



Design & Consultancy  
for natural and  
built assets

## 5135 - MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

CÓDIGO Arcadis: N° 5135-1000-RH-INF-003

### INFORME TRIMESTRAL AGOSTO 2019-OCTUBRE 2019

DICIEMBRE 2019

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	N. Vásquez	C. Huichaquelén	G. Sepúlveda	Coordinación Interna
	Fecha	27.11.19	28.11.19	02.12.19	
B	Nombre Firma	N. Vásquez	G. Sepúlveda	G. Sepúlveda	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	03.12.19	05.12.19	11.12.19	
C	Nombre Firma	N. Vásquez	G. Sepúlveda	G. Sepúlveda	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	30.12.19	30.12.19	30.12.19	
0	Nombre Firma	N. Vásquez	G. Sepúlveda	G. Sepúlveda	Aprobado Cliente
	Fecha	31.12.19	31.12.19	31.12.19	

# CONTACTOS

**GABRIELA SEPÚLVEDA**  
**Jefe de Proyecto**

**T.** +56 2 23816195  
**e** [gabriela.sepulveda@arcadis.com](mailto:gabriela.sepulveda@arcadis.com)

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

# CONTENIDO

<b>1 RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
4.1 Descripción del proyecto y área de estudio .....	16
4.1.1 Modelo Conceptual Acuífero río Copiapó .....	16
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 .....	35
4.4.1 Nivel Embalse Lautaro .....	35
4.4.2 Medición de niveles de pozos .....	35
4.4.3 Medición de caudales .....	35
4.5 Materiales y equipos utilizados.....	35
4.6 Incertidumbres asociadas a los métodos utilizados .....	36
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
5.1 Datos pluviométricos .....	37
5.2 Datos fluviométricos .....	39
5.2.1 Datos fluviométricos estaciones DGA.....	39
5.2.2 Datos fluviométricos medidos por MLCC.....	41
5.3 Niveles piezométricos pozos DGA .....	43
5.4 Niveles piezométricos pozos de monitoreo MLCC .....	47
5.5 Niveles piezométricos pozos de bombeo MLCC.....	73
5.6 Extracciones Pozos de Bombeo MLCC.....	87
5.7 Nivel en Embalse Lautaro .....	116
5.8 Variación de nivel en pozos de control .....	118
<b>6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>127</b>
6.1 Pluviometría y fluviometría.....	127
6.2 Evolución de niveles piezométricos.....	128
6.3 Volumen/Caudal bombeado .....	133
6.4 Umbrales de activación Plan de Monitoreo Dinámico (PMD) .....	134
<b>7 CONCLUSIONES .....</b>	<b>138</b>
<b>8 REFERENCIAS .....</b>	<b>140</b>

## ANEXOS

Anexo A	Responsables y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control y elaboración de informe
Anexo B	Acreditación ETFA de SGS
Anexo C	Nivel Manual de Pozos de Monitoreo
Anexo D	Nivel Manual de Pozos de Bombeo
Anexo E	Caudal y Volumen Bombeado
Anexo F	Caudales Superficiales MLCC
Anexo G	Procedimiento SGS para medición de niveles con pozómetro
Anexo H	Metodología para mediciones caudales e Instructivo de manejo de molinete
Anexo I	Trazabilidad de mediciones de caudal y nivel
Anexo J	Fotografías de pozos que no pudieron ser medidos
Anexo K	Planillas de caudal y niveles según formato Res N° 894 SMA (Digital)
Anexo L	Diagramas construcción pozos

## TABLAS

Tabla 1-1: Hitos importantes a considerar. ....	11
Tabla 2-1: Instituciones y/o equipos de trabajo responsables de las actividades relacionadas para la elaboración del presente informe. ....	14
Tabla 4-1: Hitos importantes a considerar. ....	16
Tabla 4-2: Puntos de monitoreo PMR. ....	20
Tabla 4-3: Cotas puntos de monitoreo PMR. ....	21
Tabla 4-4: Pozos de monitoreo DGA. ....	25
Tabla 4-5: Pozos de bombeo. ....	25
Tabla 4-6: Estaciones fluviométricas DGA. ....	27
Tabla 4-7: Estaciones fluviométricas PMR. ....	27
Tabla 4-8: Estaciones pluviométricas DGA. ....	27
Tabla 4-9: Características de puntos de monitoreo PMR. ....	30
Tabla 5-1: Precipitación media mensual y anual (mm) para el período 1985-2019. ....	38
Tabla 5-2: Caudal medio mensual y anual (m <sup>3</sup> /s). ....	41
Tabla 5-3: Nivel mensual Embalse Lautaro [m]. ....	117
Tabla 5-4: Puntos de control PMD. ....	118
Tabla 6-1: Probabilidades de excedencia de caudales medios mensuales para las estaciones fluviométricas consideradas. ....	127
Tabla 6-2: Resumen con la tendencia de cada PMR para el trimestre ago/2019-oct/2019. ....	133
Tabla 6-3: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (niveles), periodo agosto 2019 a octubre 2019. ....	135



Tabla 6-4: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (caudal), periodo agosto 2019-octubre 2019.....	137
---	-----

## 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. ....	34
Figura 5-1: Precipitación mensual promedio entre estaciones analizadas para el mes de agosto Periodo 1985-2019. ....	37
Figura 5-2: Precipitación mensual promedio entre estaciones analizadas para el mes de septiembre. Periodo 1985-2019.....	38
Figura 5-3: Precipitación mensual promedio entre estaciones analizadas para el mes de octubre Periodo 1985-2019. ....	38
Figura 5-4: Caudal medio mensual periodo mayo 2018 – octubre 2019.....	39
Figura 5-5: Caudal medio mensual periodo mes de agosto años 1985-2019.....	40
Figura 5-6: Caudal medio mensual periodo mes de septiembre años 1985-2019.....	40
Figura 5-7: Caudal medio mensual periodo mes de octubre años 1985-2019.....	40
Figura 5-8: Caudal instantáneo medido mensualmente en puntos de aforo. ....	41
Figura 5-9: Caudal instantáneo para mes de agosto según aforos MLCC.....	42
Figura 5-10: Caudal instantáneo para mes de septiembre según aforos MLCC.....	42
Figura 5-11: Caudal instantáneo para mes de octubre según aforos MLCC. ....	43
Figura 5-12: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo El Rodeo. ....	44
Figura 5-13: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Escuela 17 Los Loros. ....	44
Figura 5-14: Profundidad del agua subterránea en el pozo DGA Vegas El Giro. ....	45
Figura 5-15: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Calquis. ....	45
Figura 5-16: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Seca. ....	46
Figura 5-17: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Iglesia Colorada. ....	46
Figura 5-18: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Fundo La Puerta. ....	47
Figura 5-19: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Embalse Lautaro.....	47
Figura 5-20: Área 1. ....	48
Figura 5-21: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-01.....	49
Figura 5-22: Área 2. ....	49
Figura 5-23: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-02.....	50
Figura 5-24: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-03.....	50
Figura 5-25: Área 3. ....	51
Figura 5-26: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-04.....	51

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

Figura 5-27: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-05.....	52
Figura 5-28: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-06.....	52
Figura 5-29: Área 4. ....	53
Figura 5-30: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-07.....	54
Figura 5-31: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-08.....	54
Figura 5-32: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-09.....	55
Figura 5-33: Área 5. ....	56
Figura 5-34: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-10.....	57
Figura 5-35: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-11.....	57
Figura 5-36: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-12.....	58
Figura 5-37: Área 6. ....	59
Figura 5-38: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-13.....	60
Figura 5-39: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-14.....	60
Figura 5-40: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-15.....	61
Figura 5-41: Área 7. ....	62
Figura 5-42: Área 8. ....	63
Figura 5-43: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-16.....	63
Figura 5-44: Área 9. ....	64
Figura 5-45: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-17.....	64
Figura 5-46: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-18.....	65
Figura 5-47: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-19.....	65
Figura 5-48: Área 10. ....	66
Figura 5-49: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-20.....	66
Figura 5-50: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-21.....	67
Figura 5-51: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-22.....	67
Figura 5-52: Área 11. ....	68
Figura 5-53: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-23.....	68
Figura 5-54: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-24.....	69
Figura 5-55: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-25.....	69
Figura 5-56: Área 12. ....	70
Figura 5-57: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-26.....	70
Figura 5-58: Profundidad del agua subterránea en el pozo PMR-27. ....	71
Figura 5-59: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-28.....	71
Figura 5-60: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-29.....	72
Figura 5-61: Área 13. ....	72
Figura 5-62: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-30.....	73
Figura 5-63: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-31.....	73

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

Figura 5-64: Nivel de agua subterránea en el pozo WE-01.....	74
Figura 5-65: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-01.....	74
Figura 5-66: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-02.....	75
Figura 5-67: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-03.....	75
Figura 5-68: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-04.....	76
Figura 5-69: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-1.....	76
Figura 5-70: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-2.....	77
Figura 5-71: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-3.....	77
Figura 5-72: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-4.....	78
Figura 5-73: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-5.....	78
Figura 5-74: Nivel de agua subterránea en el pozo PR-01.....	79
Figura 5-75: Nivel de agua subterránea en el pozo PRD-1.....	79
Figura 5-76: Nivel de agua subterránea en el pozo PPO-1.....	80
Figura 5-77: Nivel de agua subterránea en el pozo PPR-1.....	80
Figura 5-78: Nivel de agua subterránea en el pozo PDB-1.....	81
Figura 5-79: Nivel de agua subterránea en el pozo PEL-1.....	81
Figura 5-80: Nivel de agua subterránea en el pozo PAF-1.....	82
Figura 5-81: Nivel de agua subterránea en el pozo PNI-1.....	82
Figura 5-82: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-08B.....	83
Figura 5-83: Nivel de agua subterránea en el pozo POB-07A.....	83
Figura 5-84: Nivel de agua subterránea en el pozo PBB-1.....	84
Figura 5-85: Nivel de agua subterránea en el pozo BRW-01.....	84
Figura 5-86: Nivel de agua subterránea en el pozo BRW-02.....	85
Figura 5-87: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-08.....	85
Figura 5-88: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-01.....	86
Figura 5-89: Nivel de agua subterránea en el pozo CRW-02.....	86
Figura 5-90: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-02.....	87
Figura 5-91: Nivel de agua subterránea en el pozo PBC-06.....	87
Figura 5-92: Volumen mensual total bombeado por MLCC.....	88
Figura 5-93: Caudal medio mensual total bombeado por MLCC.....	88
Figura 5-94: Volumen mensual bombeado pozo WE-01.....	89
Figura 5-95: Caudal medio mensual bombeado pozo WE-01.....	89
Figura 5-96: Volumen mensual bombeado pozo WP-01.....	90
Figura 5-97: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-01.....	90
Figura 5-98: Volumen mensual bombeado pozo WP-02.....	91
Figura 5-99: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-02.....	91
Figura 5-100: Volumen mensual bombeado pozo WP-03.....	92

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

Figura 5-101: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-03. ....	92
Figura 5-102: Volumen mensual bombeado pozo WP-04. ....	93
Figura 5-103: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-04. ....	93
Figura 5-104: Volumen mensual bombeado pozo CCH-1. ....	94
Figura 5-105: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-1. ....	94
Figura 5-106: Volumen mensual bombeado pozo CCH-2. ....	95
Figura 5-107: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-2. ....	95
Figura 5-108: Volumen mensual bombeado pozo CCH-3. ....	96
Figura 5-109: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-3. ....	96
Figura 5-110: Volumen mensual bombeado pozo CCH-4. ....	97
Figura 5-111: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-4. ....	97
Figura 5-112: Volumen mensual bombeado pozo CCH-5. ....	98
Figura 5-113: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-5. ....	98
Figura 5-114: Volumen mensual bombeado pozo PR-01. ....	99
Figura 5-115: Caudal medio mensual bombeado pozo PR-01. ....	99
Figura 5-116: Volumen mensual bombeado pozo PPO-01. ....	100
Figura 5-117: Caudal medio mensual bombeado pozo PPO-01. ....	100
Figura 5-118: Volumen mensual bombeado pozo PPR-01. ....	101
Figura 5-119: Caudal medio mensual bombeado pozo PPR-01. ....	101
Figura 5-120: Volumen mensual bombeado pozo PDB-1. ....	102
Figura 5-121: Caudal medio mensual bombeado pozo PDB-1. ....	102
Figura 5-122: Volumen mensual bombeado pozo PEL-1. ....	103
Figura 5-123: Caudal medio mensual bombeado pozo PEL-1. ....	103
Figura 5-124: Volumen mensual bombeado pozo PNI-1. ....	104
Figura 5-125: Caudal medio mensual bombeado pozo PNI-1. ....	104
Figura 5-126: Volumen mensual bombeado pozo PRE-2. ....	105
Figura 5-127: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-2. ....	105
Figura 5-128: Volumen mensual bombeado pozo PRE-3. ....	106
Figura 5-129: Caudal medio mensual bombeado pozo PRE-3. ....	106
Figura 5-130: Volumen mensual bombeado pozo de remediación POB-08B. ....	107
Figura 5-131: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación POB-08B. ....	107
Figura 5-132: Volumen mensual bombeado pozo de remediación POB-07A. ....	108
Figura 5-133: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación POB-07A. ....	108
Figura 5-134: Volumen mensual bombeado pozo de remediación PBB-1. ....	109
Figura 5-135: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación PBB-1. ....	109
Figura 5-136: Volumen mensual bombeado pozo de remediación BRW-01. ....	110
Figura 5-137: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación BRW-01. ....	110

Figura 5-138: Volumen mensual bombeado pozo de remediación BRW-02.....	111
Figura 5-139: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación BRW-02.....	111
Figura 5-140: Volumen mensual bombeado pozo de remediación PBC-08.....	112
Figura 5-141: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación PBC-08.....	112
Figura 5-142: Volumen mensual bombeado pozo de remediación CRW-01. ....	113
Figura 5-143: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación CRW-01. ....	113
Figura 5-144: Volumen mensual bombeado pozo de remediación CRW-02. ....	114
Figura 5-145: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación CRW-02. ....	114
Figura 5-146: Volumen mensual bombeado pozo de remediación PBC-02.....	115
Figura 5-147: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación PBC-02.....	115
Figura 5-148: Volumen mensual bombeado pozo de remediación PBC-06.....	116
Figura 5-149: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación PBC-06.....	116
Figura 5-150: Niveles en embalse Lautaro. ....	118
Figura 5-151: Puntos de control PMD. ....	120
Figura 5-152: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-01.....	121
Figura 5-153: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-03.....	121
Figura 5-154: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-06.....	122
Figura 155: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-09. ....	122
Figura 5-156: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-12.....	123
Figura 5-157: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-14.....	123
Figura 5-158: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-16.....	124
Figura 5-159: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-19.....	124
Figura 5-160: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-22.....	125
Figura 5-161: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-25.....	125
Figura 5-162: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-29.....	126
Figura 5-163: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-31.....	126
Figura 6-1: Caudal pasante en el sector La Puerta. En negro se encuentran los límites de activación del PMD.....	136

## 1 RESUMEN

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

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

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

En el contexto del PMD se definieron 13 áreas de control (Figura 1-1), las que comprenden el valle del río Copiapó desde el sector Mina Caserones hasta el sector de la Puerta, donde se considera monitorear el nivel del agua subterránea en 31 pozos. De estos 31 pozos, 12 corresponden a pozos de control donde se evalúan las variaciones de niveles registradas en relación con las variaciones proyectadas por el modelo hidrogeológico para cada mes, siendo 12 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 agosto y octubre de 2019 para el cual es pertinente tener en consideración lo siguiente:

- A la fecha de emisión del presente reporte, la Dirección General de Aguas (DGA) no ha publicado información oficial de caudal ni de precipitaciones para el trimestre agosto–octubre 2019 a nivel diario. Para suplir la falta de información diaria, se obtienen los montos mensuales a partir de la información horaria (en tiempo real) en aquellas estaciones que tenga dicha información disponible.
- Las simulaciones de descensos de niveles proyectados se efectuaron con el modelo numérico Actualización 2019, el cual fue calibrado con los registros de niveles de 50 pozos de monitoreo para el período comprendido entre enero de 1986 a enero de 2018. La actualización del modelo 2019 contó con la verificación de la calibración, incorporando información hasta enero de 2019.
- El error global de calibración del modelo de actualización 2019 se ajusta a los lineamientos sugeridos por SEA (2012). No obstante, 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.
- Durante el mes de octubre de 2019 sólo se pudieron efectuar las mediciones manuales de nivel en los PMR-10 y PMR-12 debido a las dificultades en desplazamiento e itinerarios, además de inseguridad para el personal, producto de la contingencia nacional.

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

Como resumen del presente reporte, se puede indicar que, en términos generales, las variaciones de nivel observadas están relacionadas principalmente a las condiciones hidrológicas, como también al funcionamiento del embalse Lautaro (pozos aguas abajo) y bombeo de los pozos, tanto de terceros como de MLCC.

En general, las áreas en la cabecera de la cuenca muestran variaciones de nivel asociadas a los meses de verano e invierno, con un leve descenso en el caso del pozo PMR-01 desde enero de 2019 y que se mantiene hasta octubre de 2019. En el área 2, los niveles de los pozos se han mantenido estables (PMR-02 y PMR-03). Los pozos del área 3 (PMR-04, PMR-05 y PMR-06), por su parte, muestran diferentes tendencias para este trimestre. El comportamiento del pozo PMR-04 es diferente al de los PMR-05 y PMR-06 debido a que cerca de estos últimos existen pozos de bombeo.

La mayoría de los pozos ubicados en el área 4 no presentan datos para este trimestre (PMR-07, PMR-08 y PMR-09). El PMR-09 no cuenta con datos desde febrero de 2019 debido al robo del sensor, y se está trabajando para su debida reposición. En el área 5, el pozo PMR-10, ubicado en la cuenca de río Jorquera, presenta una tendencia decreciente desde julio de 2017, mientras que el PMR-11 registra niveles continuos al alza. En el PMR-12 se renuevan las mediciones manuales en agosto de 2019.

En el área 6 y 8 se observa un descenso constante en el PMR-13 a partir de febrero de 2018, mientras que los pozos PMR-14, PMR-15, PMR-16 y PMR-17, presenta una estabilización para el presente trimestre. Por su parte, los pozos del área 9 y 10 registran una estabilidad en su nivel, excepto el pozo PMR-21 que muestra un comportamiento cíclico al alza durante el trimestre agosto-octubre de 2019, aunque la máxima variación no supera los dos metros. Finalmente, a partir del área 11 en adelante, los pozos muestran el comportamiento cíclico visualizado en años anteriores, a excepción del PMR-29, el cual mantiene sus niveles estables.

Cabe indicar que para este trimestre no se registra monitoreo continuo de nivel en los pozos, PMR-07, PMR-08, PMR-09, PMR-10, PMR-12, PMR-13, PMR-14, PMR-15, PMR-17, PMR-18, PMR-19, PMR-22, PMR-23, PMR-24, PMR-25, PMR-26, PMR-28, PMR-29, PMR-30 y PMR-31. Para subsanar estos inconvenientes se plantea realizar trabajos de despeje y limpieza de pozos, lo que permitirá acceder a las instalaciones y el reemplazo de componentes dañados o faltantes.

Respecto a los datos registrados, los pozos PMR-07, PMR-08, PMR-09, PMR-11 y PMR-21 no tienen medición manual por falta de acceso por deterioro y acumulación de barro durante todo el periodo analizado, y, como ya se señaló, durante el mes de octubre, sólo los pozos PMR-10 y PMR-12 cuentan con mediciones manuales.

Si bien se tiene información de nivel en el pozo PMR-12 para el presente trimestre, no es posible verificar la variación del nivel respecto al mes de enero (no se tiene medición para ese mes) y, por lo tanto, se mantiene la activación del PMD en este pozo, por no poderse corroborar su desactivación. Como medida paliativa a la activación del PMD en este pozo, se limita la extracción del pozo PR-01, lo cual se cumple en este trimestre, pues no se excede el límite de extracción de 16,5 (l/s) impuesto por la activación.

Respecto a las extracciones de agua desde los pozos de bombeo, cabe indicar que en el pozo de remediación BRW-02 se supera levemente el caudal otorgado durante el mes de agosto de 2019, en 0,05 l/s, debido a la necesidad de remediación (para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver informes del PMR relativos a Calidad). Asimismo, cabe señalar que el bombeo en los pozos de remediación considera aguas de contacto (naturales y de proceso), y que esta excedencia puntual no tiene efectos en la disponibilidad de aguas pues, conforme a estudios isotópicos disponibles (GP Consultores, 2018) la barrera hidráulica en la quebrada La Brea extrae en conjunto, un caudal de agua natural por debajo de los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados a MLCC en la cuenca que además corresponden a la totalidad de la recarga. En el resto de los pozos de bombeo, todos los caudales de extracción se encuentran bajo los caudales aprobados por la RCA 013/2010.



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

Por su parte, 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.

Cabe indicar que en este reporte se incorpora el formato para presentar los datos brutos de los caudales superficiales y subterráneos, así como los niveles de agua subterránea según lo indicado en la Res. N°894 SMA el día 14 de junio de 2019. Adicionalmente, a partir de este trimestre, los caudales de extracción se calcularán como el valor medio entre mediciones, según RES. EX 1238/2019.

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

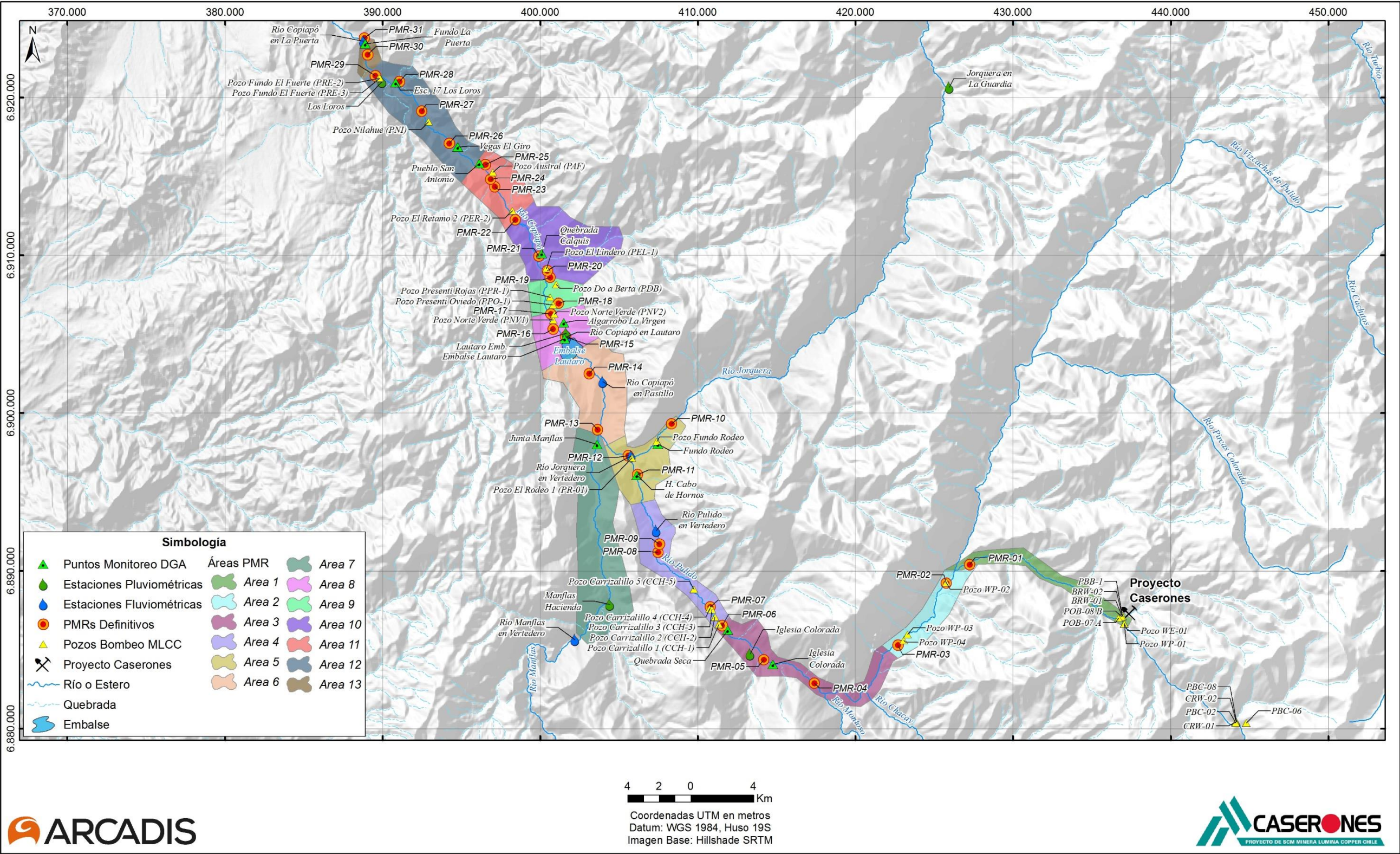
**Tabla 1-1: Hitos importantes a considerar.**

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

Fuente: Elaboración propia



Figura 1-1: Ubicación Puntos de Monitoreo.



N:\Cartografía\PY4785\03 PRODUCTO\031 MXD\4785-20170119\_PtosMonitoreo&Bombeo\_Estaciones.mxd

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 (sectores hidrogeológicos 1 y 2). De estos derechos, se encuentra aprobado bombear un caudal que no supere los 518 l/s promedio anual.

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

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

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

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

Para la implementación del PMR, se comprometió la habilitación de 31 pozos de monitoreo y 5 estaciones fluviométricas, distribuidos en 13 Áreas definidas dentro de los sectores hidrogeológicos 1 y 2 del acuífero del río Copiapó, y la entrega de informes trimestrales a la autoridad. A la fecha se encuentran construidas cuatro de las cinco estaciones fluviométricas comprometidas (sector Ramadillas) las que presentan problemas en la transmisión de los registros, 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 de agosto de 2019 a octubre de 2019, el cual ha sido confeccionado por Arcadis basado en la información de monitoreo proporcionada por MLCC, obtenida por la ETF A SGS Chile Ltda., y a los resultados del modelo hidrogeológico

actualización 2019 (Arcadis, 2019). Adicionalmente, se ha trabajado con datos obtenidos de la página web de la DGA correspondiente a la información disponible 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 ni de precipitación para el periodo agosto de 2019 a octubre de 2019 a escala diaria. Debido a esto, la estimación de los montos mensuales se obtiene a partir de datos horarios en aquellas estaciones en las que estén publicadas los datos en tiempo real.
- Las simulaciones de descensos de niveles proyectados se efectuaron con el modelo numérico de actualización 2019 actualizado y calibrado con los registros de niveles de 50 pozos de monitoreo para el período comprendido entre enero-1986 a enero-2018. La actualización del modelo 2019 contó con la verificación de la calibración incorporando la información disponible hasta enero de 2019.
- El error global de calibración del modelo de actualización 2019 se ajusta a los lineamientos sugeridos por SEA (2012) y el grado de ajuste de los pozos del PMR presentan mejoras en cuanto a cota y tendencia respecto de los resultados obtenidos con el modelo de actualización 2018. No obstante, 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.
- Durante el mes de octubre de 2019 sólo se pudieron efectuar las mediciones manuales de nivel en los PMR-10 y 12 debido a las dificultades en desplazamiento e itinerarios, además de inseguridad para el personal, producto de la contingencia nacional.
- El caudal bombeado es menor al aprobado ambientalmente para el proyecto. Sin embargo, es pertinente indicar que en el pozo de remediación BRW-02 se presentó un exceso de caudal bombeado equivalente a 0,05 l/s en el mes de agosto, debido a la necesidad de remediación (para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver informes del PMR relativos a Calidad).

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

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

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

Fuente: Elaboración propia

### 3 OBJETIVOS

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

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

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

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 de monitoreo 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 la revisión de la calibración del modelo para verificar que los niveles simulados se ajustan a los niveles observados, y por otro lado se ampliará la base de información de la cuenca hídrica asociada.

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

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

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

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

### 4.1 Descripción del proyecto y área de estudio

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

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

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

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

Se debe señalar que existen 3 hitos importantes, los que se indican en la Tabla 4-1 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.
- 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.



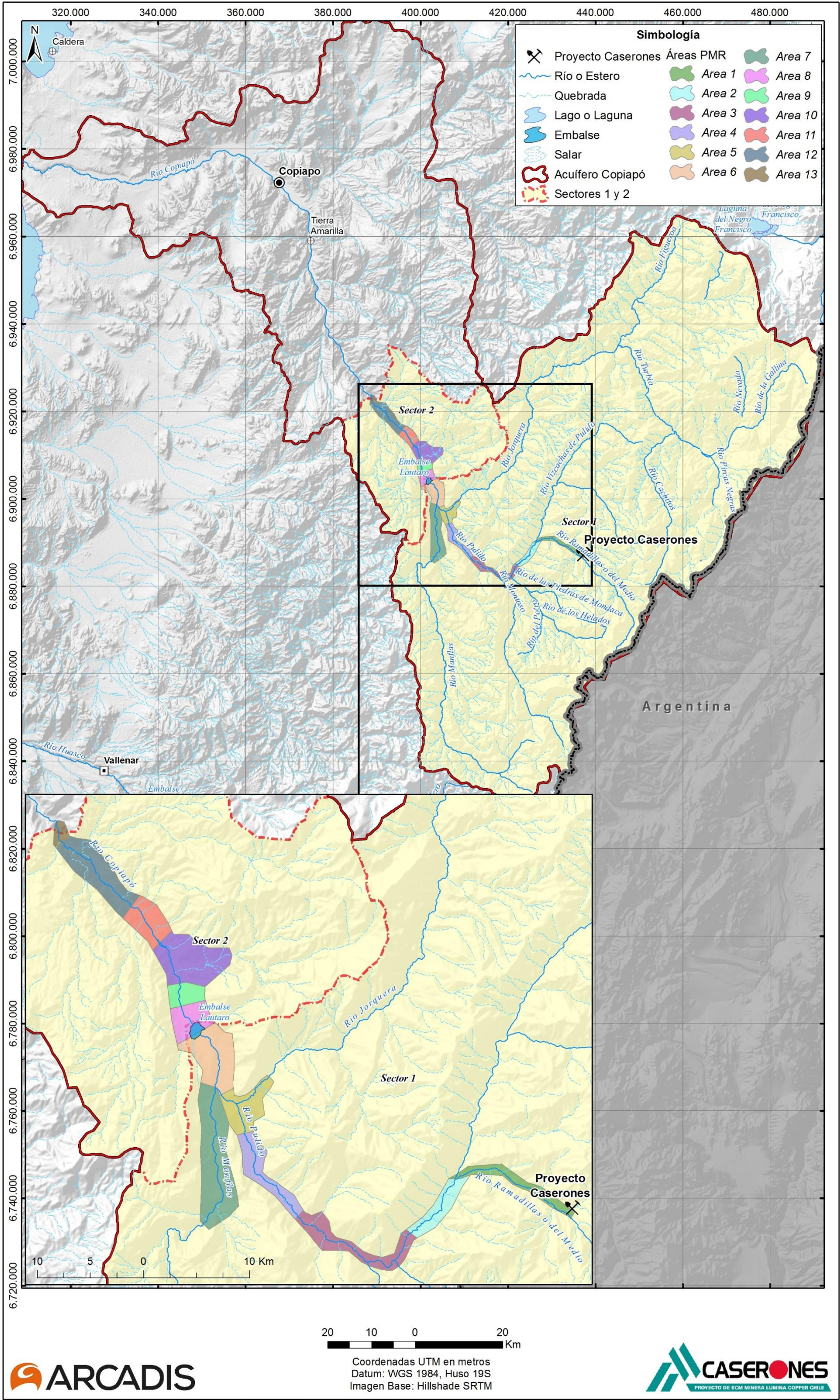
## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

- 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.





## 4.2 Ubicación de puntos de monitoreo

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

### 4.2.1 Monitoreo de agua subterránea

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

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

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Observaciones
			Este (m)	Norte (m)	
1	PMR-01	WE-03	427.246	6.890.393	Pozo Definitivo
2	PMR-02	WE-04	425.771	6.889.222	Pozo Definitivo
	PMR-03	WE-05	422.696	6.885.305	Pozo Definitivo
3	PMR-04	PMR-04	417.382	6.882.873	Pozo Definitivo
	PMR-05	PMR-05	414.179	6.884.363	Pozo Definitivo, ubicado a 667 m de pozo de monitoreo DGA Iglesia Colorada
	PMR-06	PMR-06	411.547	6.886.533	Pozo Definitivo, ubicado a 456 m de pozo de monitoreo DGA Quebrada Seca
4	PMR-07	PMR-07	410.793	6.887.712	Pozo Definitivo
	PMR-08	PMR-08	407.531	6.890.843	Pozo Definitivo
	PMR-09	PMR-09	407.370	6.892.746	Pozo Definitivo
5	PMR-10	PMR-10	408.324	6.899.324	Pozo Definitivo
	PMR-11	PMR-11	406.172	6.896.074	Pozo Definitivo
	PMR-12	PMR-12	405.581	6.897.305	Pozo Definitivo
6	PMR-13	PMR-13	403.644	6.898.953	Pozo Definitivo
	PMR-14	PMR-14	403.110	6.902.509	Pozo Definitivo
	PMR-15	EMBALSE LAUTARO	401.601	6.904.840	Pozo Definitivo
8	PMR-16	PMR-16	400.814	6.905.340	Pozo Definitivo
9	PMR-17	PMR-17	400.663	6.906.278	Pozo Definitivo
	PMR-18	PMR-18	401.161	6.906.962	Pozo Definitivo
	PMR-19	PMR-19	400.637	6.908.596	Pozo Definitivo
10	PMR-20	PMR-20	400.443	6.909.039	Pozo Definitivo
	PMR-21	QUEBRADA CALQUIS	400.681	6.909.587	Pozo Definitivo
	PMR-22	PMR-22	398.423	6.912.261	Pozo Definitivo
11	PMR-23	PMR-23	397.115	6.914.343	Pozo Definitivo
	PMR-24	PMR-24	396.848	6.914.822	Pozo Definitivo
	PMR-25	PMR-25	396.530	6.915.749	Pozo Definitivo
12	PMR-26	PMR-26	394.224	6.917.092	Pozo Definitivo ubicado a 590 m de pozo de monitoreo DGA Vega el Giro

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO

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

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Observaciones
			Este (m)	Norte (m)	
13	PMR-27	PMR-27	392.470	6.919.142	Pozo Definitivo
	PMR-28	PMR-28	390.539	6.921.216	Pozo Definitivo
	PMR-29	PMR-29	389.540	6.921.393	Pozo Definitivo
	PMR-30	PMR-30	389.050	6.922.721	Pozo Definitivo
	PMR-31	PMR-31	388.838	6.923.778	Pozo Definitivo ubicado a 318 m de pozo de monitoreo DGA Fundo La Puerta

Fuente: Elaboración propia

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

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

Área	Pozo Monitoreo	Nombre Pozo	Coordenadas UTM WGS 84 (Finales)		Cotas (msnm)				Cota utilizada
			Este (m)	Norte (m)	Punta de referencia	Base cemento	Superficie terreno	Cota DEM	
1	PMR-01	WE-03	427.246	6.890.393	-	2.161,45	-	2.161,45	2.161,45
2	PMR-02	WE-04	425.771	6.889.222	-	-	2.113,00	2.109,59	2.109,59
	PMR-03	WE-05	422.696	6.885.305		1.997,00	-	1.988,02	1.988,02
3	PMR-04	PMR-04	417.382	6.882.873	1.645,22	1.644,52	1.644,33	1.644,15	1.644,52
	PMR-05	PMR-05	414.179	6.884.363	1.556,30	1.555,64	1.555,46	1.555,73	1.555,64
	PMR-06	PMR-06	411.547	6.886.533	-	1.491,00	-	1.475,00	1.475,00
4	PMR-07	PMR-07	410.793	6.887.712	1.448,04	1.447,21	-	1.453,87	1.453,87
	PMR-08	PMR-08	407.531	6.890.843	(1,20-0,55)*	-	1.349	1.345,47	1.345,47
	PMR-09	PMR-09	407.370	6.892.746	(1,20-0,80)*	-	1.318	1.308,80	1.308,80
5	PMR-10	PMR-10	408.324	6.899.324	1.273,61	1.272,96	-	1.273,02	1.272,96
	PMR-11	PMR-11	406.172	6.896.074	(1,20-0,60)*	-	1.254	1.243,03	1.243,03
	PMR-12	PMR-12	405.581	6.897.305	1.220,45	1.219,67	-	1.219,90	1.219,67
6	PMR-13	PMR-13	403.644	6.898.953	1.186,22	1.185,40	1.185,20	1.185,11	1.185,40
	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

**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	
	PMR-19	PMR-19	400.637	6.908.596	1.072,93	1.072,10	-	1.072,10	1.072,10
10	PMR-20	PMR-20	400.443	6.909.039	1.069,01	1.068,18	-	1.068,18	1.068,18
	PMR-21	PMR-21	400.681	6.909.587	(1.2-1,05) *	-	1.082	1.090,94	1.090,94
	PMR-22	PMR-22	398.423	6.912.261	1.030,15	1.029,43	1.029,17	1.029,18	1.029,43
11	PMR-23	PMR-23	397.115	6.914.343	1.008,01	-	1.007,04	1.007,68	1.007,04
	PMR-24	PMR-24	396.848	6.914.822	1.002,49	-	1.001,52	1.001,70	1.001,52
	PMR-25	PMR-25	396.530	6.915.749	1.005,68	-	-	1.005,56	1.005,68
12	PMR-26	PMR-26	394.224	6.917.092	-	-	-	977,38	977,38
	PMR-27	PMR-27	392.470	6.919.142	950,75	949,98	-	950,63	949,98
	PMR-28	PMR-28	390.439	6.921.216	(1.20-0,55) *	-	958	948,02	948,02
	PMR-29	PMR-29	389.540	6.921.393	911,24	910,86	-	910,86	910,86
13	PMR-30	PMR-30	389.050	6.922.721	889,43	-	-	889,52	889,43
	PMR-31	PMR-31	388.838	6.923.778	883,82	883,25	883,04	883,01	883,25

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

Fuente: Elaboración propia

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

#### Área 2:

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

#### Área 3:

- Pozo PMR-04, ubicado aproximadamente a un kilómetro aguas abajo de la confluencia del río Montosa con el río Pulido. Sirve como punto de control de inicio del área.
- Pozo PMR-05, se ubica en las cercanías de pozos de Terceros, por lo que permitirá 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

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

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:

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.

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

- 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.
- 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.



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

- 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.**

Pozo de Bombeo	Nombre Pozo	Área	Coordenadas UTM WGS 84		Cota (msnm)	Derecho (l/s)
			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

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

Pozo de Bombeo	Nombre Pozo	Área	Coordenadas UTM WGS 84		Cota (msnm)	Derecho (l/s)
			Este	Norte		
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	66
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 <sup>(1)</sup>	PRD-1		407.395	6.898.202	1.248,03	55
PAF-1 <sup>(1)</sup>	Austral Fruit (Grossi)	Agrícola Atacama	397.000	6.915.270	1.008,00	25
PNI-1	Nilahue	Casa Rosada	392.897	6.918.494	964,70	25
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, en parte, del caudal del río que recarga el acuífero, es necesario conocer con detalle la fluvimetría de la zona. Por ello, es que se recopila la información disponible de la red hidrométrica de la DGA (Tabla 4-6). Cabe señalar que la publicación oficial de los datos por parte de la DGA tiene un desfase que puede llegar a 6 meses, lo que implica que no se cuente con la información completa a nivel diario para poder elaborar los informes trimestrales. Para atenuar 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. Además, para suplir la espera de los datos oficiales, se recurre a los datos horarios que la DGA tiene disponible en algunas estaciones del país, con los cuales se puede estimar momentáneamente los valores medios mensuales.

Adicionalmente, el PMR comprometió la construcción de 5 estaciones fluviométricas, de acuerdo con lo que se indica en la Tabla 4-7. De estas estaciones, cuatro están construidas. Cabe señalar que las

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

coordenadas originales de esta estación, aprobadas por la DGA<sup>1</sup>, difieren de las coordenadas definitivas (103 metros), las que ya fueron informadas a la autoridad respectiva. Las demás estaciones se encuentran construidas y habilitadas, restando a la fecha la construcción de la estación fluviométrica N° 5 Río Pulido, adicionalmente se cuenta con medición mensual que realiza MLCC en puntos de aforo cercanos a dichas estaciones.

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

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

Fuente: Elaboración propia, BNA

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

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

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

(2) Coordenadas señaladas provienen de información georreferenciada (archivo KMZ).

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).

**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

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

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

Estación	Código BNA	Años de Registro		Coordenadas UTM WGS 84 (originales)		Altitud (msnm)
				Este	Norte	
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

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).

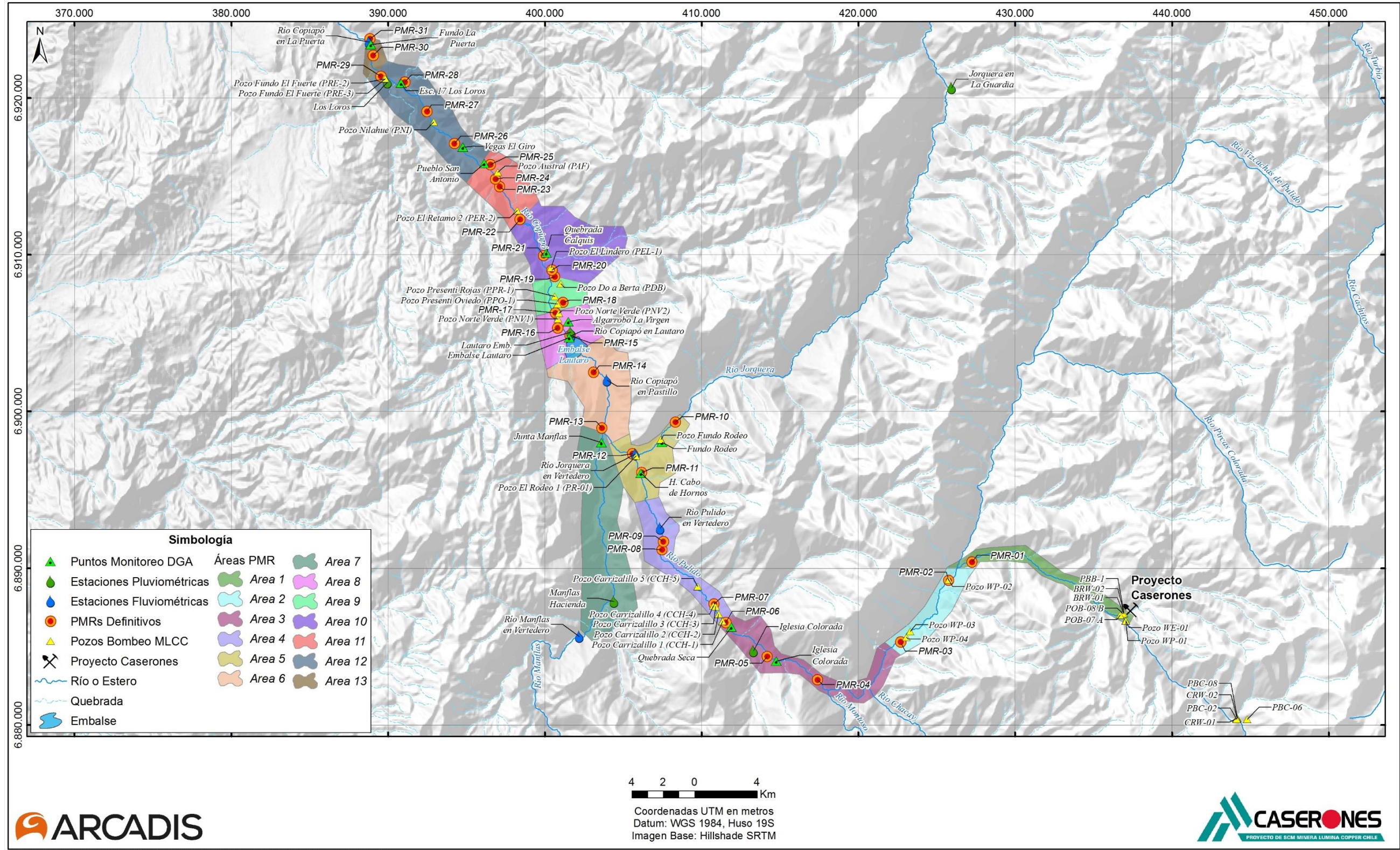
Aguas abajo del Embalse Lautaro, los niveles del agua subterránea serán dependientes de la forma de funcionamiento del embalse y del volumen de las extracciones por bombeo, esto debido al efecto regulador del embalse.

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 embalse.

En la 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.



N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170119\_PtosMonitoreo&Bombeo\_Estaciones.mxd

Fuente: Elaboración propia



### 4.3 Parámetros medidos para caracterizar las variables ambientales

En la presente sección 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 expresado 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 corrobora el nivel mensualmente, de manera rotativa, con un equipo denominado pozómetro que permite medir con precisión la profundidad a la cual se encuentra la napa desde una referencia. La medición se realiza manualmente por un operador. Para obtener el nivel del acuífero (cota en metros sobre el nivel del mar) se requiere adicionalmente conocer la cota del punto de referencia y/o de la superficie del terreno.

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

2. Volumen bombeado. La medición y registro del volumen bombeado en m<sup>3</sup> es un parámetro que permite cuantificar el caudal extraído en cada pozo en un periodo de tiempo determinado. Se instaló a la salida de los pozos de bombeo un caudalímetro totalizador que permita medir el volumen total bombeado para cada periodo de manera continua, de acuerdo al estándar exigido por la 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.

Para realizar el aforo de la sección, la medición de la velocidad se efectúa uniformemente (a una distancia constante, que suele ser el 10% del ancho de la sección), lo que posteriormente permite construir, luego de varios aforos, la 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	Pozo PMR habilitado trimestre Feb- Abr 2015
PMR-13	403.785	6.899.009	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
PMR-14	403.288	6.902.733	Nivel del Acuífero	Continuo	Pozo de Observación	
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	

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO

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

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
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	
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			



MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPO

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

Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
WP-03	423.337	6.885.982	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
WP-04	423.034	6.885.573	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-1	411.319	6.886.658	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-3	410.880	6.887.518	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-4	410.753	6.887.662	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
CCH-5	409.753	6.888.835	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			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			

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

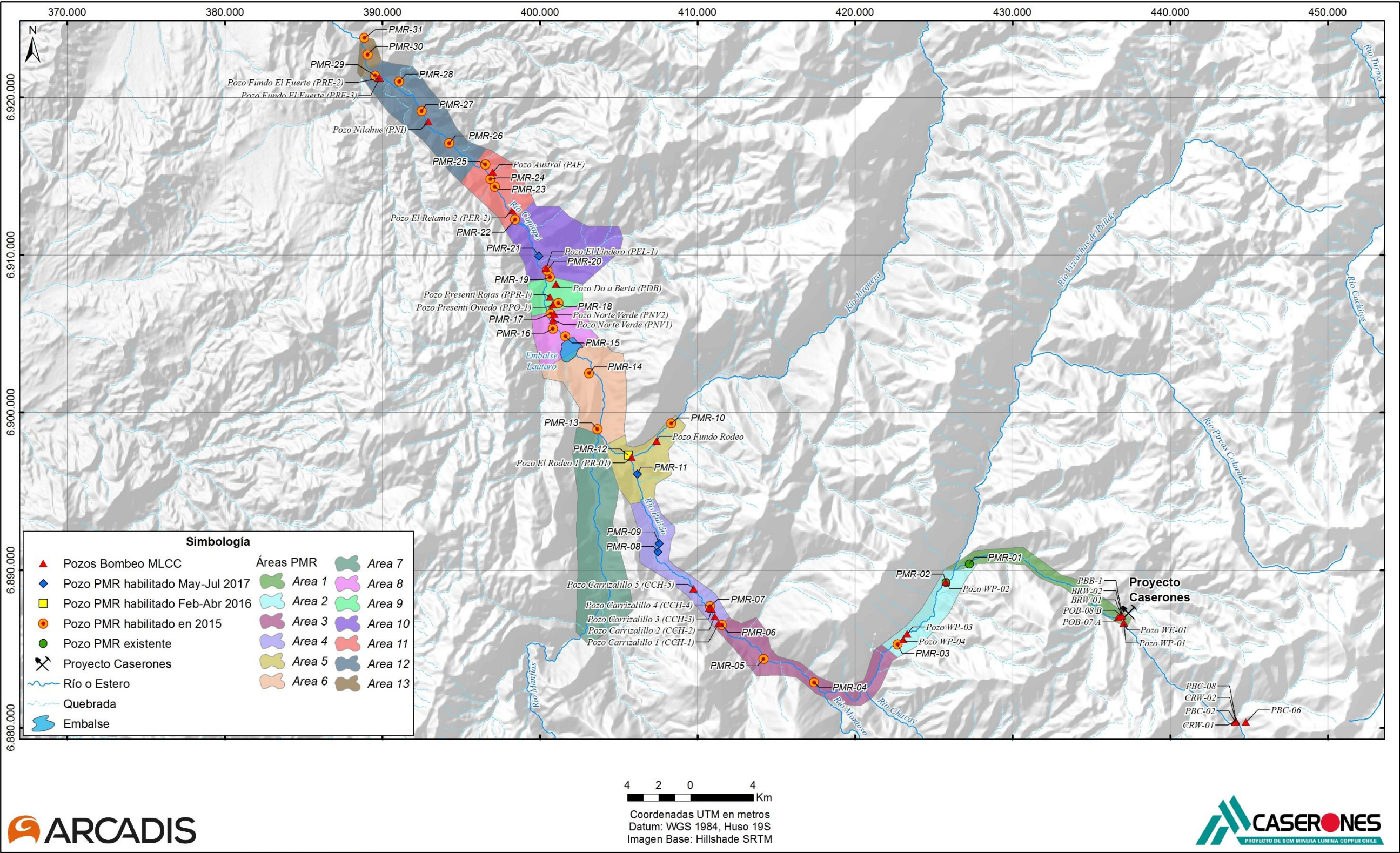
Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Variable	Frecuencia	Tipo	Estado pozos
	Este	Norte				
BRW-02	436.941	6.887.122	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
PBB-1	436.941	6.887.122	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	
			Volumen de extracción			
POB-08 B	436.872	6.887.098	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	
			Volumen de extracción			
CCH-2	411.100	6.887.095	Nivel del Acuífero	Mensual	Pozo de Bombeo	Sin 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 quien realice el muestreo, precisión de los equipos, representatividad de las muestras y calibración de equipos entre otros. El establecimiento de procedimientos pautados en la obtención de parámetros ambientales y su cumplimiento se realiza con el objetivo de minimizar y controlar las incertidumbres existentes.

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

Finalmente, la medición de volumen bombeado con caudalímetro la incertidumbre de la medición se asocia a la precisión de éste, la que varía entre  $\pm 0,2\%$  y  $\pm 0,5\%$  (según el sensor), lo que equivale aproximadamente a 0,1 l/s para los rangos que se miden en los pozos de bombeo, ya que la medición es continua. El detalle del error de medición para cada pozo se encuentra en las planillas con caudal de bombeo según formato SMA (Anexo K).

## 5 RESULTADOS

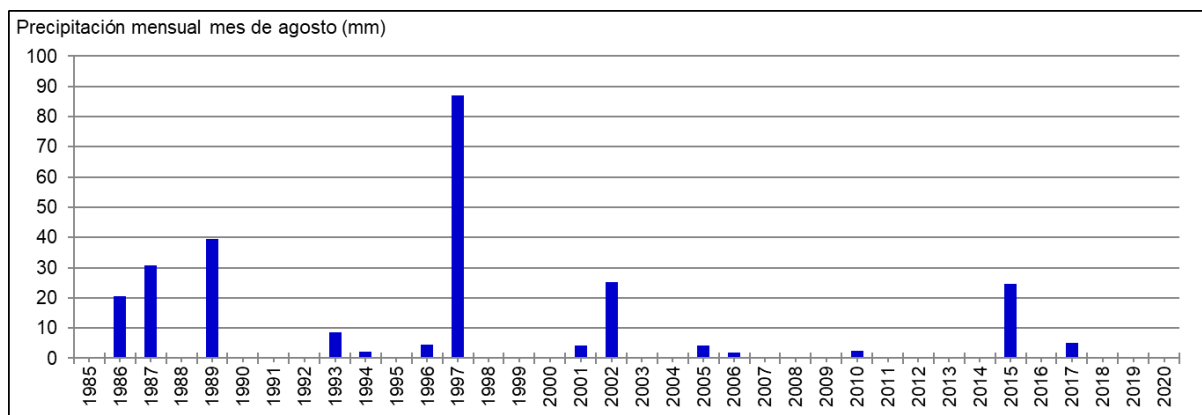
En este capítulo se presentan los datos de precipitación y caudal mensual registrado en las estaciones de la DGA, el nivel piezométrico medido por la DGA en su red de monitoreo, las mediciones de nivel en los pozos del PMR, los caudales de extracción de los pozos de bombeo y niveles del Embalse Lautaro.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

### 5.1 Datos pluviométricos

En esta sección se presentan los datos de precipitación diaria medida en las estaciones meteorológicas de la DGA, detalladas en la Tabla 4-8, las cuales abarcan hasta octubre de 2019. A pesar de que no existen datos diarios publicados, se recurre a los datos horarios o en “tiempo real”, los que se encuentran disponibles para la estación meteorológica Lautaro Embalse (03430006-2). En consecuencia, el promedio entre las estaciones para el trimestre agosto-octubre de 2019 sólo considera los datos de dicha estación meteorológica. A medida que la DGA publique los datos oficiales del resto de las estaciones, éstos serán actualizados en los reportes trimestrales correspondientes.

Para analizar el comportamiento histórico de las precipitaciones en los meses de este periodo, se presentan los siguientes gráficos (Figura 5-1 a Figura 5-3), que muestran el monto de precipitaciones mensuales promedio entre las estaciones en análisis, entre los años 1985 a 2019<sup>2</sup> (periodo aproximado de 34 años considerado adecuado para análisis hidrológicos). Cabe señalar que la estación Iglesia Colorada entró en funcionamiento el año 1988 (el análisis de los resultados se presenta en el capítulo 6.1).

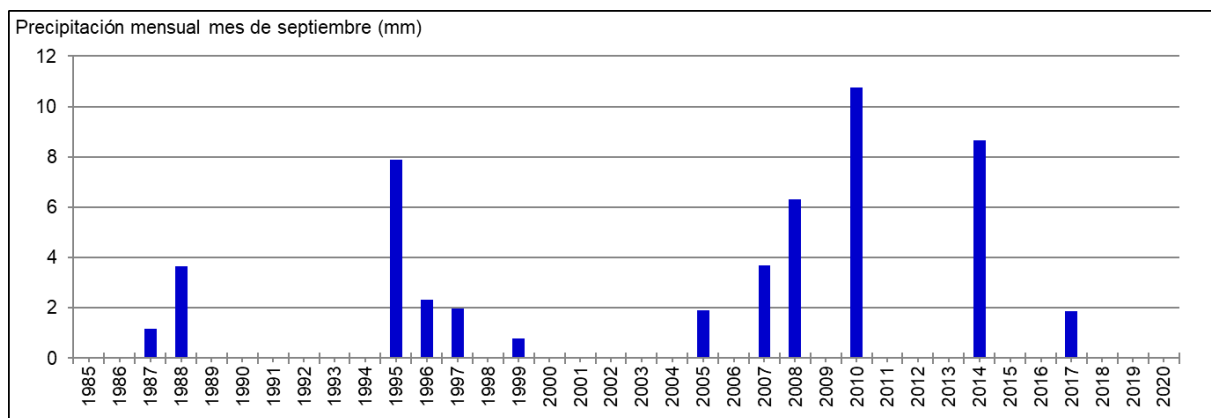
**Figura 5-1: Precipitación mensual promedio entre estaciones analizadas para el mes de agosto  
Periodo 1985-2019.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

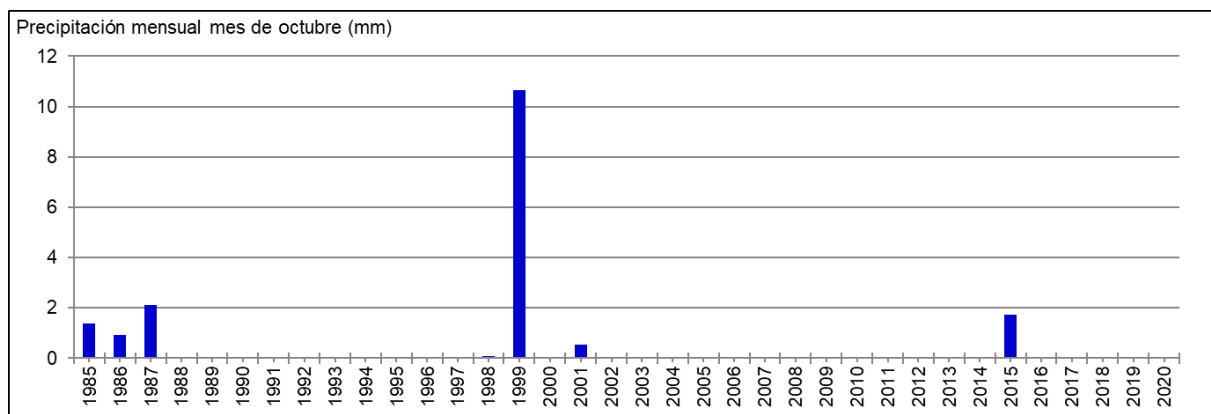
<sup>2</sup> Datos de agosto, septiembre y octubre de 2019 se encuentran publicados por la DGA sólo en tiempo real para la estación Lautaro Embalse.

**Figura 5-2: Precipitación mensual promedio entre estaciones analizadas para el mes de septiembre. Periodo 1985-2019.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA

**Figura 5-3: Precipitación mensual promedio entre estaciones analizadas para el mes de octubre. Periodo 1985-2019.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA

Finalmente, en la Tabla 5-1 se presentan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones para el periodo 1985-2019.

**Tabla 5-1: Precipitación media mensual y anual (mm) para el período 1985-2019.**

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	A. Hid.
Jorquera en La Guardia	0,4	1,3	4,5	2,5	12,0	8,3	8,4	6,4	2,5	1,0	0,2	1,2	49,6	47
Lautaro Embalse	0,0	0,6	3,2	1,6	8,7	8,2	9,0	7,1	0,9	0,3	0,0	0,4	40,7	36
Los Loros	0,0	0,0	2,4	1,1	5,0	8,2	8,6	6,4	1,1	0,0	0,0	0,2	33,6	33
Manflas	0,1	0,2	4,2	2,1	11,2	9,3	9,3	9,6	1,0	0,4	0,0	0,3	48,6	45
Iglesia Colorada	0,2	0,1	3,2	4,2	13,7	11,8	8,6	7,6	2,1	0,7	0,0	0,7	55,2	54
Promedio	0,1	0,5	3,5	2,3	10,1	9,2	8,8	7,4	1,5	0,5	0,0	0,5	45,6	43

Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

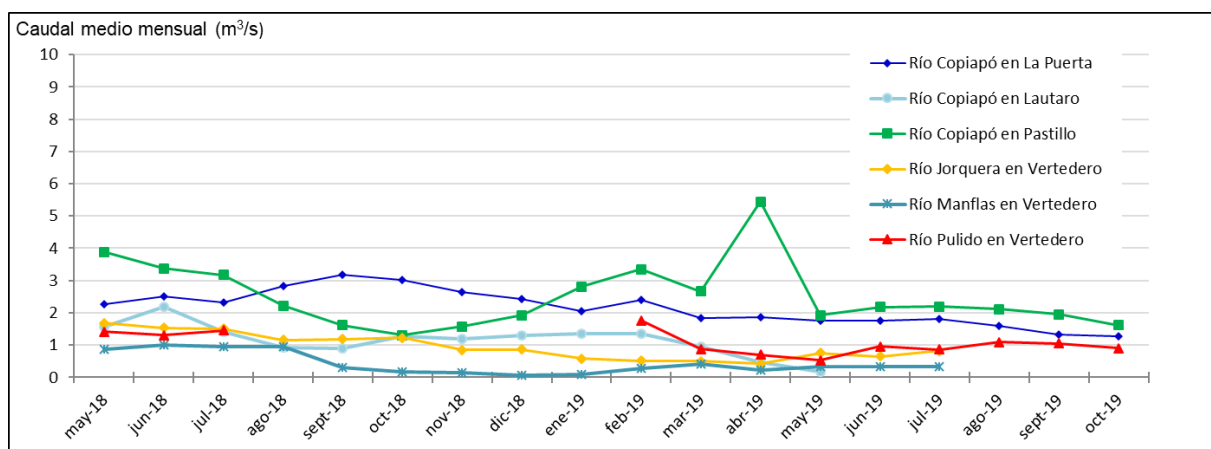
## 5.2 Datos fluviométricos

Para caracterizar la fluviometría, se revisa la información de caudal medio mensual medido en seis estaciones fluviométricas de la DGA. Para el periodo de análisis no se cuenta con registros medios diarios en las estaciones de acuerdo con lo revisado en la página web de la DGA, pero sí se cuenta con algunas mediciones puntuales realizadas por MLCC (mediciones realizadas por la ETFA correspondiente) en los puntos de ubicación de dichas estaciones. Cabe mencionar que a medida que la DGA actualiza su información durante el transcurso del año, estos datos serán incorporados, y forman parte del análisis de los respectivos informes trimestrales. Mientras aún no estén los datos publicados oficialmente, se obtienen los valores medios mensuales mediante la información en tiempo real (datos horarios) disponible. Para el período agosto-octubre de 2019, las estaciones DGA con datos horarios que permiten estimar los caudales medios mensuales (a la espera de la publicación oficial de la DGA) son río Copiapó en la Puerta, río Copiapó en Pastillo y río Pulido en Vertedero. La estación fluviométrica río Copiapó en Lautaro no tiene datos horarios publicados para el trimestre agosto-octubre de 2019.

### 5.2.1 Datos fluviométricos estaciones DGA

Debido a que los caudales medios diarios no se encuentran aún disponibles en la página web de la DGA, se presentan los valores históricos para los meses de agosto, septiembre y octubre según la estimación a partir de datos horarios en las estaciones que dispongan de dicha información. En la Tabla 5-2 se muestra el comportamiento fluviométrico para el periodo comprendido entre noviembre de 2017 a octubre de 2019, considerando toda la información fluviométrica disponible.

