



Gobierno  
de Chile

**GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

**DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA EL  
ANÁLISIS DE SALARES Y CUENCAS COSTERAS  
Y SU APLICACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL  
PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN  
LA CUENCA DEL SALAR DE ATACAMA**

**INFORME FINAL PEGH SALAR DE ATACAMA  
ANEXO D - FIGURAS**

**REALIZADO POR:**

**CENTRO DE CAMBIO GLOBAL UC, PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATOLICA DE CHILE**

**S.I.T. N° 484**

**Santiago, diciembre 2021**



El presente anexo contiene todas las figuras que se desarrollaron durante el presente estudio del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la Cuenca del Salar de Atacama.

## CONTENIDO

CAPÍTULO 1	METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS	15
CAPÍTULO 2	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA .....	16
CAPÍTULO 3	DEMANDA FÍSICA Y LEGAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA DIFERENTES USOS	59
CAPÍTULO 4	OFERTA HÍDRICA .....	70
CAPÍTULO 5	BALANCE DE AGUA.....	82
CAPÍTULO 6	ACCIONES.....	103
CAPÍTULO 7	CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS .....	105
CAPÍTULO 8	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN .....	108
CAPÍTULO 9	MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN .....	111
FIGURAS DEL ANEXO F .....		112
CAPÍTULO 1	METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS	113
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA APLICADA EN LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA .....	128
CAPÍTULO 3	METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACION DE DEMANDA	129
CAPÍTULO 4	METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACION DE OFERTA....	136
CAPÍTULO 5	METODOLOGIA APLICADA EN CONSTRUCCION DE MODELO Y PRESENTACION DE RESULTADOS .....	140
CAPÍTULO 6	METODOLOGIA UTILIZADA EN CONSTRUCCION PEGH .....	152
FIGURAS DEL ANEXO H .....		155
CAPÍTULO 1	INTRODUCCIÓN .....	156
CAPÍTULO 2	MODELO HIDROLÓGICO SUPERFICIAL DE CUENCAS LATERALES Y ÁREAS SUPERFICIALES DEL SALAR DE ATACAMA.....	163
CAPÍTULO 3	MODELO HIDROGEOLÓGICO SUBTERRÁNEO DEL SALAR DE ATACAMA	177
CAPÍTULO 4	MODELACIÓN DE FLUJO CON DENSIDAD VARIABLE .....	188
CAPÍTULO 5	PROCESO DE ACOPLA DEL MODELO SUPERFICIAL – SUBTERRÁNEO – DENSIDAD VARIABLE MEDIANTE WEAP-MODFLOW-SEAWAT.....	200
CAPÍTULO 6	VALIDACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELO ACOPLADO.....	209
CAPÍTULO 7	LIMITACIONES.....	226
CAPÍTULO 8	COMENTARIOS Y BRECHAS .....	228
FIGURAS DEL ANEXO J.....		229
CAPÍTULO 1	DEMOGRAFÍA .....	230

CAPÍTULO 2	DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS.....	231
CAPÍTULO 3	AGRICULTURA .....	232
CAPÍTULO 4	ESPECIES CARACTERÍSTICAS .....	233
CAPÍTULO 5	COORDINACIÓN ENTRE ACTORES .....	234
CAPÍTULO 6	CARACTERIZACION DE CALIDAD DE AGUAS .....	235

## FIGURAS

Figura 2-1: Carta base de la cuenca del Salar de Atacama. ....	17
Figura 2-2: Geomorfología de la cuenca del Salar de Atacama. ....	18
Figura 2-3: Geología en la cuenca del Salar de Atacama. ....	19
Figura 2-4: Leyenda de la cartografía de geología en la cuenca del Salar de Atacama. ....	20
Figura 2-5: Distribución de suelos en la cuenca del Salar de Atacama. ....	21
Figura 2-6: Distribución de las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Salar de Atacama, desde UH-1 a UH-6. ....	22
Figura 2-7: Perfil hidrogeológico conceptual del Salar de Atacama en dirección WE. Se muestran las unidades hidrogeológicas. ....	23
Figura 2-8: Isopiezas calculadas a partir del modelo acoplado (diciembre 2018). ....	24
Figura 2-9: Delimitación de los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común de la cuenca del Salar de Atacama. ....	25
Figura 2-10: Esquema conceptual del funcionamiento hidrológico de la zona donde se genera la interfaz salina del Salar de Atacama. ....	26
Figura 2-11: Esquema conceptual de la zona de mezcla en la cuenca del Salar de Atacama. ....	27
Figura 2-12: Posición de la interfaz salina del borde Este del Salar de Atacama. ....	28
Figura 2-13: División político-administrativa de la región de Antofagasta. ....	29
Figura 2-14: Producto Interno Bruto Regional anual Antofagasta. Volumen a precios del año anterior encadenado en miles de millones de pesos. ....	30
Figura 2-15: Producto Interno Bruto anual por actividad económica en la Región de Antofagasta. Volumen a precios del año anterior encadenado en miles de millones de pesos. ....	30
Figura 2-16: Reservas de litio mundiales en toneladas al año 2020. ....	31
Figura 2-17: Evolución de la producción nacional de litio. ....	31
Figura 2-18: Proyección de la producción de Litio en Chile. ....	32
Figura 2-19: Producción de cloruro de potasio por SQM Salar S.A. en la cuenca del Salar de Atacama. ....	32
Figura 2-20: Terrenos cultivados en la cuenca del Salar de Atacama. ....	33
Figura 2-21: Número de visitantes a Reserva Nacional Los Flamencos. ....	34
Figura 2-22: Distribución interanual de las precipitaciones medias (1985-2020) en las tres estaciones seleccionada para el presente análisis. ....	34
Figura 2-23: Arriba: Precipitación anual de las estaciones SQM, INIA y DMC analizadas, desde 2009 hasta 2020 según registros observados. Abajo: Curva estacional de precipitaciones para las estaciones de las fuentes mencionadas. ....	35
Figura 2-24: Curva estacional de temperaturas extremas para la estación Peine. ....	36
Figura 2-25: Número de días en que las temperaturas mínimas son superiores al percentil 90 de todos los registros del periodo de estudio. ....	36
Figura 2-26: Arriba: Temperatura media anual de las estaciones SQM, INIA y DMC analizadas, desde 2009 hasta 2020 según registros observados. Abajo: Curva estacional de la temperatura para las estaciones de las fuentes mencionadas. ....	37
Figura 2-27: Distribución de los caudales medios durante el año de las estaciones Canal Vilama en Vilama y Canal Cuno en Socaire (periodo 1985-2020). ....	38
Figura 2-28: Distribución de los caudales medios durante el año de la estación canal Vilama en Vilama (periodo 1985-2020). ....	38

Figura 2–29: Caudal medio anual de la estación Canal Vilama en Vilama (panel superior) y Canal Cuno en Socaire (Panel inferior).....	39
Figura 2–30: Dispersión de los cambios en precipitación (mínimo, promedio, máximo de la variación porcentual respecto del periodo de referencia histórico) para los escenarios RCP8.5 (CMIP5) y SSP585 (CMIP6), en tres periodos comparados. ....	40
Figura 2–31: Dispersión de los cambios en temperatura media (mínimo, promedio, máximo de la variación absoluta respecto del periodo de referencia histórico) para los escenarios RCP8.5 (CMIP5) y SSP585 (CMIP6), en tres periodos comparados. ....	40
Figura 2–32: Deltas de precipitación y temperatura en los 18 modelos CMIP5 disponibles contrastados entre el periodo histórico de control (1980-2010) y el futuro (2035-2065). ....	41
Figura 2–33: Distribución de las formaciones vegetales zonales de la cuenca del Salar de Atacama. ....	42
Figura 2–34: Ubicación de los principales sistemas lagunares de la cuenca del Salar de Atacama.....	43
Figura 2–35: Distribución geoespacial de vegas y bofedales de la cuenca del Salar de Atacama.....	44
Figura 2–36: Distribución geográfica de humedales según el Indicador de Vulnerabilidad y Catastro de Vegas y Bofedales.....	45
Figura 2–37: Distribución espacial de los glaciares reconocidos por la DGA en la cuenca del Salar de Atacama. ....	46
Figura 2–38: Red de canales de regadío en la cuenca del Salar de Atacama.....	47
Figura 2–39: Red de bocatomas en la cuenca del Salar de Atacama. ....	48
Figura 2–40: Red de pozos de bombeo en la cuenca del Salar de Atacama. ....	49
Figura 2–41: Red de punteras en la cuenca del Salar de Atacama.....	50
Figura 2–42: Localización espacial de los distintos tipos de estaciones distribuidas en la cuenca del Salar de Atacama. ....	51
Figura 2–43: Puntos de la red de monitoreo de nivel piezométrico de propiedad minera. ....	52
Figura 2–44: Puntos de la red de monitoreo de evaporación y precipitación de propiedad minera. ....	53
Figura 2–45: Proyectos con uso de agua de mar en Región de Antofagasta (en m <sup>3</sup> /s). ....	54
Figura 2–46: Distribución de actores participantes de las actividades del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca del Salar de Atacama. ....	55
Figura 2–47: Intersección entre el polígono de la ADI Atacama La Grande y la ZOIT de la cuenca del Salar de Atacama. ....	56
Figura 2–48: Intersección de reservas nacionales, vegas, bofedales y sitios RAMSAR que restringen el otorgamiento de nuevos derechos o el ejercicio de derechos existentes. ....	57
Figura 2–49: Intersección de zonas de restricción y prohibición, declaraciones de agotamiento y acuíferos protegidos que restringen el otorgamiento de nuevos derechos o el ejercicio de derechos existentes. ....	58
Figura 3–1: Distribución de comunidades indígenas en la cuenca del Salar de Atacama. ....	60
Figura 3–2: Proyección poblacional período 2025-2065 en la cuenca de San Pedro de Atacama.....	61
Figura 3–3: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario alto crecimiento.....	61

Figura 3-4: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario moderado crecimiento.....	62
Figura 3-5: Ubicación de Comité APR en la cuenca del Salar de Atacama. ....	63
Figura 3-6: Consumo mensual promedio de agua potable en San Pedro de Atacama para el año 2019. ....	64
Figura 3-7: Consumo de agua en el pueblo de San Pedro de Atacama asociado al turismo. ....	64
Figura 3-8: Zonas ecológicas definidas en la cuenca del Salar de Atacama. ....	65
Figura 3-9: Distribución espacial de coberturas dentro de la cuenca del Salar de Atacama.....	66
Figura 3-10: Ubicación de la demanda minera presente en la cuenca del Salar de Atacama.....	67
Figura 3-11: Caudales medios anuales (l/s) de cada operador en el escenario 1. ....	68
Figura 3-12: Caudales medios anuales (l/s) de cada operador en el escenario 2. ....	68
Figura 3-13: Distribución anual del número de DAA transados, periodo 2002-2019. .	69
Figura 4-1: Hidrografía de la cuenca del Salar de Atacama, mencionando ríos y quebradas principales. ....	71
Figura 4-2: Límites de la cuenca y subcuencas definidos por la delimitación oficial del DARH.....	72
Figura 4-3: Zonas con declaraciones de agotamiento en las subcuencas del Río San Pedro y Río Vilama de la cuenca del Salar de Atacama. ....	73
Figura 4-4: Sectores de evaluación oferta en la fuente dentro de la cuenca del Salar de Atacama.....	74
Figura 4-5: Caudales mensuales, estacionalidad y curva de duración simulada en el período 1986 – 2018 en el río San Pedro en Cuchabrachi. ....	75
Figura 4-6: Caudales mensuales, estacionalidad y curva de duración simulada en el período 1986 – 2018 y en los escenarios en el período 2019 – 2065 en el río San Pedro en Cuchabrachi. ....	75
Figura 4-7: Ubicación de las estaciones de medición de calidad de agua superficial. .	76
Figura 4-8: Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la cuenca del Salar de Atacama.....	77
Figura 4-9: Zonas de protección oficial en la cuenca del Salar de Atacama que restringen el aprovechamiento de aguas subterráneas.....	78
Figura 4-10: Evolución del almacenamiento acumulado en el acuífero desde 1986. ..	79
Figura 4-11: Ubicación de las estaciones de medición de calidad de agua subterránea. ....	80
Figura 4-12: Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la cuenca del Salar de Atacama.....	81
Figura 5-1: Delimitación de los modelos que conforman el modelo acoplado.....	83
Figura 5-2: Esquema de las conexiones entre los distintos modelos que conforman el modelo acoplado. ....	84
Figura 5-3: Validación comparando caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Río San Pedro de Cuchabrachi". ....	84
Figura 5-4: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulado por el modelo integrado de la cuenca del Salar de Atacama. ....	85
Figura 5-5: Ejemplo de niveles observados y simulados con el modelo acoplado. ....	86
Figura 5-6: Niveles simulados y medidos en el perfil La Punta La Brava. ....	87
Figura 5-7: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil Quelana. ....	88



Figura 5-8: Variación en la piezometría calculada entre los años 2018 y 1986. ....	89
Figura 5-9: Entradas y salidas al sistema subterráneo simuladas en el período 1986 – 2018, junto al volumen almacenado en el sistema subterráneo en términos del porcentaje respecto al año 1986.....	89
Figura 5-10: Variación porcentual de los caudales superficiales simulados en los períodos 2020 – 2040 y 2040 – 2060, respecto al período 1986 – 2018. ....	90
Figura 5-11: Caudal y afloramientos simulados en la quebrada de Peine en el escenario histórico y en los escenarios futuros.....	91
Figura 5-12: Satisfacción de necesidades de agua potable promedio en los períodos 1986 – 2018, 2020 – 2040 y 2040 – 2060.....	92
Figura 5-13: Cobertura del derecho en canales promedio en los períodos 1986 – 2018, 2020 – 2040 y 2040 – 2060.....	93
Figura 5-14: Satisfacción promedio de la evapotranspiración de cultivos simulada para las ventanas 1986 – 2018, 2020 – 2040 y 2040 – 2060. ....	94
Figura 5-15: Razón de la cobertura de la evapotranspiración en las ventanas 2020 – 2040 y 2040 – 2060 respecto a la cobertura del período 1986 – 2018.....	95
Figura 5-16: Entradas por precipitación, salidas por evapotranspiración y evaporación desde la napa y diferencia entre entradas y salidas simuladas en el período histórico (1986 – 2018) y variación porcentual en los escenarios futuros en los períodos 2020 – 2040 y 2040 - 2060. ....	96
Figura 5-17: Volumen almacenado en el sistema subterráneo simulado al año 2040 y 2060, respecto al volumen simulado al año 1986.....	97
Figura 5-18: Variación de los niveles simulados al año 2040 y 2060, respecto a los niveles simulados al año 2018, en puntos distribuidos a lo largo de la cuenca. ....	98
Figura 5-19: Variación en la concentración de solutos en puntos representativos de sistemas lagunares en los años 2040 y 2060 respecto del año 2018. ....	99
Figura 5-20: Desplazamiento de la interfaz salina en los años 2040 y 2060 respecto del año 2018.....	100
Figura 5-21: Probabilidad de excedencia mensual en los distintos escenarios en el río San Pedro en Cuchabrachi. ....	101
Figura 5-22: Probabilidad de excedencia mensual en los distintos escenarios en el río Vilama en canal Vilama. ....	101
Figura 5-23: Satisfacción de la demanda de agua potable bajo escenario de gestión específico. ....	102
Figura 5-24: Satisfacción de la demanda de la evapotranspiración de un cultivo (plantas forrajeras) bajo escenarios de gestión específicos. ....	102
Figura 6-1: Dimensiones de objetivos y desempeños del diseño del plan.....	104
Figura 7-1: Diagrama de iniciativas propuestas y analizadas. ....	106
Figura 7-2: Asignación de puntuación de los indicadores social y ambiental para las iniciativas de la propuesta de la cartera.....	107
Figura 7-3: Diagrama de Sankey, representando montos por tipo de iniciativa, plazos e instituciones financieras. ....	107
Figura 8-1: Carta Gantt de la implementación del plan. ....	109
Figura 8-2: Carta Gantt de la implementación del plan (continuación). ....	110
Figura 1-1: Localización espacial de los distintos tipos de estaciones distribuidas en la cuenca del Salar de Atacama. ....	114
Figura 1-2: Información de estaciones meteorológicas y fluviométricas ubicadas en la cuenca para el periodo 1988-2017.....	115

Figura 1-3: Comparación de distintas técnicas de escalamiento para la distribución de frecuencia de una variable, a partir de una muestra sintética de datos (paneles superiores). Las curvas continuas rojas y azules representan la variable a ajustar en dos periodos. ....	115
Figura 1-4: Cambios (porcentaje de cambio) proyectados de precipitación para 6 GCMs en la cuenca del Salar de Atacama y su entorno hacia mediados de siglo (2035-2065) respecto del periodo histórico. ....	116
Figura 1-5: Cambios en temperaturas medias anuales (expresados como diferencia simple entre futuro menos histórico), para la cuenca del salar de Atacama en seis modelos de cambio climático en el escenario más severo (RCP 8.5). ....	117
Figura 1-6: Series de precipitación anual a nivel de estación e interpoladas a la coordenada de esta en 2 modelos de cambio climático. ....	118
Figura 1-7: Series de temperatura mínima a nivel de estación e interpoladas a la coordenada de esta en 2 modelos de cambio climático. ....	119
Figura 1-8: Series de temperatura máxima a nivel de estación e interpoladas a la coordenada de esta en 2 modelos de cambio climático. ....	120
Figura 1-9: Sesgo en la estimación de precipitaciones del producto CR2MET versiones 1.4.2 y versión 2.0 con las observaciones de estaciones, expresadas como diferencia absoluta (mm). ....	121
Figura 1-10: Sesgo en la estimación de precipitaciones del producto CR2MET versiones 1.4.2 y versión 2.0 con las observaciones de estaciones, expresadas como diferencia relativa (%). ....	122
Figura 1-11: Sesgo de la estimación de precipitaciones de CR2MET en función de la latitud. ....	123
Figura 1-12: Sesgos entre los valores medidos en las estaciones meteorológicas de Temperatura mínima con los valores estimados por CR2met en sus versiones 1 y 2 para el elemento de la grilla en al cual se encuentran estas estaciones. ....	124
Figura 1-13: Sesgos entre los valores medidos en las estaciones meteorológicas de Temperatura máxima con los valores estimados por CR2met en sus versiones 1 y 2 para el elemento de la grilla en al cual se encuentran estas estaciones. ....	125
Figura 1-14: Sesgo en la estimación de la temperatura mínima para la versión 2.0 (azul), en función de la latitud. ....	126
Figura 1-15: Sesgo en la estimación de la temperatura máxima para la versión 2.0 (azul), en función de la latitud. ....	126
Figura 1-16: Caudal de reserva para conservación ambiental. ....	127
Figura 3-1: Estadísticas de visitantes a SNASPE Reserva Nacional los Flamencos, y total de pernoctaciones al destino turístico San Pedro de Atacama. ....	130
Figura 3-2: Estancia media de pasajeros a escala mensual. ....	130
Figura 3-3: Turistas equivalentes por mes que visitan San Pedro de Atacama. ....	131
Figura 3-4: Serie mensual con el promedio de las proporciones de turistas equivalentes. ....	131
Figura 3-5: Turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca de San Pedro de Atacama en el periodo 2001-2020. ....	132
Figura 3-6: Decrecimiento lineal de las estadísticas de visitantes a SNASPE Reserva Nacional los Flamencos para el período 1980-2001. ....	132
Figura 3-7: Extensión turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 1980-2001. ....	133
Figura 3-8: Tasas de crecimiento históricas registradas en las visitas al SNASPE Reserva Nacional Los Flamencos y en las pernoctaciones a San Pedro de Atacama. ....	133

Figura 3–9: Proyección visitas a la cuenca de San Pedro de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario alto (azul) y moderado (rojo) crecimiento. ....	134
Figura 3–10: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario alto crecimiento.....	134
Figura 3–11: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario moderado crecimiento.....	135
Figura 3–12: Consumo mensual promedio de agua potable en San Pedro de Atacama para el año 2019. ....	135
Figura 4–1: Esquema de la corrección de niveles para sistemas con zona de mezcla importante.....	137
Figura 4–2: Relación entre conductividad eléctrica y densidad medidas en terreno. Se muestra la ecuación de correlación, así como el error cuadrático. ....	137
Figura 4–3: Relación densidad de fluido y total de sólidos disueltos (SDT) medida en puntos de observación. ....	138
Figura 4–4: Distribución de la profundidad de las isosuperficies de EC de 200 y 100 mS/cm, y cortes verticales mostrando el espesor de la zona de mezcla. ....	139
Figura 5–1: Key Assumption de WEAP asociada a extracciones futuras de salmuera, tomando como ejemplo la rama de SQM.....	141
Figura 5–2: Cursos de agua superficial seleccionados para analizar la disponibilidad de recursos. ....	142
Figura 5–3: Poblados seleccionados para analizar la satisfacción de necesidades. ...	143
Figura 5–4: Sitios agrícolas seleccionados para analizar la satisfacción de necesidades. ....	144
Figura 5–5: Evaluación de satisfacción de necesidades para los ecosistemas de interés. ....	145
Figura 5–6: Evaluación de satisfacción de necesidades para los sistemas lagunares. ....	146
Figura 5–7: Esquema de entradas y salidas (flechas azules) a considerar para el balance superficial a escala de SHAC. Las flechas rojas corresponden a componentes que se podrían calcular a partir del balance propuesto.....	147
Figura 5–8: Esquema de entradas y salidas a considerar para el balance subterráneo a escala de SHAC. ....	147
Figura 5–9: Delimitación de SHACs y del modelo hidrogeológico numérico (MODFLOW). ....	148
Figura 5–10: Ejemplo de la evolución temporal del volumen del acuífero SHAC C2, proporcional al volumen inicial calculado en 1986. ....	149
Figura 5–11: Ubicación de los puntos seleccionados para analizar la evolución de niveles en los distintos escenarios. ....	150
Figura 5–12: Ubicación de los perfiles bidimensionales SEAWAT para la modelación de flujo con densidad variable. ....	151
Figura 6–1: Matriz DAMI.....	153
Figura 6–2: Ejemplo de la evaluación económica propia de una iniciativa.....	154
Figura 1–1: Zonas de descarga del Salar y sus respectivas sub-cuencas aportantes, representadas mediante la delimitación de los SHACs definidos para la cuenca. ....	157
Figura 1–2: Ubicación de la interfaz salina entre el núcleo y borde Este de la cuenca del Salar de Atacama. ....	158
Figura 1–3: Esquema conceptual de la zona de mezcla en la cuenca del Salar de Atacama.....	159
Figura 1–4: Sistema hidrometeorológico simplificado de la precipitación al caer al suelo y resultados del balance. ....	159

Figura 1–5: Vista esquemática del balance hídrico del acuífero en régimen natural o previo al inicio de extracciones de salmuera (previo a 1994). .....	160
Figura 1–6: Vista esquemática del balance hídrico del acuífero en régimen de explotación (promedios y tasas representativas del periodo 2000 a 2019. ....	161
Figura 1–7: Delimitación de los modelos que conforman el modelo utilizado en el presente estudio.....	162
Figura 2–1: Esquema de conceptual de caracterización de catchments en subcuencas laterales y su relación con el modelo hidrogeológico del área del núcleo del Salar-Monturaqui. ....	164
Figura 2–2: Subcuencas definidas para la modelación hidrológica superficial de la cuenca del Salar de Atacama. ....	165
Figura 2–3: Esquema de catchments del sector lateral en WEAP (izquierda) y catchments en la cuenca del Salar de Atacama (derecha). ....	166
Figura 2–4: Detalle de la topología de los distintos elementos considerados en la modelación de la hidrología superficial de las cuencas laterales del Salar de Atacama. ....	166
Figura 2–5: Distribución espacial de las diferentes coberturas dentro de la cuenca del Salar de Atacama. ....	167
Figura 2–6: Estructura interna de un catchment representativo en WEAP según sus distintos niveles de discretización: A) Unidades Hidrogeológicas, B) Cobertura de suelo y C) Tipos de cultivo. ....	168
Figura 2–7: Elementos de modelación superficial (sitios de demanda y elementos acuíferos) utilizados para la integración del modelo de hidrología superficial de cuencas laterales con el modelo subterráneo en el área del Salar-Monturaqui. ....	168
Figura 2–8: Representación esquemática del sistema de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) utilizada en la cuenca. ....	169
Figura 2–9: Elementos de modelación utilizados en WEAP para la representación del agua suministrada por CAPRA. ....	170
Figura 2–10: Distribución espacial de los elementos "río" incluidos en el modelo WEAP. ....	171
Figura 2–11: Vínculo de los elementos río, <i>catchments</i> , canal y requerimiento de flujo para representar la extracción y uso de agua superficial para riego.....	172
Figura 2–12: Asignación de estaciones índice de precipitación a los distintos catchments que componen la cuenca del Salar de Atacama. ....	173
Figura 2–13: Asignación de estaciones índice de temperatura a los distintos catchments que componen la cuenca del Salar de Atacama. ....	174
Figura 2–14: Cambio en las curvas estaciones de temperatura mínima (imagen superior) y máxima (inferior) producto de la corrección de sesgo mensual. ....	175
Figura 2–15: Caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Río San Pedro de Cuchabrachi". ....	175
Figura 2–16: Caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Quebrada de Camar en vertiente 1". ....	176
Figura 2–17: Caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Quebrada de Jérez". ....	176
Figura 3–1: Dominio de modelación subterránea en modelo base .....	178
Figura 3–2: Distribución en profundidad de las capas del modelo numérico.....	179
Figura 3–3: Esquema tridimensional de la distribución de las capas en el modelo numérico que muestra la extensión y el impacto de la Falla Salar. ....	179

Figura 3-4: Mapa de isobatas de las capas definidas en el modelo numérico hidrogeológico.....	180
Figura 3-5: Zonas de recarga areal en el modelo numérico hidrogeológico. La escala de color muestra el número de la subcuenca correspondiente.....	181
Figura 3-6: Zonas de recarga lateral en el modelo numérico hidrogeológico. La cantidad de pozos corresponde a la cantidad de celdas consideradas en cada zona.....	182
Figura 3-7: Caudales de extracción neta tanto de salmuera como de producción industrial de cada una de las empresas. ....	183
Figura 3-8: Celdas definidas con la condición de contorno tipo dren (rojo). ....	183
Figura 3-9: Curvas de evaporación desde la napa y distribución espacial de estas en el modelo numérico.....	184
Figura 3-10: Distribución espacial de las zonas de conductividad hidráulica (en m/d) con los valores obtenidos por la calibración por CORFO-AMPHOS21 (2021). No se incorporan en la escala los valores de halita karstificada y fracturada debido al alto valor de estas. ....	185
Figura 3-11: Distribución espacial de los residuales de validación del modelo hidrogeológico de base.....	186
Figura 3-12: Comparación de los flujos de evapotranspiración con el paquete ETS calculados a partir del modelo MODFLOW, desarrollado por CORFO-AMPHOS21 (2021), y calculados a partir del modelo WEAP-MODFLOW, desarrollado por CORFO-PUC (2021) en el período 1986 - 2018. ....	187
Figura 4-1: Relación densidad de fluido y total de sólidos disueltos (SDT) medida en puntos de observación. ....	189
Figura 4-2: Ubicación y geometría de los perfiles definidos para los modelos de flujo con densidad variable. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual.....	189
Figura 4-3: Discretización espacial del perfil Quelana. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual. ....	190
Figura 4-4: Discretización espacial del perfil Peine. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual. ....	190
Figura 4-5: Discretización espacial del perfil La Punta La Brava. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual. ....	191
Figura 4-6: Conceptualización de la discretización espacial, de las entradas y salidas, condiciones de contorno y condiciones iniciales para los 3 perfiles para la modelación de flujo con densidad variable. ....	191
Figura 4-7: Zonas de recarga en el modelo tridimensional de flujo que permiten la zonación de recarga en los perfiles SEAWAT. ....	192
Figura 4-8: Zonas de recarga para cada uno de los perfiles SEAWAT. ....	193
Figura 4-9: Zonas de evaporación para cada uno de los perfiles SEAWAT.....	193
Figura 4-10: Zonas de conductividad hidráulica definidas para cada perfil SEAWAT. ....	194
Figura 4-11: Ubicación de los puntos de observación de niveles definidos para cada perfil SEAWAT. ....	194
Figura 4-12: Comparación de distribución concentración simulada para noviembre de 2005 y perfil geofísico Q3 (DICTUC) para el perfil de Quelana. ....	195
Figura 4-13: Comparación de distribución concentración simulada para abril de 2013 y perfil geofísico L3 (Rockwood Lithium) para el perfil de Peine. ....	195
Figura 4-14: Comparación de distribución concentración simulada para marzo de 2013 y perfil geofísico L2 (Rockwood Lithium) para el perfil de La Punta-La Brava. ....	196

Figura 4-15: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida (Rockwood Lithium) y simulada para el perfil de Quelana. ....	197
Figura 4-16: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida (Rockwood Lithium) y simulada para el perfil de Peine. ....	198
Figura 4-17: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida (Rockwood Lithium) y simulada para el perfil de La Punta-La Brava.....	199
Figura 5-1: Esquema de las conexiones entre los distintos modelos que componen el modelo de base física.....	201
Figura 5-2: Ejemplo de la separación de las componentes de cobertura de la tierra de Bosque y Matorral de un <i>Catchment</i> , ubicado en el modelo Salar-Monturaqui.....	201
Figura 5-3: Representación esquemática del acceso de agua subterránea de vegetación en la zona marginal del Salar de Atacama.....	201
Figura 5-4: Esquema de la conexión del tramo de río, que es alimentado por salida de celdas dren de MODFLOW, al <i>Catchment</i> . ....	202
Figura 5-5: a) Distribución de las celdas del modelo numérico, b) nodo WEAP que representa el sistema subterráneo y las celdas activas (rojo) sobre las cuales se espacializa este nodo. ....	202
Figura 5-6: Visualización general de: a) la distribución de las celdas enlazadas a los distintos <i>Catchments</i> y b) distribución de las celdas enlazadas a las distintas coberturas de uso de tierra.....	203
Figura 5-7: Distribución de los excesos a) superficiales y b) subterráneos del Modelo Lateral. ....	204
Figura 5-8: Vista esquemática de la estructura de nodos de WEAP para representar las extracciones e inyecciones en el acuífero del modelo Salar-Monturaqui. ....	205
Figura 5-9: Visualización de las celdas dren de MODFLOW que se enlazan a los tramos de río que alimentan los catchments que representan los sistemas lagunares. ....	206
Figura 5-10: Zonas de la capa 3 donde se modificó la conductividad hidráulica y el valor con el cual se ponderó el valor inicial definido por CORFO-AMPHOS21 (2021). ....	207
Figura 5-11: Esquema de las conexiones entre las zonas superficiales y subterráneas del modelo Salar-Monturaqui (Modelo SM) y el modelo lateral.....	208
Figura 6-1: Validación comparando caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Río San Pedro de Cuchabrachi". ....	210
Figura 6-2: Ubicación de las Estaciones (públicas y privadas) de Medición de Evaporación de Tanques.....	211
Figura 6-3: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment S_17 y datos de evaporación de tanque en la estación SCL-Agua Fresca, ubicada a 2.300 m.s.n.m. .	212
Figura 6-4: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment S_17 y datos de evaporación de tanque en la estación Chaxa, ubicada a 2.304 m.s.n.m. ....	212
Figura 6-5: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL_1 y datos de evaporación de tanque en la estación San Pedro de Atacama, ubicada a 2.450 m.s.n.m. ....	213
Figura 6-6: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment S_9 y datos de evaporación de tanque en la estación Peine, ubicada a 2.460 m.s.n.m. ....	213
Figura 6-7: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL_3 y datos de evaporación de tanque en la estación Toconao Experimental, ubicada a 2.500 m.s.n.m. ....	214
Figura 6-8: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL_10 y datos de evaporación de tanque en la estación Chiu Chiu, ubicada a 2.524 m.s.n.m. ....	214

Figura 6-9: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL_6 y datos de evaporación de tanque en la estación Socaire, ubicada a 3.250 m.s.n.m. ....	215
Figura 6-10: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado de la cuenca del Salar de Atacama .....	216
Figura 6-11: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC A .....	217
Figura 6-12: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC B .....	217
Figura 6-13: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC C .....	217
Figura 6-14: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC N .....	218
Figura 6-15: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC B1 .....	218
Figura 6-16: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC C2 .....	218
Figura 6-17: Ejemplo de niveles observados y simulados con el modelo integrado..	219
Figura 6-18: Comparación de niveles simulados y observados (izquierda) y comparación de descensos observados y simulados (derecha) en cuatro pozos de la zona Sur donde el modelo integrado presenta residuales altos, sin embargo, logra representar la tendencia de los niveles. ....	220
Figura 6-19: Comparación de niveles simulados y medidos en el perfil Quelana. ....	221
Figura 6-20: Comparación de niveles simulados y medidos en el perfil Peine. ....	221
Figura 6-21: Comparación de niveles simulados y medidos en el perfil La Punta La Brava. ....	222
Figura 6-22: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil Quelana. ....	223
Figura 6-23: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil Peine. ....	224
Figura 6-24: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil La Punta La Brava. ....	225
Figura 7-1: Espacialización esquemática de las brechas de información del modelo integrado de la cuenca del Salar de Atacama. ....	227
Figura 6-1: Medición de aluminio total en agua superficial.....	236
Figura 6-2: Medición de cobalto total en agua superficial. ....	236
Figura 6-3: Medición de cromo total en agua superficial.....	237
Figura 6-4: Medición de cadmio total en agua superficial.....	237
Figura 6-5: Medición de hierro total en aguas superficiales.....	238
Figura 6-6: Medición de hierro total en aguas superficiales.....	238
Figura 6-7: Medición de manganeso total en aguas superficiales.....	239
Figura 6-8: Medición de mercurio total en aguas superficiales.....	239
Figura 6-9: Medición de Molibdeno total en aguas superficiales .....	240
Figura 6-10: Medición de níquel total en aguas superficiales.....	240
Figura 6-11: Medición de plata total en aguas superficiales. ....	241
Figura 6-12: Medición de plomo total en aguas superficiales.....	241
Figura 6-13: Medición de selenio total en aguas superficiales.....	242
Figura 6-14: Medición de zinc total en aguas superficiales. ....	242
Figura 6-15: Medición de conductividad eléctrica en aguas superficiales.....	243
Figura 6-16: Medición de manganeso total en aguas subterráneas. ....	243

Figura 6-17: Medición de zinc total en aguas subterráneas.....	244
Figura 6-18: Medición de conductividad eléctrica en aguas subterráneas.....	244



**FIGURAS DEL INFORME FINAL**

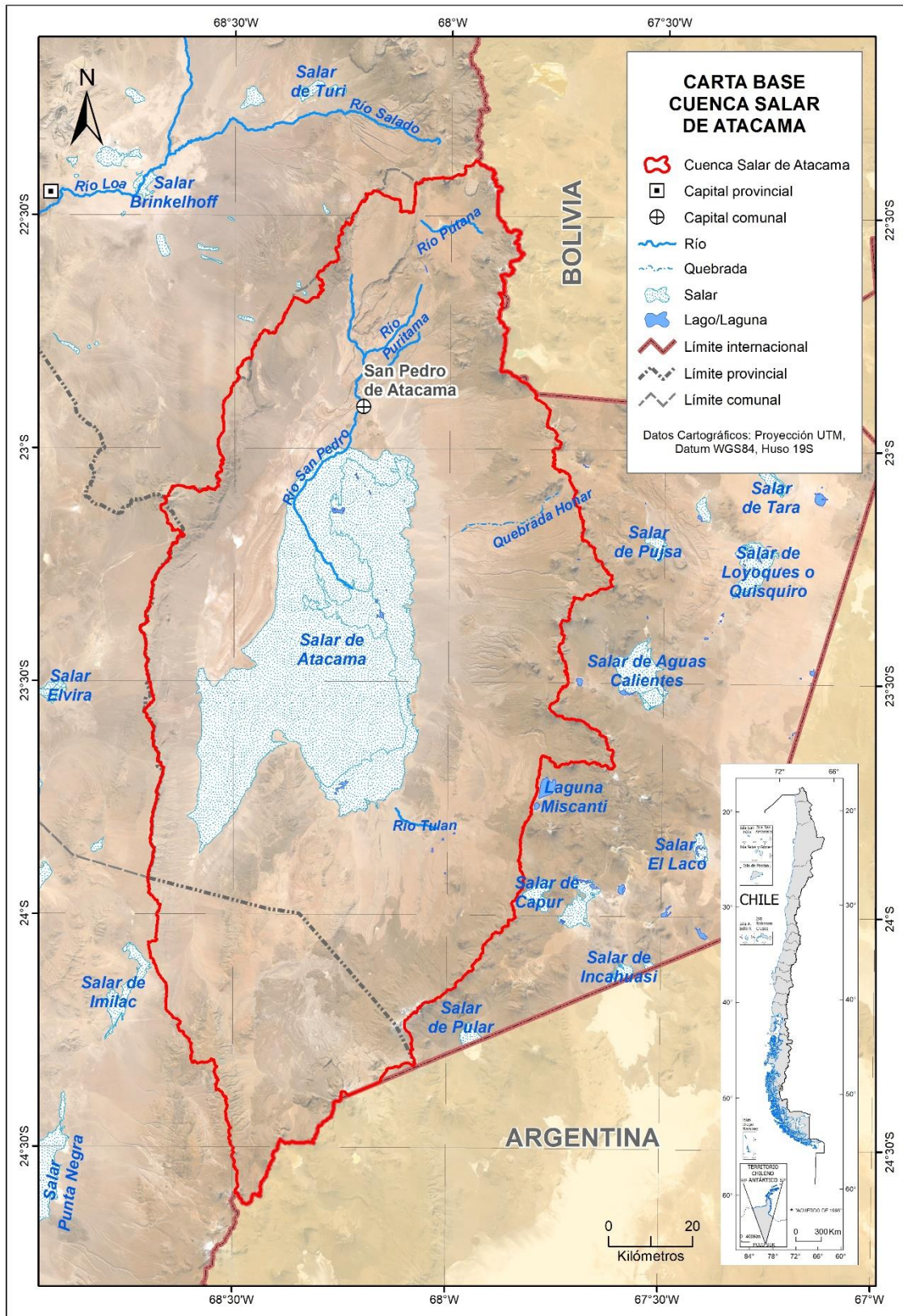
A continuación, se presentan todas las figuras presentes en el informe final, identificadas por capítulos.

## **CAPÍTULO 1 METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS**

El Capítulo 1 del informe final no presenta figuras.

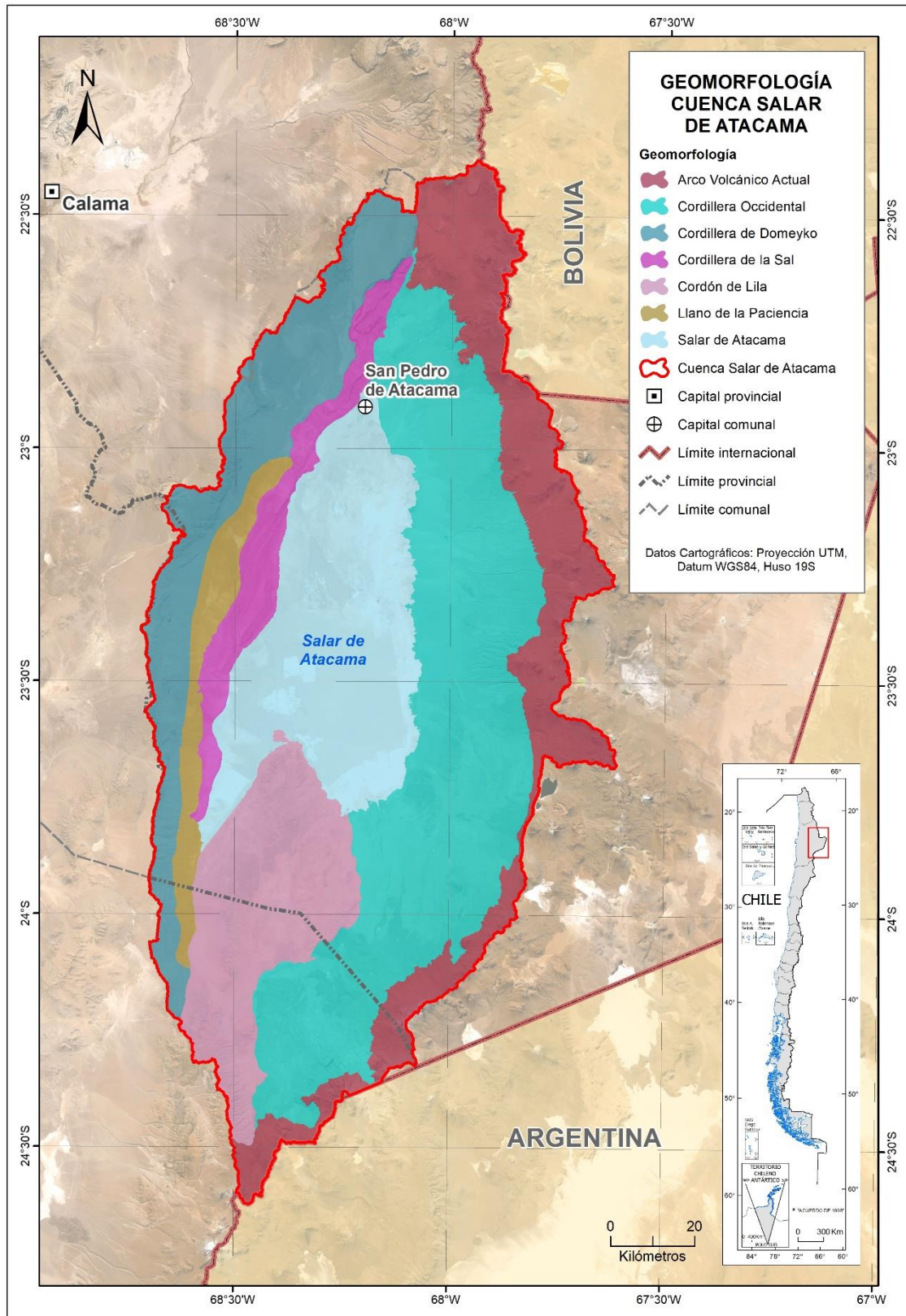
## **CAPÍTULO 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro del Capítulo 2 del informe final.

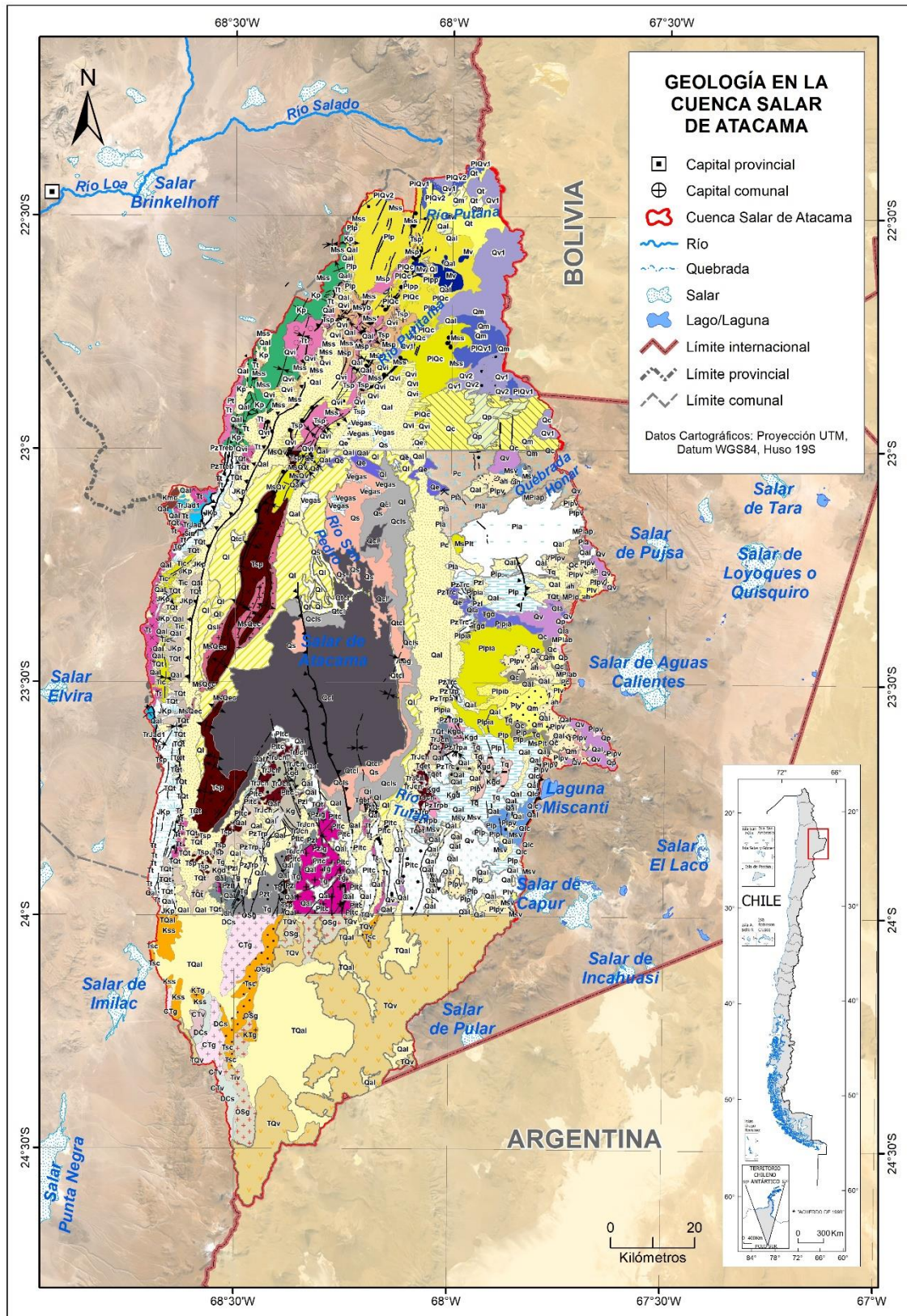


Fuente: Elaboración propia a partir de Mapoteca DGA (2021a) y CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 2-1: Carta base de la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-AMPHOS21 (2018)  
**Figura 2–2: Geomorfología de la cuenca del Salar de Atacama.**



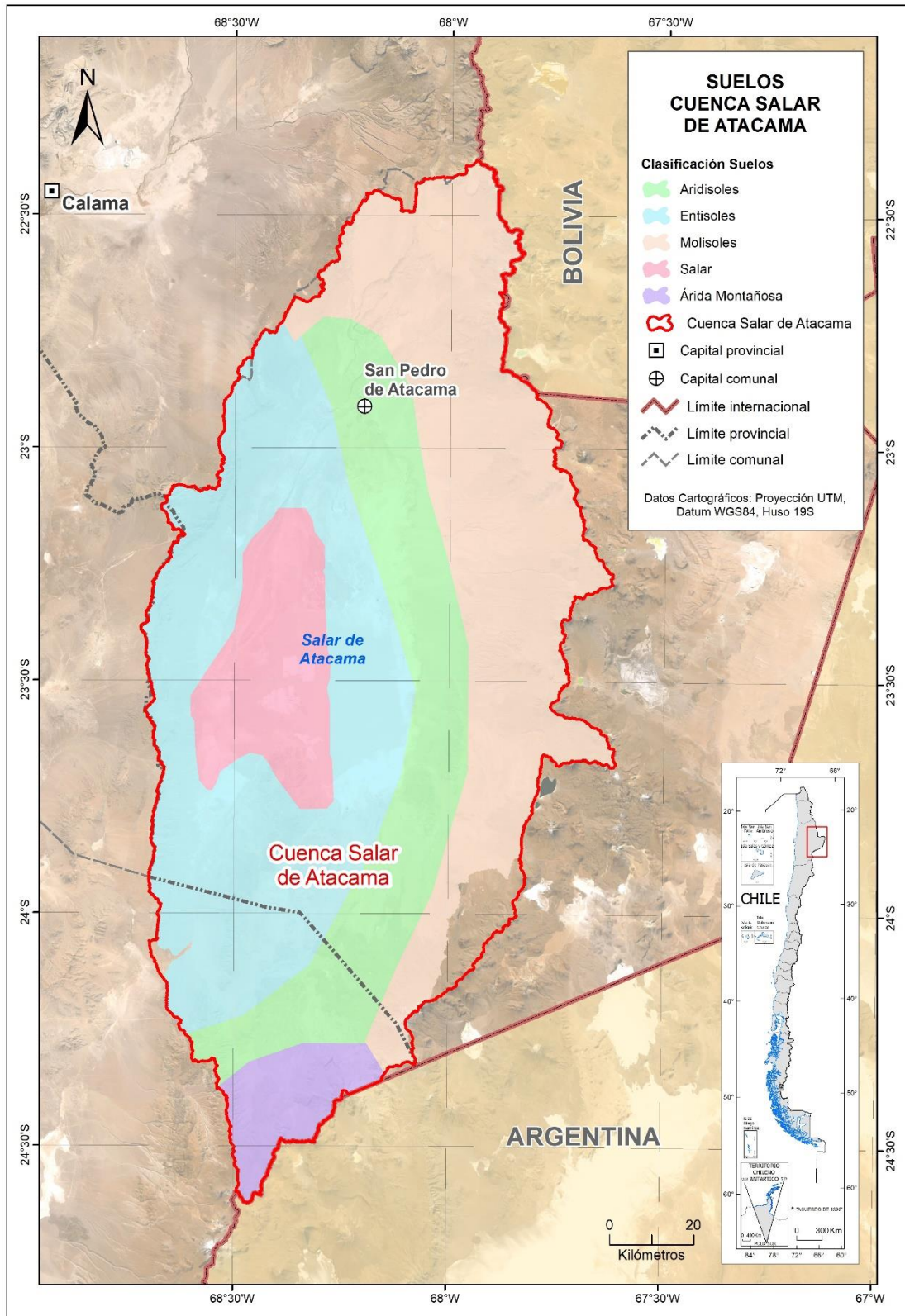
Fuente: Elaboración propia a partir de Mapoteca de CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 2-3: Geología en la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Elaboración propia a partir de Mapoteca de CORFO-AMPHOS21 (2021)

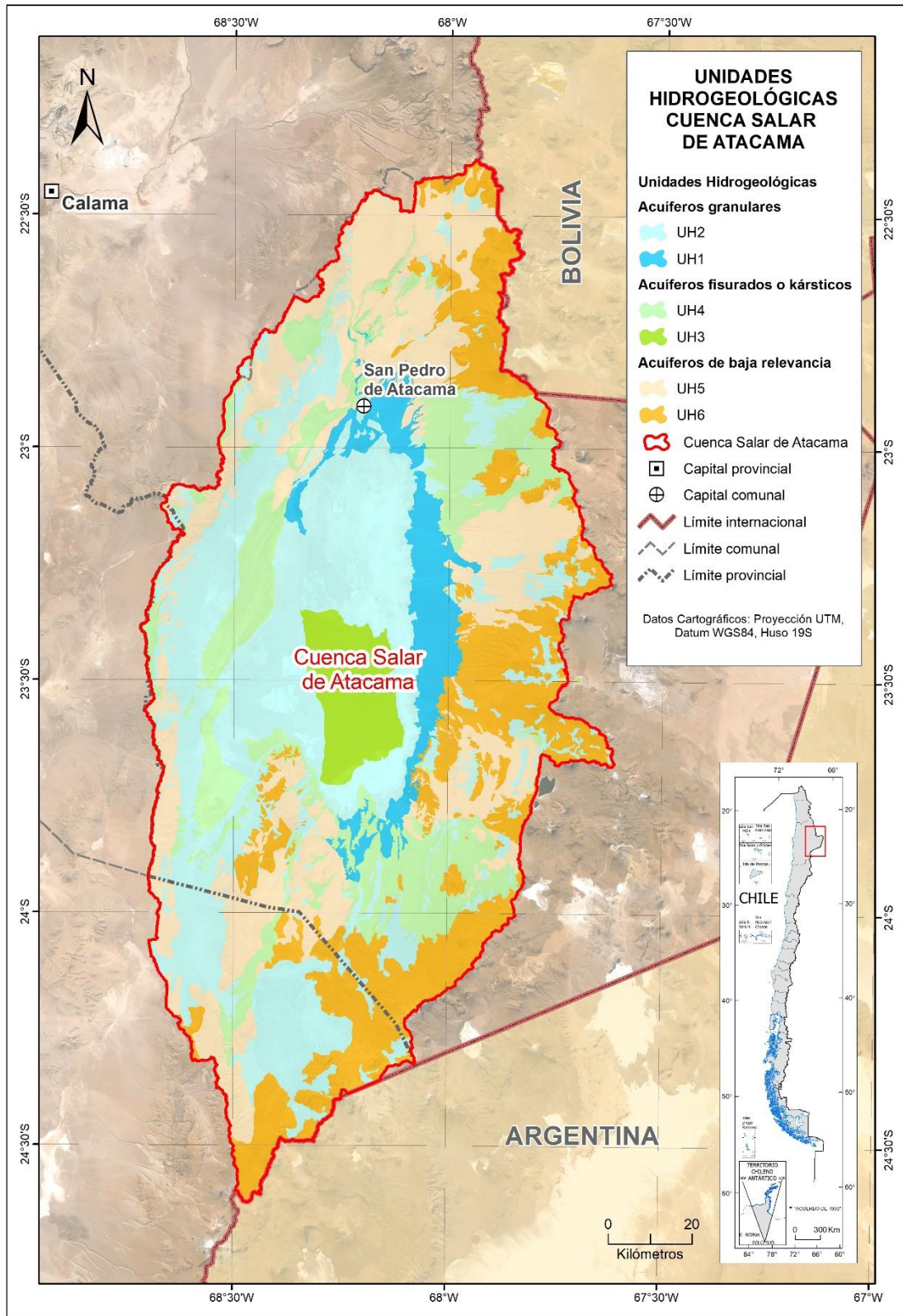
**Figura 2-4: Leyenda de la cartografía de geología en la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Adaptado de SRK (1995). Citado por Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos CIREN (2016)

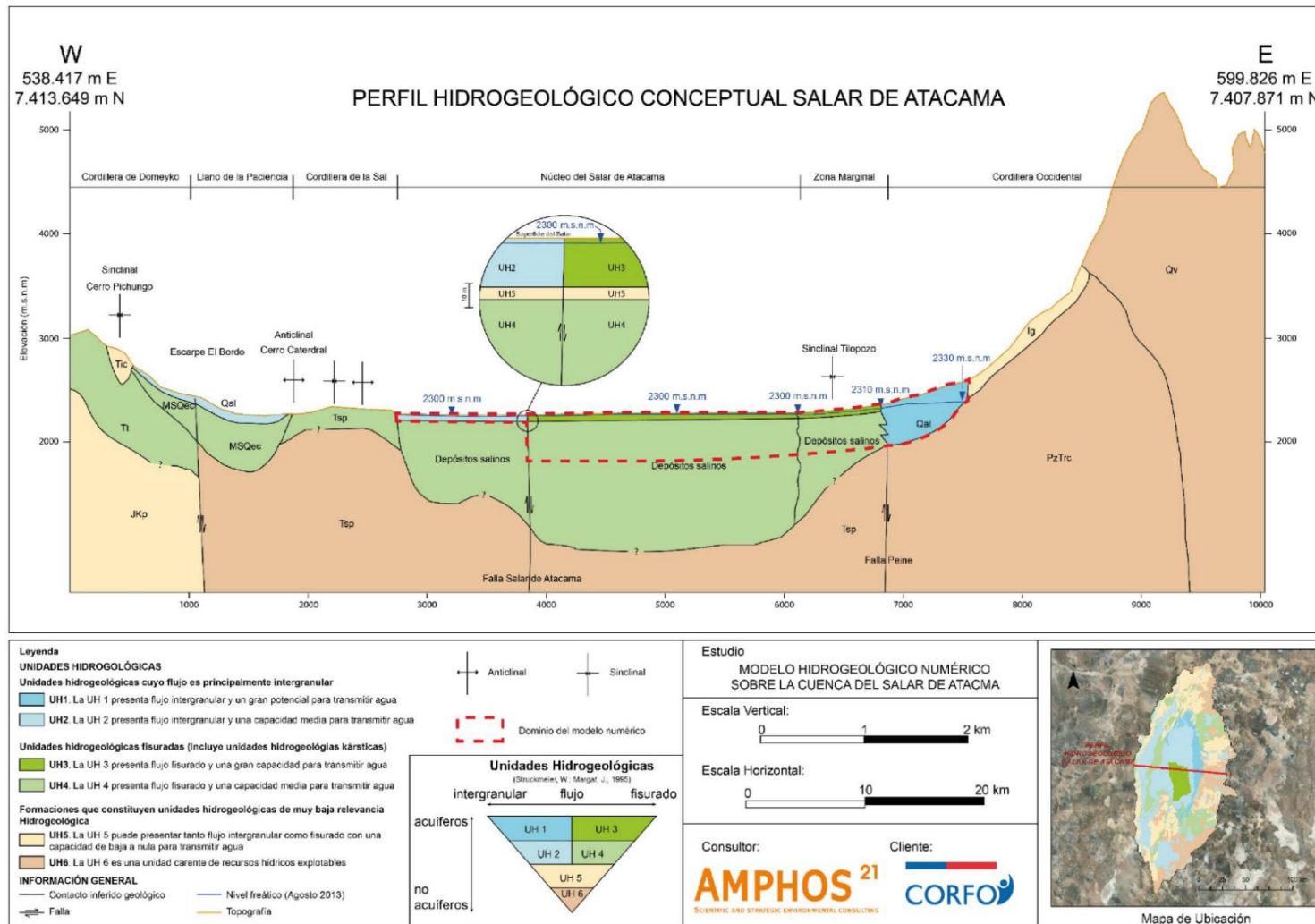
**Figura 2-5: Distribución de suelos en la cuenca del Salar de Atacama.**





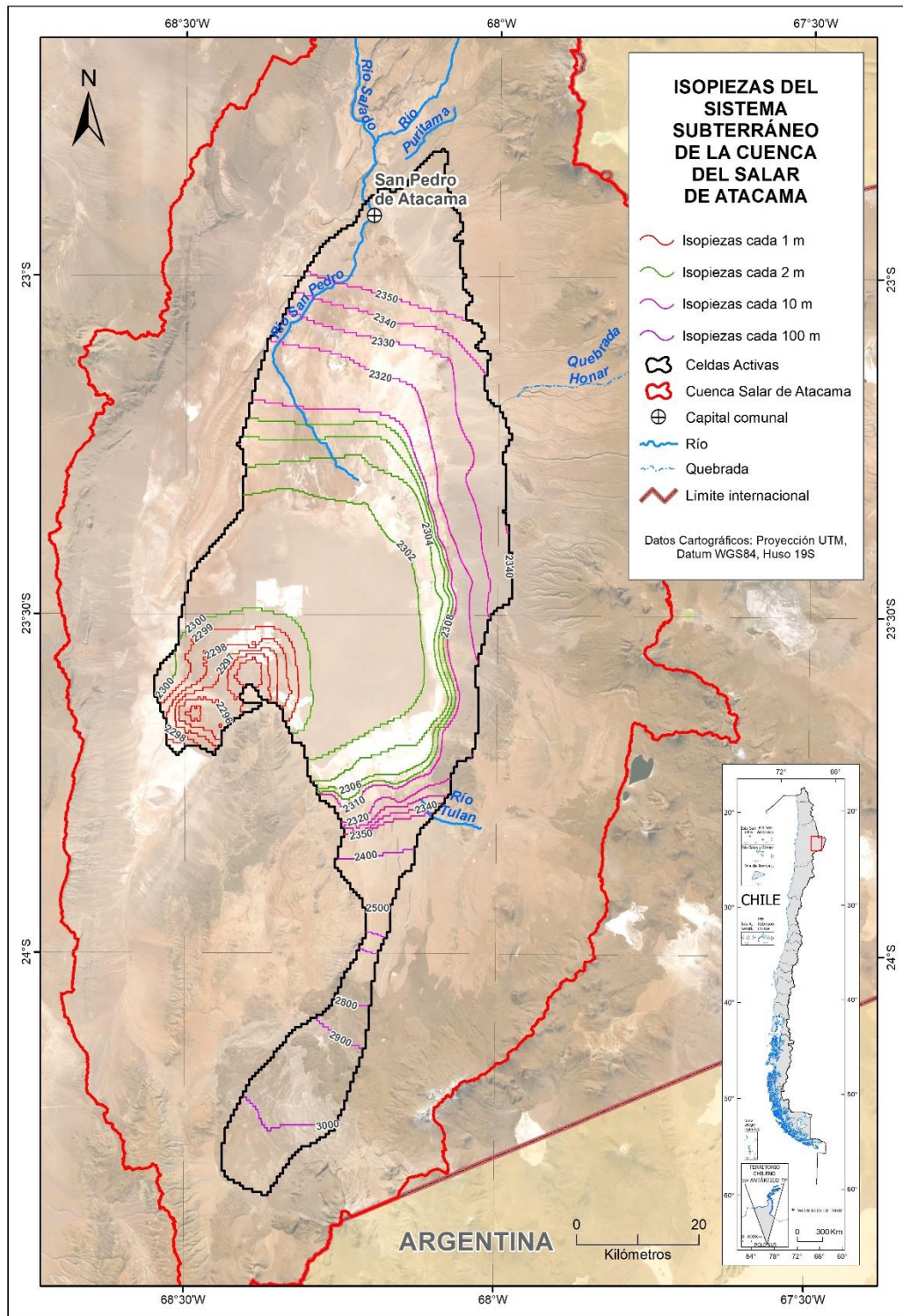
Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 2-6: Distribución de las unidades hidrogeológicas de la cuenca del Salar de Atacama, desde UH-1 a UH-6.**



Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 2-7: Perfil hidrogeológico conceptual del Salar de Atacama en dirección WE. Se muestran las unidades hidrogeológicas.**

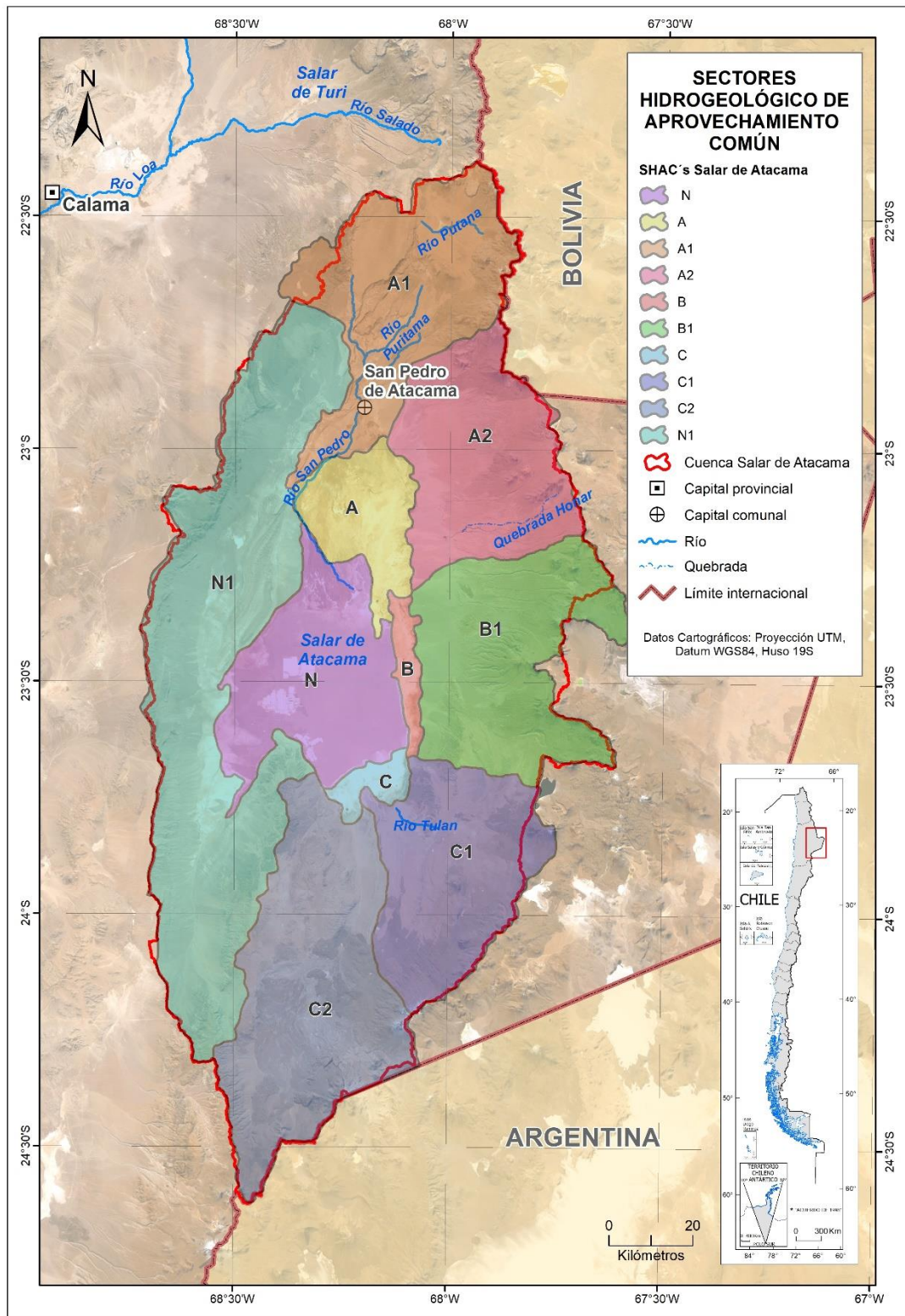


Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–8: Isopiezas calculadas a partir del modelo acoplado (diciembre 2018).**

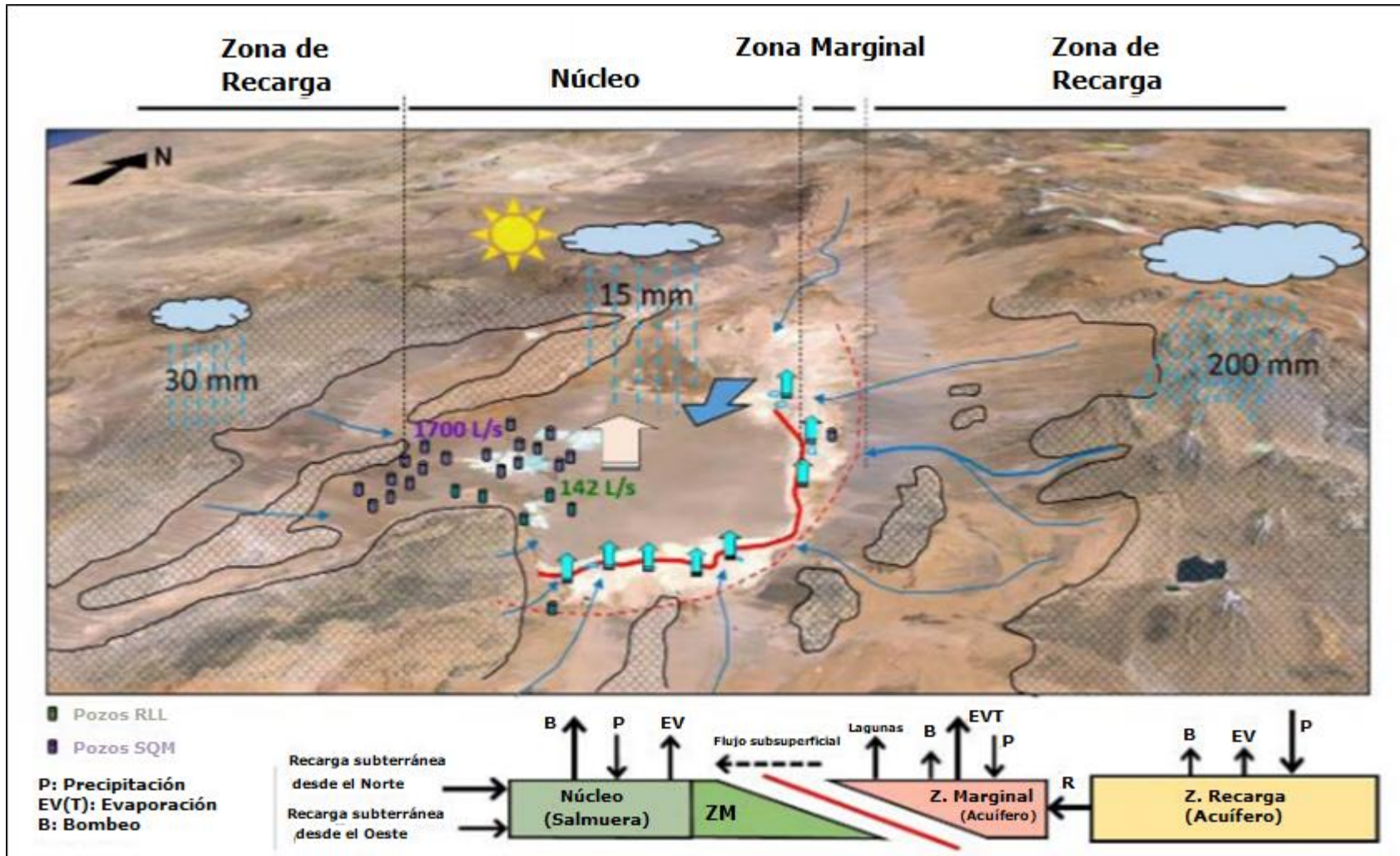
Nota 1: Se presentan cuatro intervalos distintos para diferenciar los distintos comportamientos que existen en la cuenca.

Nota 2: Las isopiezas presentadas corresponden a elevaciones sobre el nivel del mar.



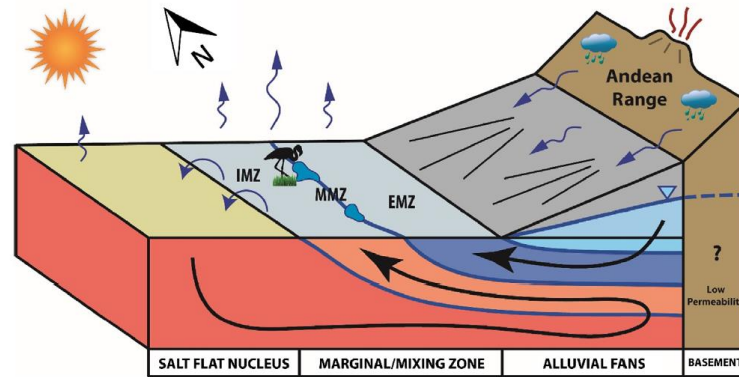
Fuente: Elaboración propia basada en Mapoteca DGA (2021a)

**Figura 2-9: Delimitación de los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común de la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Adaptado de Rockwood-SGA (2015)

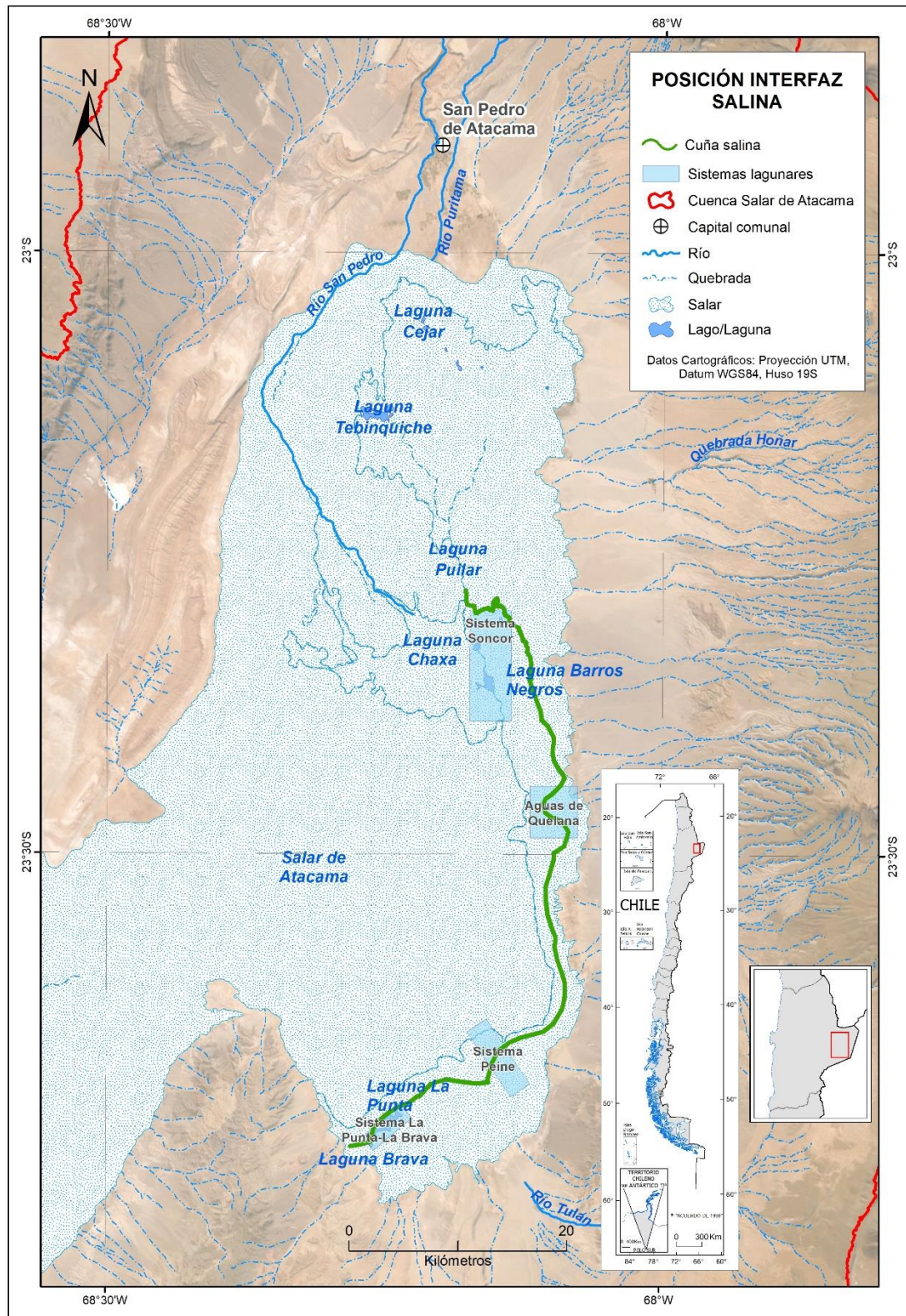
**Figura 2-10: Esquema conceptual del funcionamiento hidrológico de la zona donde se genera la interfaz salina del Salar de Atacama.**



Fuente: Marazuela et al. (2018)

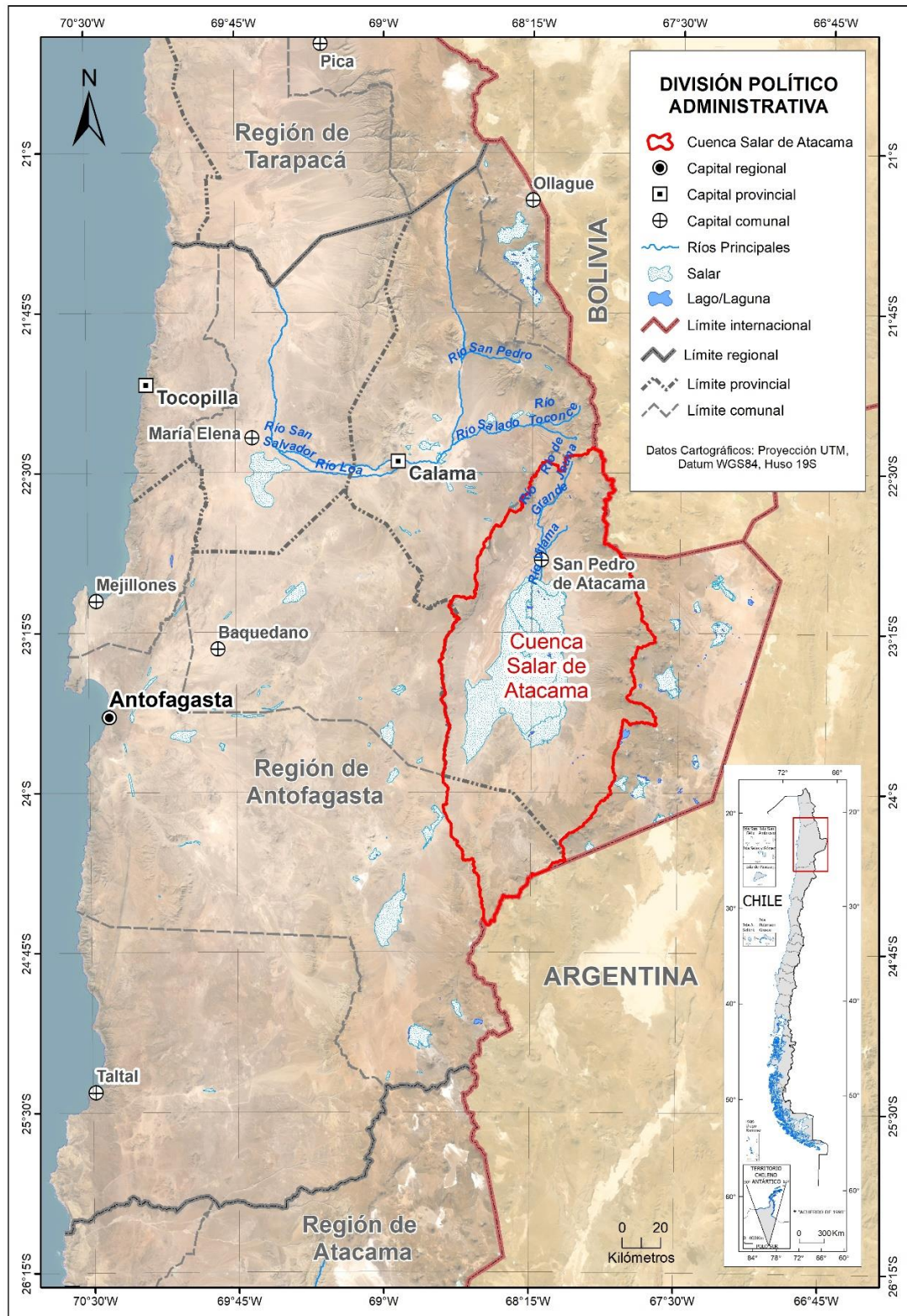
**Figura 2–11: Esquema conceptual de la zona de mezcla en la cuenca del Salar de Atacama.**

Nota: Las líneas negras representan las líneas de flujo. IMZ: Zona de mezcla interna (hacia el sector del núcleo); MMZ: Zona de mezcla media; EMZ: Zona de mezcla externa (hacia el borde Este).



Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-AMPHOS21 (2018)

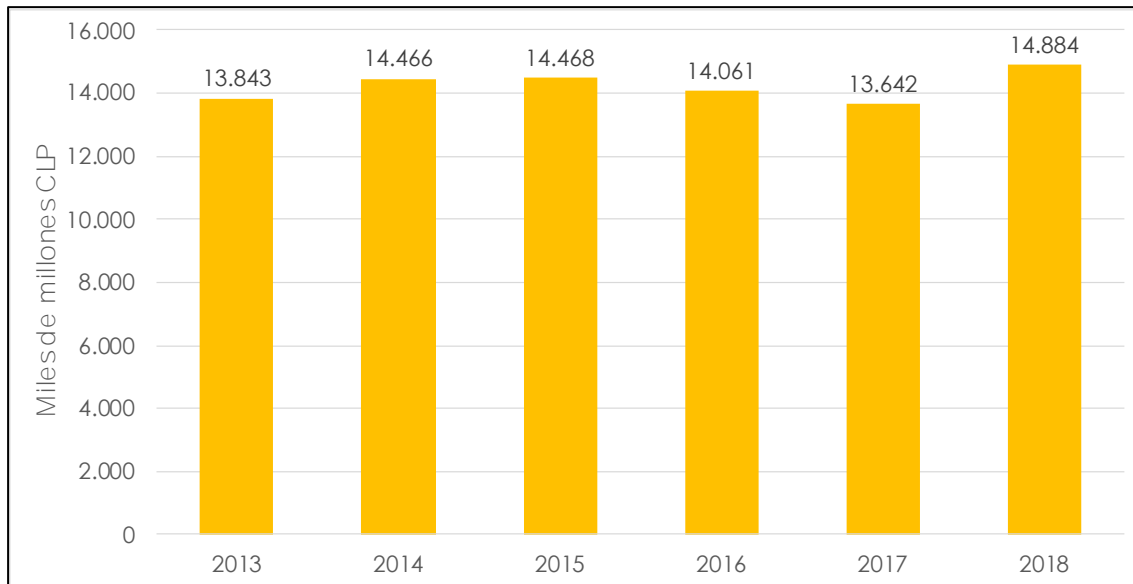
**Figura 2-12: Posición de la interfaz salina del borde Este del Salar de Atacama.**



Fuente: Elaboración propia a partir de límites político-administrativos de la Biblioteca del Congreso Nacional y subconjunto de la cuenca DARH delimitada en CORFO-AMPHOS21 (2018)

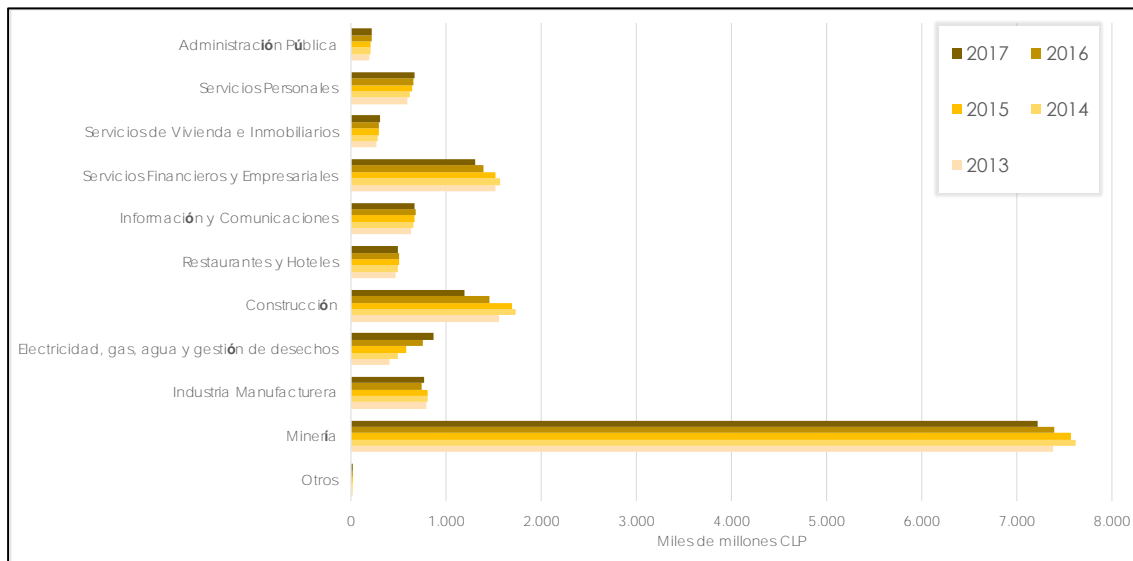
**Figura 2-13: División político-administrativa de la región de Antofagasta.**





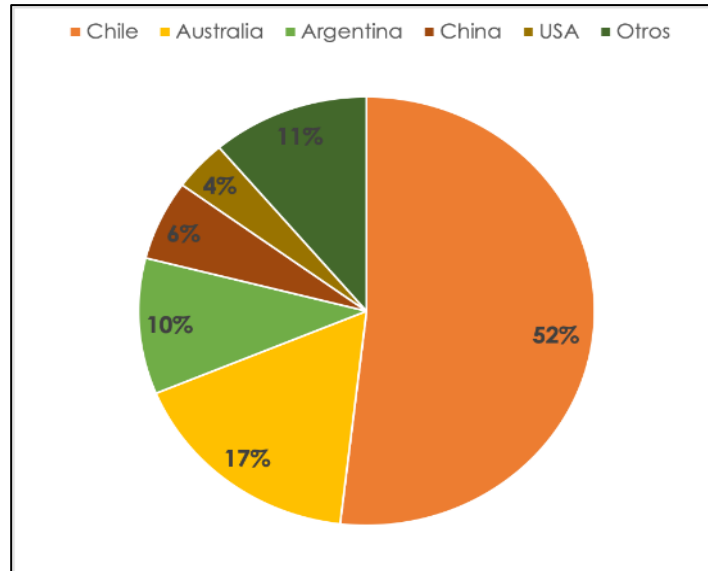
Fuente: Elaboración propia en base a información del Banco Central (2019)

**Figura 2-14: Producto Interno Bruto Regional anual Antofagasta. Volumen a precios del año anterior encadenado en miles de millones de pesos.**



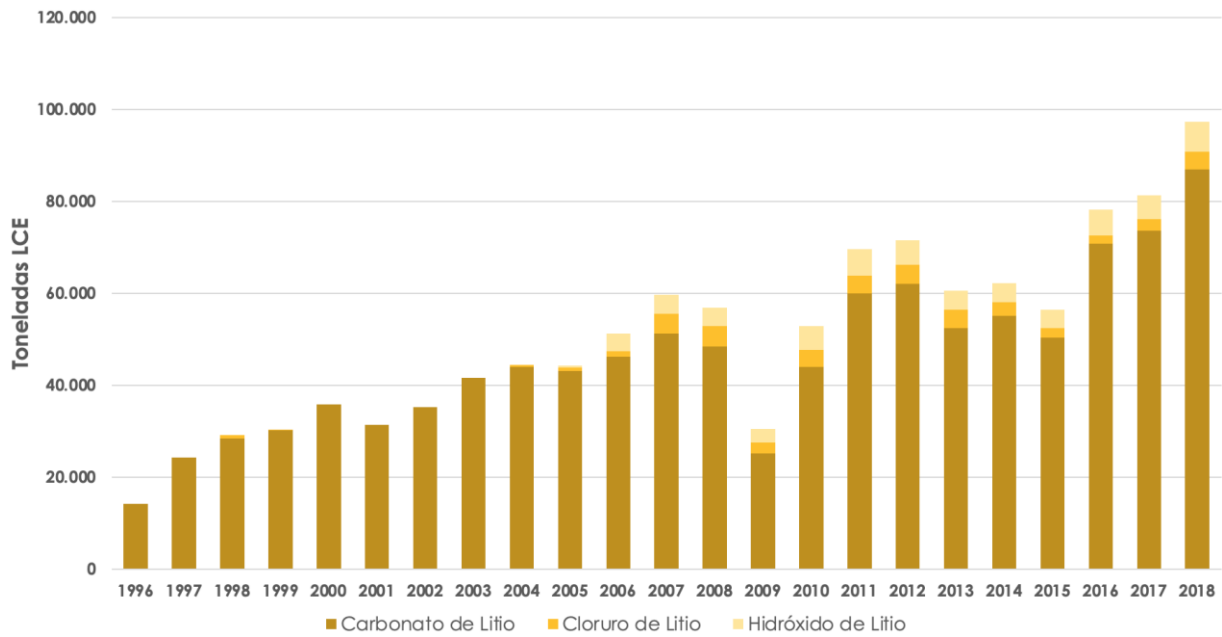
Fuente: Elaboración en base a información del Banco Central (2019)

**Figura 2-15: Producto Interno Bruto anual por actividad económica en la Región de Antofagasta. Volumen a precios del año anterior encadenado en miles de millones de pesos.**



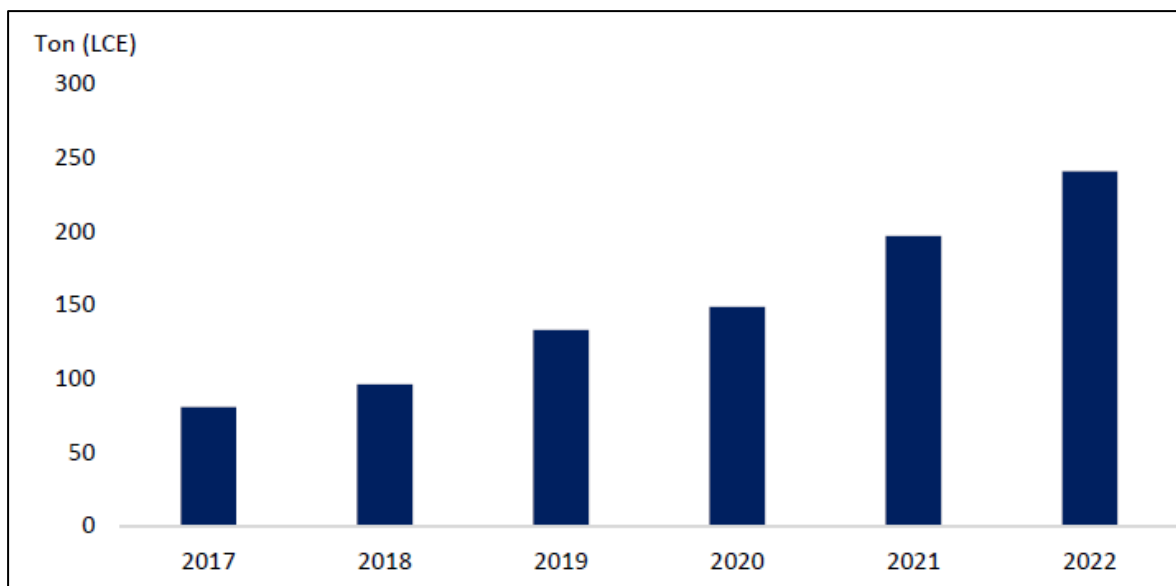
Fuente: Elaborado en base a información de la USGS (2020)

**Figura 2-16: Reservas de litio mundiales en toneladas al año 2020.**



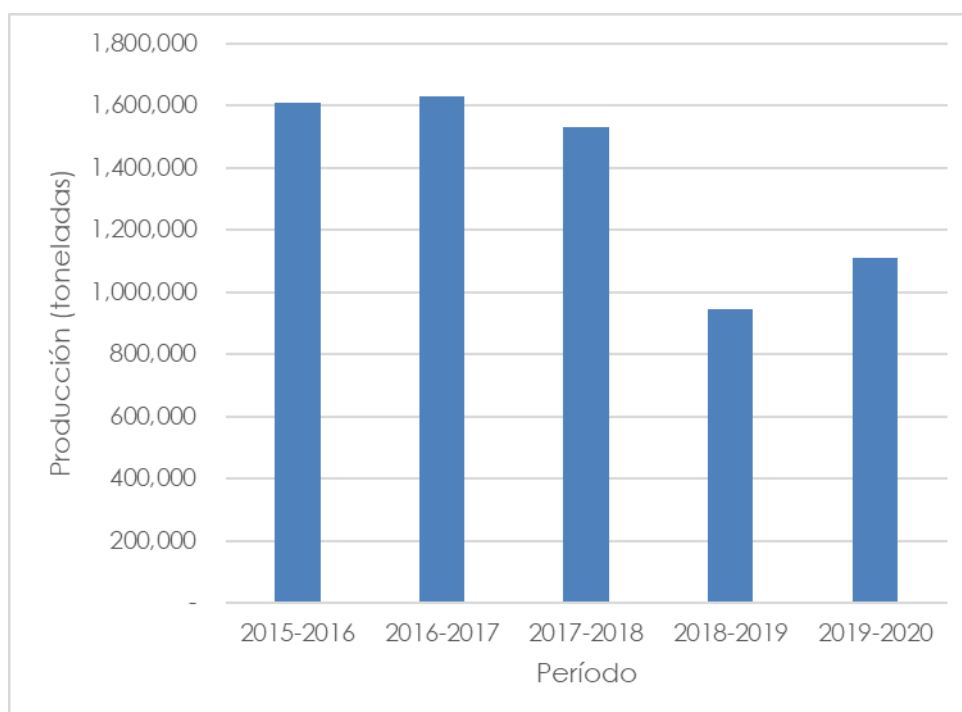
Fuente: Elaborado en base al Anuario de la Minería de Chile de cada año publicado por SERNAGEOMIN

