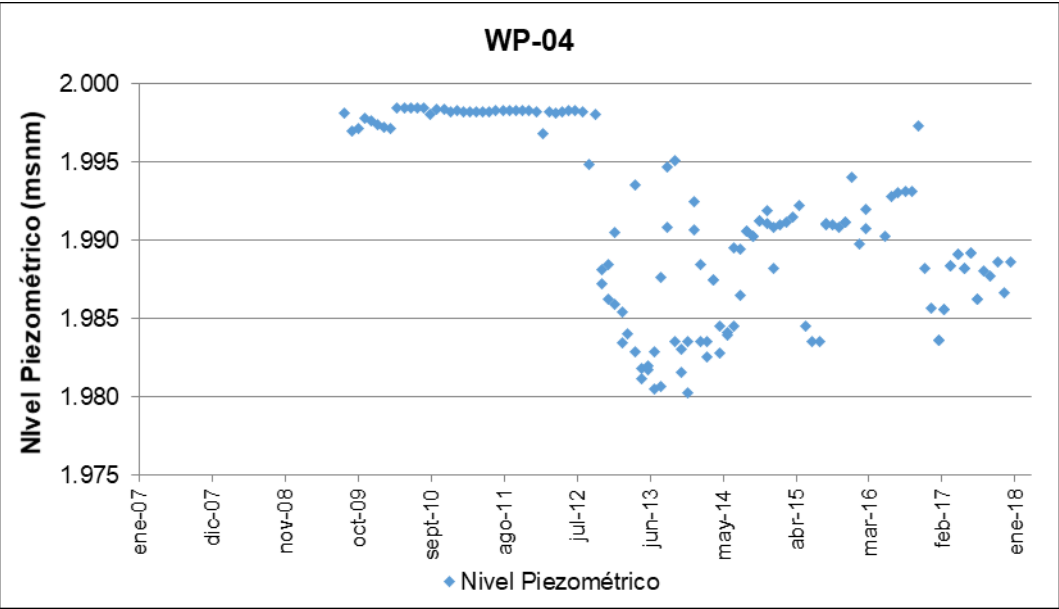
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-68: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-03.



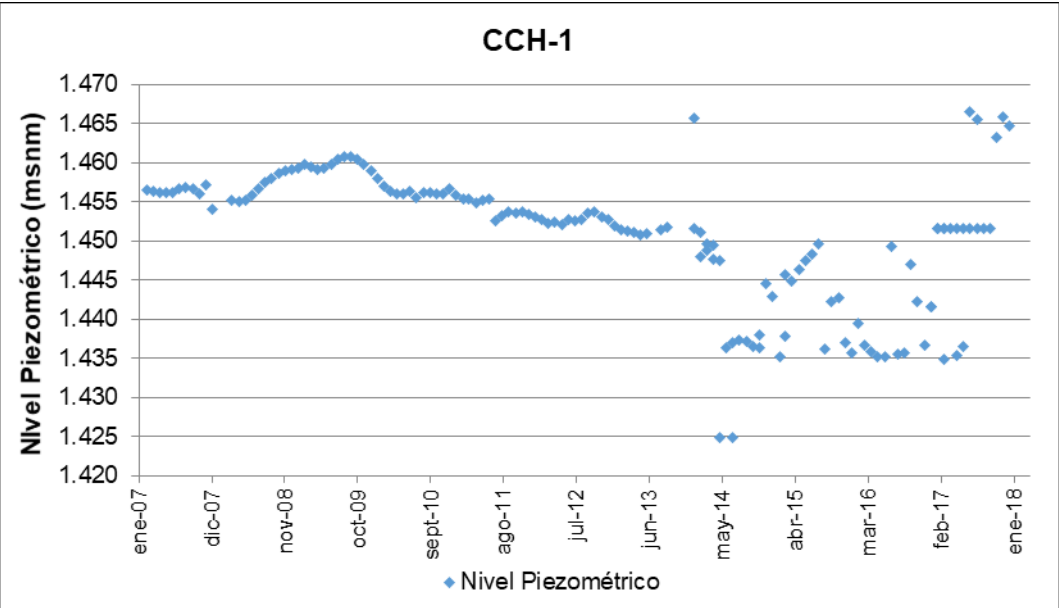
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-69: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-04.



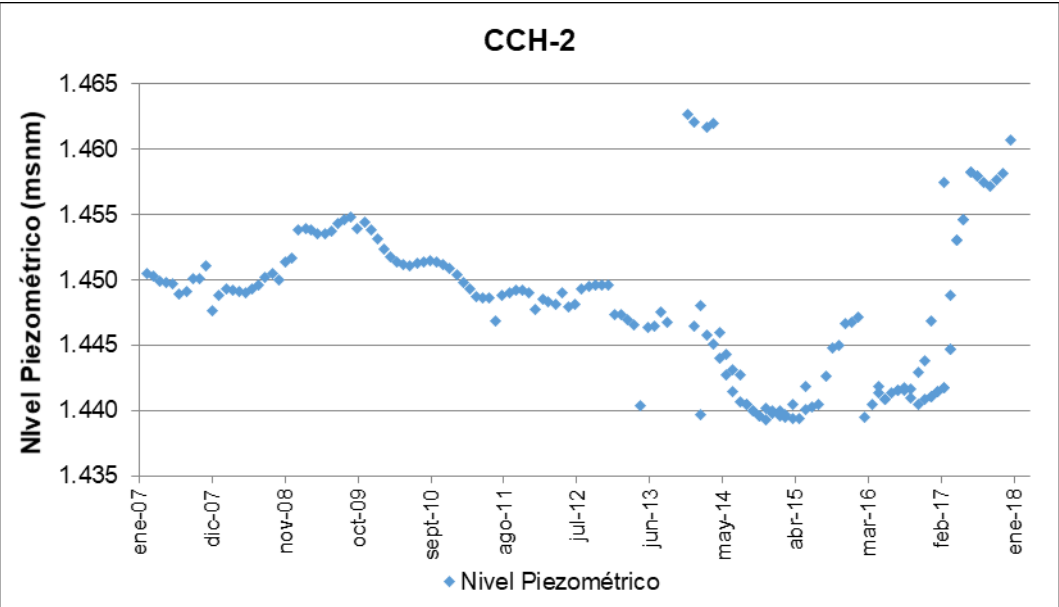
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-70: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-1.



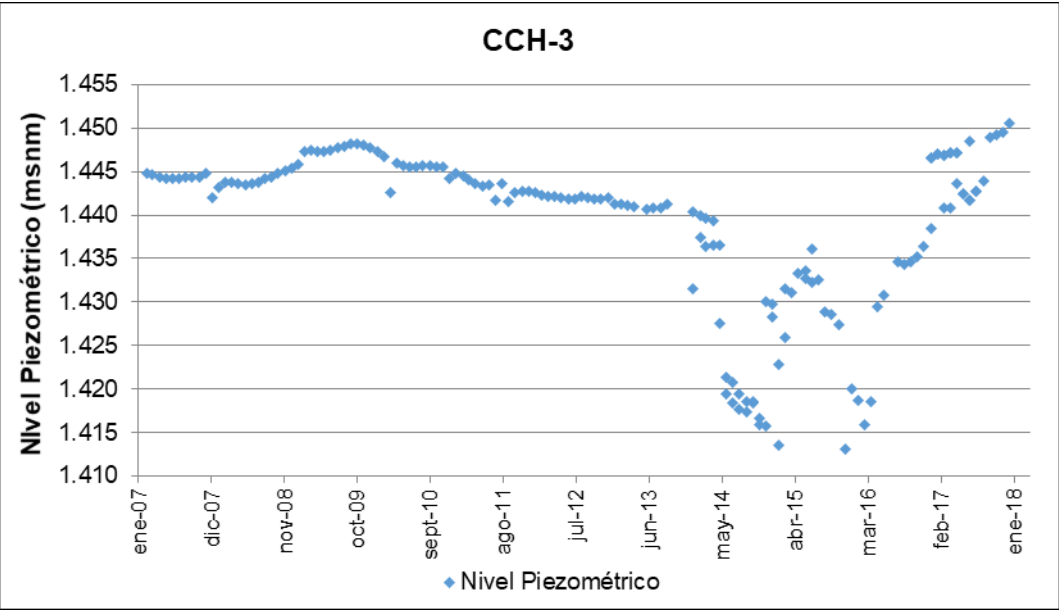
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-71: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-2.



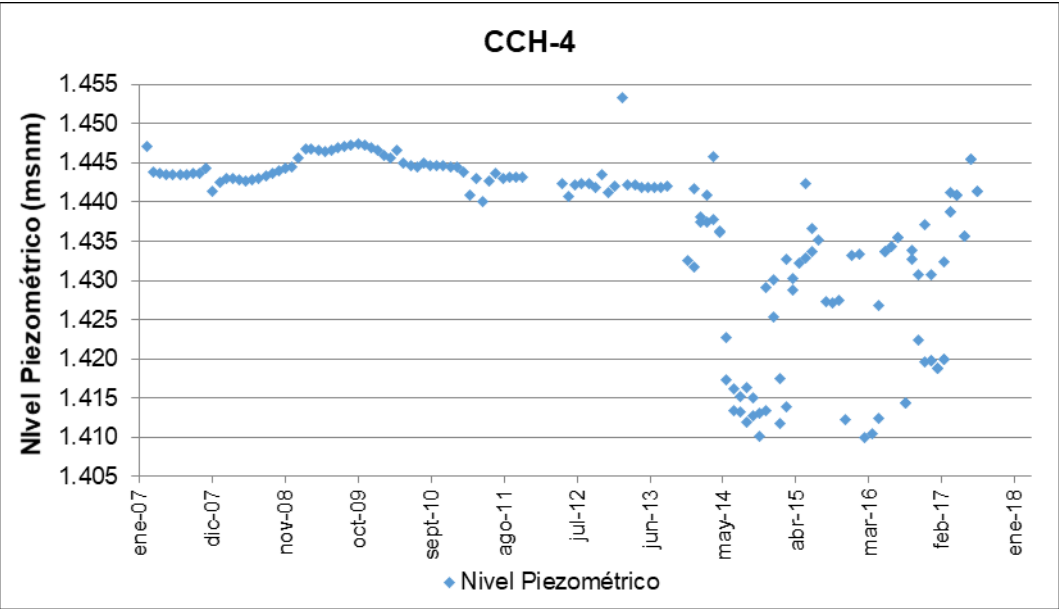
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-72: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-03.



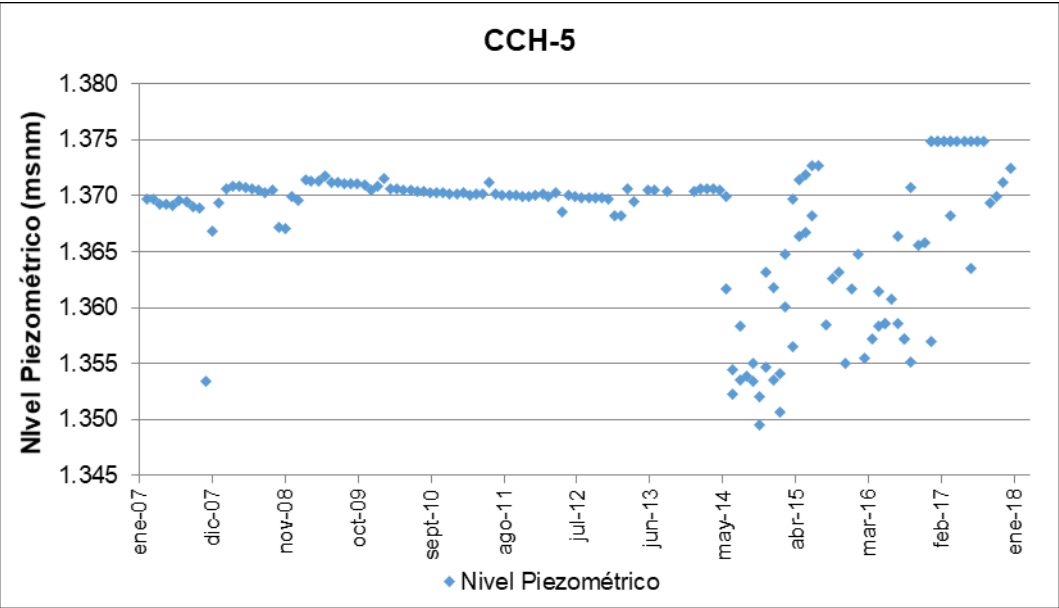
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-73: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-04.



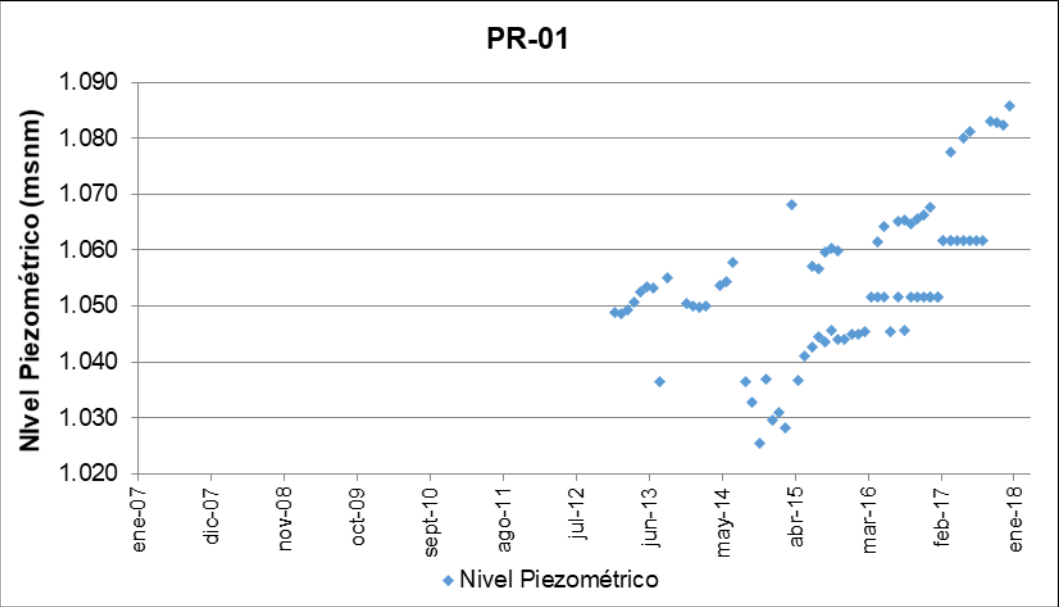
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-74: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-05.



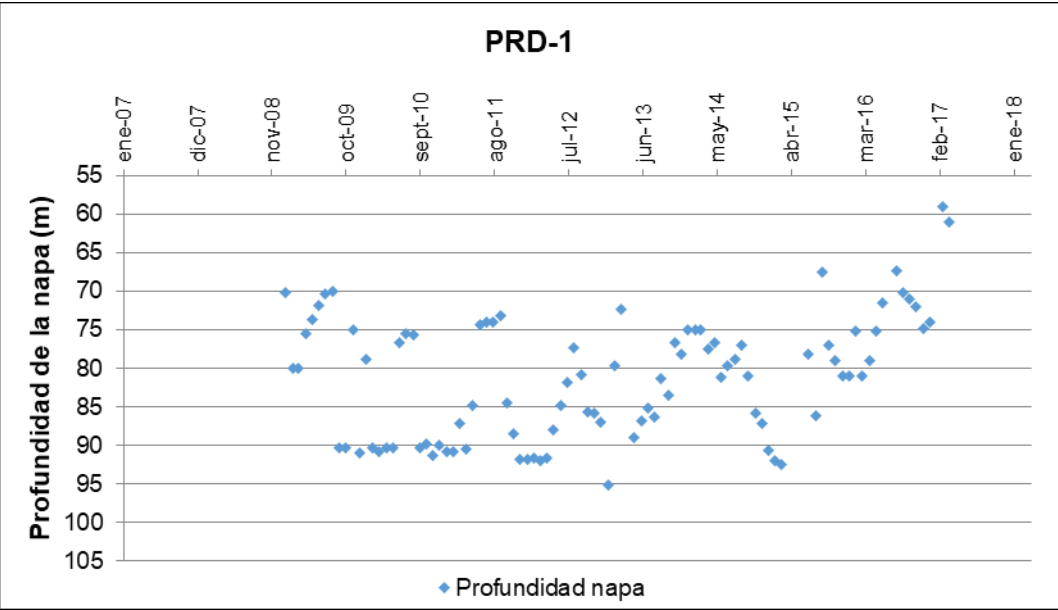
Fuente: Elaboración propia

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



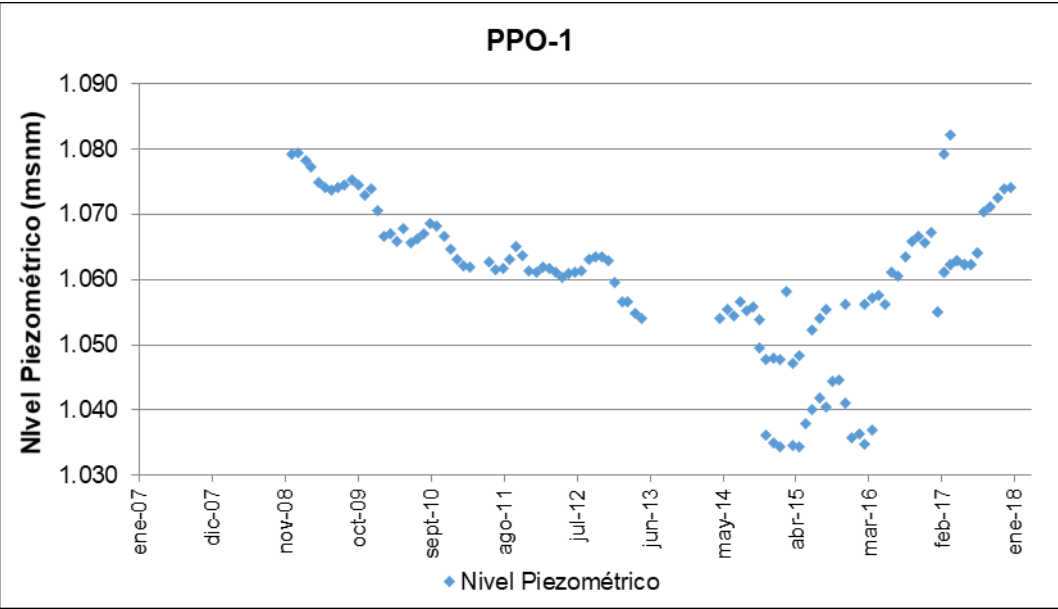
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-76: Profundidad del agua subterránea en el pozo PRD-01.



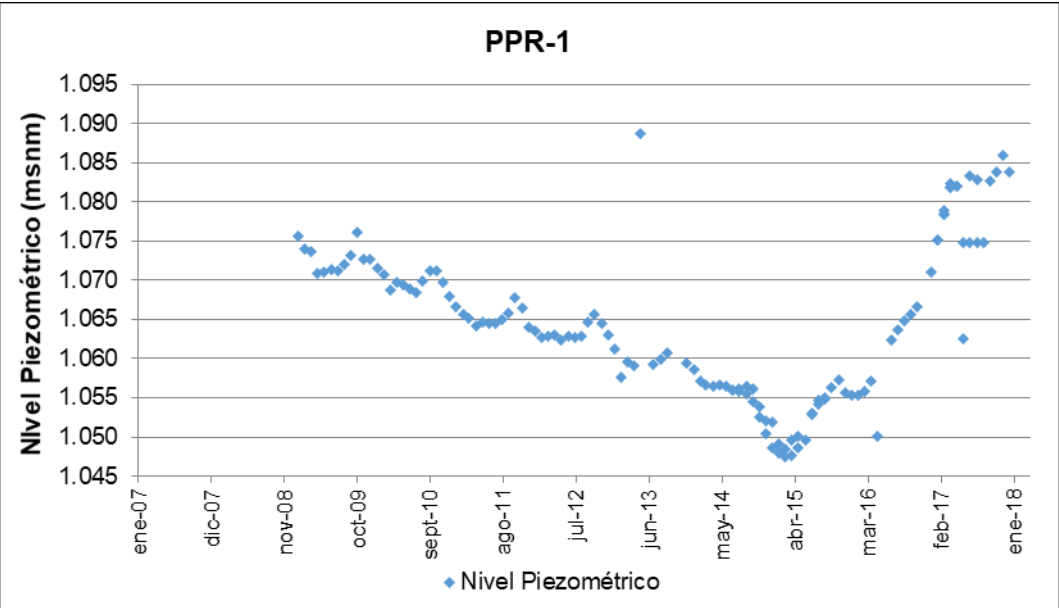
Fuente: Elaboración propia

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



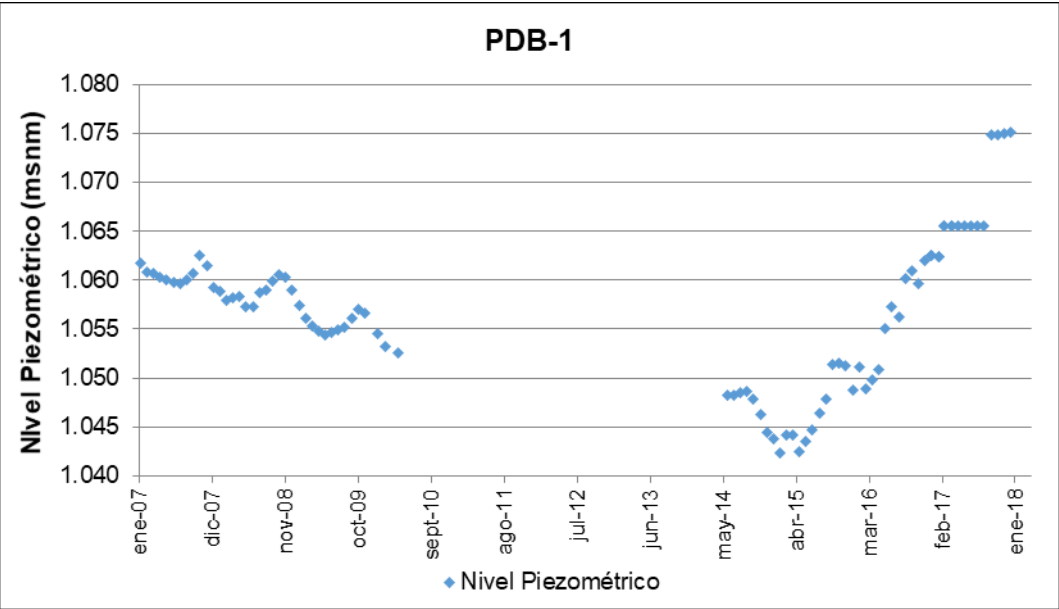
Fuente: Elaboración propia

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



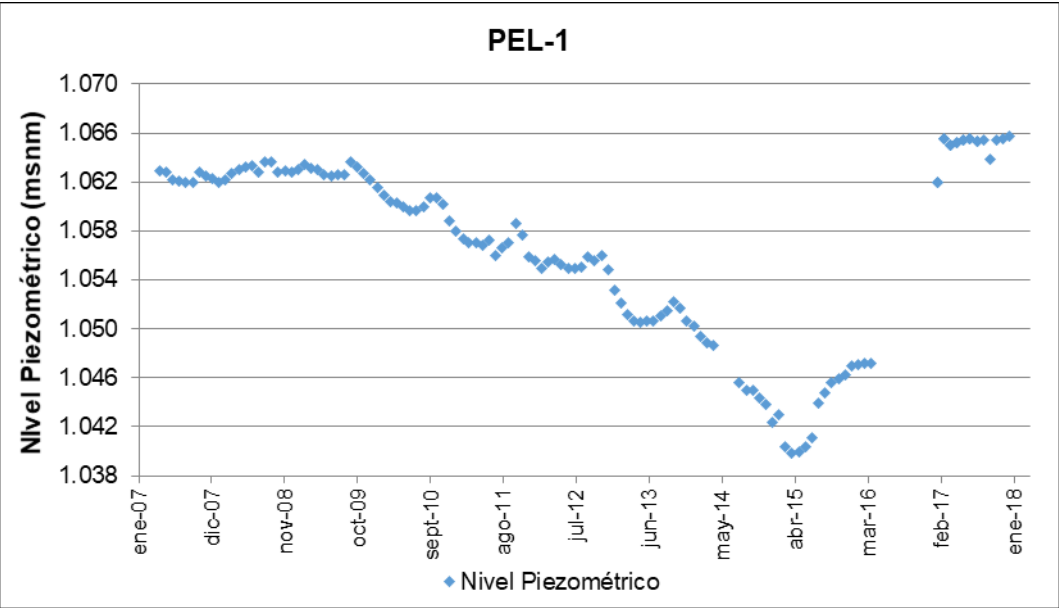
Fuente: Elaboración propia

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



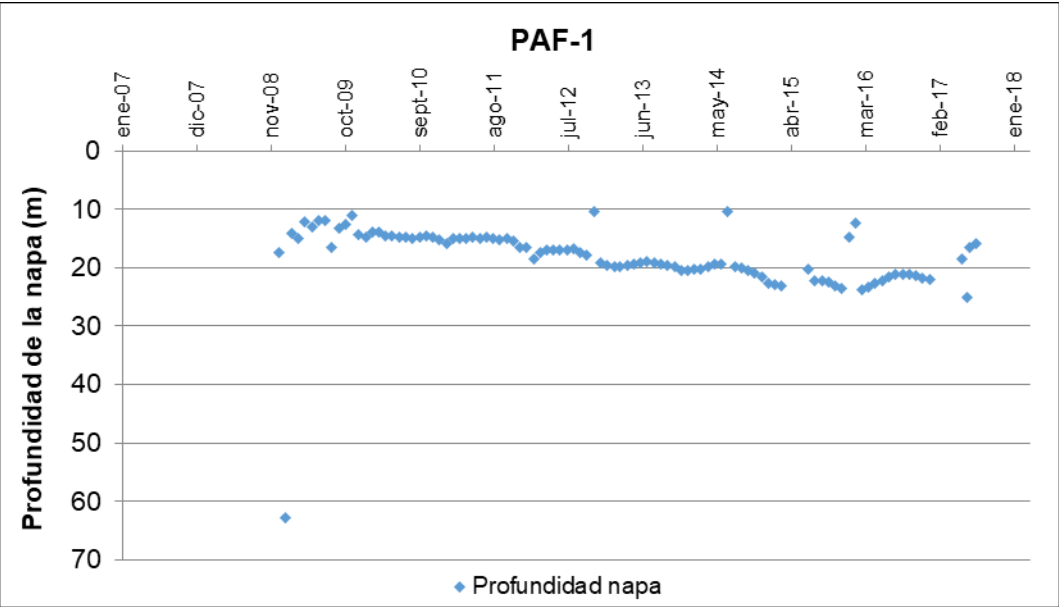
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-80: Nivel de agua subterránea en el pozo PEL-01.



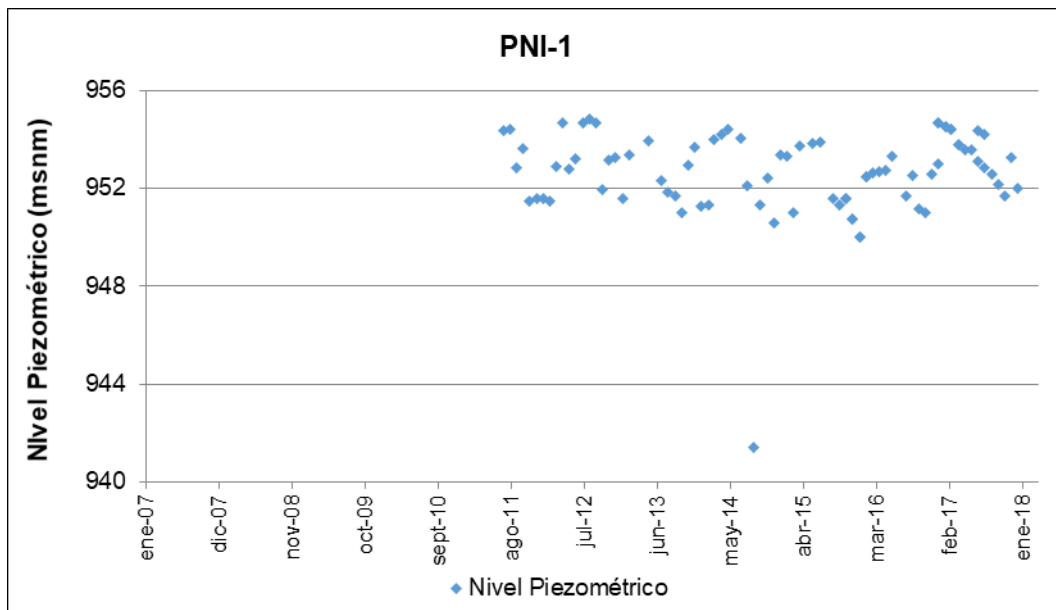
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-81: Profundidad del agua subterránea en el pozo PAF-01.



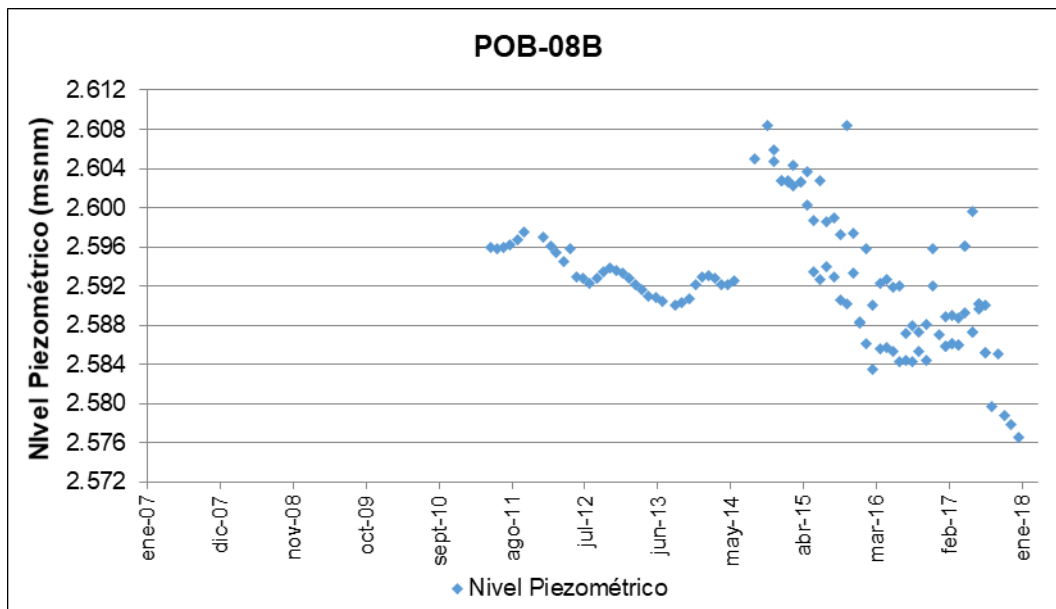
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-82: Nivel de agua subterránea en el pozo PNI-01.



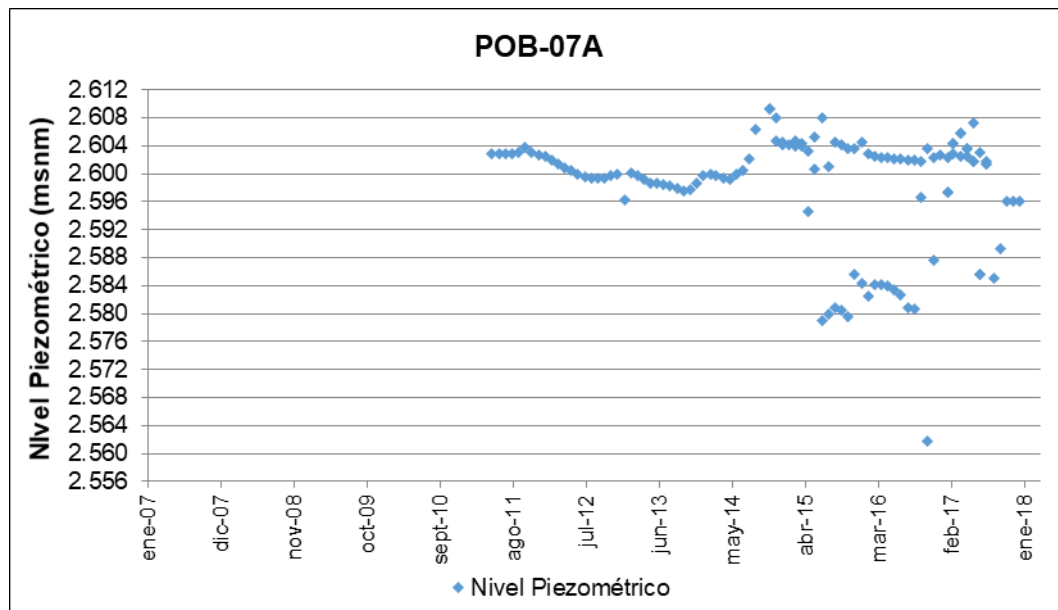
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-83: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-08B.