**Figura 5-4: Caudal medio mensual periodo mayo 2018 – octubre 2019<sup>3</sup>.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

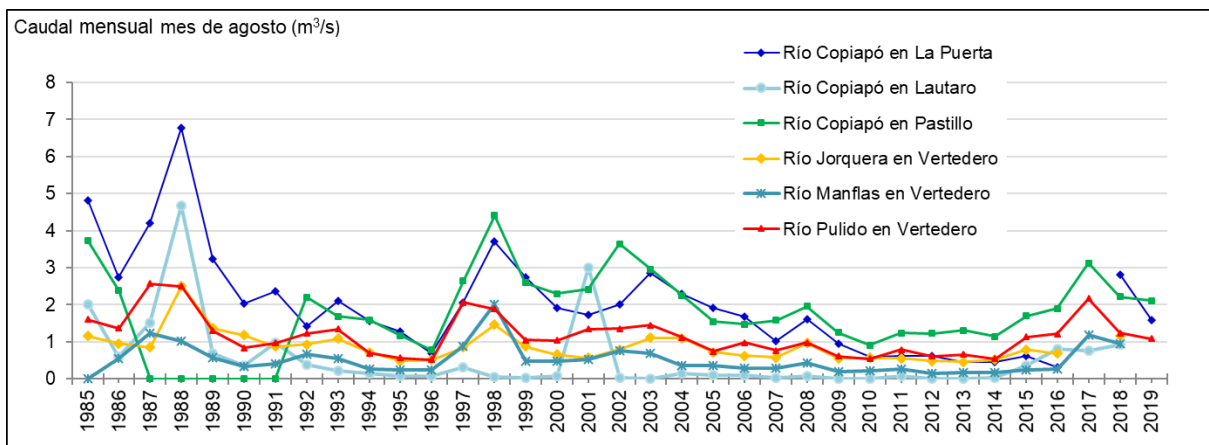
La serie de caudal para cada mes por separado, se presentan desde las Figura 5-5 a la Figura 5-7. Los valores para el año 2019 se presentan solo para las estaciones con disponibilidad de datos horarios (tiempo real) y se actualizarán en informes sucesivos a medida que la DGA publique los datos fluviométricos de manera oficial.

<sup>3</sup> Los datos de agosto, septiembre y octubre de 2019 se muestran solamente para las estaciones con información en tiempo real (horaria).



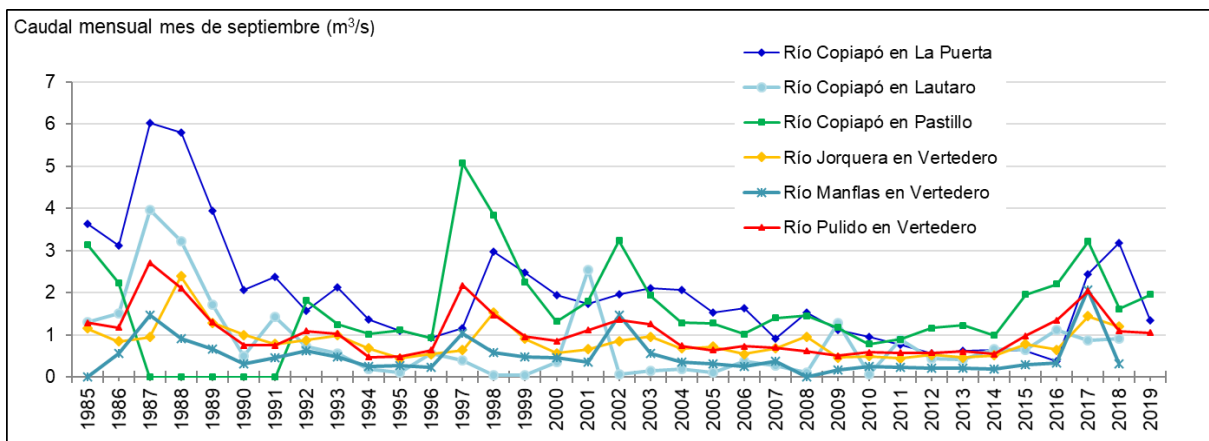
# MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPÓ

**Figura 5-5: Caudal medio mensual periodo mes de agosto años 1985-2019.**



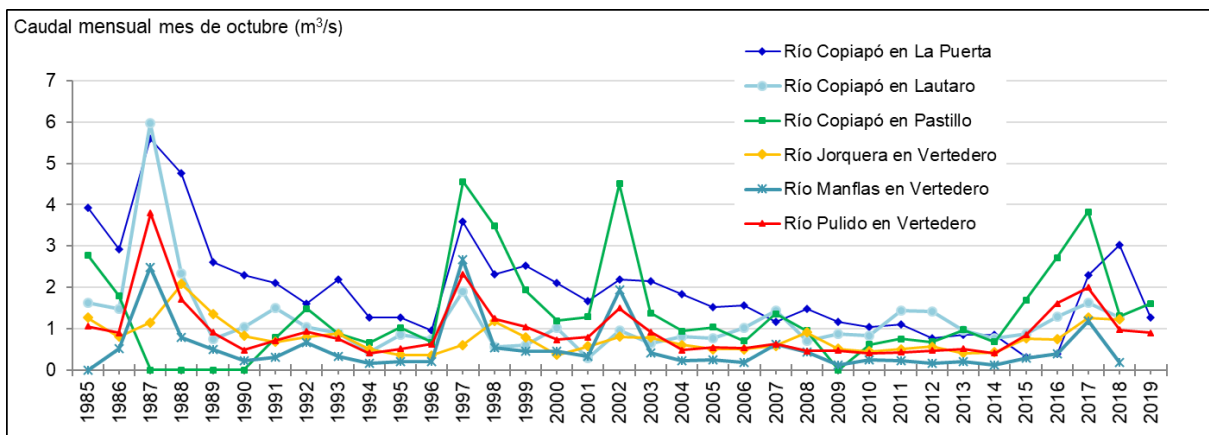
Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

**Figura 5-6: Caudal medio mensual periodo mes de septiembre años 1985-2019.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

**Figura 5-7: Caudal medio mensual periodo mes de octubre años 1985-2019.**



Fuente: Elaboración propia en base a BNA.

Finalmente, en la Tabla 5-2 se muestra el caudal medio mensual y anual para cada estación, considerando un periodo de 34 años de información (1985-2019). Se utilizan los datos horarios en línea de la DGA para las estaciones Río Copiapó en la Puerta, Río Copiapó en Pastillo y Río Pulido en Vertedero. Las estaciones Río Jorquera en Vertedero y Río Manflas en Vertedero sólo consideran los datos consolidados de la DGA, ya que no presentan datos horarios en línea. La estación DGA río Copiapó en Lautaro no tiene datos horarios publicados para el trimestre agosto-octubre de 2019.

**Tabla 5-2: Caudal medio mensual y anual (m³/s).**

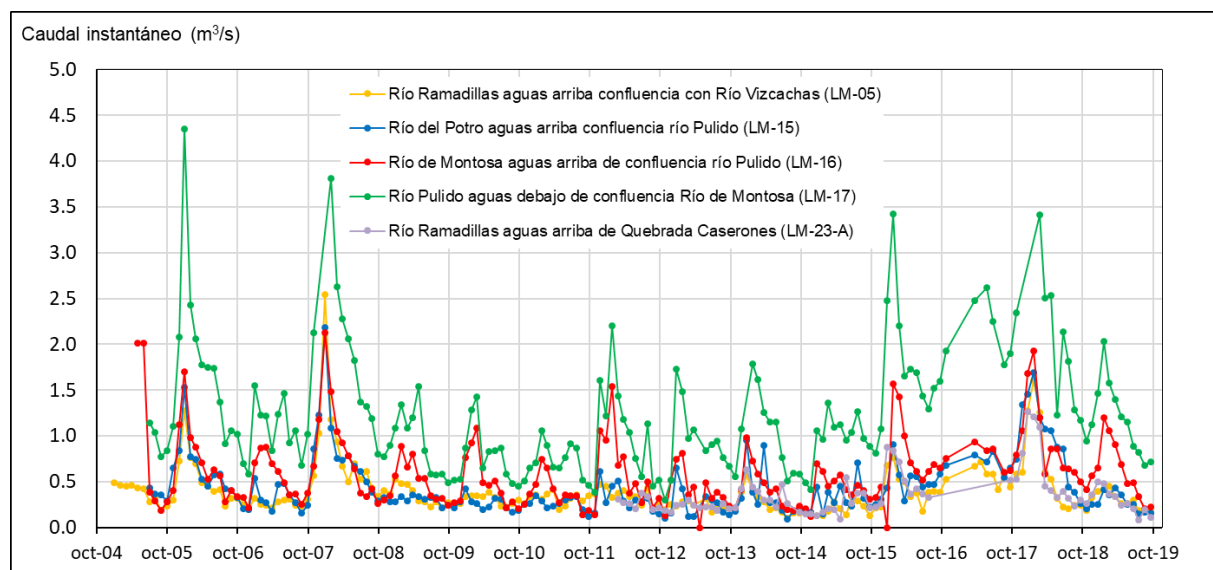
Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Río Copiapó en La Puerta	3,20	3,07	2,55	2,26	2,19	2,21	1,97	1,99	1,96	1,97	2,03	2,54	2,31
Río Copiapó en Lautaro	1,70	1,43	1,23	0,80	1,11	1,13	0,63	0,55	0,81	1,20	1,36	1,33	1,12
Río Copiapó en Pastillo	3,14	2,70	2,20	2,14	2,17	2,30	2,20	2,05	1,82	1,61	1,71	2,45	2,20
Río Jorquera en Vertedero	0,78	0,67	0,61	0,66	0,84	0,92	0,93	0,87	0,84	0,77	0,75	0,83	0,79
Río Manflas en Vertedero	0,73	0,68	0,54	0,47	0,51	0,54	0,54	0,53	0,52	0,55	0,63	0,53	0,55
Río Pulido en Vertedero	2,86	2,30	1,75	1,50	1,41	1,29	1,23	1,17	1,04	0,95	1,16	1,94	1,55
Promedio	2,07	1,81	1,48	1,30	1,37	1,40	1,25	1,19	1,16	1,17	1,27	1,60	1,42

Fuente: Elaboración propia en base a BNA

## 5.2.2 Datos fluviométricos medidos por MLCC

En este apartado se presentan las mediciones históricas de caudales que ha realizado MLCC<sup>4</sup>, en los puntos de aforo cercanos a las estaciones propuestas en el PMR. En la Figura 5-8 se presenta el comportamiento fluviométrico de los puntos de aforo cercanos a las estaciones fluviométricas comprometidas.

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

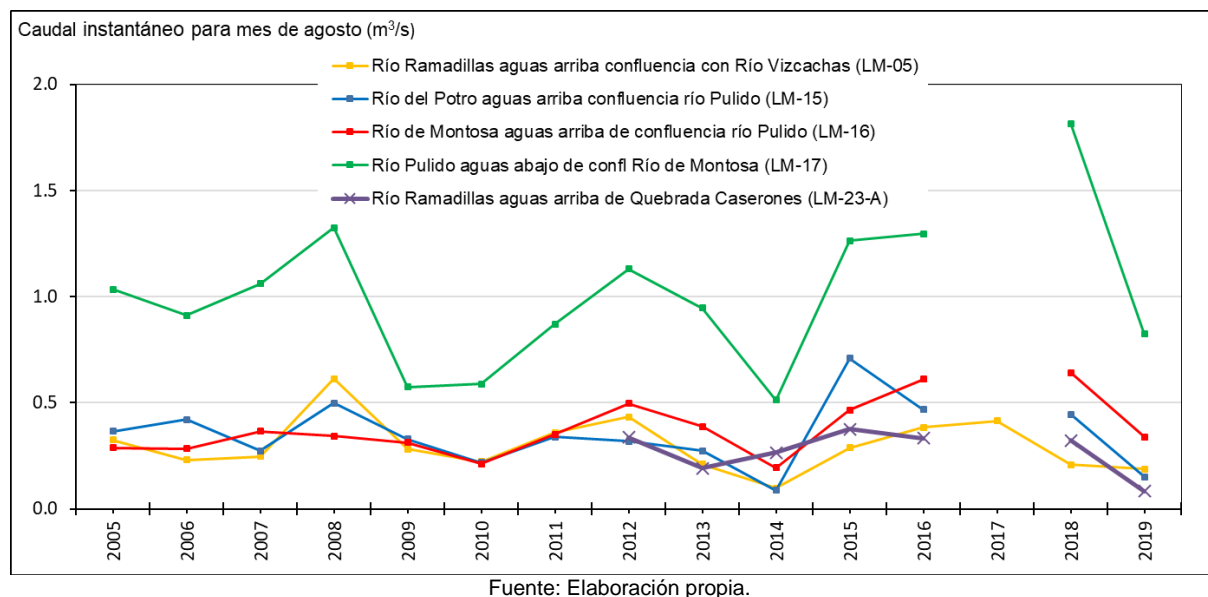


Fuente: Elaboración propia.

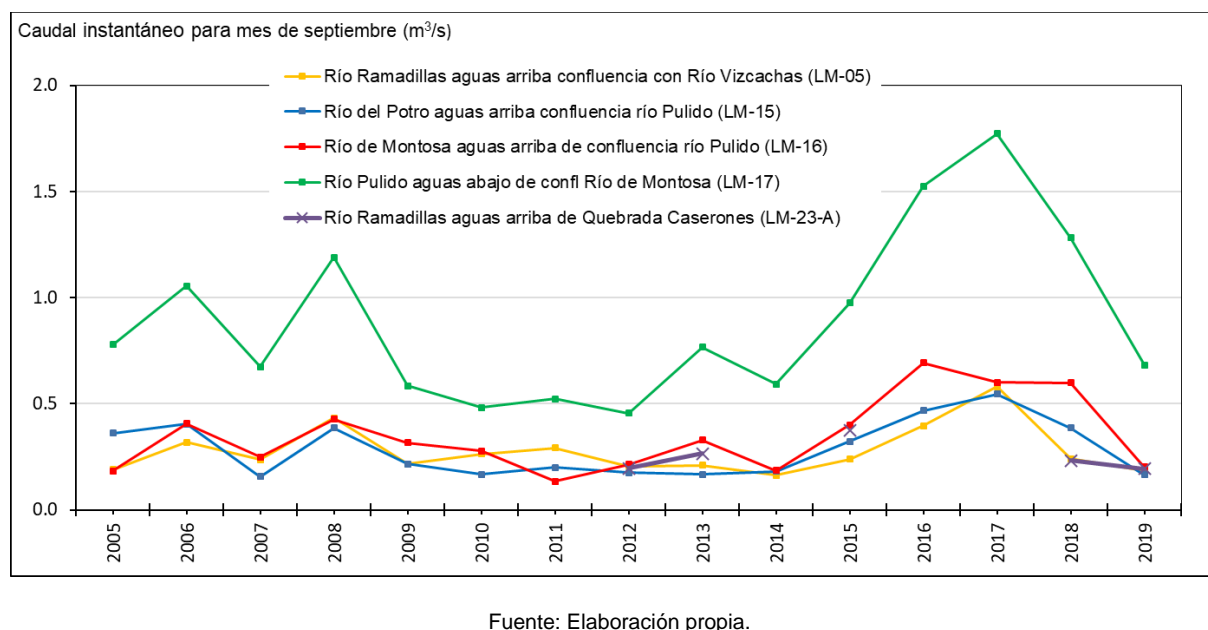
<sup>4</sup> Las mediciones las ha realizado la ETFA SITAC. A contar de febrero 2017 las mediciones las realiza la ETFA SGS.

En las siguientes figuras (Figura 5-9 a Figura 5-11) se muestra el aforo realizado mensualmente cerca de las estaciones fluviométricas para los meses en análisis, para el periodo con registro (2004-2019).

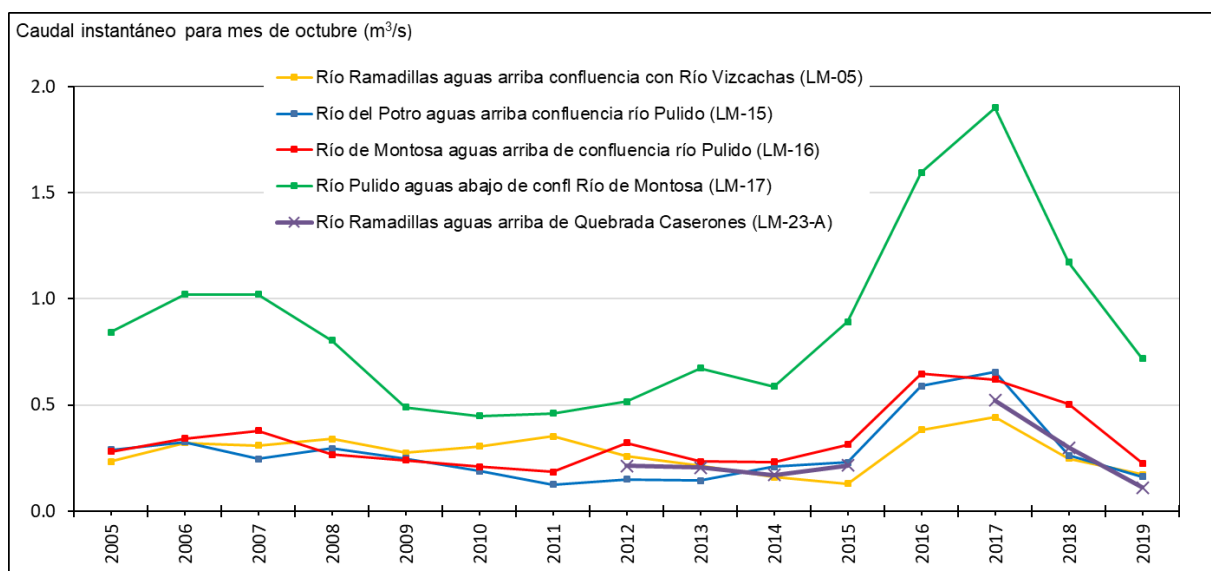
**Figura 5-9: Caudal instantáneo para mes de agosto según aforos MLCC.**



**Figura 5-10: Caudal instantáneo para mes de septiembre según aforos MLCC.**



**Figura 5-11: Caudal instantáneo para mes de octubre según aforos MLCC.**

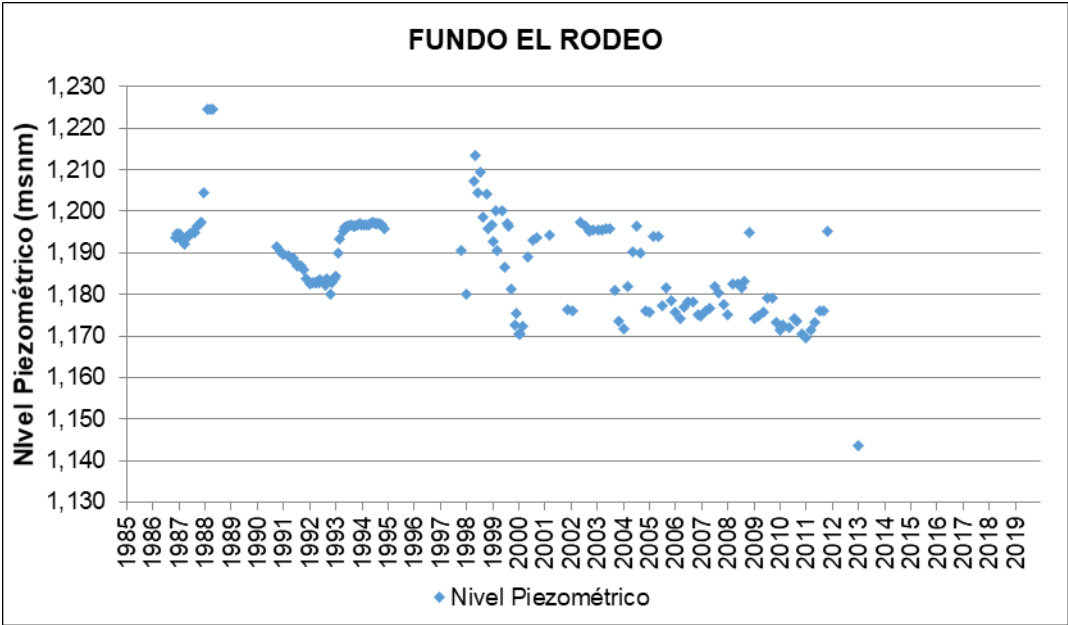


### 5.3 Niveles piezométricos pozos DGA

Para conocer el comportamiento del acuífero de la cuenca del río Copiapó, se descargó la información histórica de la profundidad del agua de ocho pozos de la red de monitoreo de la DGA. Las mediciones se han realizado generalmente cada dos meses y cada estación cuenta con diferentes periodos de información. Sin embargo, para este trimestre (agosto-octubre de 2019) la DGA no cuenta con datos actualizados en su página web, por lo que solamente se muestran los valores históricos. En particular, los pozos DGA Fundo Rodeo, Escuela 17 Los Loros, Vegas El Giro y Quebrada Calquis no tienen datos de nivel.

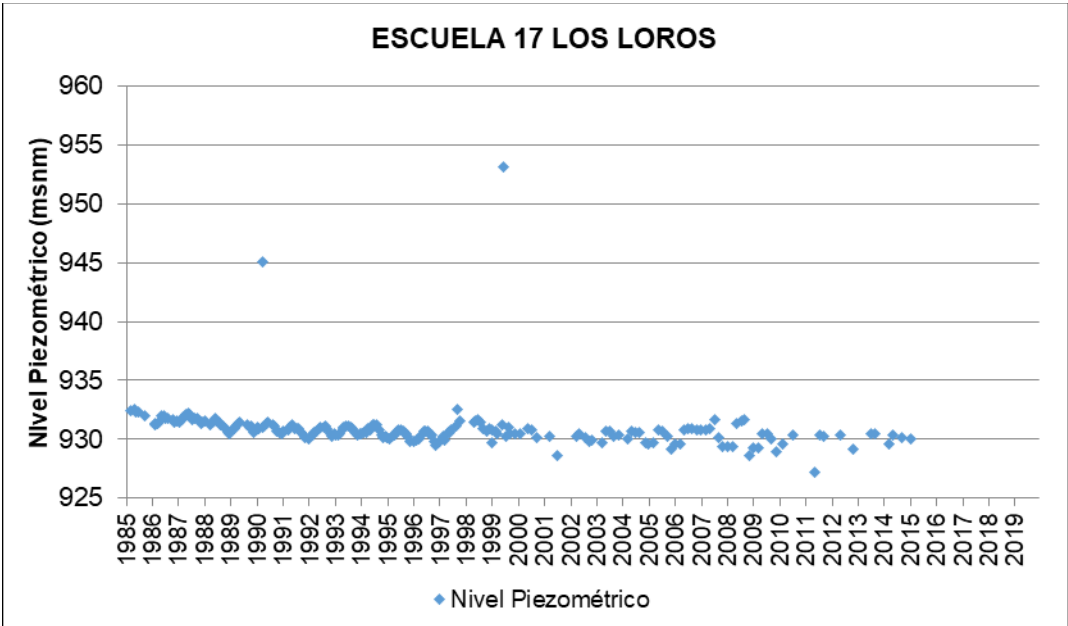
En las Figura 5-12 a Figura 5-19 se muestran los niveles piezométricos medidos y reportados por la DGA.

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



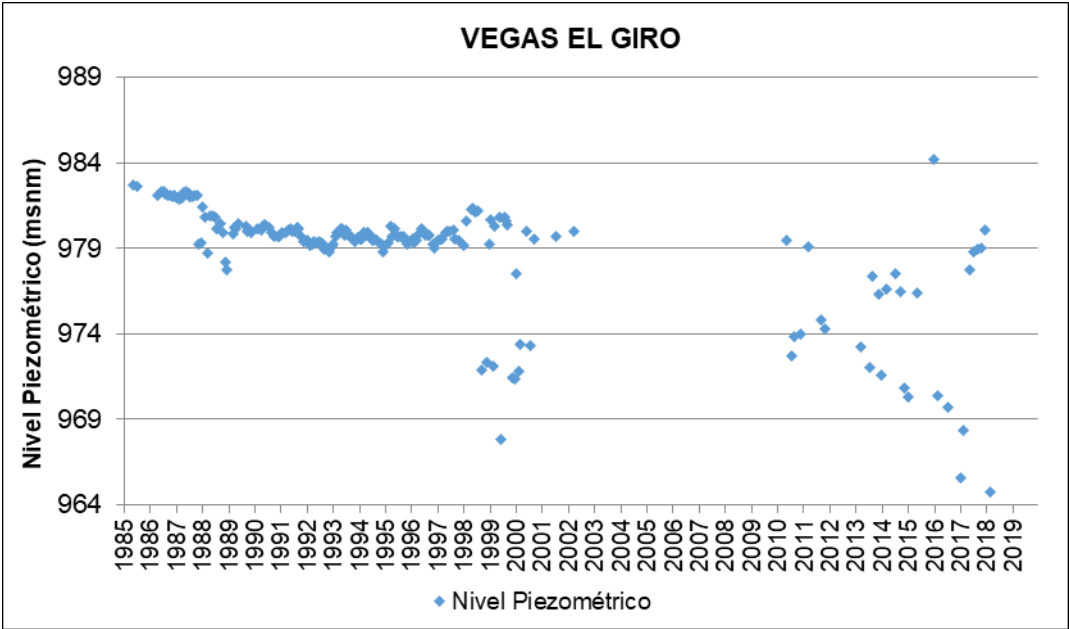
Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

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



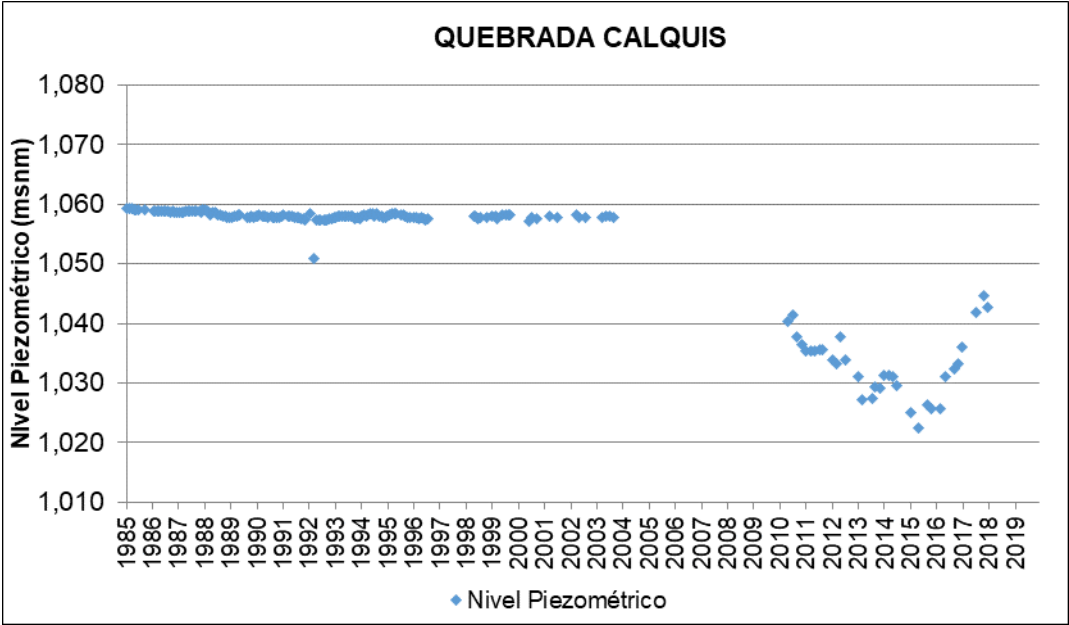
Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

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



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

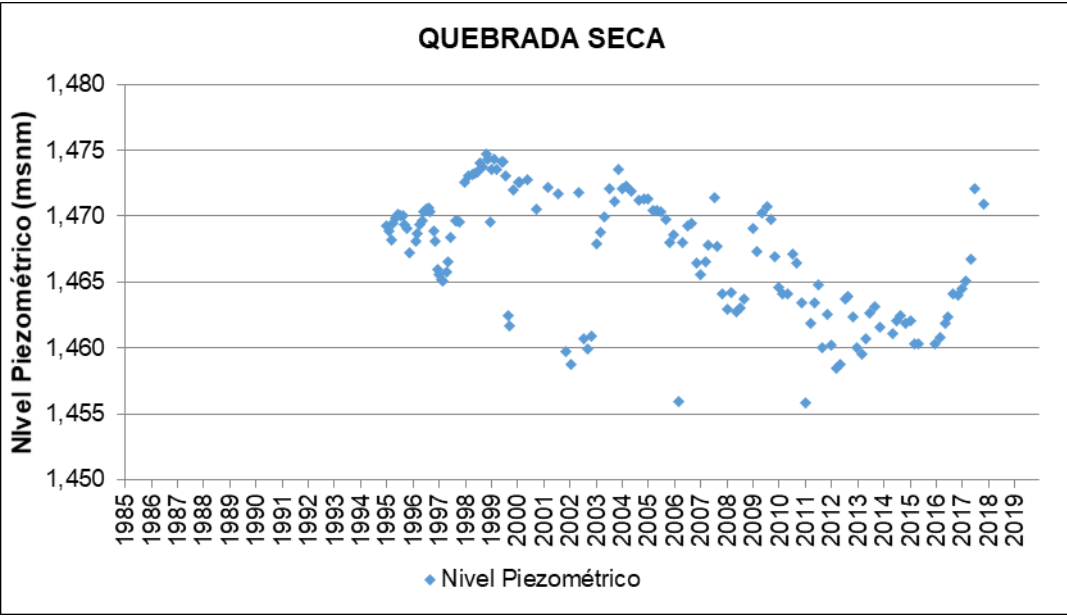
Figura 5-15: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Calquis.



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

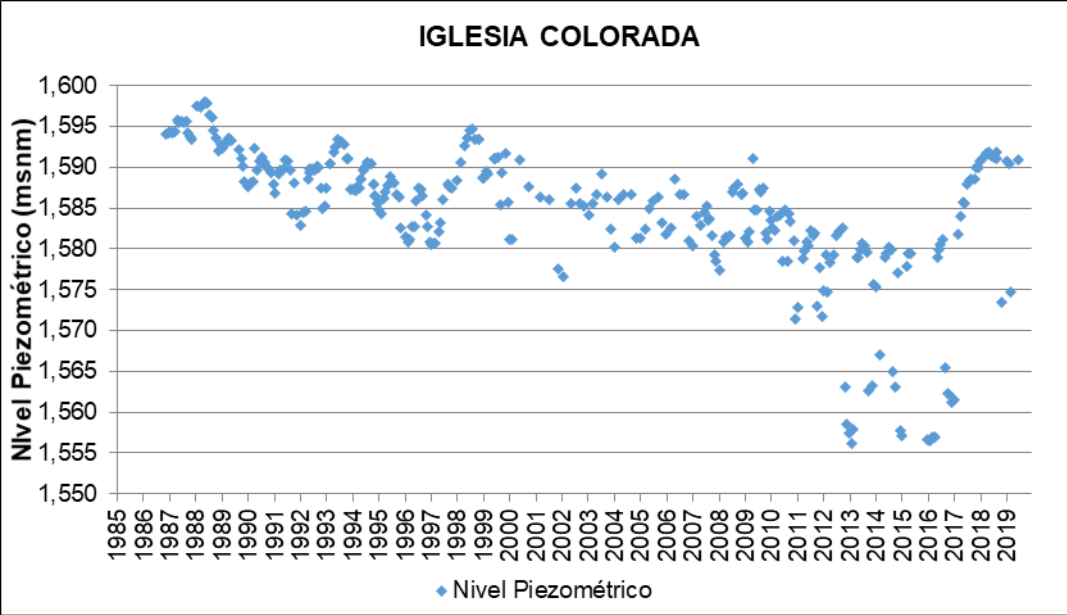


Figura 5-16: Nivel del agua subterránea en el pozo DGA Quebrada Seca.



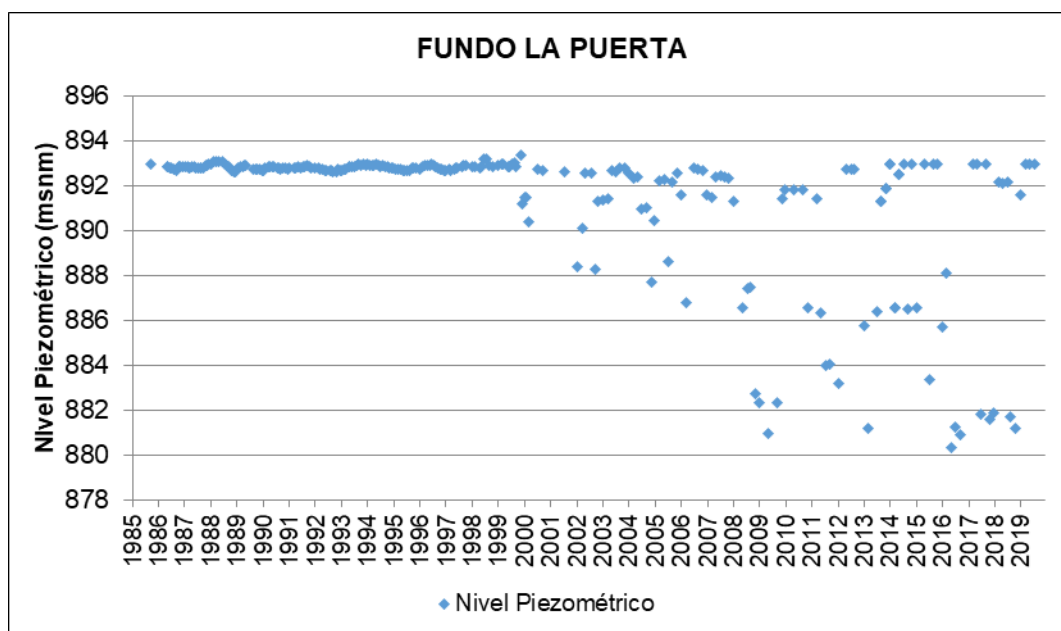
Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

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



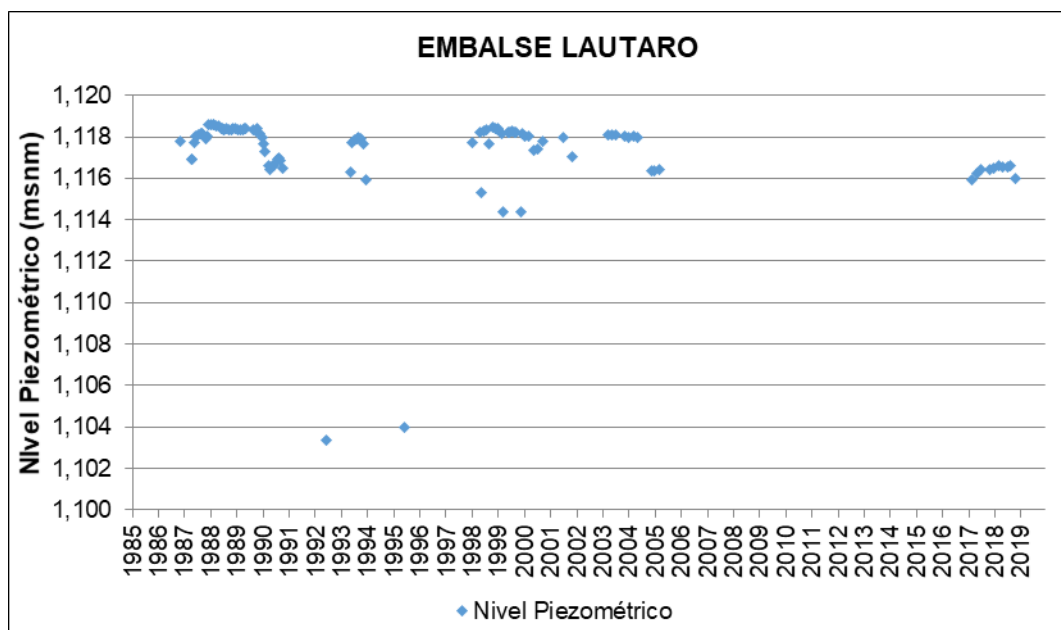
Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

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



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

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



Fuente: Elaboración propia en base a datos DGA.

#### 5.4 Niveles piezométricos pozos de monitoreo MLCC

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

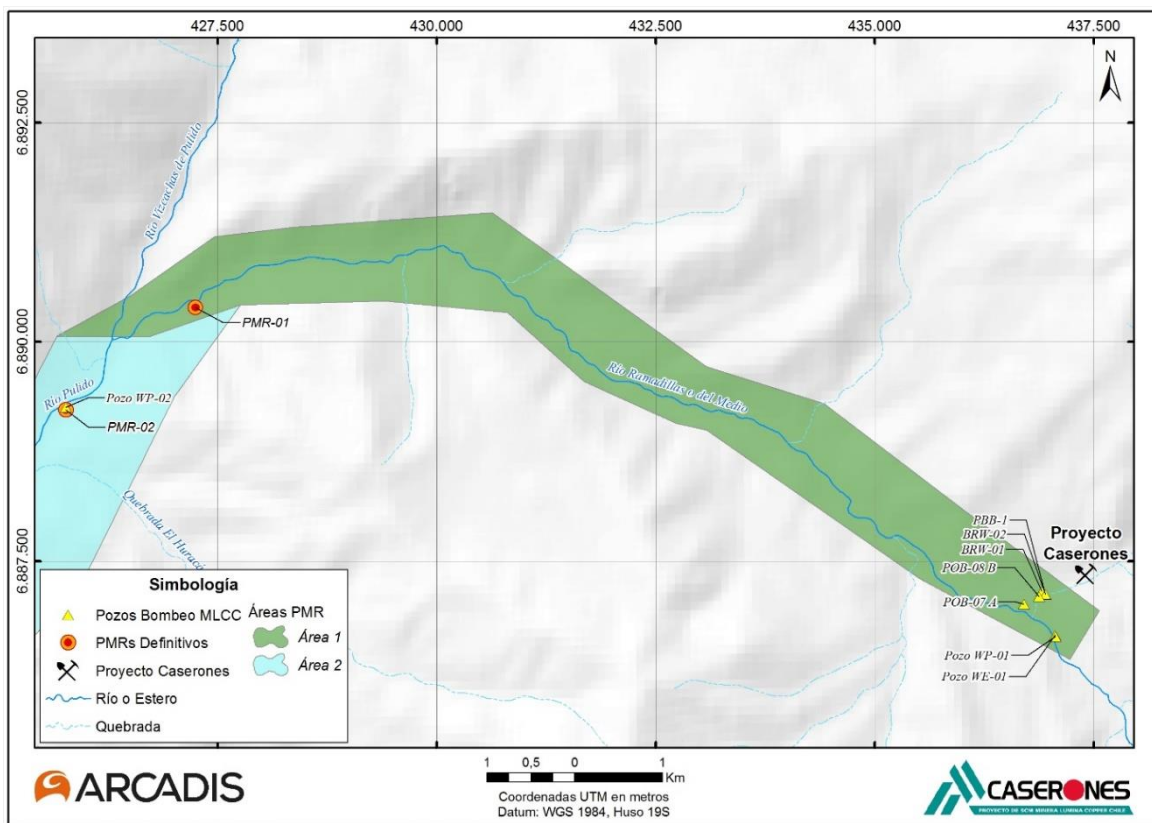
## MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

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

Al comienzo de la medición de los sensores se detectaron saltos relacionados al cambio de profundidad en la instalación de la sonda y/o cambio de referencia de la medición, por lo que se corrigieron los valores usando como referencia la medición manual y luego se revisó la configuración del sensor (proceso que fue indicado en los informes trimestrales respectivos). Posterior a ello, a contar de abril de 2017 los sensores no consideran el offset, por lo que a partir de esa fecha se vuelve a corregir el nivel medido por el sensor con relación al nivel medido manual. Para el caso de los pozos PMR-01 (que tiene una discontinuidad en las mediciones a partir del 27/02/2019), PMR-03, PMR-30 y PMR-31, en los últimos trimestres se ha vuelto a observar una discrepancia entre las mediciones continuas y manuales, por lo que se realizaron los respectivos ajustes, a excepción de los pozos PMR-11 y PMR-03. Adicionalmente, para este trimestre no se registra monitoreo continuo de nivel en los pozos PMR-07, PMR-08, PMR-09, PMR-10, PMR-12, PMR-13, PMR-14, PMR-15, PMR-17, PMR-18, PMR-19, PMR-22, PMR-23, PMR-24, PMR-25, PMR-26, PMR-28, PMR-29, PMR-30 y PMR-31.

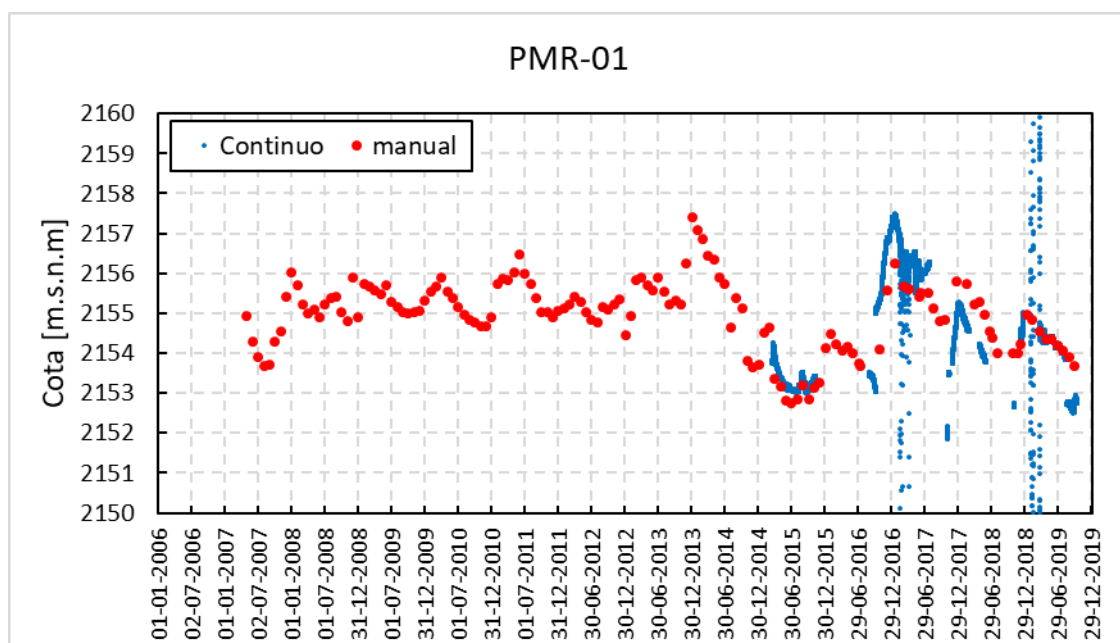
Cabe mencionar que el pozo PMR-07 no tiene medición manual porque se encuentra cubierto de sedimentos y/o escombros durante todo el trimestre. Además, tampoco se registra medición manual para los pozos nuevos (PMR-08, PMR-09, PMR-11 y PMR-21). Los registros fotográficos que dan cuenta de la situación de los pozos que no tienen medición manual se presentan en el Anexo J.

**Figura 5-20: Área 1.**



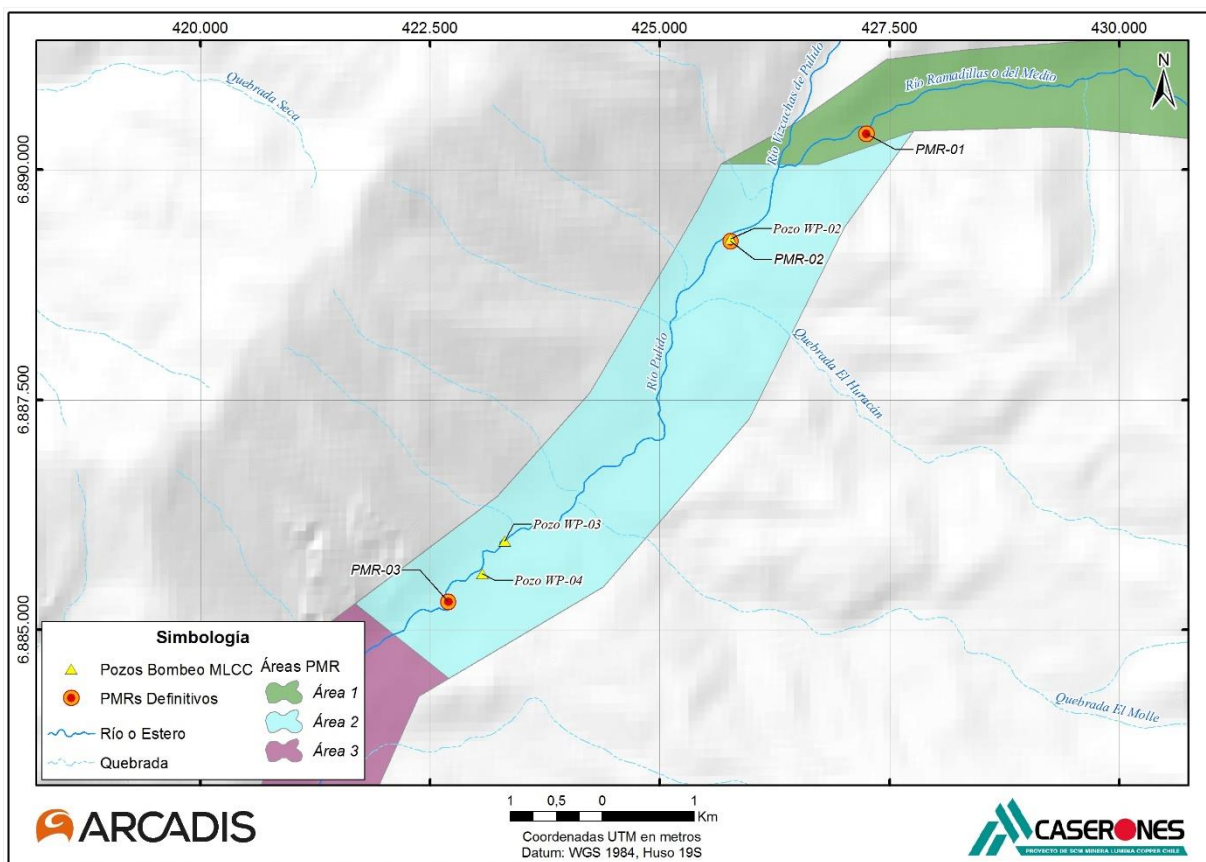
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

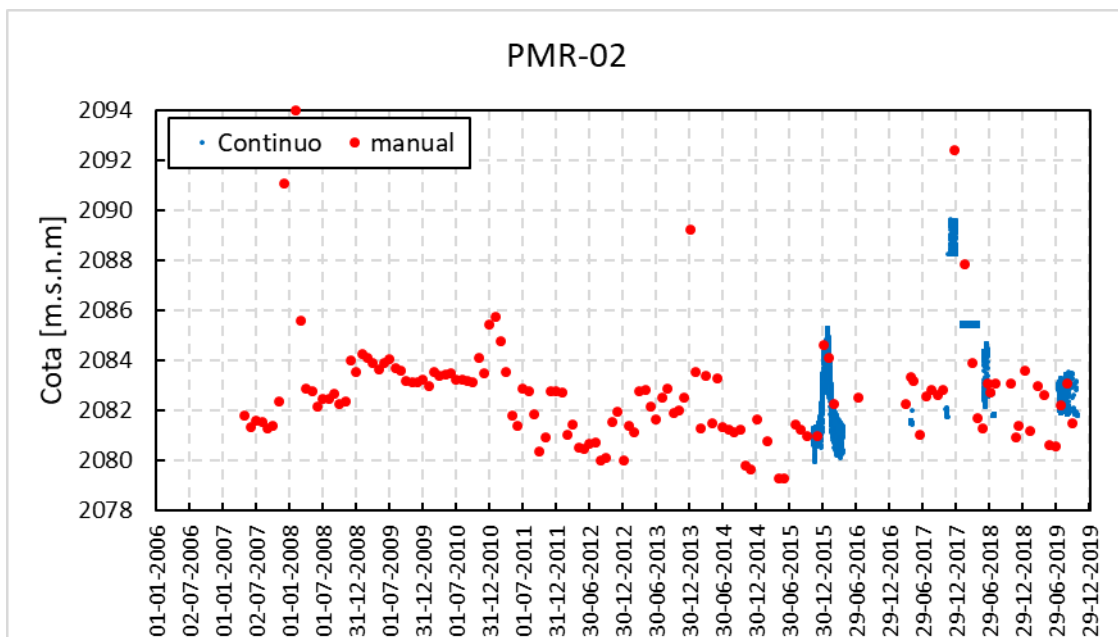
Figura 5-22: Área 2.



N:\Cartografía\PY4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103\_PtosMonitoreoBombeo\_Area2.mxd

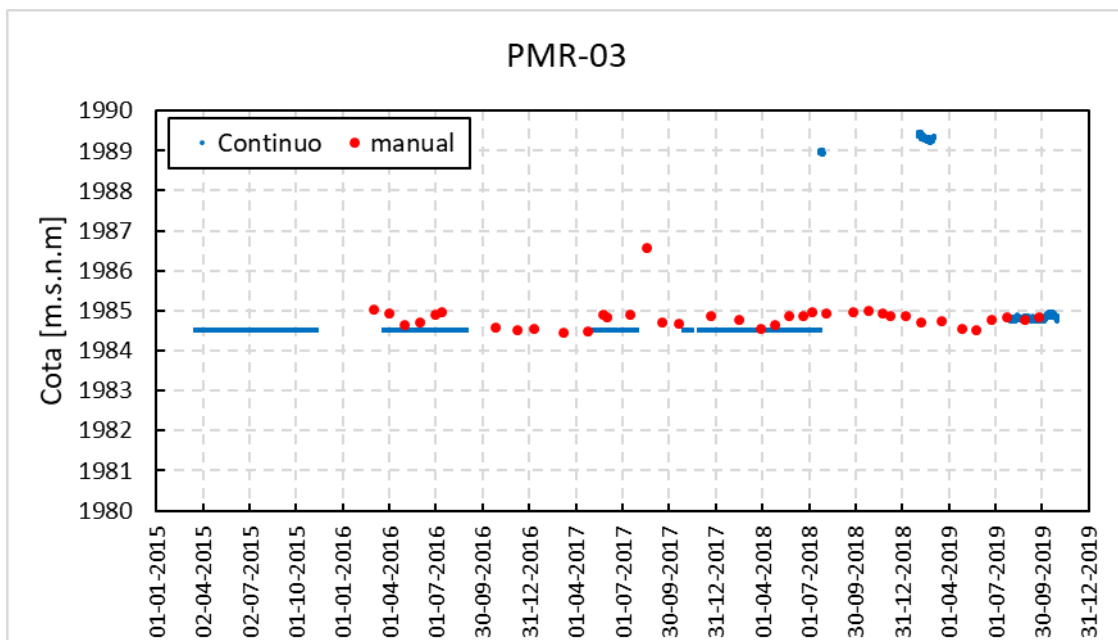
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-24: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-03.<sup>5</sup>**

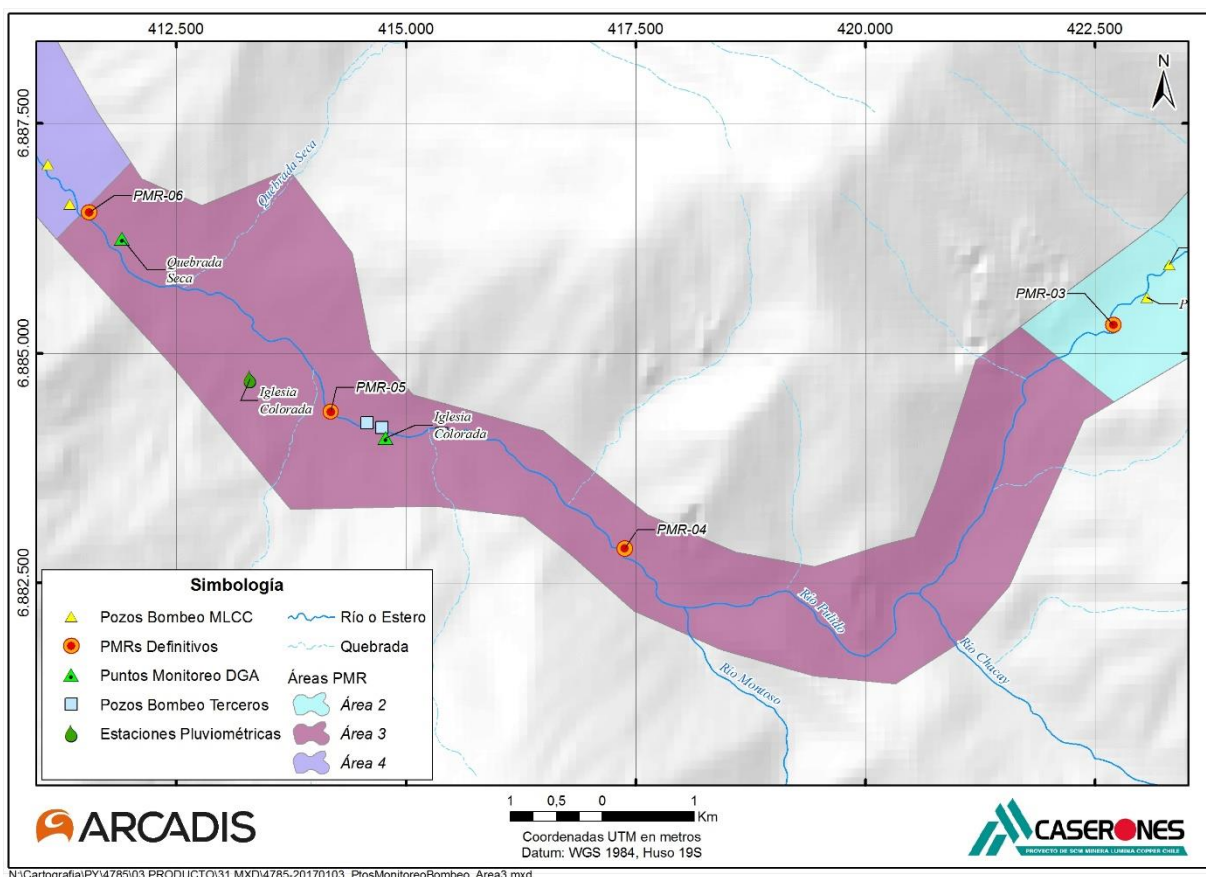


Fuente: Elaboración propia

<sup>5</sup> Se corrige esta figura respecto a las mediciones continuas del informe trimestral anterior. Los valores corregidos son coherentes con los entregados a la SMA en el trimestre anterior.

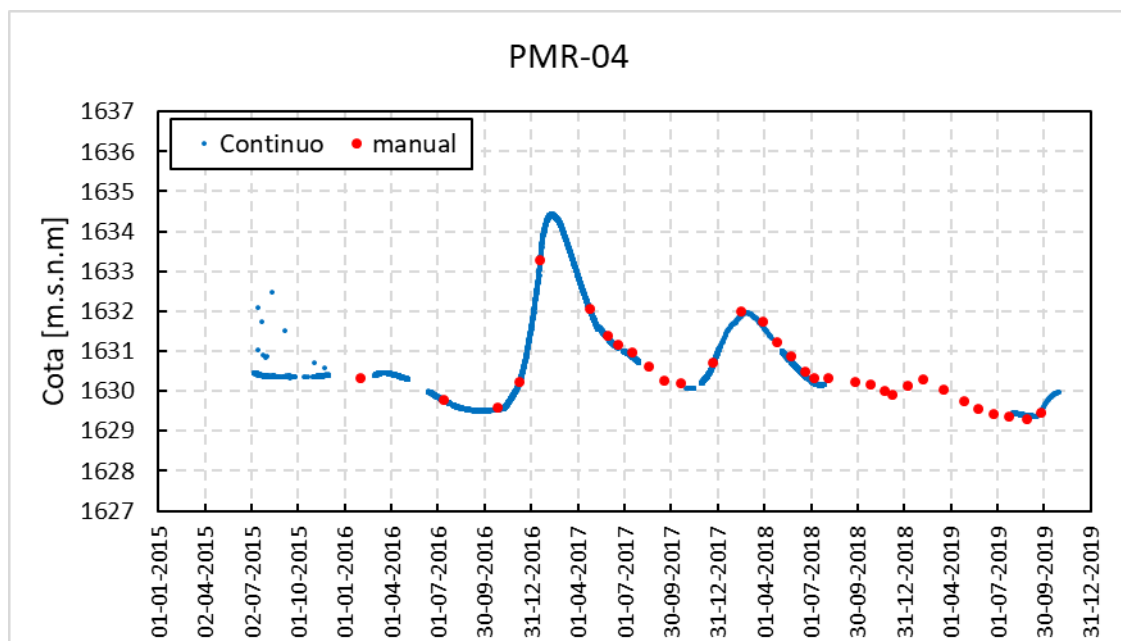


Figura 5-25: Área 3.



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

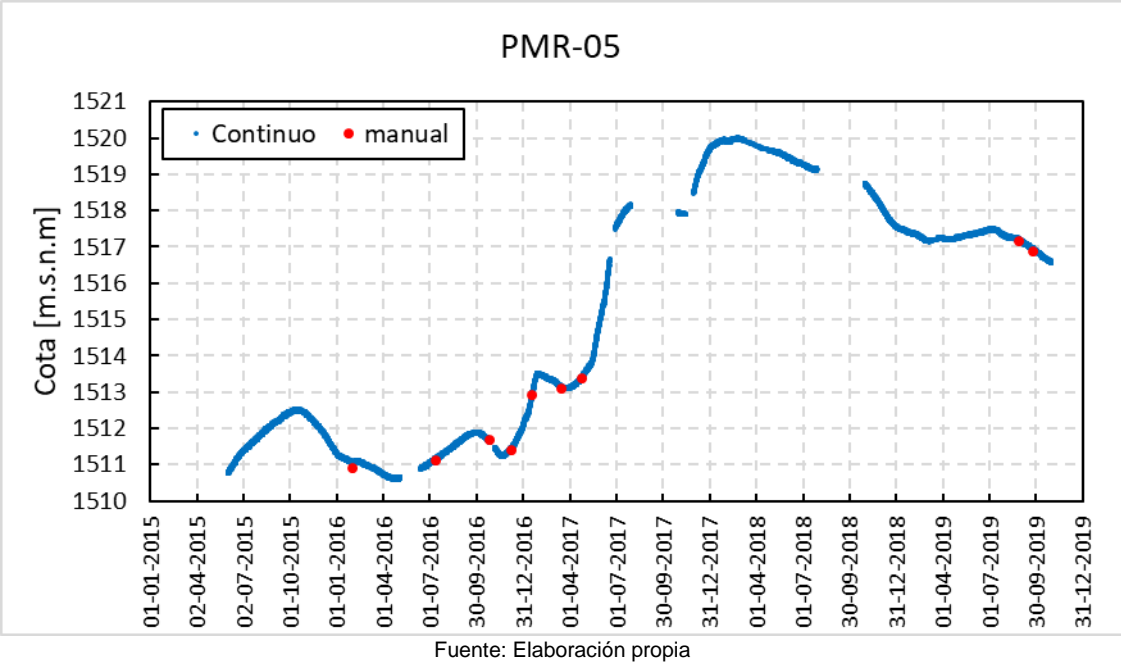


Figura 5-28: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-06.

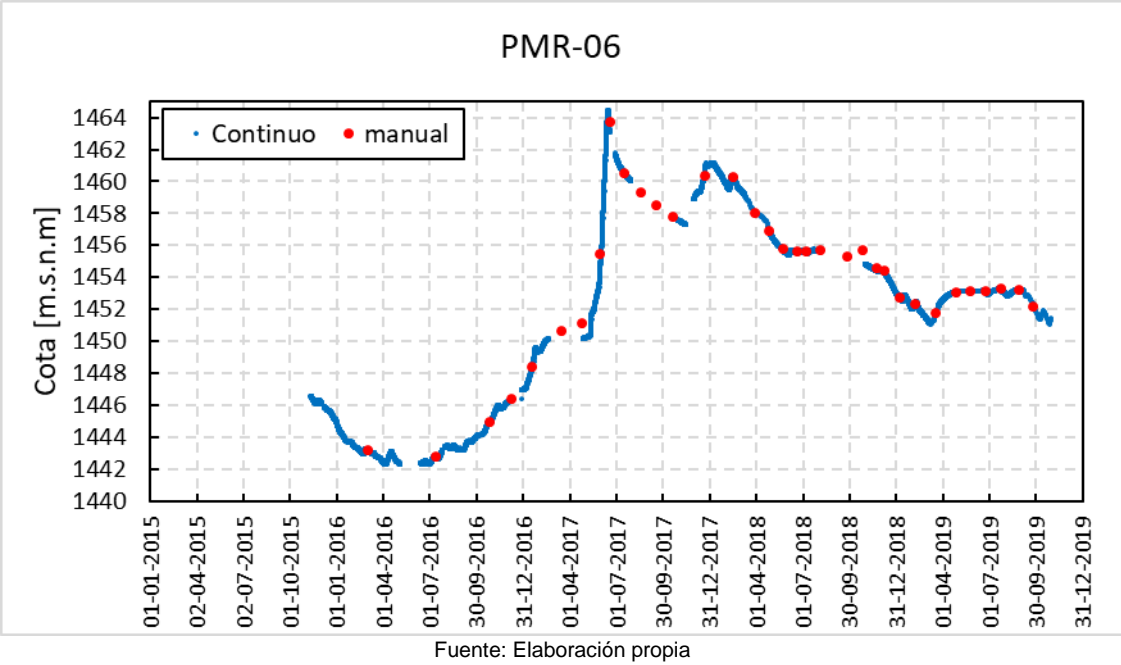
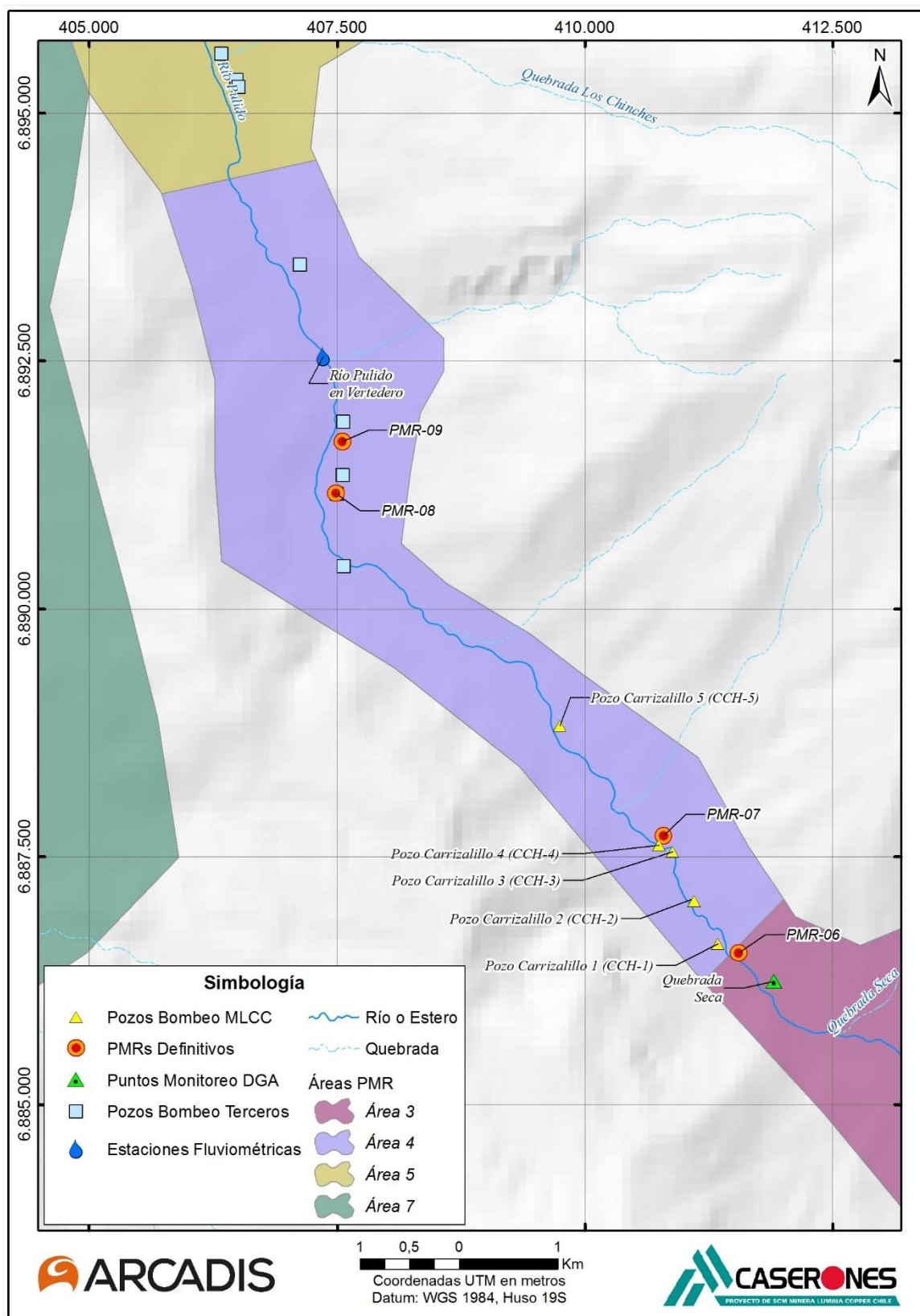


Figura 5-29: Área 4.



