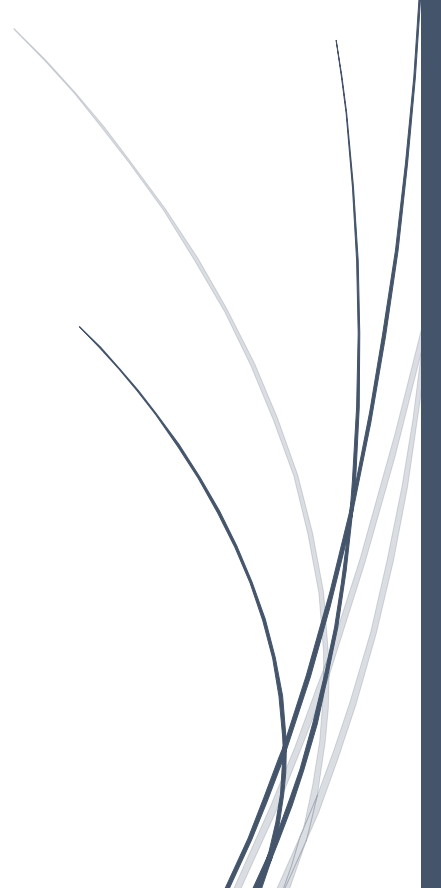


LA ELABORACIÓN DE UN PLAN MAESTRO PARA EL SECTOR HÍDRICO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

2025



Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

1. INTRODUCCIÓN	21
GENERAL	21
AGRICULTURA.....	22
SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA EN LA CUENCA DE RIO SAN JUAN	24
EL PLAN PROPUESTO.....	27
.2 PERFIL DE LA PROVINCIA	33
GENERAL	33
UBICACIÓN, GEOGRAFÍA Y GEOLOGÍA.....	33
CLIMA Y TEMPERATURA	36
POBLACIÓN	39
SUMINISTRO ELÉCTRICO DE SAN JUAN	41
SECTOR AGRICULTURA.....	41
.3 AGUA SUPERFICIAL	44
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DEL RÍO SAN JUAN	44
NORMATIVA DEL SISTEMA DE RIEGO EN SAN JUAN- EVOLUCION HISTORICA	150
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA TERCERA ZONA	151
4. AGUA SUBTERRÁNEA	193
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE AGUAS SUPERFICIALES	193
CUENCAS DE AGUA SUBTERRÁNEA	195
CUENCAS DE LA CIÉNAGA Y MATAGUSANOS	245
CUENCA DE CALINGASTA-BARREAL.....	250
CUENCA DE IGLESIA	255
CUENCA DE JÁCHAL-NIQUIVIL	259
CUENCA DE HUACO	270
CUENCA DE VALLE FÉRTIL-MASCASÍN.....	277
CUENCA DEL BERMEJO	285
CUENCA DE HUALILÁN	293
5. DEMANDA DE AGUA	298
DEMANDA DE AGUA.....	298

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

6. MARCO JURÍDICO NACIONAL Y PROVINCIAL	311
EL DERECHO DE AGUAS EN PERSPECTIVA NACIONAL	311
DERECHO PROVINCIAL	318
ESQUEMA TARIFARIO	334
CONCLUSIÓN	337
7. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL	339
METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES (ASD)	339
CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES (ASD)	340
CÁLCULOS	345
ÍNDICE ESTANDARIZADO PARA AGUA SUPERFICIAL DISPONIBLE (IE ASD)	350
8. DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA	352
DISPONIBILIDAD Y POTENCIAL DE AGUA SUBTERRÁNEA	352
ACTUALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE SUMINISTRO DE AGUA	364
INFILTRACIÓN MAX EN CULTIVOS EXISTENTES EN ACUÍFEROS FREÁTICOS	366
FLUJO SUBTERRÁNEO	369
CONCLUSIONES	371
.9 CALIDAD DE AGUA	372
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDADES Y CALIDAD DE AGUA	372
EL SERVICIO DE CLOACAS, TRATAMIENTO DE AGUAS CLOACALES, DISPOSICIÓN	384
CALIDAD DE AGUA PARA AGRICULTURA	395
RESUMEN CAPITULO	397
10. GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL AGUA	398
AGUA DE USO POBLACIONAL: POTABLE Y SERVIDAS	398
AGUA DE RIEGO Y OTROS USOS	399
PLAN ESTRATÉGICO	401
11. COSTO DEL AGUA	403
GENERAL	403
SISTEMA DE COBRO EXISTENTE PARA LOS CONSUMIDORES AGRÍCOLAS	403
CÁLCULO DEL COSTO REAL DEL AGUA (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO) 2021-2022	405
12. RESUMEN Y CONCLUSIONES	406
OFERTA Y DEMANDA	406

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

AGUA SUPERFICIAL DISPONIBLE.....	407
AGUA SUBTERRÁNEA DISPONIBLE.....	408
CALIDAD DE AGUA	409
COSTO DEL AGUA	409
CONCLUSIONES ADICIONALES.....	411
13. BIBLIOGRAFÍA	412
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DEL RÍO SAN JUAN	412
MARCO JURÍDICO NACIONAL Y PROVINCIAL.....	415

Lista de Figuras

Figura 1-1: Ubicación de San Juan.....	21
Figura 1-2: Mapa de la provincia con la distribución de los oasis.....	22
Figura 1-3: Porcentaje de derechos de riego.....	23
Figura 1-4: Superficie cultivada por cultivos en TULUM, ULLUM Y ZONDA. Fuente: División Ecología Agrícola DH Ciclo 2006/ 2007. Has cultivadas bajo red de riego en los Valles de Tulum, Ullum y Zonda.	24
Figura 1-5: Cuenca rio San Juan.....	25
Figura 1-6: Rio San Juan – caudal promedio mensual (m3/seg)	26
Figura 1-7: Caracoles – Volumen (HM3).....	26
Figura 1-8: Punta Negra – Volumen (HM3).....	26
Figura 1-9: Ullum – Volumen (HM3)	27
Figura 1-10: Las etapas del Plan Maestro.....	30
Figura 1-11: Cronograma del proyecto.....	31
Figura 2-1: Ubicación de San Juan.....	33
Figura 2-2: Mapa Geomorfológico SAN JUAN.....	35
fuente: Junta de Andalucía -España- , Gobierno y Universidades de la región andina. Argentina CONICET, 2000	35
Figura 3-1: Hidrografía Base de la cuenca del río San Juan, Argentina.....	45
Foto gentileza SSRH Nación	45

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-2: Subcuencas del río San Juan	46
gentileza Inventario Nacional de Glaciares(ING). IANIGLA – CONICET. Mayo 2018	46
Figura 3-3: ríos Castaño, Blanco y Los Patos , San Juan	47
gentileza Inventario Nacional de Glaciares(ING). IANIGLA – CONICET. Mayo 2018. Bottero (2022).....	47
Figura 3-4: Descripción general. Imagen Satelital de la Cuenca del río San Juan	48
Gentileza Google Earth.....	48
Figura 3-5: Descripción general tipos de clima según Köppen provincia de SaN Juan.	50
Figura 3-6: Tabla Climatica San Juan.....	51
Gentileza Climate-Data.org DATA SOURCES Climate-Data.org is based on two data sources: CLIMATE-DATA CALCULATED BY CLIMATE-DATA.ORG All of our climate data are based on ECMWF Data	51
Figura 3-7: Evolución de Equivalente de Agua de Nieve EAN (mm),elaboración propia.....	52
datos gentileza del DPH SAN Juan 2022.	52
Figura 3-8: Estadística anual Equivalente de Agua de Nieve EAN (mm),elaboración propia.....	52
datos gentileza del DPH SAN Juan 2022.	52
Figura 3-9: Evolución de áreas cubiertas con nieve.	53
Sensor MODIS-Satelite Aqua-Terra Nasa- Gentileza Programa PGICH_UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).	53
Figura 3-10: Curvas características Promedio, Maximo y MInimo Evolución de áreas cubiertas con nieve cuenca río San Juan.	53
Sensor MODIS- Gentileza Programa PGICH_UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).	53
Figura 3-11: Curvas características evolución de áreas cubiertas con nieve cuenca río San Juan. Sensor MODIS- Gentileza Programa PGICH_UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).	53
Figura 3-12: Curvas características promedio de temperature (linea roja) y precipitación (barras azules), ciudad de San Juan. Gentileza Climate Data.org DATA SOURCES Climate-Data.org is based on two data sources: CLIMATE-DATA CALCULATED BY CLIMATE-DATA.ORG All of our climate data are based on ECMWF Data	54

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-13: Curvas características promedio de lluvia Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.	55
Figura 3-14: Curvas características de nubosidad Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.	55
Figura 3-15: Estadísticas características de Precipitación Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológica Nacional.....	56
Figura 3-16: Estadísticas características de Temperatura Media Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan.....	57
Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional...	57
Figura 3-17: Estadísticas características de Temperatura máxima media Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.....	58
Figura 3-18: Estadísticas características de Temperatura Mínima Media Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.....	58
Figura 3-19: Anomalías de temperatura máxima Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.	59
Figura 3-20: Probabilidad de ocurrencia de días con temperaturas mayores a 33 grados, San Juan.	59
Figura 3-21: Horas de Frío. Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA.....	60
Figura 3-22: Fechas con probabilidad de Heladas. Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA.....	60

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-23: Curvas características de temperaturas mínimas y máximas Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.	61
Figura 3-24: Mapa de índices de sensación térmica Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.	61
Figura 3-25: Déficit hídrico en el Valle del TULUM, comparación ETP (Evapotranspiración Potencial y precipitación media mensual Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA.....	62
Figura 3-26: horas de sol mensuales Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.	63
Figura 3-27: horas de luz natural mensuales Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.....	63
Figura 3-28: Energía solar de onda corta incidente diaria promedio Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.....	64
Vientos	64
Figura 3-29: Velocidad promedio de viento Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.....	65
Spark	65
Figura 3-30: Dirección del viento Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.	65
Spark	65
Figura 3-31: Niveles de Comodidad de humedad, punto de rocío. Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.....	66
Figura 3-32: Frecuencia anual de vientos Zonda.....	67
Figura 3-33: Intensidad de viento (km/h) ráfagas de 132 km/h Estacion Meteorologica San Martin el 11 de Julio de 2006. Gentileza Norte, Ana G. Ulke, Federico A. Norte, Silvia C. Simonelli,	

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Maximiliano Viale, Depto. de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.....	68
Figura 3-34: Modelo Conceptual Sistema Hídrico del río San Juan. Subdividido en 26 elementos. Dölling Oscar 2022.....	69
Figura 3-35: Mapa geográfico . Aluvión Los Erizos recorrido hasta el dique Punta Negra- 2005- Gentileza D'odorico Patricio (2009).....	71
Figura 3-36: Caudales medios mensuales período 1909 a 2022. Estación km 101. Elaboración propia	74
Figura 3-37: Caudales medios diario período 2008 a 2021. Estación km 101. Elaboración propia	75
Figura 3-38: Volúmenes de escurrimiento mensual en Hm ³ . Estación km 101. Período octubre 1909 a septiembre2022. Elaboración propia.....	75
Figura 3-39: Valores característicos del Balance Hídrico (caudales en m ³ /s y volúmenes en Hm ³). Modelo conceptual del sistema hídrico del río San Juan. Elaboración propia	76
Figura 3-40: Esquema del sistema hídrico del río San Juan (embalse de El Horcajo es un proyecto y el embalse El Tambolar está en construcción).....	77
Figura 3-41: Planta del Complejo Hidroeléctrico Los Caracoles, (incluye la presa y la central) San Juan Argentina. Inventario de Presas y Centrales Hidroeléctricas de la República Argentina (Dölling et all 2010).....	78
Figura 3-42: CURVA COTA-VOLUMEN AJUSTADA PARA EL VASO DEL EMBALSE LOS CARACOLES, Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH-Proyecto SARH).	79
Figura 3-43: CURVA COTA-VOLUMEN AJUSTADA PARA EL VASO DEL EMBALSE LOS CARACOLES, Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH-Proyecto SARH).	80
Figura 3-44: Foto registro histórico diario del nivel de agua en la presa Los Caracoles, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)	82
Figura 3-45: Foto registro histórico diario del caudal erogado medio diario de la presa Los Caracoles, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2020)	82
Figura 3-46: Curva ajustada que representa la cota sobre el nivel del mar Y (msnm) versus el volumen acumulado del embalse de Punta Negra (Hm ³) X. Calibración realizada por proyecto	

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SARH- San Juan ver Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	84
Figura 3-47: Curva ajustada que representa la cota sobre el nivel del mar Y (msnm) versus el area superficial del embalse de Punta Negra (Km2) X. Calibración realizada por proyecto SARH- San Juan ver Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).....	84
Figura 3-48: Evolución de los espacios cultivados y construidos, se confeccionó a partir de la interpretación visual de fotografías aéreas del vuelo 2014 del Instituto Geográfico Nacional, de imágenes satelitales Landsat (MSS, TM) para los años 1973 y 1995. Gentileza Adriana Lorena Cardús Monserrat y María del Carmen Beatriz Ruiz (2014).....	91
Figura 3-49: Mapa ubicación y traza de obras: Establecimiento Potabilizador Punta Negra, Acueducto Gran San Juan y Acueducto Gran Tulum. Gentileza OSSE.....	92
Figura 3-50: Planimetría del sistema de potabilización y de los acueductos principales de distribución de agua potable Gran San Juan, Gran Tulum y acueductos auxiliares, todos los proyectos actualmente en ejecución . Gentileza OSSE	94
Figura 3-51: Trazo del sistema de potabilización y de los acueductos principales de distribución de agua potable Gran San Juan, Gran Tulum y acueductos auxiliares, todos los proyectos actualmente en ejecución . Gentileza OSSE	95
Figura 3-52: Foto registro histórico diario del nivel de agua en la presa Punta Negra, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)	96
Figura 3-53: Imagen satelital Dique Quebrada de Ullum. Gentileza Goggle Earth	98
Figura 3-54: Curva Cota-Volumen del vaso del embalse Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	99
Figura 3-55: Curva Cota-Area (espejo de agua) del vaso del embalse Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH). ..	99
Figura 3-56: Foto del vertedero lateral y de la cubeta del aliviadero del Dique Quebrada de Ullum. (Dölling 2021- PGICH- Proyecto SARH).	100
Figura 3-57: Foto de la rapida del aliviadero del Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	101
Figura 3-58: Foto de las válvulas de chorro hueco en funcionamiento (maniobra de limpieza de sedimentos) del Dique Quebrada de Ullum.	102

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-59: Foto salida del Descargador de Fondo. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	104
Figura 3-60: Foto salida del Descargador de Medio Fondo. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	105
Figura 3-61: Foto registro histórico diario del nivel de agua en la presa Quebrada de Ullum, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)	106
Figura 3-62: Foto registro histórico diario del caudal desembalsado de la presa Quebrada de Ullum, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)	107
Figura 3-63: Esquema del sistema de Distribución Matriz de Riego cuenca inferior del río San Juan. Detalle de Dotacion por canales y tomas principales en (has) hecho en 2017.Gentileza Departamento de Hidraulica de la provincia.	108
Figura 3-64: Esquema de Dotaciones (Has) por cada compuerta de cada compartio principal del red de distribución de Riego. Valores actualizados al 2017. Gentileza Departamento de Hidraulica de la provincia.....	109
Figura 3-65: Planta del Dique Jose Ignacio de la Roza, se observan elementos principales. Gentileza Mapbox.....	112
Figura 3-66: Foto del Dique Derivador Jose Ignacio de la Roza detalles geométricos de las compuertas. Gentileza Departametno de Hidraulica de la provincia de San Juan.....	113
Figura 3-67: Esquema de captaciones de agua del río San Juan para derivación a la planta potabilizadora de OSSE. Gentileza OSSE	114
Figura 3-68: Foto Aerea (1960) Camara desarenadora canal Matriz, canal colector y Partidor San Emiliano. San Juan. Archivo PGICH-UNSJ.....	116
Figura 3-69: Foto frontal Partidor San Emiliano, so observan las 9 compuertas que controlan el ingreso de agua a los 3 canales principales del sistema de riego del Valle del Tulum.....	117
Figura 3-70: Foto de la Planilla del Dique Partidor San Emiliano detalles geométricos de las compuertas. Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan.....	118
Figura 3-71: Zonas de riego de la provincia de San Juan. Gentileza DH San Juan.....	120
Figura 3-72: Mapa de la red de riego del Valle del Tulum. Gentileza Departamento de Hidraulica de la provincia.....	122
Figura 3-73: Mapa de la traza y elementos principales del canal del Norte (en azul) , canal Ciudad (gris9 y canal Céspedes (en verde).	124

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-74: Sección típica de los conductos de entubado del Canal del Norte. Los conductos atraviesan el río San Juan por debajo de su lecho. Gentileza DH.....	127
Figura 3-75: Vista del canal del Norte (Quiroga) en su recorrido en la margen izquierda del río San Juan (Albardón). Gentileza PROSAP	127
Figura 3-76: Vista en Planta ubicación obra Comparto Albardon Derivador al Canal General de Albardon, Progresiva 8465 mts. Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan	128
Figura 3-77: Foto Comparto YaKin puente y descargador al río . Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan.....	129
Figura 3-78: Foto Comparto Angaco y su descargador al río . Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan.....	130
Figura 3-79: Foto Comparto Cauce y su descargador al río . El canal General Cauce riego aproximadamente unas 10432 has. El canal 25 de Mayo se estima riega unas 20300 has. Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan	132
Figura 3-80: Area de influencia directa del canal Playa tambien conocido como Nazario Benavidez. Gentileza PROSAP provincia de San Juan.....	135
Figura 3-81: El canal Benavidez riega los Departamentos de Rivadavia, Capital, Chimbas, Santa Lucia y 9 de Julio.....	136
Figura 3-82: Foto Planta del Comparto Quiroga sobre el canal Ciudad (Benavidez o Playa). Punto divisor que reparte agua de riego a las zonas de Chimbas y Trinidad.....	138
Figura 3-83: Foto Derivador Santa Lucia sobre el canal Benavidez, diseñado para derivar una dotación de riego de 1706 has. Dado que el canal atraviesa largos trayectos poblados la basura es un problema a solucionar. Existe un proyecto de entubado del canal Benavidez que permitirá, a futuro, eliminar el problema de basuras. gentileza PROSAP	138
Figura 3-84: Comparto Concepción diseñado para derivar una dotación de riego para 1189 has. Gentileza Dr. Ing. Oscar Dölling.....	139
Figura 3-85: Foto Comparto Mogote donde nace el canal General Mogote que riega unas 1537 has. gentileza Google.....	139
Figura 3-86: Foto Derivador Santa Lucia, dado que el canal atraviesa largos trayectos poblados la basura es un problema a solucionar	140

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-87: Areas de intervencion del Proyecto Acueducto del Oeste para tapado y entubamiento del canal Benavidez.	141
Figura 3-88: Foto Vista del Descargador del Canal Céspedes. Gentileza PROSAP	143
Figura 3-89: Foto Vista del Gran Comparto, obra final del canal Céspedes y donde se divide e inician el canal General Sarmiento con dotacion de 21708 has (censo 2017) y el canal Gral Justo Moya con dotacion para 8878 has (censo 2017). Gentileza PROSAP	144
Figura 3-90: Mapa ubicación canal General SArmiento. Gentileza PROSAP	147
Figura 3-91: Foto Vista de parte de las instalaciones del compartó Broquen, obra que permite derivar los aportes del canal General Sarmiento. Gentileza PROSAP	149
Figura 3-92: Datos De La Tercera Zona	151
Figura 3-93: Ubicación La Tercera Zona compuesta por los departamentos de Calingasta, Iglesia, Jáchal y Valle Fértil.	153
Figura 3-94: Mapa división política de la provincia de San Juan.....	155
Figura 3-95: Mapa de caracterización de suelos. Fuente: atlas.unsj.edu.ar	157
Figura 3-96: Mapa.....	160
Figura 3-97: Mapa de actividad minera. Fuente: Plan estratégico de ordenamiento.....	161
Figura 3-98: Mapa de actividad minera. Fuente: Plan estratégico de ordenamiento.....	162
Figura 3-99: Cuencas Hidrográficas Superficiales	164
Figura 3-100: Rios Y Arroyos En La Cuenca De Jachal	165
Figura 3-101: Rios Jachal Caudales Medios Mensuales.....	167
Figura 3-102: Ubicación Pachimoco aguas arriba del valle de Jáchal.....	168
Figura 3-103: Aforos caudal Río Blanco departamento Iglesia.....	169
Figura 3-104: Los Embalses De La Tercera Zona	170
Figura 3-105: Cuencas de la provincia de San Juan	171
Figura 3-106: Sistemas De Riego Jáchal	173
Figura 3-107: Ubicación Cuesta Del Viento.....	174
Figura 3-108: Cuesta Del Viento	175
Figura 3-109: Volumen Cuesta Del Viento (2016 – 2022).....	176
Figura 3-110: Volumen Erogado Cuesta Del Viento (2016 – 2022)	176
Figura 3-111: Sistema De Riego Valle Fértil	177
Figura 3-112: San Agustín Volumen Erogado (Hm3) (2014-2020).....	178

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 3-113: Sistema De Riego Rodeo	179
Figura 3-114: Sistema De Riego Bella Vista.....	180
Figura 3-115: Sistema De Riego Maliman Y Buena Esperanza.....	181
Figura 3-116 - Red De Riego Iglesia Distrito 1.....	182
Figura 3-117 - Red De Riego Iglesia Distrito 1-2.....	183
Figura 3-119 - Red De Riego Iglesia Distrito 2.....	185
Figura 3-120 - Red De Riego Iglesia Distrito 2-2.....	186
Figura 3-121 - Red De Riego Iglesia Distrito 2-3.....	187
Figura 3-122 - Red De Riego Calingasta (1 de 4)	189
Figura 3-123 - Red De Riego Calingasta (2 de 4)	190
Figura 3-124 - Red De Riego Calingasta (3 de 4)	191
Figura 3-125 - Red De Riego Calingasta (4 de 4)	192
Figura 4-1: Provincia de San Juan. Cuencas Hidrográficas, conductividades eléctricas en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y orografía.....	194
Figura 4-2: Provincia de San Juan. Cuencas de agua subterránea. Unidades Hidrogeológicas. 196	
Figura 4-3: Provincia de San Juan. Neotectónica, sistemas montañosos principales y ubicaciones de minas. Modificado de Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana · February 2014.....	198
Figura 4-4: Valle de Tulum. Litologías y distribución de facies del abanico aluvial del Río San Juan.	201
Figura 4-5 - Valle de Tulum. c) disolución diferencial interestratal e incipiente formación de desfiladeros verticales y de futuros valles de rumbo; d) cavernas y huecos de disolución a la base de los estratos de caliza interestratificados con brechas carbonáticas. Figura tomada del trabajo Geomorfología tectónica y evolución del relieve en un sector del piedemonte occidental de la sierra Chica de Zonda, Precordillera Oriental, Argentina. (Suvires, 2013).....	202
Figura 4-6: Valle de Tulum.: Unidades geológicas. Estructuras. Pozos hidrocarburos MA-1, R1 y PA-1.	204
Figura 4-7: Valle de Tulum. Sistema de fallas Tulum. Corte transversal 1 (Ubicación en Figura 8)	205
Figura 4-8: Valle de Tulum. Ubicación Subcuencas. Sistema de Fallas de Tulum. Unidades Hidrogeológicas. Flechas Negras; direcciones de flujo dominante.	206
Figura 4-9: Valle de Tulum. Subcuenca Loma de las Tapias.	208

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 4-10:Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón, Pedernal-Acequión y Bachongo. Ubicación cortes representativos 12 y 13.	209
Figura 4-11 : Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón, Corte 13 representativo de zona el Retamito-Cienaguita	210
Figura 4-12 : Valle de Tulum. Subcuenca Pedernal-Acequión. Corte 12.	211
Figura 4-14a : Valle de Tulum - Corte 1.....	215
Figura 4-14b : Valle de Tulum - Corte 2. Referencias litológicas en Figura 4-15	215
Figura 4-15 : Valle de Tulum - Corte 3. Referencias litológicas en Figura 4-15.	216
Figura 4-16: Valle del Tulum. Zona de pruebas de infiltración	217
Figura 4-17 : Valle de Tulum - Isopiezas 2022	218
Figura 4-18: Valle de Tulum - Isopropundidades 2022	219
Figura 4-20 : Valle de Tulum. Consumo potencia distribución de agua potable en el Valle Tulum	222
Figura 4-21 : Valle de Tulum. Variación anual del consumo de potencia en kw/h tarifa agraria	222
Figura 4-22 : Valle de Tulum. Distribuciones de frecuencia para CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ acuífero libre y confinado valle de Tulum. Tomado de IT-413 INA. Muestreo 2022.	223
Figura 4-23 : Valle del Tulum - Curvas Isoconductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Año 2022.	224
Tabla 4-11 : Valle de Tulum. Tipologías hidroquímicas del agua subterráneas	225
Figura 4-24 : Valle de Tulum – Acuífero Libre – Pozos agua potable. Curvas Isotenor de Nitratos (mg/l). Año 2022.....	227
Figura 4-25: Valle de Tulum - Zonas hidroquímicas. Año 2022.....	228
Figura 4-26: Valle de Tulum - Isovariaciones de NE. 2021-2022.....	231
Figura 4-27: Valle de Tulum. Zonas y grados de vulnerabilidad según Vierhuff H, 1981). PROPUESTO: sitios seguros para instalaciones industriales. CHIMBAS, SAN MARTIN, POCITO, ALBARDON son las instalaciones actuales.	234
Figura 4-28 : Valle Ullum-Zonda - Ubicación y referencias topográficas. Curvas de isopropundidad de NE. Trazas de cortes hidrogeológicos.....	236
Figura 4-29: Valle de Ullum-Zonda- Afloramientos geológicos.....	237
Figura 4-30 :Valle de Ullum-Zonda-Corte Hidrogeológico	238

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 4-31: Valle de Ullum-Zonda. Isopiezas. Dirección de Flujo. Profundidad de Basamento Hidrogeológico.	239
Figura 4-32: Valle Ullum Zonda - Curvas Isopropundidad NE. Año 2022.	242
Figura 4-33: Valle Ullum-Zonda. Isovariación de NE. Año 2022.	243
Figura 4-34: Valle Ullum-Zonda. Curvas Isoconductividad. Año 2022.	244
Figura 4-35: Cuenca Matagusanos. Ubicación. Trazas cortes Hidrogeológicos 14-15-16.....	246
Figura 4-36: Cuenca Matagusanos. Cortes Hidrogeológicos. De arriba abajo, 15,16 y 14.....	247
Figura 4-37: Cuenca de la Ciénaga. Ubicación y flujo subterráneo.	249
Figura 4-38: Cuenca Calingasta Barreal. Ubicación. Trazas de cortes Hidrogeológicos 5 y 17.253	
Figura 4-39: Cuenca Calingasta Barreal. Cortes Hidrogeológicos 5(III) y 17(V). Pozos Gualino y A. y OSP. Tomado de IT-123- INA.....	254
Figura 4-40: Cuenca Iglesia – Geología – Dirección de flujo. Traza SEV 6.....	256
Figura 4-42: Cuencas Jáchal-Niquivil y Huaco. Ubicación. Unidades Hidrogeológicas. Principales unidades montañosas. Ubicación de cortes Hidrogeológicos 4 y 18.	262
Figura 4-43: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Cortes Hidrogeológicos 4 y 18. Ver ubicación trazas en Figura 40.	263
Figura 4-45: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Isopiezas y dirección de flujo subterráneo. Año 2022	267
Figura 4-46: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Isopropundidad de NE. 2022.....	268
Figura 4-47: Cuenca de Huaco. Ubicación. Cortes Hidrogeológicos 19-20-21-22. Profundidades de nivel de agua tomadas en 2022.	272
Figura 4-48: Cuenca de Huaco. Cortes Hidrogeológicos 19(III), 20(R), 21(I), 22(II). Tomado de IT-123, INA	273
Figura 4-49: Cuenca de Huaco. Hidroquímica superficial y subterránea.	275
Figura 4-50: Cuenca de Huaco. Isopiezas y Conductividades. IT-123 (INA).....	276
Figura 4-51: Cuenca Valle Fertil – Mascasin. Ubicación. Localidades y Ríos Principales Permanentes y Temporarios. Trazas de cortes 7 y 8. z.....	279
Figura 4-52: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Esquema de subcuencas A (VALLE FERTIL-MASCASIN) B (MARGINAL USNO-CHUCUMA) C (SAN RAMON-CHEPES). Trazas 7 y 8 en Figura 49.	280

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 4-53: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Curvas isoconductividades e isocalidades para riego de cuenca A.....	283
Figura 4-19: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Curvas isoconductividades e isocalidades para riego de cuenca A.....	284
Figura 4-55: Cuenca del Bermejo. Ubicación. Poblados. Toponimia. Estructuras. Afloramientos Geológicos. Unidades Hidrogeológicas. Ríos y Arroyos. Trazas de cortes hidrogeológicos. Tenores de Boro en cursos superficiales (mg/l). Zonas de descarga.....	286
Figura 4-56: Cuenca del Bermejo. Croquis hidrogeológico tomado del IT-123, 1990. El corte I, II y III se corresponden con el 23, 25 y 24 de la Figura 53, respectivamente.....	289
Figura 4-57: Cuenca del Bermejo. Corte Hidrogeológico 9 según Figura 53	290
Figura 4-58: Cuenca Hualilán. Pozos. Conductividades. Cortes Hidrogeológicos 26 y 27. Dirección de Flujo. Unidades Hidrogeológicas. Boro en cursos superficiales.....	296
Figura 4-59: Cuenca Hualilán. Secciones geológicas y geofísicas. Tipologías químicas de agua. Los Cortes I-I y II-II se corresponde con 26 y 27 de la Figura 56, respectivamente.....	297
Figura 5-1: Datos OSSE 2022. Elaboración propia.....	301
Figura 5-2: Demanda de agua industrias. Datos OSSE 2022.....	310
Figura 7-1: Esquema de abastecimiento de embalse Cuesta del Viento.....	341
Figura 7-2: Perfil del sistema Cuesta del Viento.....	341
Figura 7-3 Sistema de represas de la cuenca del río San Juan.....	342
Figura 7-4: Perfil del sistema de represas del río San Juan.....	342
Figura 7-5: Calingasta.....	344
Figura 7-6 Iglesia	344
Figura 7-6 Valle Fértil	345
Figura 7-8: Agua Superficial Disponible Anual en el Rio San Juan (HM ³).....	348
Figura 7-9: Agua Disponible Anual en el Dique Cuesta Del Viento (HM ³)	348
(HM ³)	348
Figura 7-10: Agua Superficial Disponible Total Anual en la Provincia San Juan (HM ³)	349
(HM ³)	349
Figura 7-11 Agua Superficial Disponible Total Anual en la Provincia San Juan. Indice Estandarizado.....	351
(HM ³)	351