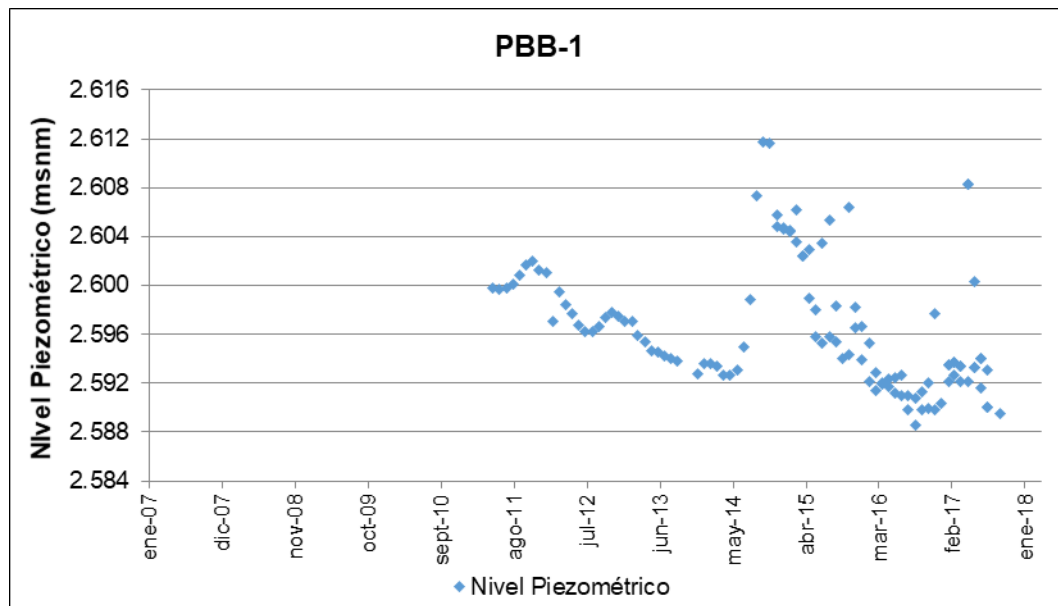
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-84: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-07A.

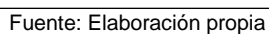


Fuente: Elaboración propia

Figura 5-85: Nivel de agua subterránea en el pozo PBB-01.



Fuente: Elaboración propia



BRW-02

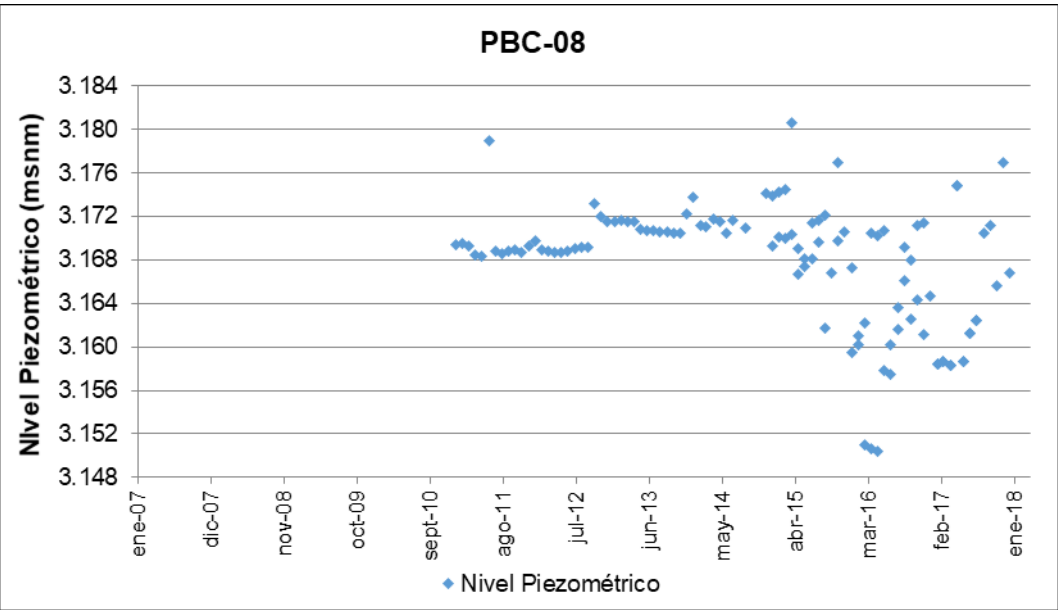
Nivel Piezométrico (msnm)

ene-07 dic-07 nov-08 oct-09 sept-10 ago-11 jul-12 jun-13 may-14 abr-15 mar-16 feb-17 ene-18

◆ Nivel Piezométrico

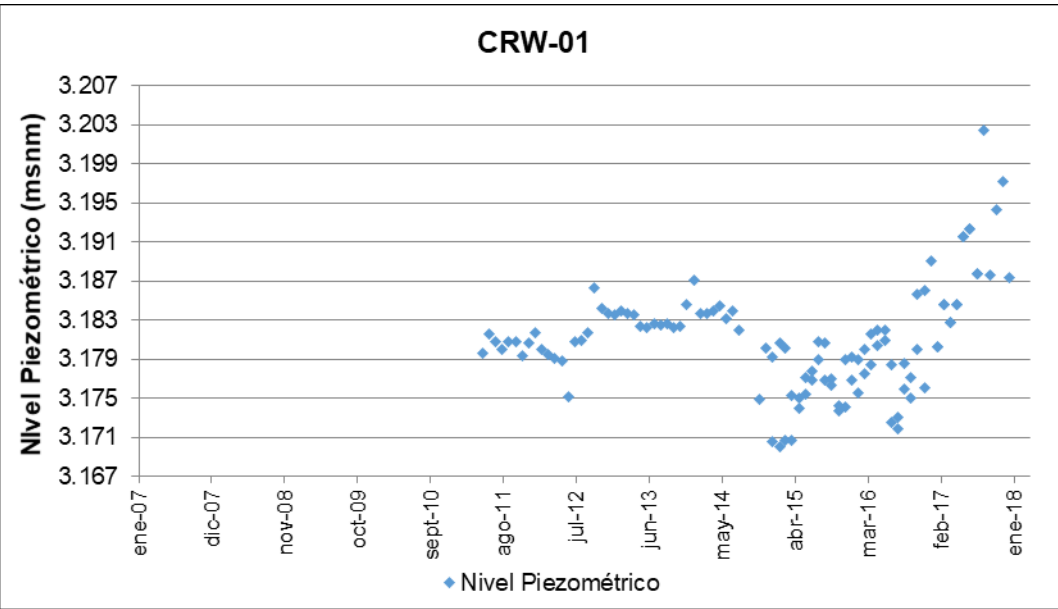
86

Figura 5-88: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-08.



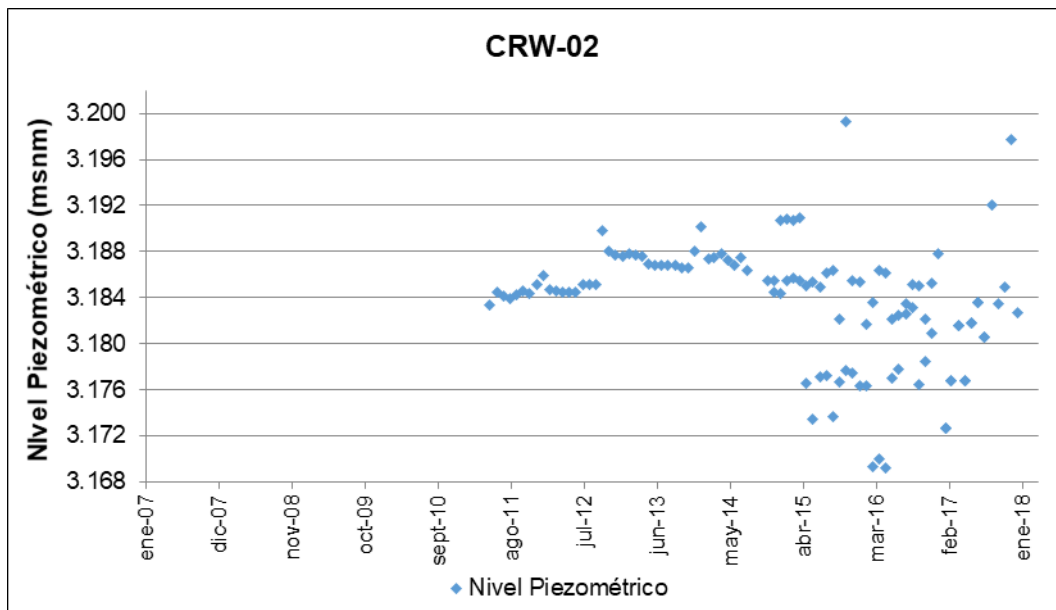
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-89: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-01.



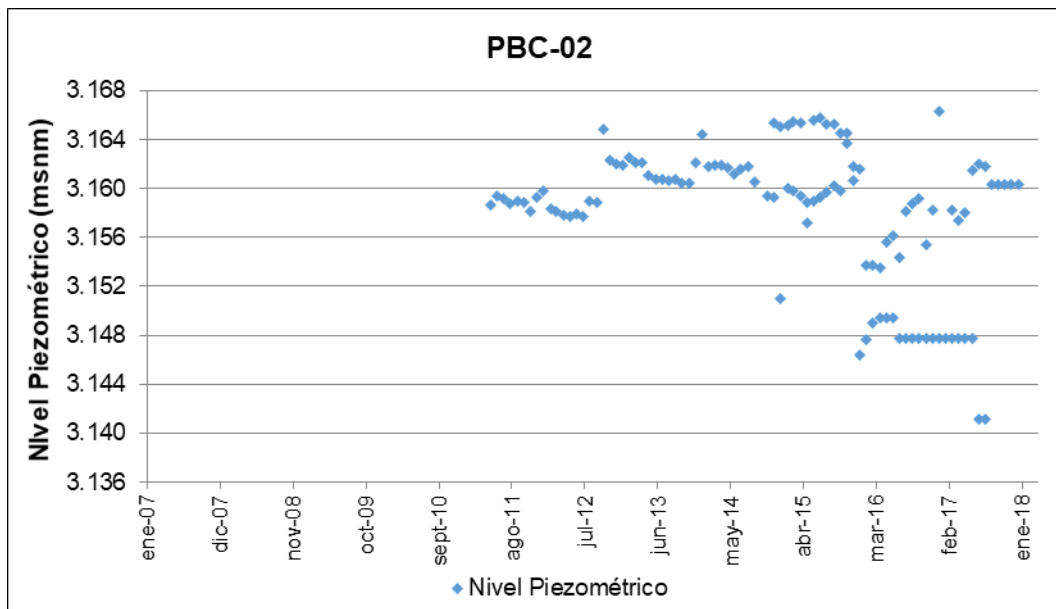
Fuente: Elaboración propia

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



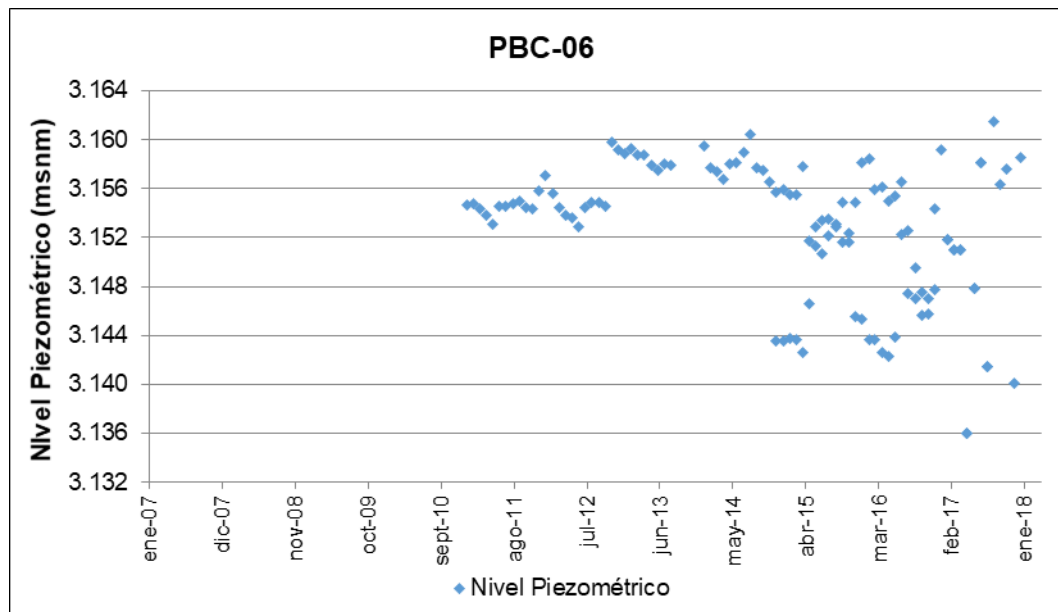
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-91: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-02.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-92: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-06.



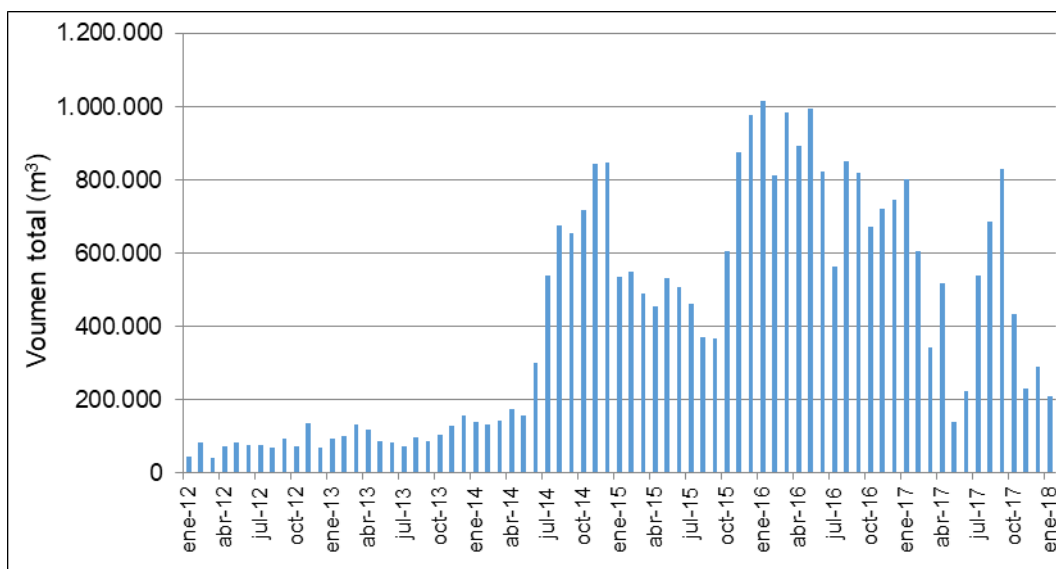
Fuente: Elaboración propia

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 enero 2018.

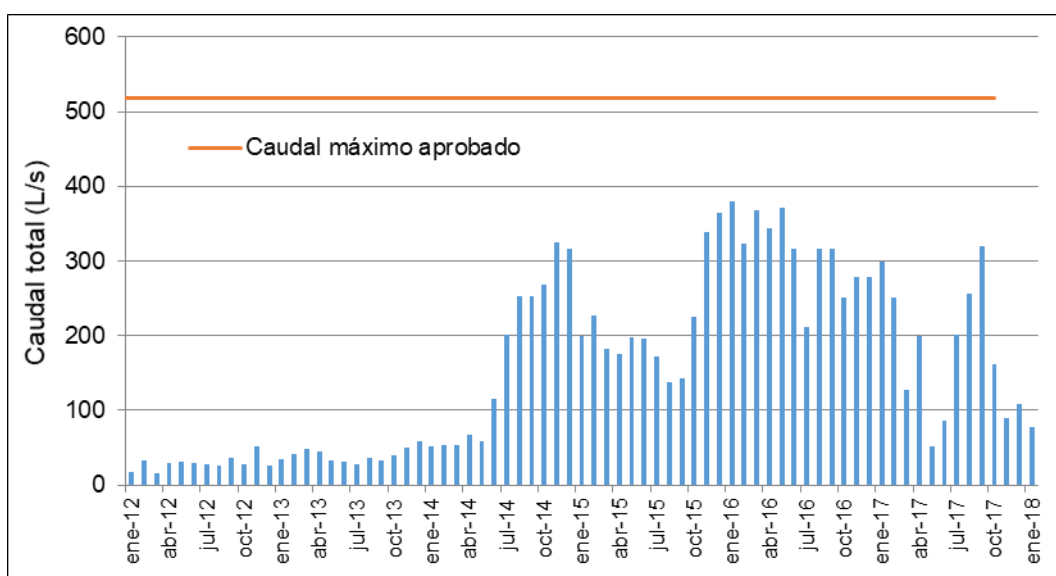
En la Figura 5-93 se muestra el volumen mensual total bombeado mientras que en la Figura 5-94 muestra el caudal total mensual. Desde la Figura 5-95 a Figura 5-148 se presenta el volumen bombeado a nivel mensual y el caudal medio mensual para cada uno de los pozos, junto al respectivo caudal aprobado.

Figura 5-93: Volumen mensual total bombeado por MLCC.



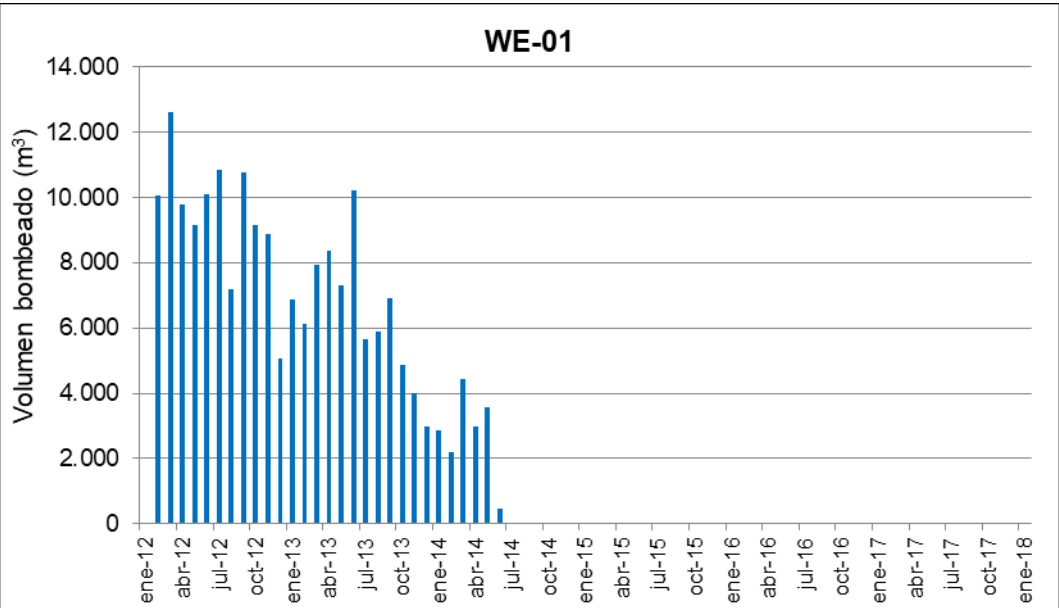
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-94: Caudal medio mensual total bombeado por MLCC.



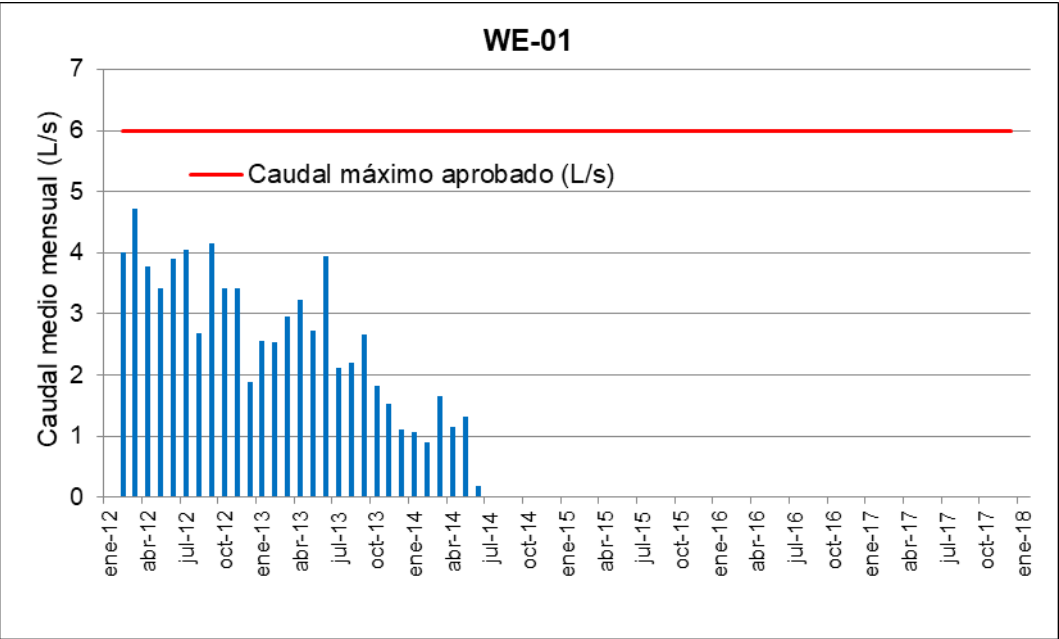
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-95: Volumen mensual bombeado pozo WE-01.



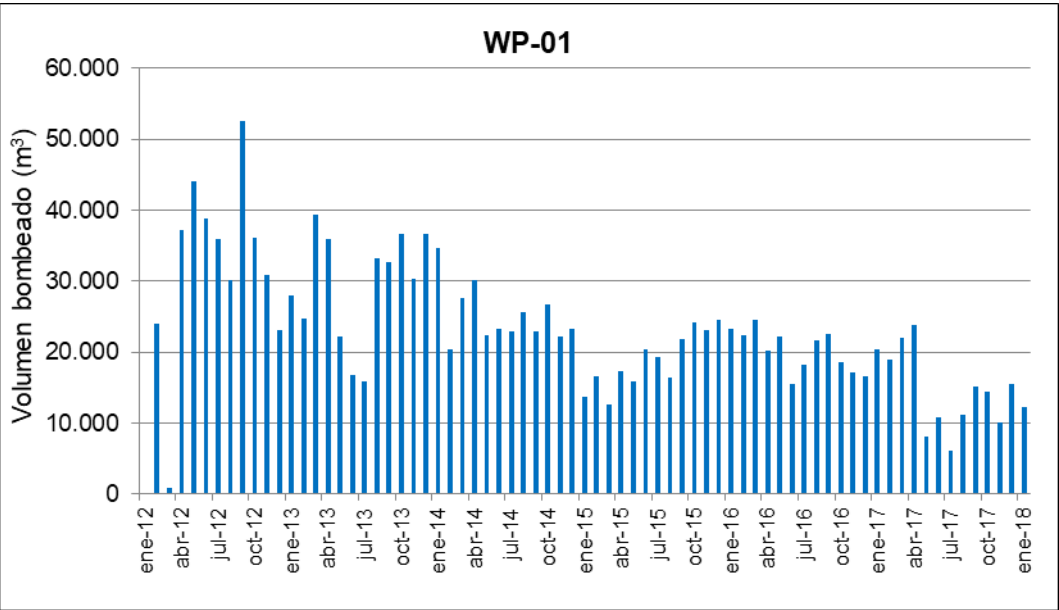
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-96: Caudal medio mensual bombeado pozo WE-01.



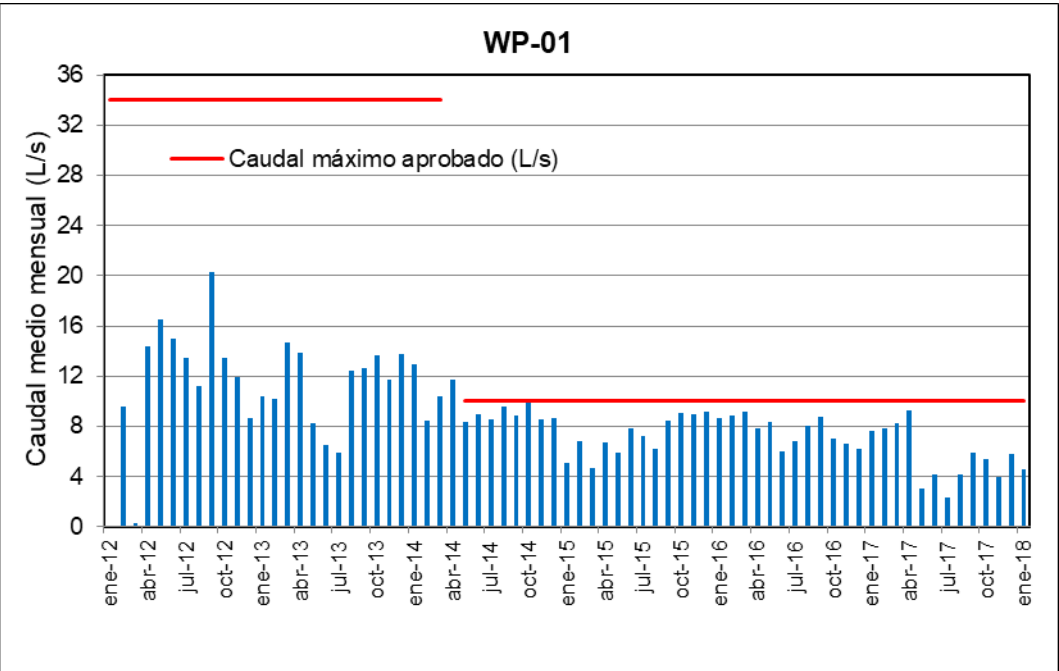
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-97: Volumen mensual bombeado pozo WP-01.



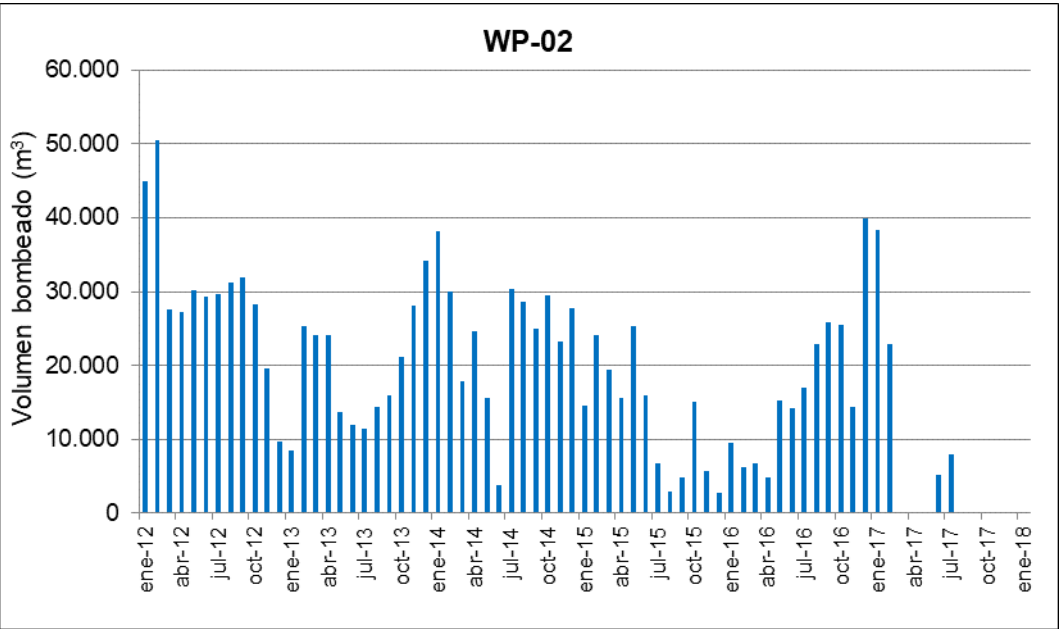
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-98: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-01.



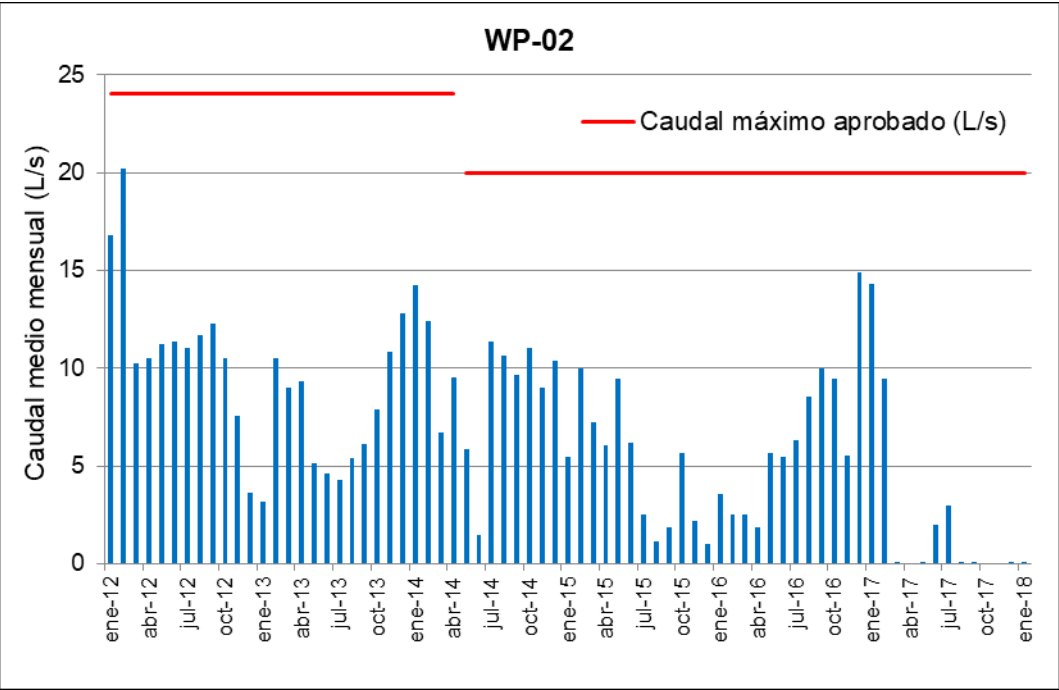
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-99: Volumen mensual bombeado pozo WP-02.



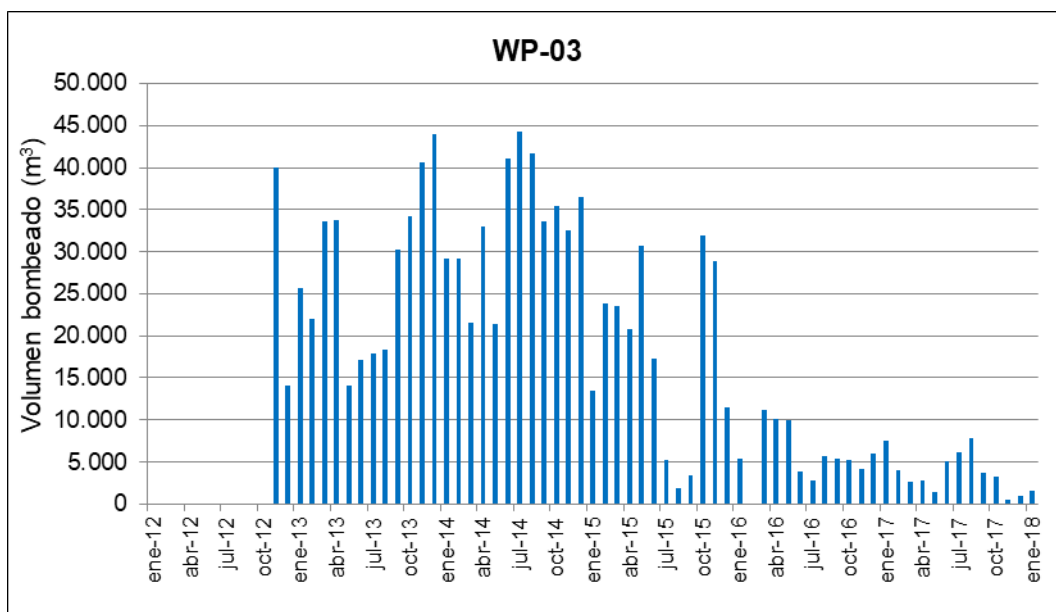
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-100: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-02.