N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103\_PtosMonitoreoBombeo\_Area4.mxd  
 Fuente: Elaboración propia

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

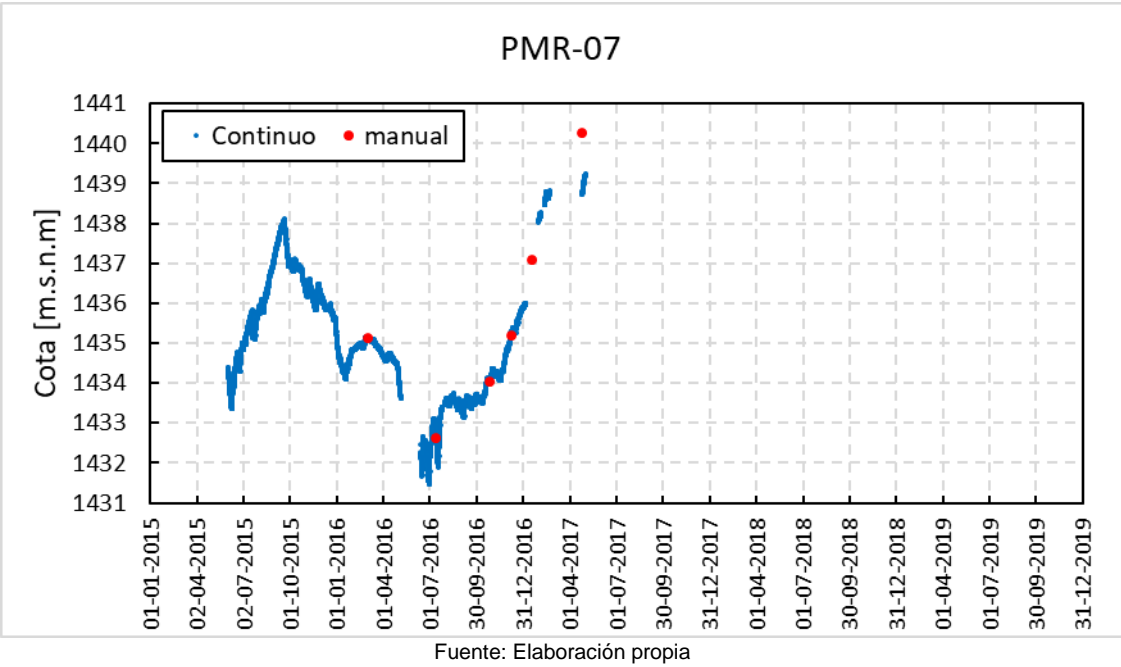
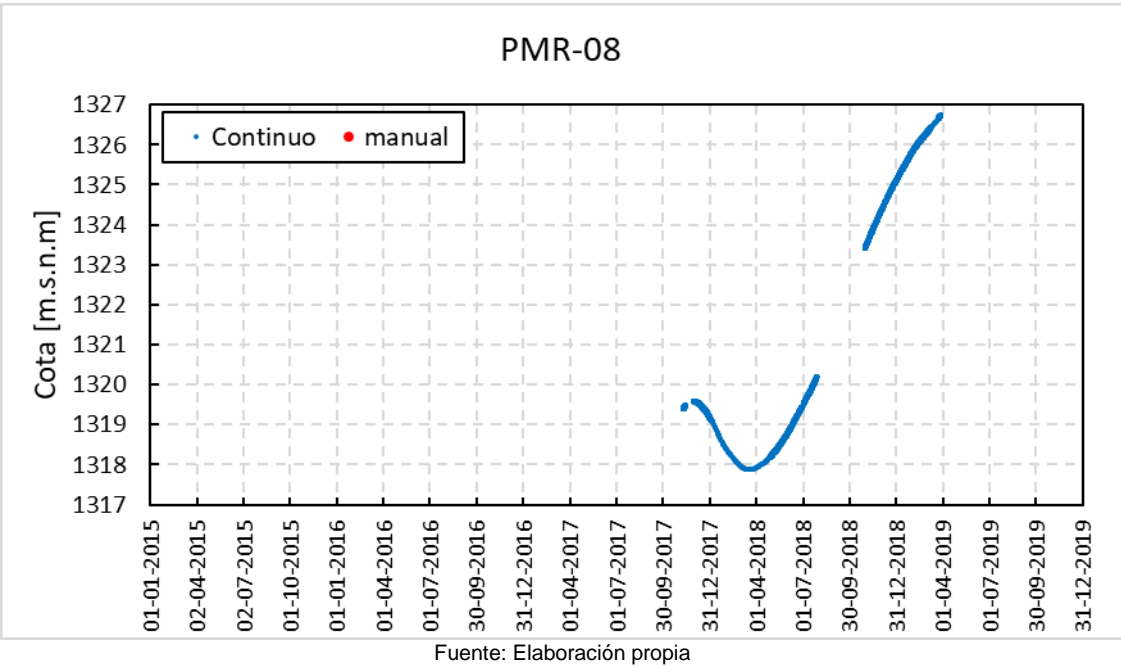


Figura 5-31: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-08.





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

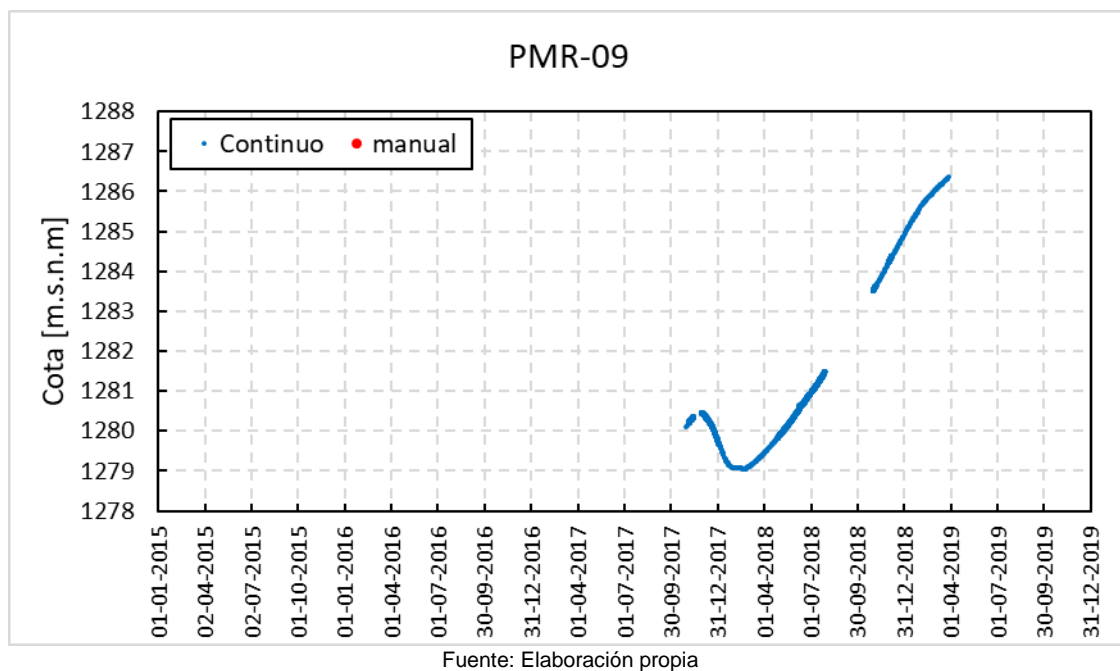
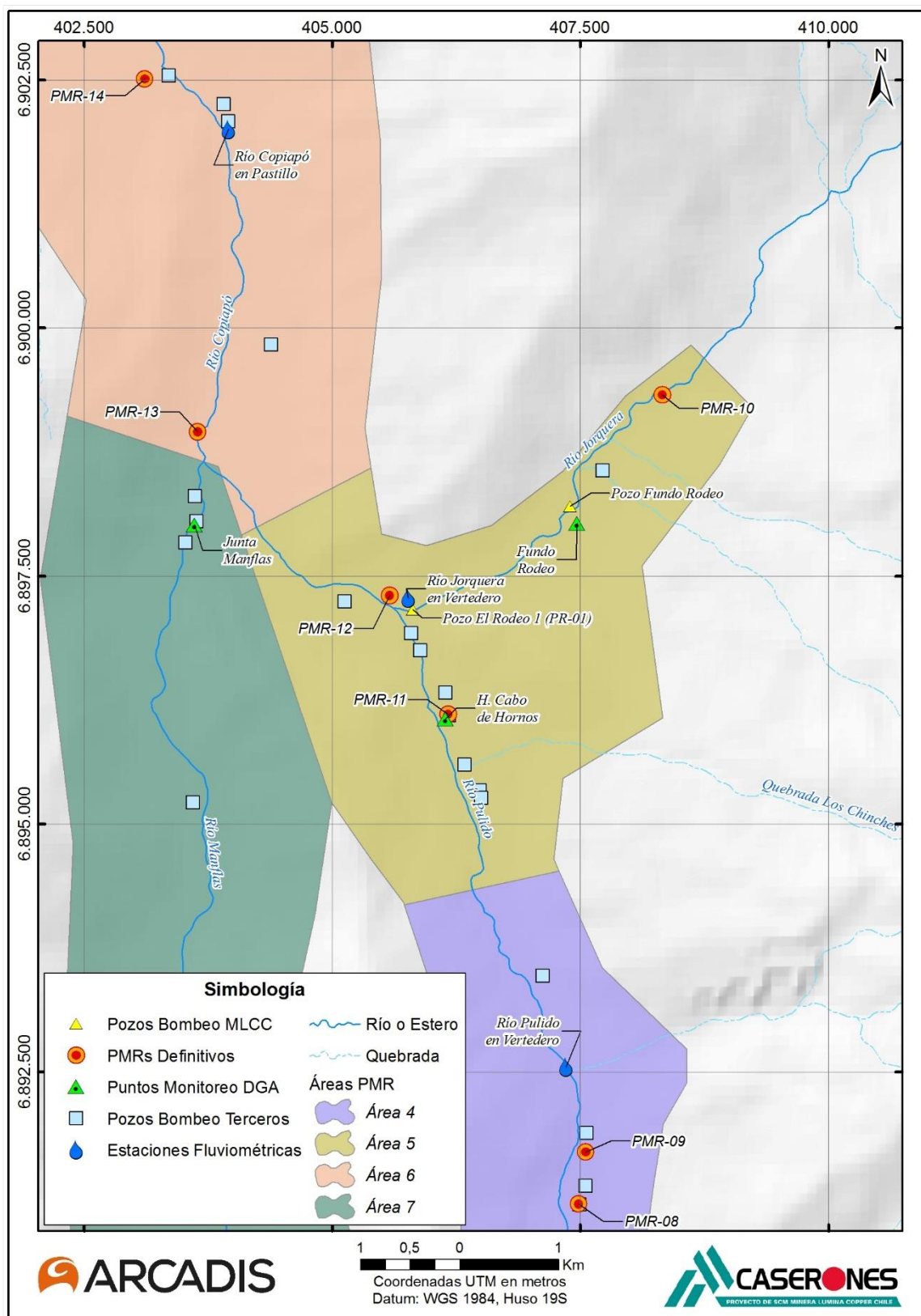


Figura 5-33: Área 5.



N:\Cartografía\PY\4785\03 PRODUCTO\31 MXD\4785-20170103\_PtosMonitoreoBombeo\_Area5.mxd  
Fuente: Elaboración propia

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

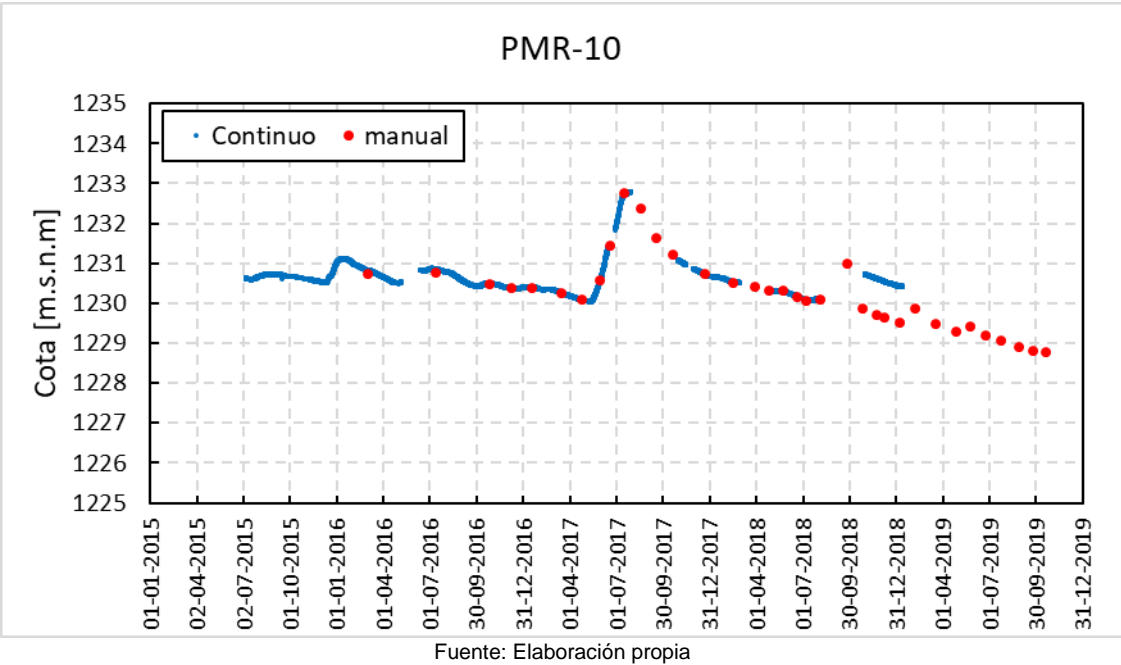
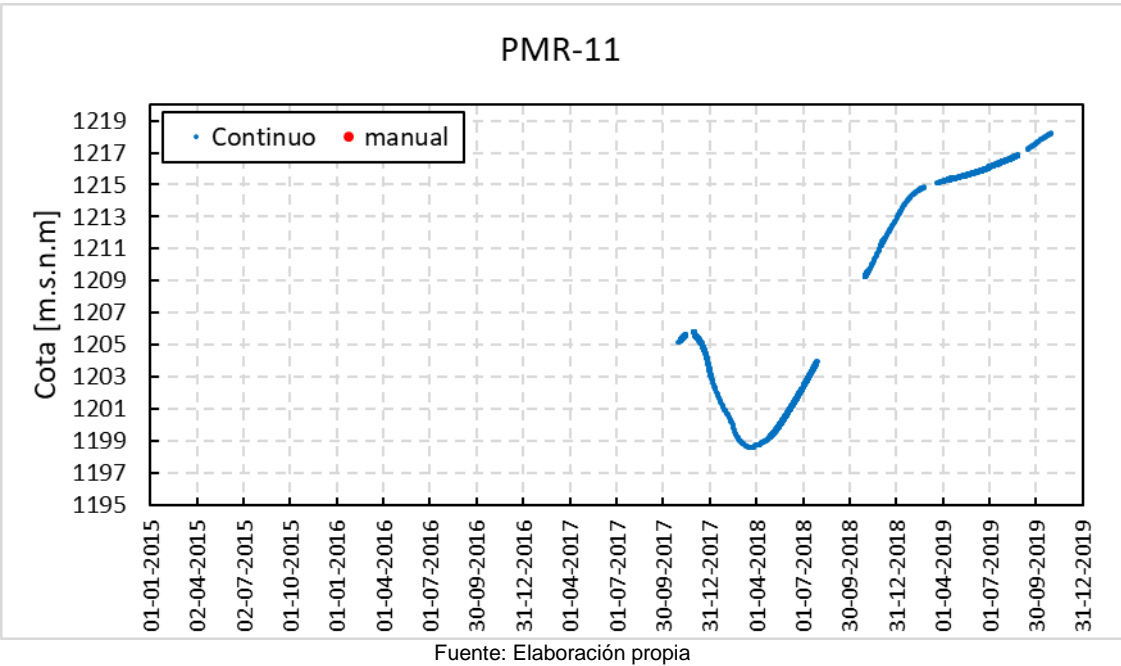


Figura 5-35: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-11.



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

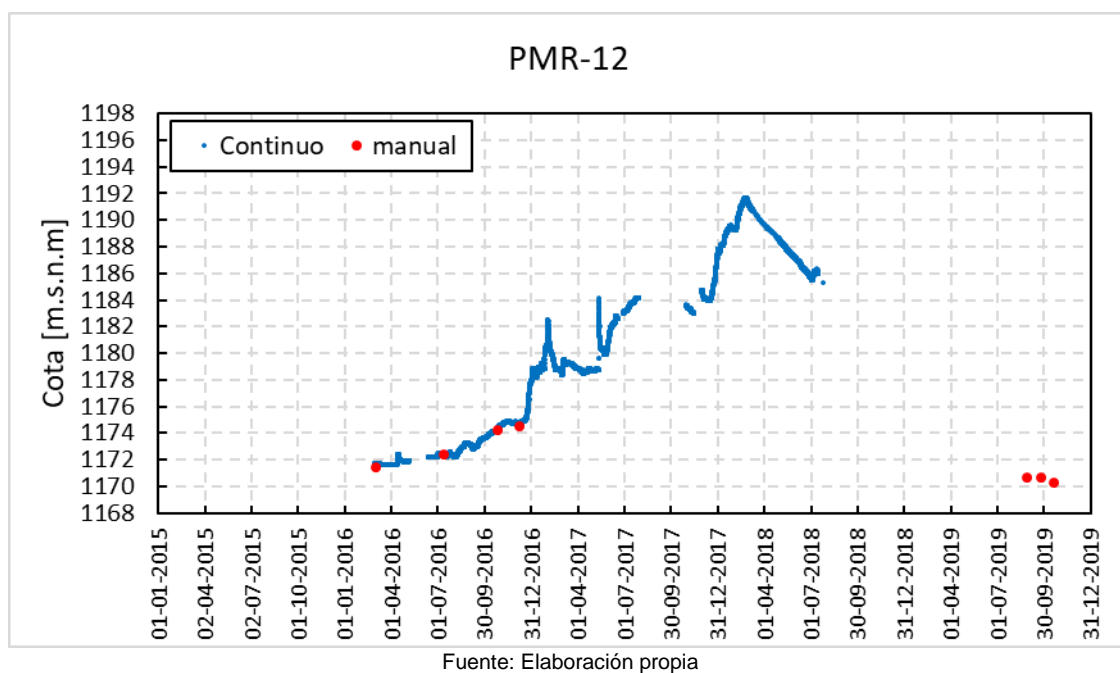
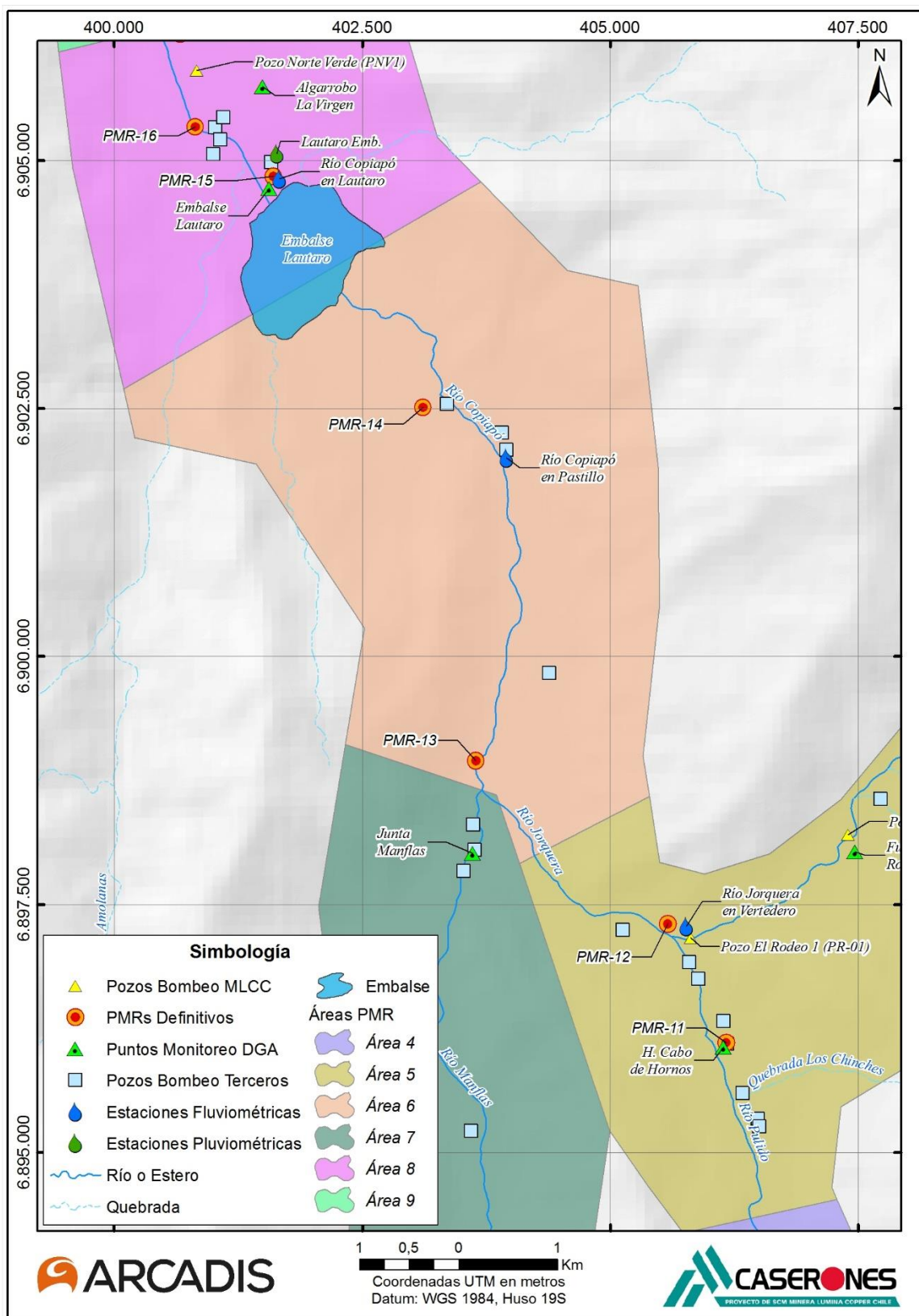


Figura 5-37: Área 6.



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



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

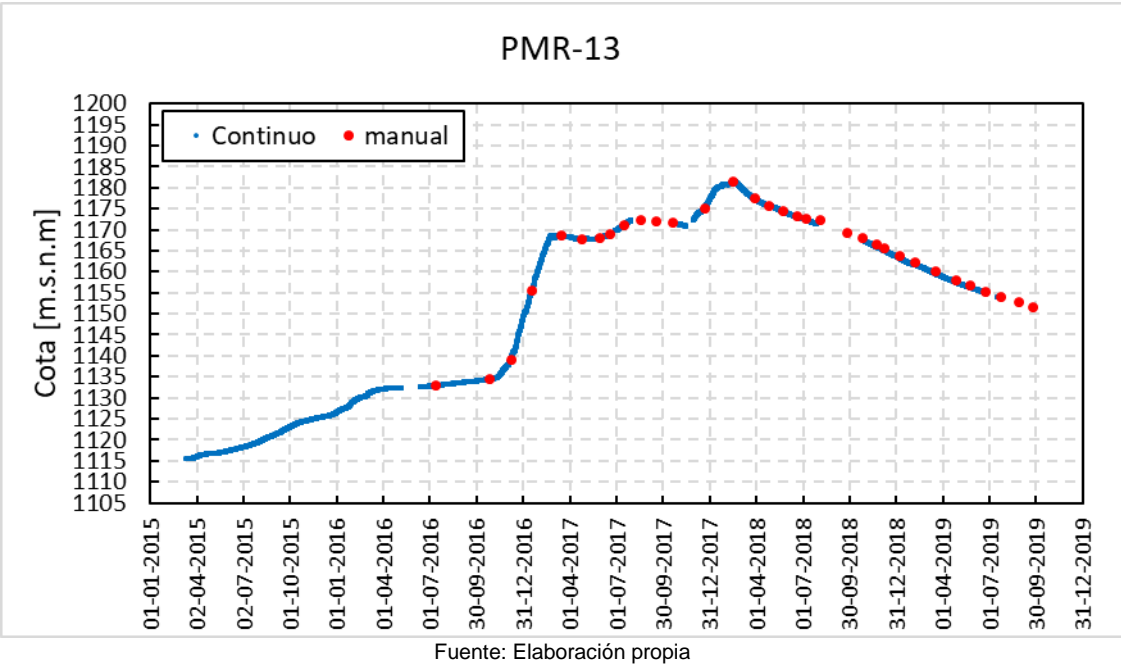
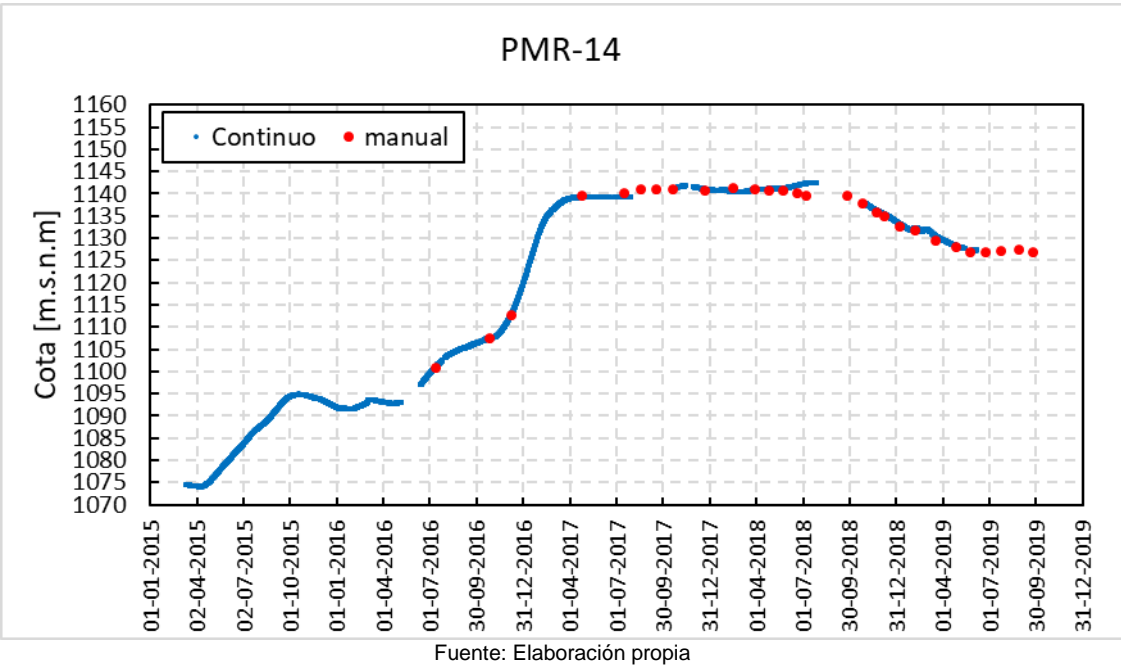


Figura 5-39: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-14.



**Figura 5-40: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-15.**

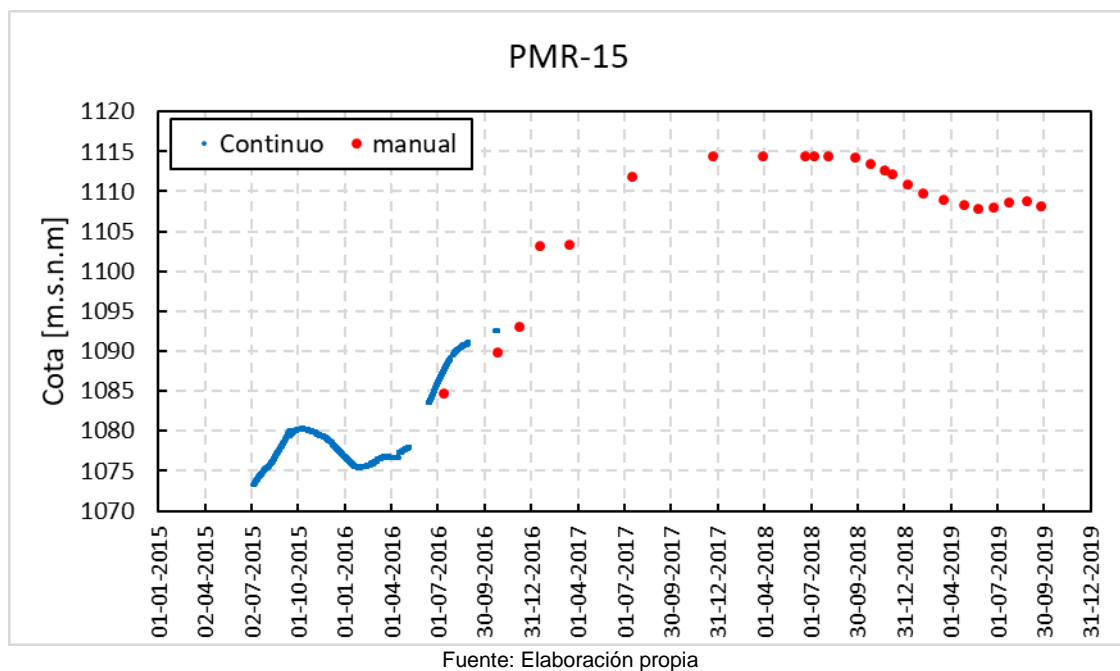
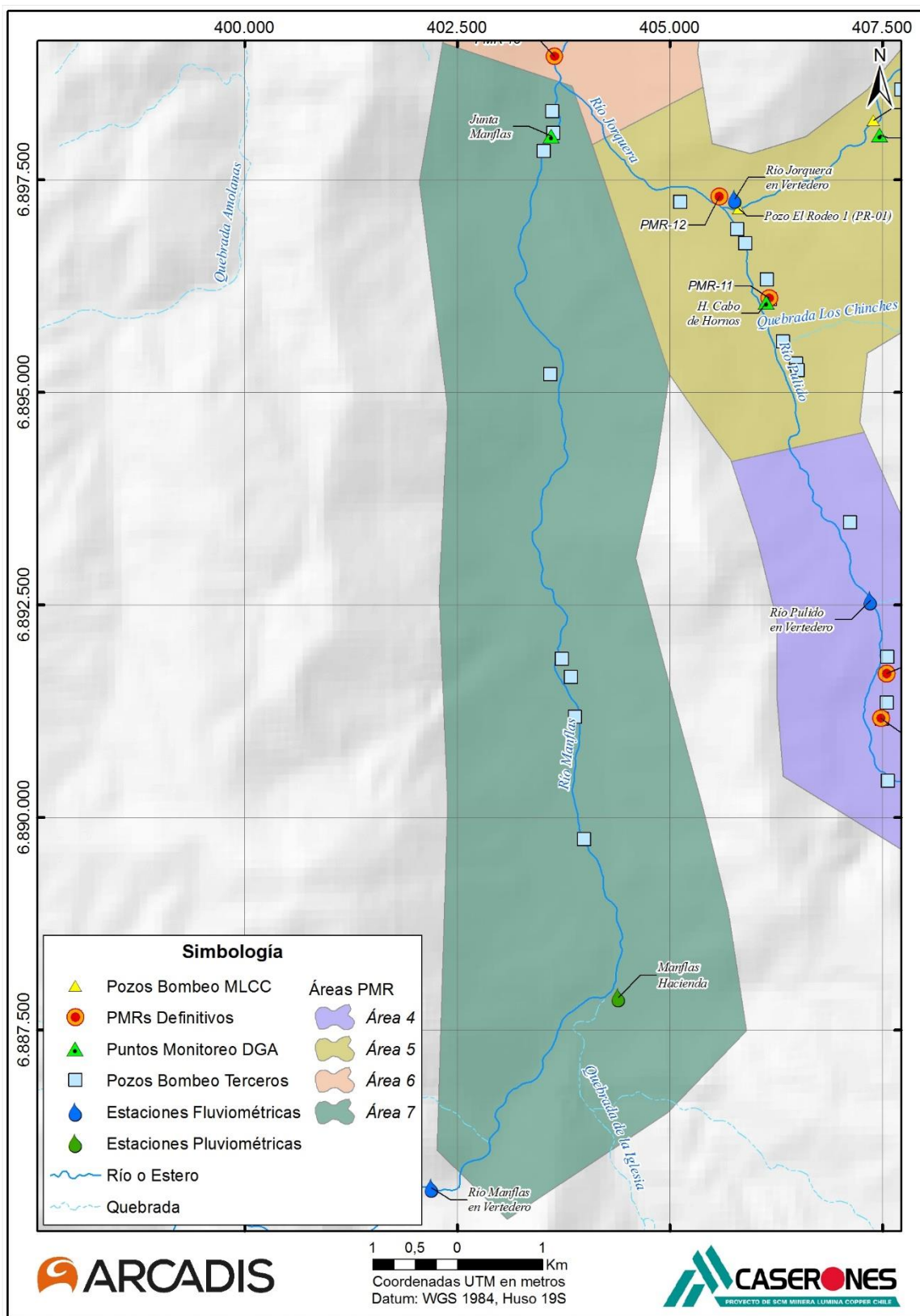


Figura 5-41: Área 7.



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

Figura 5-42: Área 8.

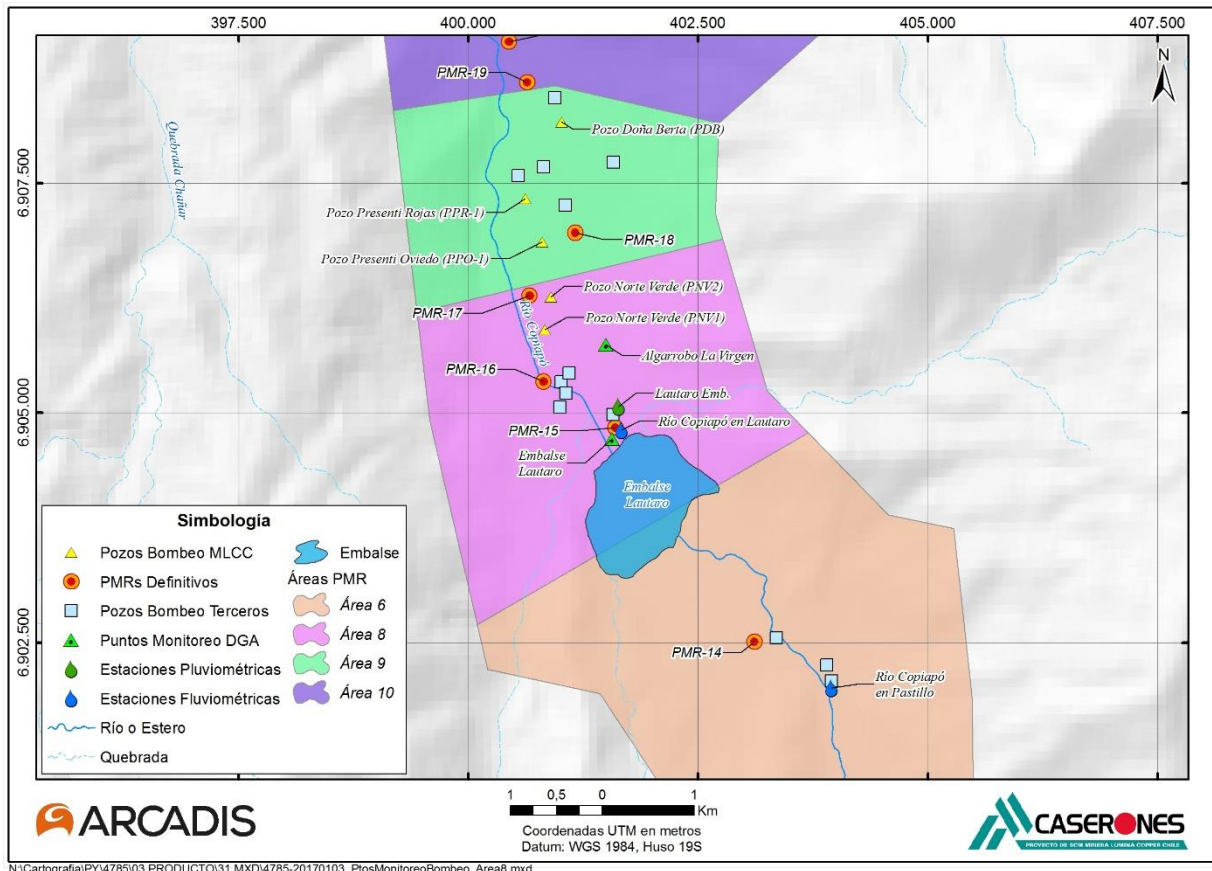


Figura 5-43: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-16.

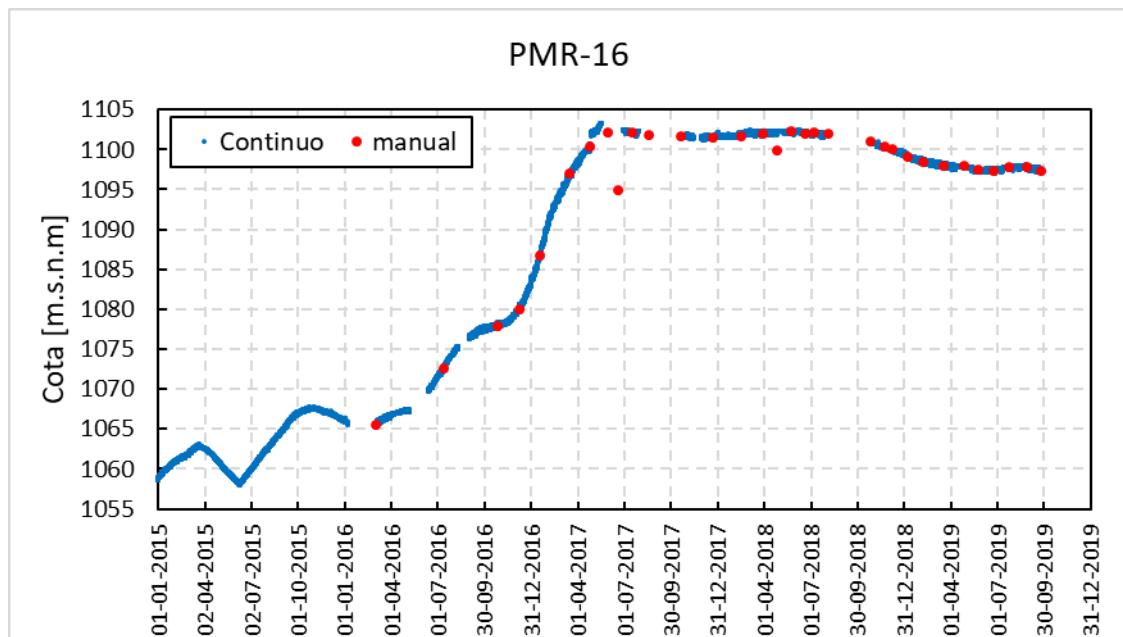


Figura 5-44: Área 9.

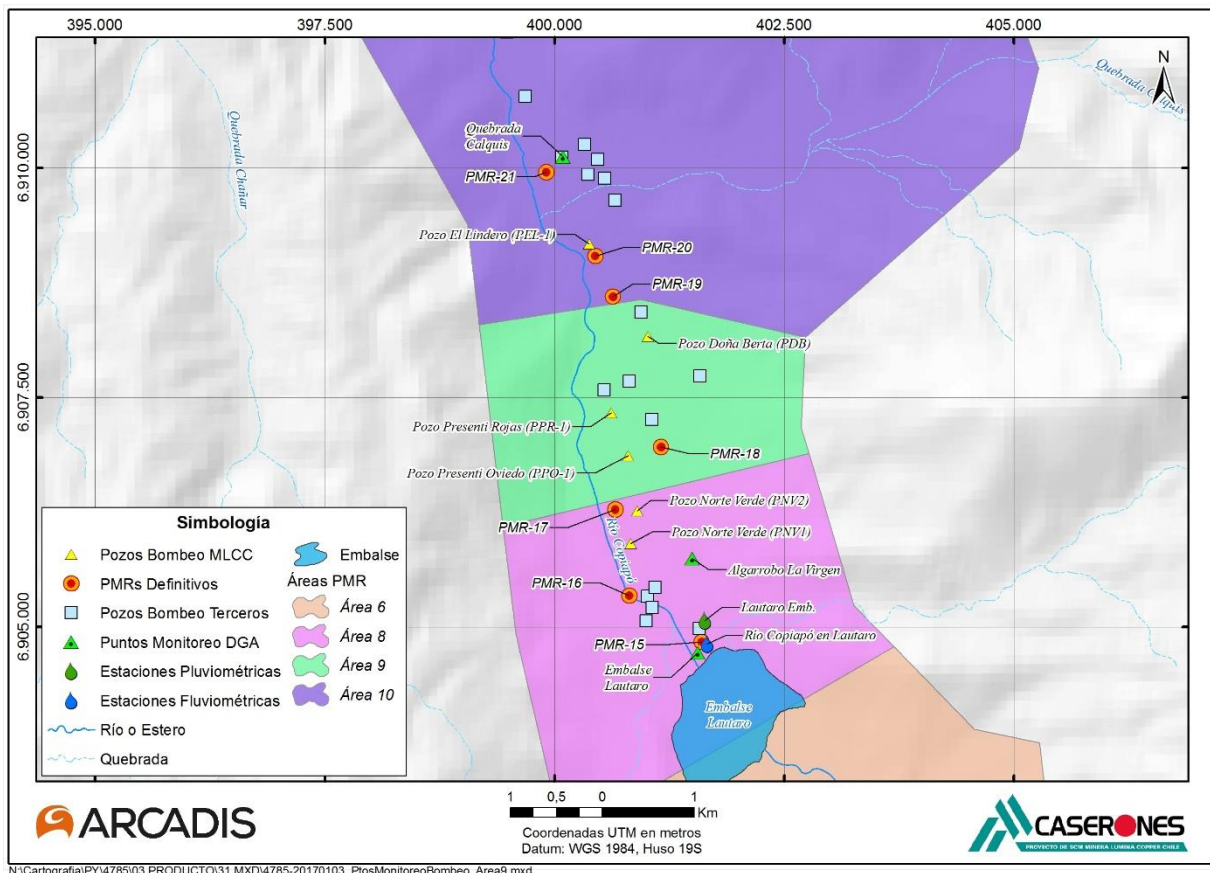


Figura 5-45: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-17.

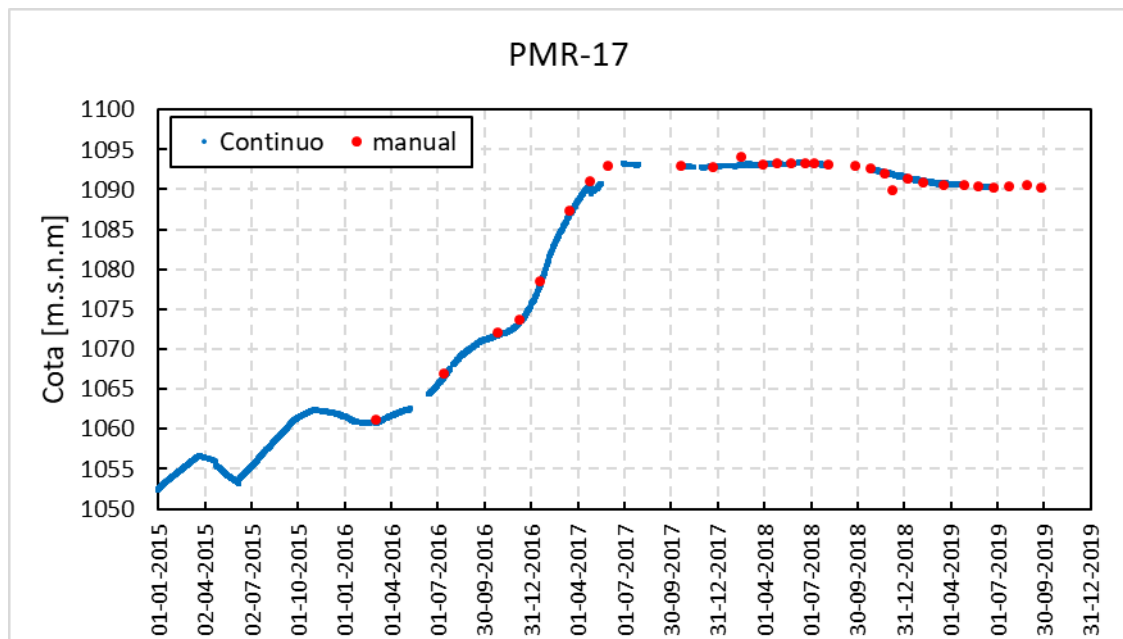




Figura 5-46: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-18.

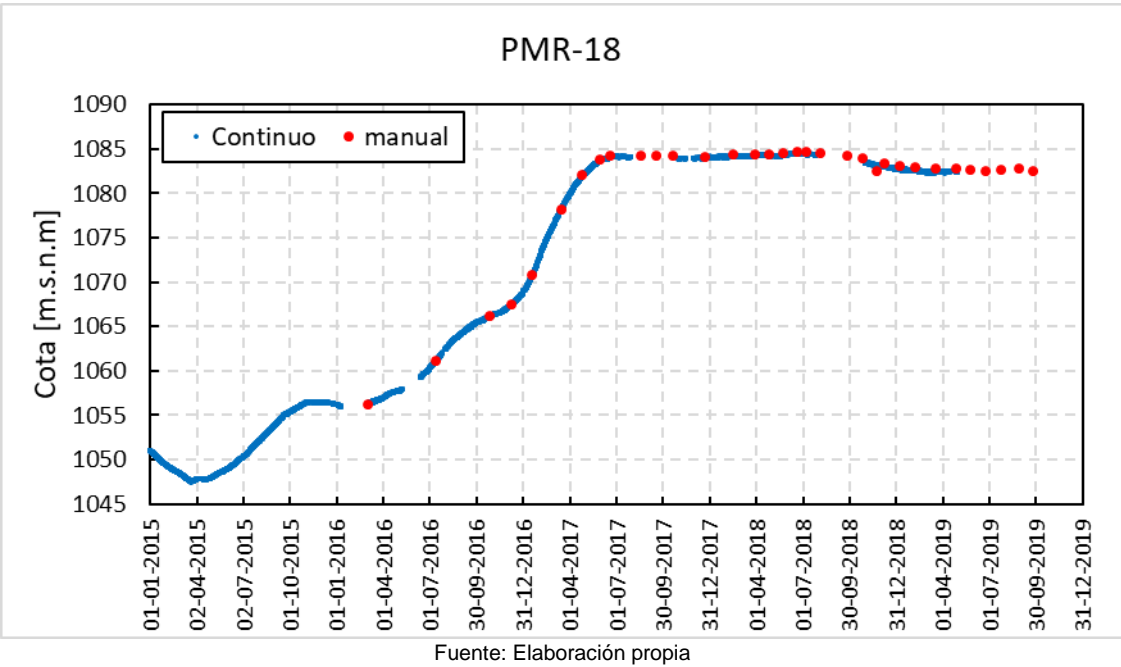


Figura 5-47: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-19.

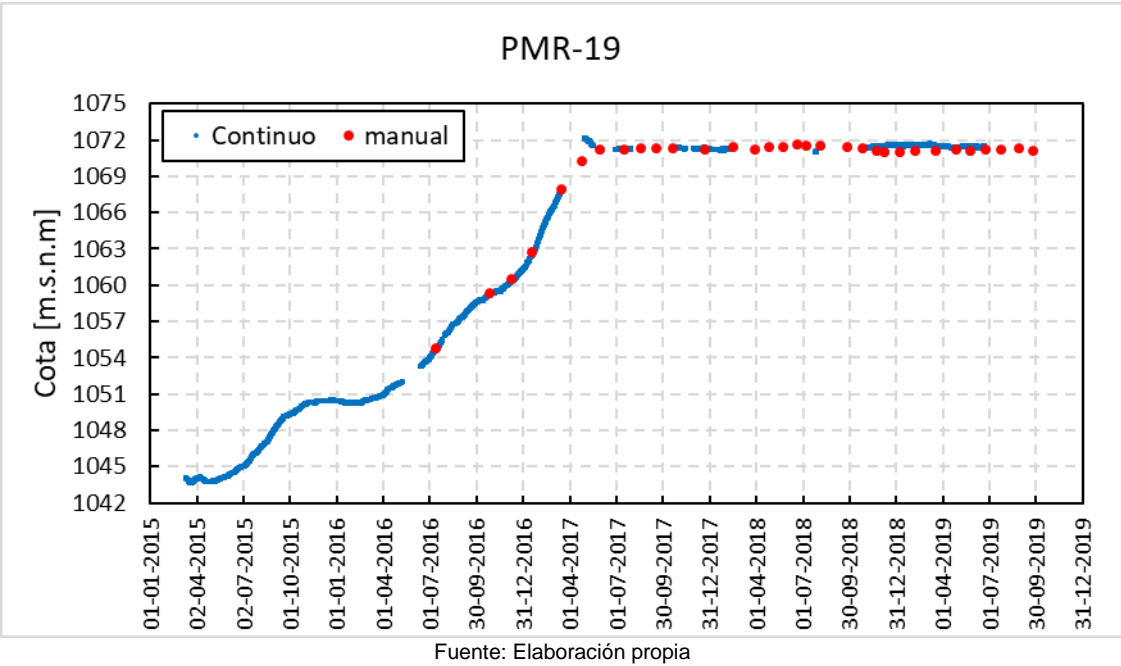
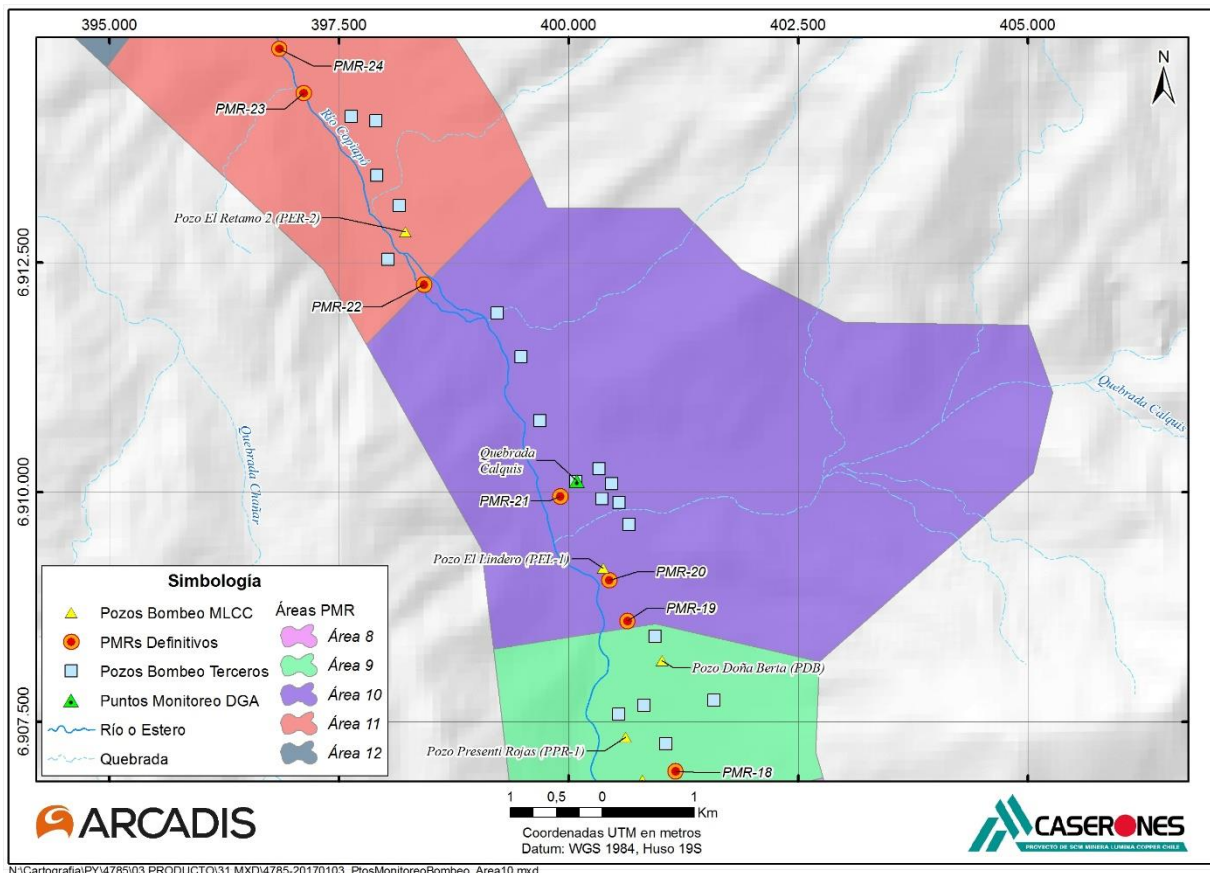
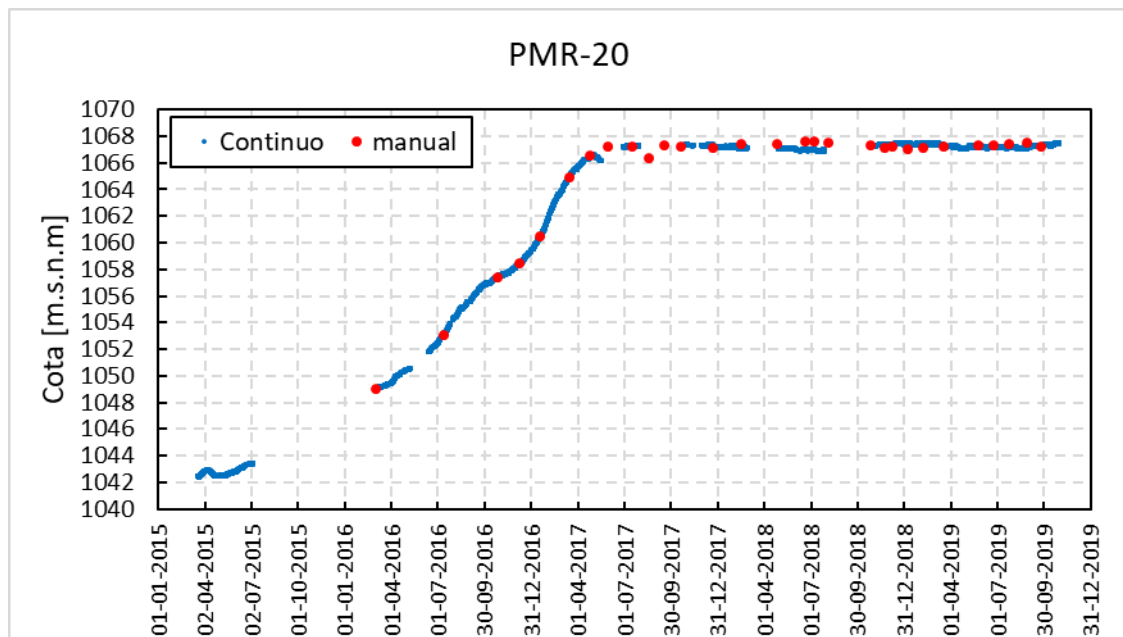


Figura 5-48: Área 10.



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

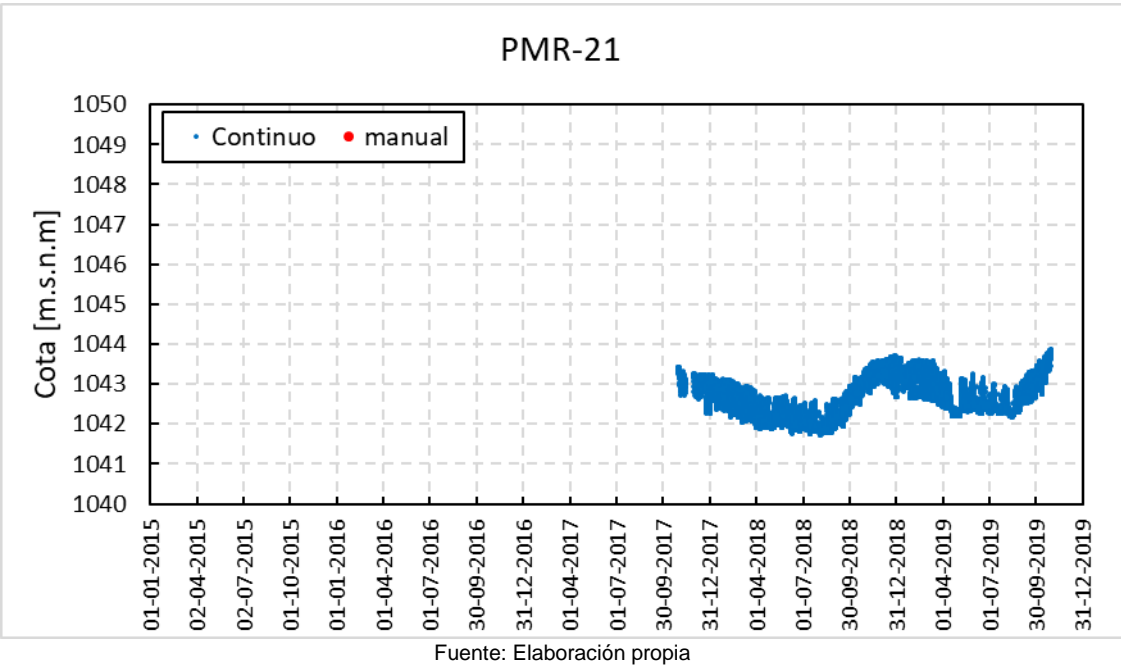


Figura 5-51: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-22.