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Figura 8-1: Cobertura de ubicaciones de pozos de datos de nivel de agua subterránea no disponibles	352
Figura 8-2: Cobertura de las mediciones del nivel del agua subterránea de septiembre a noviembre de 2021 (círculos en blanco) y de mayo a agosto de 2022 (círculos rellenos)	353
Figura 8-3: Niveles de conductividad eléctrica en la cuenca de Tulum (Battistella y Luna, 2022).	354
Figura 8-4: Niveles de conductividad eléctrica en las zonas hidroquímicas de la cuenca de Tulum (Battistella, 2022).....	355
Figura 8-5: Niveles de nitratos en la cuenca de Tulum (Battistella y Luna, 2022).	356
Figura 8-6: Patrón de flujo de agua subterránea en la parte suroeste de Tulum (CFI-Mekorot-DH, 2023)	358
Figura 8-7: Rocas fracturadas en la zona de Río del Agua. Vea los cursos del río y los ríos vecinos en las figuras de arriba y abajo, por ejemplo, la Figura 8-8.....	359
Figura 8-8: Mapa geológico de las cuencas Ullum-Zonda y Tulum, y sus alrededores.....	360
Elaboración Propia.....	360
Figura 9-1 Agua Superficial Disponible Total Anual en la Provincia San Juan. Índice Estandarizado.....	377
(HM ³)	377
Figura 9-2: Localización actual y futura de la potabilizadora de la ciudad de San Juan.....	377
Figura 9-3: Derivador San Ignacio de la Rosa de agua de embalse para el abastecimiento de agua a la potabilizadora El Marquesado y para fines agrícolas.....	378
Figura 9-4: Floculadores en la planta potabilizadora de Marquesado	379
Figura 9-5: Mapa de distribución de Boro en el valle de Jachal, año 2020 (izq.) y segunda campaña 2022 (der.).....	381
Figura 9-6: Mapa de distribución de arsénico, año 2020 (izq.) y segunda campaña 2022 (der.)	382
Figura 9-7: Aguas residuales tras haber pasado por 2 rejillas en series (10 y 7 cm)	392
Figura 9-8: Presencia de algas en la etapa de oxidación de la planta Cerrillo Barboza	393
Figura 9-9: Disposición de los efluentes de la planta – concentración de algas en los mismos	394
Figura 9-10: Zonas agrícolas en la provincia de San Juan (en verde)	396
Figura 10-1: Esquema gestión de Agua	402

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Lista de Tablas

Tabla 1-1: Área Agrícola con Derecho de Riego.....	23
Tabla 2-1: Población 2022.Fuente: Atlas socioeconómico San Juan, actualizada la población con el censo 2022.....	40
Tabla 3-1: Datos básicos presa emblase Los Caracoles, San Juan Argentina	78
Tabla 3-2: Rangos operativos de las Turbinas del embalse Los Caracoles, San Juan Argentina. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH). ..	80
Tabla 3-3: Rangos operativos del Descargador de Fondo de Los Caracoles.....	81
Tabla 3-4: Rangos operativos de vertedero presa Los Caracoles. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).....	81
Tabla 3-5: Rangos operativos de las Turbinas del embalse Punta Negra, San Juan Argentina. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH). ..	86
Tabla 3-6: Rangos operativos del aliviadero de la presa Punta Negra. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).....	87
Tabla 3-7: Rangos operativos del descargador de fondo de la presa Punta Negra. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).....	87
Tabla 3-8: Rangos operativos de las turbinas de la central Ullum I-II. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).....	89
Tabla 3-9: Rangos operativos del las válvulas de chorro hueco Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	103
Tabla 3-10: Rangos operativos del descargador de fondo Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).	103
Tabla 3-11: Rangos operativos del descargador de Medio fondo Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH). ..	105
Tabla 3-12: Rangos operativos del descargador de Medio fondo Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH). ..	106
Tabla 3-13: Dotación de derechos de riego y longitud de canales, drenes y desagües provincia de San Juan.	121
Tabla 3-14 - Características geométricas del Canal del Norte. (Gentileza PROSAP).....	125

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Tabla 3-15 - cálculo de capacidad de conducción canal del Norte (Gentileza PROSAP).....	134
Tabla 4-2: Provincia de San Juan. Áreas de cuencas subterráneas San Juan.	197
Tabla 4-3: Valle de Tulum. Tabla Resumen.....	205
Tabla 4-4: Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón, Basamento Conductivo	210
Tabla 4-5 : Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón. Características hidráulicas. Año 1975.	210
Tabla 4-6: Valle de Tulum. Espesores estimados/Rocca, 1969.....	213
Tabla 4-7: Valle de Tulum. Espesores de acuíferos estimados por ROCCA, 1969.	213
Tabla 4-8: Valle de Tulum. Valores de infiltración en prueba experimental costanera de Chimbas.	216
Tabla 4-10 : Valle de Tulum. Estadísticas de algunos parámetros-físico químicos.	224
Tabla 4-12: Valle de Tulum. Concentración de NO ₃ por tipo de acuífero.....	225
Tabla 4-13: Valle de Tulum. RAS y SALINILIZACION para zonas hidroquímicas	230
Tabla 4-14 : Valle de Tulum. Variaciones de almacenamiento 1967-2022. En rojo estimación de este informe 2023.....	230
Tabla 4-15: Valle Ullum-Zonda -Matagusanos-Ciénaga. Tabla resumen.....	235
Tabla 4-17: Cuenca Calingasta Barreal. Tabla Resumen.	250
Tabla 4-18: Cuenca Calingasta Barreal. Zonas y Pozos representativos.....	251
Tabla 4-21: Cuencas de Jachal-Niquivil y Huaco. Unidades Hidrogeológicas	261
Tabla 4-22: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Clasificación OMS dureza total de agua.....	264
Figura 4-44: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Distribución del Boro en escorrentía superficial y agua subterránea	266
Tabla 4-0-5 - Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Tabla Resumen.	277
Tabla 4-25: Cuenca Valle Fértil – Mascasin.Resumen Perforaciones.....	277
Tabla 4-26: Cuenca del Bermejo. Resumen Perforaciones.	285
Tabla 4-27: Cuenca del Bermejo. Tabla Resumen.	285
Tabla 4-28: Cuenca del Bermejo. Perforaciones.	292
Tabla 5-1: Elaboración propia, demanda anual por departamento.	299
Tabla 5-2: Modificado de OSSE datos de abastecimiento del año 2022.....	300
Tabla 5-3: Fuente: Departamento de Hidráulica 2007. División Ecología Agrícola DH Cielo 2006/ 2007. Has con derecho de riego y longitud de canales en km.	302

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Tabla 5-4: principales cultivos Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta	304
Tabla 5-5: principales cultivos Iglesia y de Jáchal y Valle Fértil	304
Tabla 5-6: fuente de recurso Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta	305
Tabla 5-7: Sistema de Riego - Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta	305
Tabla 5-8: Sistema de Riego - Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta - total.....	306
Tabla 5-9: Sistema de Riego – Provincia San Juan	306
Tabla 5-10: ETo de los Cultivos	306
Tabla 5-11: Demanda Neta - Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta	307
Tabla 5-12: Demanda Neta - Iglesia y de Jáchal y Valle Fértil	307
Tabla 5-13: Demanda Neta y Bruta	308
Tabla 5-14: Fuente: Modificado de DEPARTAMENTO HIDRÁULICA.....	309
Tabla 5-15: Fuente: Ministerio de Minería.....	310
Tabla 7-1: Principales represas en San Juan, capacidad de almacenamiento y niveles de agua operativos.....	343
Tabla 7-2: Agua Superficial Disponible en la cuenca del río San Juan.....	346
Tabla 7-3: Agua Superficial Disponible Anual en Cuesta del Viento (HM ³).....	347
Tabla 7-4: Agua Superficial Disponible Anual en la Provincia (HM ³).....	347
Table 7-5: Agua Disponible Anual en la Provincia de San Juan: promedio, mediana y desviación estándar (HM ³).....	349
Tabla 7-6: Valores estandarizados de la escala del índice de precipitación	350
Tabla 8-4: Componentes del balance anual de aguas subterráneas.	361
Tabla 4-5: Almacenamiento de agua subterránea disponible de la cuenca de Tulum. Fuente: Informe Técnico – IT-404 – San Juan, marzo de 2022, INA	362
Tabla 4-6: Balance hídrico Valle de Tulum . Elaboración Propia.....	365
Tabla 8-4: Cálculo de infiltración.....	367
Tabla 8-5: Infiltración Total.....	368
Tabla 8-6: Ensayos de bombeo en el valle de Tulum	369
Tabla 8-7: Permeabilidad obtenida en los ensayos de bombeo en el valle de Tulum	369
Tabla 8-8: Cálculo de gradiente.....	370
Tabla 8-9: Cálculo del área de flujo.....	370

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Tabla 9-1: Calidad promedio de rio San Juan en diferente puntos de muestreo (Años 2009-2020)	374
Tabla 9-2: Plantas Potabilizadoras en la provincia de San Juan	380
Tabla 9-3: Calidad promedio (Años 2009-2020) de la cuenca Jáchal	383
Tabla 9-4: Plantas depuradores en la provincia, caudales. Fuente: OSSE	387
Tabla 9-5: Calidades de afluentes las diferentes PTAR	388
Tabla 9-6: Calidades promedio de los diferentes efluentes en la provincia	390
Tabla 9-7: Dimensiones de las diferentes etapas de la planta Cerrillo Barboza	392
Tabla 9-8: Departamentos con el potencial de vuelco más importante en la provincia	395
Tabla 11-1: Tasa retributiva de servicio usuarios DH	404
Tabla 11-2: Costo real del agua	405
Table 12-1: Agua Disponible Anual en la Provincia de San Juan: promedio, mediana y desviación estándar (HM ³)	408
Tabla 12-2: Costo del m ³	410
Tabla 12-3: Tasa retributiva de servicio usuarios DH	410

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

1. Introducción

GENERAL

San Juan es una de las 23 provincias de Argentina situada en el noroeste de la región de Cuyo y al oeste del país. Limita con La Rioja al noreste, San Luis al sureste, Mendoza al sur y las regiones chilenas de Atacama, Coquimbo y Valparaíso al oeste. La provincia abarca una superficie administrativa de 89.651 km², de los cuales la mayoría (80%) está ocupada por grandes cadenas montañosas. Esto deja solo 21.000 km² disponibles para el asentamiento humano, principalmente valles y cuencas sedimentarias que han sido moldeados por la actividad hidrológica y tectónica. Debido a un clima templado y semiárido y la distribución de la red hidrográfica, las posibilidades de asentamiento son limitadas, lo que resulta en una superficie utilizable significativamente menor, de alrededor de 170.000 hectáreas (1.700 km²). Esta área se encuentra cerca de dos ríos: el Jáchal al norte y el San Juan en la región centro-sur, que se han utilizado históricamente para sistemas de riego y apoyan el desarrollo de las reconocidas áreas de oasis.



Figura 1-1: Ubicación de San Juan

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

AGRICULTURA

La provincia de San Juan se ha consolidado como el segundo productor de vino más grande de Argentina, gracias al enfoque de su industria agrícola en el cultivo de la vid. La mayoría del cultivo de vid en San Juan se produce en Tulum, Ullum y Zonda, lo que representa el 21,69% de las hectáreas de viñedos totales de Argentina. Además de las vides, el cultivo de olivos se ha vuelto cada vez más prevalente, con nuevas hectáreas dedicadas a la producción de aceitunas para enlatado y aceite. La región también cuenta con importantes plantaciones de árboles frutales y vegetales

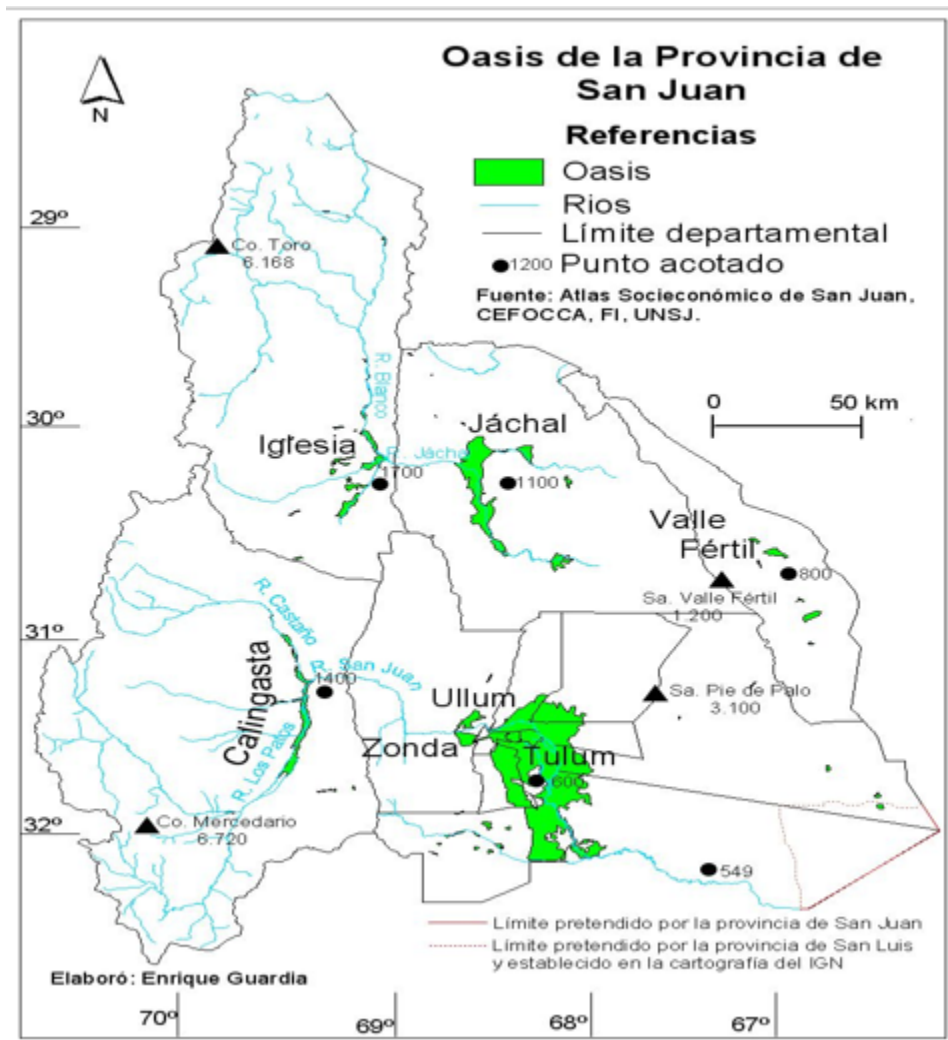


Figura 1-2: Mapa de la provincia con la distribución de los oasis

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Zonas	Superficie (Ha.)	%
Valle de Tulum	123861.1	74.94
Ullum	3250	1.97
Zonda	2073.6	1.25
Iglesia	6259	3.79
Jáchal	21668.4	13.11
Calingasta	7555.5	4.57
Valle fértil	605	0.37
TOTAL	165272.6	

Tabla 1-1: Área Agrícola con Derecho de Riego

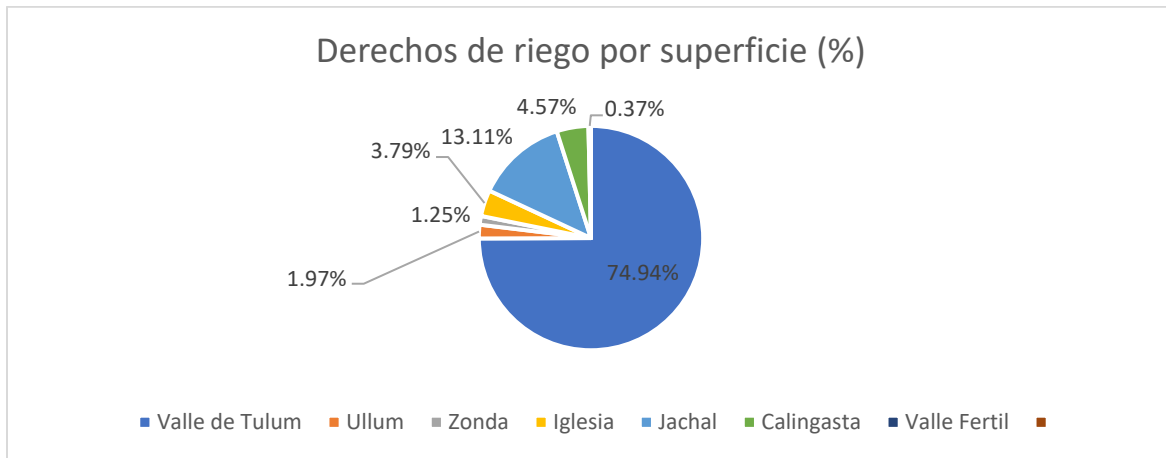


Figura 1-3: Porcentaje de derechos de riego

La Tabla 1 y la Figura 3 presentan el porcentaje de derechos de riego en hectáreas para cada área, enfatizando el uso agrícola dominante del valle de Tulum.

La Figura 4 presenta la variación de cultivos en las áreas de Tulum, Ullum y Zonda, que se encuentran en la cuenca del río San Juan. La vid representa el 57% de los cultivos, y con el olivo (17%), estas zonas tienen una alta demanda agrícola de agua. La fuente de agua para las áreas de Tulum, Ullum y Zonda es el río San Juan a través de su cadena de represas y sistema de canales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA EN LA CUENCA DE RIO SAN JUAN

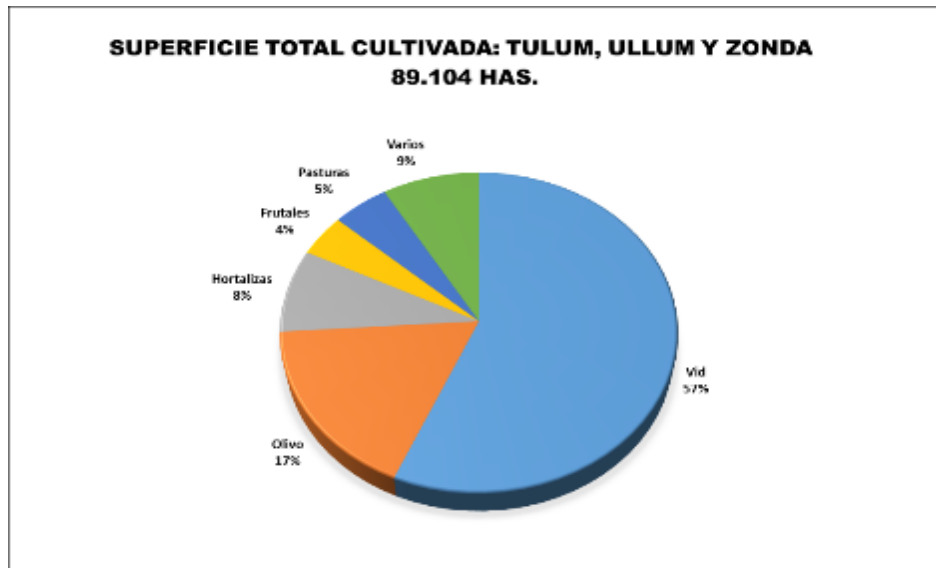


Figura 1-4: Superficie cultivada por cultivos en TULUM, ULLUM Y ZONDA. Fuente: División Ecología Agrícola DH Ciclo 2006/ 2007. Has cultivadas bajo red de riego en los Valles de Tulum, Ullum y Zonda.

Las subcuencas de aporte al río San Juan son: subcuenca del río Los Patos, subcuenca del río Blanco, subcuenca del río Calingasta y subcuenca del río Castaño.

CARACOLES

La presa Los Caracoles está ubicada sobre el cauce del río San Juan a 53 kilómetros al oeste de la ciudad capital de San Juan. Su construcción se inicia el 22 de octubre del año 2001, se comienza a llenar el 10 de octubre de 2008, con volumen máximo de 566 HM³.

PUNTA NEGRA

La presa embalse Punta Negra fue inaugurada el 29 de agosto de 2015, está ubicada sobre el Río San Juan en el kilómetro 35 de la Ruta Provincial 12 al oeste a 28 km de la Ciudad de San Juan, en el límite entre los departamentos Ullum y Zonda y 17 km aguas arriba de la Presa de Quebrada de Ullum al este a 16 km aguas debajo de la Presa Los Caracoles.

El volumen máximo de Punta Negra es de 500 HM³.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ULLUM

La presa Embalse Quebrada de Ullum está ubicada en las coordenadas 31° 28' 28" Sur y 68° 39' 01" Oeste. La población más cercana es la localidad de Marquesado y su principal uso es la provisión de agua para riego y compensador del sistema de embalses. Su construcción se inicia en el año 1972 y termina en diciembre de 1980 cuando comienza su operación bajo el control de la provincia de San Juan.

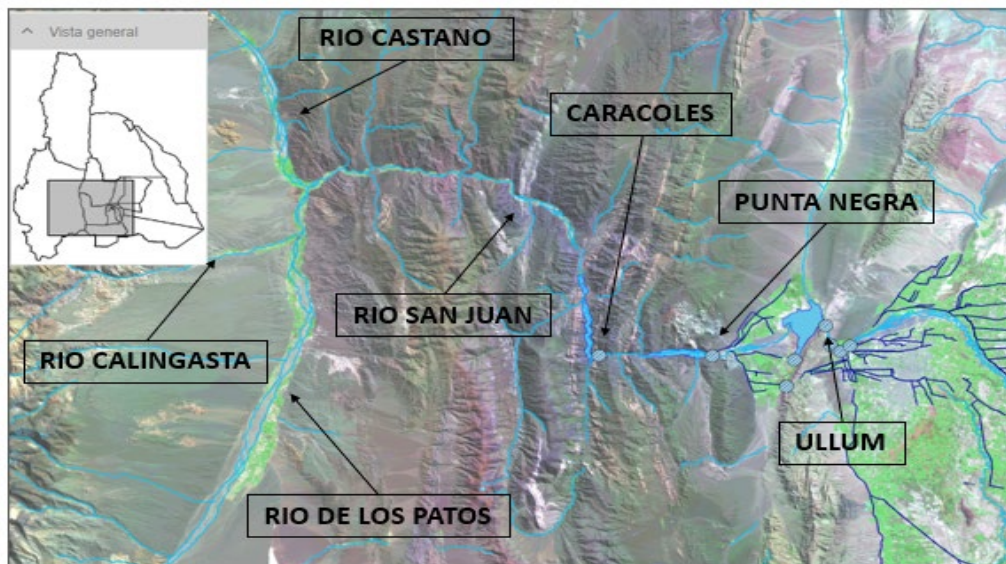


Figura 1-5: Cuenca río San Juan

La presa permitió almacenar originalmente 456,76 Hm³ a cota máxima de operación que es de 768 msnm (cota umbral del vertedero de crecidas), para la cual genera un espejo de agua de 32 km², la capacidad de almacenamiento ha disminuido durante el transcurso de su vida útil por la acumulación de sedimentos siendo hoy de aproximadamente sólo 350 Hm³.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

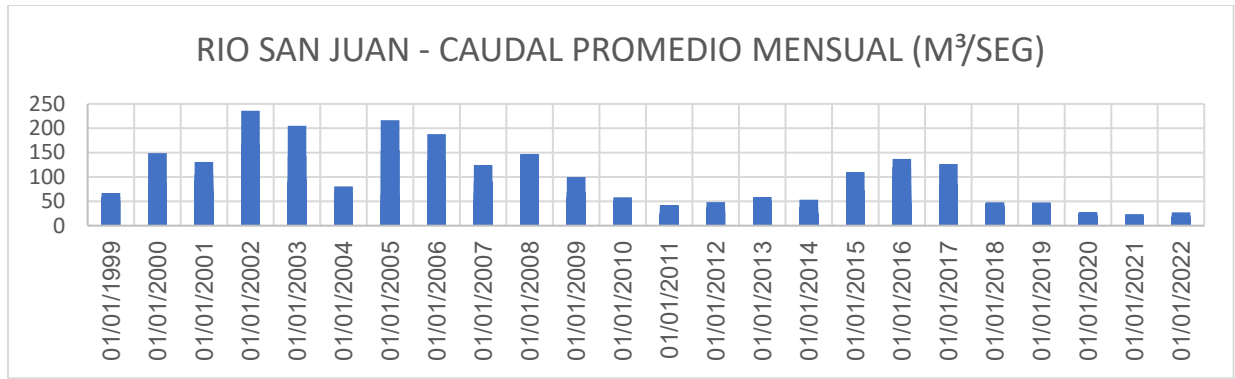


Figura 1-6: Rio San Juan – caudal promedio mensual (m3/seg)

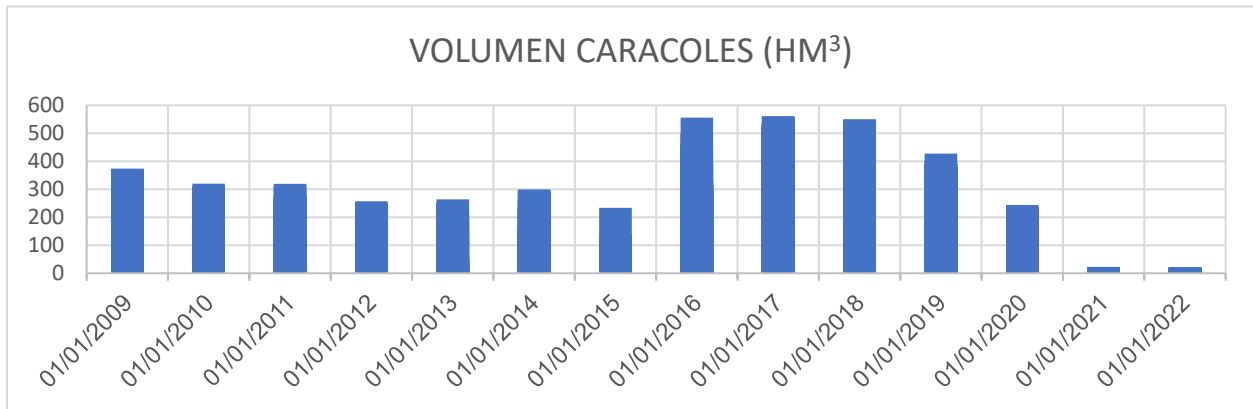


Figura 1-7: Caracoles – Volumen (HM3)

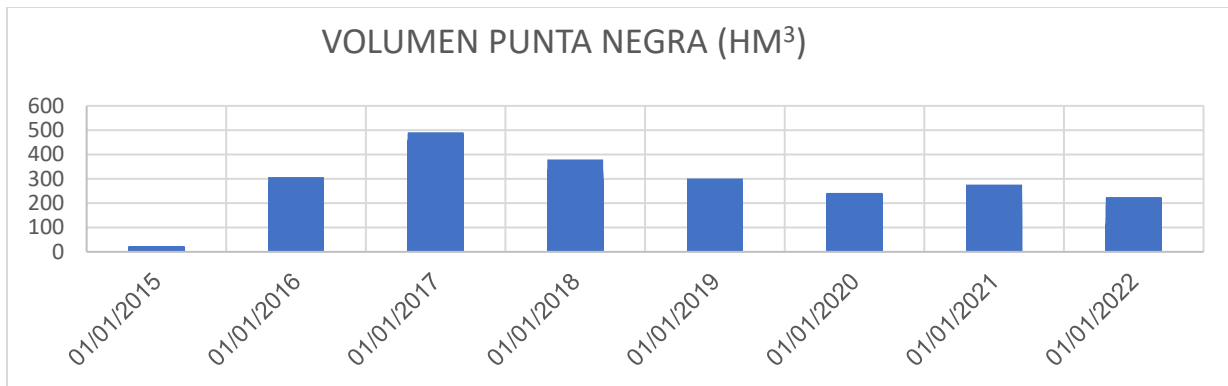


Figura 1-8: Punta Negra – Volumen (HM3)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

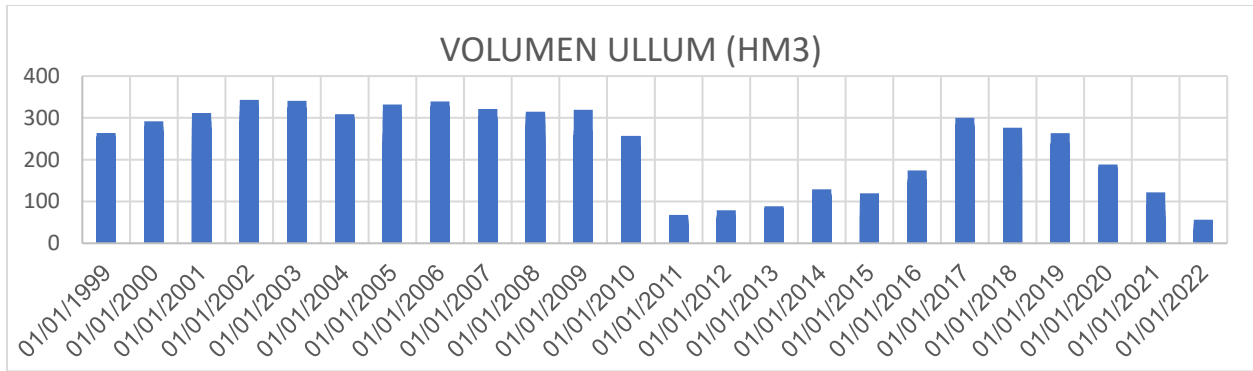


Figura 1-9: Ullum – Volumen (HM3)

EL PLAN PROPUESTO

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS

Los caudales del río San Juan están disminuyendo y los niveles de agua en los embalses están bajando, por lo tanto, para mantener volúmenes suficientes para la demanda agrícola, además del agua potable, se debe llevar a cabo una profunda planificación a largo plazo o Plan Maestro.

El objetivo es promover políticas y regulaciones de gestión del sector del agua, junto con tecnologías avanzadas para una mayor eficiencia en el uso del agua, con el propósito de contribuir a la consecución de un equilibrio hídrico sostenible a largo plazo y minimizar el riesgo de crisis de escasez de agua.

El proyecto se divide en 6 etapas

ETAPA 1 - Análisis De La Situación Actual De Los Recursos Hídricos.

- **Objetivo** - Sistematización y análisis de la información referida a la situación actual para determinación de escenarios futuros, para cada una de las cuencas de la provincia de SAN JUAN.
- **Entregables** - Validación general de la situación actual a partir de la información proporcionada.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ETAPA 2 - Proyecciones De La Oferta

- **Objetivo** - Evaluar las previsiones sobre el Cambio Climático y su influencia en nuestra región.
- **Entregable**
 - Proyecciones de las precipitaciones de alta montaña
 - Proyecciones de las aguas superficiales
 - Proyecciones de aguas subterráneas
 - Proyecciones de aguas residuales

ETAPA 3 - Proyecciones De La Demanda

- **Objetivos** - Proyectar diversos escenarios prospectivos respecto de las demandas para los distintos usos del agua, en función del ordenamiento territorial y la matriz económica de la provincia de SAN JUAN.
- **Entregable**
 - Escenario prospectivo tendencial o Proyección de la demanda en el sector doméstico, agrícola e industrial, considerando el uso minero y petrolero (2030, 2040 y 2050).
 - Escenarios prospectivos deseables o Proyección de la demanda en el sector doméstico, agrícola e industrial, considerando el uso minero y petrolero (2030, 2040 y 2050)
 - Otros escenarios prospectivos o Proyección de la demanda en el sector doméstico, agrícola e industrial, considerando el uso minero y petrolero (2030, 2040 y 2050).