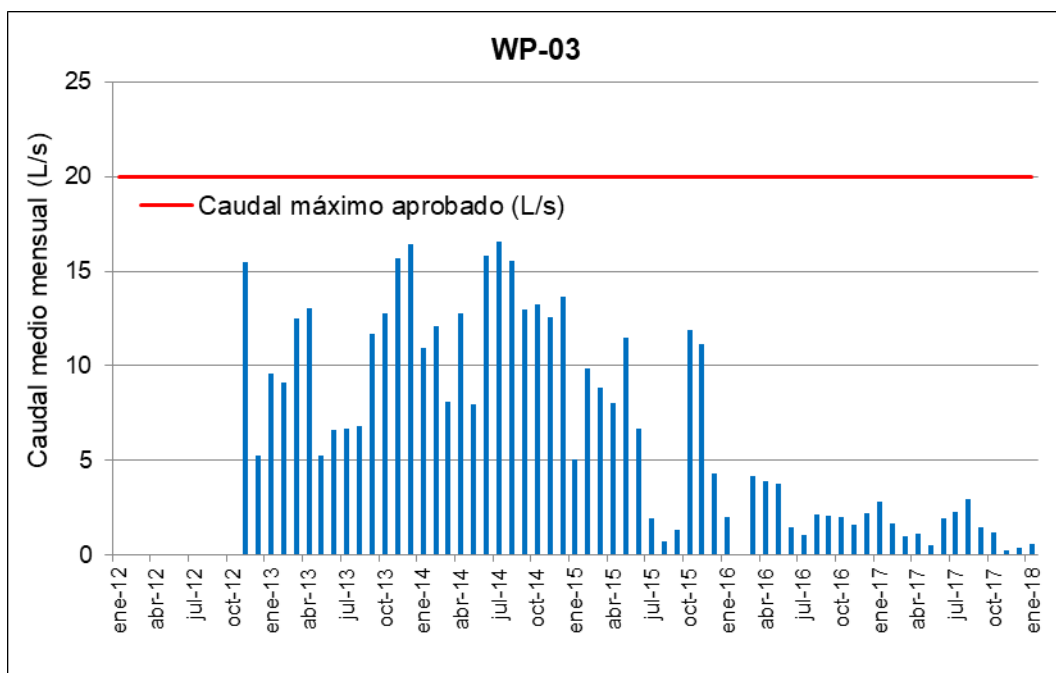
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-101: Volumen mensual bombeado pozo WP-03.



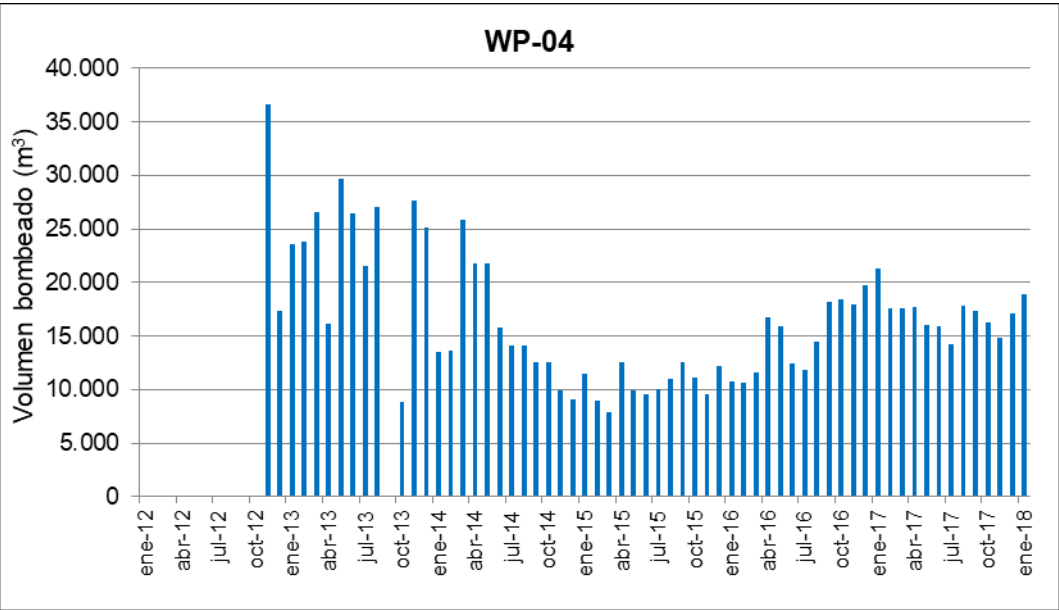
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-102: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-03.



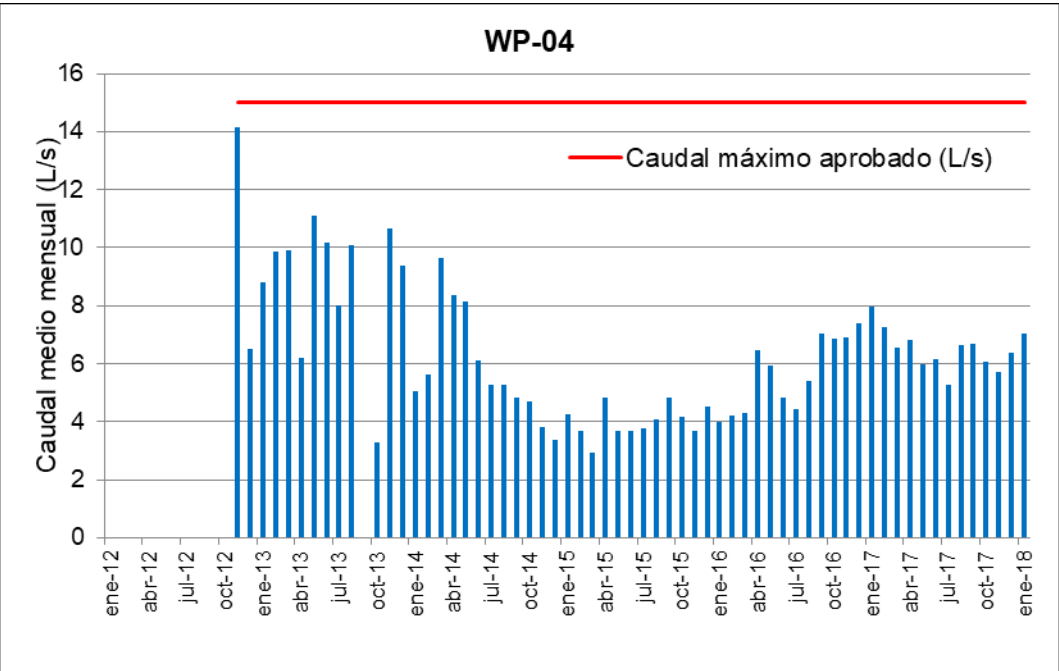
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-103: Volumen mensual bombeado pozo WP-04.



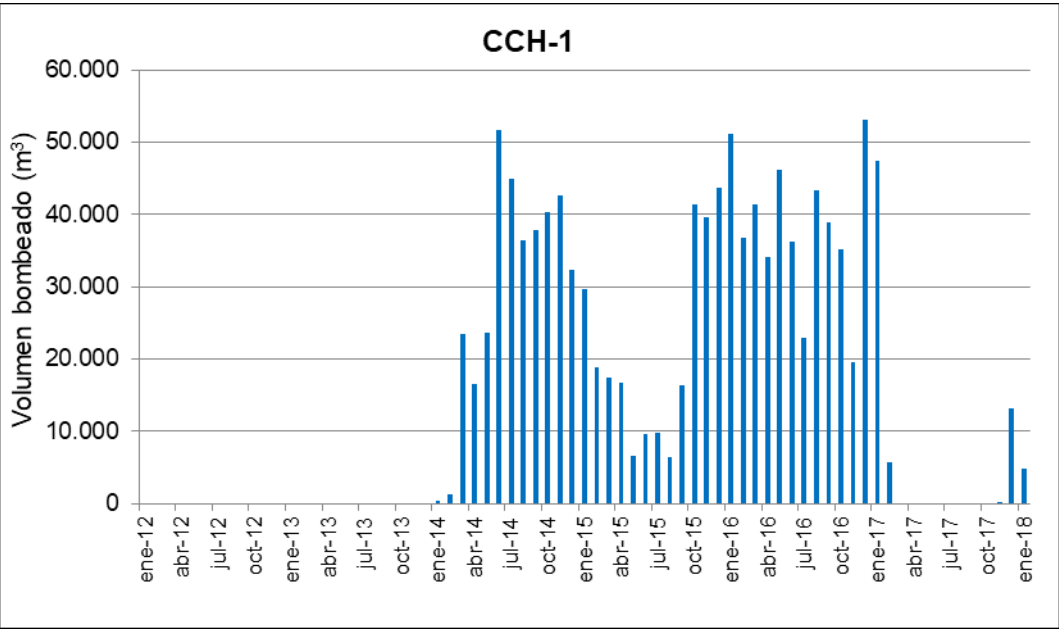
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-104: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-04.



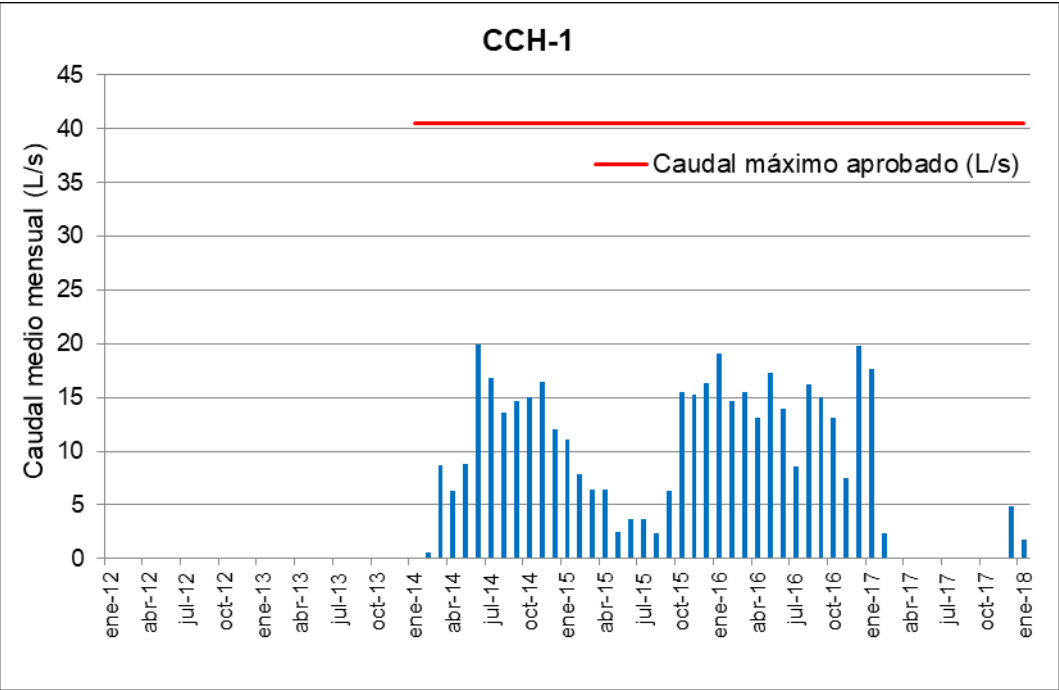
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-105: Volumen mensual bombeado pozo CCH-1.



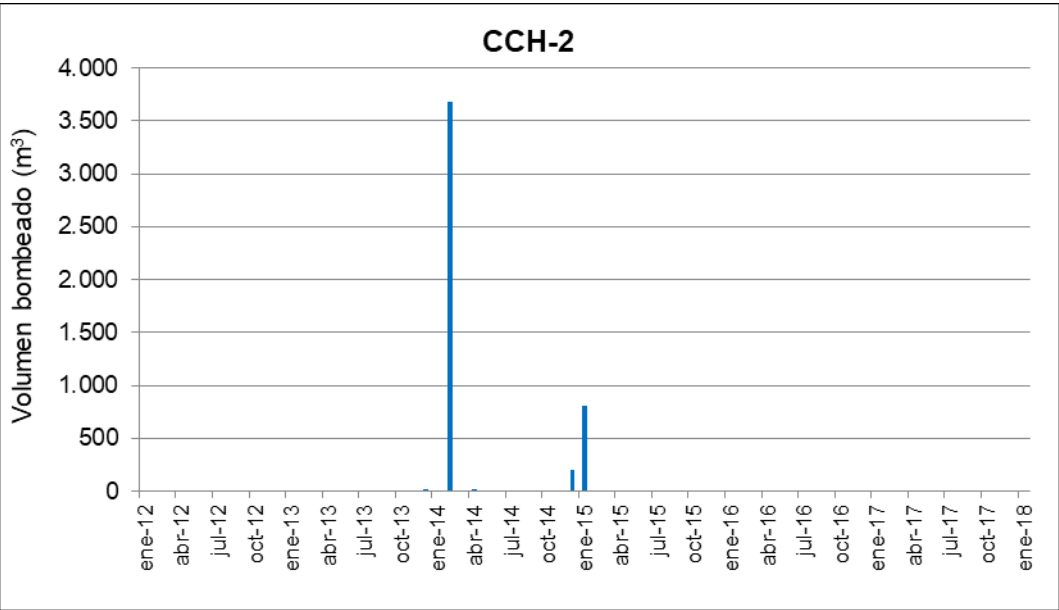
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-106: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-1.



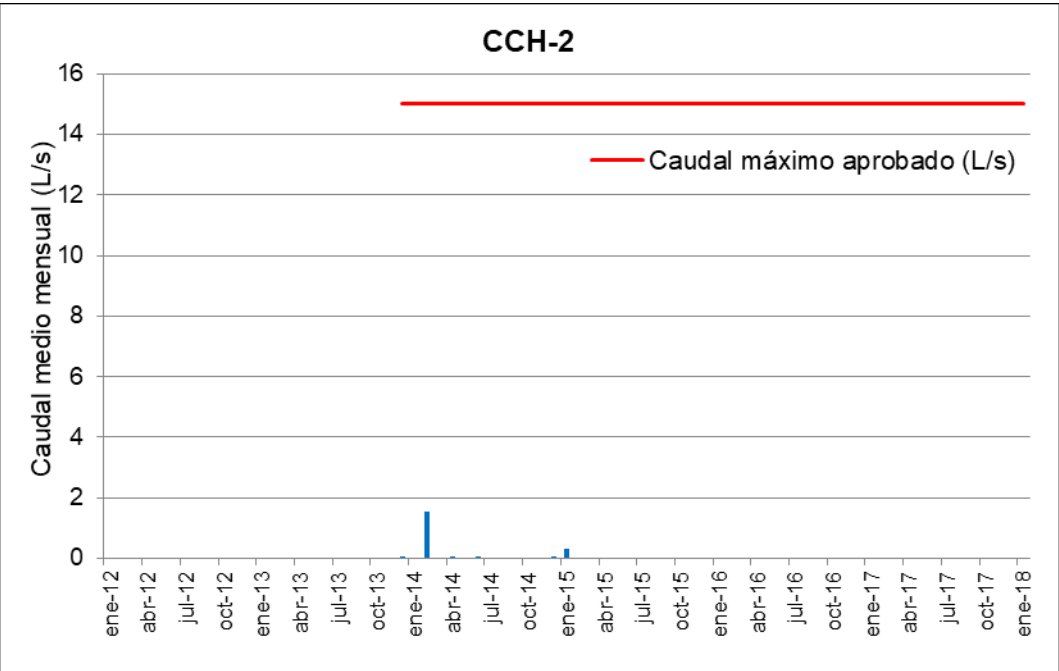
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-107: Volumen mensual bombeado pozo CCH-2.



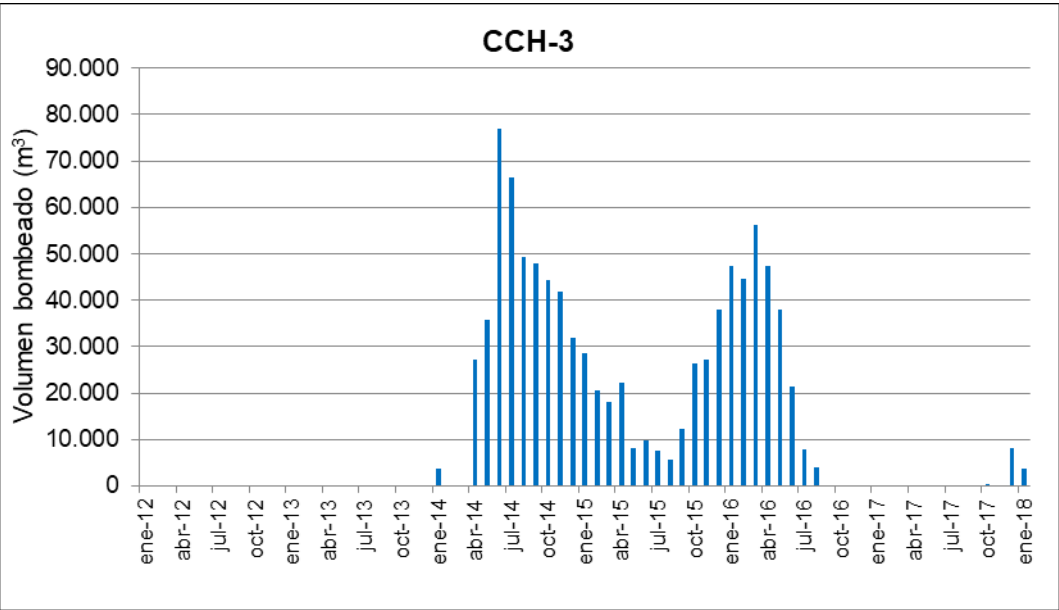
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-108: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-02.



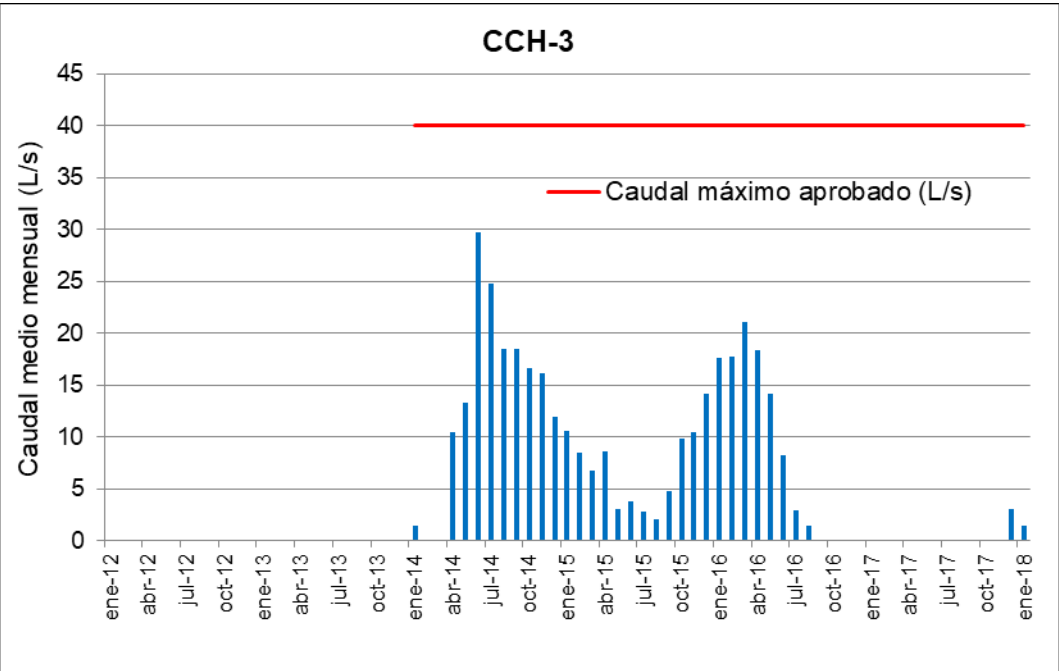
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-109: Volumen mensual bombeado pozo CCH-3.



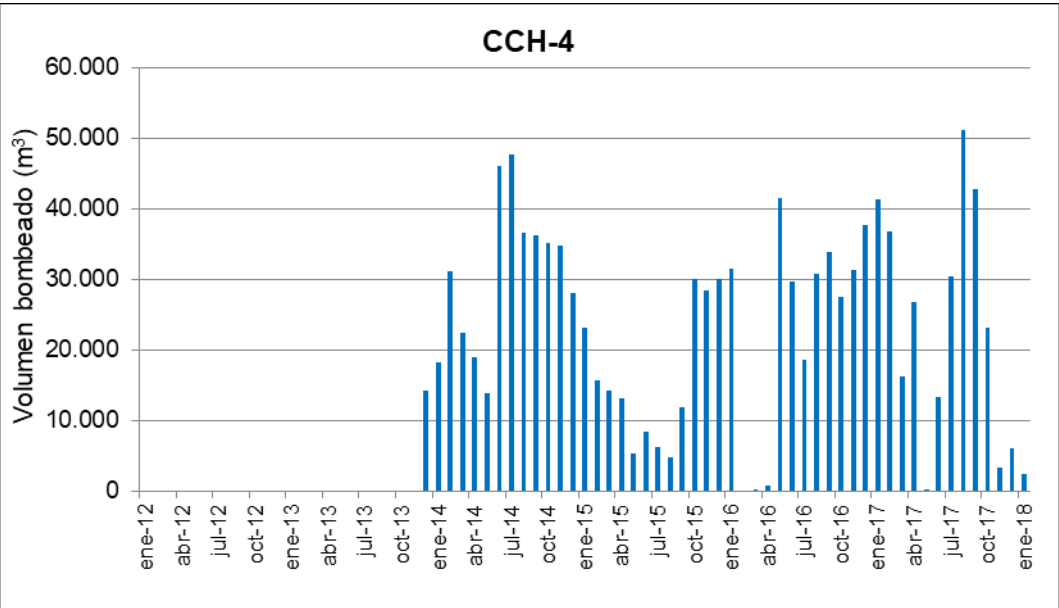
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-110: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-3



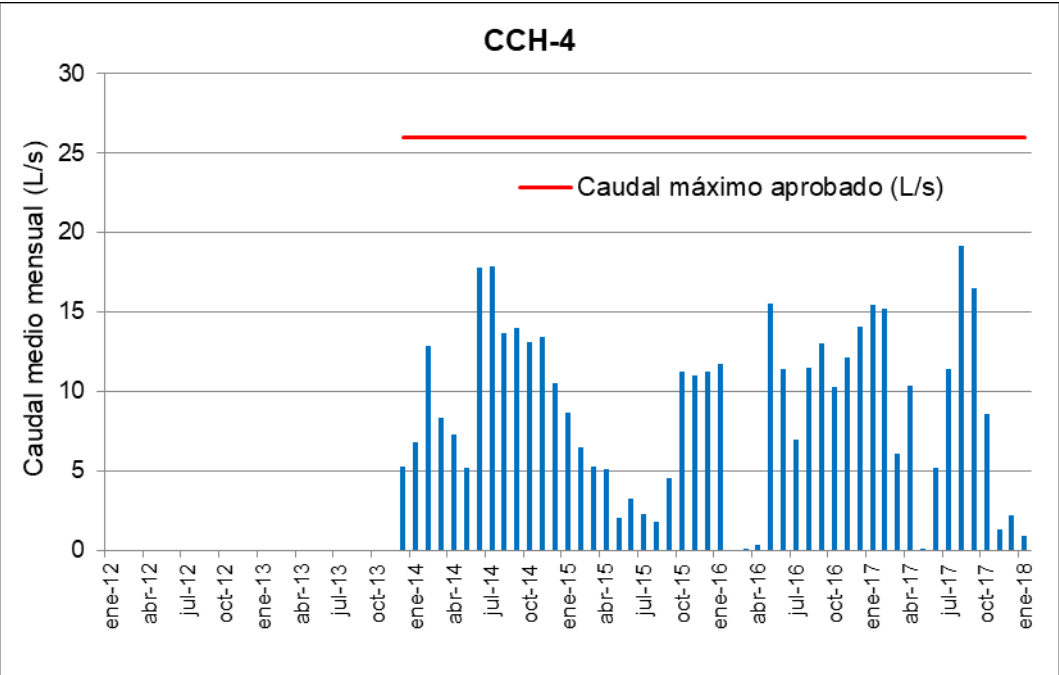
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-111: Volumen mensual bombeado pozo CCH-4.



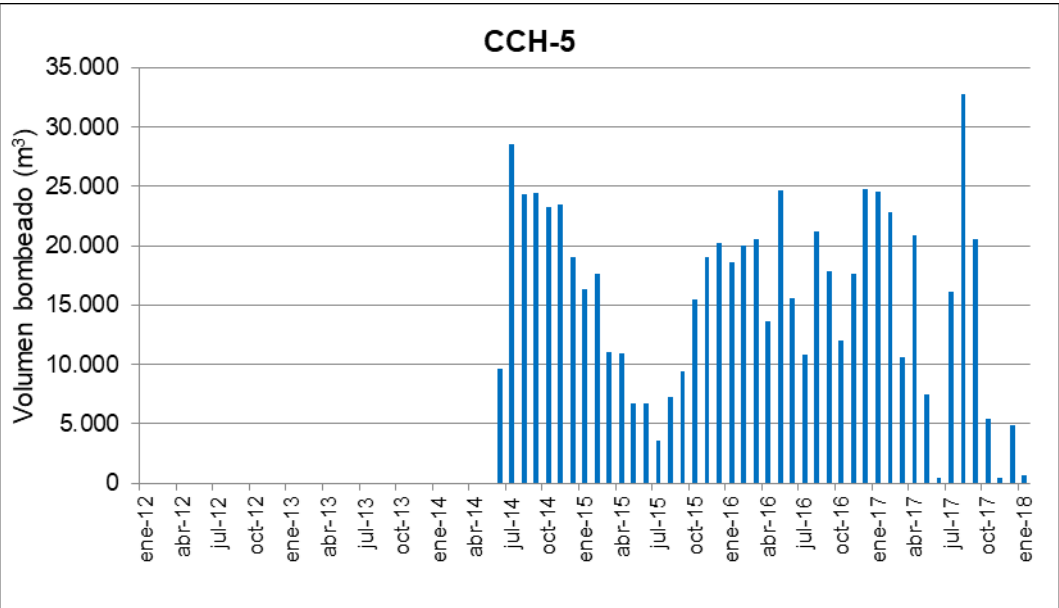
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-112: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-04.



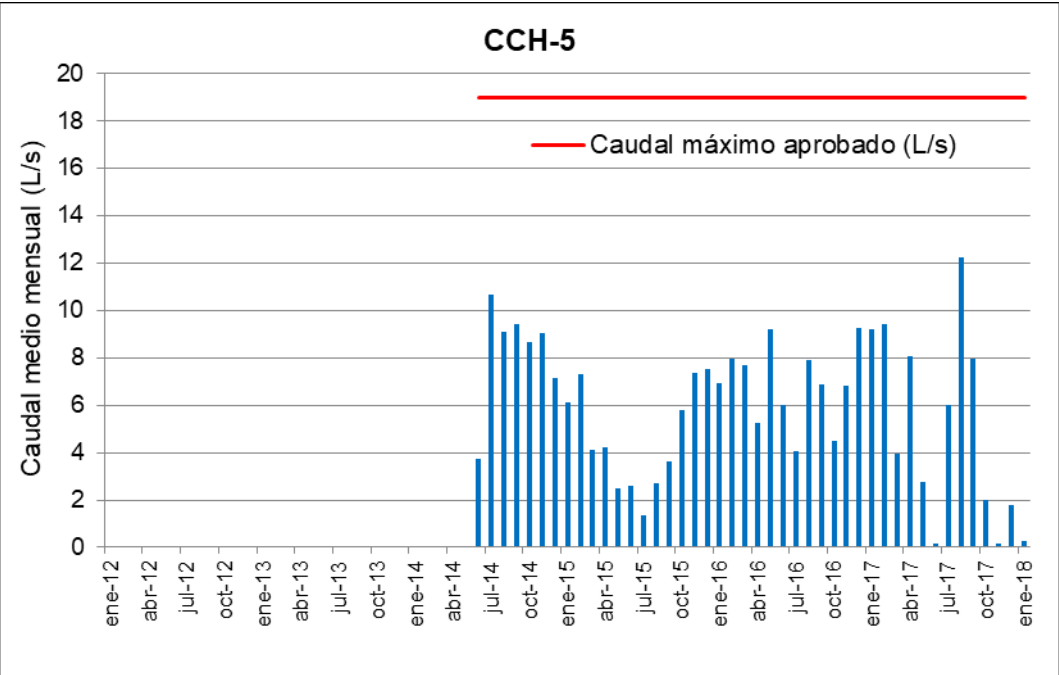
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-113: Volumen mensual bombeado pozo CCH-5.



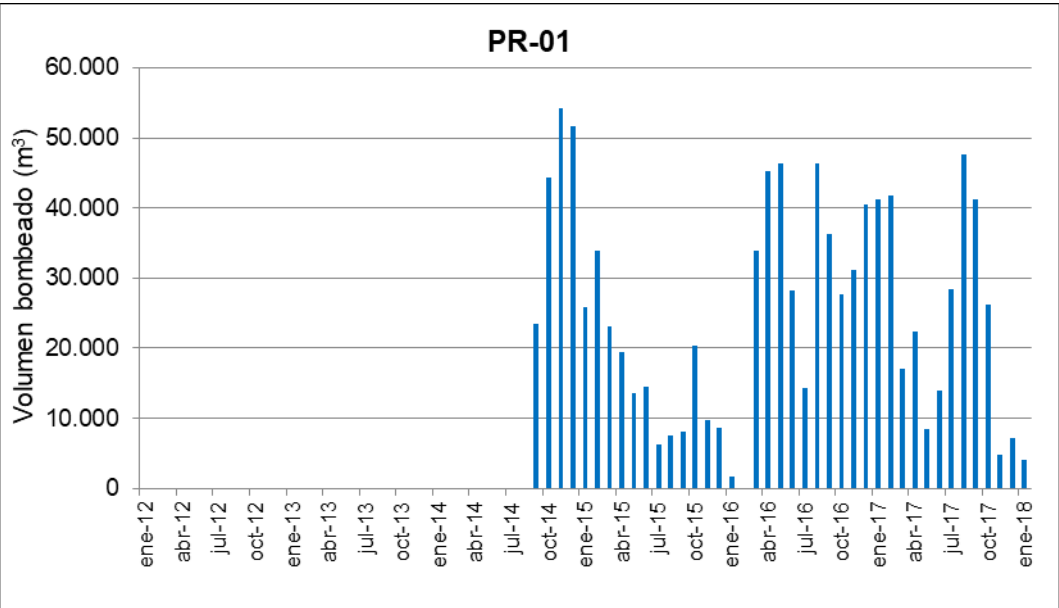
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-114: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-05.



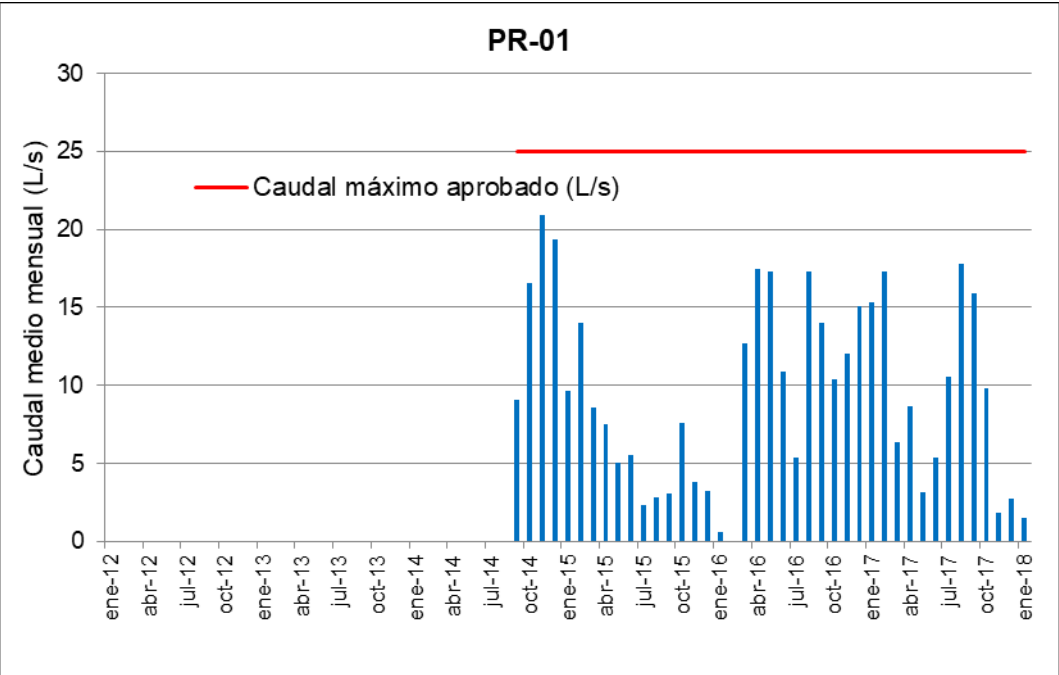
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-115: Volumen mensual bombeado pozo PR-01.