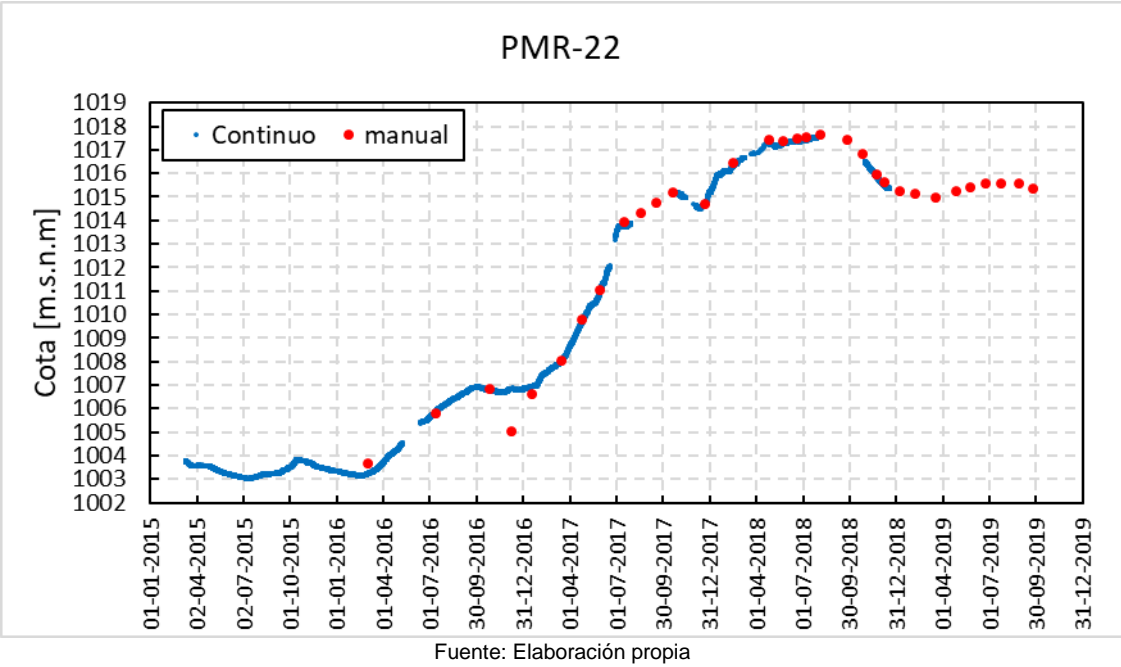
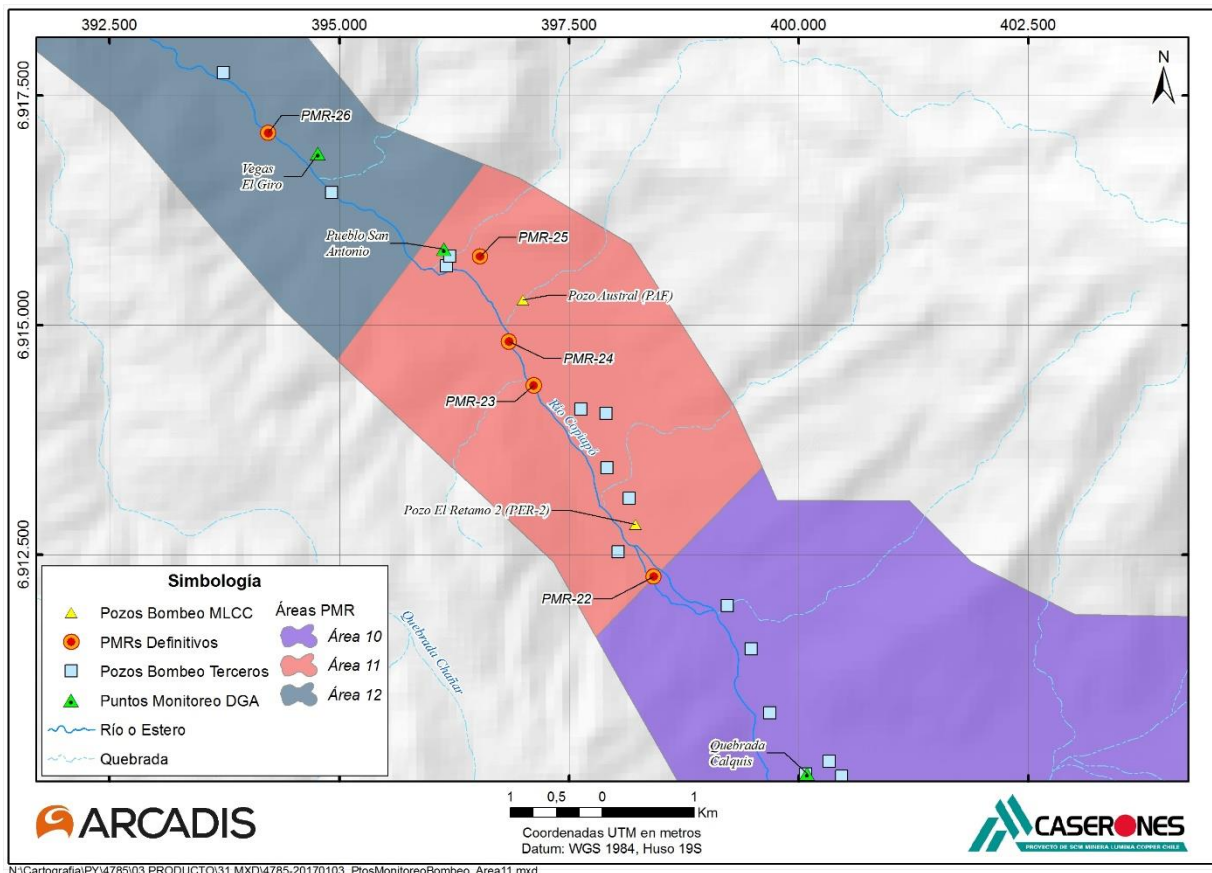
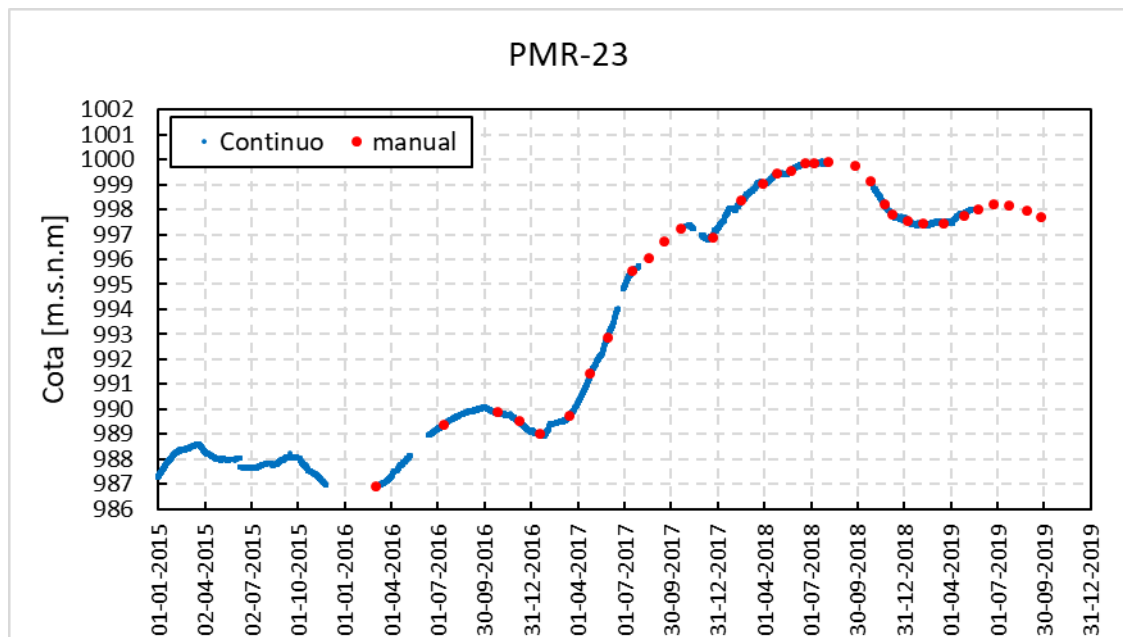


Figura 5-52: Área 11.



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

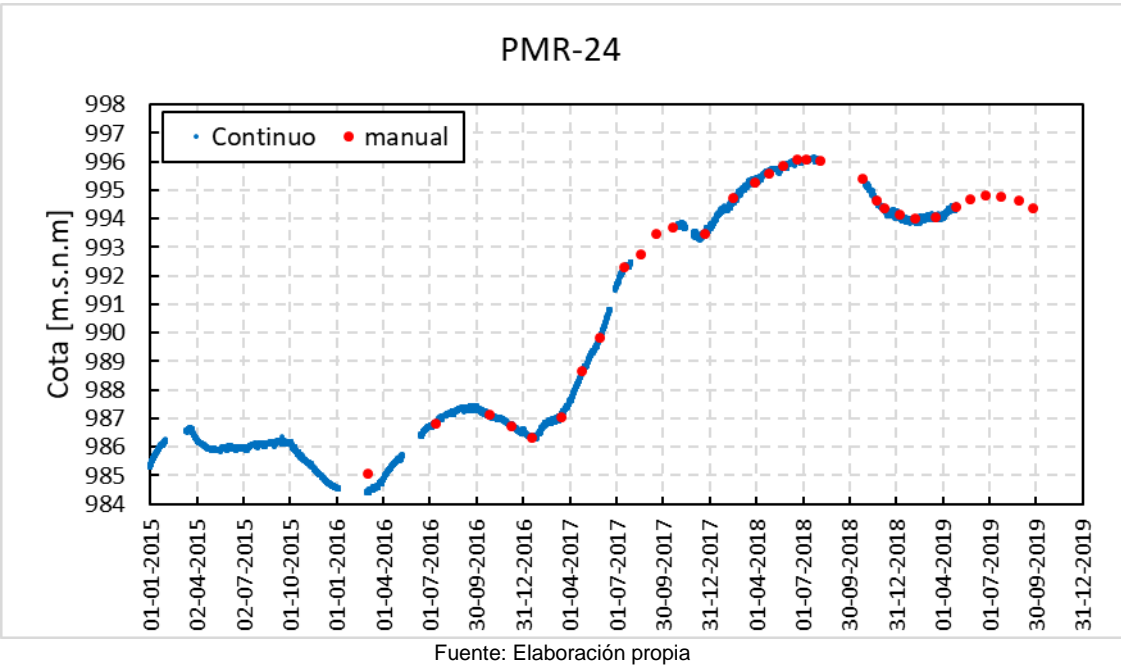


Figura 5-55: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-25.

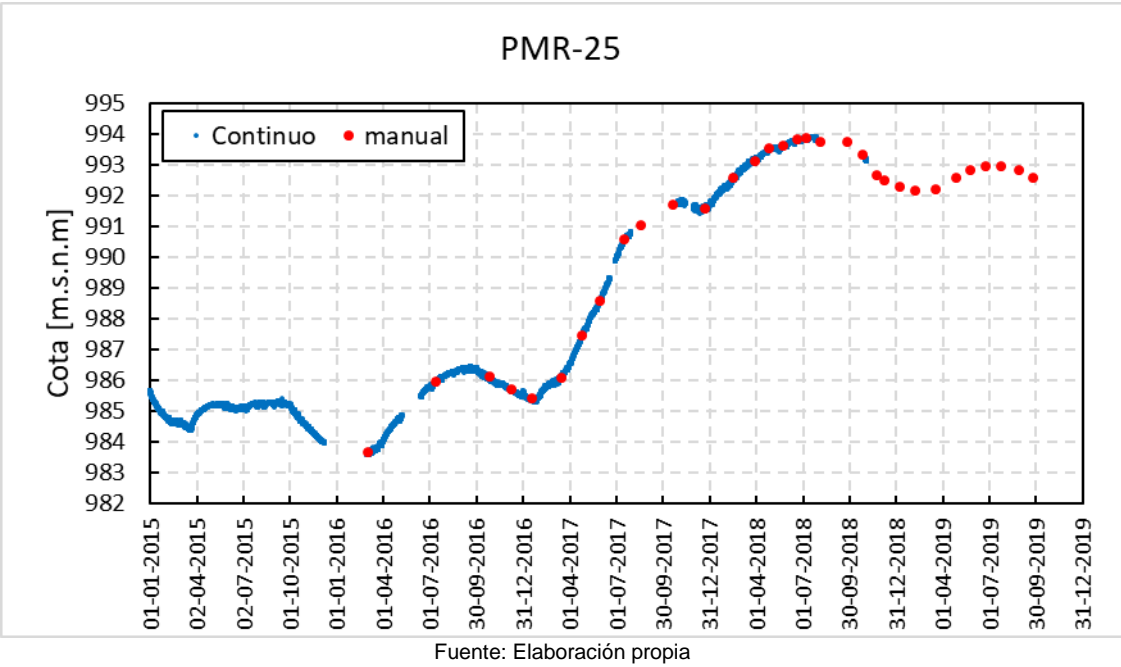
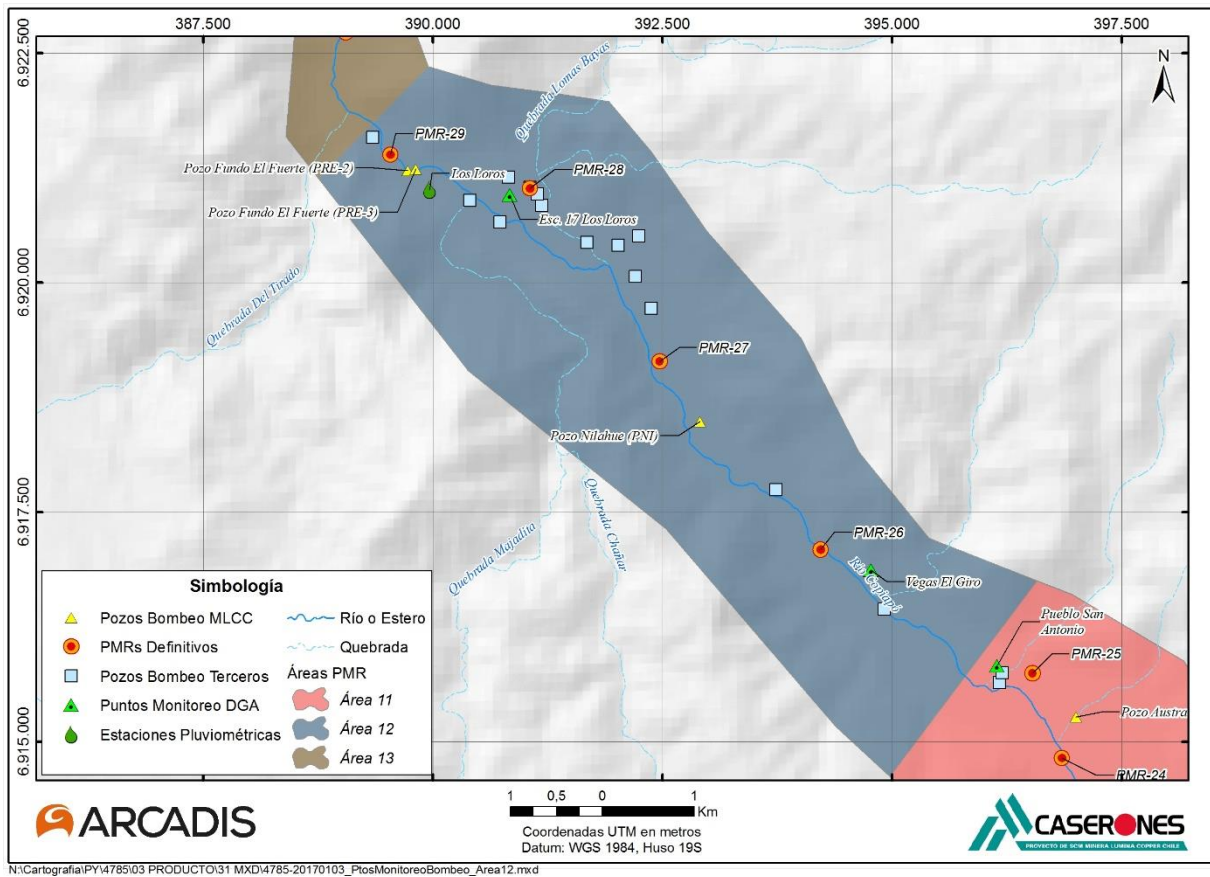


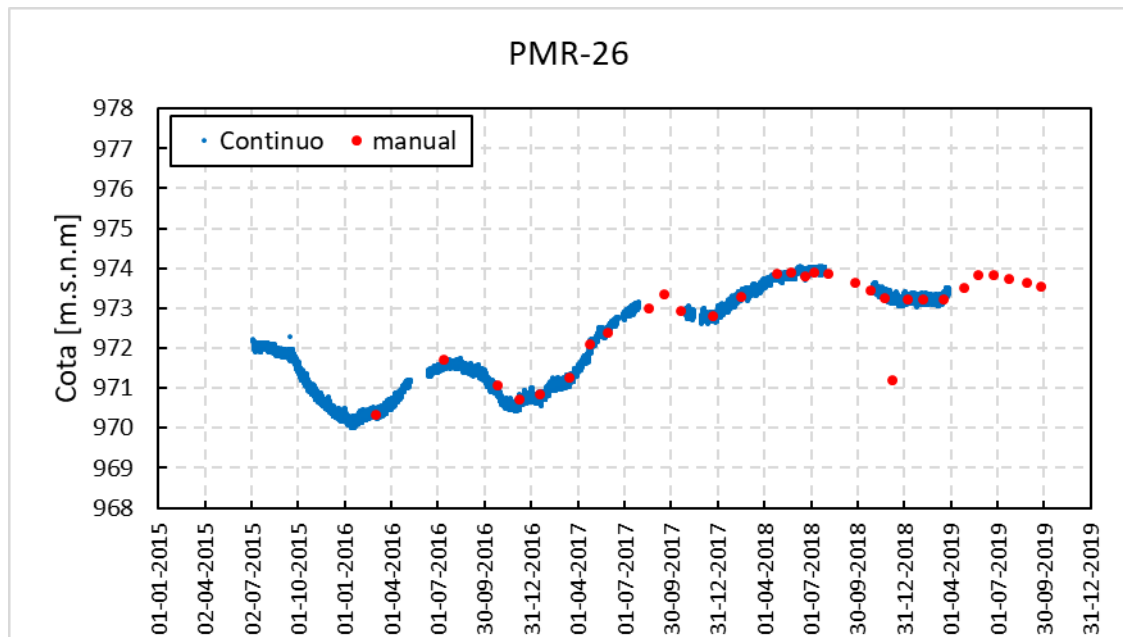


Figura 5-56: Área 12.



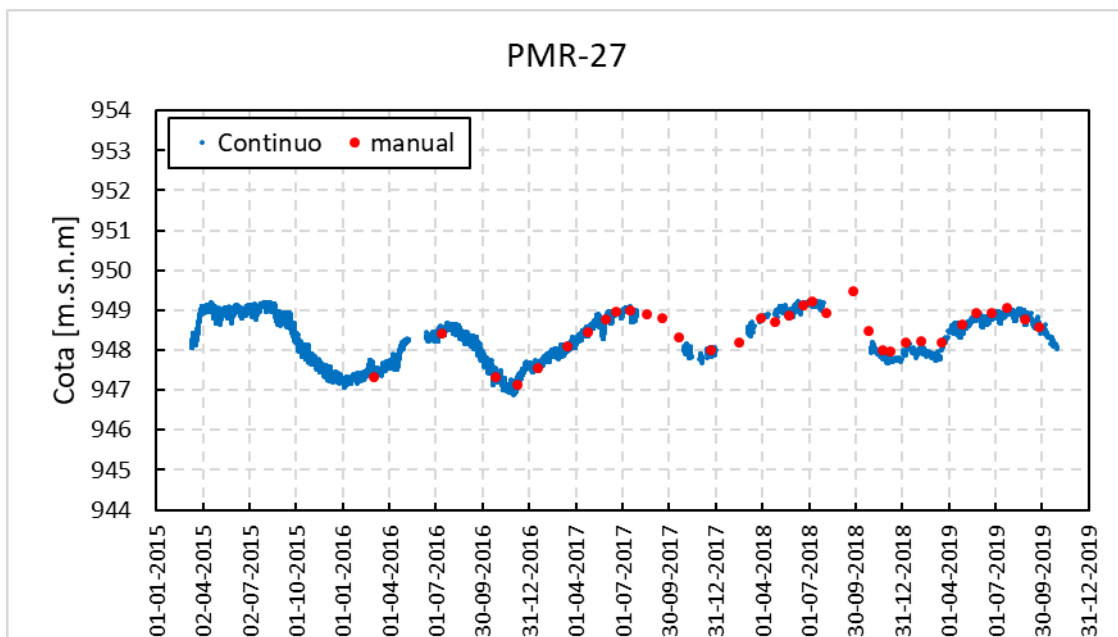
Fuente: Elaboración propia

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



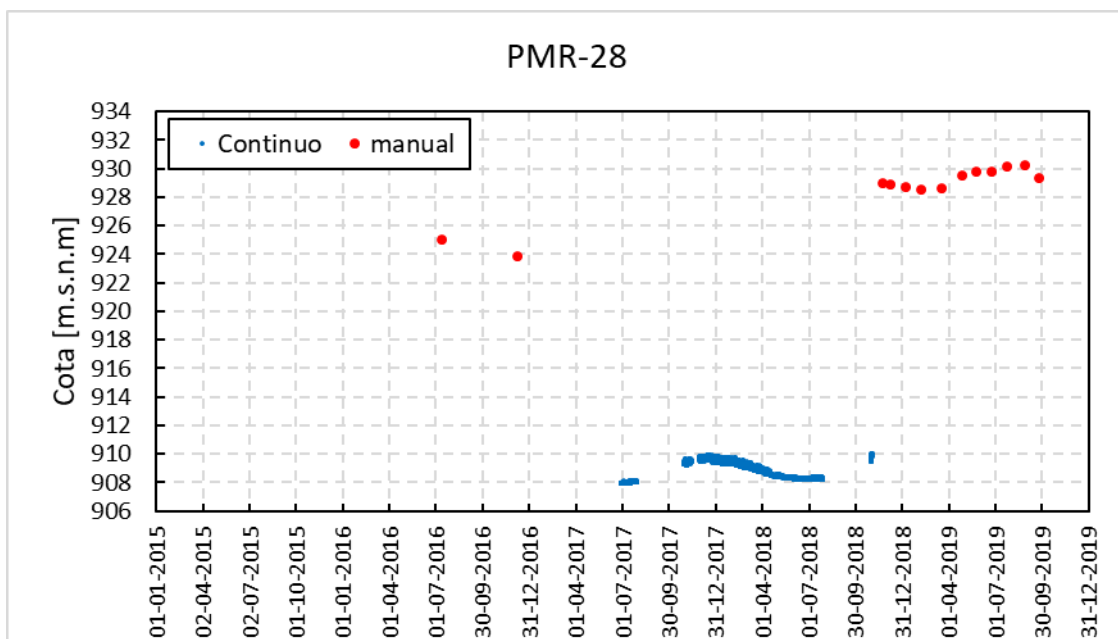
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-59: Nivel de agua subterránea en el pozo PMR-28<sup>6</sup>.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>6</sup> Pozo PMR-28 fue reubicado. En gráfico se muestra medición de nivel del nuevo pozo PMR-28.

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

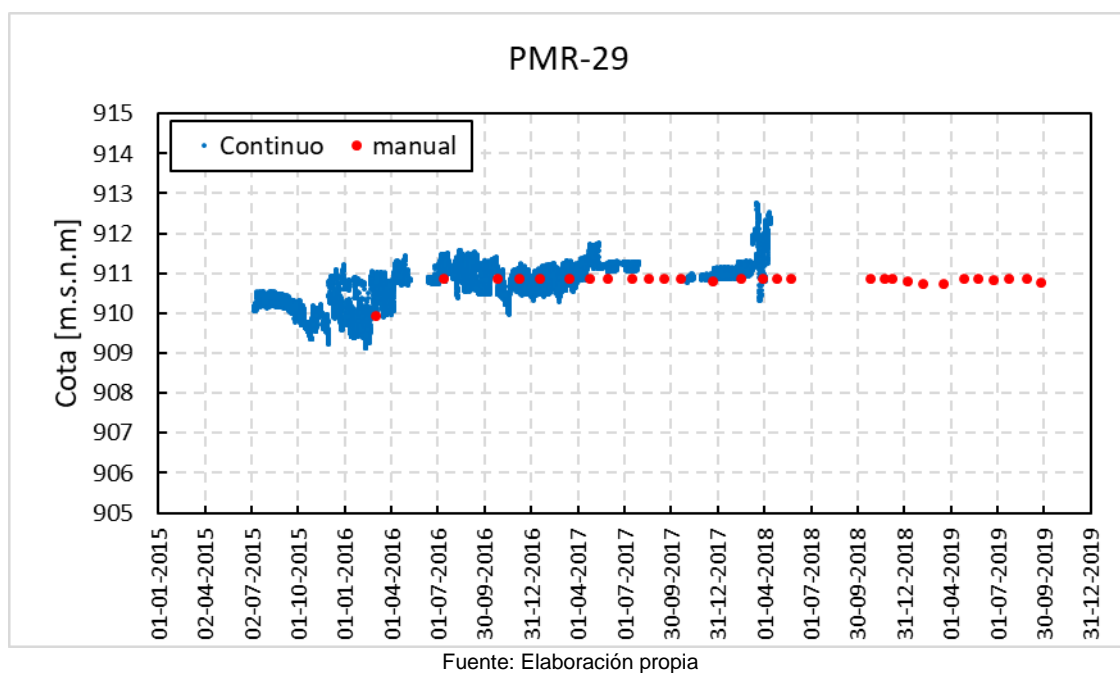
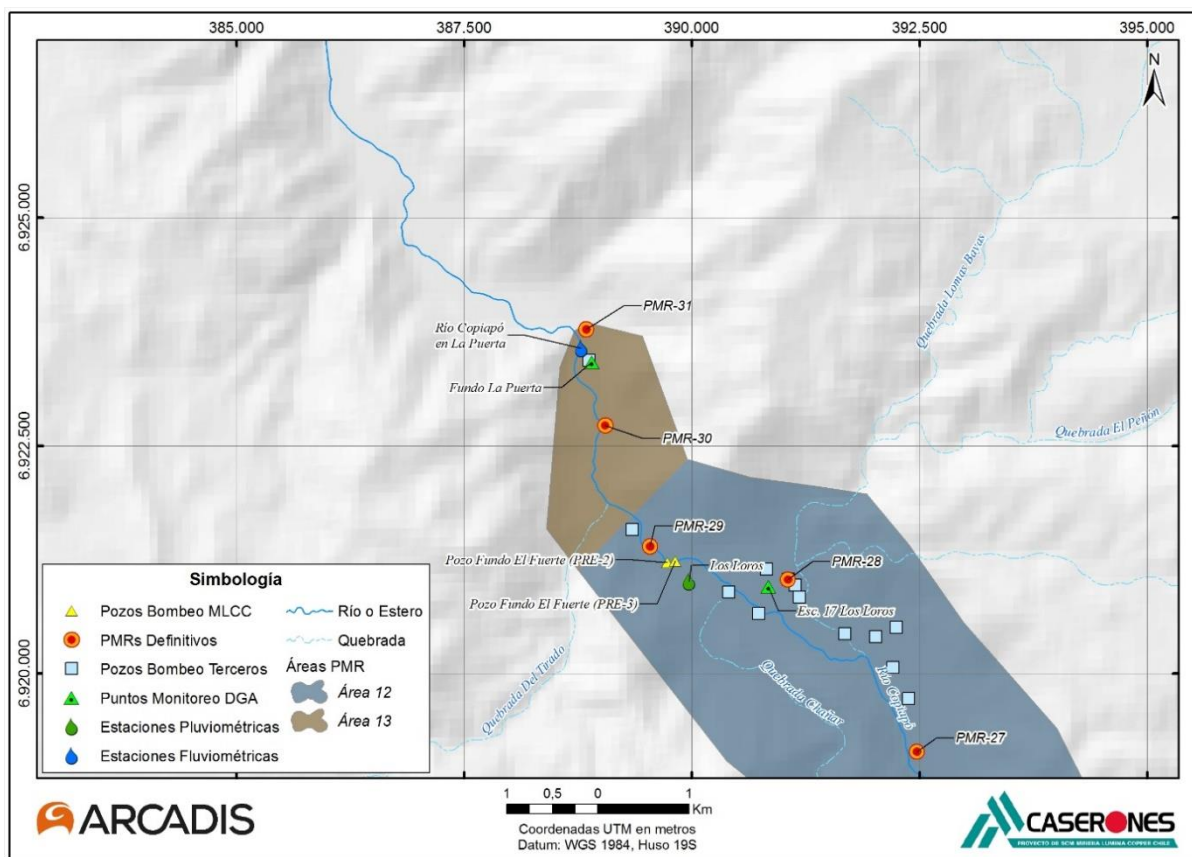
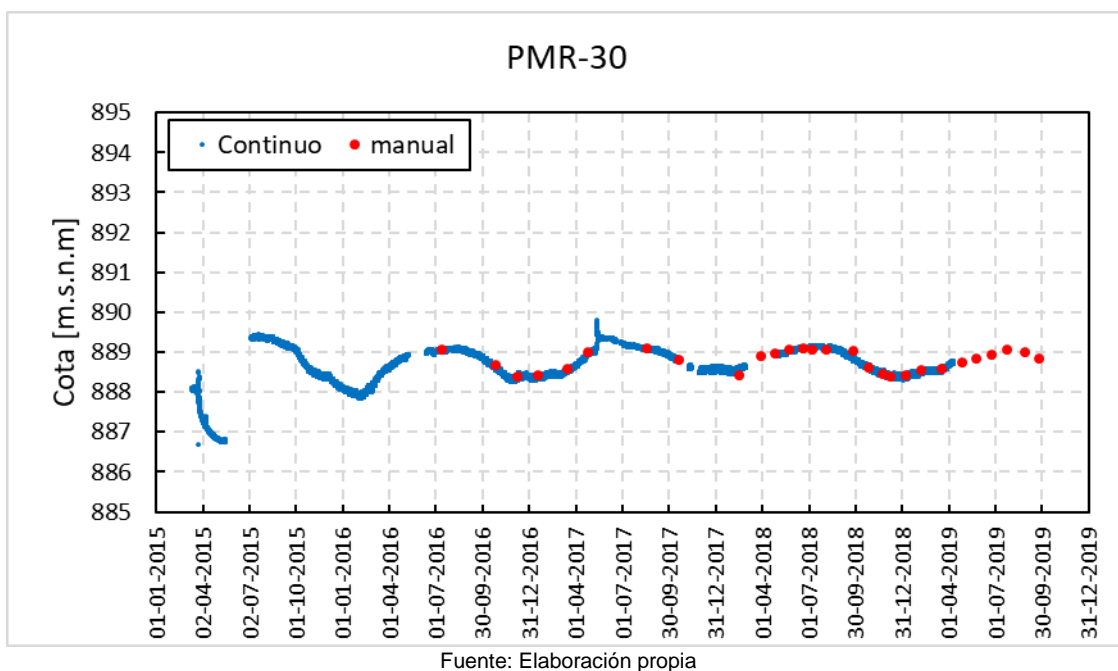


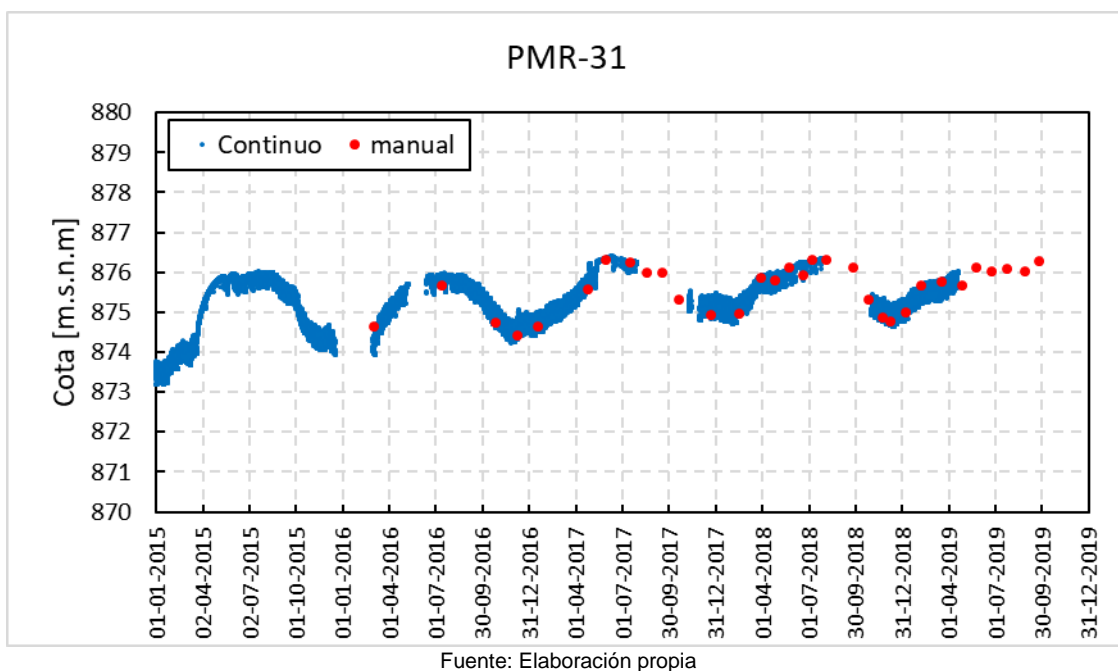
Figura 5-61: Área 13.



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



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

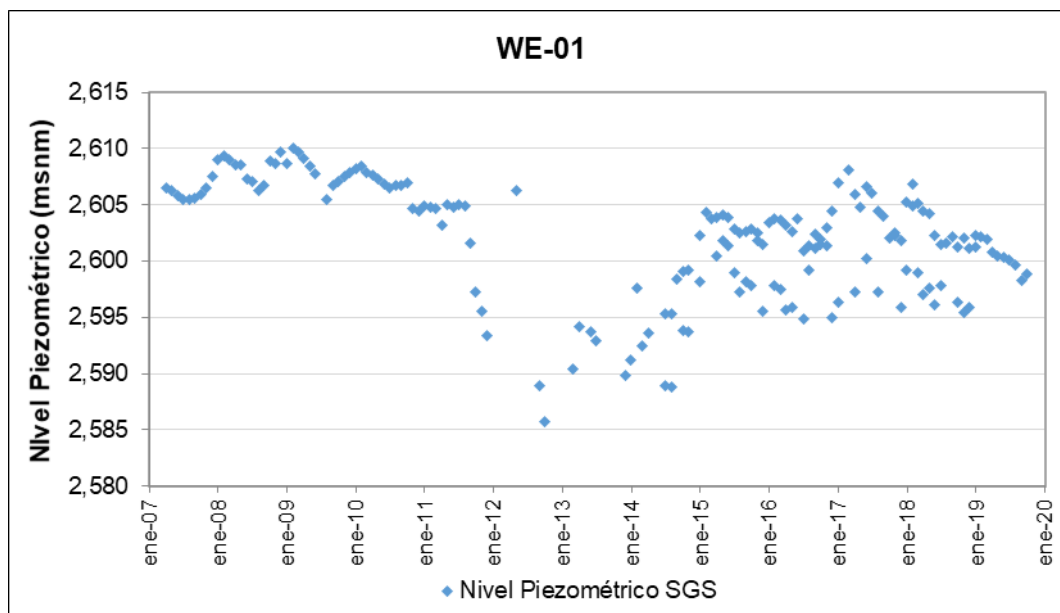


## 5.5 Niveles piezométricos pozos de bombeo MLCC

En este apartado se presenta el nivel piezométrico en los pozos de bombeo. En los gráficos de nivel de los pozos de extracción es pertinente tener en consideración las fechas importantes relacionadas a la operación del proyecto, correspondientes a abril de 2010, marzo de 2013 y mayo de 2014 (de acuerdo

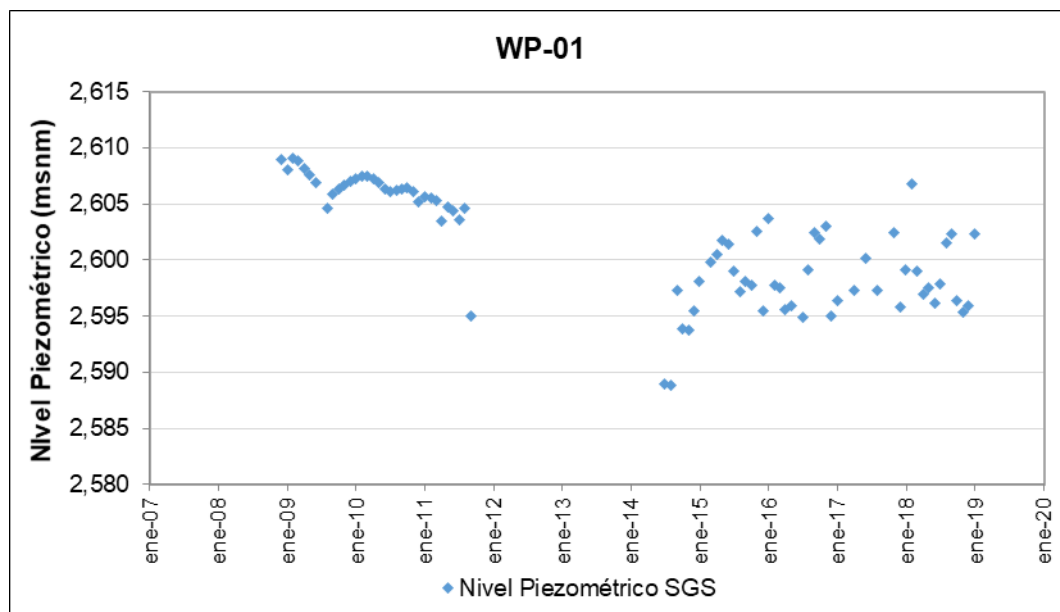
con lo mostrado en la Tabla 4-1). En aquellos pozos donde existan pocas mediciones, se incluyen las mediciones realizadas por MLCC para complementar.

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



Fuente: Elaboración propia

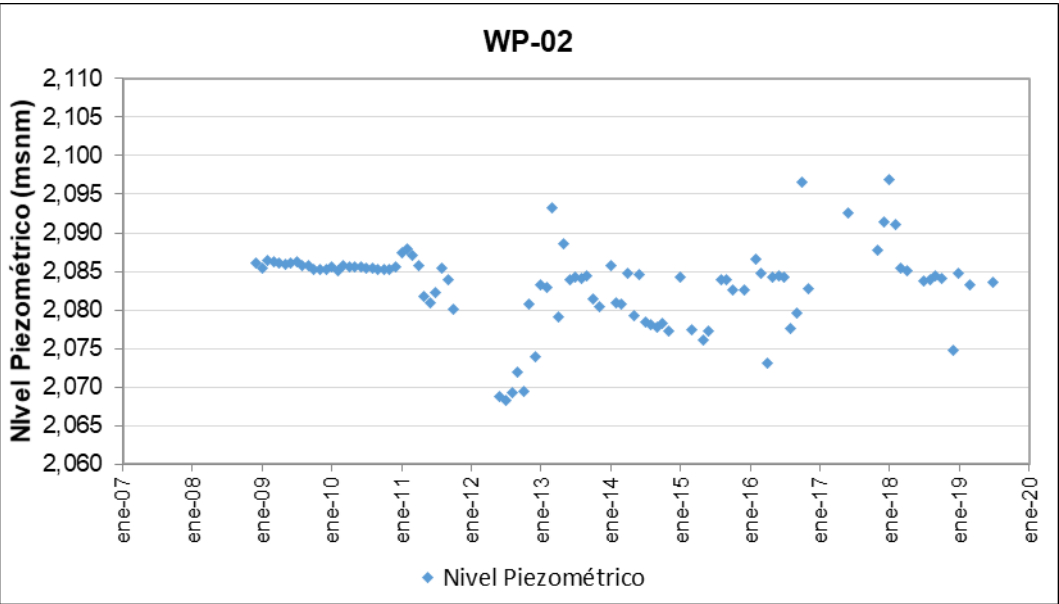
**Figura 5-65: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-01.**



Fuente: Elaboración propia

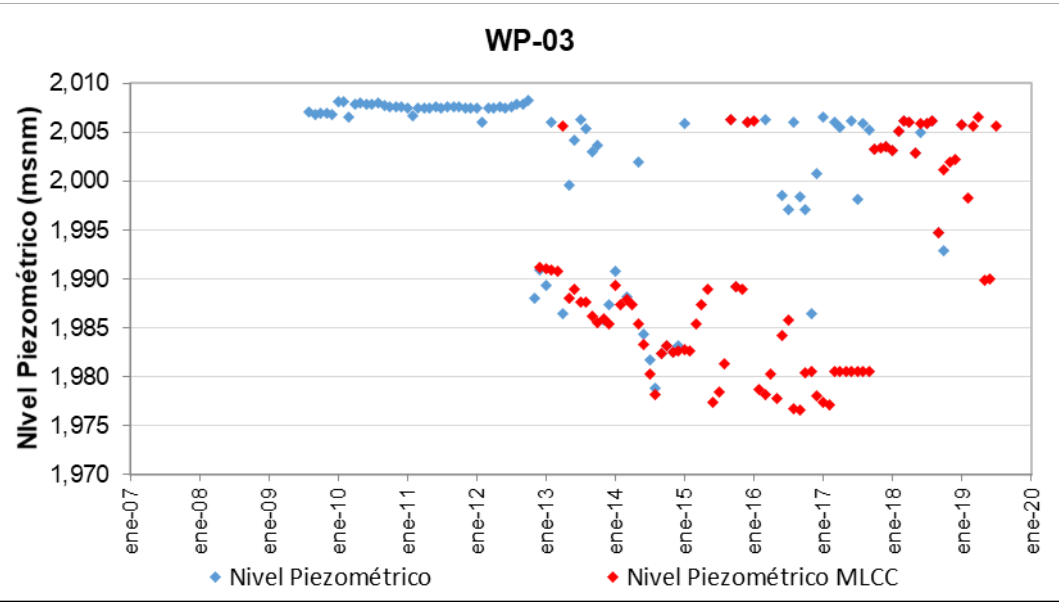


Figura 5-66: Nivel de agua subterránea en el pozo WP-02.



Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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

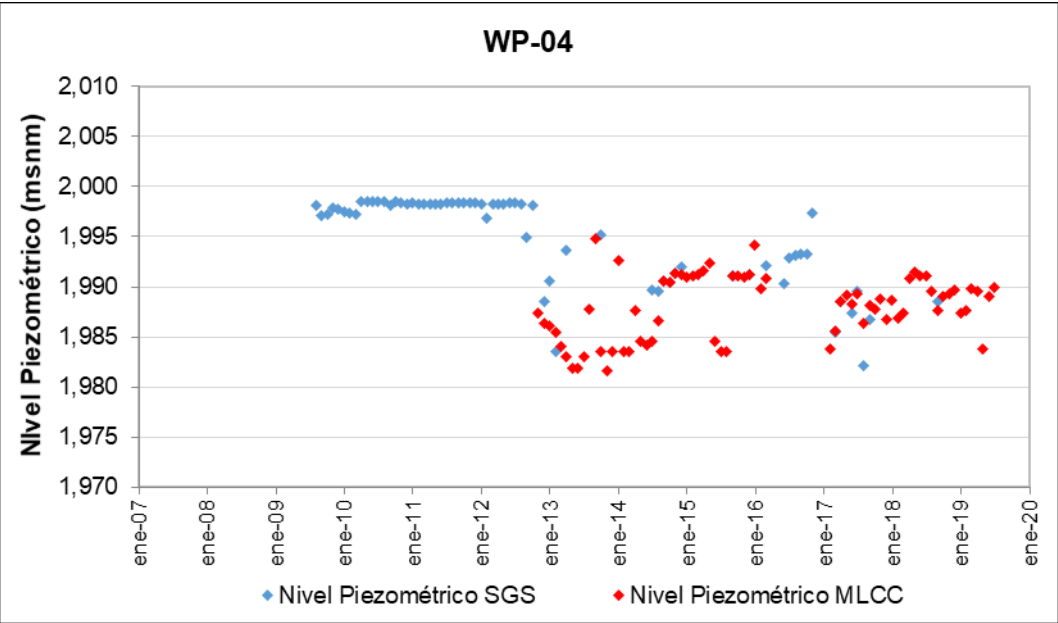


Figura 5-69: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-1.

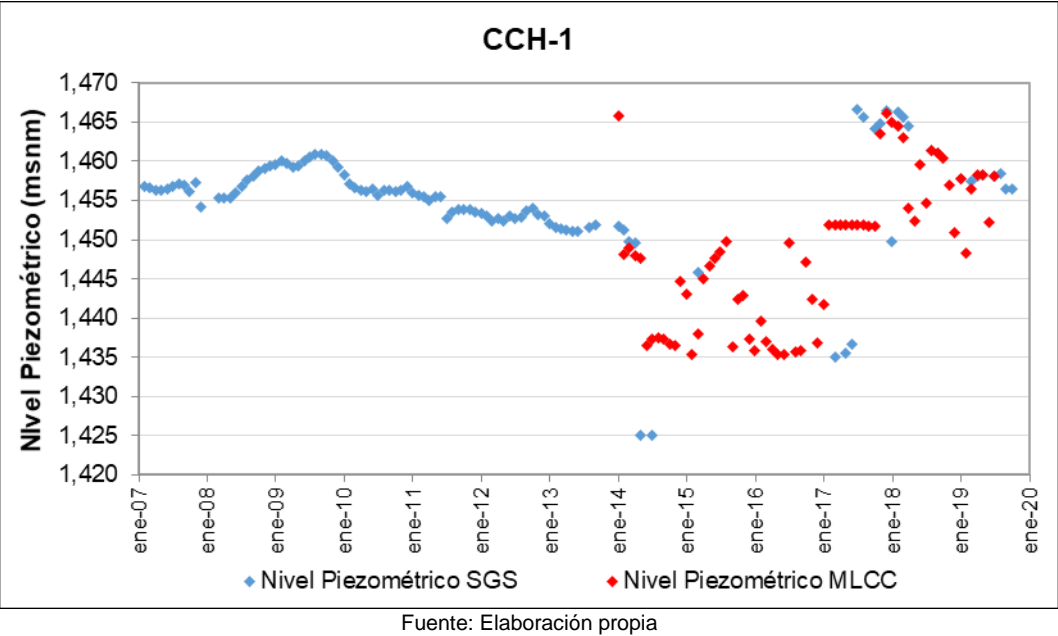
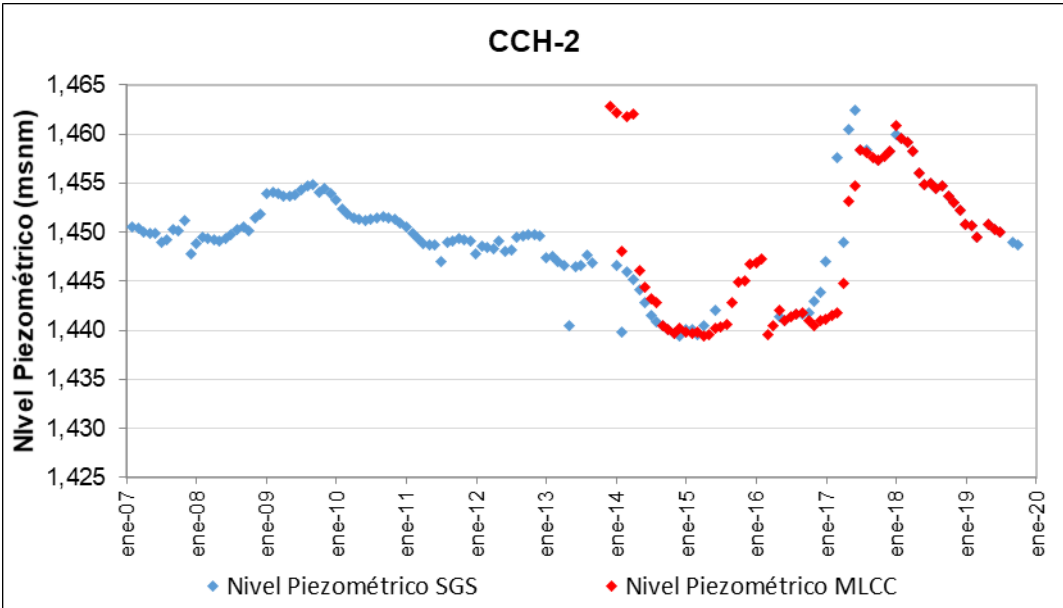
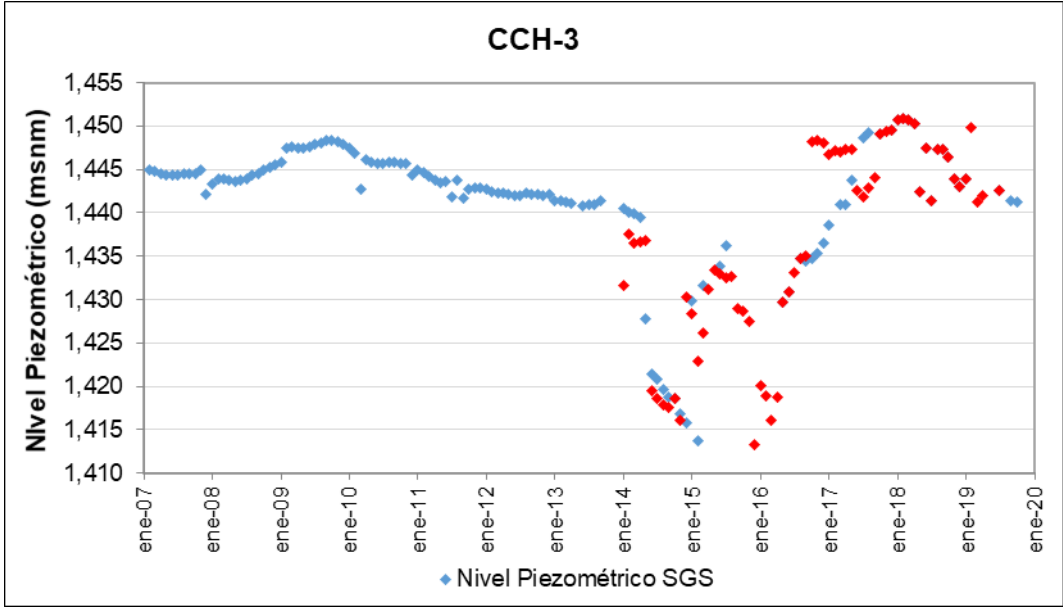


Figura 5-70: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-2.



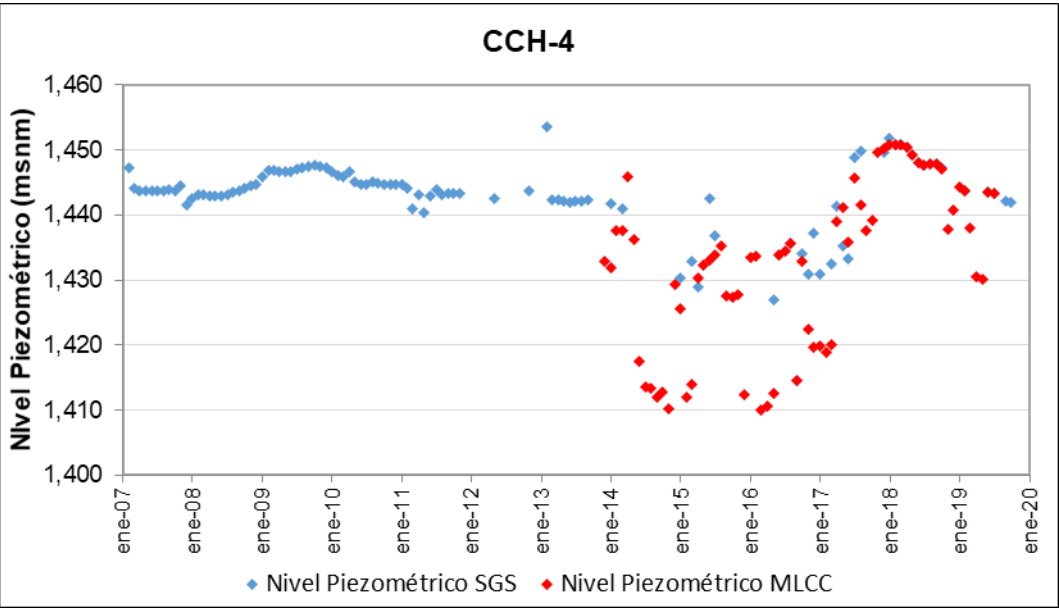
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-71: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-3.



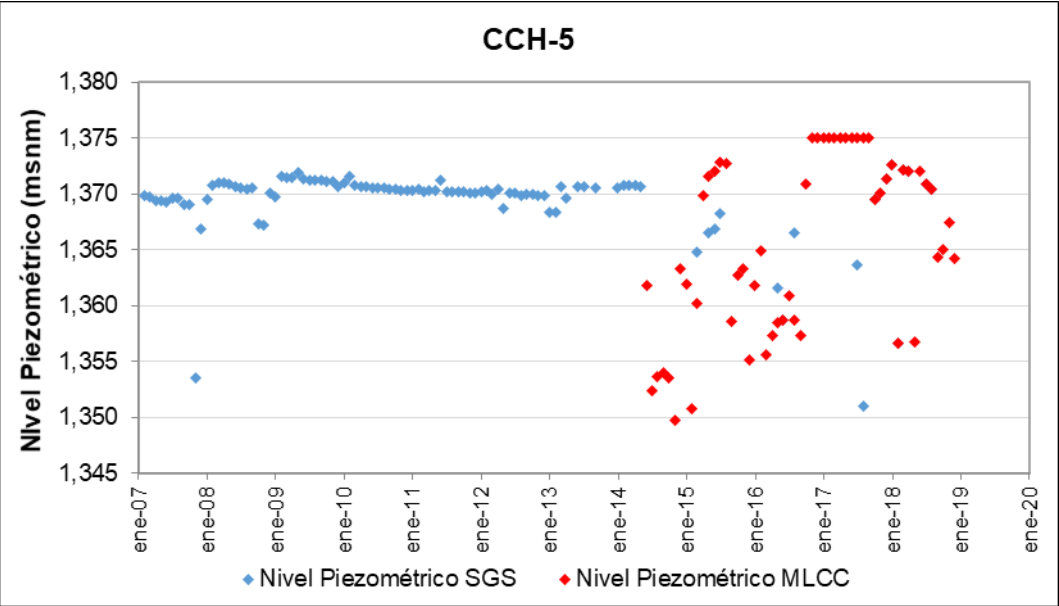
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-72: Nivel de agua subterránea en el pozo CCH-4.



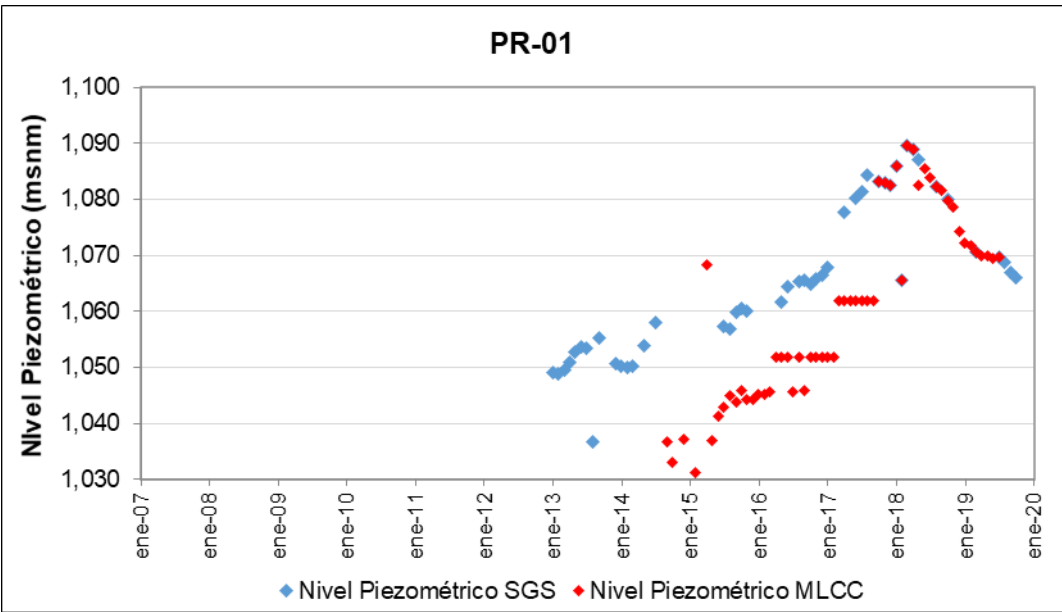
Fuente: Elaboración propia

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



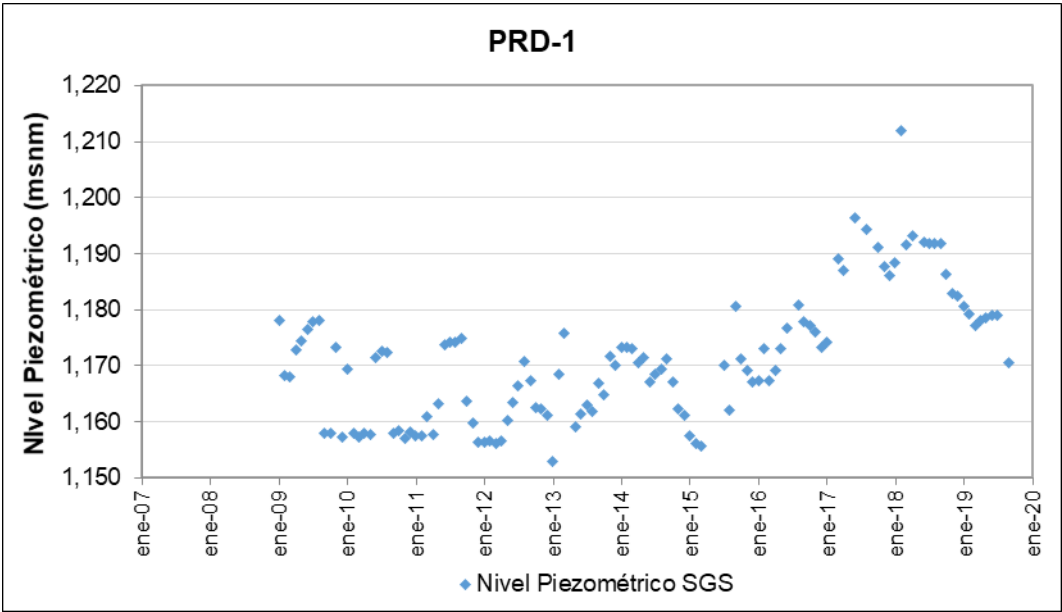
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

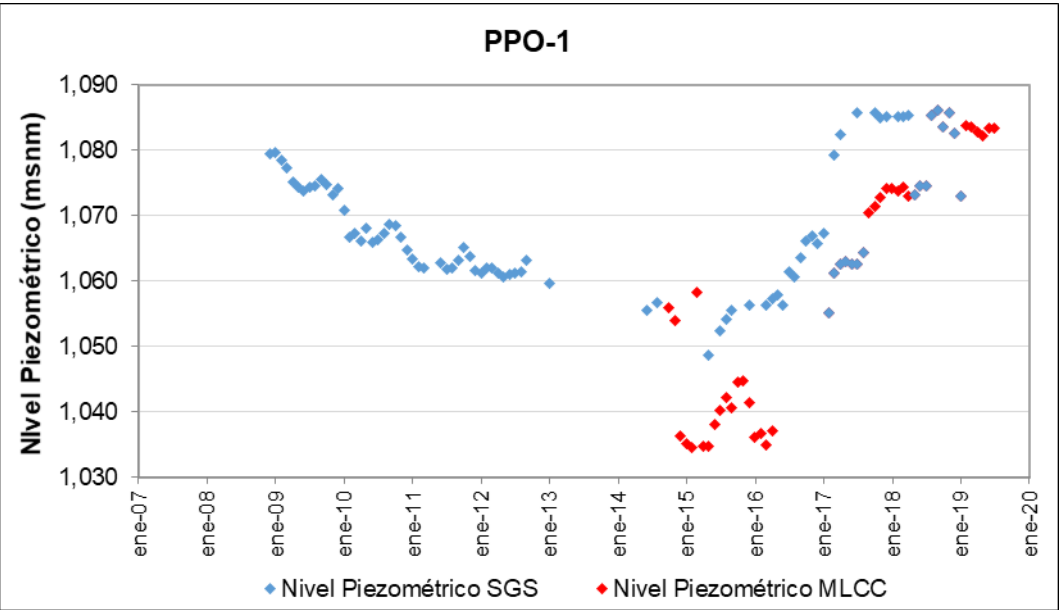
Figura 5-75: Nivel de agua subterránea en el pozo PRD-1.



Fuente: Elaboración propia

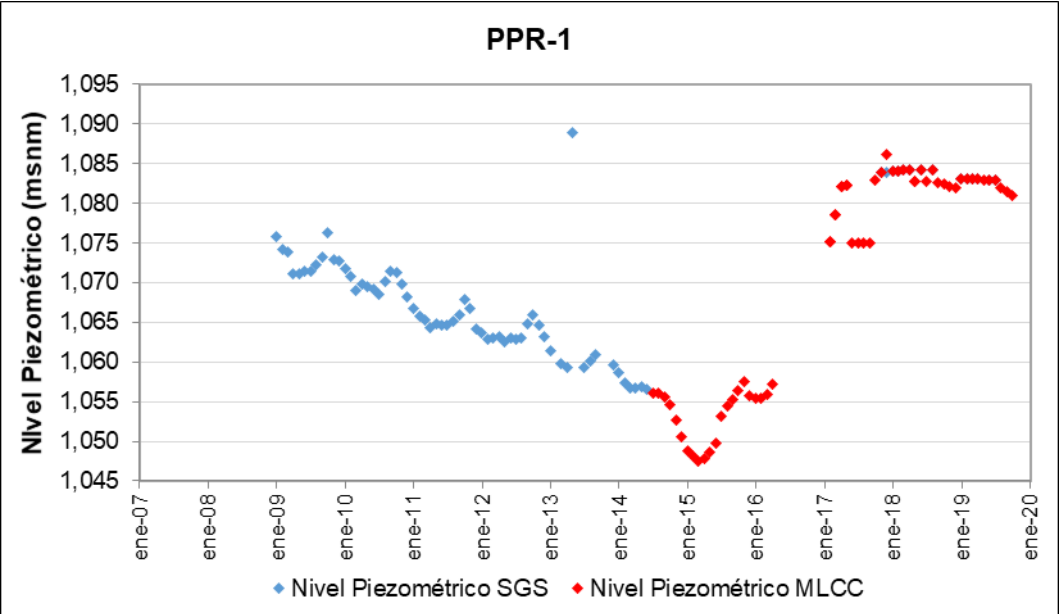


Figura 5-76: Nivel de agua subterránea en el pozo PPO-1.



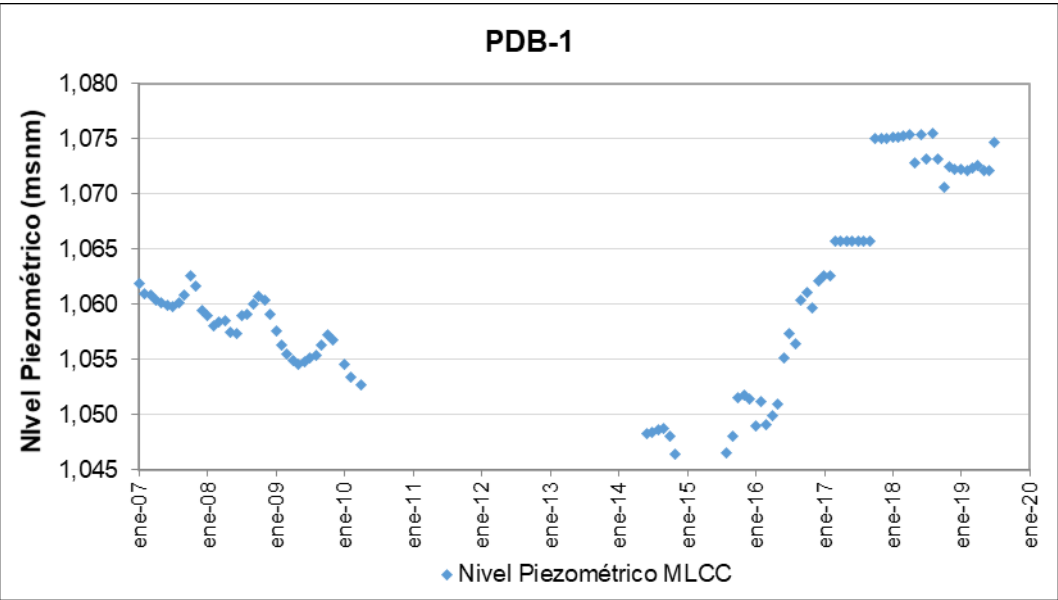
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-77: Nivel de agua subterránea en el pozo PPR-1.