ETAPA 4 - Balances Hídricos Prospectivos

- **Objetivos** - confeccionar los balances hídricos prospectivos, de cada cuenca, en función de las distintas configuraciones futuras de la oferta, la demanda y la disponibilidad.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- **Entregable**

- Balance hídrico escenario prospectivo tendencial (negocios como de costumbre)
- Balance hídrico escenario prospectivo deseable (economía sostenible del agua)
- Balances hídricos de otros escenarios prospectivos

ETAPA 5 - Propuesta De Medidas Para Distintas Situaciones Futuras

- **Objetivos** - Definir las acciones estructurales y no estructurales necesarias para alcanzar los escenarios elegidos incluyendo las etapas de implementación, de acuerdo con los balances hídricos prospectivos por cuenca.
- **Entregable**
 - Medidas estructurales por etapa de desarrollo.
 - Acciones no estructurales (regulaciones y proceso de toma de decisiones)
 - Definición de índices económicos de evaluación

ETAPA 6 - Propuesta De Medidas Para Distintas Situaciones Futuras

- **Objetivos** - Analizar las alternativas elegidas
- **Entregable**
 - Evaluación económica de cada etapa de desarrollo
 - Propuesta para la determinación del valor económico del agua

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

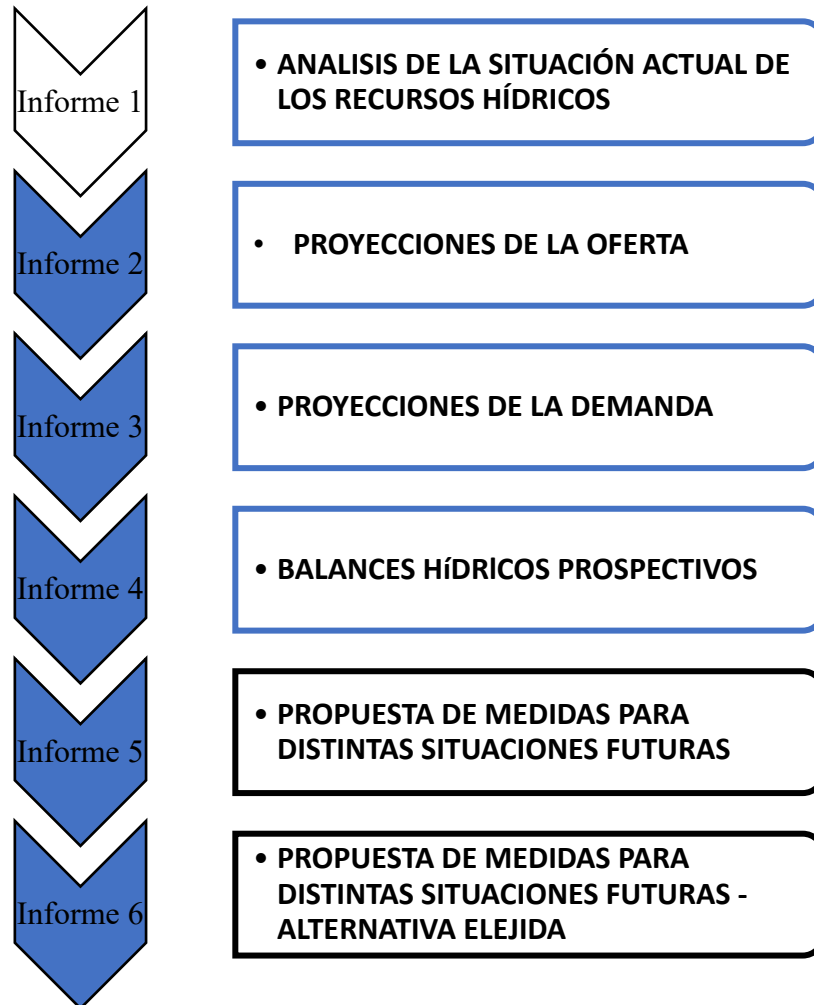


Figura 1-10: Las etapas del Plan Maestro

PERSPECTIVA DEL PROYECTO

"Lo que es medible, es manejable" es un dicho común en el sector del agua de Israel y desempeña un papel importante en la gestión de los recursos hídricos del estado. Las personas tienden a pensar que la medición del agua se realiza solo con el propósito de cobrar dinero, y por lo tanto tienen una actitud ofensiva y restrictiva hacia las mediciones de flujo y volumen del uso del agua. Sin embargo, en la gestión de los recursos hídricos, se requiere no solo la medición de los cuerpos de agua (como mediciones del nivel de agua), sino también la medición del suministro y la demanda de agua (como mediciones volumétricas) para todos los consumidores en el sector del agua.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La colaboración entre la Gestión del Sector del Agua de la Provincia de San Juan y Mekorot está diseñada, en primer lugar, para analizar el estado actual del balance hídrico, proyectar los balances hídricos decenales hasta el año 2050 y recomendar un plan de suministro de agua sostenible para los próximos años.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto tiene como objetivo crear un plan viable y sostenible para el uso del agua en la provincia de San Juan hasta el año 2050. El plan incluirá un análisis de los escenarios de suministro de agua para los años objetivos de 2030, 2040 y 2050, teniendo en cuenta las demandas presentes y proyectadas de los sectores doméstico, agrícola e industrial. El proyecto también considerará informes relevantes sobre el cambio climático para calcular la disponibilidad futura de agua y el equilibrio hídrico para cada década.

Algunos de los principales problemas que se investigarán incluyen la comprensión del suministro actual de agua de canales y pozos tubulares en términos de cantidades y áreas geográficas a nivel de distrito, la exploración de regulaciones relacionadas con el uso del agua, la implementación de tecnologías de ahorro de agua, la integración de diversas fuentes de agua, la exploración del potencial de recarga artificial de acuíferos y el abordaje de la degradación de la calidad del agua.

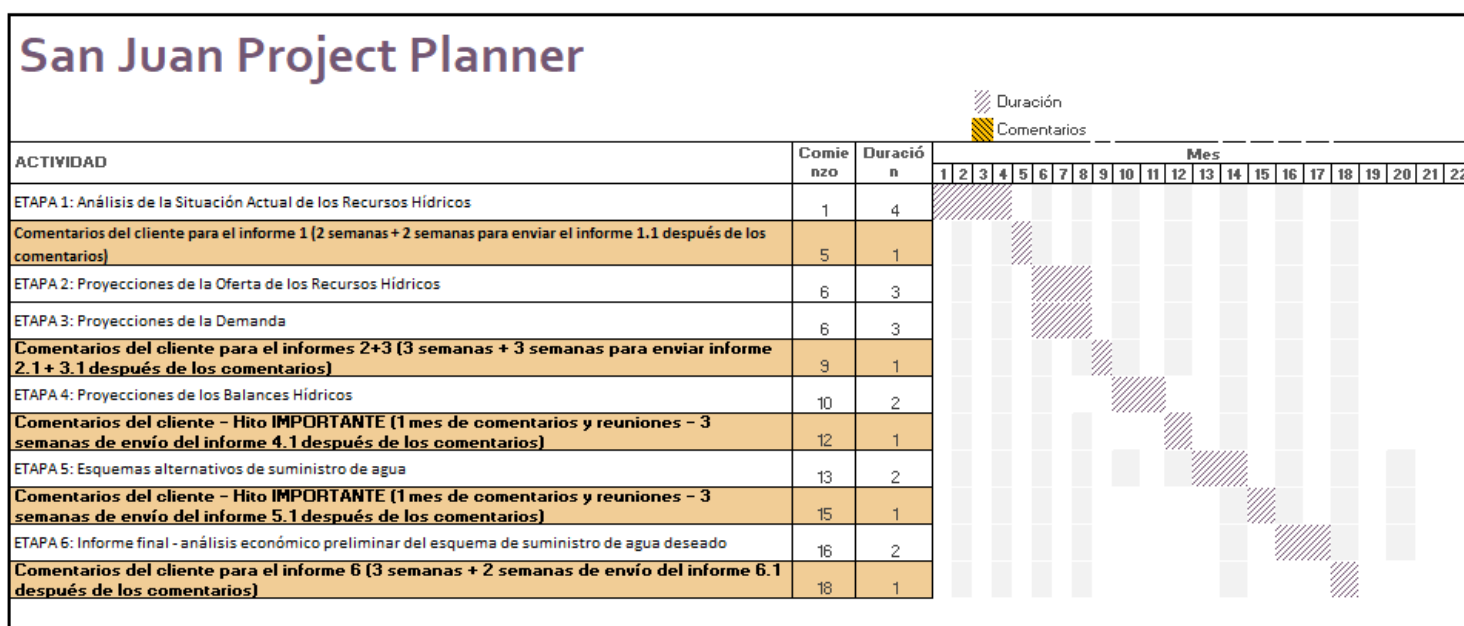


Figura 1-11: Cronograma del proyecto

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CRONOGRAMA DEL PROYECTO

El cronograma del proyecto se presenta en la Figura 1-11.

El tiempo total para la finalización del proyecto: 18 meses

INFORME 1 OBJETIVOS

Presentar lo siguiente:

- Sistema de Abastecimiento de Agua de la Provincia de San Juan
- Disponibilidad de Agua Superficial y Subterránea de San Juan.
- Demanda de agua para los sectores doméstico, agrícola e industrial.
- Situación de la calidad del agua.
- Normativas provinciales y nacionales que afectan al sector del agua.

2. Perfil De La Provincia

GENERAL

La Provincia de San Juan es una de las 23 provincias que conforman la República Argentina. Su capital y ciudad más poblada es la homónima San Juan. Se encuentra ubicada al centro-oeste del país, en la Región de Cuyo, junto con Mendoza y San Luis. Limita al noreste con La Rioja, al sureste con San Luis, al sur con Mendoza y al oeste con la República de Chile, cuyo límite está determinado por la divisoria de agua de la Cordillera de Los Andes.

Abarca una superficie total de 91.221 km², según datos obtenidos por digitalización de límites definidos por la Dirección Provincial de Catastro de San Juan en el año 2016. De ellos, un 80% corresponde a cordones montañosos que encierran valles donde se concentran la mayoría de las actividades económicas, sociales y culturales de la provincia.

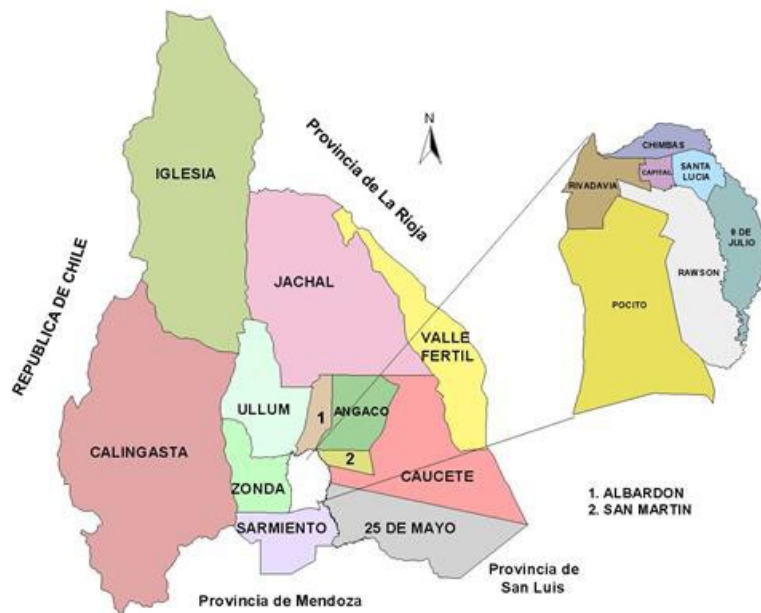


Figura 2-1: Ubicación de San Juan

UBICACIÓN, GEOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

El territorio de la Provincia de San Juan es complejo y desafiante. El 80% de la superficie está ocupada por importantes masas montañosas que corresponden a la Cordillera de los Andes y al sistema de las Sierras Pampeanas. El resto corresponde al espacio disponible para la ocupación

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

humana y se encuentra formado por valles y bolsones sedimentarios originados y modelados por dinámicos ciclos de actividad hídrica y tectónica.

Las restricciones climáticas de la zona templada y semiárida, y la distribución de la red hidrográfica provincial en tres cuencas principales, reducen las posibilidades de instalación y aprovechamiento productivo. Los tres ríos principales son: al norte el Jáchal, al centro-sur el San Juan y al este el Vinchina-Bermejo, cuyas cuencas han sido utilizadas históricamente para organizar sistemas de riego que alimentan a estas áreas reconocidas con el término de oasis.

El sector central de la Cordillera de los Andes presenta glaciares y nieves de invierno que facilitan la acumulación de activos hidrológicos; esa masa acumulada se recupera a través de una densa red hídrica caracterizada por caudales irregulares (en primavera y verano) que se desprenden hacia las zonas bajas y se concentran en valles y oasis pedemontanos.

La masa montañosa se caracteriza, además, por la existencia de procesos geotectónicos dinámicos y activos, que se expresan a través de la actividad sísmica y procesos geoclimáticos que provocan fuertes procesos erosivos y de modelado de vertientes.

Hacia el centro y este de la provincia se observa un sistema montañoso antiguo que cierra las depresiones principales; y tiene todavía una intensa actividad sísmica y una estructura geoclimática que no permiten la instalación de actividades humanas productivas.

Las mencionadas dinámicas geoclimáticas y geotécnicas generan diferentes amenazas de origen geológico, hidrológico y climático que impactan sobre las diferentes actividades y en la infraestructura humana.

El territorio de la Provincia de San Juan posee particularidades que se caracterizan por la presencia de cordones y estribaciones montañosas elongadas. El mismo, tiene una pendiente general predominantemente oeste-este, desde la Cordillera de Los Andes hasta el Valle de Tulum y Sierras Pampeanas.

Las alturas máximas del relieve existen al oeste de la Provincia y son superiores a 4.500 metros sobre el nivel del mar, en la Cordillera, y descienden hacia el este, alcanzando cotas de hasta 550 metros en la Depresión de la Travesía. Estos grandes desniveles regionales controlan la dirección general del avenamiento y el desarrollo de extensas y largas fajas pedemontanas, que acompañan a los cordones montañosos principales de orientación N-S y NNO-SSE.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Desde el punto de vista geomorfológico, se distinguen en la provincia dos tipos de relieves conocidos como positivos y negativos. Entre los primeros se considera a la cordillera principal, cordillera frontal, precordillera y sierras pampeanas. Entre los segundos, se distinguen la depresión Barreal-Rodeo, depresiones precordilleranas, depresión de La Travesía y Gran Bajo Oriental.

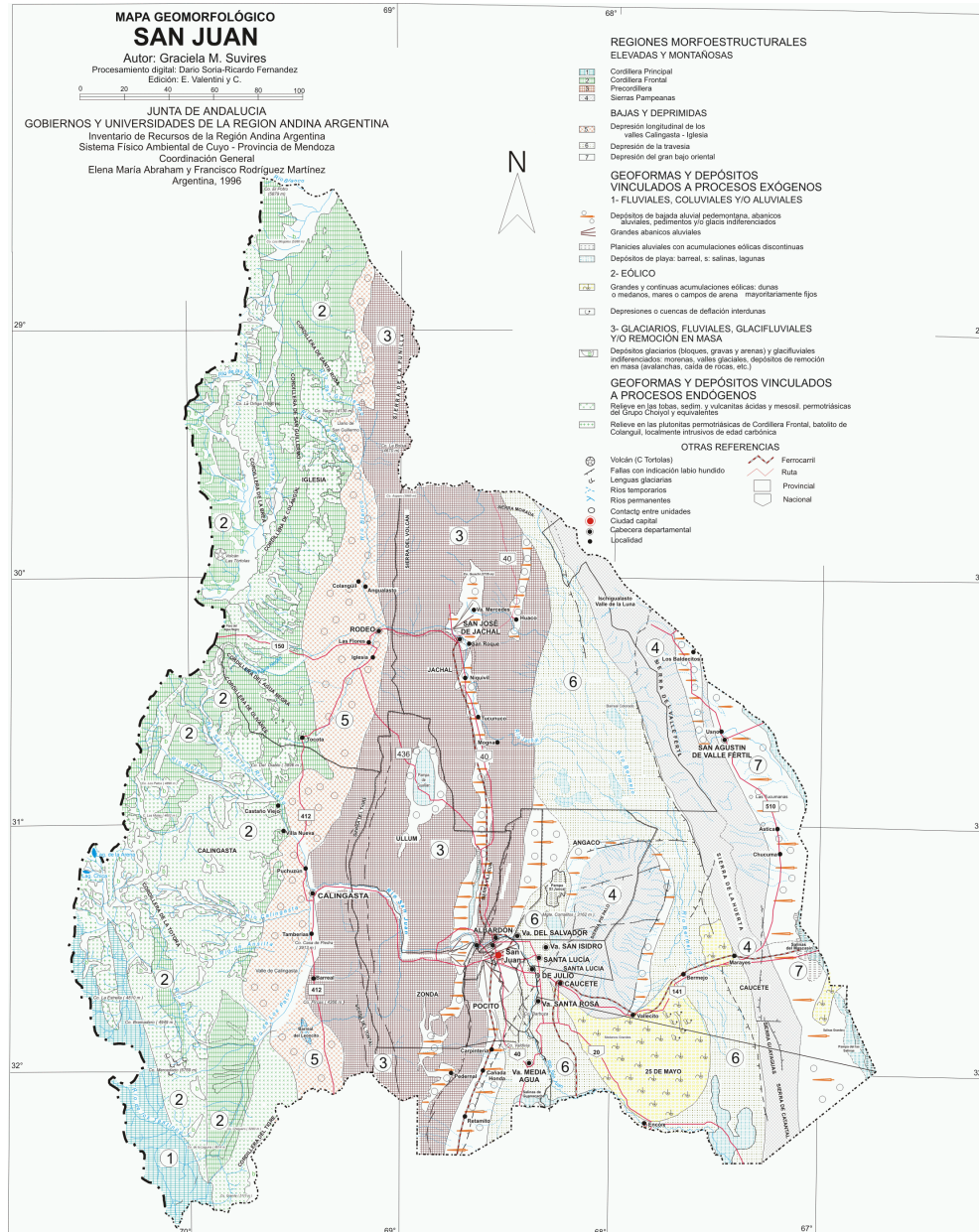


Figura 2-2: Mapa Geomorfológico SAN JUAN
 fuente: Junta de Andalucía -España-, Gobierno y Universidades de la región andina. Argentina CONICET, 2000

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Las Cordilleras Principal y Frontal constituyen el dominio de máxima jerarquía morfoestructural y topográfica que ocupa un extenso sector occidental de la Provincia de San Juan. El límite occidental de ambas cordilleras se encuentra en el lado chileno mientras que, el oriental lo constituye la depresión Barreal-Rodeo. La Cordillera se caracteriza por un grupo de cordones montañosos que superan los 5.000 metros de altura.

La Precordillera es un ámbito montañoso donde predominan los rasgos vinculados a los sistemas áridos y semiáridos con manifestaciones de arroyadas, procesos eólicos, disgregación mecánica y algunas formas de remoción en masa. Asociado a este ambiente existen depresiones longitudinales o valles intraprecordilleranos con un rumbo Norte Sur, constituidos por pedimentos y abanicos aluviales.

El último tipo geomorfológico positivo de la provincia son las Sierras Pampeanas; las cuales corresponden a las áreas de basamento metamórfico precámbrico de las sierras Pie de Palo, Valle Fértil, La Huerta, Imanas, Guayaguas, Catantal, los cerrillos de Barboza y de Valdivia. Estas sierras poseen en su parte cumbral extensas planicies de erosión desmembradas por pulsos tectónicos.

Los tipos geomorfológicos negativos, corresponden a los sectores de transición. Se extienden desde los frentes montañosos serranos hasta alcanzar los niveles de base de erosión local, como son los ríos, o en aquellos casos de unidades endorreicas culminan en las playas, localmente llamados barreales.

CLIMA Y TEMPERATURA

Según el catálogo del CONICET la Provincia de San Juan está incluida en la gran Diagonal Árida Sudamericana que se prolonga desde el norte del Perú (5° latitud sur) hasta el estrecho de Magallanes (52° latitud sur) abarcando la mayor parte del oeste argentino, sobre la Cordillera de Los Andes. En la misma, existen tres regímenes climáticos, el Seco de Desierto (BW), el Seco de Estepa (BS) y el Frío de Altura (E).

Se desarrolla a continuación la explicación de cada uno de los regímenes climáticos.

Clima seco del desierto (BW):

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Este grupo climático es el que predomina en el espacio sanjuanino. Cubre una extensión que alcanza el 89,3% del territorio centro-este de la provincia. Incluye los principales centros poblacionales u oasis como el Valle de Tulum, Jáchal, Ullum-Zonda, Iglesia-Rodeo y Calingasta-Barreal. Las precipitaciones pluviales se concentran en el verano preferentemente, y son menores a 250 mm anuales.

Clima Seco de Estepa (BS):

Las áreas situadas al oriente y norte de la provincia corresponden al Seco de Estepa. La pluviometría de estas zonas es mayor que la del subgrupo anterior, la que también se concentra en el período veraniego. Abarca el 2,3% del territorio sanjuanino.

Clima frío de altura (E):

El tercer clima presente en la Provincia de San Juan corresponde a los climas nevados. Cubre una superficie equivalente al 8,4% de la provincia en coincidencia con la faja cordillerana, donde las precipitaciones níveas se concentran en el invierno. Se desarrolla por encima de los 3.300 m.s.n.m. En la región con este clima la temperatura de todos los meses es inferior a 10°C.

De este modo, la temperatura media en la provincia varía de acuerdo con la región. En el mes de enero, cerca de la cordillera las mismas, son de 11°C, y van en aumento hacia el este de la provincia, llegando en algunos sectores a 27°C aproximadamente. En el caso de los meses fríos, ocurre una situación similar. En la Cordillera, la temperatura media es de -15°C, y en el sector este de la provincia, las mismas oscilan entre 8 y 11°C.

Los ambientes áridos de montaña que dominan en San Juan son particularmente frágiles como sostén de la instalación humana y las actividades productivas. La restricción climática condiciona el asentamiento poblacional y el desarrollo productivo en los valles, que se convierten en los focos del proceso de valorización y producción del territorio y, por lo tanto, en potenciales áreas de manifestación del riesgo de desastre.

El condicionante climático (aridez extrema) e hídrico (escasez de agua superficial) explica la fragilidad de los sistemas naturales que, al ser objeto de un uso intensivo, provocan la aparición

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

de ciertos procesos de degradación ambiental como la erosión (eólica e hídrica) y la desertificación.

ESTACIONES

HELADAS

En la provincia, la ocurrencia de temperaturas mínimas igual o menor de 0°C definidas como heladas meteorológicas, en las zonas bajas de San Juan comienzan habitualmente alrededor de los primeros días de mayo. En el Valle de Tulum, alrededor del 21 de mayo y en las zonas más resguardadas geográficamente de este fenómeno climático, como Valle Fértil, se dan sobre el 1 de junio.²²

La fecha media estimada de la última helada se registra, en la zona de Valle Fértil, el 1 de septiembre, en tanto que, en el Valle de Tulum, el 21 de septiembre.

El período libre de heladas de la zona baja de San Juan oscila entre 220 y 300 días correspondientes a las zonas noreste y sur respectivamente. En forma excepcional pueden producirse heladas tardías en el mes de octubre.

VIENTOS

Una particularidad de la provincia es la presencia del viento Zonda. El mismo es un viento caliente y seco que sopla en el occidente de la Argentina, al este de la Cordillera de Los Andes. Pertenece al grupo de los vientos que descienden desde la cresta de la montaña al valle o el llano en dirección oeste-este.

La climatología del fenómeno muestra una distribución anual entre los meses de mayo y noviembre, registrando un máximo de casos (más de la mitad) en invierno entre los meses de mayo y agosto.

Además del viento Zonda, se presentan frecuentemente vientos del cuadrante sur y sureste con ocurrencia durante todo el año. Son frescos y con algo de humedad, por lo que en verano contribuyen a la formación de tormentas. Durante el invierno se produce una rotación al oeste y al norte. Estos vientos, por ser más cálidos atemperan las temperaturas invernales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

LLUVIA

En la Provincia de San Juan convergen diferentes regímenes de precipitación estacional²¹, bien diferenciados: el invernal y el estival. Los sistemas orográficos presentes aíslan a este sector argentino de las masas de aire húmedo, imprimiéndole a este espacio geográfico un carácter netamente continental.

En las zonas bajas, las precipitaciones pluviales tienen un régimen estival y no sobrepasan los 100 mm anuales, en general. Se desarrollan en breves períodos de tiempo y con alta intensidad en forma torrencial. En invierno las lluvias son menos frecuentes, de menor intensidad y de una duración relativa mayor que las de verano.

GRANIZO

La ocurrencia del granizo estival se padece con mayor frecuencia en la zona sur del Valle de Tulum, siendo los meses de mayor intensidad y probabilidad de ocurrencia diciembre y enero. La caída de granizo es una de las principales adversidades climáticas que afectan en calidad y cantidad la producción de cultivos.

POBLACIÓN

El ordenamiento territorial en la provincia se relaciona, en principio a la disposición de las montañas en sentido Norte-Sur, las cuales han limitado el trazado de los caminos y han orientado los flujos de comercio hacia otras ciudades de la región (Mendoza, Córdoba y San Luis) creando las condiciones de dependencia estructural en cuanto a la provisión de servicios de infraestructura energética, vial y ferroviaria.

El territorio presenta una disposición concentrada de los recursos básicos, en especial de la disponibilidad del agua, lo que ha estimulado el crecimiento urbano de muy pocas ciudades, particularmente del Gran San Juan. Esto genera para los departamentos alejados o rurales déficit en servicios e infraestructura, tanto para la población como para la producción de bienes y servicios lo cual incrementa su dependencia con el núcleo central.

Teniendo en cuenta los resultados del censo poblacional del año 2022, se sabe que la provincia tiene un total de 814877 habitantes.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Una de las características de San Juan, es que sus habitantes se concentran en los oasis o valles centrales, Tulum, Ullum, Zonda, y Jáchal, donde contiene aproximadamente el 90% del total de la población. El resto de la misma se ubica en los Valles de Iglesia, Calingasta y Valle Fértil.

San Juan, la capital provincial, es el centro administrativo, comercial y asiento de autoridades gubernamentales de la provincia, Villa Krause, es el principal núcleo comercial de la zona sur del Gran San Juan. También se destacan las localidades de Caucete, Chimbas, Villa Aberastain y San José de Jáchal.

La provincia se encuentra dividida en 19 departamentos, los cuales se detallan a continuación;

Departamento	Localidad Cabecera	Superficie	Población
Albardón	General San Martín	1.031 km ²	31.226
Angaco	Villa El Salvador	2.561km ²	10.145
Calingasta	Tamberías	22.716 km ²	10.612
Capital	San Juan	27 km ²	113.343
Caucete	Caucete	7.782 km ²	44.781
Chimbas	Villa Paula Albarracín de Sarmiento	63 km ²	103.311
Iglesia	Rodeo	19.247 km ²	8.737
Jáchal	San José de Jáchal	14.282 km ²	25.435
9 de julio	9 de julio	150 km ²	12.074
Pocito	Aberastain	581 km ²	74.443
Rawson	Villa Krause	288 km ²	136.134
Rivadavia	Rivadavia	121 km ²	99.036
San Martín	San Martín	595 km ²	14.91
Santa Lucía	Santa Lucía	55 km ²	60.887
Sarmiento	Medía Agua	2.849 km ²	27.293
Ullum	Villa Ibáñez	4.400 km ²	6.463
Valle Fértil	San Agustín	5.893 km ²	8.71
25 de mayo	Santa Rosa	6.131 km ²	20.838
Zonda	Villa Basilio Nieves	2.422 km ²	6.499

Tabla 2-1: Población 2022. Fuente: Atlas socioeconómico San Juan, actualizada la población con el censo 2022

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SUMINISTRO ELÉCTRICO DE SAN JUAN

En San Juan, la prestación del servicio público de suministro eléctrico se encuentra a cargo de la empresa Energía San Juan S.A., excepto en el departamento Caucete, donde el servicio está a cargo de la Distribuidora Eléctrica Caucete S.A. (DECSA) y algunos casos de grandes consumidores que adquieren energía en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

En cuanto a la energía total demandada por la totalidad de usuarios de la provincia, incluidos los consumos de los Grandes Usuarios Mayoristas (MEM) y las pérdidas técnicas (pérdidas de redes de distribución) y no técnicas (pérdidas por hurto de energía o fraude) en el año 2018 fue de 2.226.219 MWh.

SECTOR AGRICULTURA

Debido fundamentalmente a la escasez de recursos hídricos sólo el 2,4% de la superficie total de la provincia es apta para el desarrollo agrícola, conformando los oasis irrigados. Las bajas precipitaciones (92,7 milímetros por año) limitan la producción agrícola, siendo necesario optimizar los reservorios de agua de la provincia, provenientes del río San Juan, que riega los valles del Tulum, Ullum y Zonda.

La Provincia de San Juan posee condiciones agroecológicas aptas para la producción de vid, constituyendo éste el cultivo principal, presente en la mayor parte de la superficie cultivada del territorio, seguida por el olivo y la horticultura que se distribuye fundamentalmente entre ajo, cebolla melón, tomate, zapallo y producción de semillas. La actividad frutícola está conformada principalmente por almendro, pistacho, membrillo y ciruela.

VITIVINICULTURA

La principal zona vitivinícola del país se encuentra en la región cuyo, constituyendo la Provincia de San Juan la segunda provincia con mayor superficie cultivada, precedida por la Provincia de Mendoza.

La vitivinicultura se desarrolla principalmente en los oasis o valles centrales: Tulum, Ullum y Zonda. En menor medida en los valles Pedernal y Calingasta. El clima cálido y seco, la baja incidencia de precipitaciones, y de riesgo de heladas tardías y de granizo, favorecen la actividad.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Según un Informe Anual de Superficie del Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV), la Provincia de San Juan registraba al 31 de diciembre del año 2019 un total de 45.337 hectáreas, ubicándola en segundo lugar a nivel nacional (21,1%).⁸⁸

Los departamentos que se destacaban por poseer mayor superficie cultivada de vid a esa fecha eran 25 de Mayo (19,6%), Sarmiento (17,4%) y Caucete (16,1%).

En lo referente a la cantidad de viñedos existentes en la provincia, según datos provistos por el INV al año 2019 se registraron 4.890 viñedos, donde el 56,8% eran menores a 5 hectáreas y concentraban el 14,8% de la superficie cultivada de vid. Si se analiza la evolución de este dato en las últimas décadas, la tendencia indica que las propiedades son cada vez más grandes.