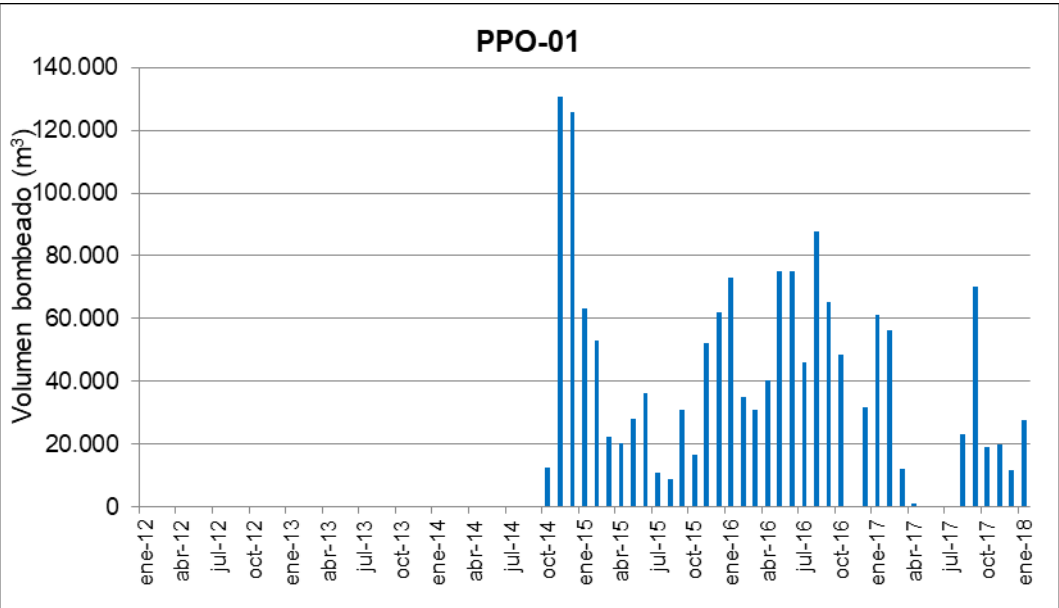
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-116: Caudal medio mensual bombeado pozo PR-01.



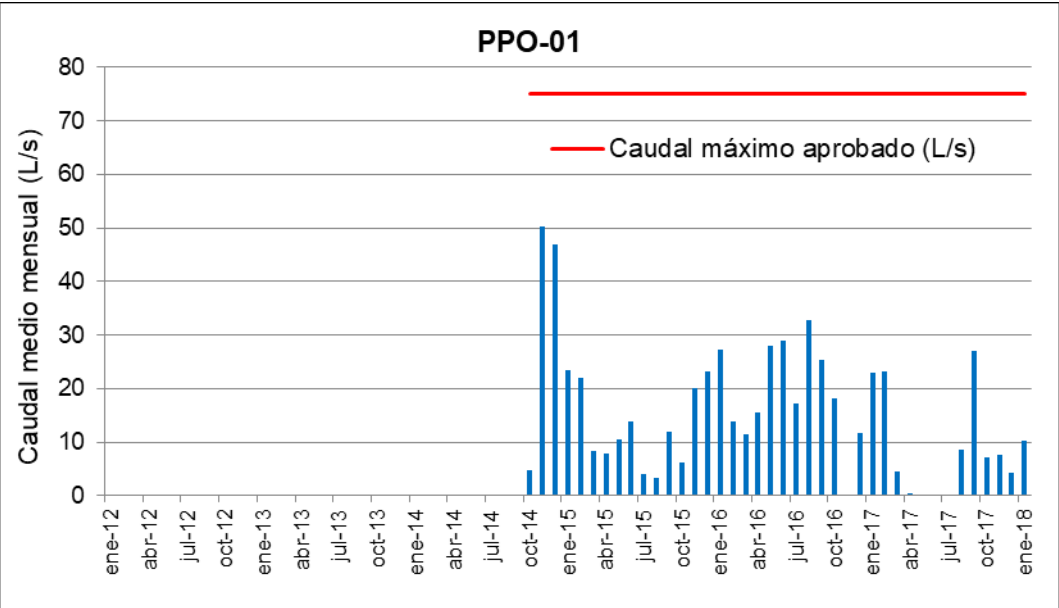
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-117: Volumen mensual bombeado pozo PPO-01.



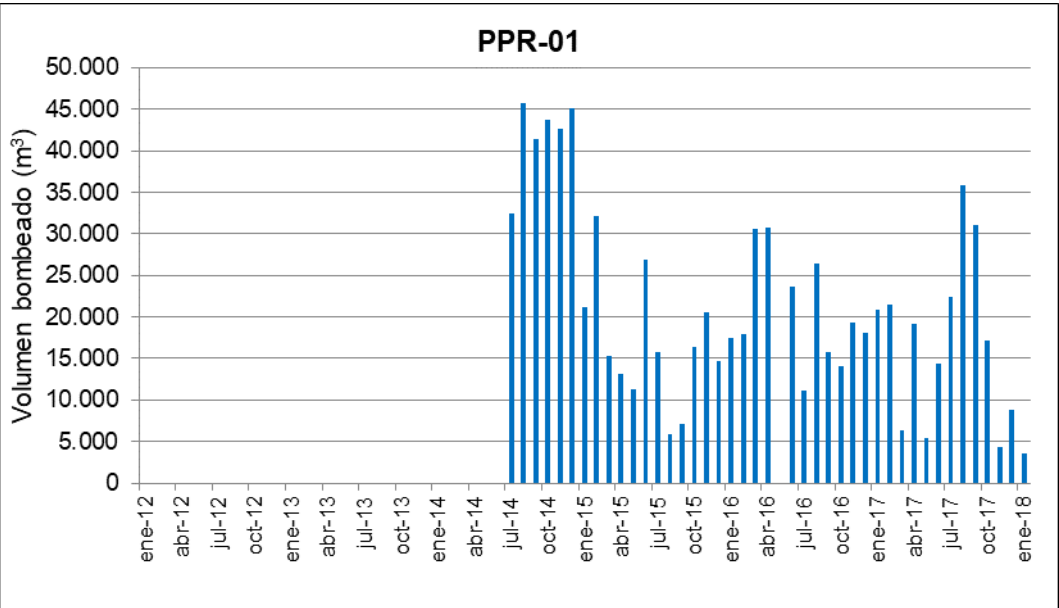
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-118: Caudal medio mensual bombeado pozo PPO-01.



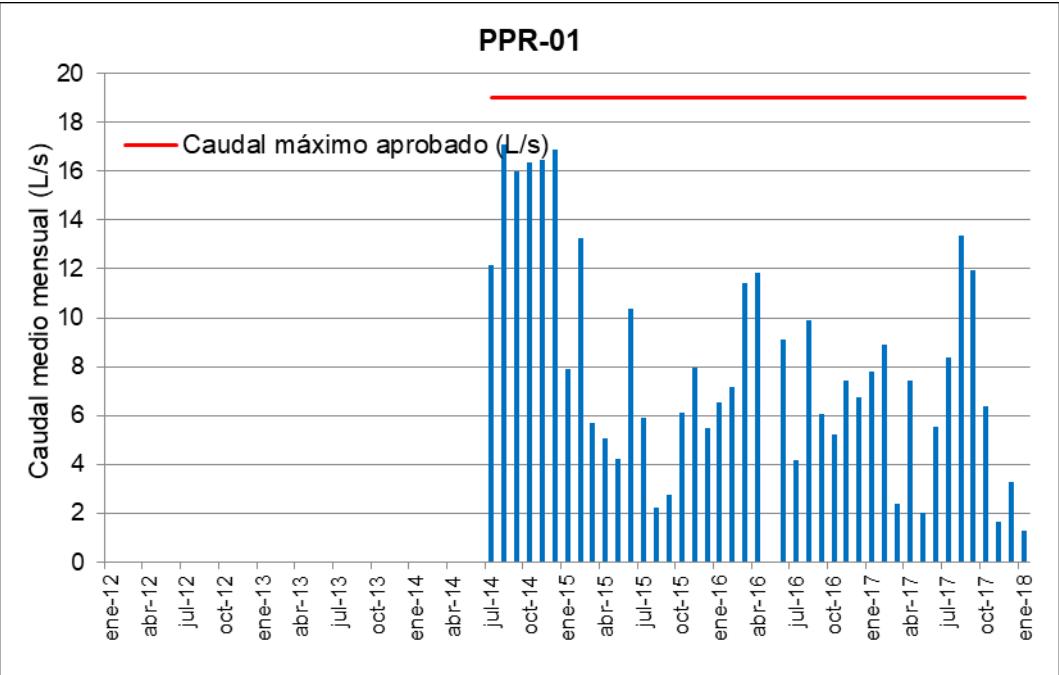
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-119: Volumen mensual bombeado pozo PPR-01.



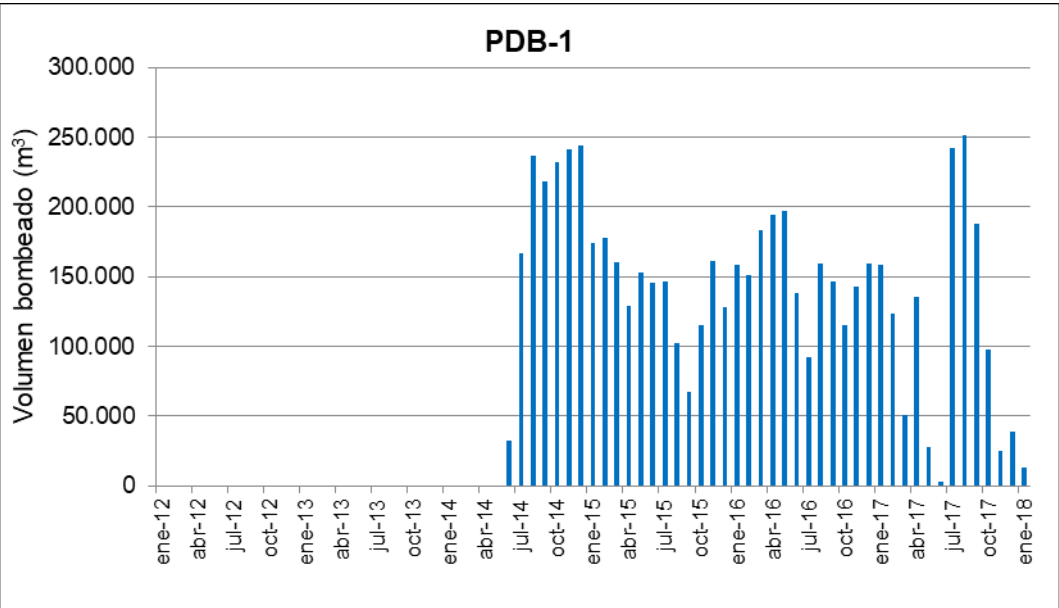
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-120: Caudal medio mensual bombeado pozo PPR-01.



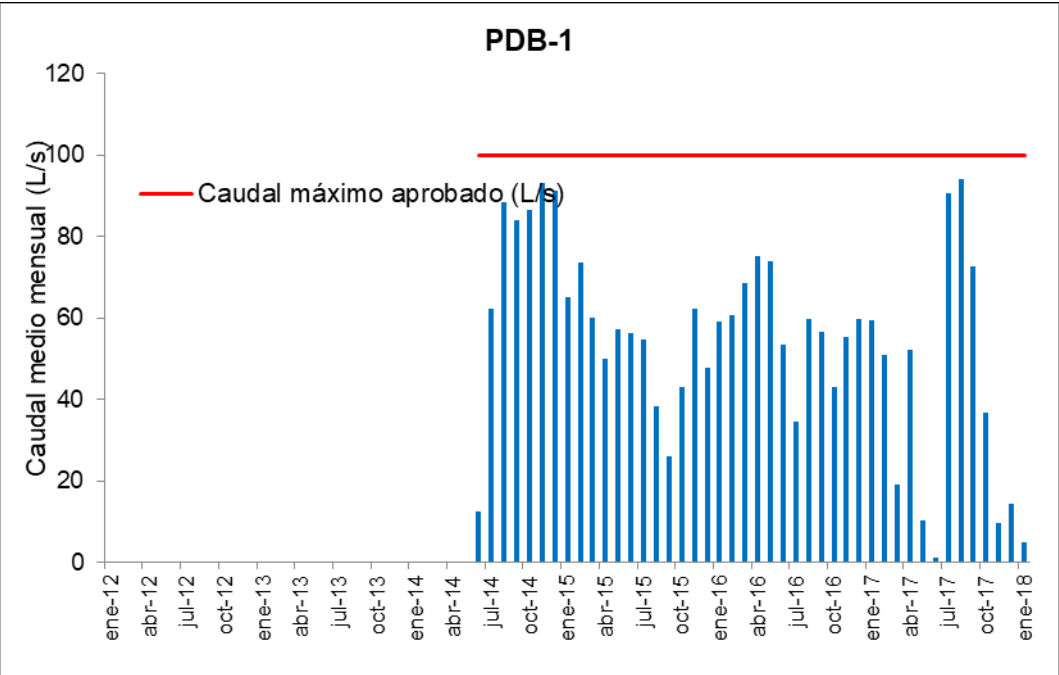
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-121: Volumen mensual bombeado pozo PDB-1



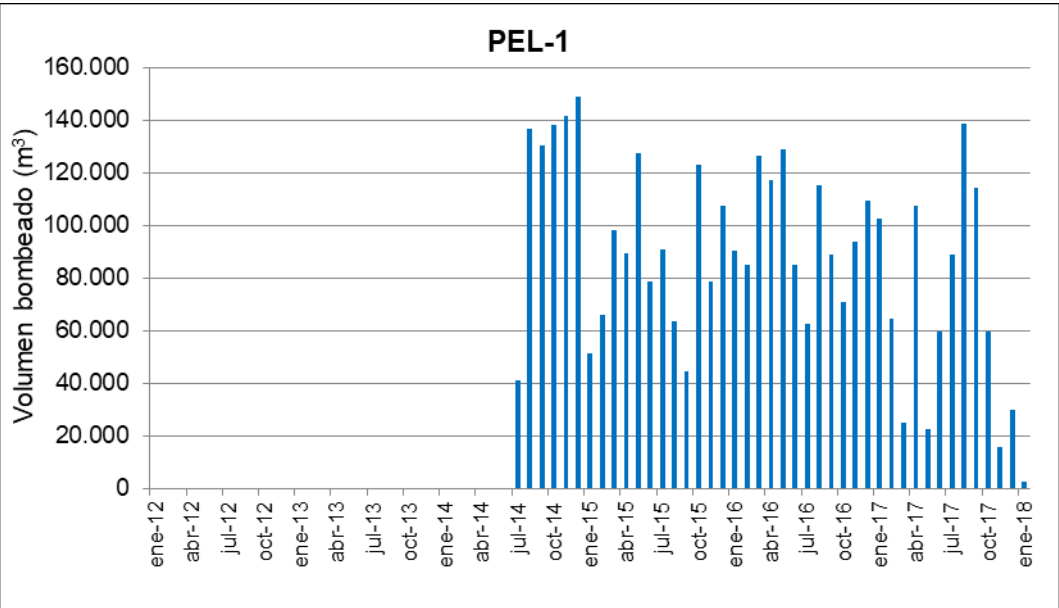
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-122: Caudal medio mensual bombeado pozo PDB-01.



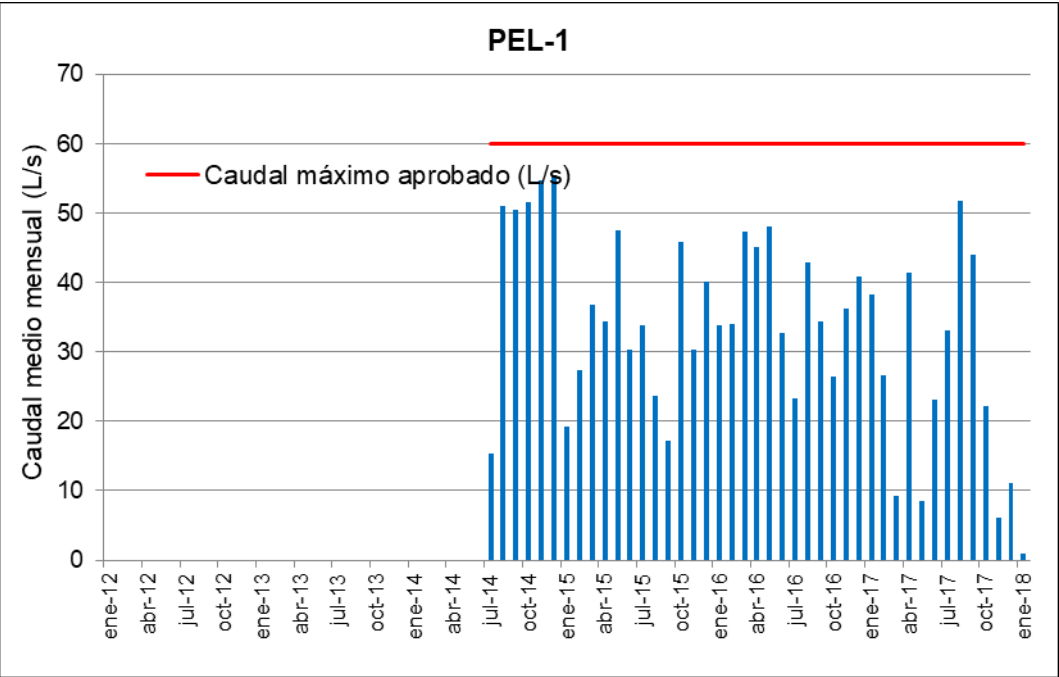
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-123: Volumen mensual bombeado pozo PEL-1.



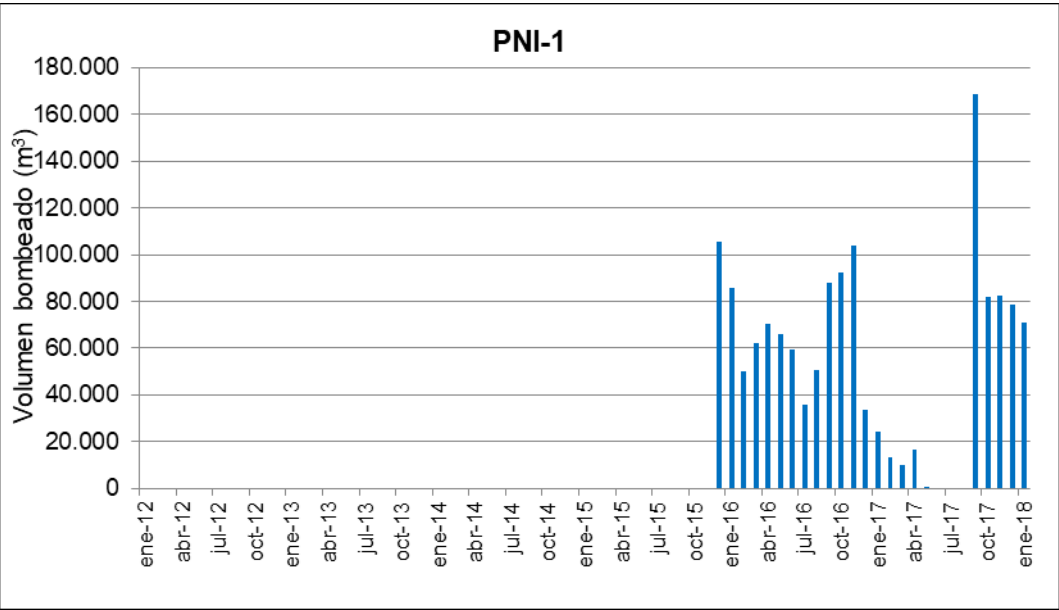
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-124: Caudal medio mensual bombeado pozo PEL-1.



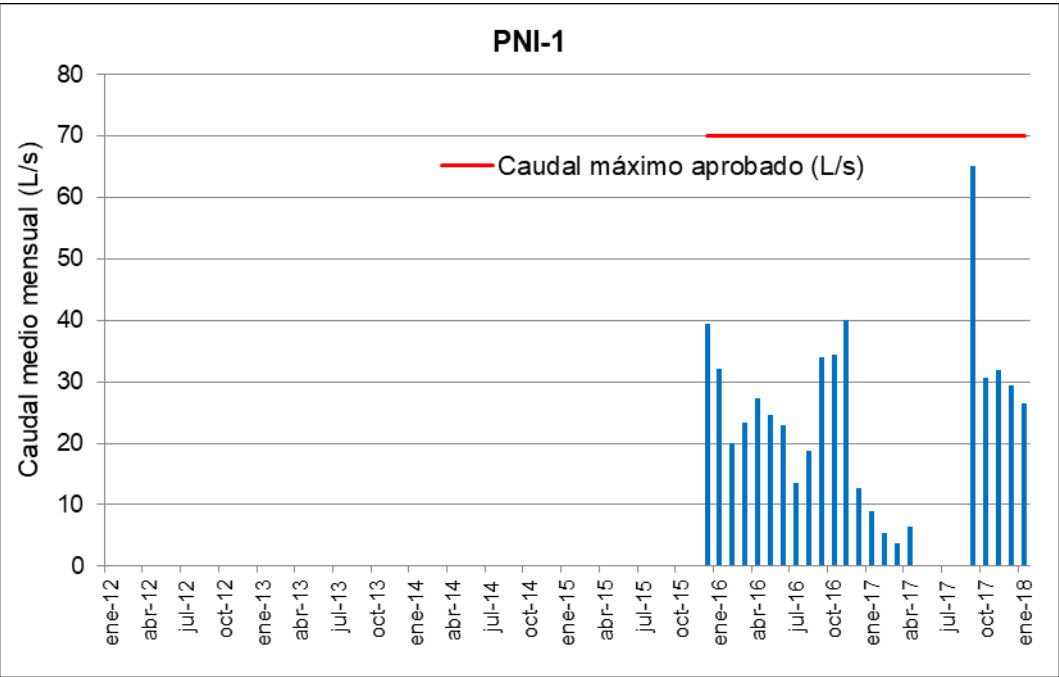
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-125: Volumen mensual bombeado pozo PNI-1.



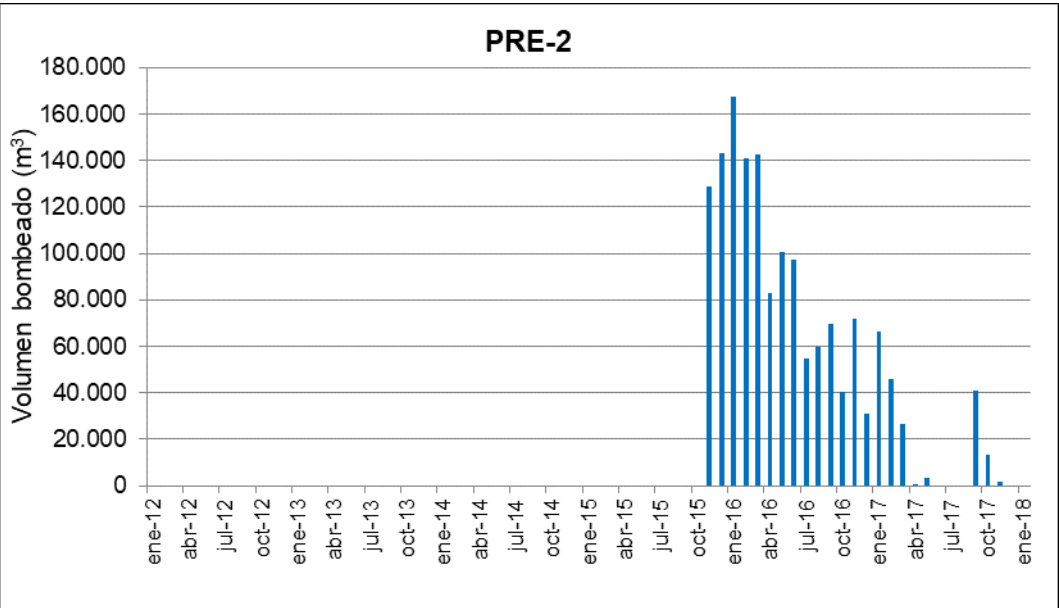
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-126: Caudal medio mensual bombeado pozo PNI-1.



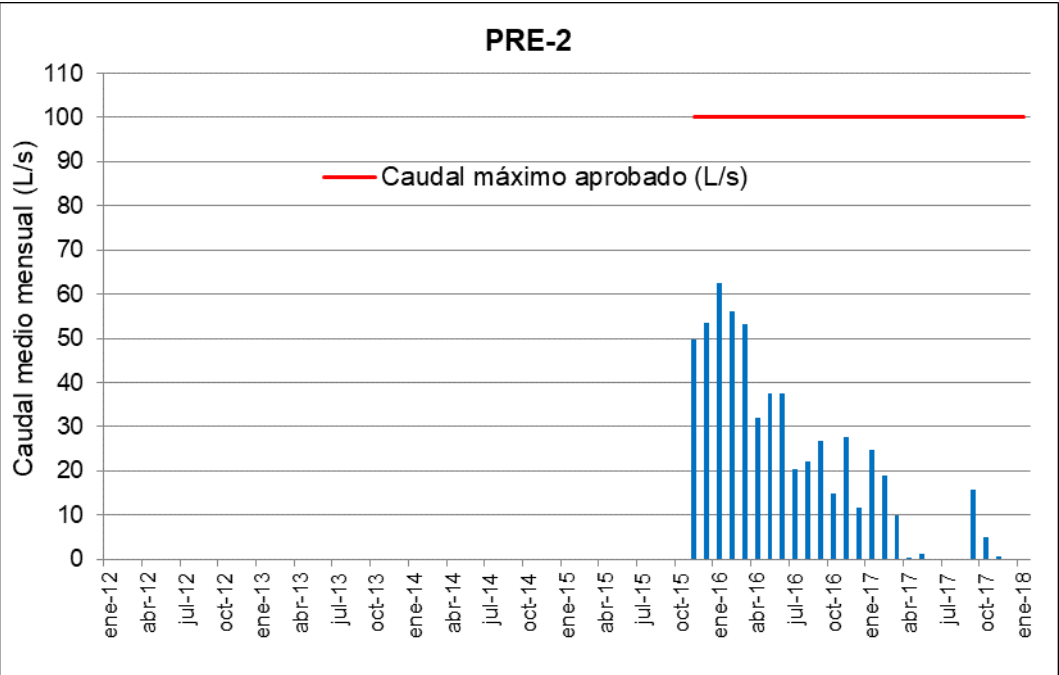
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-127: Volumen mensual bombeado pozo PRE-2.



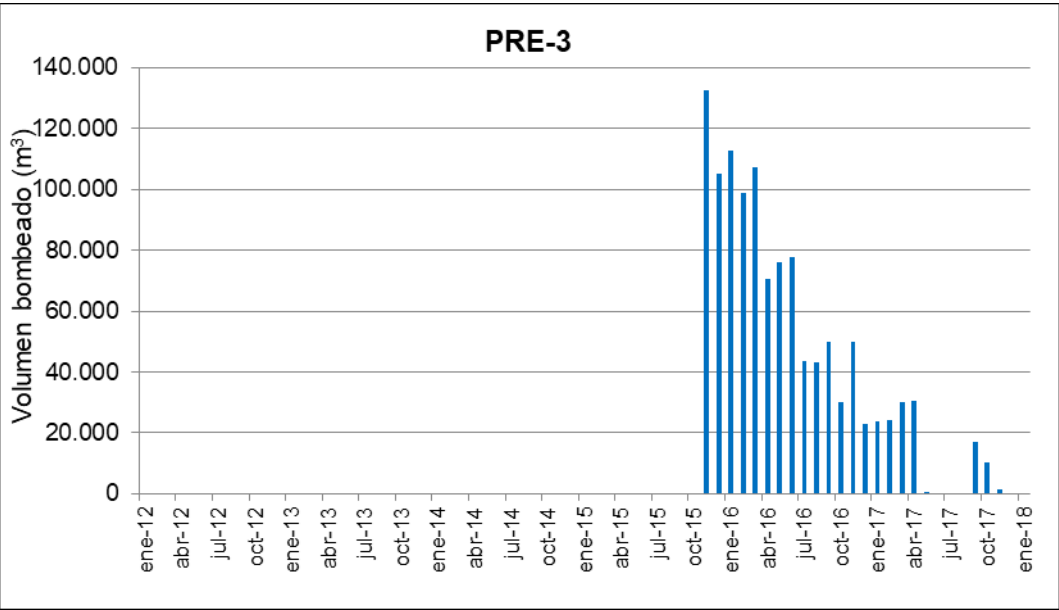
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-128: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-2.



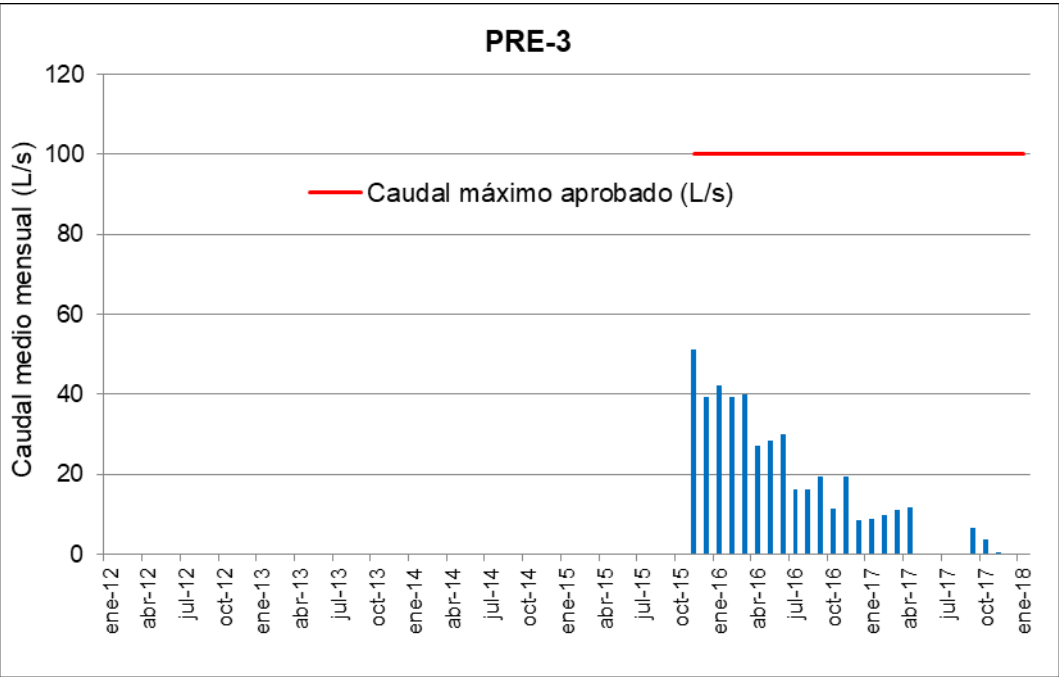
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-129: Volumen mensual bombeado pozo PRE-3.