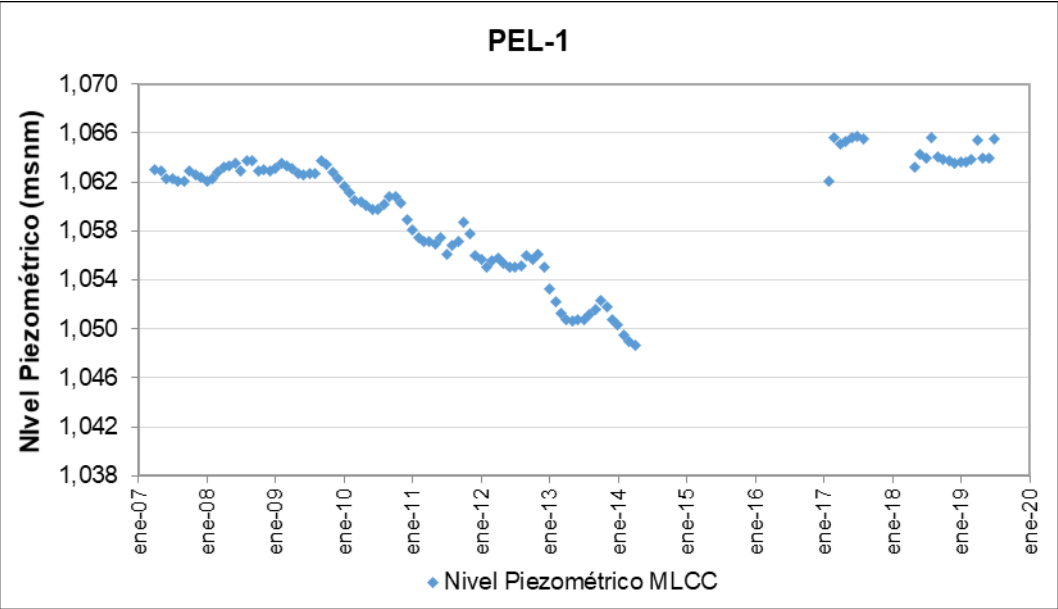
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-78: Nivel de agua subterránea en el pozo PDB-1.



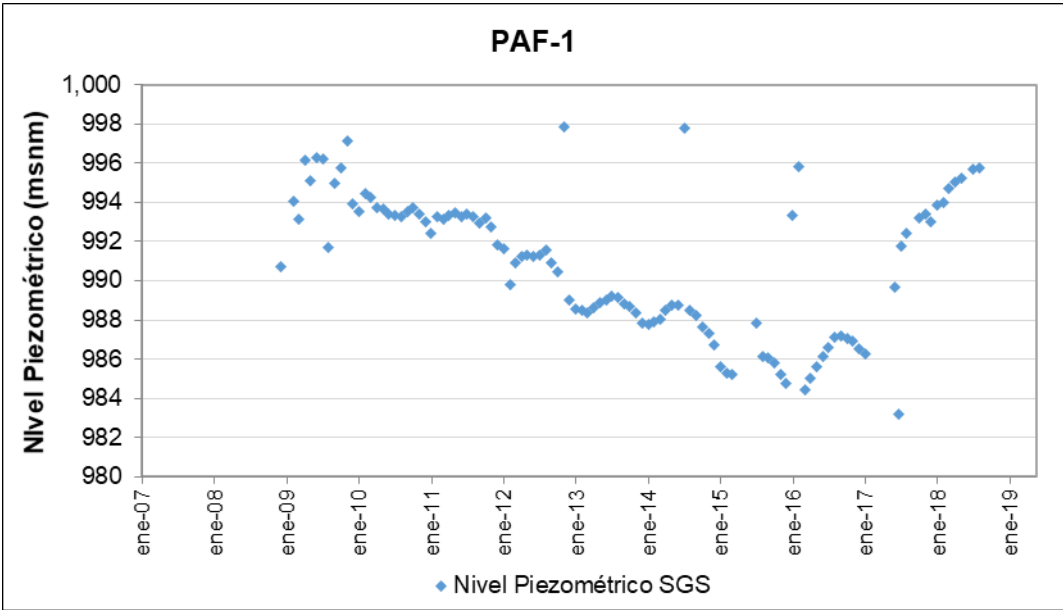
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-79: Nivel de agua subterránea en el pozo PEL-1.



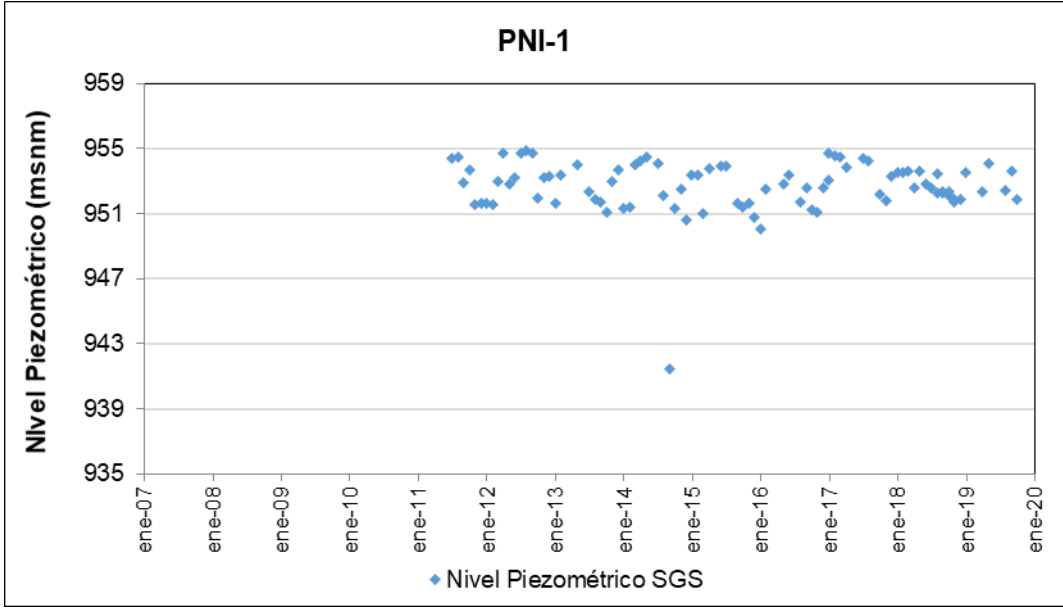
Fuente: Elaboración propia

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



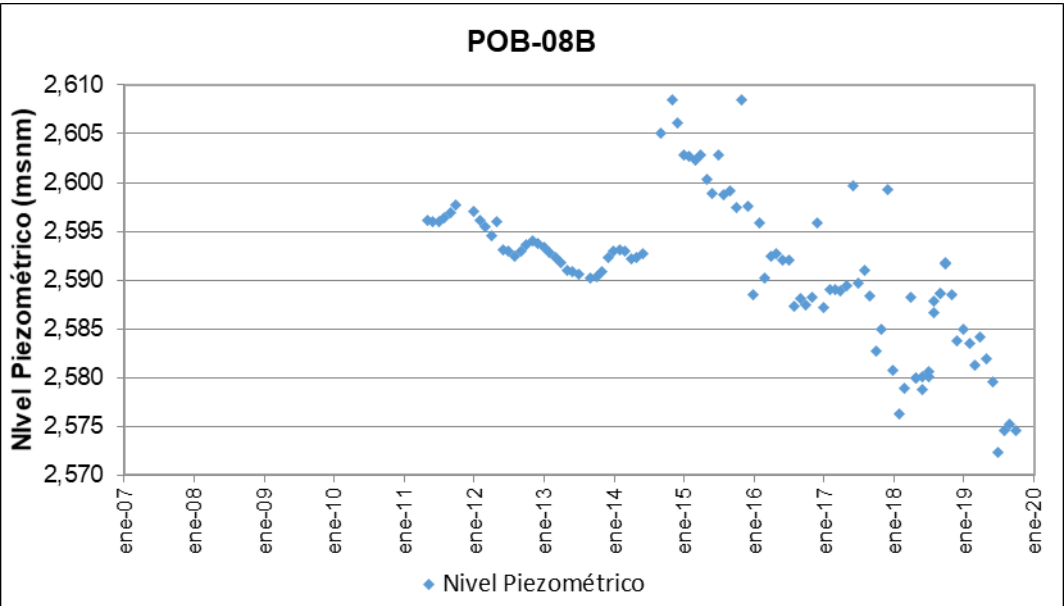
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-81: Nivel de agua subterránea en el pozo PNI-1.



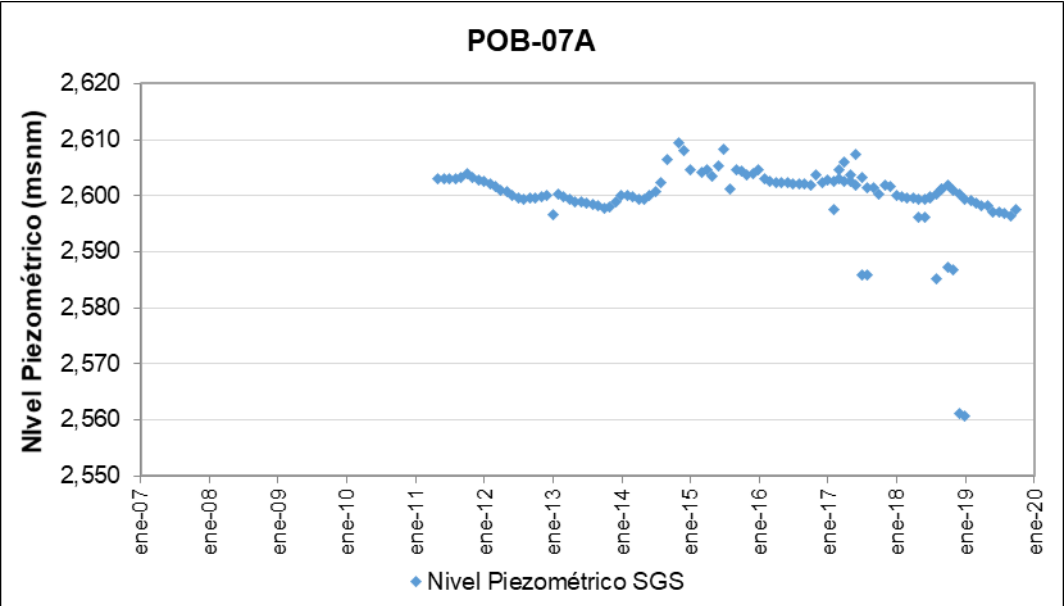
Fuente: Elaboración propia

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



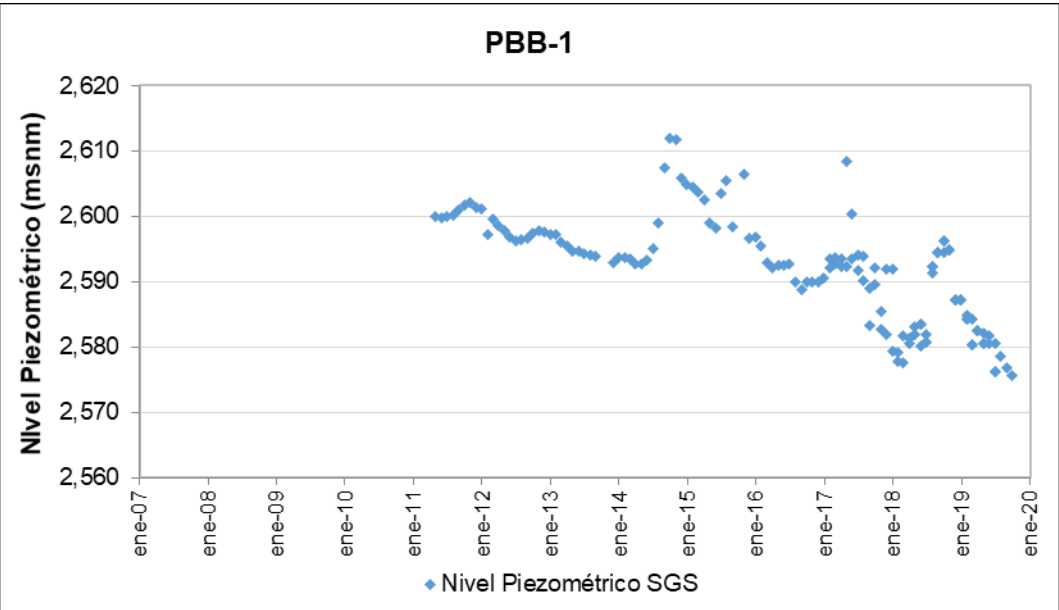
Fuente: Elaboración propia

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



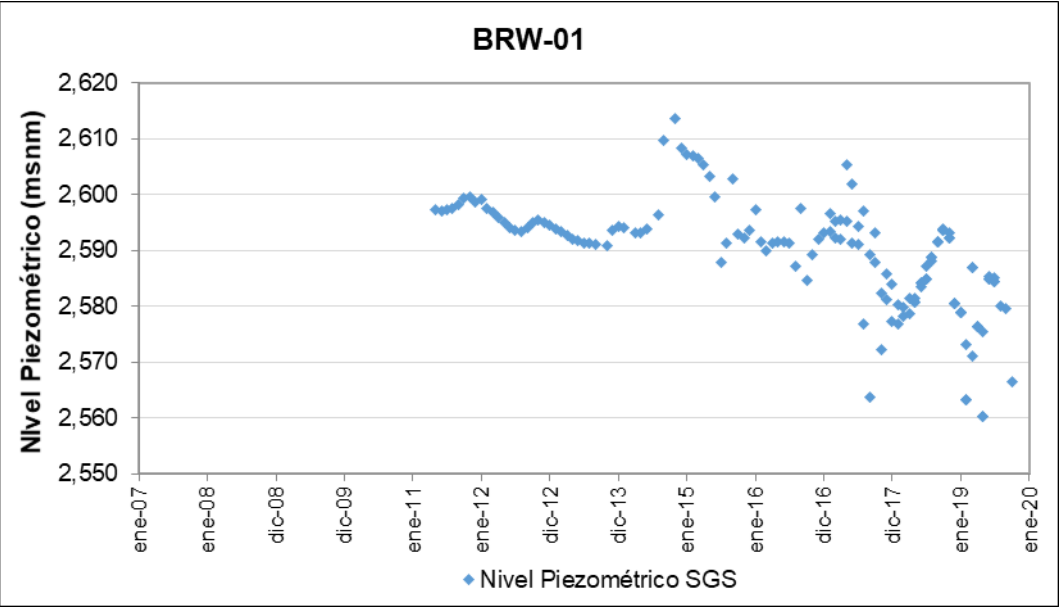
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-84: Nivel de agua subterránea en el pozo PBB-1.



Fuente: Elaboración propia

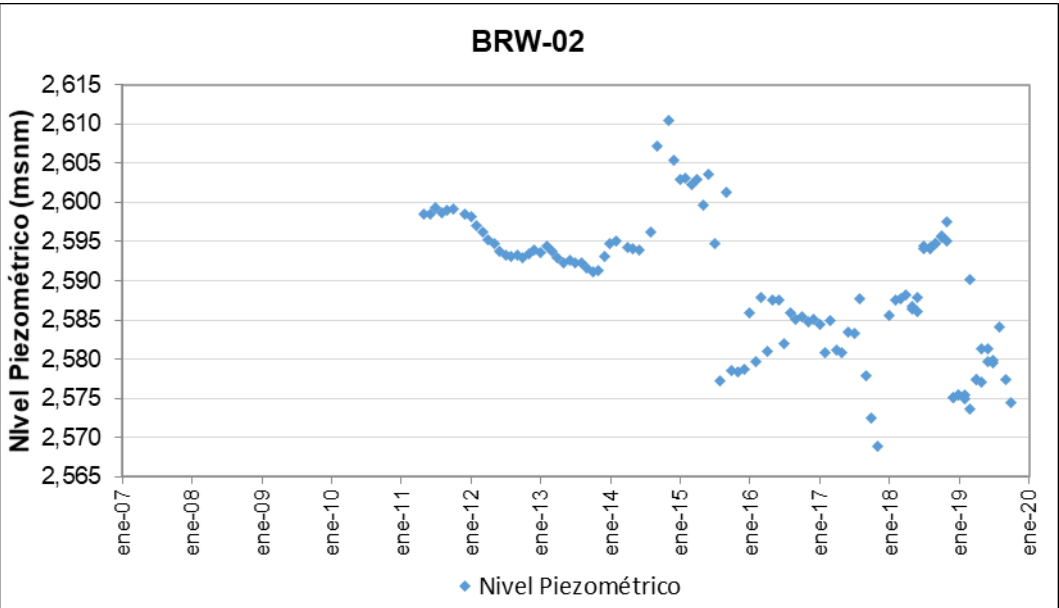
Figura 5-85: Nivel de agua subterránea en el pozo BRW-01.



Fuente: Elaboración propia

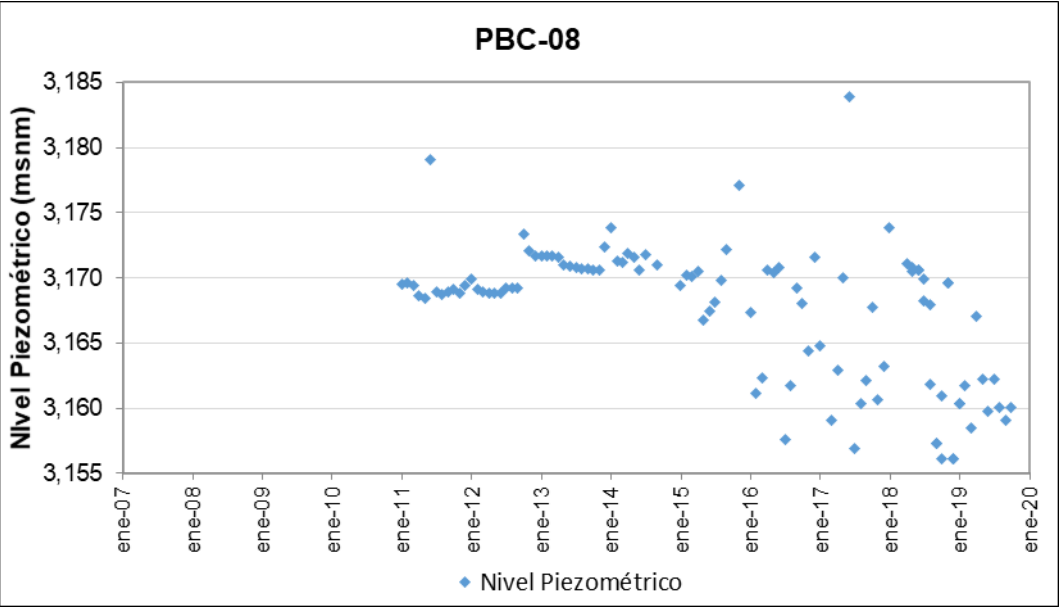


Figura 5-86: Nivel de agua subterránea en el pozo BRW-02.



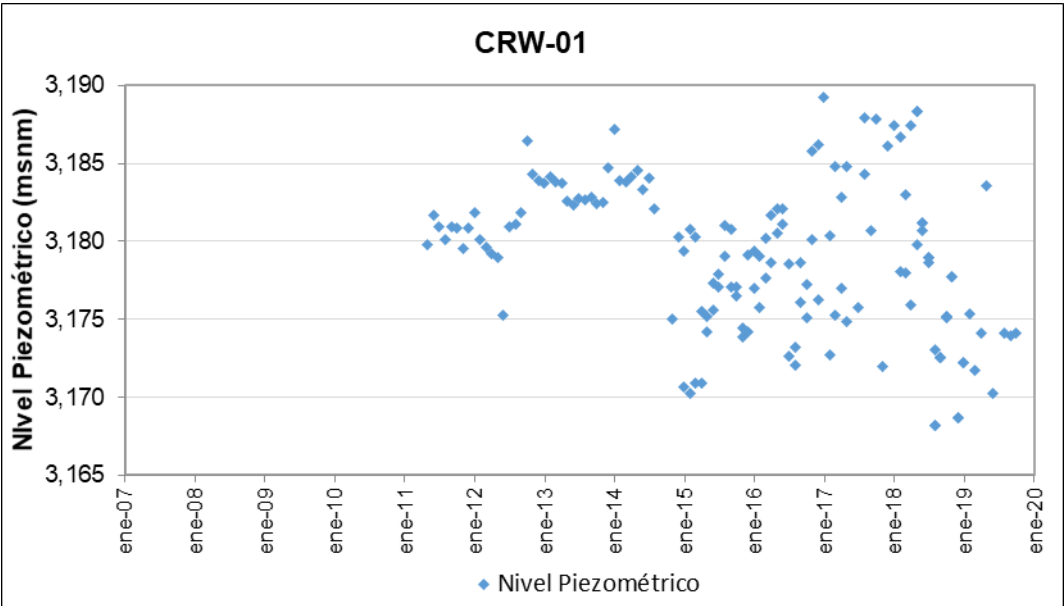
Fuente: Elaboración propia

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



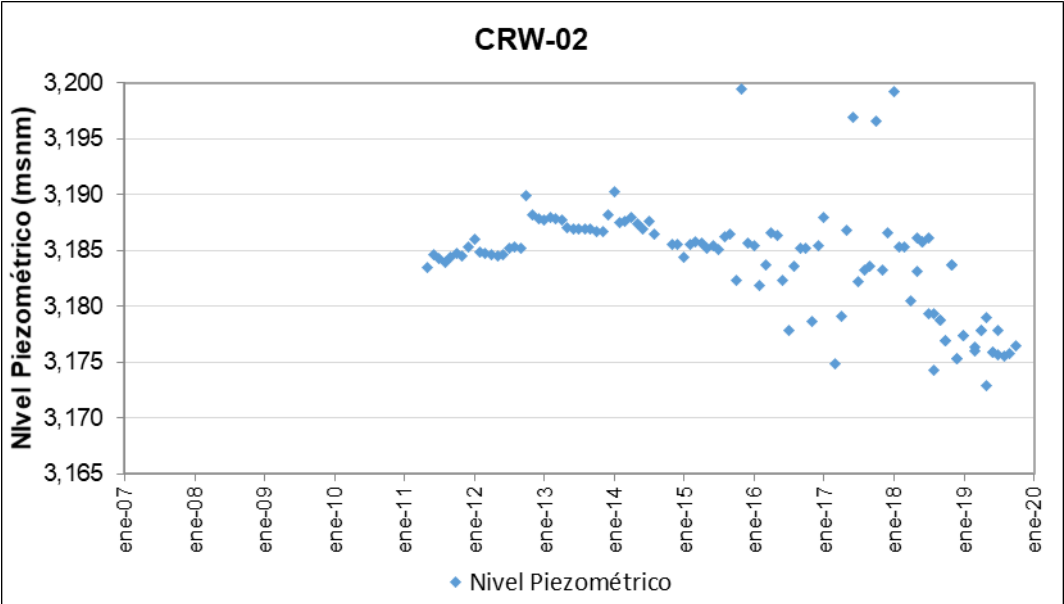
Fuente: Elaboración propia.

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



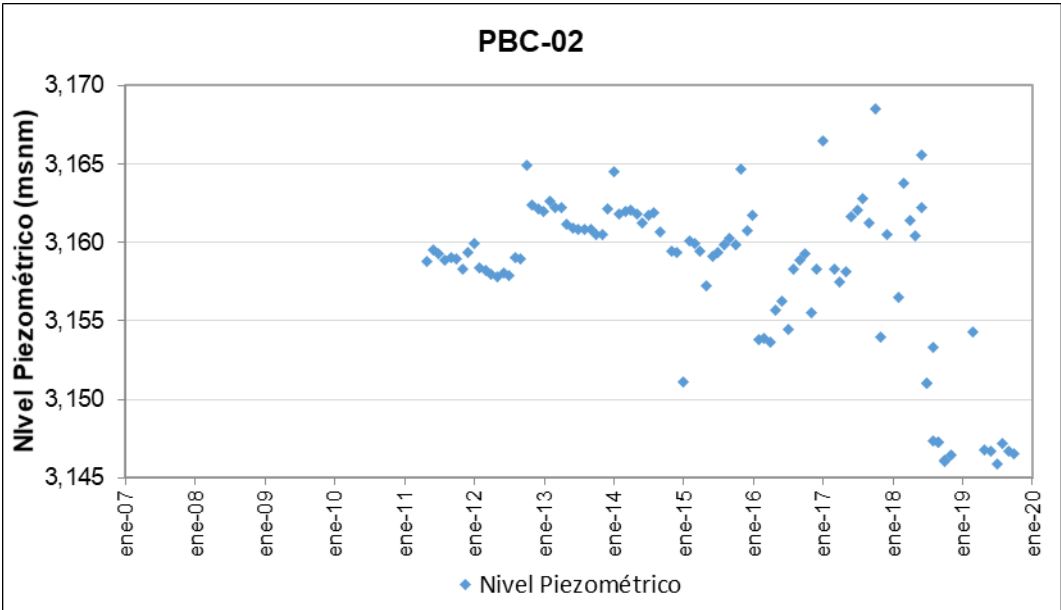
Fuente: Elaboración propia

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



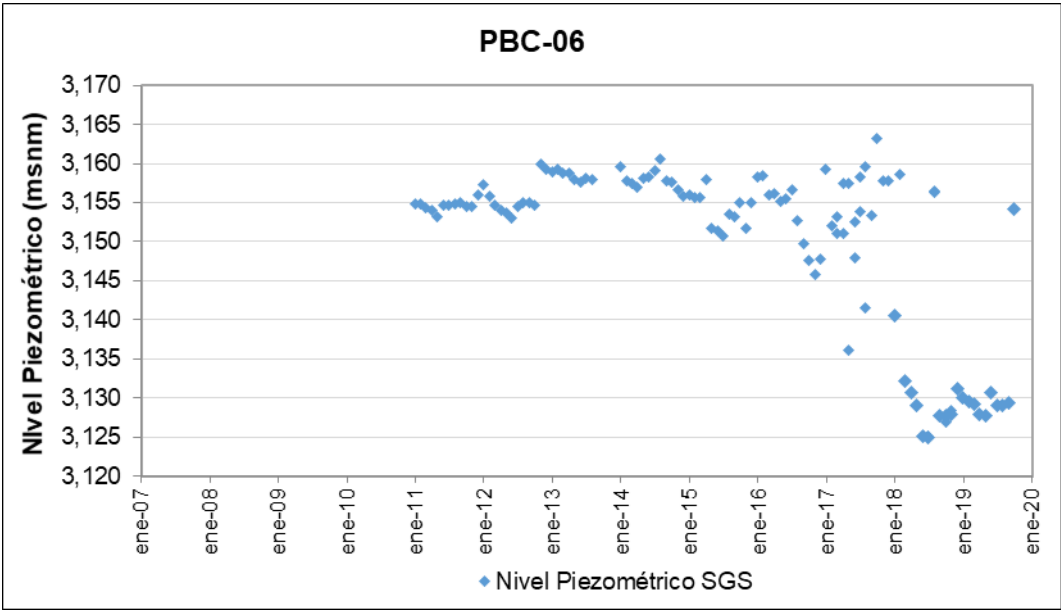
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

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



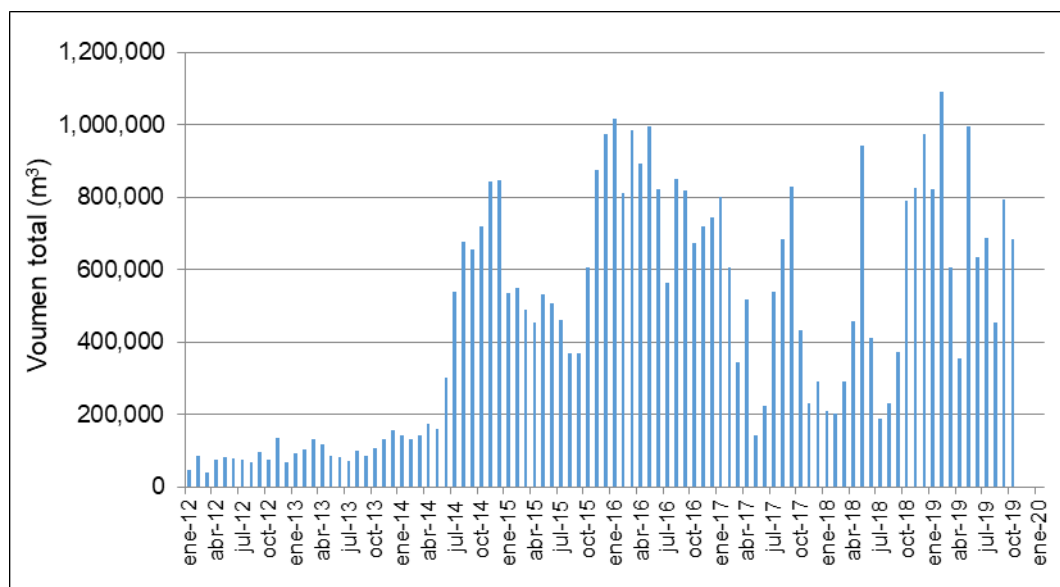
Fuente: Elaboración propia

### 5.6 Extracciones Pozos de Bombeo MLCC

En este subcapítulo se muestran las extracciones registradas en los pozos de bombeo del proyecto Caserones para el periodo comprendido entre el año 2012 hasta la fecha, incluidos también los pozos del sector La Brea, correspondientes los pozos de remediación.

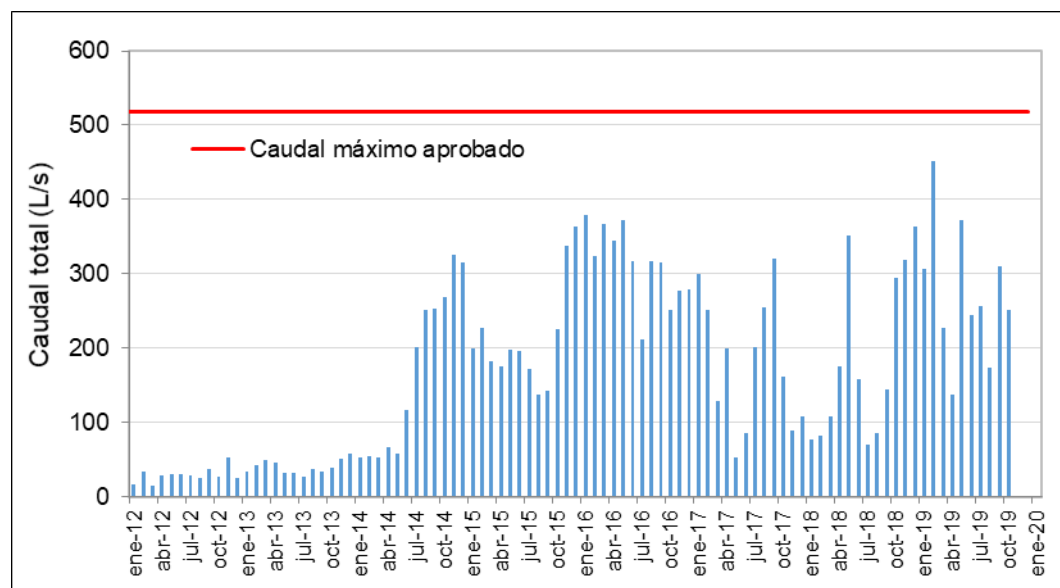
En la Figura 5-92 se muestra el volumen mensual total bombeado mientras que en la Figura 5-93 muestra el caudal total mensual. Desde la Figura 5-94 a Figura 5-147 se presenta el volumen bombeado a nivel mensual y el caudal medio mensual para cada uno de los pozos, junto al respectivo caudal aprobado. A partir de este trimestre (agosto-octubre de 2019) se consideran los caudales efectivos (entre mediciones), según RES. EX 1238/2019.

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



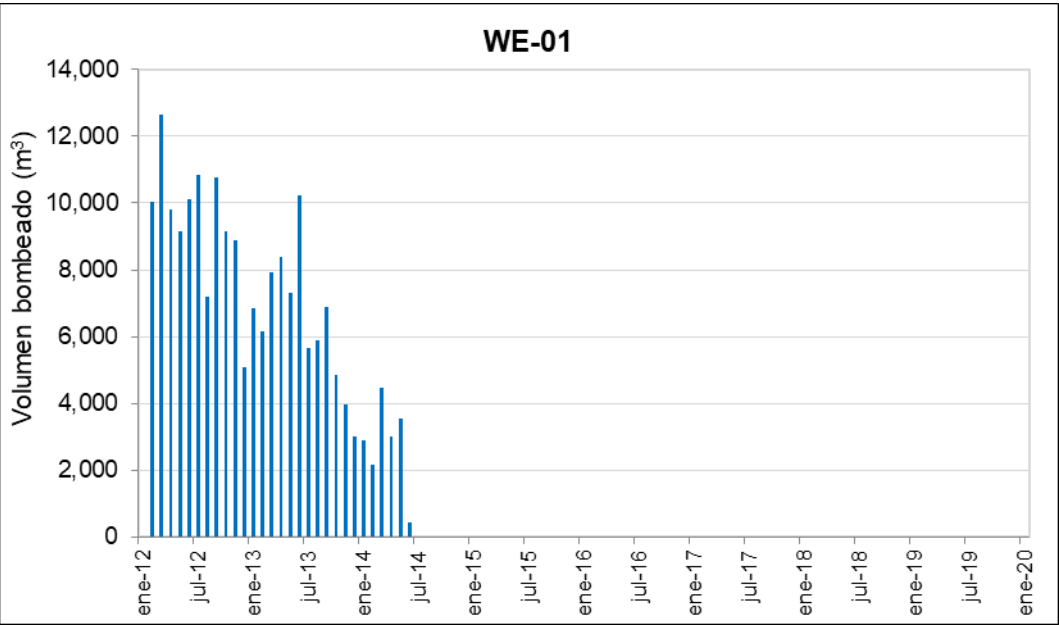
Fuente: Elaboración propia

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



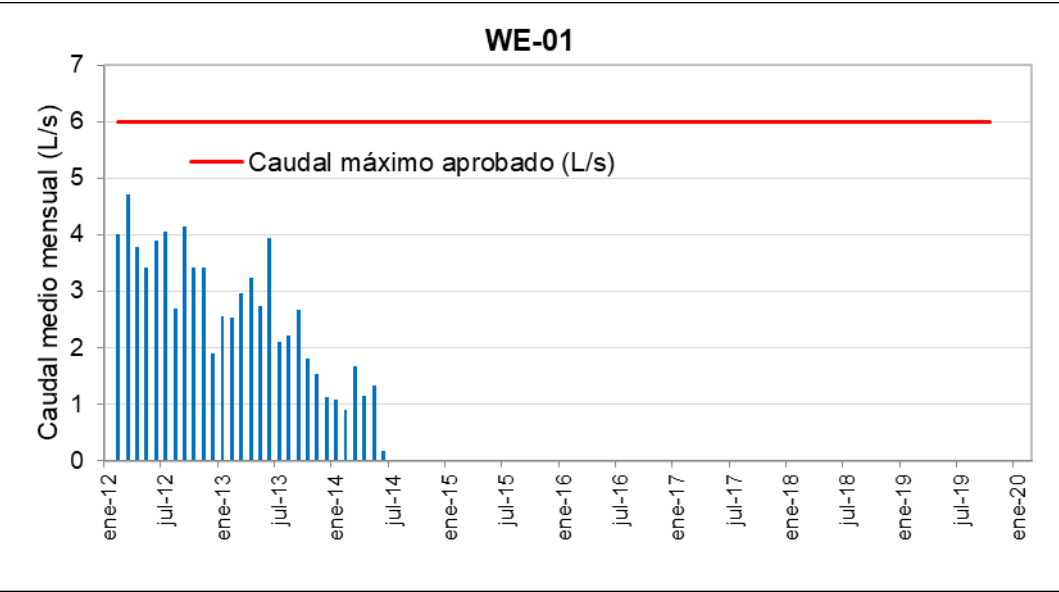
Fuente: Elaboración propia

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



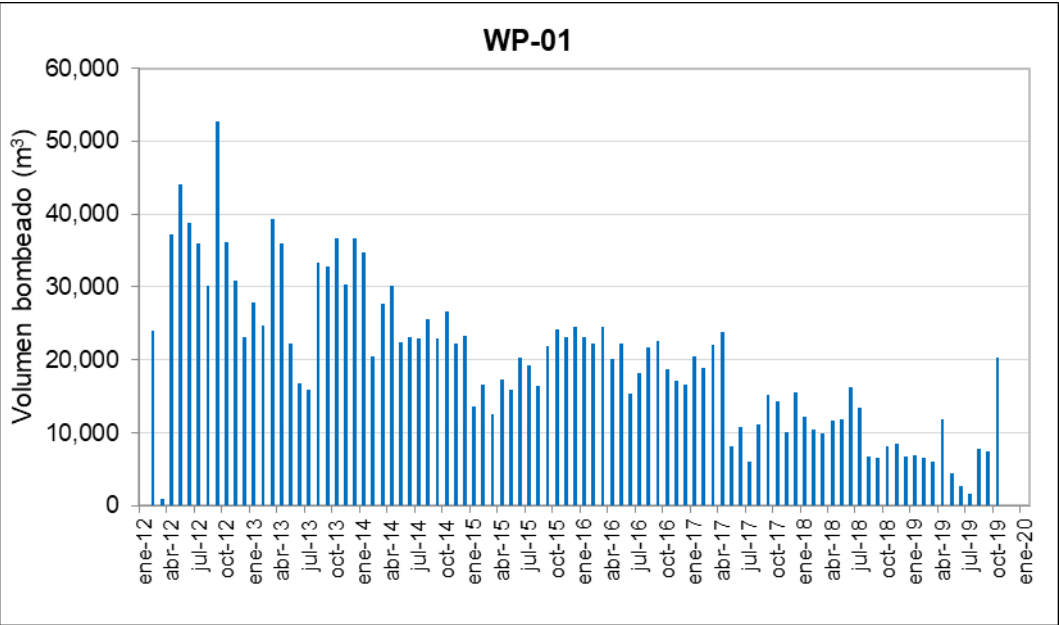
Fuente: Elaboración propia

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



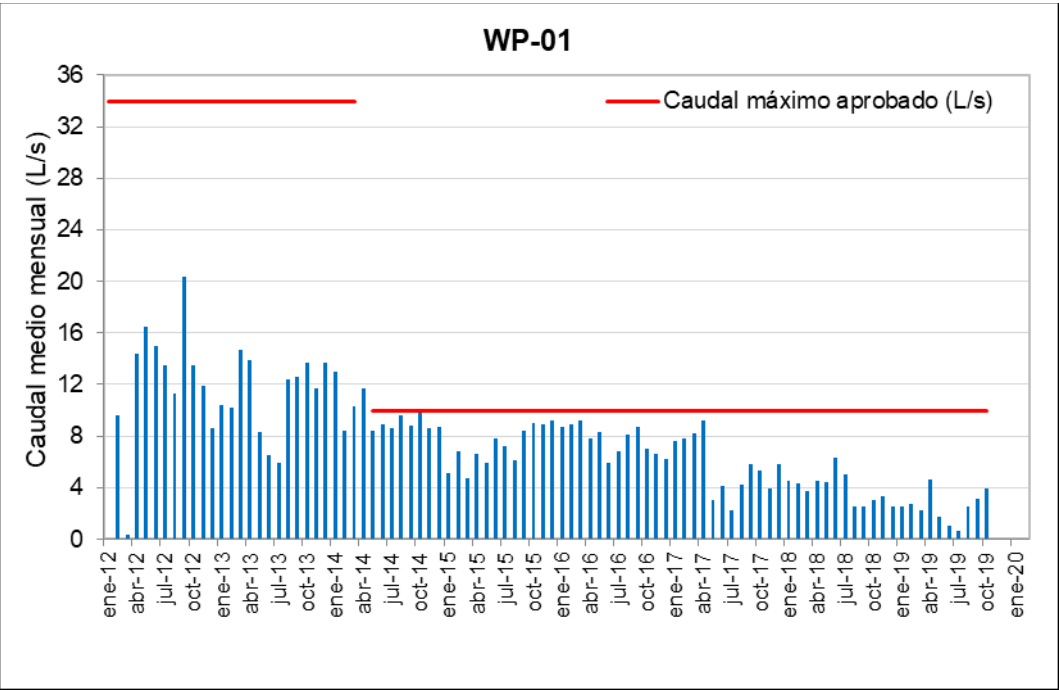
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

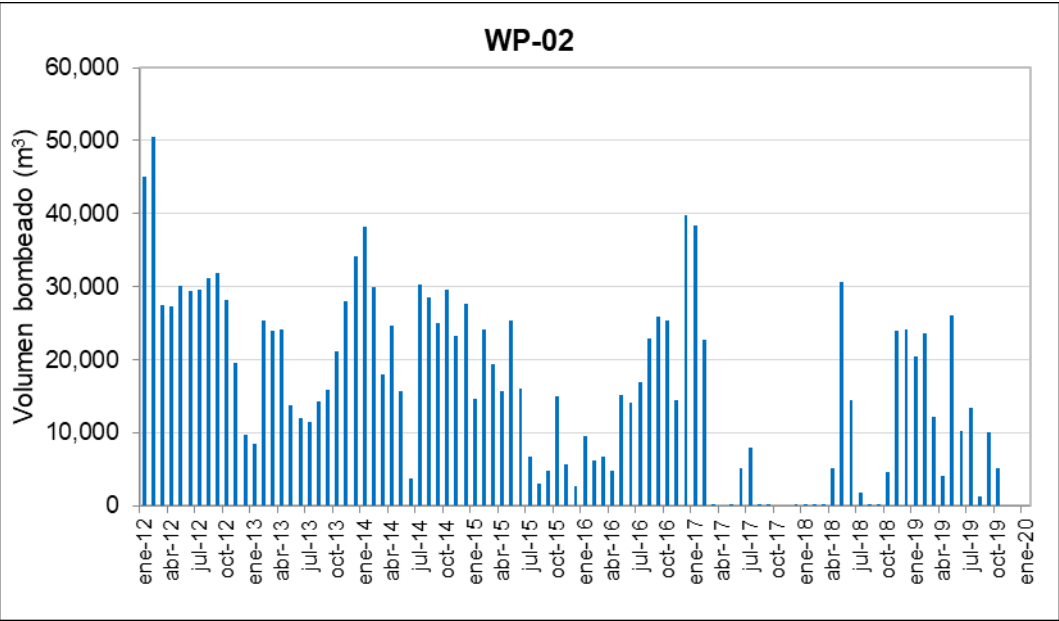
Figura 5-97: Caudal medio mensual bombeado pozo WP-01.



Fuente: Elaboración propia

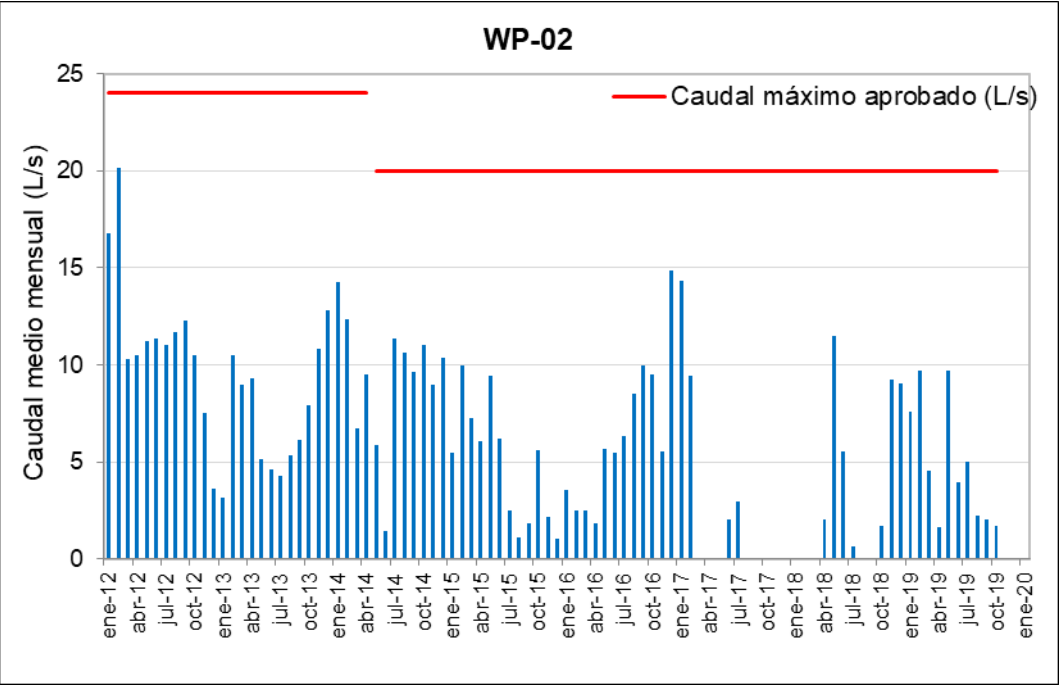


Figura 5-98: Volumen mensual bombeado pozo WP-02.



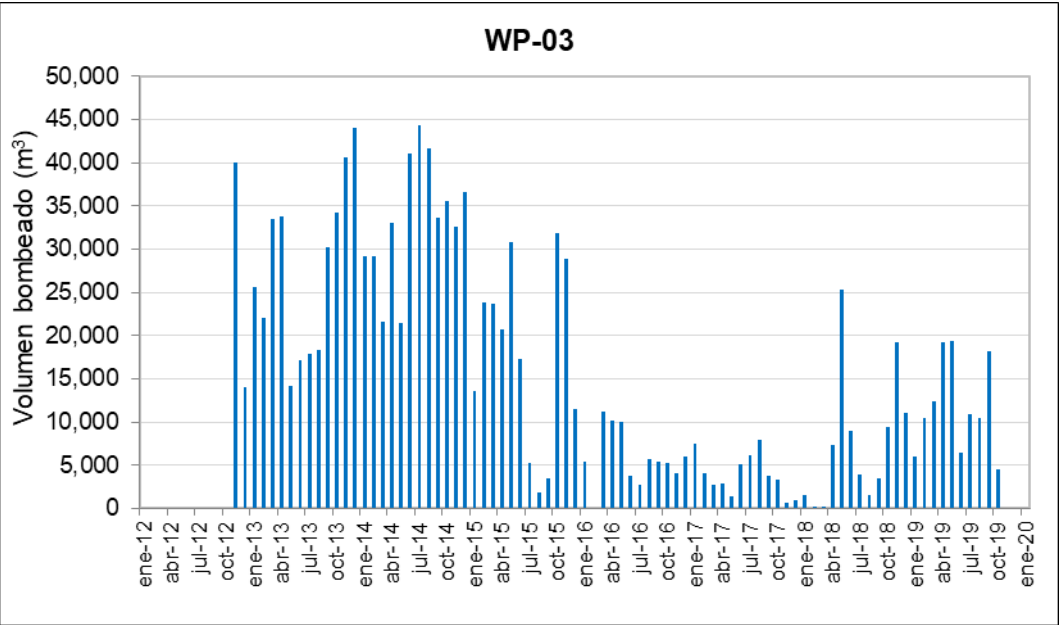
Fuente: Elaboración propia

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



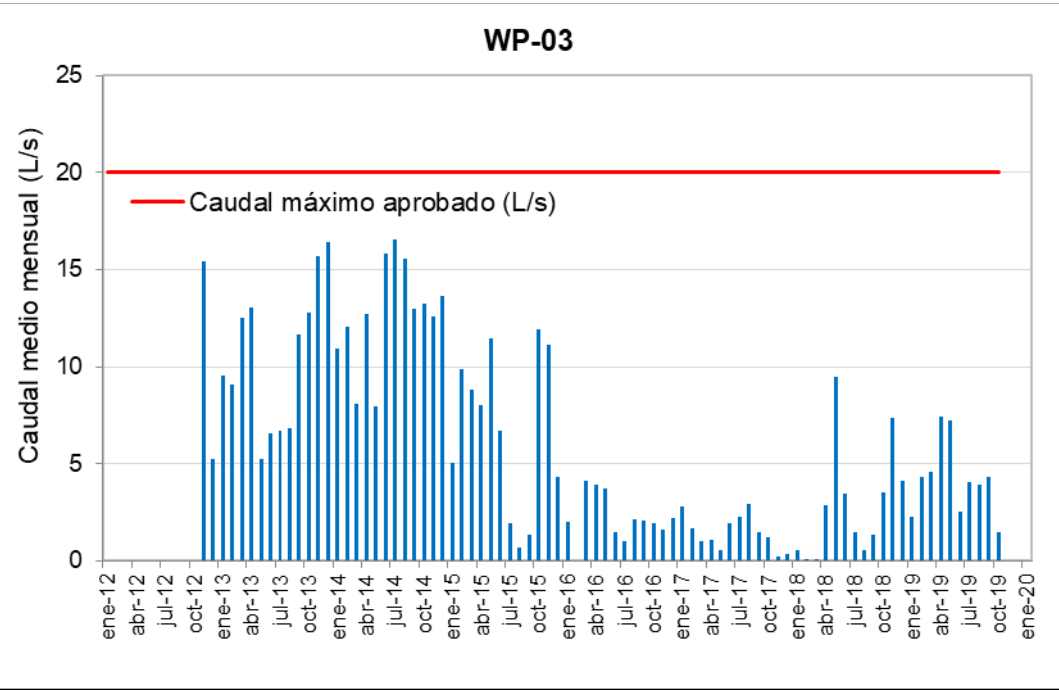
Fuente: Elaboración propia

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



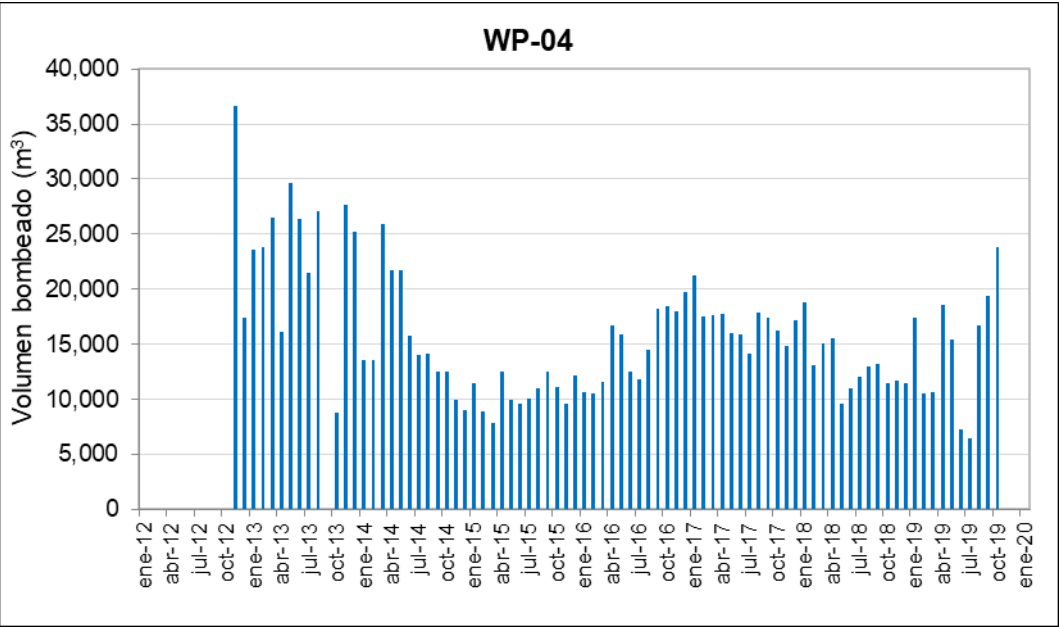
Fuente: Elaboración propia

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



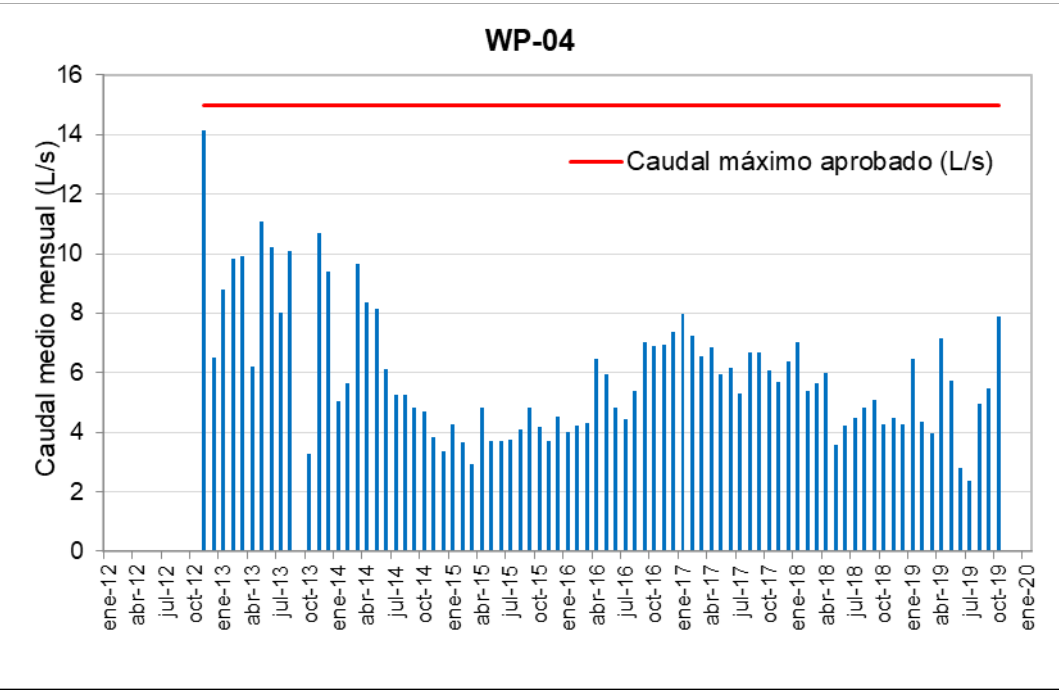
Fuente: Elaboración propia

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



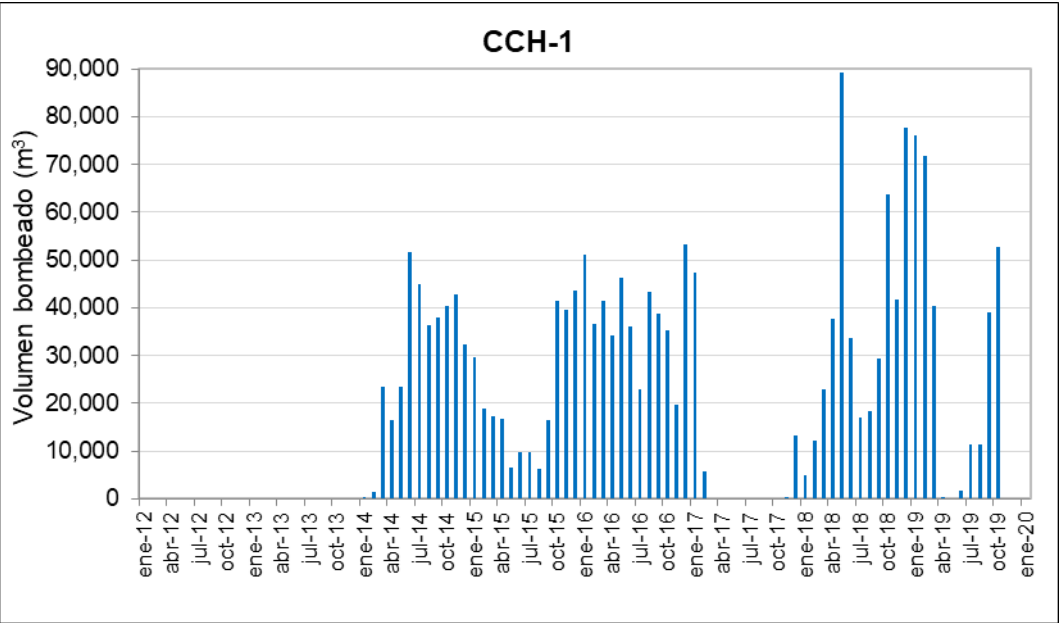
Fuente: Elaboración propia

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



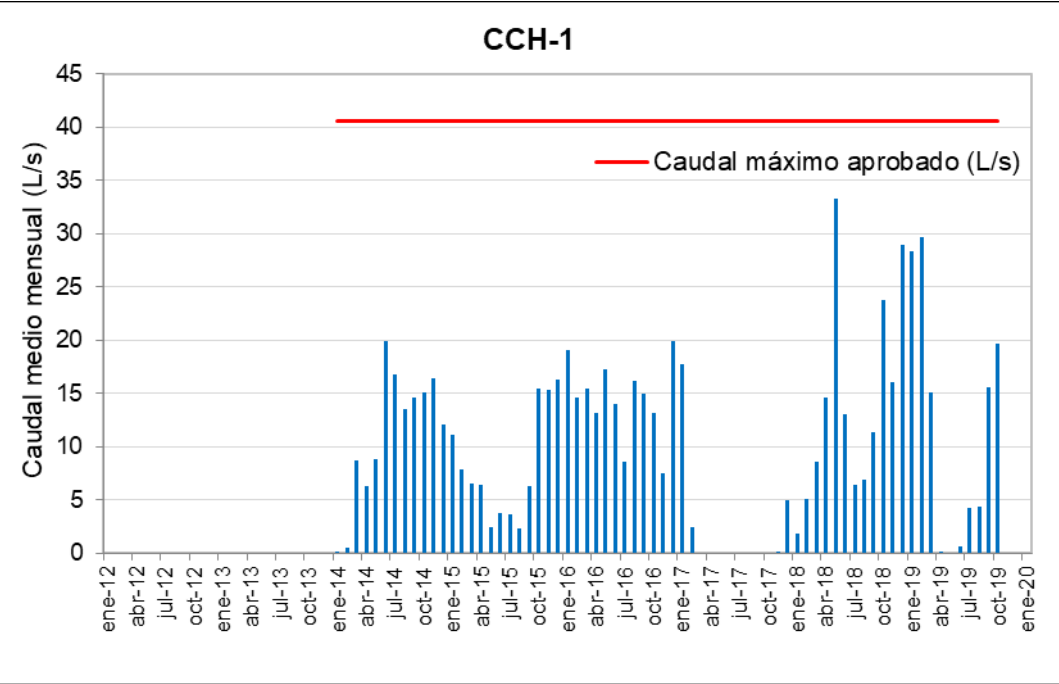
Fuente: Elaboración propia

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



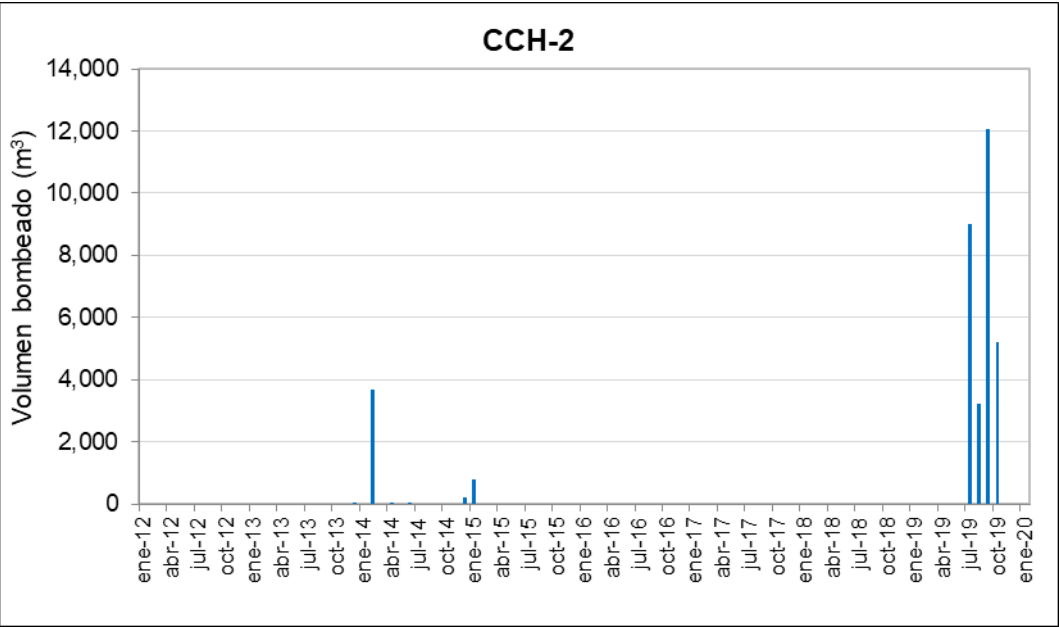
Fuente: Elaboración propia

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



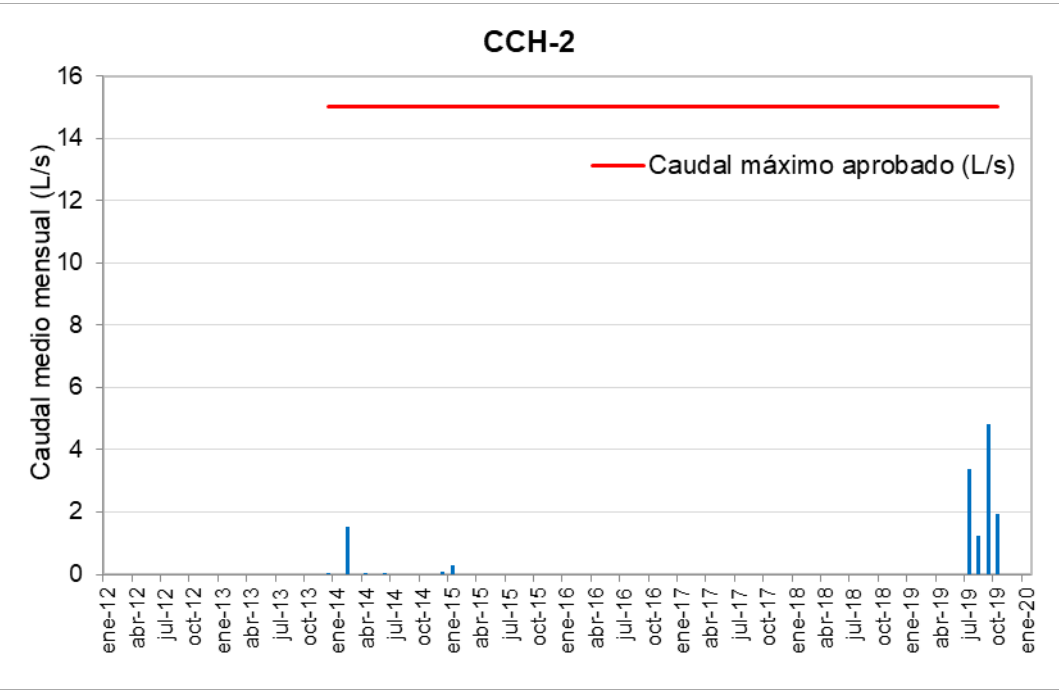
Fuente: Elaboración propia

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



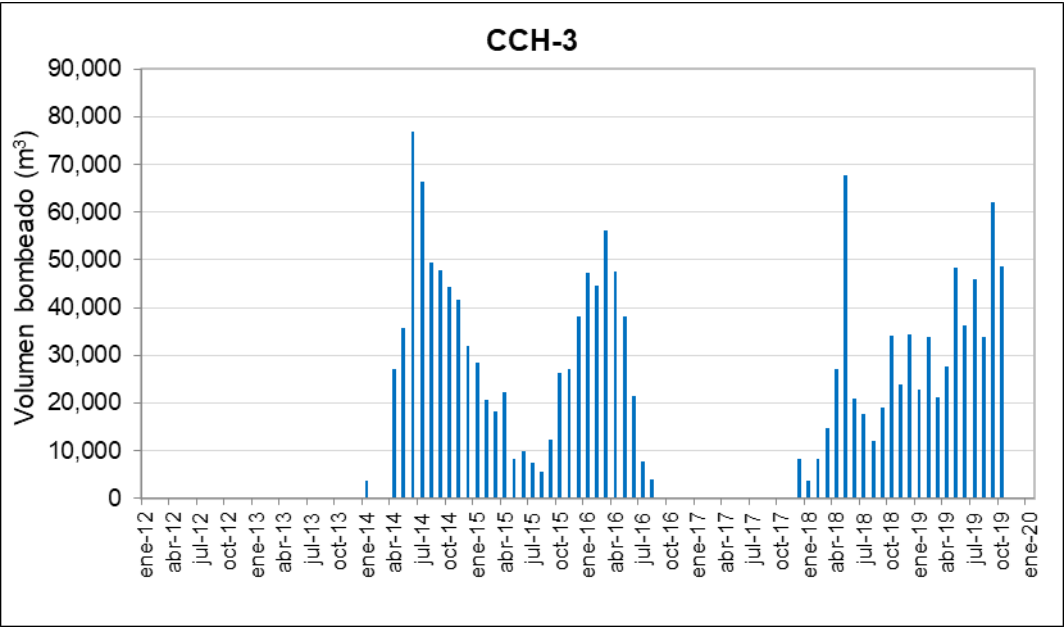
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-107: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-2.