**Figura 2-17: Evolución de la producción nacional de litio.**



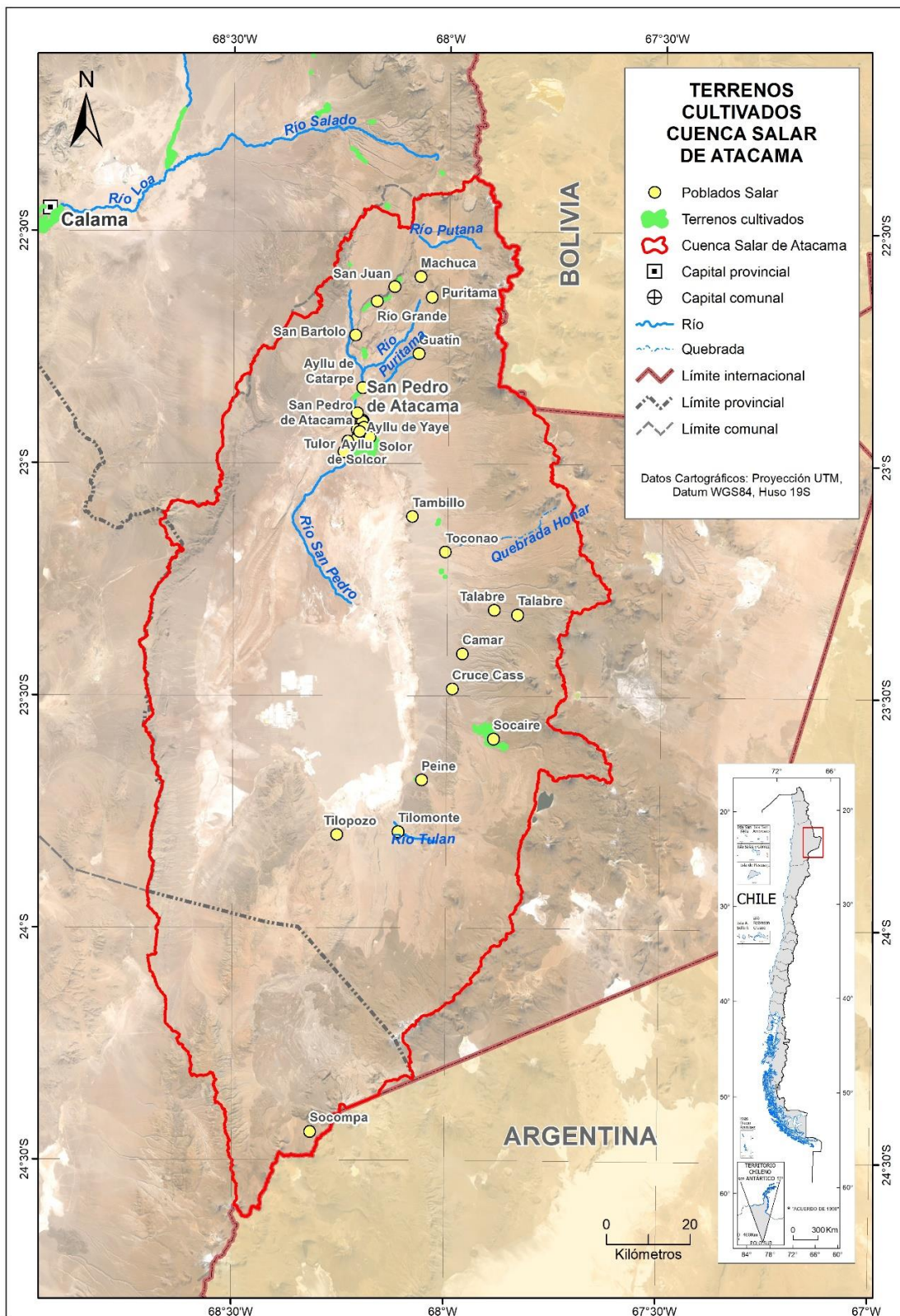
Fuente: COCHILCO (2018)

**Figura 2-18: Proyección de la producción de Litio en Chile.**

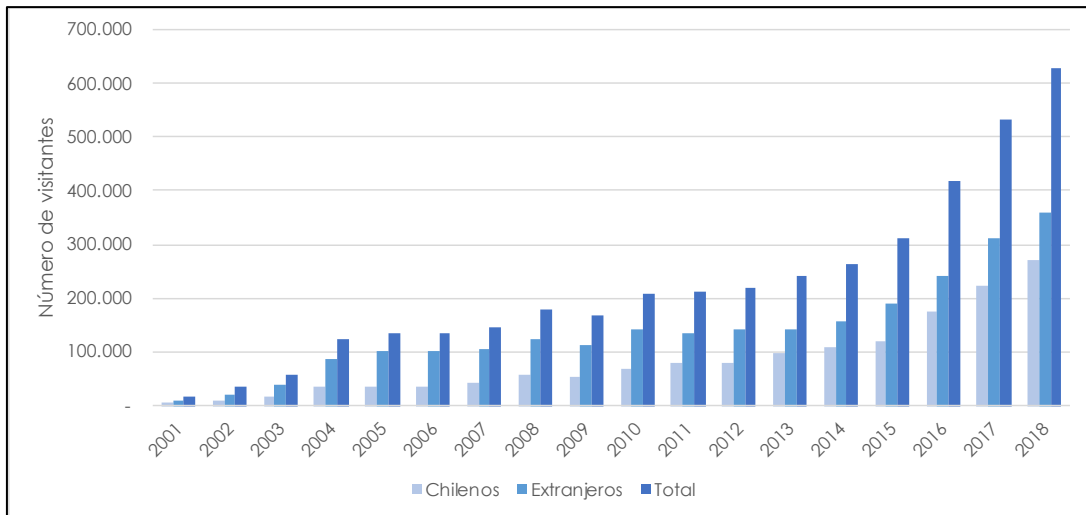


Fuente: SQM Salar S.A. (2020)

**Figura 2-19: Producción de cloruro de potasio por SQM Salar S.A. en la cuenca del Salar de Atacama.**

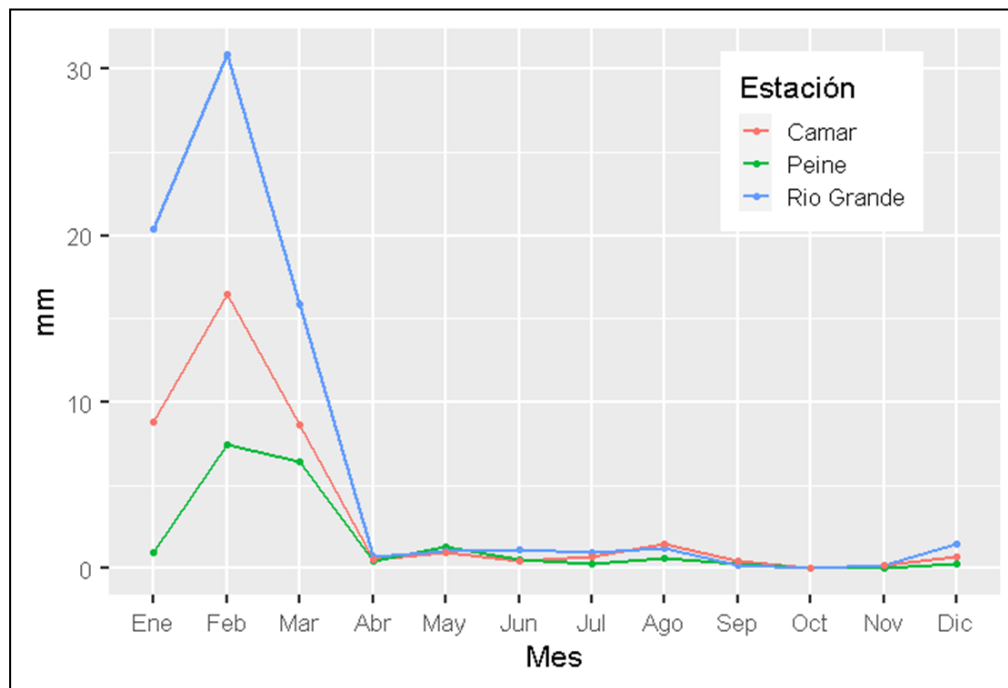


Fuente: Elaboración propia a partir de información del MMA  
**Figura 2–20: Terrenos cultivados en la cuenca del Salar de Atacama.**



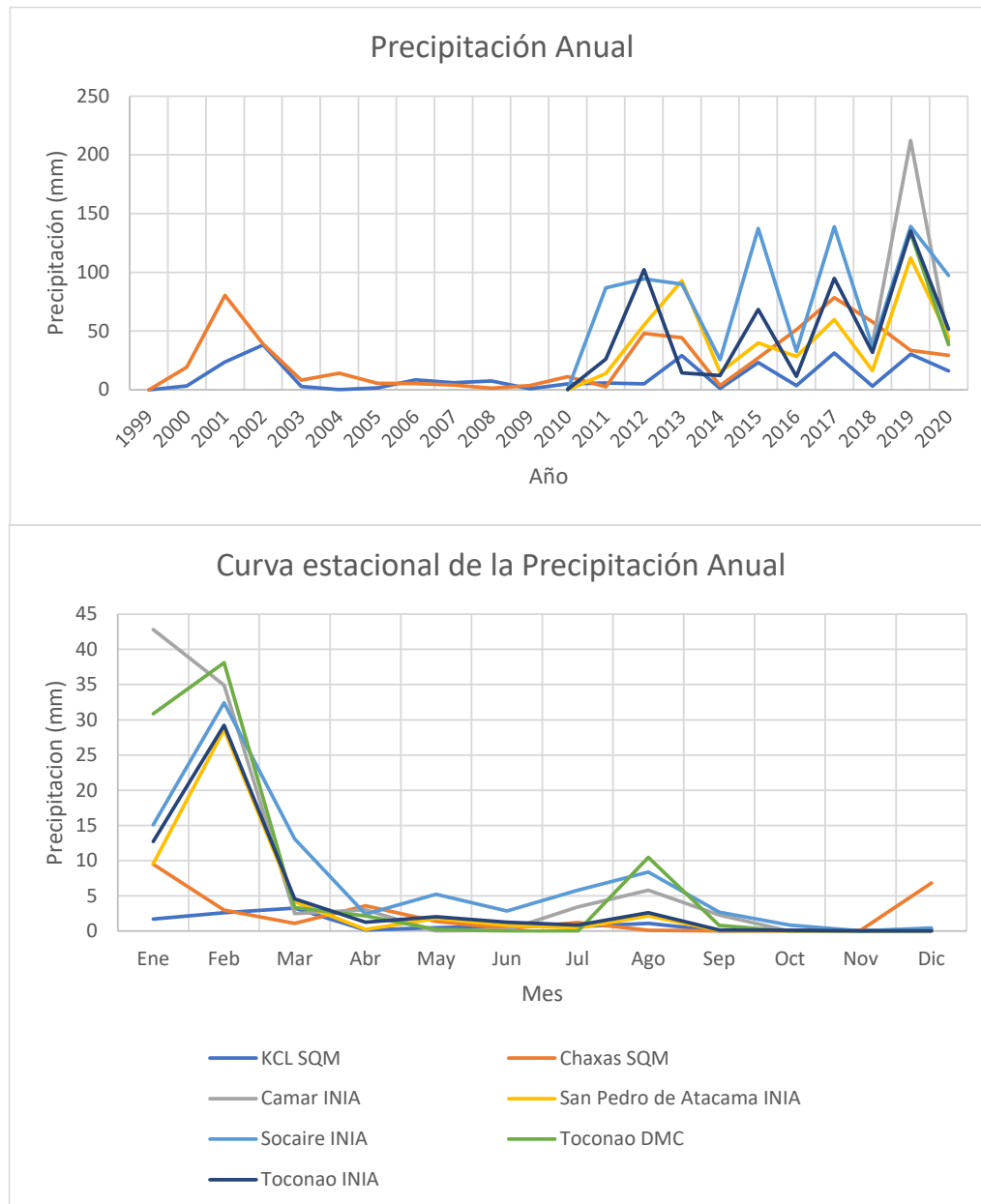
Fuente: Elaboración propia en base a Estadísticas de cada año publicadas por CONAF

**Figura 2–21: Número de visitantes a Reserva Nacional Los Flamencos.**



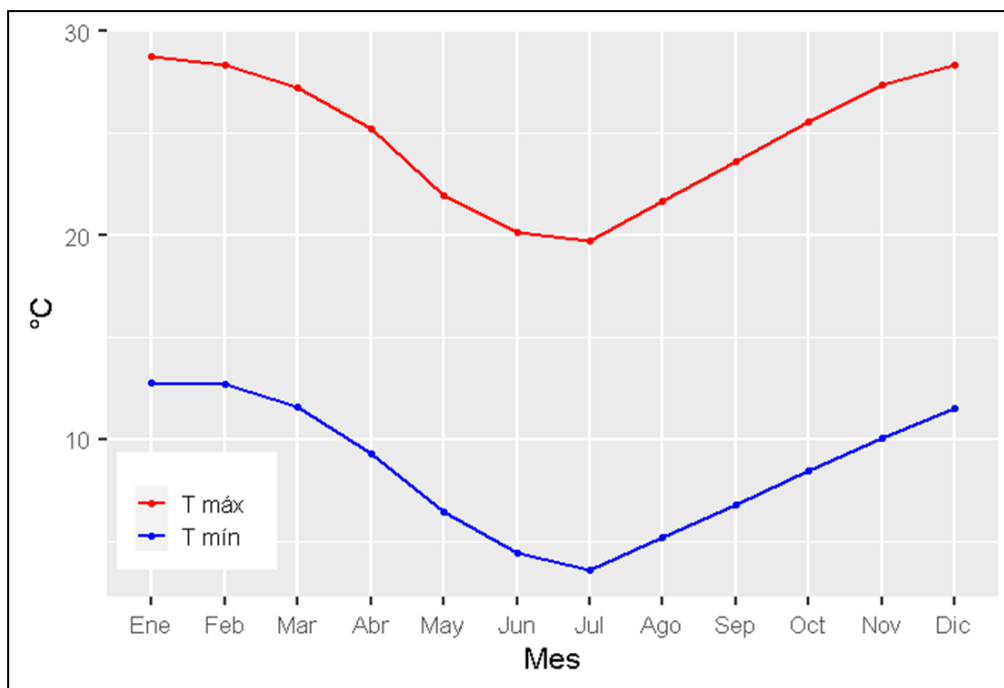
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–22: Distribución interanual de las precipitaciones medias (1985-2020) en las tres estaciones seleccionada para el presente análisis.**



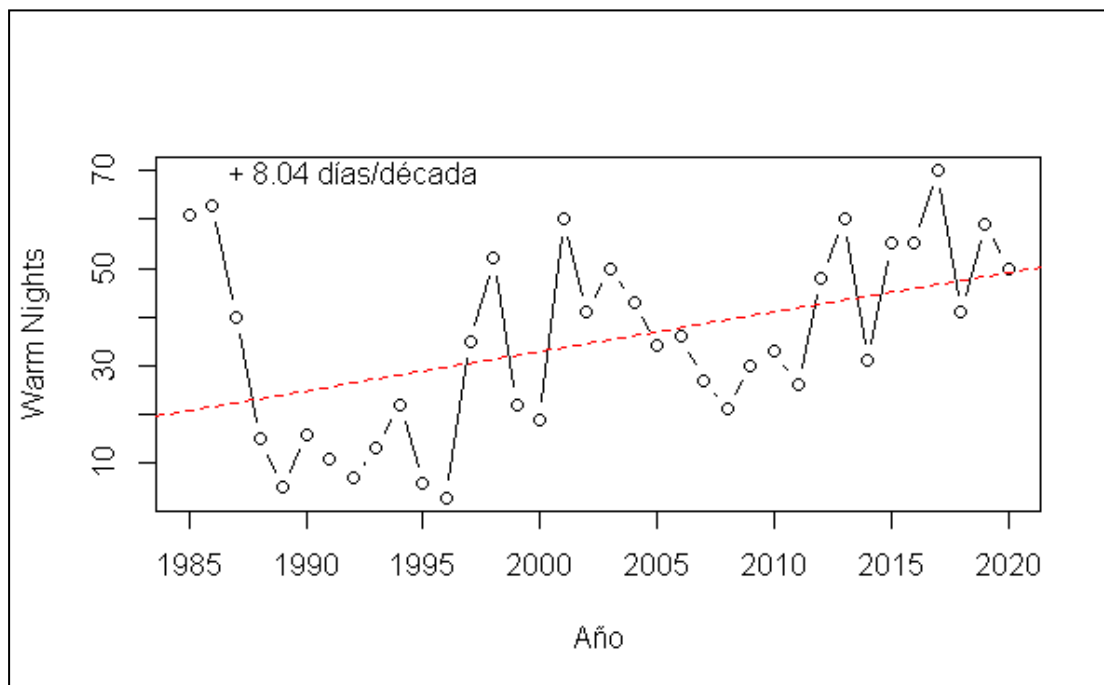
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–23: Arriba: Precipitación anual de las estaciones SQM, INIA y DMC analizadas, desde 2009 hasta 2020 según registros observados. Abajo: Curva estacional de precipitaciones para las estaciones de las fuentes mencionadas.**



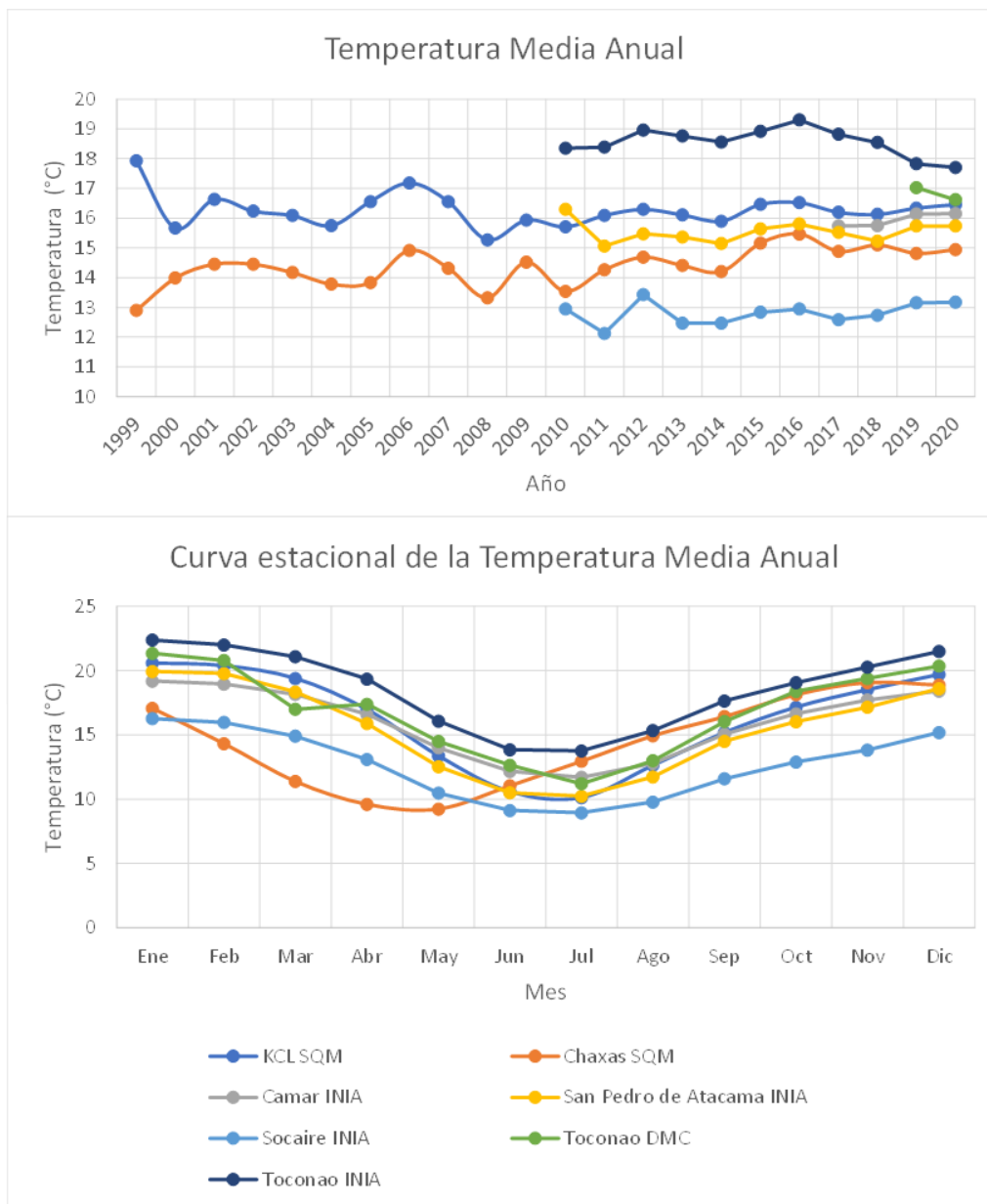
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-24: Curva estacional de temperaturas extremas para la estación Peine. En rojo de presentan las temperaturas máximas y en azul las mínimas (1985-2020).**



Fuente: Elaboración propia

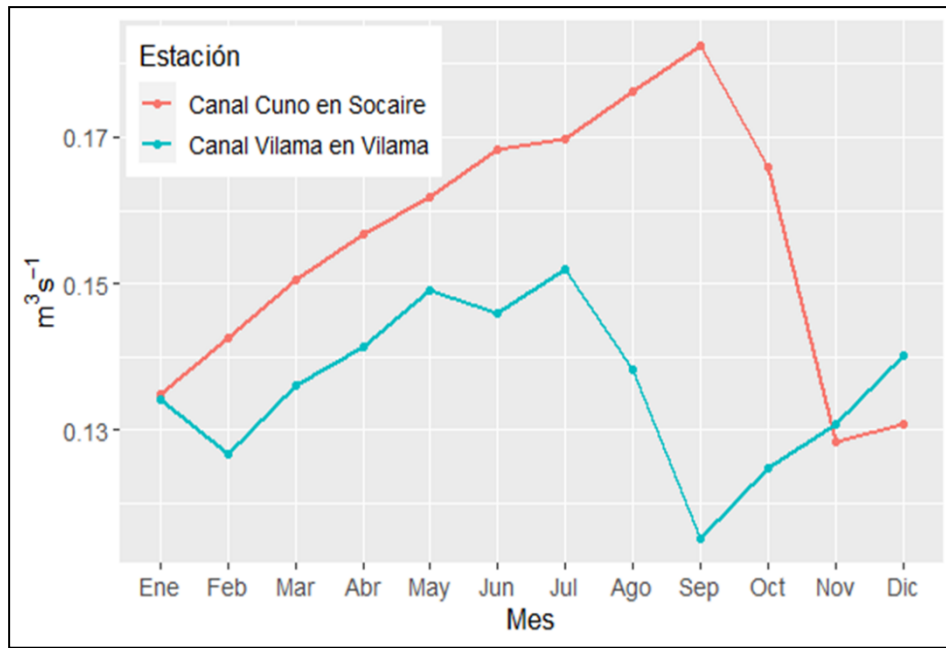
**Figura 2-25: Número de días en que las temperaturas mínimas son superiores al percentil 90 de todos los registros del periodo de estudio.**



Fuente: Elaboración propia

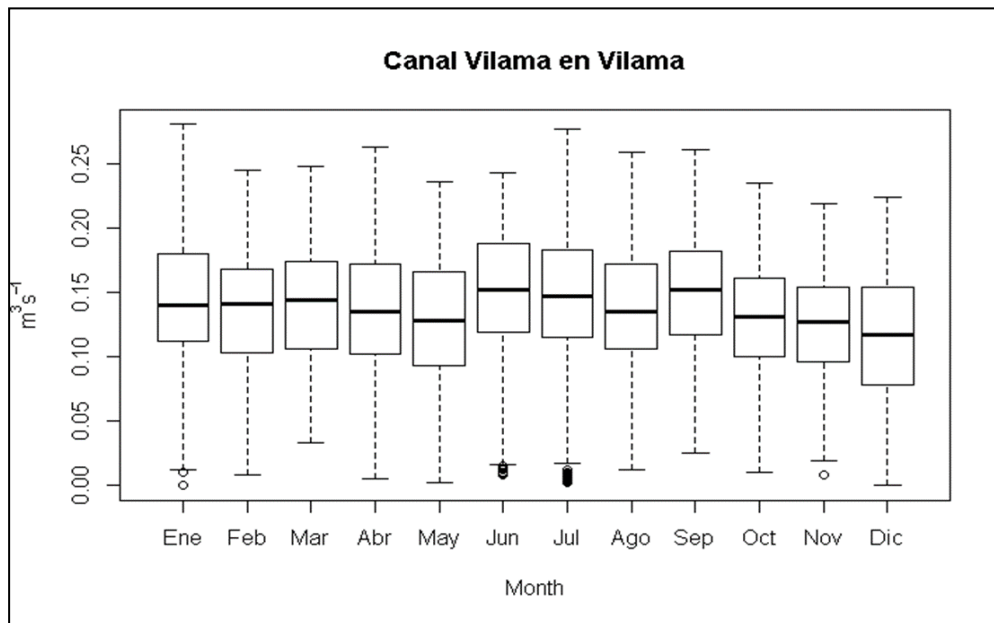
**Figura 2–26: Arriba: Temperatura media anual de las estaciones SQM, INIA y DMC analizadas, desde 2009 hasta 2020 según registros observados. Abajo: Curva estacional de la temperatura para las estaciones de las fuentes mencionadas.**





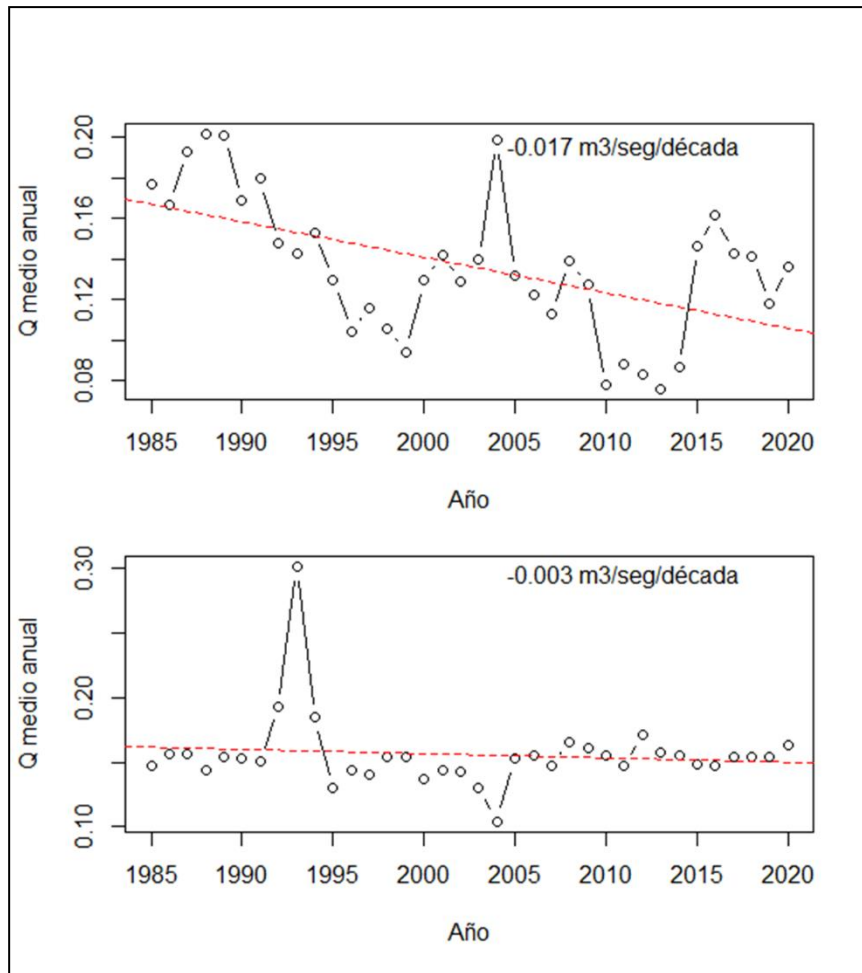
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-27: Distribución de los caudales medios durante el año de las estaciones Canal Vilama en Vilama y Canal Cuno en Socaire (periodo 1985-2020).**



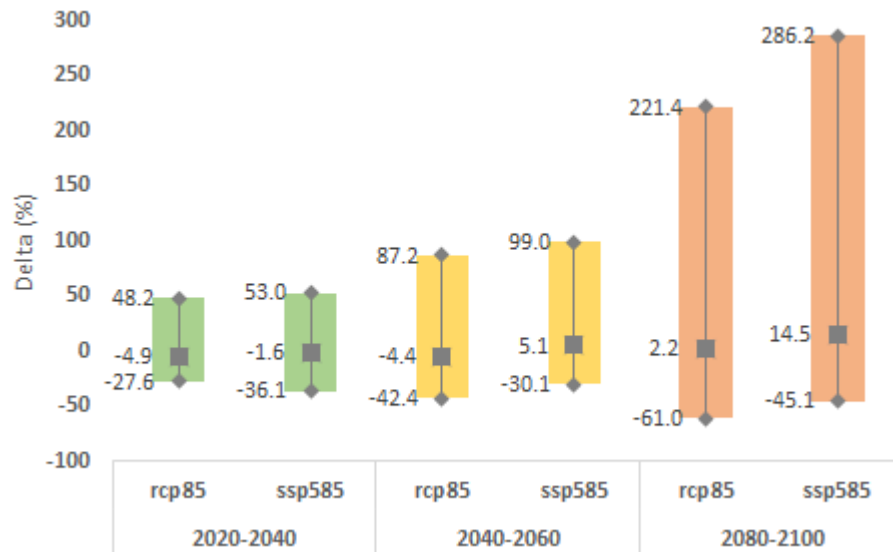
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-28: Distribución de los caudales medios durante el año de la estación canal Vilama en Vilama (periodo 1985-2020).**



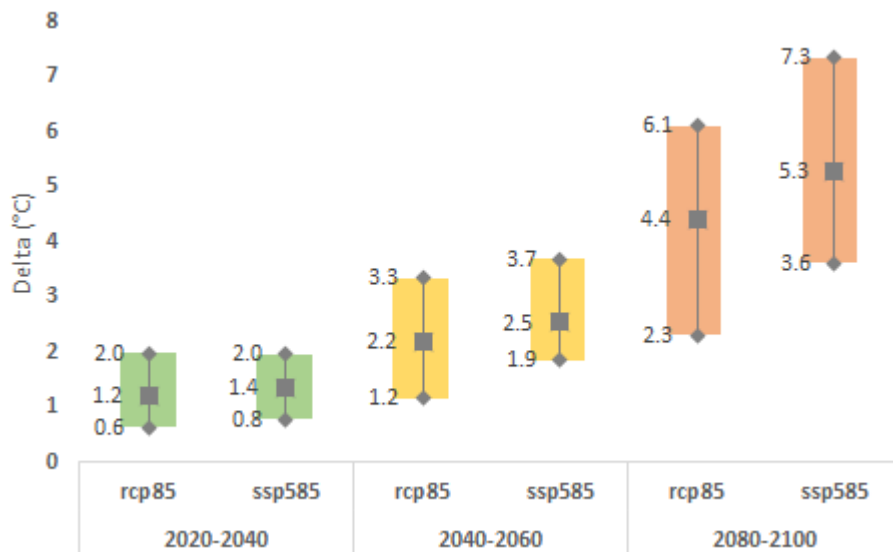
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–29: Caudal medio anual de la estación Canal Vilama en Vilama (panel superior) y Canal Cuno en Socaire (Panel inferior).**



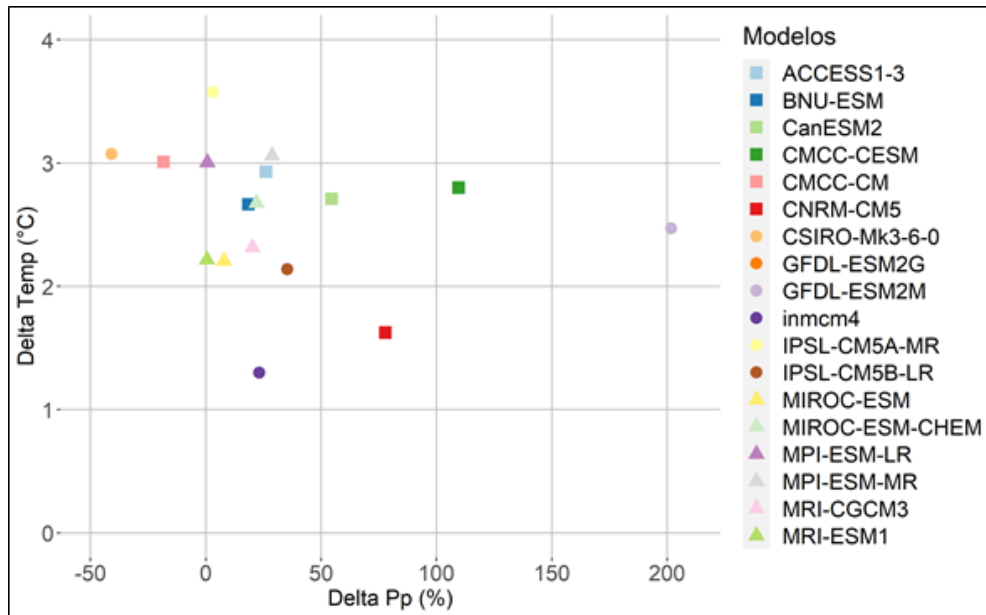
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–30: Dispersión de los cambios en precipitación (mínimo, promedio, máximo de la variación porcentual respecto del periodo de referencia histórico) para los escenarios RCP8.5 (CMIP5) y SSP585 (CMIP6), en tres periodos comparados.**



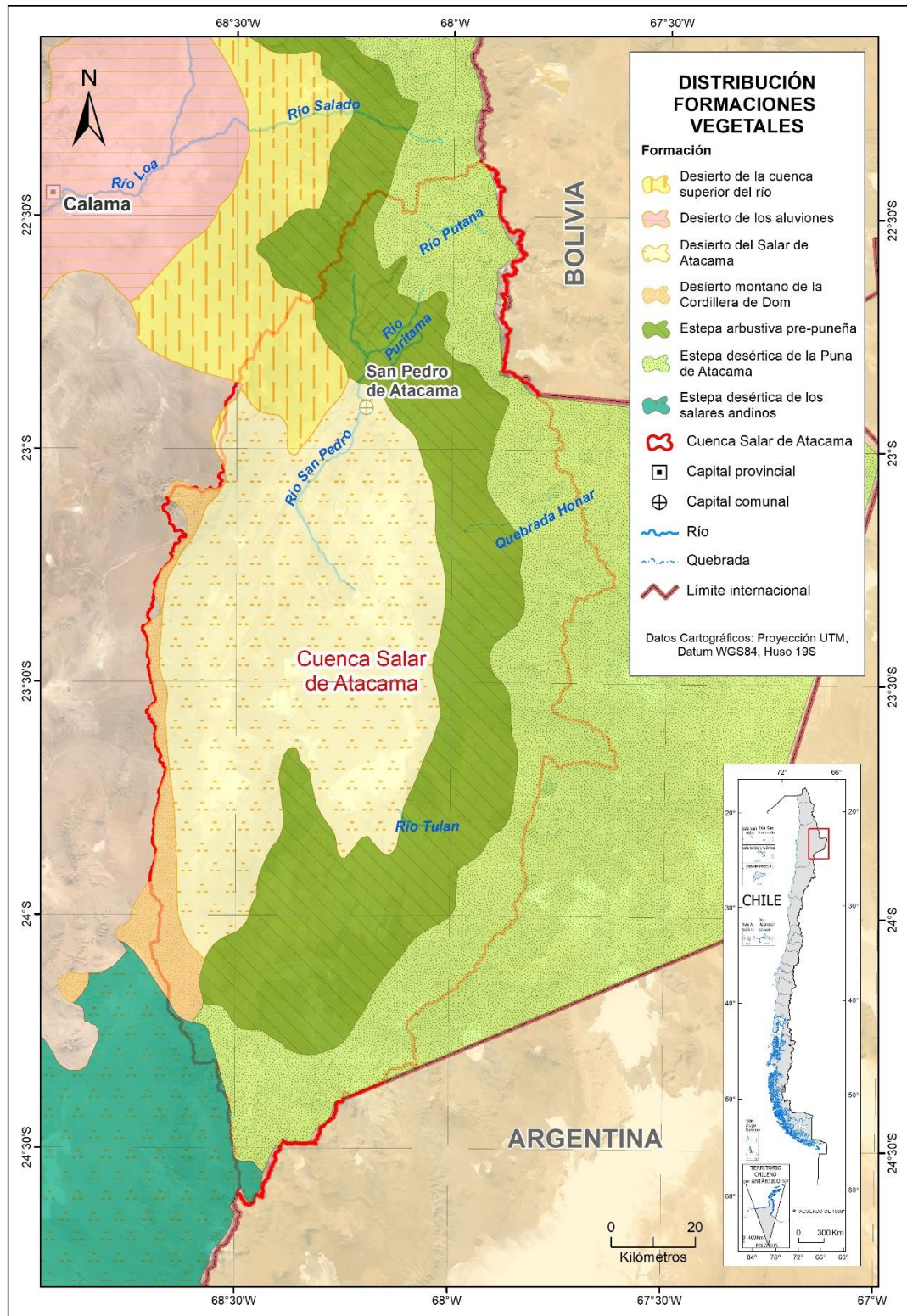
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–31: Dispersión de los cambios en temperatura media (mínimo, promedio, máximo de la variación absoluta respecto del periodo de referencia histórico) para los escenarios RCP8.5 (CMIP5) y SSP585 (CMIP6), en tres periodos comparados.**



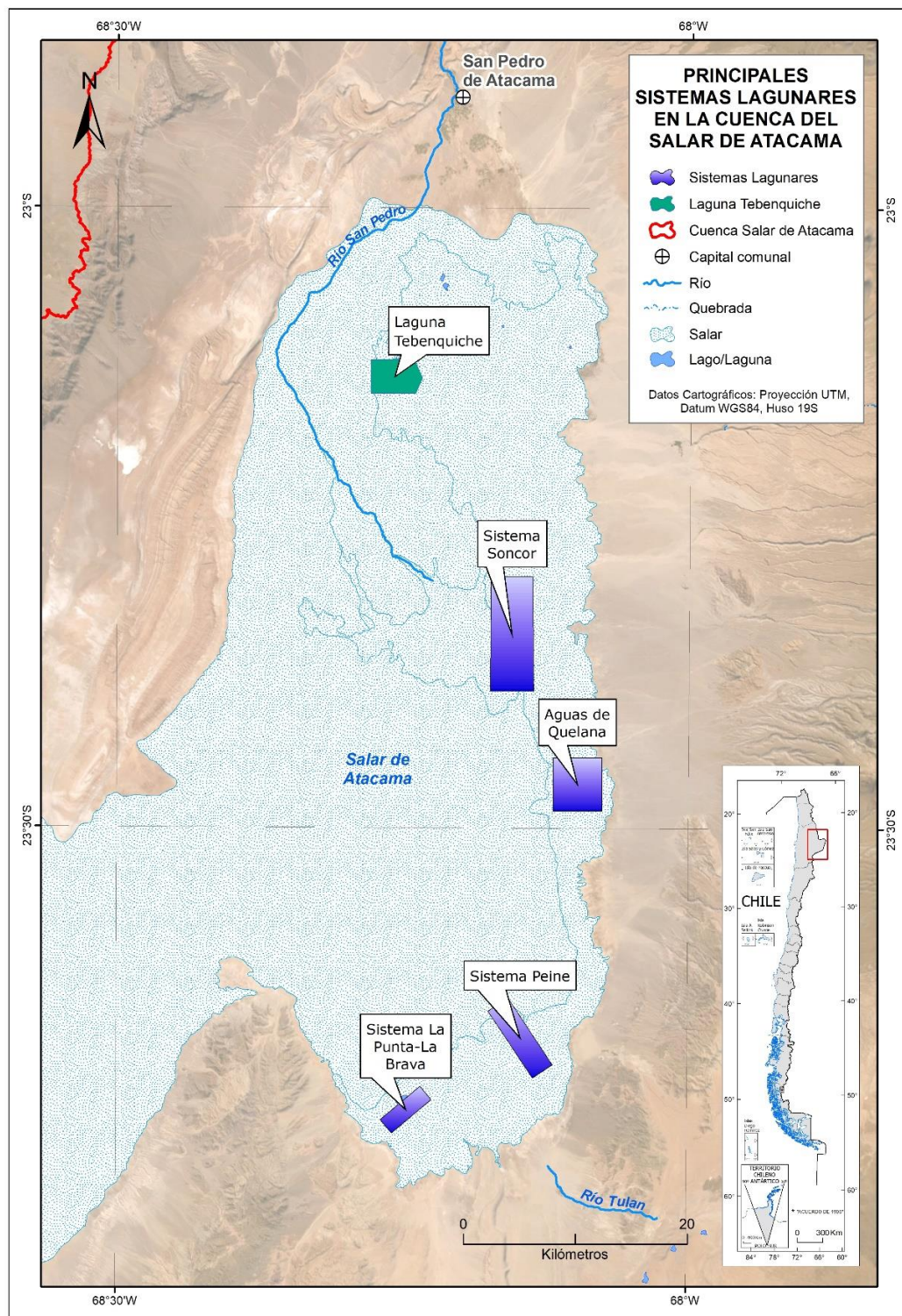
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2–32: Deltas de precipitación y temperatura en los 18 modelos CMIP5 disponibles contrastados entre el periodo histórico de control (1980-2010) y el futuro (2035-2065).**



Fuente: Elaboración propia a partir de Gajardo (1994)

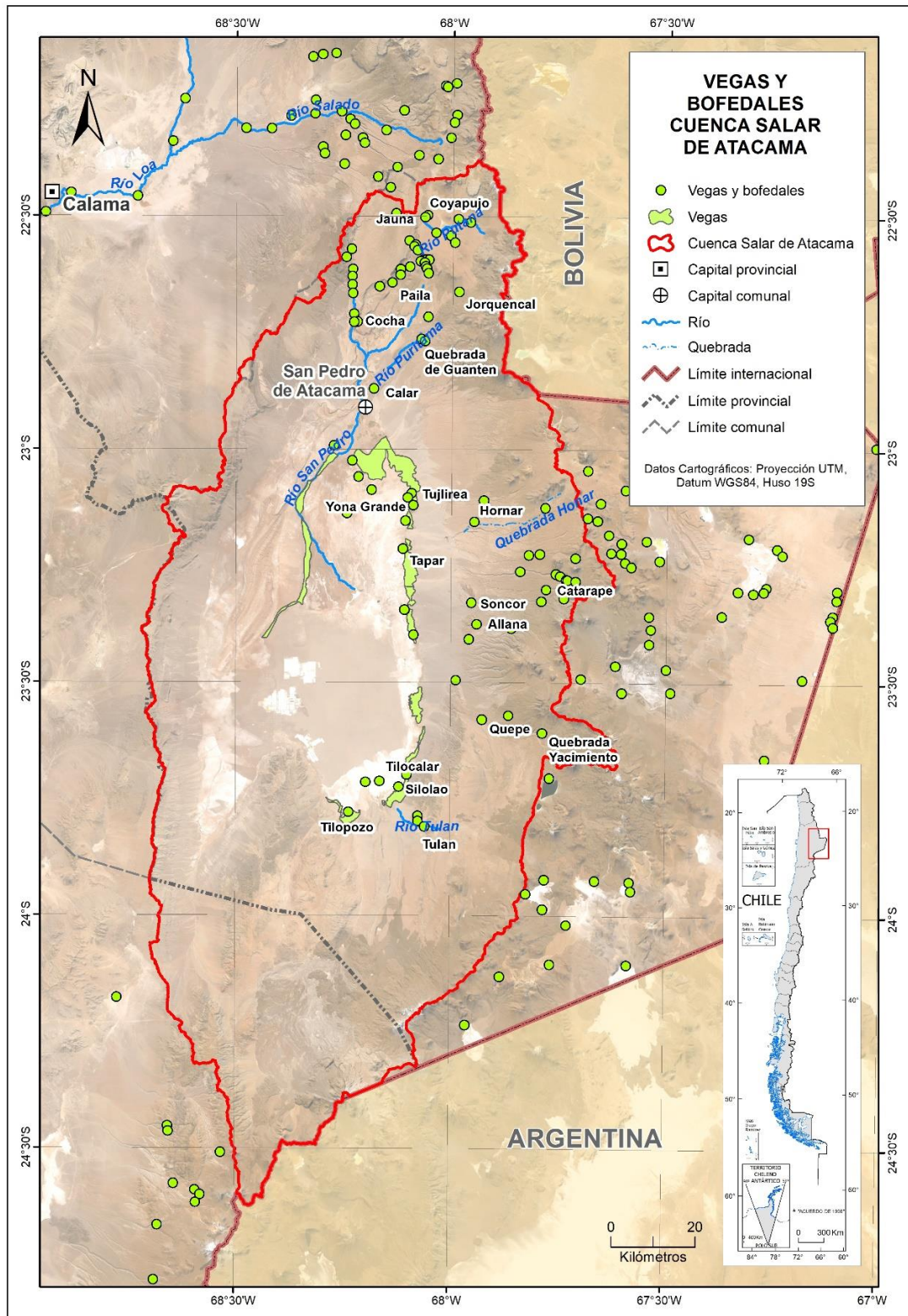
**Figura 2-33: Distribución de las formaciones vegetales zonales de la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Adaptado de Mapoteca CORFO-AMPHOS21 (2018)

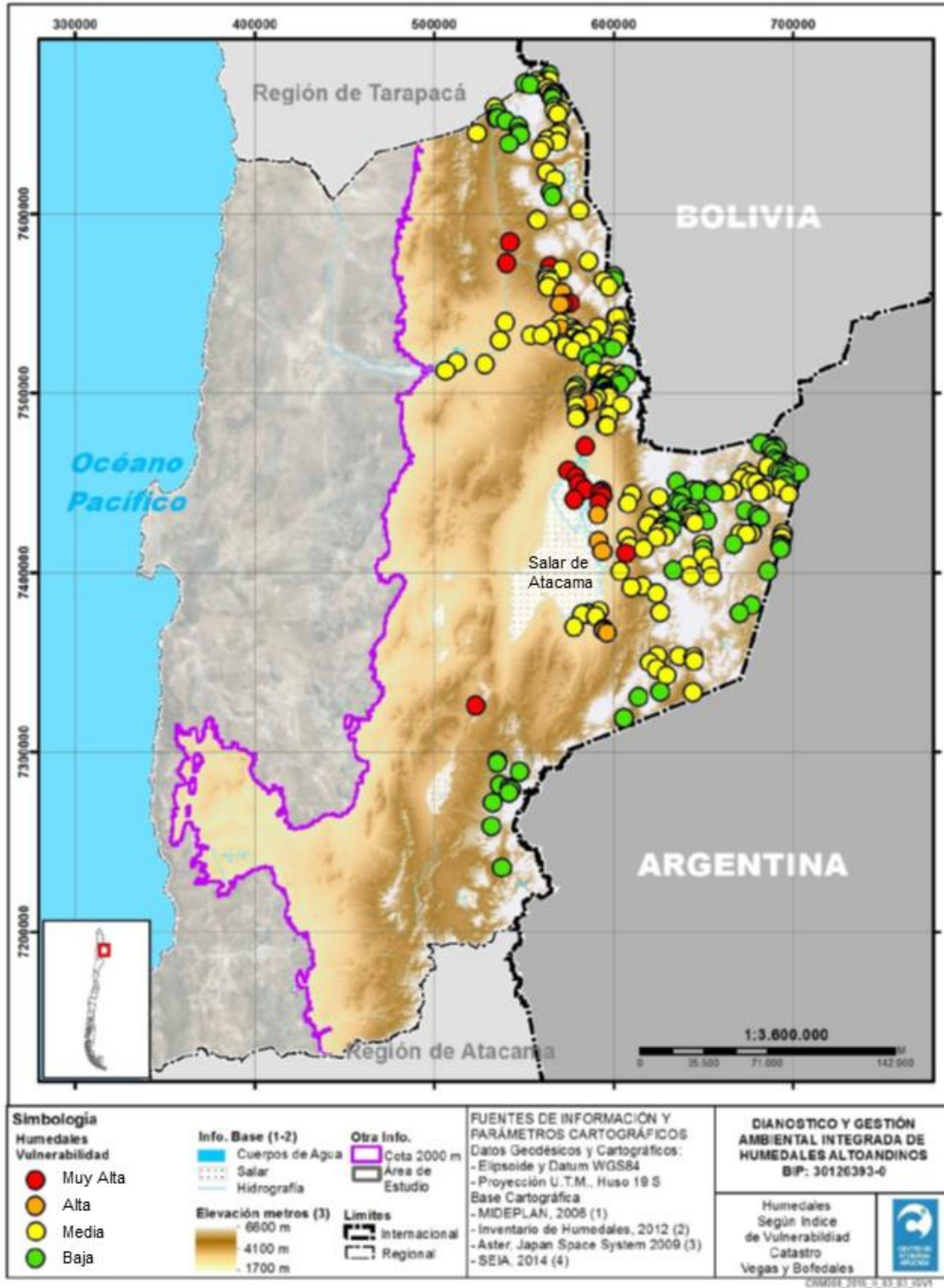
**Figura 2–34: Ubicación de los principales sistemas lagunares de la cuenca del Salar de Atacama.**

Nota: Se incorpora en la cartografía la ubicación de la laguna Tebenquiche, la que se encuentra descrita en el acápite 2.3.1.3.



Fuente: Elaboración propia a partir de información pública del MMA

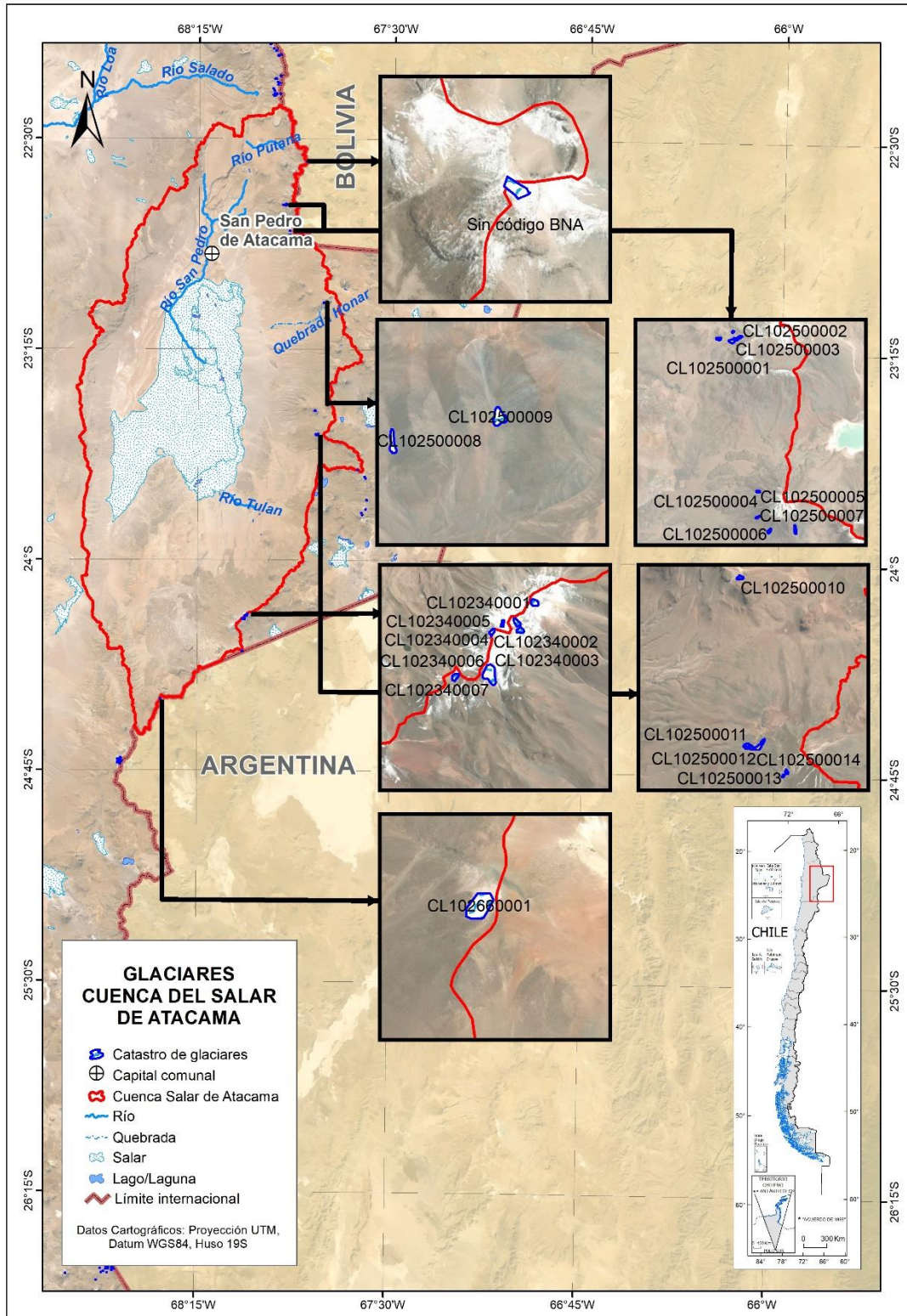
**Figura 2-35: Distribución geoespacial de vegas y bofedales de la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: SITHA-CIREN (CEA, 2015)

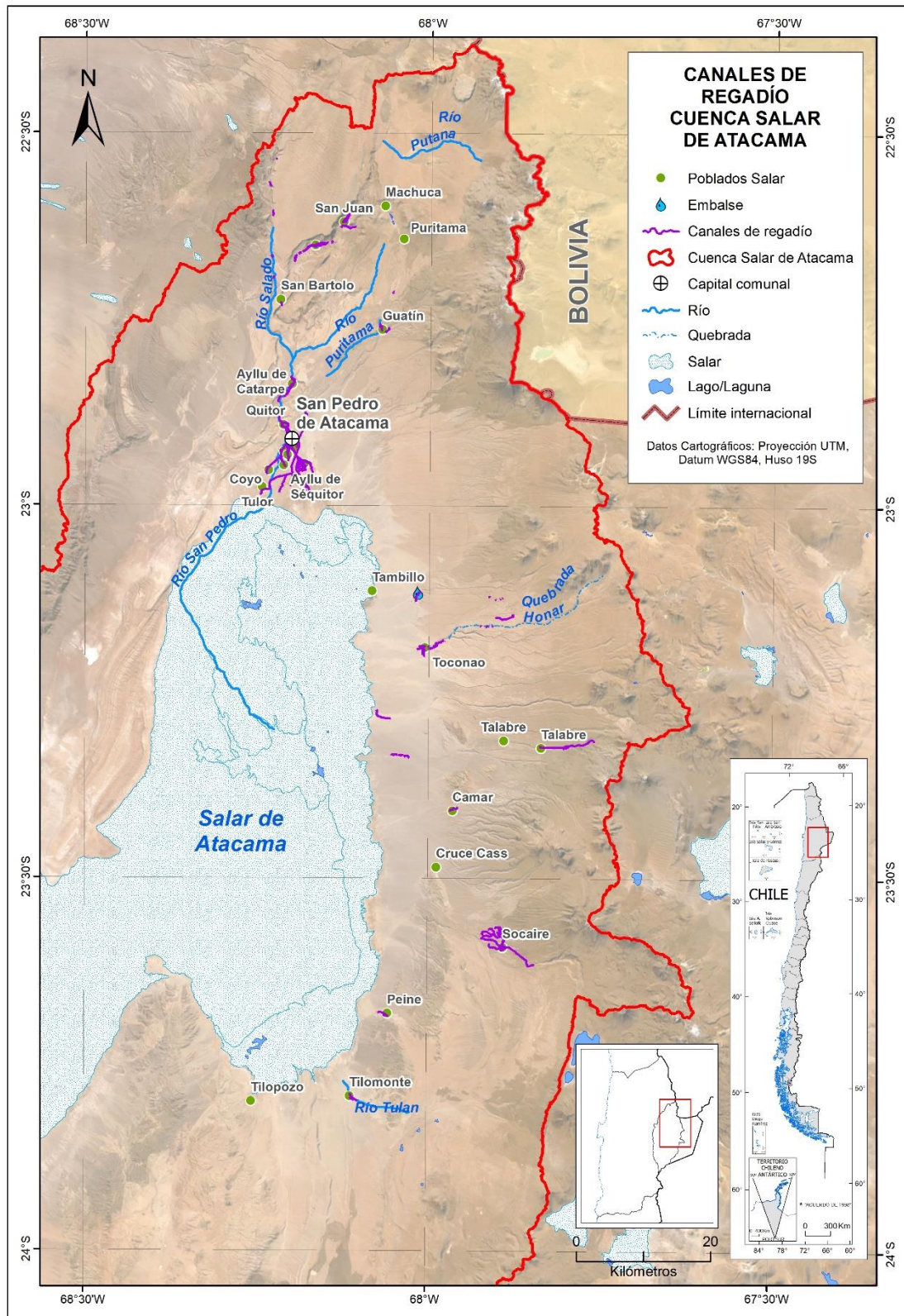
**Figura 2–36: Distribución geográfica de humedales según el Indicador de Vulnerabilidad y Catastro de Vegas y Bofedales.**





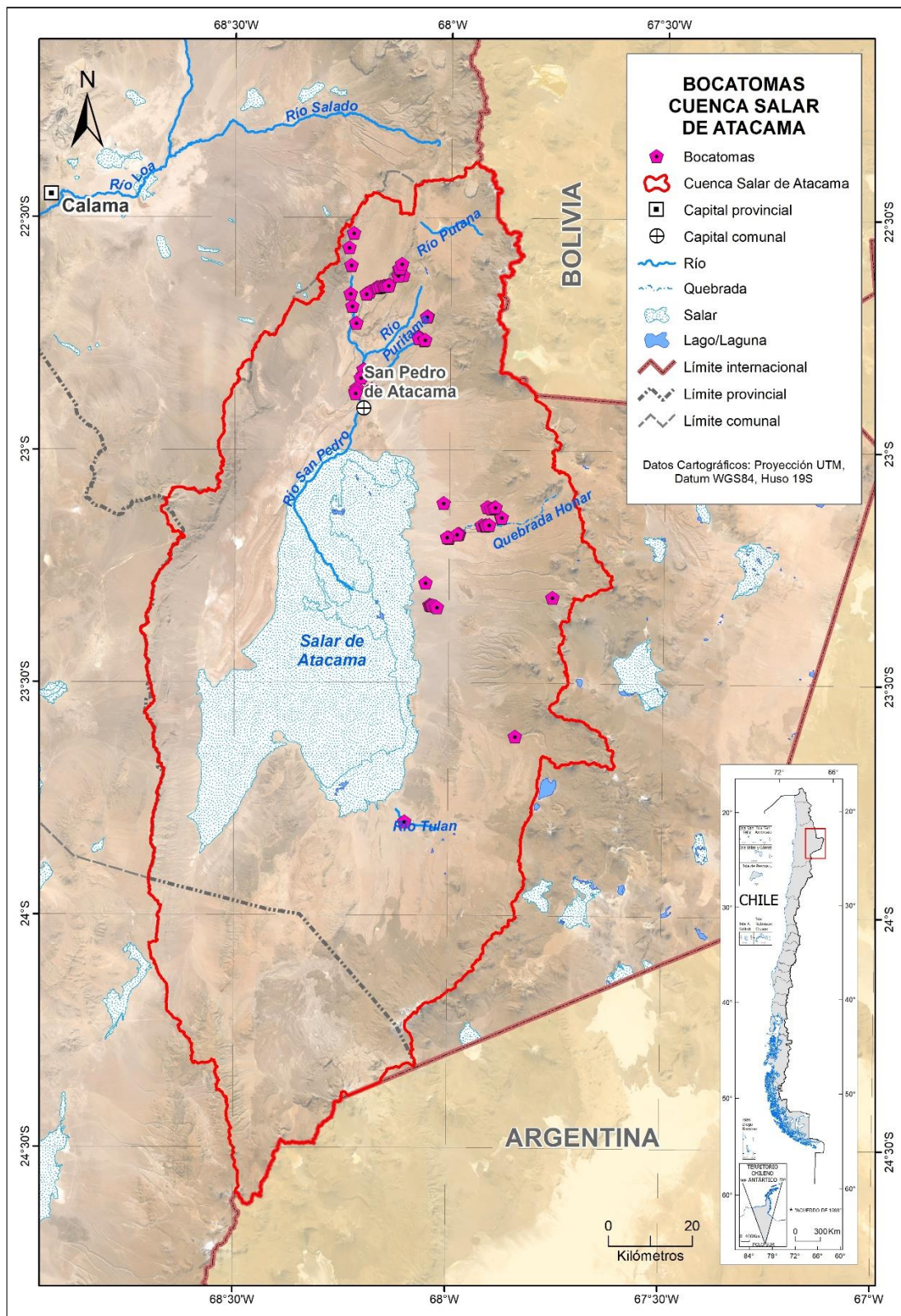
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGA

**Figura 2–37: Distribución espacial de los glaciares reconocidos por la DGA en la cuenca del Salar de Atacama.**



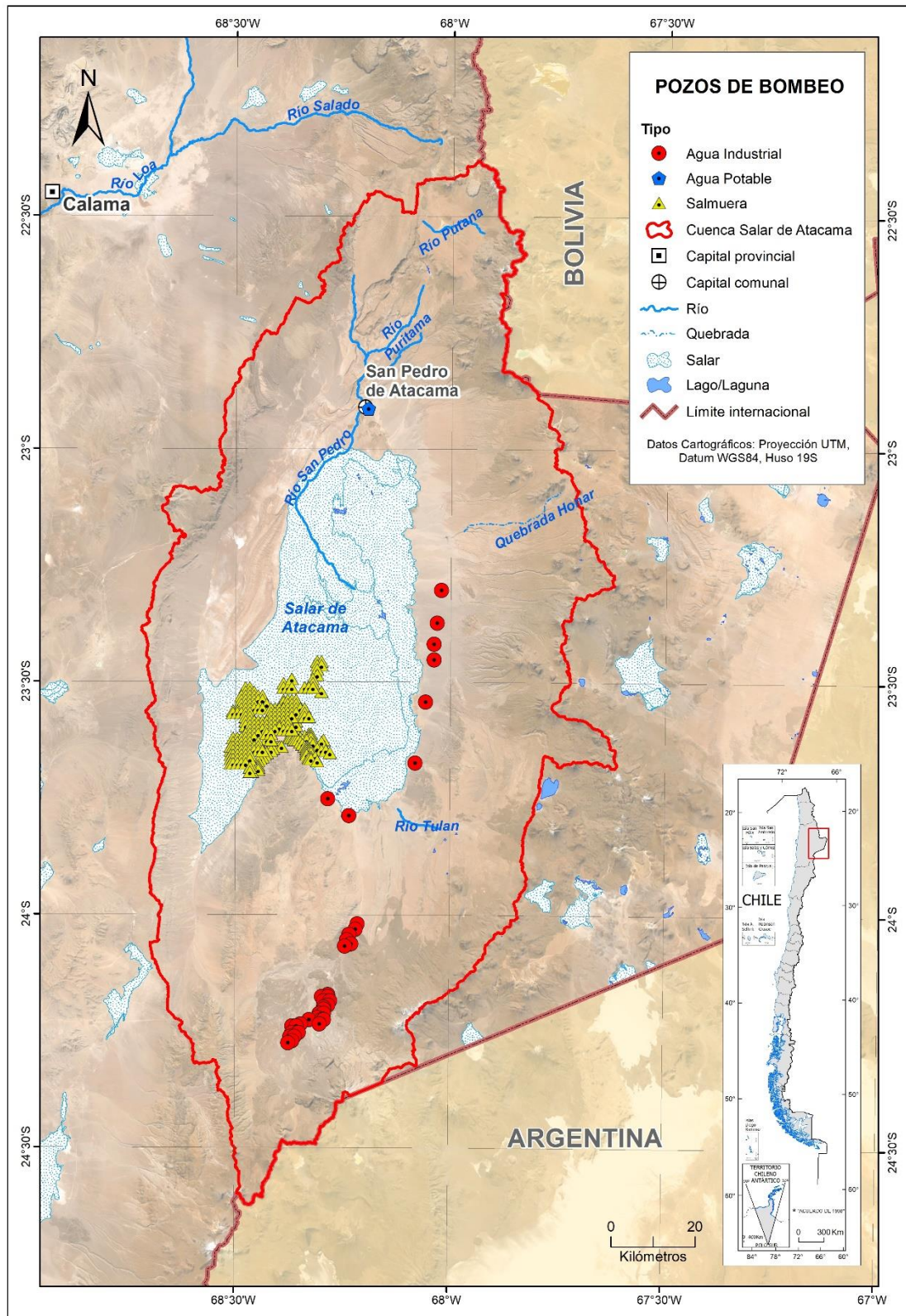
Fuente: Elaboración propia a partir de CNR-Arrau (2014)

**Figura 2-38: Red de canales de regadío en la cuenca del Salar de Atacama.**

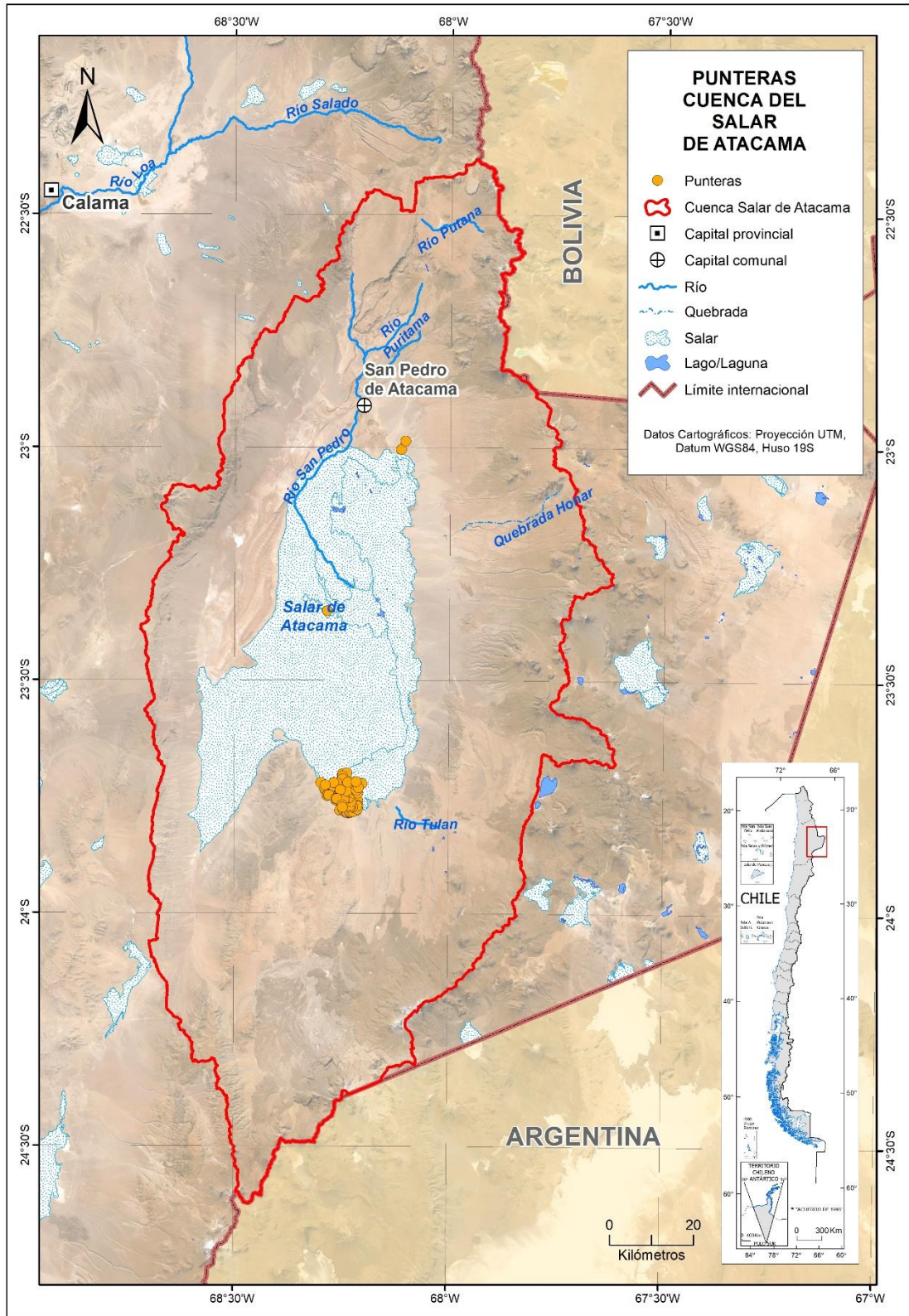


Fuente: Elaboración propia a partir de CNR-Arrau (2014)

**Figura 2-39: Red de bocatomas en la cuenca del Salar de Atacama.**

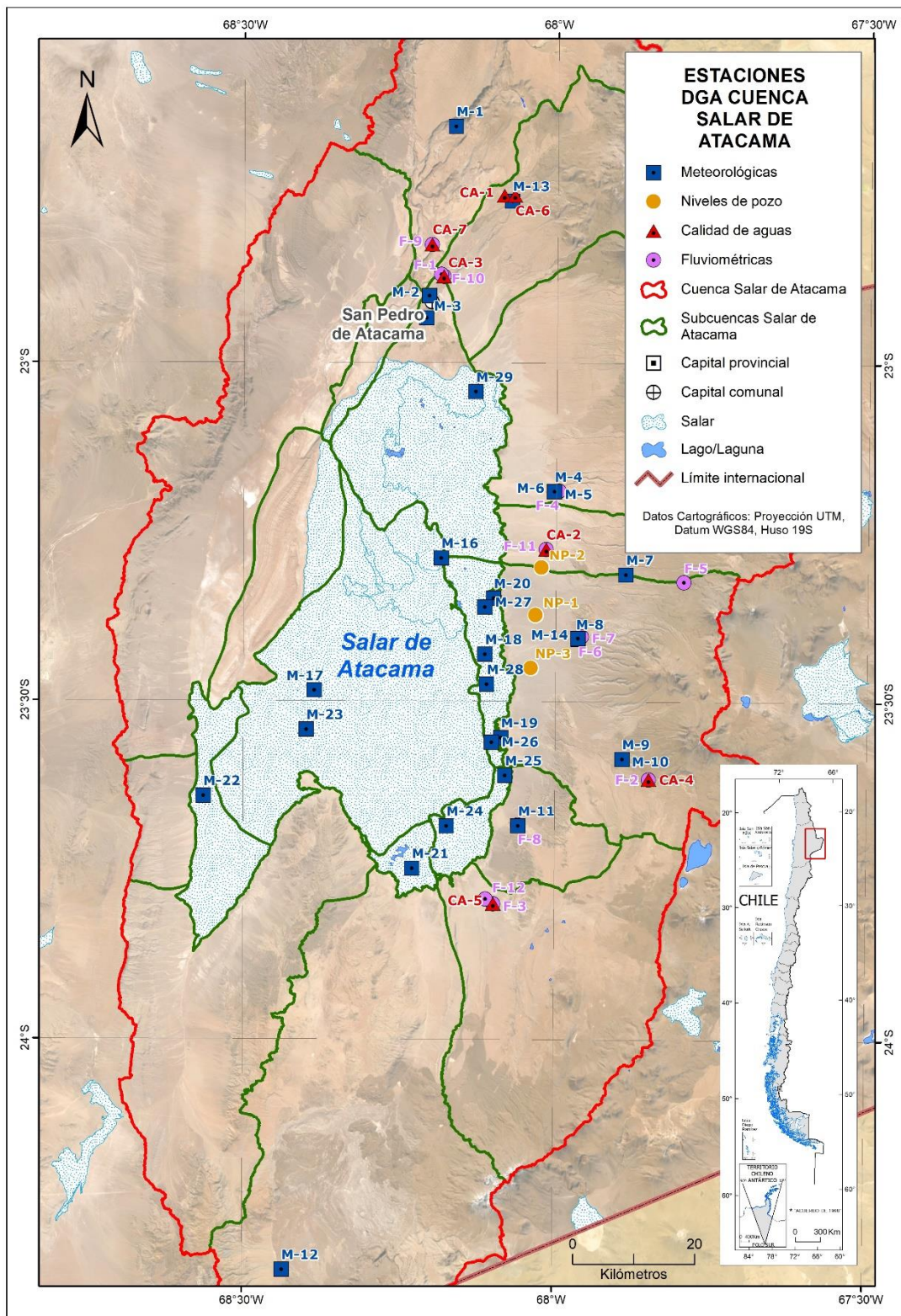


Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-Amphos21 (2018), SMA y SEA  
**Figura 2-40: Red de pozos de bombeo en la cuenca del Salar de Atacama.**



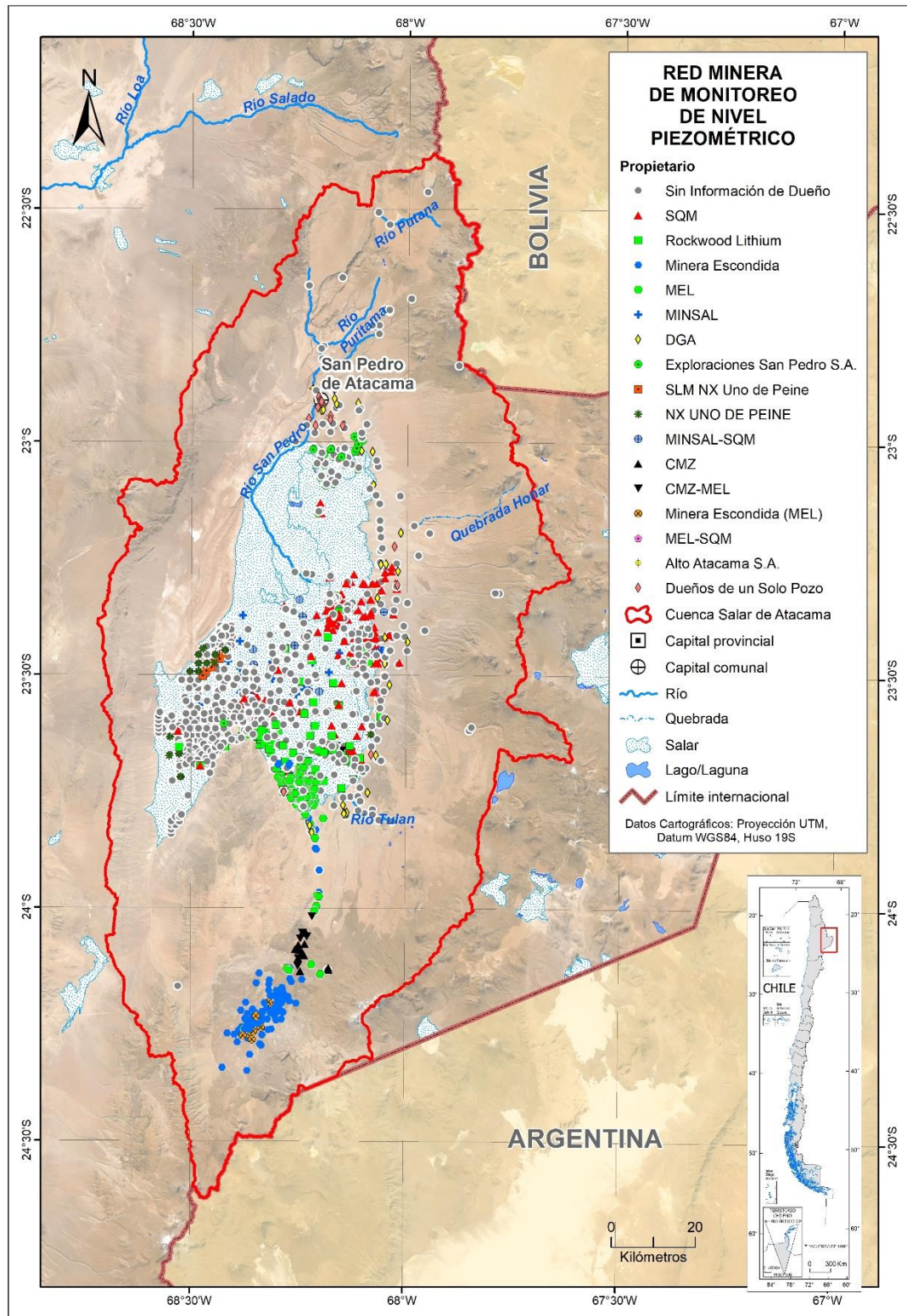
Fuente: Elaboración propia a partir de Mapoteca DGA (2021a)

**Figura 2-41: Red de punteras en la cuenca del Salar de Atacama.**

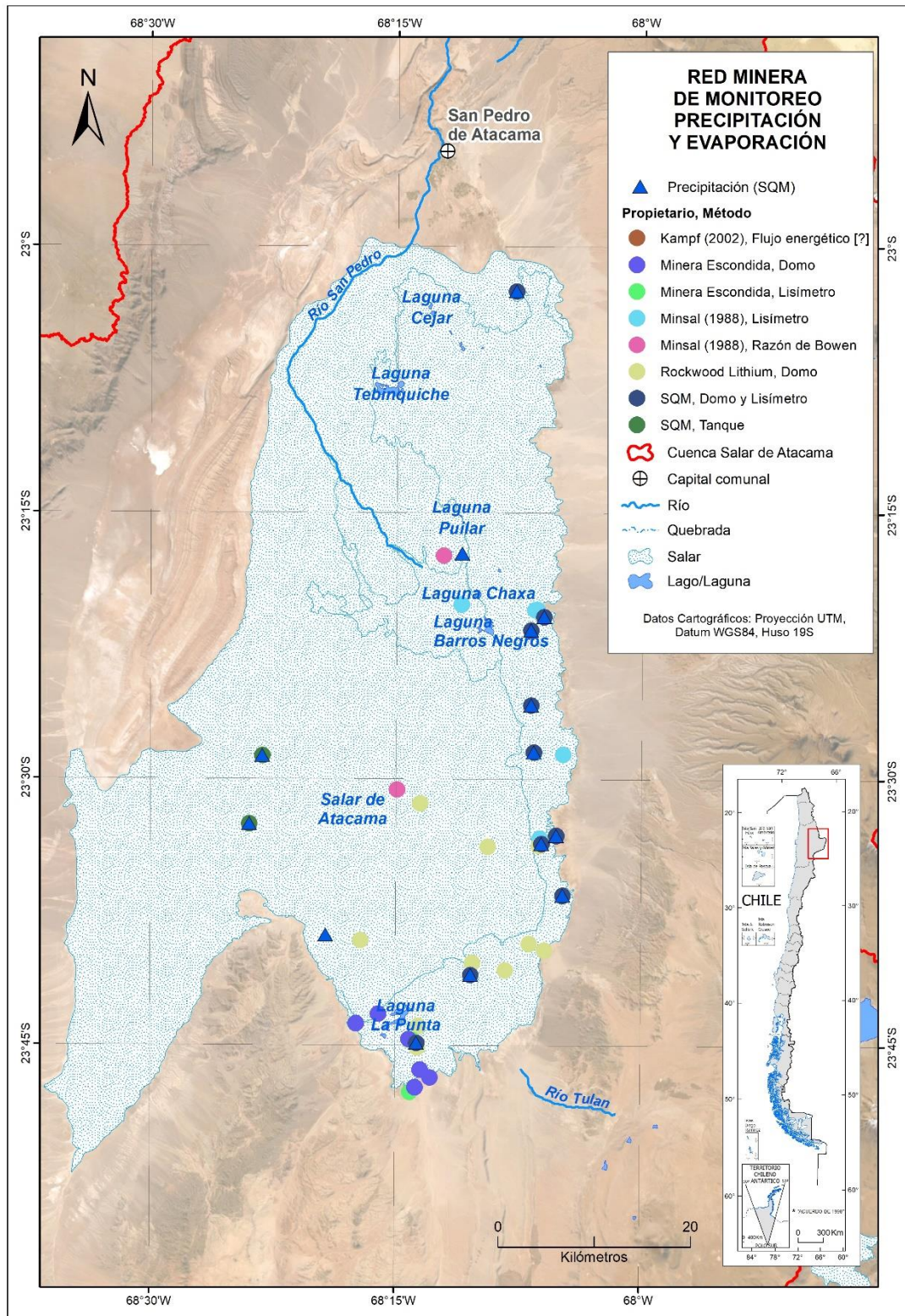


Fuente: Elaboración propia a partir de DGA BNASIGIRH (2019)

**Figura 2-42: Localización espacial de los distintos tipos de estaciones distribuidas en la cuenca del Salar de Atacama.**

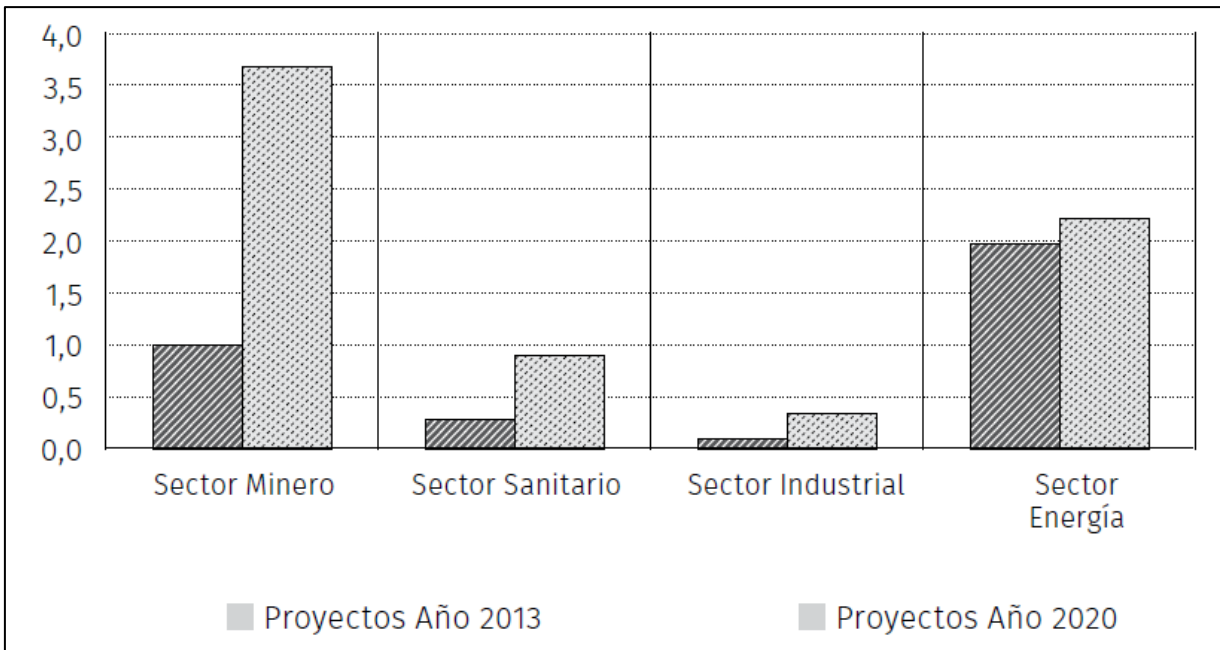


Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-Amphos21 (2018), SMA y el SEA  
**Figura 2-43: Puntos de la red de monitoreo de nivel piezométrico de propiedad minera.**



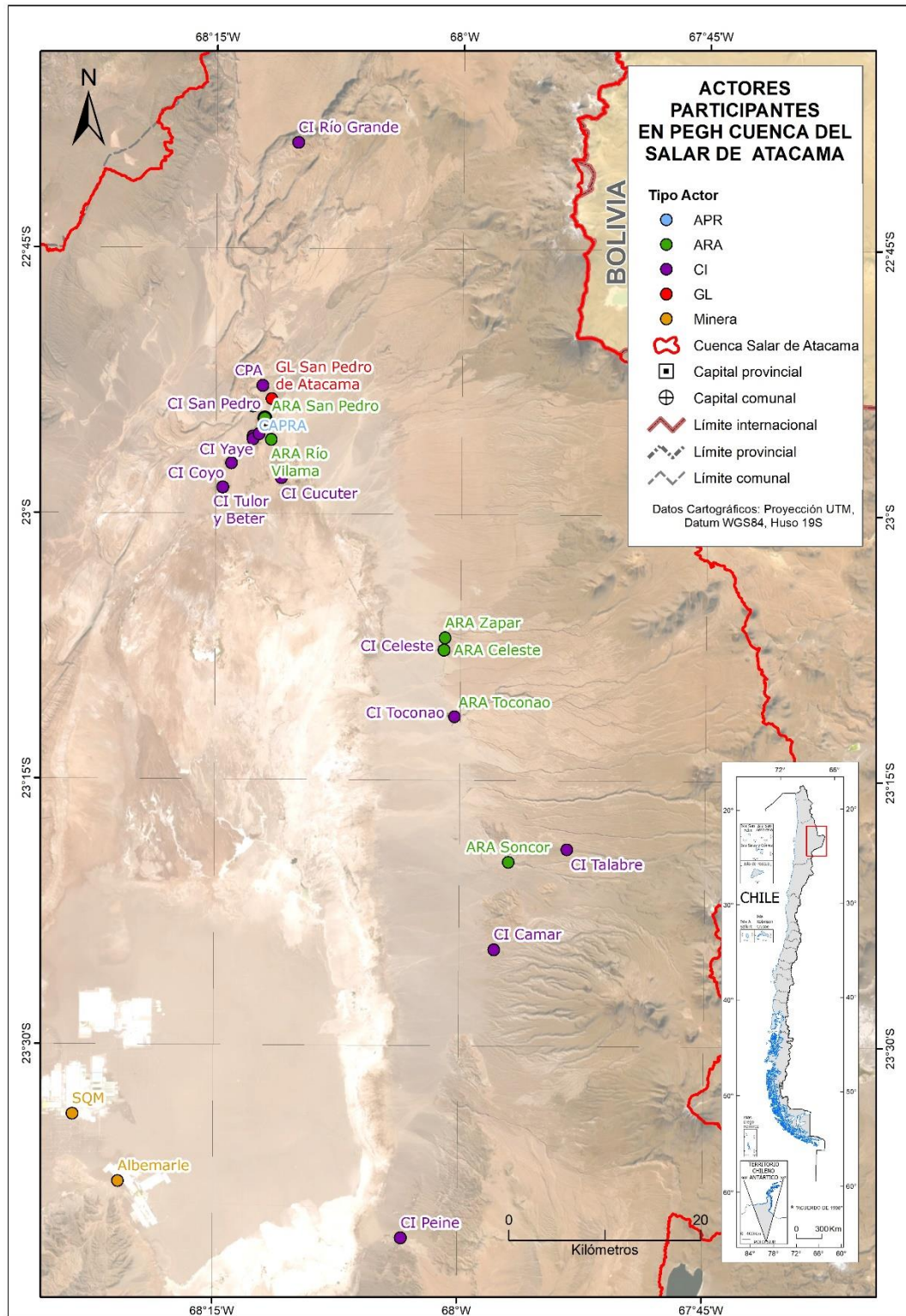
Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-Amphos21 (2018), SMA y SEA  
**Figura 2-44: Puntos de la red de monitoreo de evaporación y precipitación de propiedad minera.**





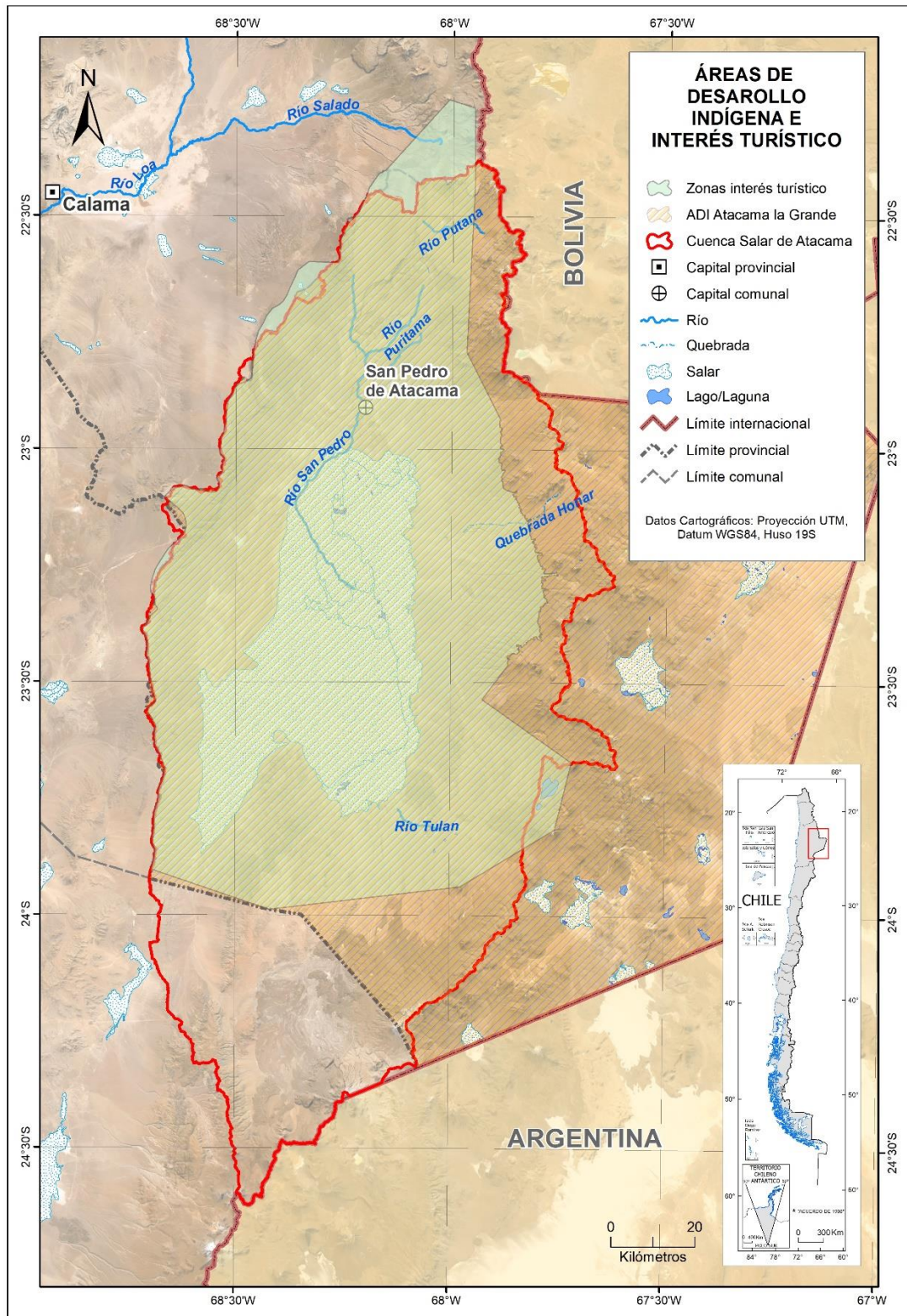
Fuente: Instituto de Políticas Públicas, CEITSAZA, Centro de Estudios en Derecho de Recursos Naturales, Centro Cambio Global UC, CEDEUS (2014)

**Figura 2-45: Proyectos con uso de agua de mar en Región de Antofagasta (en m³/s).**



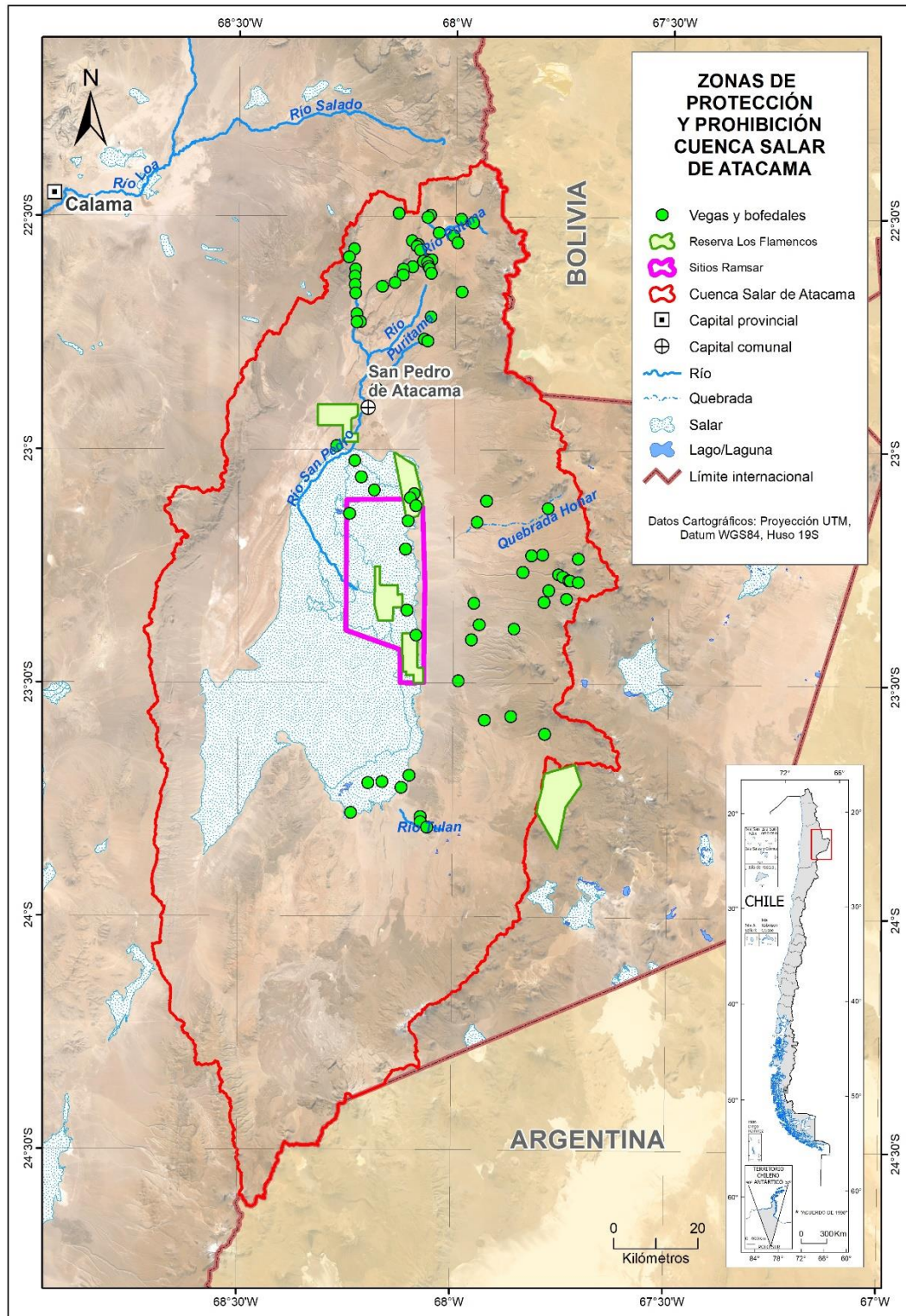
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-46: Distribución de actores participantes de las actividades del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca del Salar de Atacama.**



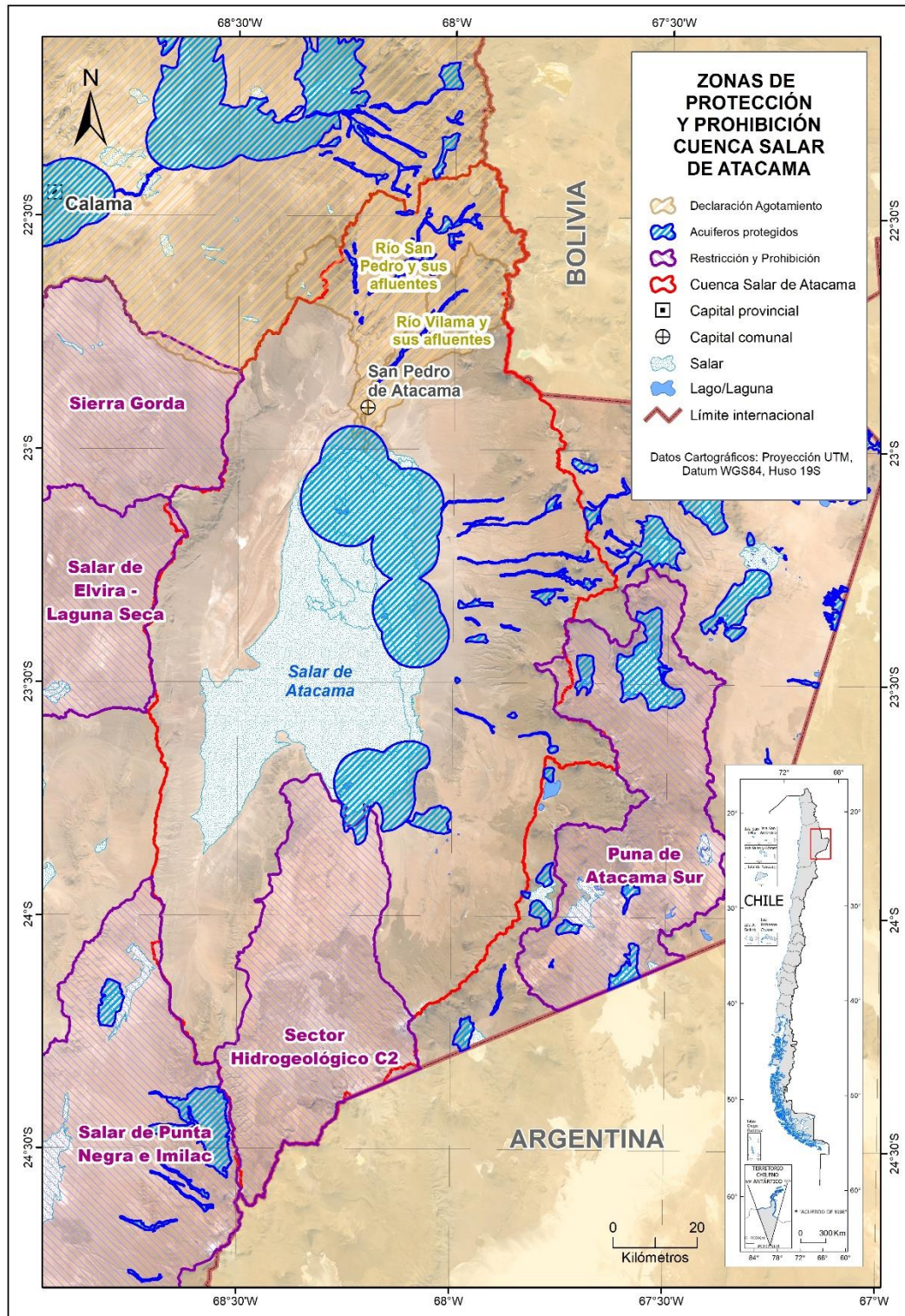
Fuente: CORFO-PUC (2021)

**Figura 2-47: Intersección entre el polígono de la ADI Atacama La Grande y la ZOIT de la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: CORFO-PUC (2021)

**Figura 2-48: Intersección de reservas nacionales, vegas, bofedales y sitios RAMSAR que restringen el otorgamiento de nuevos derechos o el ejercicio de derechos existentes.**

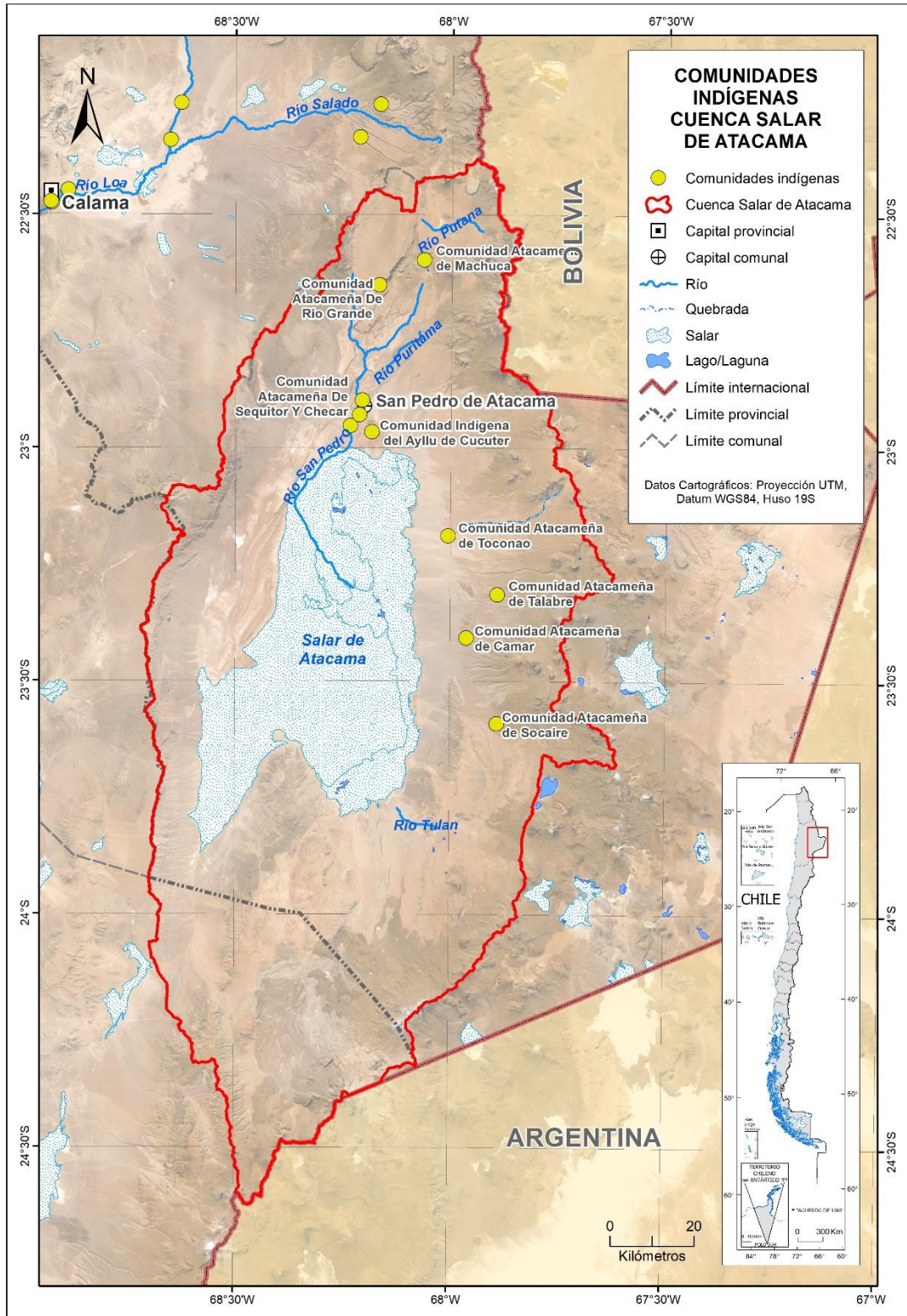


Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-PUC 2021

**Figura 2-49: Intersección de zonas de restricción y prohibición, declaraciones de agotamiento y acuíferos protegidos que restringen el otorgamiento de nuevos derechos o el ejercicio de derechos existentes.**

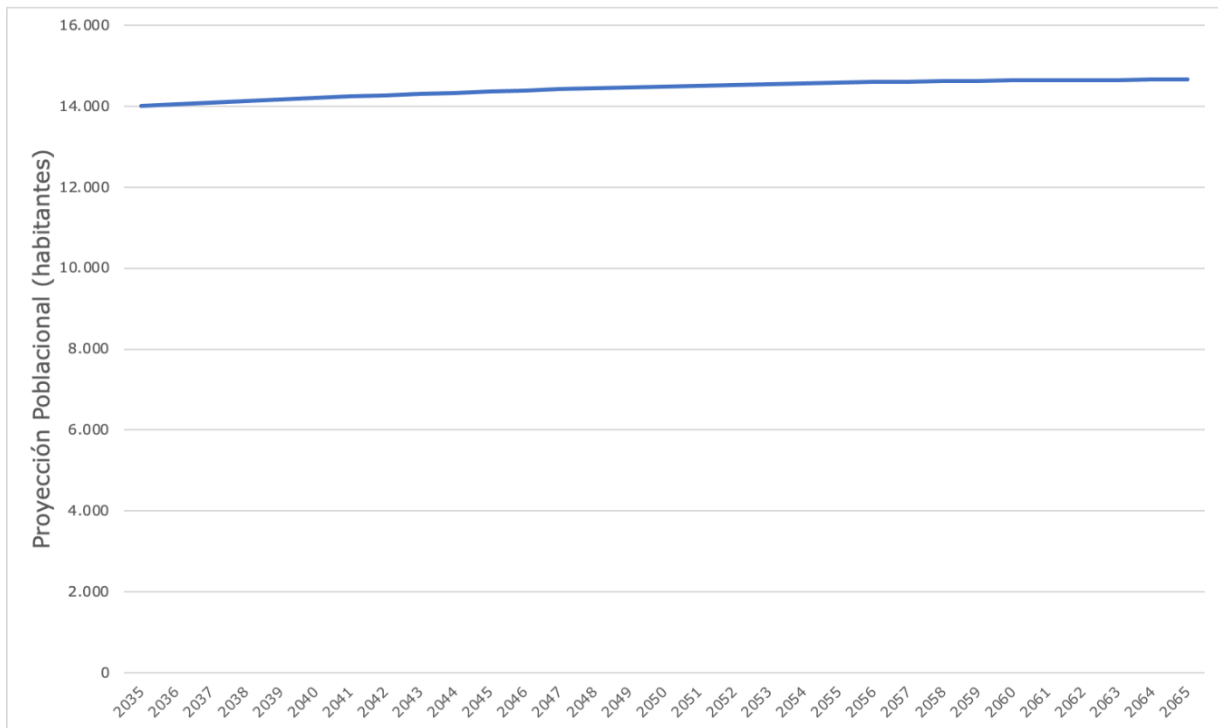
### **CAPÍTULO 3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL DE RECURSOS HÍDRICOS PARA DIFERENTES USOS**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro del Capítulo 3 del informe final.