Por otra parte, San Juan es la provincia que tiene mayor diversificación en cuanto a la aptitud de sus variedades de uva. Según datos provistos por el INV al año 2019 las variedades aptas para elaboración de vinos y mostos representaban el 71,2% del total de la superficie cultivada de vid (32.274 hectáreas), las aptas para consumo en fresco representaban el 21,3% (9.667 hectáreas), las aptas para pasas el 7,5% (3.384 hectáreas), estando representadas las restantes 12 hectáreas por variedades sin determinar.

OLIVICULTURA

La República Argentina es el principal productor y exportador olivícola del continente americano. La olivicultura se desarrolla principalmente en la zona centro-oeste del país, concentrándose en las provincias de San Juan, Catamarca, La Rioja, Mendoza, Córdoba y Buenos Aires.

El sector productivo olivícola de la Provincia de San Juan se ha conformado de distintas maneras, de acuerdo con las épocas en que fueron realizadas las plantaciones, pudiéndose distinguir una estructura dual en la producción primaria.⁹⁴ Por un lado, se encuentran los productores tradicionales, y por otro, los nuevos productores, caracterizados por poseer una fuerte concentración de la superficie con mayor densidad por hectárea e identificación de variedades por lote, cuyas inversiones fueron realizadas a partir de los diferimientos agrícolas.

Actualmente, se estima que la provincia registra el 20% de la superficie nacional implantada con olivo (18.000 ha)⁹⁵, la cual se encuentra concentrada principalmente en los Departamentos Sarmiento, 25 de mayo, Rawson, Pocito y Ullum. La mayor parte de la superficie olivícola de la provincia posee variedades aceiteras, principalmente Arbequina, pudiéndose observar en la

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

superficie restante variedades doble propósito, con destino aceite o conserva, donde la principal variedad conservera es la Manzanilla.

OTROS CULTIVOS

La superficie implantada con hortalizas puede variar anualmente según las condiciones de mercado, los fenómenos climáticos y la disponibilidad de agua.

Según datos obtenidos del Censo Nacional Agropecuario (CNA 2018), la superficie total de hortalizas de la provincia al año 2018 era de 4.273,8 hectáreas, participando del 5,6% del total de superficie cultivada de San Juan.

Las condiciones climáticas, como la baja humedad relativa y la escasez de precipitaciones, sumado a las características de suelo y agua, hacen de la Provincia de San Juan un lugar ideal para la producción de ajo, cebolla fresca, y tomate para industria y fresco, pimientos y calabaza, calabacín, melón, sandía, pepino, entre otros.

3. Agua Superficial

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DEL RÍO SAN JUAN

El presente informe se ha realizado en el ámbito del trabajo de consultoría contratado por CFI (Consejo Federal de Inversiones) a través del Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan. EL objetivo principal de este informe es realizar una descripción general de la hidrología superficial de la cuenca del río San Juan y elaborar un modelo conceptual del sistema hídrico y su funcionamiento para que pueda ser utilizado en el desarrollo de políticas estratégicas. El informe se ha subdividido en 3 partes. Primera parte describe la zona de aportes de la cuenca del río San Juan (Nacimiento) y presenta en forma gráfica los datos de base para entender la climatología y la cuenca. La segunda parte describirá la cuenca media y los embalses y diques derivadores existentes, y la parte 3 está reservada para la descripción del sistema de irrigación en la cuenca baja y la hidrología de secano.

ASPECTOS HIDROLÓGICOS GENERALES

El río San Juan escurre por un extenso frente cordillerano comprendido entre los 30°30'S y los 30°40'S, donde tiene sus cabeceras, los ríos Castaño y de los Patos. Éstos confluyen en Las Juntas, al norte de la localidad de Calingasta para dar origen al río San Juan. A partir de Las Juntas el río ingresa en el ámbito de la Precordillera, escurriendo de oeste a este y describiendo en su trayecto una inflexión hacia el sur como consecuencia del control que sobre él ejerce la sierra de la Dehesa. El río San Juan se desarrolla en un ambiente semiárido, con precipitaciones inferiores a los 200 mm, pero con precipitaciones niveles superiores a 300 mm lo que ha permitido que el río haya excavado una profunda quebrada, desarrollando un valle de tipo antecedente.

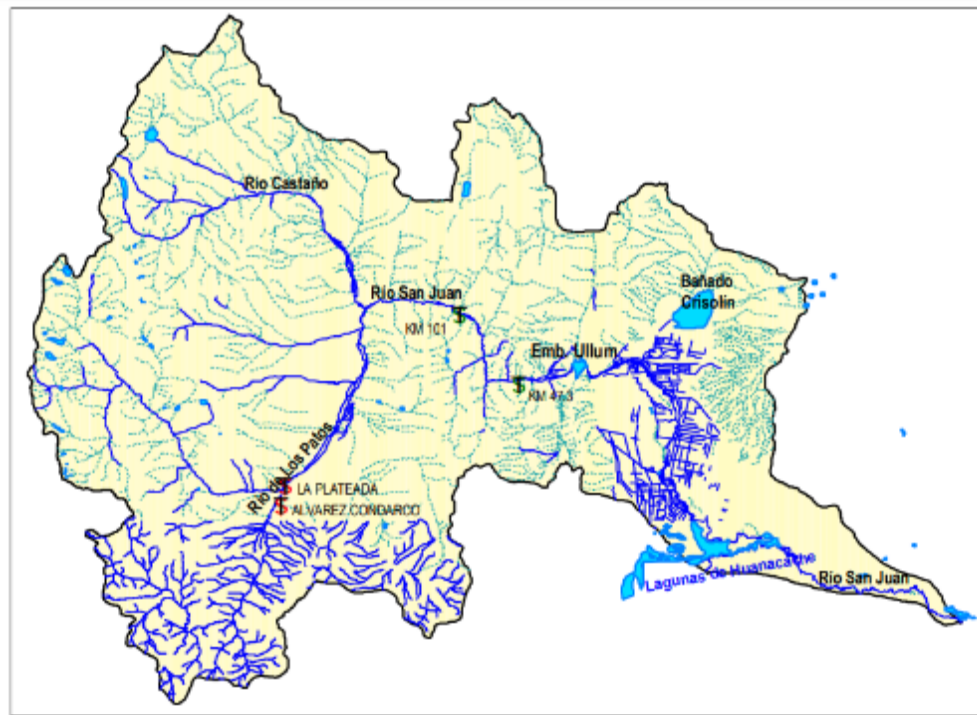
Su régimen es nival de primavera-verano, y en los períodos de estiaje el curso queda reducido a diversos brazos que encierran pequeñas islas pedregosas que serán removidas en el período de crecida subsiguiente. En el ámbito precordillerano llegan al colector cauces secos que drenan las escasas lluvias estivales de carácter torrencial conformando torrentes que luego devienen abanicos de deyección, algunos de considerable amplitud (Atlas Total; CFI).

El Río San Juan nace en la confluencia del río de Los Patos y el río Castaño. Posee una longitud aproximada, desde su nacimiento más extremo, de 490 km y una superficie de cuenca

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

total de unos 39.906 km² (superior, media e inferior). Su caudal medio, en el período observado (1/09/2008 – 05/08/2021), fue de 38,57 m³/s (fuente Dölling, Oscar 2022), su punto más alto es el cerro Mercedario a 6720 msnm y el más bajo es en las Lagunas de Guanacache a 498 msnm, siendo su pendiente media de 0,0127 %.

HIDROGRAFÍA BÁSICA- SUBCUENCAS DE APORTE



Fuente: Elaboración Propia en Base a SSRH (2002) y SIG-250, IGM.

Figura 3-1: Hidrografía Base de la cuenca del río San Juan, Argentina
Foto gentileza SSRH Nación

Las subcuencas de aporte al río San Juan son (ver modelo Conceptual): Subcuenca del río Los Patos Superior (elemento 1), subcuenca del río Blanco (elemento 2), subcuenca del río Calingasta (elemento 3), subcuenca Los Patos Inferior de la Cordillera de Ansilta (elemento 4) y subcuenca del río Castaño (elemento 5).

Las áreas de aportes nivales y con presencia de crío-formas del río San Juan cuya cuenca de aporte es de 23.153 km² se pueden subdividir en subcuencas: – Subcuenca río Castaño (7.350 km²) – Subcuenca río Calingasta (1.415 km²) – Subcuenca río Blanco (5.030 km²) – Subcuenca Los Patos inferior (4.435 km²) – Subcuenca río de Los Patos Superior (3.715 km²).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Áreas de SubCuecas aporte al río San Juan (km2)		
Los Patos Superior:	3715	16%
Los Patos Inferior:	4435	19%
El Blanco:	5030	22%
Castaño:	7350	32%
Calingasta:	1415	6%
Km 101:	1208	5%
Total:	23153	100%

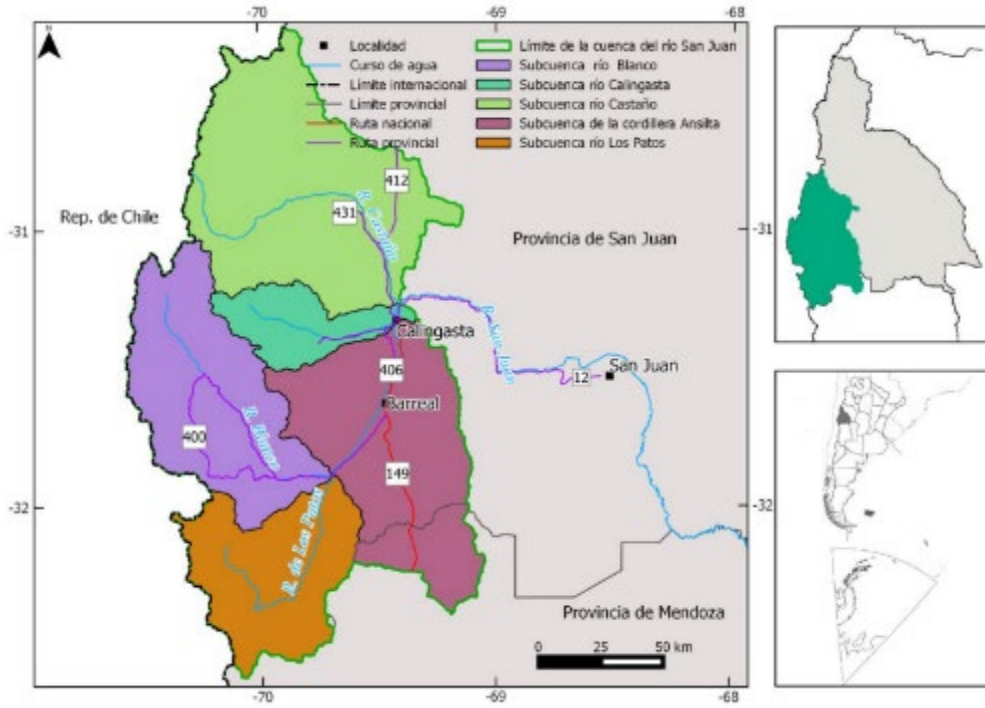


Figura 3-2: Subcuenas del río San Juan
 gentileza Inventario Nacional de Glaciares(ING). IANIGLA – CONICET. Mayo 2018

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Con respecto a la cuenca del río San Juan, se realizó un inventario de glaciares y morenas de la subcuenca del río de Los Patos (Espizúa inédito). Según Espizúa, un total de 808 cuerpos de hielo y nieve perenne fueron inventariados en base a fotografías aéreas de los meses de abril y mayo de 1963. Estos cuerpos ocupaban una superficie de 175,24 km² de los cuales el 27,96% correspondía a hielo descubierto y el 72,04% a hielo cubierto. Bottero (2002) recopiló la información existente sobre los inventarios de glaciares en otras cuencas del río San Juan. De este trabajo, se desprenden por primera vez, la superficie de cuerpos de hielo inventariada en el río Castaño de 93,24 km², en el río de Blanco 286,90 km² y en el río de Los Patos de 175,88 km², lo que arrojaba un total de 556,02 km² para la cuenca superior del río San Juan.

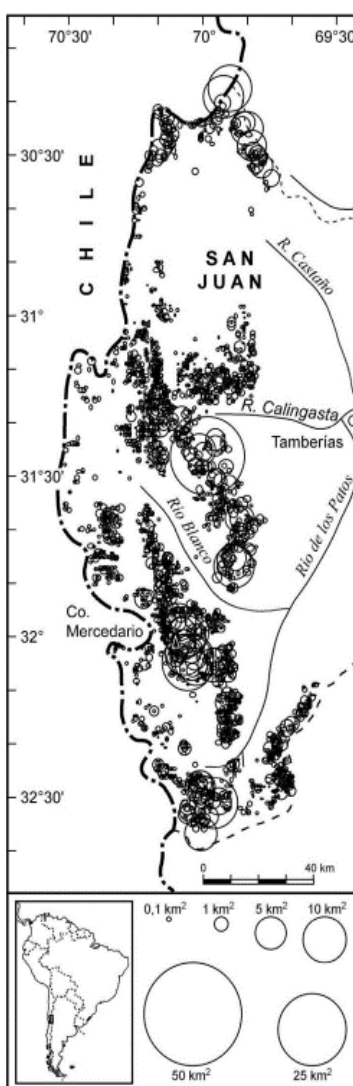


Figura 3-3: ríos Castaño, Blanco y Los Patos , San Juan
gentileza Inventario Nacional de Glaciares(ING). IANIGLA – CONICET. Mayo 2018. Bottero (2022)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CLIMATOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO SAN JUAN

RESUMEN CLIMÁTICO

La cuenca del río San Juan se localiza en el sector centrosud occidental de la provincia de San Juan traspasando el límite interprovincial y abarcando un pequeño sector del norte de Mendoza. Con una superficie aproximada de 38.462 km² (SSRH 2002), ocupa el alrededor del 45 por ciento de la superficie de la provincia de San Juan. El río San Juan es el mayor tributario del río Desaguadero, el que forma parte del Sistema Río Colorado.

El río San Juan escurre de oeste a este y nace en Las Juntas de la confluencia de los ríos Castaño por el norte y de Los Patos, por el sur; que a su vez son colectores de una importante red de afluentes que tiene sus cabeceras en las altas cumbres cordilleranas. En su cuenca se identifican las ecorregiones Estepas Altoandinas y Monte y Cardonales de la Prepuna (subregión de los Arbustales y Bosques del Monte), según la clasificación de Daniele y Natenzon (1994), revelando las condiciones de aridez dominantes. La primera corresponde a zonas de alta montaña de nieves permanentes de la cordillera andina, cuya altura s.n.m. varía según la latitud. El clima es frío con grandes amplitudes térmicas y heladas todo el año, excepto en enero y febrero.



Figura 3-4: Descripción general. Imagen Satelital de la Cuenca del río San Juan
Gentileza Google Earth.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La vegetación característica es la estepa arbustiva, en las laderas montañosas, y herbácea, en los faldeos; desarrollándose cada especie en función de la altitud-latitud. Se encuentran los tipos Pajonal de Stipa y Festuca, vegas de juncáceas, yaretales y arbustales micrófilos.

La segunda, de mayor presencia en la cuenca, se desarrolla en bolsones, llanuras, laderas montañosas y piedemontes; en los territorios y valles comprendidos entre los cordones precordilleranos y las distintas secciones de las Sierras Pampeanas. El clima es seco y cálido. Las precipitaciones, fundamentalmente estivales, son torrenciales; lo que junto al rápido escurrimiento e infiltración producen un intenso modelado hídrico. Las diferencias de temperatura diarias producen una fuerte disgregación mecánica.

La región se ubica, desde el punto de vista de la circulación general atmosférica, en la zona dominada por el anticiclón subtropical semi-permanente, banda perturbada en un hemisferio casi homogéneo por la presencia del continente sudamericano con su Cordillera Andina a occidente. Dicha perturbación se manifiesta interrumpiendo el sistema de alta presión en dos núcleos, uno en el Océano Atlántico y otro en el Océano Pacífico, separados fundamentalmente en verano, por una célula de baja presión de característica termo-orográfica.

El efecto de la cordillera, asociado con el flujo del oeste normal a ésta, no sólo se manifiesta en su condicionante de componente dinámica para la formación y evolución de una depresión a barlovento de la misma, sino también por los procesos termodinámicos conocidos como efecto Foehn- conocido localmente como Viento Zonda en Argentina.

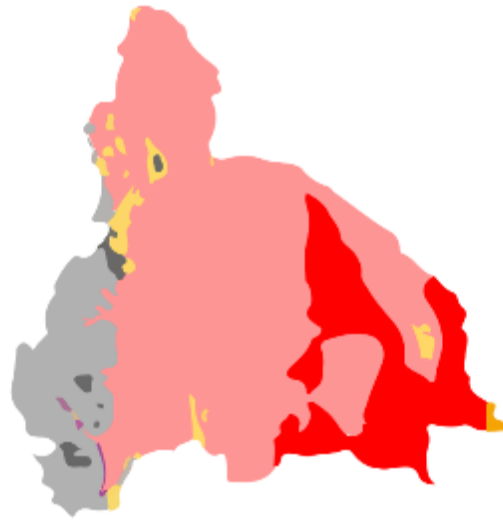
El límite entre los regímenes de verano e invierno tiene, en la región de estudio, una fuerte variación lati-altitudinal que permite diferenciar sus recursos hídricos superficiales: ríos de alimentación nivo-glacial invernal, de carácter permanente y ríos temporarios de alimentación pluvial, durante el verano.

El área de estudio está dominada por dos regímenes estacionales de precipitación netamente diferenciados: el invernal y el estival. Los sistemas orográficos presentes aíslan a este sector argentino de las masas de aire húmedo, imprimiéndole a este espacio geográfico un carácter netamente continental.

La configuración geomorfológica del territorio sanjuanino ejerce una comprobada influencia en las variaciones climáticas.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Tipos de clima de San Juan



Tipos de clima según Köppen

- BWh – Árido cálido
- BWk – Árido frío
- BSh – Semiárido cálido
- BSk – Semiárido frío
- Dsc – Continental mediterráneo subpolar
- ET – Polar de tundra
- EF – Polar glacial

Fuente: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps of 1800 resolution. Future Science Data. Arid, H. P., Zimmermann, N. S., McVicar, T. R., Verger, M., King, A., & Wood, E. F.

Figura 3-5: Descripción general tipos de clima según Köppen provincia de SaN Juan.

- **BSk** (clima de estepa fría).
- **Bwk** (clima desértico frío).
- **Csb** (clima mediterráneo de veranos frescos).
- **Cwb** (clima templado con inviernos secos).

Tabla 1. Nomenclatura clasificación climática Köppen – Geiger.

Grupo climático (definidos por los valores medios anuales y mensuales de temperatura y precipitación)	Subgrupo climático (la segunda letra explicita el régimen de lluvias o grado de aridez)	Subdivisiones (la tercera letra indica el régimen de temperaturas)
B- Climas secos: la evaporación es superior a la precipitación. No hay excedente hídrico. C- Climas templados y húmedos. El mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18 °C y -3°C, y la media del mes más cálido supera los 10 °C.	w- Estación seca en invierno s- Estación seca en verano	k- Frío, la temperatura media anual no es superior a 18°C. b- Templado, el verano es fresco pues no se superan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SAN JUAN: TABLA CLIMÁTICA Y CLIMA DURANTE TODO EL AÑO

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	25.7	24.6	21.6	17.5	13.3	10.5	9.6	12.2	15.2	18.7	21.8	24.3
Temperatura mín. (°C)	19.7	18.8	16	11.9	7.8	4.4	3.3	5.3	8.4	12.4	15.4	18
Temperatura máx. (°C)	32	30.9	27.8	23.8	19.8	18	17.1	20.2	22.7	25.9	29	31
Precipitación (mm)	22	24	28	22	13	9	10	12	20	25	19	25
Humedad(%)	41%	44%	53%	56%	59%	56%	51%	45%	41%	43%	39%	39%
Días lluviosos (días)	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3
Horas de sol (horas)	11.6	10.6	9.2	8.3	7.7	8.1	8.4	8.9	9.6	10.3	11.5	11.9

Data: 1991 - 2021 Temperatura mín. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

Figura 3-6: Tabla Climática San Juan

Gentileza Climate-Data.org DATA SOURCES Climate-Data.org is based on two data sources: CLIMATE-DATA CALCULATED BY CLIMATE-DATA.ORG All of our climate data are based on ECMWF Data

PRECIPITACIONES

El régimen de precipitaciones de la cuenca de aporte es prioritariamente nival con precipitaciones desde marzo hasta noviembre. En los períodos de estiaje el curso queda reducido a diversos brazos que encierran pequeñas islas pedregosas que serán removidas en el período de crecida subsiguiente. En el ámbito precordillerano llegan al colector cauces secos que drenan las escasas lluvias estivales de carácter torrencial conformando torrentes que luego devienen abanicos de deyección, algunos de considerable amplitud (Atlas Total; CFI).

Seguidamente se presenta un gráfico con la hidrografía de la zona de aportes del sistema hídrico. Desde Calingasta, el río va hacia el Este alimentando los embalses de Caracoles, Punta Negra y Embalse Quebrada de Ullum, cerca de la ciudad capital provincial de San Juan, continuando al sudeste y recibiendo más tributarios, incluyendo al río Mendoza, a la altura de las lagunas del Rosario, para desembocar luego en el río Desaguadero cerca de la Salina Pampa de las Latas (o Salina Bermejo), en el límite de las provincias de San Juan, Mendoza y San Luis.

El río San Juan alimenta sus caudales por el derretimiento de las nieves que precipitan en las cuencas de Aporte. Cada cuenca tiene su contribución diferente en función del área y la orientación de sus laderas, es decir de la exposición de la nieve caída a la radiación solar incidente y a los

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

vientos. En la siguiente grafica se puede observar que la cuenca posee una precipitación nival promedio de los últimos 40 años (tomando como referencia las estaciones nivológicas de la DPH Pachón, Calderón, Teatinos, Corrales de Alambre y La Pantanosa) dependientes del Departamento de Hidráulica de la provincia.

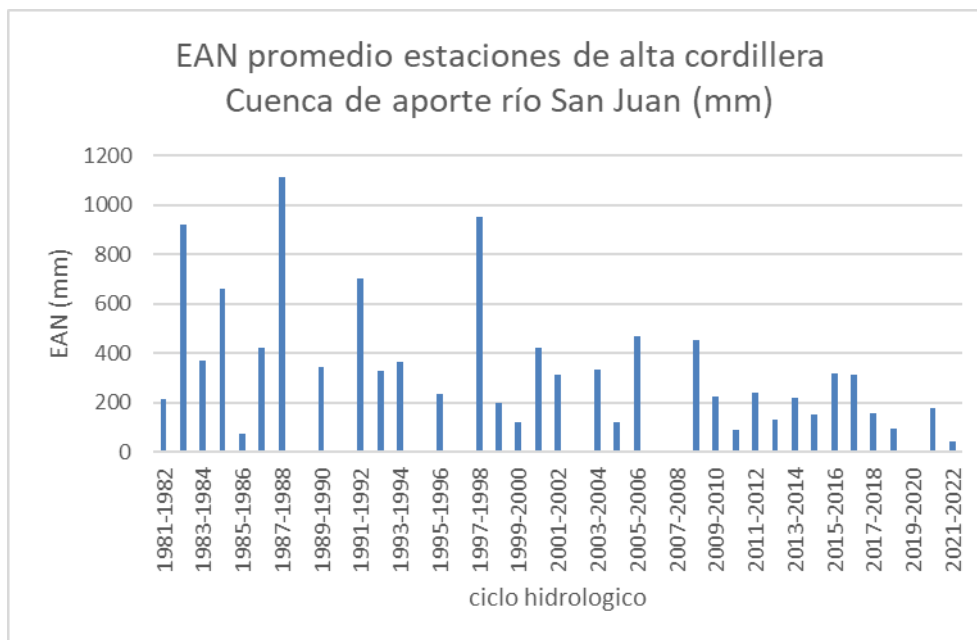


Figura 3-7: Evolución de Equivalente de Agua de Nieve EAN (mm), elaboración propia. datos gentileza del DPH SAN Juan 2022.

En la gráfica siguiente se observan los eventos de nieve y los procesos de acumulación y deshielo observados a través de la evolución semanal del área cubierta con nieve (medida con el sensor MODIS del satélite Aqua-Terra de la NASA) en cada subcuenca de aportes y finalmente los datos agregados de todas las subcuencas. Los datos satelitales han sido procesados y la gráfica ha sido realizada por el Programa PGICH_UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).

EAN (mm) río San Juan		
promedio	354	mm
maximo	1113	mm
minimo	46	mm
mediana	313	mm

Figura 3-8: Estadística anual Equivalente de Agua de Nieve EAN (mm), elaboración propia. datos gentileza del DPH SAN Juan 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

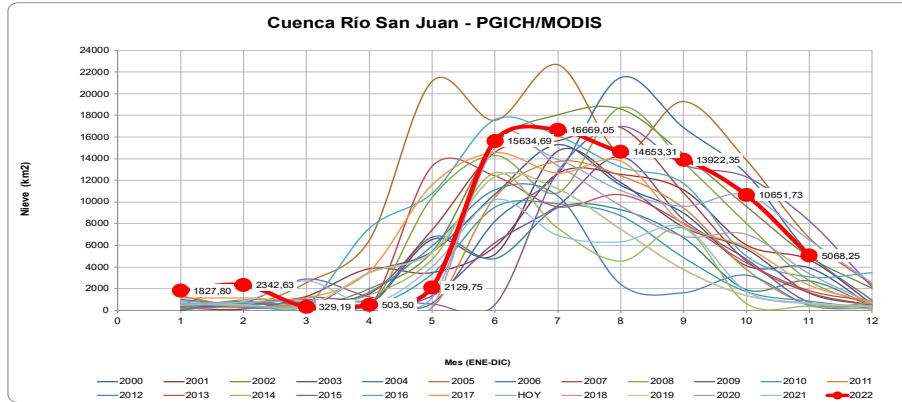


Figura 3-9: Evolución de áreas cubiertas con nieve. Sensor MODIS-Satelite Aqua-Terra Nasa- Gentileza Programa PGICH UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).

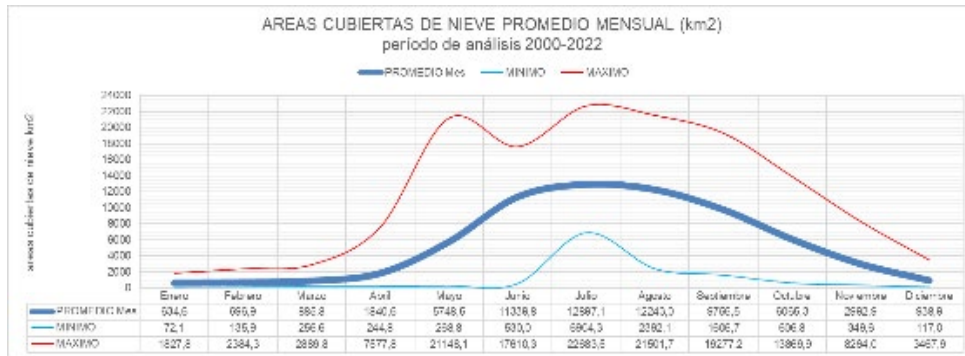


Figura 3-10: Curvas características Promedio, Maximo y Minimo Evolución de áreas cubiertas con nieve cuenca río San Juan.

Sensor MODIS- Gentileza Programa PGICH UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).

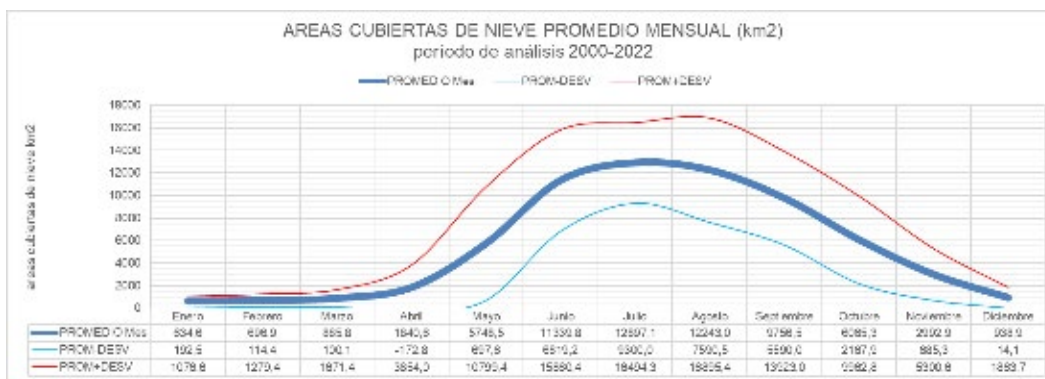


Figura 3-11: Curvas características evolución de áreas cubiertas con nieve cuenca río San Juan. Sensor MODIS- Gentileza Programa PGICH UNSJ (Programa Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Ingeniería Hidráulica y Ambiental).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En la provincia de San Juan convergen tres regímenes diferentes de precipitación estacional: el Tropical de elevada concentración estival, el Subtropical continental con menor concentración estival y el Invernal (Minetti, 1986).

En las zonas bajas, las precipitaciones pluviales tienen un régimen estival y no sobrepasan los 100 mm anuales, en general. Se desarrollan en breves períodos de tiempo y con alta intensidad en forma torrencial. En invierno las lluvias son menos frecuentes, de menor intensidad y de una duración relativa mayor que las de verano.

El mes más seco es junio, con 9 mm de lluvia promedio. La mayor parte de la precipitación aquí cae en marzo, promediando 28 mm mientras que enero es el mes más cálido del año con promedios de 25.7 grados centígrados.