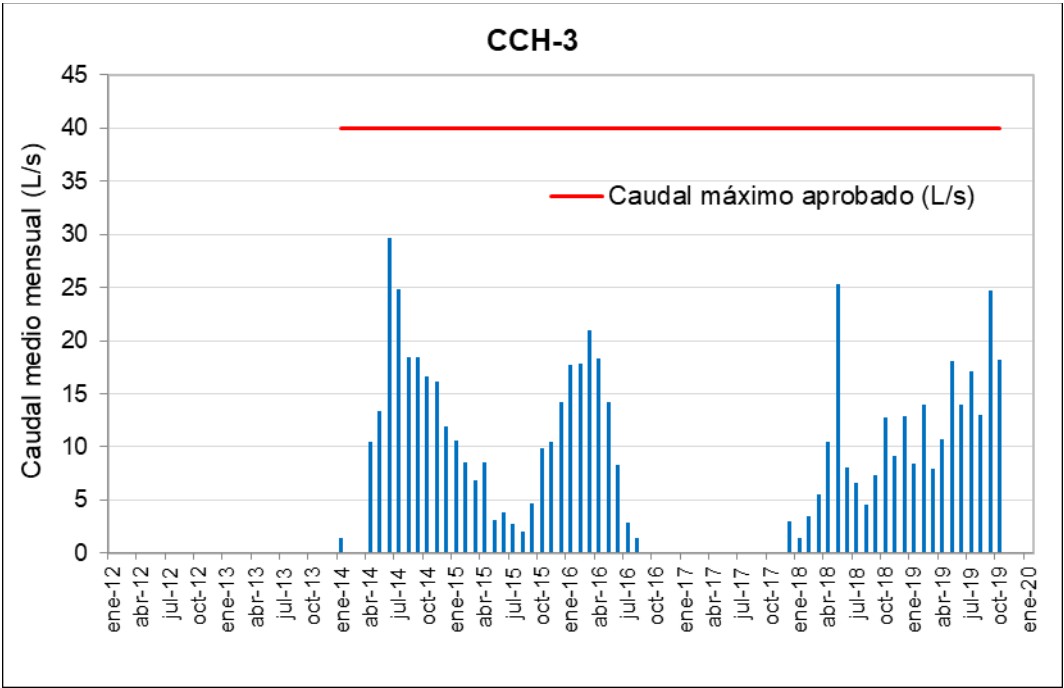
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

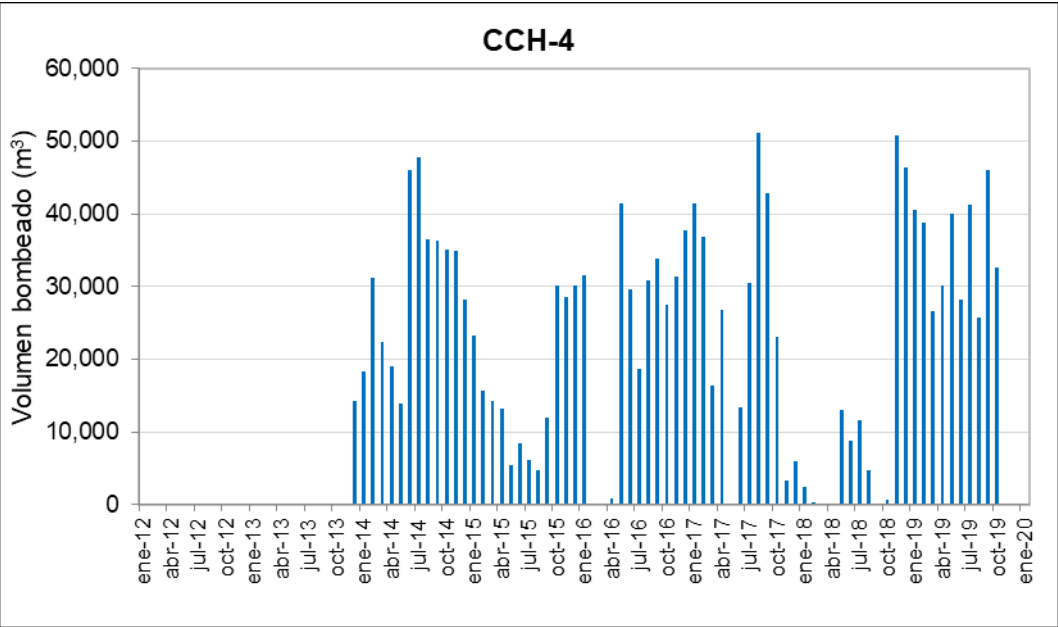
Figura 5-109: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-3



Fuente: Elaboración propia

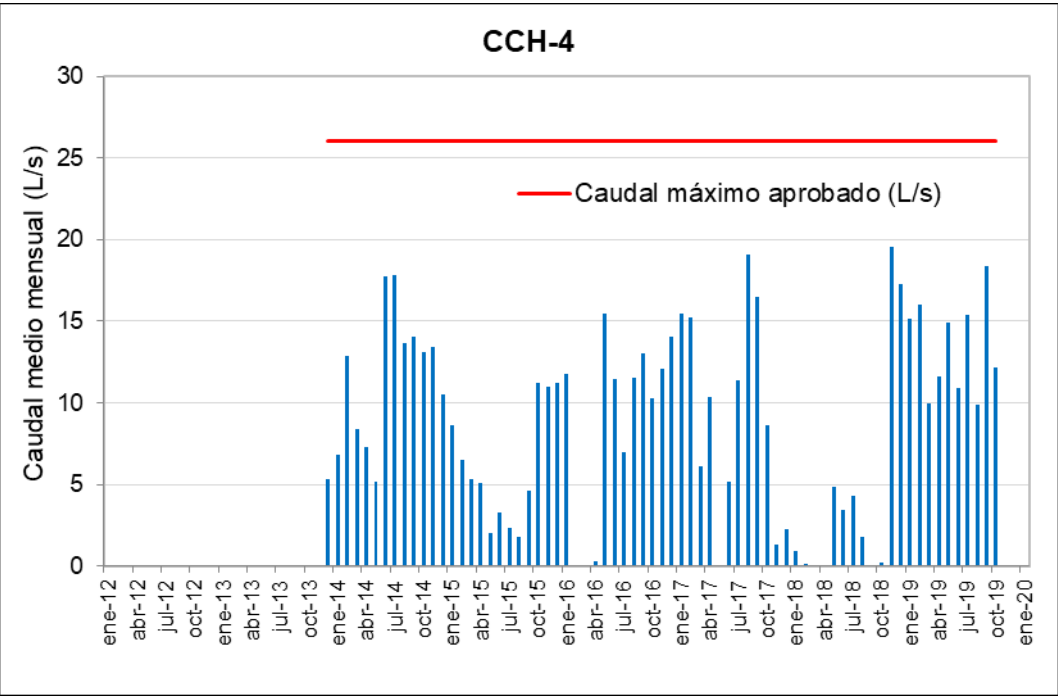


Figura 5-110: Volumen mensual bombeado pozo CCH-4.



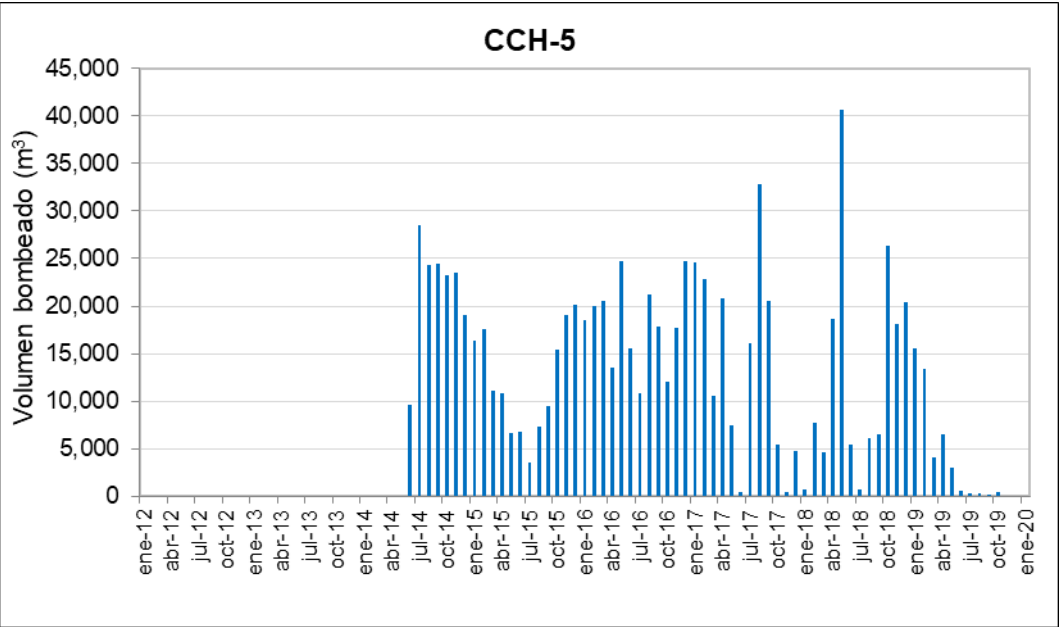
Fuente: Elaboración propia

Figura 5-111: Caudal medio mensual bombeado pozo CCH-4.



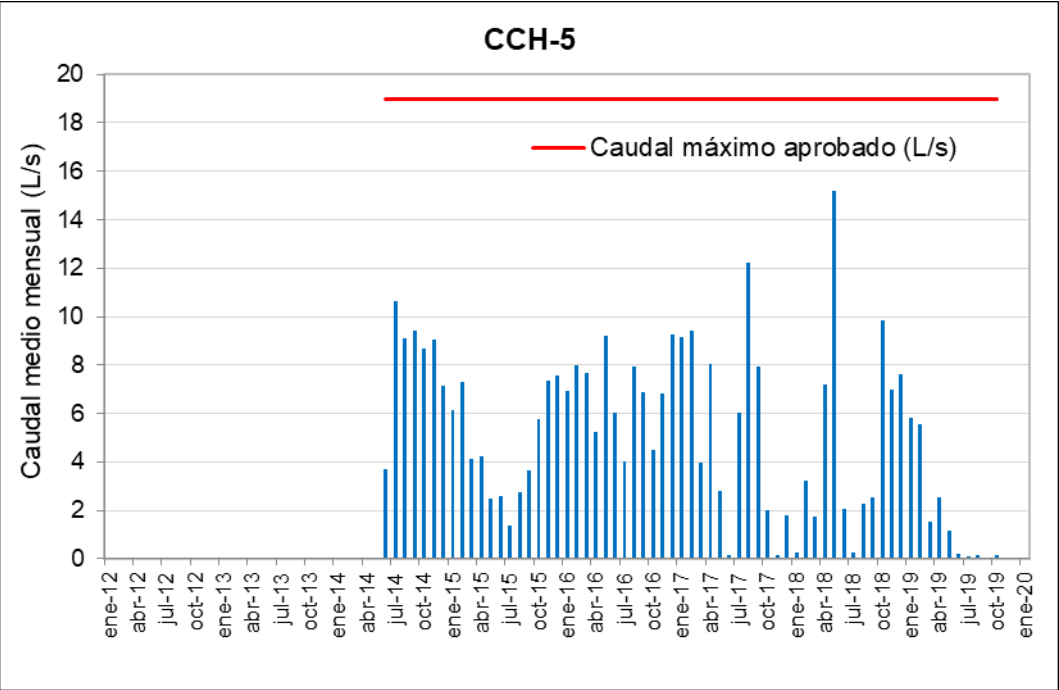
Fuente: Elaboración propia

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



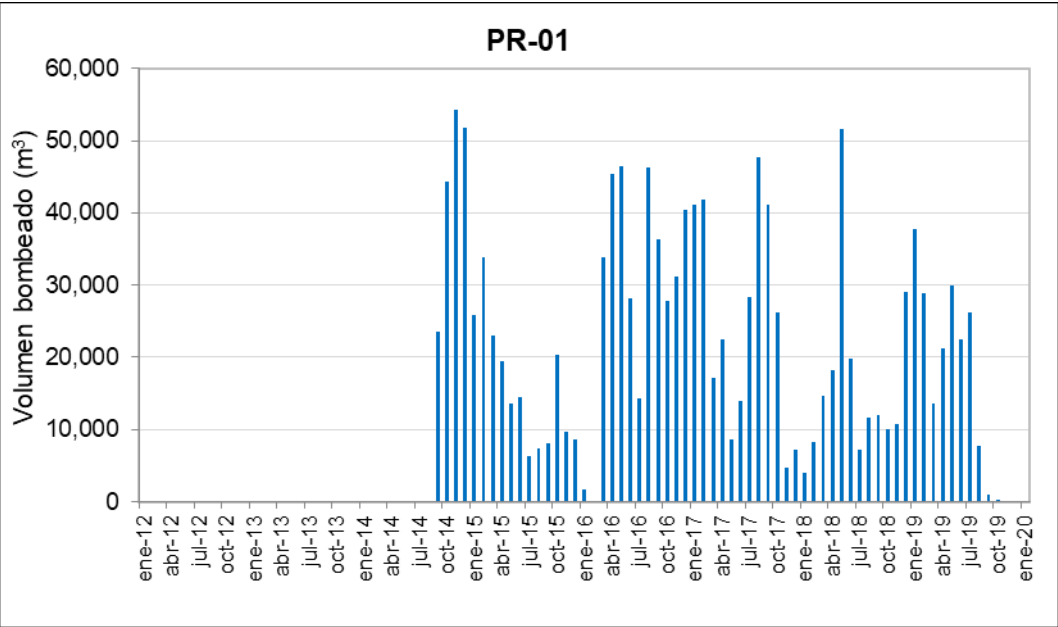
Fuente: Elaboración propia

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



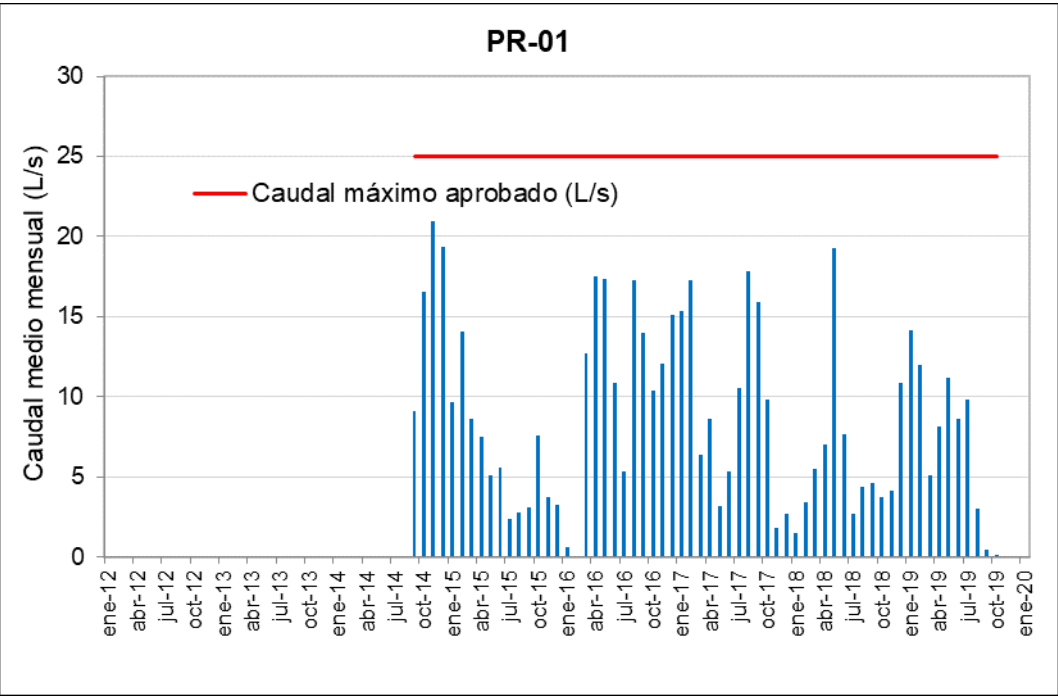
Fuente: Elaboración propia

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



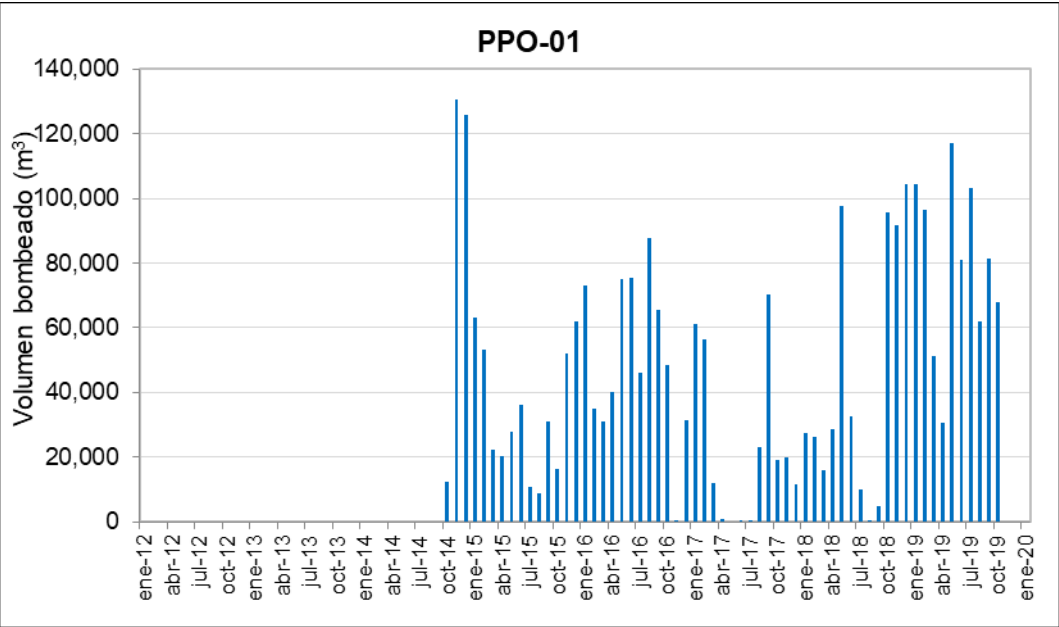
Fuente: Elaboración propia

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



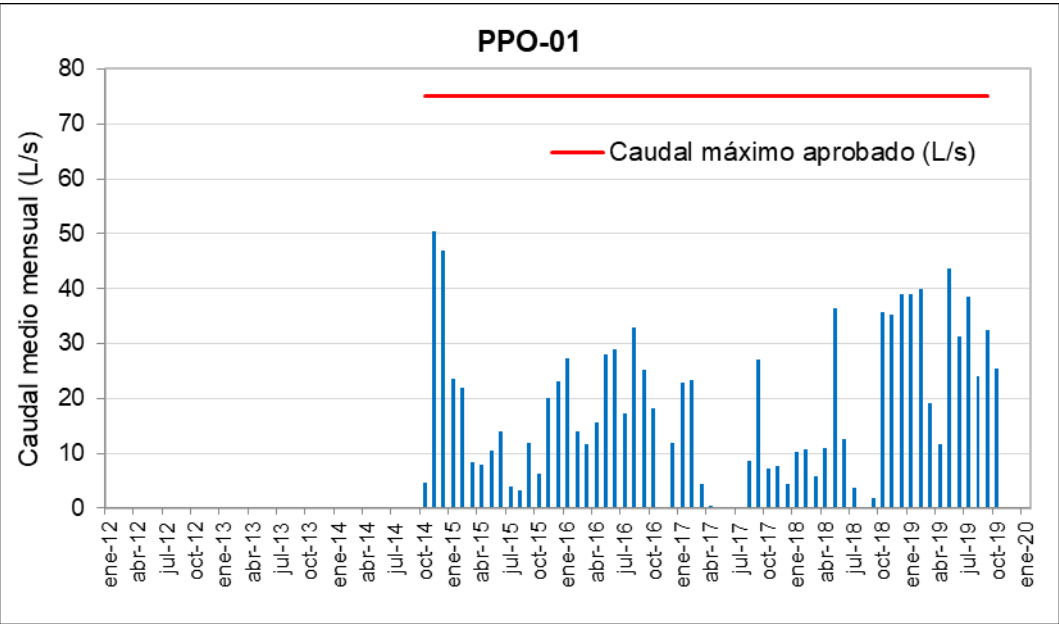
Fuente: Elaboración propia

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



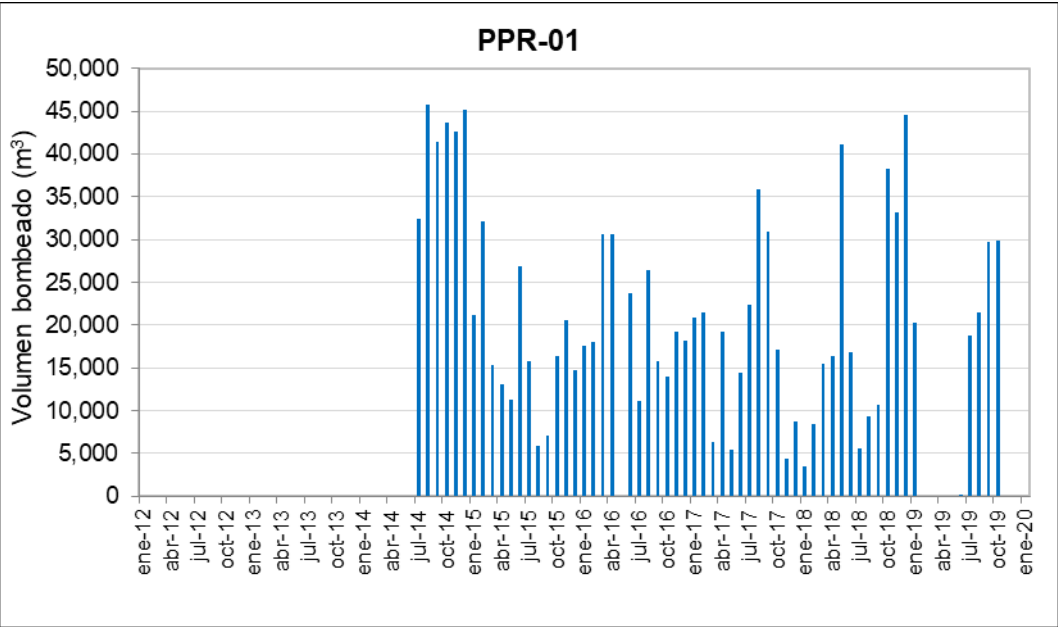
Fuente: Elaboración propia

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



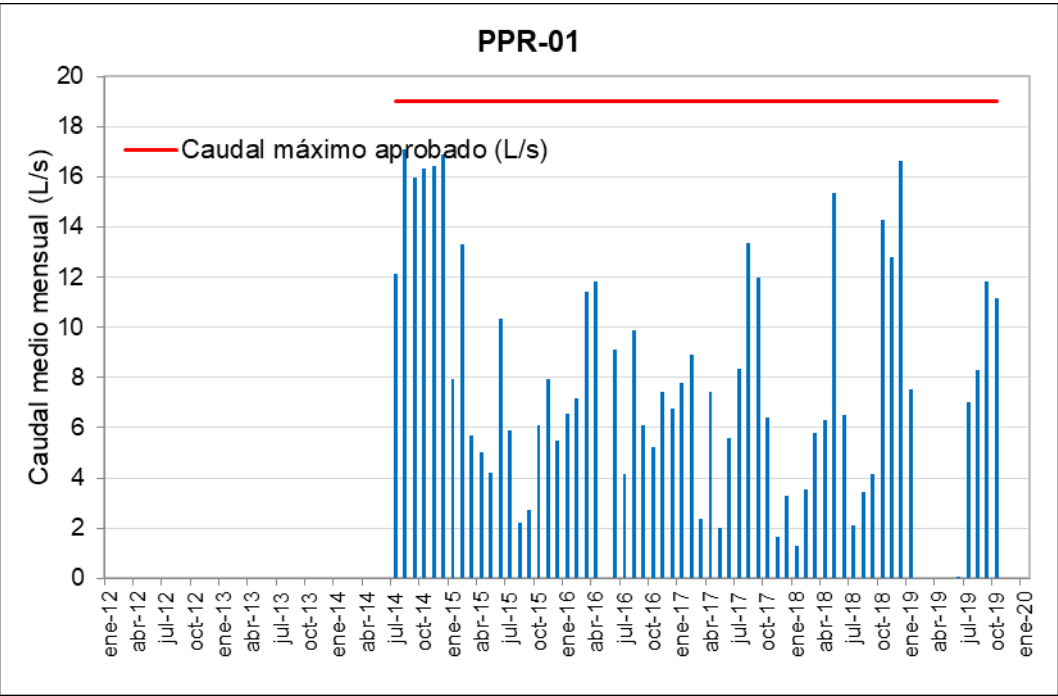
Fuente: Elaboración propia

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



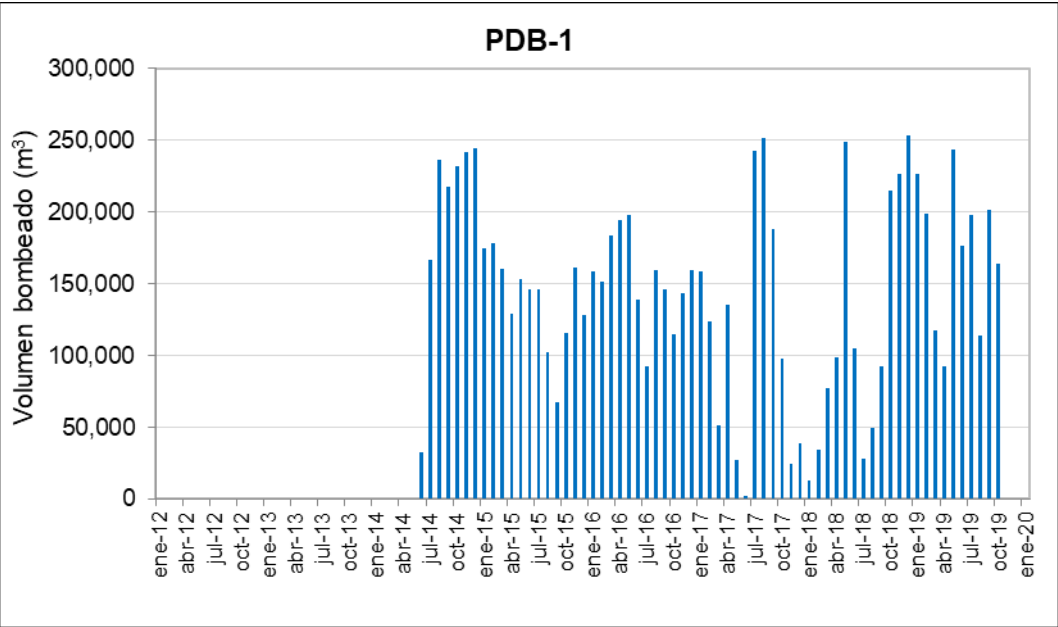
Fuente: Elaboración propia

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



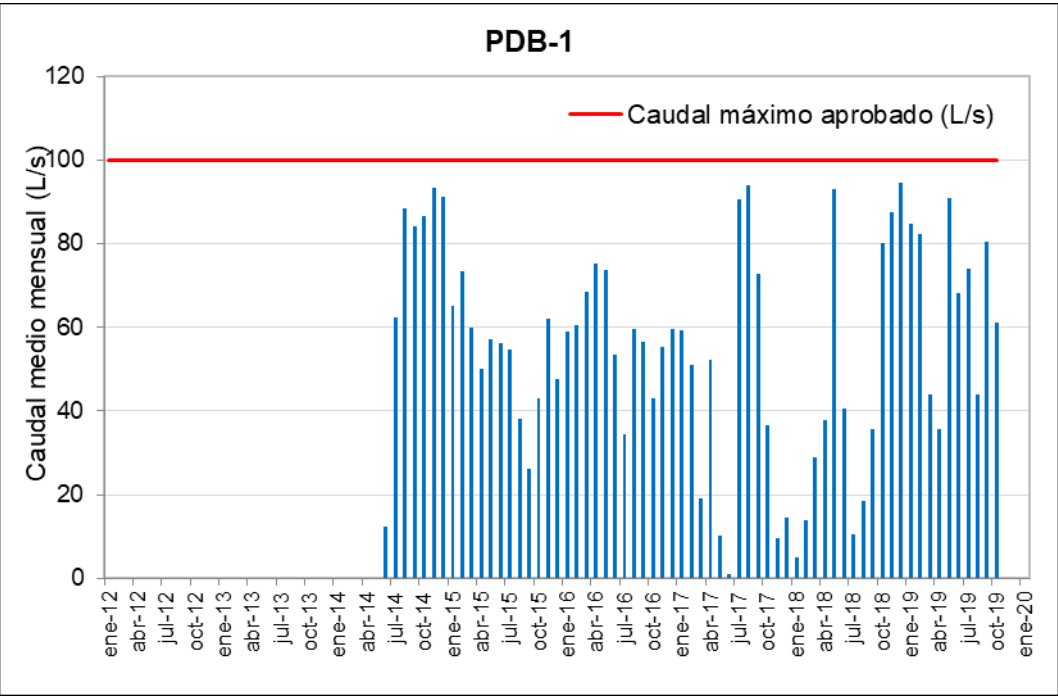
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

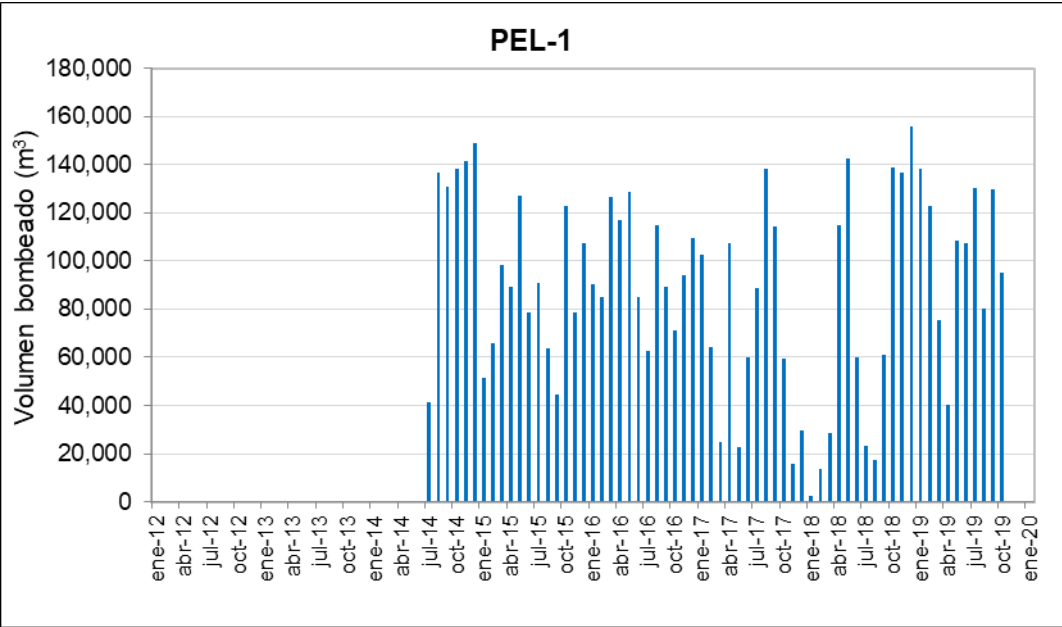
Figura 5-121: Caudal medio mensual bombeado pozo PDB-1.



Fuente: Elaboración propia

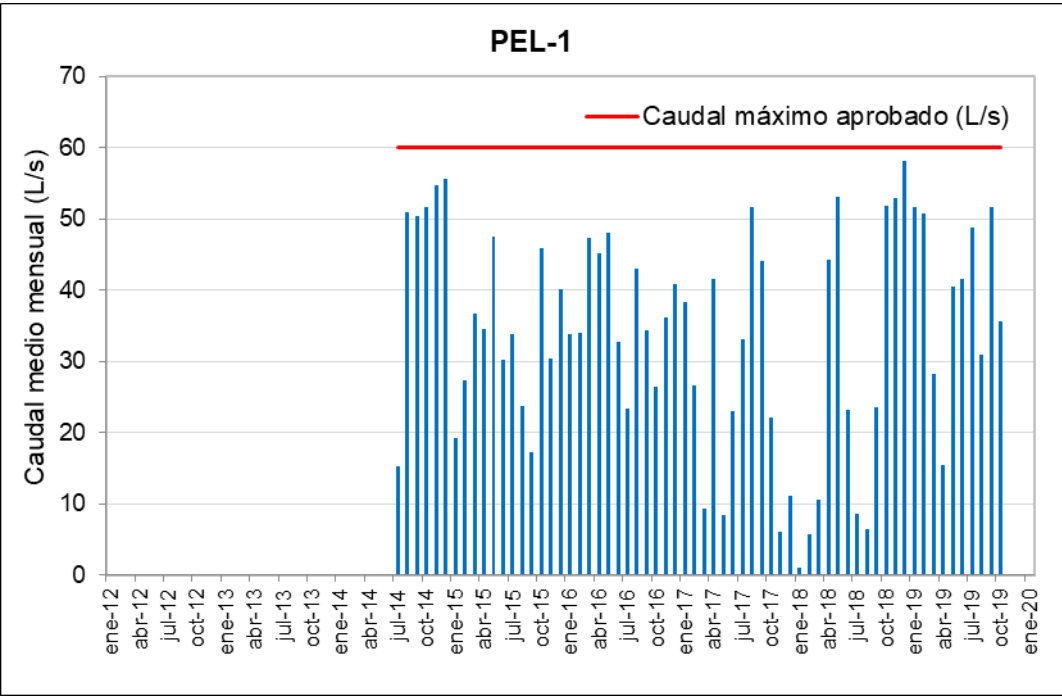


Figura 5-122: Volumen mensual bombeado pozo PEL-1.



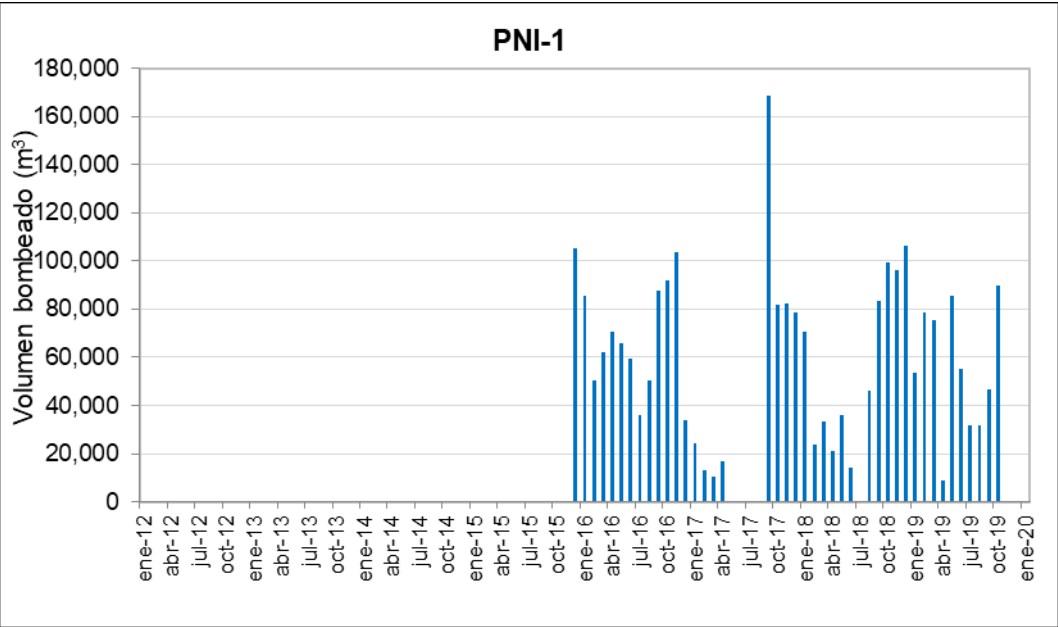
Fuente: Elaboración propia

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



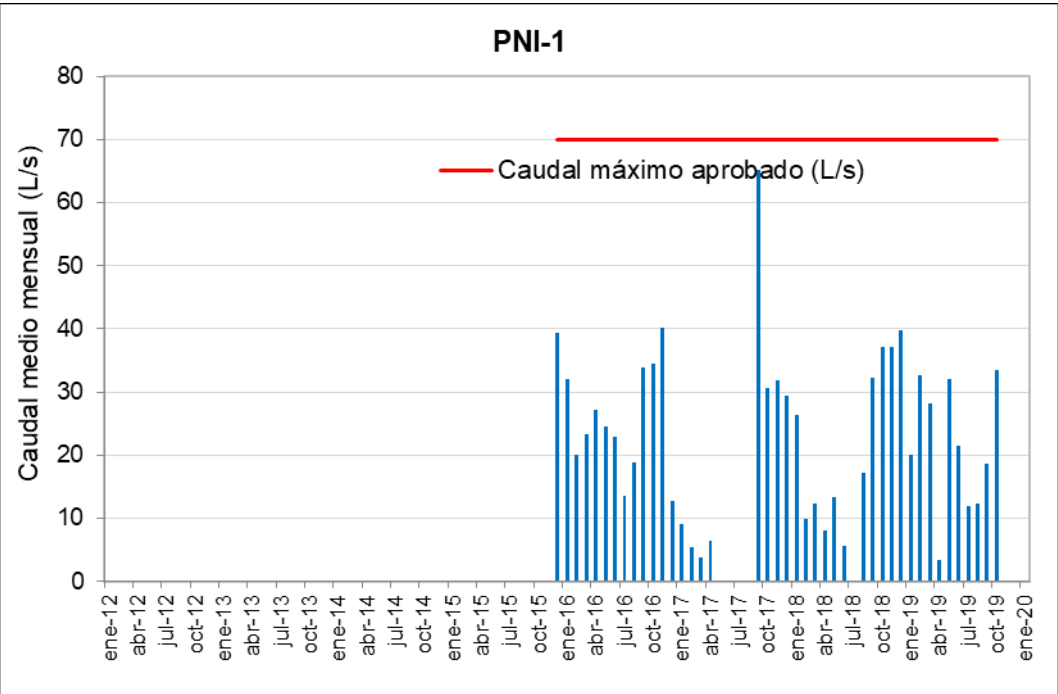
Fuente: Elaboración propia

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



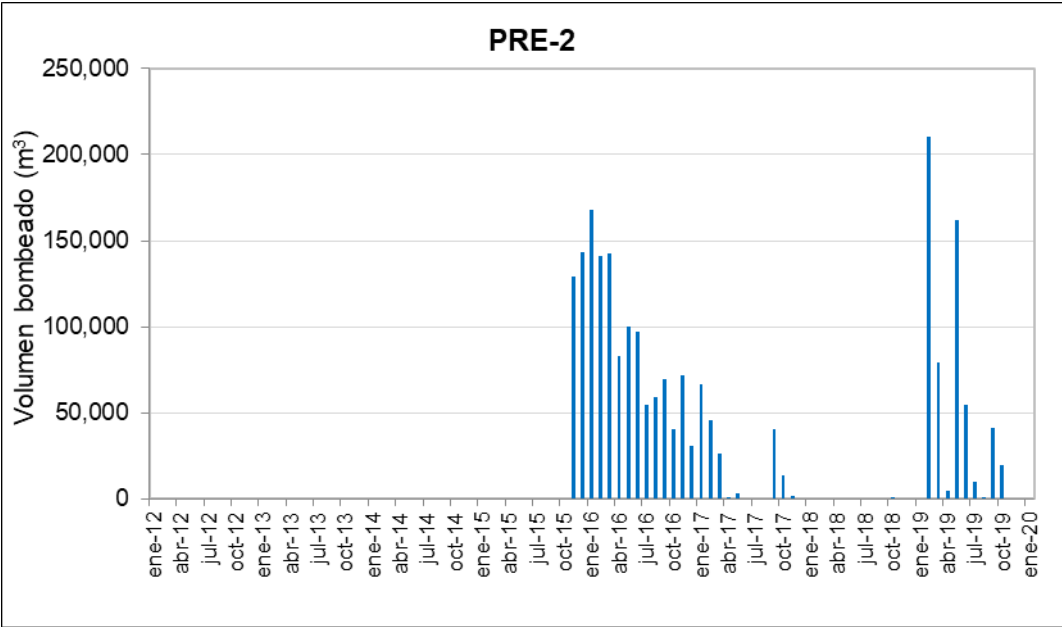
Fuente: Elaboración propia

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



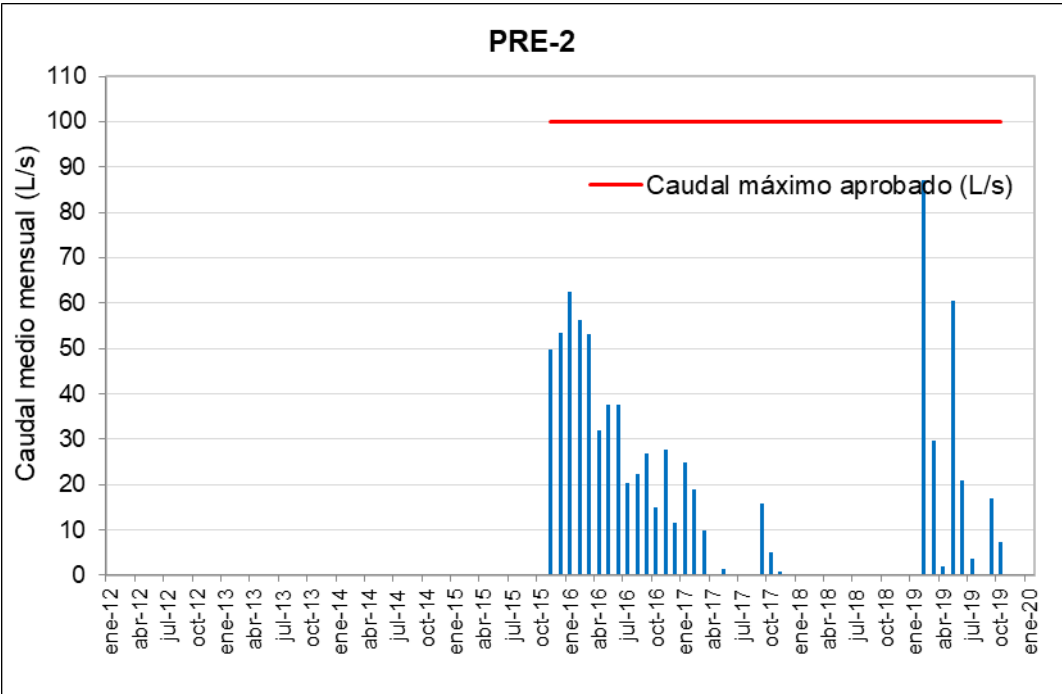
Fuente: Elaboración propia

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



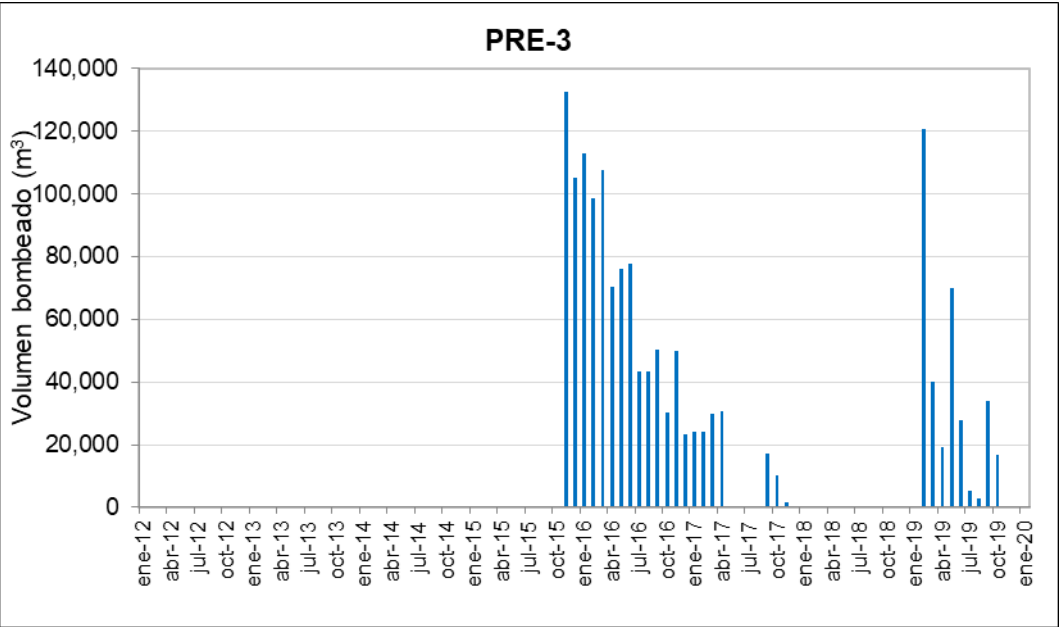
Fuente: Elaboración propia

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



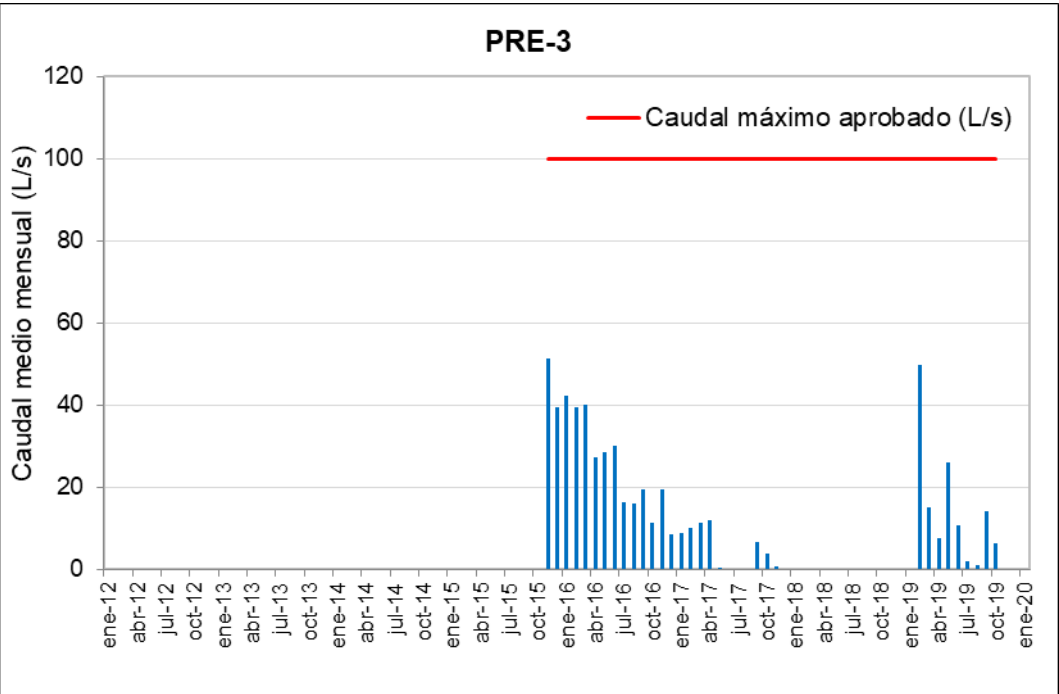
Fuente: Elaboración propia

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



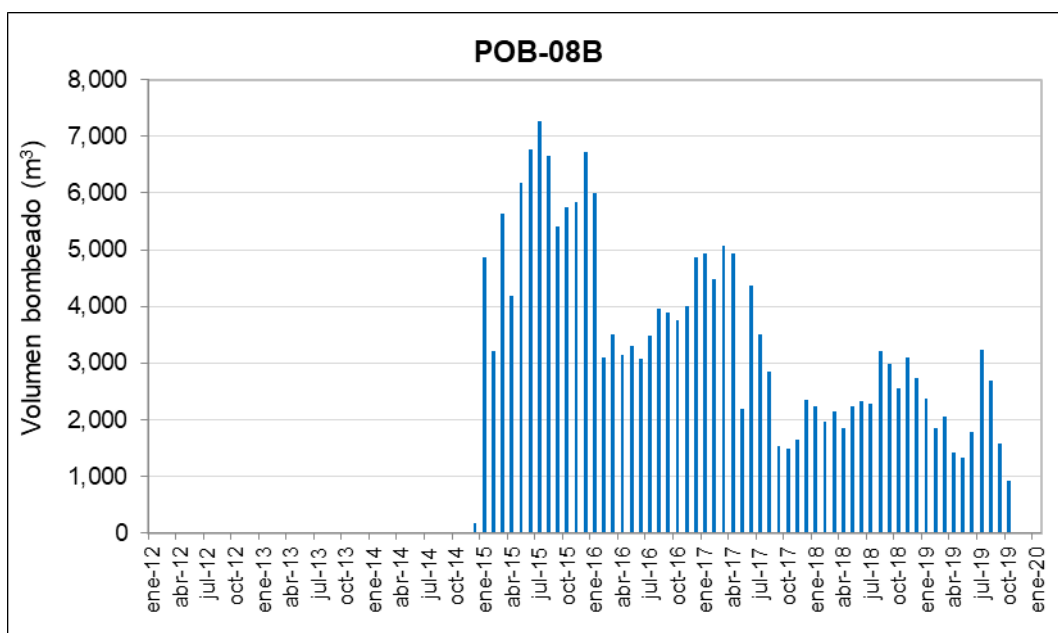
Fuente: Elaboración propia

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



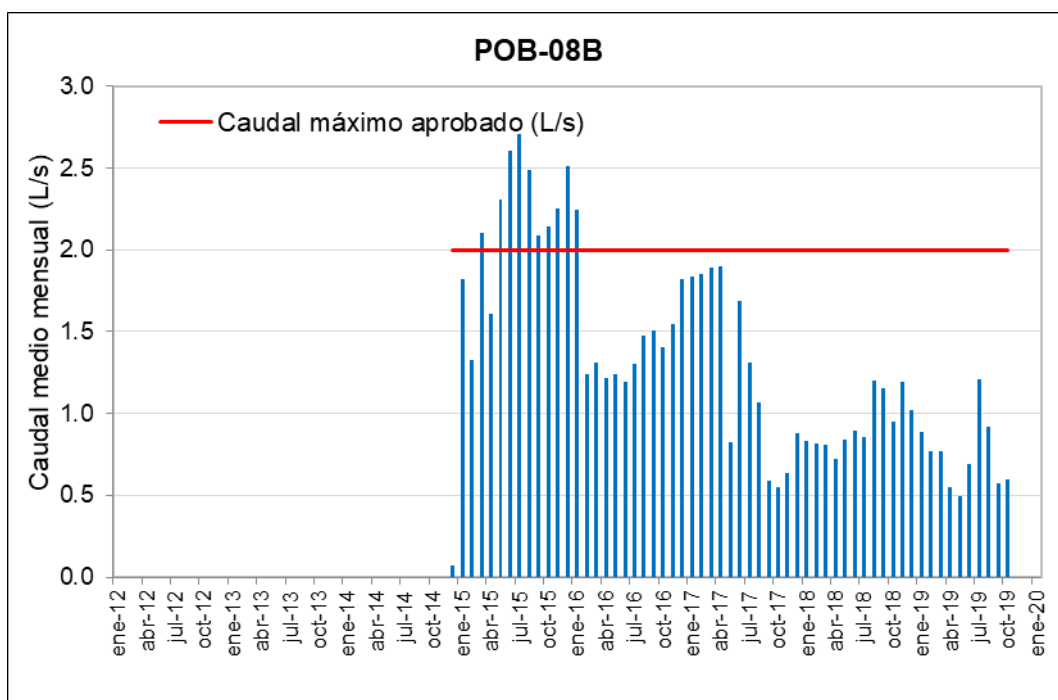
Fuente: Elaboración propia

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



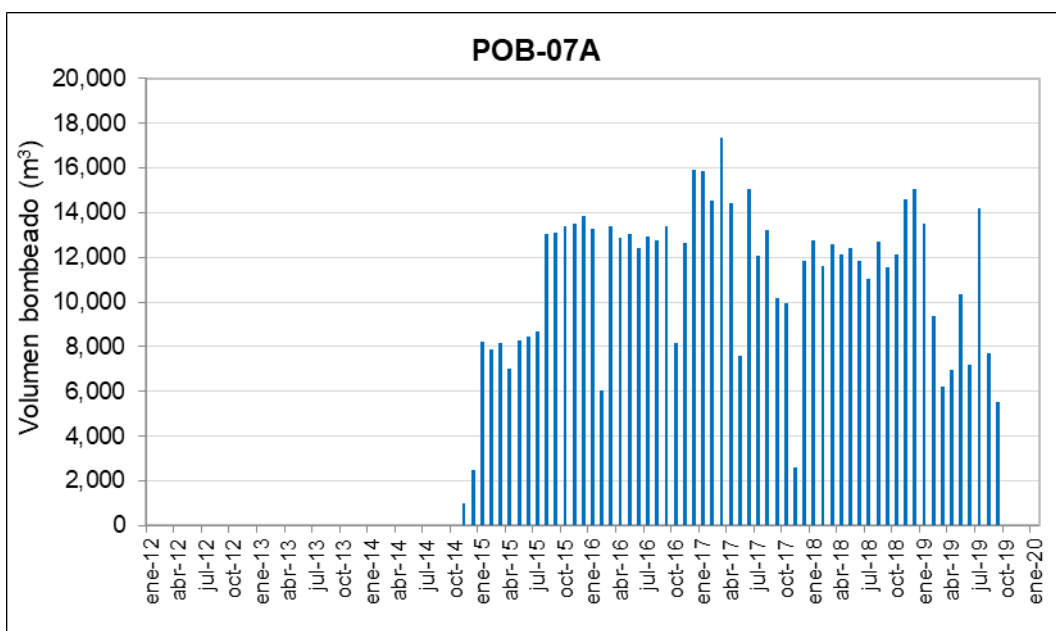
Fuente: Elaboración propia

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



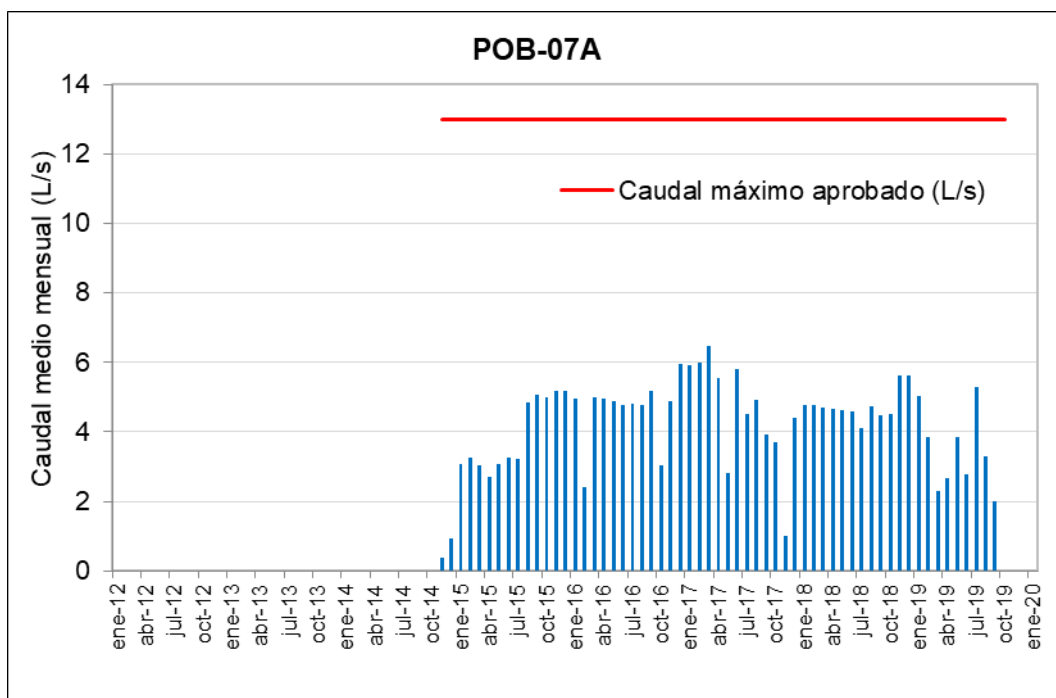
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

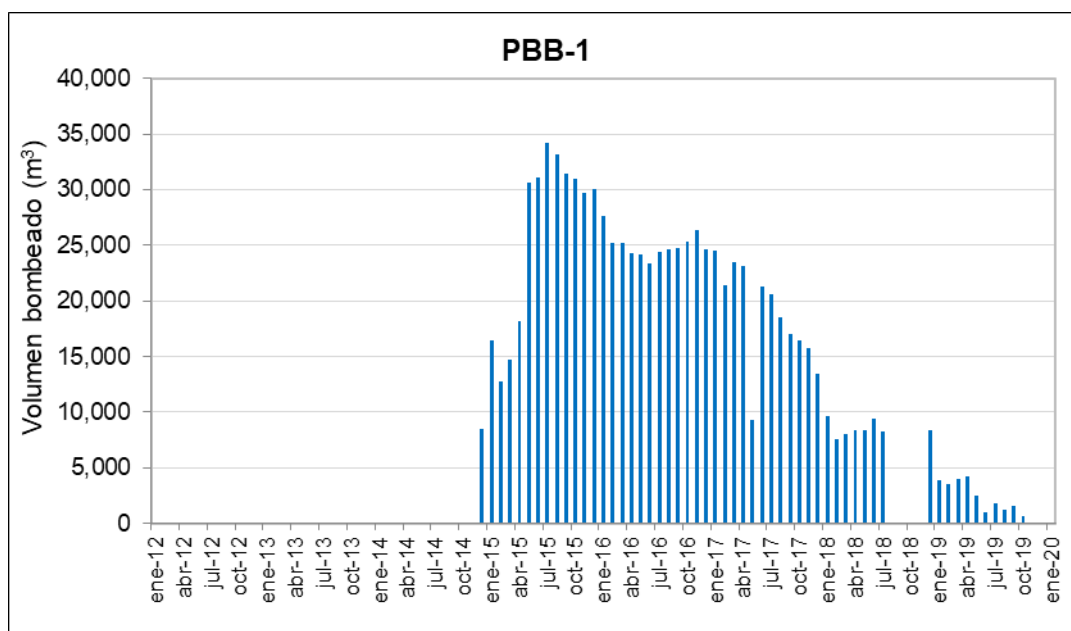
**Figura 5-133: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación POB-07A.**