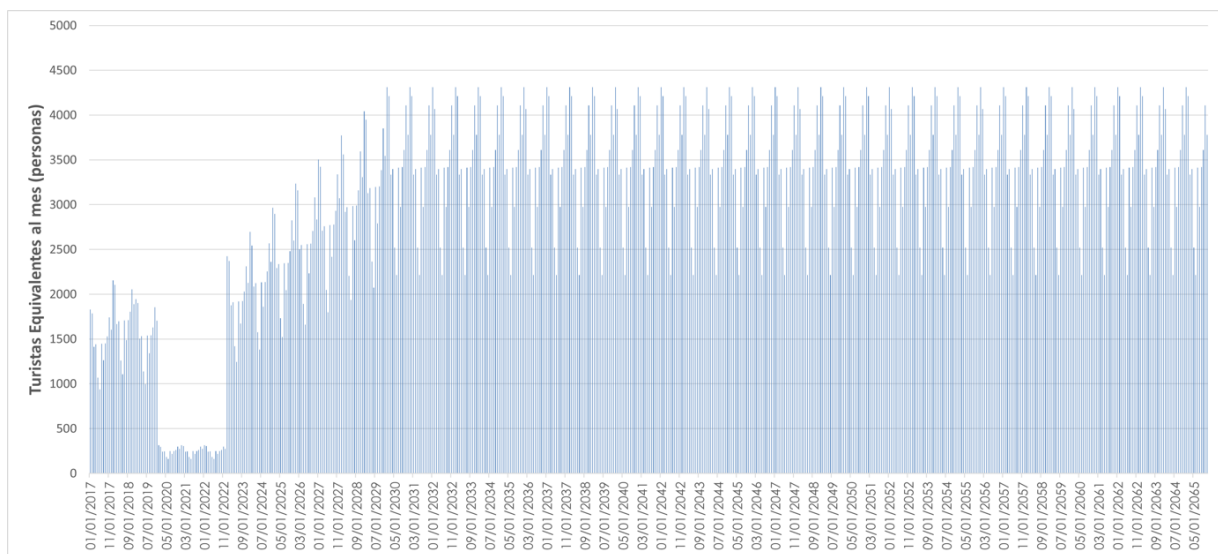
Fuente: CORFO-PUC (2021) en base a información de CONADI-Ingeland (2016)

**Figura 3–1: Distribución de comunidades indígenas en la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Elaboración propia a partir de INE (varios años)

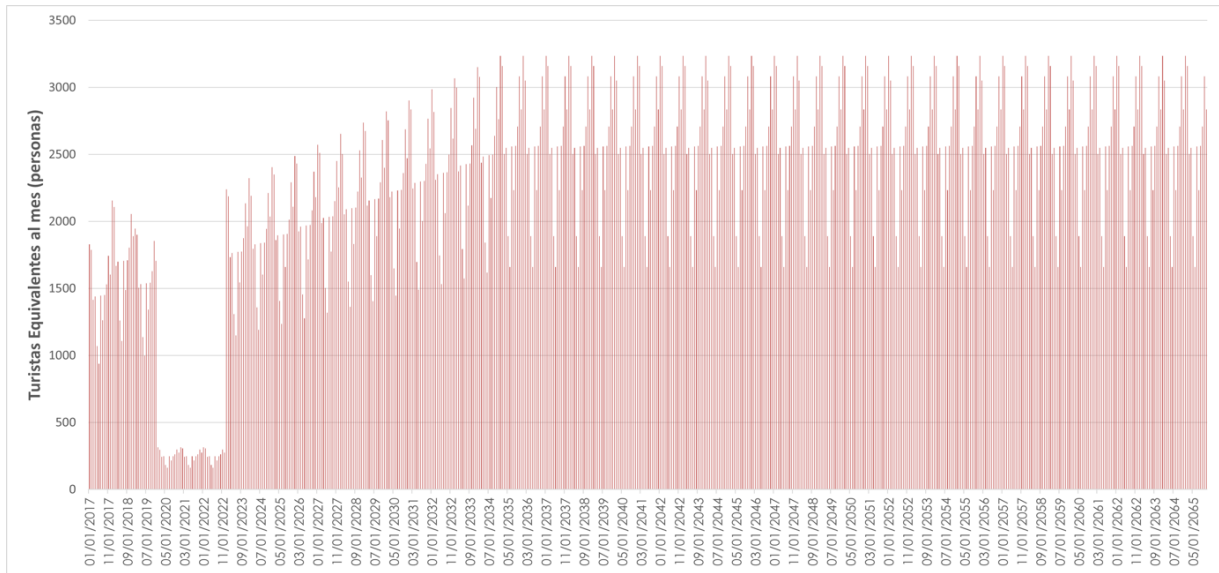
**Figura 3-2: Proyección poblacional período 2025-2065 en la cuenca de San Pedro de Atacama.**



Fuente INE (varios años) y CONAF (varios años)

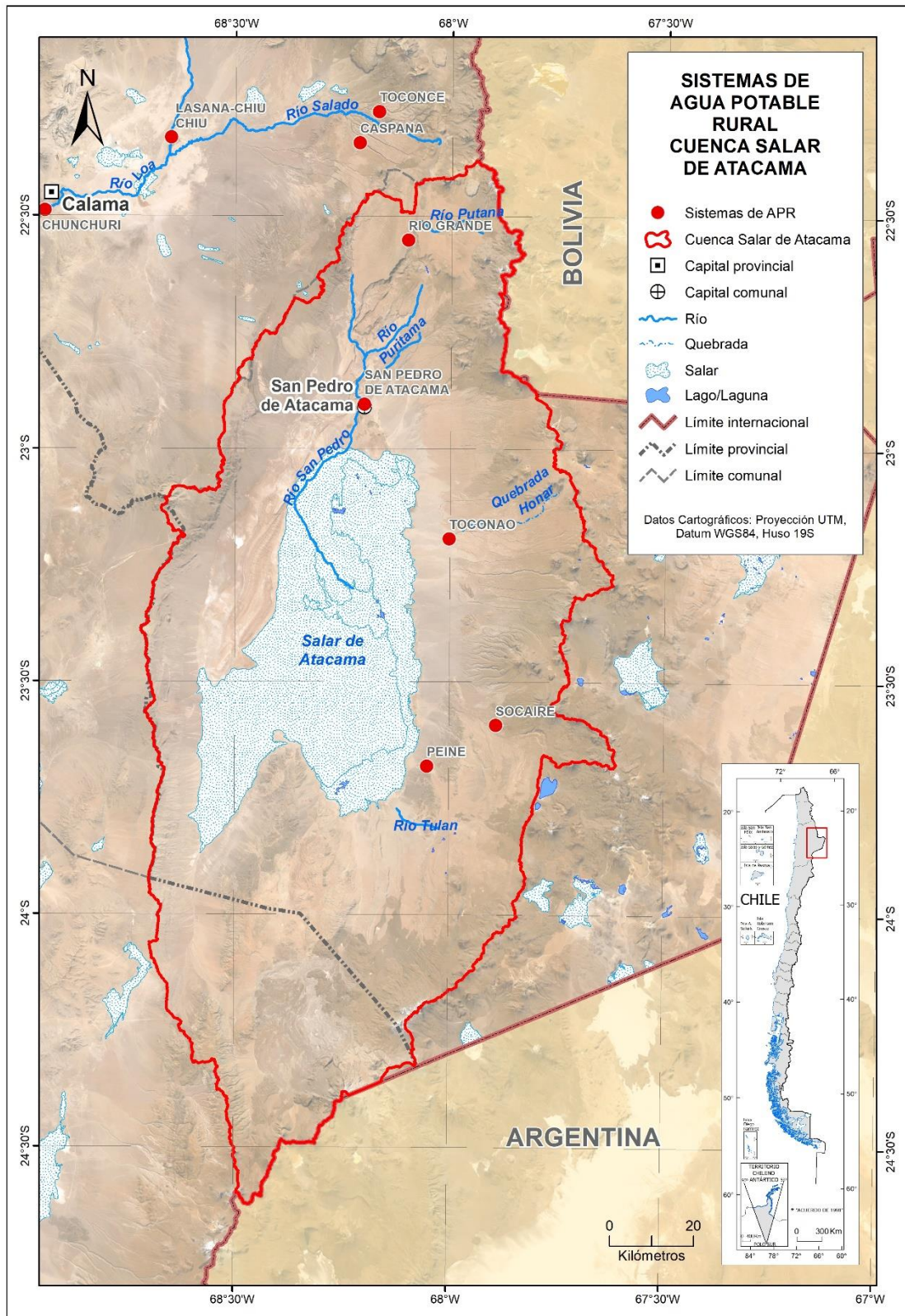
**Figura 3-3: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario alto crecimiento.**





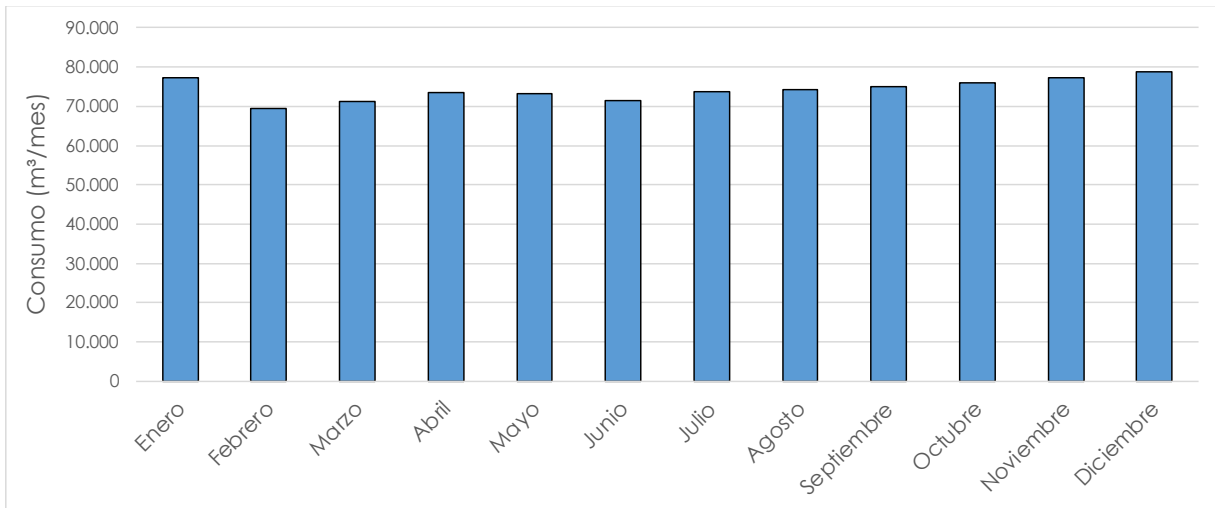
Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

**Figura 3–4: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario moderado crecimiento.**



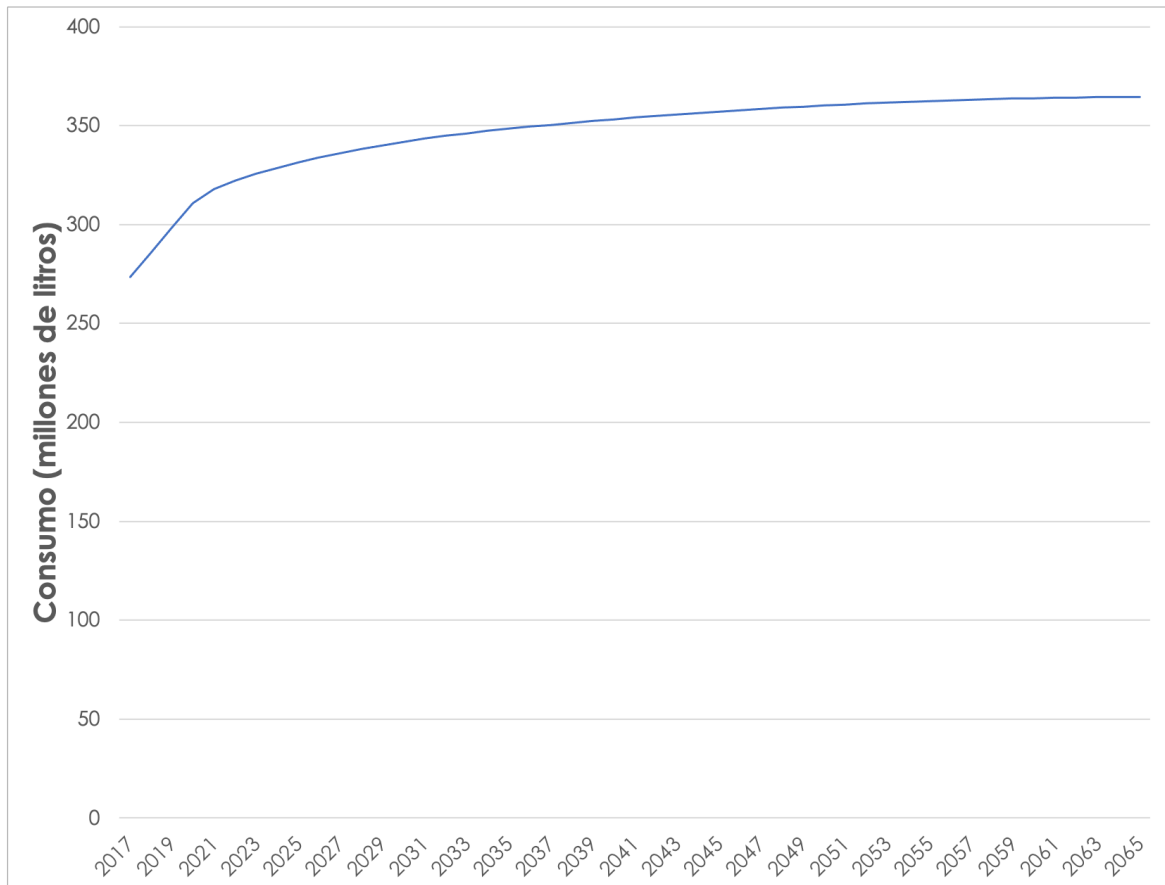
Fuente: CORFO-PUC (2021) en base a información DOH (MOP)

**Figura 3-5: Ubicación de Comité APR en la cuenca del Salar de Atacama.**



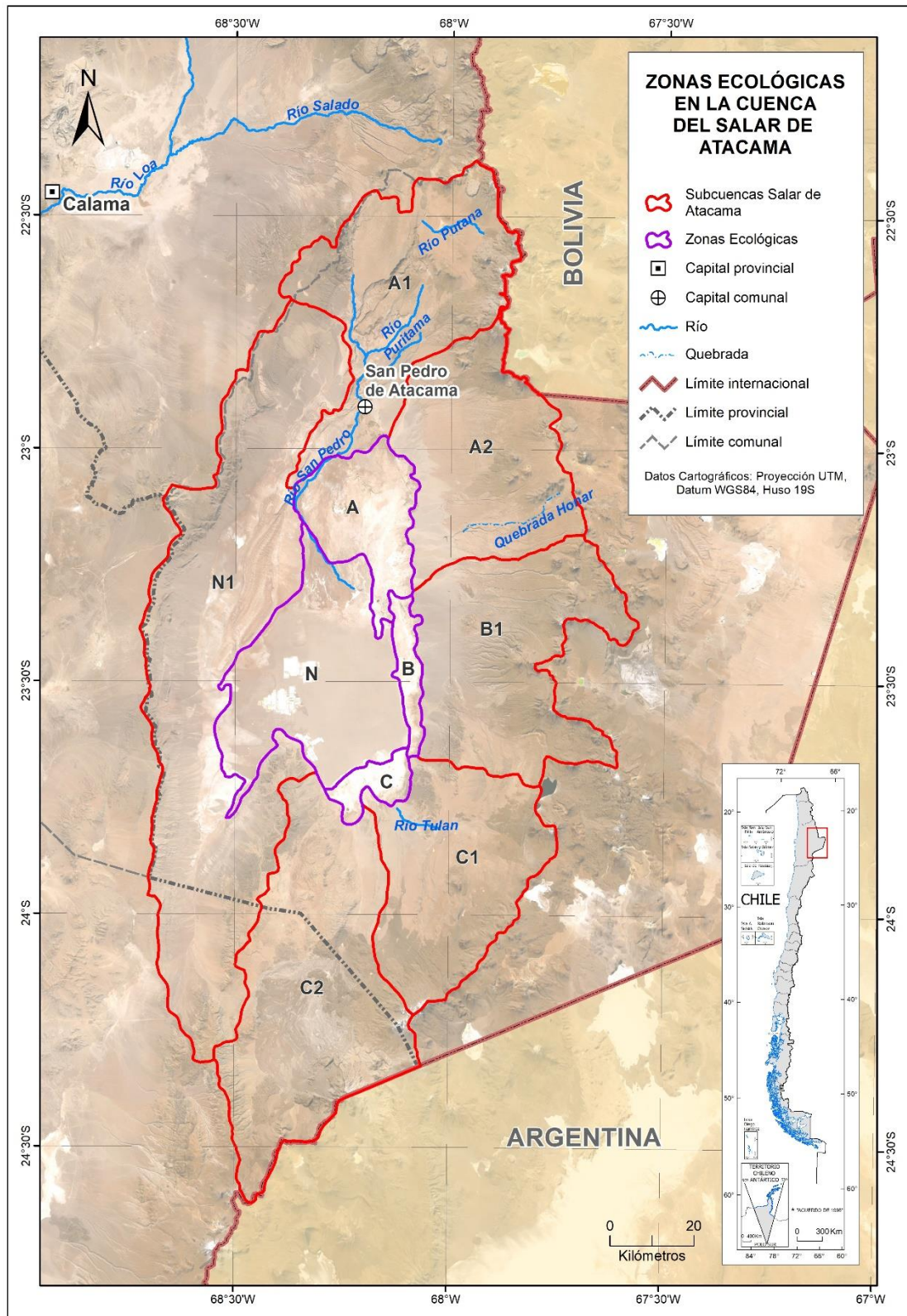
Elaboración propia en base a datos proporcionados por CAPRA

**Figura 3-6: Consumo mensual promedio de agua potable en San Pedro de Atacama para el año 2019.**



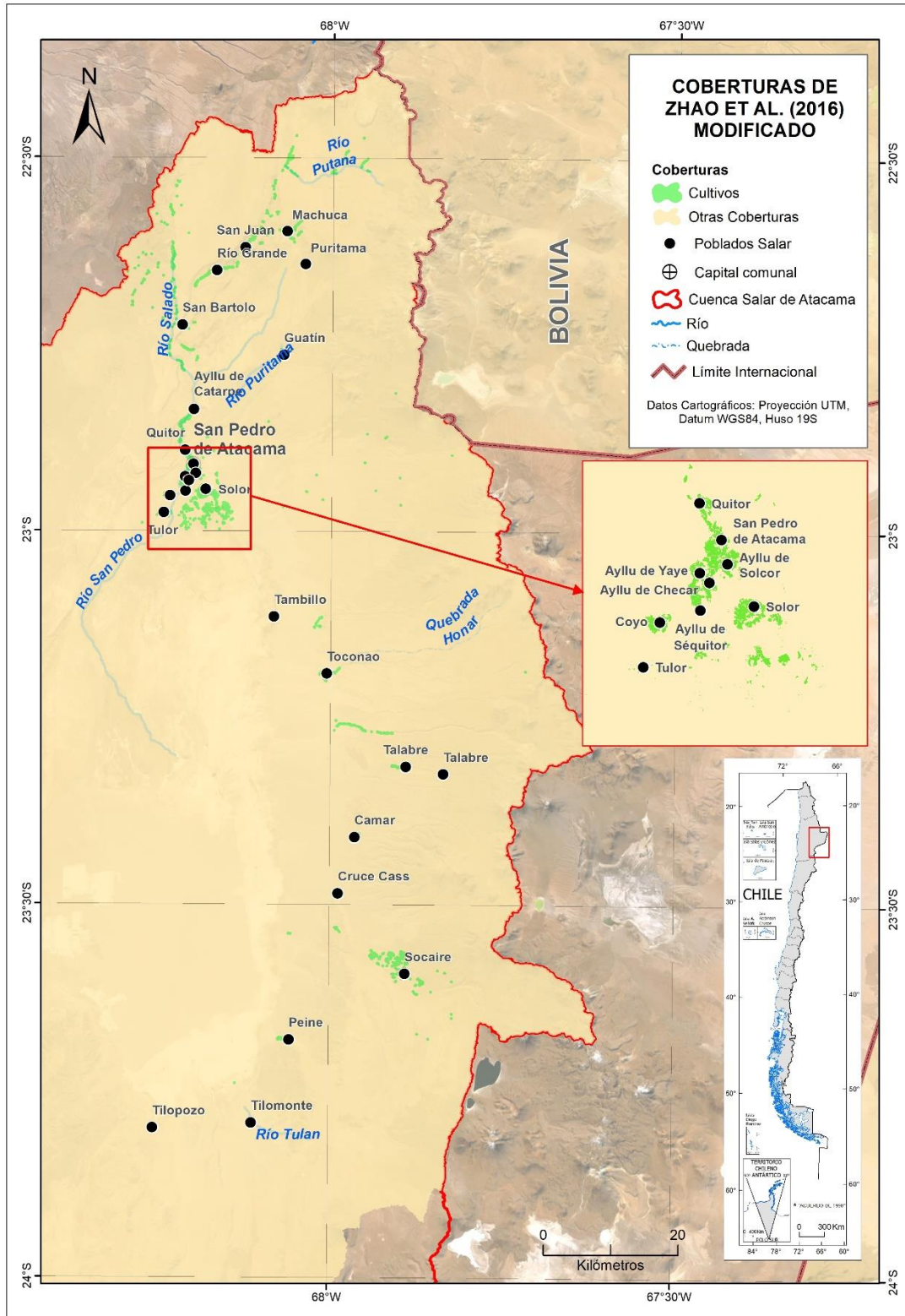
Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-PUC (2021)

**Figura 3-7: Consumo de agua en el pueblo de San Pedro de Atacama asociado al turismo.**



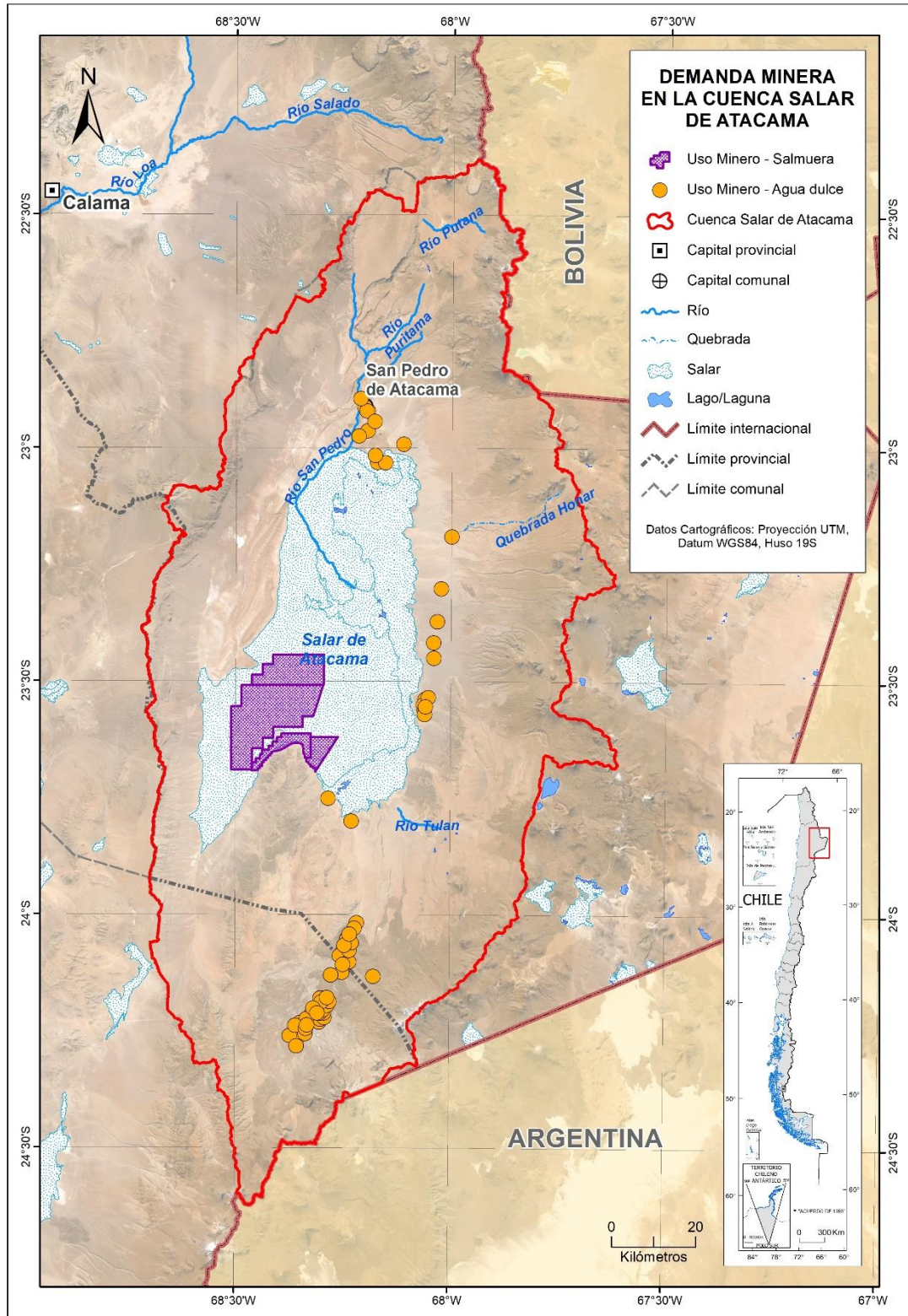
Fuente: DGA (2013)

**Figura 3-8: Zonas ecológicas definidas en la cuenca del Salar de Atacama.**



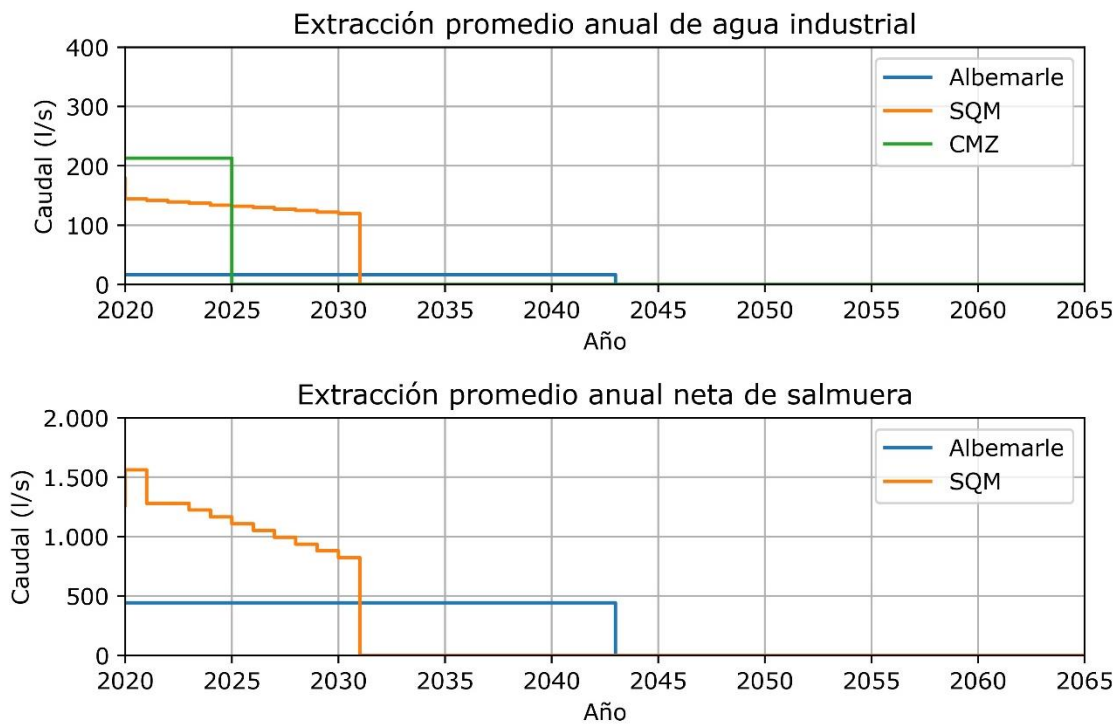
Fuente: CORFO-PUC (2021) a partir de Zhao et al. (2016), MMA (2020) y CEA (2015)

**Figura 3–9: Distribución espacial de coberturas dentro de la cuenca del Salar de Atacama.**



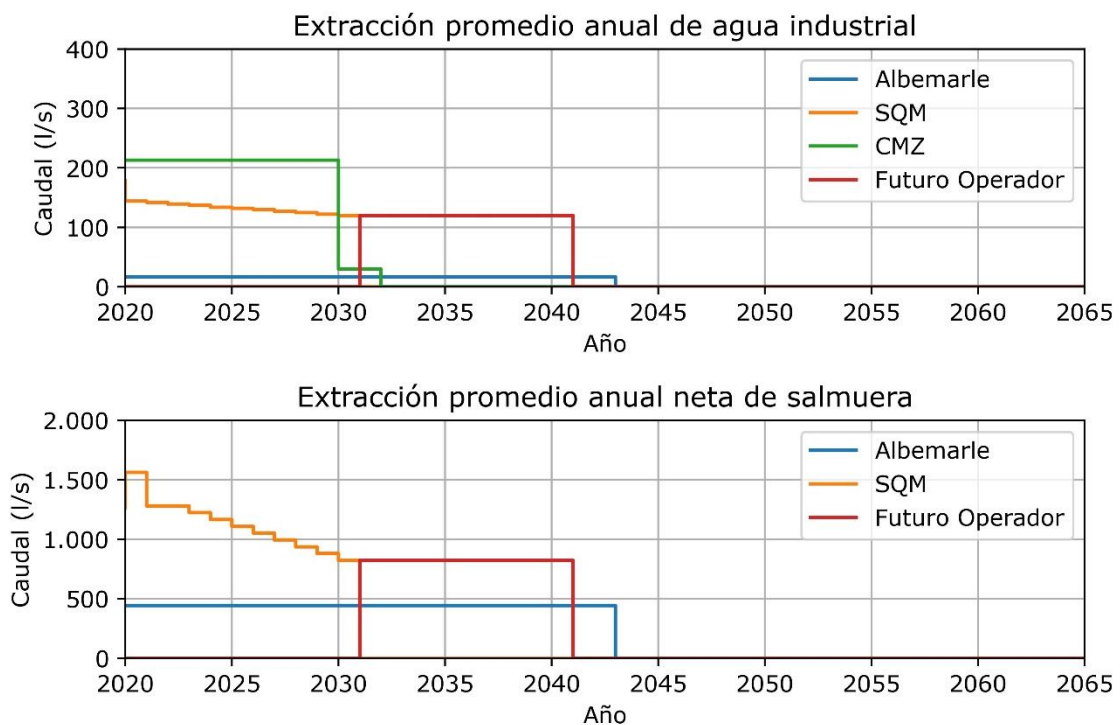
Fuente: Elaboración propia en base a información DGA y CPA (2019)

**Figura 3-10: Ubicación de la demanda minera presente en la cuenca del Salar de Atacama.**



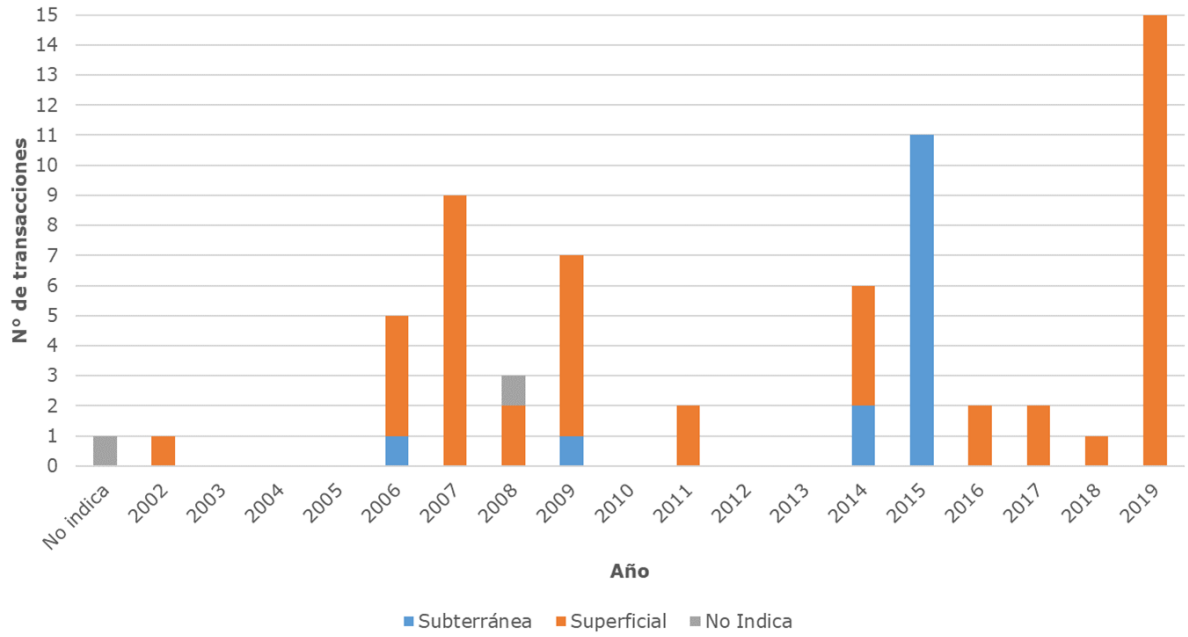
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3-11: Caudales medios anuales (l/s) de cada operador en el escenario 1.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3-12: Caudales medios anuales (l/s) de cada operador en el escenario 2.**



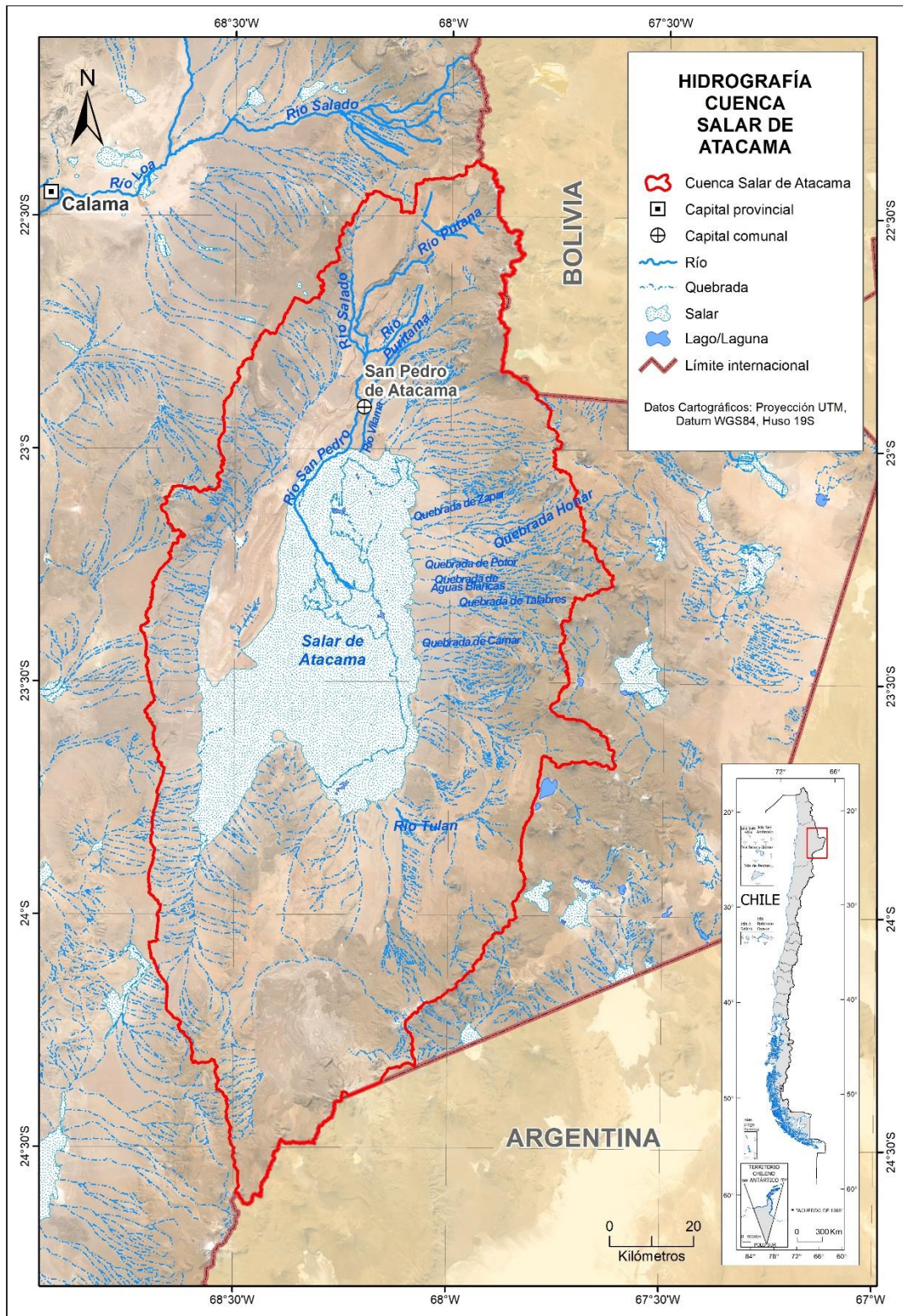
Fuente: Elaboración propia en base a DGA (2021b)

**Figura 3-13: Distribución anual del número de DAA transados, periodo 2002-2019.**



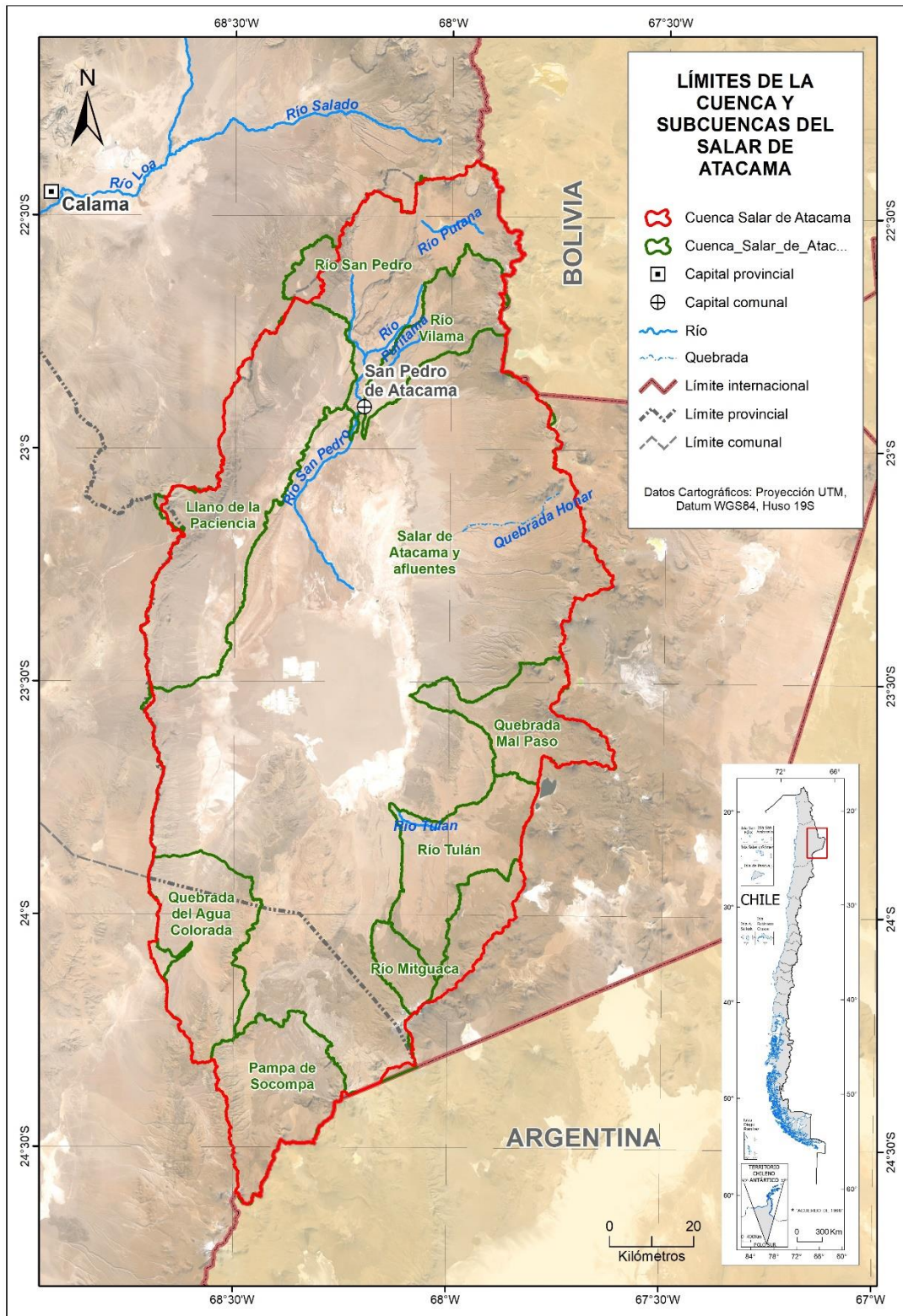
**CAPÍTULO 4 OFERTA HÍDRICA**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro del Capítulo 4 del informe final.



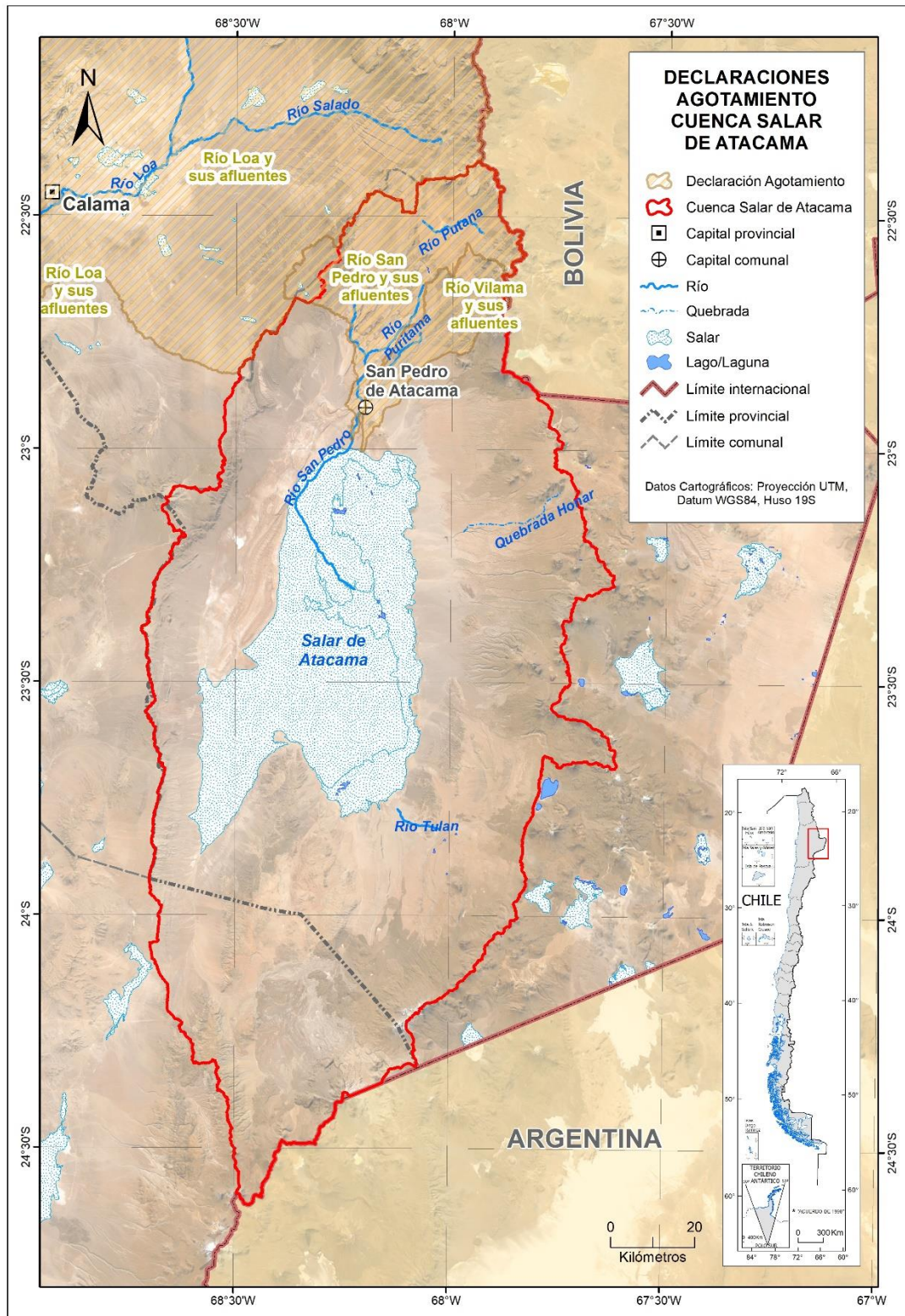
Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-AMPHOS21 (2018)

**Figura 4-1: Hidrografía de la cuenca del Salar de Atacama, mencionando ríos y quebradas principales.**



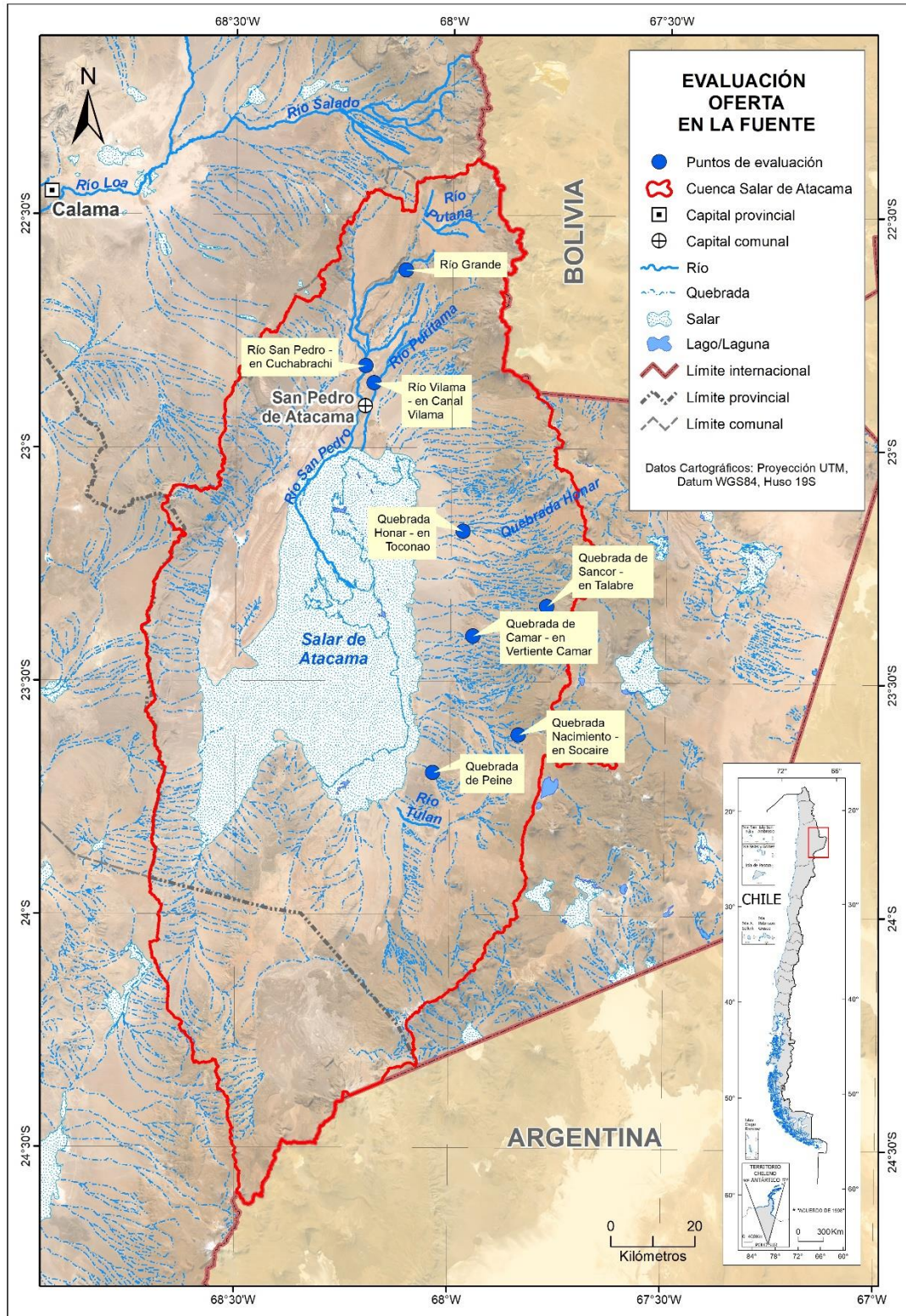
Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2019)

**Figura 4–2: Límites de la cuenca y subcuencas definidos por la delimitación oficial del DARH.**



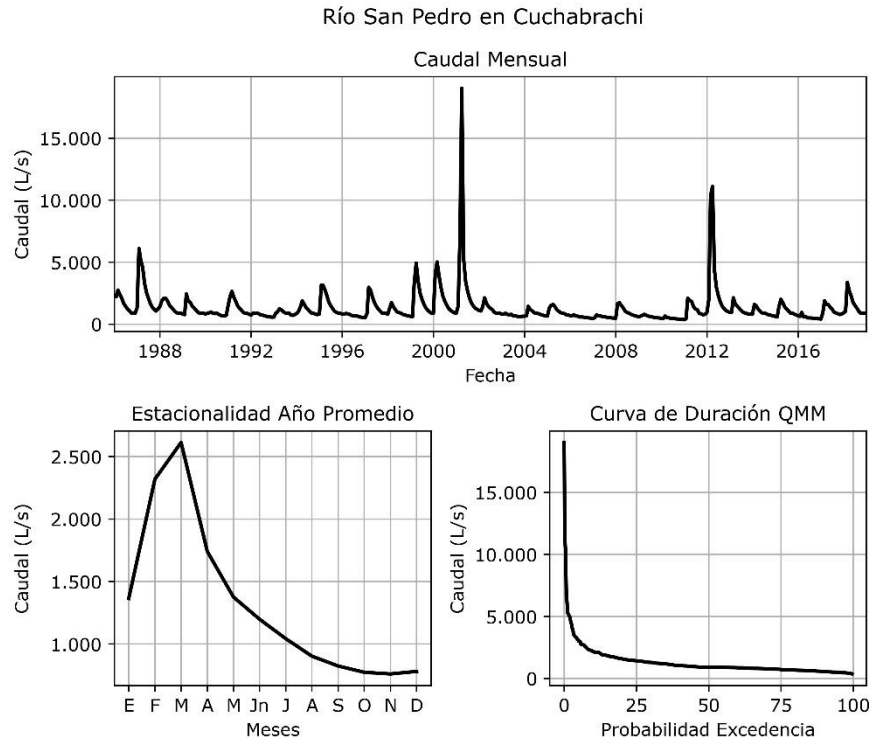
Fuente: CORFO-PUC (2021) a partir de información de la DGA

**Figura 4-3: Zonas con declaraciones de agotamiento en las subcuencas del Río San Pedro y Río Vilama de la cuenca del Salar de Atacama.**

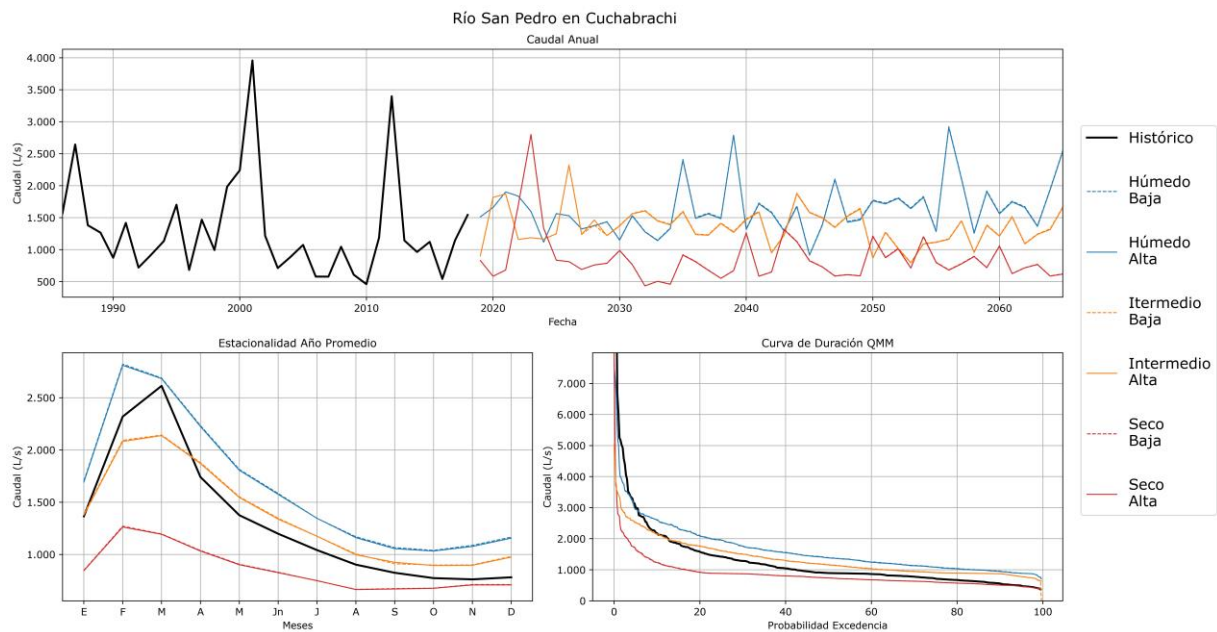


Fuente: Elaboración propia

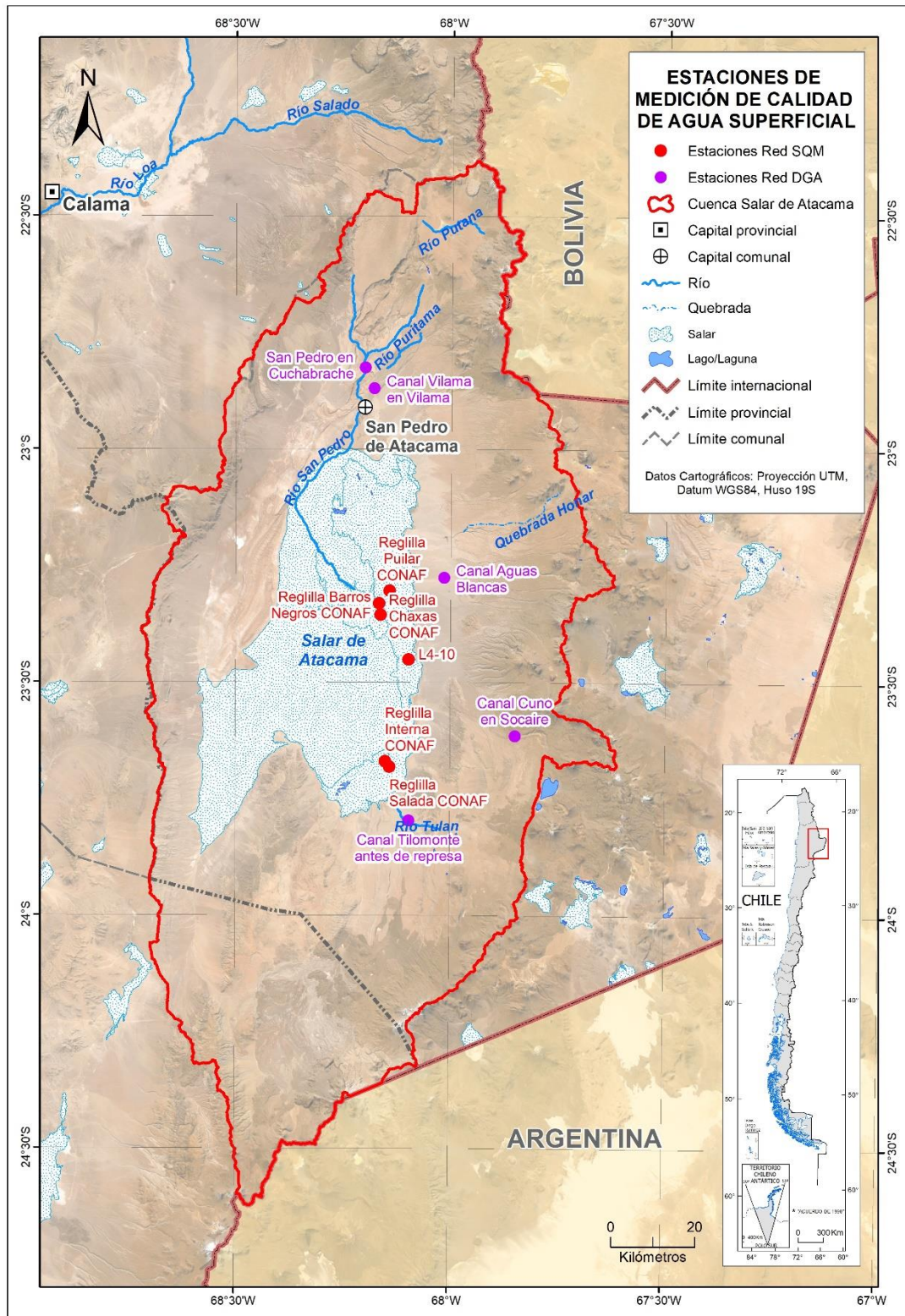
**Figura 4-4: Sectores de evaluación oferta en la fuente dentro de la cuenca del Salar de Atacama.**



**Figura 4-5: Caudales mensuales, estacionalidad y curva de duración simulada en el período 1986 – 2018 en el río San Pedro en Cuchabrachi.**

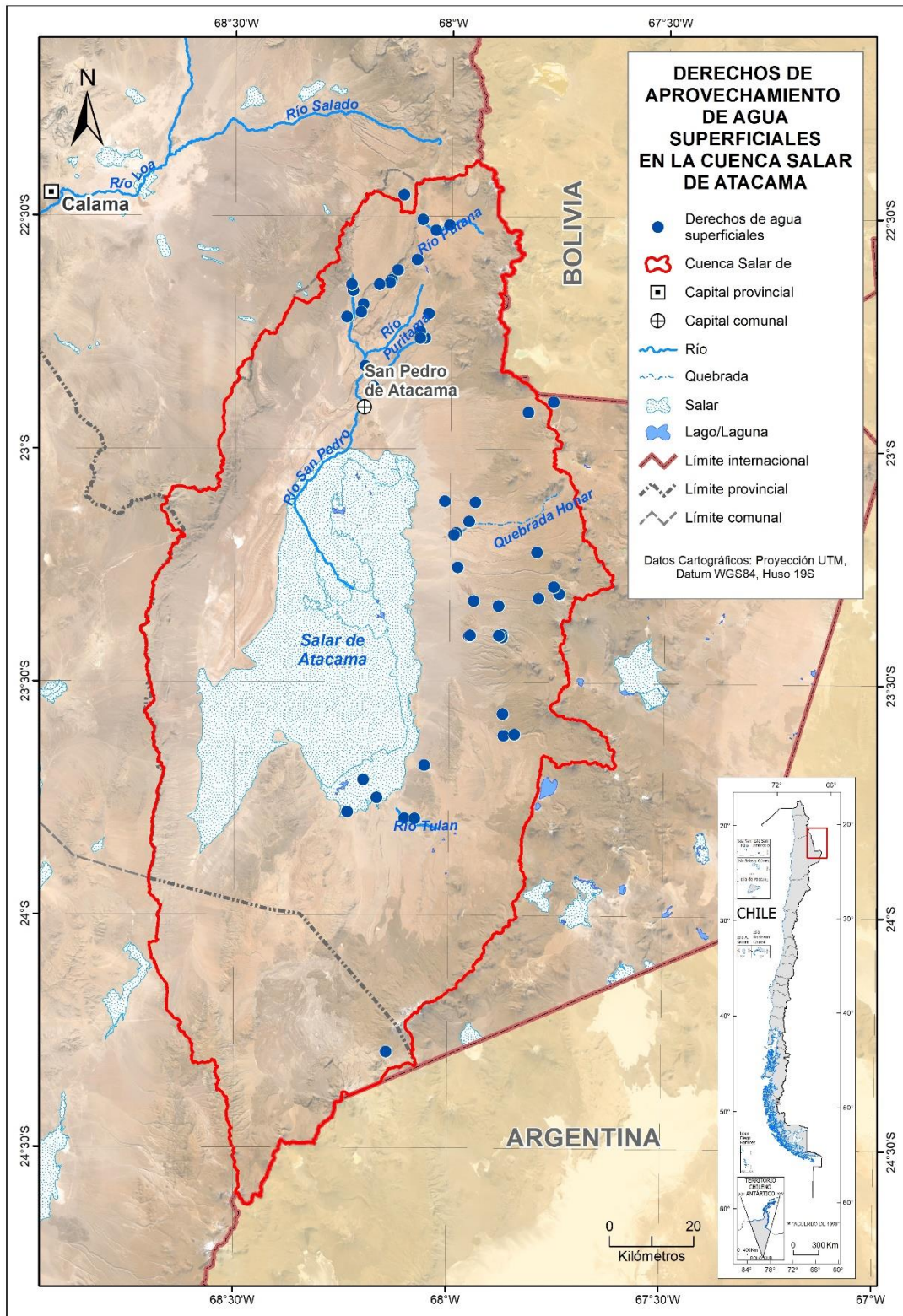


**Figura 4-6: Caudales mensuales, estacionalidad y curva de duración simulada en el período 1986 – 2018 y en los escenarios en el período 2019 – 2065 en el río San Pedro en Cuchabrachi.**



Fuente: Red hidrométrica DGA y SQM (2018)

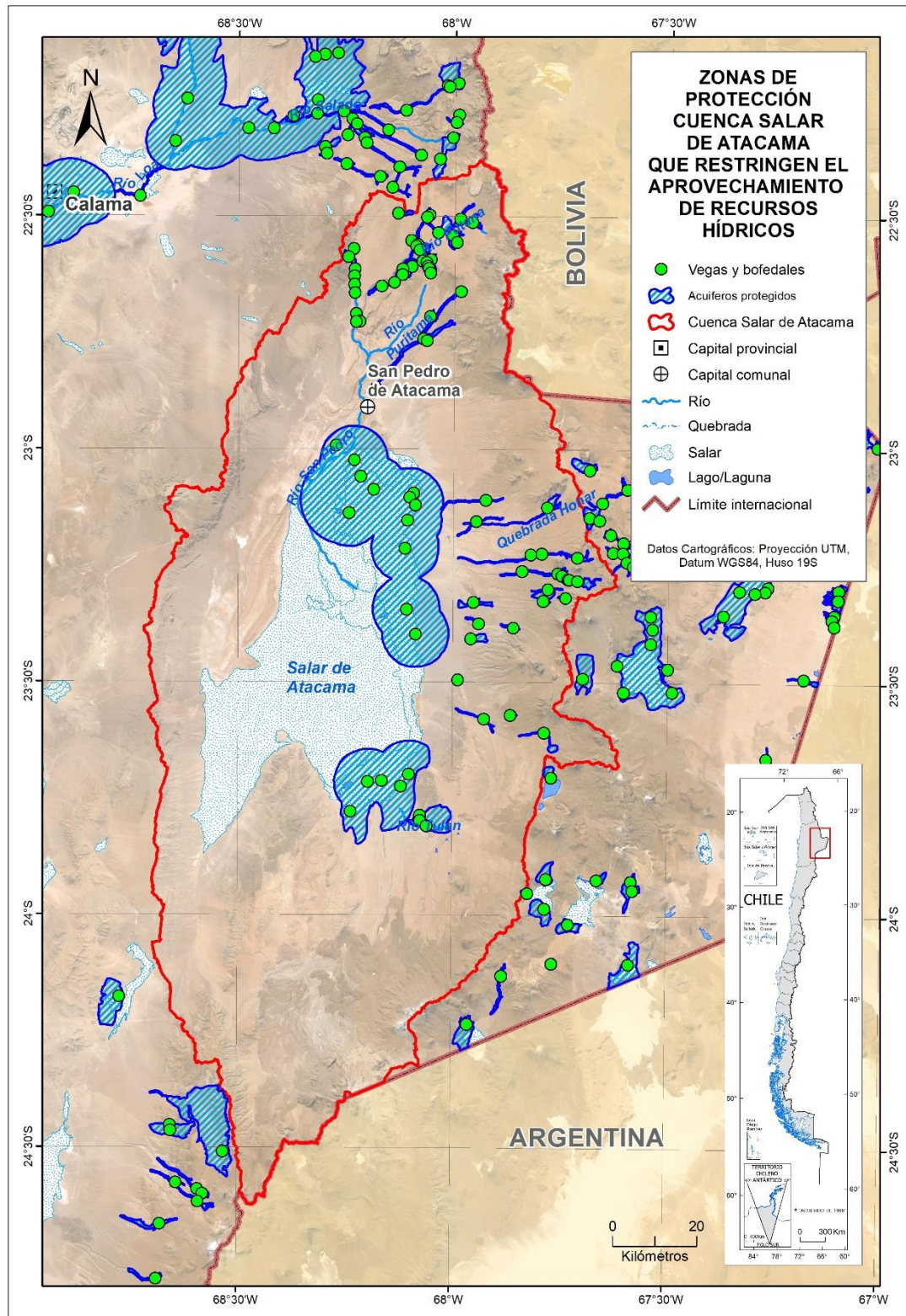
**Figura 4-7: Ubicación de las estaciones de medición de calidad de agua superficial.**



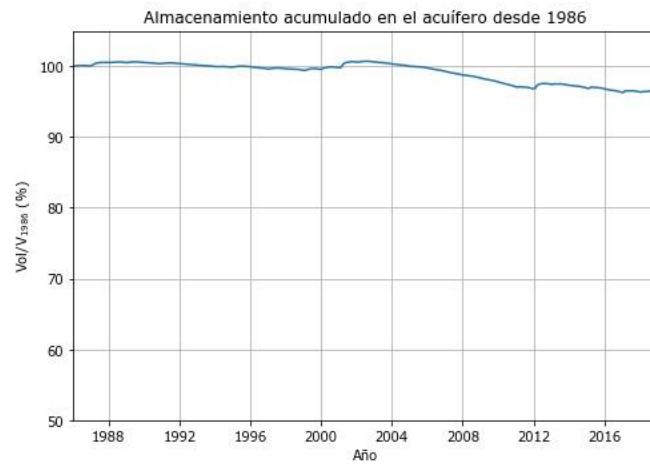
Fuente: Elaboración propia en base a información DGA y CPA (2019)

**Figura 4-8: Ubicación geográfica de los DAA superficiales en la cuenca del Salar de Atacama.**



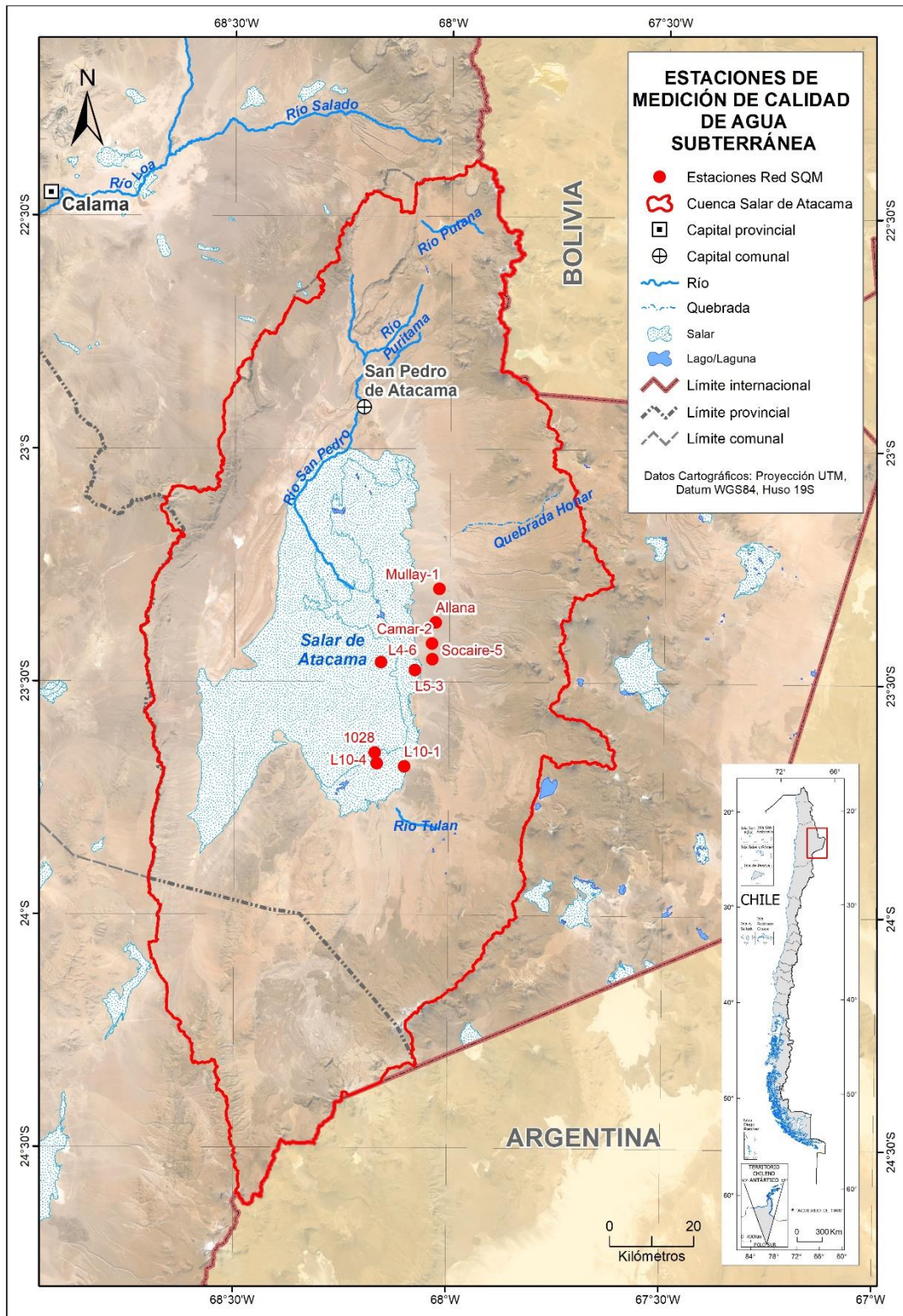


Fuente: Elaboración propia a partir de información del MMA  
**Figura 4–9: Zonas de protección oficial en la cuenca del Salar de Atacama que restringen el aprovechamiento de aguas subterráneas.**



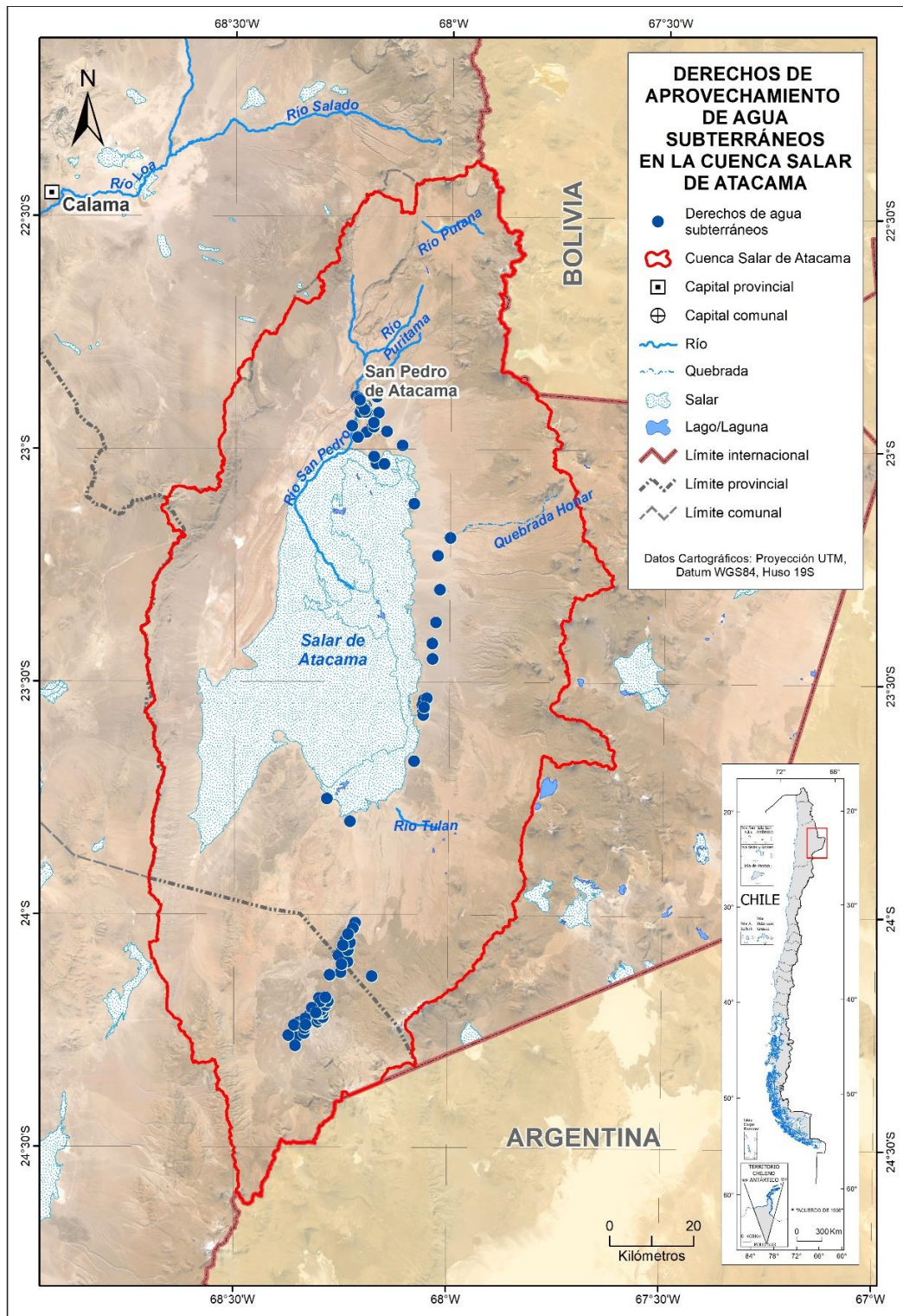
Fuente: Elaboración propia

**Figura 4–10: Evolución del almacenamiento acumulado en el acuífero desde 1986.**



Fuente: Red hidrométrica SQM (2018)

**Figura 4–11: Ubicación de las estaciones de medición de calidad de agua subterránea.**

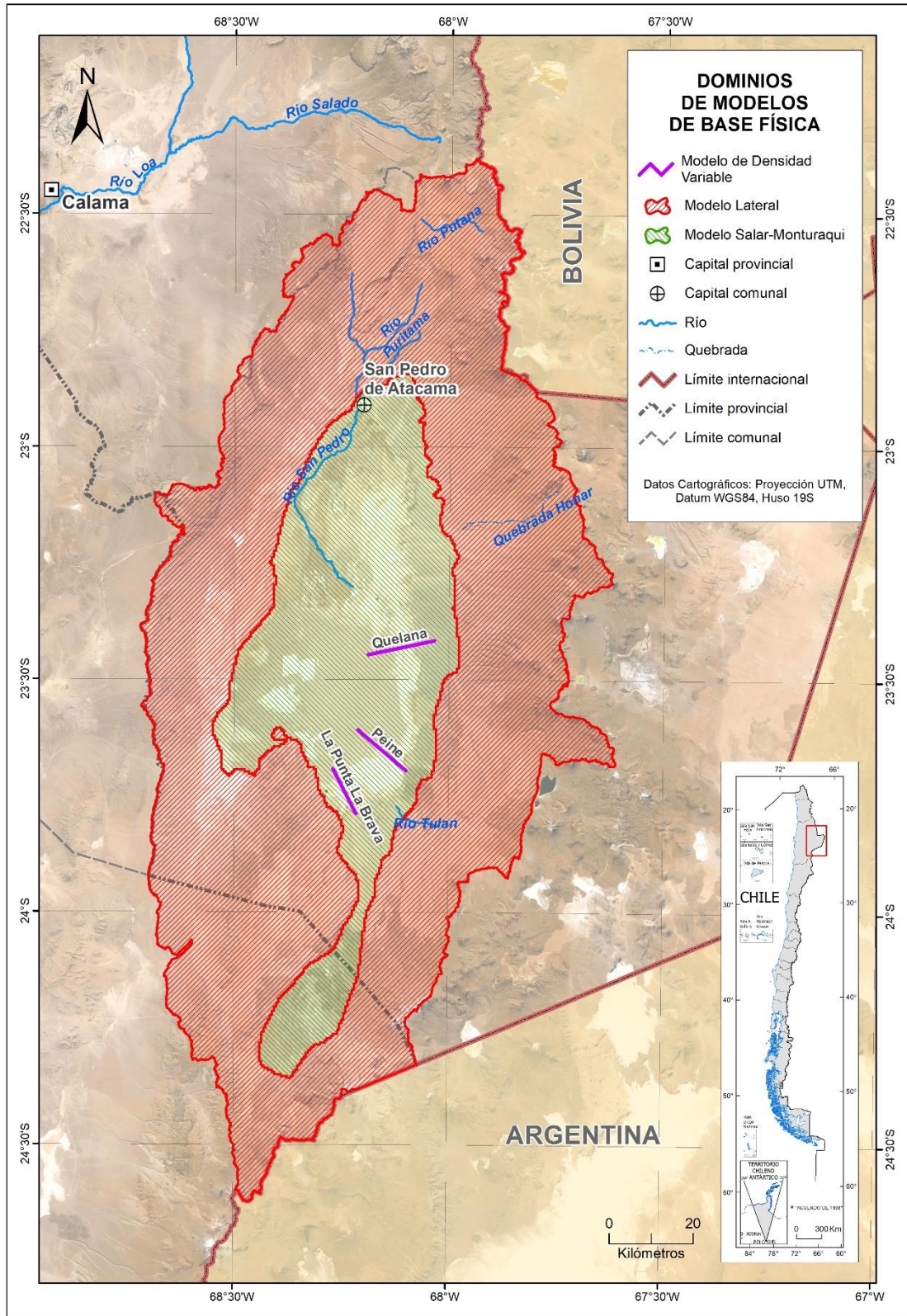


Fuente: Elaboración propia en base a información DGA y CPA (2019)

**Figura 4-12: Ubicación geográfica de los DAA subterráneos en la cuenca del Salar de Atacama.**

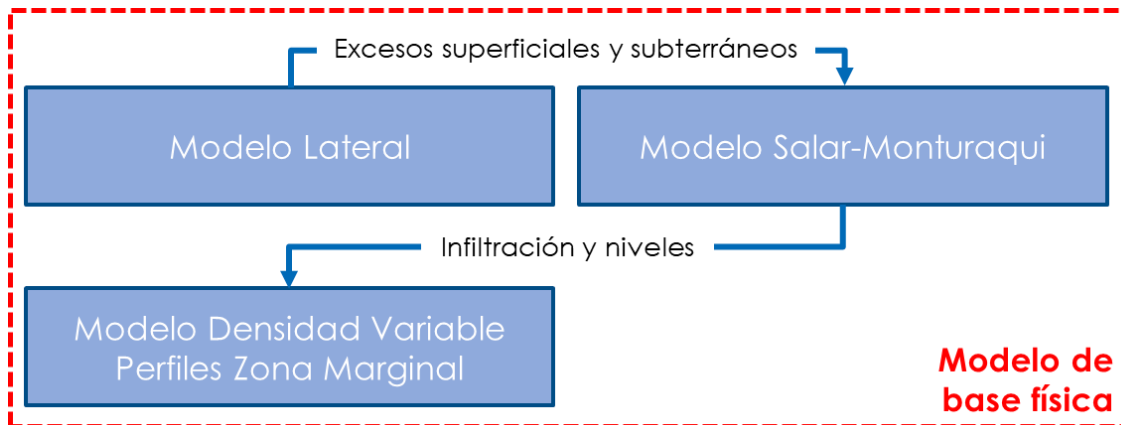
**CAPÍTULO 5 BALANCE DE AGUA**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro del Capítulo 5 del informe final.