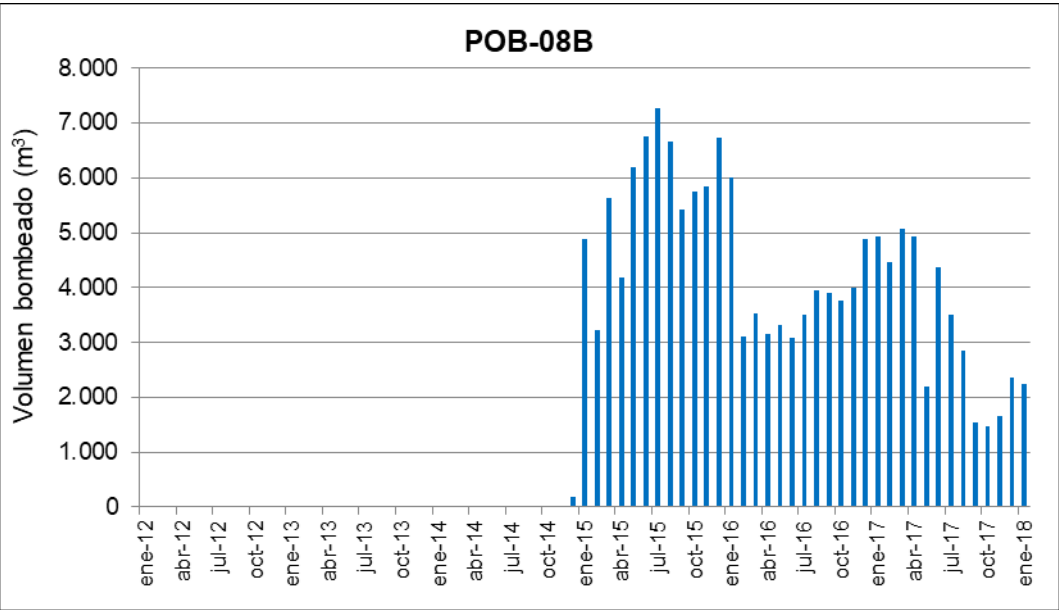
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-130: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-3.



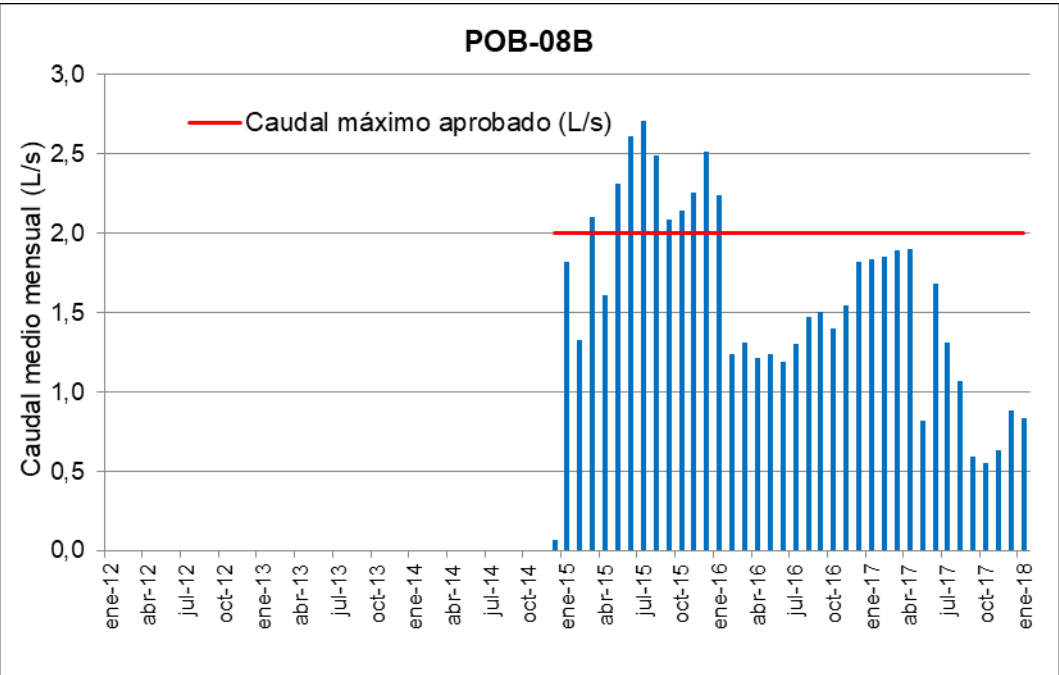
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-131: Volumen mensual bombeado pozo POB-08B.



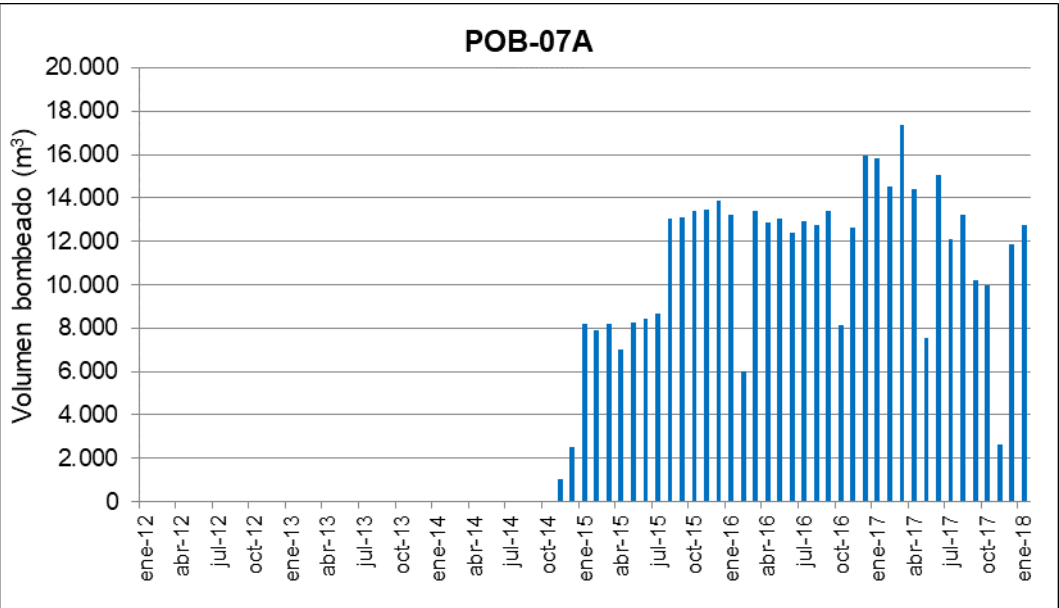
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-132: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-08B.



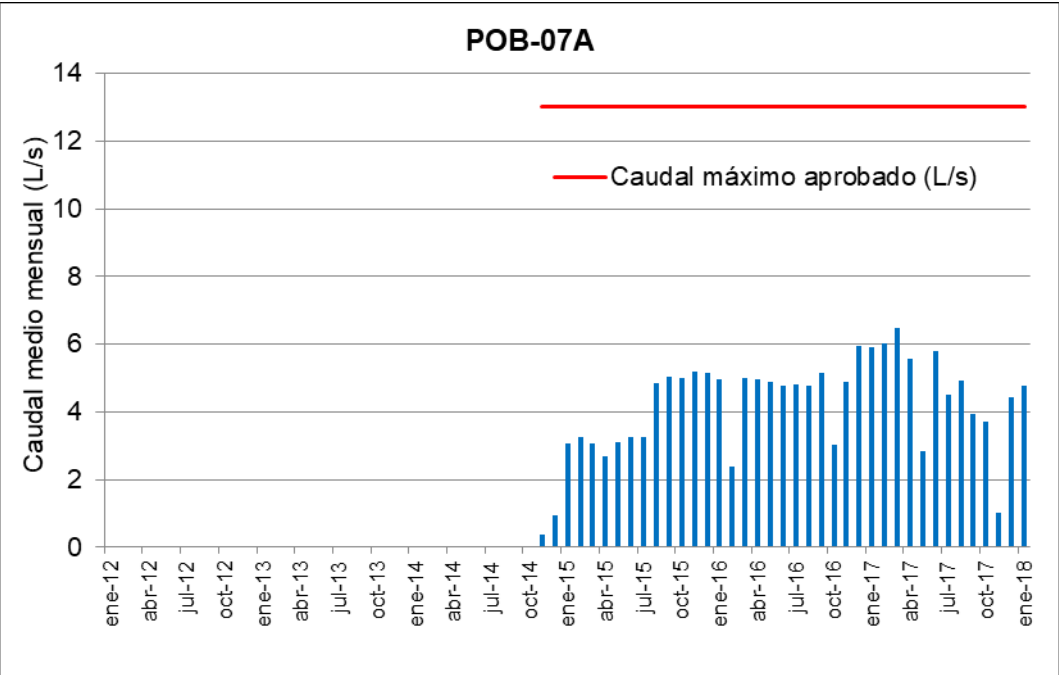
Fuente: Elaboración propia

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



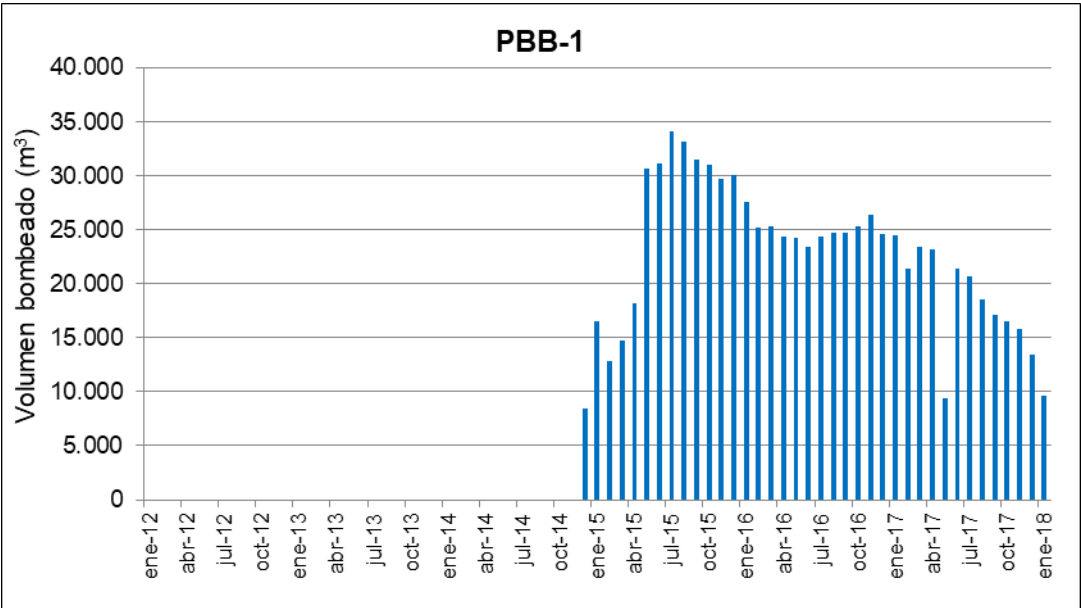
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-134: Caudal medio mensual bombeado pozo POB-07A.



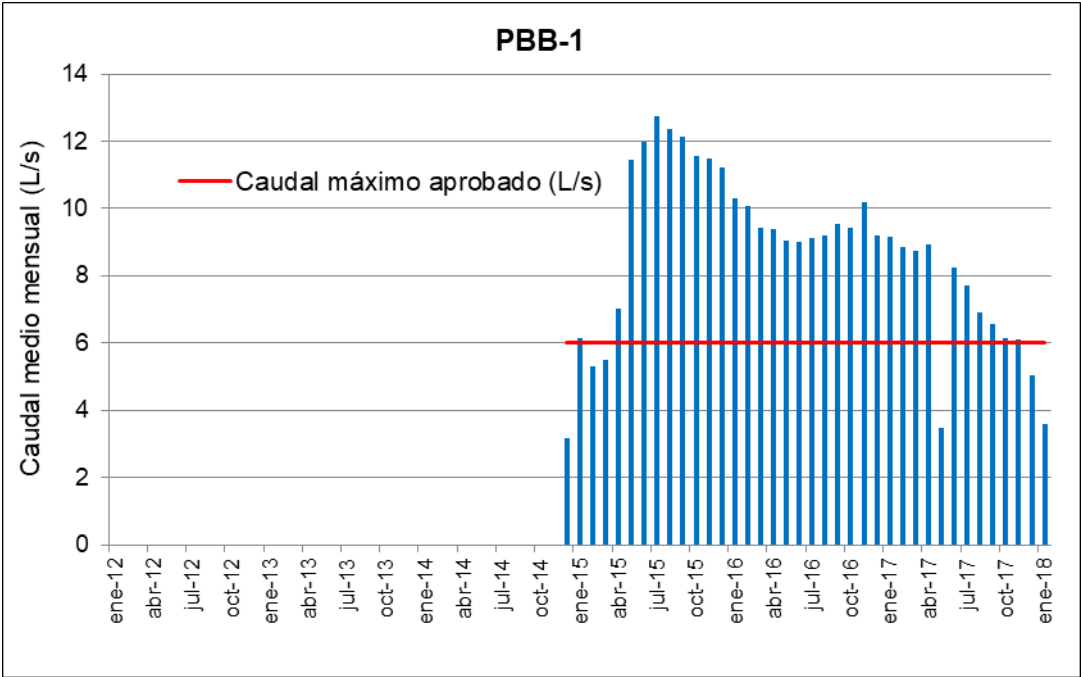
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-135: Volumen mensual bombeado pozo PBB-1.



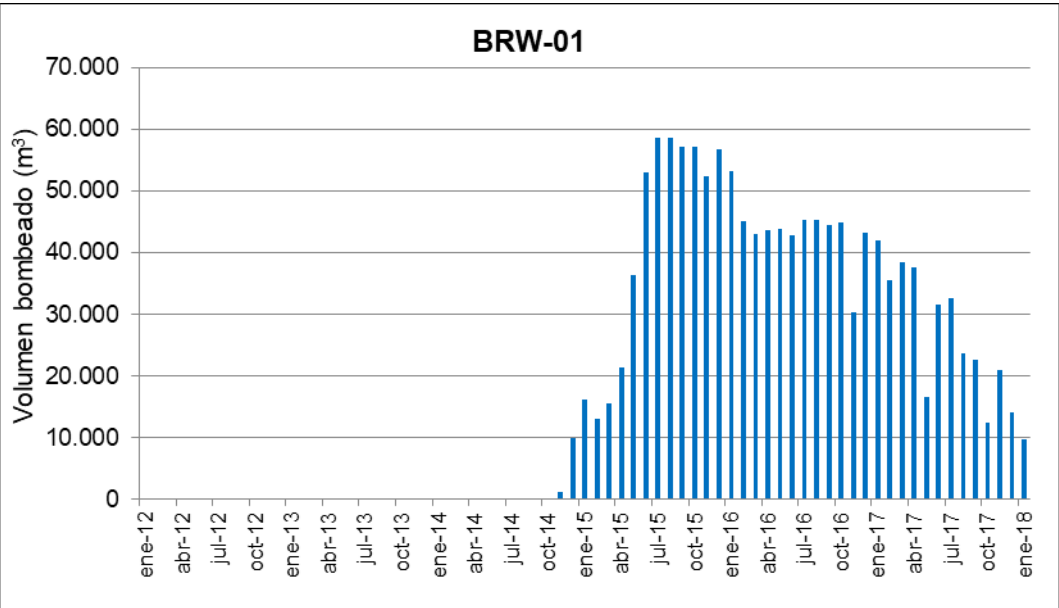
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-136: Caudal medio mensual bombeado pozo PBB-1.



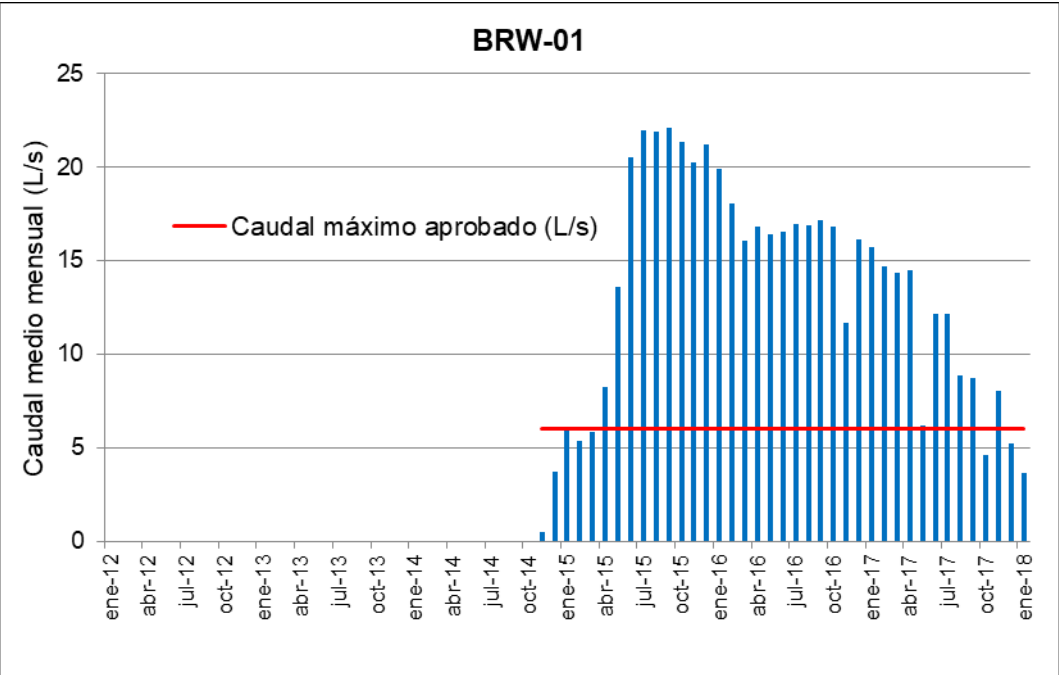
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-137: Volumen mensual bombeado pozo BRW-01.



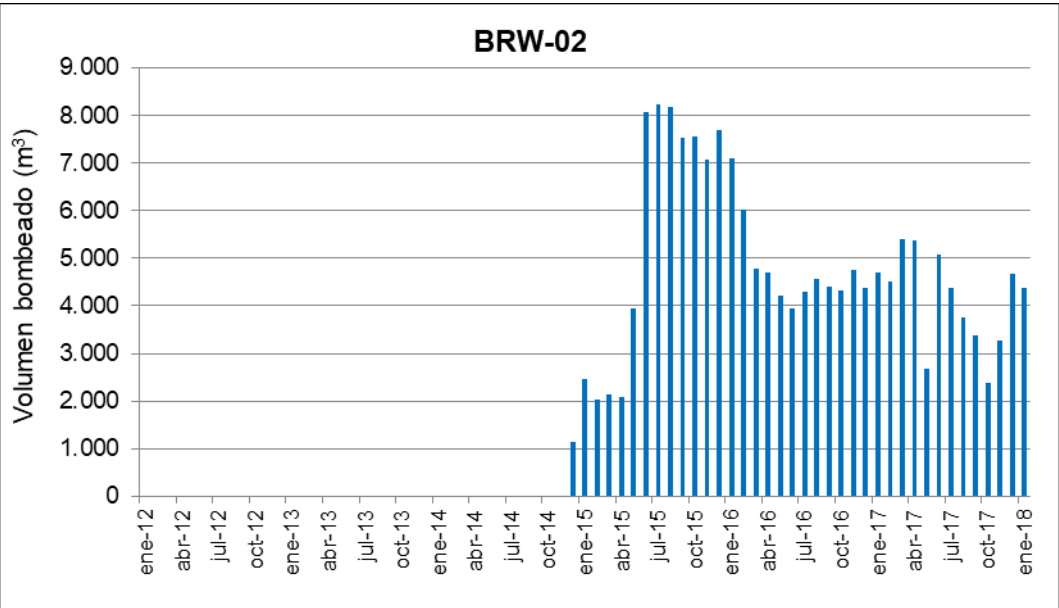
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-138: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-01.



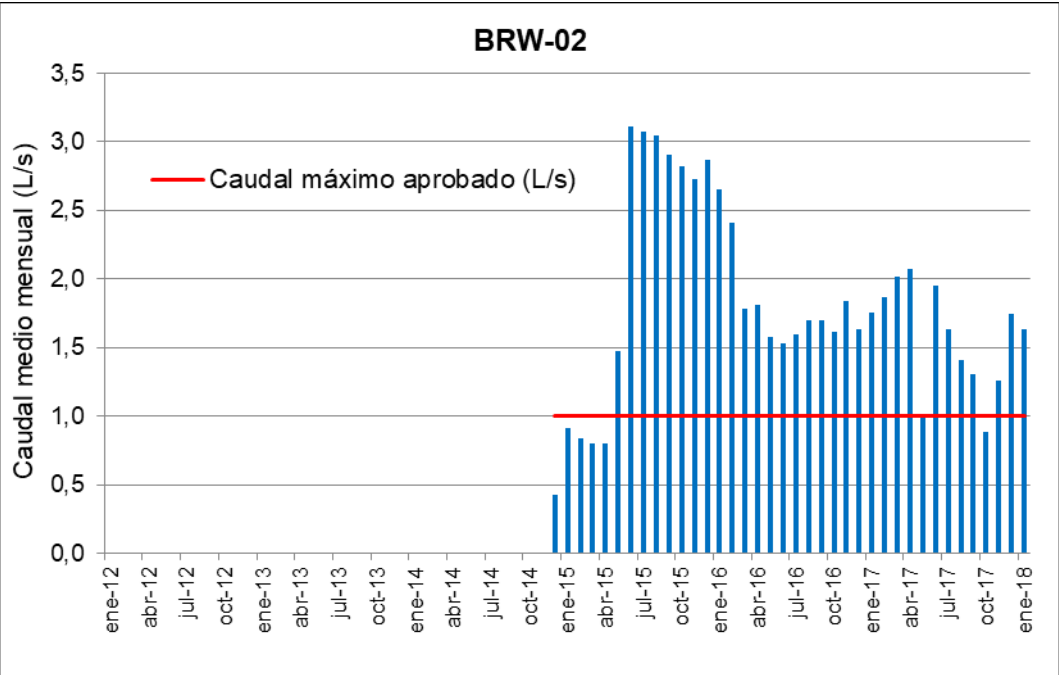
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-139: Volumen mensual bombeado pozo BRW-02.



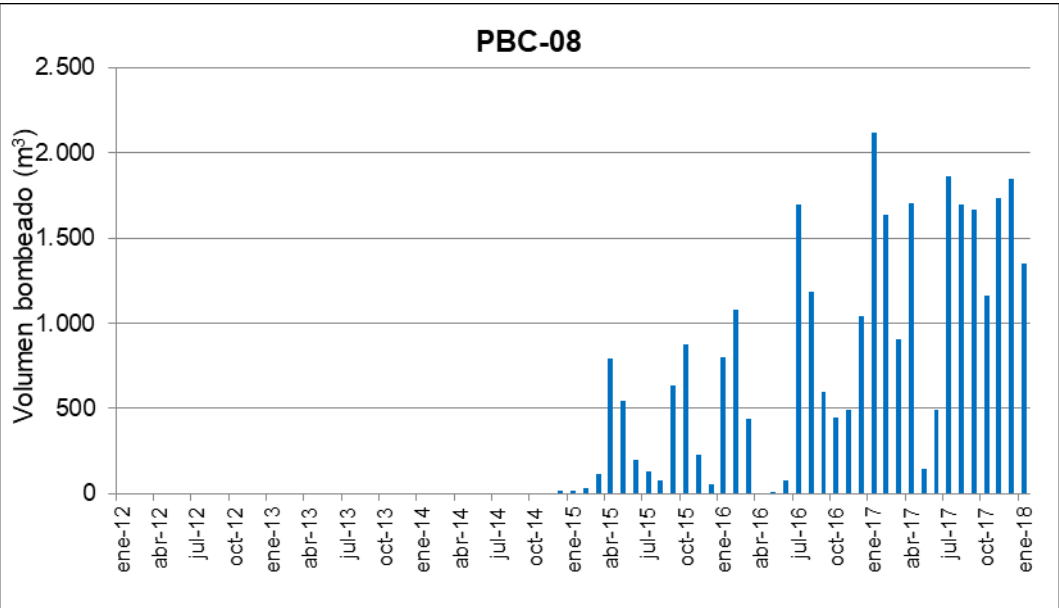
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-140: Caudal medio mensual bombeado pozo BRW-02.



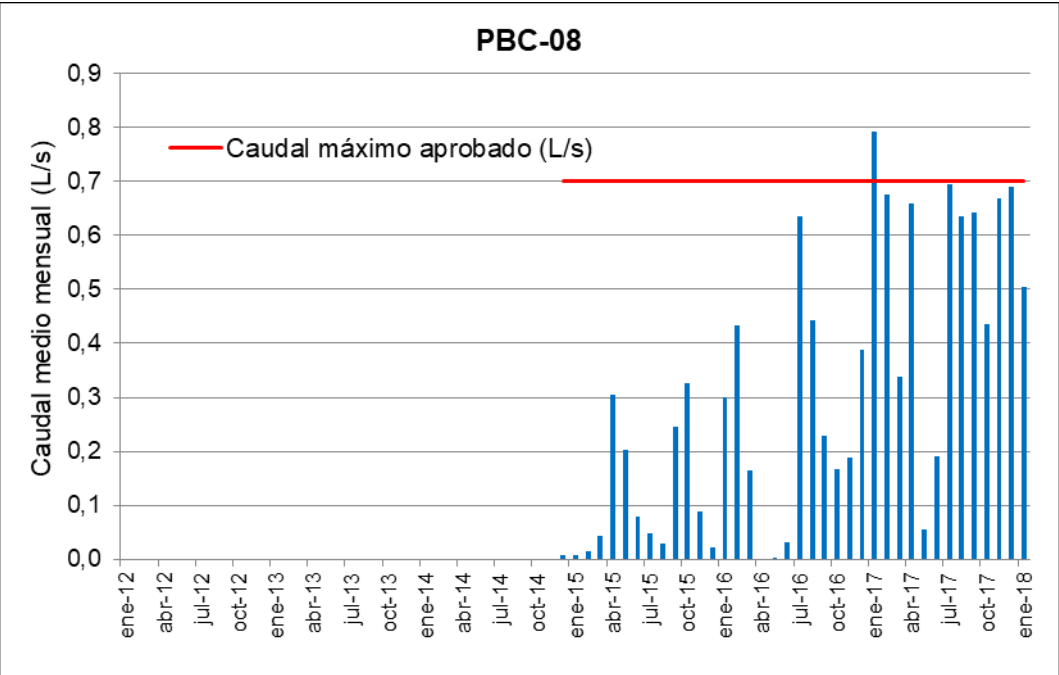
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-141: Volumen mensual bombeado pozo PBC-08.



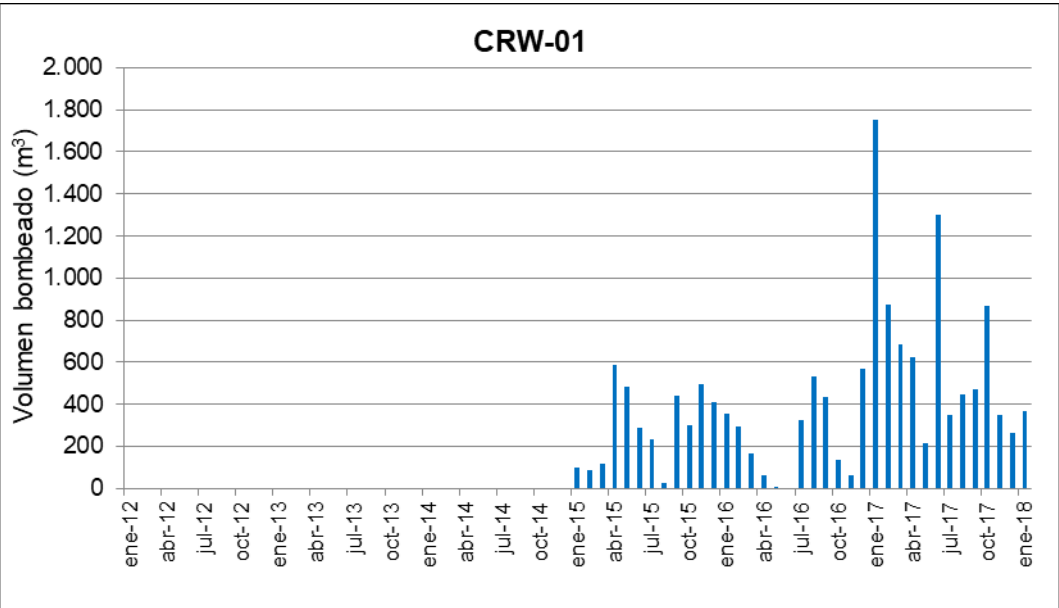
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-142: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-08.



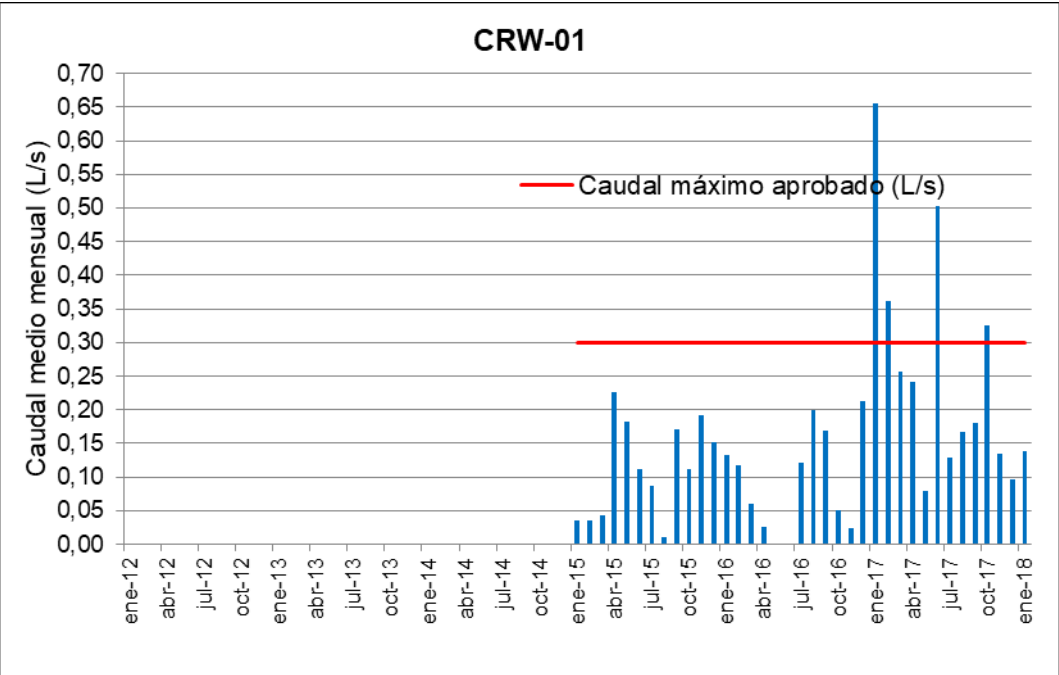
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-143: Volumen mensual bombeado pozo CRW-01.



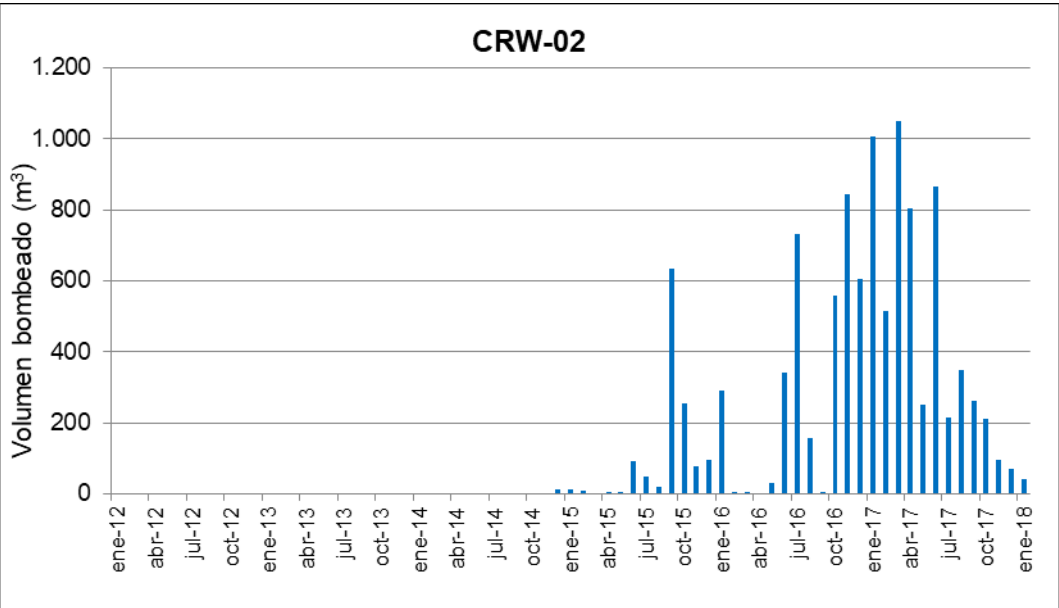
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-144: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-01.