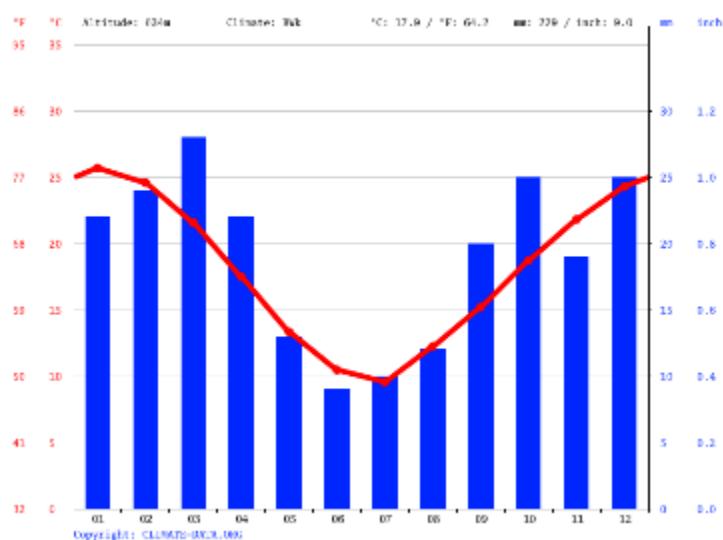


Figura 3-12: Curvas características promedio de temperature (línea roja) y precipitación (barras azules), ciudad de San Juan. Gentileza Climate Data.org DATA SOURCES Climate-Data.org is based on two data sources: CLIMATE-DATA CALCULATED BY CLIMATE-DATA.ORG All of our climate data are based on ECMWF Data

Hay una diferencia de 19 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. EL Servicio Meteorológico Nacional observa que febrero es el mes donde se ha observado mas alta variabilidad mensual registrando tormentas de mas de 150 mm acumulados en el mes de febrero identificando a enero con el mes de mayor valor promedio de precipitaciones pluviales en la estación meteorológica del Aeropuerto presidente Domingo Faustino Sarmiento.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

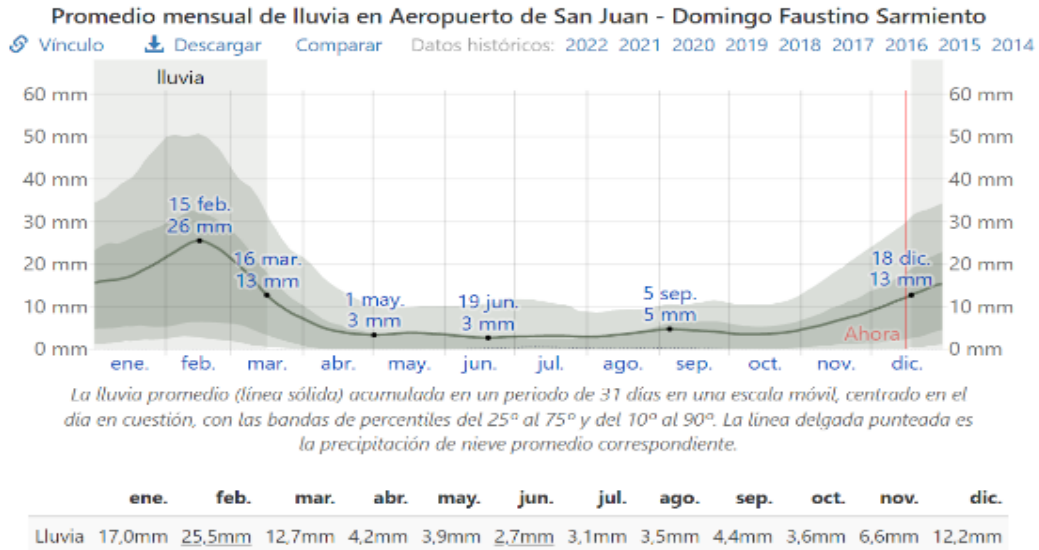


Figura 3-13: Curvas características promedio de lluvia Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

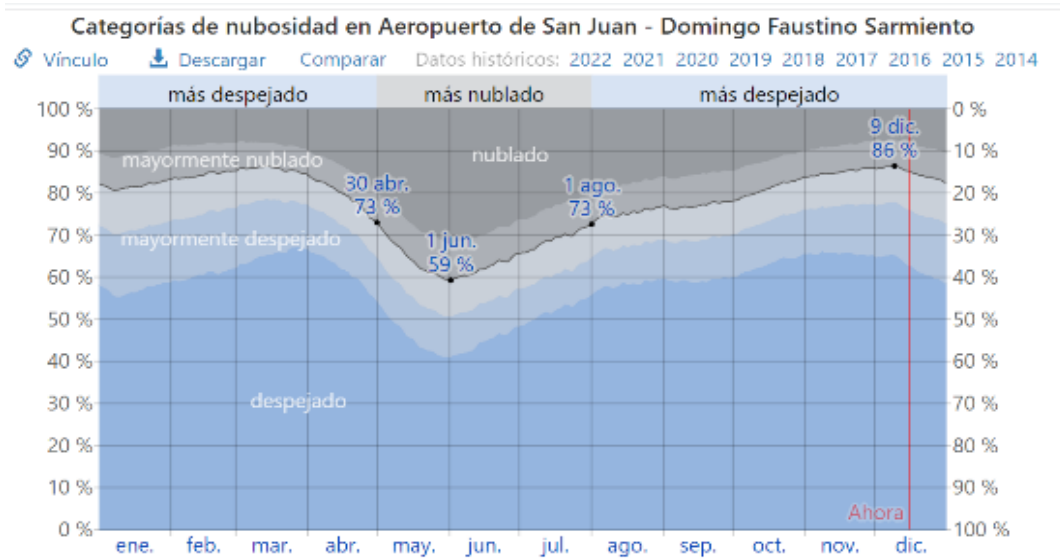


Figura 3-14: Curvas características de nubosidad Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

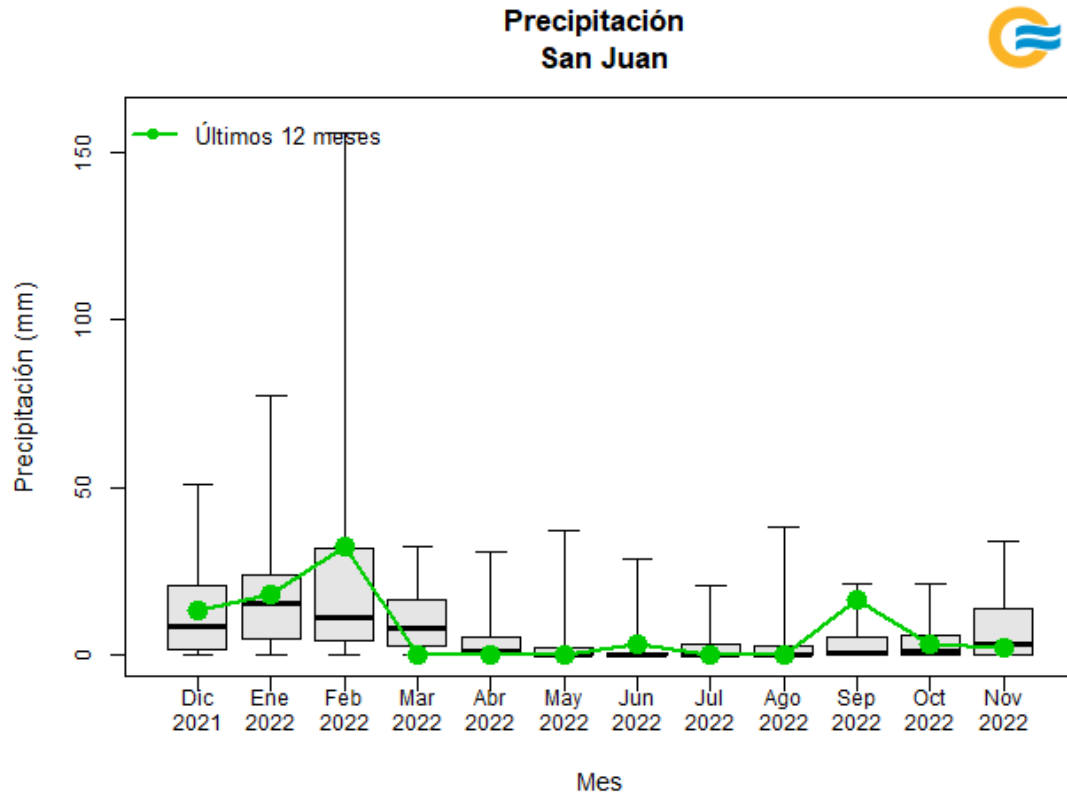


Figura 3-15: Estadísticas características de Precipitación Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional

TEMPERATURA

En el Valle del Tulum la temperatura en enero promedio es de 25.7 °C mientras que en julio, el mes más frío, la temperatura promedio es de 9.6 °C. A lo largo del año, las temperaturas varían en 16.1 °C.

El SMN ofrece un servicio de monitoreo diario que permite ver la evolución de las temperaturas medias mensuales, ya sea de las temperaturas máximas, mínimas o medias, están representadas por líneas de color naranja, azul o violeta respectivamente. El punto es el valor de temperatura correspondiente a cada mes histórica (considerada desde 1961 hasta el año anterior al actual) se representa en forma de cajas y líneas (gráfico conocido como de “cajas”). La caja representa el 50% de los datos centrales (una vez que se ordenan los datos de menor a mayor) y la línea central

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

es el valor del 50% o “mediana” (en el caso de la temperatura es generalmente muy cercano al valor promedio) *.

La línea que se extiende hacia arriba de la caja representa el 25% de los datos más altos siendo el límite el valor mensual más alto registrado desde 1961. Contrariamente, la línea que se extiende hacia abajo de la caja representa el 25% de los datos más bajos siendo el límite el valor mensual más bajo registrado. Cuanta más chica es la caja y las líneas no se extienden mucho, quiere decir que en ese mes hay menor variación en la temperatura a lo largo de los años. Por lo tanto este tipo de representación gráfica presenta en forma resumida las características térmicas de cada mes.

De esta forma rápidamente se puede saber si el registro mensual de un mes del último año estuvo dentro de los valores medios (dentro de la caja y próximo a la línea central), si estuvo entre los más altos (fuera de la caja hacia arriba), entre los más bajos (fuera de la caja hacia abajo) o si fue un valor récord desde 1961 (cuando queda fuera de las líneas).

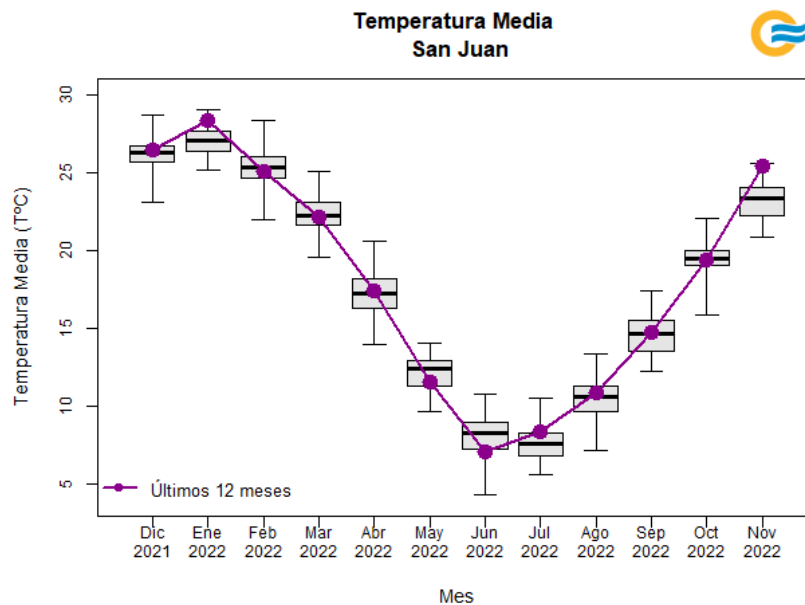


Figura 3-16: Estadísticas características de Temperatura Media Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.

* Para obtener el 50% de los datos centrales y el 25% de los datos más altos y más bajos se ordena la serie de datos mensuales de menor a mayor y luego se divide la misma teniendo en cuenta dichos porcentajes.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

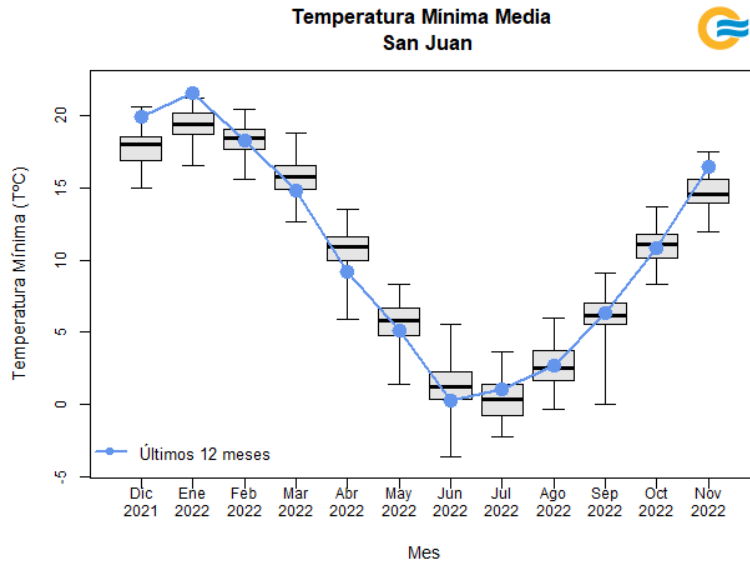


Figura 3-17: Estadísticas características de Temperatura máxima media Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.

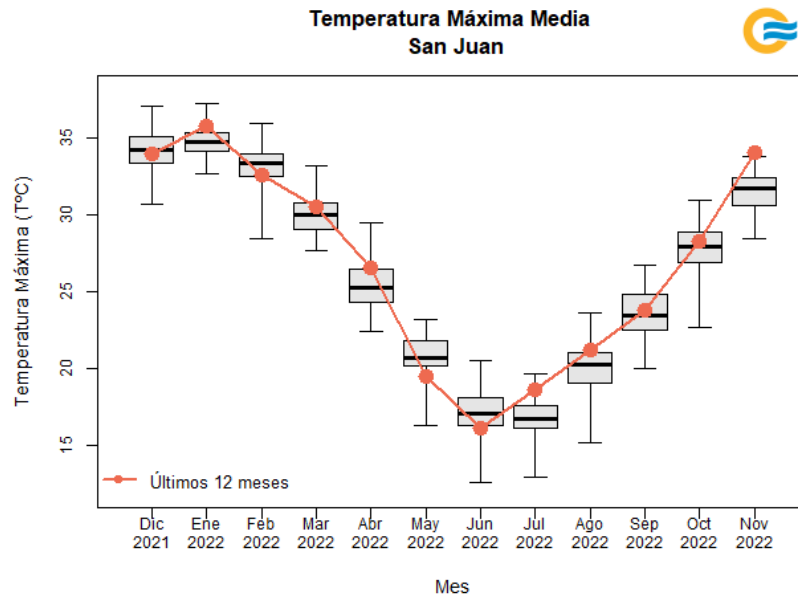


Figura 3-18: Estadísticas características de Temperatura Mínima Media Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

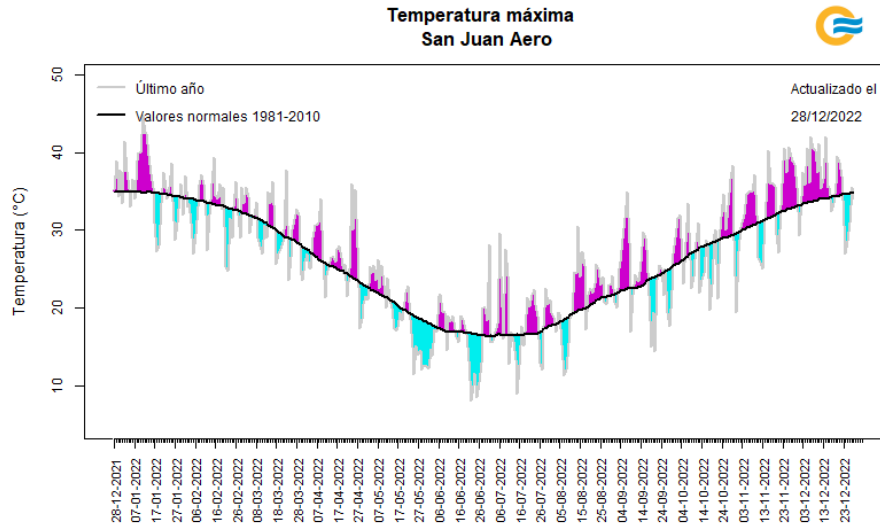


Figura 3-19: Anomalías de temperatura máxima Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual- Servicio Meteorológico Nacional.

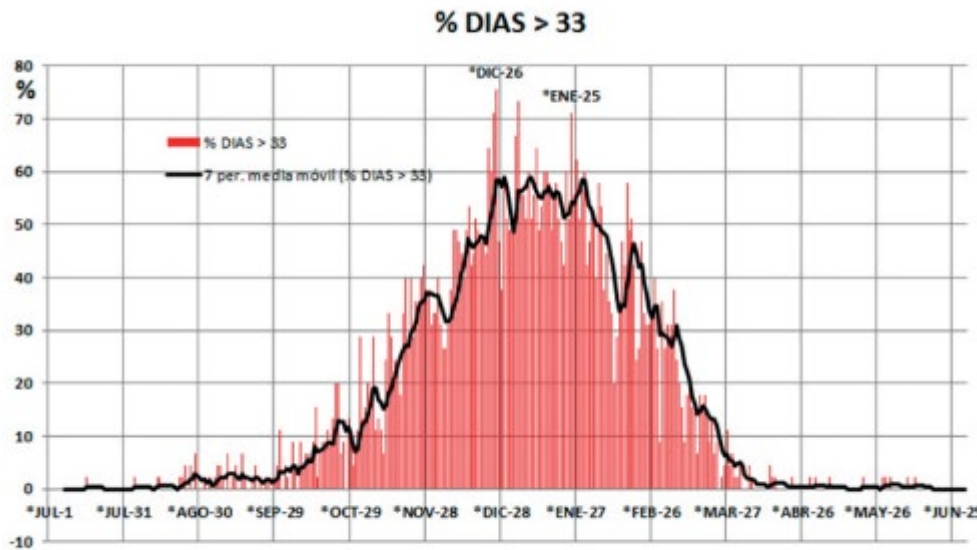
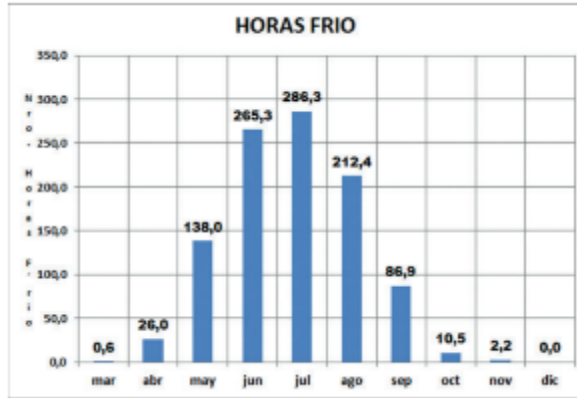


Figura 8: Probabilidad de ocurrencia de días con temperaturas mayores a 33°C (límite del estrés térmico). Con una media móvil semanal.

Figura 3-20: Probabilidad de ocurrencia de días con temperaturas mayores a 33 grados, San Juan. Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



HORAS FRIO	
Nro. Años	44
Media	1028,205
Mediana	1022,500
Mínimo	781,0000
Máximo	1345,000
1er cuartil	953,5000
3er cuartil	1109,000
Rango	564,000
Desvstd.	122,7309

Tabla 3 : Estadísticos del total de horas frío por temporada en el valle de Tulum.

Figura 10: Cantidad de Horas Frio promedio por mes.

Figura 3-21: Horas de Frío. Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA

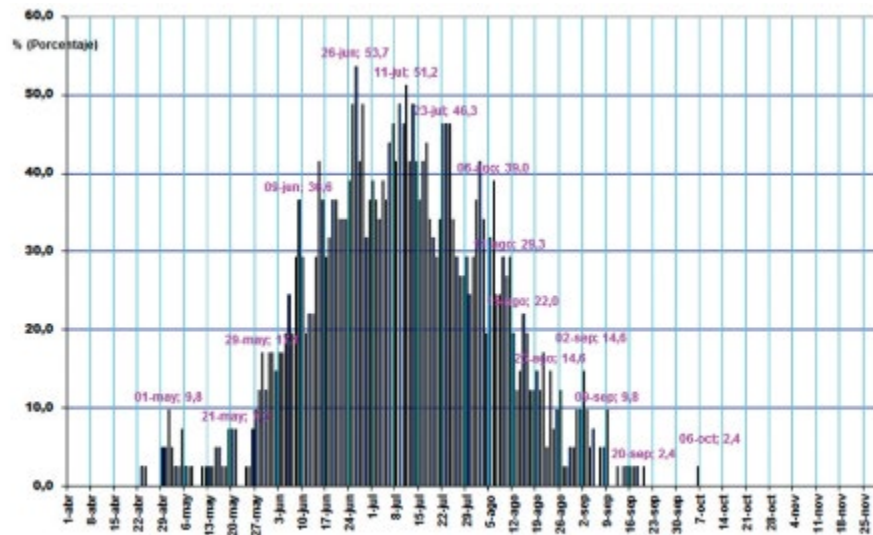


Figura 15: Fechas de probabilidad de ocurrencia de heladas.

Figura 3-22: Fechas con probabilidad de Heladas. Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

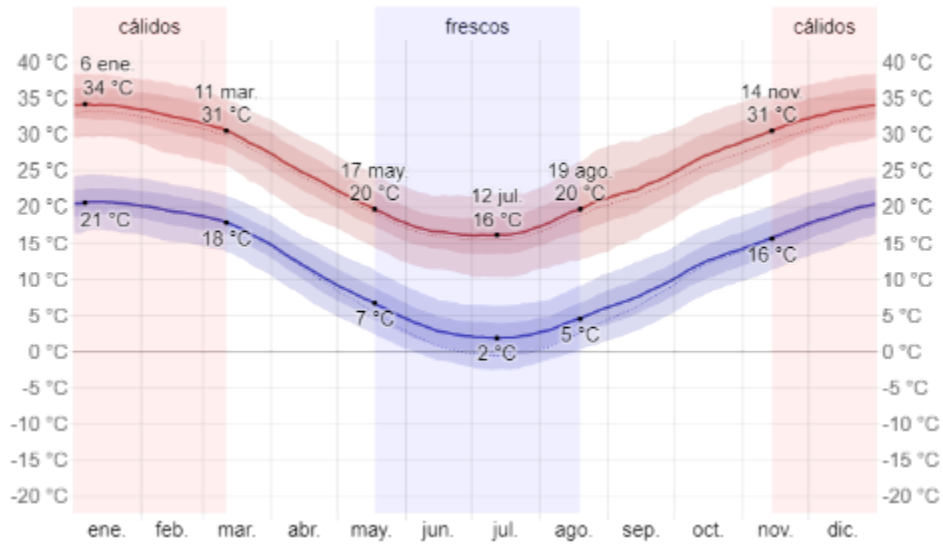


Figura 3-23: Curvas características de temperaturas mínimas y máximas Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

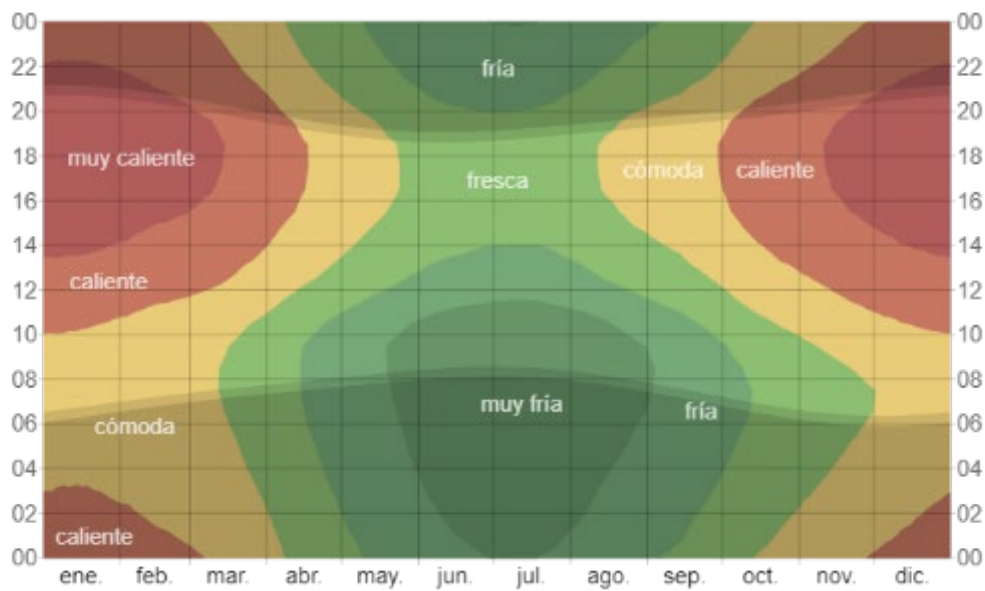


Figura 3-24: Mapa de índices de sensación térmica Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

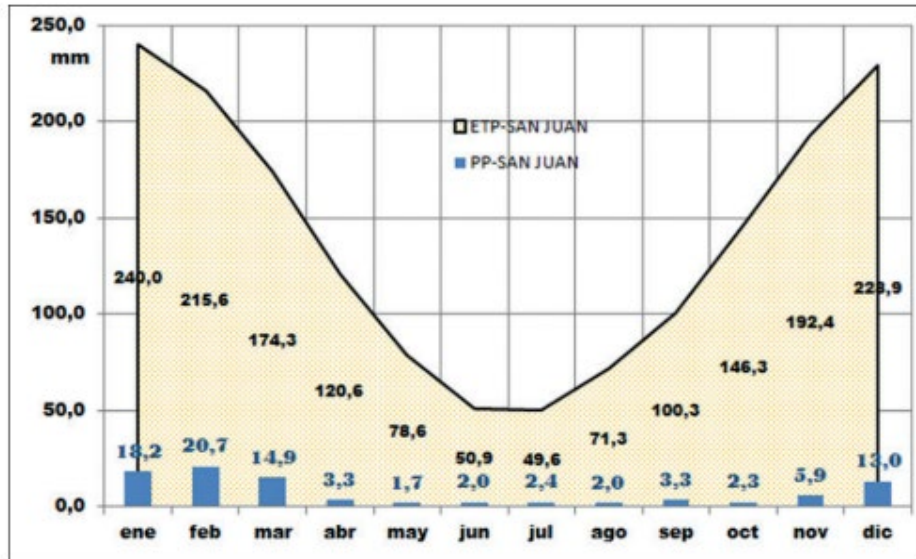


Figura 3-25: Déficit hídrico en el Valle del TULUM, comparación ETP (Evapotranspiración Potencial y precipitación media mensual Gentileza Arnobio G. Poblete (2015) Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ. Los datos diarios utilizados (periodo 1968-2014) estación agro-meteorológica de INTA

EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración es muy alta correspondiéndole los índices hídricos semiárido y árido (Thornthwaite) y se relaciona directamente con las horas de radiación solar incidente. Las condiciones del clima determinan que el suelo sea muy pobre en desarrollo (entisoles, aridisoles, molisoles). El tipo de vegetación presente es el arbustal resinoso micrófilo perennifolio o jarillal que compone una estepa mas o menos abierta con una altura de uno a dos metros, con dominancia de jarillas (*Larrea divaricata*, *L. cuneifolia* y *L. nitida* en diferentes combinaciones y otros arbustos como la mata sebo (*Monttea aphylla*) y la mata negra (*Bougainvillea spinosa*). También hay presencia de bosques de freatófilas de *Prosopis* spp. y de sauce criollo (*Salix humboltiana*) sobre los suelos con la napa freática no muy profunda o sobre las riberas de los cursos de agua permanentes. Por último, se desarrolla el pajonal-pastizal de gramíneas esclerófilas, como por ejemplo de *Sporobolus maximus* sobre suelos arenosos salobres; y pastizales o prados de efímeras de ciclo corto luego de las lluvias.

Los factores de control naturales principales son el déficit hídrico prolongado y sequías extraordinarias sobre suelos esqueléticos (Daniele y Natenzon 1994).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

HORAS DE SOL

El promedio de horas de sol para San Juan

En diciembre, en San Juan el mayor número de horas diarias de sol medida alcanzó un promedio de 11.93 horas de sol al día y un total de 369.91 horas de sol a lo largo de diciembre.

En San Juan se cuentan alrededor de 3531.62 horas de sol durante todo el año. En promedio, hay 116.16 horas de sol al mes.

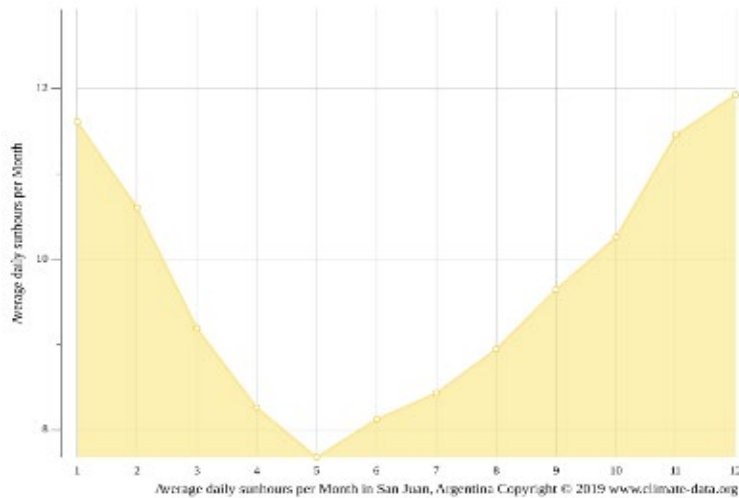


Figura 3-26: horas de sol mensuales Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

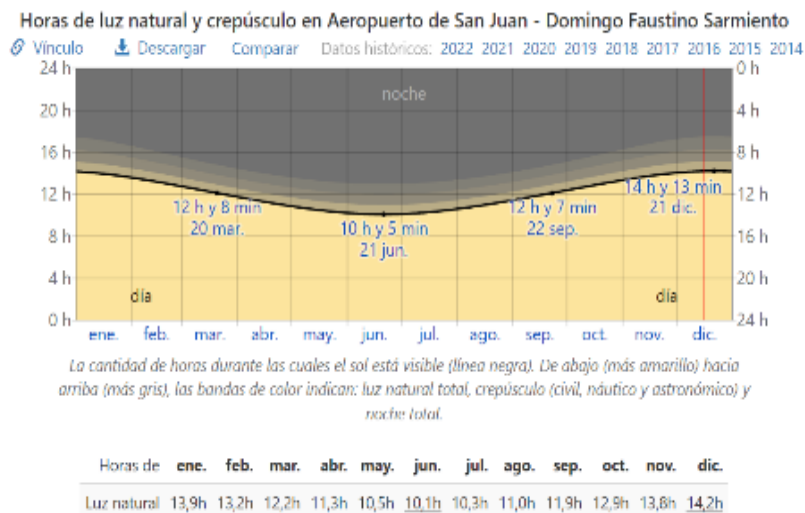


Figura 3-27: horas de luz natural mensuales Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

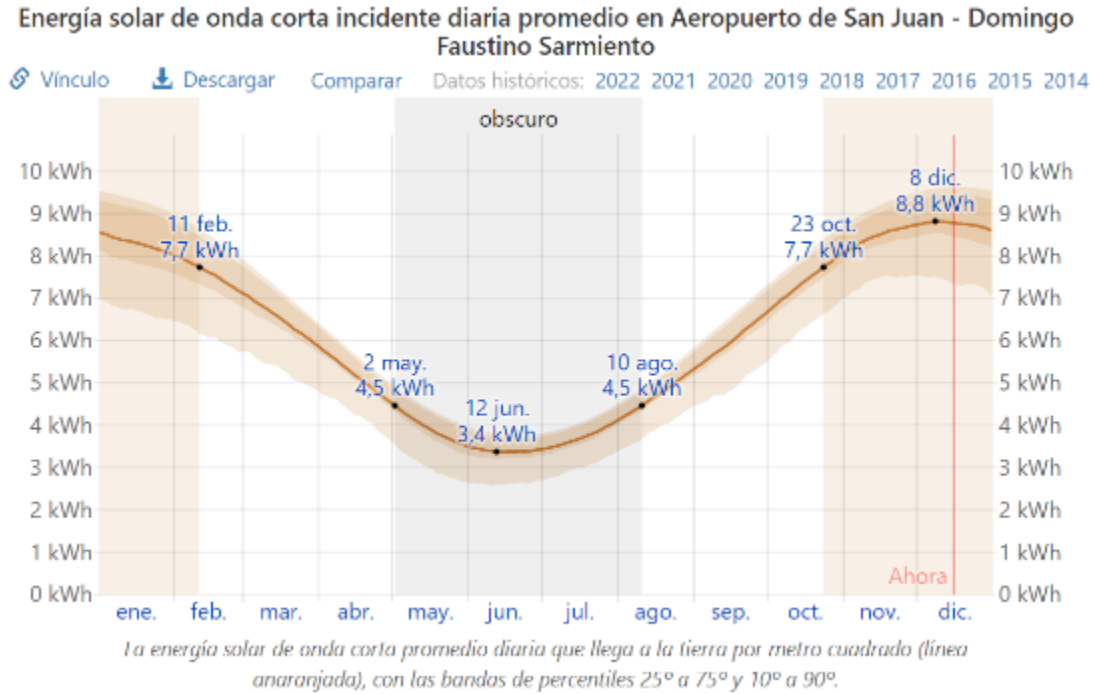


Figura 3-28: Energía solar de onda corta incidente diaria promedio Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark Vientos

En las zonas bajas de la provincia, durante todo el año los vientos son constantes, predominando el proveniente del cuadrante sur. El viento Sur, de carácter fresco y algo húmedo, es el generador de las tormentas intensas en las épocas estivales, a veces acompañadas de granizo que ocasionan severos daños a los cultivos.