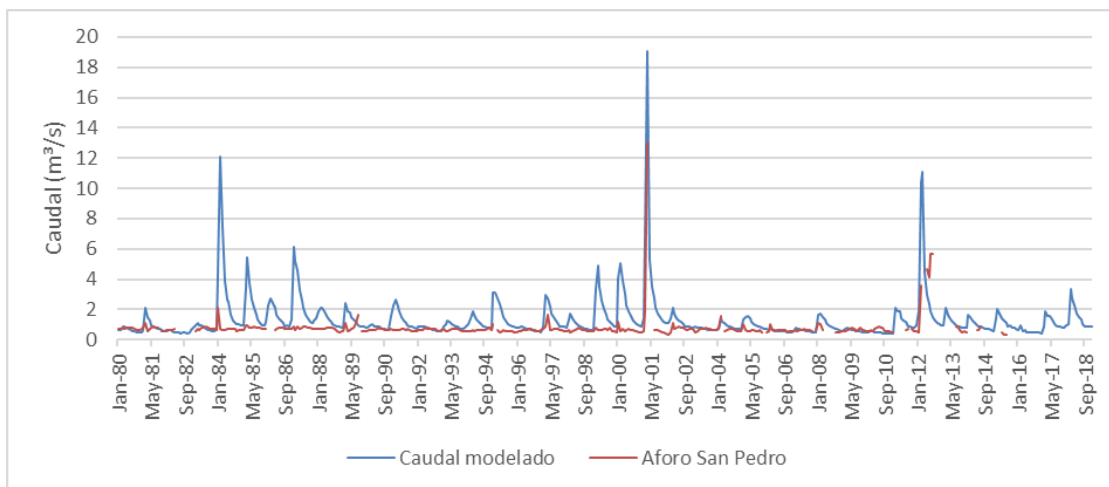
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-1: Delimitación de los modelos que conforman el modelo acoplado.**



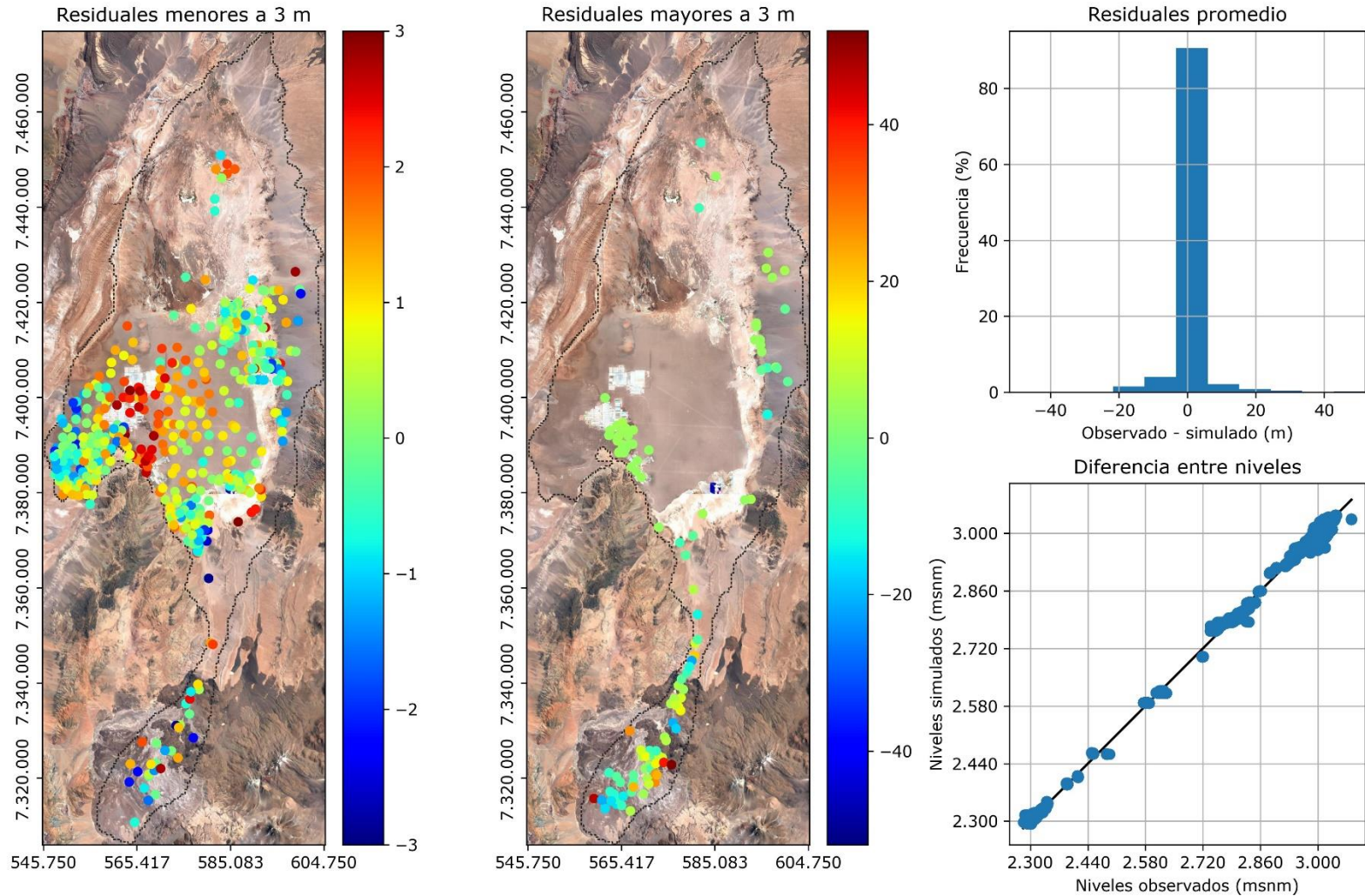
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-2: Esquema de las conexiones entre los distintos modelos que conforman el modelo acoplado.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-3: Validación comparando caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Río San Pedro de Cuchabrachi".**

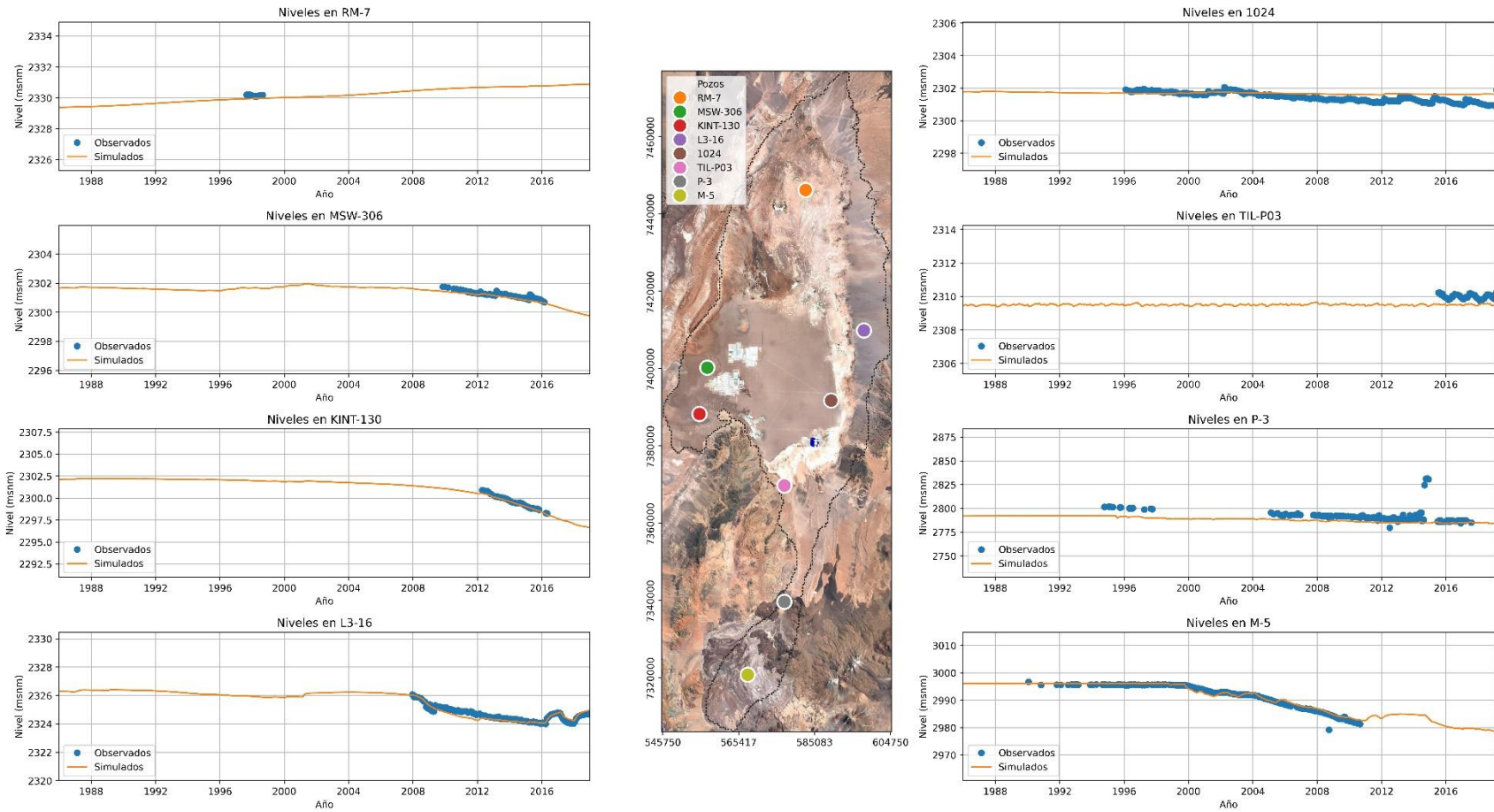


Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-4: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulado por el modelo integrado de la cuenca del Salar de Atacama.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

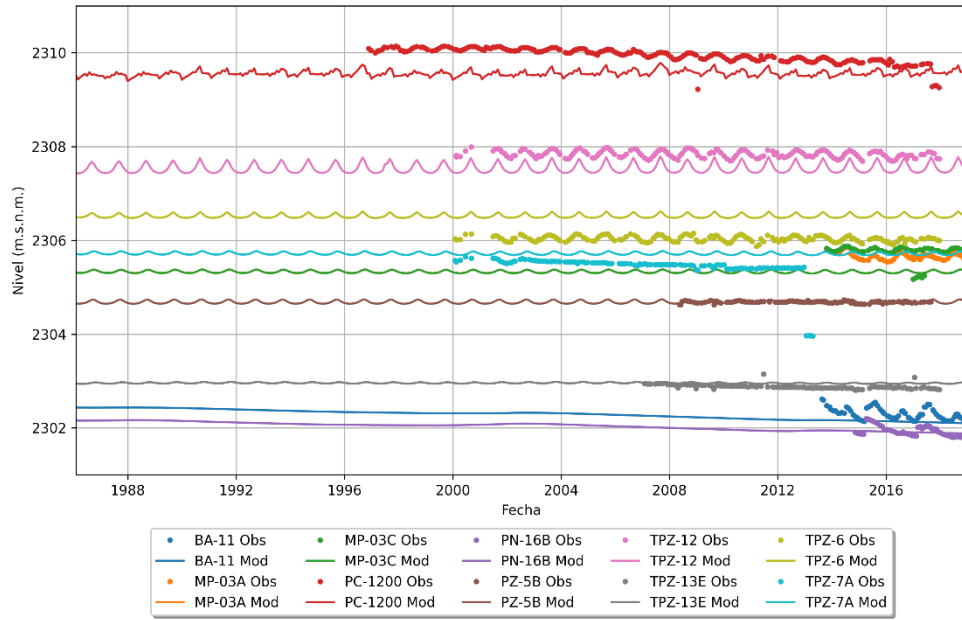




Fuente: Elaboración propia

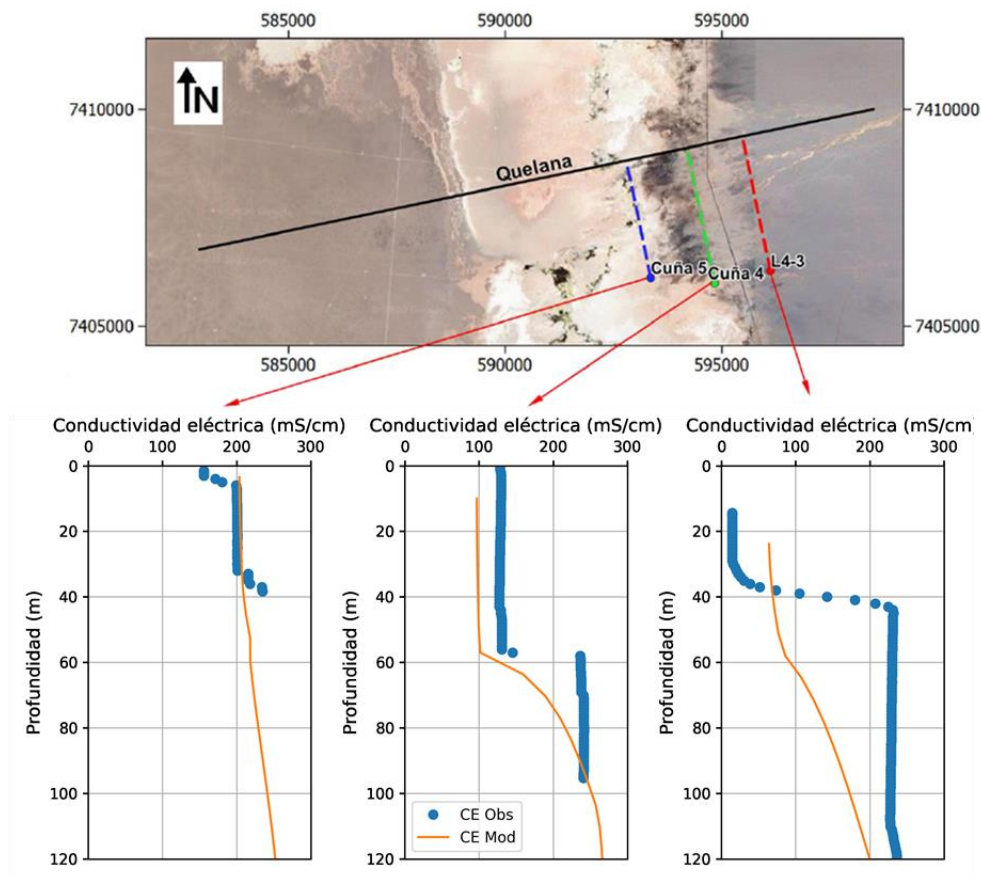
**Figura 5-5: Ejemplo de niveles observados y simulados con el modelo acoplado.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-6: Niveles simulados y medidos en el perfil La Punta La Brava.**

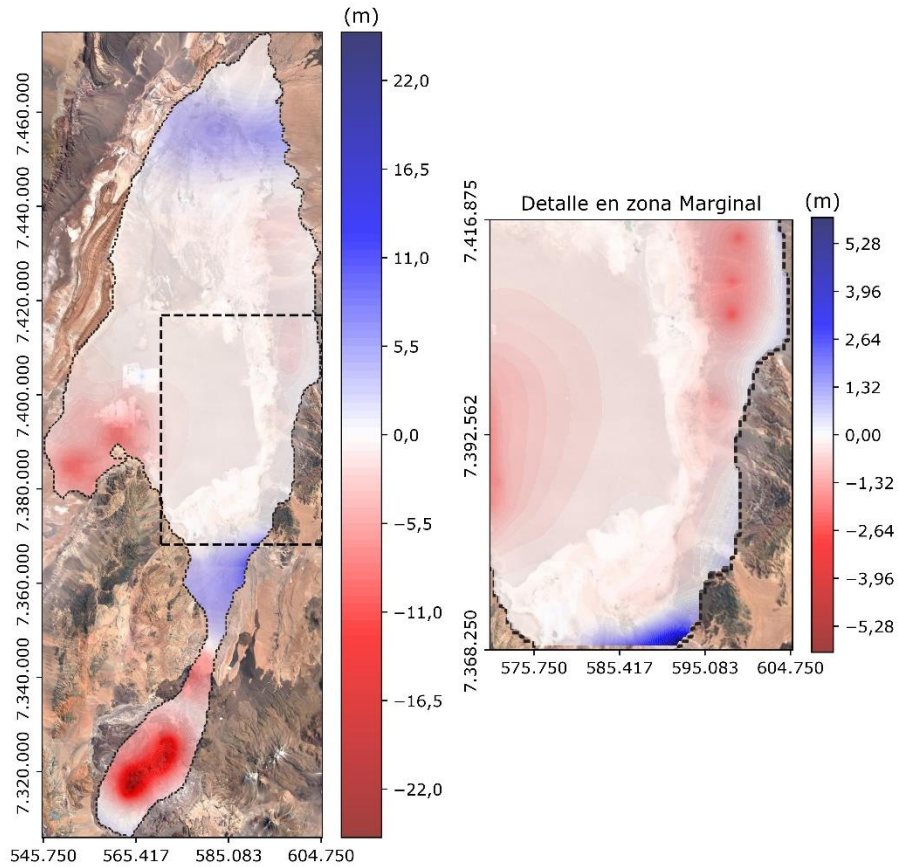


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-7: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil Quelana.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

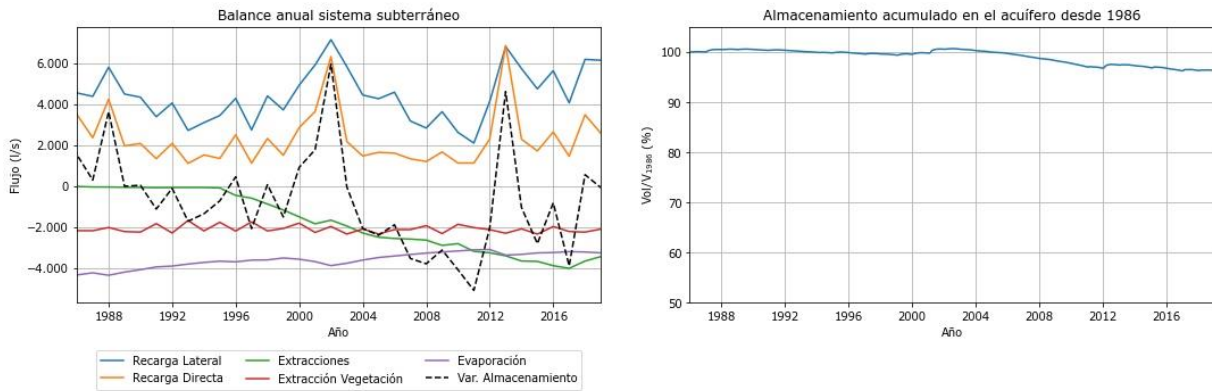
Diferencia en metros de los niveles piezométricos entre el año 2018 y 1986



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5–8: Variación en la piezometría calculada entre los años 2018 y 1986.**

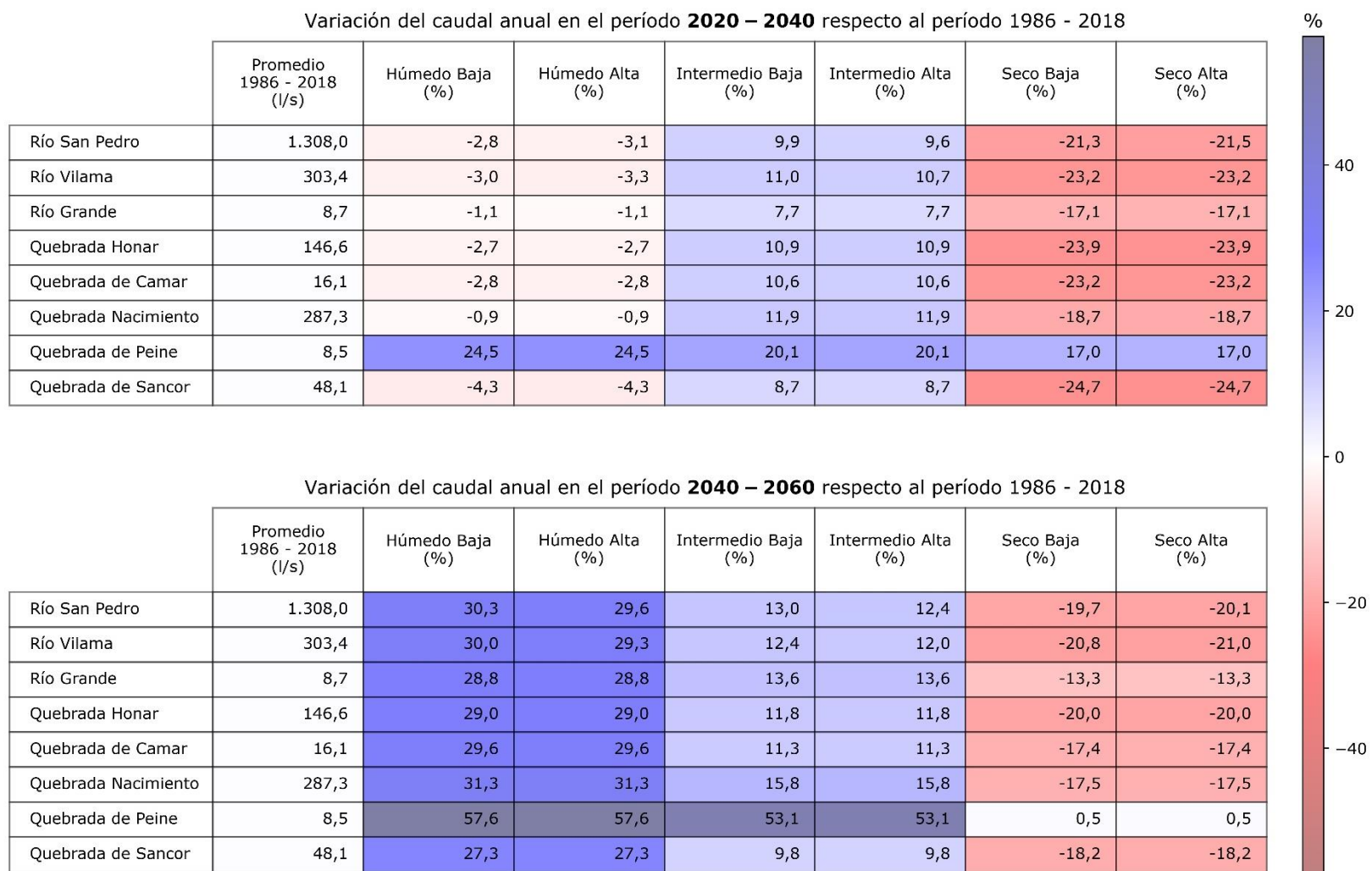
Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5–9: Entradas y salidas al sistema subterráneo simuladas en el período 1986 – 2018, junto al volumen almacenado en el sistema subterráneo en términos del porcentaje respecto al año 1986.**

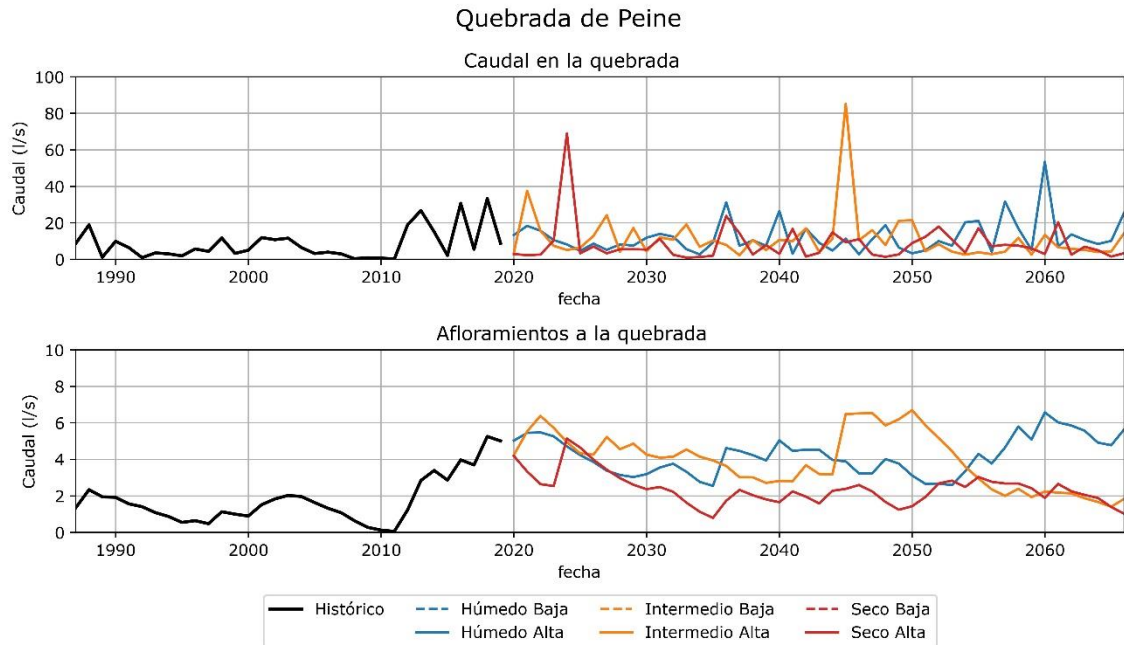
Nota: Valores corresponden a promedios anuales.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–10: Variación porcentual de los caudales superficiales simulados en los períodos 2020 – 2040 y 2040 – 2060, respecto al período 1986 – 2018.**

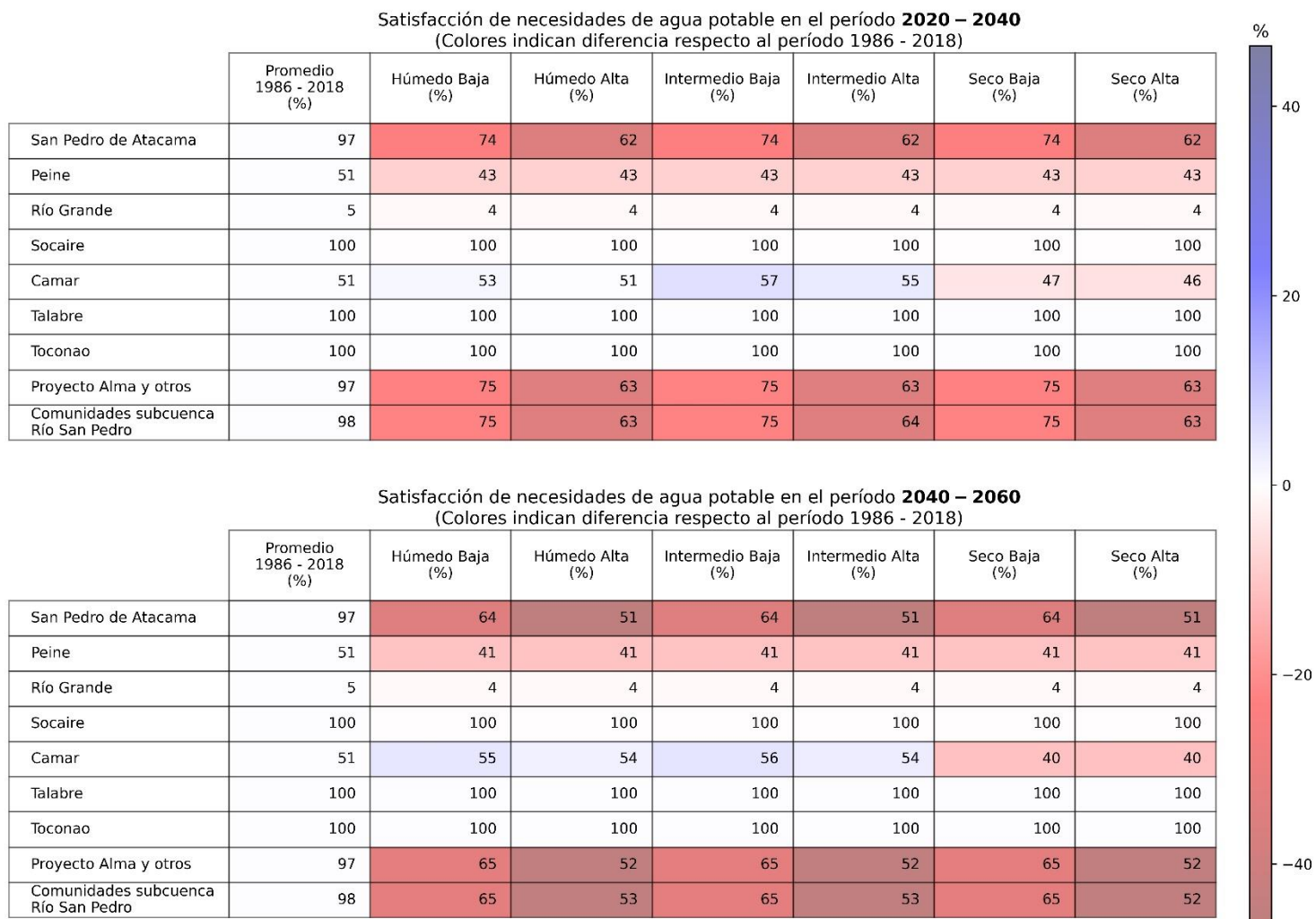
Nota: En colores se indica la variación porcentual de los caudales futuros simulados. Tonos rojos indican una disminución y tonos azules un aumento en el caudal.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5-11: Caudal y afloramientos simulados en la quebrada de Peine en el escenario histórico y en los escenarios futuros.**

Nota: Los escenarios de alta y baja demanda no se logran diferenciar porque presentan los mismos valores (las variaciones en el caudal están asociadas principalmente a los escenarios climáticos).



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–12: Satisfacción de necesidades de agua potable promedio en los períodos 1986 – 2018, 2020 – 2040 y 2040 – 2060.**

Nota: En colores se indica la variación absoluta del porcentaje de satisfacción de necesidades de agua potable respecto al período 1986 - 2018. Tonos rojos indican una disminución y tonos azules un aumento en la satisfacción.

Cobertura del derecho en canales el período **2020 – 2040**  
(Colores indican diferencia respecto al período 1986 - 2018)

	Promedio 1986 - 2018 (%)	Húmedo Baja (%)	Húmedo Alta (%)	Intermedio Baja (%)	Intermedio Alta (%)	Seco Baja (%)	Seco Alta (%)
AARA de San Pedro de Atacama	90	95	95	98	98	72	72
AARA del Río Vilama	93	97	98	99	99	77	77
AARA de Celeste	100	100	100	100	100	100	100
AARA de Toconao	99	100	100	100	100	92	92
CA de Socaire	90	93	93	93	93	80	80
CA de Camar	49	52	52	58	58	37	37
CA de Talabre	54	56	56	58	58	43	43
CA de Peine	14	22	22	23	23	14	14

Cobertura del derecho en canales el período **2040 – 2060**  
(Colores indican diferencia respecto al período 1986 - 2018)

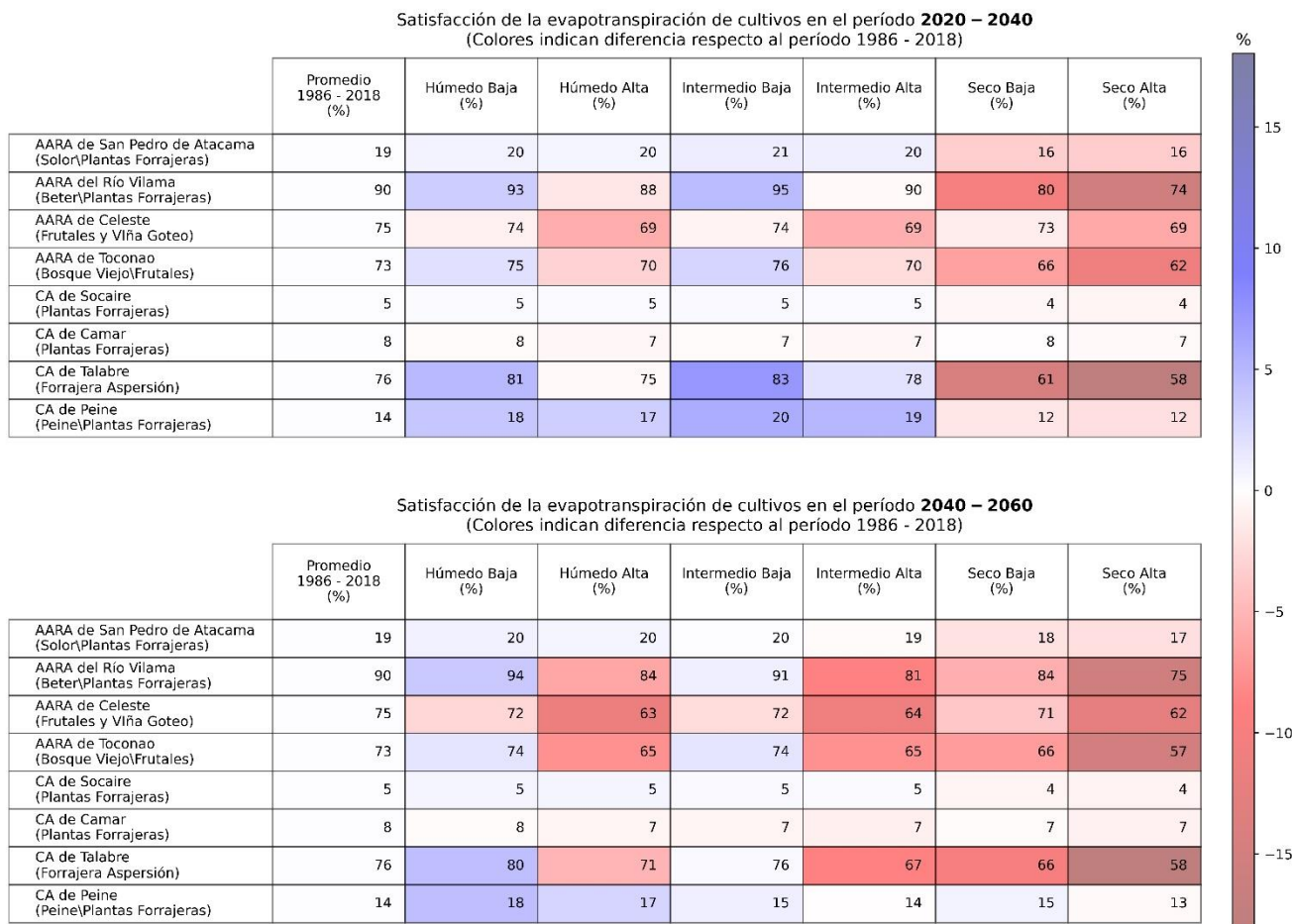
	Promedio 1986 - 2018 (%)	Húmedo Baja (%)	Húmedo Alta (%)	Intermedio Baja (%)	Intermedio Alta (%)	Seco Baja (%)	Seco Alta (%)
AARA de San Pedro de Atacama	90	98	98	92	92	84	83
AARA del Río Vilama	93	99	99	95	95	87	87
AARA de Celeste	100	100	100	100	100	100	100
AARA de Toconao	99	100	100	100	100	96	96
CA de Socaire	90	93	93	92	92	87	87
CA de Camar	49	62	62	53	53	42	42
CA de Talabre	54	58	58	55	55	49	49
CA de Peine	14	22	22	18	18	18	18

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–13: Cobertura del derecho en canales promedio en los períodos 1986 – 2018, 2020 – 2040 y 2040 – 2060.**

Nota: En colores se indica la variación absoluta del porcentaje de cobertura del derecho en el canal respecto al período 1986 - 2018. Tonos rojos indican una disminución y tonos azules un aumento en la cobertura.



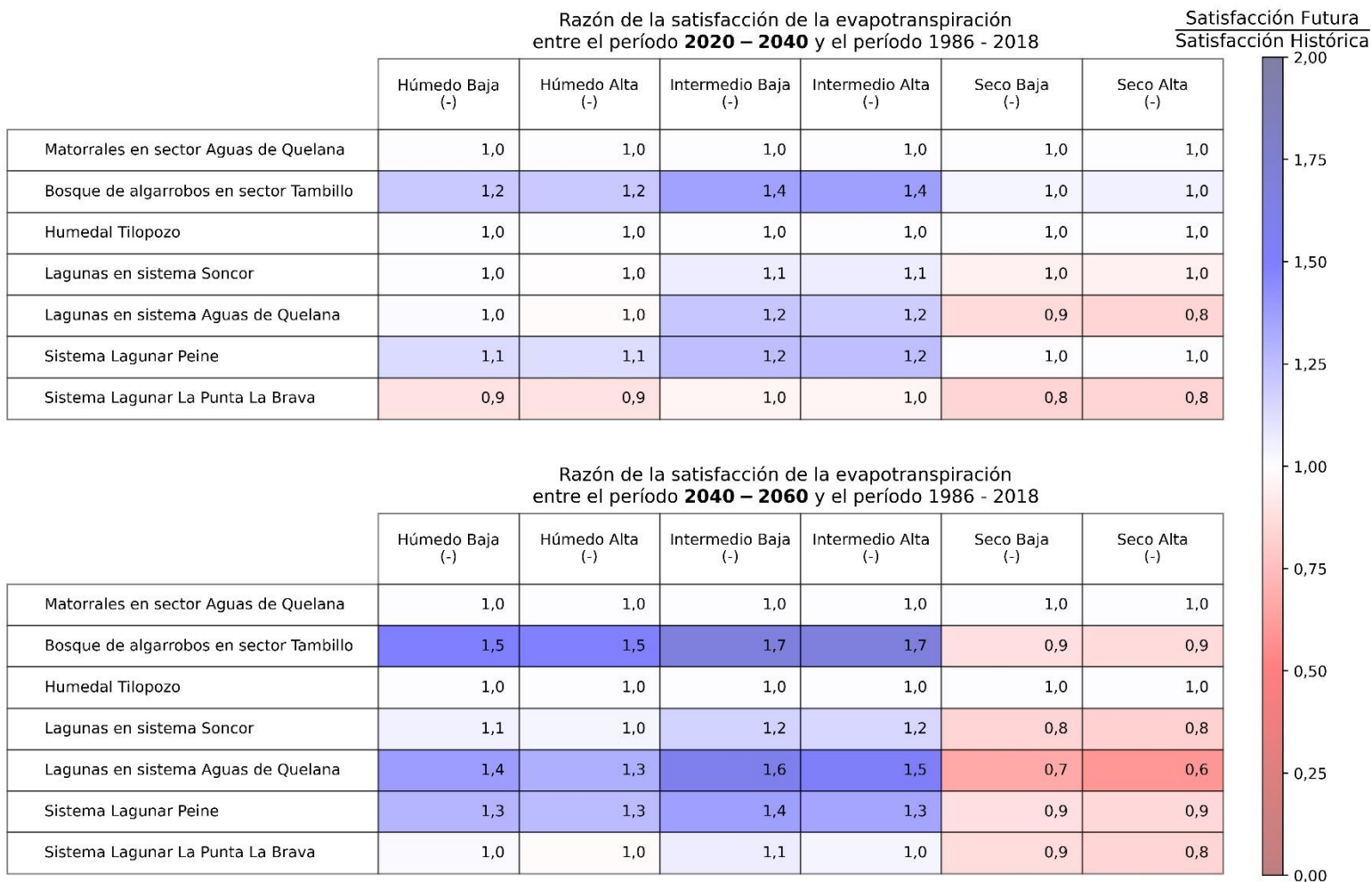


Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–14: Satisfacción promedio de la evapotranspiración de cultivos simulada para las ventanas 1986 – 2018, 2020 – 2040 y 2040 – 2060.**

Nota 1: En colores se indica la variación absoluta del porcentaje de satisfacción respecto al período 1986 - 2018. Tonos rojos indican una disminución y tonos azules un aumento en la satisfacción.

Nota 2: Entre paréntesis se indica el cultivo seleccionado para la comparación.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–15: Razón de la cobertura de la evapotranspiración en las ventanas 2020 – 2040 y 2040 – 2060 respecto a la cobertura del período 1986 – 2018.**

Nota: En colores se indica la razón entre la satisfacción de la evapotranspiración simulada en el escenario futuro y la simulada en el período 1986 - 2018. Tonos rojos indican una disminución y tonos azules un aumento en la satisfacción.

Variación de las entradas y salidas naturales de agua a la cuenca en el período **2020 – 2040** respecto al período 1986 - 2018

	Término del balance	Promedio 1986 - 2018 (l/s)	Húmedo Baja (%)	Húmedo Alta (%)	Intermedio Baja (%)	Intermedio Alta (%)	Seco Baja (%)	Seco Alta (%)
SHACs	Precipitación	27.792	2	2	5	5	-18	-18
A1, A2, B1	Evapotranspiración	20.681	7	7	11	11	-14	-14
C1, C2 y N1	Caudal pasante	7.112	-11	-12	-13	-13	-29	-29
SHACs	Precipitación	1.381	4	4	-2	-2	-18	-18
A, B,	Evapotranspiración	2.002	9	8	9	9	-6	-6
C y N	Evaporación napa	3.541	-4	-5	4	3	-9	-10
Total	Diferencia	2.949	-27	-26	-42	-42	-63	-63

Variación de las entradas y salidas naturales de agua a la cuenca en el período **2040 – 2060** respecto al período 1986 - 2018

	Término del balance	Promedio 1986 - 2018 (l/s)	Húmedo Baja (%)	Húmedo Alta (%)	Intermedio Baja (%)	Intermedio Alta (%)	Seco Baja (%)	Seco Alta (%)
SHACs	Precipitación	27.792	32	32	18	18	-9	-9
A1, A2, B1	Evapotranspiración	20.681	35	35	21	21	-3	-3
C1, C2 y N1	Caudal pasante	7.112	26	26	10	10	-26	-26
SHACs	Precipitación	1.381	37	37	27	27	6	6
A, B,	Evapotranspiración	2.002	36	36	37	36	4	3
C y N	Evaporación napa	3.541	14	10	20	16	-12	-16
Total	Diferencia	2.949	37	42	-11	-6	-49	-44

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–16: Entradas por precipitación, salidas por evapotranspiración y evaporación desde la napa y diferencia entre entradas y salidas simuladas en el período histórico (1986 – 2018) y variación porcentual en los escenarios futuros en los períodos 2020 – 2040 y 2040 - 2060.**

Nota: En colores se indica la variación porcentual de los caudales futuros simulados respecto al caudal simulado en el período 1986 – 2018. Tonos azules indican una disminución y tonos morados un aumento.

Volumen almacenado en el sistema subterráneo al año **2040** respecto al año 1986  
(Colores indican diferencia respecto al año 2018)

	2018 (%)	Húmedo Baja (%)	Húmedo Alta (%)	Intermedio Baja (%)	Intermedio Alta (%)	Seco Baja (%)	Seco Alta (%)
N	89	84	80	85	80	82	77
N1	96	94	93	94	93	92	91
A	107	114	114	119	119	108	107
A1	119	147	146	161	160	101	101
A2	102	110	110	116	116	95	95
B	98	100	100	101	100	97	97
B1	95	105	103	109	107	91	89
C	99	102	102	103	103	99	99
C1	108	125	125	126	126	103	103
C2	94	97	97	98	98	94	94

Volumen almacenado en el sistema subterráneo al año **2060** respecto al año 1986  
(Colores indican diferencia respecto al año 2018)

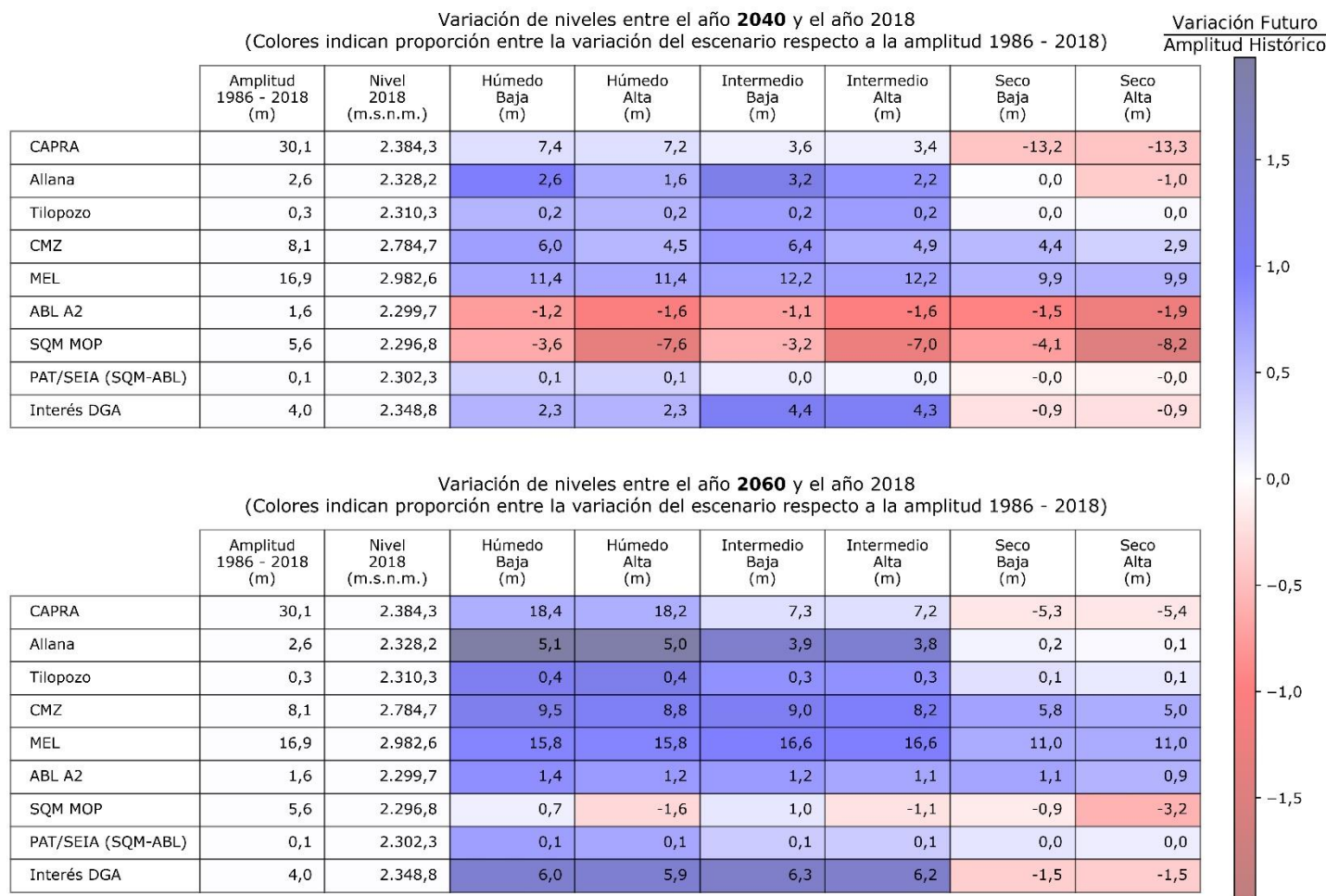
	2018 (%)	Húmedo Baja (%)	Húmedo Alta (%)	Intermedio Baja (%)	Intermedio Alta (%)	Seco Baja (%)	Seco Alta (%)
N	89	94	90	93	89	88	84
N1	96	101	99	100	99	95	93
A	107	125	125	128	128	104	104
A1	119	195	195	172	171	106	105
A2	102	128	127	122	122	94	94
B	98	103	102	102	102	97	97
B1	95	120	119	113	112	91	90
C	99	105	105	104	104	99	99
C1	108	138	138	127	127	104	104
C2	94	103	102	103	102	95	94

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5-17: Volumen almacenado en el sistema subterráneo simulado al año 2040 y 2060, respecto al volumen simulado al año 1986.**

Nota 1: En colores se indica la variación absoluta con respecto al año 2018. Tonos rojos indican una disminución y tonos azules un aumento en el volumen almacenado.

Nota 2: Para el año 2018, 2040 y 2060 se considera el volumen promedio del año respectivo.



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5-18: Variación de los niveles simulados al año 2040 y 2060, respecto a los niveles simulados al año 2018, en puntos distribuidos a lo largo de la cuenca.**

Nota 1: En colores se indica razón entre la variación simulada en el escenario y la amplitud del período 1986 - 2018. Tonalidades rojas indican disminución del nivel y tonalidades azules indican aumento del nivel.

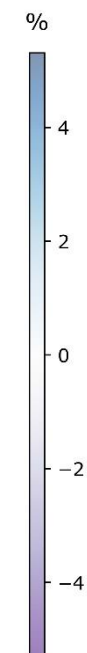
Nota 2: Para el año 2018, 2040 y 2060 se considera el volumen promedio del año respectivo.

Variación de la concentración de solutos en los puntos analizados entre el año **2040** y el año 2018  
(Valores indican variación absoluta y colores indican variación porcentual)

	2018 (kg/m <sup>3</sup> )	Húmedo Baja (kg/m <sup>3</sup> )	Húmedo Alta (kg/m <sup>3</sup> )	Intermedio Baja (kg/m <sup>3</sup> )	Intermedio Alta (kg/m <sup>3</sup> )	Seco Baja (kg/m <sup>3</sup> )	Seco Alta (kg/m <sup>3</sup> )
Quelana	212,6	0,4	0,1	5,9	5,7	-1,1	-1,2
Peine	291,7	-8,2	-8,2	-4,5	-4,5	-9,6	-9,6
PuntaBrava	355,9	-10,9	-10,9	-9,1	-9,1	-8,1	-8,1

Variación de la concentración de solutos en los puntos analizados entre el año **2060** y el año 2018  
(Valores indican variación absoluta y colores indican variación porcentual)

	2018 (kg/m <sup>3</sup> )	Húmedo Baja (kg/m <sup>3</sup> )	Húmedo Alta (kg/m <sup>3</sup> )	Intermedio Baja (kg/m <sup>3</sup> )	Intermedio Alta (kg/m <sup>3</sup> )	Seco Baja (kg/m <sup>3</sup> )	Seco Alta (kg/m <sup>3</sup> )
Quelana	212,6	7,4	6,2	10,3	8,9	-7,1	-8,4
Peine	291,7	-5,4	-7,1	-2,9	-4,2	-13,3	-15,5
PuntaBrava	355,9	-17,7	-18,2	-11,5	-11,9	-16,4	-17,0



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5–19: Variación en la concentración de solutos en puntos representativos de sistemas lagunares en los años 2040 y 2060 respecto del año 2018.**

Nota 1: La concentración corresponde al promedio en los primeros 20 m en los puntos representativos de sistemas lagunares.

Nota 2: En colores se indica la variación porcentual con respecto al año 2018. Tonos morados indican una disminución y tonos azules un aumento en la concentración de solutos.

Nota 3: Para el año 2018, 2040 y 2060 se considera la concentración promedio del año respectivo.

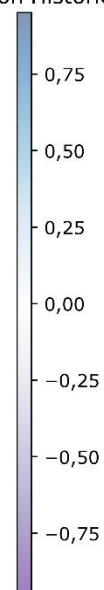
Desplazamiento de la interfaz salina entre el año **2040** y el año 2018  
(Colores indican la razón entre la variación del escenario y la histórica)

Variación Futuro  
Variación Histórico

	Desplazamiento 1986 - 2018 (m)	Húmedo Baja (m)	Húmedo Alta (m)	Intermedio Baja (m)	Intermedio Alta (m)	Seco Baja (m)	Seco Alta (m)
Quelana	-138,4	-79,3	-78,5	-42,5	-44,6	-70,0	-70,5
Peine	-59,3	-9,7	-10,2	-0,4	-0,9	-22,8	-23,4
PuntaBrava	-65,1	-25,2	-25,6	-13,0	-13,6	-34,8	-35,3

Desplazamiento de la interfaz salina entre el año **2060** y el año 2018  
(Colores indican la razón entre la variación del escenario y la histórica)

	Desplazamiento 1986 - 2018 (m)	Húmedo Baja (m)	Húmedo Alta (m)	Intermedio Baja (m)	Intermedio Alta (m)	Seco Baja (m)	Seco Alta (m)
Quelana	-138,4	-64,1	-80,8	-13,7	-33,5	-122,5	-131,7
Peine	-59,3	3,1	-3,0	5,4	-0,7	-28,4	-36,0
PuntaBrava	-65,1	-12,8	-17,2	-5,5	-10,8	-41,9	-45,4



Fuente: Elaboración propia

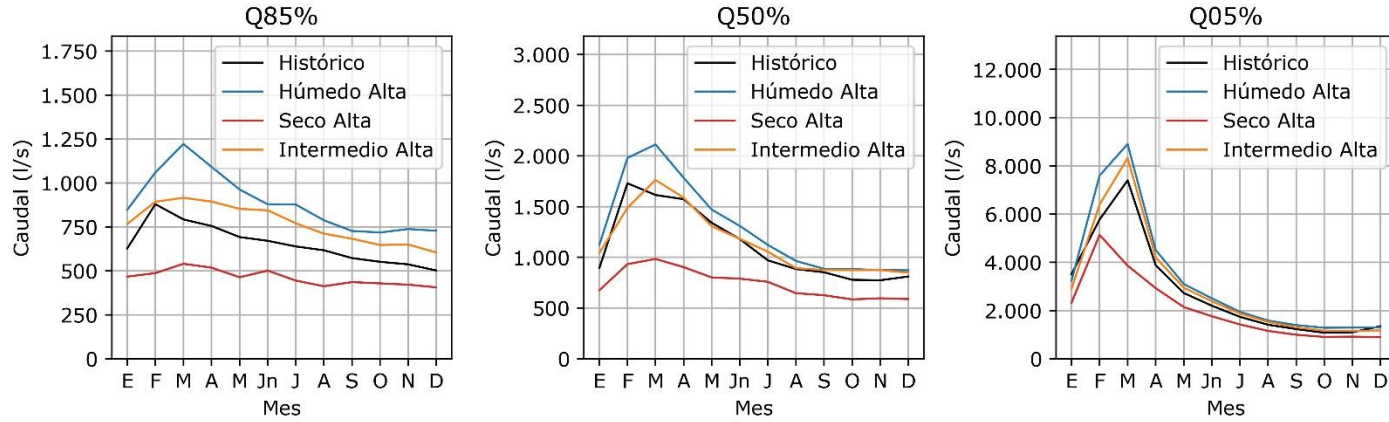
**Figura 5–20: Desplazamiento de la interfaz salina en los años 2040 y 2060 respecto del año 2018.**

Nota 1: El desplazamiento se determina en base a la isoconcentración de 75% de concentración de salmuera a 10 m de profundidad.

Nota 2: En colores se indica la razón entre el desplazamiento futuro e histórico. Tonos morados indican un menor desplazamiento y tonos azules un mayor desplazamiento.

Nota 3: Para el año 2018, 2040 y 2060 se considera la concentración promedio del año respectivo.

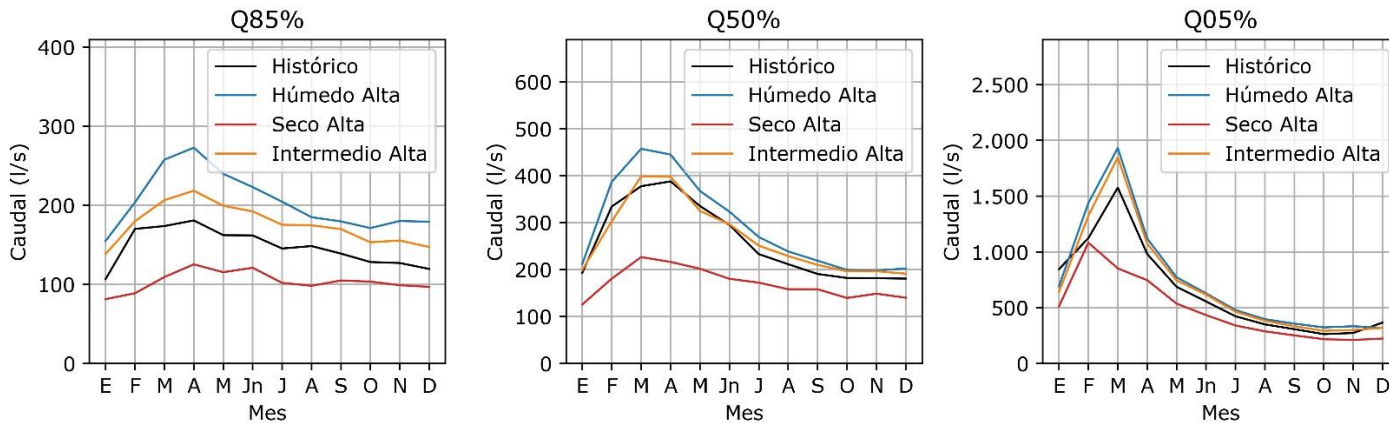
**Probabilidad de excedencia río San Pedro en Cuchabrachi**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–21: Probabilidad de excedencia mensual en los distintos escenarios en el río San Pedro en Cuchabrachi.**

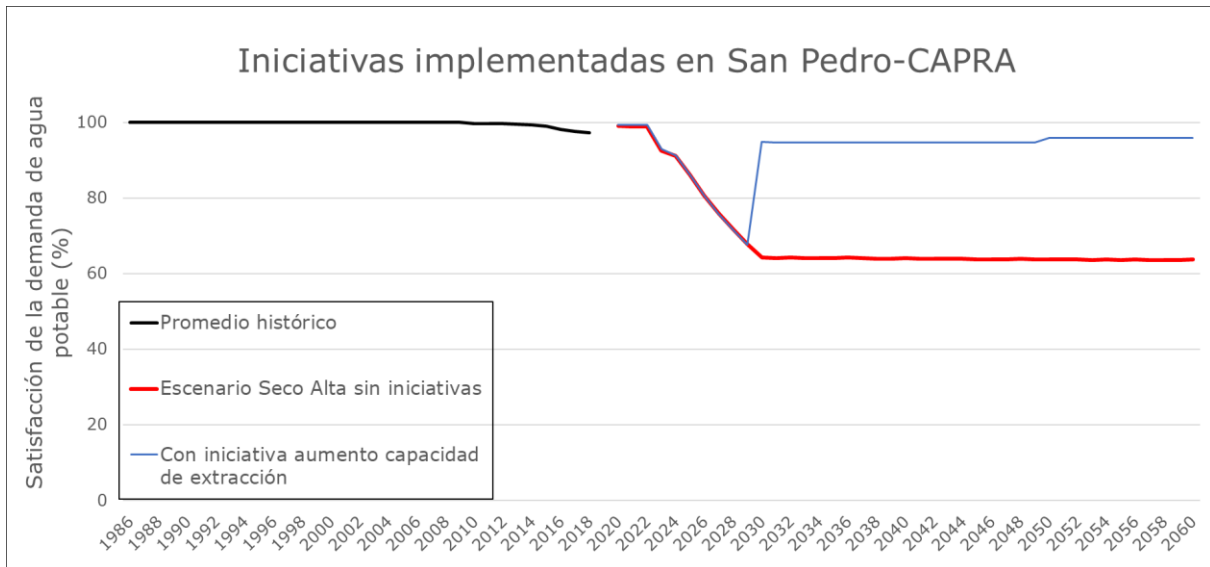
**Probabilidad de excedencia río Vilama en canal Vilama**



Fuente: Elaboración Propia

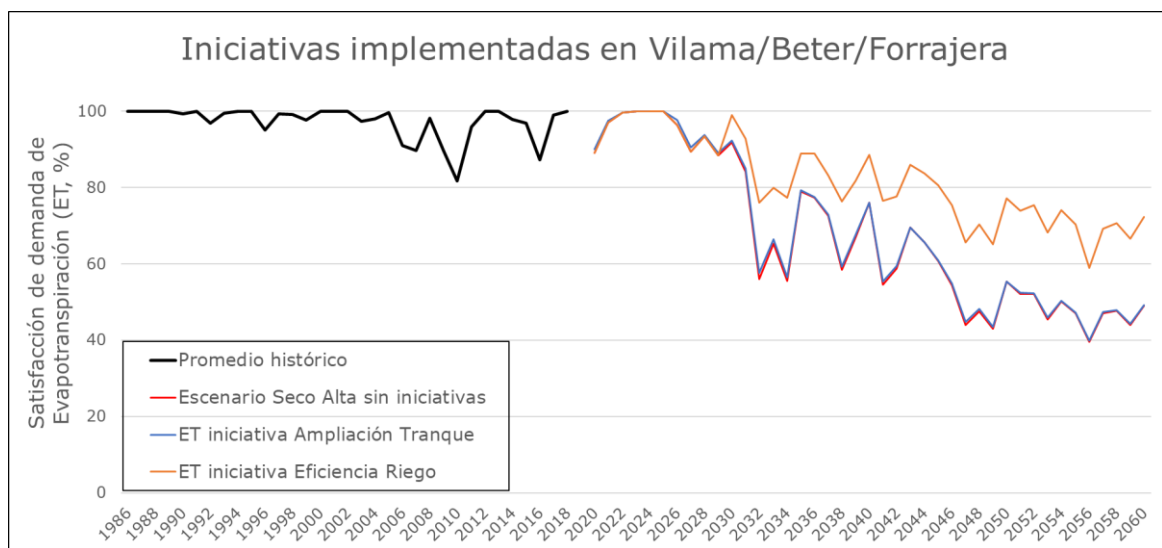
**Figura 5–22: Probabilidad de excedencia mensual en los distintos escenarios en el río Vilama en canal Vilama.**





Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-23: Satisfacción de la demanda de agua potable bajo escenario de gestión específico.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-24: Satisfacción de la demanda de la evapotranspiración de un cultivo (plantas forrajeras) bajo escenarios de gestión específicos.**

**CAPÍTULO 6 ACCIONES**

A continuación, se presentan la figura que se encuentra dentro del Capítulo 6 del informe final.

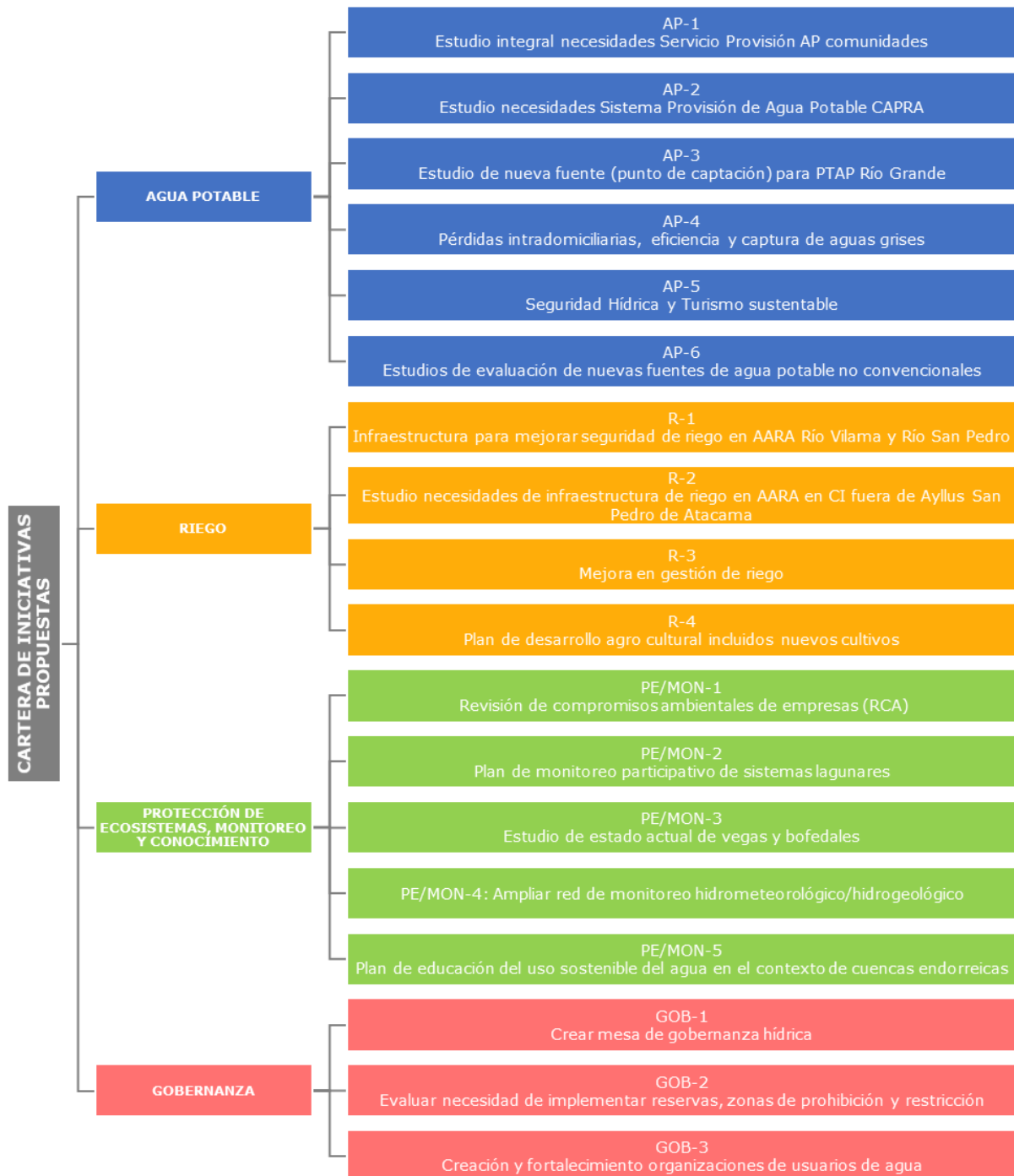


Fuente: Elaboración propia

**Figura 6-1: Dimensiones de objetivos y desempeños del diseño del plan.**

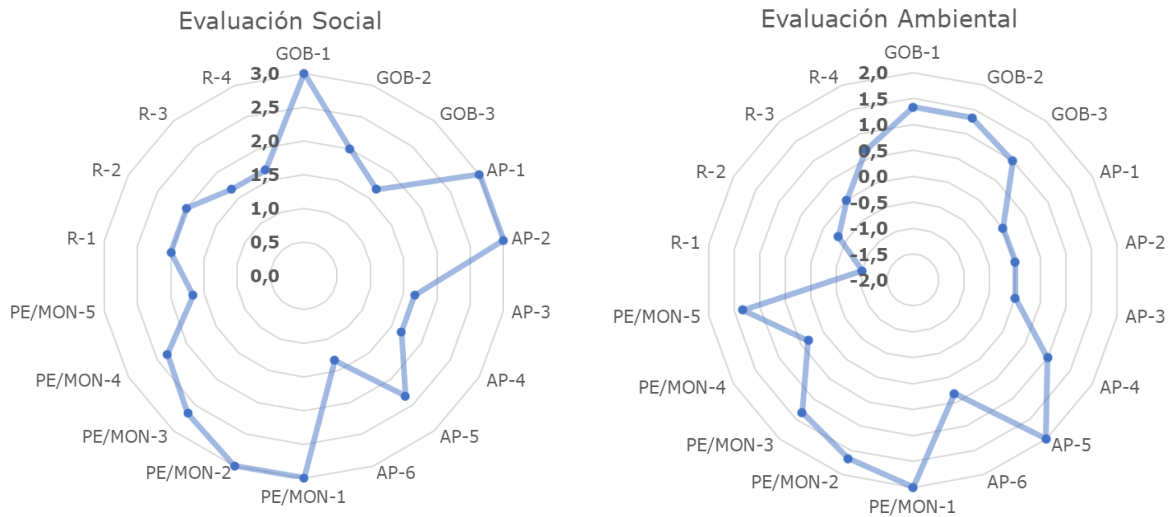
## **CAPÍTULO 7 CARTERA DE INICIATIVAS PROPUESTAS**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro del Capítulo 7 del informe final.



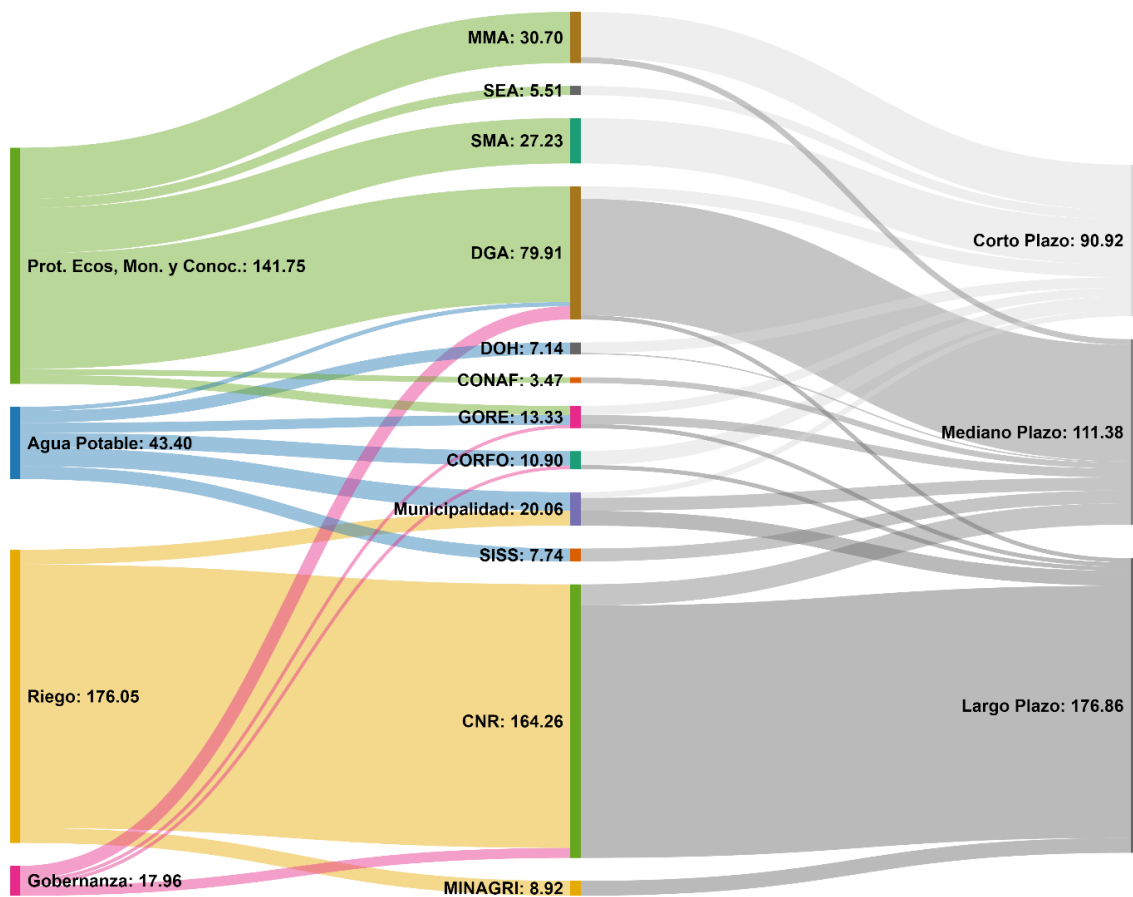
Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-1: Diagrama de iniciativas propuestas y analizadas.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-2: Asignación de puntuación de los indicadores social y ambiental para las iniciativas de la propuesta de la cartera.**



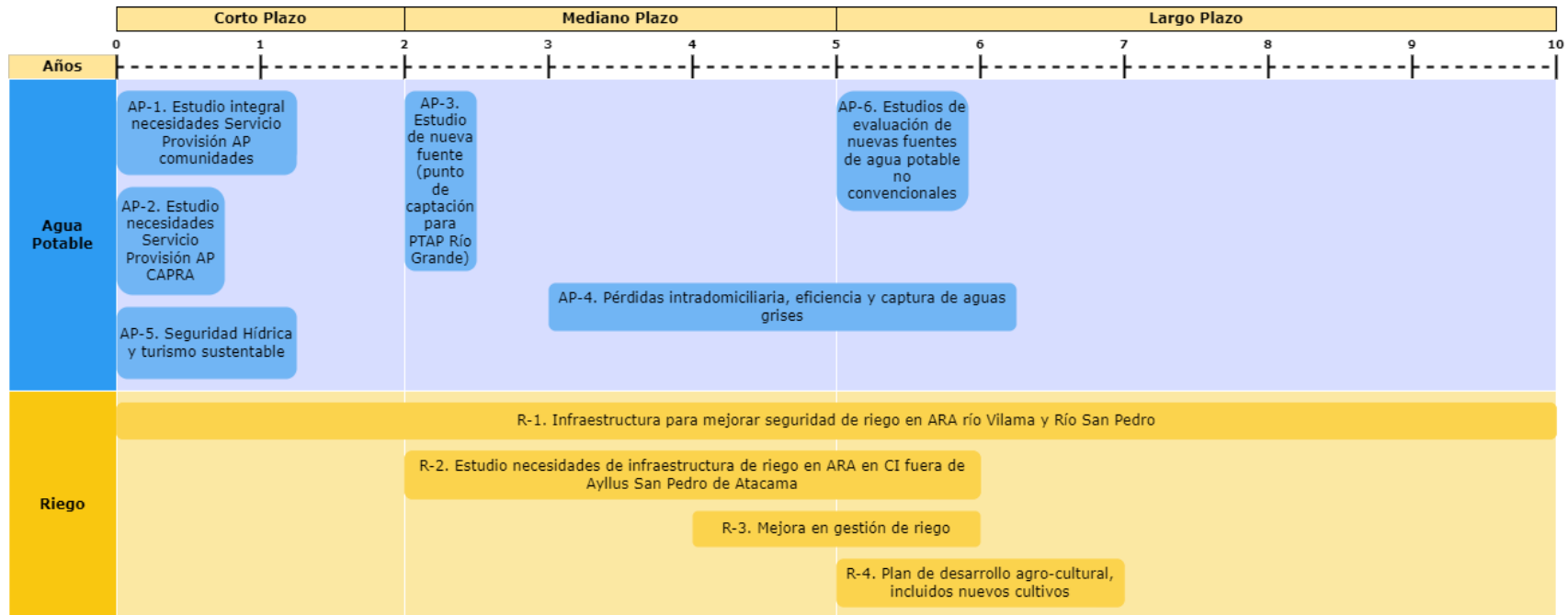
Nota: Los números representan los flujos de los costos (CAPEX + OPEX) en miles de UF.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 7-3: Diagrama de Sankey, representando montos por tipo de iniciativa, plazos e instituciones financieras.**

**CAPÍTULO 8 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentra dentro del Capítulo 8 del informe final.

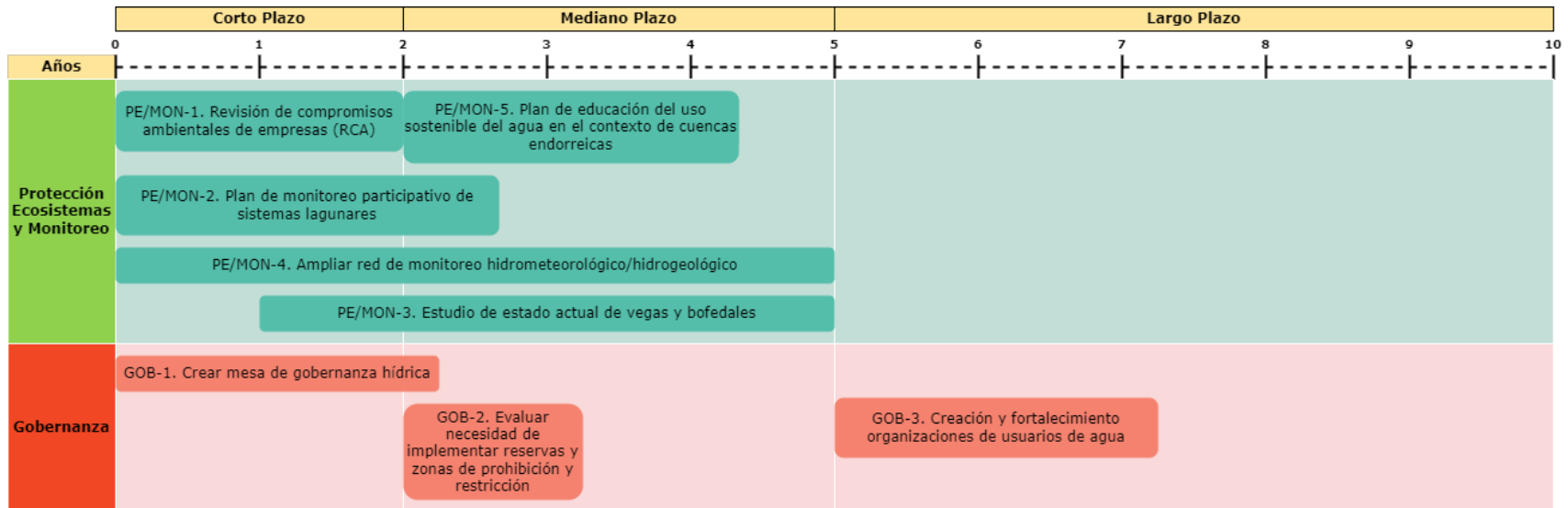


Nota: El alto de los rectángulos de las iniciativas no tiene ningún significado en particular, a diferencia del ancho que depende de la duración total de cada iniciativa.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 8–1: Carta Gantt de la implementación del plan.**





Nota: El alto de los rectángulos de las iniciativas no tiene ningún significado en particular, a diferencia del ancho que depende de la duración total de cada iniciativa.

Fuente: Elaboración propia

**Figura 8–2: Carta Gantt de la implementación del plan (continuación).**

## **CAPÍTULO 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN**

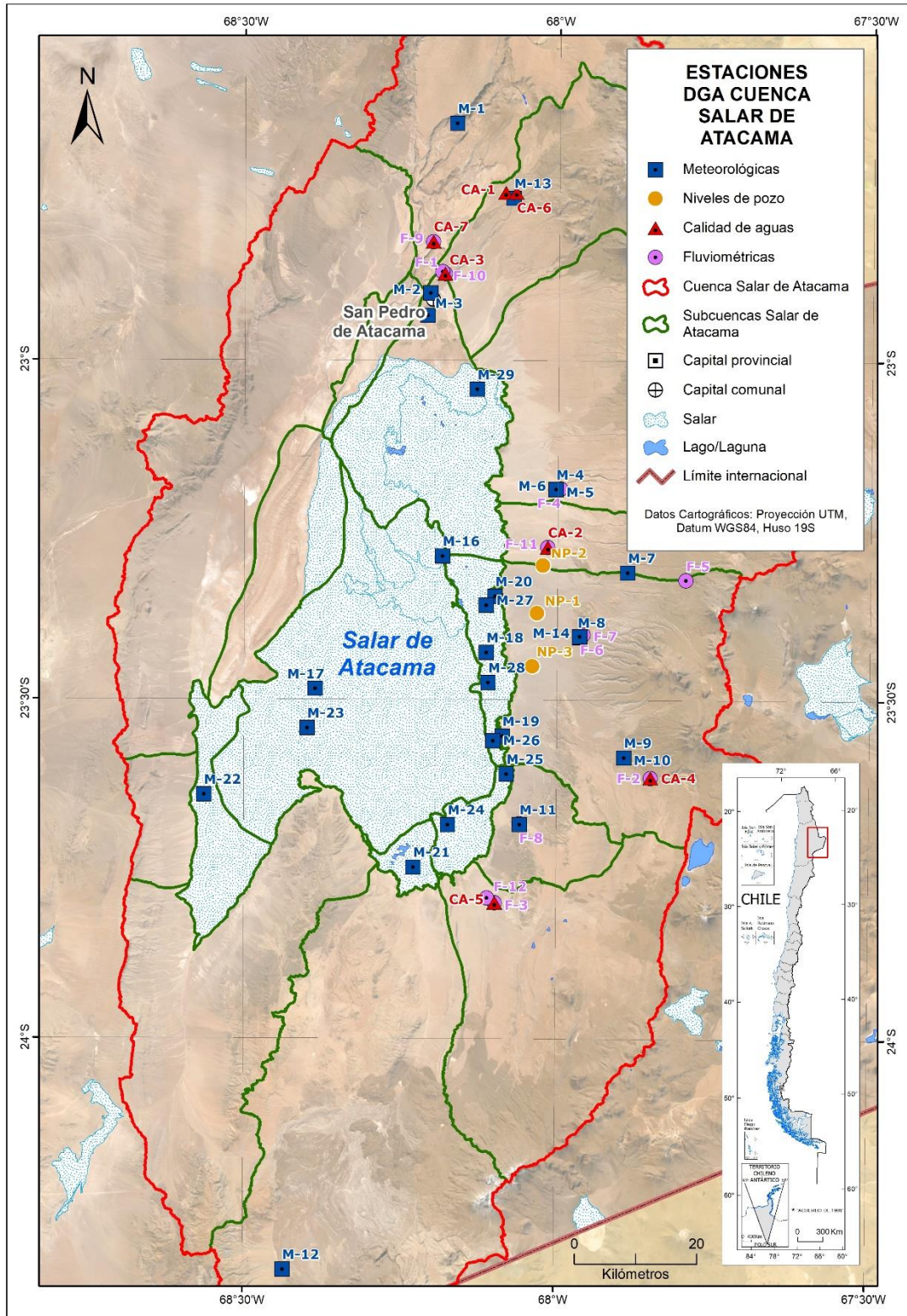
El Capítulo 9 del informe final no presenta figuras.

**FIGURAS DEL ANEXO F**

A continuación, se presentan todas las figuras presentes en el Anexo F, identificadas por capítulos.

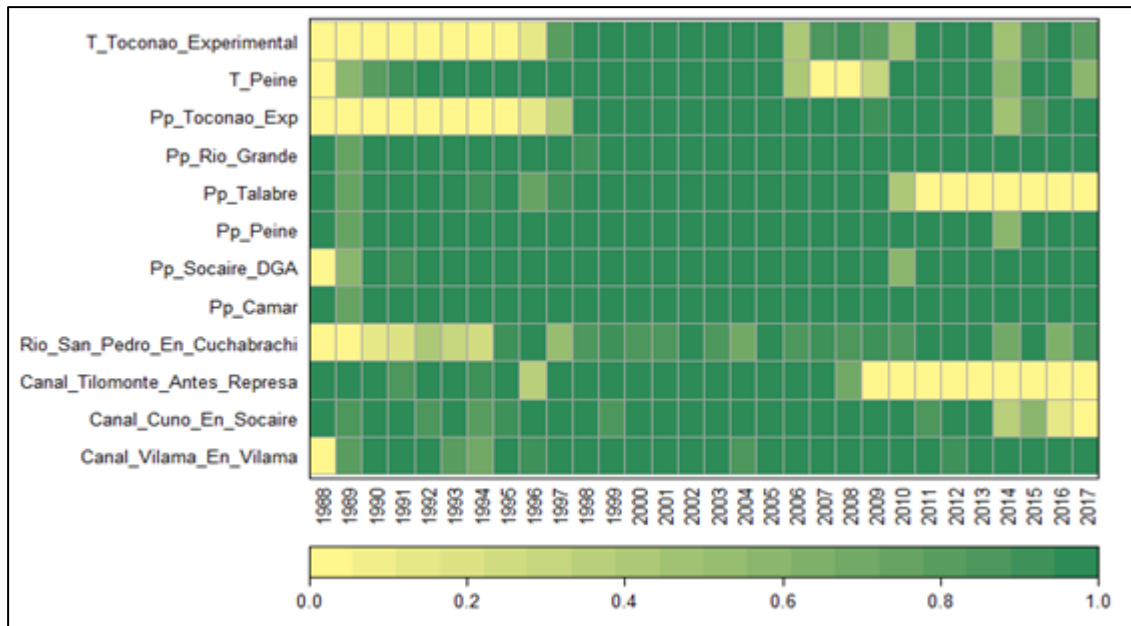
## **CAPÍTULO 1 METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 1 del Anexo F.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA BNASIGIRH, (2019)

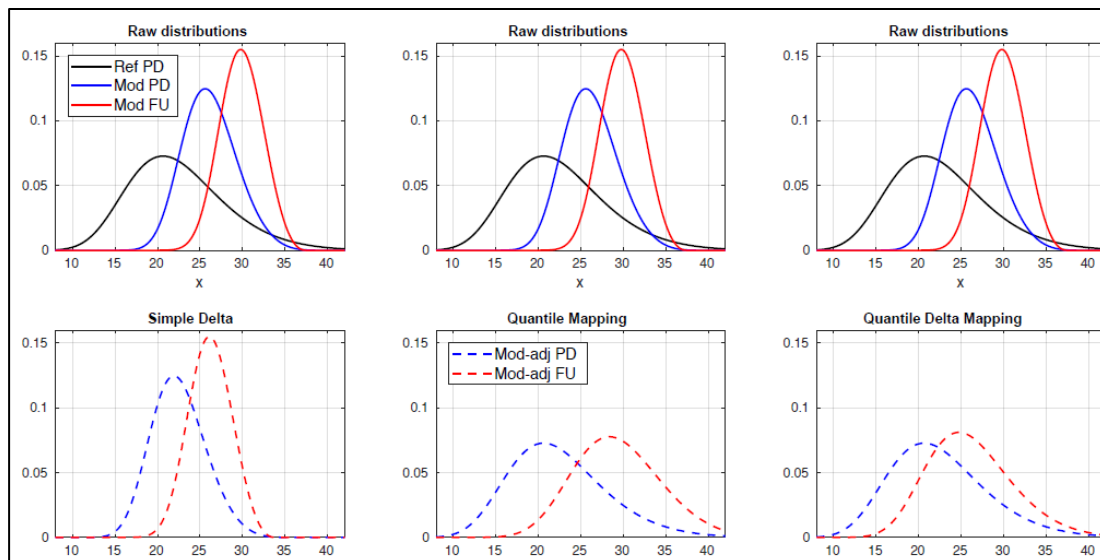
**Figura 1–1: Localización espacial de los distintos tipos de estaciones distribuidas en la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: DGA BNASIGIRH (2019)

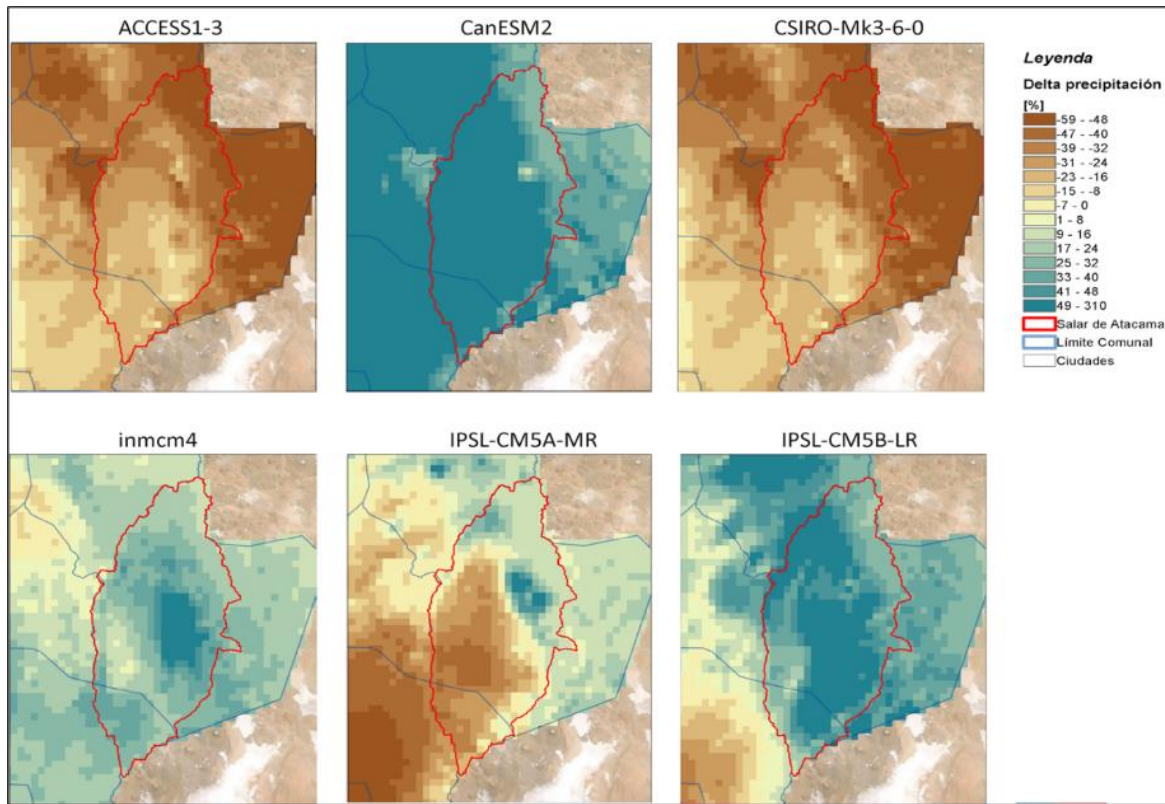
**Figura 1–2: Información de estaciones meteorológicas y fluviométricas ubicadas en la cuenca para el periodo 1988-2017.**

Nota: Aquellas con el prefijo “T” corresponden a temperatura, aquellas con prefijo “Pp” a precipitación, y aquellas sin prefijo denotan a las que miden caudal.