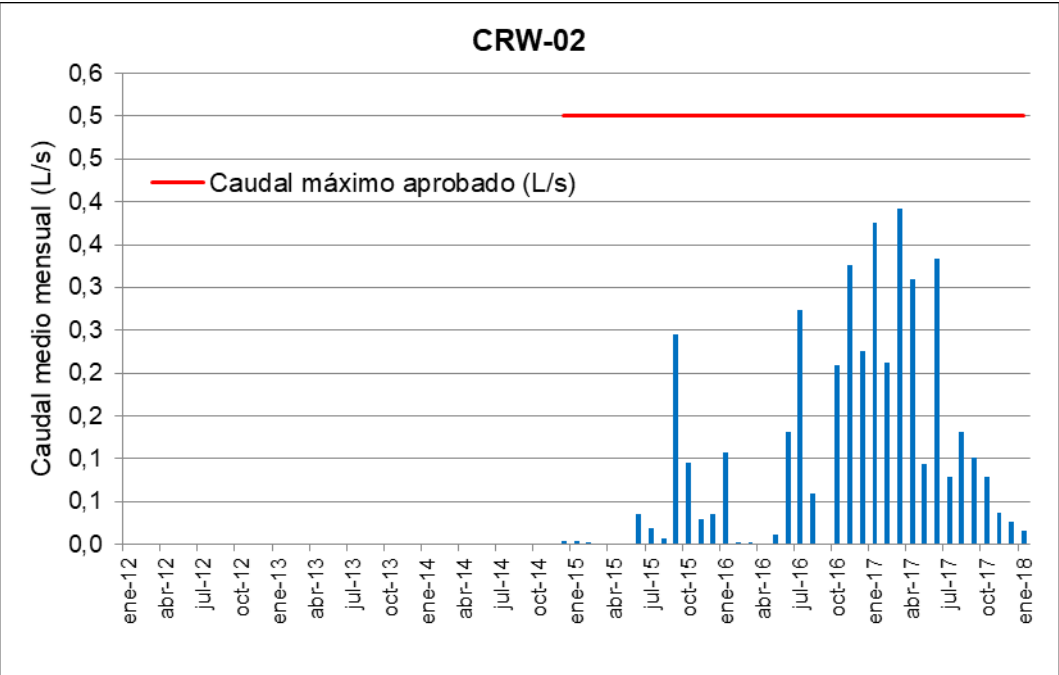
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-145: Volumen mensual bombeado pozo CRW-02.



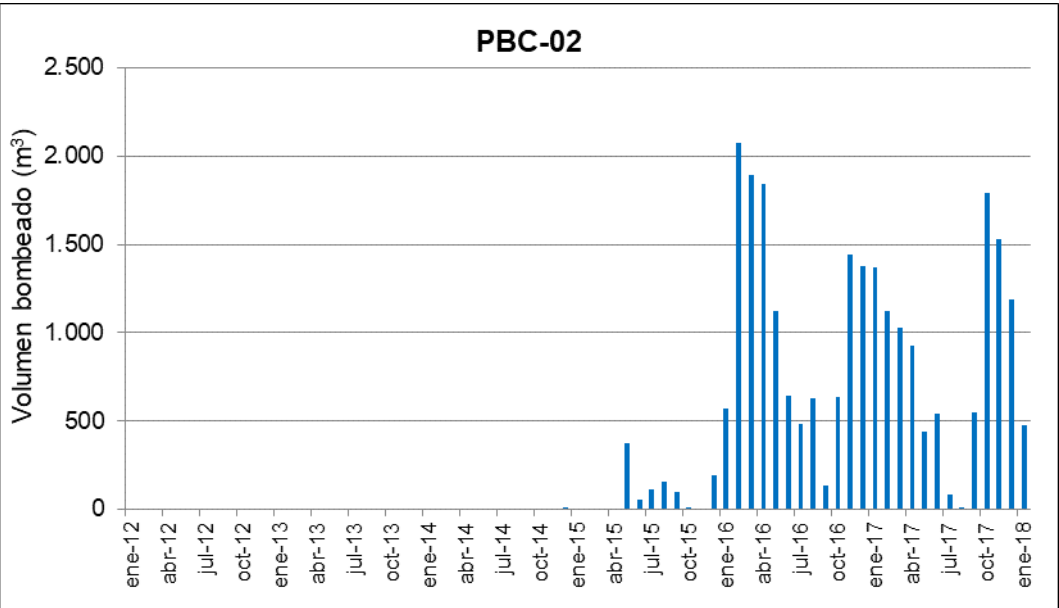
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-146: Caudal medio mensual bombeado pozo CRW-02.



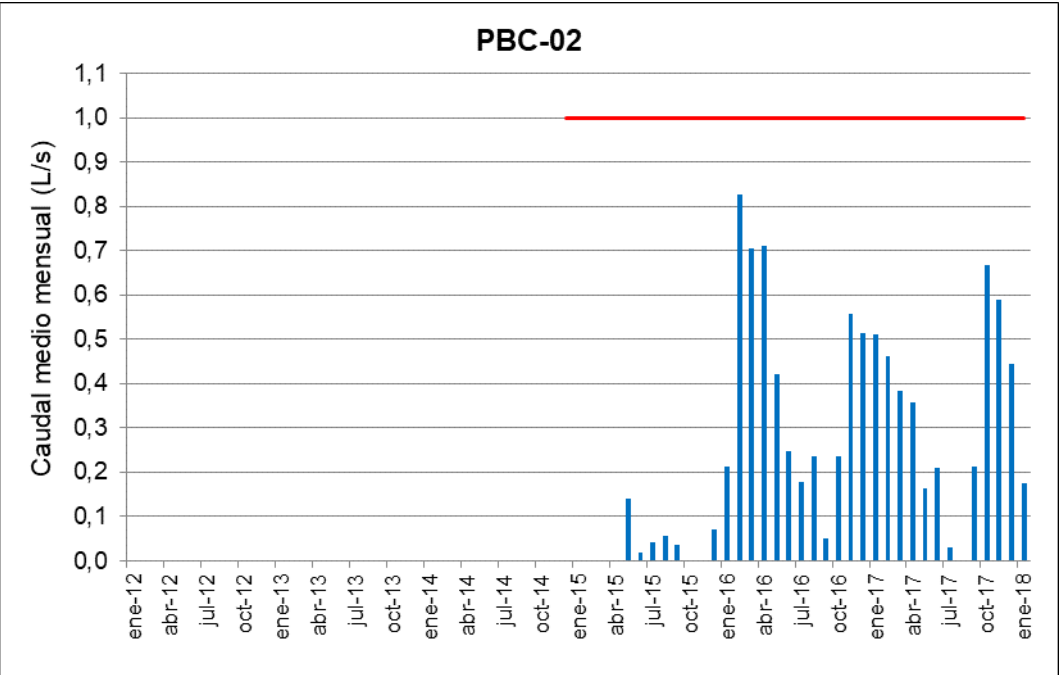
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-147: Volumen mensual bombeado pozo PBC-02.



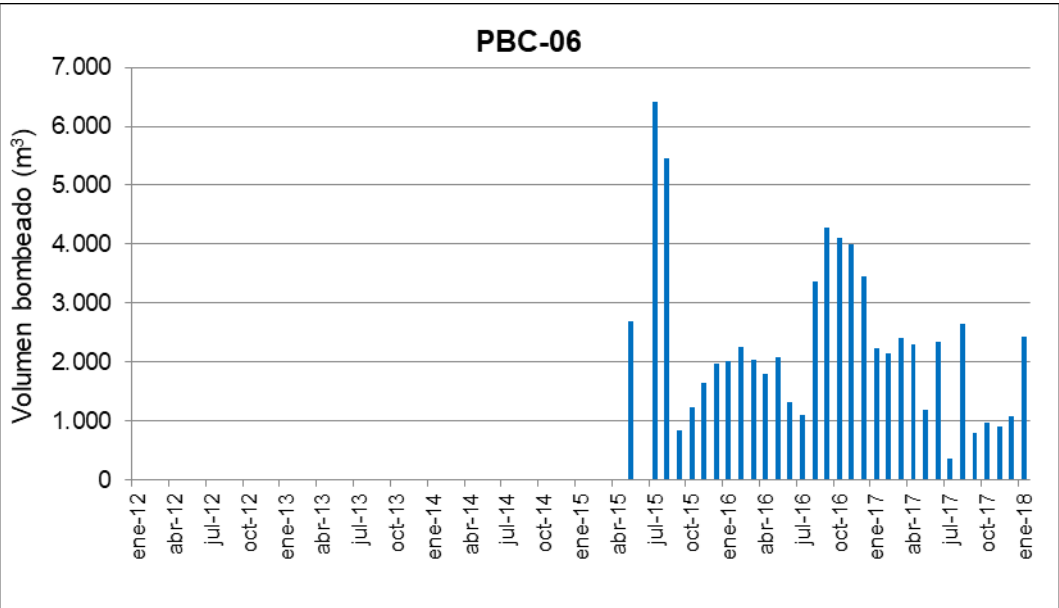
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-148: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-02.



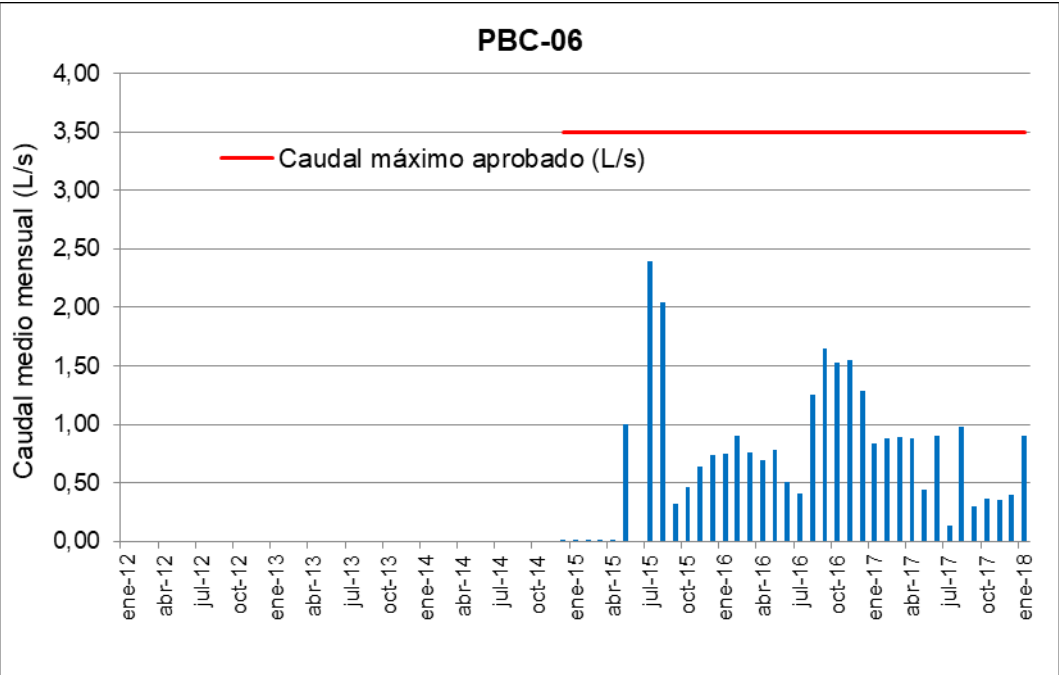
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-149: Volumen mensual bombeado pozo PBC-06.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-150: Caudal medio mensual bombeado pozo PBC-06.



Fuente: Elaboración propia

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 enero 2018. Si bien el reporte de los niveles medidos se realiza en informes semestrales, de acuerdo a lo establecido en la RCA, se presentan en este informe a modo de referencia.

Los niveles para el trimestre en análisis (destacado en color amarillo), junto a los datos históricos, se presentan en la Tabla 5-5. Como se observa, los niveles de este trimestre se mantienen por sobre los 22 m, debido a lo acumulado en los últimos meses, situación que se podría deber gracias a las lluvias ocurridas especialmente en el mes de mayo de 2017. Siendo el volumen máximo del trimestre respecto del periodo 2010 – 2017.

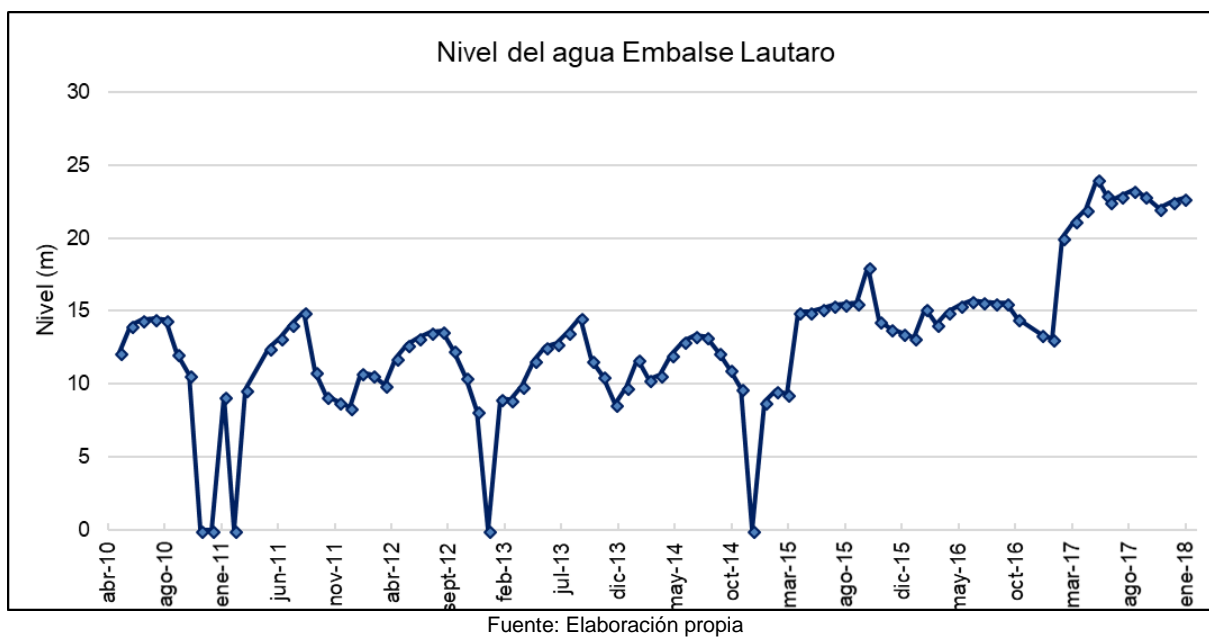
Tabla 5-5: Nivel mensual Embalse Lautaro.

Mes	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	Media	Máx	Min
MAY	12,20		11,80	11,64	12,05	14,98	14,95	24,07	14,53	24,07	11,64
JUN	14,00	12,50	12,70	12,55	12,95	15,20	15,43	22,95	14,79	22,95	12,50
JUL	14,44	13,16	13,20	12,80	13,30	15,40	15,70	22,50	15,06	22,50	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		11,92	20,02	9,00
MAR	0,00	10,60	8,93	10,35	9,30	15,20	21,23		10,80	21,23	0,00
ABR	9,60	9,90	9,85	10,60	14,96	14,10	22,01		13,00	22,01	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 se ha mantenido con respecto al trimestre anterior, alcanzando un nivel superior con respecto a años anteriores gracias a las lluvias producidas en los últimos años.

Figura 5-151: Niveles en embalse Lautaro.



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. Cabe mencionar que, para evaluar el descenso del mes de enero, se considera el modelo actualizado 2017, extendido hasta enero 2018. En esta misma línea, señalar que para cada pozo se muestra el descenso proyectado versus el observado hasta diciembre 2017, y en otro gráfico el descenso correspondiente al mes de febrero 2018, respecto a enero.

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 5-6, junto a la condición de dicho pozo si estuviera influenciado por el bombeo de terceros) y en la Figura 5-152 se presenta su ubicación.

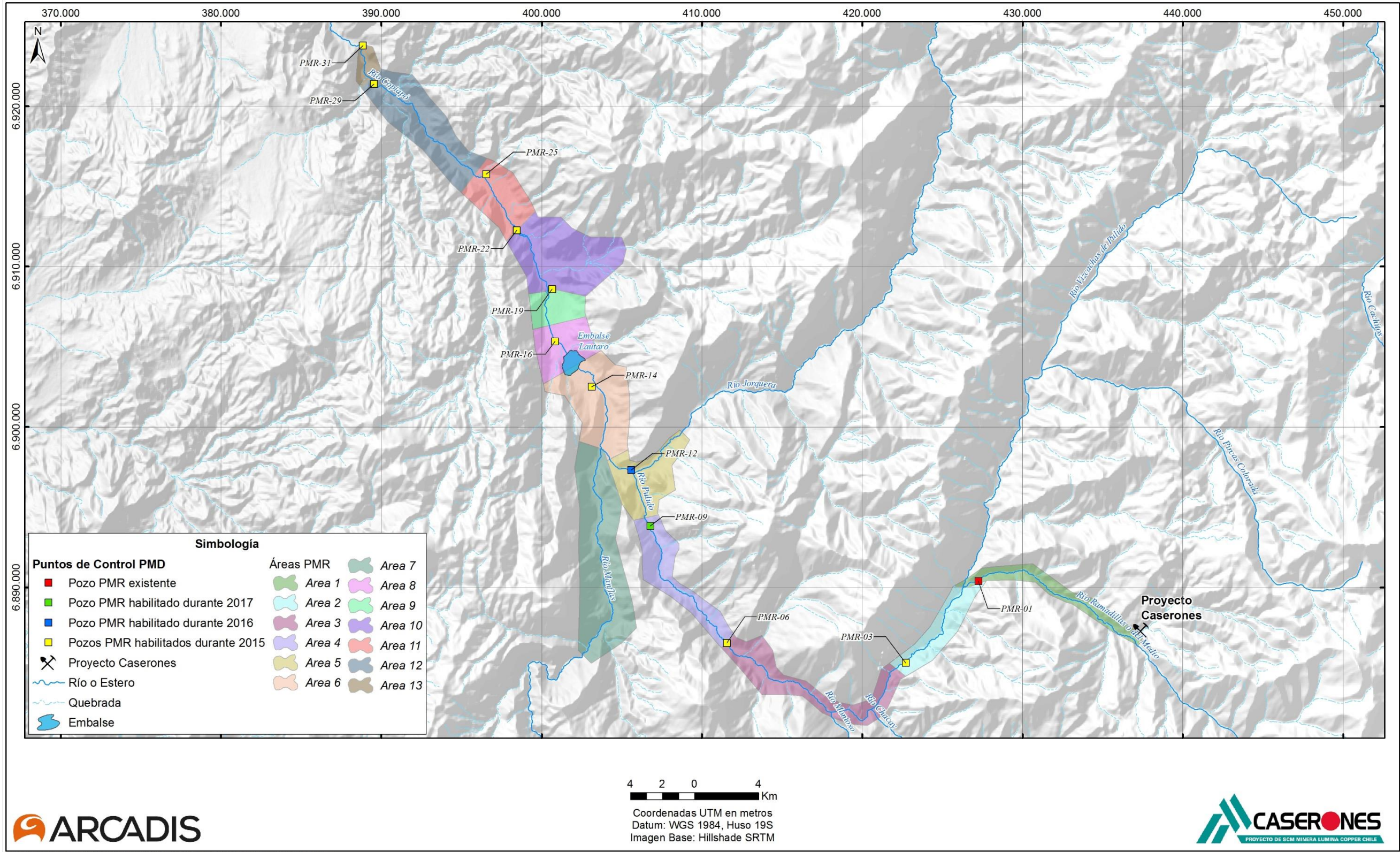
Tabla 5-6: Puntos de Control PMD.

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 5-153 a Figura 5-174) 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. Para algunos pozos se ha considerado la medición manual en vez de la medición continúa debido a saltos ocurridos en dicha medición para este trimestre.

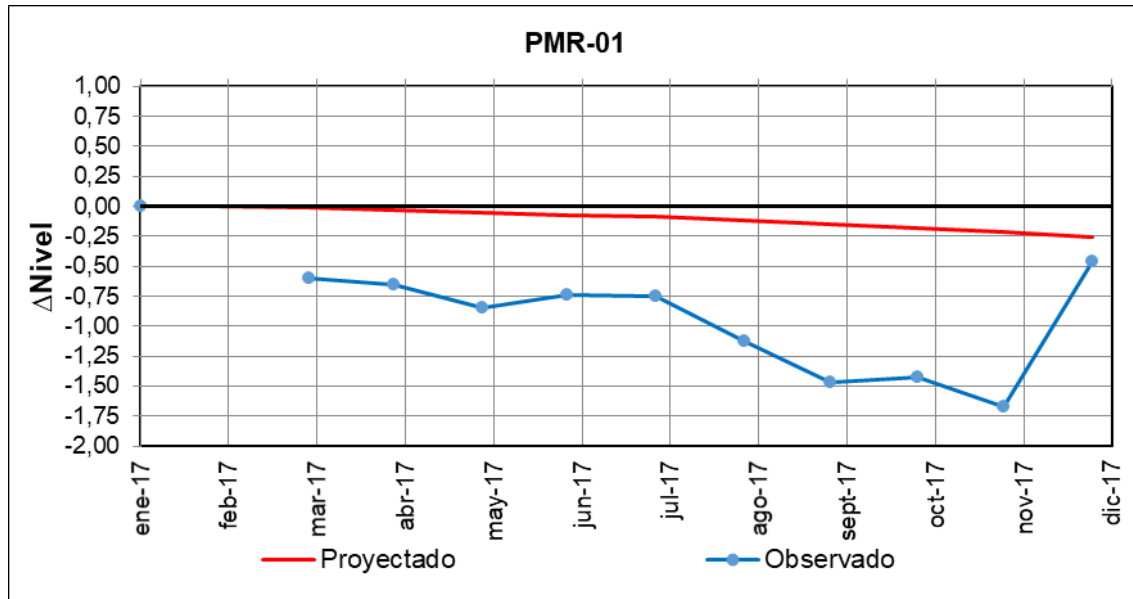
Figura 5-152: Puntos de control PMD.



N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20171018 Puntos de Control PMD.mxd

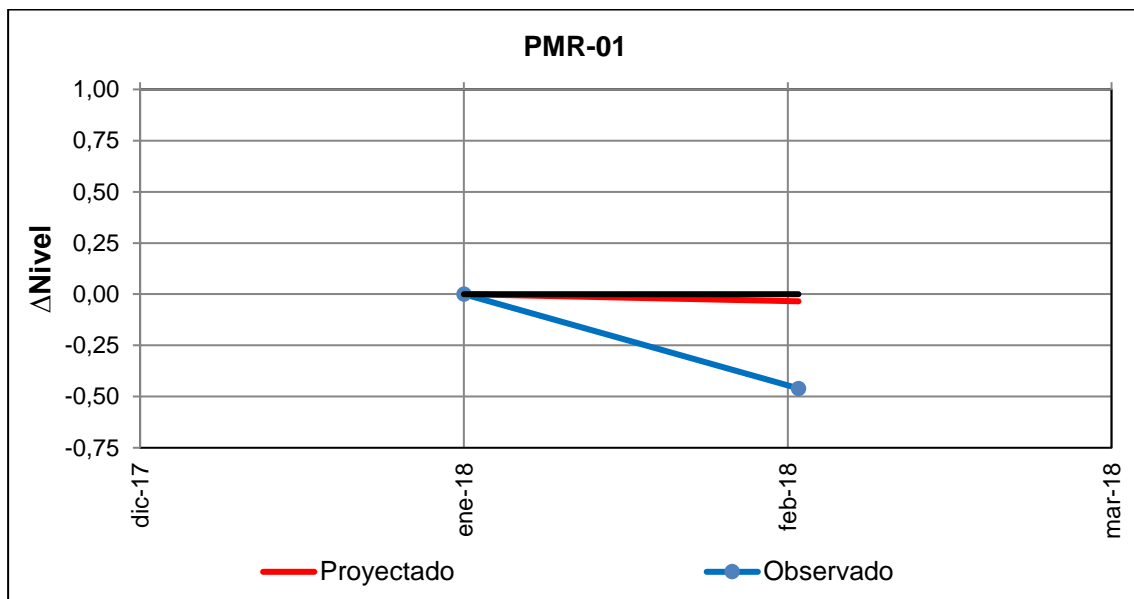
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-153: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-01 (Ene– Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

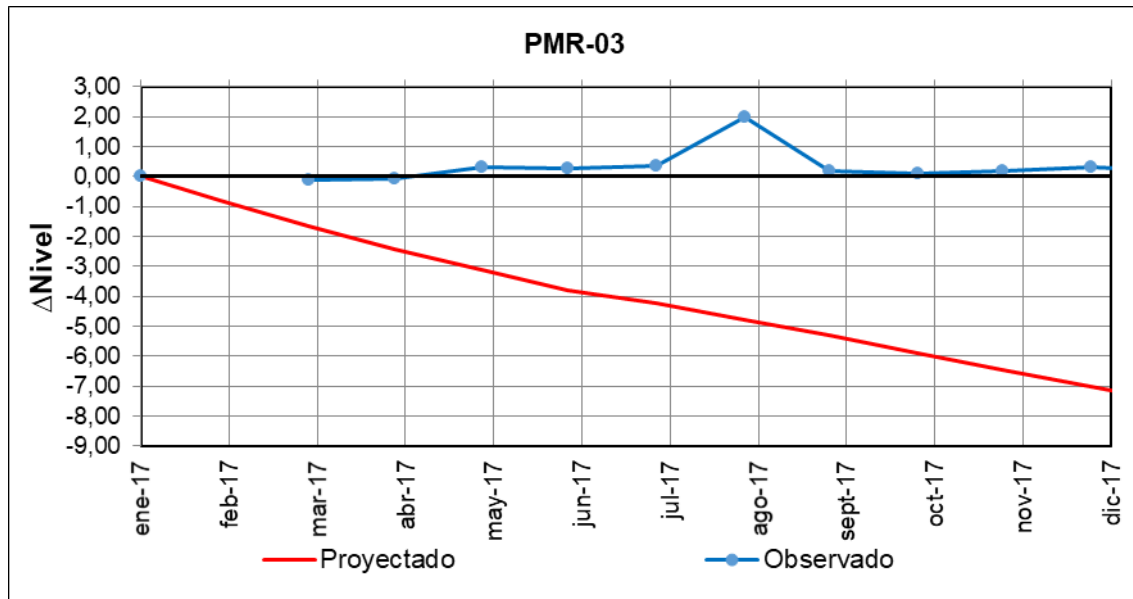
Figura 5-154: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-01 (Ene– Feb 2018)



Fuente: Elaboración propia

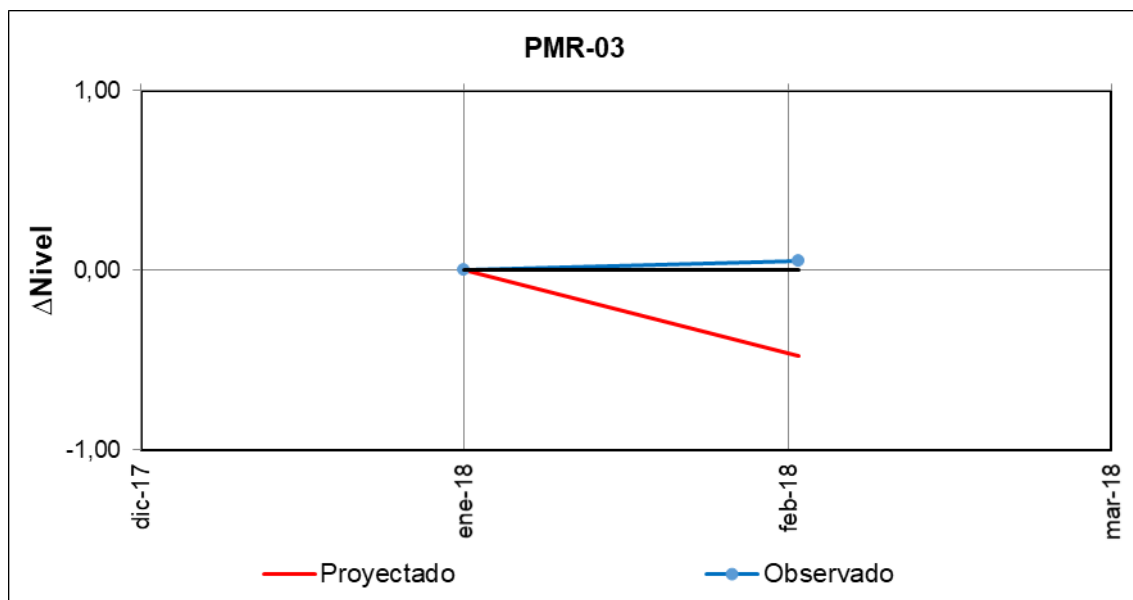
MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-155: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-03 (Ene– Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

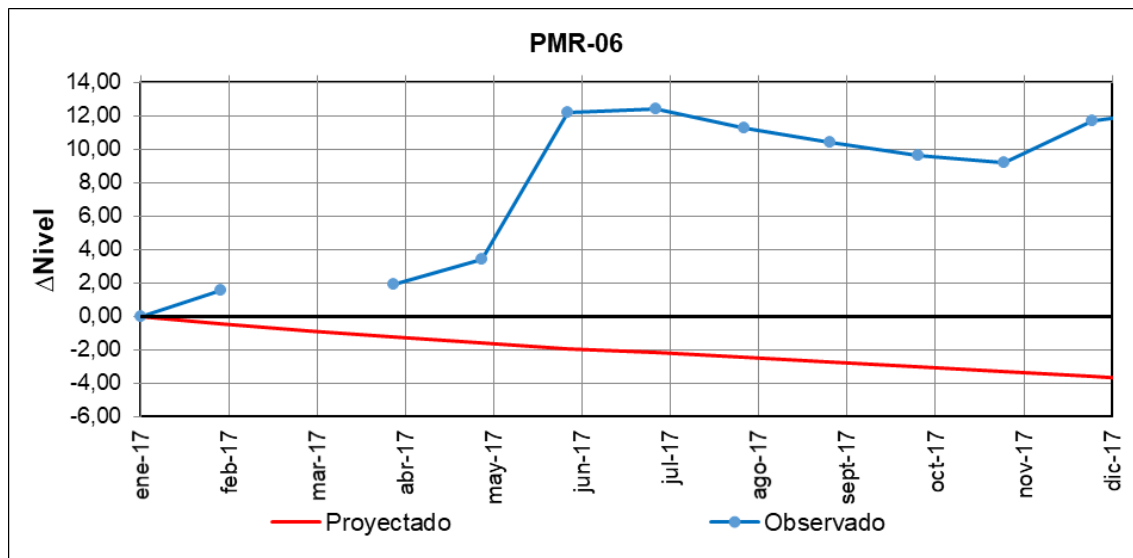
Figura 5-156: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-03(Ene– Feb 2018)



Fuente: Elaboración propia

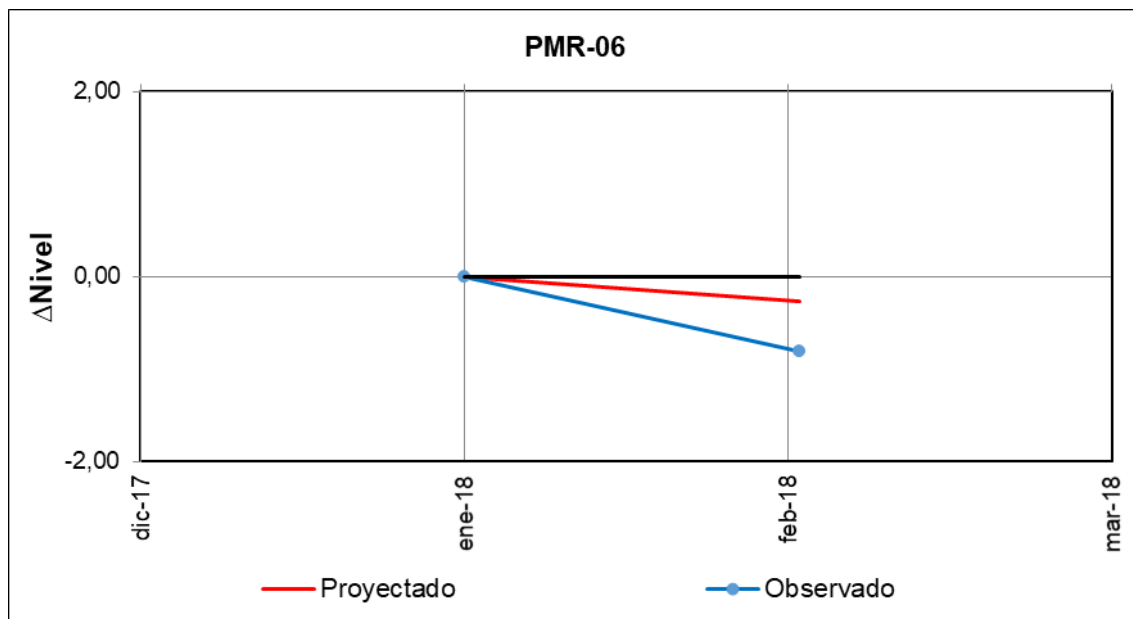
MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-157: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-06 (Ene–Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