Fuente: Elaboración propia

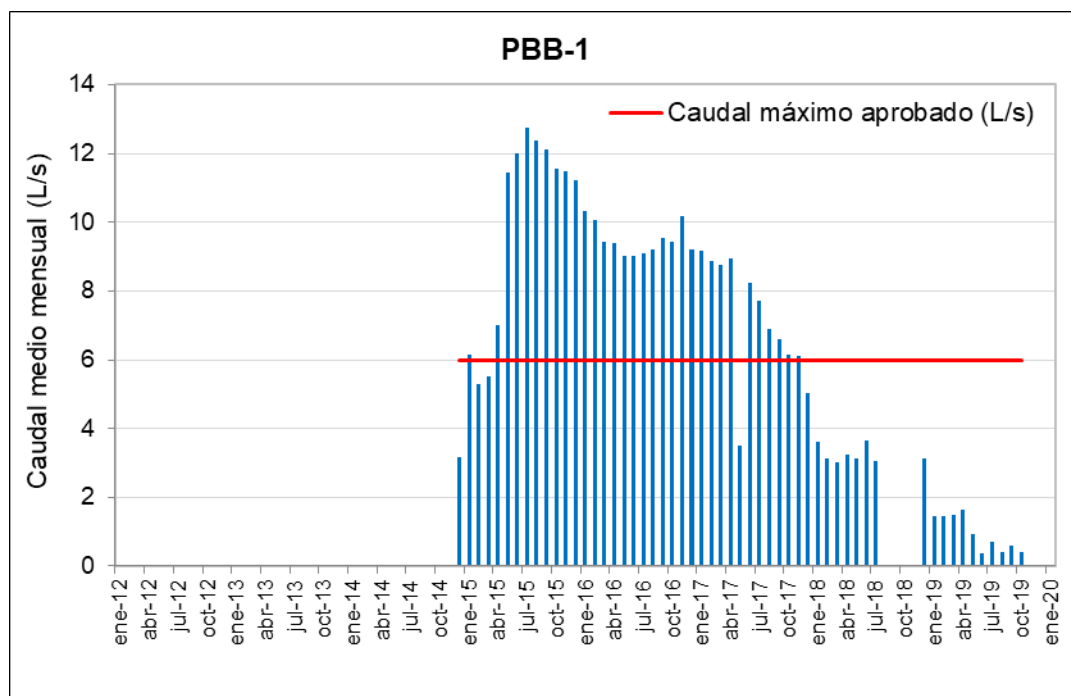


**Figura 5-134: Volumen mensual bombeado pozo de remediación PBB-1.**



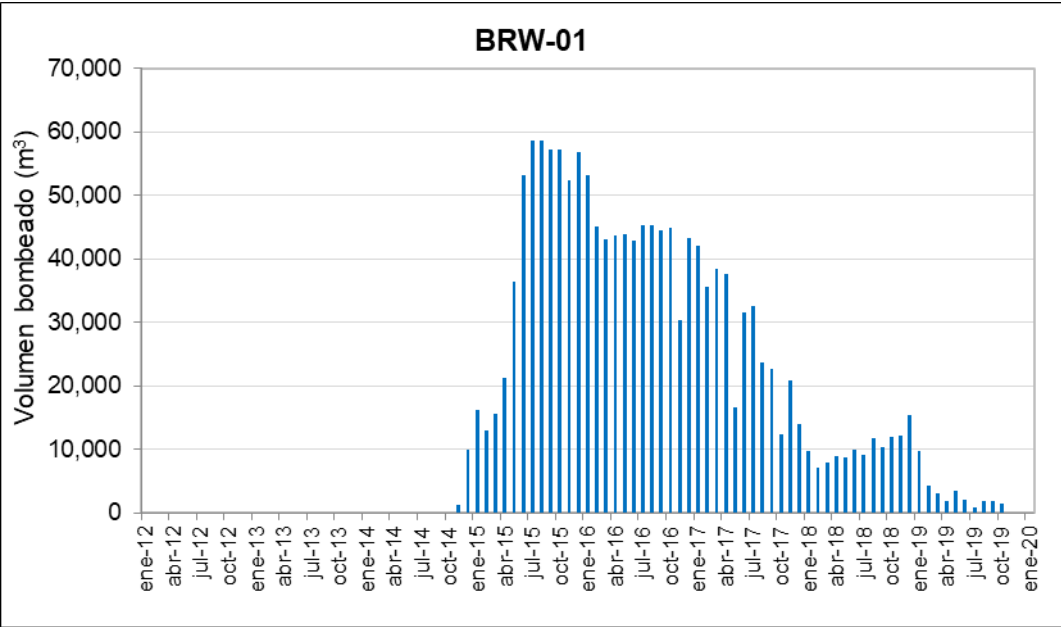
Fuente: Elaboración propia

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



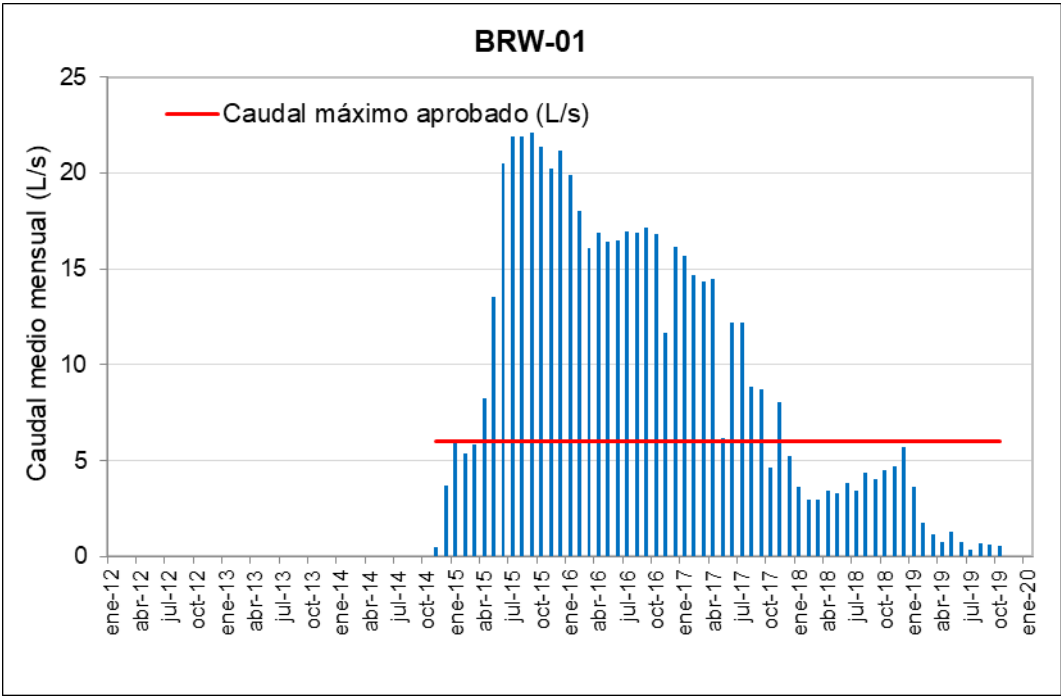
Fuente: Elaboración propia

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



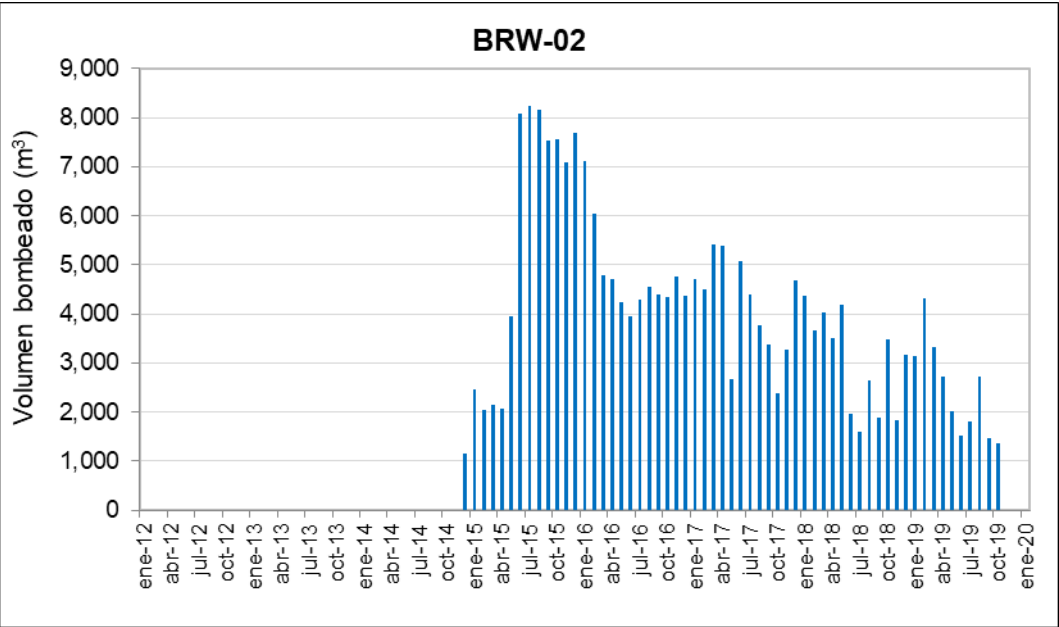
Fuente: Elaboración propia

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



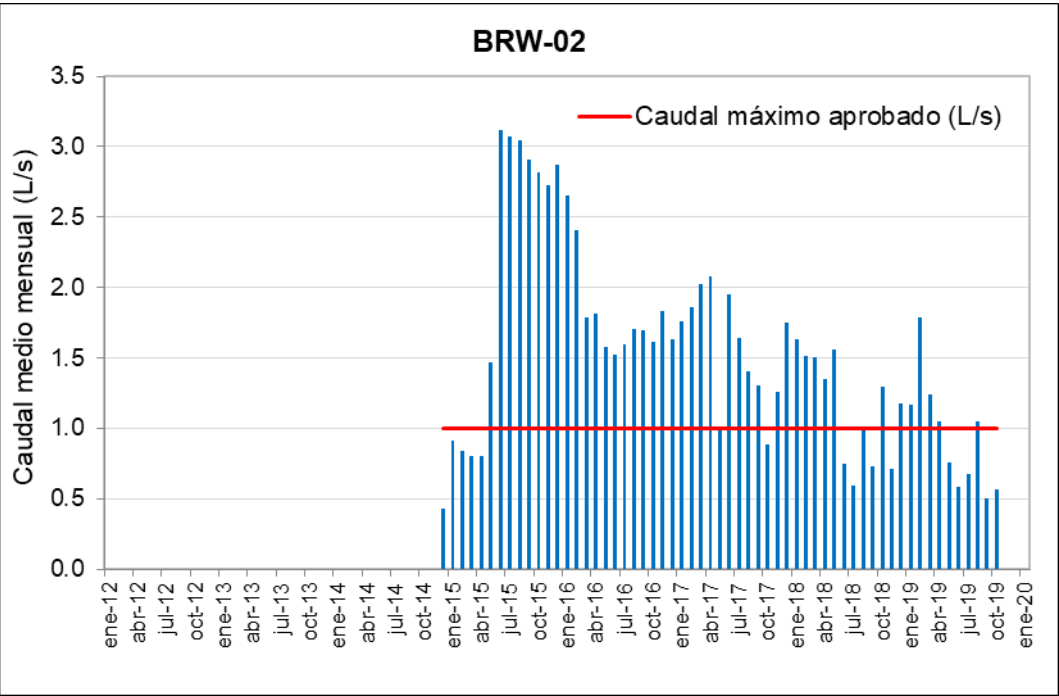
Fuente: Elaboración propia

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



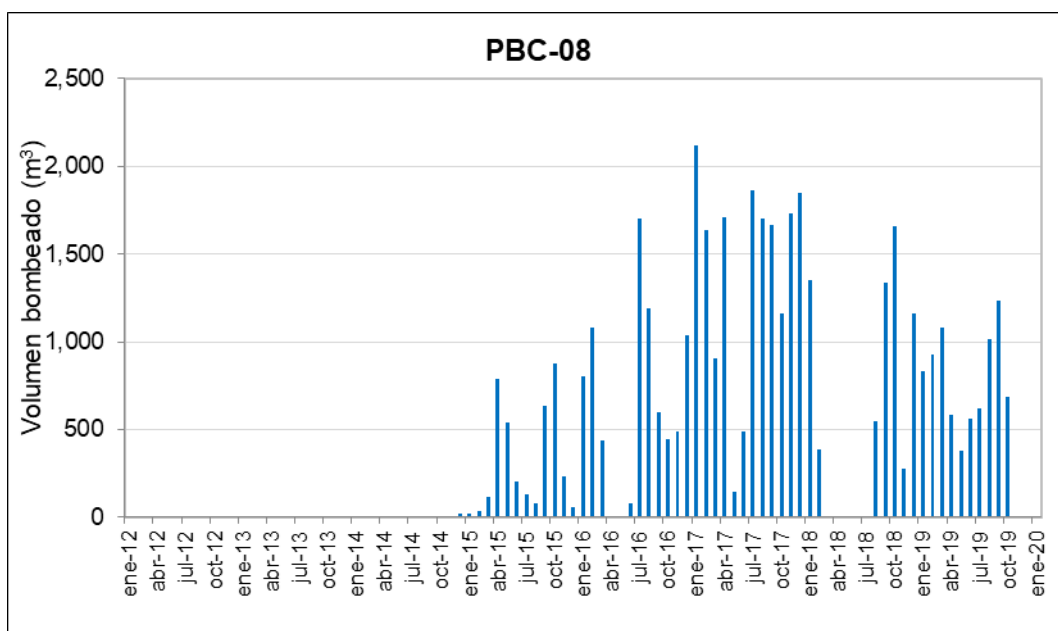
Fuente: Elaboración propia

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



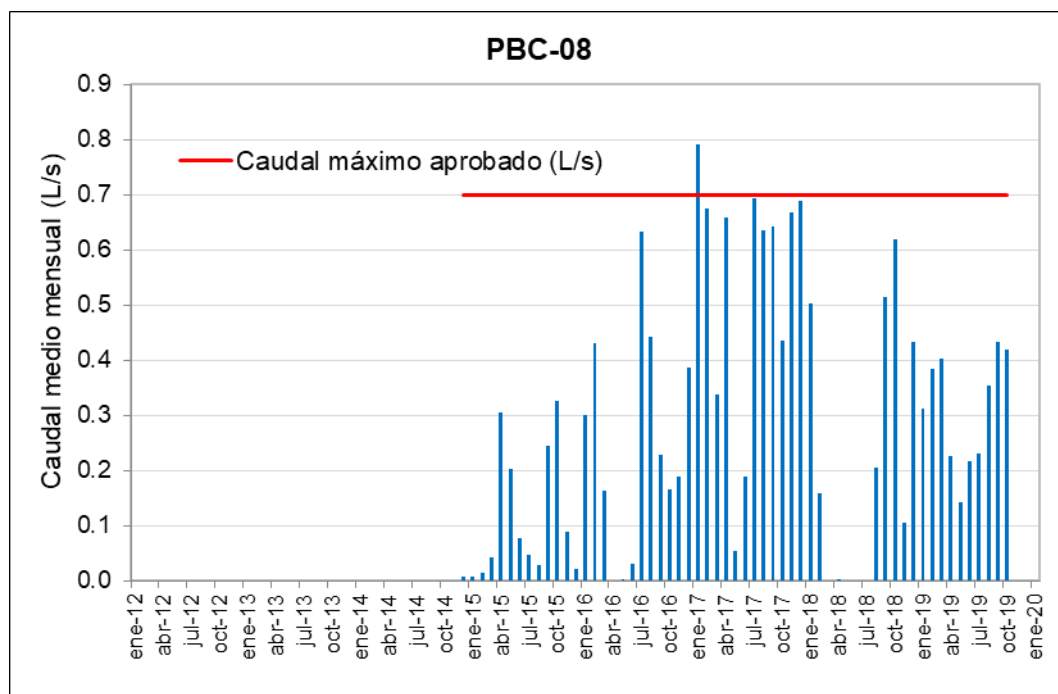
Fuente: Elaboración propia

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



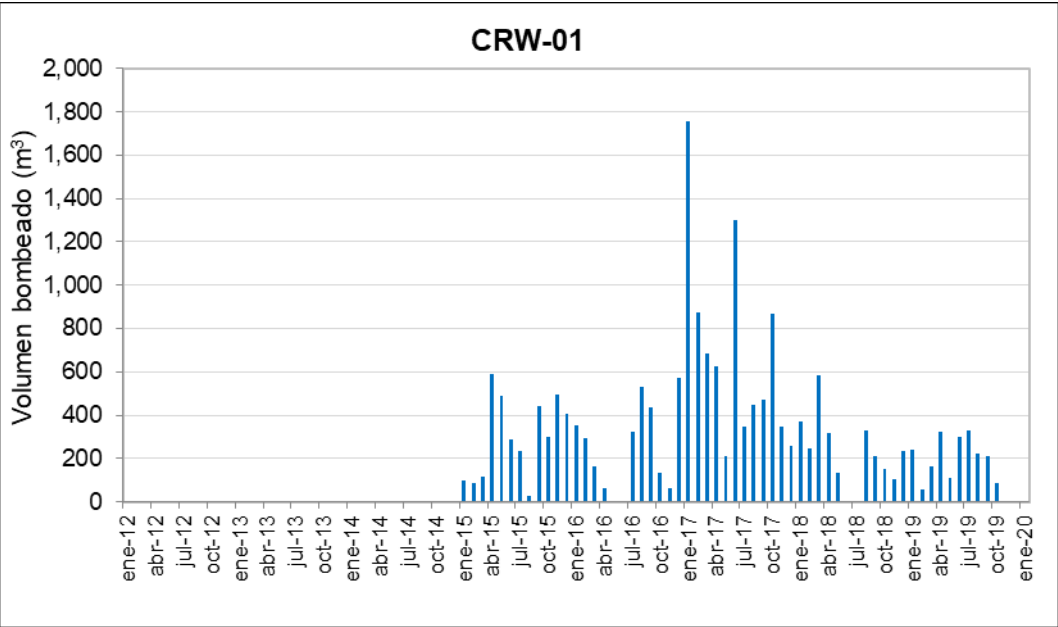
Fuente: Elaboración propia

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



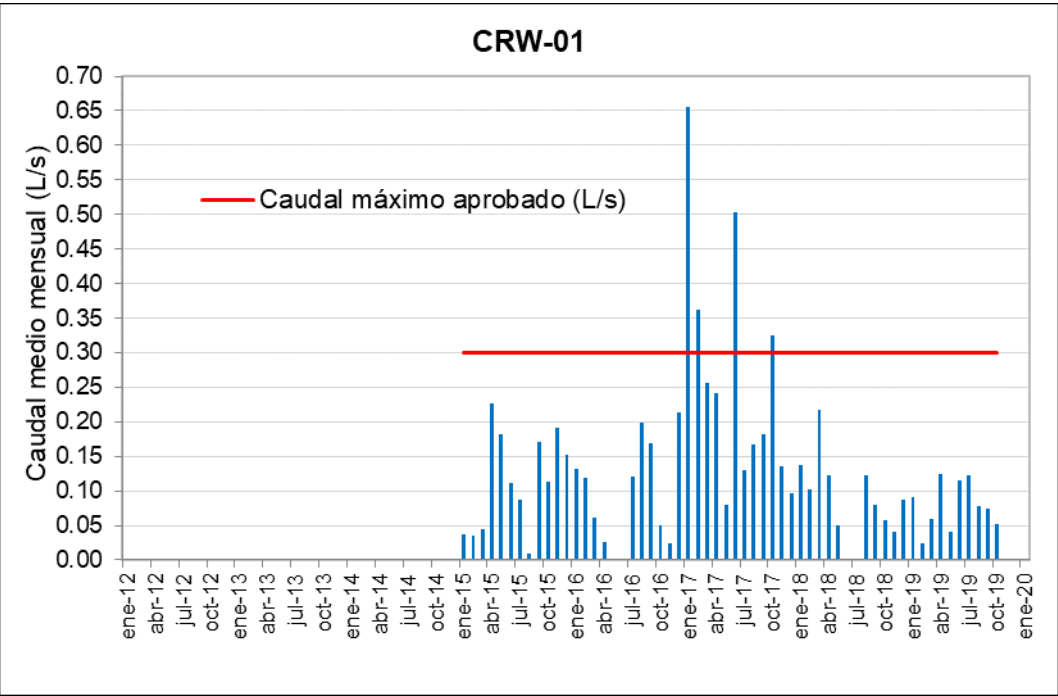
Fuente: Elaboración propia

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



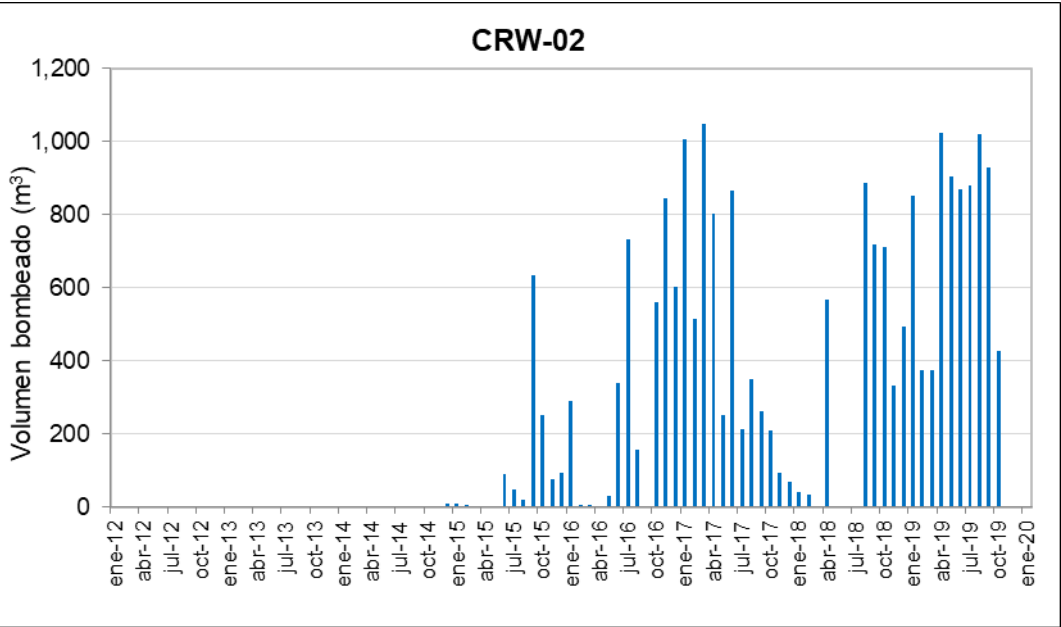
Fuente: Elaboración propia

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



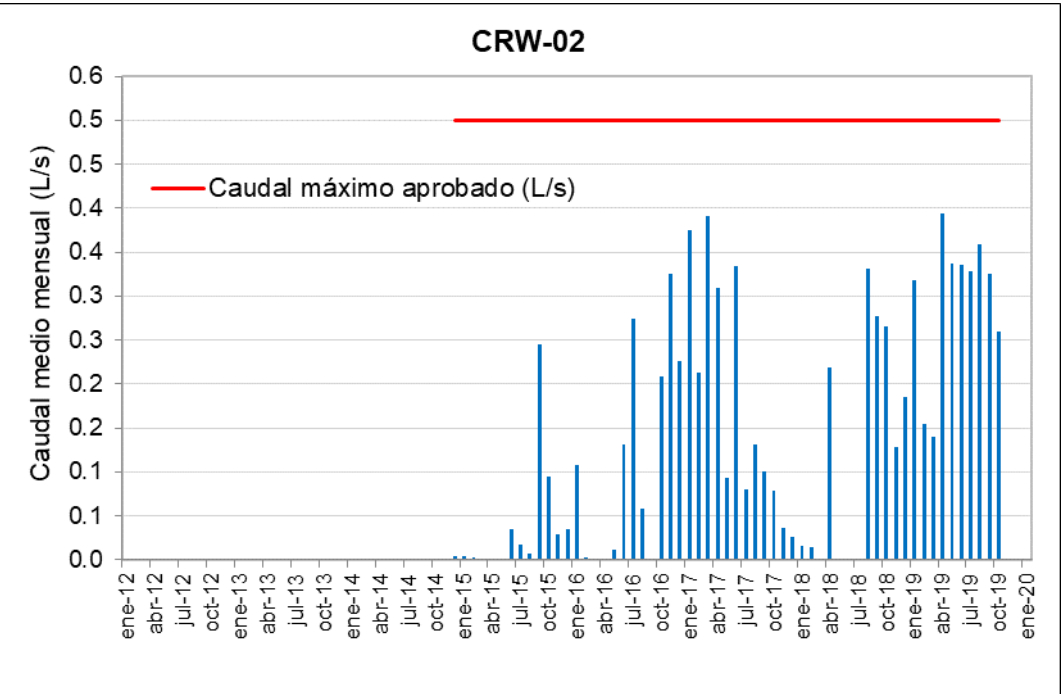
Fuente: Elaboración propia

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



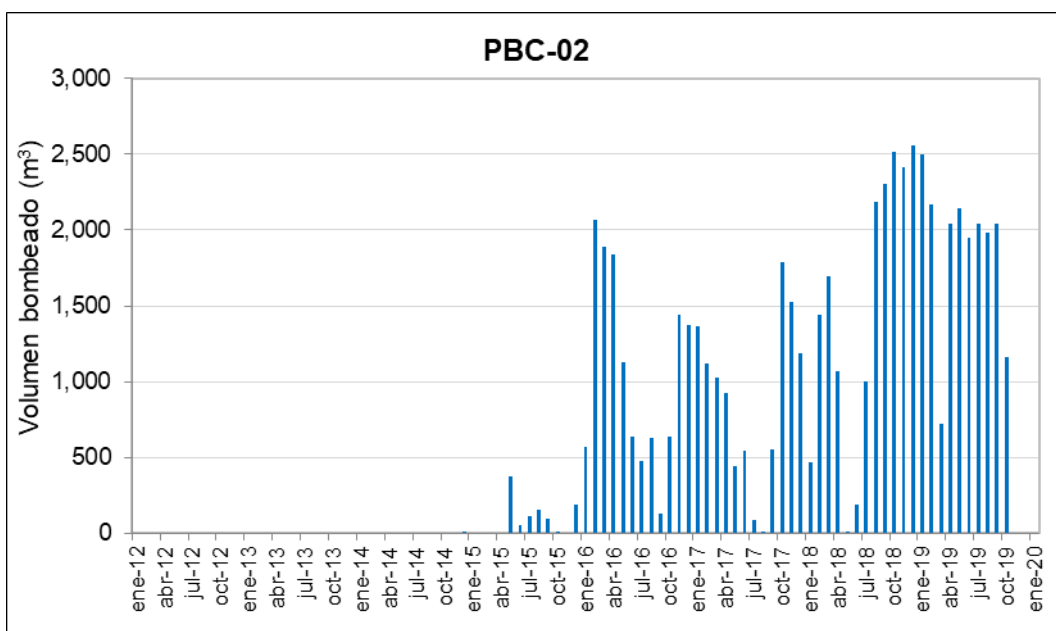
Fuente: Elaboración propia

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



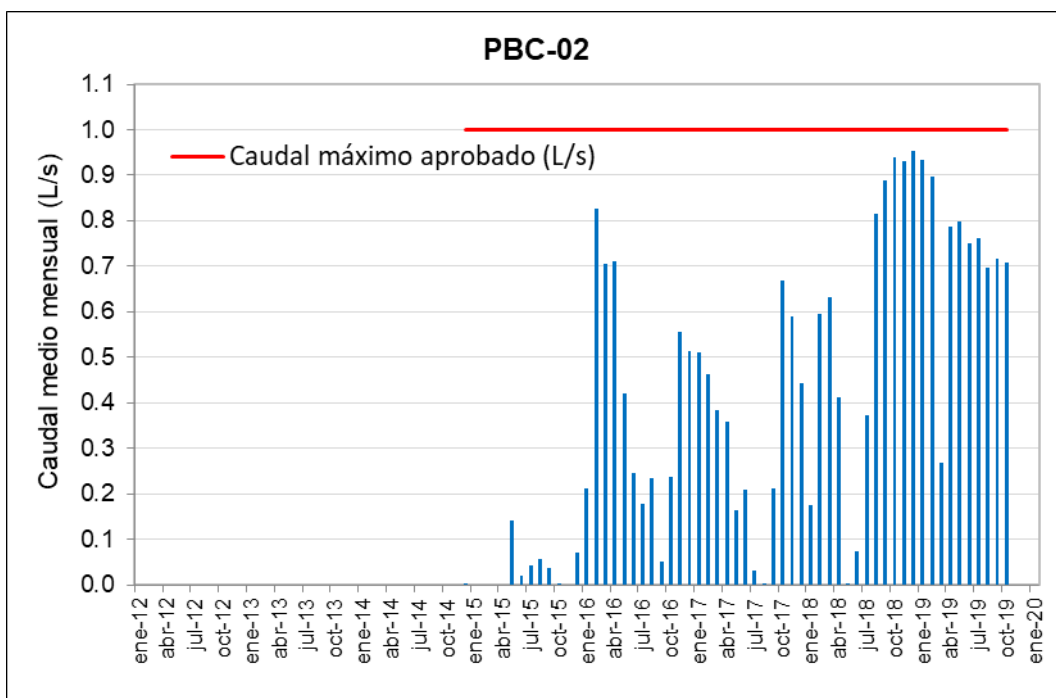
Fuente: Elaboración propia

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



Fuente: Elaboración propia

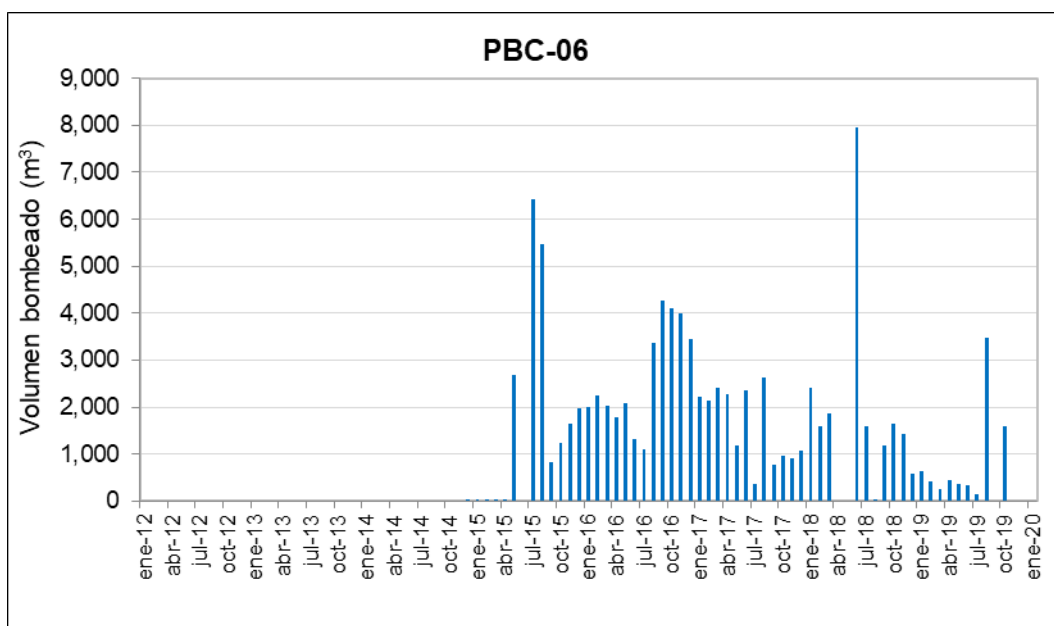
**Figura 5-147: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación PBC-02.**



Fuente: Elaboración propia

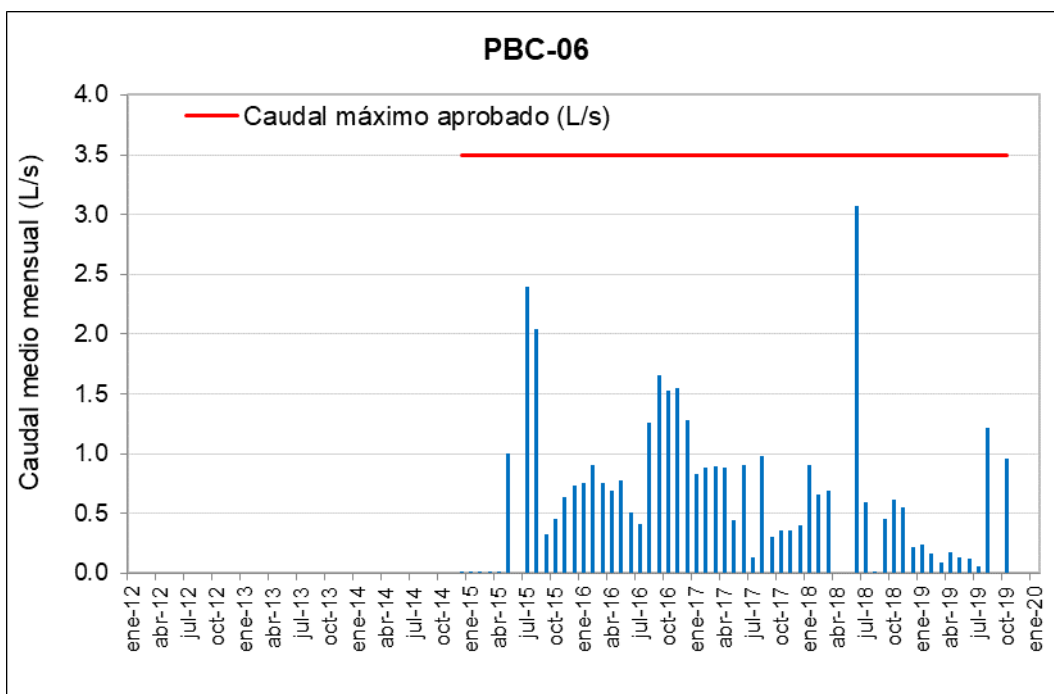


**Figura 5-148: Volumen mensual bombeado pozo de remediación PBC-06.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-149: Caudal medio mensual bombeado pozo de remediación 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 octubre de 2019. Si bien los niveles medidos se reportan en informes semestrales de acuerdo con lo establecido en la RCA, se presentan de todas formas a nivel trimestral (a modo de referencia).

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

Los niveles para el trimestre en análisis junto a los datos históricos se presentan en la Tabla 5-3. Como se observa, los niveles de este trimestre han disminuido respecto a los meses anteriores, llegando a los 18,0 m durante el mes de octubre del 2019.

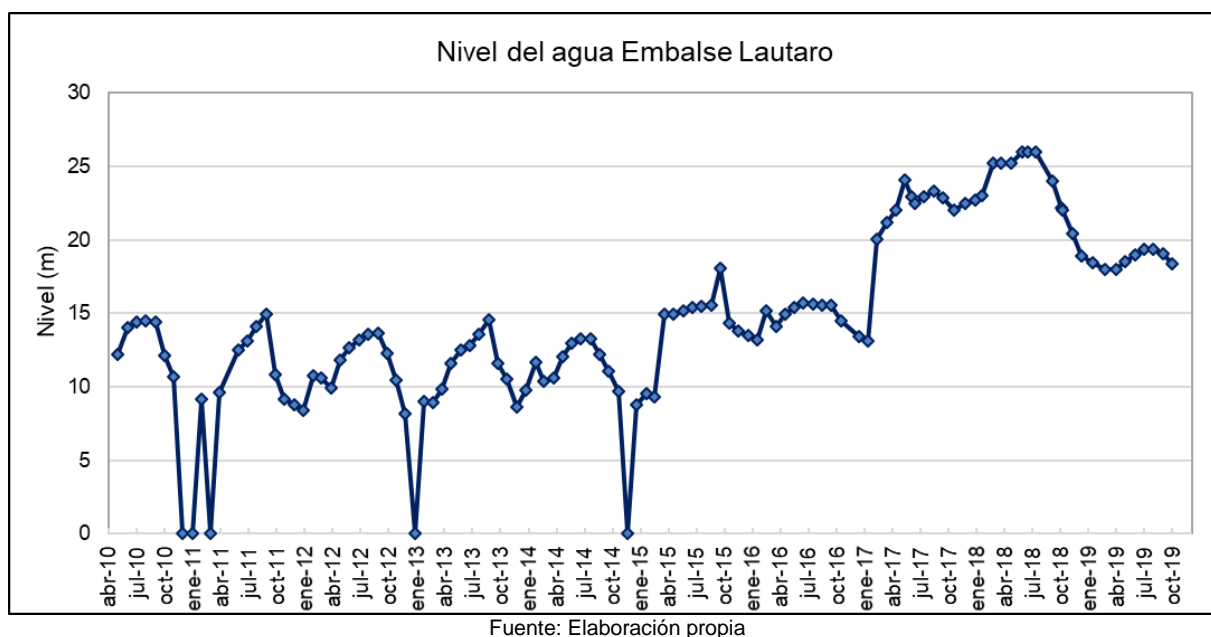
**Tabla 5-3: Nivel mensual Embalse Lautaro [m].**

Mes	2010/2011	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	Media	Máx.	Min.
MAY	12,2		11,8	11,64	12,05	14,98	14,95	24,07	25,2	18,5	16,2	25,2	11,6
JUN	14	12,5	12,7	12,55	12,95	15,2	15,43	22,95	26	19	16,3	26,0	12,5
JUL	14,44	13,16	13,2	12,8	13,3	15,4	15,7	22,5	26	19,37	16,6	26,0	12,8
AGO	14,52	14,12	13,6	13,6	13,25	15,5	15,66	22,91	26	19,4	16,9	26,0	13,3
SEP	14,4	14,98	13,66	14,6	12,2	15,59	15,55	23,29	24	19,1	16,7	24,0	12,2
OCT	12,1	10,86	12,31	11,64	11,05	18,05	15,55	22,9	22,2	18,4	15,5	22,9	10,9
NOV	10,66	9,2	10,48	10,56	9,7	14,35	14,48	22,03	22		13,7	22,0	9,2
DIC	0	8,8	8,2	8,6	0	13,82	13,4	22,5	20,42		10,6	22,5	0,0
ENE	0	8,4	0	9,8	8,8	13,5	13,1	22,71	18,9		10,6	22,7	0,0
FEB	9,2	10,8	9	11,7	9,55	13,2	20,02	23	18,49		13,9	23,0	9,0
MAR	0	10,6	8,93	10,35	9,3	15,2	21,23	25,2	18		13,2	25,2	0,0
ABR	9,6	9,9	9,85	10,6	14,96	14,1	22,01	25,2	18		14,9	25,2	9,6

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-150 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 asociados a la temporada de regadío. En el último periodo se observa que el nivel del agua ha disminuido con respecto al año anterior, mostrando una pendiente negativa. Esta tendencia se ha confirmado con las mediciones en los últimos tres trimestres, donde a pesar de que en el trimestre anterior la cota del embalse se recupera levemente, en el período agosto-octubre vuelve la tendencia a la baja. Sin embargo, al realizar una comparación con respecto a años anteriores (2010-2015) se observa que el nivel es mayor, debido a las lluvias y deshielos producidos en los últimos años.

**Figura 5-150: 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.

Los pozos de control corresponden a los pozos del PMR que cierran cada una de las 12 áreas de monitoreo. Cabe destacar que, el área 7 no tiene pozo de control, tal como se indica en el apartado 4.2.1. 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 5-4, junto a la condición de dicho pozo si estuviera influenciado por el bombeo de terceros y en la Figura 5-151 se presenta su ubicación.

**Tabla 5-4: 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	-	-	
8	PMR-16	400.814	6.905.340	-	-	

**Tabla 5-4: 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			
9	PMR-19	400.637	6.908.596	No Influenciado	Directa	Pozo habilitado trimestre Feb-Abr 2015
10	PMR-22	398.423	6.912.261	No Influenciado	Directa	
11	PMR-25	396.530	6.915.749	Influenciado	Modelo Simplificado	
12	PMR-29	389.540	6.921.393	Influenciado	Modelo Simplificado	Pozo habilitado trimestre May-Jul 2015
13	PMR-31	388.838	6.923.778	-	-	Pozo habilitado trimestre Feb-Abr 2015

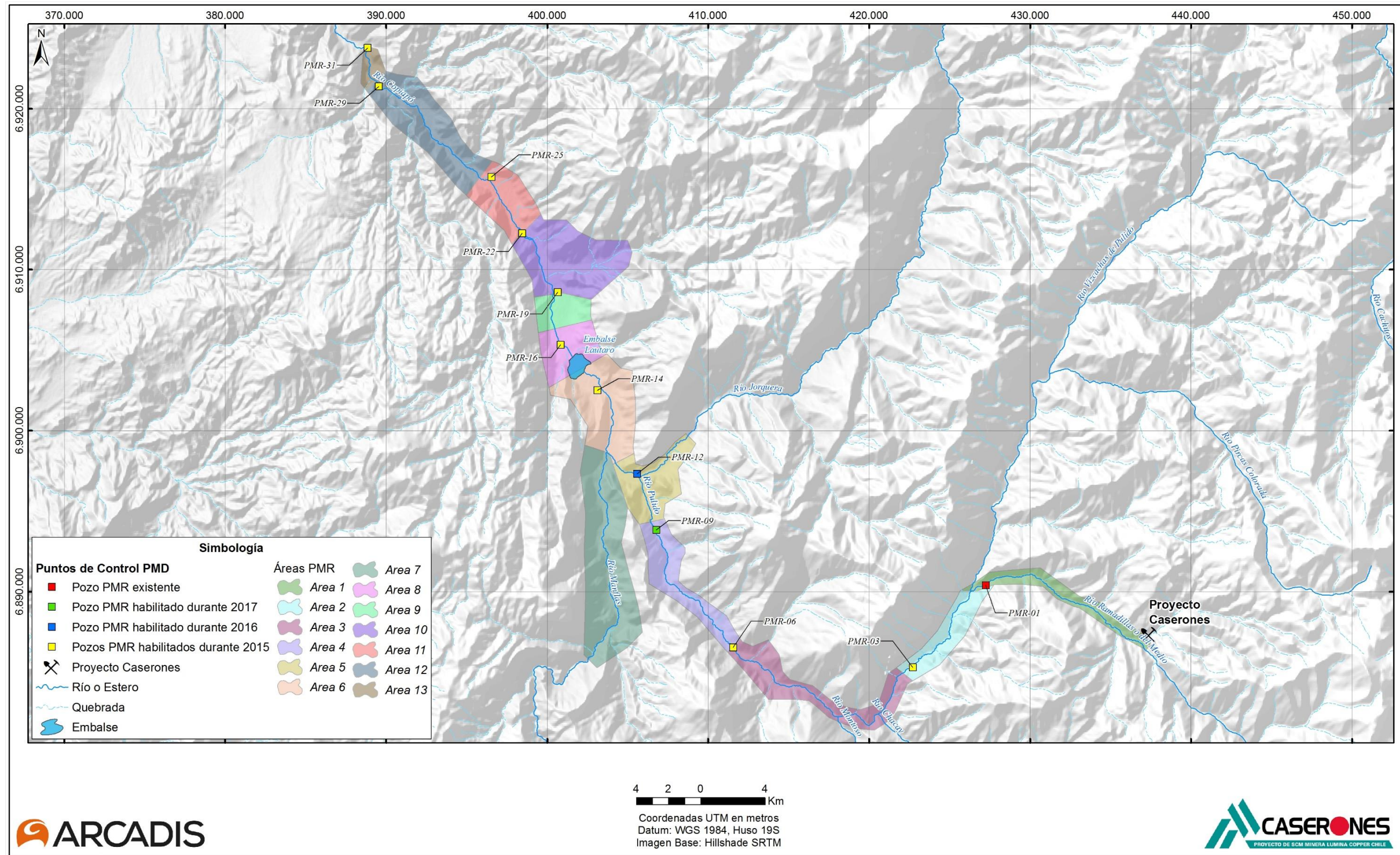
Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras (Figura 5-152 a Figura 5-163) se muestran los gráficos que indican la variación de nivel observado en los pozos de control, considerando la información disponible para el trimestre y la variación de nivel proyectado por el modelo. Cabe recordar que el modelo usado para este análisis corresponde a la actualización 2019, el cual incorpora el pozo PMR-09. Para el mes de octubre, solo se cuenta con mediciones manuales para los PMR-10 y PMR-12. En el caso que estén disponibles las mediciones continuas, éstas serán utilizadas para complementar la información del trimestre actual (PMR-03 y PMR-06 en el mes de octubre). En el caso del PMR-12, en agosto de 2019 se renuevan las mediciones manuales, pero al no contar con mediciones en enero de 2019, no es posible estimar la disminución del nivel y, en consecuencia, se supondrá que la activación del PMD sigue vigente.

Para algunos pozos se ha considerado la medición manual en vez de la medición continua debido a saltos ocurridos en dicha medición para este trimestre o porque no se contaba con medición.



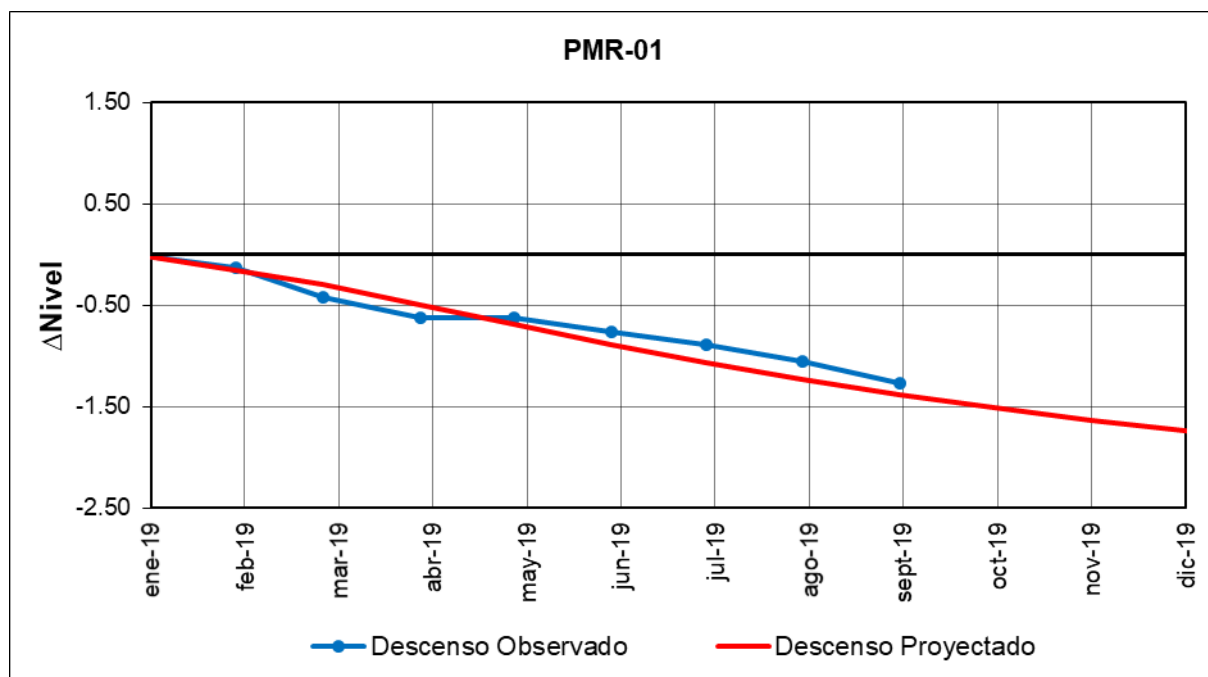
**Figura 5-151: Puntos de control PMD.**



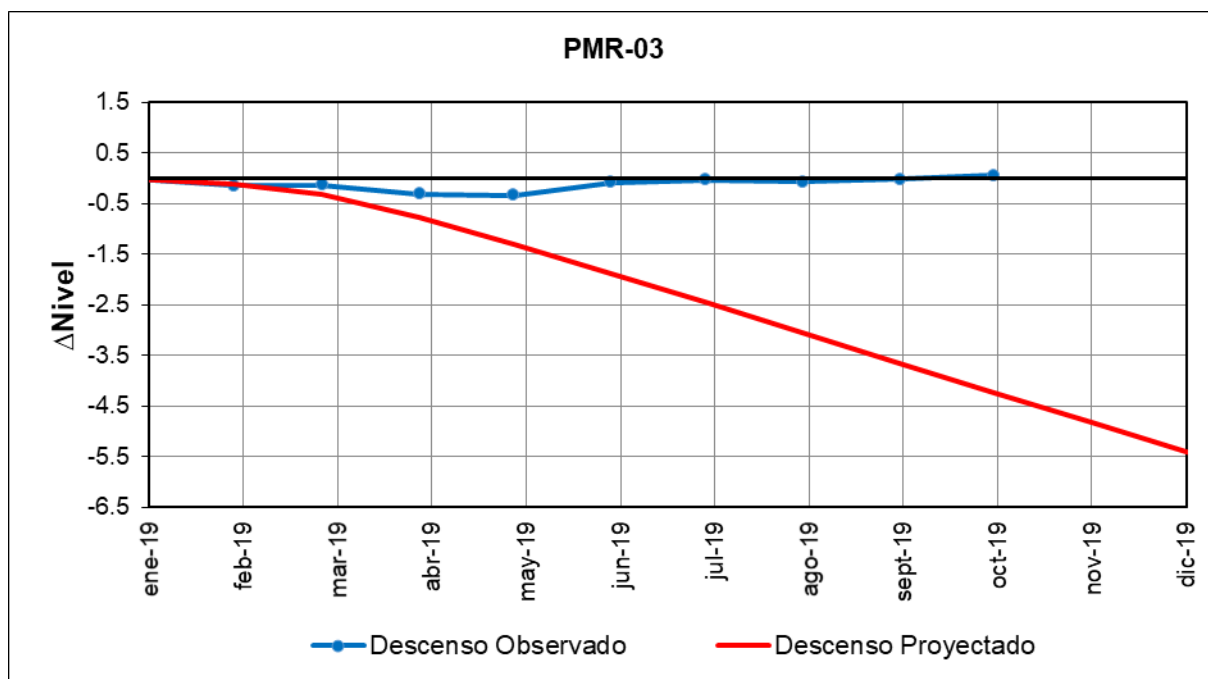
Fuente: Elaboración propia



**Figura 5-152: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-01.**

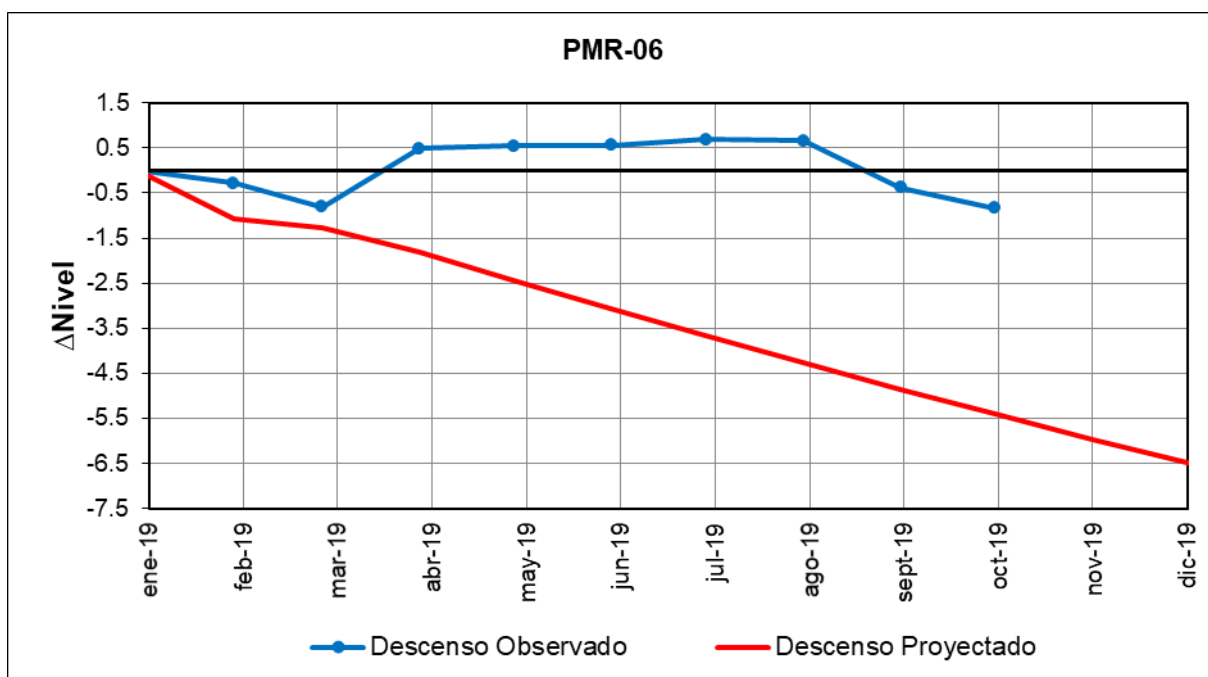


**Figura 5-153: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-03<sup>7</sup>.**

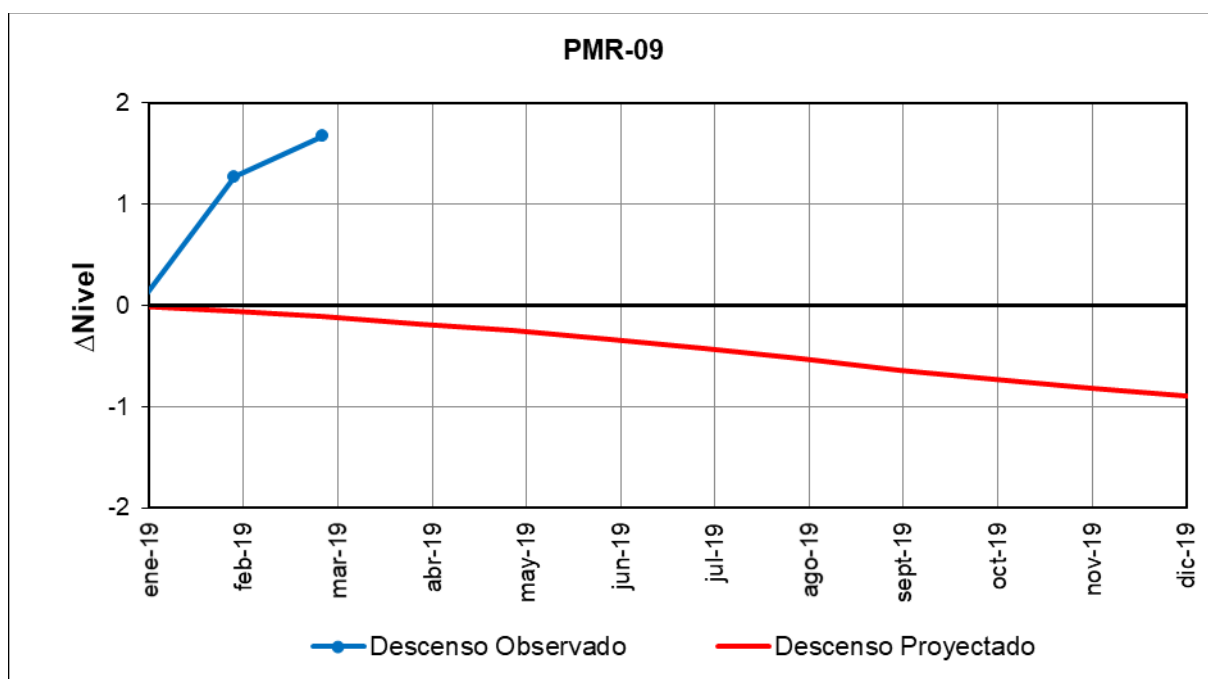


<sup>7</sup> Valor de octubre según medición de niveles continuos.

**Figura 5-154: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-06<sup>8</sup>.**



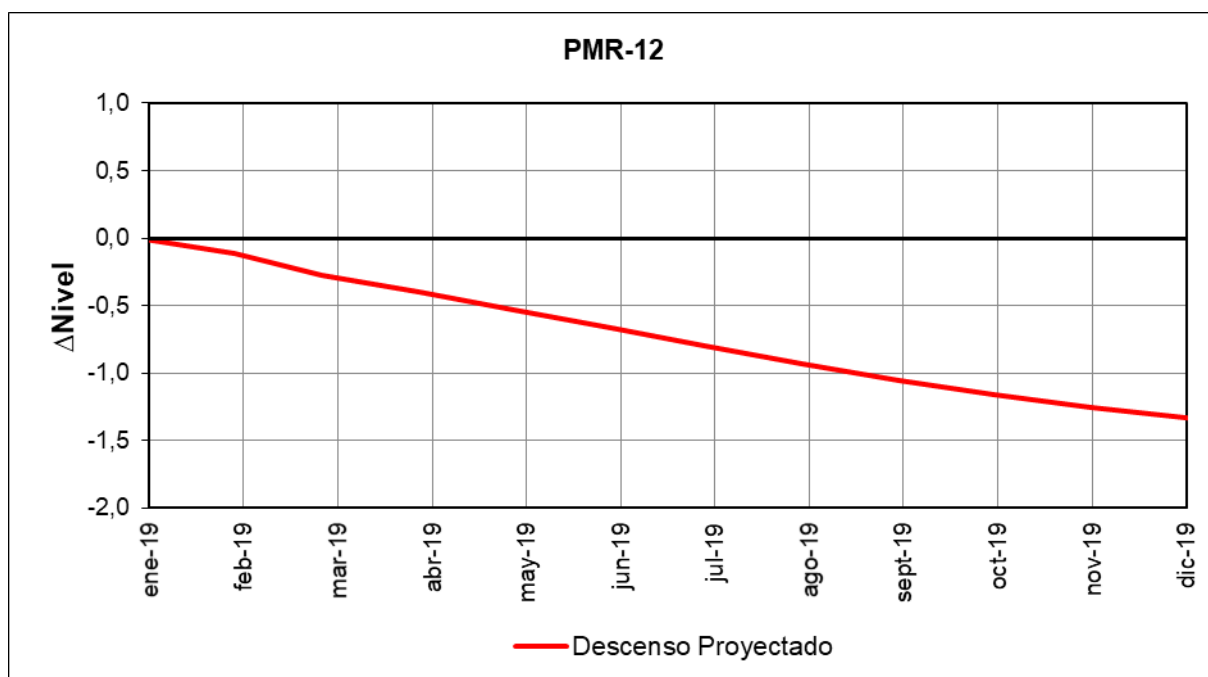
**Figura 155: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-09.**



<sup>8</sup> Valor de octubre según medición de niveles continuos.

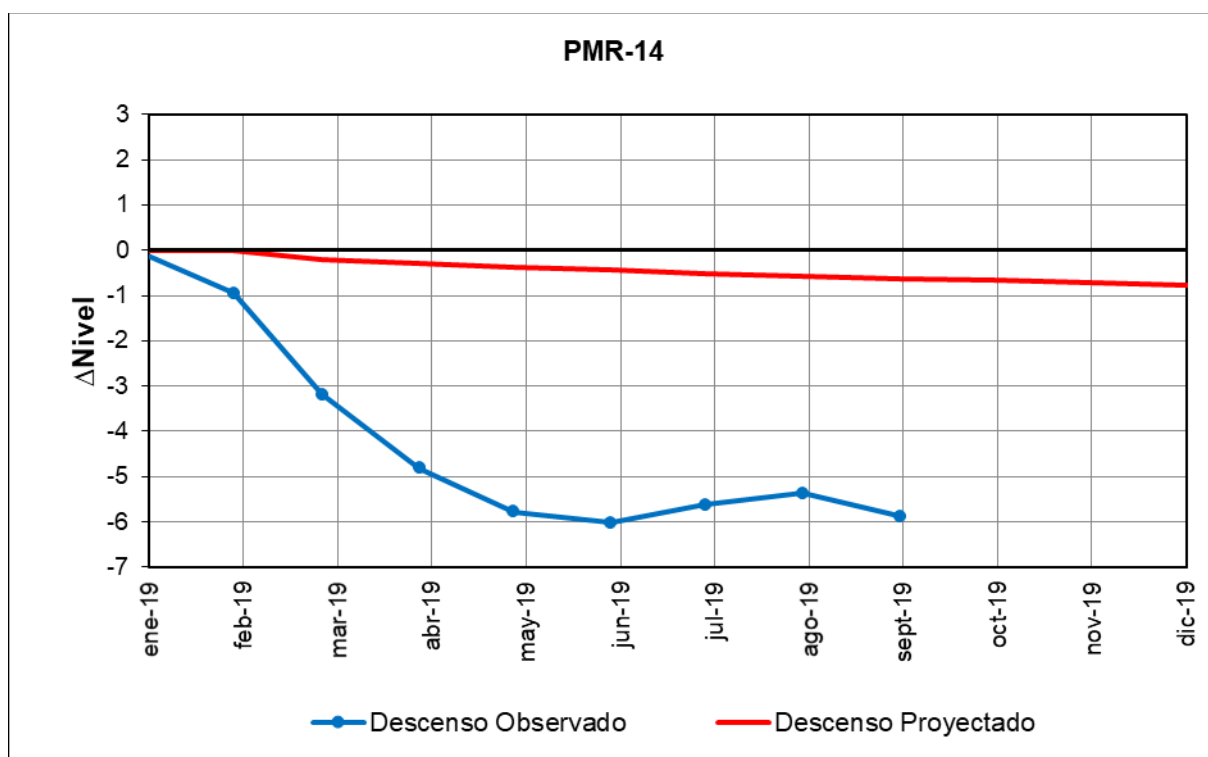


**Figura 5-156: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-12<sup>9</sup>.**



Fuente: Elaboración propia

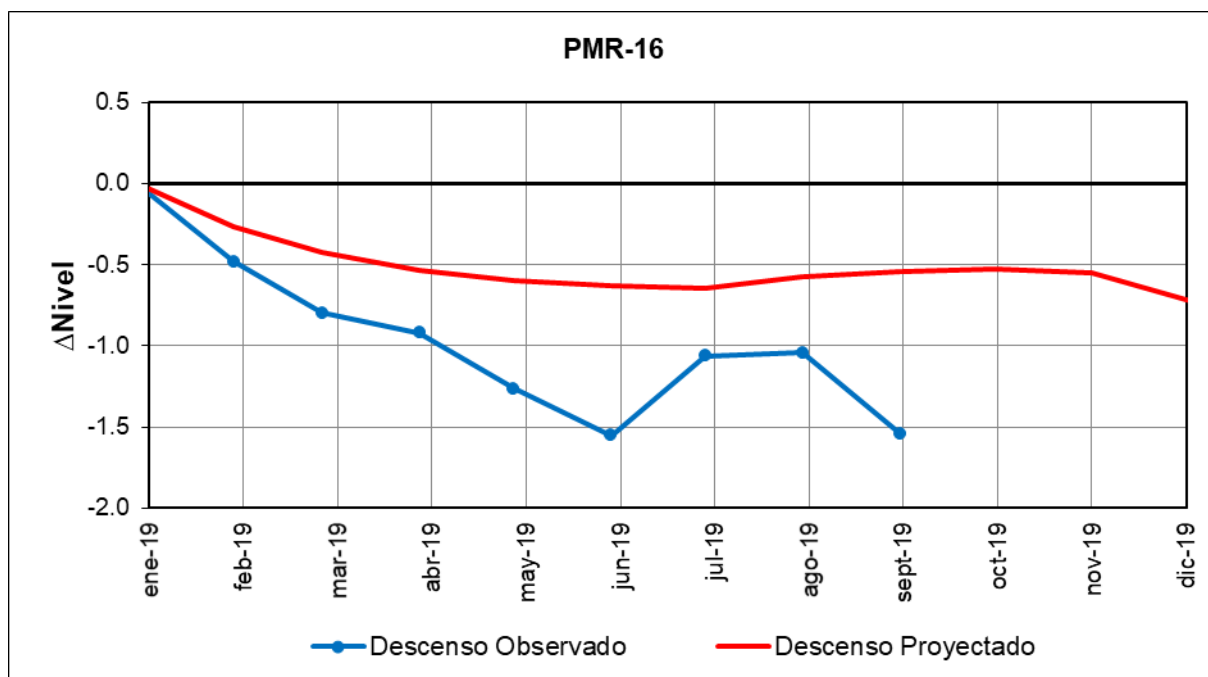
**Figura 5-157: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-14.**



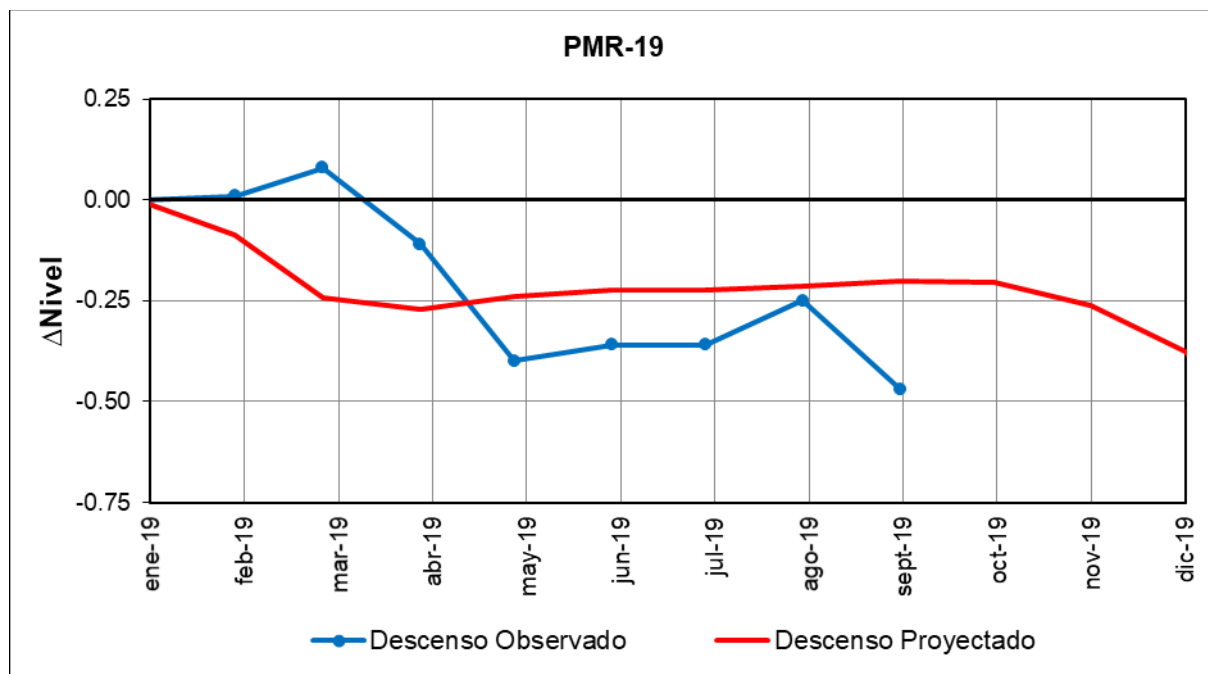
Fuente: Elaboración propia

<sup>9</sup> Debido a que el PMR-12 no tiene mediciones para el mes de enero, no es posible calcular la variación de nivel para los meses correspondientes a agosto-octubre de 2019.