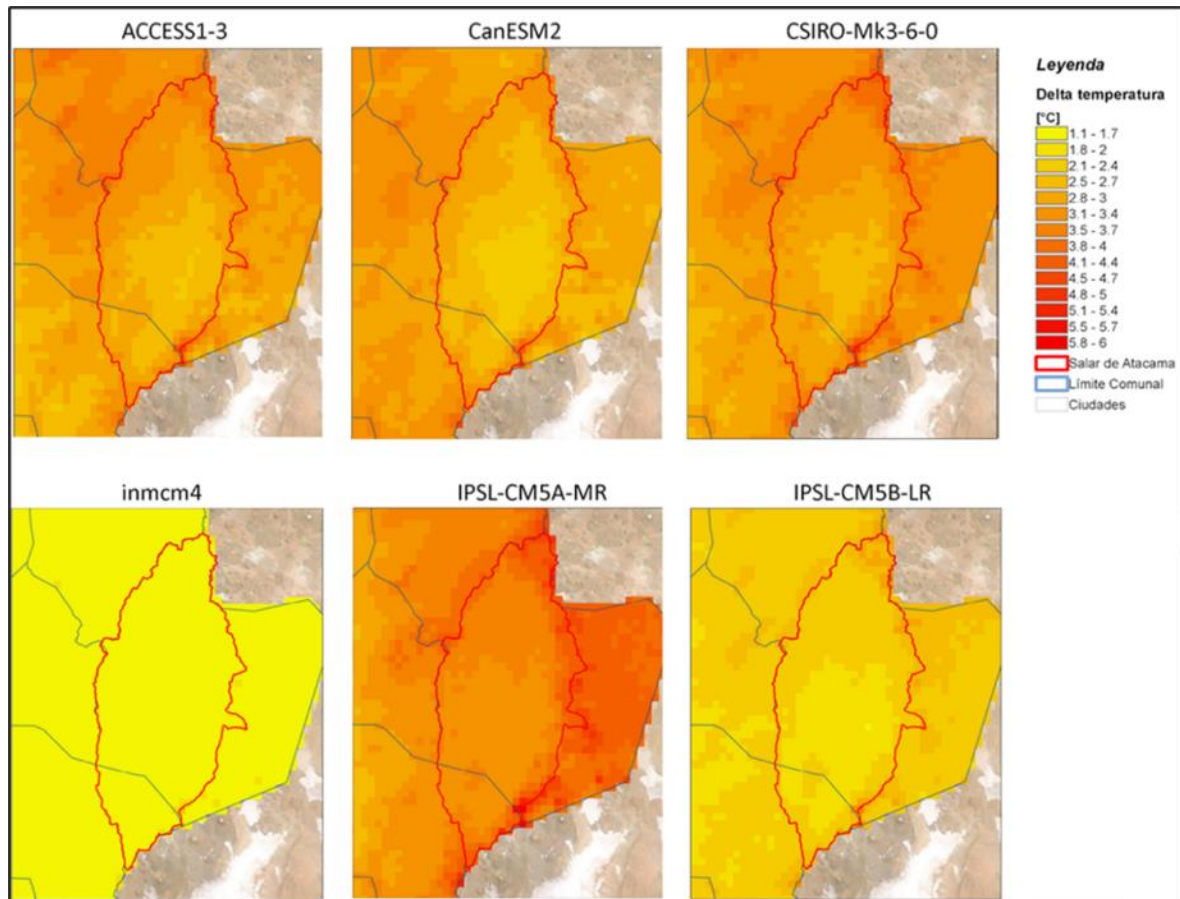
Fuente: DGA, (2018)

**Figura 1–3: Comparación de distintas técnicas de escalamiento para la distribución de frecuencia de una variable, a partir de una muestra sintética de datos (paneles superiores). Las curvas continuas rojas y azules representan la variable a ajustar en dos periodos.**



Fuente: Elaboración propia

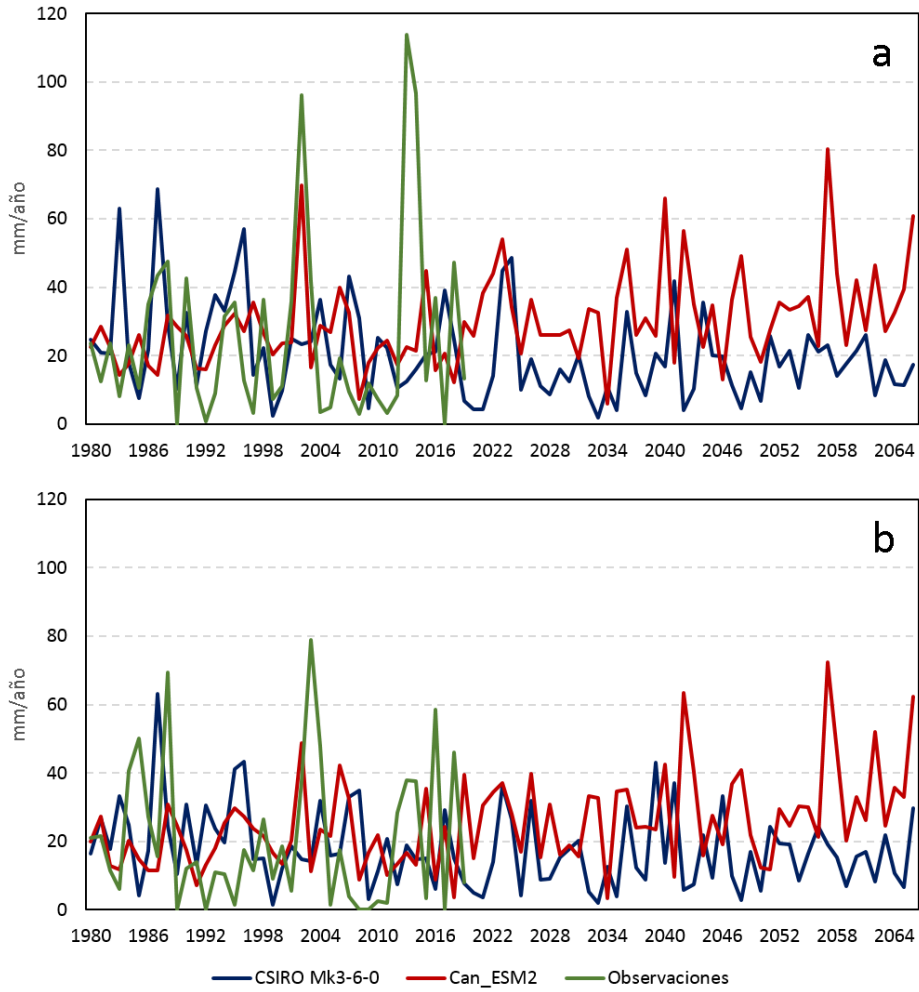
**Figura 1-4: Cambios (porcentaje de cambio) proyectados de precipitación para 6 GCMs en la cuenca del Salar de Atacama y su entorno hacia mediados de siglo (2035-2065) respecto del periodo histórico.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-5: Cambios en temperaturas medias anuales (expresados como diferencia simple entre futuro menos histórico), para la cuenca del salar de Atacama en seis modelos de cambio climático en el escenario más severo (RCP 8.5).**

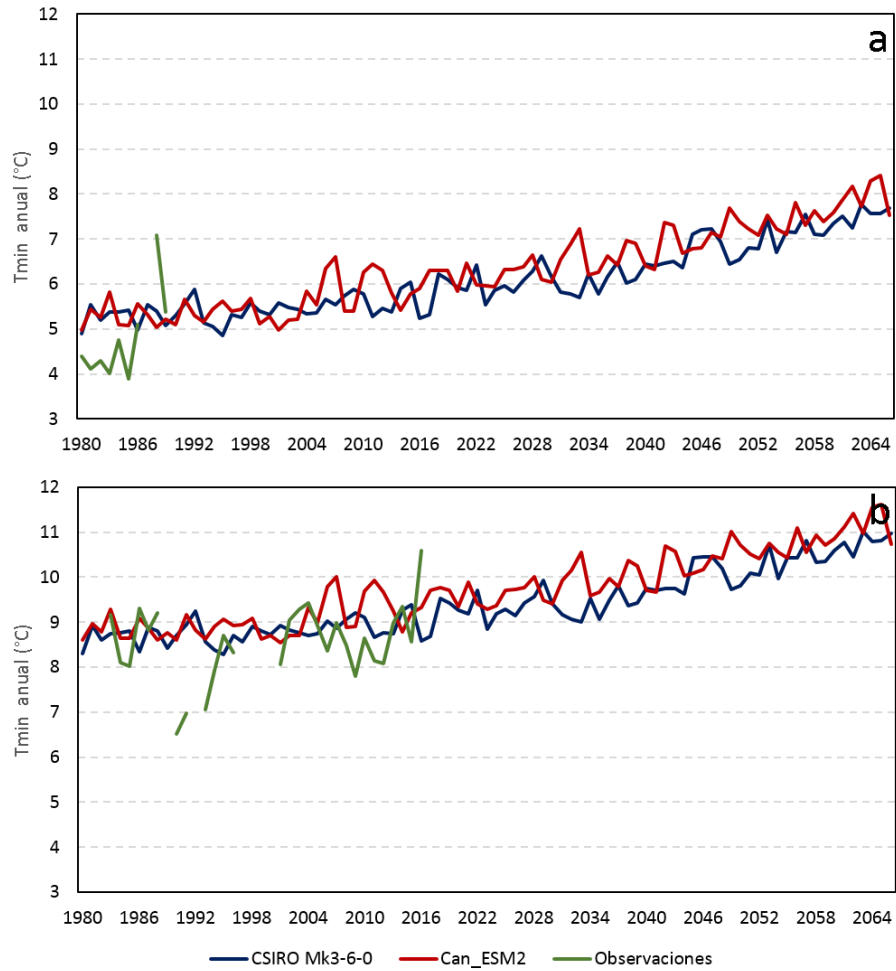




Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-6: Series de precipitación anual a nivel de estación e interpoladas a la coordenada de esta en 2 modelos de cambio climático.**

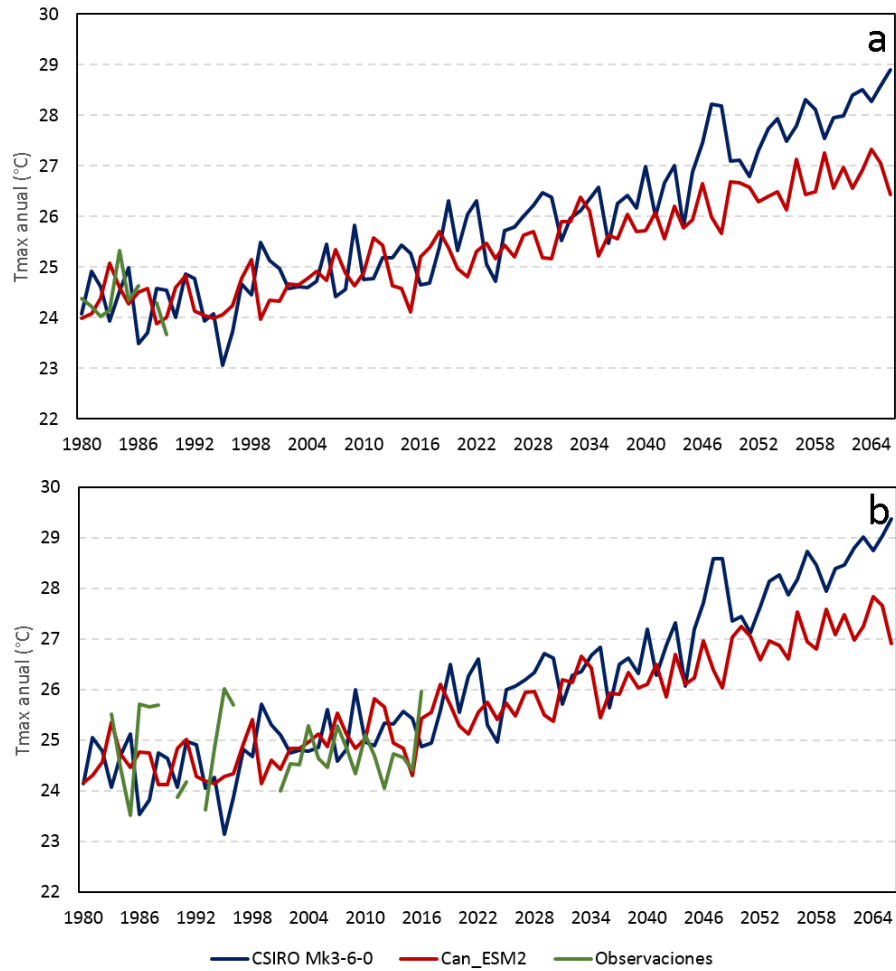
Nota: Se muestra el periodo de control (observaciones) y futuro (modelos CSIRO MK3-6-0 y Can-ESM2) para las estaciones a) San Pedro de Atacama y b) Peine.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1–7: Series de temperatura mínima a nivel de estación e interpoladas a la coordenada de esta en 2 modelos de cambio climático.**

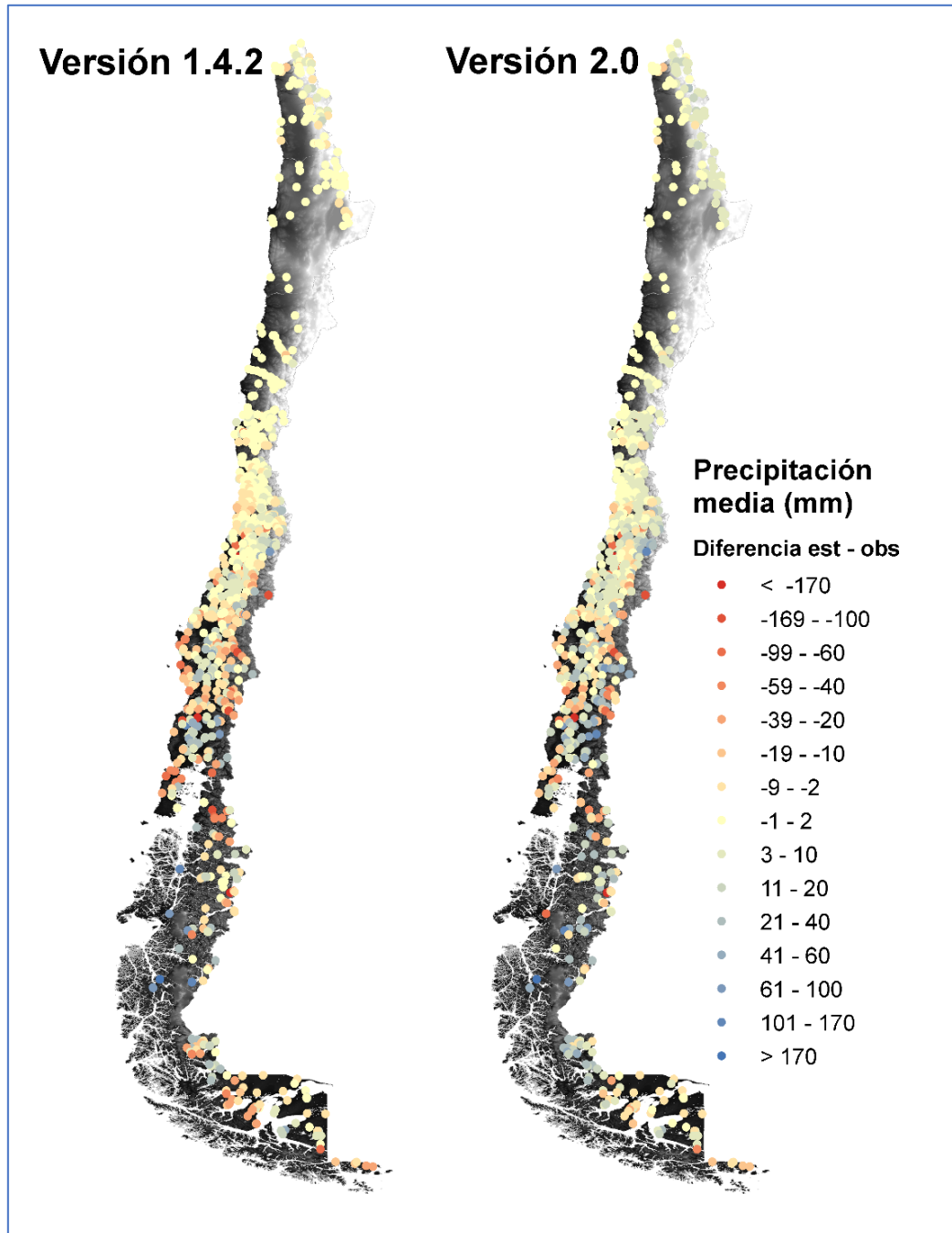
Nota: Se muestra el periodo de control (observaciones) y futuro (modelos CSIRO MK3-6-0 y Can-ESM2) para las estaciones a) San Pedro de Atacama y b) Peine.



Fuente: Elaboración propia

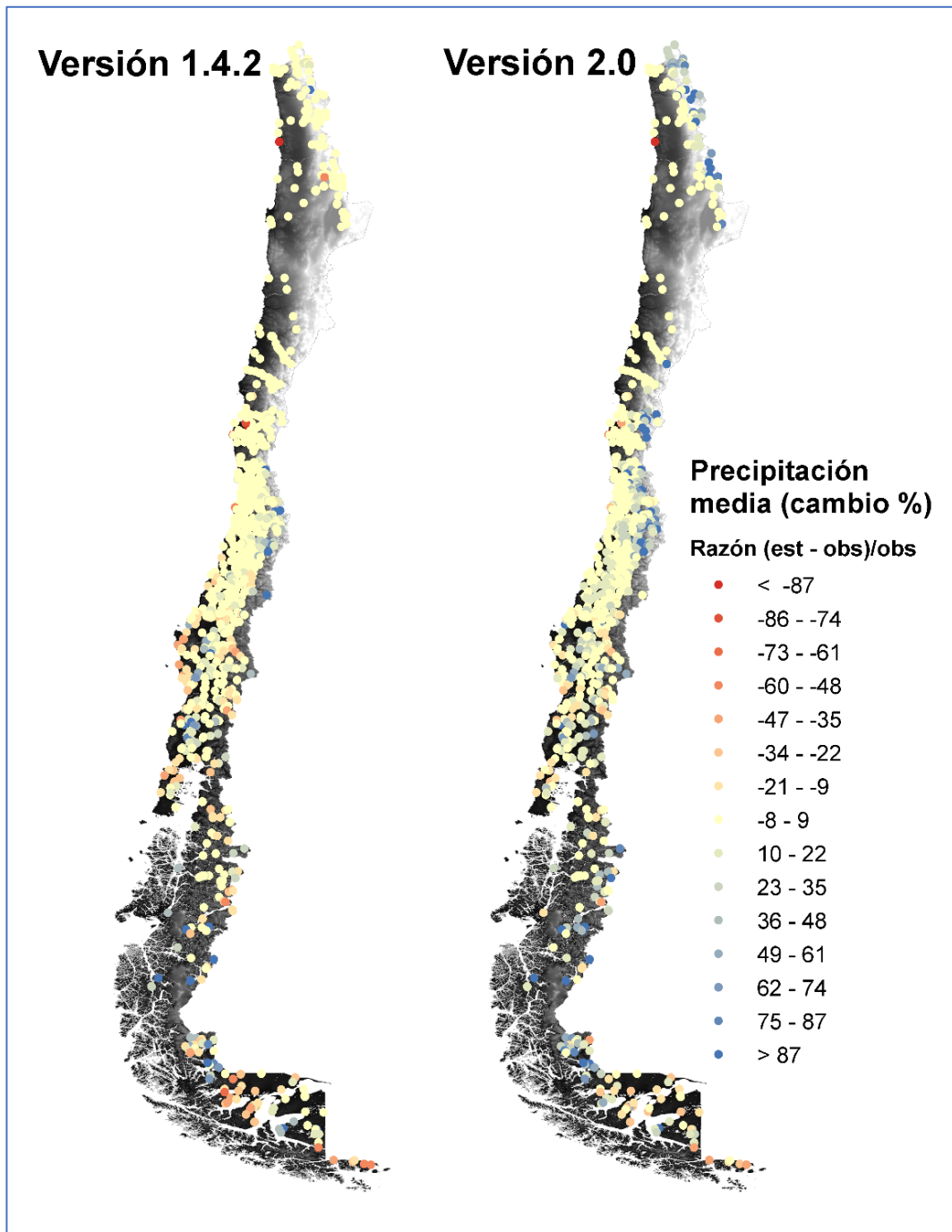
**Figura 1-8: Series de temperatura máxima a nivel de estación e interpoladas a la coordenada de esta en 2 modelos de cambio climático.**

Nota: Se muestra el periodo de control (observaciones) y futuro (modelos CSIRO MK3-6-0 y Can-ESM2) para las estaciones a) San Pedro de Atacama y b) Peine.



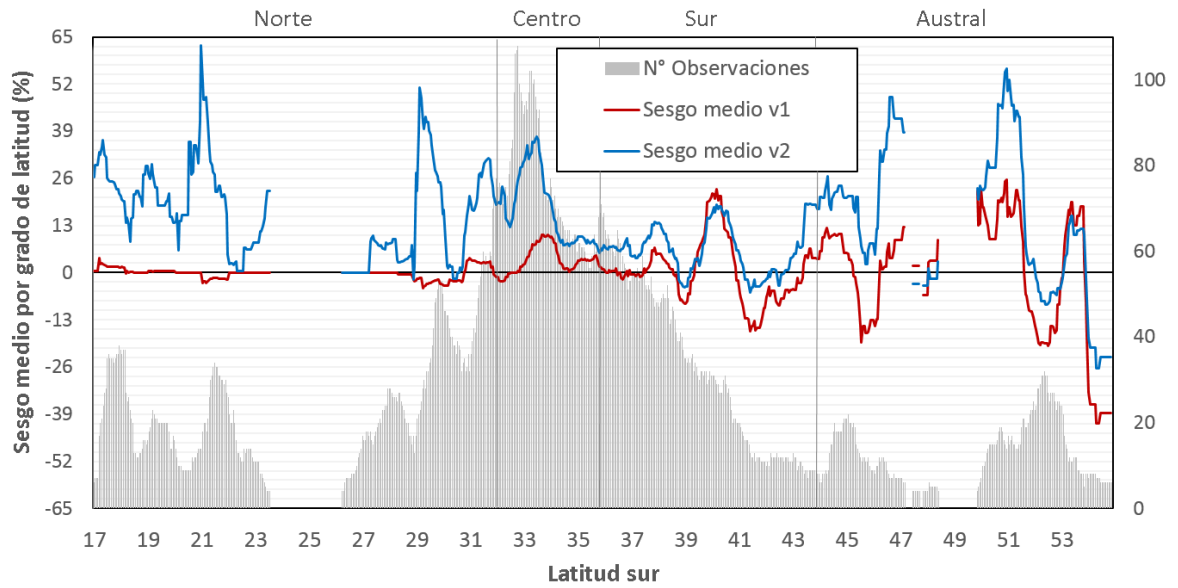
Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-9: Sesgo en la estimación de precipitaciones del producto CR2MET versiones 1.4.2 y versión 2.0 con las observaciones de estaciones, expresadas como diferencia absoluta (mm).**



Fuente: Elaboración propia

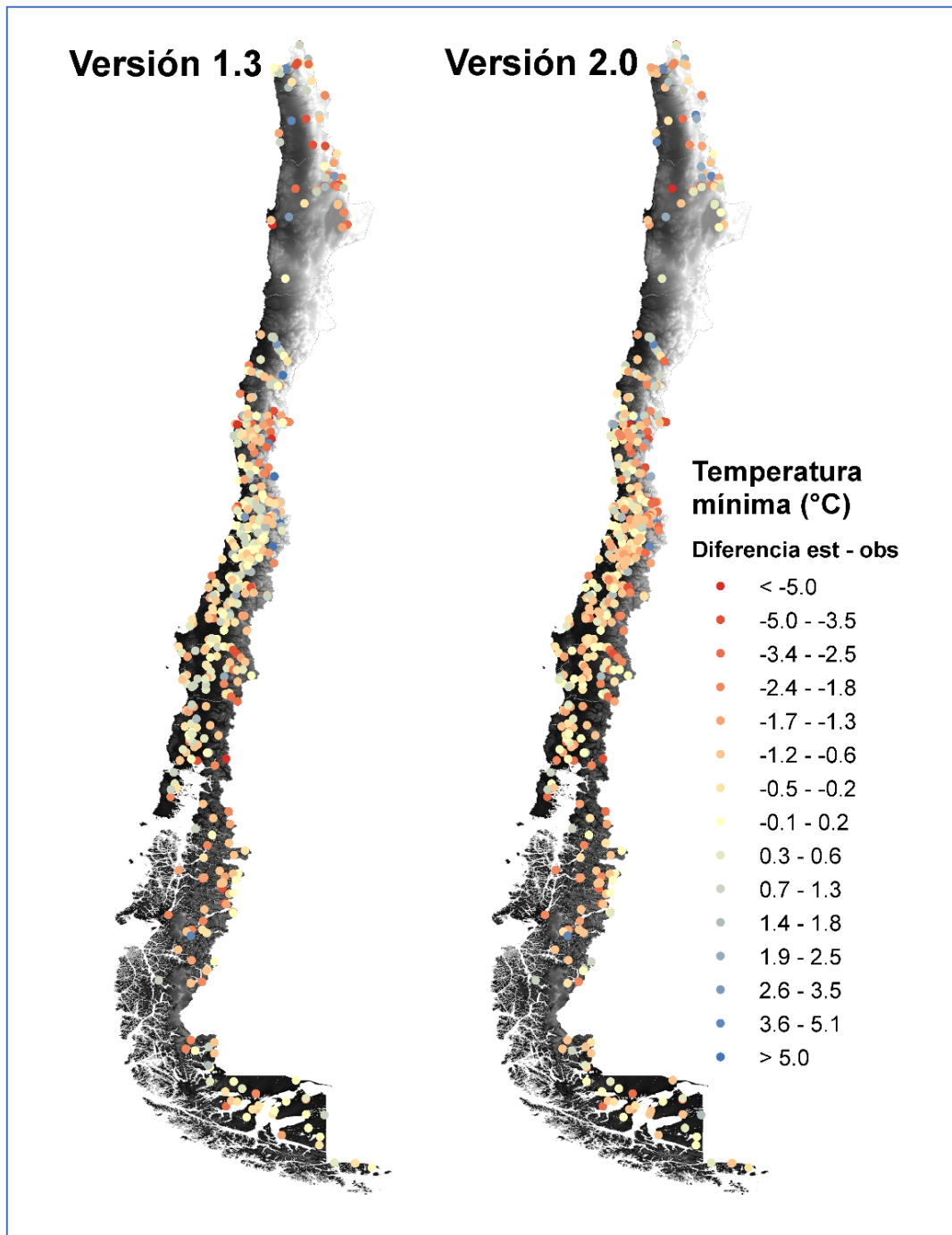
**Figura 1-10: Sesgo en la estimación de precipitaciones del producto CR2MET versiones 1.4.2 y versión 2.0 con las observaciones de estaciones, expresadas como diferencia relativa (%).**



Fuente: Elaboración propia

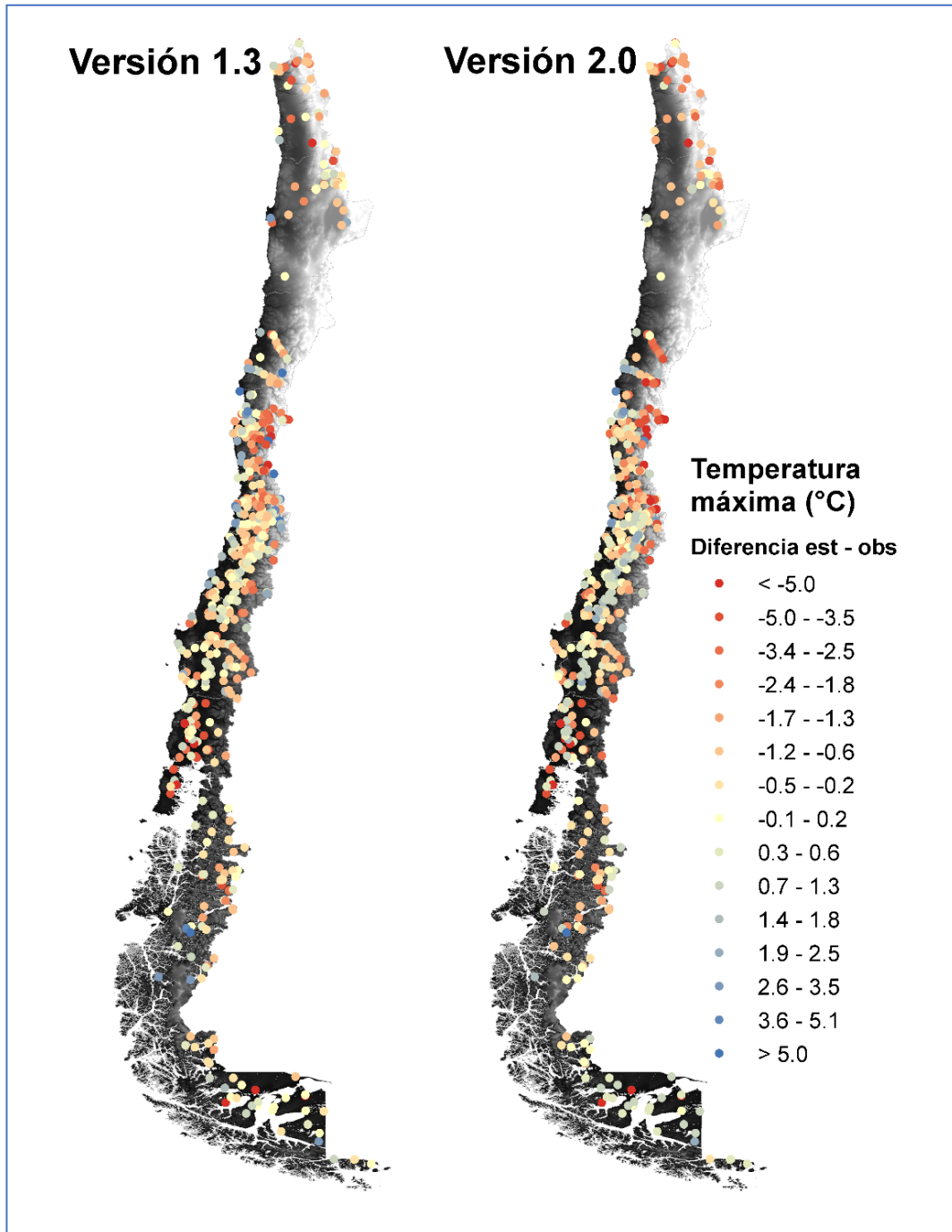
**Figura 1–11: Sesgo de la estimación de precipitaciones de CR2MET en función de la latitud.**

Nota: Considerar que la cuenca del salar de atacama se inserta entre los 22 y 25 grados de latitud sur.



Fuente: Elaboración propia

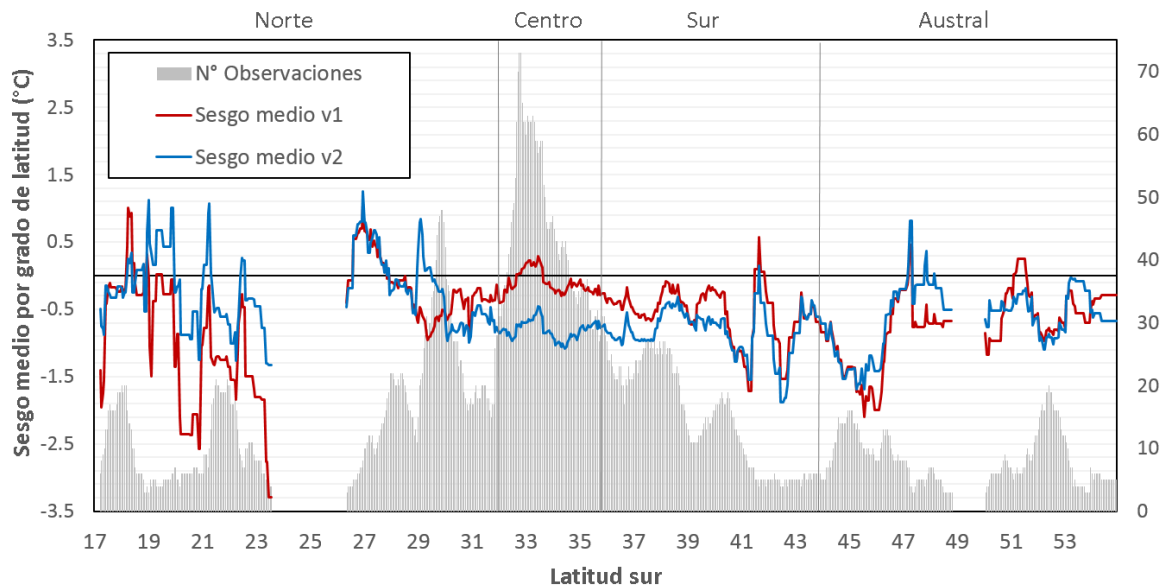
**Figura 1-12: Sesgos entre los valores medidos en las estaciones meteorológicas de Temperatura mínima con los valores estimados por CR2met en sus versiones 1 y 2 para el elemento de la grilla en al cual se encuentran estas estaciones.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-13: Sesgos entre los valores medidos en las estaciones meteorológicas de Temperatura máxima con los valores estimados por CR2met en sus versiones 1 y 2 para el elemento de la grilla en al cual se encuentran estas estaciones.**

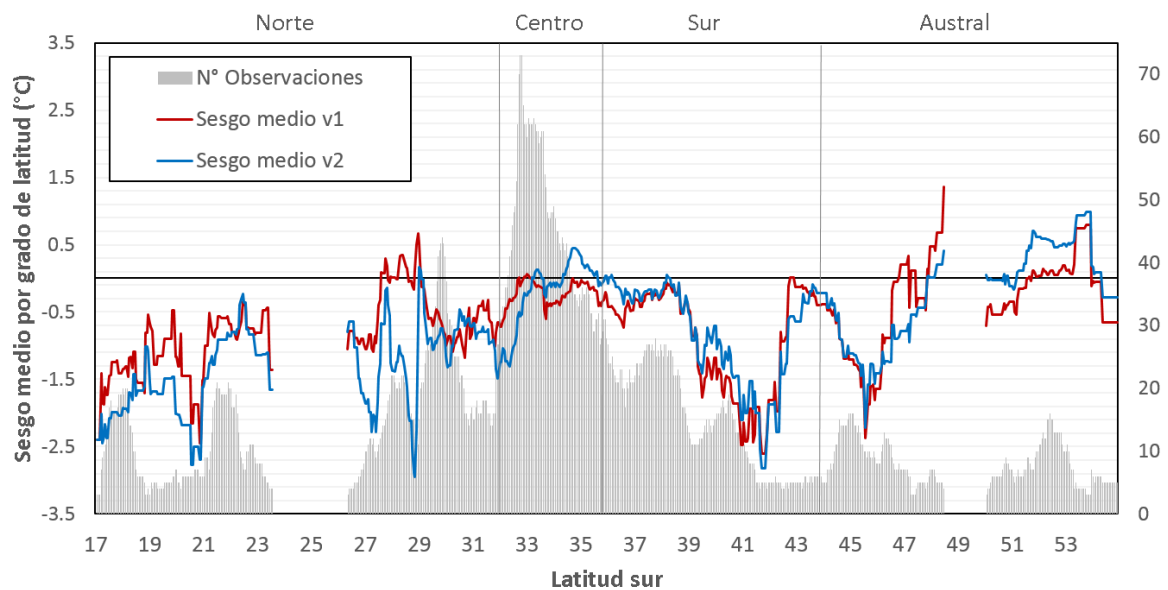




Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-14: Sesgo en la estimación de la temperatura mínima para la versión 2.0 (azul), en función de la latitud**

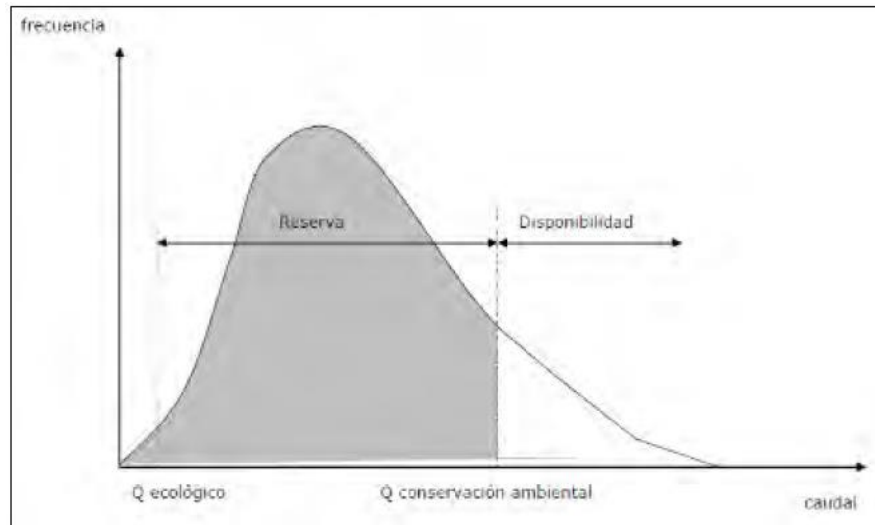
Nota: Considerar que la cuenca del salar de atacama se inserta entre los 22 y 25 grados de latitud sur.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-15: Sesgo en la estimación de la temperatura máxima para la versión 2.0 (azul), en función de la latitud.**

Nota: Considerar que la cuenca del salar de atacama se inserta entre los 22 y 25 grados de latitud sur.



Fuente: DGA (2017b)

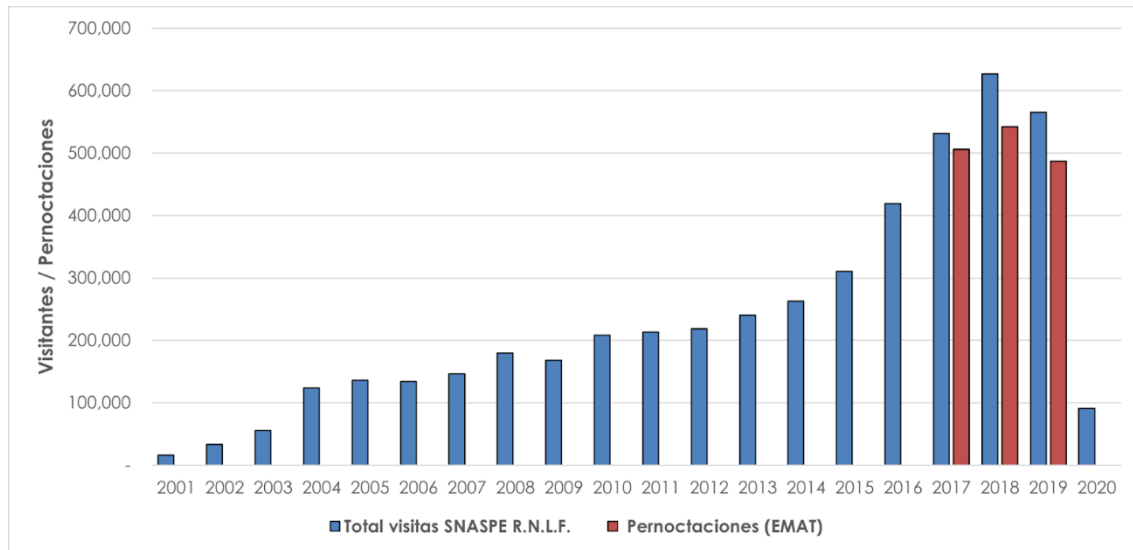
**Figura 1-16: Caudal de reserva para conservación ambiental.**

## **CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA APLICADA EN LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

El Capítulo 2 del Anexo F no presenta figuras.

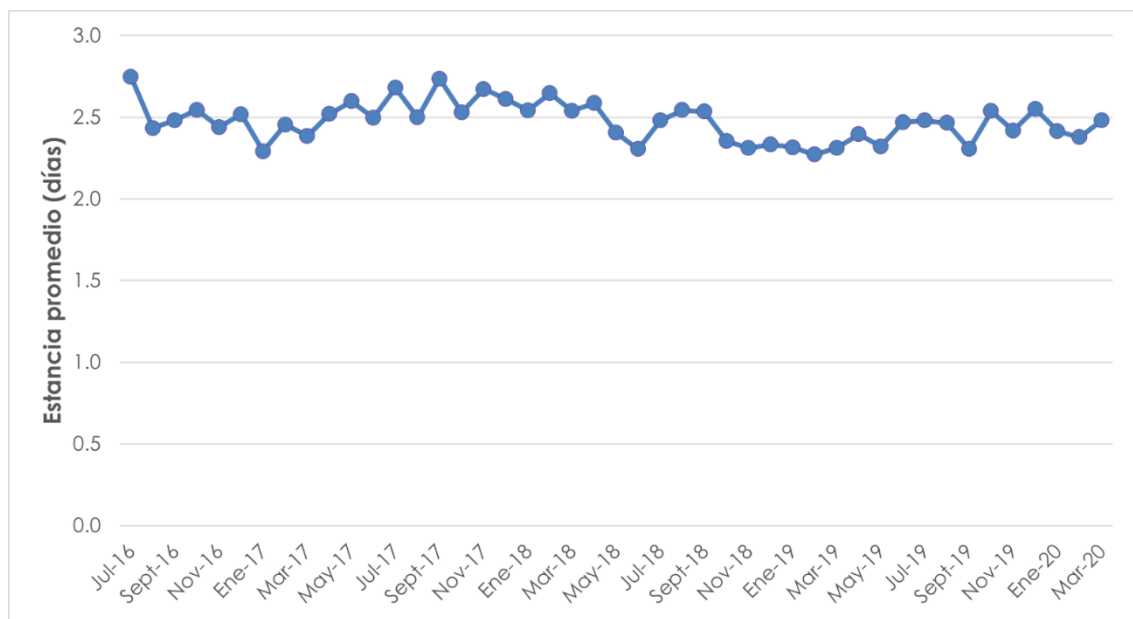
### **CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACION DE DEMANDA**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 3 del Anexo F.



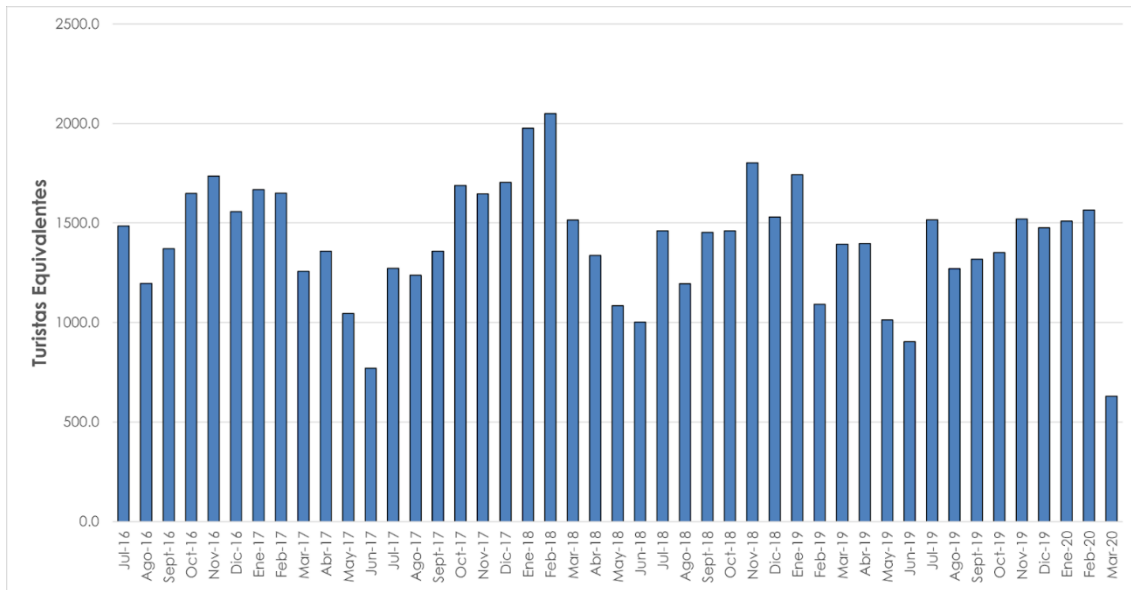
Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

**Figura 3-1: Estadísticas de visitantes a SNASPE Reserva Nacional los Flamencos, y total de pernoctaciones al destino turístico San Pedro de Atacama.**



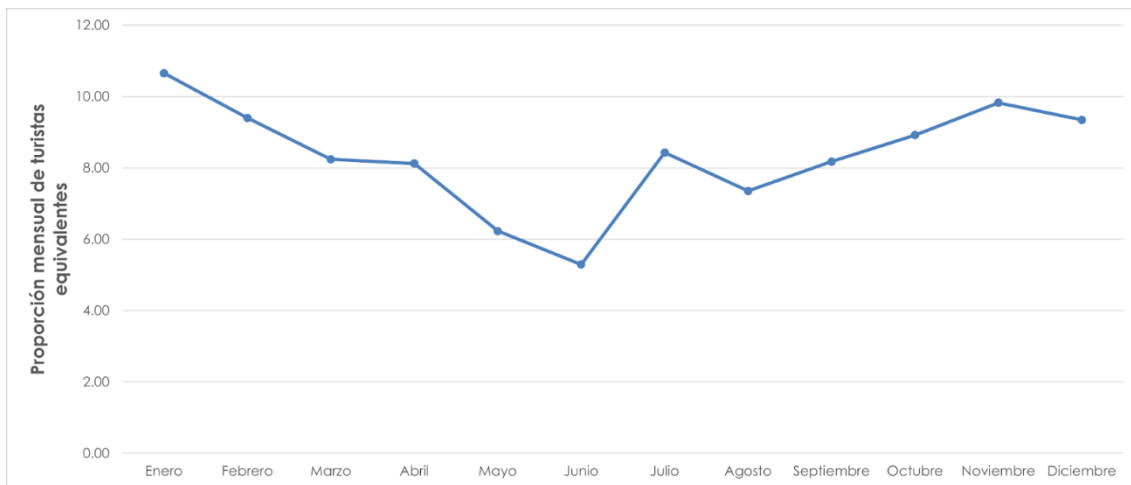
Fuente: INE (varios años)

**Figura 3-2: Estancia media de pasajeros a escala mensual.**



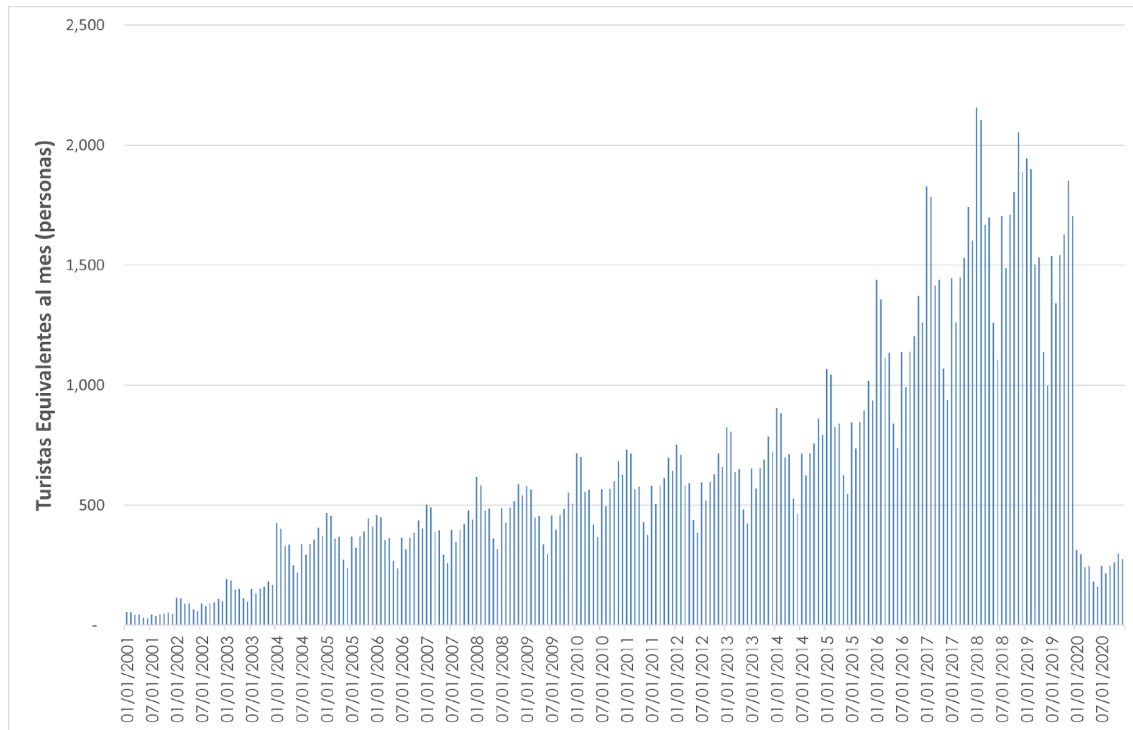
Fuente: INE (varios años)

**Figura 3–3: Turistas equivalentes por mes que visitan San Pedro de Atacama.**



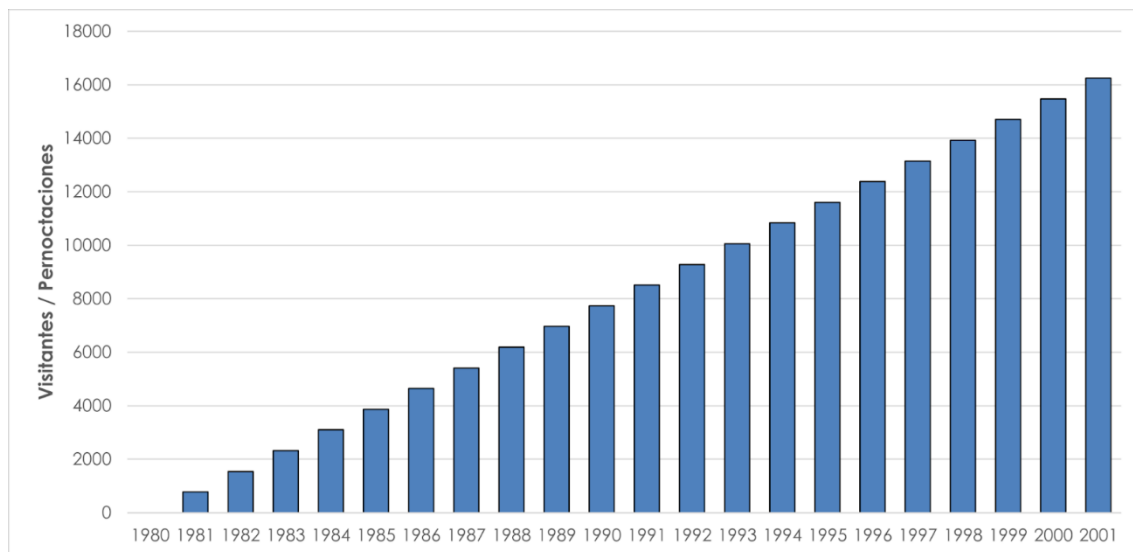
Fuente: INE (varios años)

**Figura 3–4: Serie mensual con el promedio de las proporciones de turistas equivalentes.**



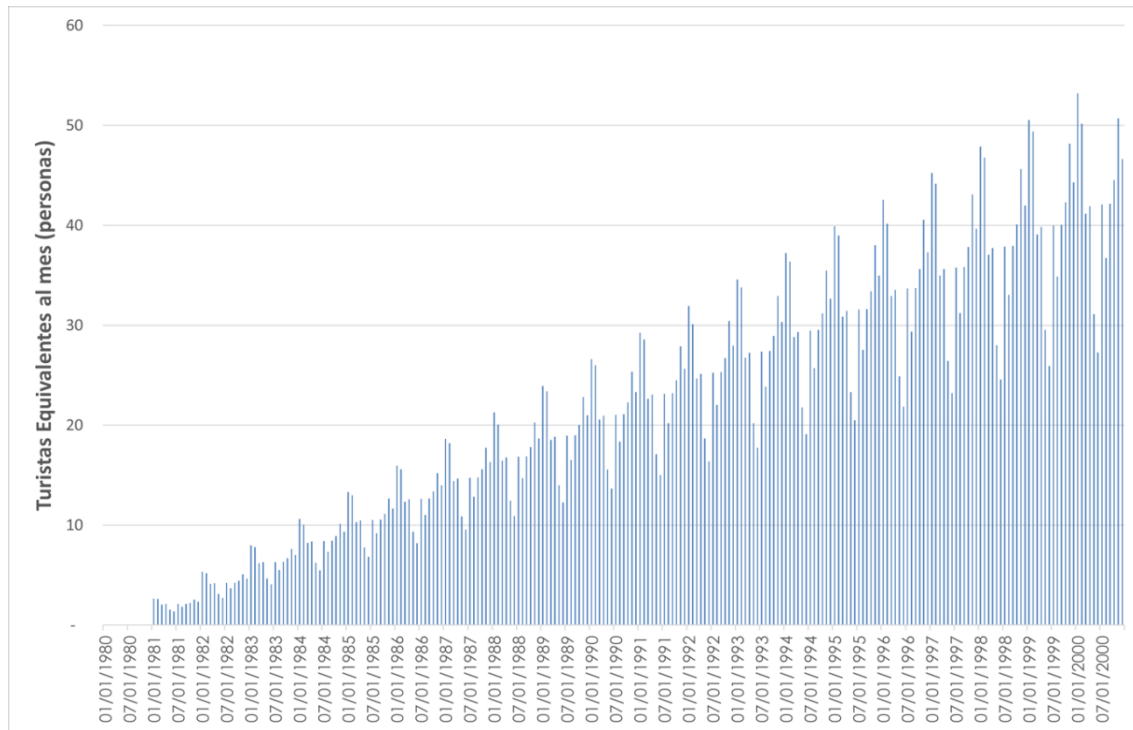
Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

**Figura 3–5: Turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca de San Pedro de Atacama en el periodo 2001-2020.**



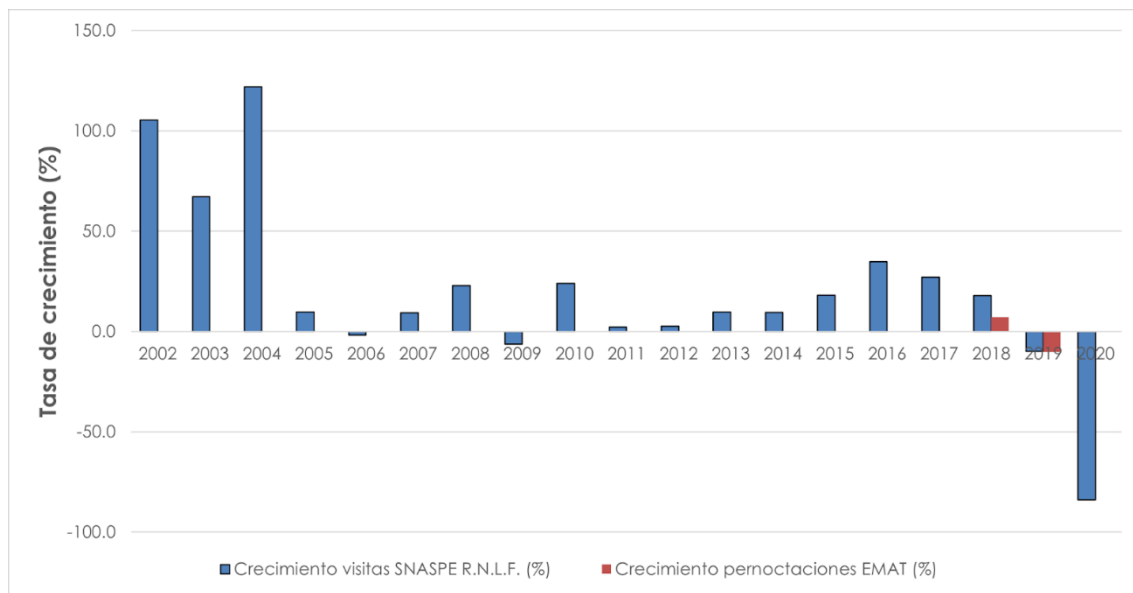
Fuente: CONAF (varios años)

**Figura 3–6: Decrecimiento lineal de las estadísticas de visitantes a SNASPE Reserva Nacional los Flamencos para el período 1980-2001.**



Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

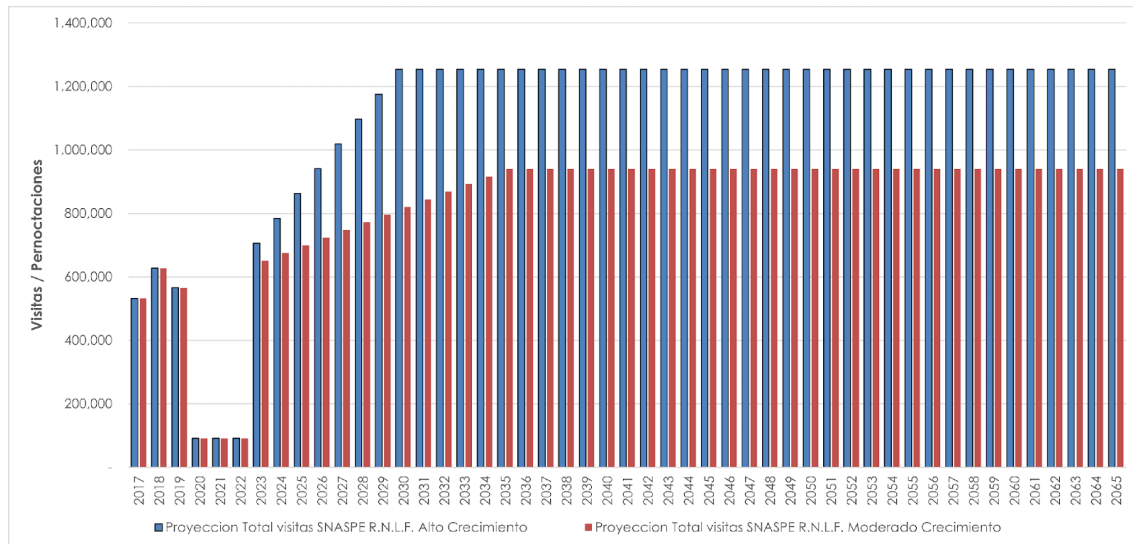
**Figura 3-7: Extensión turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 1980-2001.**



Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

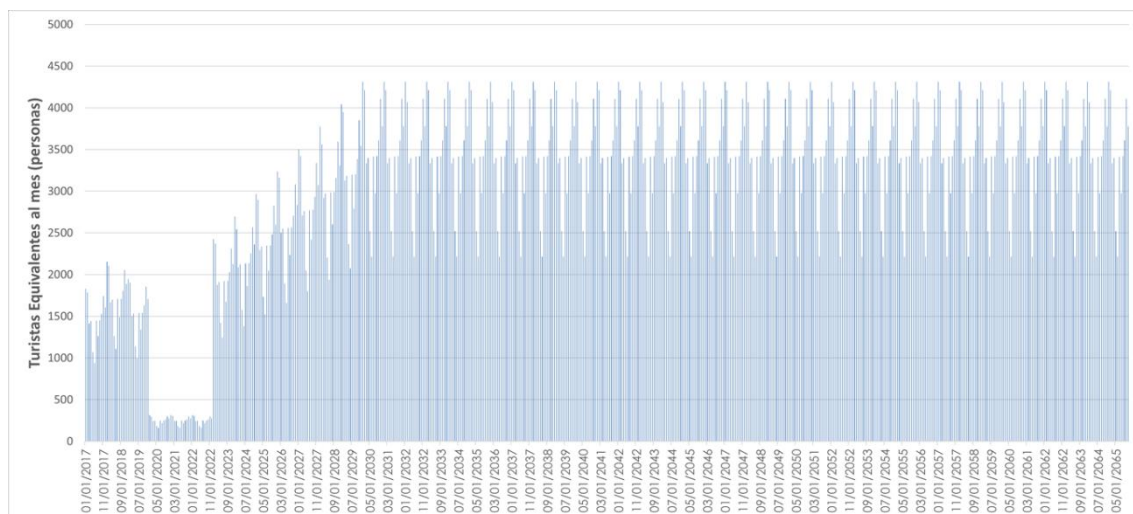
**Figura 3-8: Tasas de crecimiento históricas registradas en las visitas al SNASPE Reserva Nacional Los Flamencos y en las pernoctaciones a San Pedro de Atacama.**





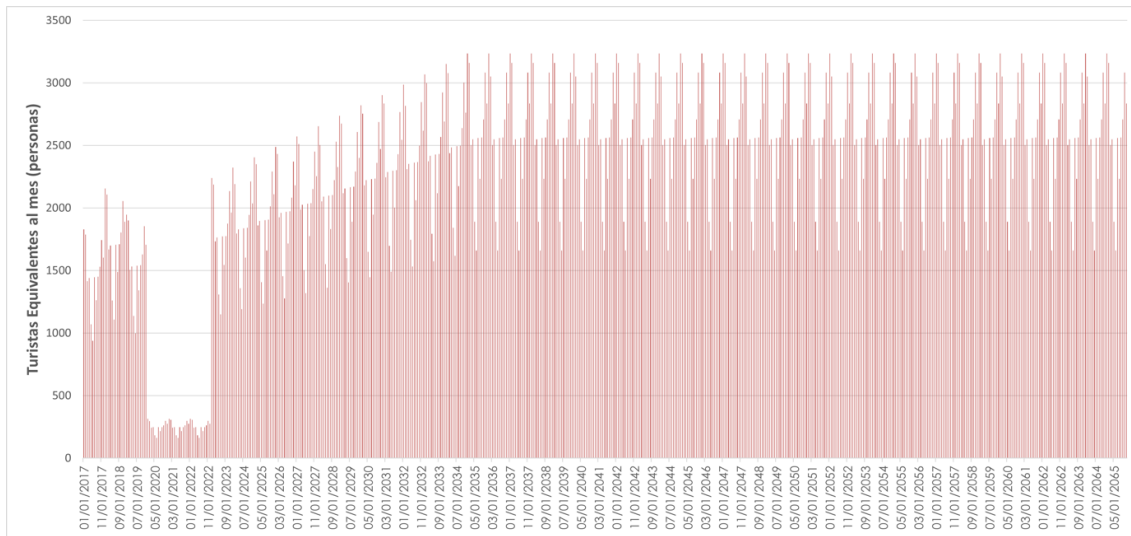
Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

**Figura 3–9: Proyección visitas a la cuenca de San Pedro de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario alto (azul) y moderado (rojo) crecimiento.**



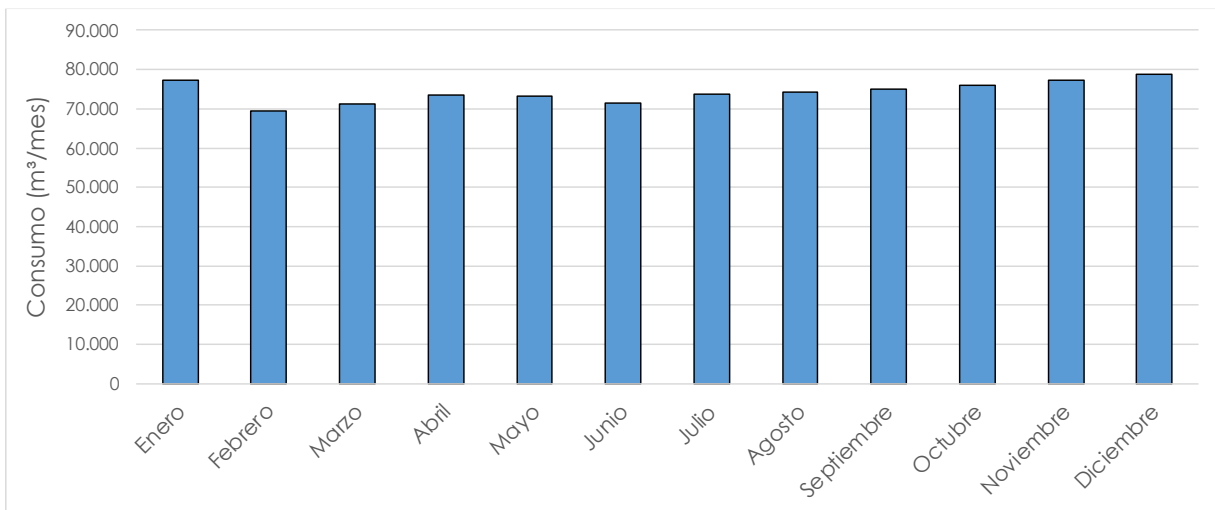
Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

**Figura 3–10: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario alto crecimiento.**



Fuente: INE (varios años) y CONAF (varios años)

**Figura 3-11: Proyección turistas equivalentes por mes que visitan la cuenca del Salar de Atacama en el periodo 2020-2065, escenario moderado crecimiento.**

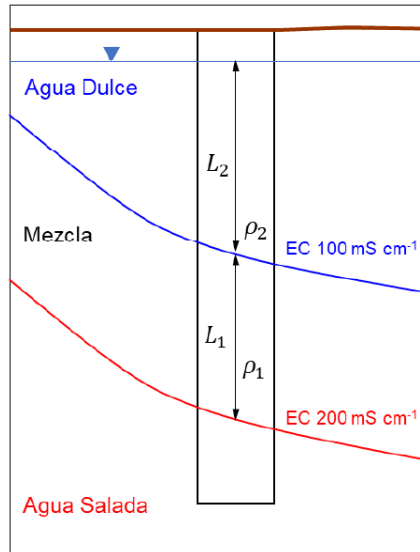


Elaboración propia en base a datos proporcionados por CAPRA

**Figura 3-12: Consumo mensual promedio de agua potable en San Pedro de Atacama para el año 2019.**

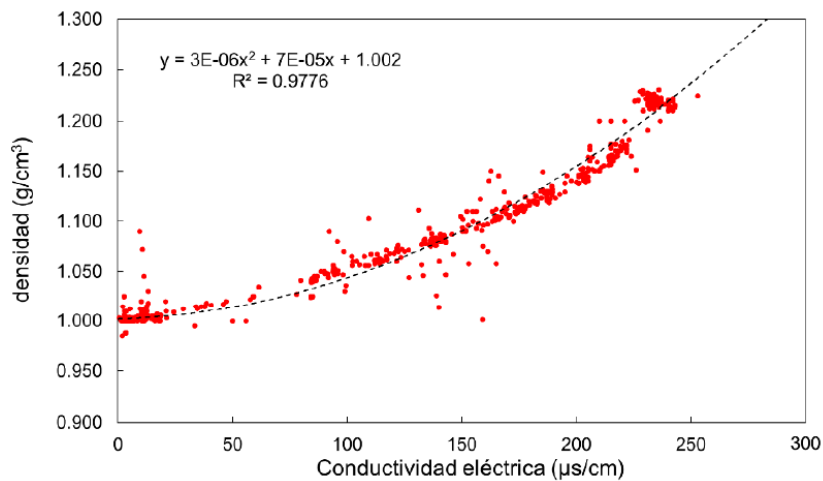
## **CAPÍTULO 4 METODOLOGÍA APLICADA EN LA CARACTERIZACION DE OFERTA**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 4 del Anexo F.



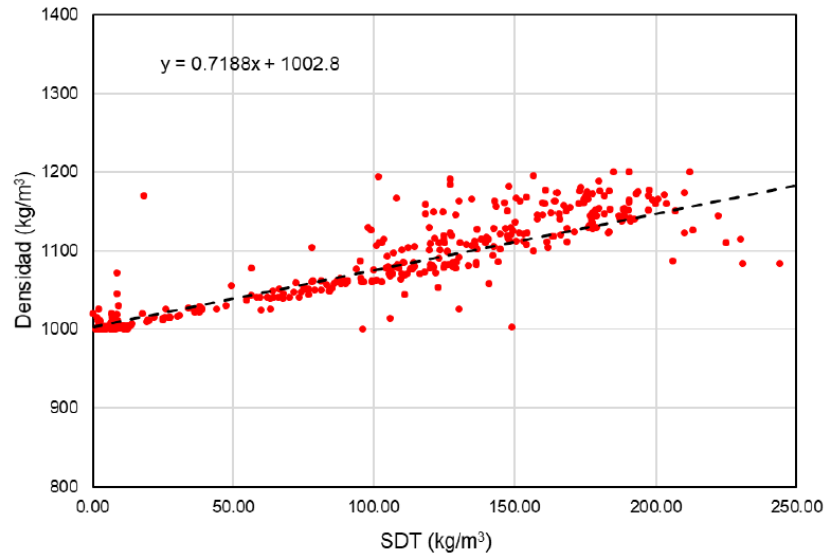
Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021) y modificado de Marazuela et al. (2018)

**Figura 4–1: Esquema de la corrección de niveles para sistemas con zona de mezcla importante.**

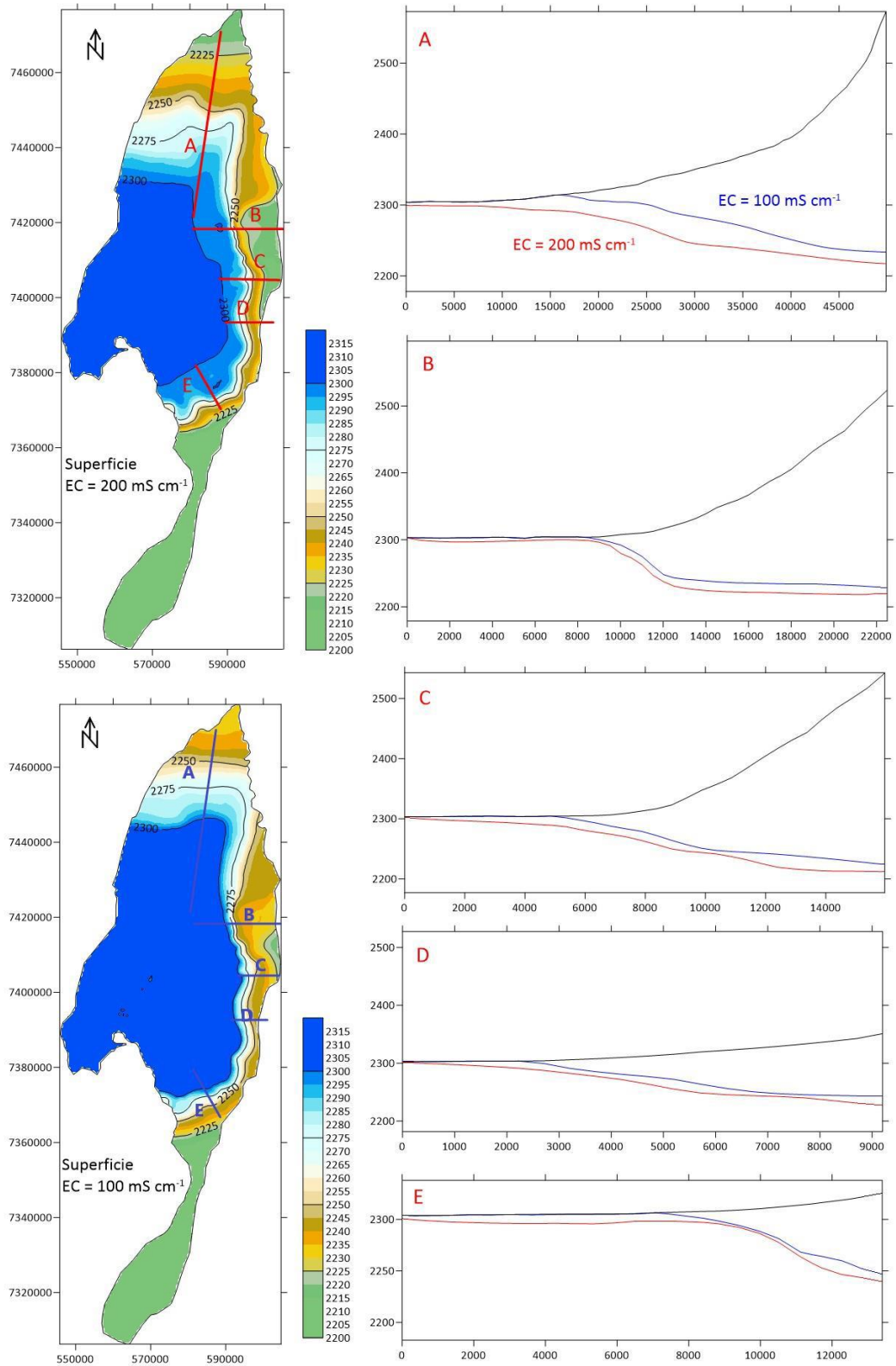


Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 4–2: Relación entre conductividad eléctrica y densidad medidas en terreno. Se muestra la ecuación de correlación, así como el error cuadrático.**



**Figura 4–3: Relación densidad de fluido y total de sólidos disueltos (SDT) medida en puntos de observación.**

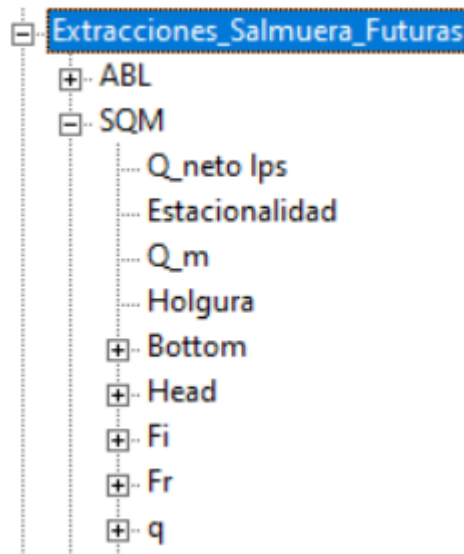


Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021) y modificado de Marazuela et al. (2018)

**Figura 4-4: Distribución de la profundidad de las isosuperficies de EC de 200 y 100 mS/cm, y cortes verticales mostrando el espesor de la zona de mezcla.**

## **CAPÍTULO 5 METODOLOGIA APLICADA EN CONSTRUCCION DE MODELO Y PRESENTACION DE RESULTADOS**

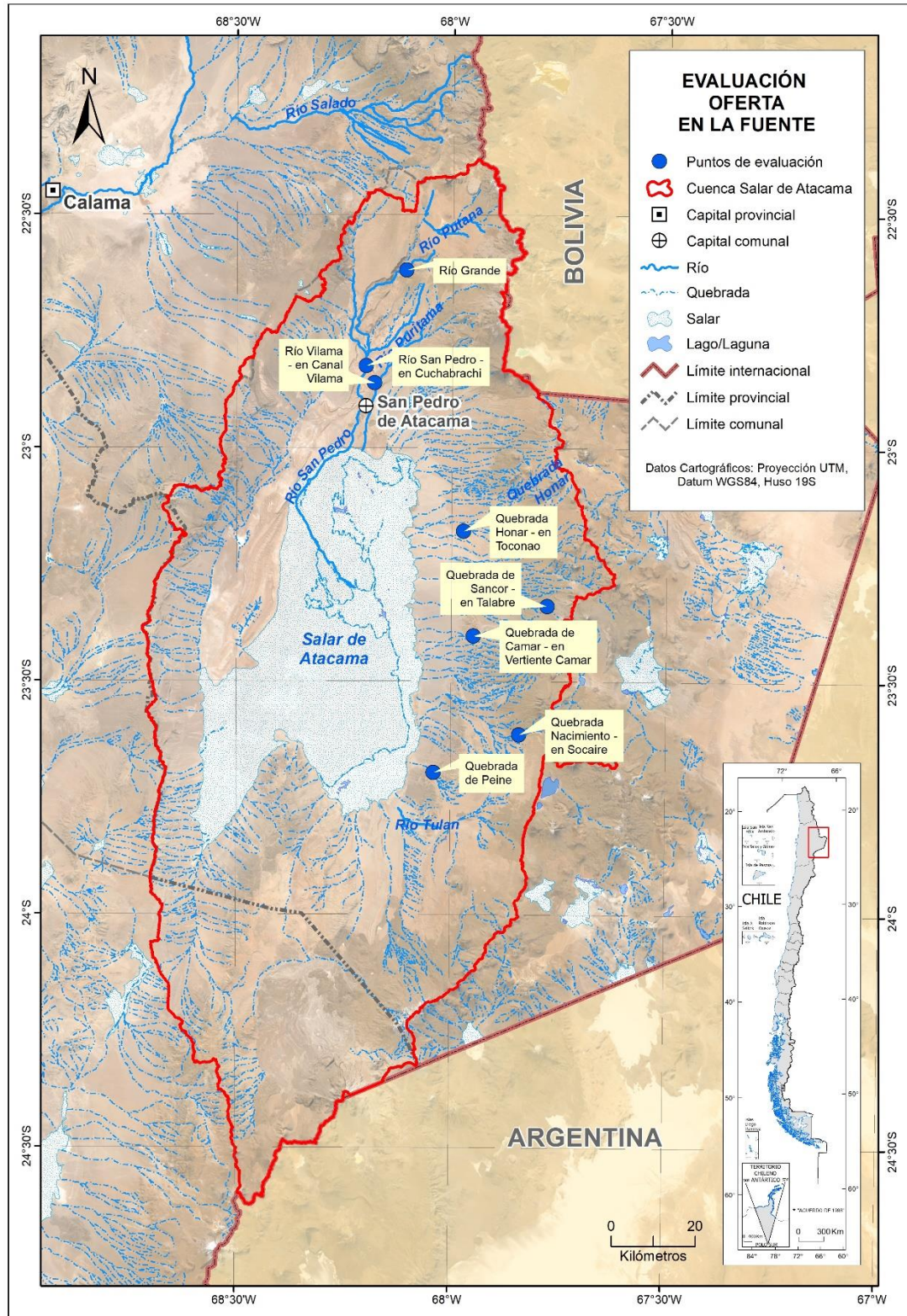
A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 5 del Anexo F.



Fuente: Elaboración propia

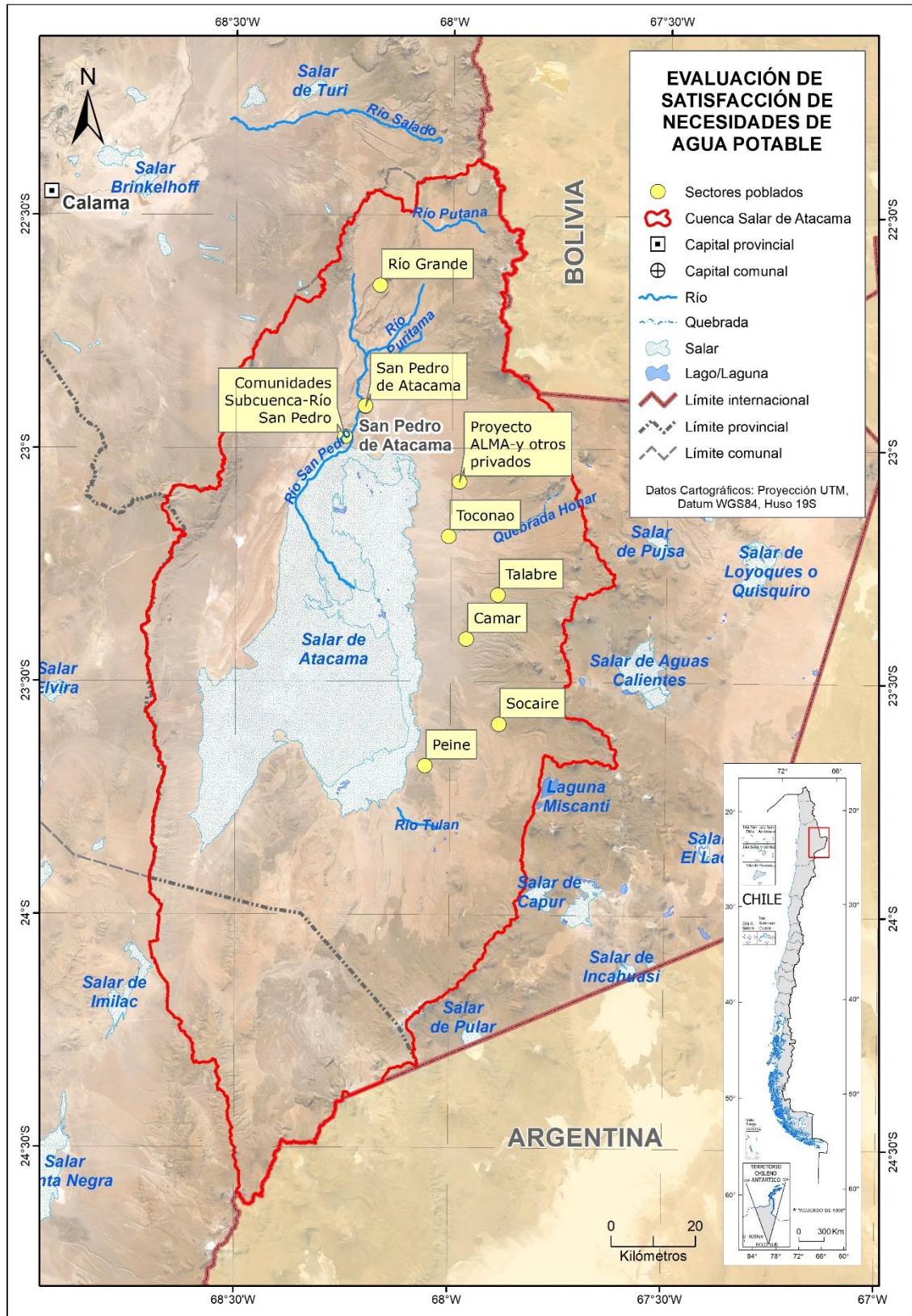
**Figura 5-1: Key Assumption de WEAP asociada a extracciones futuras de salmuera, tomando como ejemplo la rama de SQM.**





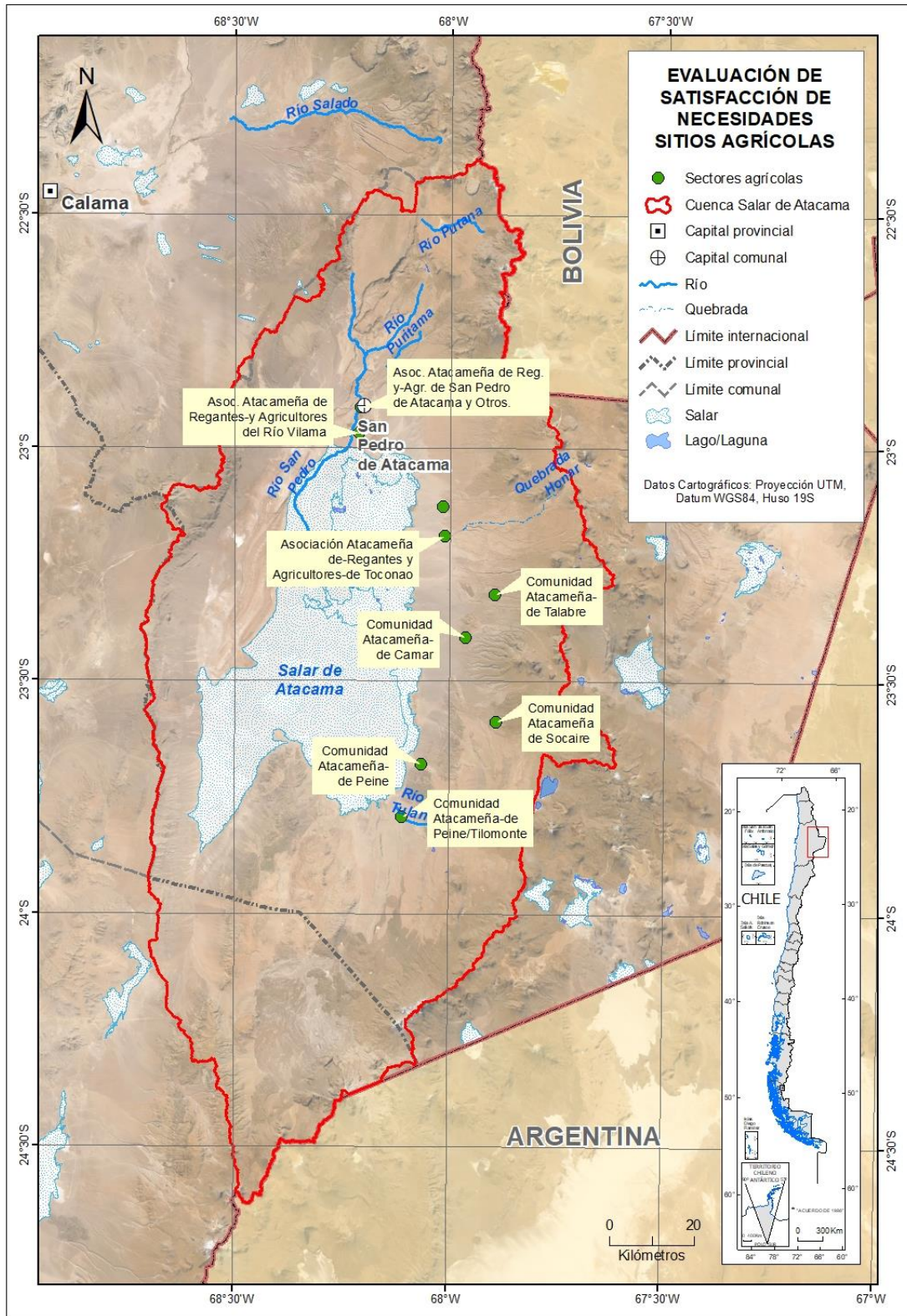
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-2: Cursos de agua superficial seleccionados para analizar la disponibilidad de recursos.**



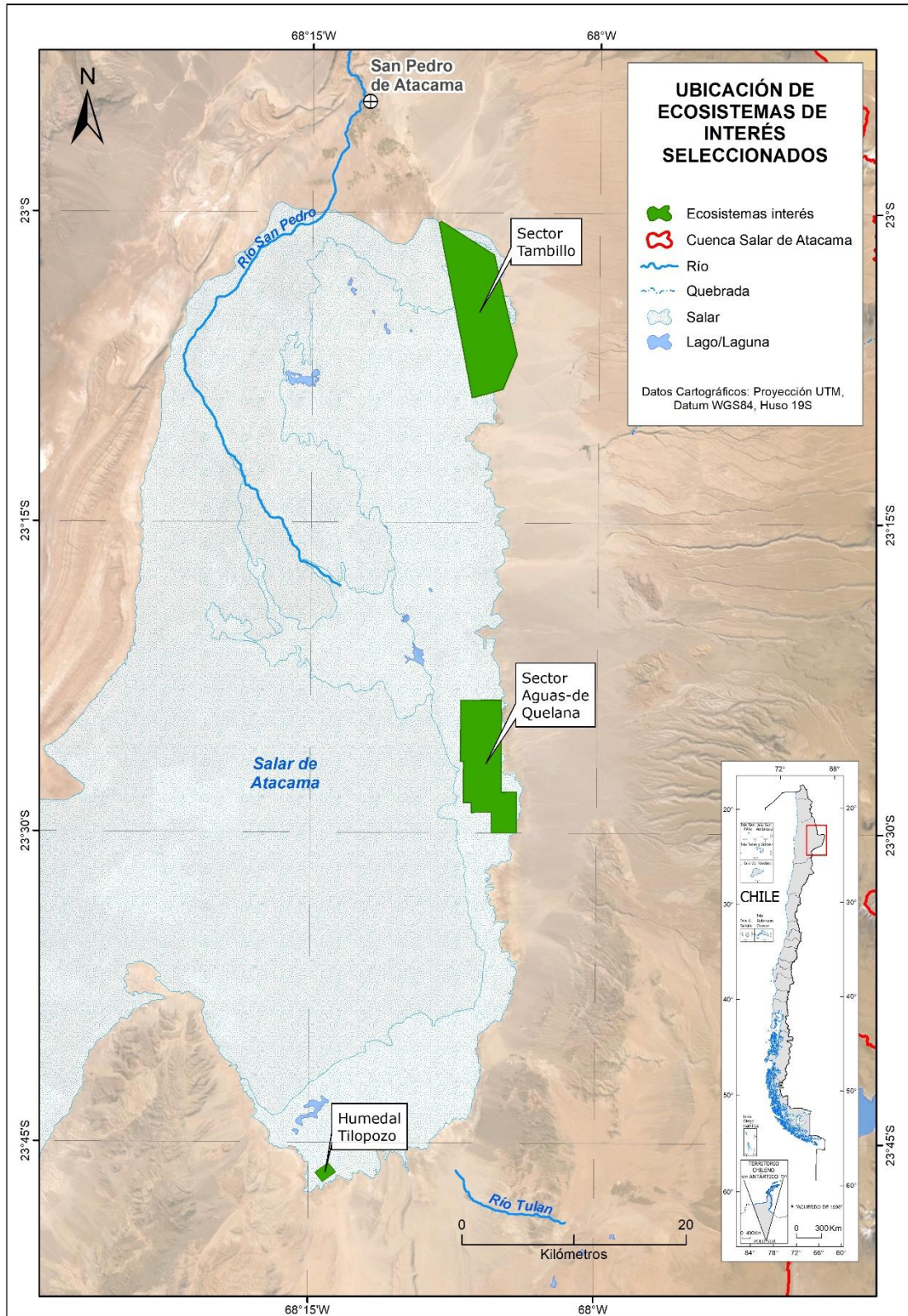
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-3: Poblados seleccionados para analizar la satisfacción de necesidades.**



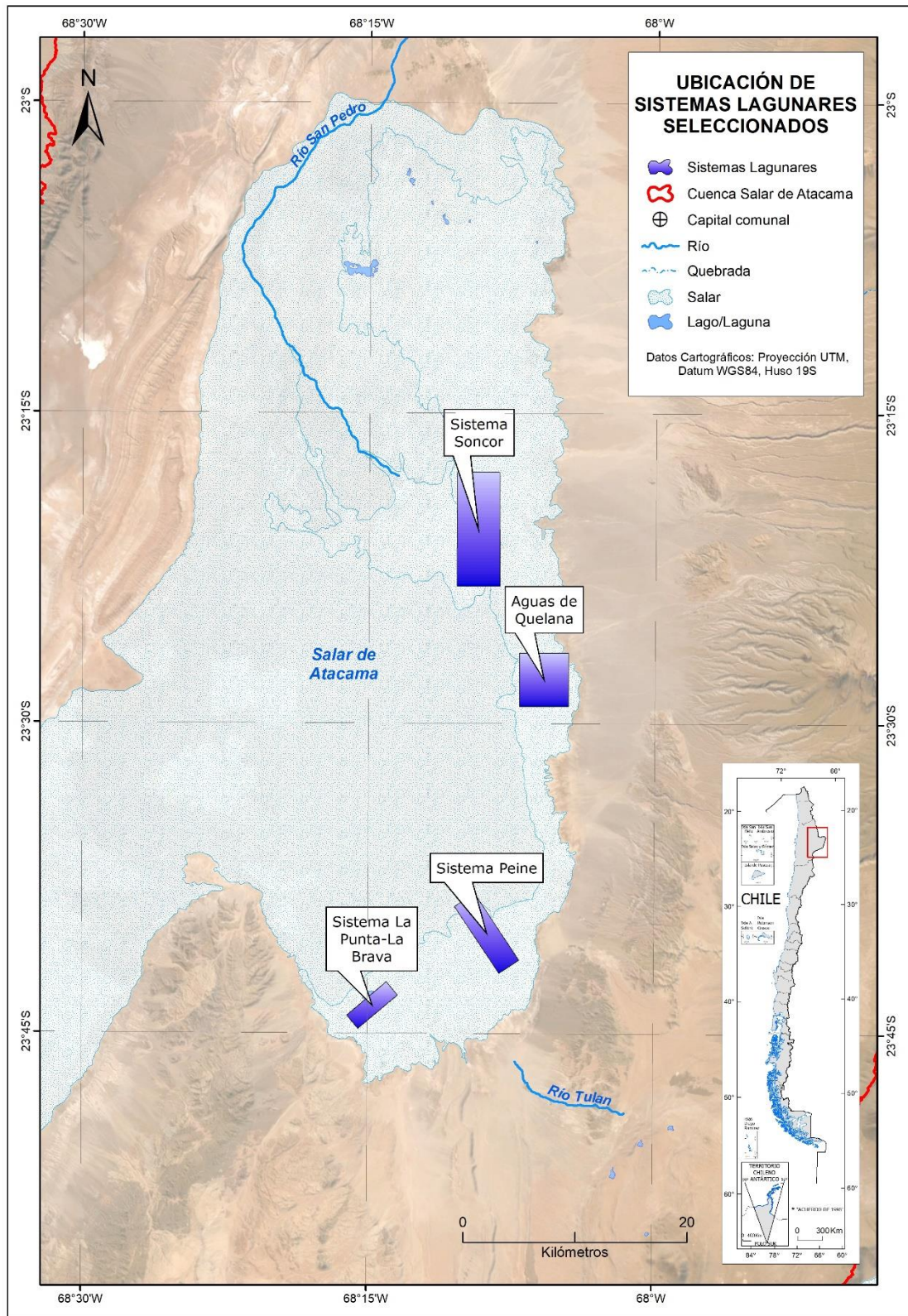
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-4: Sitios agrícolas seleccionados para analizar la satisfacción de necesidades.**



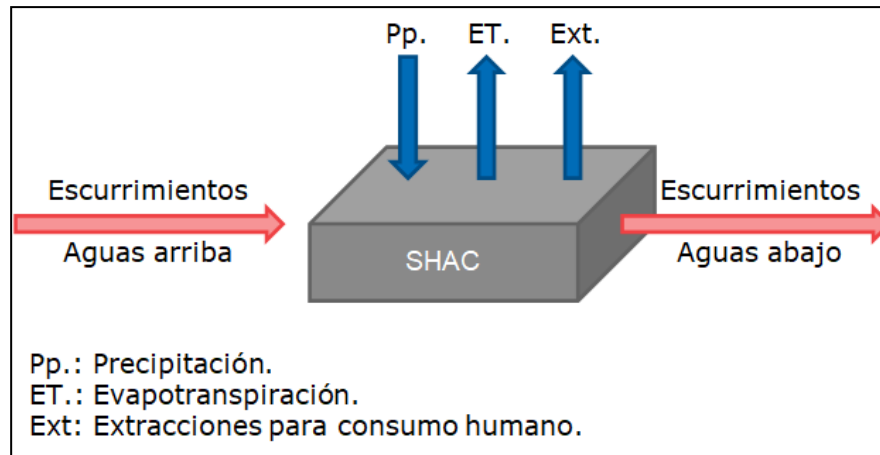
Fuente: Elaboración propia a partir de Mapoteca CORFO-AMPHOS (2021)

**Figura 5-5: Evaluación de satisfacción de necesidades para los ecosistemas de interés.**



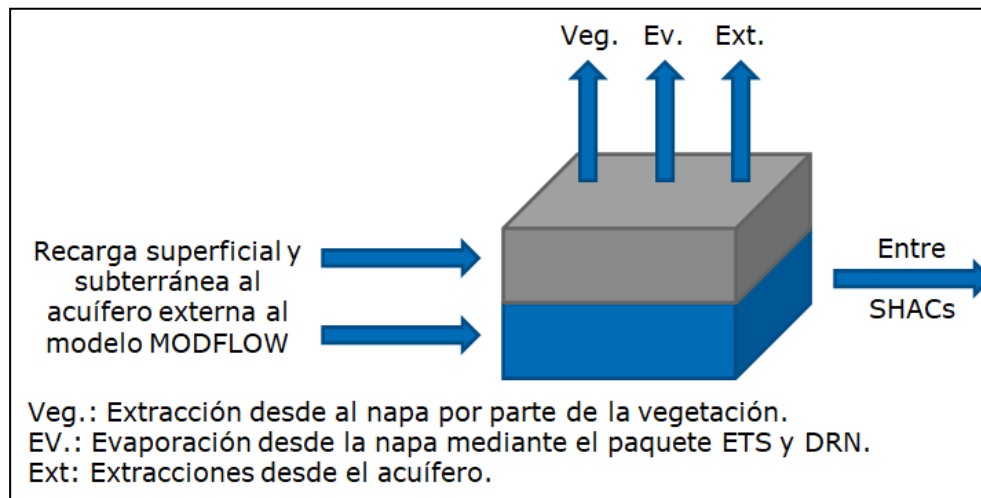
Fuente: Elaboración propia a partir de Mapoteca CORFO-AMPHOS (2021)

**Figura 5-6: Evaluación de satisfacción de necesidades para los sistemas lagunares.**



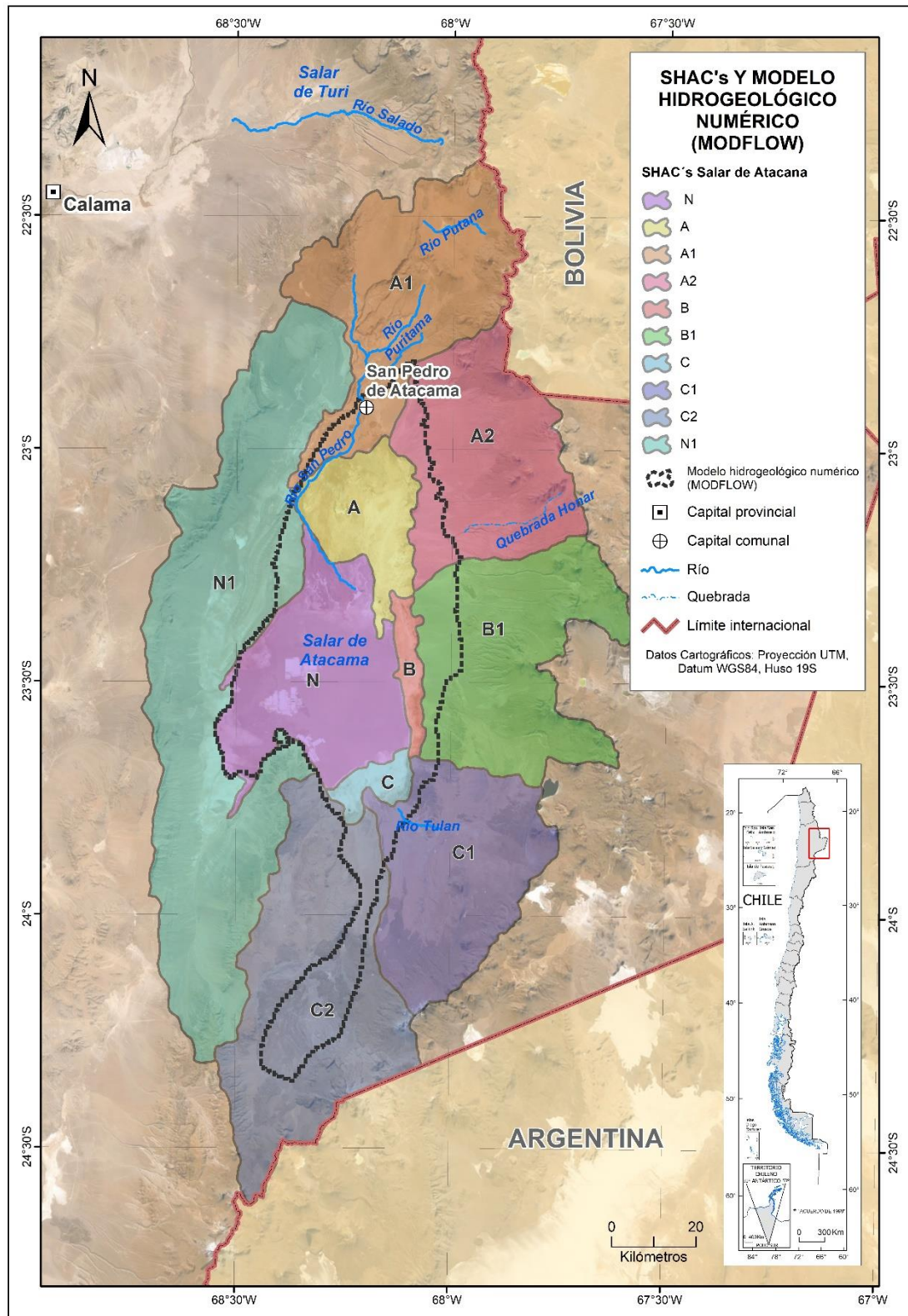
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-7: Esquema de entradas y salidas (flechas azules) a considerar para el balance superficial a escala de SHAC. Las flechas rojas corresponden a componentes que se podrían calcular a partir del balance propuesto.**



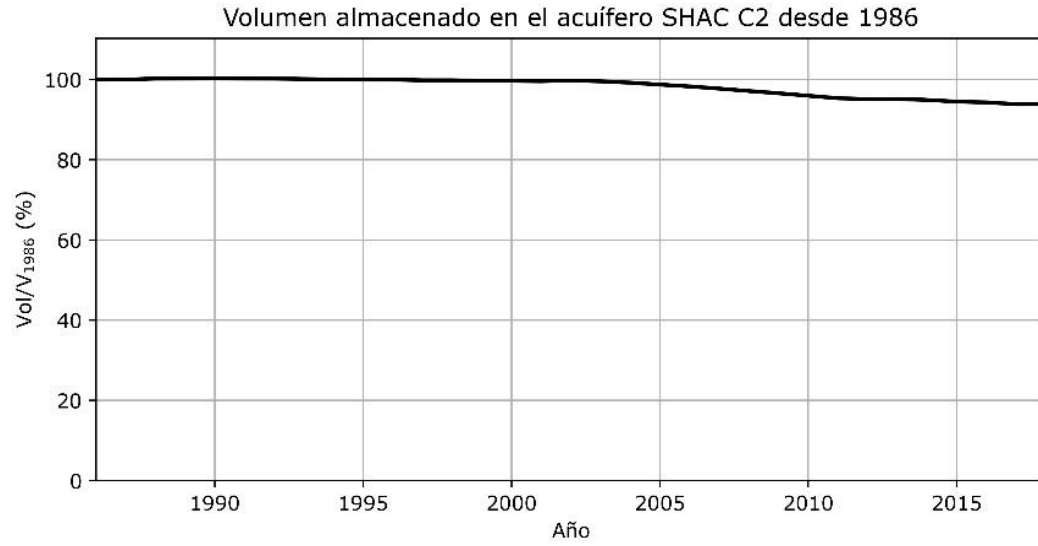
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-8: Esquema de entradas y salidas a considerar para el balance subterráneo a escala de SHAC.**



Fuente: Elaboración propia a partir de mapoteca DGA (2021).