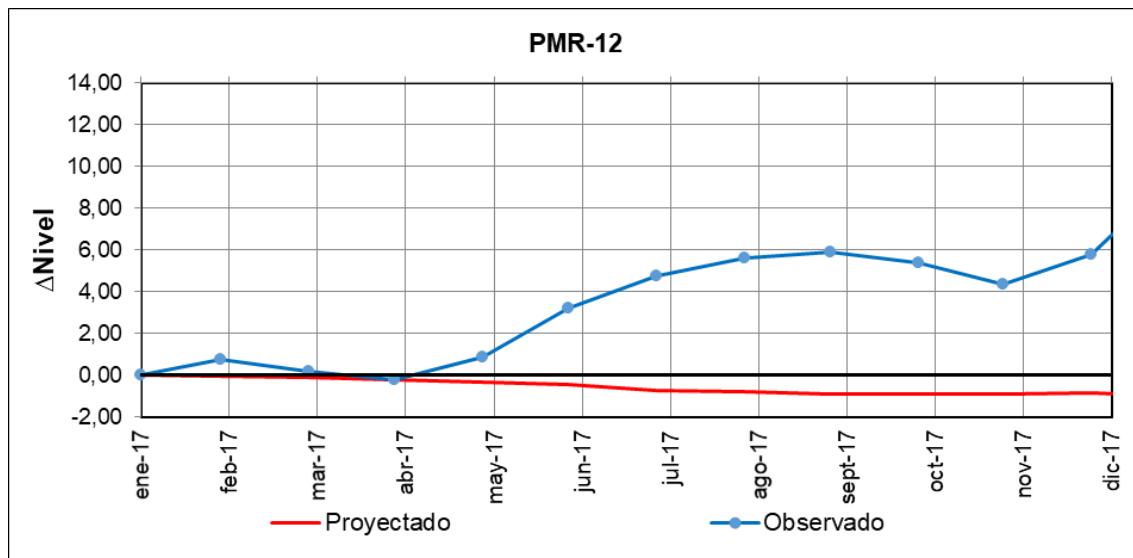
Figura 5-158: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-06 (Ene–Feb 2018)



Fuente: Elaboración propia

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-159: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-12 (Ene-Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-160: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-12 (Ene-Feb 2018)

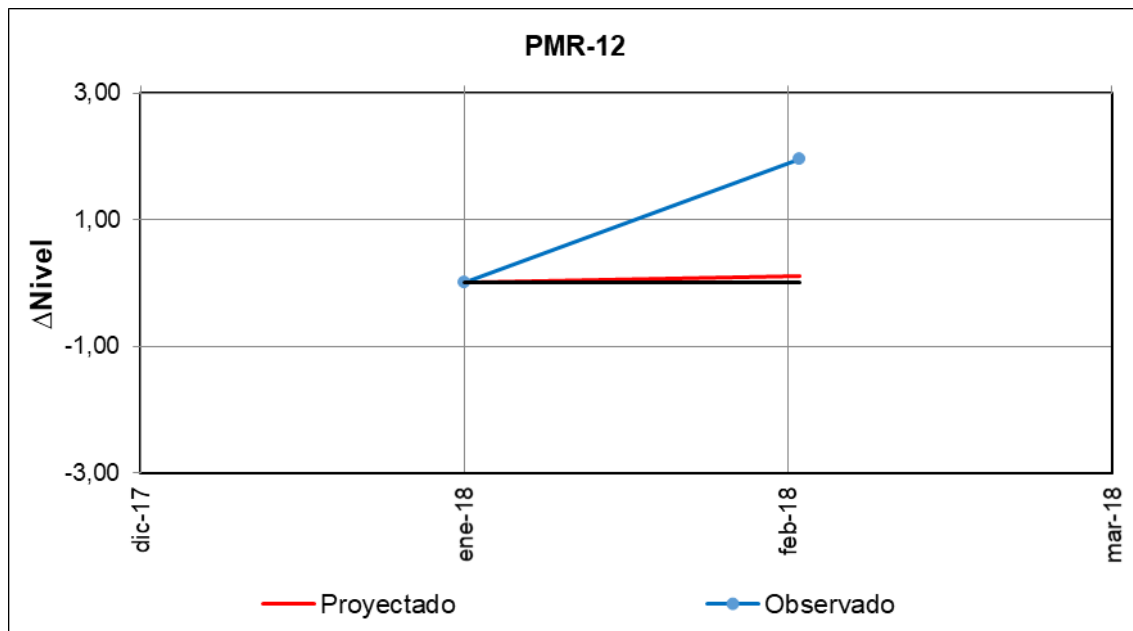
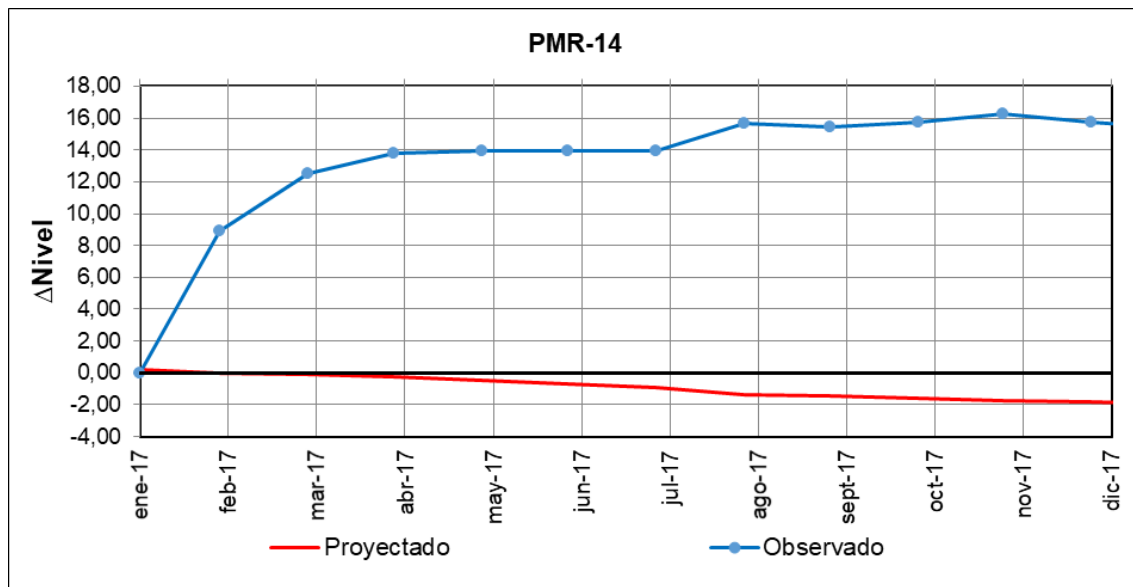
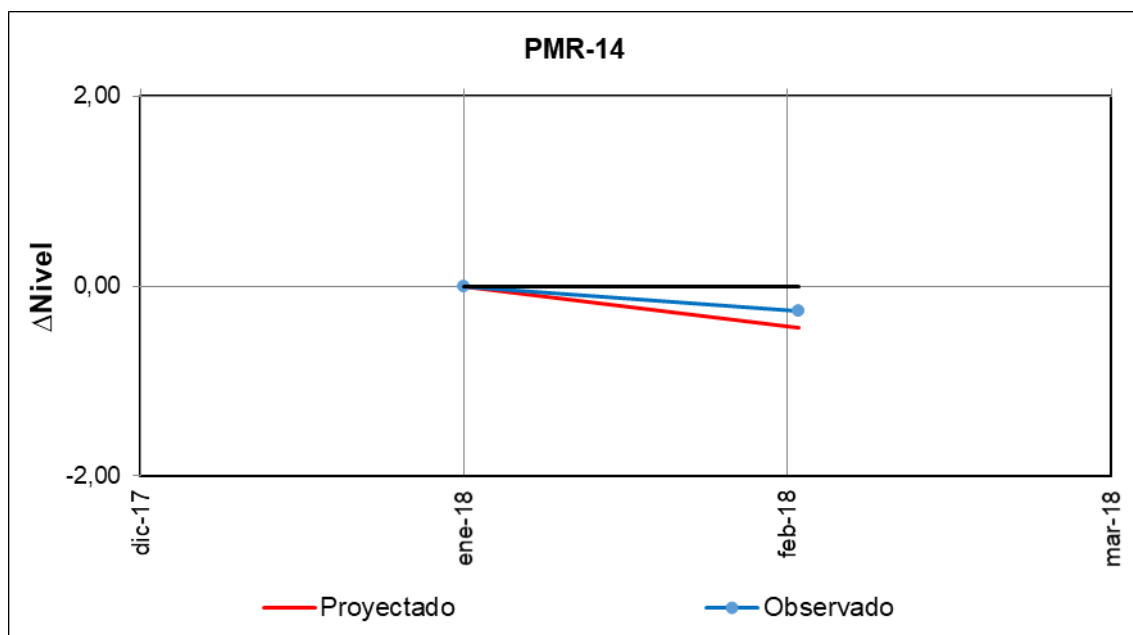


Figura 5-161: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-14 (Ene-Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-162: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-14 (Ene-Feb 2018)



MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Figura 5-163: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-16 (Ene-Dic 2017)

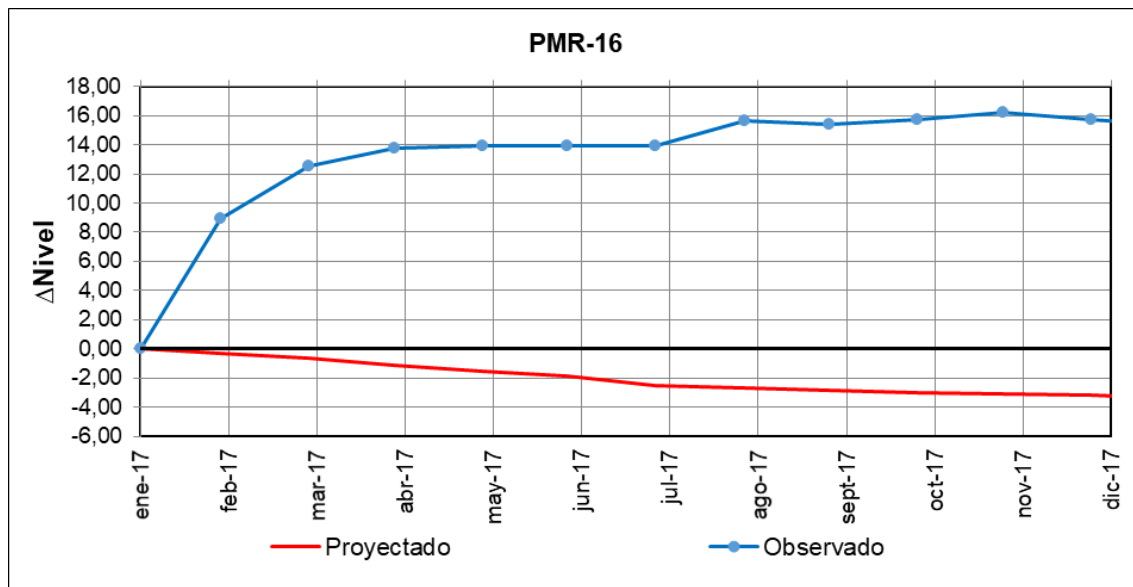


Figura 5-164: Variación de nivel Observado y Projectado Pozo PMR-16 (Ene-Feb 2018)

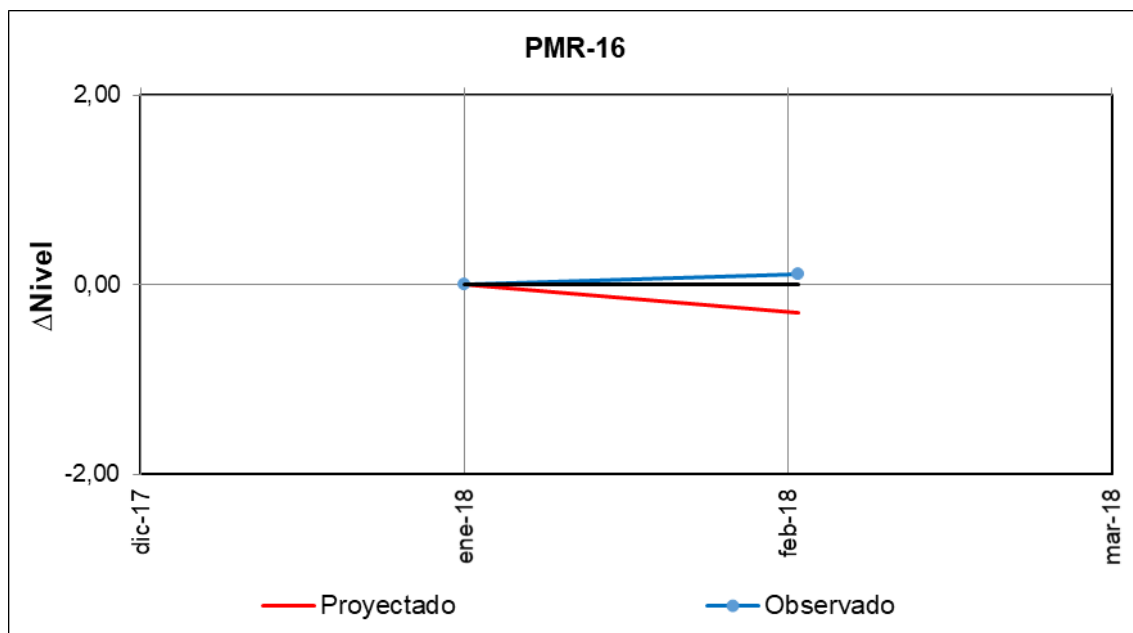
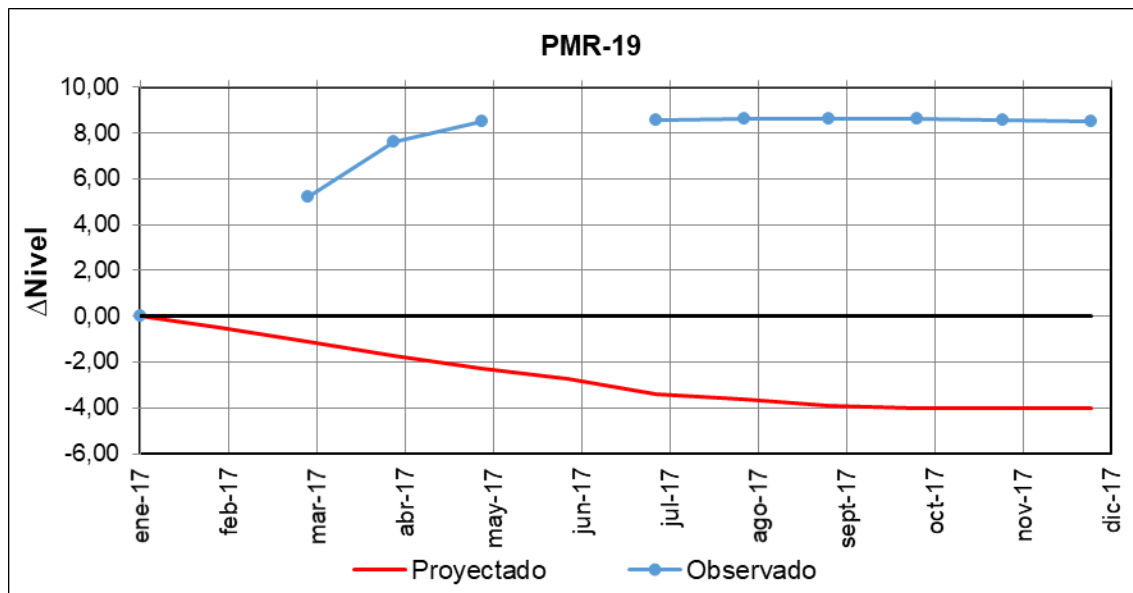


Figura 5-165: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-19 (Ene-Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-166: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-19 (Ene-Feb 2018)

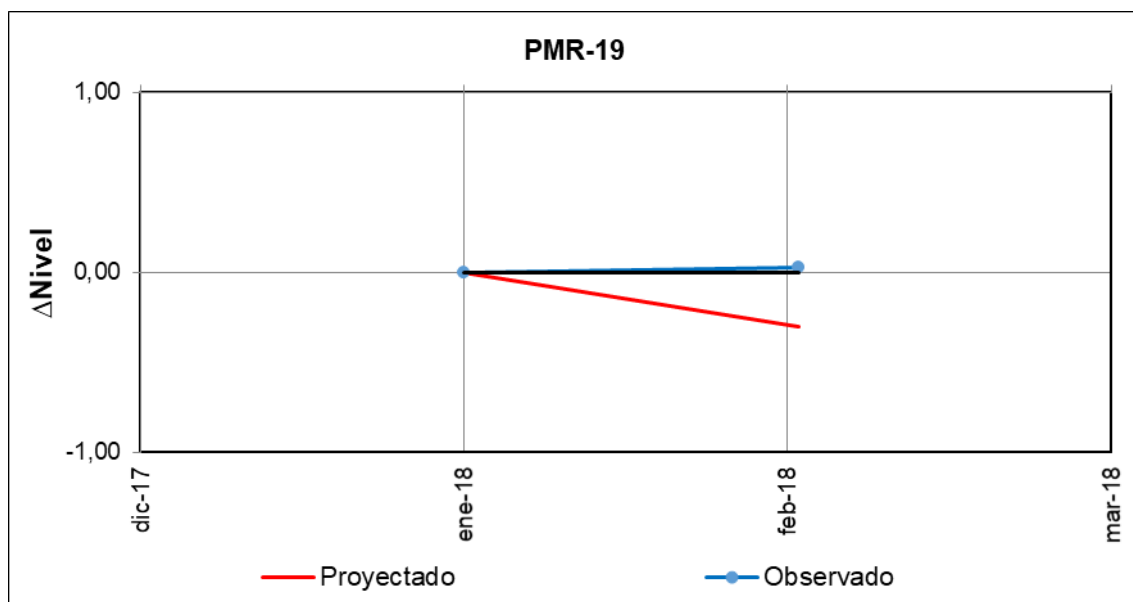
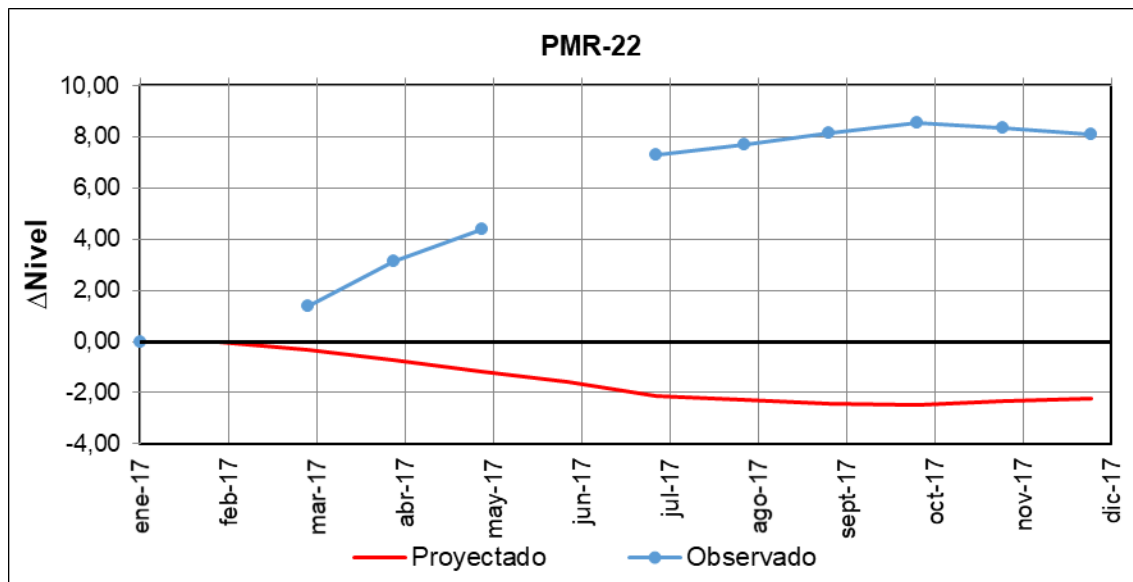


Figura 5-167: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-22 (Ene – Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-168: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-22 (Ene – Feb 2018)

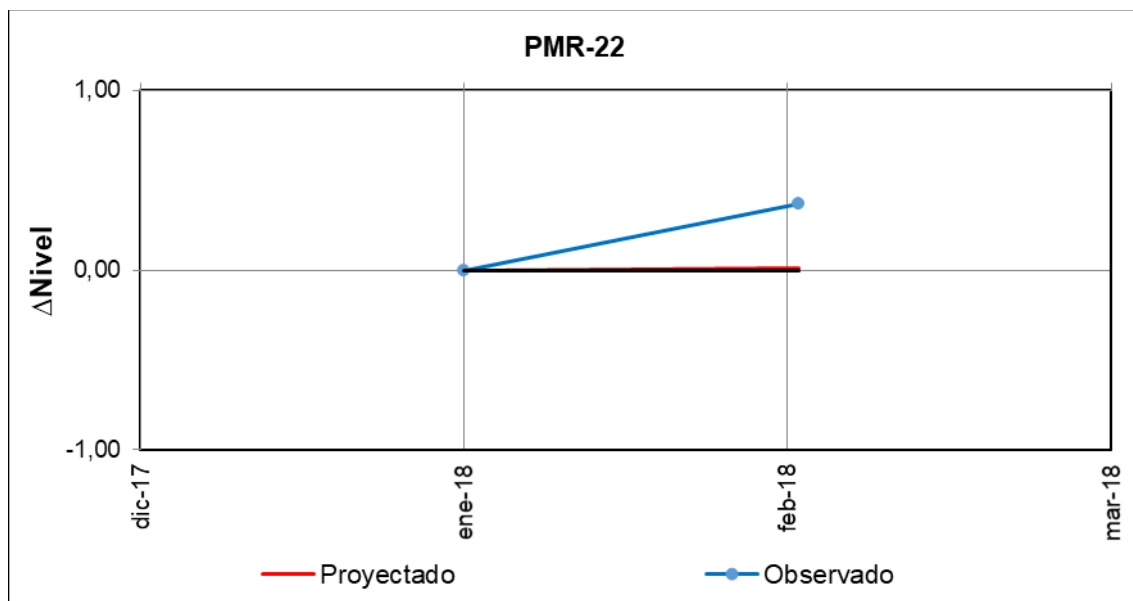
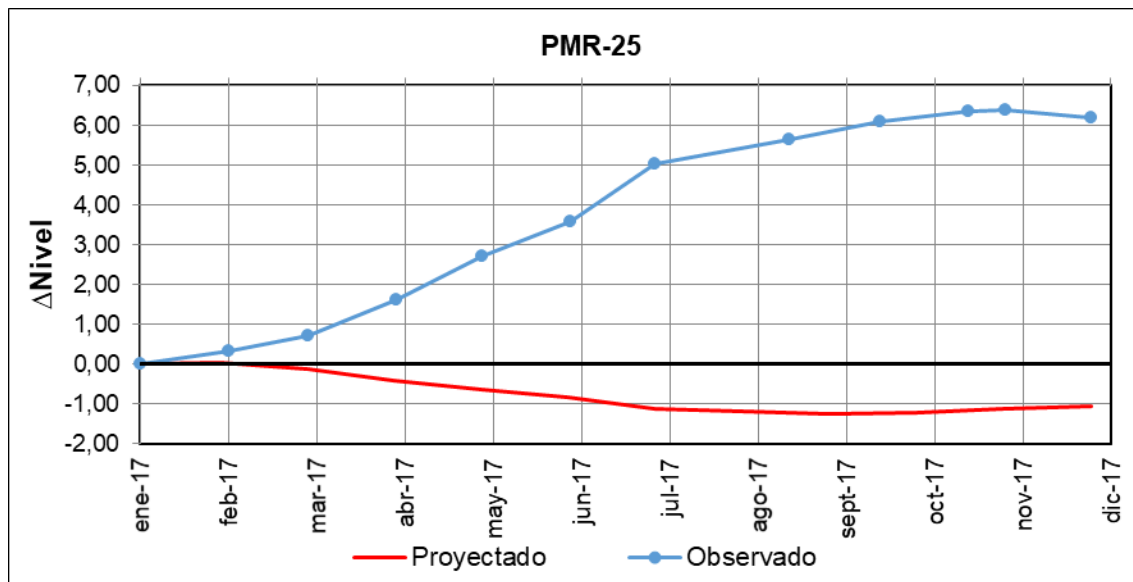


Figura 5-169: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-25 (Ene-Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-170: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-25 (Ene-Feb 2018)

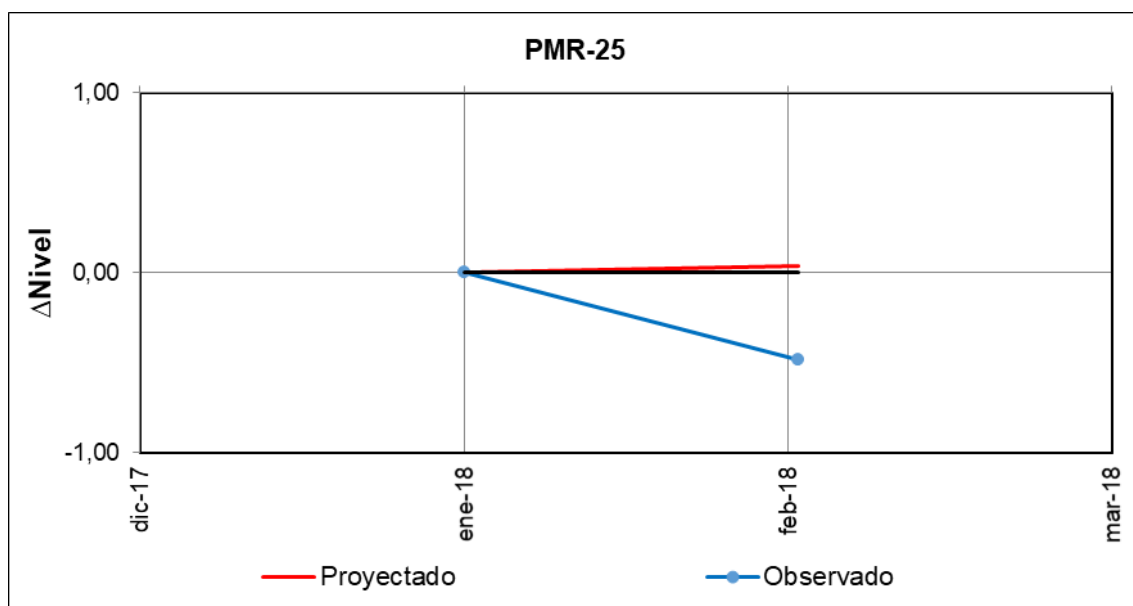
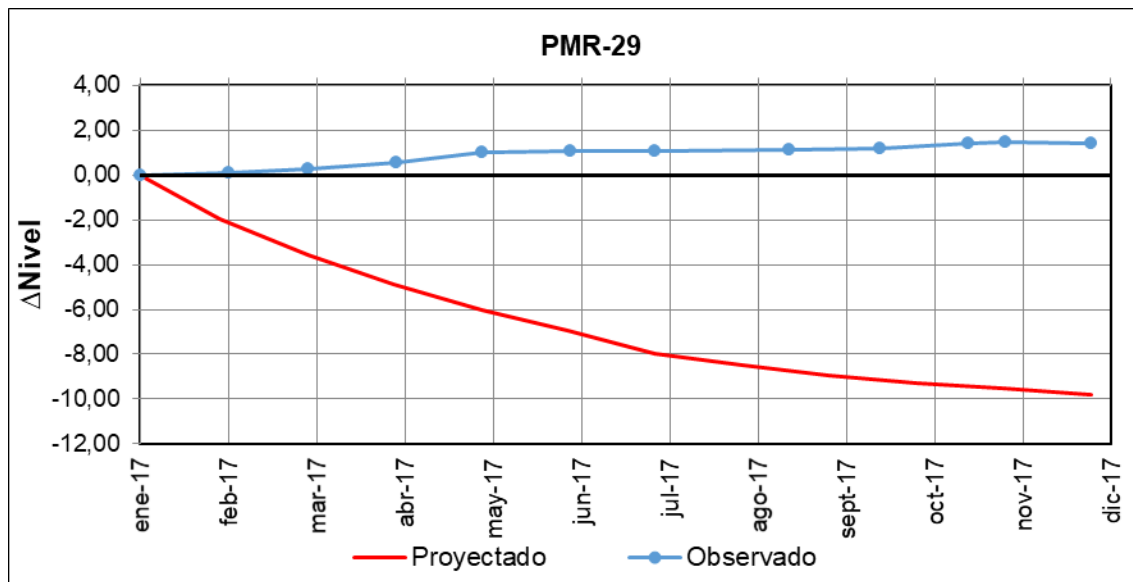
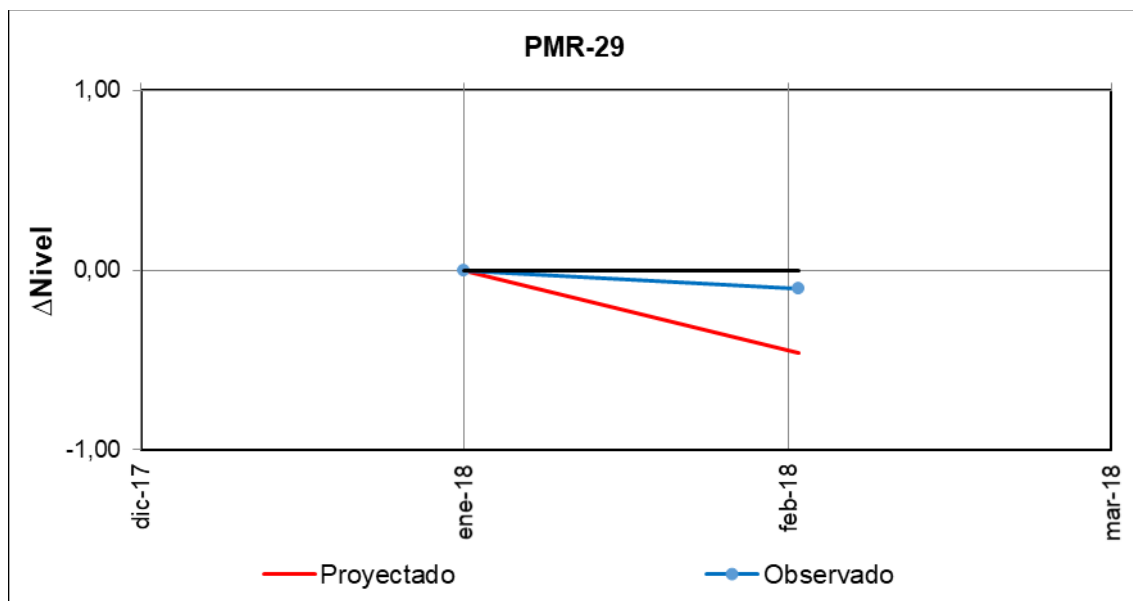


Figura 5-171: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-29 (Ene-Dic 2017)



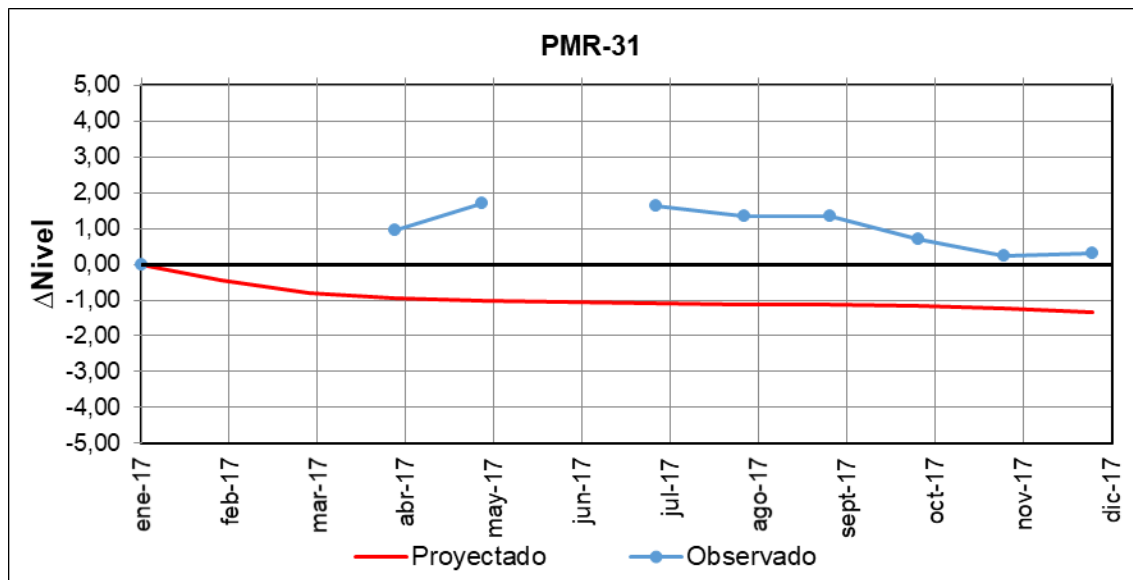
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-172: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-29 (Ene-Feb 2018)



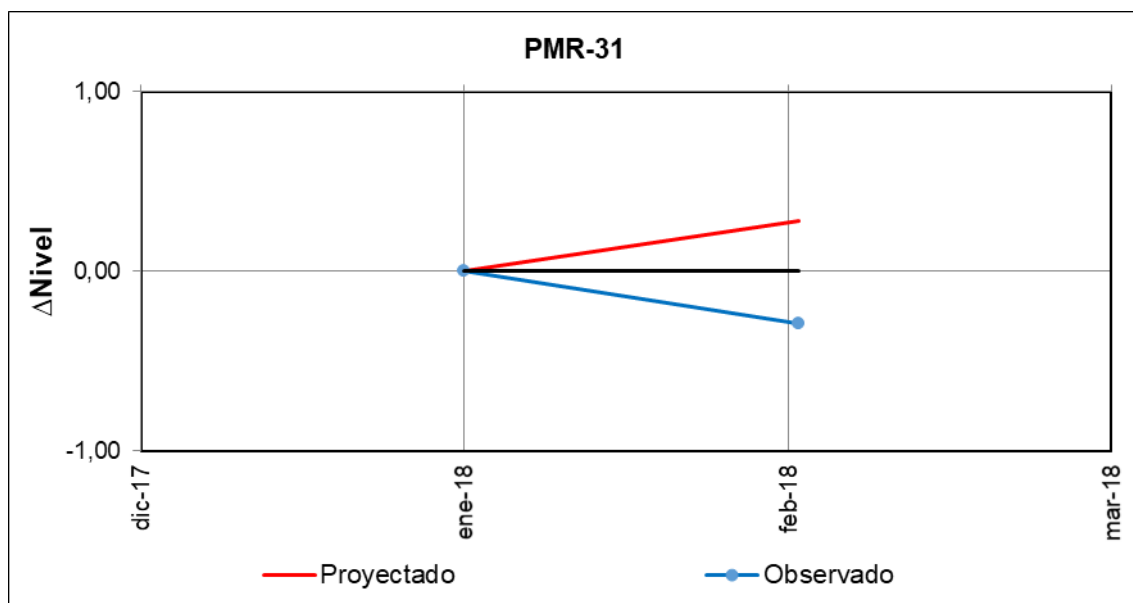
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-173: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-31 (Ene-Dic 2017)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5-174: Variación de nivel Observado y Proyectado Pozo PMR-31 (Ene-Feb 2018)



6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Pluviometría y fluviometría

De acuerdo a la información publicada por la DGA, es importante apreciar que no se cuenta con registros para el mes de enero 2018, ni con datos para la estación Lautaro Embalse en todo el período estudiado. Con respecto a los datos presentados en el capítulo 5.1, en el período noviembre 2017 a enero 2018, no se registraron precipitaciones para ninguna de las estaciones.