Durante los meses de invierno se produce una rotación de los vientos al oeste y norte. Estos vientos, por ser más cálidos, atemperan las bajas temperaturas invernales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

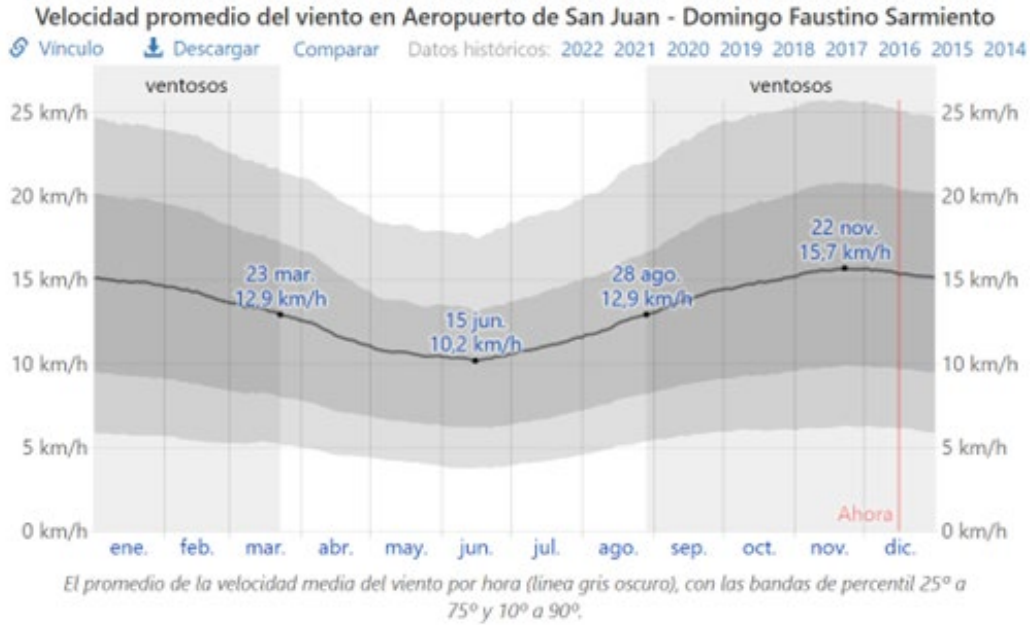


Figura 3-29: Velocidad promedio de viento Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

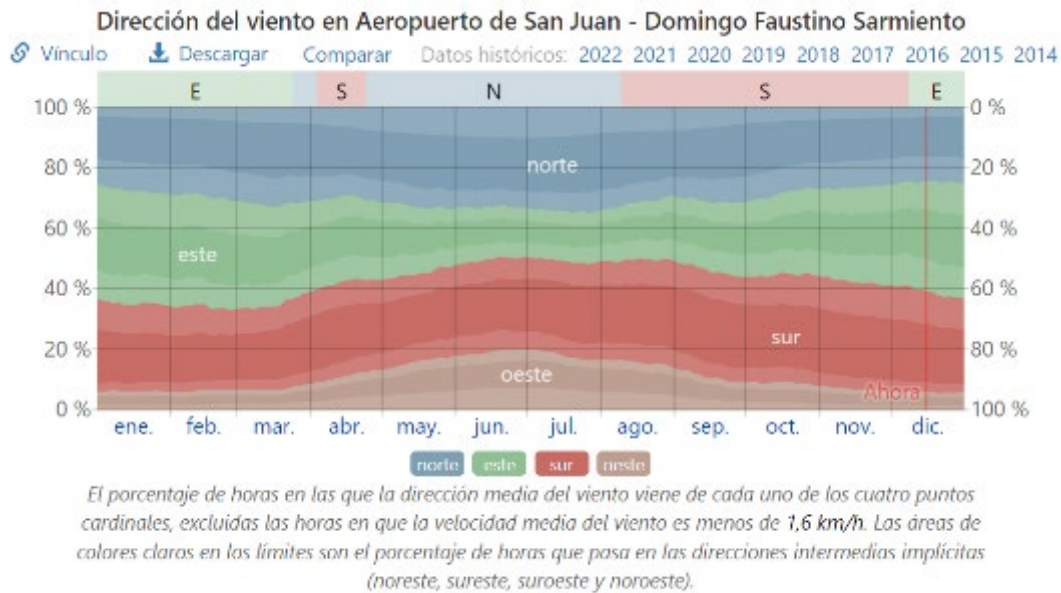


Figura 3-30: Dirección del viento Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

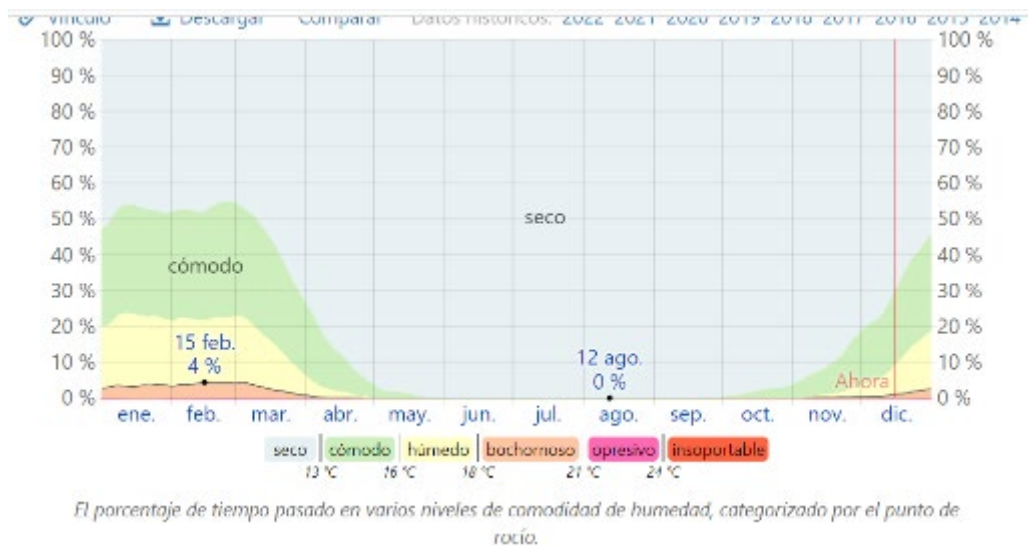


Figura 3-31: Niveles de Comodidad de humedad, punto de rocío. Aeropuerto Domingo Faustino Sarmiento, San Juan. Gentileza Informes climatológicos con el tiempo por mes, día y hasta hora Weather Spark

VIENTO ZONDA

Bajo determinadas condiciones atmosféricas del período comprendido entre mayo y noviembre de cada año, suele desarrollarse en los valles del faldeo oriental de la Cordillera de Los Andes y en las regiones situadas al este de la misma, desde la provincia de Jujuy hasta la de Neuquén, un viento caracterizado por extrema sequedad y elevada temperatura, el cual recibe el nombre de viento Zonda o sencillamente Zonda. Vientos de características similares siempre a sotavento de una montaña, cuando una corriente atmosférica intensa tiene que atravesarla. En los Alpes Austríacos este viento lleva el nombre de viento por Efecto Föhn que al descender por las laderas argentinas, produce circulaciones (vientos) termodinámicamente calientes y de baja humedad y en las Montañas Rocallosas de Norteamérica se lo conoce con el nombre de "Chinook".

El origen del nombre "Zonda" que identifica a este tipo de viento en nuestro país deriva del nombre de la Quebrada de Zonda, en la parte oriental de la Precordillera Oriental en la provincia de San Juan, lugar de donde proviene o "nace" dicho viento para los habitantes cuyanos, sanjuaninos.

El aire procedente del oeste, desde el océano Pacífico, se ve forzado a ascender sobre el obstáculo orográfico la cordillera, encontrando menores presiones lo que da lugar a su expansión a razón de

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

0.65°C cada 100 metros. Este mecanismo produce la condensación del vapor de agua que contiene generando nubes y precipitación. Una vez superado el obstáculo, desciende y por compresión aumenta su temperatura a razón de 1.0°C cada 100 metros, seco por haber dejado su humedad en las laderas de barlovento.

La diferencia entre las velocidades de calentamiento posterior y enfriamiento inicial se debe a que, en el proceso de ascenso, el vapor de agua al condensarse, entrega al aire una cierta cantidad de calor denominado "calor latente de condensación".

Al descender no pierde calor en la evaporación dado que es aire muy seco. Un pequeño cálculo arroja el siguiente resultado: una parcela de aire que tiene una temperatura de 15°C en la costa chilena llega al paso del Cristo Redentor (3.832 m de altitud), en Mendoza, con una temperatura de 10°C bajo cero aproximadamente y luego, a las ciudades de San Juan (630m) y Mendoza (703m) con temperaturas de 22°C y 21°C, respectivamente. El meteoro puede aumentar la temperatura alrededor de los 30°C o más y disminuir la humedad del ambiente hasta un 5 %, en las pocas horas que dura.

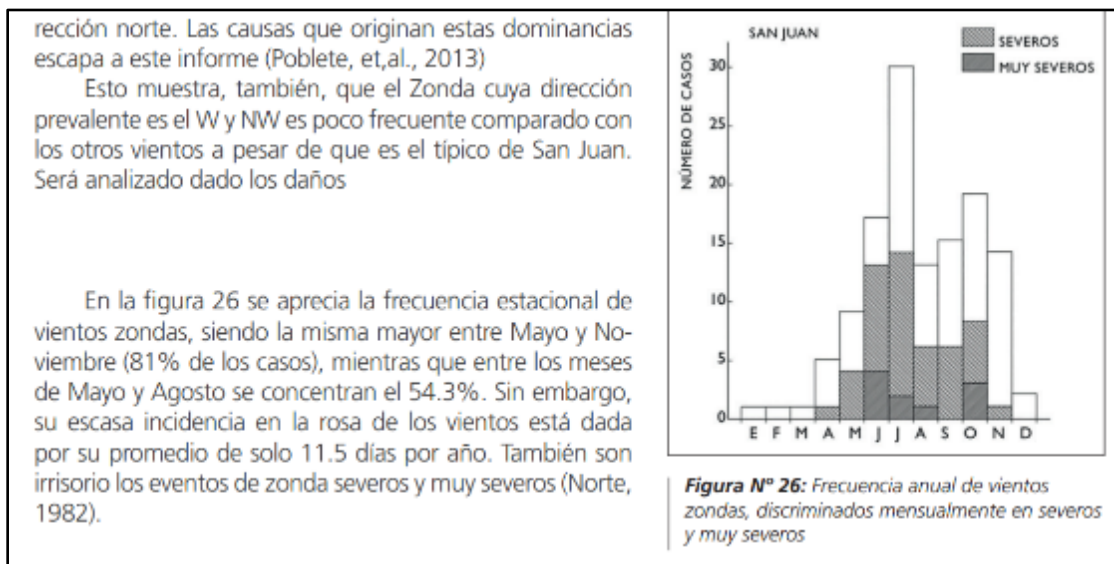


Figura 3-32: Frecuencia anual de vientos Zonda. Gentileza Norte, Federico Augusto (1988).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

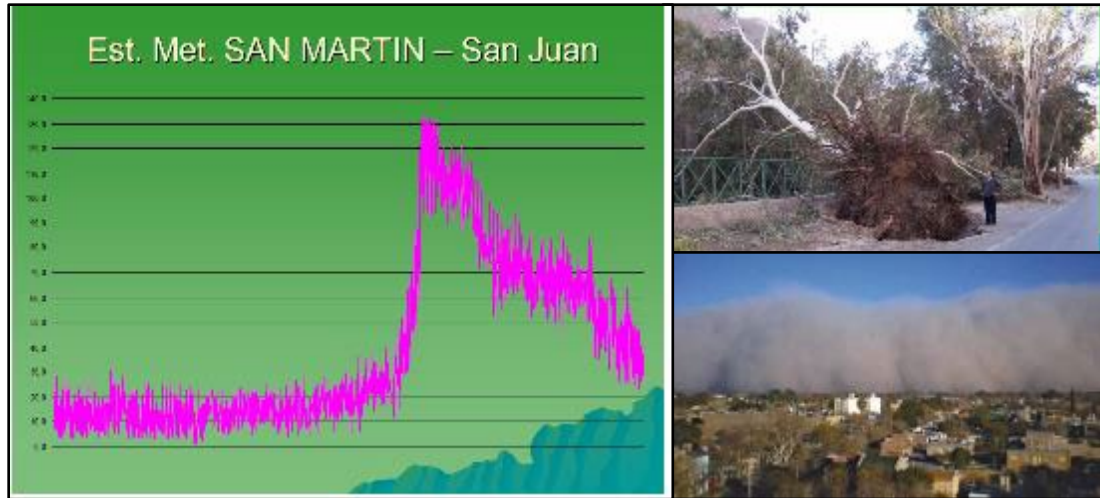


Figura 3-33: Intensidad de viento (km/h) ráfagas de 132 km/h Estacion Meteorologica San Martin el 11 de Julio de 2006. Gentileza Norte, Ana G. Ulke, Federico A. Norte, Silvia C. Simonelli, Maximiliano Viale, Depto. de Cs. de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA HÍDRICO DEL RÍO SAN JUAN

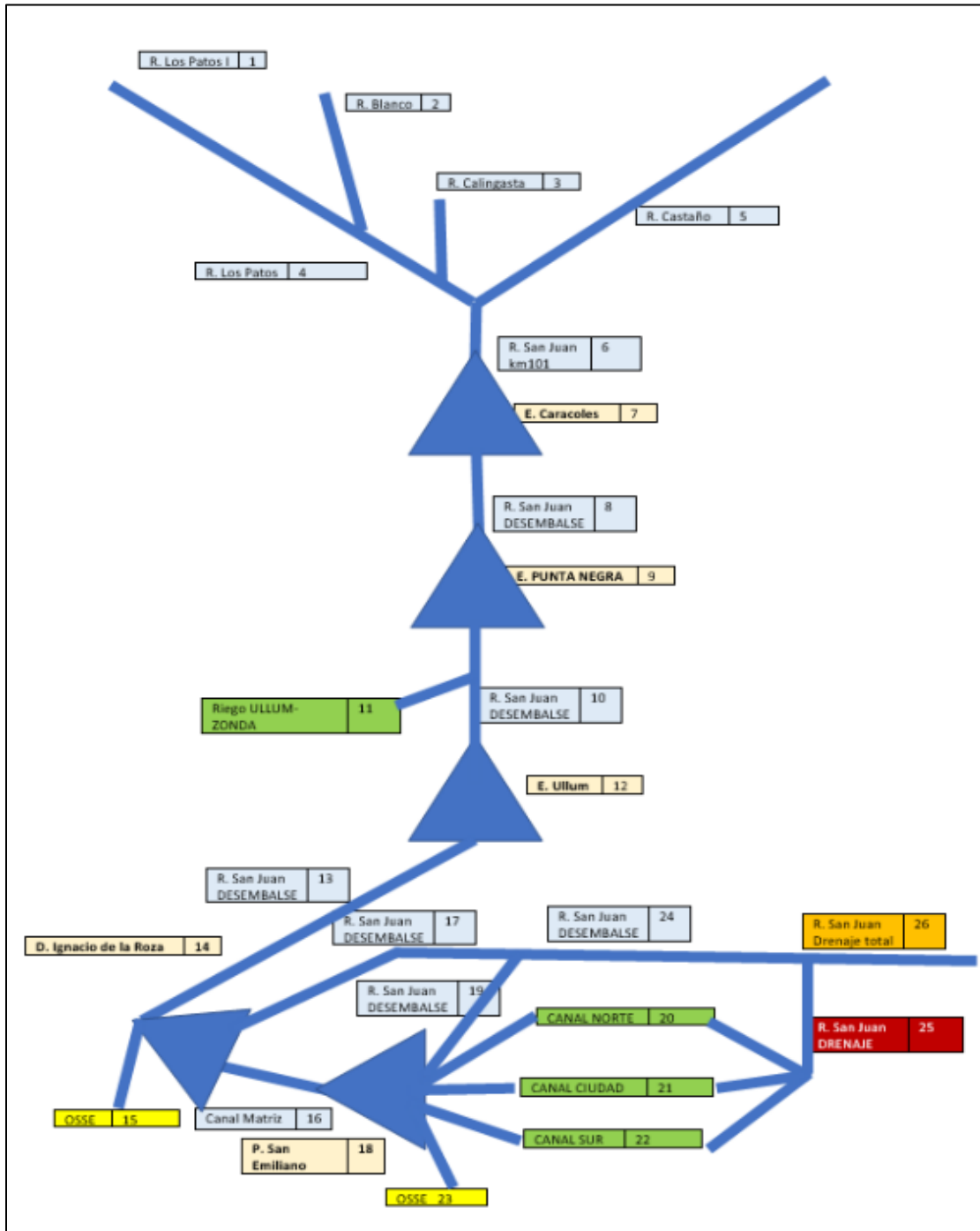


Figura 3-34: Modelo Conceptual Sistema Hídrico del río San Juan. Subdividido en 26 elementos. Dölling Oscar 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DEL MODELO CONCEPTUAL

ELEMENTO 1: SUBCUENCA DEL RÍO DE LOS PATOS SUPERIOR.

Es una subcuenca con una superficie de aportes de 3715 Km² que representa el 16% de la superficie total de la cuenca del río San Juan. Discurre en dirección sur-norte al pie de la cordillera y precordillera. En la zona del valle existe un pueblo llamado Villa de Calingasta. El río Los Patos Sur (Superior primer elemento del sistema analizado) se estimó un caudal promedio (entre 2008 y 2021 de unos 10,87 m³/s , esto es antes de la confluencia con el río Blanco. Su geografía es de un ancho valle, con aguas medio rápidas y lentas con abundantes brazos e islas. El cauce tiene un ancho medio de unos 40 m.

La única región de América del Sur, donde los climas continentales del tipo D están presentes, es en el Valle de los Patos Superior, en la provincia de San Juan, única zona del hemisferio sur con un clima continental propiamente dicho, con características de verano suave e invierno frío (Dsb), de acuerdo con la clasificación climática de Köppen.

El ecosistema está compuesto por: trucha arcoíris, truchas marrones y percas, con un porte promedio de 300 a 600 g y un récord reportado de 6 kg.

ELEMENTO 2: SUBCUENCA DEL RÍO BLANCO.

El río blanco nace de la confluencia del río Salinas y el río Santa Cruz en el sur del Departamento Calingasta. El segundo mencionado desciende desde la Laguna de los Erizos, que el 12 de noviembre del año 2005, se rompió el dique de hielo que tapaba su desagua natural y generó un histórico aluvión que pudo haber sido una catástrofe. En dicho evento escurrieron 32,1 millones de metros cúbicos de agua con lodo que recorrieron 254 km en aproximadamente 12 horas, desde la laguna de los Erizos hasta llegar primero a la ataguía del Dique Los Caracoles (que estaba en construcción) rompiéndola y luego a través del by pass de la obra hasta el Dique de Ullum, el pico de esa crecida se estimó en unos 1000 m³/s.

En su parte inicial, por los ríos Santa Cruz y Blanco (donde alcanzó su máximo caudal con 1.200 m³/s) aisló a unas 75 personas, entre puesteros, turistas y mineros. Debido a que el único camino

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

de acceso era el lecho del Río Blanco, el rescate sólo se pudo realizar en 4 helicópteros y por el viento en el área, comenzó recién el domingo 13 y se completó el martes 15. El alud, estimaron, arrasó con 100 animales de establos, principalmente cabras. Siete camionetas y dos casillas rodantes desaparecieron en minutos bajo el agua.

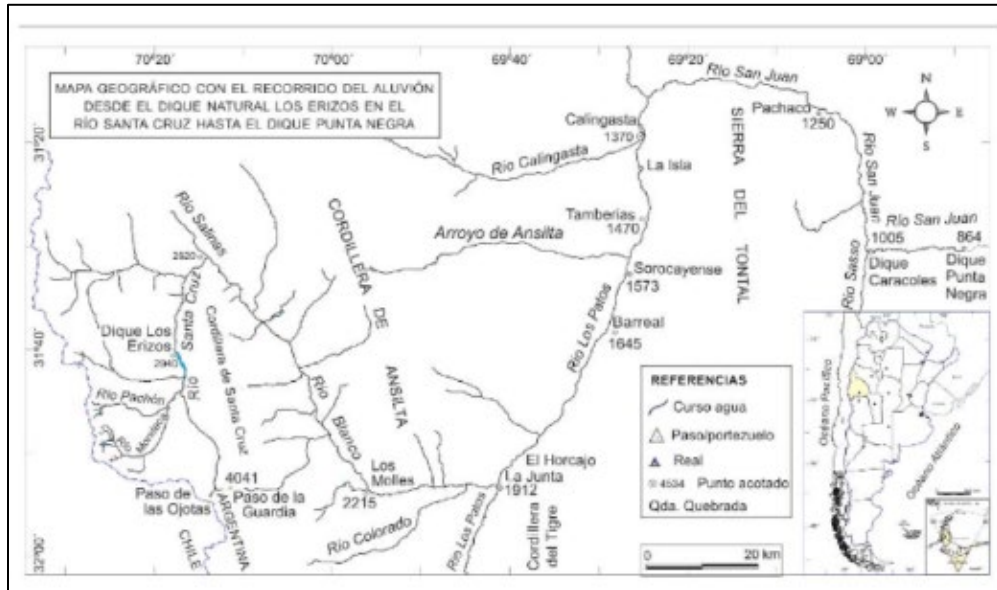


Figura 3-35: Mapa geográfico . Aluvión Los Erizos recorrido hasta el dique Punta Negra- 2005- *Gentileza D'odorico Patricio (2009)*

El Río Salinas proviene del Valle de los Azules. Ambos cursos de agua dan origen al río Blanco, cuyo tramo accesible para la pesca se encuentra desde el paraje El Molle aguas abajo. Es un curso de agua permanente ubicado en el extremo suroeste del departamento Calingasta que nace en los deshielos de la cordillera de los Andes a una altitud aproximada de 4000 msnm de Longitud 320 km y Superficie de cuenca 5030 km² representando el 22% del área de la cuenca del río San Juan y teniendo un Caudal medio (observado entre 2008 y 2021) de 21,25 m³/s. Se desarrolla en una quebrada ancha, con aguas variadas (rápidas, medio/rápidas y lentas) y tiene como afluentes principales al río Salinas y el río Santa Cruz. También recibe el aporte de aguas del Río Colorado y diversos arroyos.

ELEMENTO 3: SUBCUENCA DEL RÍO CALINGASTA

Es un curso de agua que nace en la Cordillera de los Andes a una altura aproximada de 2000 msnm y desemboca en el Río de los Patos a 1360 msnm. Posee una longitud de 25 km y una superficie

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

aproximada de cuenca de 1.415 km² representando el 6% del área de la cuenca del río San Juan , su caudal medio observado (entre 2008 y 2021) es de unos 1,98 m³/s.

ELEMENTO 4: SUBCUENCA DEL RÍO DE LOS PATOS INFERIOR

Es un curso de agua permanente que atraviesa de sur a norte en la zona centro este del departamento Calingasta, en el extremo suroeste de la provincia de San Juan, Argentina. Sus aguas provienen del deshielo de la cordillera de los Andes, teniendo como afluentes al río De los Patos Sur (superior) y el río Blanco. Su superficie de aporte se calcula en unos 4435 Km² representando el 19% del área de la cuenca del río San Juan.

El río Blanco desemboca en el río de los Patos, que junto al río de los Patos Sur, constituyen sus principales afluentes, se estima que el caudal del río los Patos luego de la confluencia con el Blanco y del río Calingasta es en promedio de 34,1 m³/s, presenta un ancho medio de unos 15 metros. Entre la fauna autóctona del río se destacan los bagres de torrente, también cuenta con salmónidos (introducidos), encontrándose la trucha marrón (*salmo trutta*) y la trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) en mayor cantidad. Con tamaños promedios de 300 g, habiéndose registrado récord de 6 kg.

ELEMENTO 5: SUBCUENCA DEL RÍO CASTAÑO.

El Río Castaño es un curso de agua permanente ubicado en el extremo noreste del departamento Calingasta, en el extremo suroeste de la provincia argentina de San Juan.

Tiene su nacimiento en la cordillera de los Andes Altitud a 1.836 msnm en la Junta entre los arroyos Atutía y San Francisco. El primero de ellos a su vez nace de la confluencia del río Cerrado y el río Negro, siendo una cuenca que recibe aportes del Río Valle Hermoso, el río Melchor, el arroyo Manantiales, entre otros. El río Atutía es un curso de aguas cristalinas durante gran parte del año, y grisáceas en los meses estivales producto del aumento del deshielo. El río San Francisco contrariamente al otro afluente, tiene mayor cantidad de arrastre y es el que suele enturbiar las aguas del Castaño. El río Castaño desemboca en el río de los Patos, junto a este forman el Río San Juan a 1320 msnm.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Su geografía es de una ancha quebrada con aguas rápidas, con ancho promedio de 10 m, con un caudal promedio (entre 2008 y 20221) de 4,4 m³/s y con una gran variedad de peces.

Se trata de un curso de agua con una longitud de 50 km y una Superficie de cuenca de unos 7.350 km² representando un 32% del área de la cuenca del río San Juan.

La fisonomía de su quebrada cambia a lo largo de su recorrido. Su nacimiento, junta del río Atutía y San Francisco, se da en una quebrada estrecha en el sector de la cordillera frontal de los Andes, que se abre luego de 20 km, al comienzo de la localidad de Villanueva. Desde allí el río se recuesta sobre su margen este, en las laderas de la precordillera, por una amplia quebrada pedregosa. Luego de 20 km, el curso del río cambia nuevamente, y escurre entre grandes alamedas, con pequeñas vertientes que afloran las márgenes de su quebrada.

Entre las especies autóctonas de la fauna ictícola, se encuentra el bagre de torrente, páncora, y la perca (trucha criolla) en su tramo inferior. Por otro lado, han sido introducidas, hace casi un siglo la trucha marrón (*Salmo Trutta*) más norteña de la Argentina. En su tramo inferior también se encuentra la presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Brinda sus aguas a las localidades de Villanueva, Puchuzún y Villacorrál, presentando en cada uno de dichos sitios características particulares, que lo hace un río muy versátil y diferente en sus distintos tramos.

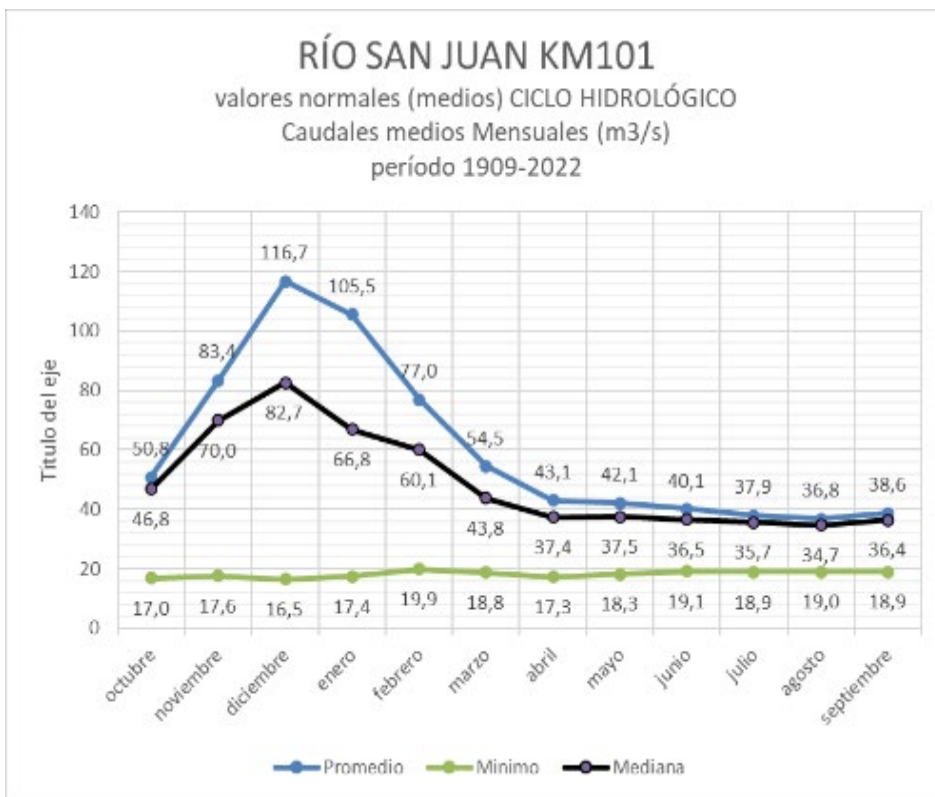
Es conocido por un sitio ideal para la práctica de la pesca deportiva, modalidad fly cast o spinning, habiéndose registrado ejemplares de trucha marrón de hasta 3 kg. Teniendo un tamaño promedio de 0,300 kg. Sus aguas, proveen a las localidades de Villanueva, Puchuzún y Villacorrál, pequeños poblados dedicados a la agricultura y pequeña ganadería.

Es un río de caudal estable entre los meses de marzo y noviembre, con crecidas estivales producto del deshielo de la Cordillera de los Andes, y en menor proporción de las lluvias de verano (a veces asociadas a grandes tormentas de granizo).