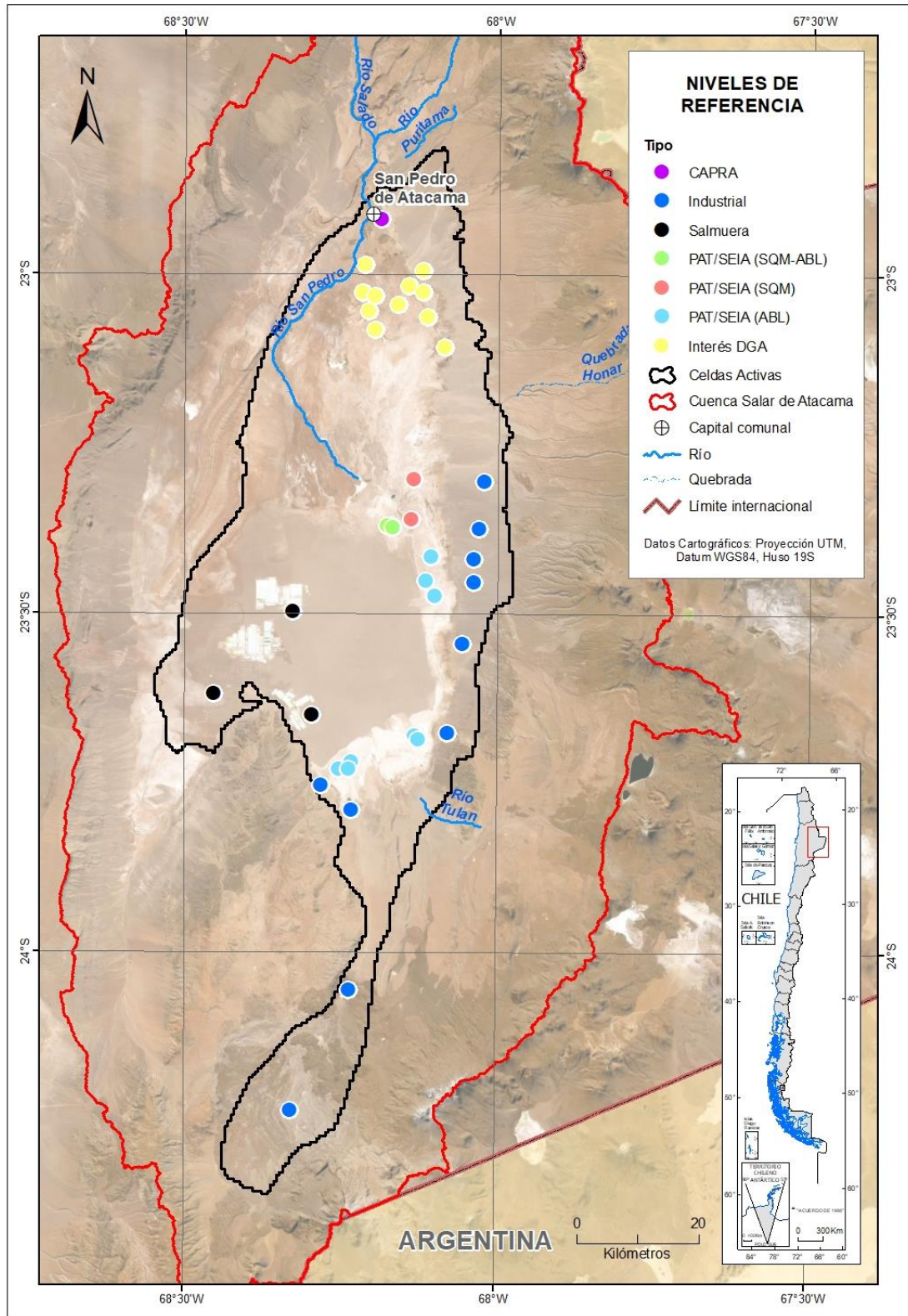
**Figura 5-9: Delimitación de SHACs y del modelo hidrogeológico numérico (MODFLOW).**



Fuente: Elaboración propia

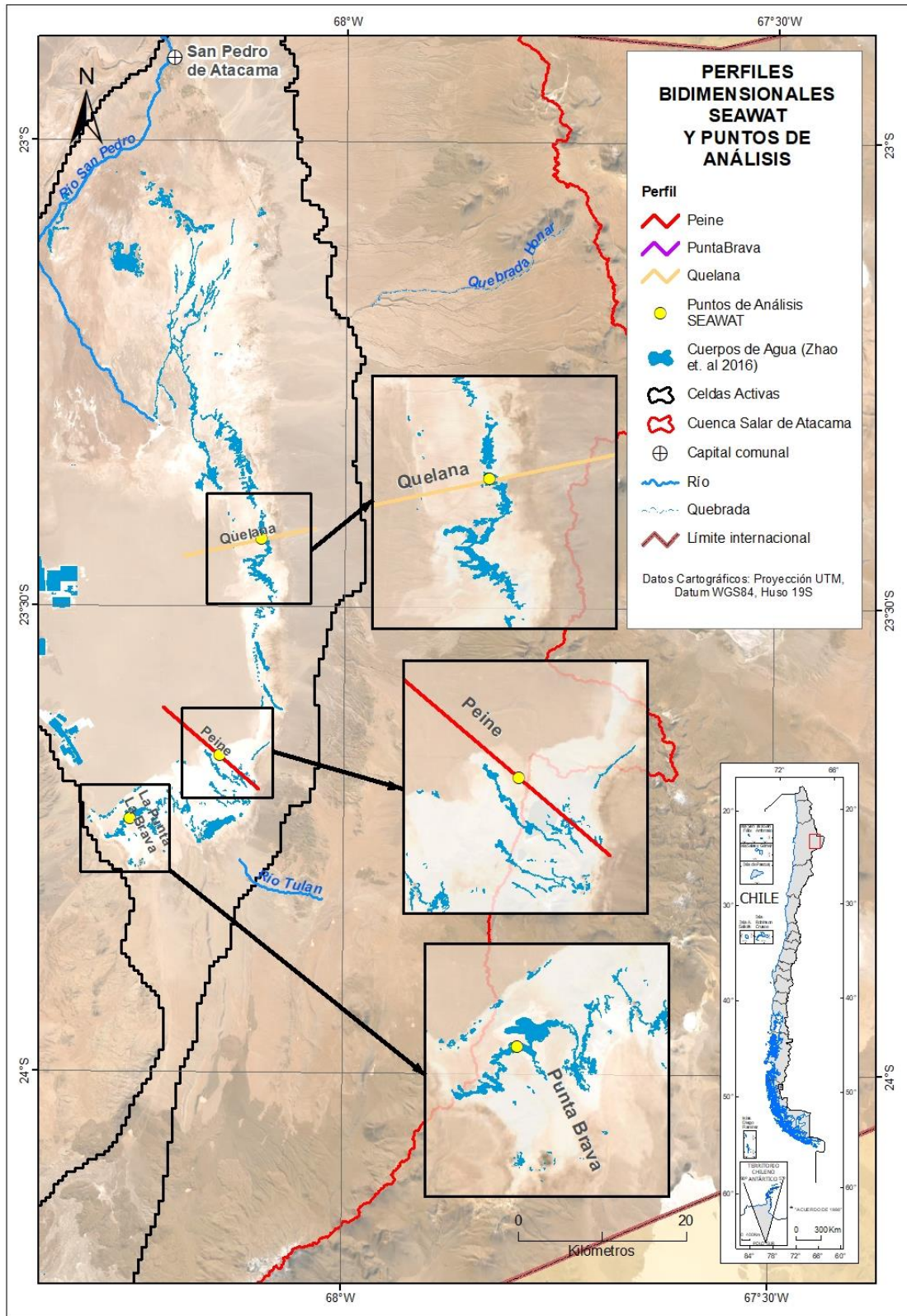
**Figura 5-10: Ejemplo de la evolución temporal del volumen del acuífero SHAC C2, proporcional al volumen inicial calculado en 1986.**





Fuente: Elaboración propia

**Figura 5–11: Ubicación de los puntos seleccionados para analizar la evolución de niveles en los distintos escenarios.**

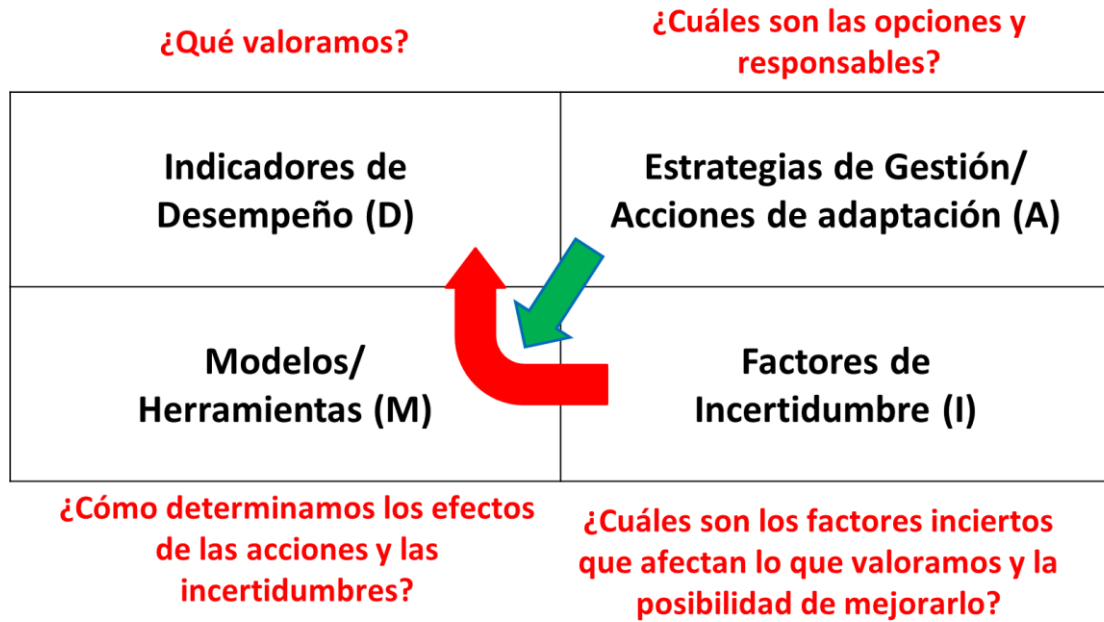


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-12: Ubicación de los perfiles bidimensionales SEAWAT para la modelación de flujo con densidad variable.**

## **CAPÍTULO 6 METODOLOGIA UTILIZADA EN CONSTRUCCION PEGH**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 6 del Anexo F.



Fuente: Elaboración propia  
**Figura 6-1: Matriz DAMI.**

<b>GOB-1</b>		<b>Crear mesa de gobernanza hídrica</b>										
Acción concreta	Desarrollar estudio legal para conformación de la mesa de gobernanza hídrica de la cuenca del Salar de Atacama en un contexto de múltiples intereses, ubicación en territorio indígena, diversidad geográfica y participación de servicios públicos.											
Beneficios	Mejorar la gestión hídrica integrada de la cuenca (institucional/normativa y gobernanza participativa), a través de instancias de diálogo, apoyo técnico y consultivo a los diferentes actores.											
Referencias y supuestos	Referencia 1: Banco Integrado de Proyectos (2018). Estudio básico: Análisis diseño de la gobernanza para el GIRH. ID 40000044-0. Monto: <b>3.681 UF</b> . Duración: 15 meses. Supuesto 1: Se requiere de inspector fiscal (Profesional grado 8 MOP) 1/4 del tiempo por 8 meses para generar bases de los estudios, licitación, adjudicación y 24 meses de seguimiento de los estudios. Monto: 542 UF. Duración: 27 meses.											
Financiamiento	CORFO/DGA/Gobierno Regional											
<b>Ítem</b>		<b>Año</b>										
<b>TOTAL (VP)</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Inspector técnico: Bases estudio, licitación y seguimiento	\$ 542	\$ 65	\$ 260	\$ 260	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Estudio legal para conformación de la mesa de gobernanza hídrica	\$ 5.399	\$ -	\$ 2.945	\$ 2.945	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>CAPEX</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>OPEX</b>	\$ 5.942	\$ 65	\$ 3.205	\$ 3.205	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Tasa de descuento	6%											
Profesional grado 8	\$ 87											
<b>ID</b>	<b>Fuente</b>	<b>Año</b>	<b>Duración (meses)</b>	<b>Monto (UF)</b>	<b>UF/mes</b>							
40000044-0	BIP	2018	15	\$ 3.681	\$ 245							

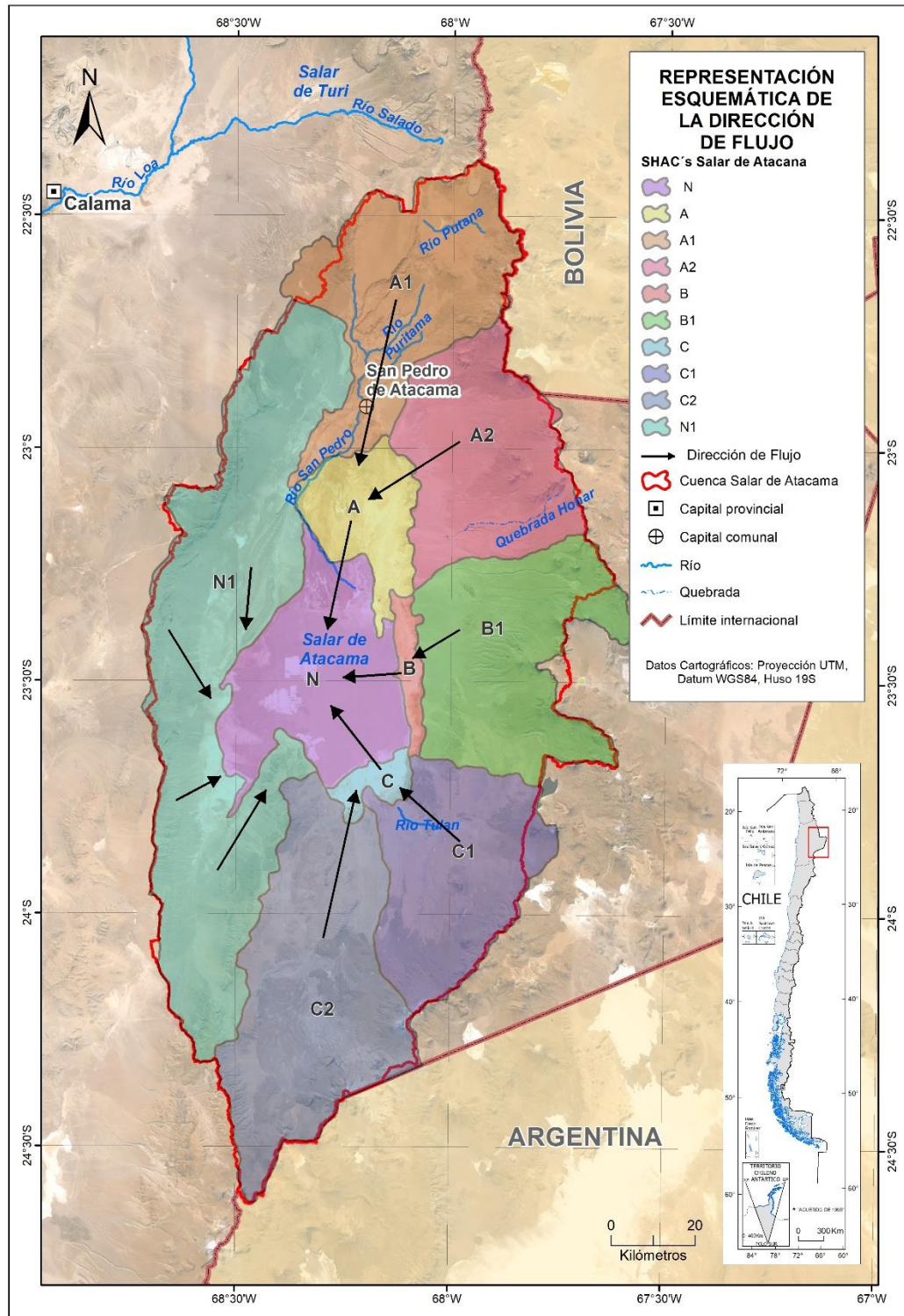
**Figura 6–2: Ejemplo de la evaluación económica propia de una iniciativa.**  
Fuente: Imagen capturada desde la planilla Excel de Evaluación Económica, elaboración propia

**FIGURAS DEL ANEXO H**

A continuación, se presentan todas las figuras presentes en el Anexo H, identificadas por capítulos.

**CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 1 del Anexo H.

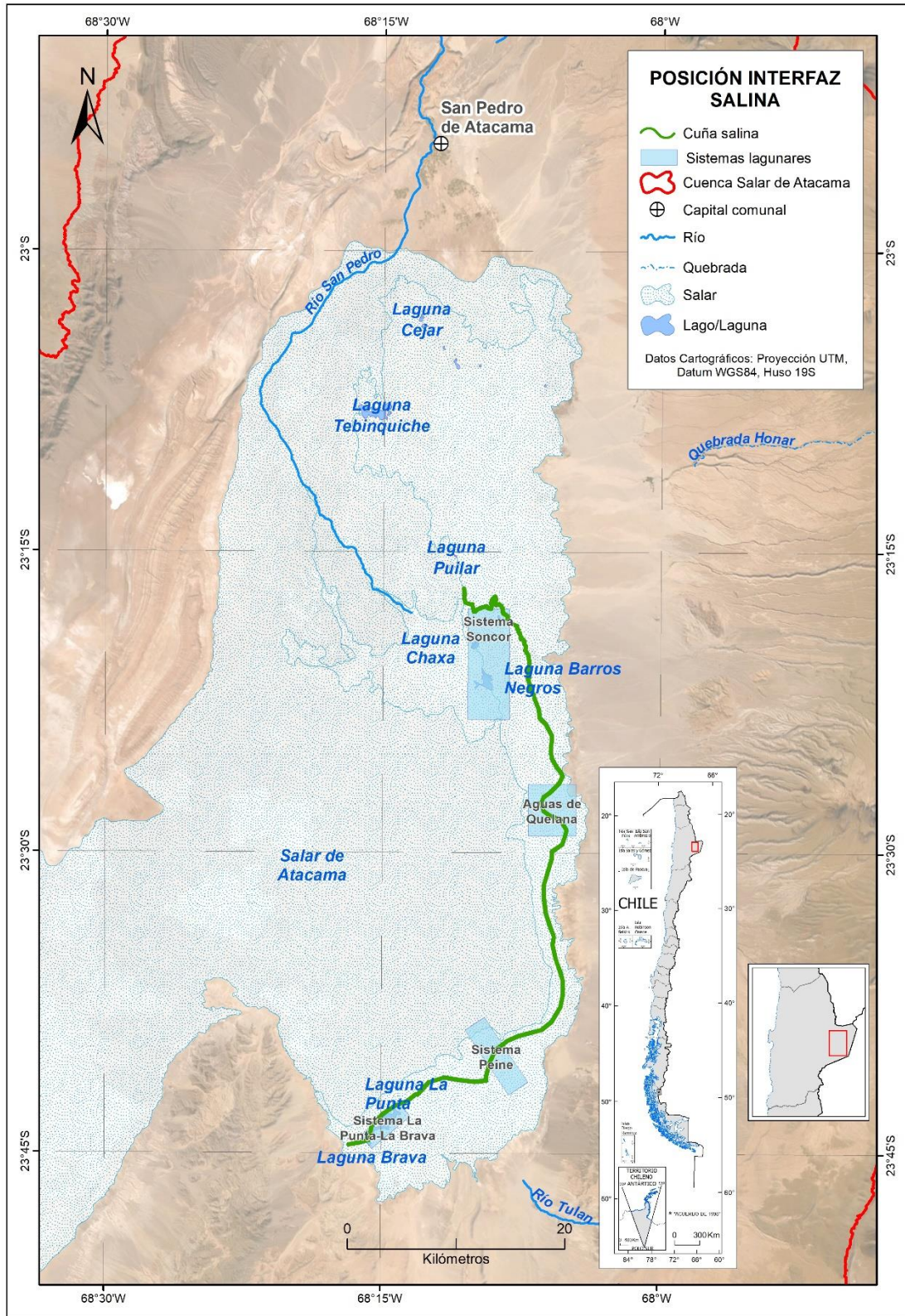


Fuente: Elaboración propia a partir del esquema presentado en SDT 339 (DGA, 2013).

**Figura 1–1: Zonas de descarga del Salar y sus respectivas sub-cuencas aportantes, representadas mediante la delimitación de los SHACs definidos para la cuenca.**

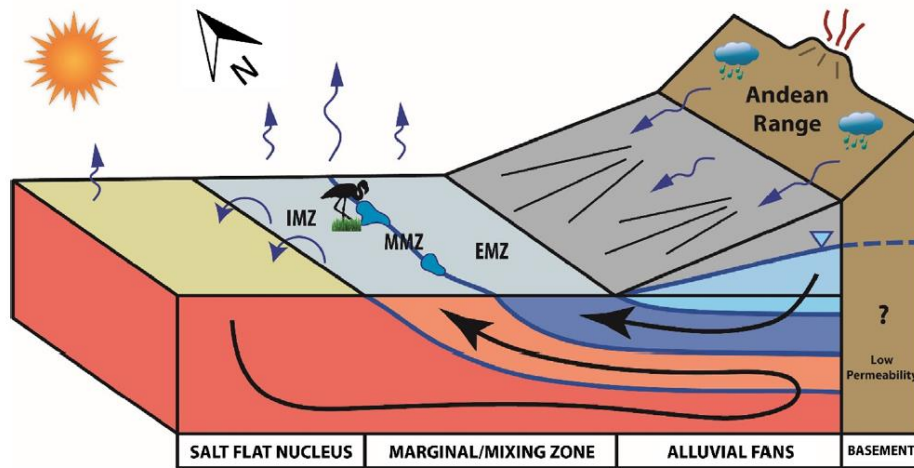
Nota: Las flechas que representan la dirección de flujo son esquemáticas, indicando únicamente la interacción entre SHACs.





Fuente: Elaboración propia a partir de información de CORFO-AMPHOS21 (2018).

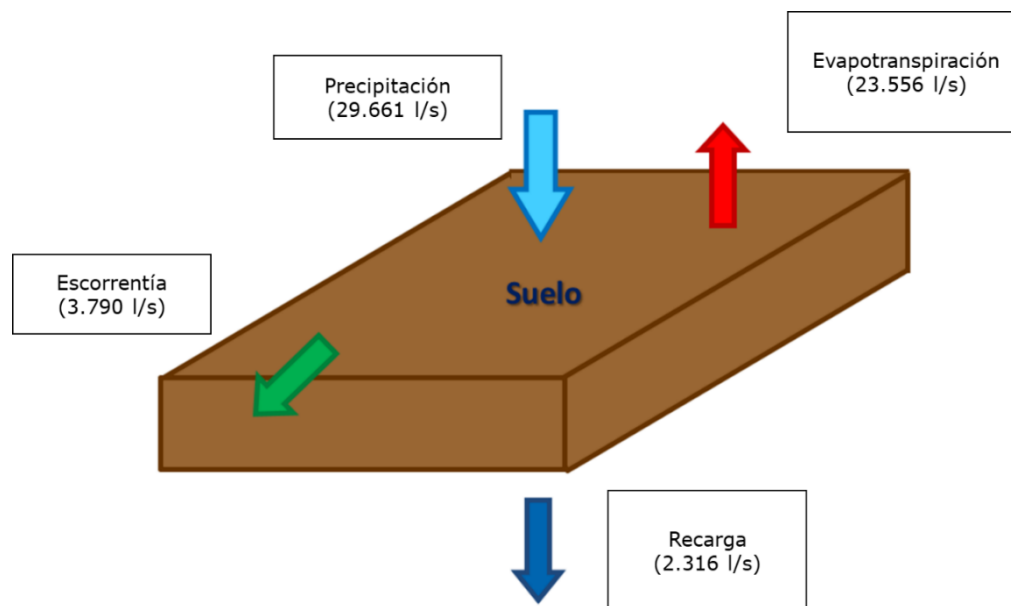
**Figura 1-2: Ubicación de la interfaz salina entre el núcleo y borde Este de la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Marazuela et al. (2018).

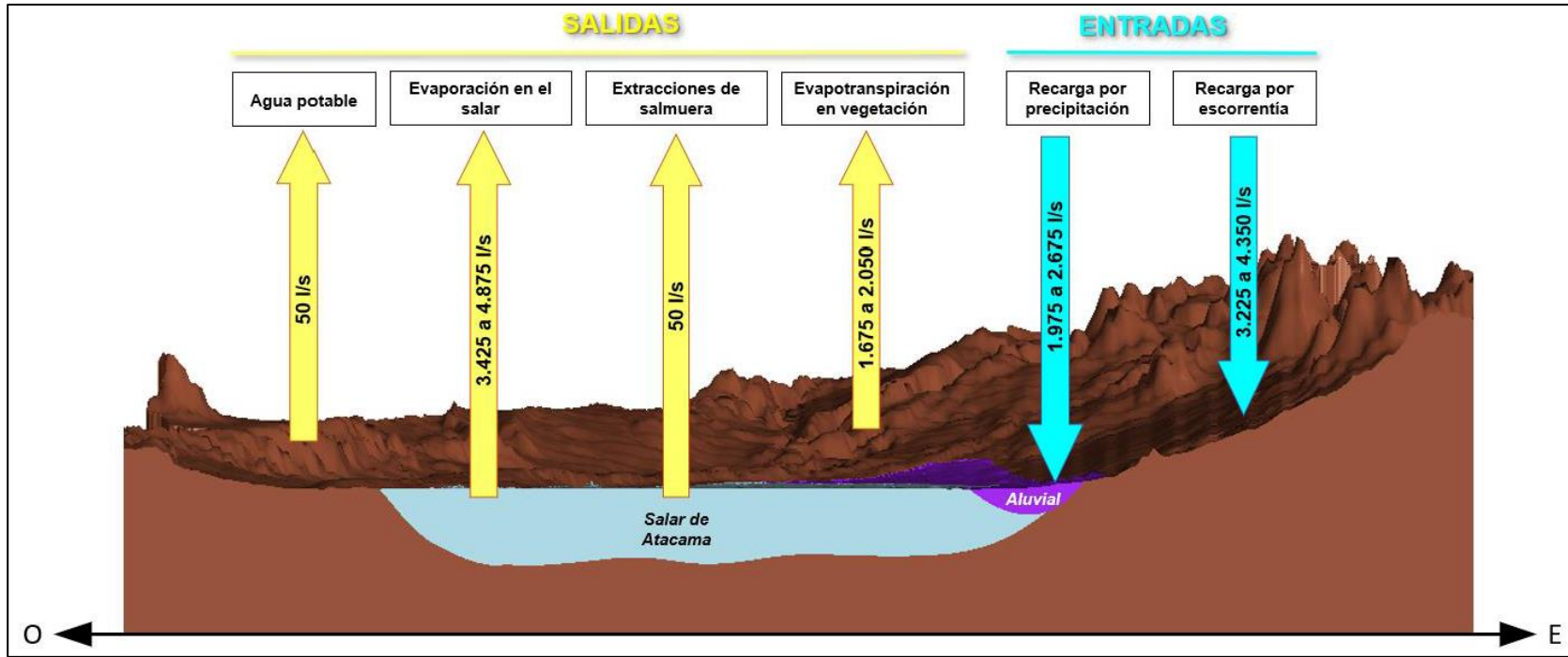
**Figura 1-3: Esquema conceptual de la zona de mezcla en la cuenca del Salar de Atacama.**

Nota: Las líneas negras representan las líneas de flujo. IMZ: Zona de mezcla interna (hacia el sector del núcleo); MMZ: Zona de mezcla media; EMZ: Zona de mezcla externa (hacia el borde Este).



Fuente: Modificado de CORFO-AMPHOS21 (2021)

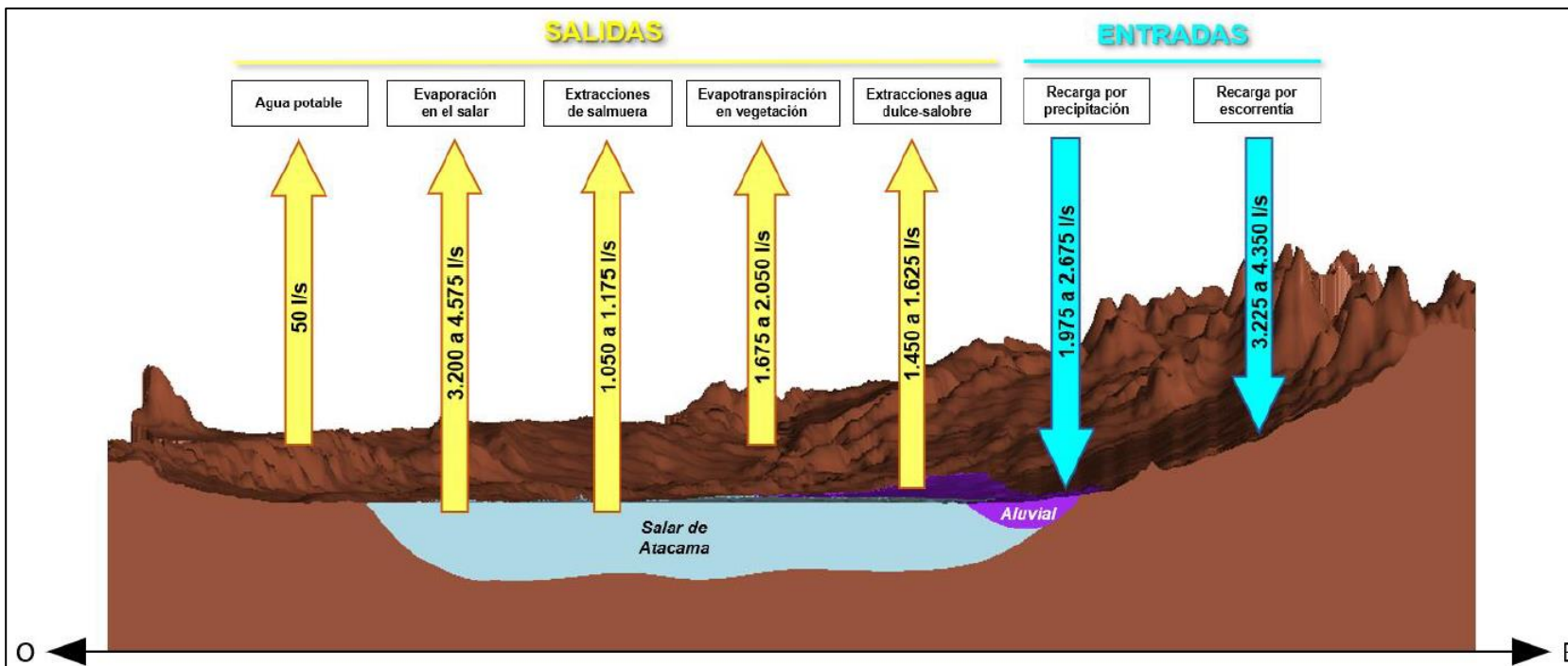
**Figura 1-4: Sistema hidrometeorológico simplificado de la precipitación al caer al suelo y resultados del balance.**



Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 1-5: Vista esquemática del balance hídrico del acuífero en régimen natural o previo al inicio de extracciones de salmuera (previo a 1994).**

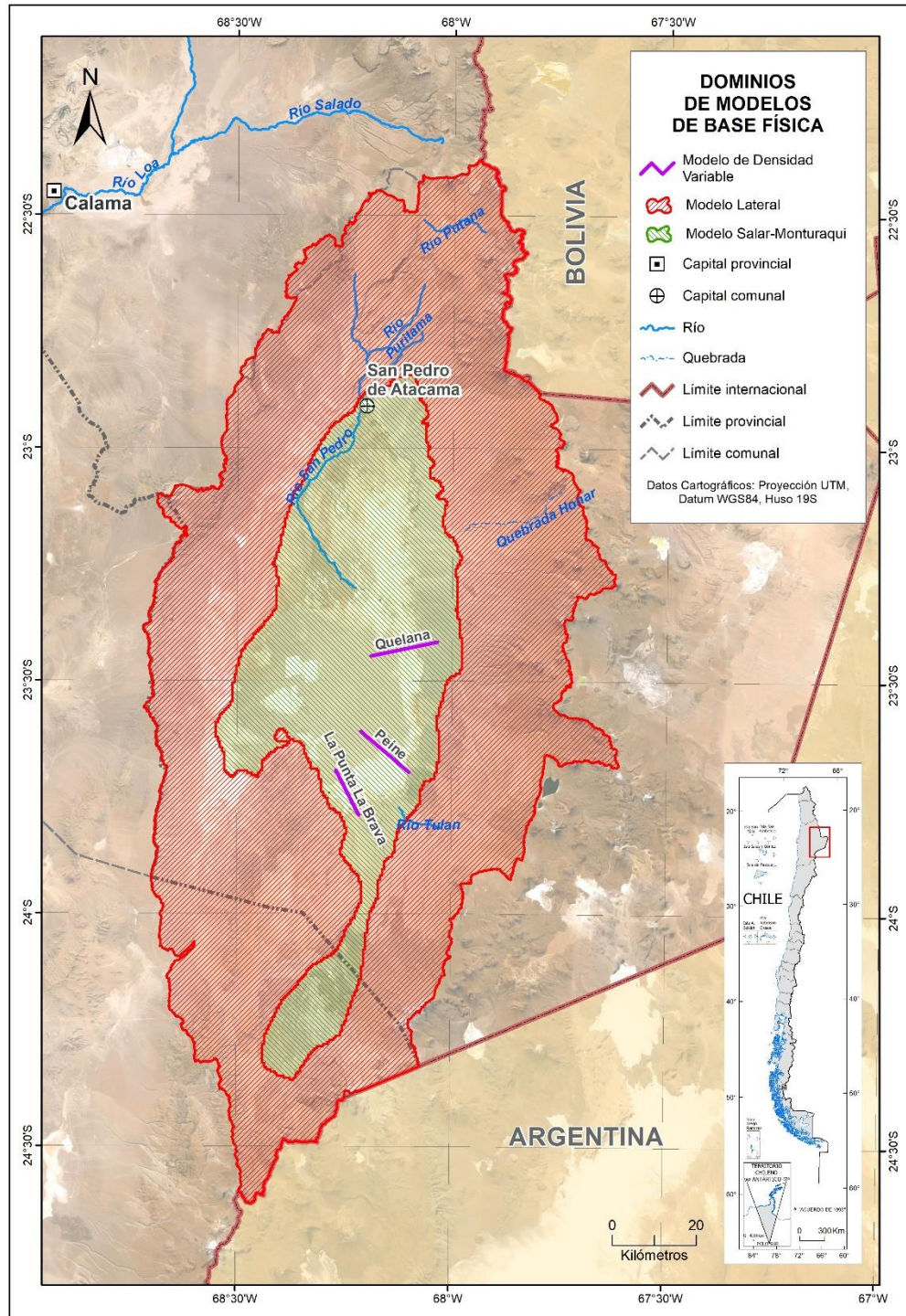
Nota: A partir del modelo conceptual se concluye que no hay una variación en el almacenamiento en el sistema subterráneo en este régimen.



Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021)

**Figura 1-6: Vista esquemática del balance hídrico del acuífero en régimen de explotación (promedios y tasas representativas del periodo 2000 a 2019).**

Nota: A partir del modelo conceptual se concluye que la variación en el almacenamiento del sistema subterráneo es de aproximadamente de 400 a 1000 l/s para la salmuera y de 1.450 a 1.625 para el agua dulce en el período 2000 - 2019.



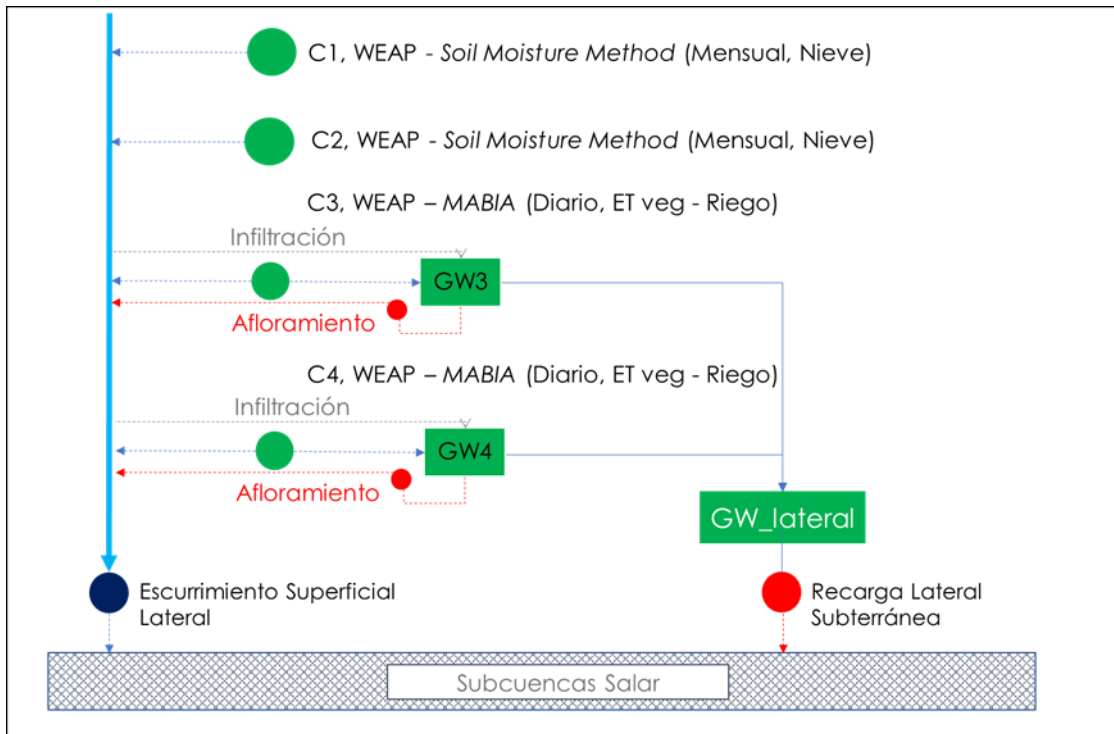
Fuente: Elaboración propia

**Figura 1-7: Delimitación de los modelos que conforman el modelo utilizado en el presente estudio.**

Nota: El modelo Salar-Monturaqui considera una interacción dinámica entre el sistema subterráneo (MODFLOW) y superficial (WEAP). La interacción con el modelo lateral (WEAP) corresponde a las recargas que desembocan en el modelo Salar-Monturaqui. Los perfiles SEAWAT para la modelación de flujo con densidad variable se alimentan de la información generada del modelo Lateral-Monturaqui al terminar la simulación, sin haber una interacción dinámica entre los modelos.

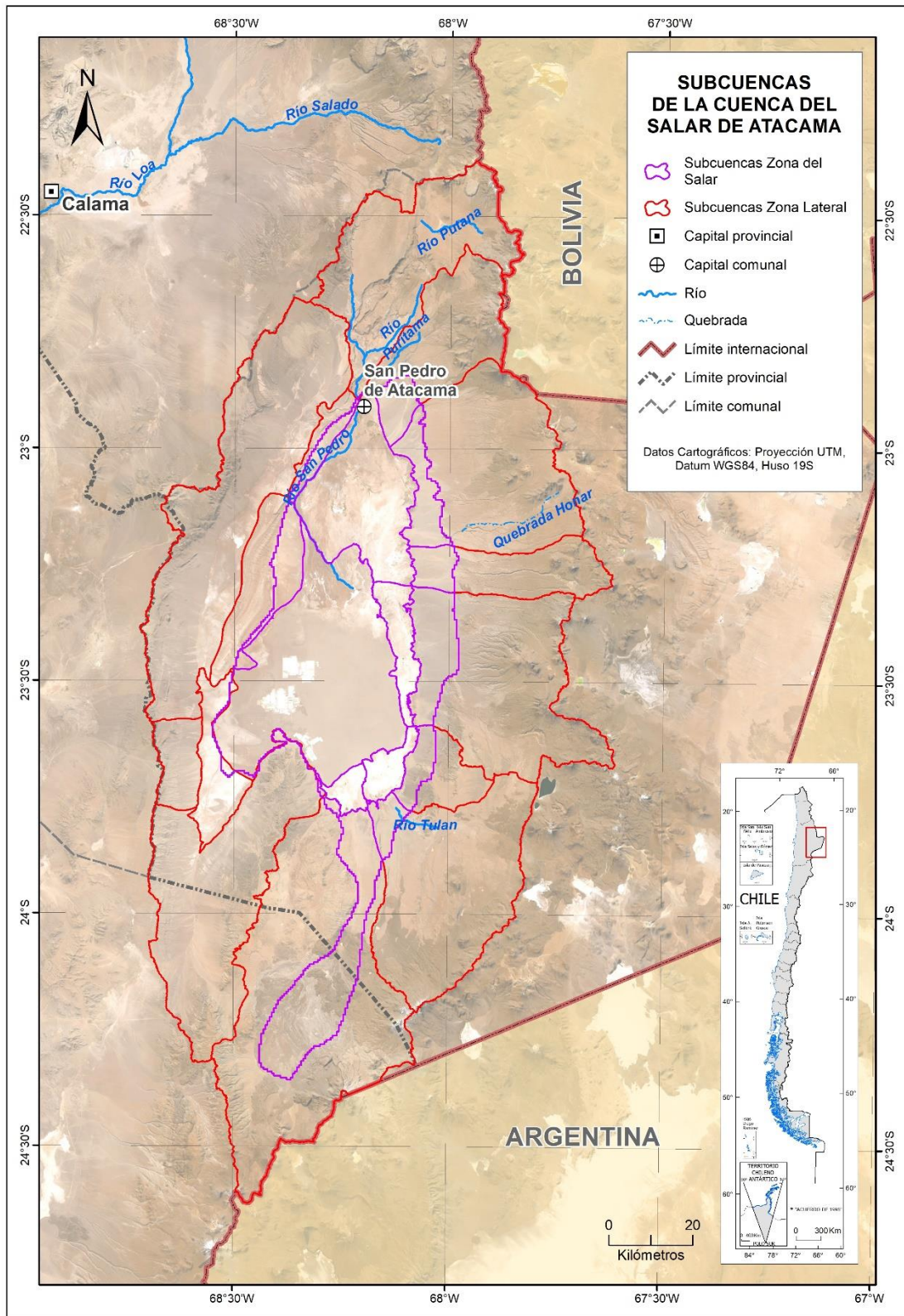
## **CAPÍTULO 2    MODELO HIDROLÓGICO SUPERFICIAL DE CUENCAS LATERALES Y ÁREAS SUPERFICIALES DEL SALAR DE ATACAMA**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 2 del Anexo H.



Fuente: CORFO-PUC (2021)

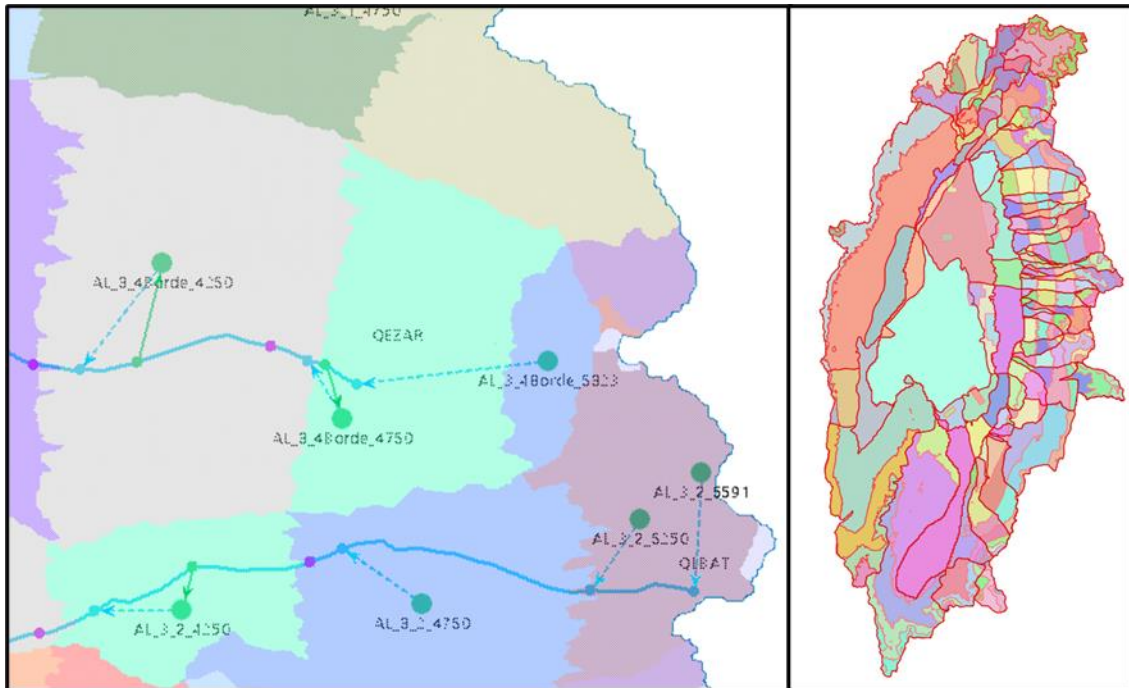
**Figura 2-1: Esquema de conceptual de caracterización de catchments en subcuencas laterales y su relación con el modelo hidrogeológico del área del núcleo del Salar-Monturaqui.**



Fuente: CORFO-PUC (2021)

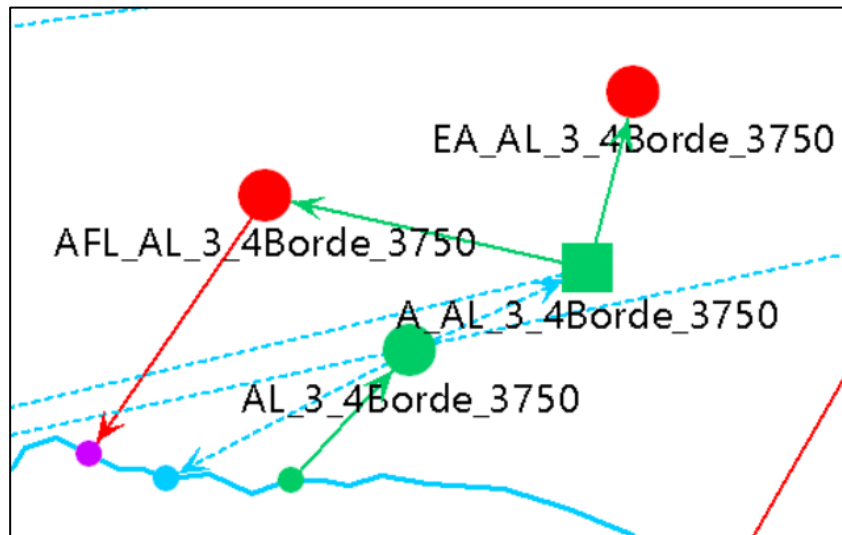
**Figura 2-2: Subcuencas definidas para la modelación hidrológica superficial de la cuenca del Salar de Atacama.**





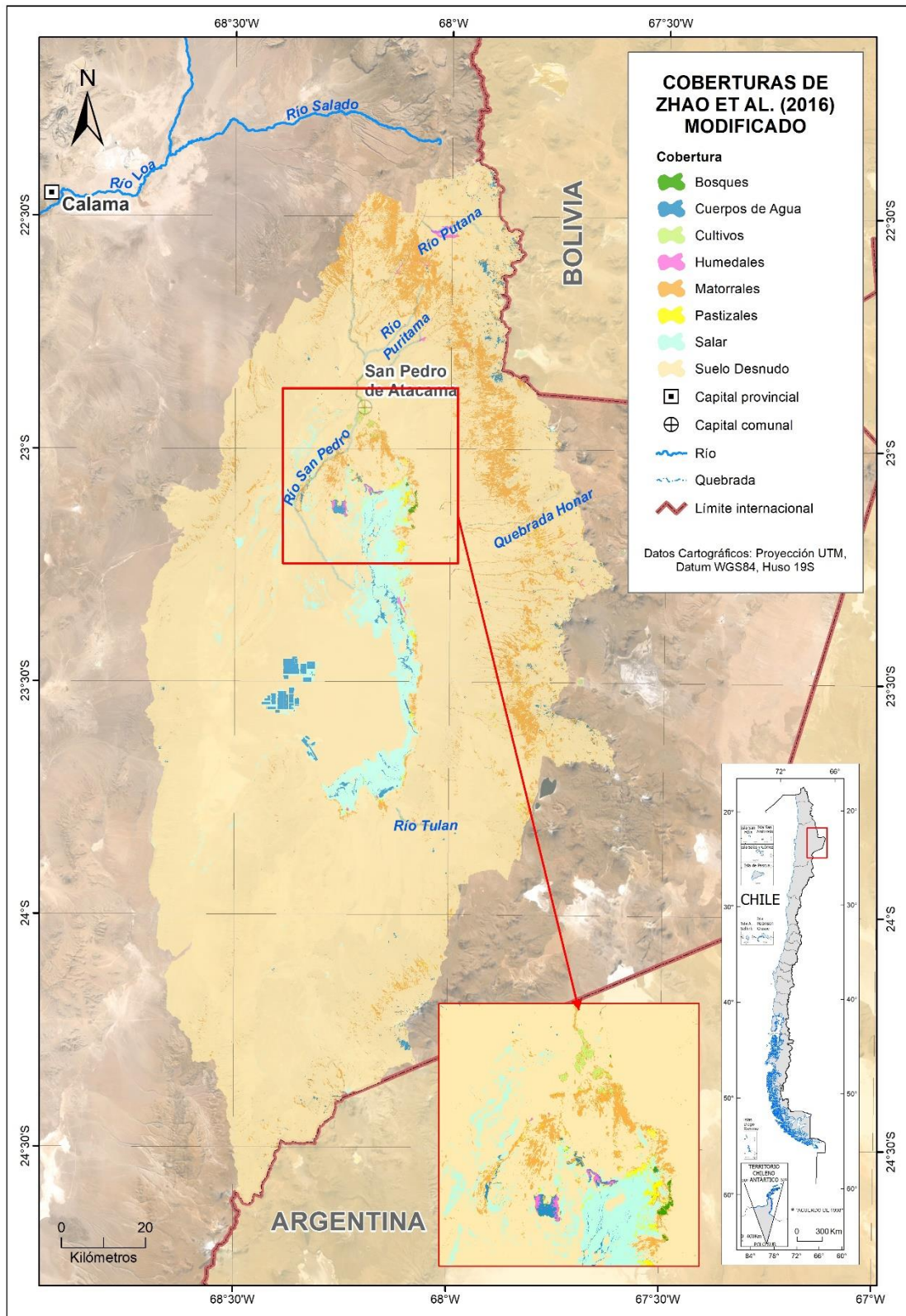
Fuente: CORFO-PUC, 2021

**Figura 2-3: Esquema de catchments del sector lateral en WEAP (izquierda) y catchments en la cuenca del Salar de Atacama (derecha).**



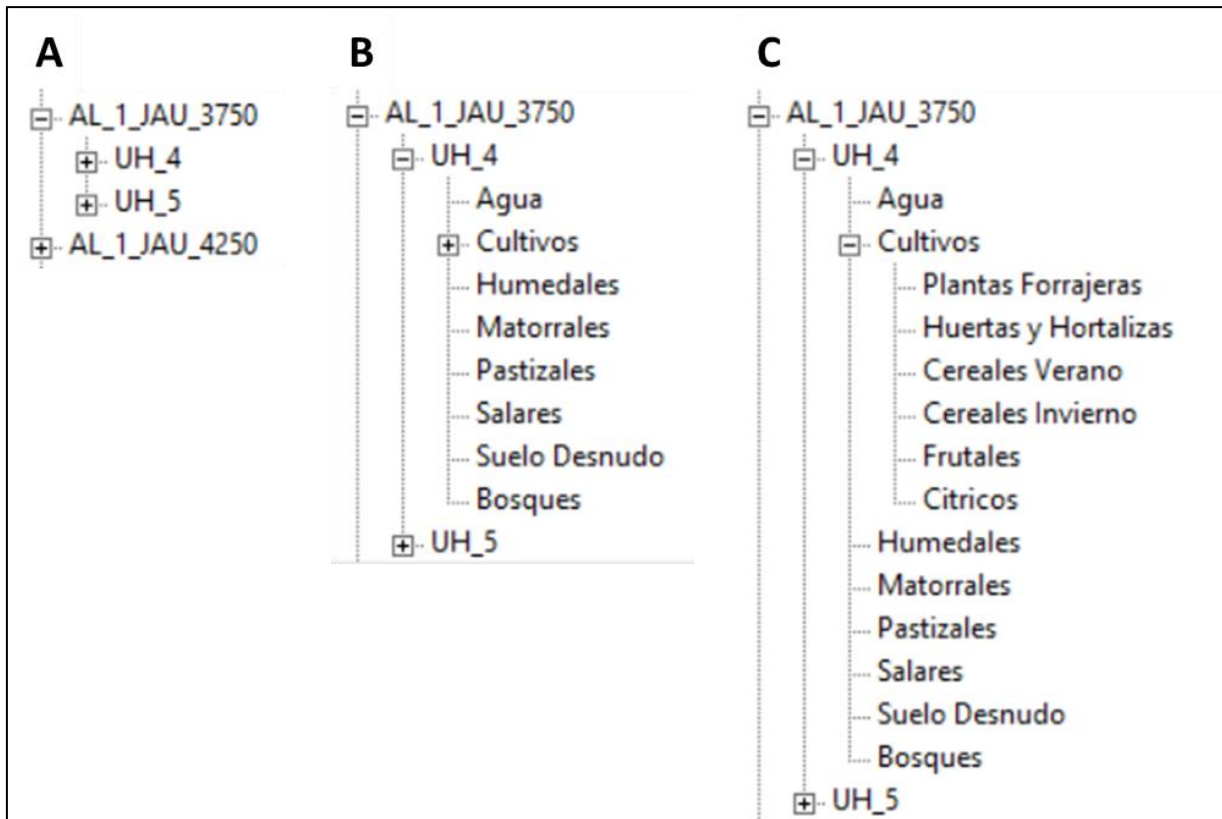
Fuente: CORFO-PUC, 2021

**Figura 2-4: Detalle de la topología de los distintos elementos considerados en la modelación de la hidrología superficial de las cuencas laterales del Salar de Atacama.**



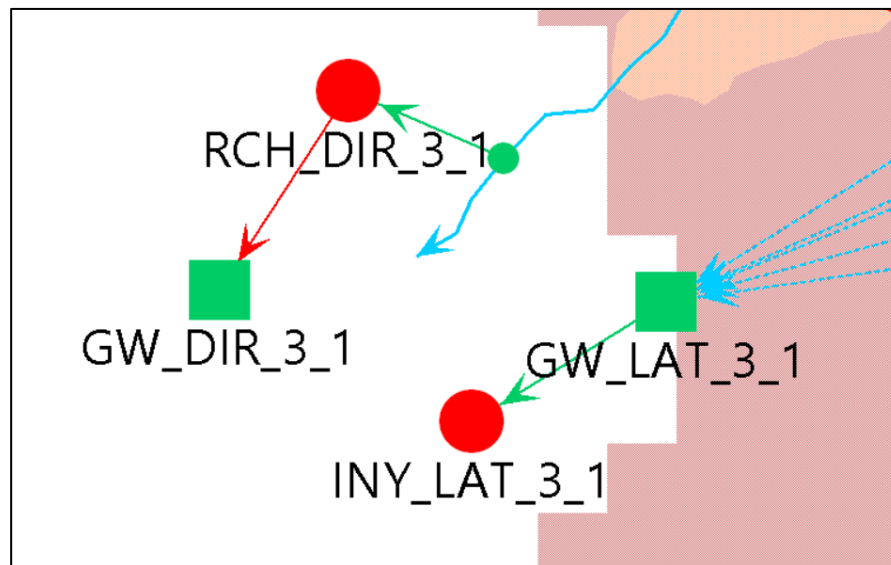
Fuente: CORFO-PUC, (2021) a partir de Zhao et al. (2016), MMA (2020) y CEA (2015).

**Figura 2-5: Distribución espacial de las diferentes coberturas dentro de la cuenca del Salar de Atacama.**



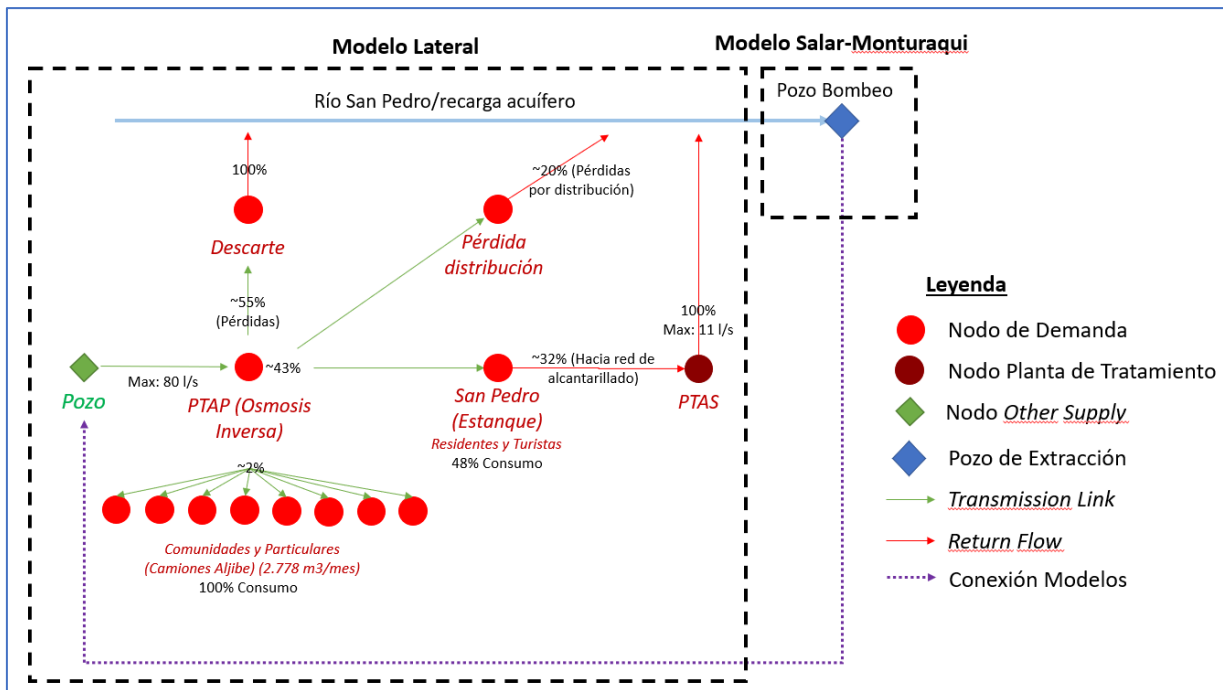
Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-6: Estructura interna de un catchment representativo en WEAP según sus distintos niveles de discretización: A) Unidades Hidrogeológicas, B) Cobertura de suelo y C) Tipos de cultivo.**



Fuente: Elaboración propia

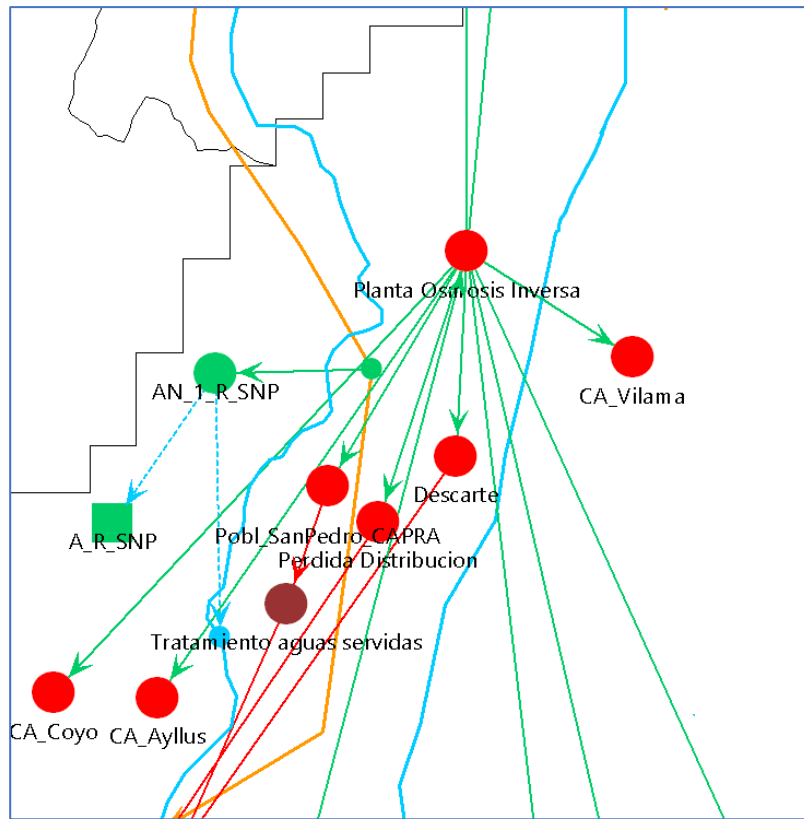
**Figura 2-7: Elementos de modelación superficial (sitios de demanda y elementos acuíferos) utilizados para la integración del modelo de hidrología superficial de cuencas laterales con el modelo subterráneo en el área del Salar-Monturaqui.**



Fuente: Elaboración propia

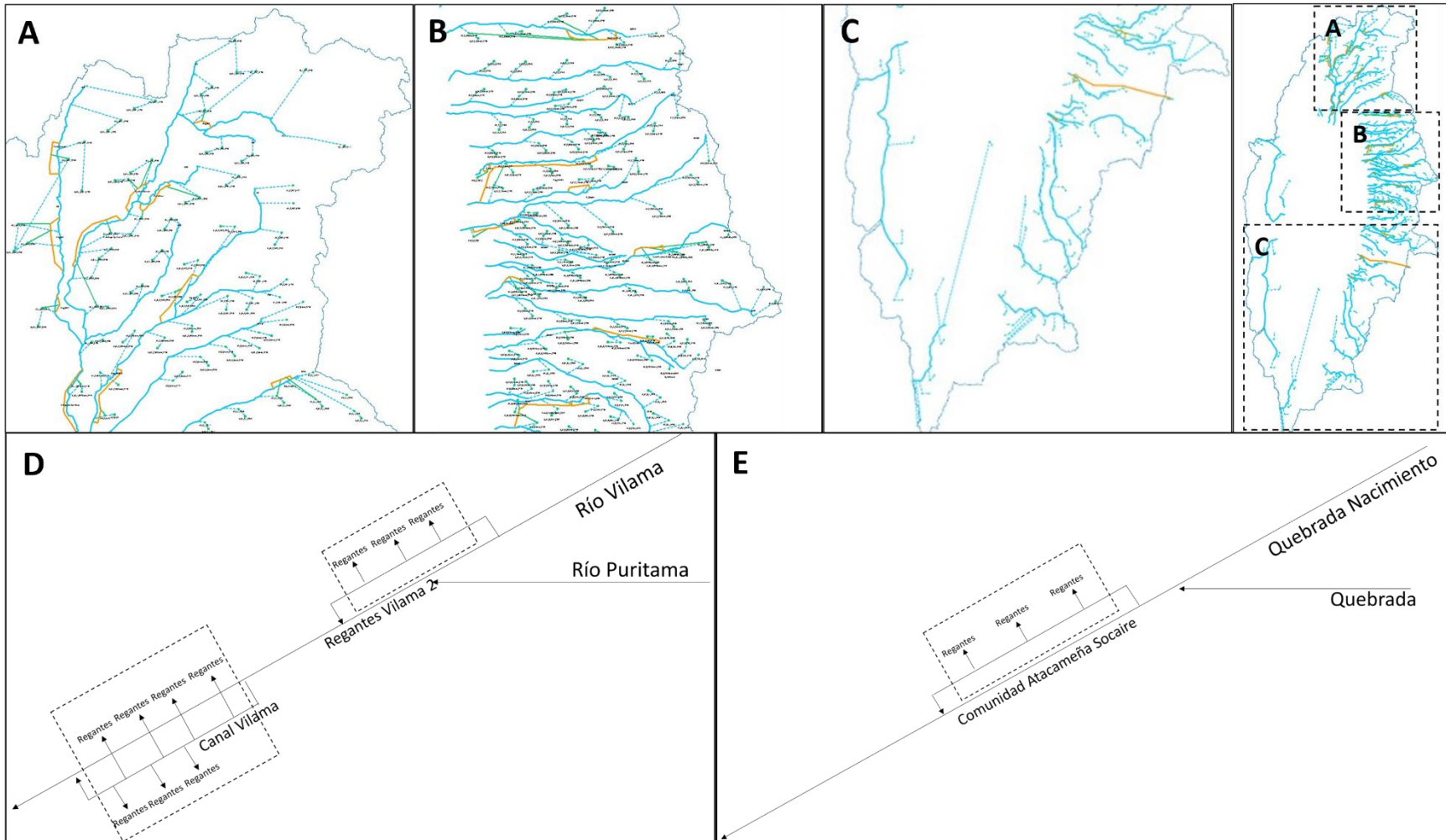
**Figura 2–8: Representación esquemática del sistema de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) utilizada en la cuenca.**

Nota: El caudal del río San Pedro que sale del Modelo Lateral e ingresa al Modelo Salar-Monturaqui se entiende como un aporte al sistema subterráneo general del modelo Salar-Monturaqui y no a una recarga exclusivamente hacia el pozo de bombeo.



Fuente: Elaboración propia

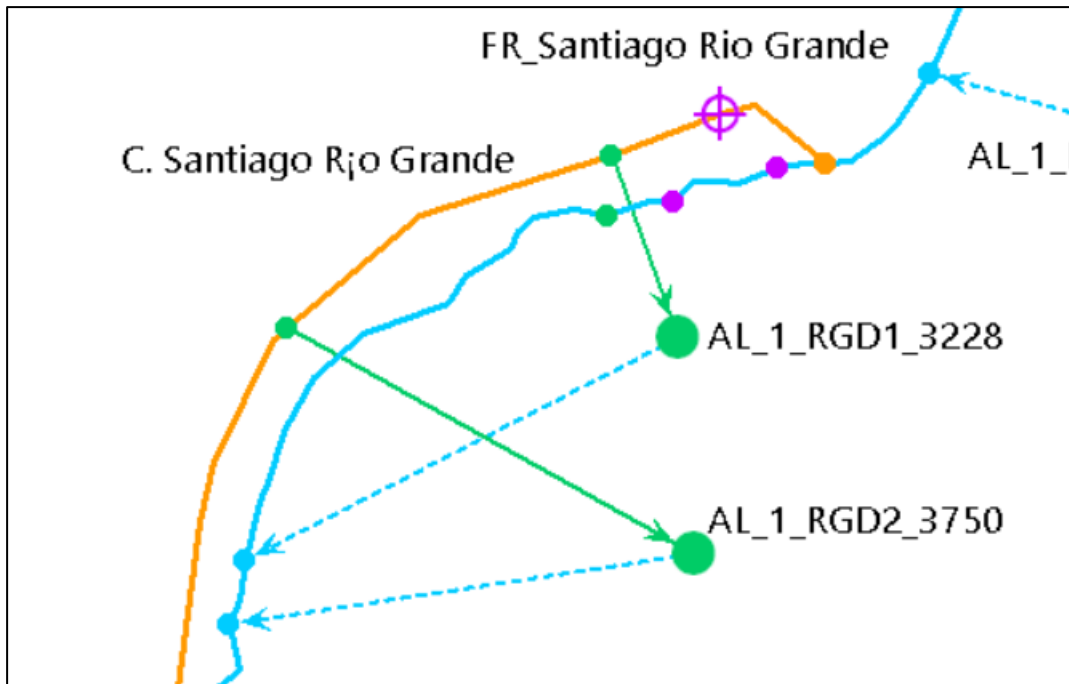
**Figura 2–9: Elementos de modelación utilizados en WEAP para la representación del agua suministrada por CAPRA.**



Fuente: Elaboración propia

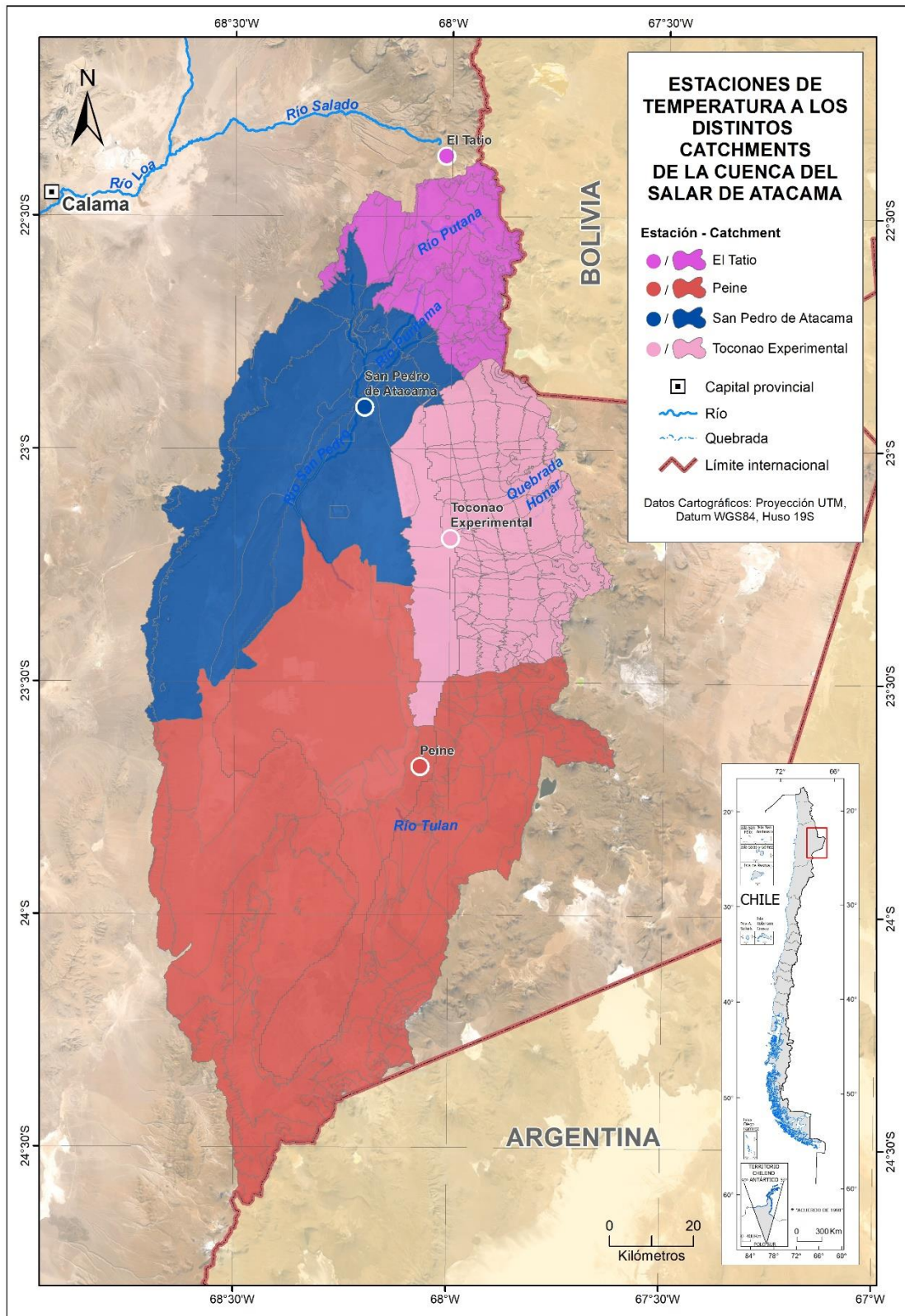
**Figura 2-10: Distribución espacial de los elementos "río" incluidos en el modelo WEAP.**

Nota: De presenta la zona Norte de la cuenca en A, en B el sector oriente y en C el sector Sur de la cuenca. Adicionalmente, se presentan como ejemplo en D y E diagramas unifilares del río Vilama y Quebrada de Nacimiento, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia

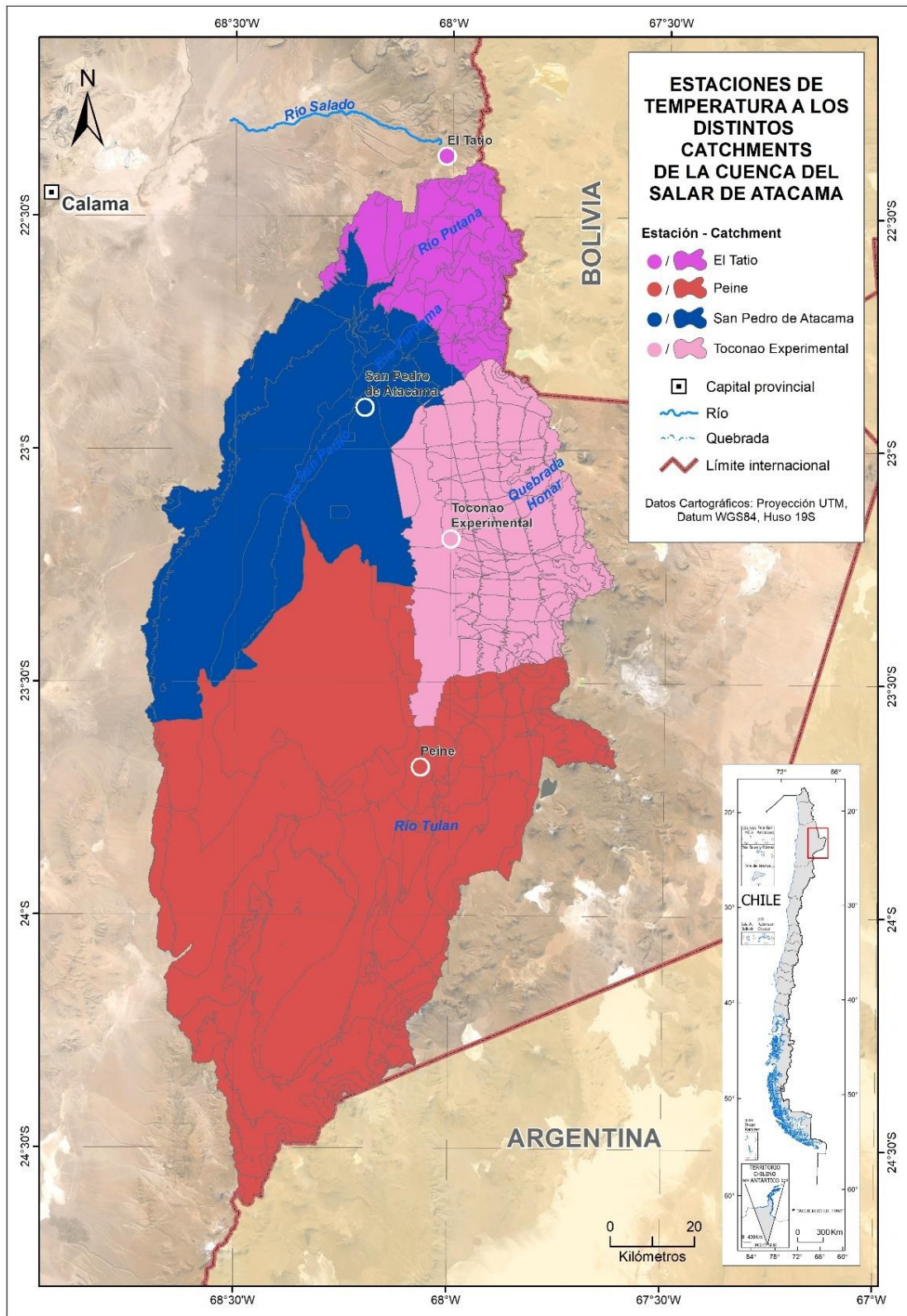
**Figura 2-11: Vínculo de los elementos río, *catchments*, canal y requerimiento de flujo para representar la extracción y uso de agua superficial para riego.**



Fuente: CORFO-PUC, 2021

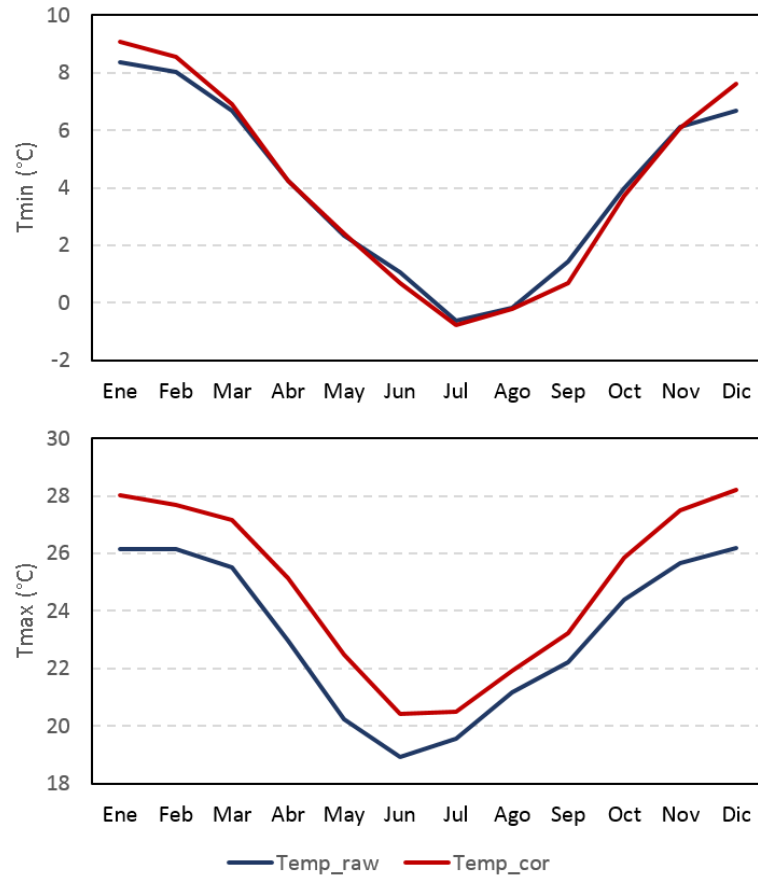
**Figura 2-12: Asignación de estaciones índice de precipitación a los distintos catchments que componen la cuenca del Salar de Atacama.**





Fuente: CORFO-PUC, 2021

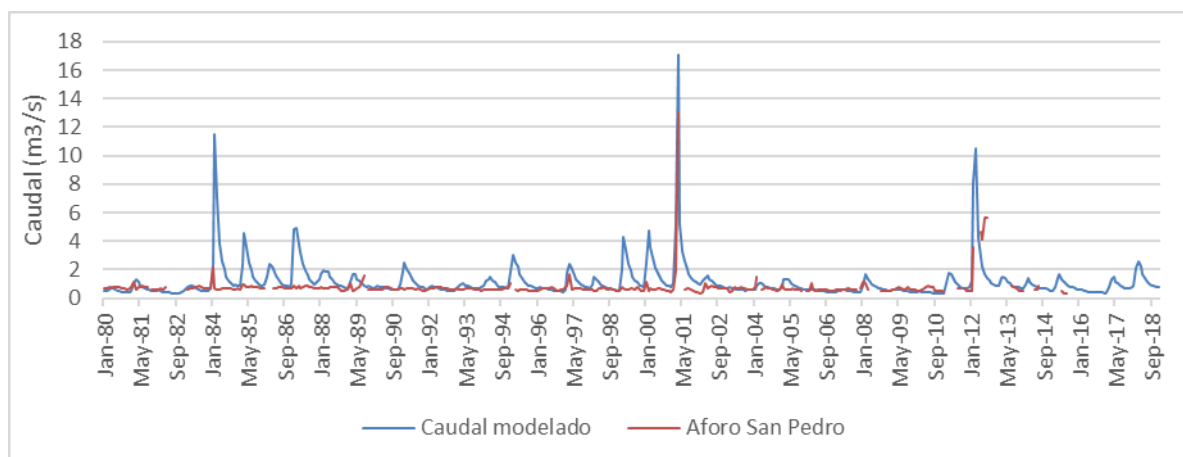
**Figura 2-13: Asignación de estaciones índice de temperatura a los distintos catchments que componen la cuenca del Salar de Atacama.**



Fuente: Elaboración propia

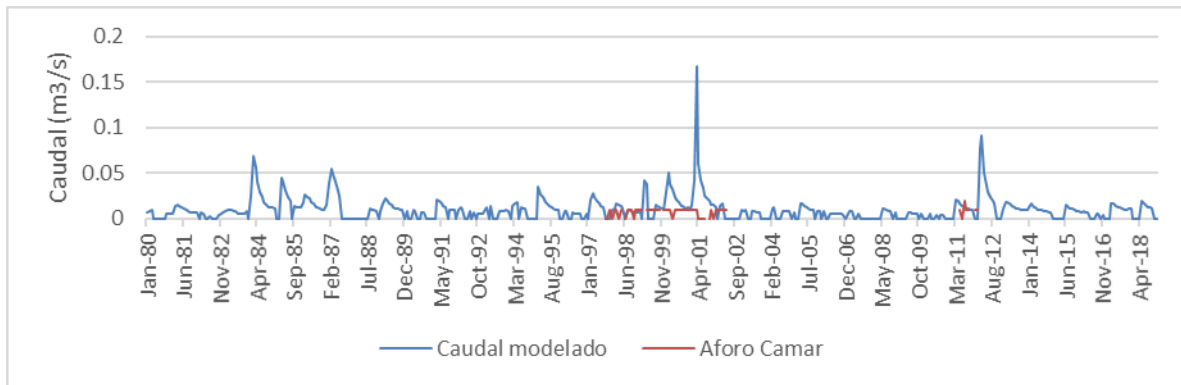
**Figura 2–14: Cambio en las curvas estaciones de temperatura mínima (imagen superior) y máxima (inferior) producto de la corrección de sesgo mensual.**

Nota: En este caso, según la asignación de estaciones, este catchment se corrige con la estación Peine.