Considerando los últimos 33 años de registro de precipitaciones, se observa que la precipitación media mensual de los meses noviembre, diciembre del año 2017 y enero 2018, se encuentra dentro de lo normal considerando el comportamiento histórico para estos meses. Tanto el mes de noviembre como enero presentan una precipitación media de 0 mm, mientras que el mes de diciembre muestra un promedio equivalente a 1 mm. Cabe destacar que la precipitación media mensual se calcula considerando 5 estaciones. La estación Lautaro Embalse no se utiliza para el cálculo debido a que no presenta datos.

Al analizar el comportamiento anual de las precipitaciones, se observa que en el periodo mayo a agosto se concentra aproximadamente el 80% de la lluvia, marcando un carácter estacional. Los meses con más precipitaciones mayo y junio, alcanzando aproximadamente los 10 mm en promedio.

Con respecto a la situación fluviométrica (capítulo 5.2), a la fecha de emisión del presente reporte no se cuenta con información oficial de la DGA. El análisis fluviométrico se realiza considerando la información de los caudales puntuales medidos por MLCC. En la Figura 5-5 se observa que, en general, los caudales en la mayoría de las estaciones no superan los 2,5 m³/s, a excepción de Río Copiapó en Pastillo donde se alcanzó un caudal aproximado de 5 m³/s en el mes de noviembre y de 4,2 m³/s en el mes de enero para la estación Río Copiapó en La Puerta.

El régimen observado es nival para todas las estaciones con aumento de caudal entre los meses de noviembre a febrero, a excepción de las estaciones Río Copiapó en Lautaro y Río Jorquera en Vertedero, donde se observa un régimen mixto al registrar mayores caudales en los meses entre mayo y julio. Se destaca que los mayores caudales registrados durante el año 2017 fueron durante los meses de mayo y junio en la estación Río Copiapó en Lautaro donde se superaron los 19 m³/s, seguido de la estación Río Manflas en Vertedero, que alcanza un caudal aproximado de 9 m³/s en el mes de junio. El resto de las estaciones presenta mayores valores de escorrentía en el período estival, cuyo aumento puede relacionarse a los deshielos del periodo, y también a las lluvias que se presentaron en los meses de verano. Se debe mencionar que en la estación fluviométrica Río Copiapó en La Puerta se mide el caudal superficial en una zona donde se produce un angostamiento del valle del Río Copiapó, además de una cercanía al basamento rocoso, por lo que el flujo pasante en esta sección es registrado casi en su totalidad de manera superficial.

Desde la Figura 5-6 hasta la Figura 5-8 se observan los caudales mensuales por año de los meses de noviembre, diciembre y enero, respectivamente, para el periodo 1985 - 2017. En el mes de noviembre se observa una tendencia al alza del caudal desde el año 2015 en todas las estaciones, a excepción de Río Pulido en Vertedero, que disminuyó su valor en el último año. Para el caso del mes de noviembre, la mitad de las estaciones no cuenta con información, mientras que, en enero 2018, ninguna presenta datos, por ende, no es posible afirmar la misma tendencia ocurrida en noviembre 2017. 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 comparables directamente con las mediciones mensuales que reporta la DGA.

Se observa en la Figura 5-6 que en el año 1987 hubo un aumento considerable del caudal medio del mes de noviembre, alcanzando aproximadamente los 9 m³/s en la estación Río Copiapó en La Puerta. Lo anterior ocurre para la mayoría de las estaciones estudiadas, sin embargo, en el caso de Río Manflas

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

en Vertedero y Río Copiapó en Pastillo, no se cuenta con información, lo que es posible relacionar a que el caudal se llevó la estación fluviométrica. En el año 1997 se aprecia otro aumento de caudal (de menor magnitud que el anterior) para todas las estaciones, llegando a un valor de 7 m³/s en la estación Río Manflas en Vertedero (caudal máximo histórico para esta estación), en el caso de Río Copiapó en La Puerta, este aumento de caudal se observa en el año 1998 (3 m³/s) y en menor medida en el año 2002 (2,5 m³/s), en este mismo año, la estación que alcanza un mayor valor de escorrentía corresponde a Río Copiapó en Pastillo. En general, el caudal de este mes se presenta con valores inferiores a los 3 m³/s, y en el período 2004 – 2015, se observa en todas las estaciones caudales menores a los 2 m³/s.

La Figura 5-7 muestra que los mayores caudales para el mes de diciembre se presentan en los años 1987, 1997 y 2002, al igual que para el mes de noviembre, como se dijo en el párrafo anterior, llegando a valores de 25 m³/s en estación Río Copiapó en La Puerta, 13 m³/s y 7,5 m³/s en Río Copiapó en Pastillo, respectivamente. Cabe destacar que, para este mes el periodo con caudales menores a 2 m³/s pertenece al 2008 – 2015.

En el mes de enero (Figura 5-8) se observan máximos en 1988, 1998 y 2003, correspondientes a los años hidrológicos con máximas en los meses noviembre y diciembre, indicados anteriormente. Las estaciones que poseen caudales máximos son: Río Copiapó en La Puerta, Río Copiapó en Pastillo y Río Pulido en Vertedero, cuyos valores máximos aproximados son: 27 m³/s, 17 m³/s y 7 m³/s, respectivamente. Este análisis corresponde sólo hasta el año 2017, ya que aún no se cuenta con información de la DGA para enero 2018.

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 a los valores asociados al 15% de probabilidad de excedencia, con algunas excepciones como en las estaciones Jorquera en Vertedero en los meses diciembre y enero, Copiapó en Lautaro y Copiapó en La Puerta, para los meses noviembre y diciembre. 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 noviembre 2017- enero 2018.

Estación	Probabilidad de Excedencia	Noviembre	Diciembre	Enero
Jorquera en Vertedero	85	225,0	174,1	161,5
	50	497,0	435,8	409,6
	15	1.097,9	1.091,0	1.038,9
	Caudal Obs. (L/s)	1.424	908	946
Pulido en Vertedero	85	351,6	396,0	657,2
	50	745,8	1.074,0	1.685,2
	15	1.581,9	2.912,9	4.321,2
	Caudal Obs. (L/s)	2.350	-	-

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

Estación	Probabilidad de Excedencia	Noviembre	Diciembre	Enero
Manflas en Vertedero	85	90,9	68,7	101,5
	50	275,2	226,5	311,9
	15	832,9	747,1	958,9
	Caudal Obs. (L/s)	1.281	965	1.274
Copiapó en Lautaro	85	626,9	486,8	605,2
	50	1.132,7	1.043,7	1.236,4
	15	2.046,6	2.237,8	2.525,8
	Caudal Obs. (L/s)	1.777	1.963	-
Copiapó en Pastillo	85	571,5	561,9	823,9
	50	1.226,2	1421,2	1.875,7
	15	2.630,7	3594,4	4.269,9
	Caudal Obs. (L/s)	4.930	-	-
Copiapó en La Puerta	85	984,3	848,6	913,3
	50	1.725,6	1.720,5	1.912,4
	15	3.025,3	3.488,4	4.004,2
	Caudal Obs. (L/s)	2.175	2.459	4.176

Fuente: Elaboración propia

Por último, considerando las mediciones hechas por MLCC (Ver Figura 5-9), 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 (2004 – 2017) 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 2,5 m³/s. Además, es posible apreciar que, existe un aumento del caudal durante el trimestre.

En la Figura 5-10 se aprecian las mediciones de caudales para el mes de noviembre, presentando un alza con respecto a los últimos años, con valores similares a los ocurridos en el año 2007, encontrándose entre los 0,5 y 0,8 m³/s para la mayoría de la estaciones y de un valor aproximado a 2,5 m³/s en la estación LM-17.

Para el mes de diciembre, los caudales varían entre 0,5 y 1,5 m³/s lo que, al realizar una comparación histórica, estos valores se encuentran por sobre la escorrentía medida en años anteriores. Con respecto al punto de aforo LM-17, que por lo general presenta valores más altos aún, no se tiene información para el año 2017.

Finalmente, en enero se registra un aumento en la escorrentía respecto de los años anteriores, presentando valores que varían entre 1,3 y 1,7 m³/s. Al igual que para el mes de diciembre no se cuenta con información en la estación 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 continuas. 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 5-22. 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 1 m, alcanzando aproximadamente los 4 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 similar a los años anteriores, con un mayor nivel en meses de verano, mientras que, las mediciones continuas presentan una subestimación de los niveles.

Al inicio del Área 1 se localizan los pozos de bombeo de MLCC WP-01 y WE-01, cuyos niveles se han estabilizado en el último tiempo. Además, en este sector se ubican los pozos de remediación BRW-01, BRW-02, PBB-1, POB-08 B y POB-07a, en donde el punto POB-08B, ha experimentado una clara tendencia negativa en el trimestre de estudio.

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 diciembre 2017, con vacíos de información. El segundo, por su parte, tiene datos desde marzo de 2015 hasta febrero 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 5-24, 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 de los pozos 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. En julio 2016 se observa un nivel de aprox. 2.086 msnm, el cual es similar a las mediciones puntuales realizadas anteriormente. Entre los meses de octubre de 2016 y enero de 2017 no se cuenta con información de nivel manual al no tener acceso. En el lapso marzo 2016 – octubre 2017, las mediciones manuales indican que se observa un nivel similar al medido en años anteriores con una cota del nivel superficial cercana a los 2.083 msnm, lo cual cambia en el último periodo, en donde se alcanzó un valor equivalente a 2.092 msnm en diciembre 2017. Lo anterior concuerda con el aumento de los valores de nivel en el pozo de bombeo WP-02.

El nivel medido en el pozo PMR-03 ha continuado el ascenso que proviene desde mayo de 2017 (Figura 5-25), lo que no se relaciona con el nivel medido manualmente, el cual se ha mantenido prácticamente constante durante el último tiempo, al igual que los pozos WP-03 y WP-04, que se encuentran alrededor. Esto indica que el sensor instalado presenta errores en su medición y se adoptarán las medidas correspondientes para solucionar el problema.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

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 0,5 m aproximados menor al nivel observado en el periodo anterior y 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, de 1.634 msnm aproximadamente; luego vuelve a disminuir, llegando en el mes de octubre de 2017 a 1.630 msnm aproximadamente. En el último trimestre se presenta un ascenso nuevamente, que llega a 1.632 msnm (ver Figura 5-27).

El gráfico de la Figura 5-28 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 observa una diferencia descendiente de aproximadamente 2 metros entre octubre de 2015 y abril de 2016 y un aumento entre mayo y septiembre del 2016. Entre octubre y noviembre de 2016 se observa un leve descenso, el cual se recupera hacia enero de 2017 (situación distinta a la observada en el año anterior), para luego mantenerse relativamente estable. A partir de abril de 2017 hasta agosto de 2017 se observa un aumento de nivel de aproximadamente 5 metros, alcanzando una cota de 1.518,3 msnm. En octubre de 2017, se observa una leve tendencia a disminuir la cota del nivel piezométrico, aumentando nuevamente en el último periodo (diciembre 2017 – febrero 2018). Cabe mencionar que, las mediciones manuales a partir de mayo de 2017 no pudieron ser realizadas, 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 5-18), 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 en alrededor los 1.562 msnm, alrededor de 44 m más que lo registrado durante todo el registro histórico en el pozo PMR-05 (1.518 msnm), el cual se ubica a unos 500 m aguas abajo.

Por último, el pozo PMR-06 (Figura 5-29) cuenta con medición de nivel a contar de octubre de 2015, mostrando un nivel descendente de casi 4 m de diferencia hasta abril de 2016, observándose también un aumento de casi un metro en ese mismo mes para luego volver a disminuir hasta mayo 2016, momento en que no se cuenta con información. Entre junio de 2016 y enero de 2017 se observa un aumento que alcanza los 7 metros aproximadamente de diferencia, fecha desde la cual no se cuenta con medición de nivel, retomándose a fines del mes de abril, punto desde el cual se observa un aumento de 15 metros, alcanzando los 1.465 msnm aproximadamente en el mes de junio 2017, para luego presentar una disminución de nivel 7,5 m hasta octubre de 2017 alcanzando una cota aproximada de 1457,5 msnm. Posterior a esto, se aprecia nuevamente un alza de 4 m que varía hasta llegar a los 1.460 msnm para febrero de 2018, aumento que también se observa en el pozo CCH-1, debido a la cercanía a la que estos se encuentran. Este pozo se encuentra aguas abajo del pozo DGA Quebrada Seca (Figura 5-17), 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. El gráfico de la Figura 5-31 muestra el comportamiento del nivel del pozo de monitoreo, 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 luego disminuir nuevamente durante el mes de abril del mismo año. Entre mayo y junio de 2016 no se cuenta con información, mientras que entre junio y agosto de 2016 se observan fluctuaciones en el nivel que alcanzan los 2 m aproximadamente, para estabilizarse hasta octubre 2016, mes desde el cual presenta un aumento hasta abril de 2017. Posteriormente, no se tienen mediciones continuas de nivel y no se han podido realizar mediciones manuales debido a que el pozo se encuentra enterrado por sedimentos. Sin embargo, es posible apreciar que los niveles en aquel sector van en alza, al observar los niveles de los pozos CCH-2, CCH-3 y CCH-4 (Ver Figura 5-71, Figura 5-72 y Figura 5-73). 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.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

En la Figura 5-32 se observa que en el pozo sólo se han realizado mediciones continuas a partir de noviembre de 2017, presentando un nivel equivalente a 1.319 msnm, aumentan levemente, para luego disminuir en 1 m a febrero 2018. Con respecto al pozo PMR-09 (Figura 5-33), presenta un comportamiento similar, diferenciándose en la magnitud de los niveles, los cuales varían entre 1.279 y 1.280 msnm, además de que, en el mes de febrero 2018 su valor se mantuvo constante.

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, con un leve aumento del nivel, de menos de un metro, entre diciembre de 2015 y enero de 2016, disminuyendo hasta abril de 2016, para luego volver a recuperarse en menos de un metro y mantenerse relativamente estable con leve tendencia a disminución, menor a 1 m de diferencia, hasta abril de 2017. Desde mayo de 2017 hasta julio de 2017 se observa un aumento de nivel de 3 m alcanzando una cota de 1.233 msnm, para luego mostrar una tendencia a disminuir el nivel, lo que sigue vigente hasta febrero de 2018 (Figura 5-35). Se destaca que el nivel a finales de febrero de 2018 se encuentra aproximadamente en la cota 1.230 msnm.

El PMR-11 (Figura 5-36), muestra mediciones a contar de noviembre de 2017 aumentando en 1 m su nivel en diciembre del mismo año y posteriormente, presentando una leve disminución hacia febrero de 2018, llegando a una cota de 1.199 msnm.

Para el pozo PMR-12 se tiene información a contar de marzo de 2016, y se observa un nivel estable con una fluctuación en abril del mismo año, donde disminuyó el nivel. Posterior a ello, se mantiene el 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 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 el último trimestre, se observan los mayores niveles históricos, alcanzando un valor de 1.191 msnm, situación similar se aprecia en el pozo PR-01, el cual alcanza un nivel equivalente a 1.086 msnm.

En el Área 6 se observa que el nivel del agua subterránea va en aumento en el pozo PMR-13 (Figura 5-39), 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. En el presente trimestre, y hasta febrero de 2018, la cota ha seguido aumentando, alcanzando un nivel de 1.181 msnm. Por su parte, en el pozo PMR-14 se observa un aumento del nivel desde marzo de 2015 hasta octubre de 2015, para luego disminuir en aproximadamente 2 m hasta recuperarse en el mes de marzo 2016. A contar de junio de 2016 hasta marzo de 2017, se observa un aumento de nivel de 15 m aproximadamente. En los meses posteriores el nivel se ha mantenido estable en una cota cercana a los 1.140 msnm (Figura 5-40).

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 5-43 se muestra el comportamiento del nivel del pozo PMR-15, donde se observan variaciones del orden de 7 m, considerando el mínimo en julio de 2015 y máximo en octubre de 2015. Durante los meses de verano el nivel vuelve a disminuir, para luego recuperarse hasta marzo de 2016, mes desde el cual el sensor comenzó a presentar error en la medición. 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 a las últimas mediciones manuales, este pozo se encuentra surgente.

En la Figura 5-44 y Figura 5-45 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 hasta febrero

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

de 2018. Cabe destacar que el nivel estable alcanzado es de 1.101 y 1.093 msnm en los pozos PMR-16 y PMR-17, respectivamente.

Continuando aguas abajo del Embalse Lautaro, en el Área 9, se ubica el pozo PMR-18 (Figura 5-47), el cual presenta aumento en el nivel desde marzo 2015 hasta octubre de 2015 de 9 m aproximadamente. A contar de marzo de 2016 se observa un ascenso del nivel, a una tasa de 1,8 m/mes aproximadamente, manteniendo un comportamiento muy similar al de los pozos del Área 8. En mayo de 2017 hasta febrero de 2018 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, que a diferencia del pozo PMR-18, mantienen una tendencia ascendente.

En el pozo PMR-19 (Figura 5-49), ubicado al cierre del Área 10, se observa un comportamiento similar al pozo PMR-18. Presenta con un ascenso en sus niveles a partir de marzo 2015 hasta noviembre del mismo año de aprox. 6 m, para luego mantenerse estable en torno a los 1.050 msnm y posteriormente ascender alrededor de 20 metros a partir de febrero 2016 hasta el mayo de 2017 alcanzando una cota de 1.071 msnm. Lo anterior de acuerdo a 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.

El pozo PMR-20, cercano al pozo de bombeo PEL-1 en el Área 10, cuenta con datos de nivel entre marzo y julio de 2015, con valores en torno a los 1.042 msnm, y con datos a contar de marzo de 2016, donde se observa un nivel mayor, 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 1.068 msnm aproximadamente (Figura 5-50). 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), debido a que éste también presenta niveles constantes en el último periodo, asociado a la poca extracción de agua en comparación al registro histórico.

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 quincena del mes de noviembre y cuyo nivel varía desde 1.043 msnm a 1.042 msnm.

Aguas abajo se localizan pozos de terceros y el pozo PMR-22, el cual, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 5-53, indica un comportamiento más bien estable durante el año 2015, con fluctuaciones de nivel que no superan 1 m de diferencia. A contar de febrero de 2016 se observa que el nivel asciende en 3 m hasta el mes de octubre de 2016 y luego se mantiene estable en torno a los 1.007 msnm hasta enero de 2017. Posteriormente, se observa un aumento de nivel de 9 m, alcanzando una cota de 1.015 msnm en octubre de 2017 y en el último trimestre, presenta una nueva alza, llegando a los 1.016 msnm.

En el Área 11 se ubican los pozos PMR-23, PMR-24 y PMR-25 (desde la Figura 5-54 a Figura 5-56) 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, con menor nivel entre los meses de diciembre de 2015 a marzo de 2016, mientras que, para los meses de julio a octubre del mismo año, se observa un aumento de nivel. Entre los meses de noviembre 2016 y enero 2017 se visualiza la disminución asociada a los meses de verano, pero en menor cuantía que el año anterior. A partir de marzo de 2017 se aprecia un ascenso de nivel de 7 m hasta alcanzar una cota de 997 msnm en el mes de octubre 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.

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 un nivel descendiente entre agosto y diciembre de 2015 en alrededor los 2 m, lo que podría relacionarse a los meses más secos y un aumento en la extracción de los pozos. Posterior a este periodo, se observa una oscilación de nivel donde los meses

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

con el nivel más bajo corresponden a los meses secos y los niveles más altos corresponden a los meses húmedos. Se destaca que, a partir de enero de 2017, se observa un aumento de nivel mayor a lo observado en años anteriores, alcanzando una cota de 973 msnm. De acuerdo a la Figura 5-58, en el trimestre anterior la cota disminuyó 1 m, alcanzando nuevamente (en el último período) los 973 msnm. Situación similar ocurre con el pozo PMR-27, donde el nivel se mantuvo estable entre abril y septiembre del año 2015, para luego disminuir hasta febrero 2016 aproximadamente, y volver a recuperarse entre los meses de julio y agosto 2016. Posterior a ese mes, disminuye el nivel en aproximadamente 2 metros, llegando a su nivel más bajo en noviembre de 2016. Para el trimestre anterior 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. El análisis anterior se basa en las mediciones manuales tomadas al pozo, ya que no se cuenta con datos continuos desde diciembre de 2017.

El pozo PMR-28 presenta variaciones que alcanzan los 2 m, con menor nivel entre abril y septiembre de 2015. No presenta datos entre octubre de 2015 y febrero de 2016, fecha desde la cual se observa una leve disminución en relación a noviembre 2015, pero en el mismo orden de valor que abril del mismo año. Se cuenta con información de nivel continuo a partir de junio 2017 y hasta la fecha, cuyo rango de oscilación son 2 m, pero a mayor profundidad si se compara con el periodo 2015. Es importante destacar que, no se tienen mediciones manuales para calibrar la medición continua (ver Figura 5-60), por lo que el pozo se reubicará en un futuro.

Por último, el pozo PMR-29 presenta también variaciones de nivel que alcanzan los 2 m. Las mediciones continuas de este pozo presentan ruido, lo que no permite visualizar en detalle este comportamiento, de acuerdo a lo mostrado en la Figura 5-61, mientras que las mediciones manuales indican que el pozo está con nivel de agua estable y próximo a la superficie.

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 5-15 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. Durante el año 2015 se tiene un vacío en la información de los niveles del pozo PMR-30 en los meses de mayo y junio. Posterior a ello, se observa un descenso hasta el mes de enero de 2016 de aproximadamente 1,5 m. A contar de febrero de 2016 se visualiza que el nivel asciende hasta agosto del mismo año, como se observa en la Figura 5-63, para luego volver a disminuir dentro del rango de 1 metro hasta diciembre de 2016. De enero de 2017 hasta mayo de 2017 se observa un aumento de nivel, para luego mostrar un descenso hasta octubre de 2017. Se destaca que las oscilaciones presentadas no superan los 2 metros de amplitud. Para el periodo noviembre 2017 – febrero 2018, se observa una discordancia entre los datos manuales y continuos, dado que, los valores manuales siguen la tendencia de los últimos años, se concluye que existe un error en las mediciones continuas. En cuanto al pozo PMR-31 (Figura 5-64), considerando la información de los años 2015 y 2016, se observa un comportamiento similar, con aumentos entre los meses de mayo y 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 un nivel más bien constante con ruidos de 1 m. Es importante mencionar que, durante el año 2017 se observa la misma oscilación mostrada en los años 2016 y 2015.

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 2,7 L/s, debido a que se encuentran en etapa de Remediación, producto que algunos parámetros de monitoreo de calidad de

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

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 los pozos que extrajeron más caudal que el aprobado son PBB- 1 (Figura 5-136) y BRW-01 (Figura 5-138), sólo en el mes de noviembre, ya que posterior a ello, disminuyeron los valores de caudal bombeado, y BRW-02 (Figura 5-140), aumentando en el último trimestre el agua extraída.

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

Por su parte, en el sector de Amolanas el pozo PDB-1 registró una extracción de caudal en el mes de agosto de 2017 equivalente a 194 L/s en vez de los 100 L/s aprobados, sin embargo, durante el mes de julio 2017 no se registraron extracciones de este punto.

En el área cercana a la mina 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.

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

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

- 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.

En 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, en donde se observa que para el mes de noviembre se gatilla la activación del PMD debido a la activación en el PMR-01.

Tabla 6-2: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (niveles), periodo noviembre 2017 – enero 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	Sí	Sí	MLCC
2	PMR-03	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC
3	PMR-06	-	-	No	No	Terceros
4	PMR-09	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC y Terceros
5	PMR-12	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC y Terceros
6	PMR-14	-	-	No	No	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 el pozo PMR-01 se cumplen las condiciones de activación del PMD en el mes de noviembre, 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. La Tabla 6-3 presenta el descenso registrado y el proyectado por el modelo hidrogeológico para el mes de noviembre 2017, donde se observa que el descenso registrado es mayor que un 20% al proyectado (>663%) y la diferencia de descensos es superior a 1 metro. Cabe destacar que las mediciones utilizadas para el cálculo de los umbrales fueron las mediciones manuales, ya que las continuas presentaban alto ruido y sin poder identificar el nivel piezométrico real.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

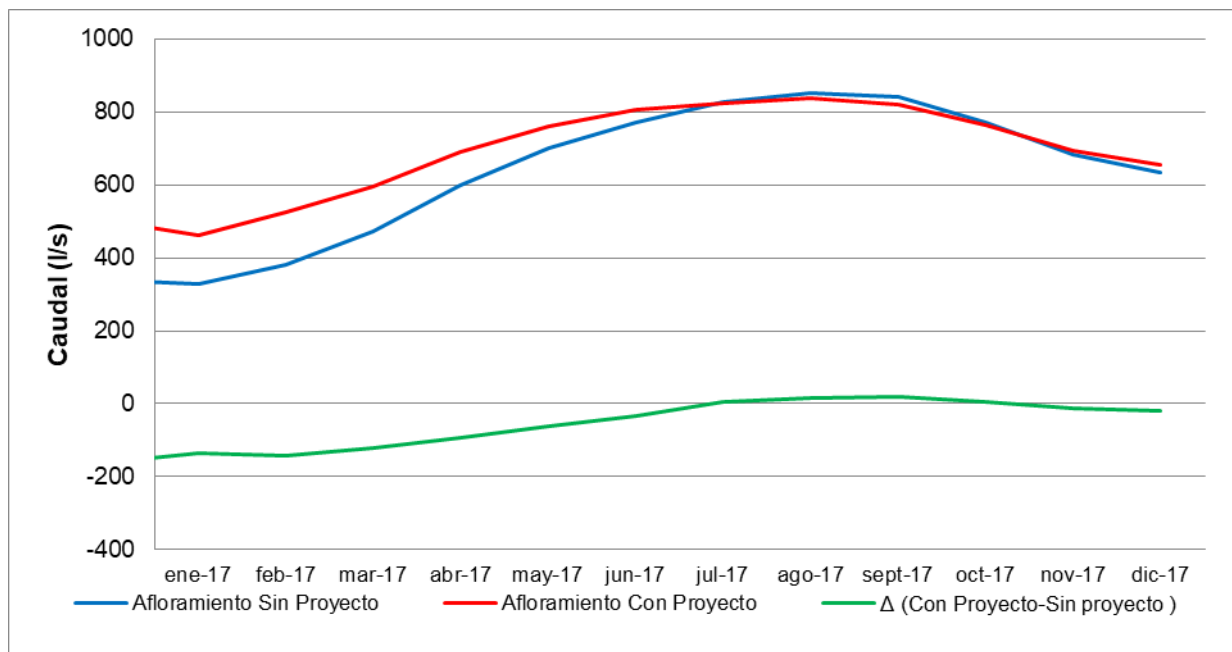
Tabla 6-3 Descensos registrados y proyectados en el punto PMR-01

Descenso registrado (m)	Descenso proyectado (m)	Activación 1	Activación 2	Activación PMD
-1,67	-0,22	663	-1,45	Sí

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 310 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 a diciembre 2017



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 noviembre-diciembre 2017.

Mes	Afloramiento sin proyecto (L/s)	Afloramiento con proyecto (L/s)	Δ (Sin proyecto - Con Proyecto)	Activación 3
Nov-17	683,22	694,46	-11,25	No
Dic-17	634,89	654,68	-19,79	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.

Para el presente trimestre se observaron descensos, aumentos y estabilización de niveles. En general, las primeras áreas muestran un ascenso de nivel que viene luego de un descenso explicado por las precipitaciones que se han presentado en la zona en trimestres anteriores, situación que incluso generó el desborde de ríos, y como consecuencia problemas de acceso para algunos pozos. Desde el área 6 a la 10, los niveles se mantienen estabilizados desde el trimestre anterior, 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 continuidad de valores en alza, provenientes del trimestre anterior, pero dentro de una estacionalidad muy marcada. Cabe señalar que la disminución registrada en los meses de verano del año 2017 es menor a la registrada durante el año 2016 en el Área 11, mientras que en el Área 12 se observan niveles en los meses de verano de 2017 de una magnitud similar a lo observado en el mismo periodo del año 2016. Para el caso de los meses de verano del último trimestre, no existe un descenso, sino un aumento de los niveles, alcanzando los máximos históricos en el último mes de estudio. Cabe destacar que, en el pozo PMR-27 cuenta sólo con mediciones de datos manuales en el periodo de estudio actual, el cual continua la tendencia positiva del último tiempo. Por su parte, el pozo PMR-30, presenta un desfase entre los valores continuos y manuales, lo que, de acuerdo a la serie histórica se advierte que existe un error en la medición de los niveles continuos. 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 27 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. 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 los pozos de remediación ubicados en el sector La Brea, PBB-1 y BRW-01, que superan el valor límite en el mes de noviembre y BRW-02, para todo el periodo de estudio, lo anterior, 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, en el mes de noviembre se mantuvo la tendencia del trimestre anterior, donde el pozo PMR-01 presentó un descenso observado mayor al proyectado, superando los umbrales establecidos. Esta situación cambió en los meses siguientes, por lo que actualmente no se encuentra activo el PMD. Además, cabe mencionar que 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

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