ELEMENTO 6: RÍO SAN JUAN PROPIAMENTE TAL

El río San Juan se forma cerca de la localidad de Calingasta, al sudoeste de la provincia, en la confluencia de dos principales ríos: el Río Castaño, y el Río de los Patos. Su caudal medio, en el período observado (1/09/2008 – 05/08/2021), fue de 38,57 m³/s, observado en la Estación de Aforo Km101 dependiente del Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



ESTACION DE AFORO KM47/KM101												
CAUDALES MEDIOS MENSUALES [m ³ /seg]												
	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre
Promedio	50,79	83,37	116,66	105,52	77,02	54,50	43,07	42,09	40,10	37,94	36,83	38,63
Maximo	118,67	262,24	690,17	662,68	462,71	216,33	131,91	118,46	99,45	87,57	79,17	96,77
Minimo	16,97	17,57	16,48	17,39	19,89	18,84	17,27	18,29	19,10	18,90	19,00	18,93
Mediana	46,77	69,97	82,67	66,81	60,06	43,76	37,43	37,52	36,50	35,68	34,66	36,43
Desvest	21,00	53,27	106,79	100,44	63,36	32,93	20,08	17,34	14,02	12,23	11,34	12,37

Figura 3-36: Caudales medios mensuales período 1909 a 2022. Estación km 101. Elaboración propia

A partir de Las Juntas el río ingresa en el ámbito de la Precordillera, escurriendo de oeste a este y describiendo en su trayecto una inflexión hacia el sur como consecuencia del control que sobre él ejerce la sierra de la Dehesa. En este ambiente semiárido, en el que las precipitaciones son inferiores a los 200 mm, el río ha excavado una profunda quebrada, desarrollando un valle de tipo antecedente.

Su hidrología es la de un curso de agua permanente, producto del deshielo de la Cordillera de los Andes que puede aumentar su caudal durante eventos pluviales de alta intensidad en épocas de verano especialmente en los meses de enero, febrero y marzo, ocasionando grandes arrastres de

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

sedimentos. Se presenta aquí una gráfica con los valores de caudales medios diarios del río San Juan registrados desde el año 2008 al 2021.

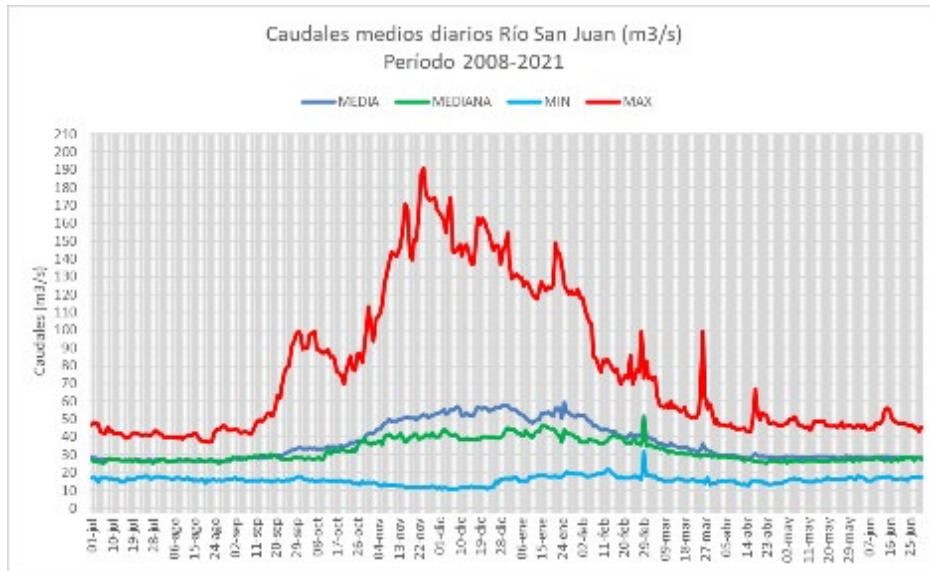
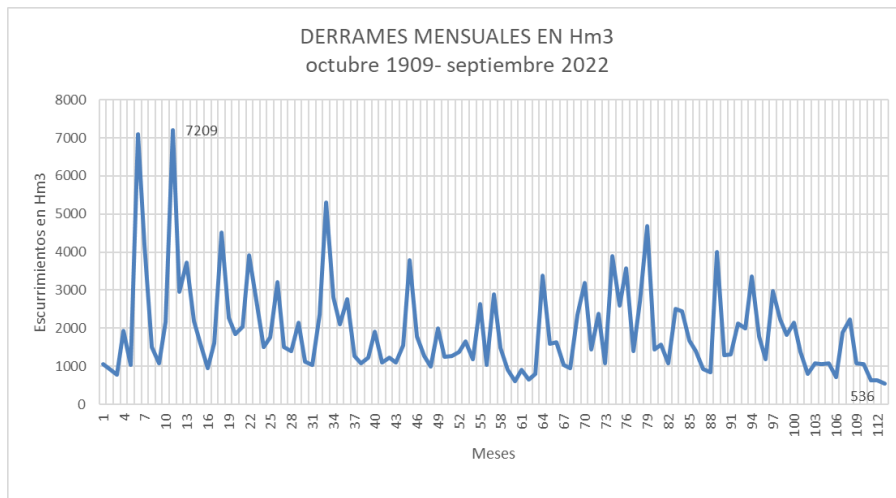


Figura 3-37: Caudales medios diario período 2008 a 2021. Estación km 101. Elaboración propia



VOLUMEN ESCURRIMIENTO ANUAL		
PROMEDIO	1939	Hm3
MAXIMO	7209	Hm4
MINIMO	536	Hm5
MEDIANA	1567	Hm6
DESVEST	1216	Hm7

Figura 3-38: Volúmenes de escurrimiento mensual en Hm3. Estación km 101. Período octubre 1909 a septiembre 2022. Elaboración propia

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ESTADÍSTICAS DEL SISTEMA HÍDRICO DEL RÍO SAN JUAN

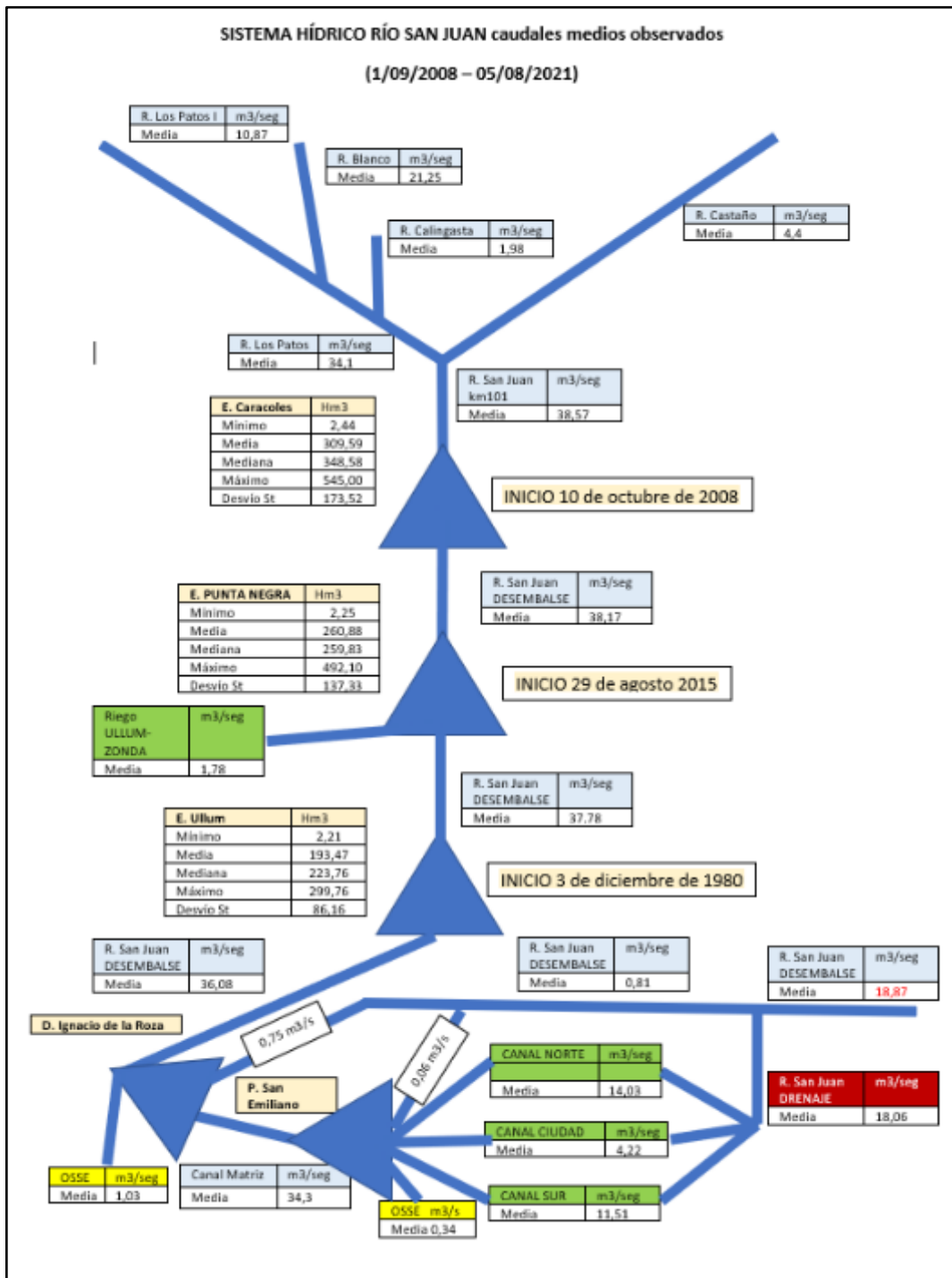


Figura 3-39: Valores característicos del Balance Hídrico (caudales en m3/s y volúmenes en Hm3). Modelo conceptual del sistema hídrico del río San Juan. Elaboración propia

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

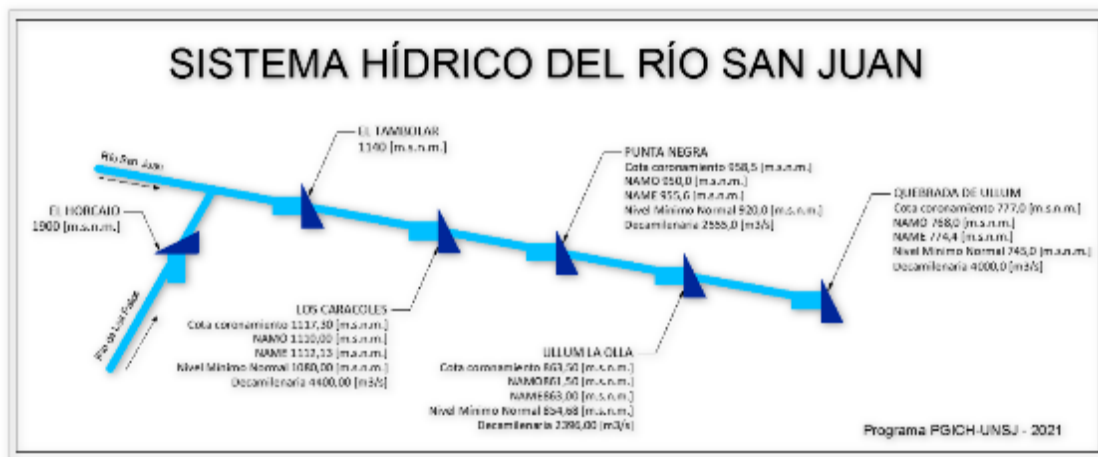


Figura 3-40: Esquema del sistema hídrico del río San Juan (embalse de El Horcajo es un proyecto y el embalse El Tambolar está en construcción)

ESQUEMA DEL SISTEMA DE EMBALSES SOBRE EL RÍO SAN JUAN

Se presenta un esquema del Sistema de embalses en cadena ubicados sobre el cauce del río San Juan. EN particular se destaca que el embalse El Tambolar se encuentra hoy en construcción y que el embalse EL Horcajo aún esta a nivel de proyecto.

ELEMENTO 7: DIQUE PRESA EMBALSE LOS CARACOLES

La presa Los Carcoles está ubicada sobre el cauce del río San Juan a 53 kilómetros al oeste de la ciudad capital de San Juan, a la altura de la quebrada de Los Caracoles en las coordenadas 31° 31' 06" Sur y 68° 58' 54" Oeste. La población más cercana es la ciudad de Ullúm y su principal uso es la generación de energía y riego. Su construcción se inicia el 22 de Octubre del año 2001, se comienza a llenar el 10 de octubre de 2008 y la central se puso en funcionamiento el 18 de Junio del 2009; comienza su operación bajo el control de Energía Provincial Sociedad del Estado (E.P.S.E.), en la misma fecha.

Recibe los aportes del río San Juan cuyo caudal medio anual histórico es de 62,00 m³/s, habiéndose observado crecidas de hasta 744,00 m³/s. Entre el año 2008 y el año 2022 este caudal medio anual se redujo a 38.57 m³/s promedio.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Además, recibe aportes eventuales del río Sasso originados en las lluvias que generalmente ocurren en verano y suelen ser torrenciales (lluvias de tipo convectivo) generando altos escurrimientos con gran aporte de sedimentos en suspensión.

Embalse	Caudal medio anual entrada (modulo de río)	62,00 m ³ /s	
	Caudal crecida decamilenaria	4400,00 m ³ /s	
	Caudal máximo de crecida registrado	744,00 m ³ /s	4
	Area del embalse a nivel máximo normal	12,93 Km ²	
	Volumen del embalse a nivel máximo normal	566,21 Hm ³	
	Precipitación media anual	83,00 mm	

Tabla 3-1: Datos básicos presa embalse Los Caracoles, San Juan Argentina

La presa tiene eje recto, es de materiales sueltos con pantalla de hormigón aguas arriba, con una altura sobre lecho del río de 128,80 m (el coronamiento está a cota 1119,20 m.s.n.m) y una longitud de 620,00 m, lo que le permite almacenar 566,21 Hm³ para su nivel maximo extraordinario (NAME) y ocupa una superficie inundada de 12,93 Km².

ESQUEMA DE PLANTA DEL COMPLEJO LOS CARACOLES

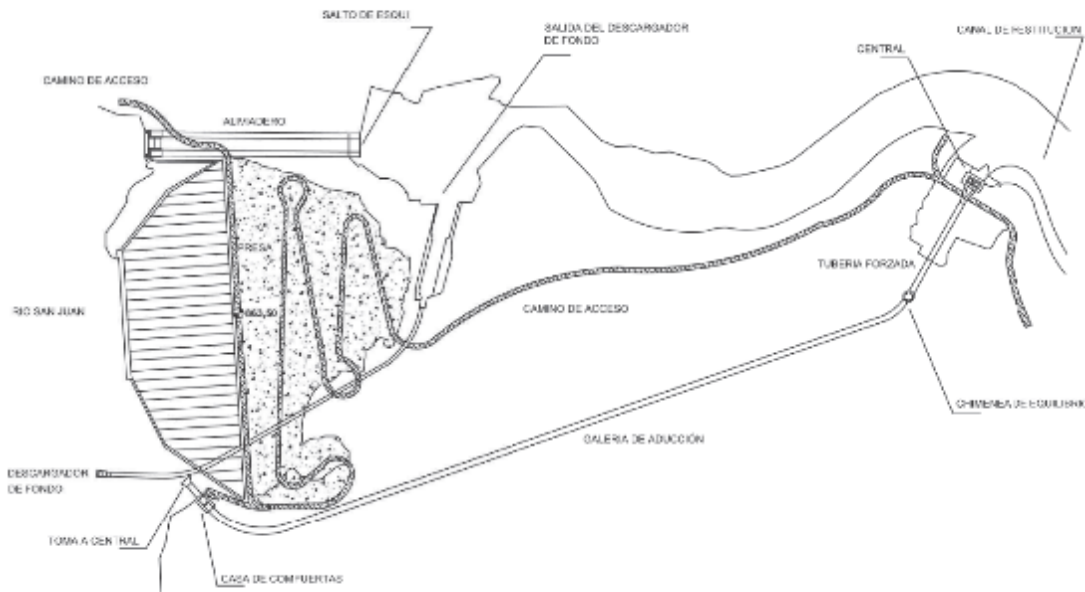


Figura 3-41: Planta del Complejo Hidroeléctrico Los Caracoles, (incluye la presa y la central) San Juan Argentina. Inventario de Presas y Centrales Hidroeléctricas de la República Argentina (Dölling et all 2010)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Se presenta aquí la curva cota-volumen del vaso extraída del Manual del Sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021) que tiene un riguroso trabajo de purificación de datos reales realizado a partir de técnicas de balance de agua diario encomendado por la Secretaría del Agua y Energía de la provincia de San Juan. Se estima en 83mm la precipitación media anual en la zona de emplazamiento. El nivel máximo operativo normal (NAMO) es de 1110

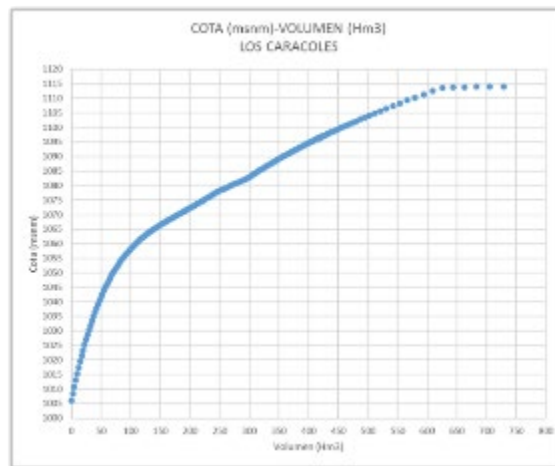


Figura 3-42: CURVA COTA-VOLUMEN AJUSTADA PARA EL VASO DEL EMBALSE LOS CARACOLES, Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

m.s.n.m. y el nivel máximo extraordinario (crecidas) es NAME = 1112,13 m.s.n.m. mientras que el nivel mínimo operativo es de 1080 msnm.

El aprovechamiento incluye una central hidroeléctrica que posee 2 turbinas tipo Francis, con una potencia unitaria de 62,60 MW y 125,2 MW instalados total, caudal máximo de 46,53 m³/s cada una y una generación media anual prevista de 715,00 GWh. Para alimentar la central la instalación esta provista de una derivación a la central hidroeléctrica con tubería forzada de 5,5 metros de diámetro y 273 metros de largo con capacidad de 93 m³/s máxima con una chimenea de equilibrio para control de golpe de ariete.

La presa Los Caracoles posee un descargador de fondo que tiene 2 compuertas planas con

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

una capacidad de descarga máxima de 150.89 m³/s cada compuerta es decir 301,78 m³/s de capacidad total de este órgano de control de erogaciones. Además, posee un aliviadero de crecidas que está diseñado para erogar 993 m³/s a través de 2 túneles que desembocan en un salto de esquí y que fue diseñado para manejar una crecida máxima probable de diseño del embalse de 4400 m³/s para cota de espera definida.

RANGOS DE OPERACIÓN			
Saltos Operativos	Mínimo	126,6	[m]
	Máximo	155,9	[m]
Caudales	Mínimo	22,00	[m ³ /s]
	Máximo	46,53	[m ³ /s]
Potencia	Unitaria	62,6	[MW]
	Instalada	125,2	[MW]

Tabla 3-2: Rangos operativos de las Turbinas del embalse Los Caracoles, San Juan Argentina.
Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

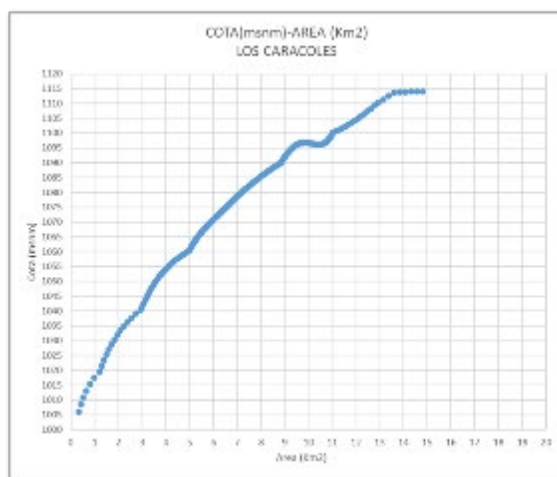


Figura 3-43: CURVA COTA-VOLUMEN AJUSTADA PARA EL VASO DEL EMBALSE LOS CARACOLES,
Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	1017,0	[m.s.n.m.]
	Máximo	1110,0	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	7,0	[m ³ /s]
	Máximo	301,78	[m ³ /s]
Aperturas	Mínimo	10,0	[%]
	Máximo	100,0	[%]
Presa	Cota coronamiento	1117,30	[m.s.n.m.]
	NAMO	1110,00	[m.s.n.m.]
	NAME	1112,13	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	1080,00	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	4400,00	[m ³ /s]

Tabla 3-3: Rangos operativos del Descargador de Fondo de Los Caracoles. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	1097,0	[m.s.n.m.]
	Máximo	1116,4	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	120,0	[m ³ /s]
	Máximo	3200,0	[m ³ /s]
Aperturas	Mínimo	0	[°]
	Máximo	34,0	[°]
Presa	Cota coronamiento	1117,30	[m.s.n.m.]
	NAMO	1110,00	[m.s.n.m.]
	NAME	1112,13	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo Normal	1080,00	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	4400,00	[m ³ /s]

Tabla 3-4: Rangos operativos de vertedero presa Los Caracoles. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

La figura 3-44 muestra el registro histórico diario de cotas del nivel de agua en el embalse Los Caracoles, desde el año 2009 hasta hoy. Como puede observarse actualmente el embalse se

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

encuentra a cota 1030 msnm que está muy por debajo de su cota operativa mínima normal y por lo tanto al límite de las Normas de seguridad recomendadas por ICOLD (International Commission on Large Dams). Mantener este nivel tan bajo puede producir el avance de corrientes de densidad de los sedimentos que se han depositado en la desembocadura del río San Juan (cola del embalse) y la desembocadura del río Sasso.

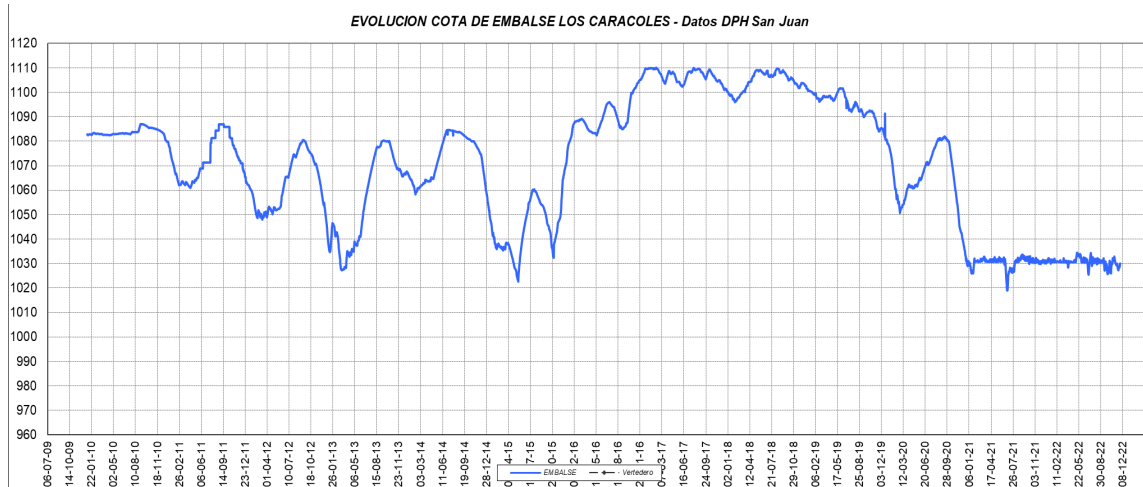


Figura 3-44: Foto registro histórico diario del nivel de agua en la presa Los Caracoles, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)

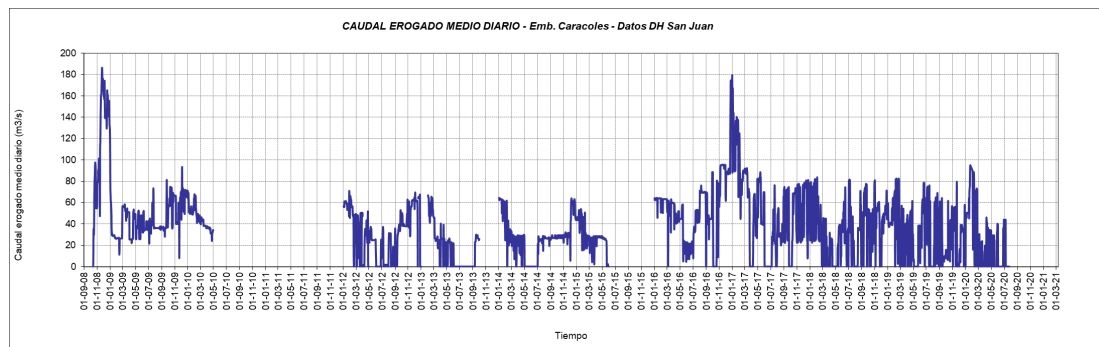


Figura 3-45: Foto registro histórico diario del caudal erogado medio diario de la presa Los Caracoles, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2020)

Para mayores detalles técnicos de esta obra, como curvas de funcionamiento de los diferentes órganos de control (compuertas y turbinas) se puede consultar el “Inventario de Presas y Centrales de la Republica Argentina- Volumen 3” de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina (Editor: Dölling, O.R Redactor: Daroni, Sergio, et all año 2010- 2012). Y el Manual de Usuario Sistema SARH-San Juan (PGICH-UNSJ-2021) Para mayores detalles de la operación a

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

tiempo real y mantenimiento de la obra consultar a E.P.S.E.: Agustín Gnecco (S) 350 - CP: J5402 FRB. San Juan, Argentina. Tel.: 0264- 4224426 / 27. www.epse.com.ar

ELEMENTO 9: DIQUE EMBALSE PUNTA NEGRA

La presa embalse Punta Negra fue inaugurada el 29 de agosto de 2015, está ubicada sobre el Río San Juan en el kilómetro 35 de la Ruta Provincial 12 al oeste a 28 km de la Ciudad de San Juan, en el límite entre los departamentos Ullúm y Zonda y 17 km aguas arriba de la Presa de Quebrada de Ullum al este a 16 km aguas debajo de la Presa Los Caracoles.

Se implanta en un ambiente montañoso, perteneciente al macizo paleozoico de Precordillera, sobre una quebrada producto de erosión hídrica llevada a cabo por el río San Juan. El área de influencia directa del proyecto comprende los valles de: Ullúm - Zonda y Tulúm.

La presa es de tipo "CFRD", es decir su cuerpo está formado por rellenos naturales de arena y Grava compactados protegidos por una pantalla impermeable de hormigón armado en la cara en contacto con el agua del embalse, estas pantallas de hormigón tienen 15 metros de ancho cada una, tienen un espesor variable, desde los 60 centímetros en su base hasta 20 centímetros en su coronamiento y son de altura variable dependiendo del punto de ubicación, se colocaron a lo largo de toda la longitud del paredón y miden unos 110 mts de largo cada una. El espejo de agua a cota máxima ocupa 1.250 ha. La elevación de Coronamiento es de 958 msnm, mientras que la altura promedio sobre el lecho del río es de 97 m.

La altura Máxima de la presa es de 118 metros, tiene una Longitud de coronamiento de 749 metros. Para construirla fueron ocupados un Volumen de relleno de 8,7 millones m³, el vaso del embalse tiene una capacidad de almacenamiento de 500 hm³ par el nivel operativo máximo normal NAMO (para más detalle ver curva cota-volumen).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

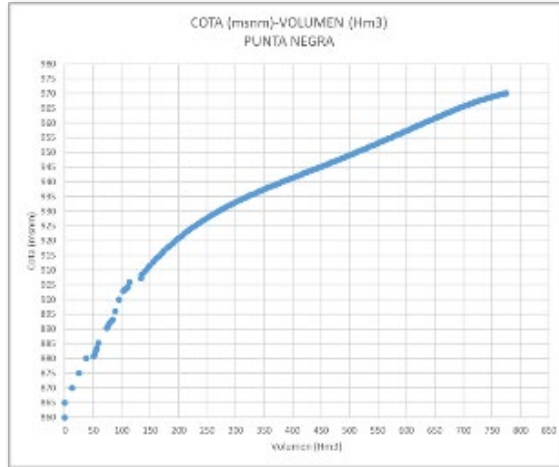


Figura 3-46: Curva ajustada que representa la cota sobre el nivel del mar Y (msnm) versus el volumen acumulado del embalse de Punta Negra (Hm3) X. Calibración realizada por proyecto SARH- San Juan ver Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

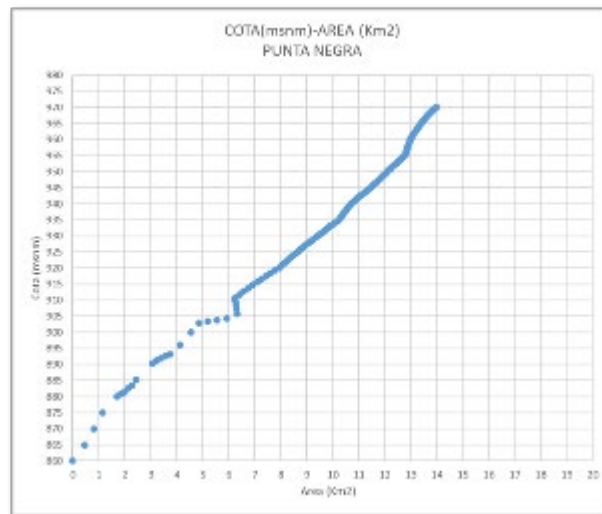


Figura 3-47: Curva ajustada que representa la cota sobre el nivel del mar Y (msnm) versus el area superficial del embalse de Punta Negra (Km2) X. Calibración realizada por proyecto SARH- San Juan ver Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH)

Al embalse Punta Negra se lo opera como embalse compensador del funcionamiento de la Represa Los Caracoles y es un elemento importante para optimizar la regulación del río San Juan. Los objetivos principales del proyecto son el desarrollo económico de la provincia de San Juan, la sustentabilidad de los sistemas de riego y drenaje en los valles de Tulúm y Ullúm – Zonda y la sustentabilidad del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La central hidroeléctrica generalmente opera en las horas de valle y resto, sirviendo de embalse compensador por la energía generada en las horas pico en la Central Hidroeléctrica Los Caracoles. La energía eléctrica producida en las centrales hidroeléctricas del río San Juan son inyectadas directamente al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), utilizándose la presa embalse para incrementar el control y disponibilidad de agua para fines agrícolas, además del control de sedimentos y manejo de crecidas. La construcción de la presa constituyó además un impacto positivo sobre el desarrollo turístico regional, tanto por las actividades de recreación vinculadas por la represa como por el mejoramiento de la infraestructura energética.

Posee una central hidroeléctrica provista de dos turbinas tipo Francis de eje vertical, son de origen ruso y producen electricidad (13800 voltios) a 300 revoluciones por minuto (rpm). Las obras principales que constituyen el aprovechamiento hidroeléctrico son : - Toma de agua en el embalse, Conducto forzado del agua de 5 mts de diámetro, 2 válvulas mariposa, y Casa de Máquinas (Central Hidroeléctrica). Todas estas obras se emplazan en la margen izquierda de la Presa y existen además otras obras accesorias principales como son el Alviadero y el Descargador de fondo.