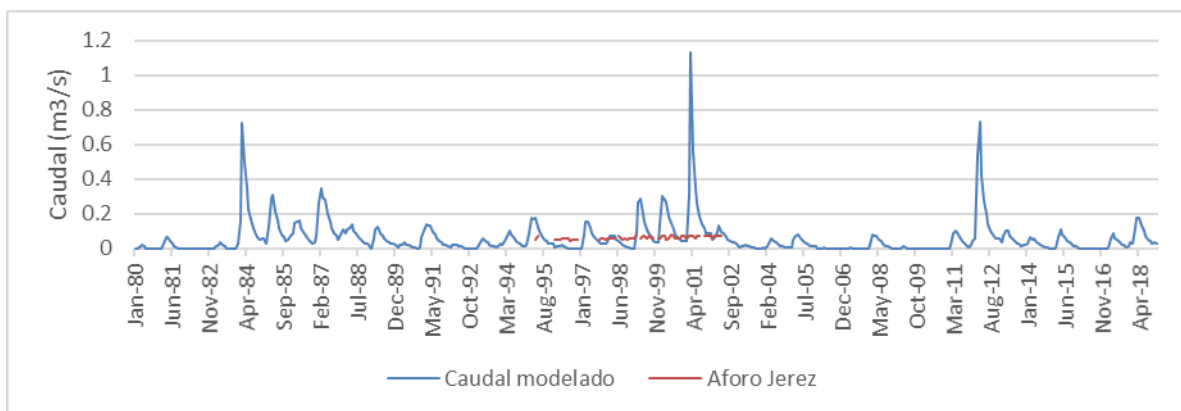
Fuente: CORFO-PUC, 2021

**Figura 2–15: Caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica “Río San Pedro de Cuchabrachi”.**



Fuente: CORFO-PUC, 2021

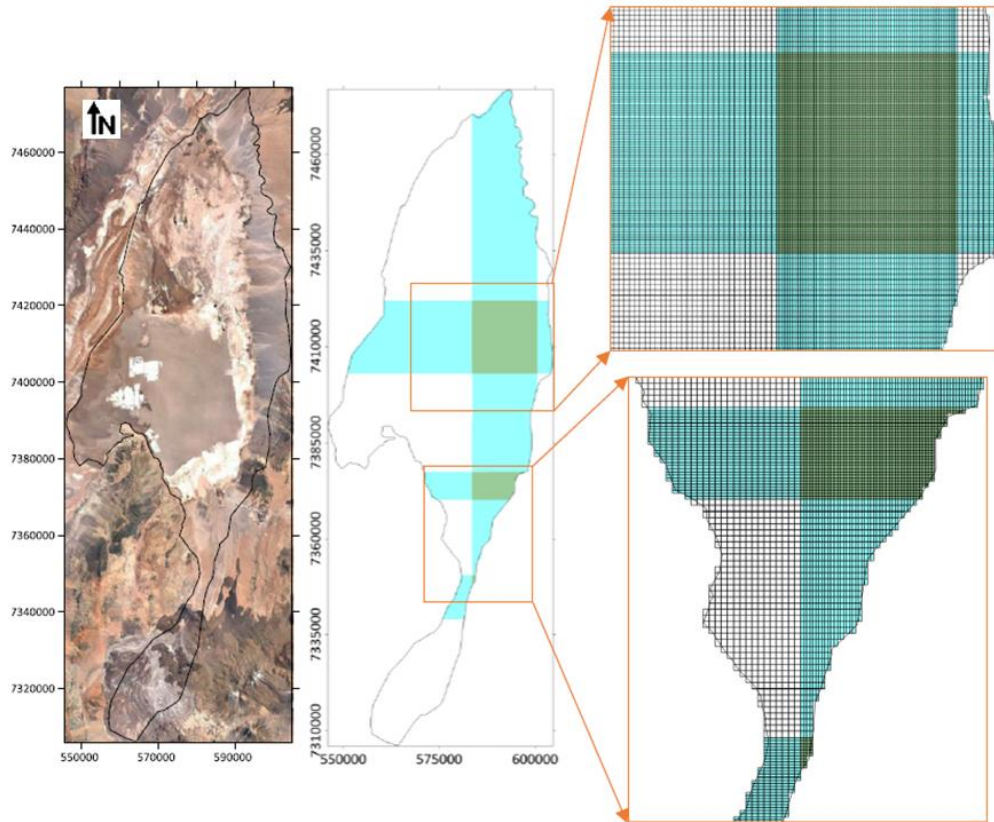
**Figura 2–16: Caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica “Quebrada de Camar en vertiente 1”.**



Fuente: CORFO-PUC, 2021

**Figura 2–17: Caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica “Quebrada de Jerez”.**

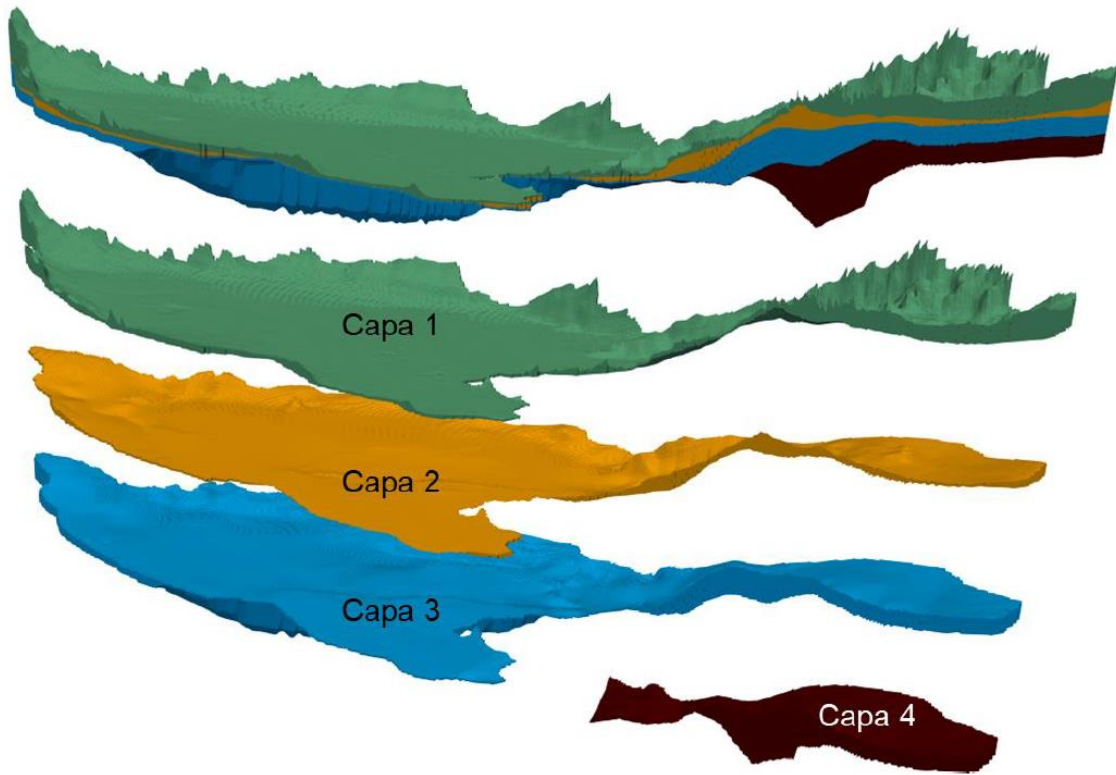




Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

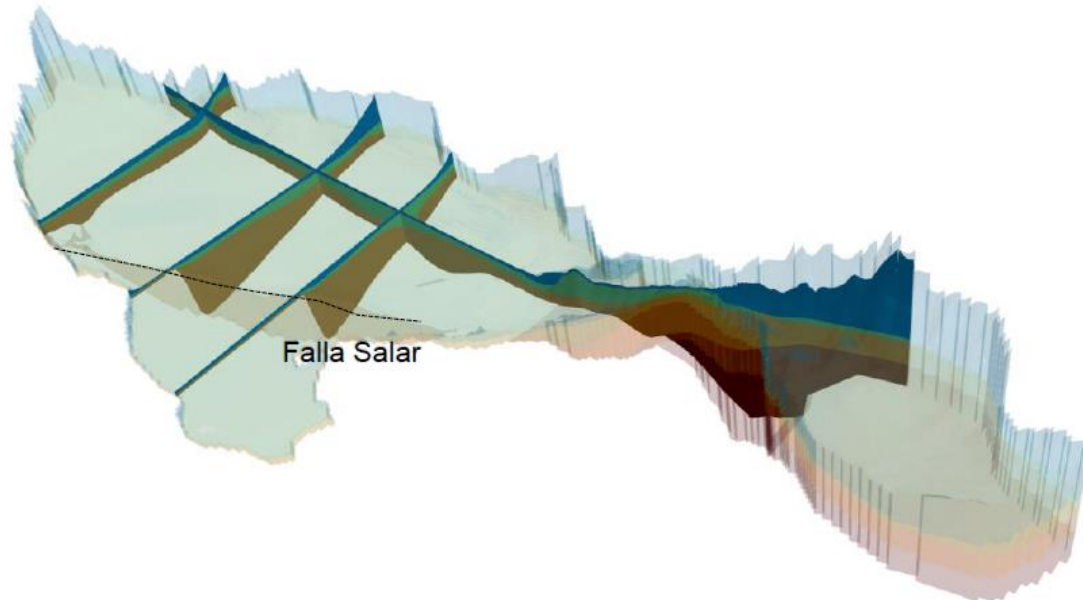
**Figura 3-1: Dominio de modelación subterránea en modelo base**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

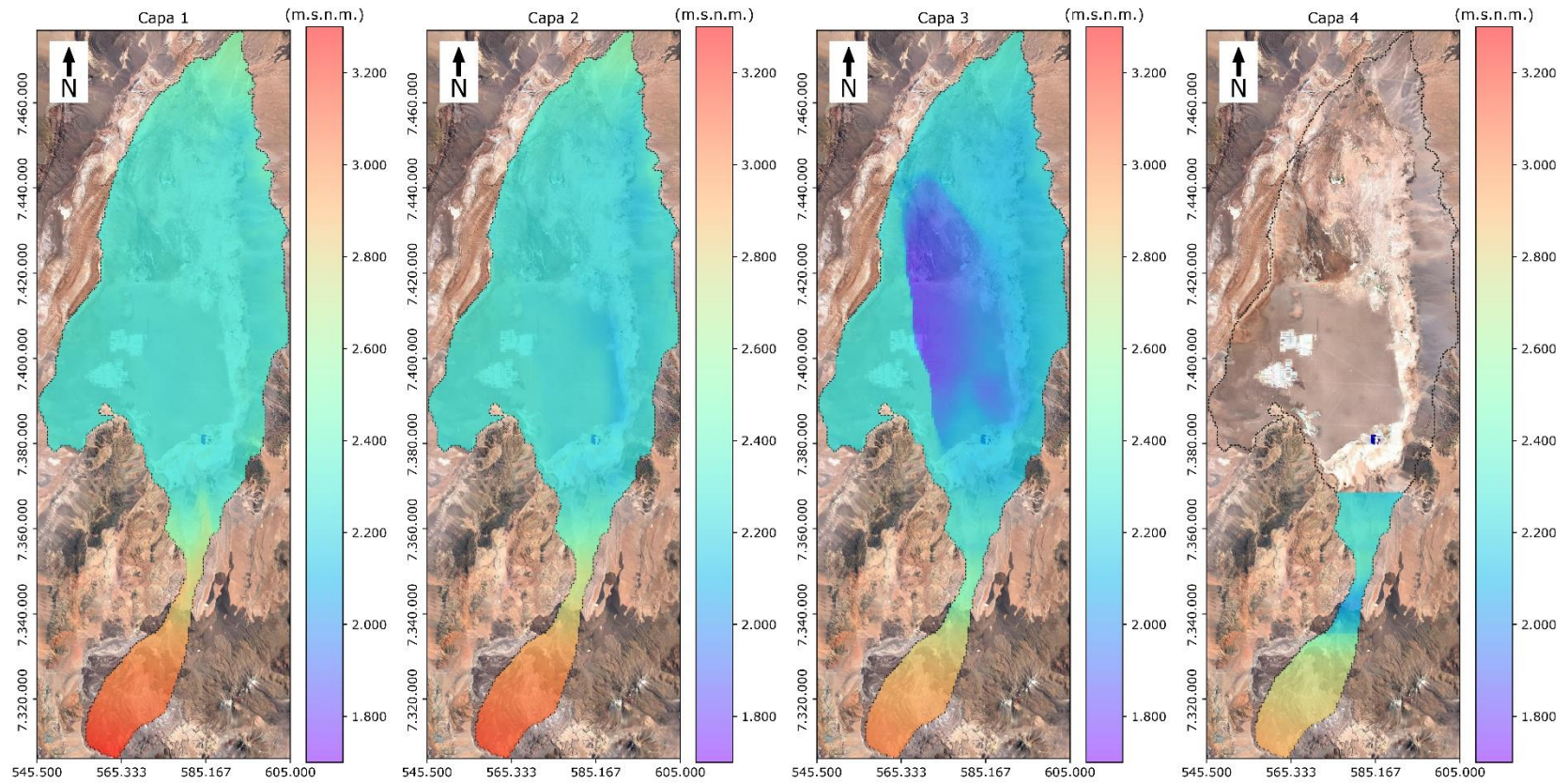
**Figura 3-2: Distribución en profundidad de las capas del modelo numérico**



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 3-3: Esquema tridimensional de la distribución de las capas en el modelo numérico que muestra la extensión y el impacto de la Falla Salar.**

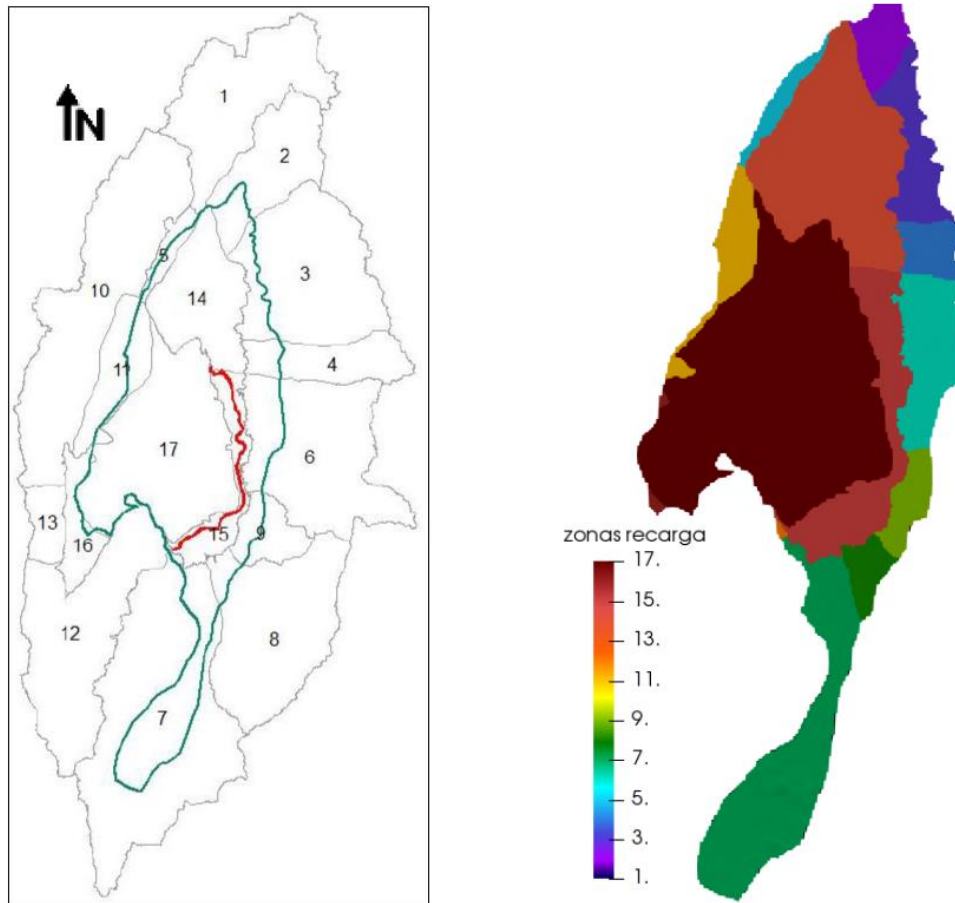
**Isobatas del modelo numérico hidrogeológico**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 3-4: Mapa de isobatas de las capas definidas en el modelo numérico hidrogeológico**

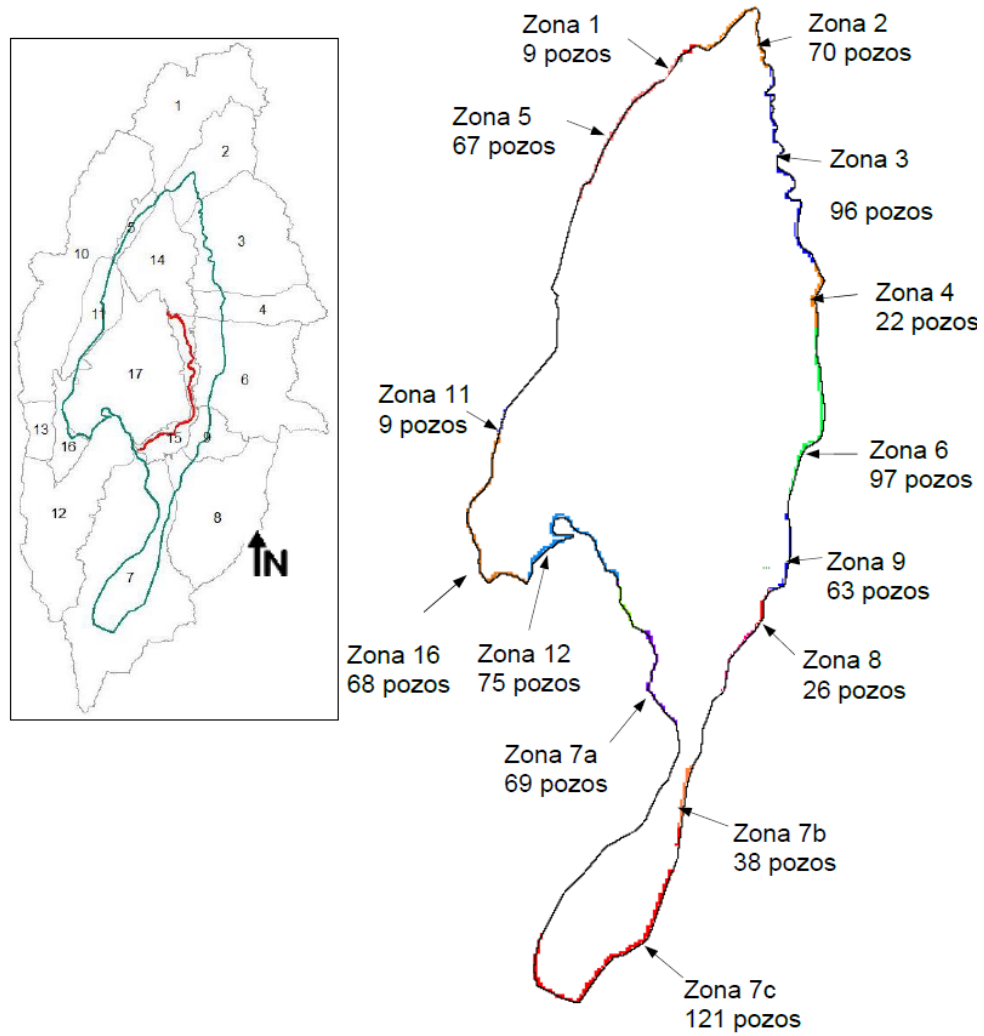
Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

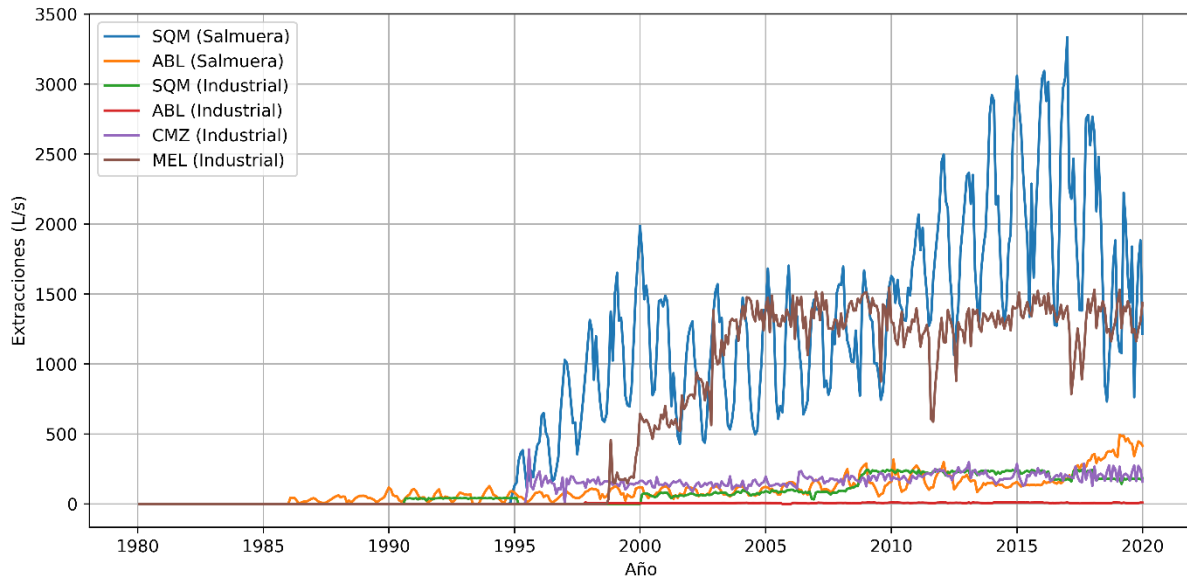
**Figura 3-5: Zonas de recarga areal en el modelo numérico hidrogeológico. La escala de color muestra el número de la subcuenca correspondiente.**





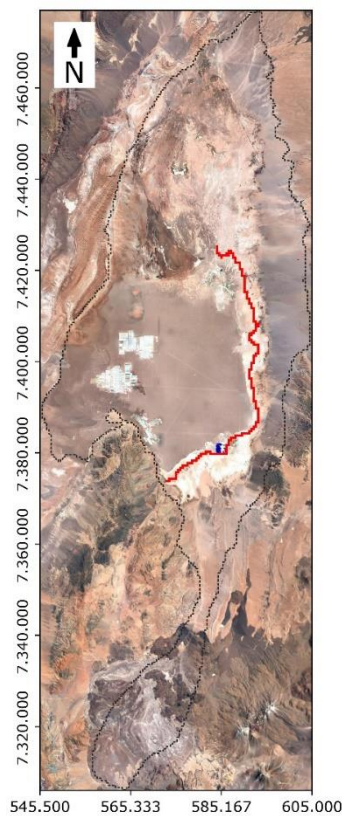
Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 3-6: Zonas de recarga lateral en el modelo numérico hidrogeológico. La cantidad de pozos corresponde a la cantidad de celdas consideradas en cada zona.**



Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21 (2021).

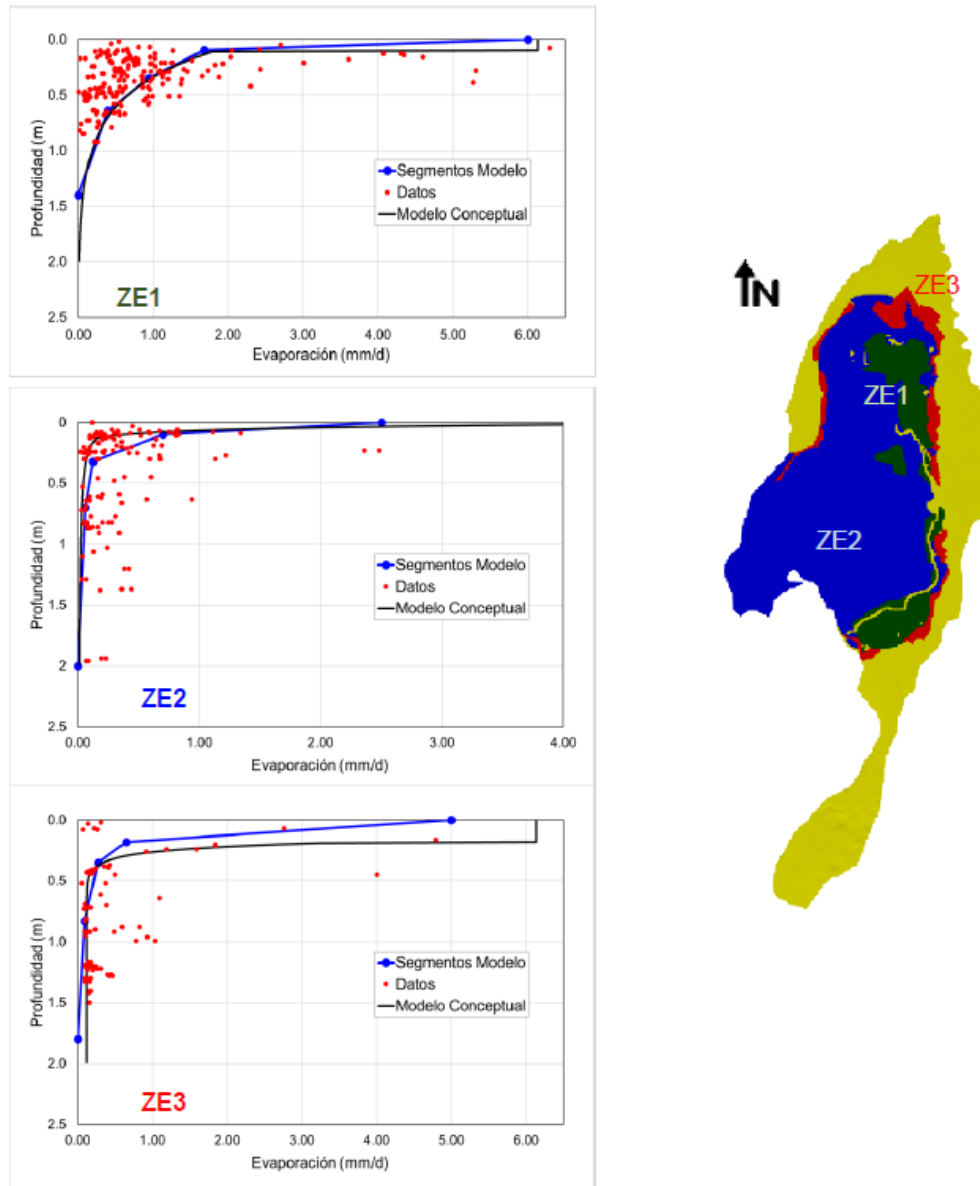
**Figura 3–7: Caudales de extracción neta tanto de salmuera como de producción industrial de cada una de las empresas.**



Fuente: Elaboración propia.

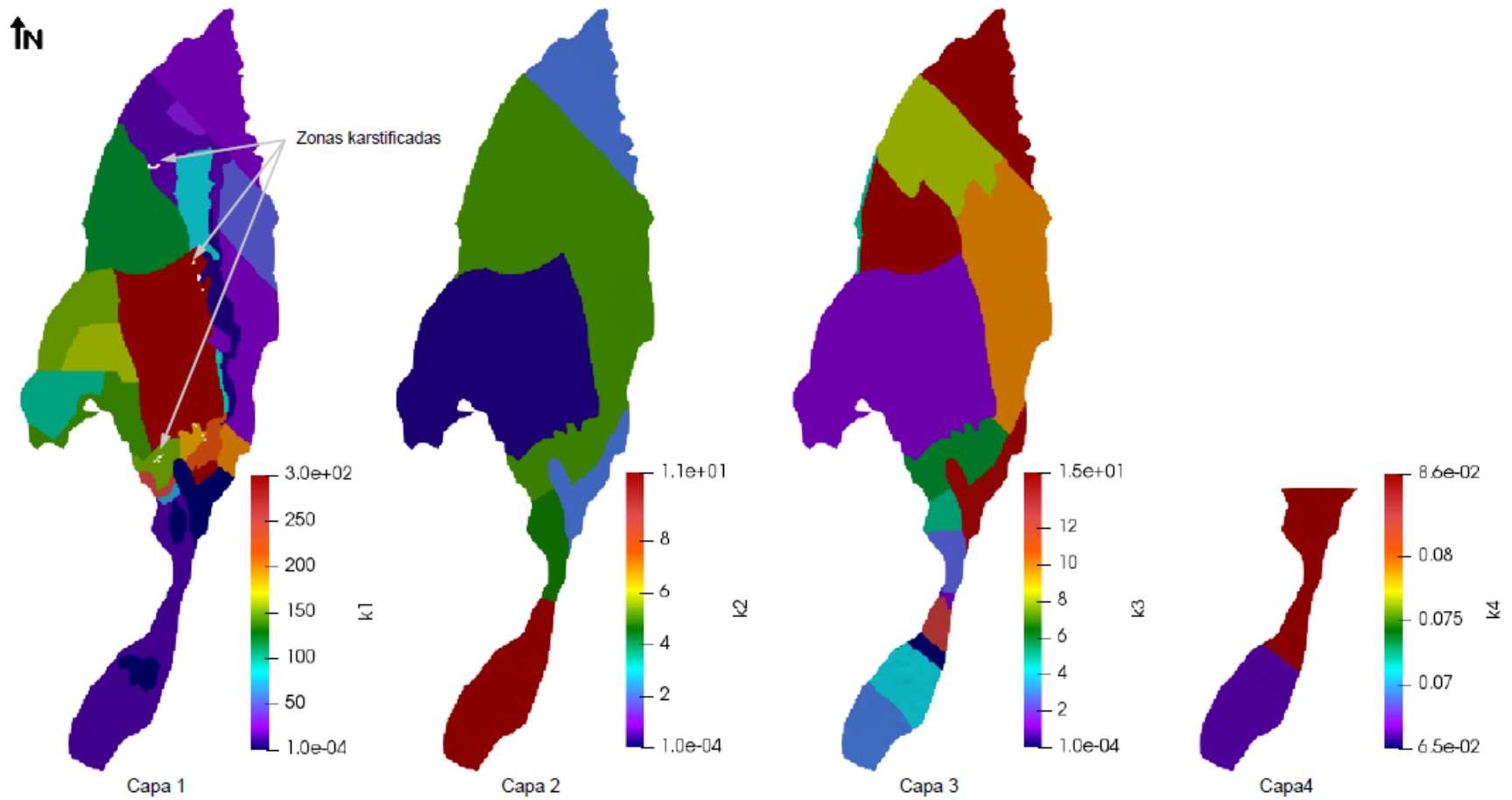
**Figura 3–8: Celdas definidas con la condición de contorno tipo dren (rojo).**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



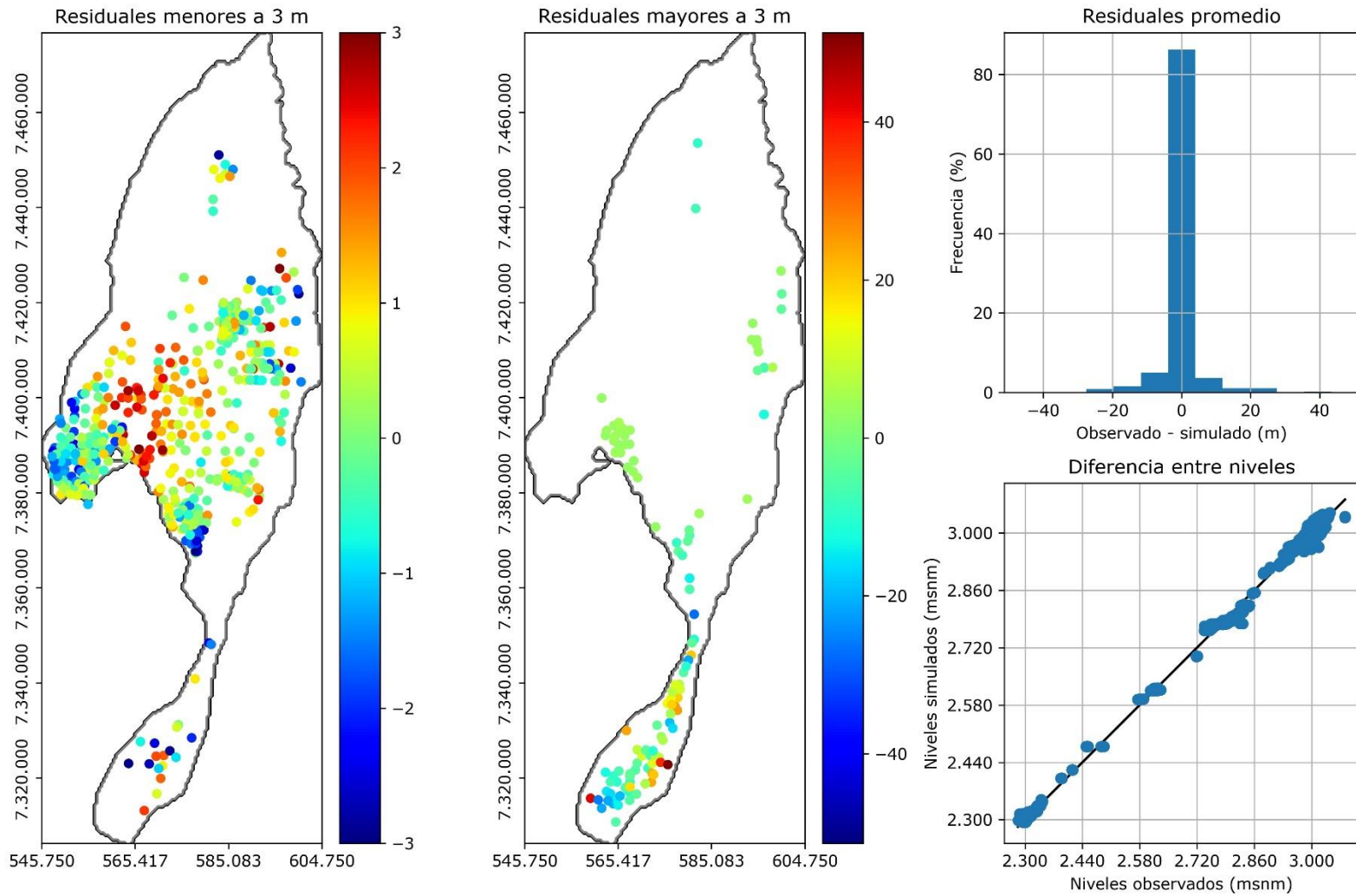
Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021).

**Figura 3–9: Curvas de evaporación desde la napa y distribución espacial de estas en el modelo numérico.**



Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021).

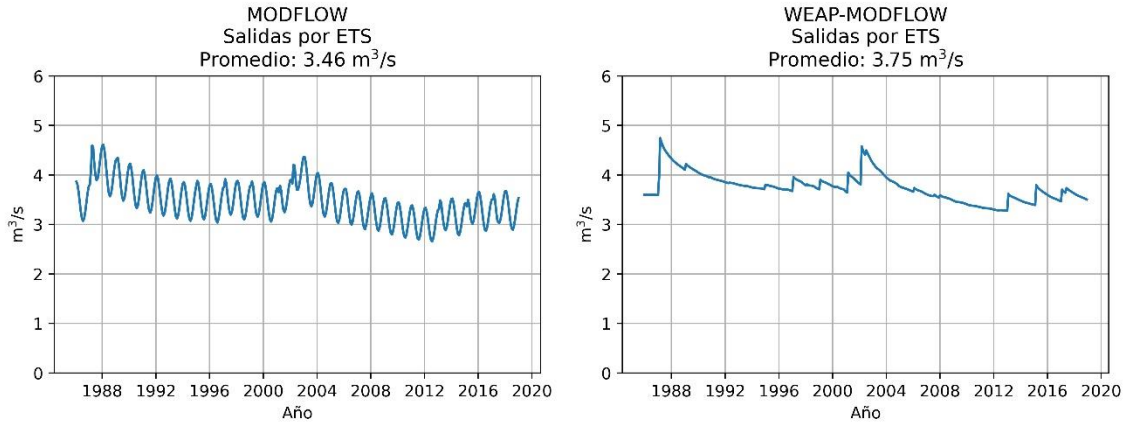
**Figura 3–10: Distribución espacial de las zonas de conductividad hidráulica (en m/d) con los valores obtenidos por la calibración por CORFO-AMPHOS21 (2021). No se incorporan en la escala los valores de halita karstificada y fracturada debido al alto valor de estas.**



Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21 (2021).

**Figura 3-11: Distribución espacial de los residuales de validación del modelo hidrogeológico de base**

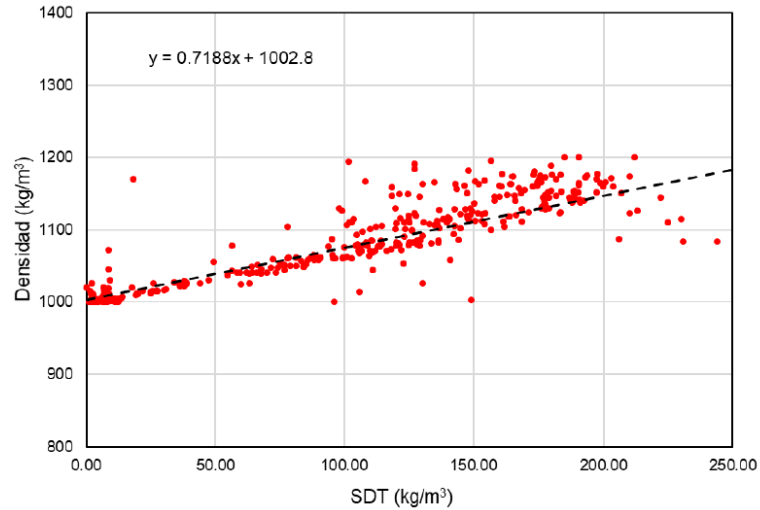
Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



**Figura 3–12: Comparación de los flujos de evapotranspiración con el paquete ETS calculados a partir del modelo MODFLOW, desarrollado por CORFO-AMPHOS21 (2021), y calculados a partir del modelo WEAP-MODFLOW, desarrollado por CORFO-PUC (2021) en el período 1986 - 2018.**

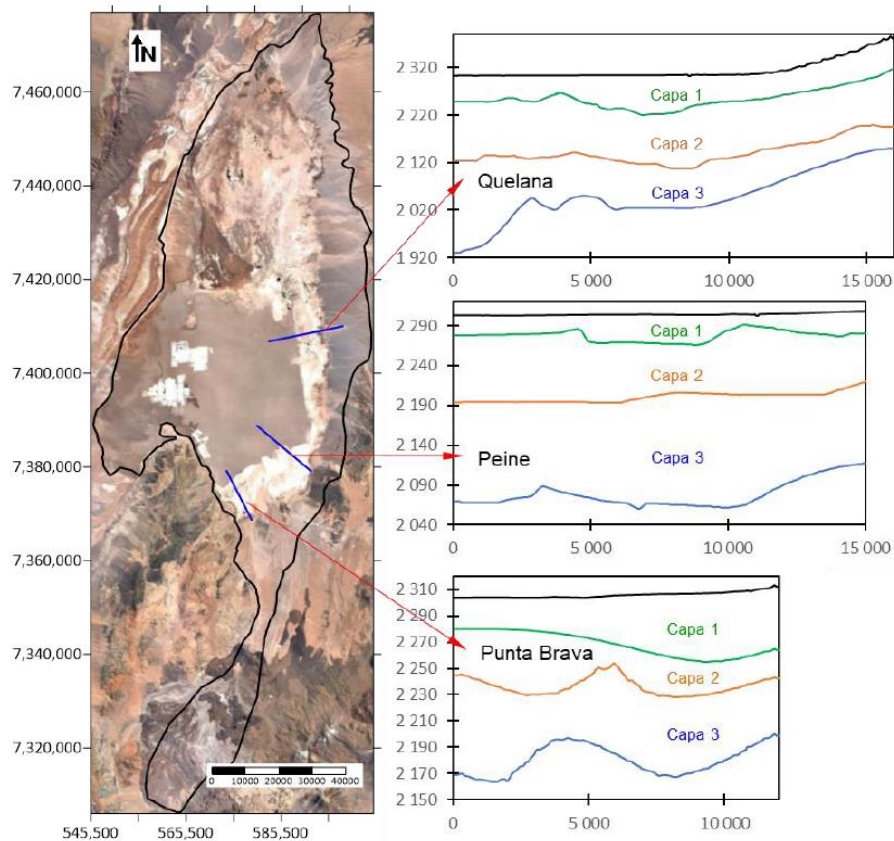
## **CAPÍTULO 4    MODELACIÓN DE FLUJO CON DENSIDAD VARIABLE**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 4 del Anexo H.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 4-1: Relación densidad de fluido y total de sólidos disueltos (SDT) medida en puntos de observación.**

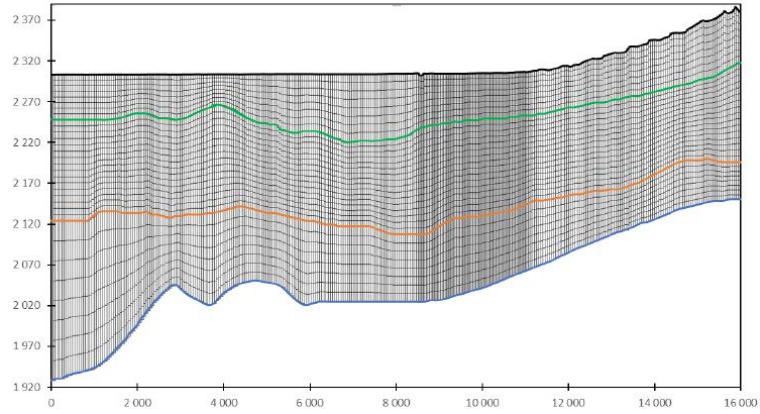


Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 4-2: Ubicación y geometría de los perfiles definidos para los modelos de flujo con densidad variable. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S. Unidades en metros.

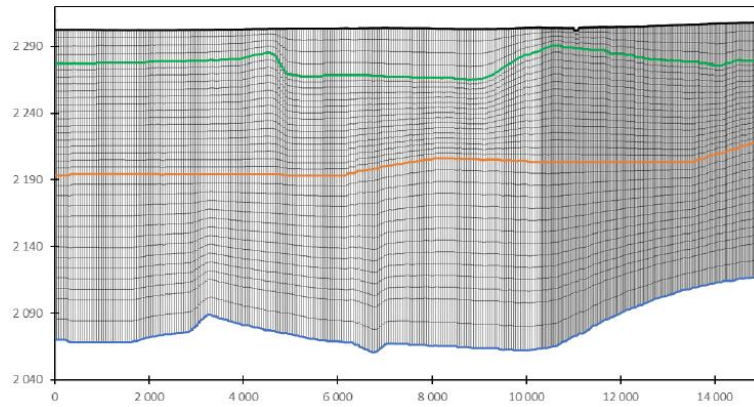




Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 4-3: Discretización espacial del perfil Quelana. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual.**

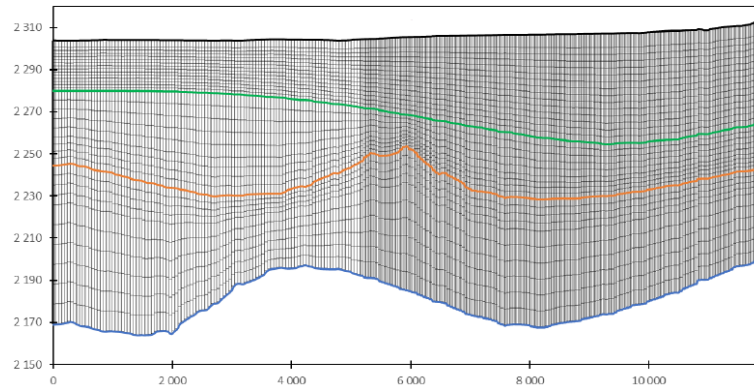
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 4-4: Discretización espacial del perfil Peine. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual.**

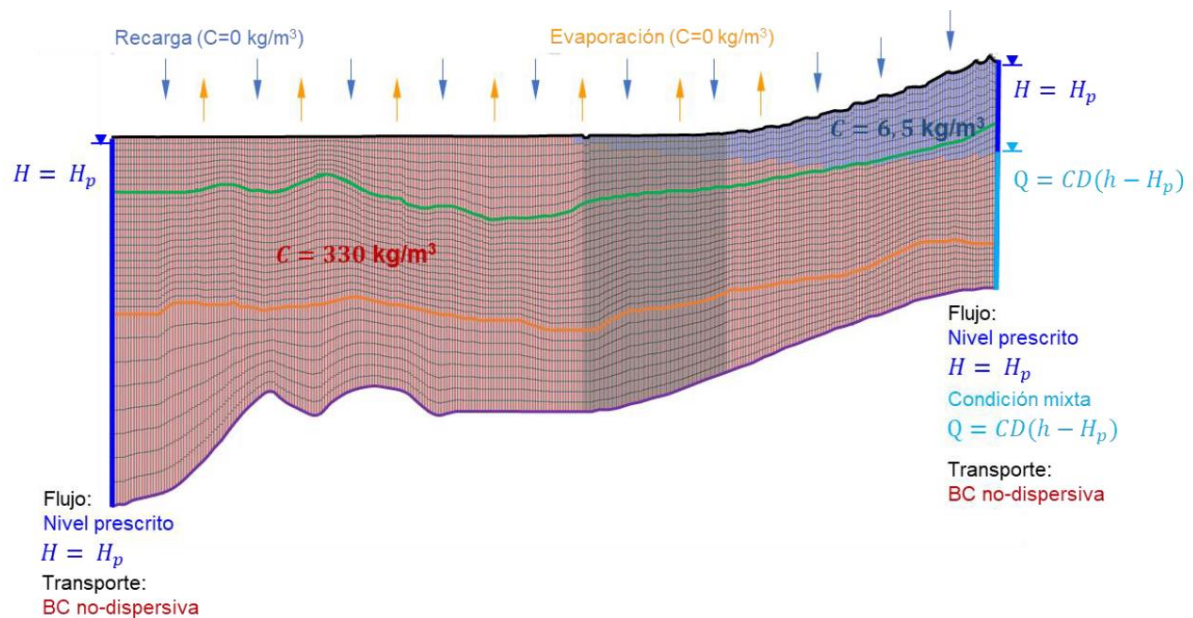
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

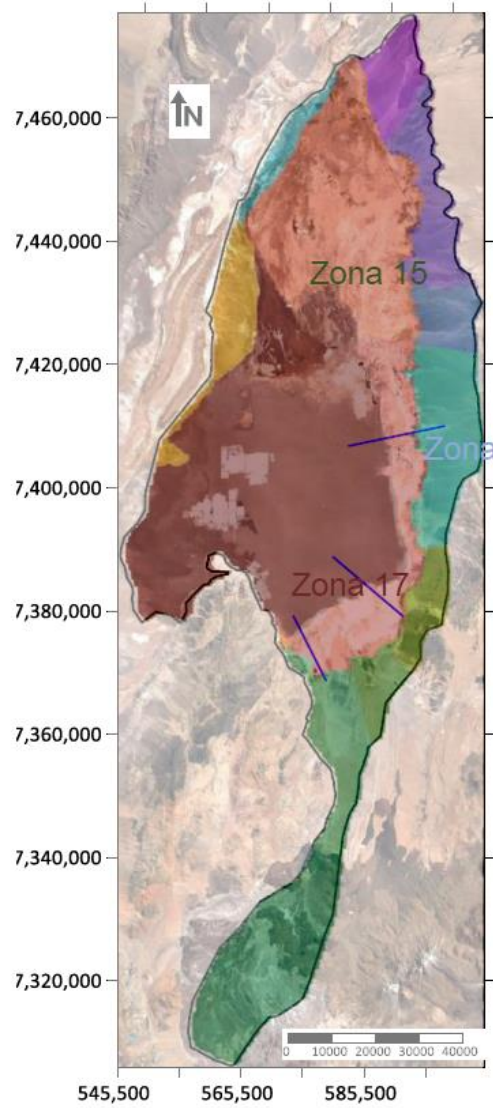
**Figura 4-5: Discretización espacial del perfil La Punta La Brava. Se incluyen las distintas unidades acuíferas definidas a partir del modelo conceptual.**

Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

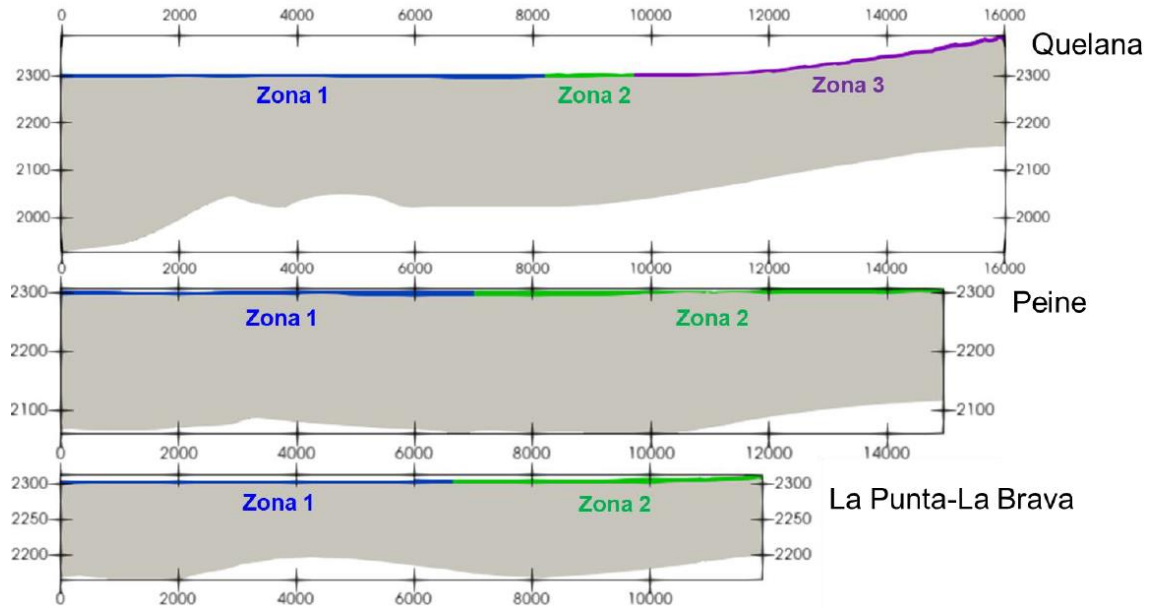
**Figura 4-6: Conceptualización de la discretización espacial, de las entradas y salidas, condiciones de contorno y condiciones iniciales para los 3 perfiles para la modelación de flujo con densidad variable.**



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

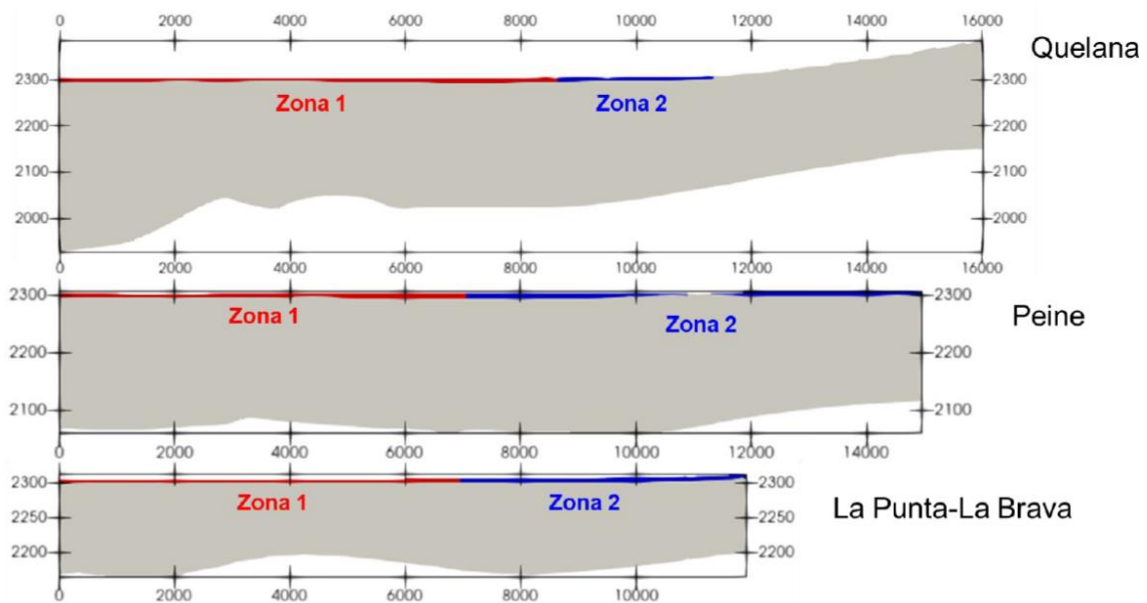
**Figura 4–7: Zonas de recarga en el modelo tridimensional de flujo que permiten la zonación de recarga en los perfiles SEAWAT.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



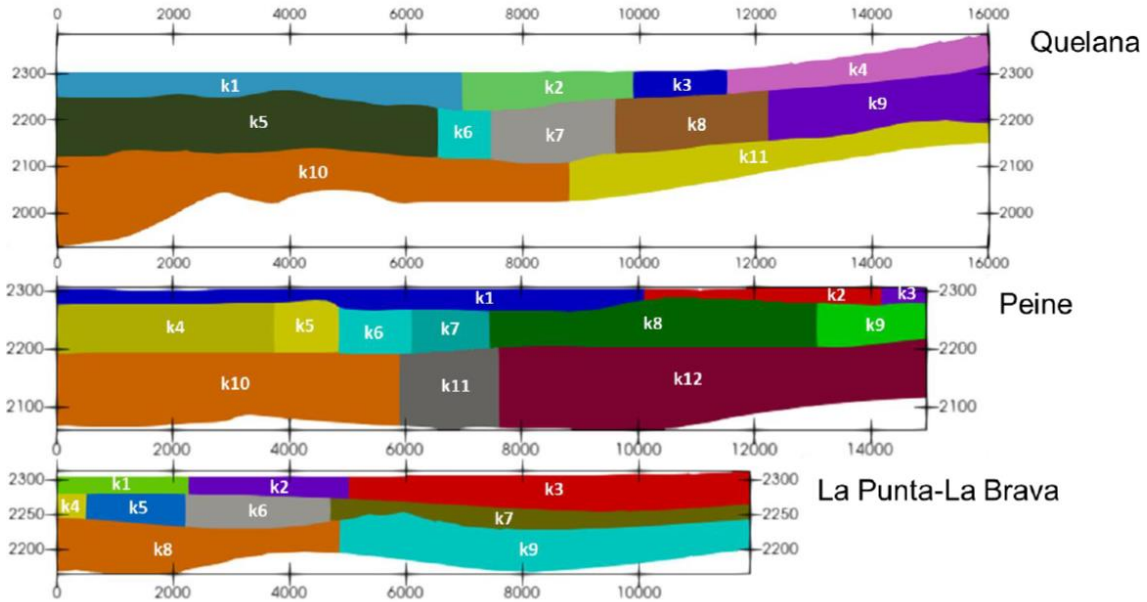
Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

**Figura 4-8: Zonas de recarga para cada uno de los perfiles SEAWAT.**  
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21, 2021.

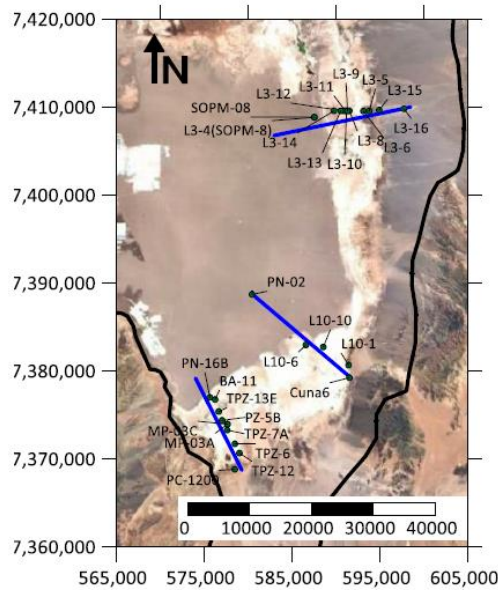
**Figura 4-9: Zonas de evaporación para cada uno de los perfiles SEAWAT.**  
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21 (2021).

**Figura 4-10: Zonas de conductividad hidráulica definidas para cada perfil SEAWAT.**

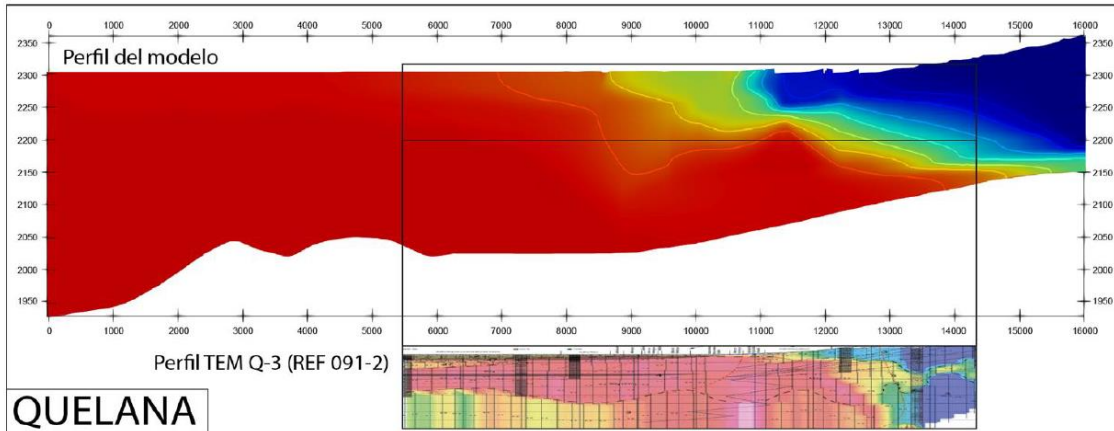
Nota: Unidades en metros.



Fuente: Modificado de CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4-11: Ubicación de los puntos de observación de niveles definidos para cada perfil SEAWAT.**

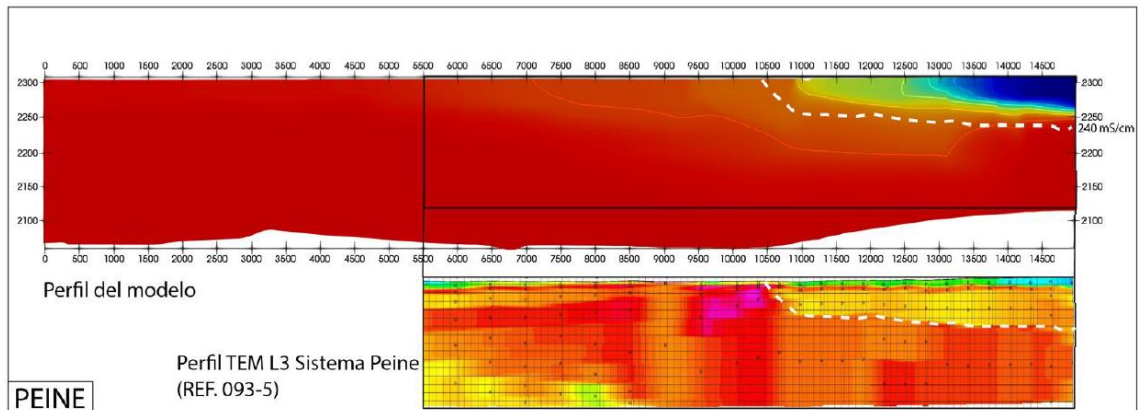
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4–12: Comparación de distribución concentración simulada para noviembre de 2005 y perfil geofísico Q3 (DICTUC) para el perfil de Quelana.**

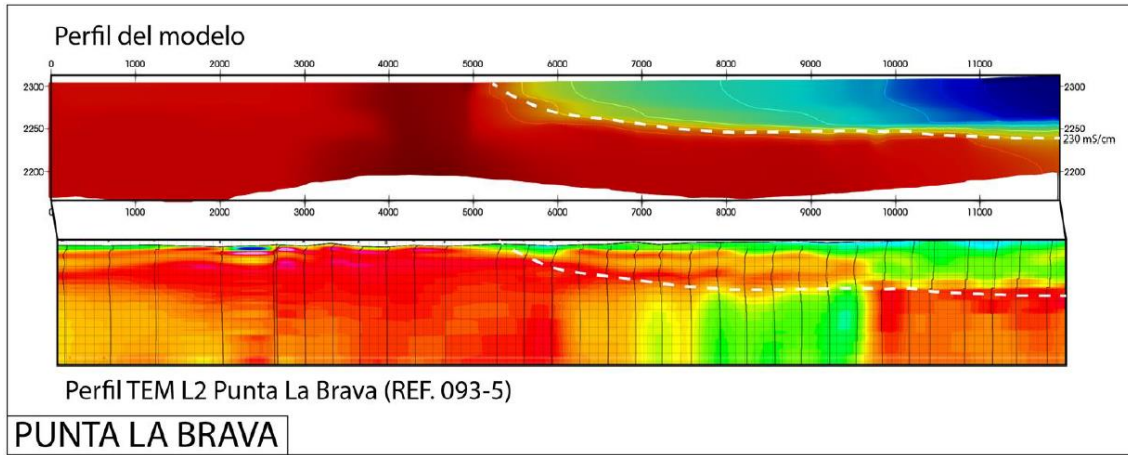
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4–13: Comparación de distribución concentración simulada para abril de 2013 y perfil geofísico L3 (Rockwood Lithium) para el perfil de Peine.**

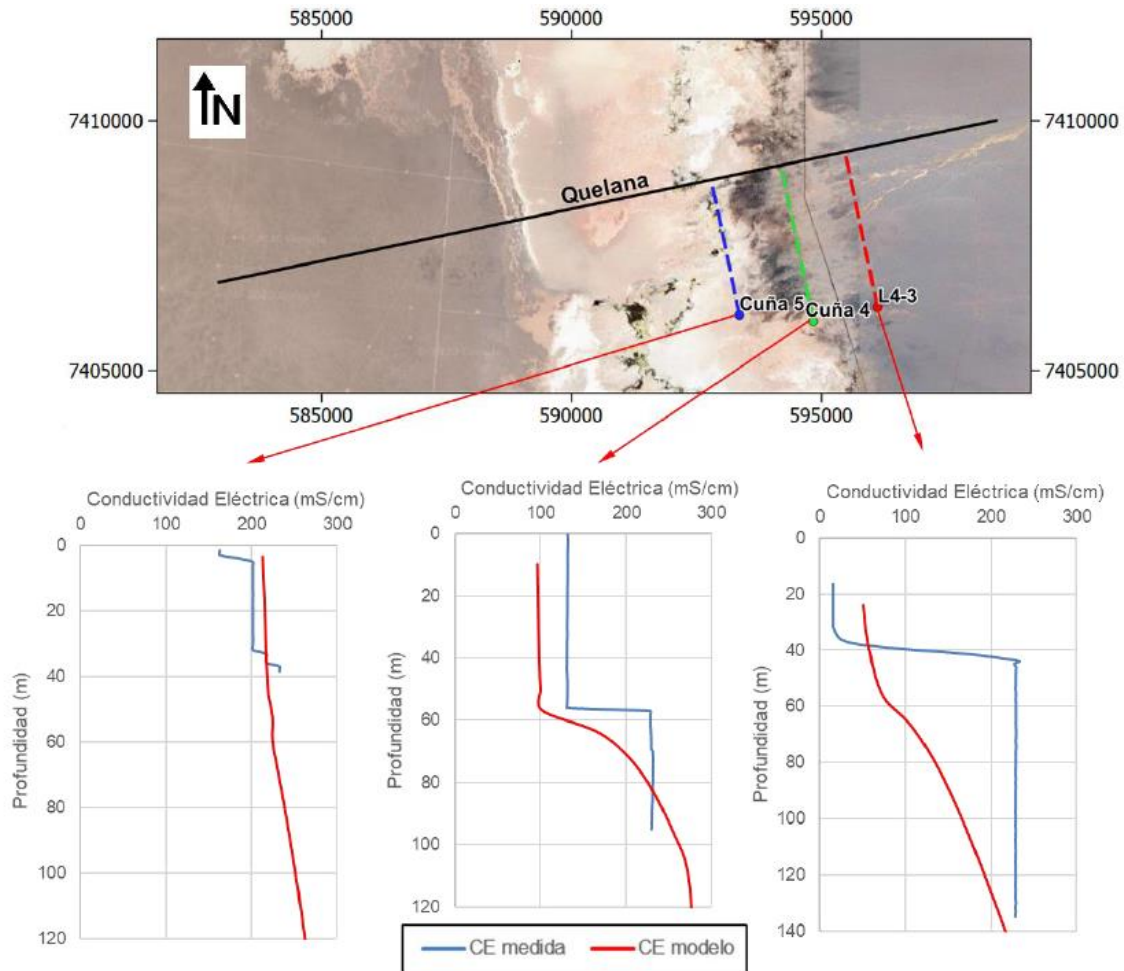
Nota: Unidades en metros.



Fuente: CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4-14: Comparación de distribución concentración simulada para marzo de 2013 y perfil geofísico L2 (Rockwood Lithium) para el perfil de La Punta-La Brava.**

Nota: Unidades en metros.

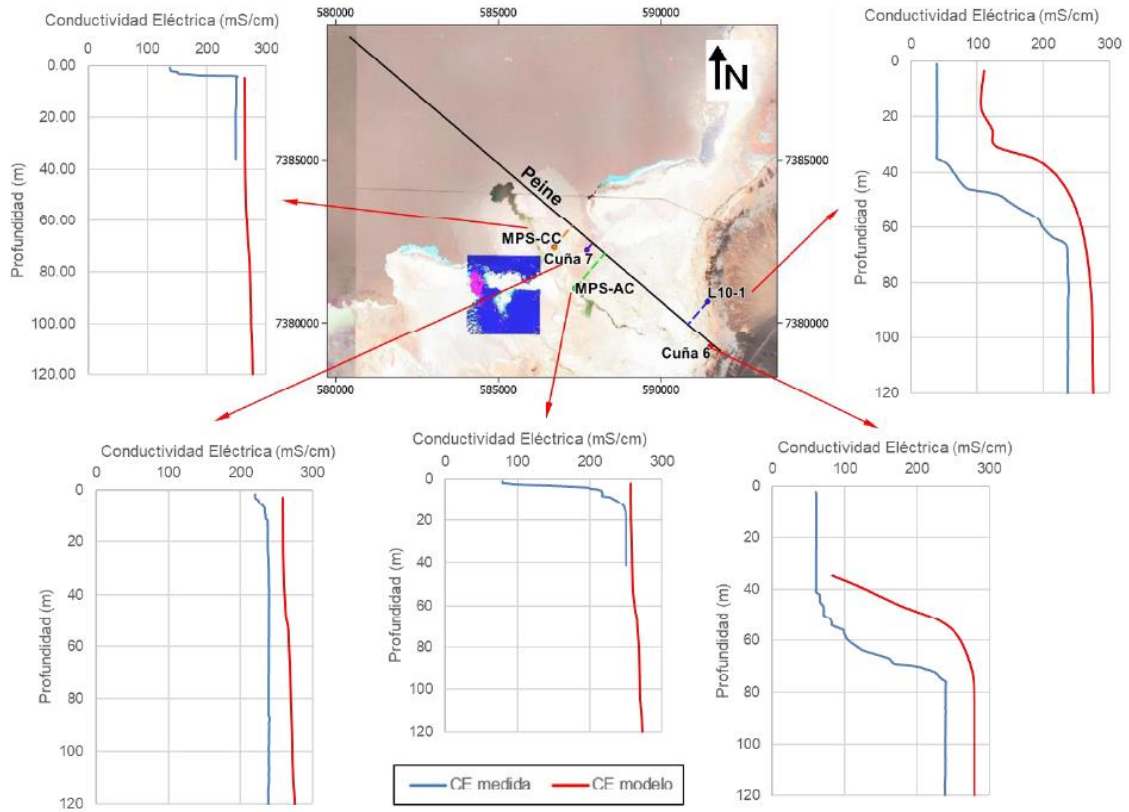


Fuente: CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4-15: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida (Rockwood Lithium) y simulada para el perfil de Quelana.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

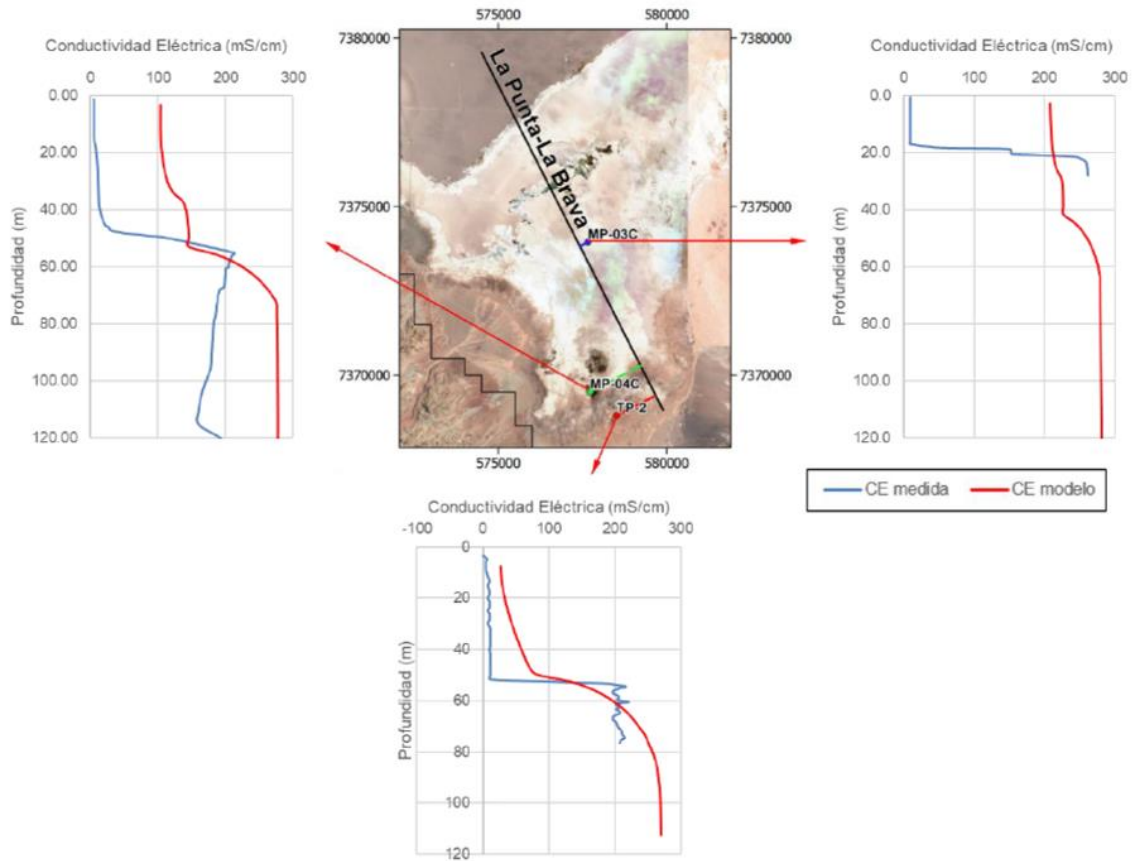




Fuente: CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4-16: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida (Rockwood Lithium) y simulada para el perfil de Peine.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



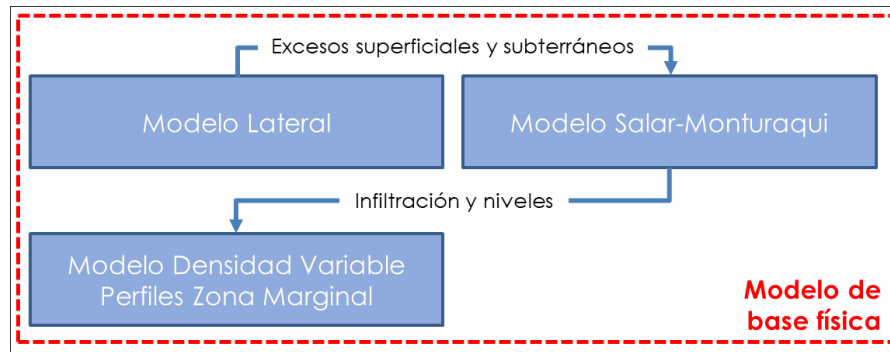
Fuente: CORFO-AMPHOS21(2021).

**Figura 4-17: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida (Rockwood Lithium) y simulada para el perfil de La Punta-La Brava.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

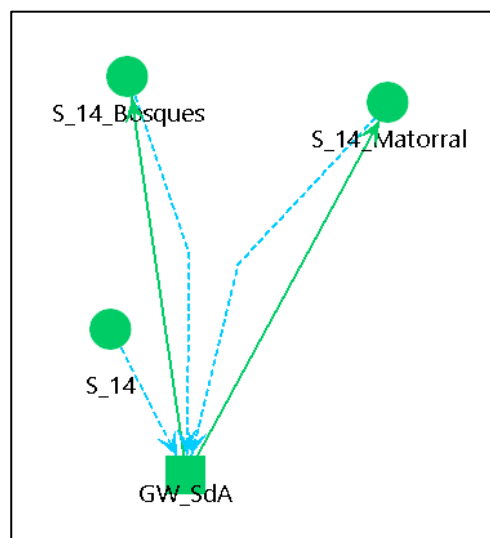
## **CAPÍTULO 5 PROCESO DE ACOPLA DEL MODELO SUPERFICIAL – SUBTERRÁNEO – DENSIDAD VARIABLE MEDIANTE WEAP-MODFLOW-SEAWAT**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 5 del Anexo H.



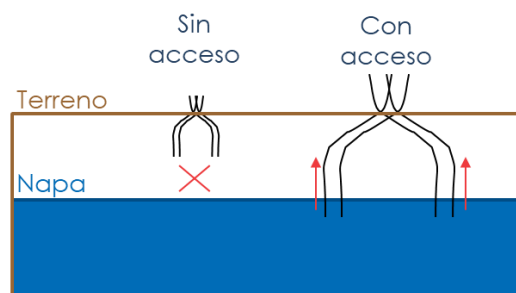
Fuente: CORFO-PUC (2021).

**Figura 5–1: Esquema de las conexiones entre los distintos modelos que componen el modelo de base física.**



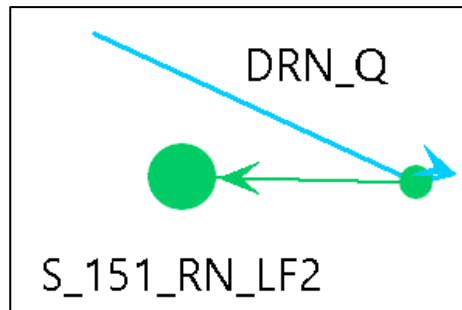
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–2: Ejemplo de la separación de las componentes de cobertura de la tierra de Bosque y Matorral de un *Catchment*, ubicado en el modelo Salar-Monturaqui.**



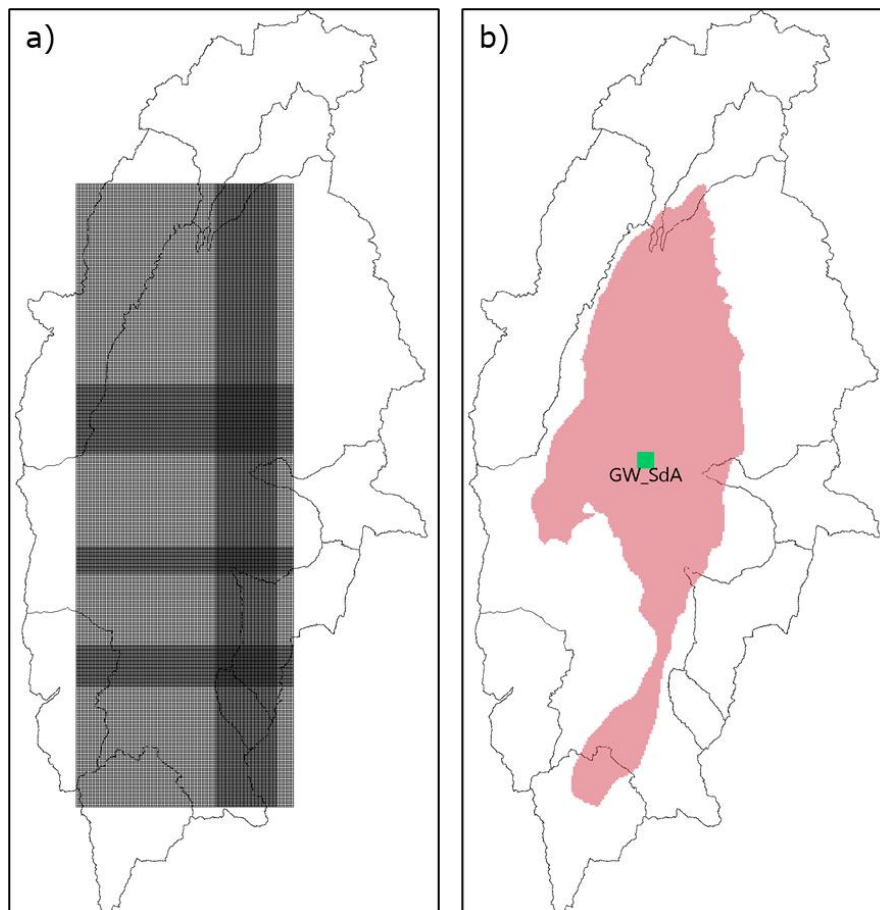
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5–3: Representación esquemática del acceso de agua subterránea de vegetación en la zona marginal del Salar de Atacama.**



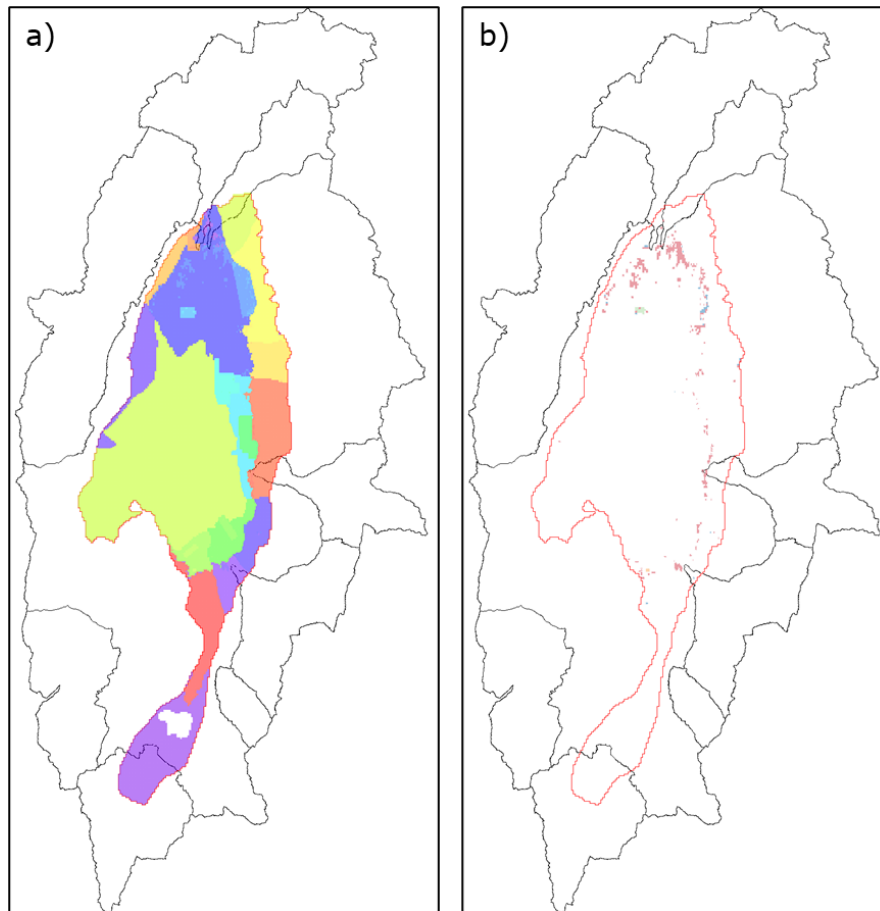
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 5-4: Esquema de la conexión del tramo de río, que es alimentado por salida de celdas dren de MODFLOW, al Catchment.**



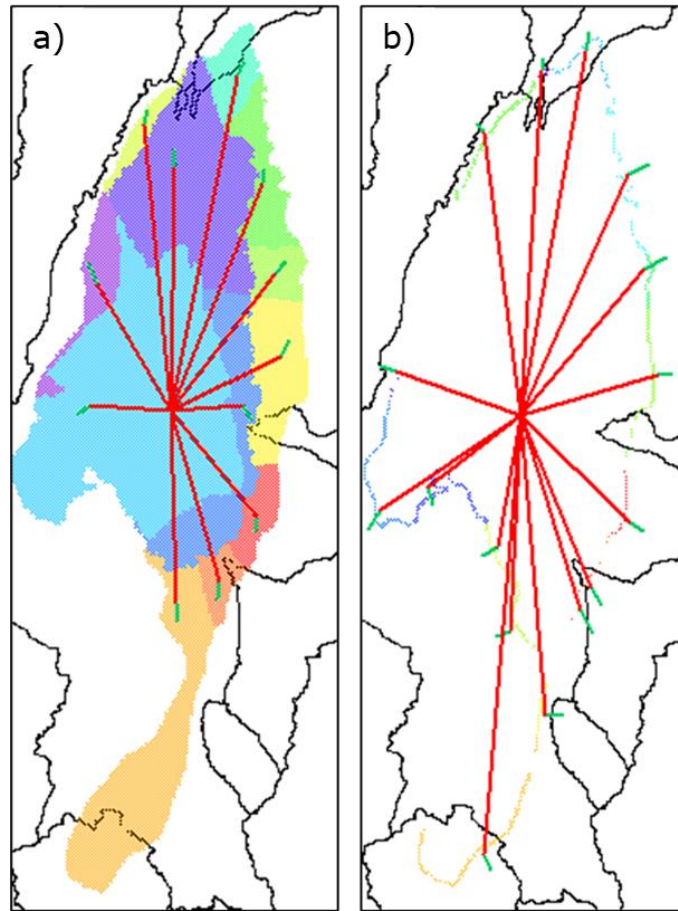
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-5: a) Distribución de las celdas del modelo numérico, b) nodo WEAP que representa el sistema subterráneo y las celdas activas (rojo) sobre las cuales se espacializa este nodo.**



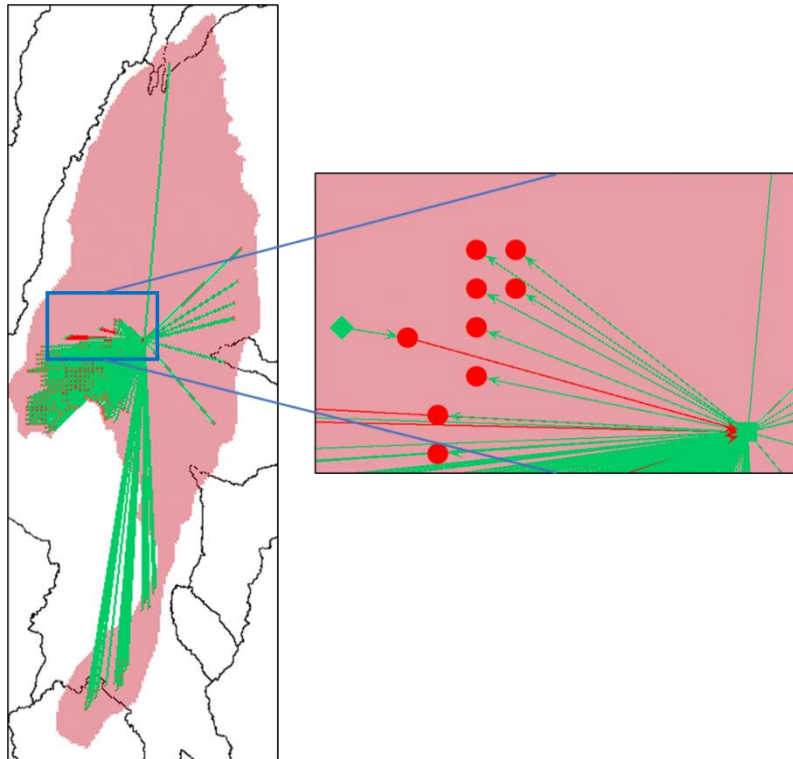
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5–6: Visualización general de: a) la distribución de las celdas enlazadas a los distintos *Catchments* y b) distribución de las celdas enlazadas a las distintas coberturas de uso de tierra.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5-7: Distribución de los excesos a) superficiales y b) subterráneos del Modelo Lateral.**

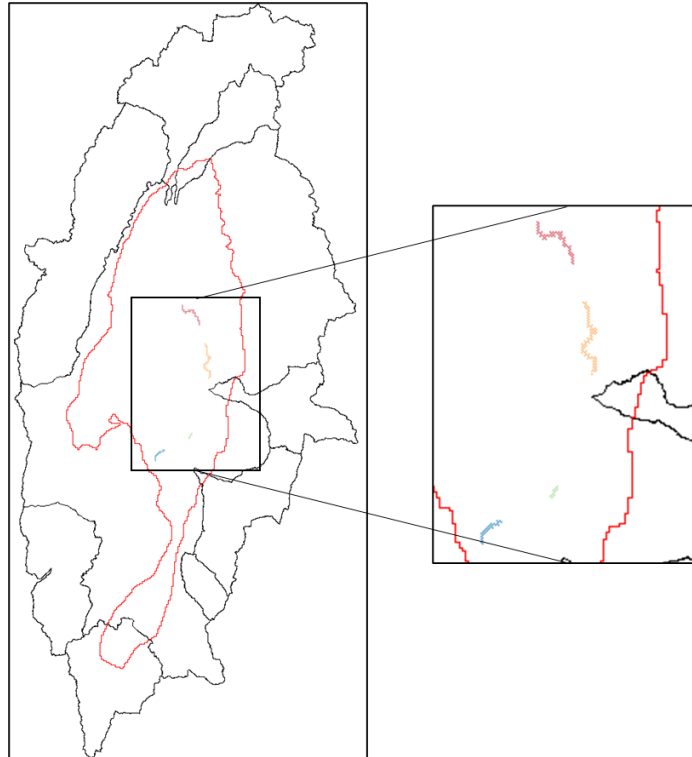


Fuente: CORFO-PUC (2021).

**Figura 5–8: Vista esquemática de la estructura de nodos de WEAP para representar las extracciones e inyecciones en el acuífero del modelo Salar-Monturaqui.**

Nota: Debido a la cantidad de celdas, no se muestra la espacialización de estas, sin embargo, los sitios de demanda se ubican exactamente sobre la celda del modelo MODFLOW con la cual WEAP interactúa.

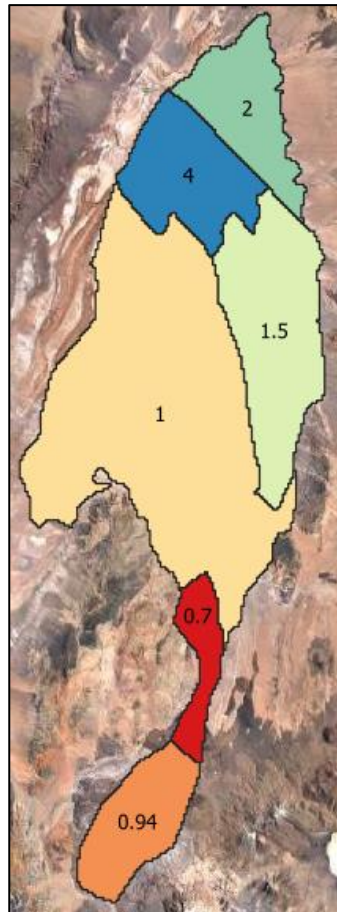




Fuente: Elaboración propia.

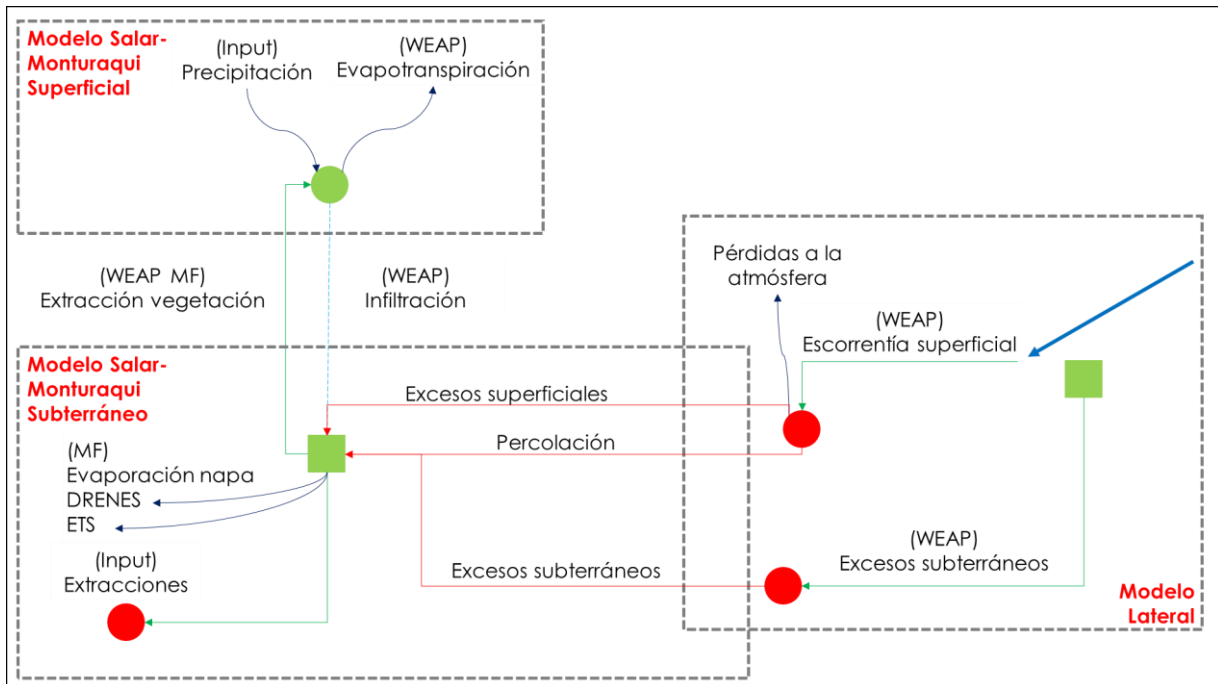
**Figura 5–9: Visualización de las celdas dren de MODFLOW que se enlazan a los tramos de río que alimentan los catchments que representan los sistemas lagunares.**

Nota: De arriba abajo: Sistema Soncor, Sistema Lagunar Aguas de Quelana, Sistema Lagunar Peine y Sistema Lagunar La Punta La Brava. Se incorpora además un contorno rojo para identificar la extensión de las celdas activas del modelo numérico.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5–10: Zonas de la capa 3 donde se modificó la conductividad hidráulica y el valor con el cual se ponderó el valor inicial definido por CORFO-AMPHOS21 (2021).**



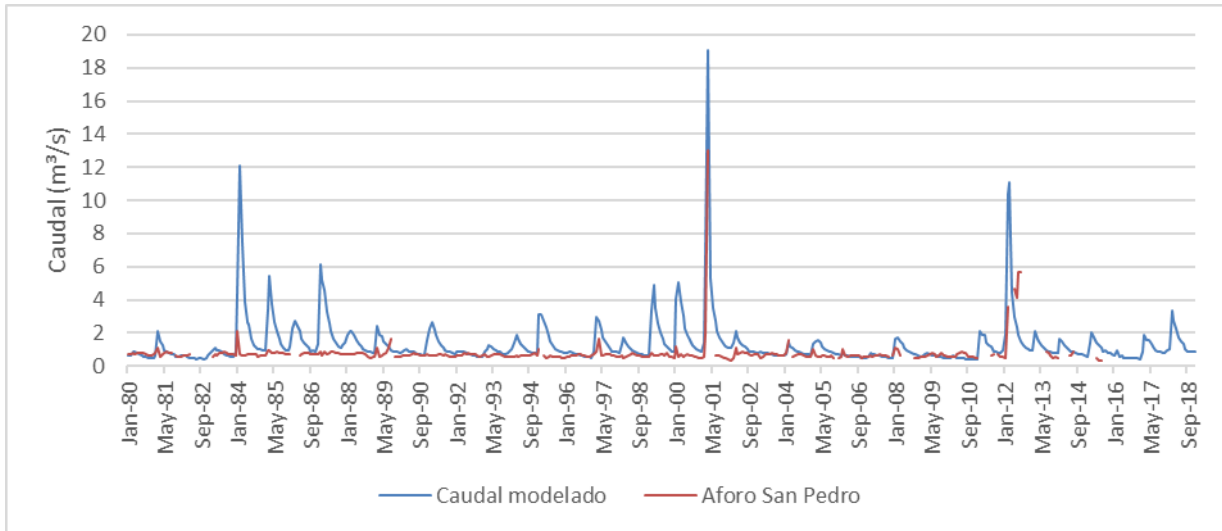
Fuente: CORFO-PUC (2021).

**Figura 5–11: Esquema de las conexiones entre las zonas superficiales y subterráneas del modelo Salar-Monturaqui (Modelo SM) y el modelo lateral.**

Nota: La esquematización se simplificó para mostrar los nodos finales que conectan con sistema subterráneo del modelo Salar-Monturaqui. Las flechas verdes son enlaces de transmisión, las líneas discontinuas celestes son enlaces de infiltración y las líneas rojas son flujos de retorno. Los nodos cuadrados verdes son nodos de aguas subterráneas, los círculos verdes son unidades de modelación hidrológica y los círculos rojos son sitios de demanda. Los términos entre paréntesis representan si el flujo es una entrada al modelo integrado (Input), es calculado por WEAP (WEAP), es calculado por MODFLOW (MF) o es calculado simultáneamente por WEAP y MODFLOW (WEAP MF).

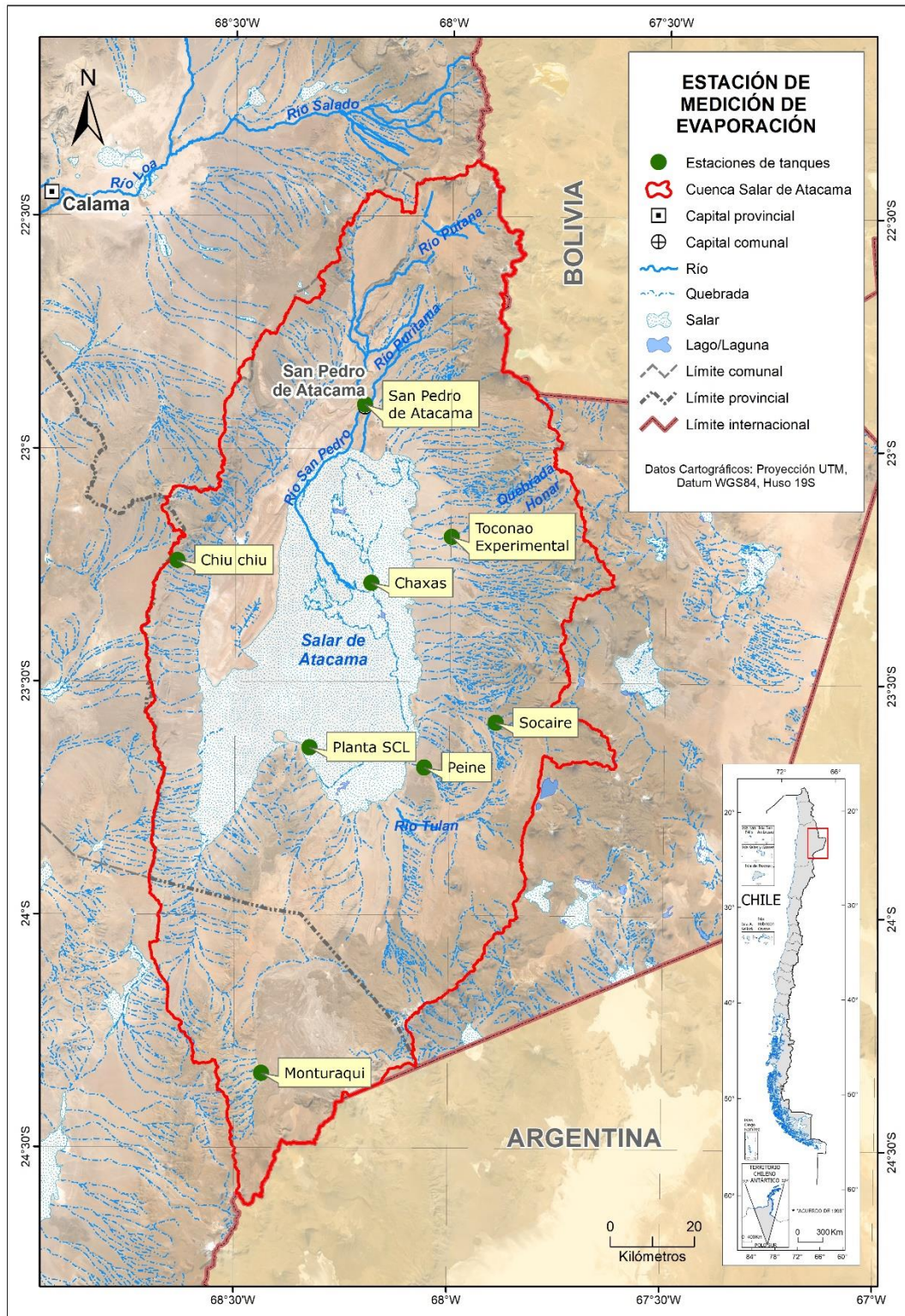
## **CAPÍTULO 6 VALIDACIÓN DE RESULTADOS DEL MODELO ACOPLADO**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 6 del Anexo H.



Fuente: Elaboración propia

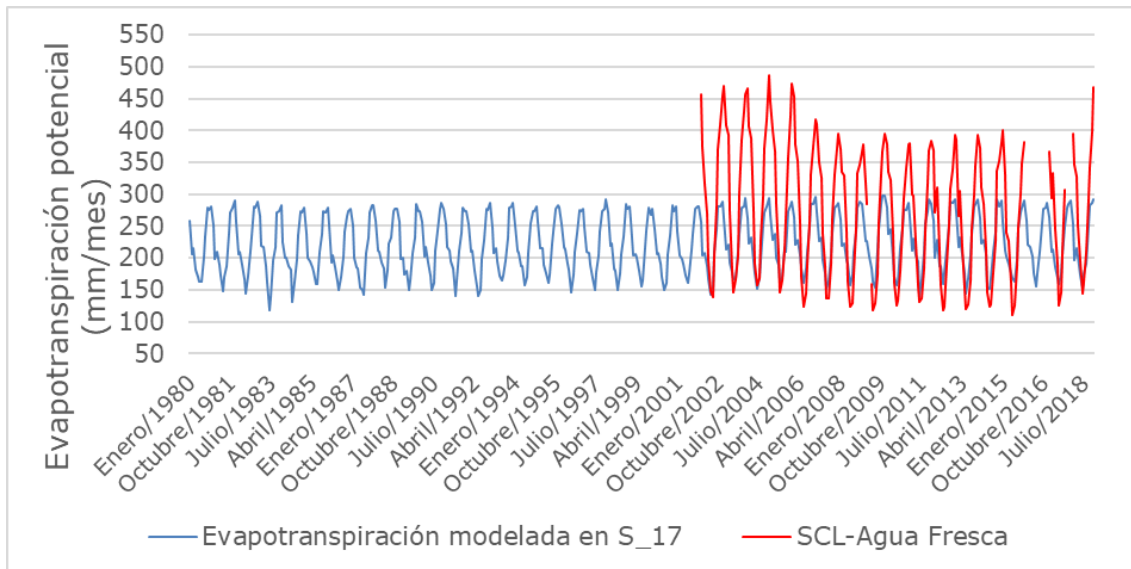
**Figura 6-1: Validación comparando caudal promedio mensual modelado y observado en la estación DGA para la estación fluviométrica "Río San Pedro de Cuchabrachi".**



Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

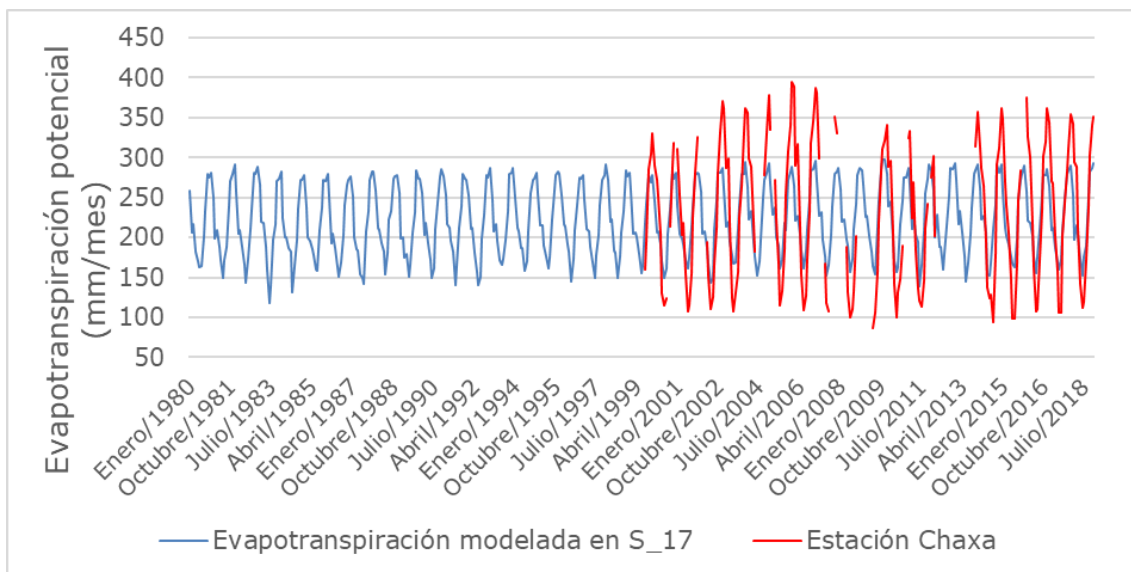
**Figura 6-2: Ubicación de las Estaciones (públicas y privadas) de Medición de Evaporación de Tanques**

Nota: La información registrada por la Estación Monturaqui corresponde a un periodo previo al periodo de modelación, por lo que no fue considerada en esta ocasión.