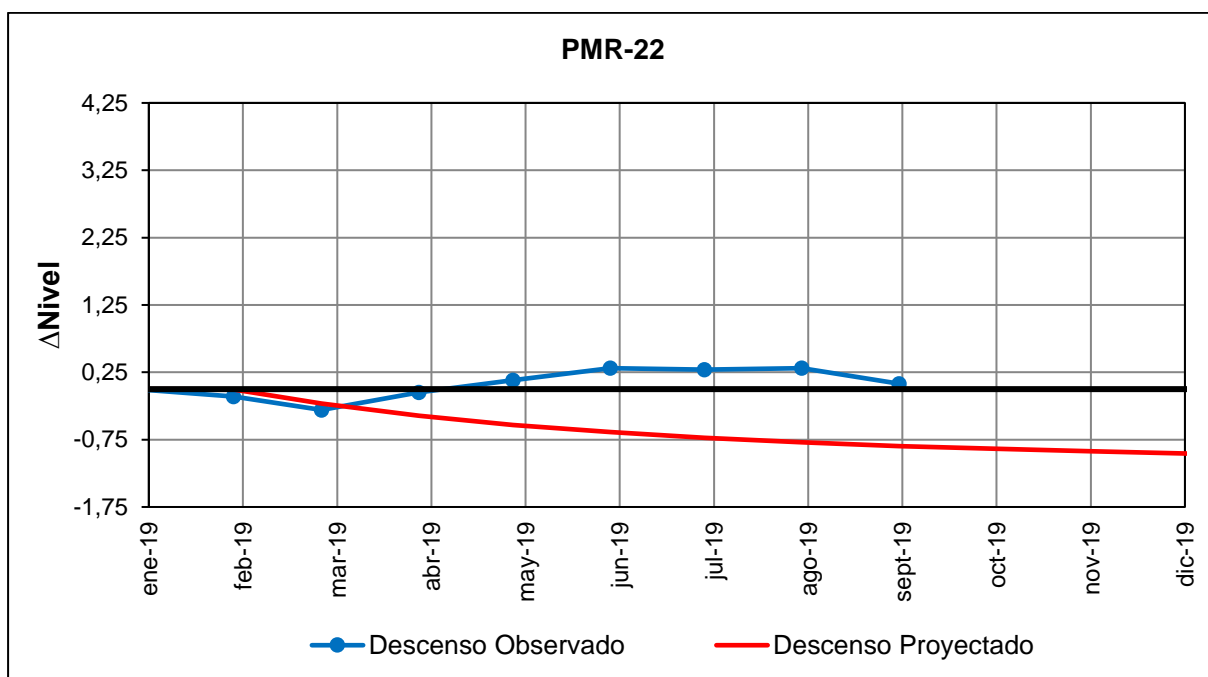
**Figura 5-158: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-16.**



**Figura 5-159: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-19.**



**Figura 5-160: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-22.**



**Figura 5-161: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-25.**

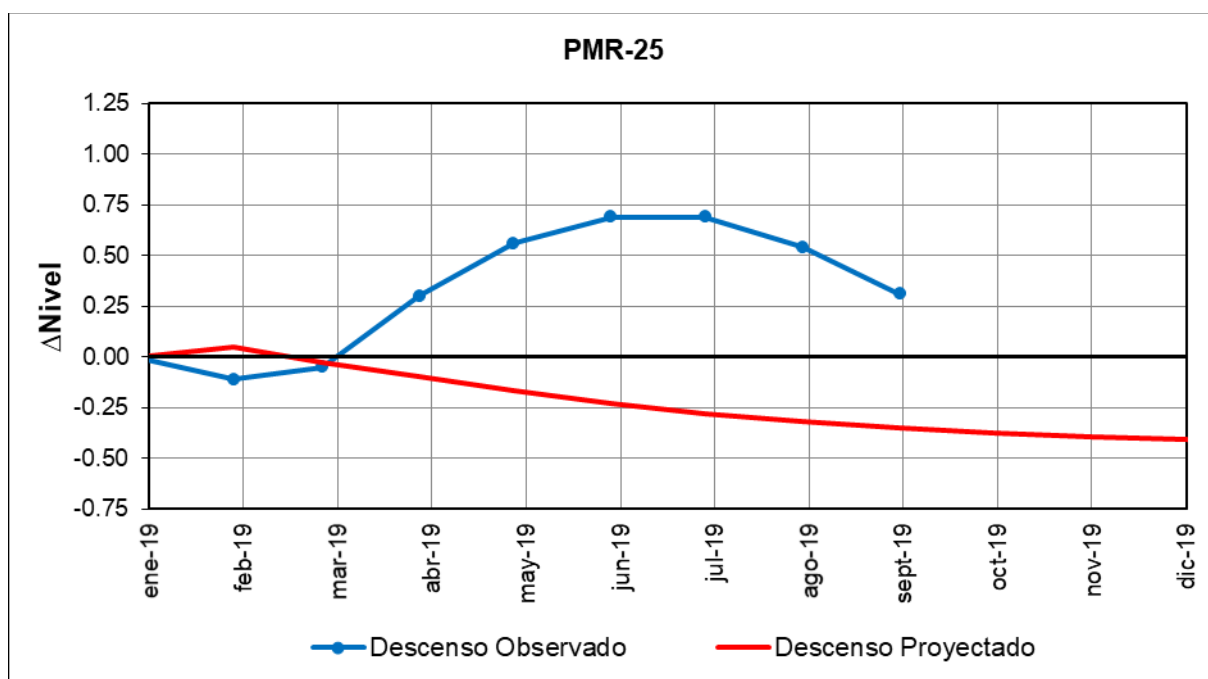


Figura 5-162: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-29.

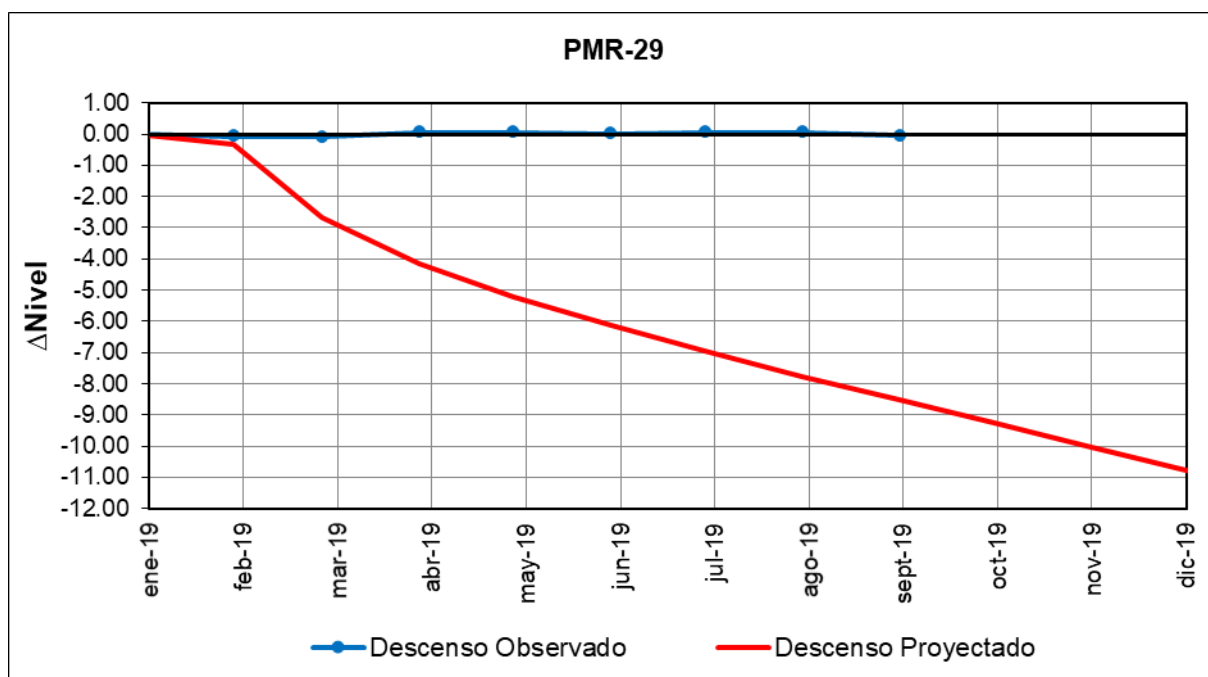
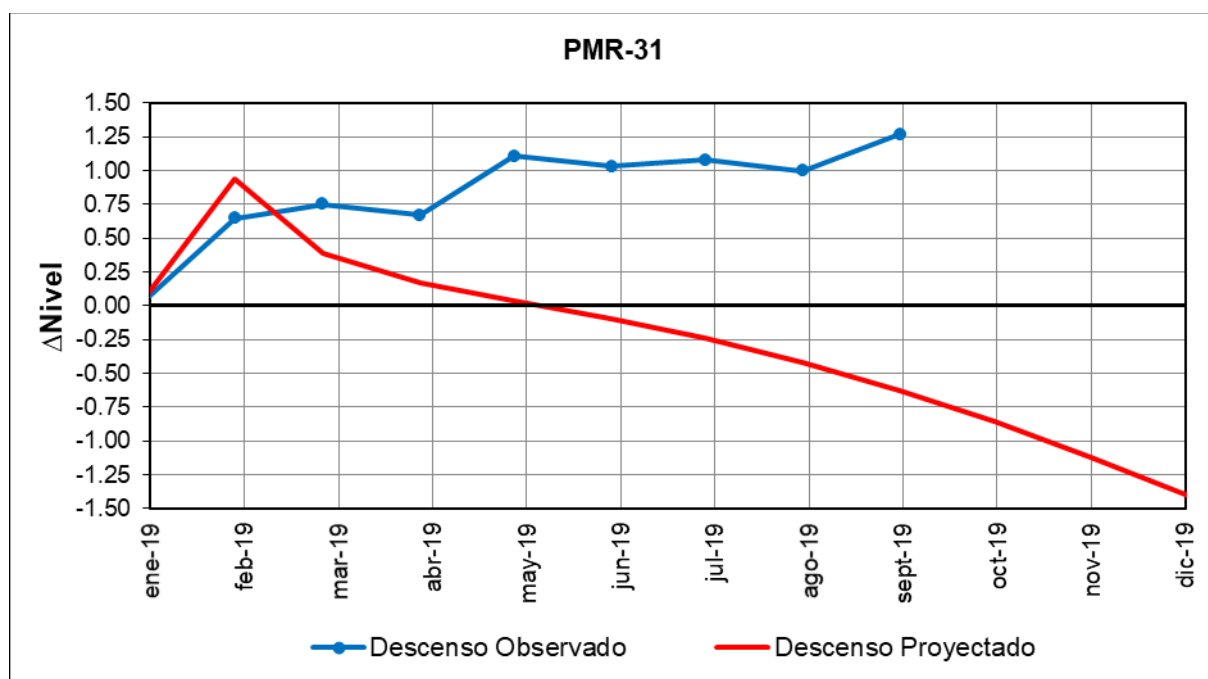


Figura 5-163: Variación de nivel observado y proyectado pozo PMR-31.



## 6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Pluviometría y fluviometría

A la fecha de emisión de este informe, la DGA no ha publicado datos de precipitación ni caudal para las estaciones analizadas en el presente trimestre. A medida que la DGA actualice sus datos, éstos serán incorporados en los informes trimestrales correspondientes. Como medida paliativa, se recurre a datos horarios disponibles en algunas estaciones DGA. En el caso de la precipitación, se encuentra disponible a nivel horario para este trimestre la estación meteorológica Lautaro Embalse, mientras que para las estaciones fluviométricas hay registros horarios en río Copiapó en la Puerta, río Copiapó en Pastillo y río Pulido en Vertedero.

Considerando los últimos 33 años de registro de precipitaciones, se observa que entre agosto y octubre la precipitación es baja o nula. La máxima precipitación registrada para este trimestre ocurrió en agosto de 2017, donde se superaron los 90 mm/mes, mientras que septiembre y octubre presenta precipitaciones más bajas comparadas con el mes de agosto, lo que da cuenta de un marcado período invernal, el que concentra prácticamente toda la precipitación anual. Según los datos horarios de la estación Lautaro Embalse, la precipitación invernal del año 2019 ha sido nula.

El análisis fluviométrico se realiza considerando la información de los caudales puntuales medidos por MLCC y los datos horarios en algunas estaciones fluviométrica de la DGA. En la Figura 5-8 se observa que, en general, los caudales en todas las estaciones no superan 1,0 m<sup>3</sup>/s para el trimestre agosto-octubre de 2019.

Desde la Figura 5-5 hasta la Figura 5-7 se observan los caudales de los meses de agosto, septiembre y octubre respectivamente para el periodo 1985 – 2019 donde se observan, generalmente, valores bajo 3 m<sup>3</sup>/s con algunas excepciones (año 1988, 1998 y 2017, por ejemplo) particularmente en las estaciones Río Copiapó en La Puerta y Río Copiapó en Lautaro. Uno de los aspectos relevantes del trimestre agosto-octubre de 2019 es que los caudales puntuales registrados por MLCC son bajos comparados con los valores históricos (ver Figura 5-8), lo que da cuenta del año extremadamente seco y que se convierte en el décimo año de una extensa sequía (Garreaud *et al.*, 2019), lo que se traduce en caudales superficiales menores a 250 l/s en las cuencas de cabecera del río Pulido, salvo para la cuenca Pulido aguas abajo de la confluencia con el río Montosa, donde el caudal supera los 700 l/s.

Para el análisis de los caudales medios mensuales, se estimaron las probabilidades de excedencia de 15%, 50% y 85% de cada una de las estaciones DGA analizadas. Las probabilidades fueron obtenidas mediante la función de distribución Log-Normal, considerando sólo las mediciones oficiales de la DGA, por lo tanto, no se han incorporado los datos del presente trimestre. En la Tabla 6-1 se presentan las probabilidades de excedencia del trimestre, además del caudal medio mensual observado en cada estación DGA. La única estación que tiene datos hasta mayo de 2019 es Copiapó en Pastillo. El resto de las estaciones no tiene información publicada para 2019. Se observa que, en general, los caudales medidos son relativamente cercanos al 50% de probabilidad de excedencia.

**Tabla 6-1: Probabilidades de excedencia de caudales medios mensuales para las estaciones fluviométricas consideradas.**

Estación	Probabilidad de Excedencia	Agosto	Septiembre	Octubre
Jorquera en Vertedero	85%	399	401	347
	50%	668	669	609
	15%	1.120	1.116	1.068
	Caudal medio mensual (l/s)	750	750	700

**Tabla 6-1: Probabilidades de excedencia de caudales medios mensuales para las estaciones fluviométricas consideradas.**

Estación	Probabilidad de Excedencia	Agosto	Septiembre	Octubre
Pulido en Vertedero	85%	573	504	423
	50%	937	833	751
	15%	1.531	1.378	1.332
	Caudal medio mensual (l/s)	1.050	950	900
Manflas en Vertedero	85%	174	174	130
	50%	350	0,350	330
	15%	705	0,704	810
	Caudal medio mensual (l/s)	440	450	510
Copiapó en Lautaro	85%	73	236	63
	50%	360	654	1.030
	15%	1.781	1.812	1.69
	Caudal medio mensual (l/s)	750	940	1.170
Copiapó en Pastillo	85%	1.049	0.918	766
	50%	1.696	1.511	1.387
	15%	2.741	2.486	2.513
	Caudal medio mensual (l/s)	1.900	1.720	1.670
Copiapó en La Puerta	85%	843	886	920
	50%	1.578	1.590	1.650
	15%	2.955	2.855	2.930
	Caudal medio mensual. (l/s)	1.880	1.880	1.910

Fuente: Elaboración propia

Por último, considerando las mediciones hechas por MLCC (Ver Figura 5-8), en los puntos de aforo cercanos a las estaciones fluviométricas comprometidas, se observa que la estación LM-15, que mide el caudal en el río del Potro aguas arriba de la confluencia con Pulido, presenta un caudal medio histórico menor a  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , con valores máximos en los veranos de 2006, 2008 y 2018. Para el presente trimestre el caudal medido es menor a  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ . En el río Pulido y río Montosa se observa un caudal con mayor variabilidad, destacando los aumentos en los meses estivales de los años 2008, 2016 y 2018. En particular en el río Montosa se observan varios peaks asociados a los meses de verano. En todos los cauces aforados se mantiene la tendencia negativa desde el trimestre anterior, siendo, en varios casos, los valores más secos desde que hay registros.

## 6.2 Evolución de niveles piezométricos

Se realiza el análisis del comportamiento del nivel en los pozos de monitoreo, considerando las mediciones manuales y continua. Para esta última se debe tener en consideración que existen algunos vacíos de información, esto debido principalmente a fallas de algunos transductores o vandalismo. Los pozos que no cuentan con monitoreo manual en este trimestre son los PMR-07, PMR-08, PMR-09, PMR-11 y PMR-21. Para el mes de octubre, solo hay mediciones manuales para los PMR-10 y PMR-12.

Cabe mencionar que sólo en los pozos PMR-01 y PMR-02 se cuenta con registros extensos 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. El PMR-01 presenta un sesgo respecto a las mediciones manuales para este último trimestre, mientras que el PMR-02 presenta mediciones sólo desde la quincena de julio de 2019 en adelante. Los gráficos que indican la situación de los niveles en los pozos se muestran en el acápite 5.3.

Al cierre del Área 1 se analiza el nivel piezométrico del pozo PMR-01, cuyo comportamiento se muestra en la Figura 5-21. Al observar los niveles puntuales medidos desde el año 2007 se visualizan variaciones, con los niveles más altos en los meses del verano, lo que podría relacionarse al comportamiento del río Ramadillas, el cual tiene un régimen nival. En general dichas variaciones son del orden de 2 m, alcanzando aproximadamente los 5 m si se considera el nivel máximo y mínimo medido en todo el periodo en torno a un valor medio aproximado de 2.155 m.s.n.m. 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. Para el último periodo el nivel medido manualmente se mantiene dentro del rango observado en los primeros años de registro con una leve tendencia negativa, presente desde el trimestre anterior, asociado al leve descenso presentado en el río Ramadillas.

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

El Área 2 es monitoreada por los pozos PMR-02 y PMR-03. El primero de ellos se ubica junto al pozo de bombeo WP-02, y cuenta con información de nivel mensual desde el año 2007 y medición continua desde noviembre de 2015 hasta abril de 2016, y luego desde abril 2017 hasta octubre de 2019, con vacíos de información. El segundo, por su parte, tiene datos continuos entre marzo y noviembre de 2015, y luego entre marzo y septiembre de 2016. Posterior a este periodo, se registran datos anómalos, por lo que el nivel analizado corresponde al medido manualmente, aunque para el último trimestre se renuevan las mediciones automáticas, las cuales coinciden con las mediciones manuales (ver Figura 5-24)

En la Figura 5-23, que muestra la situación del pozo PMR-02, se observan variaciones de hasta 14 m considerando el nivel medido más bajo y más alto, lo cual podría relacionarse a que está influenciado por el comportamiento del río, ya que este pozo se ubica aguas abajo de la confluencia de los ríos Ramadillas y Vizcachas. Durante el presente trimestre las mediciones manuales muestran una variación de dos metros, lo cual se ha mantenido desde el año 2010. Durante este trimestre, los valores se mantienen dentro del rango histórico (2006-2019) y no presentan tendencia. Por su parte, el nivel medido en el pozo PMR-03 se ha mantenido estable entre marzo de 2016 y octubre de 2019.

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 muestra un nivel con pocas variaciones, con un aumento importante en el mes de enero de 2017, y también un aumento hacia los meses estivales del año 2018, en los últimos años se ha observado una tendencia negativa, particularmente en el trimestre mayo – julio 2019. Lo anterior se puede relacionar al comportamiento hidrológico, y la influencia de los aumentos en el caudal del río en época de deshielo, considerando el aporte de precipitaciones ocurrido en 2015 y 2017, mientras que posterior al evento de mayo de 2017 no se han registrado más lluvias. En este último trimestre, agosto-octubre de 2019, se presenta una leve alza en los niveles del PMR-04, pero que no alcanzan a compararse con sus niveles históricos, siendo uno de los periodos con los niveles más bajos (ver Figura 5-26).

El gráfico de la Figura 5-27 muestra la situación del nivel en el pozo PMR-05, el cual se ubica aguas abajo de dos pozos de bombeo pertenecientes a terceros. En el pozo se observan oscilaciones de nivel, y durante el presente trimestre se aprecia un leve descenso, el cual comienza en los últimos días de



julio. Cabe mencionar que durante este trimestre se renuevan las mediciones manuales, las cuales se detuvieron en 2016. Cercano a este pozo se emplaza el pozo de la DGA Iglesia Colorada, donde se observan variaciones de hasta 70 m a lo largo de toda la serie histórica con un descenso de 16 m aproximadamente (en Figura 5-17), el cual aumentó desde el año 2017, manteniéndose estable durante este trimestre.

Por último, el pozo PMR-06 (Figura 5-28) cuenta con medición continua de nivel a contar de octubre de 2015, mostrando un nivel descendente hasta mayo de 2016. Entre septiembre de 2016 y septiembre de 2017 se observa un aumento brusco de nivel, llegando al máximo valor histórico en septiembre de 2017. Posterior a esa fecha, se observa que el nivel va disminuyendo, manteniendo esta tendencia hasta enero 2019, con un aumento particular entre noviembre de 2017 y abril de 2018. Actualmente, el pozo retoma la tendencia a la baja, luego de un período estable durante el año 2019.

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 terceros y aguas arriba de la estación fluviométrica Río Pulido en Vertedero. El gráfico de la Figura 5-30 muestra el comportamiento del nivel del pozo de monitoreo PMR-07, el que cuenta con información a contar de septiembre de 2015, observándose que el nivel disminuye en casi 4 m hasta enero de 2016. Luego, se visualiza un leve aumento hasta marzo de 2016 para disminuir nuevamente durante el mes de abril del mismo año. Entre octubre y agosto de 2016 se observan fluctuaciones que alcanzan los 2 m aproximadamente; desde octubre de 2016 presenta un aumento hasta abril de 2017. Posteriormente, no se tienen mediciones continuas de nivel y las últimas mediciones manuales corresponden a mayo y septiembre del año 2017, alcanzando un nivel de 1.453 msnm, posterior a esta fecha no se cuenta con mediciones manuales debido a que el pozo se encuentra enterrado por sedimentos.

En la Figura 5-31 se observa el pozo PMR-08, el cual fue habilitado durante el año 2017, por lo que sólo cuenta con mediciones continuas a partir de noviembre de 2017, donde se observa una disminución hacia el mes de marzo de 2018 y luego presenta un nivel ascendente. Con respecto al pozo PMR-09 (Figura 5-32), presenta un comportamiento similar al pozo PMR-08. Cabe mencionar que estos pozos no cuentan aún con medición manual y para el presente trimestre no tienen información continua.

El sector de la confluencia de los ríos Pulido y Jorquera corresponde al Área 5, donde se localiza el pozo PMR-10 el cual registra un nivel relativamente estable hasta abril de 2017, fecha desde la cual presenta un aumento hacia el mes de julio de 2017 y, posteriormente, muestra una tendencia decreciente hasta la fecha. En este trimestre no se cuenta con mediciones continuas, por su parte, los datos manuales mantienen la tendencia decreciente (Figura 5-34).

El pozo PMR-11 (Figura 5-35) cuenta con mediciones continuas a contar de noviembre de 2017, registrándose un aumento hacia diciembre del mismo año, para luego disminuir hacia marzo de 2018. A contar de abril se registra un aumento constante hasta el último periodo reportado.

Para el pozo PMR-12 se tiene información a contar de marzo de 2016, y se observa un nivel ascendente, con fluctuaciones que no alcanzan el metro de diferencia. Considerando todo el periodo de información, se observa que el nivel ha ascendido 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. En marzo de 2018 se observa el máximo valor de nivel, para luego ir descendiendo hasta noviembre de 2018, fecha en la cual el sensor dejó de medir. No obstante, es importante destacar que durante este trimestre se recuperan las mediciones manuales del PMR-12 y, al comparar los valores de agosto-octubre 2019, se aprecia una baja importante respecto a los últimos registros continuos (julio de 2018), siendo los más bajos desde que hay registros, lo que podría estar relacionado a que las mediciones con las que se contaba correspondieron a periodo con mayor presencia de precipitaciones y aumentos del caudal en el río por deshielos del año 2016 y 2018.

En el Área 6 se observa que el nivel del agua subterránea ha ido en aumento en el pozo PMR-13 (Figura 5-38), situación que se revierte a partir de 2018. En los primeros meses de medición se observó un gran

incremento del nivel, con periodos de estabilización. Desde noviembre de 2017 hasta febrero de 2018, el nivel del agua ha seguido aumentando. Posteriormente, ha presentado una disminución de aproximadamente 24 m desde febrero de 2018 a octubre de 2019. Por otra parte, en el pozo PMR-14 se observa una tendencia al alza desde que comenzó la medición hasta marzo de 2017. En los meses posteriores el nivel se mantuvo estable, disminuyendo a partir de octubre de 2018. Para el presente periodo no se cuenta con mediciones continuas, por su parte, las mediciones manuales indican que los niveles se mantienen estables (Figura 5-39). Cabe señalar que en reportes anteriores se indicó que este pozo presentaba un aumento de nivel a contar de julio de 2018, pero se corroboró que el sensor estaba presentando una medición errónea y, por lo tanto, se corrigió la medición respecto a lo medido manualmente. Para este semestre se mantuvo esa corrección.

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 5-40 se muestra el comportamiento del nivel del pozo PMR-15. El análisis se realiza considerando las mediciones manuales, ya que el sensor ha presentado problemas desde el año 2016. De la medición manual se observa un nivel ascendente hasta mayo de 2017 (1.115 msnm), muy superior al nivel que venía registrándose el año anterior, manteniéndose constante en los últimos meses. De acuerdo con dichas mediciones manuales, este pozo se encontraba surgente. A partir de septiembre de 2018 el pozo presentó un descenso. En el trimestre actual se muestra estable.

En la Figura 5-43 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 septiembre de 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 hasta mayo de 2017, fecha desde la cual el nivel se ha mantenido constante hasta agosto de 2018, donde se observa una disminución del nivel de la napa de aproximadamente 4,5 m hasta julio de 2019, para estabilizarse en el período agosto-octubre de 2019.

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

En el pozo PMR-19 (Figura 5-47), ubicado al cierre del Área 10, se observa un comportamiento similar al pozo PMR-18. Presenta un ascenso en sus niveles hasta mayo de 2017, de acuerdo con lo observado en las mediciones manuales, dado que el sensor presenta valores errados a contar de enero de 2017. A partir de octubre de 2017 nuevamente se cuenta con medición continua, mostrando un nivel estable hasta la fecha.

El pozo PMR-20, cercano al pozo de bombeo PEL-1 en el Área 10, presenta también un aumento de nivel hacia abril de 2017, para luego presentar un leve periodo sin medición y, posterior a ello, mantenerse estable hasta octubre de 2019 (Figura 5-49). Se aprecia que existe un comportamiento independiente entre este pozo y el pozo de bombeo de MLCC PEL-1 (150 m de distancia), dado que sus extracciones no repercuten en los niveles del PMR-20. 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, presentando anomalías en las mediciones. Para este trimestre se mantiene la tendencia a un leve incremento de la cota de la napa, la cual corresponde aparentemente a un ciclo interanual. La amplitud entre los valores máximos y mínimos no superan los 2 m.

Aguas abajo se localizan pozos de terceros y el pozo PMR-22, el cual, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 5-51 indica un comportamiento más bien estable durante el año 2015, con fluctuaciones menores. A contar de febrero de 2016 se observa que el nivel hacia octubre del mismo año y luego se mantiene estable hasta enero de 2017. A fines del año 2018 los niveles caen, y se estabilizan durante

el año 2019. Durante este trimestre, los datos manuales muestran una estabilización en los niveles (comportamiento presente desde el trimestre anterior).

En el Área 11 se ubican los pozos PMR-23, PMR-24 y PMR-25 (desde la Figura 5-53 a Figura 5-55) donde la extracción está dada principalmente por pozos de terceros y dos pozos de MLCC. En el pozo PMR-23 se observa un nivel que presenta variaciones relacionadas a los periodos secos y húmedos. A partir de marzo de 2017 se aprecia un ascenso de nivel hasta el mes de septiembre de 2017, con una leve disminución en el mes de diciembre de 2017. Posteriormente, el nivel ha ido en aumento, registrándose un leve aumento en los últimos meses, estabilizándose los niveles para el trimestre actual. 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. En el último trimestre los pozos no cuentan con mediciones continuas, sin embargo, de acuerdo con los valores manuales, éstos se encuentran estables con una leve tendencia a la baja que es concordante con la ciclicidad mostrada por los registros históricos.

En el Área 12 se encuentran los pozos PMR-26, PMR-27, PMR-28 y PMR-29, junto a pozos de terceros y pozos propios. En el primero de ellos se observa una oscilación de nivel asociado a los meses húmedos y secos. A partir de enero de 2017 se observa un aumento de nivel mayor a lo observado en años anteriores. En el periodo actual se observa la misma magnitud del *peak* presentado el año anterior para las mismas fechas, asimismo se comienza a notar el descenso perteneciente al ciclo estacional observado a lo largo de la medición de dicho punto. Situación similar ocurre con el pozo PMR-27, donde se observa un comportamiento cíclico. Cabe señalar que la medición manual tomada en diciembre de 2018 no coincide con la tendencia histórica, por ende, se considera un valor erróneo. En este caso, el pozo mantiene su tendencia cíclica con tendencia al descenso en el actual trimestre.

El pozo PMR-28 fue reubicado y habilitado durante el año 2017, contando con información de nivel continuo a partir de junio de ese año hasta octubre de 2018. Sin embargo, para este último trimestre no se cuenta con medición continua, sólo medición manual, mostrando una leve disminución de los niveles (Figura 5-59).

Por último, las mediciones continuas del pozo PMR-29 presentan ruido, lo que no permite visualizar en detalle este comportamiento, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 5-60. Por su parte, las mediciones manuales indican que el pozo está con nivel de agua estable y próximo a la superficie desde julio de 2016 a octubre de 2019.

Finalmente, en el Área 13 se ubican los pozos PMR-30 y PMR-31, sector donde no existen pozos de extracción por parte de MLCC. En el primero de ellos se observa que el nivel oscila en aproximadamente 1 metro, con aumentos en los meses invernales y disminución hacia los meses estivales. Desde noviembre de 2017 se observó un desfase entre los valores manuales y continuos, por ende, se aplicó un ajuste entre ellos. Con respecto a la tendencia mostrada por los valores manuales, durante el trimestre agosto–octubre de 2019, se visualiza una tendencia estable, levemente descendente para el PMR-30, con valores cercanos a la superficie.

Con respecto al pozo PMR-31, se observa también un comportamiento estacional, con aumentos entre los meses de mayo y septiembre, y disminuciones en los meses de verano. Se señala que la medición continua presenta ruido y en el trimestre actual no se cuenta con datos continuos. La medición manual indica una estabilización de los niveles para este periodo.

En la Tabla 6-2 se presenta un resumen para todos los PMR con la variación de la cota en cada uno de ellos para el trimestre agosto-octubre de 2019.

**Tabla 6-2: Resumen con la tendencia de cada PMR para el trimestre ago/2019-oct/2019.**

PMR	Mediciones continuas	Mediciones manuales
1	Mediciones no confiables.	Estables, con tendencia al descenso.
2	Mediciones no confiables.	Estables.
3	Estables.	Estables.
4	Estable, leve tendencia al alza.	Estables, leve tendencia al alza.
5	Estable con tendencia al descenso.	Tendencia al descenso.
6	Estable, últimos dos meses con tendencia al descenso.	Estable, último mes registrado con tendencia al descenso.
7	Sin mediciones.	Sin mediciones.
8	Sin mediciones.	Sin mediciones.
9	Sin mediciones.	Sin mediciones.
10	Sin mediciones	Tendencia al descenso.
11	Tendencia al ascenso.	Sin mediciones.
12	Sin mediciones.	Estable, leve tendencia al descenso.
13	Sin mediciones	Tendencia al descenso.
14	Sin mediciones.	Estable.
15	Sin mediciones.	Estable.
16	Estable.	Estable.
17	Sin mediciones.	Estable.
18	Sin mediciones.	Estable.
19	Sin mediciones.	Estable.
20	Estable.	Estable.
21	Estable, con tendencia al ascenso.	Sin mediciones.
22	Sin mediciones.	Estable.
23	Sin mediciones.	Estable, leve tendencia al descenso.
24	Sin mediciones.	Estable, leve tendencia al descenso.
25	Sin mediciones.	Estable, leve tendencia al descenso.
26	Sin mediciones.	Estable, con tendencia al descenso.
27	Estable, con tendencia al descenso.	Estable, con tendencia al descenso.
28	Sin mediciones.	Estable.
29	Sin mediciones.	Estable.
30	Sin mediciones.	Estable, con tendencia al descenso.
31	Sin mediciones.	Estable.

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3 Volumen/Caudal bombeado

En el río Ramadillas las extracciones comenzaron a contar del año 2012 para los pozos WE-01, WP-01 WP-03 y WP-04. En particular, se debe mencionar que el pozo WE-01 fue utilizado en la etapa de construcción, y a contar de octubre 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 donde los pozos CCH-1 y CCH-3 estuvieron detenidos en algunos meses de 2017, mientras que el pozo CCH-2 no presenta extracción desde enero de 2015 hasta el presente trimestre (julio 2019). 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.

MLCC tiene un caudal total aprobado de extracción de 518 l/s. Durante el último trimestre se redujo el caudal extraído, donde el mes más explotado fue septiembre, extrayendo poco más de 300 l/s, manteniéndose bajo el caudal aprobado ambientalmente.

En este trimestre, los pozos que no presentan bombeo son WE-01, PRD-1 y PAF-1.

Por su parte, el pozo BRW-02, que es un pozo de remediación, registra un leve exceso de caudal extraído durante el mes de agosto de 2019 en 0,05 l/s respecto al caudal otorgado debido a la necesidad de remediación (para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver informes del PMR relativos a Calidad). Asimismo, cabe señalar que esta excedencia puntual no tiene efectos en la disponibilidad de aguas pues, conforme a estudios isotópicos disponibles (GP Consultores, 2018) la barrera hidráulica en la quebrada La Brea extrae en conjunto, un caudal de agua natural por debajo de los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados a MLCC en la cuenca que además corresponden a la totalidad de la recarga.

#### 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 con 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

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

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

Con base a lo anterior, y considerando los resultados para este trimestre, se presenta en la Tabla 6-3 la verificación de la activación de los umbrales respecto de los niveles.

**Tabla 6-3: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (niveles),  
periodo agosto 2019 a octubre 2019.**

Área	Pozo de Control	Condición Pozos que gatillan aplicación PMD	Verificación Umbral de Activación PMD	Activación 1	Activación 2	Pozos de bombeo
1	PMR-01	No Influenciado	Directa	No	No	MLCC
2	PMR-03	No Influenciado	Directa	Sí	No	MLCC
3	PMR-06	-	-	No	No	Terceros
4	PMR-09	No Influenciado	Directa	-	-	MLCC y Terceros
5	PMR-12	No Influenciado	Directa	Se mantiene	Se mantiene	MLCC y Terceros
6	PMR-14	-	-	Sí	Sí	Terceros
8	PMR-16	-	-	Sí	No	MLCC y Terceros
9	PMR-19	No Influenciado	Directa	Sí	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 renuevan las mediciones manuales del pozo PMR-12, pero debido a que no hay mediciones para el mes de enero de 2019, no se puede evaluar el descenso. En consecuencia, se supondrá que la activación del PMD sigue vigente. Otro pozo sin datos durante este periodo es el PMR-09, por lo tanto, no se cuenta con la información necesaria para definir la activación del PMD en este punto.

Respecto al PMR-14, se verifica que se sobrepasan los umbrales, sin embargo, este pozo no gatilla la activación del PMD.

Los pozos PMR que no cuentan con información de nivel en octubre y que son pozos de control del PMD se analizan según su tendencia observada reciente, con la finalidad de corroborar si octubre es un mes crítico, según sea el caso:

- PMR-01: presenta un descenso constante desde enero de 2019, pero en general los niveles se encuentran constantes y en línea con la estimación de descenso modelado (ver Figura 5-152). En consecuencia, si se considera que las tendencias se mantienen en octubre, en el pozo PMR-01 no debería haberse activado el PMD.
- PMR-09: los últimos datos continuos muestran que los niveles van al alza, por lo que octubre no debiera ser un mes donde este pozo active el PMD.
- PMR-12: no existen registro en enero de 2019, por lo que no es posible corroborar los descensos. No obstante, es necesario destacar que en agosto de 2019 se renuevan las mediciones manuales.

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

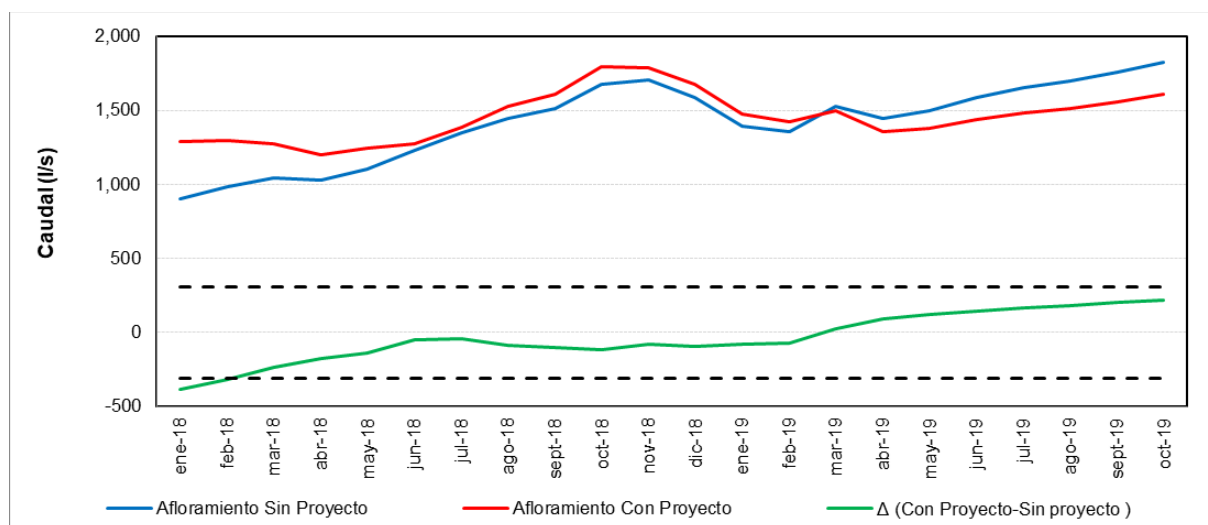
- PMR-19: los niveles muestran una tendencia reciente constante. De mantenerse dicha tendencia, los valores de octubre no deberían activar el PMD.
- PMR-22: los registros muestran niveles constantes, con un descenso muy leve en los últimos meses. En consecuencia, el comportamiento de este pozo no activaría el PMD.

Respecto a los pozos que están en el PMR pero que no activan directamente el PMD, se analizan sus tendencias recientes y se contrastan con las variaciones proyectadas:

- PMR-14: las mediciones manuales muestran niveles constantes, pero muy distintos a los modelados, lo que podría provocar la activación de este pozo (ver Figura 5-157). No obstante, el comportamiento de este pozo no activa el PMD.
- PMR-16: Durante el mes de septiembre, la diferencia entre los valores proyectados y observados es cercana a 1 m, mientras que la activación 1 ya se corrobora. En consecuencia, durante octubre este pozo podría haber superado ambos umbrales. Sin embargo, no repercute en la activación del PMD.
- PMR-25: los valores del PMR-25 muestran un aumento de los niveles respecto a enero de 2019. En consecuencia, de mantenerse la tendencia, este pozo no debería activarse.
- PMR-29: los niveles en este pozo han permanecido prácticamente constante (ver Figura 5-162) por lo que, de mantenerse dicho comportamiento, en octubre no debería producirse una activación.
- PMR-31: las mediciones manuales de nivel muestran un ascenso de los niveles por lo que, si esta tendencia se mantiene, no debería activarse este pozo.

Sobre el 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. En negro se encuentran los límites de activación del PMD.**



Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 6-4: Verificación Umbral de Activación PMD por sector (caudal),  
periodo agosto 2019-octubre 2019.**

Mes	Afloramiento sin proyecto (l/s)	Afloramiento con proyecto (l/s)	$\Delta$ (Sin proyecto - Con Proyecto)	Activación
ago-19	1.698	1.515	183	NO
sept-19	1.756	1.554	202	NO
oct-19	1.825	1.609	216	NO

Fuente: Elaboración propia.

## 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, donde influye la presencia de lluvias o crecidas del río, como también a los bombeos, tanto de terceros como de MLCC. Adicionalmente, se presentan algunas anomalías en los datos tomados por los sensores, por problemas de ajuste de referencia principalmente y pozos que no midieron para este trimestre, pero sí cuentan con medición manual. Existen algunos casos en que no se cuenta con datos continuos ni manuales debido a instrumentación faltante (PMR-07, PMR-08 y PMR-09), pozos tapados con sedimentos o por no tener acceso a ellos. Un caso particular corresponde a octubre de 2019 pues, debido a la contingencia nacional, que provocó riesgos para el transporte de personas debido a manifestaciones en ciudades y carreteras, sólo se obtuvieron los niveles manuales en los PMR-10 y PMR-12.

Para el presente trimestre se observaron descensos, aumentos y estabilización de niveles. En general, las primeras dos áreas muestran pocas variaciones de nivel entre meses de verano e invierno, lo que se verifica en el caso del pozo PMR-01, PMR-02 y PMR-03 (todas según mediciones manuales). En el área 3 se presentan variaciones importantes entre temporadas de invierno y verano, lo que se evidencia en el pozo PMR-04, mientras que en los PMR-05 y PMR-06 hubo un importante ascenso durante el año 2017 y, a partir de 2018, se evidencia un descenso general que continua hasta octubre de 2019 (actual trimestre). En estos últimos dos pozos, no se evidencia una estacionalidad marcada, tampoco un comportamiento similar al del PMR-04 (a pesar de que se encuentran en la misma sección), lo que da cuenta de la influencia de pozos de extracción de terceros y de MLCC.

En el área 4, en general, no se cuenta con datos de niveles para este trimestre (PMR-07, PMR-08 y PMR-09), aunque los PMR-08 y PMR-09 presentan durante el año 2018 un ascenso constante en los niveles del acuífero que se extiende hasta los primeros meses del año 2019, cuando los sensores dejan de medir. Es necesario considerar que los PMR-08 y PMR-09 no poseen datos manuales, por lo que no se puede verificar la exactitud de los sensores.

En el área 5, que corresponde a la confluencia de los ríos Jorquera y Pulido, se encuentran tres pozos de monitoreo. El pozo PMR-10, ubicado en la cuenca del río Jorquera, presenta un nivel relativamente estable con tendencia decreciente (según mediciones manuales) desde septiembre de 2017. El PMR-11 mantiene su tendencia al alza. El PMR-12 no presenta registros continuos para el período agosto 2019-octubre 2019, pero en agosto de 2019 se reanuda la medición manual de niveles. Respecto a las últimas mediciones continuas del PMR-12, así como las mediciones manuales disponibles, los niveles registrados en este trimestre corresponden a los más bajos y muestran una leve tendencia a la disminución.

En el área 6 se observa un descenso constante en el PMR-13, mientras que en el PMR-14 se presentan una estabilización de los niveles. Por otra parte, en el área 8, los PMR-15, PMR-16, y PMR-17 presentan valores estables durante el trimestre agosto-octubre de 2019 luego de descensos durante el año 2019.

Por su parte, los pozos del área 9 y 10 registran una estabilidad en su nivel, salvo para el PMR-21, que a pesar de que muestra un nivel estable, refleja una leve tendencia al ascenso. Finalmente, a partir del área 11 en adelante, los pozos repiten la tendencia cíclica de años anteriores, exceptuando el PMR-29 que se encuentra estable.

Se aprecia que los niveles registrados en los pozos de monitoreo implementados por MLCC, no presentan variaciones significativas asociadas a la extracción directa de MLCC. Esto debido, en primera instancia, a que el registro histórico es relativamente nuevo y no es posible establecer una relación directa entre los niveles y las extracciones durante un periodo considerable de años, salvo para los pozos PMR-01 y PMR-02 que presentan registro hace 11 años y, según lo observado, estarían

influenciados por los aumentos y disminuciones del caudal del río y las precipitaciones. A su vez, el acuífero en estudio se encuentra bastante intervenido no sólo por la extracción de MLCC, sino que también por terceros, respecto de los cuales no se tiene conocimiento de los periodos y caudales de extracción.

En cuanto a extracción, el caudal bombeado se mantiene bajo los caudales aprobados por la RCA 013/2010. Caso particular corresponde al pozo de remediación BRW-02, donde se observa una extracción mayor equivalente a 0,05 l/s durante el mes de agosto debido a la necesidad de remediación (para mayor detalle de la necesidad de aumento de extracción ver informes del PMR relativos a Calidad). Asimismo, cabe señalar que esta excedencia puntual no tiene efectos en la disponibilidad de aguas pues, conforme a estudios isotópicos disponibles, la barrera hidráulica en la quebrada La Brea extrae en conjunto, un caudal de agua natural por debajo de los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados a MLCC en la cuenca que además corresponden a la totalidad de la recarga. El resto de los pozos registran bombeos que se encuentran bajo.

Por último, y como ya se ha señalado, el PMD en el pozo PMR-12 se activó durante el año 2018, considerando la información de nivel hasta noviembre de ese año. Dado que no se cuenta con más registro en este pozo, no se puede evaluar su situación, manteniendo la activación, a pesar de que las mediciones manuales se retoman durante este trimestre (agosto de 2019). Al respecto, MLCC coordinó las acciones necesarias para cumplir con el protocolo definido por el PMR para manejar la activación del PMD en PMR-12, específicamente realizar la limpieza adecuada del lugar para tener acceso, las cuales se ejecutaron durante el mes de agosto de 2019, permitiendo la renovación de mediciones manuales. Respecto del PMD y la situación de activación del PMR-12 debido a la falta de mediciones, se recomendó la disminución del caudal instantáneo de extracción en el pozo PR-01 en un 25%, no pudiendo exceder los 16,5 l/s. Las extracciones del pozo PR-01 para este trimestre fueron 3, 0,4 y 0,13 (l/s) para los meses de agosto, septiembre y octubre de 2019 respectivamente, cumpliendo con el requisito mencionado. Adicionalmente, se debe señalar que se supera el umbral definido en los pozos PMR-14 sin embargo, este no activa el PMD.

Debido a la complejidad para el traslado de personal durante el mes de octubre, las mediciones manuales a los pozos ligados al PMR no se efectuó (ver certificado correspondiente) y sólo se tienen mediciones manuales en el PMR-10 y PMR-12. Para los PMR-03 y PMR-06 se recurre a las mediciones continuas de octubre para suplir la falta de mediciones manuales. De los pozos que activan directamente el PMD, se analizan sus tendencias para verificar que octubre no sea un mes donde exista el potencial de activación y no se encuentra un pozo que cumpla los criterios de activación. El resto de los pozos que no activan el PMD pero que pertenecen al PMD, solo los PMR-14 y PMR-16 podrían activarse durante octubre. Para ello, se recomienda corroborar los datos en el trimestre noviembre/2019-ene/2020.

## 8 REFERENCIAS

- Arcadis, 2019. Modelo hidrogeológico cuenca alta del Río Copiapó - Actualización 2019.
- Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. (2019). The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. *International Journal of Climatology*.
- GP Consultores, 2018. GP-INF-OI-003, Rev. 0: “Diferenciación de aguas bajo depósito de Lamas, Proyecto Caserones”.
- 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.

## ANEXO A

### **Responsables y participantes de las actividades de muestreo, medición, análisis y/o control y elaboración de informe**

#### **Responsables Mediciones y Control SGS**

Inspector y/o operador: Percy Rojas

Supervisor: Richard Chepilla

#### **Responsables análisis de resultados y elaboración de Informe Arcadis**

Ingeniero de Proyecto (ARCADIS): Nicolás Vásquez

Ingeniero de Proyecto (ARCADIS): Carolina Huichaquelén

Jefe de Proyecto (ARCADIS): Gabriela Sepúlveda

#### **Responsables análisis de resultados y revisión de Informe MLCC - Caserones**

Administrador de contrato: Iván Roa Rosales.

Gerente de Medio Ambiente: Ana Zúñiga.

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

ANEXO B

**Acreditación ETFA SGS**

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

ANEXO C

Nivel Manual Pozos de Monitoreo

Pozo	FECHA	HORA	NIVEL MEDIDO (m)	FECHA	HORA	NIVEL MEDIDO (m)	FECHA	HORA	NIVEL MEDIDO (m)
PMR-01	29-08-19	09:04	8,42	26-09-19	07:10	8,64			
PMR-02	29-08-19	09:18	27,57	26-09-19	07:17	29,17			
PMR-03	29-08-19	07:49	4,20	26-09-19	07:33	4,15			
PMR-04	29-08-19	08:05	15,92	26-09-19	07:58	15,78			
PMR-05	29-08-19	08:16	39,10	26-09-19	08:08	39,37			
PMR-06	29-08-19	08:21	22,40	26-09-19	08:20	23,44			
PMR-07	29-08-19	08:29		26-09-19	08:25				
PMR-10	29-08-19	08:50	44,64	26-09-19	08:45	44,75	19-10-19	08:45	44,77
PMR-12	29-08-19	09:00	50,03	26-09-19	08:59	50,02	19-10-19	08:59	50,39
PMR-13	29-08-19	09:15	33,14	26-09-19	09:16	34,36			
PMR-14	29-08-19	09:25	16,15	26-09-19	09:30	16,66			
PMR-15	29-08-19	09:50	6,39	26-09-19	09:58	6,90			
PMR-16	29-08-19	10:05	6,60	26-09-19	10:25	7,10			
PMR-17	29-08-19	10,12	5,89	26-09-19	10:35	6,20			
PMR-18	29-08-19	10:31	5,69	26-09-19	10:57	5,95			
PMR-19	29-08-19	10:40	1,54	26-09-19	11:10	1,76			
PMR-20	29-08-19	10:57	1,50	26-09-19	11:28	1,77			
PMR-22	29-08-19	11:16	14,55	26-09-19	11:54	14,78			
PMR-23	29-08-19	11:25	10,37	26-09-19	12:06	10,63			
PMR-24	29-08-19	11:33	7,71	26-09-19	12:10	7,98			
PMR-25	29-08-19	11:42	13,43	26-09-19	12:21	13,66			
PMR-26	29-08-19	11:52	4,28	26-09-19	12:34	4,37			
PMR-27	29-08-19	12:08	1,91	26-09-19	12:54	2,09			
PMR-28	29-08-19	12:22	18,46	26-09-19	13:07	19,40			
PMR-29	29-08-19	12:27	1,54	26-09-19	13:16	1,75			
PMR-30	29-08-19	12:35	1,04	26-09-19	13:22	1,18			
PMR-31	29-08-19	12:47	7,72	26-09-19	13:28	7,45			



## ANEXO D

### Nivel Manual Pozos de Bombeo

Pozo WE-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	11,25
Sep-2019	12,66
Oct-2019	12,11

Pozo WP-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	15,21
Sep-2019	17,32
Oct-2019	--

Pozo WP-02	
Fecha	Nivel
Ago-2019	32,49
Sep-2019	33,13
Oct-2019	--

Pozo WP-03	
Fecha	Nivel
Ago-2019	10,57
Sep-2019	10,68
Oct-2019	--

Pozo WP-04	
Fecha	Nivel
Ago-2019	14,58
Sep-2019	15,3
Oct-2019	--

Pozo CCH-1	
Fecha	Nivel
Ago-2019	21,51
Sep-2019	23,54
Oct-2019	23,59

Pozo CCH-2	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	21,01
Oct-2019	21,23

Pozo CCH-3	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	15,67
Oct-2019	15,69

Pozo CCH-4	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	11,95
Oct-2019	11,97

Pozo CCH-5	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	--
Oct-2019	--

PR-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	55,17
Sep-2019	56,87
Oct-2019	57,82

PRD-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	77,57
Oct-2019	--

PPO-1	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	--
Oct-2019	--

PPR-1	
Fecha	Nivel
Ago-2019	7,08
Sep-2019	7,57
Oct-2019	7,97

PDB-1	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	--
Oct-2019	--

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

PEL-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	--
Oct-2019	--

PAF-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	--
Sep-2019	--
Oct-2019	--

PNI-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	12,3
Sep-2019	11,05
Oct-2019	12,82

POB-08B	
Fecha	Nivel
Ago-2019	48,26
Sep-2019	47,57
Oct-2019	48,23

POB-07A	
Fecha	Nivel
Ago-2019	25,19
Sep-2019	25,75
Oct-2019	24,6

PBB-1	
Fecha	Nivel
Ago-2019	45,67
Sep-2019	47,58
Oct-2019	48,64

BRW-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	44,31
Sep-2019	44,74
Oct-2019	57,73

BRW-02	
Fecha	Nivel
Ago-2019	44,31
Sep-2019	51,06
Oct-2019	53,95

PBC-08	
Fecha	Nivel
Ago-2019	35,42
Sep-2019	36,47
Oct-2019	35,48

CRW-01	
Fecha	Nivel
Ago-2019	31,35
Sep-2019	31,56
Oct-2019	31,35

CRW-02	
Fecha	Nivel
Ago-2019	36,12
Sep-2019	35,86
Oct-2019	35,11

PBC-02	
Fecha	Nivel
Ago-2019	35,85
Sep-2019	36,33
Oct-2019	36,46

PBC-06	
Fecha	Nivel
Ago-2019	39,6
Sep-2019	39,19
Oct-2019	14,37

## ANEXO E

### Volumen y caudal de Bombeo

Pozo WE-01		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	0	0,00
Sep-2019	0	0,00
Oct-2019	0	0,00

Pozo WP-01		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	7.761	2,6
Sep-2019	7.428	3,2
Oct-2019	20.246	4,0

Pozo WP-02		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	1.342	2,22
Sep-2019	10.007	2,07
Oct-2019	5.209	1,72

Pozo WP-03		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	10.456	3,9
Sep-2019	18.189	4,3
Oct-2019	4.558	1,5

Pozo WP-04		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	16.756	4,97
Sep-2019	19.356	5,46
Oct-2019	23.861	7,89

Pozo CCH-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	11.269	4,35
Sep-2019	38.880	15,52
Oct-2019	52.597	19,64

Pozo CCH-2		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	3.208	1,24
Sep-2019	12.056	4,81
Oct-2019	5.217	1,95

Pozo CCH-3		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	33.873	13,07
Sep-2019	61.988	24,74
Oct-2019	48.732	18,19

Pozo CCH-4		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	25.670	9,90
Sep-2019	46.062	18,38
Oct-2019	32.658	12,19

Pozo CCH-5		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	338	0,13
Sep-2019	63	0,03
Oct-2019	425	0,16

Pozo PR-01		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	7.772	3,00
Sep-2019	1.032	0,41
Oct-2019	343	0,13

Pozo PRD-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	--	--
Sep-2019	--	--
Oct-2019	--	--

Pozo PPO-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	62.072	23,95
Sep-2019	81.332	32,46
Oct-2019	68.037	25,40

Pozo PPR-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	21.504	8,30
Sep-2019	29.654	11,84
Oct-2019	29.859	11,15

Pozo PDB-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	114.032	43,99
Sep-2019	201.745	80,52
Oct-2019	163.555	61,06

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE COPIAPO

Pozo PEL-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	80.289	30,98
Sep-2019	129.569	51,71
Oct-2019	95.329	35,59

Pozo PAF-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	--	--
Sep-2019	--	--
Oct-2019	--	--

Pozo PNI-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	31.795	12,27
Sep-2019	46.662	18,62
Oct-2019	89.675	33,48

Pozo POB-08B		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	2.693	0,92
Sep-2019	1.591	0,58
Oct-2019	924	0,59

Pozo POB-07A		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	7.681	3,29
Sep-2019	5.537	2,00
Oct-2019	0	0,00

Pozo PBB-1		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	1.223	0,42
Sep-2019	1.598	0,58
Oct-2019	655	0,42

Pozo BRW-01		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	1.804	0,70
Sep-2019	1.802	0,63
Oct-2019	1.397	0,56

Pozo BRW-02		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	2.730	1,05
Sep-2019	1.463	0,50
Oct-2019	1.360	0,56

Pozo PBC-08		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	1.013	0,36
Sep-2019	1.236	0,43
Oct-2019	688	0,42

Pozo CRW-01		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	222	0,08
Sep-2019	210	0,07
Oct-2019	85	0,05

Pozo CRW-02		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	1.022	0,36
Sep-2019	929	0,33
Oct-2019	427	0,26

Pozo PBC-02		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	1.986	0,70
Sep-2019	2.044	0,72
Oct-2019	1.163	0,71

Pozo PBC-06		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	3.478	1,22
Sep-2019	0	0,00
Oct-2019	1.583	0,96

POZO PRE-3		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	2.721	1,02
Sep-2019	33.992	14,05
Oct-2019	16.807	6,28

POZO PRE-2		
Fecha	Volumen (m³)	Caudal (l/s)
Ago-2019	561	0,21
Sep-2019	41.169	17,02
Oct-2019	19.405	7,24

## ANEXO F

### Caudales Superficiales MLCC

LM-05	
Fecha	Caudal (l/s)
Ago-2019	188
Sep-2019	183
Oct-2019	172

LM-15	
Fecha	Caudal (l/s)
Ago-2019	150
Sep-2019	164
Oct-2019	162

LM-16	
Fecha	Caudal (l/s)
Ago-2019	338
Sep-2019	202
Oct-2019	225

LM-17	
Fecha	Caudal (l/s)
Ago-2019	824
Sep-2019	682
Oct-2019	717

LM-23-A	
Fecha	Caudal (l/s)
Ago-2019	82
Sep-2019	193
Oct-2019	110

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

## ANEXO G

### **Procedimiento SGS para medición de niveles con pozómetro**

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

## ANEXO H

### **Metodología para mediciones caudales e instructivo de manejo de molinete**



## ANEXO J

### Fotografías de pozos que no pudieron ser medidos

#### Agosto

PMR-07



#### Septiembre

PMR-07



## ANEXO K

**Planilla SMA con extracciones subterráneas (Digital)**

**Planilla SMA con aforos de caudal superficial (Digital)**

**Planilla SMA con niveles manuales de pozos PMR (Digital)**

**Planilla SMA con niveles continuos de pozos PMR (Digital)**

MONITOREO Y REPORTABILIDAD DE PROYECTO CASERONES ASOCIADOS AL VALLE DE  
COPIAPÓ

## ANEXO L

### **Diagramas de habilitación y estratigrafía de pozos**

## Arcadis

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

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