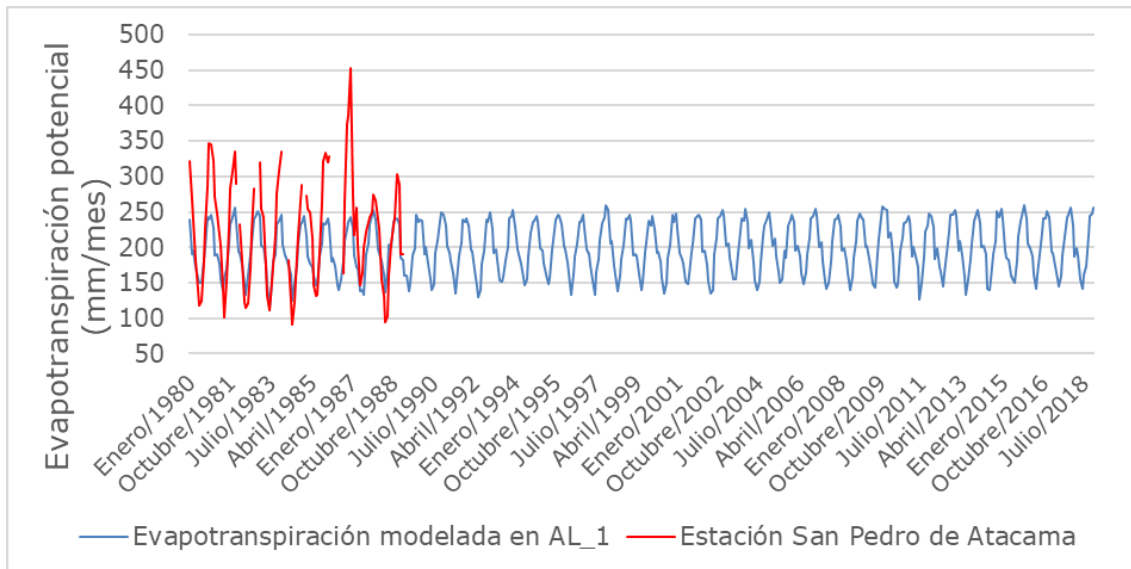
Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

**Figura 6–3: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment S\_17 y datos de evaporación de tanque en la estación SCL-Agua Fresca, ubicada a 2.300 m.s.n.m.**



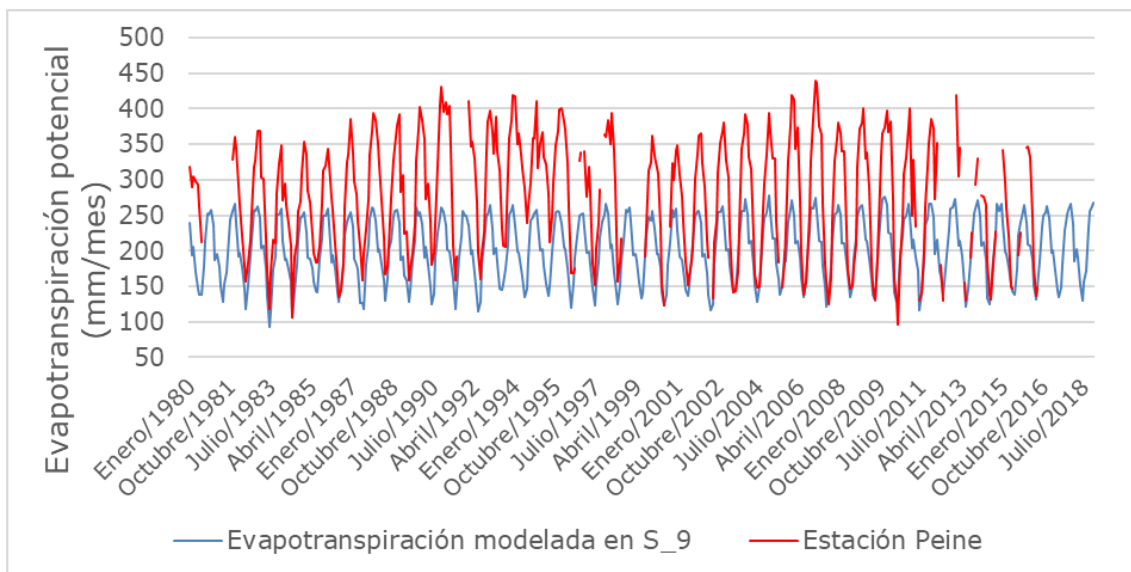
Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

**Figura 6–4: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment S\_17 y datos de evaporación de tanque en la estación Chaxa, ubicada a 2.304 m.s.n.m.**



Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21 (2021)

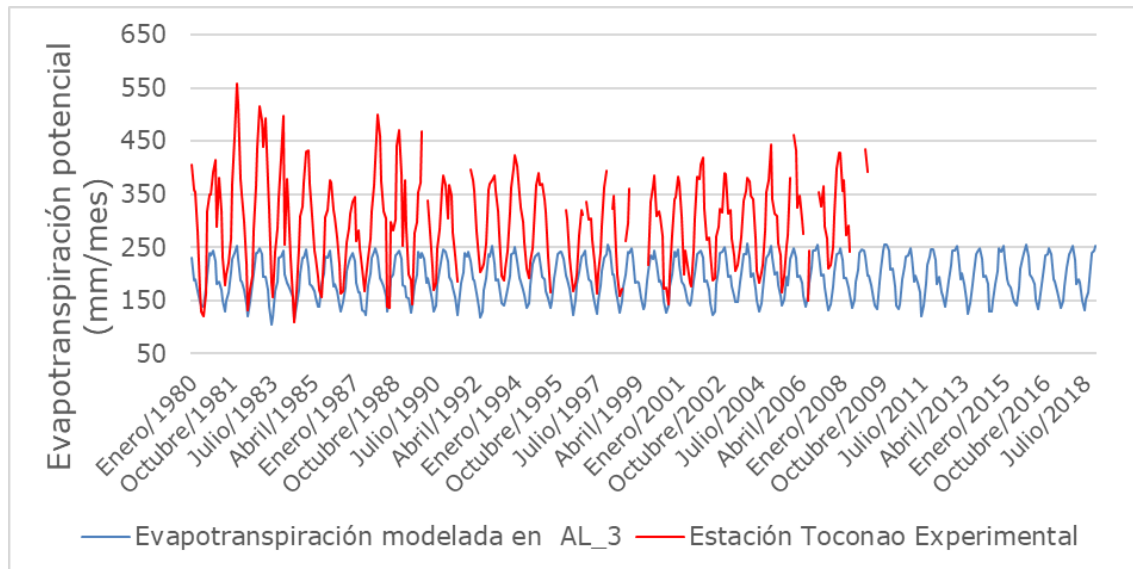
**Figura 6–5: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL\_1 y datos de evaporación de tanque en la estación San Pedro de Atacama, ubicada a 2.450 m.s.n.m.**



Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

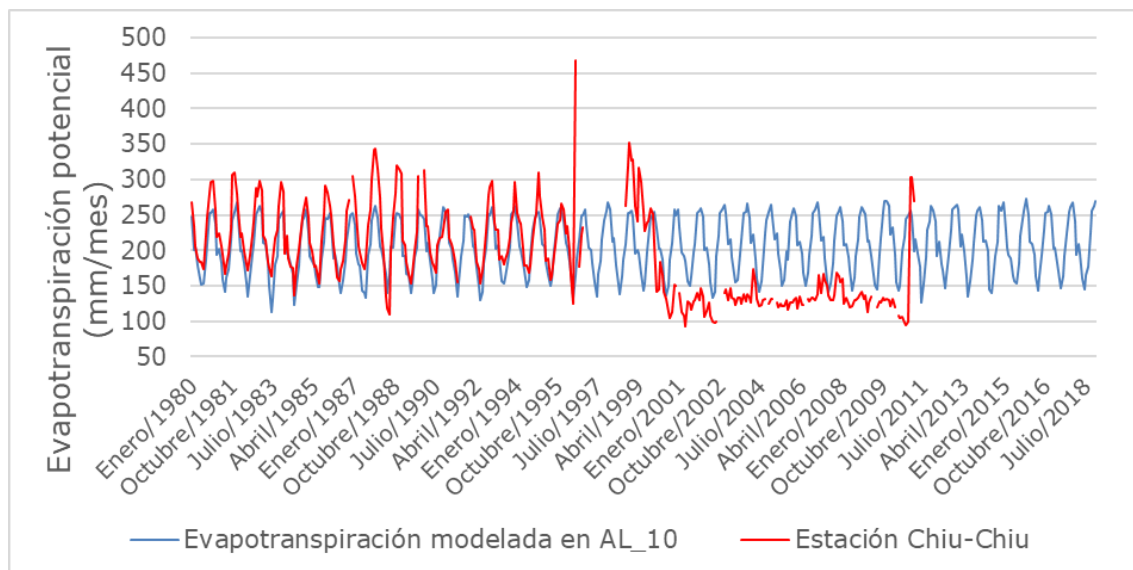
**Figura 6–6: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment S\_9 y datos de evaporación de tanque en la estación Peine, ubicada a 2.460 m.s.n.m.**





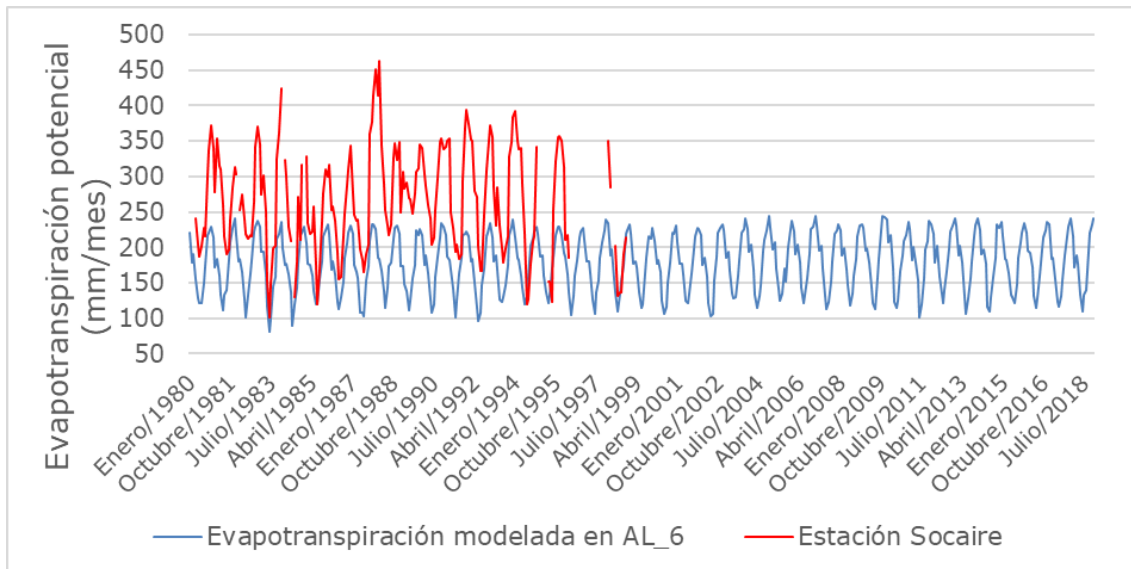
Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

**Figura 6–7: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL\_3 y datos de evaporación de tanque en la estación Toconao Experimental, ubicada a 2.500 m.s.n.m.**



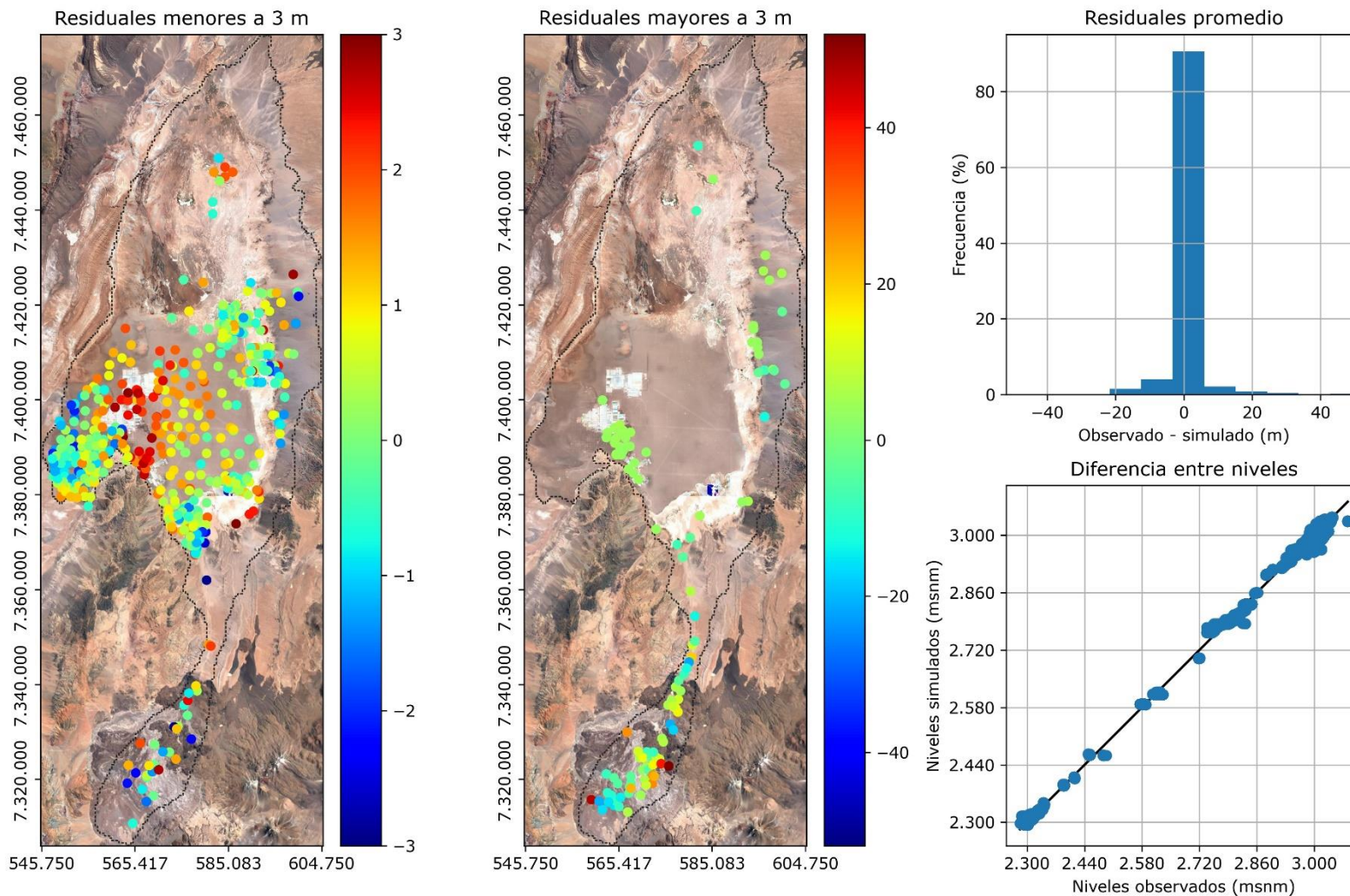
Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

**Figura 6–8: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL\_10 y datos de evaporación de tanque en la estación Chiu Chiu, ubicada a 2.524 m.s.n.m.**



Fuente: Elaboración propia a partir de CORFO-AMPHOS21, (2021)

**Figura 6–9: Evapotranspiración potencial simulada en el catchment AL\_6 y datos de evaporación de tanque en la estación Socaire, ubicada a 3.250 m.s.n.m.**

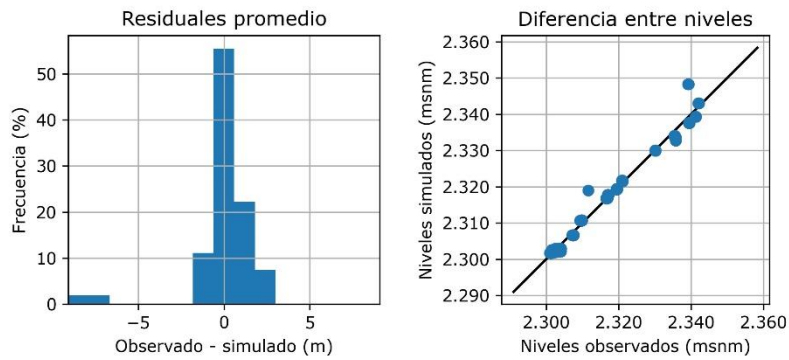


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-10: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado de la cuenca del Salar de Atacama**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

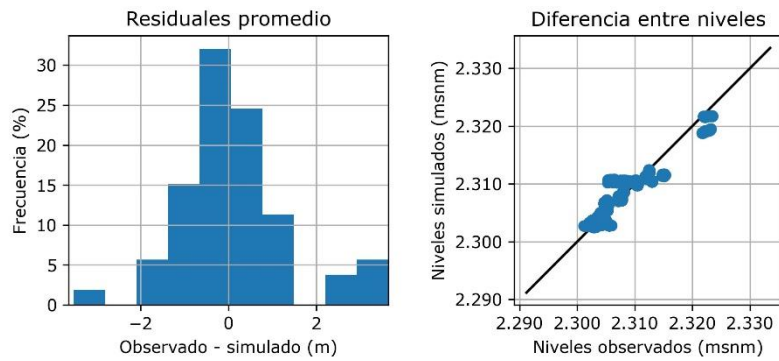
**SHAC A**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6–11: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC A**

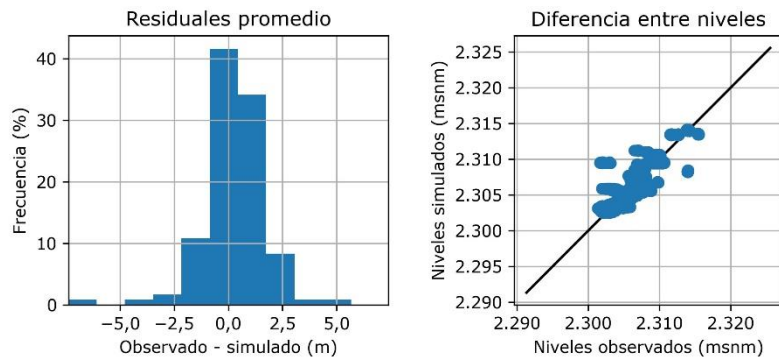
**SHAC B**



Fuente: Elaboración propia.

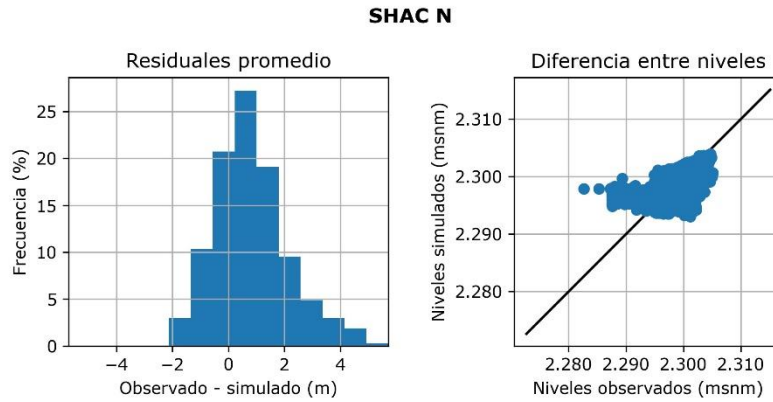
**Figura 6–12: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC B**

**SHAC C**



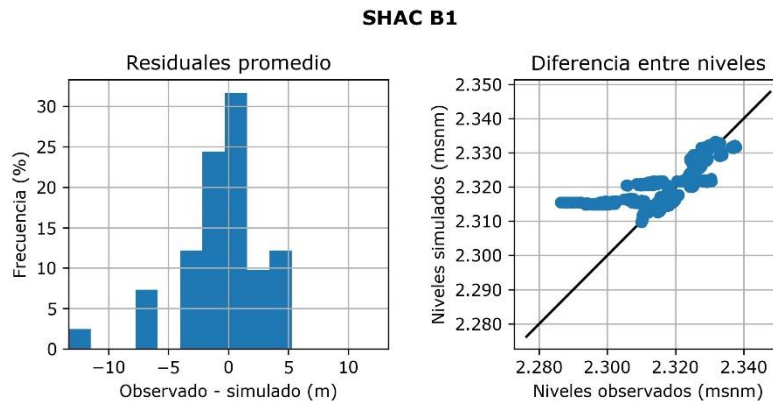
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6–13: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC C**



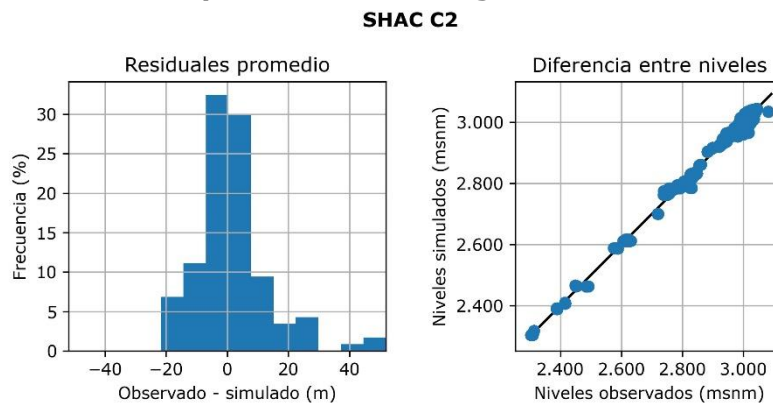
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6–14: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC N**



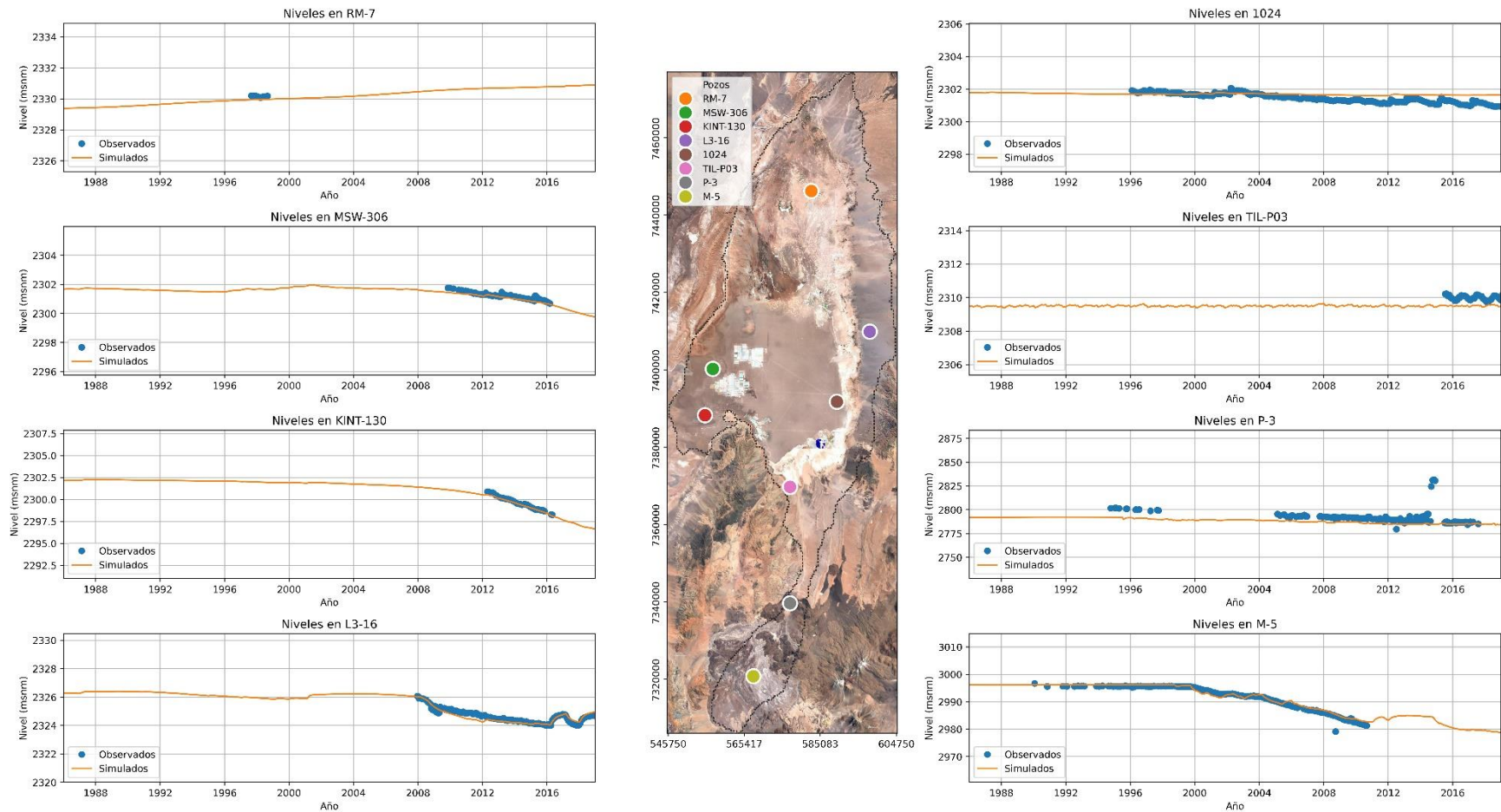
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6–15: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC B1**



Fuente: Elaboración propia.

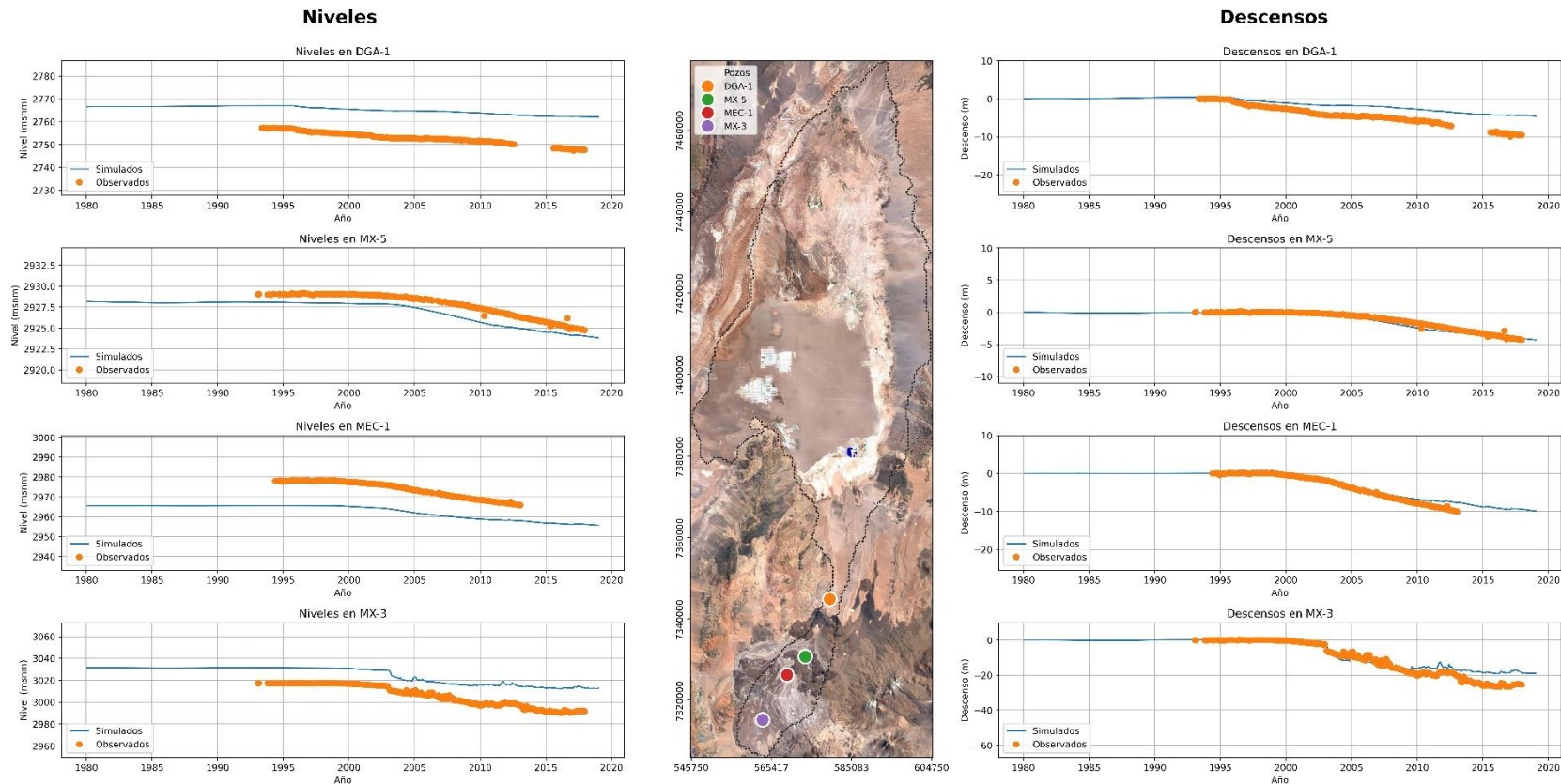
**Figura 6–16: Residuales calculados a partir de los niveles observados y simulados por el modelo integrado en el SHAC C2**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-17: Ejemplo de niveles observados y simulados con el modelo integrado.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

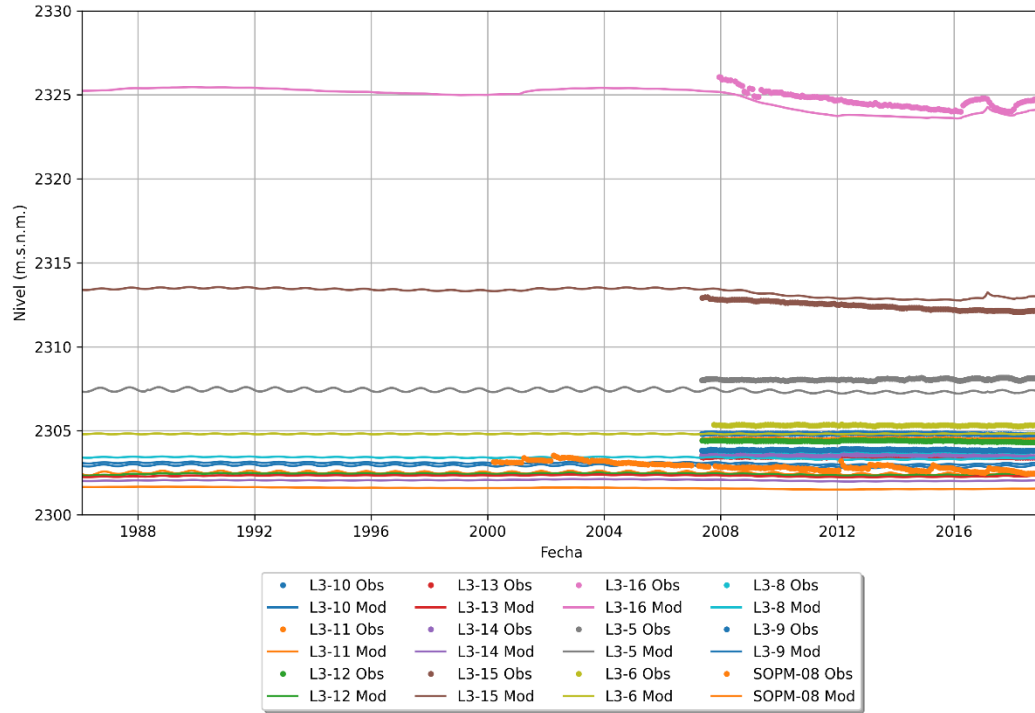


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6-18: Comparación de niveles simulados y observados (izquierda) y comparación de descensos observados y simulados (derecha) en cuatro pozos de la zona Sur donde el modelo integrado presenta residuales altos, sin embargo, logra representar la tendencia de los niveles.**

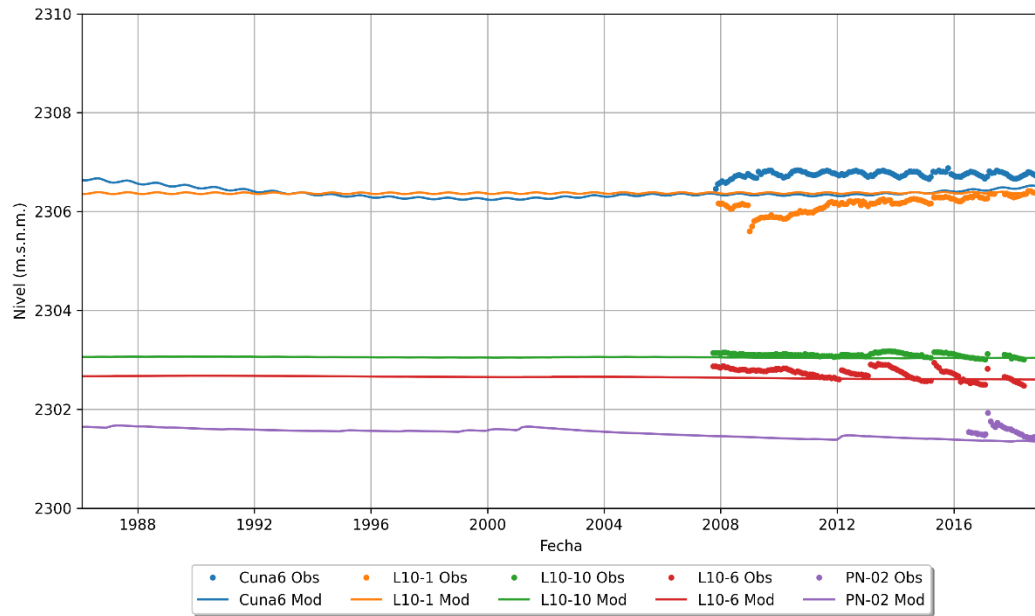
Nota 1: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

Nota 2: Los gráficos del lado izquierdo de la figura muestran la evolución de los niveles observados y simulados en puntos donde los residuales son mayores a la media de la validación, espacializados en el mapa ubicado al centro de la figura. En el lado derecho se presenta la variación de los niveles observados y simulados, con respecto al nivel del año 1994.



Fuente: Elaboración propia.

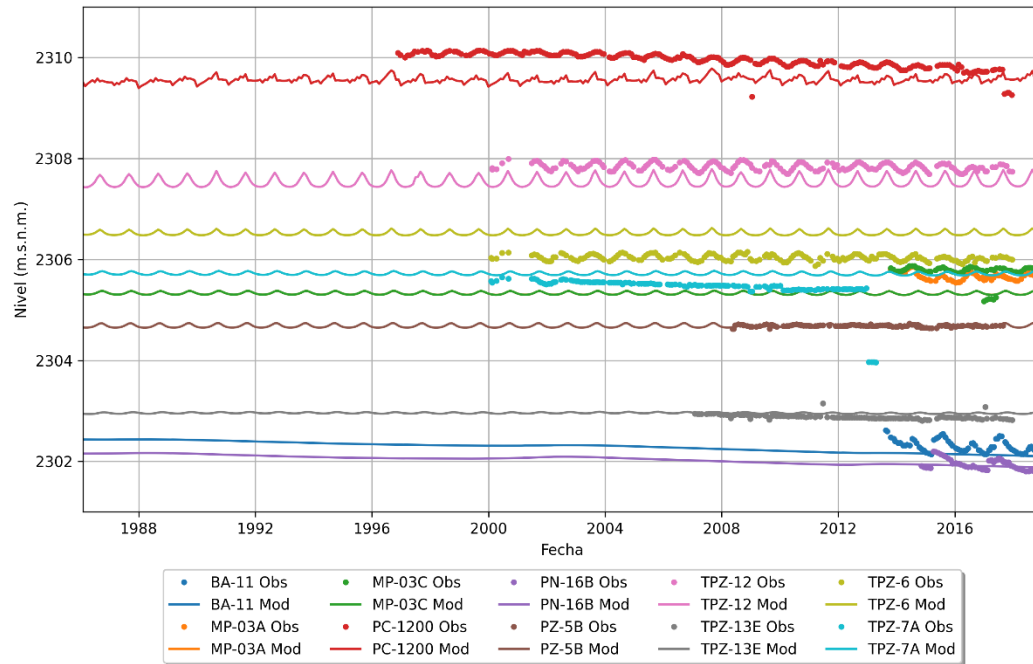
**Figura 6–19: Comparación de niveles simulados y medidos en el perfil Quelana.**



Fuente: Elaboración propia.

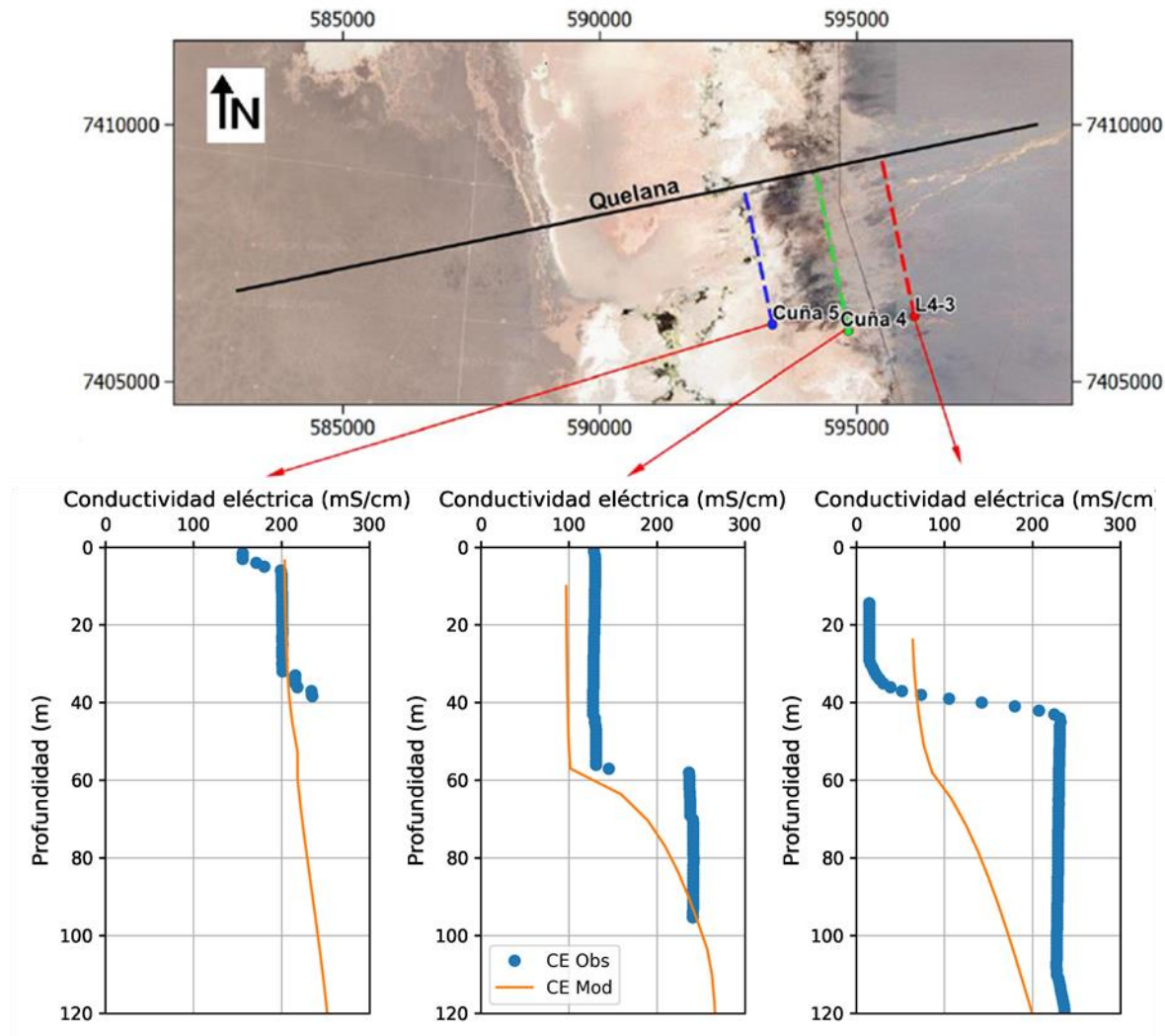
**Figura 6–20: Comparación de niveles simulados y medidos en el perfil Peine.**





Fuente: Elaboración propia.

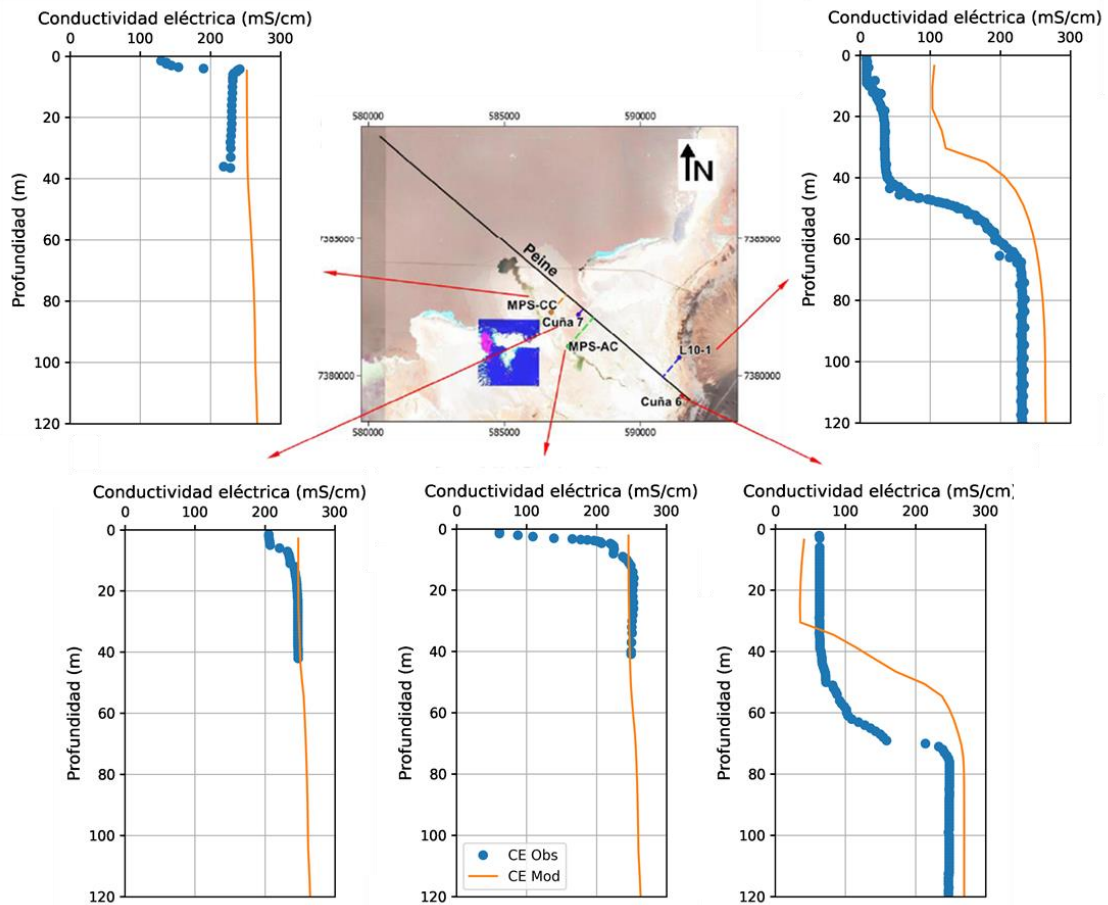
**Figura 6–21: Comparación de niveles simulados y medidos en el perfil La Punta La Brava.**



Fuente: Adaptado a partir de CORFO-AMPHOS21 (2021).

**Figura 6-22: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil Quelana.**

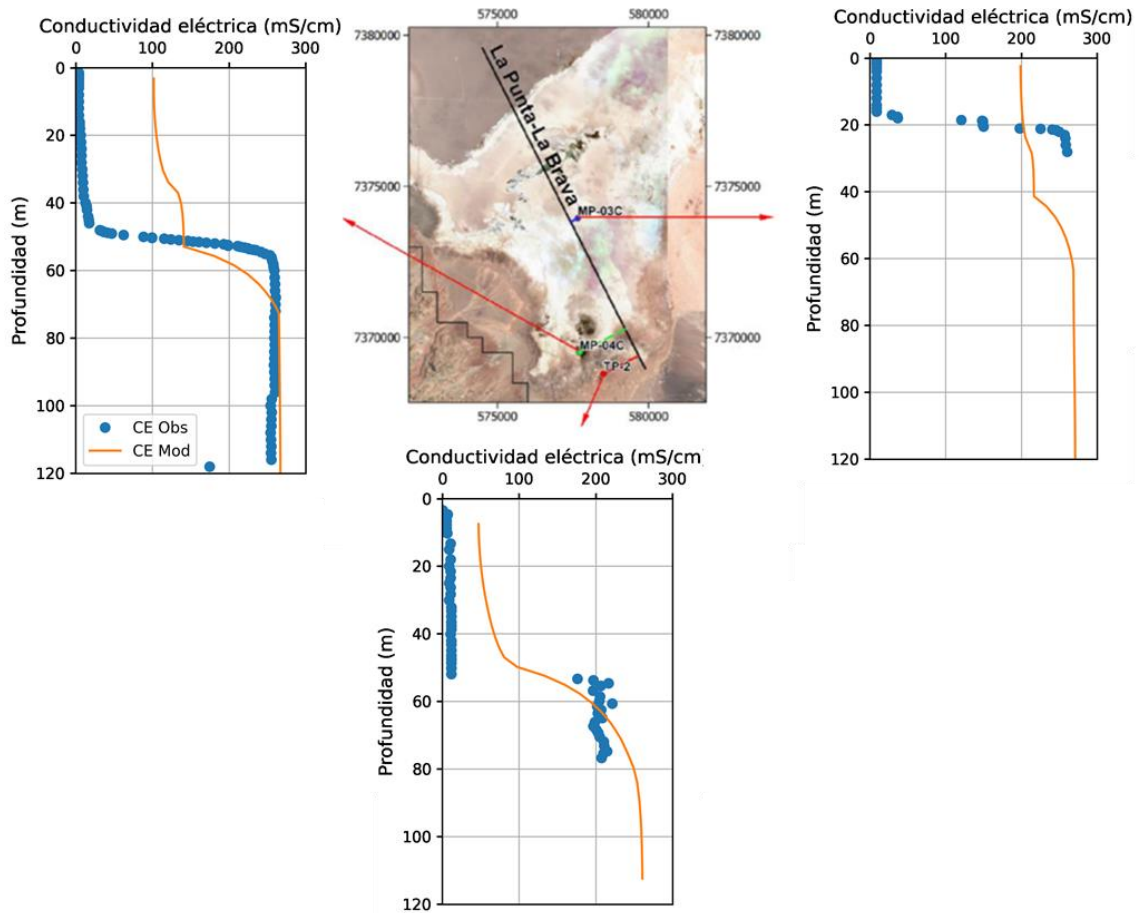
Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



Fuente: Adaptado a partir de CORFO-AMPHOS21 (2021).

**Figura 6–23: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil Peine.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.



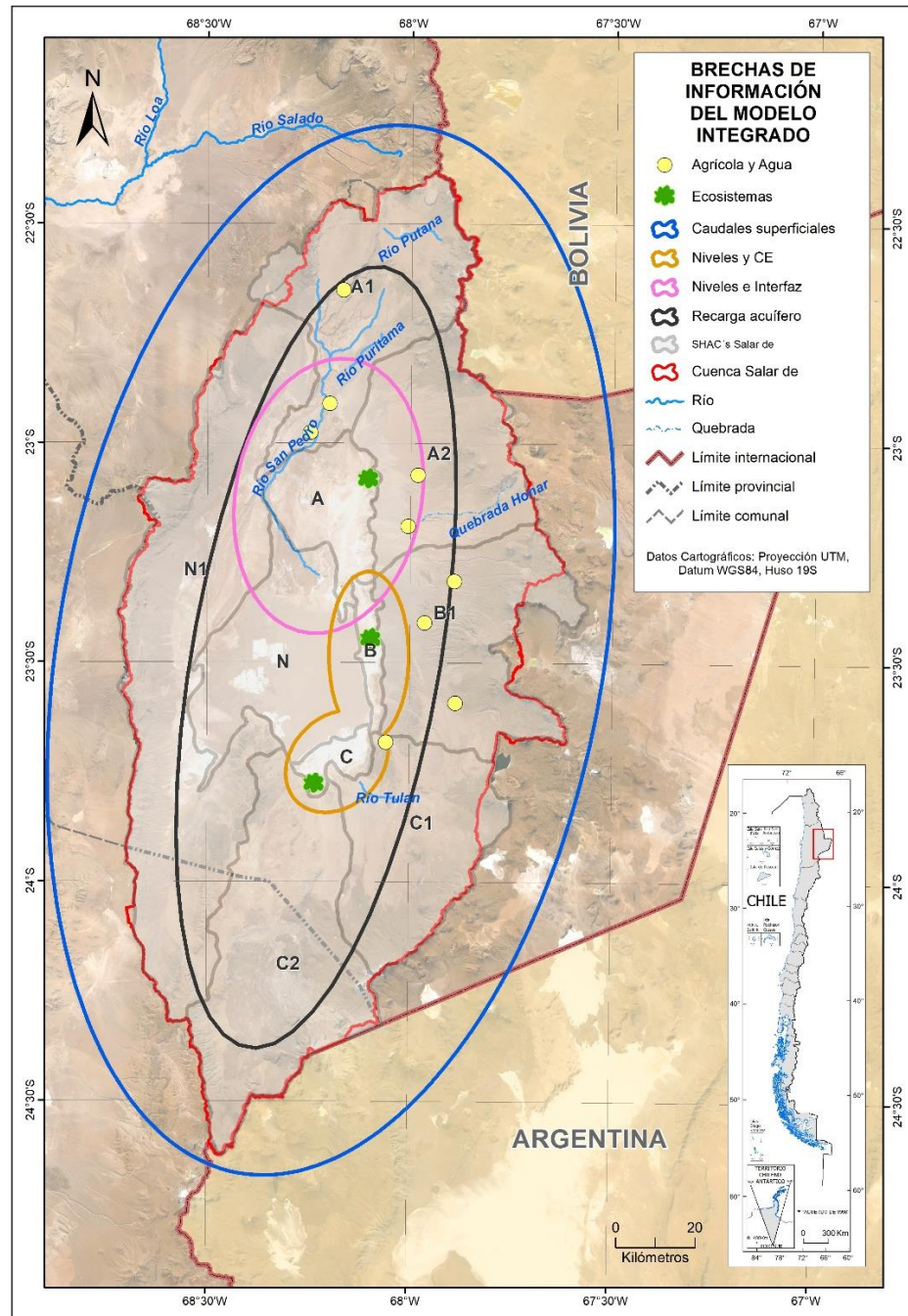
Fuente: Adaptado a partir de CORFO-AMPHOS21 (2021).

**Figura 6–24: Comparación de distribución vertical de conductividad eléctrica medida y simulada para el perfil La Punta La Brava.**

Nota: Proyección UTM, Datum WGS84, Huso 19S.

**CAPÍTULO 7 LIMITACIONES**

A continuación, se presenta la figura que se encuentra dentro Capítulo 7 del Anexo H.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7-1: Espacialización esquemática de las brechas de información del modelo integrado de la cuenca del Salar de Atacama.**

**Agrícola y Agua Potable:** Mediciones de evapotranspiración de cultivos, información de turnos de riego e información de fuentes de abastecimiento de agua potable a poblados. **Ecosistemas:** Información de la longitud de raíces de bosques, matorrales y humedales. **Caudales superficiales:** Información de estaciones fluviométricas capaces de representar adecuadamente eventos de crecidas. **Niveles y CE:** Información de niveles freáticos a distintas profundidades y perfiles verticales de conductividad eléctrica. **Niveles e interfaz:** Información de niveles freáticos e identificación de la interfaz salina. **Recarga acuífero:** Información de la recarga directa por precipitación y la recarga generada a partir de los excesos provenientes de las cuencas aportantes.

## **CAPÍTULO 8 COMENTARIOS Y BRECHAS**

El Capítulo 8 del Anexo H no presenta figuras.

**FIGURAS DEL ANEXO J**

A continuación, se presentan todas las figuras presentes en el Anexo J, identificadas por capítulos.



## **CAPÍTULO 1 DEMOGRAFÍA**

El Capítulo 1 del Anexo J no presenta figuras.

## **CAPÍTULO 2 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS**

El Capítulo 2 del Anexo J no presenta figuras.

### **CAPÍTULO 3 AGRICULTURA**

El Capítulo 3 del Anexo J no presenta figuras.

## **CAPÍTULO 4 ESPECIES CARACTERÍSTICAS**

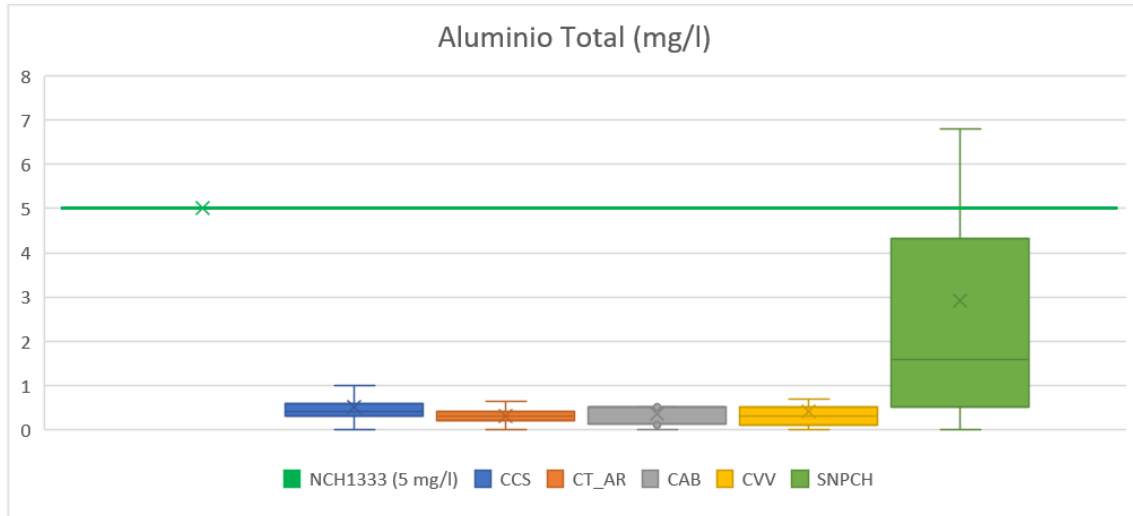
El Capítulo 4 del Anexo J no presenta figuras.

## **CAPÍTULO 5 COORDINACIÓN ENTRE ACTORES**

El Capítulo 5 del Anexo J no presenta figuras.

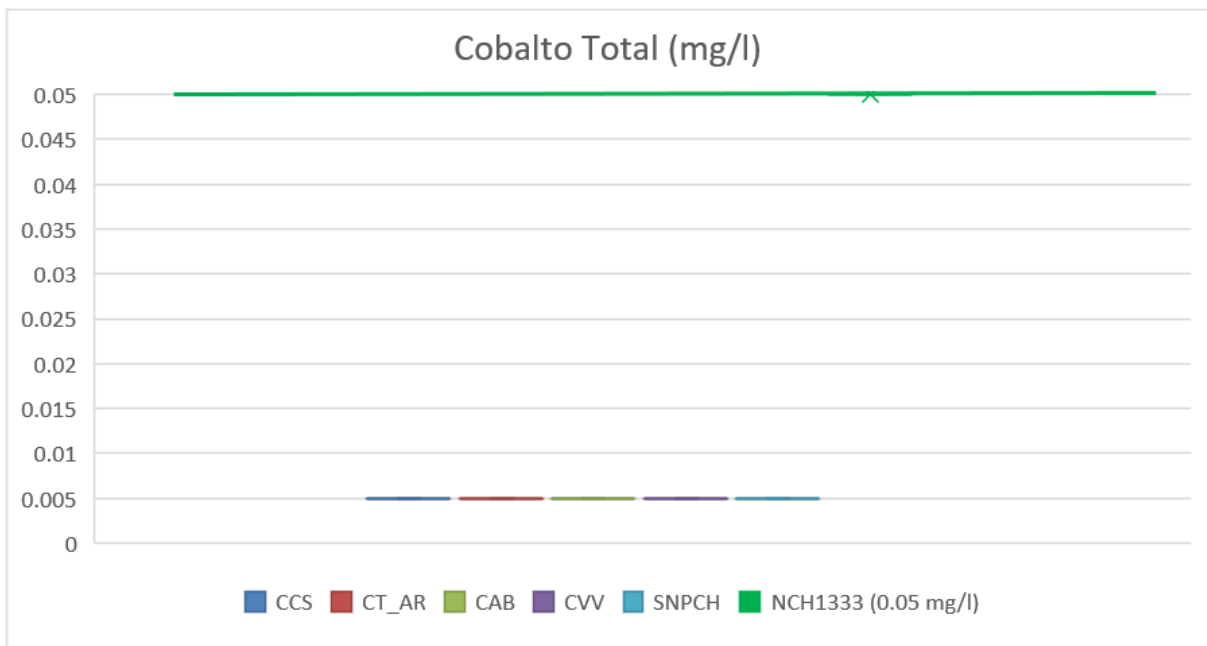
## **CAPÍTULO 6 CARACTERIZACION DE CALIDAD DE AGUAS**

A continuación, se presentan las figuras que se encuentran dentro Capítulo 6 del Anexo J.



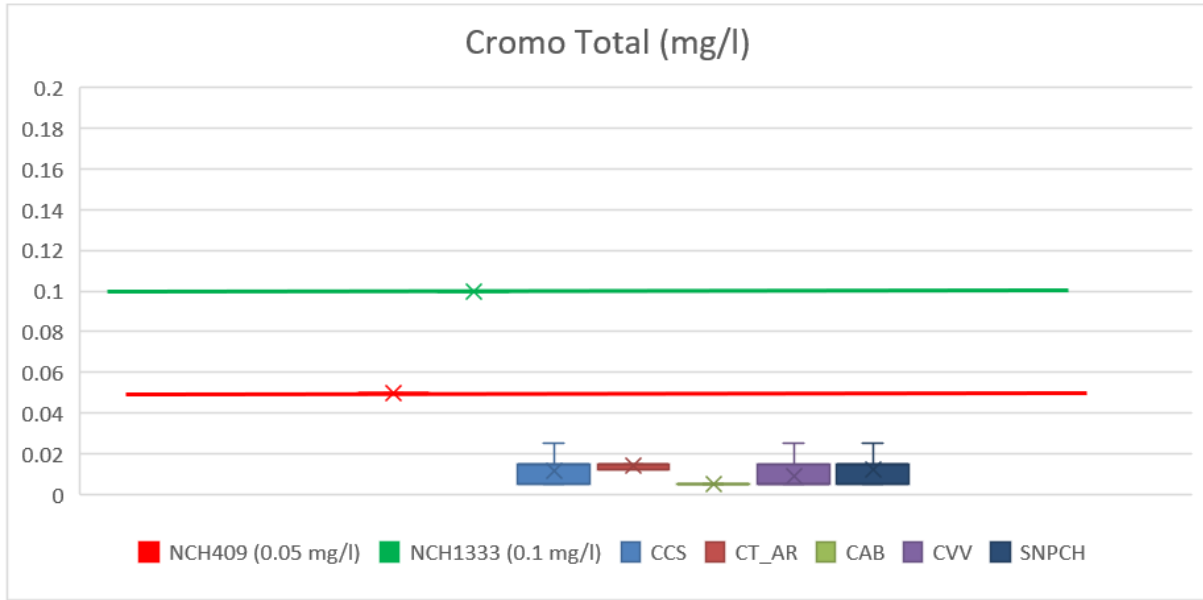
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6-1: Medición de aluminio total en agua superficial.**



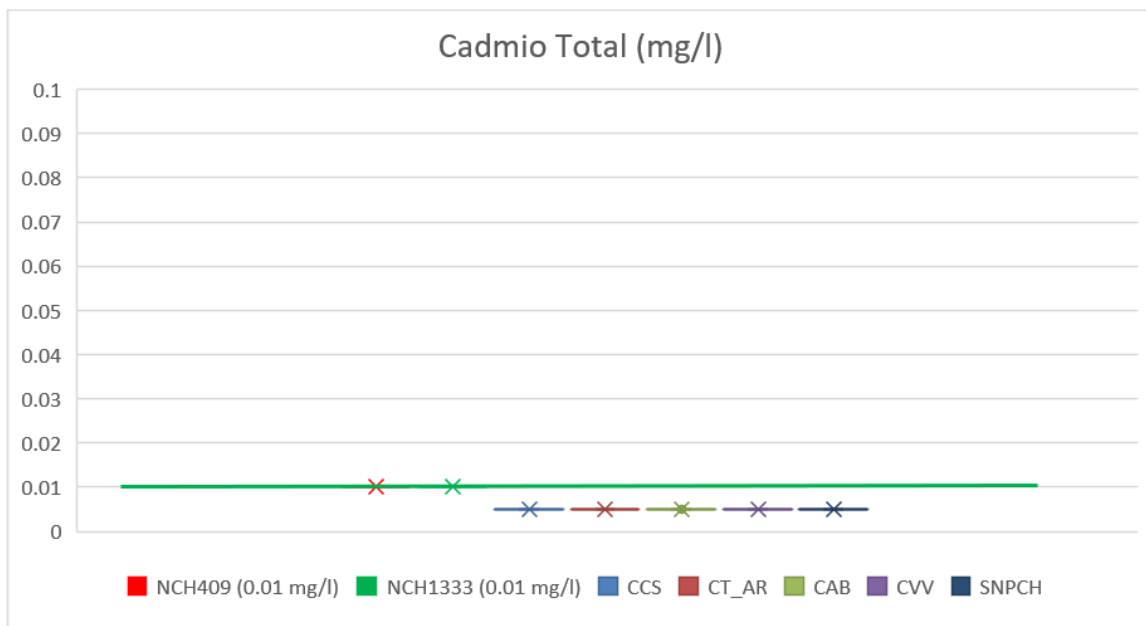
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6-2: Medición de cobalto total en agua superficial.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

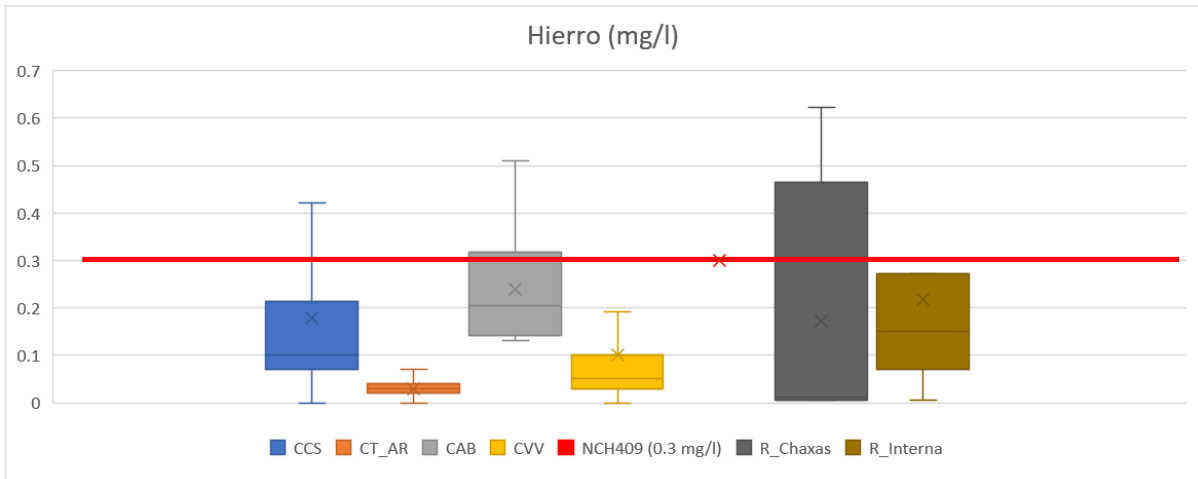
**Figura 6-3: Medición de cromo total en agua superficial.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

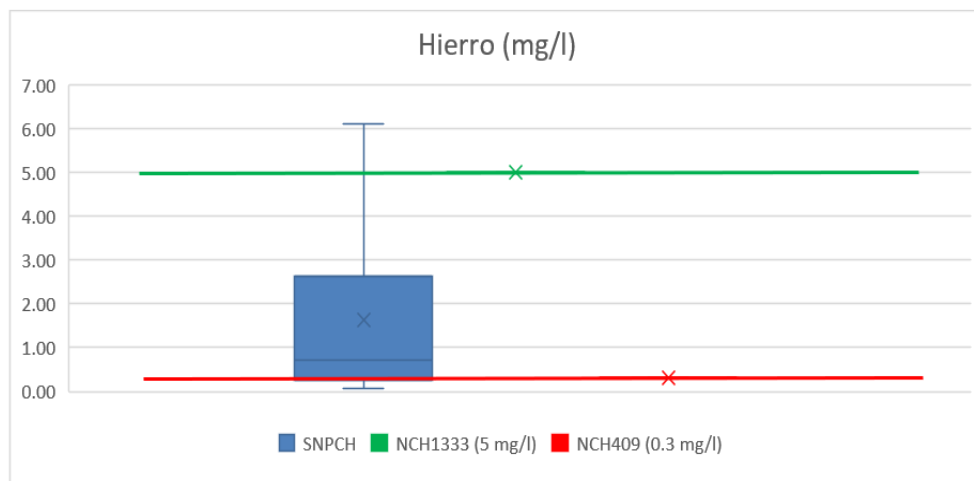
**Figura 6-4: Medición de cadmio total en agua superficial.**





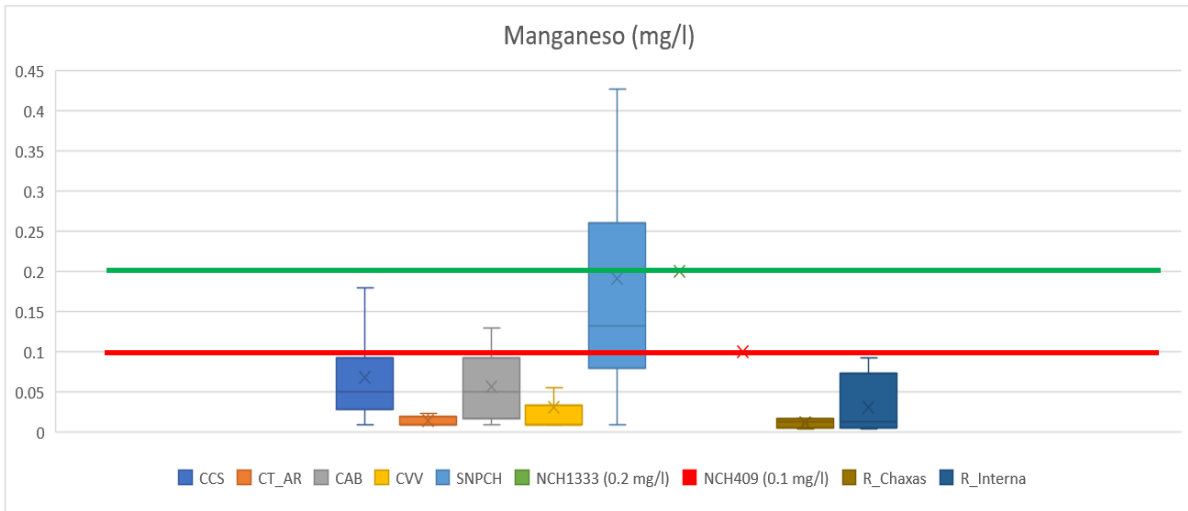
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA y SQM

**Figura 6-5: Medición de hierro total en aguas superficiales.**



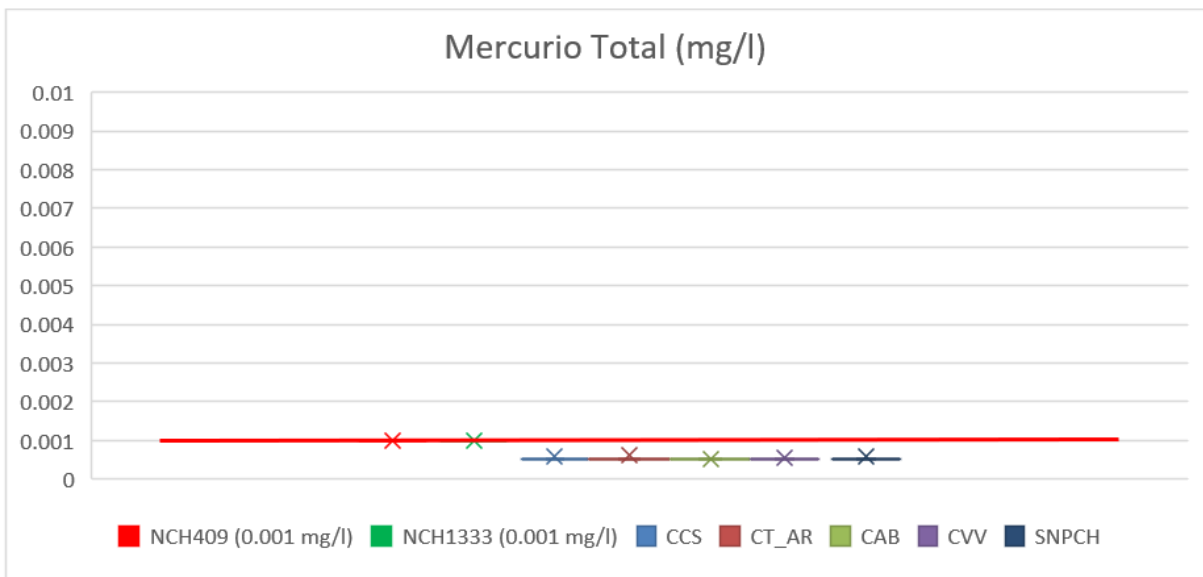
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA.

**Figura 6-6: Medición de hierro total en aguas superficiales.**



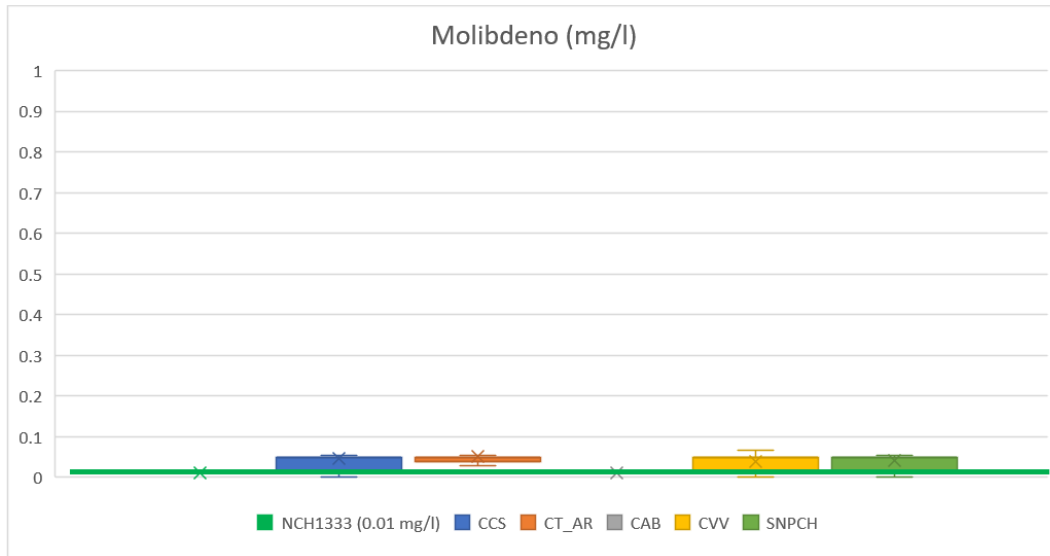
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA y SQM

**Figura 6-7: Medición de manganeso total en aguas superficiales.**



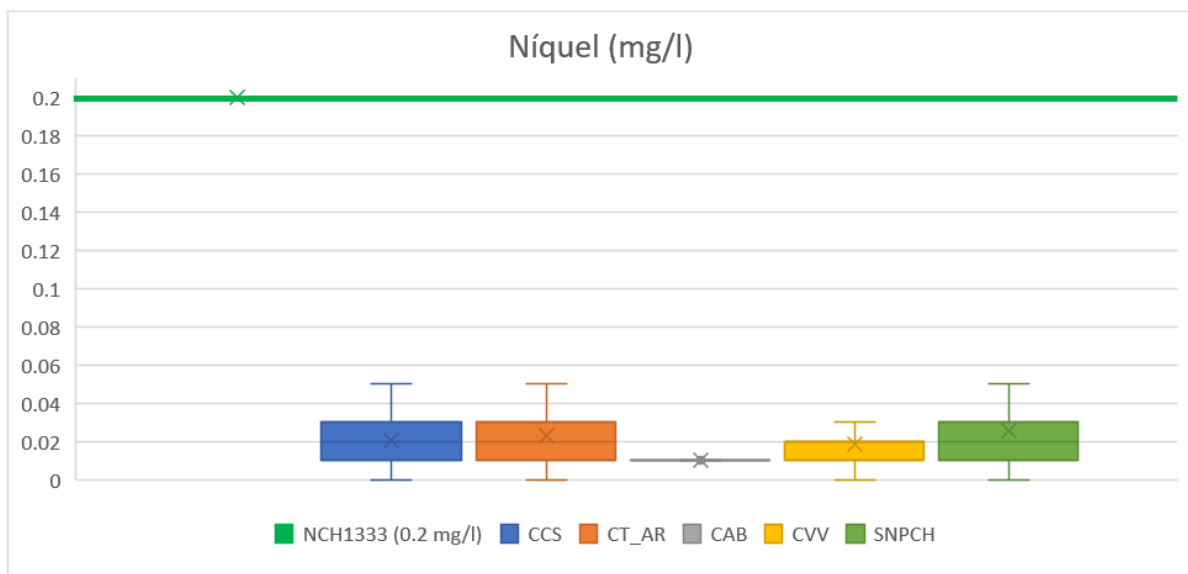
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6-8: Medición de mercurio total en aguas superficiales.**



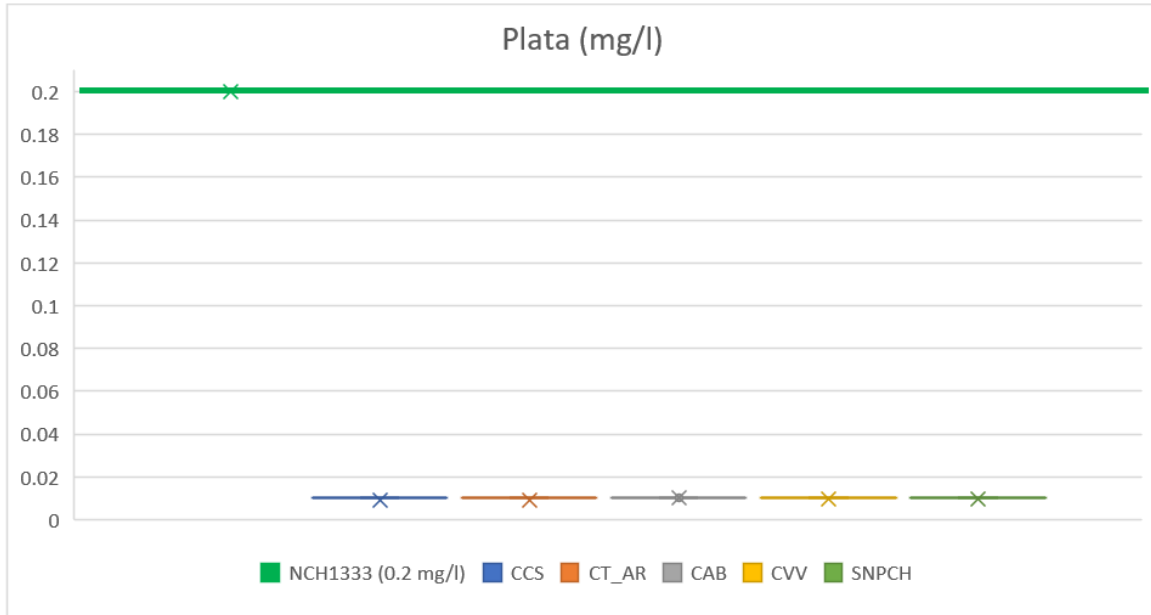
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6–9: Medición de Molibdeno total en aguas superficiales**



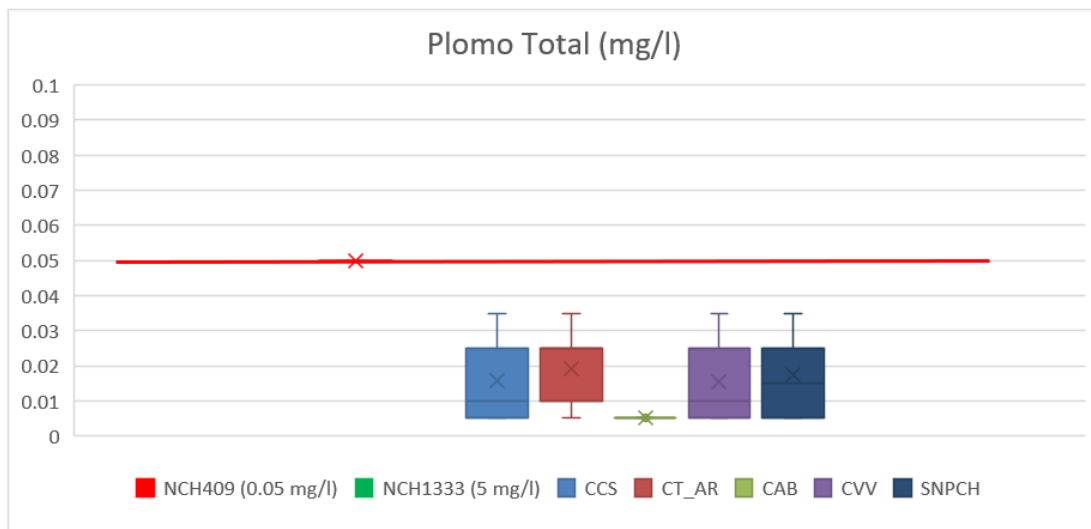
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6–10: Medición de níquel total en aguas superficiales.**



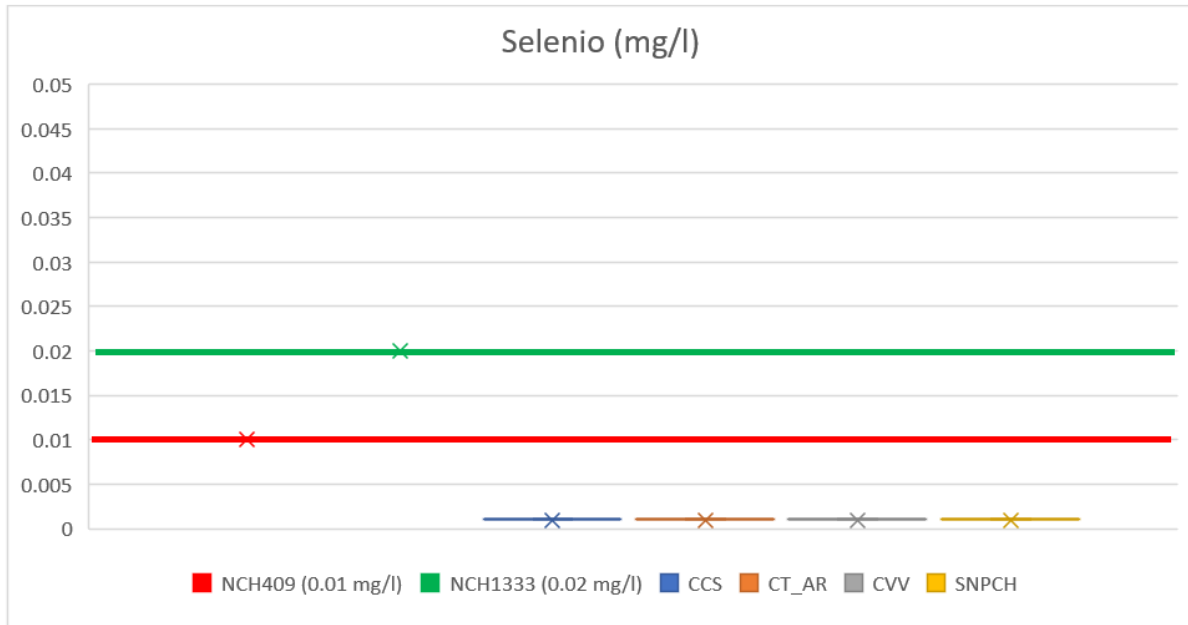
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6-11: Medición de plata total en aguas superficiales.**



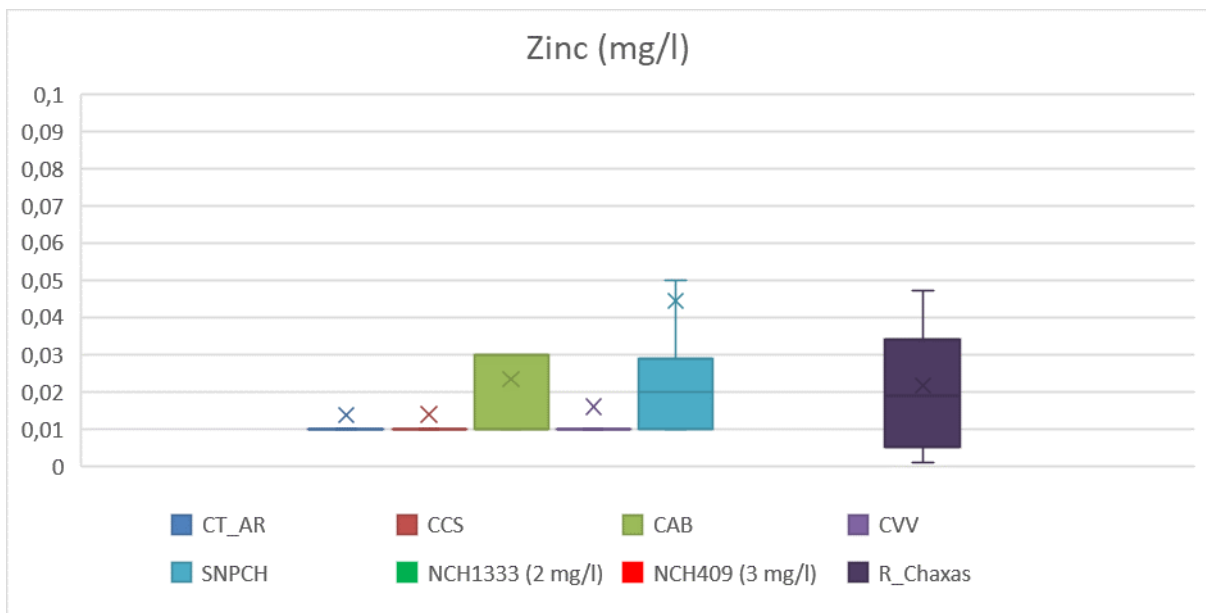
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6-12: Medición de plomo total en aguas superficiales.**



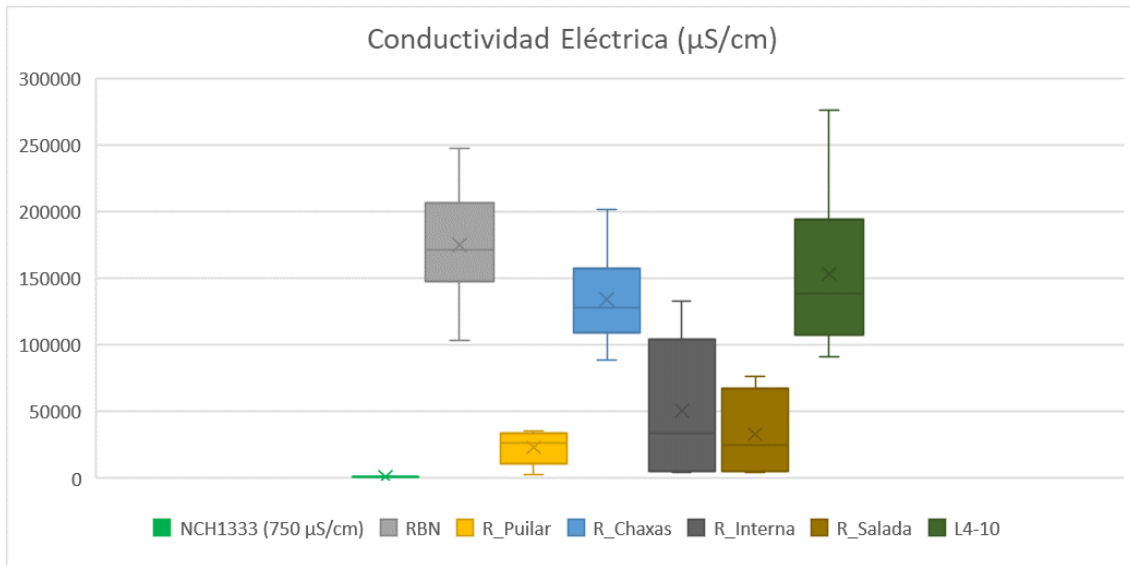
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA

**Figura 6-13: Medición de selenio total en aguas superficiales.**



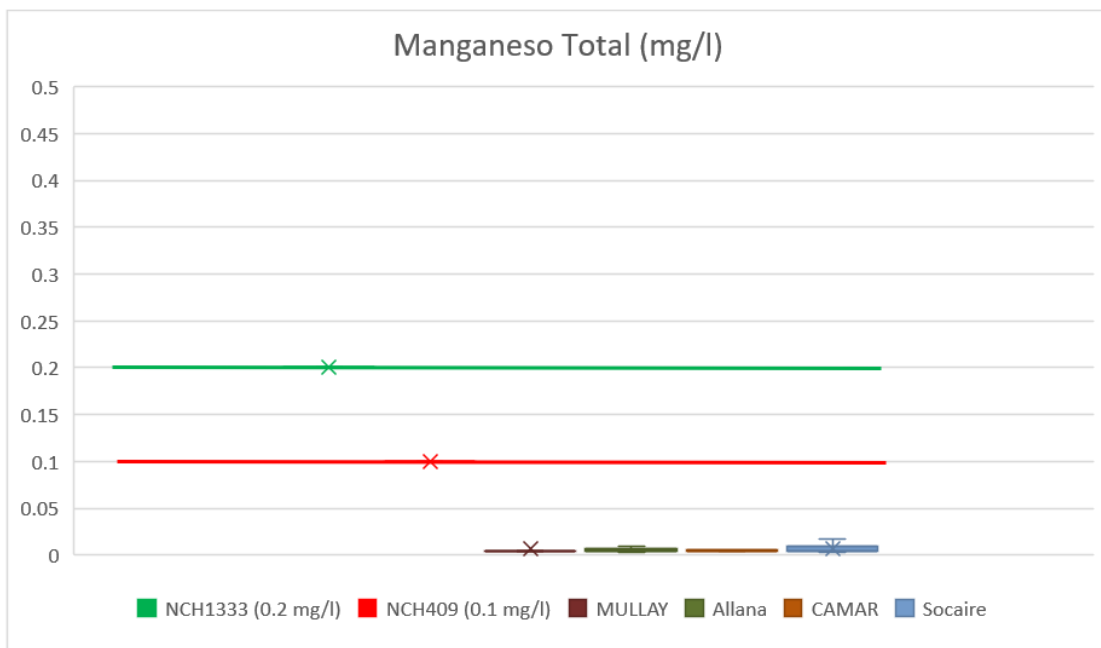
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos DGA y SQM

**Figura 6-14: Medición de zinc total en aguas superficiales.**



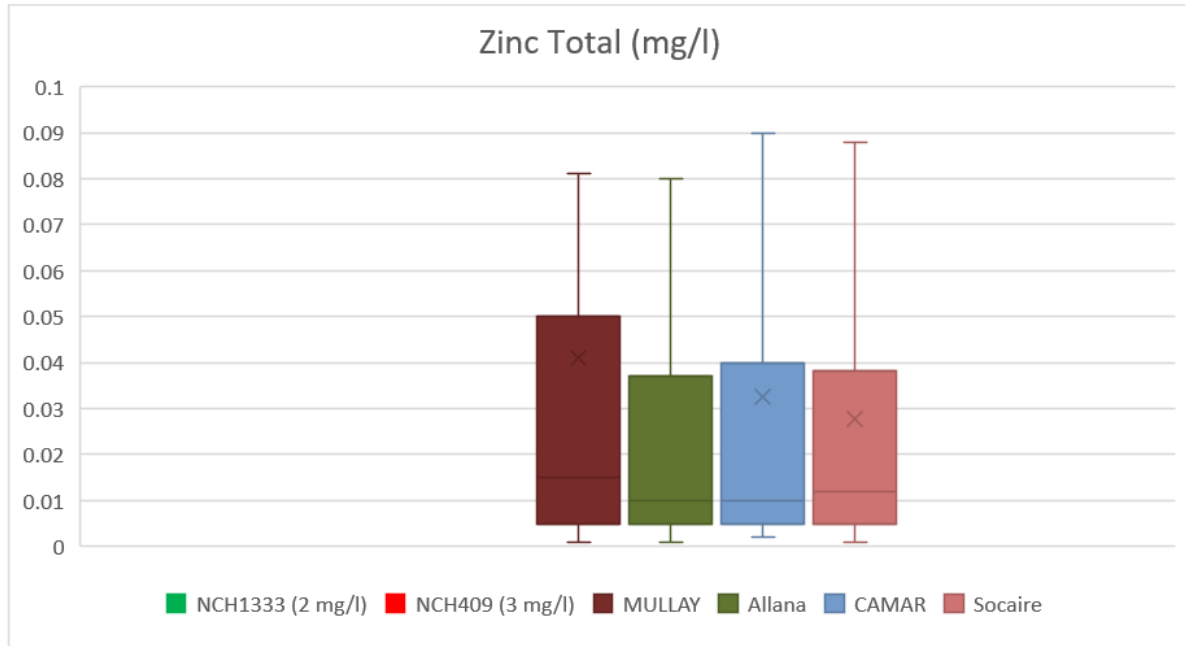
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos SQM

**Figura 6-15: Medición de conductividad eléctrica en aguas superficiales.**



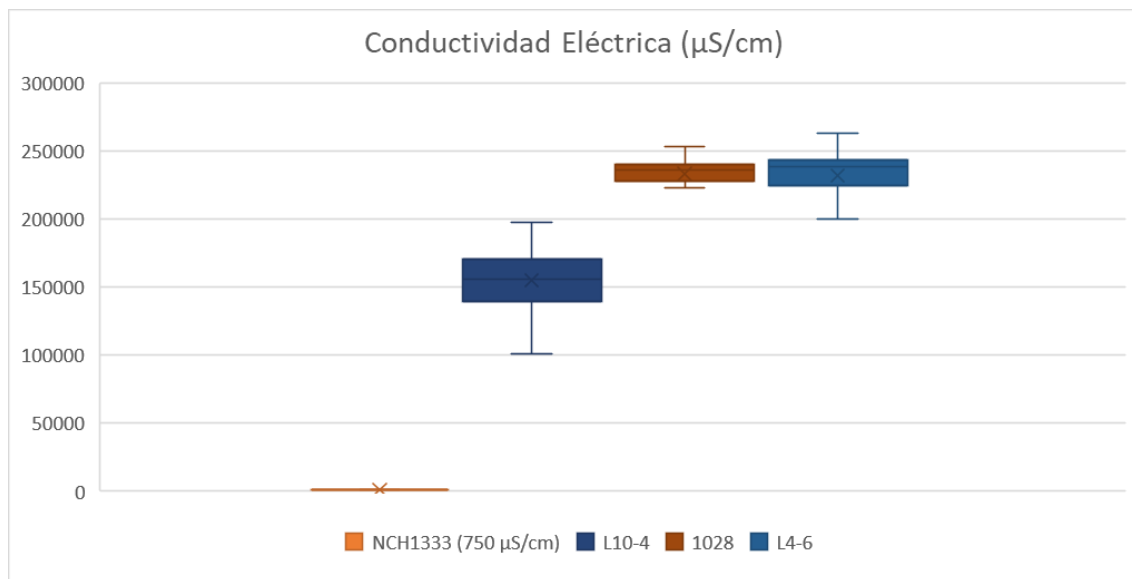
Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos SQM

**Figura 6-16: Medición de manganeso total en aguas subterráneas.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos SQM

**Figura 6-17: Medición de zinc total en aguas subterráneas.**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos SQM

**Figura 6-18: Medición de conductividad eléctrica en aguas subterráneas.**