Detalle del Equipamiento Hidro-mecánico de la casa de máquinas:

- Tipo: Francis, Eje vertical (2 unidades)
- Salto neto Nominal: 80.07 m
- Velocidad de Giro: 300 rpm
- Potencia Nominal por cada Grupo; 31.64 MW (en total son 65 Mw)
- Tension de generación: 13800 volts
- Producción Energética Media Anual: 380 GWh / año

Generadores:

- Tipo: Síncrono , de eje vertical 2 unidades
- Potencia Unitaria: 42 MVA

Estas dos turbinas tienen casi seis metros de diámetro. El peso de cada una de ellas es de 226 toneladas en total. Solo el rotor –eje y bobinado- pesa 91 toneladas y fueron transportados ya armados desde Rusia. Las turbinas tienen un rendimiento hidráulico mayor al 98 por ciento. Ambas cuentan con álabes de distribuidor controlados por un tablero regulador de velocidad para mantener constante las revoluciones por minuto.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Toda la energía producida es inmediatamente entregada a la subestación distribuidora que está instalada en el lugar, la cual convierte lo obtenido y lo lleva hasta los 132 kV para incorporarlo a lo producido en Caracoles. La Estación de Maniobras de Punta Negra es de 132 kV, compuesta por 7 campos y una doble barra de con acoplamiento intermedio. En sus primeros 2 campos (1 y 2) acomete la Central Hidroeléctrica. En los campos 3 y 4 llega la línea desde la Central Hidroeléctrica Los Caracoles. Toda la energía generada es evacuada por los campos 5 y 6 hacia a la Estación Transformadora Punta de Rieles. Por último en el campo 7 se encuentra el acoplamiento de barras. Luego, toda esta energía hidroeléctrica generada es inyectada a unas líneas de alta tensión para ser administrada por CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima), quien luego la distribuye al Sistema Interconectado Nacional.

RANGOS DE OPERACIÓN			
Saltos Operativos	Mínimo	56,77	[m]
	Máximo	89,46	[m]
Caudales	Mínimo	8,5	[m ³ /s]
	Máximo	52,0	[m ³ /s]
Potencia	Unitaria	31,6	[MW]
	Instalada	62,9	[MW]
Presa	Cota	958,5	[m.s.n.m.]
	NAMO	950,0	[m.s.n.m.]
	NAME	955,6	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	920,0	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	2555,0	[m ³ /s]

Tabla 3-5: Rangos operativos de las Turbinas del embalse Punta Negra, San Juan Argentina. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

Aliviadero: es una obra de seguridad para evacuar altos volúmenes de agua que excedan la capacidad del embalse y su ubicación tiene lugar en la margen izquierda. Es un vertedero libre, o sea sin compuertas; de superficie con canal /rápida exterior. Está diseñado para operar con un caudal maximo de 3.500 m³/s.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	950,0	[m.s.n.m.]
	Máximo	955,6	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	0,0	[m ³ /s]
	Máximo	3600,0	[m ³ /s]
Presa	Cota coronamiento	958,5	[m.s.n.m.]
	NAMO	950,0	[m.s.n.m.]
	NAME	955,6	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	920,0	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	2555,0	[m ³ /s]

Tabla 3-6: Rangos operativos del aliviadero de la presa Punta Negra. *Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).*

Descargador de fondo: es utilizado para el desvío del río durante la construcción de la presa, el mismo, se encuentra ubicado en la margen derecha. Se instalaron compuertas para cerrar el paso del agua permitiendo el llenado del embalse.

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	878,00	[m.s.n.m.]
	Máximo	958,5	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	4,62	[m ³ /s]
	Máximo	125,78	[m ³ /s]
Aperturas	Mínimo	10,0	[%]
	Máximo	100,0	[%]
Presa	Cota coronamiento	958,5	[m.s.n.m.]
	NAMO	950,0	[m.s.n.m.]
	NAME	955,6	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	920,0	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	2555,0	[m ³ /s]

Tabla 3-7: Rangos operativos del descargador de fondo de la presa Punta Negra. *Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DESEMBALSE HACIA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ULLUM I-II

En el Dique Punta Negra se encuentra un canal que deriva agua a la cámara de carga de la Central Hidroeléctrica Ullum I II conocida localmente como (la Olla) cuyo canal de restitución devuelve el agua en la cola del Dique de Ullum.

La Central Hidroeléctrica Ullúm (45 MW) se encuentra ubicada sobre el tramo medio del río San Juan, a 34 km de la capital provincial, fue construido en 1967 y constituyó la fase inicial de las obras encaradas para el Aprovechamiento Integral del río San Juan. El Dique derivador original construido en 1967 ha sido reemplazado hoy por el actual Dique de Punta Negra. La principal obra para su funcionamiento es el canal aductor de sección rectangular excavado en roca y revestido en hormigón, cámara desarenadora, canal colector, canal aductor a la cámara de carga de 9,5 km de longitud con sus obras de arte y canal de fuga de 2,8 km ejecutado a cielo abierto. La cámara desarenadora es una estructura que cubre una superficie de más de 10.000 m². Está formada por 24 celdas de 80 m de longitud y de sección rectangular variable de 5,00 m x 2,75 m a 5,00 m x 4,75 m.

Este Complejo Hidroeléctrico Ullum – La Olla cuenta con dos turbinas de Tipo Francis de características similares, pero con funcionamiento ligeramente diferente.

La central posee 2 turbinas Francis, con una potencia unitaria de 22,50 MW y una generación media anual de 225,00 GWh.

RANGOS DE OPERACIÓN			
Saltos Operativos	Mínimo	73,6	[m]
	Diseño	74,0	[m]
Caudales	Mínimo	22,1	[m ³ /s]
	Máximo	36,5	[m ³ /s]
Potencia	Unitaria	22,5	[MW]
	Instalada	45,0	[MW]
Presa	Cota coronamiento	863,50	[m.s.n.m.]
	NAMO	861,50	[m.s.n.m.]
	NAME	863,00	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo Normal	854,68	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	2396,00	[m ³ /s]

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Tabla 3-8: Rangos operativos de las turbinas de la central Ullum I-II. *Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).*

El canal de restitución de esta central desagua en la cola del embalse de Ullum restituyendo el agua al sistema hídrico para poder ser aprovechada por el sistema de riego.

Para mayores detalles técnicos de esta obra, como curvas de funcionamiento de los diferentes órganos de control (compuertas, válvulas y turbinas) se puede consultar el “Inventario de Presas y Centrales de la Republica Argentina- Volumen 3” de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina (Editor: Dölling, O.R Redactor: Daroni, Sergio, et all año 2010- 2012) y/o el Manual de Usuario Sistema SARH-San Juan (PGICH-UNSJ-2021). Para mayores detalles de la operación a tiempo real y mantenimiento de la obra consultar a E.P.S.E.: Agustín Gnecco (S) 350 - CP: J5402 FRB. San Juan, Argentina. Tel.: 0264- 4224426 / 27. www.epse.com.ar

ELEMENTO 11: DERIVACIÓN DE AGUA PARA RIEGO A ZONDA Y ULLUM.

Es otra obra hidráulica de interés aguas debajo de Punta Negra es la toma que deriva agua de riego a los Departamentos de Zonda y de Ullum.

El oasis de Ullum-Zonda está localizado en el centro-sur de la provincia de San Juan y separado del oasis de Tulum por la loma de Ullum, la serranía de Marquesado y la sierra Chica de Zonda.

Las aguas del curso inferior del río San Juan sortean la Precordillera y por el cambio de pendiente forman un abanico aluvial en el que se emplaza gran parte del oasis.

Está conformado por parte de los departamentos Ullum, al norte, y Zonda, al sur; tiene una máxima extensión de 23 km en sentido meridiano, 10 km en sentido este-oeste y abarca una superficie aproximada de 100 km².

Zonda-Ullum es un oasis productivo con agricultura bajo riego artificial, de alta especialización y utilización intensiva de los suelos, que ha experimentado una importante variación de la superficie cultivada (figura 36). En la cartografía se representa la evolución de los espacios cultivados y construidos, se confeccionó a partir de la interpretación visual de fotografías aéreas del vuelo 2014 del Instituto Geográfico Nacional, de imágenes satelitales Landsat (MSS, TM) para los años 1973 y 1995, con el apoyo de relevamiento de campo y cartas antecedentes producto de interpretaciones del vuelo de 1973.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En el período adoptado para el análisis se han registrado cambios que contribuyeron a la transformación del oasis: construcción de obras públicas, aplicación de políticas nacionales y provinciales y avance del uso residencial. En el primer caso, como forma de apoyar el desarrollo productivo proporcionando agua de riego y energía hidroeléctrica indispensable para el proceso de industrialización. Entre ellas se pueden citar en 1969 la puesta en marcha del proyecto presa embalse Quebrada de Ullum y obras complementarias, su construcción a partir de 1971 y posterior llenado en 1980; la ejecución de obras complementarias (dique lateral, relocalización de rutas) y de la usina hidroeléctrica Ullum I-II.

Por otra parte, la implementación y aplicación en la década de 1990 de la Ley Nacional N° 22.973 que creaba condiciones favorables para la radicación de empresas en regiones del interior del país, mediante un sistema de promoción basado en el diferimiento del pago de impuestos, tuvo lugar un fuerte proceso de reconversión de la agroindustria sanjuanina por la necesidad de adaptar el sistema productivo.

Ullum tiene una superficie cultivada de 3.072 hectáreas, mayormente abastecidas a través de redes de riego. De ese total, el 54 por ciento se encuentra ocupado por vides, el 27 por ciento por olivos y el 9 por ciento por frutales. En menor proporción, le siguen las explotaciones forestales, las pasturas y las huertas familiares. El departamento se encuentra favorecido con diferimientos agrícolas que le permiten producir uva de mesa, variedades de uvas finas, ciruelas, duraznos, damascos y olivos.

Zonda es un departamento de la provincia de San Juan (Argentina). Se encuentra ubicado en el centro sur de dicha provincia. Su paisaje está compuesto por serranías, y la vegetación es escasa. El departamento se caracteriza por su importante producción vitivinícola y de fruta, y también por su desarrollo turístico. La superficie cultivada es de unas 3000 has. Los Límites del departamento son al norte con el departamento de Ullum, al sur con Sarmiento, al oeste con Calingasta, y al este con los departamentos de Pocito y Rivadavia.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

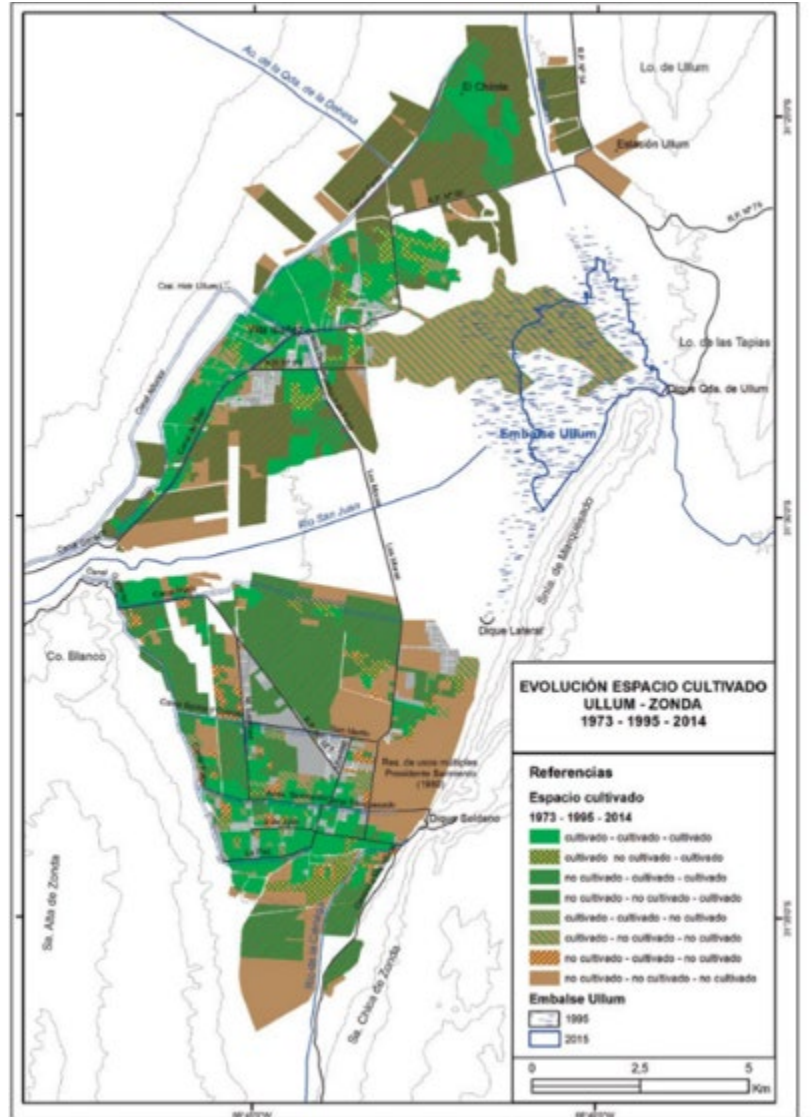


Figura 3-48: Evolución de los espacios cultivados y construidos, se confeccionó a partir de la interpretación visual de fotografías aéreas del vuelo 2014 del Instituto Geográfico Nacional, de imágenes satelitales Landsat (MSS, TM) para los años 1973 y 1995. Gentileza Adriana Lorena Cardús Monserrat y María del Carmen Beatriz Ruiz (2014).

EL ACUEDUCTO GRAN SAN JUAN

Está en ejecución actualmente un acueducto principal “Acueducto Gran San Juan” que conducirá el agua desde el Establecimiento Potabilizador Punta Negra hasta empalmar en la intersección de calle Las Moras y Calle San Martín con el “Acueducto Gran San Juan”. Cañería de 1300 mm de diámetro. Longitud aproximada de 13.300 metros. Está hoy en construcción la Obra de Toma Ubicada aguas abajo de la zona de generación del Dique Punta Negra. Dicha obra de toma se

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

llevará a cabo en el Canal de Salida de la Zona de Generación del Dique y luego se conducirá el agua hasta el Establecimiento Potabilizador Punta Negra (EPPN).

La obra denominada “Acueducto Gran Tulum” está conformada por dos rubros: “Acueductos” y “Establecimiento Potabilizador Punta Negra” (EPPN). Una vez que la obra del “Establecimiento Potabilizador Punta Negra” (EPPN) esté concluida, tendrá como fuente de agua la que se capte del Canal de Salida de la Zona de Generación del Dique. Su ubicación estratégica, a una considerable altura respecto de la ciudad de San Juan, tiene como ventaja ahorrar un gran consumo de energía de bombeo gracias a la pendiente natural que se genera. Otra ventaja, es que el agua que ingrese al Establecimiento Potabilizador ya será un agua de excelentes condiciones porque antes de llegar a ese punto, los sedimentos se habrán quedado en el dique Los Caracoles, por lo tanto, lo poco que pase a Punta Negra se va a sedimentar en el vaso mismo del dique.



Figura 3-49: Mapa ubicación y traza de obras: Establecimiento Potabilizador Punta Negra, Acueducto Gran San Juan y Acueducto Gran Tulum. *Gentileza OSSE.*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ESTABLECIMIENTO POTABILIZADOR PUNTA NEGRA (EPPN)

Esta obra de Toma permitirá conducir el agua necesaria para que el EPPN potabilice el caudal de diseño pertinente para abastecer a los Acueductos diseñados. Nuevo Establecimiento Potabilizador “Punta Negra”

Esta planta se construiría al pie de la Presa del Dique Punta Negra. Los volúmenes de agua cruda captados serán tratados mediante una potabilización convencional (floculación – decantación – filtración – desinfección), transportados mediante el Acueducto Gran San Juan hacia Zonda y el Gran San Juan y mediante el acueducto Ullum hasta el Establecimiento Potabilizador Marquesado, departamento Rivadavia.

Es una Nueva planta potabilizadora (en construcción) que está ubicada al pie del dique Punta Negra. Por infraestructura y capacidad de producción, será la más más amplia comparada con los otros sistemas potabilizadores que existen en la provincia. También, aportará caudal a la actual Planta de Marquesado. El Establecimiento Potabilizador Punta Negra (EPPN) es la obra estrella de la megaobra Acueducto Gran Tulum (AGT). Está en plena obra de construcción al pie del dique Punta Negra y tendrá una capacidad para almacenar 40 millones de litros de agua.

Los volúmenes de agua cruda captados serán tratados mediante una potabilización convencional: floculación – decantación – filtración – desinfección. Es decir, una vez que el agua llegue a la planta potabilizadora se tratará con procesos simples teniendo en cuenta la muy buena calidad de agua que anteriormente hemos detallado. Luego se clorará y se almacenará en dos cisternas de 20 mil metros cúbicos cada una, es decir, 40 millones de litros entre ambas cisternas, de manera que en este punto de toma de agua, el proceso asegura cantidad, calidad y continuidad.

Esta gran obra de agua potable está pensada para abastecer un millón de habitantes.

ACUEDUCTO GRAN TULUM

El agua tratada en el EPPN será transportada mediante los respectivos conductos del **Acueducto Gran Tulum** e ingresada a la red distribuidora de Agua Potable. De tal manera, reforzará y optimizará el suministro en los departamentos de Capital, Santa Lucía, Chimbas, Rawson, zonas de Rivadavia y Pocito. Y además, dotará de agua potable por primera vez, a los centros urbanos del departamento Ullum como Villa Ibáñez; al departamento Zonda, tanto la Villa Basilio Nieves como la zona de Sierras Azules y Villa Tacú; Campo Sarmiento, Marquesado La Bebida Norte y Sur del departamento de Rivadavia; y algunas zonas de Rawson y Pocito.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 3-50: Planimetría del sistema de potabilización y de los acueductos principales de distribución de agua potable Gran San Juan, Gran Tulum y acueductos auxiliares, todos los proyectos actualmente en ejecución .
Gentileza OSSE

Además de avanzar conforme a lo previsto con la obra del EPPN, están activos los siguientes frentes del AGT (ver figura 40):

Acueducto Zonda: Traza desde el Acueducto Gran San Juan hasta Planta Potabilizadora Villa Basilio Nievas. Cañería de 400 mm de diámetro. Longitud aproximada de 10.000 metros.

Acueducto Sierras Azules: Traza desde el Acueducto Gran San Juan bordeando la parte alta de Sierras Azules. Hacia el sur. Llegando al conglomerado urbano del Departamento Zonda. Cañería de 400 mm de diámetro. Longitud aproximada de 7.500 metros. Se continúa con las tareas habituales de excavación, colocación de cañería, relleno y compactación.

Acueducto Marquesado: Traza por Av. Libertador General San Martín desde el mamal del AGT en Jardín de los Poetas hasta calle Costa Cana. Cañería de 800 mm de diámetro. Longitud aproximada de 7.500 metros. Avance hasta la progresiva 4800 en excavación, progresiva 4740 en instalación de cañería y progresiva 4650 en relleno de zanja.

Acueducto Ullum: Desde el Establecimiento Potabilizador Punta Negra hasta la Planta Potabilizadora de Villa Ibáñez, departamento Ullum se instalará una Cañería de 500 mm de diámetro. Longitud aproximada de 10.000 metros. Se realizó prueba hidráulica en tramo comprendido entre progresivas 5000 a 6350.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

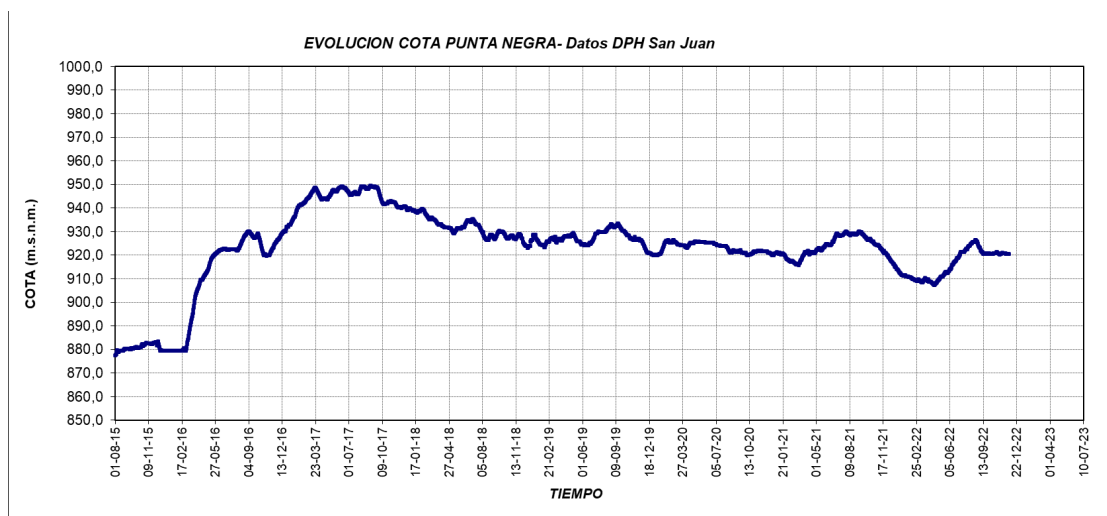


Figura 3-52: Foto registro histórico diario del nivel de agua en la presa Punta Negra, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)

ELEMENTO 12: EMBALSE QUEBRADA DE ULLUM.

La presa Embalse Quebrada de Ullum está ubicada en las coordenadas 31° 28' 28" Sur y 68° 39' 01" Oeste. La población más cercana es la localidad de Marquesado y su principal uso es la provisión de agua para riego y compensador del sistema de embalses. Su construcción se inicia en el año 1972 y termina en diciembre de 1980 cuando comienza su operación bajo el control de la provincia de San Juan. La presa es de materiales sueltos graduados de eje recto con una longitud de coronamiento de 350 metros y 67 metros de altura desde su fundación, comprendiendo tres elementos principales: un núcleo impermeable, los filtros y los espaldones. Una capa de enrocado (riprap) protege el paramento aguas arriba de la acción erosiva del oleaje.

La presa permitió almacenar originalmente 456,76 Hm³ a cota máxima de operación que es de 768 msnm (cota umbral del vertedero de crecidas), para la cual genera un espejo de agua de 32 km², la capacidad de almacenamiento ha disminuido durante el transcurso de su vida útil por la acumulación de sedimentos siendo hoy de aproximadamente solo 350 Hm³ (ver curva cota - volumen actual). Posee una central a pie de presa provista de 1 turbina Kaplan, con una potencia unitaria de 47,00 MW y una generación media anual de 17,10 GWh. Por las características de su turbina, del tipo Kaplan de álabes móviles, puede generar un amplio rango de caudales, desde los 21 m³/seg y hasta 105 m³/seg si el año hidrológico lo permite. El volumen mínimo operable (cota 745 m.s.n.m) es de 49 Hm³.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La limitación de la producción de energía está impuesta por las necesidades de riego, lo que hace que esta Central tenga las características de una Central de Pasada.

Descripción de la central y obras anexas:

- Tubería forzada; está empotrada en roca con una longitud aproximada de 155 metros y 5 metros de diámetro, desde la bifurcación de riego.

- Pozo y cámara de válvula; es una excavación circular vertical de 45 metros de profundidad revestido en hormigón armado con un diámetro interior de 7,4 metros. La cámara de válvula es una ampliación del pozo practicada en su extremo inferior y tiene una altura de 19 metros y un diámetro de 12 metros.

- Válvula mariposa; es del tipo biplana de 5 metros de diámetro, la presión de trabajo es de 4,84 kg/cm² y su caudal nominal es 118 m³/seg.

- Casa de máquina; es del tipo interior con espacio para el montaje en el techo de la nave, sus dimensiones son 18 metros de ancho, 46,4 metros de largo y 31 metros de altura (no incluido las columnas del puente grúa exterior) distribuída en cuatro niveles o pisos.

- Generador; de corriente alternada es del tipo sincrónico con una potencia de 50.000 KVA, 13200 V, 2187 Amp. 50 Hz con un factor de potencia de 0.8.

- Turbina; es del tipo kaplan cuya potencia nominal es 42300 KVA para un salto neto de 44 metros y un caudal de 105 m³//s, a una velocidad de 176.5 rpm

- Puente Grúa; es del tipo exterior consta de dos guinches uno principal de 275 toneladas, y otro auxiliar de 30 toneladas, las alturas de izaje son 31 metros y 36,5 metros respectivamente.

- Estación transformadora: Se ubica en margen izquierdo de la Central y tiene un único campo de maniobra en el nivel de tensión de 132 kV .

El transformador de potencia es del tipo TATBA, con una potencia nominal de 50 MVA.

- Volumen útil del embalse 391 Hm³

- Área máxima (cota 768 m.s.n.m) 3100 Ha

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 3-53: Imagen satelital Dique Quebrada de Ullum. *Gentileza Goggle Earth*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

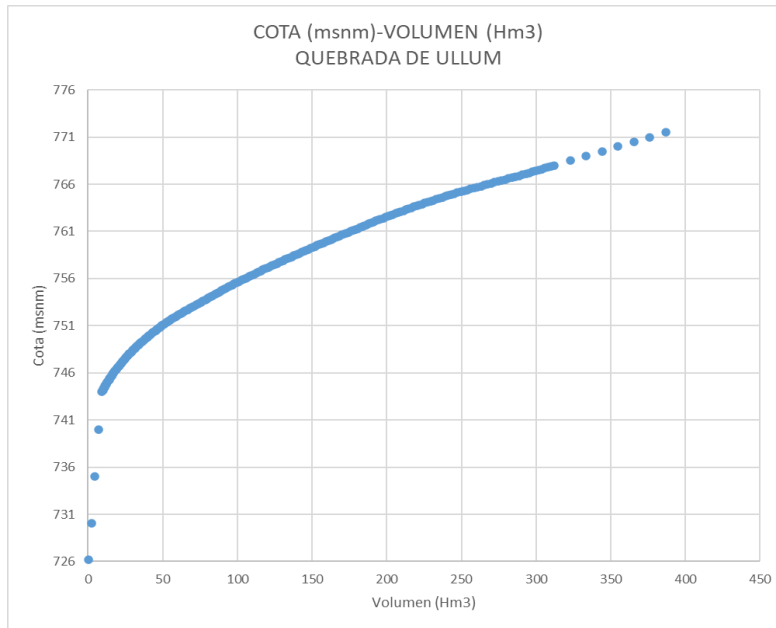


Figura 3-54: Curva Cota-Volumen del vaso del embalse Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

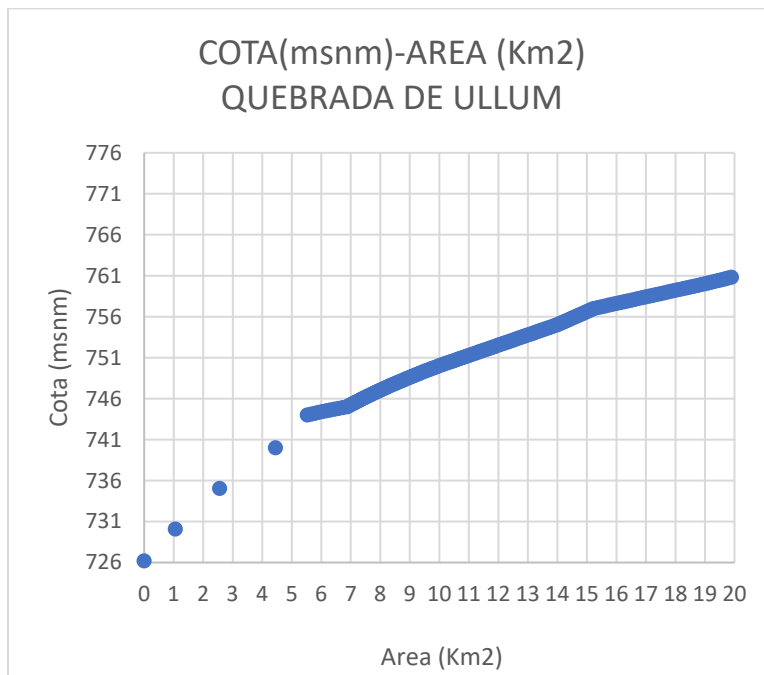


Figura 3-55: Curva Cota-Area (espejo de agua) del vaso del embalse Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ALIVIADERO

Empotrado en una excavación profunda en la margen izquierda, es del tipo “sin regulación o libre”, con vertedero lateral, cubeta colectora, rápida y dissipador de energía, ha sido diseñado para descargar un caudal máximo de 2560 m³/s. Al aliviadero lo atraviesan dos puentes de hormigón pretensado ubicado uno en el coronamiento (cota 777 msnm) y el otro el cota 725,5msnm sobre el camino auxiliar de acceso de la Central Hidroeléctrica. La cota del umbral del vertedero lateral es de 768 msnm.



Figura 3-56: Foto del vertedero lateral y de la cubeta del aliviadero del Dique Quebrada de Ullum. (Dölling 2021-PGICH- Proyecto SARH).

La Central Hidroeléctrica a Pie de Presa está interconectada mediante una línea de transmisión de alta tensión que la comunica con la Estación de Maniobras Punta de Rieles. Esta línea está construida en postes de hormigón y torres metálicas y transporta 132 kV mediante 3 cables conductores y su respectivo cable de guardia.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

A partir de Septiembre de 2004 EPSE es el concesionario de la Provincia para la Explotación, Operación, Comercialización y Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Quebrada De Ullum, por un período de 30 años.

Entre los beneficios que trajo aparejado la construcción de este Dique, se describen los siguientes:

- Regulación del Río San Juan, garantizando el agua de riego para todo el gran oasis sanjuanino (objetivo prioritario de la obra).

- A partir de la instalación de la Central Hidroeléctrica a pie de presa asegura un aporte energético del orden de los 17, 2 millones de kilovatios/hora/año (172 GWh/año).

- Mejoramiento en la calidad del agua potable para la población, ya que el embalse sirve como decantador del material en suspensión que trae el río, llegando a la Planta Potabilizadora de Marquesado el agua limpia, lo que reduce los costos de filtrado.

- El Dique Quebrada De Ullum ha cambiado en forma sustancial el turismo en nuestra provincia, siendo las playas y complejos emplazados en el perilago, grandes centros de afluencia turística.

El embalse Quebrada de Ullum cuenta con 4 órganos de erogación, las Válvulas de Chorro Hueco, el Descargador de Fondo, el Descargador de Medio Fondo y las Turbinas.



Figura 3-57: Foto de la rapida del aliviadero del Dique Quebrada de Ullum. *Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

VÁLVULAS DE CHORRO HUECO

Existe una derivación para Riego y Central que consta de un túnel de 6 metros de diámetro, con una derivación de 5 metros para la casa de válvula y otra menor hacia las válvulas de chorro hueco. En particular las Válvulas de Chorro Hueco del embalse Quebrada de Ullum su función principal es controlar caudales para riego. El embalse cuenta con dos válvulas iguales.



Figura 3-58: Foto de las válvulas de chorro hueco en funcionamiento (maniobra de limpieza de sedimentos) del Dique Quebrada de Ullum.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	729,86	[m.s.n.m.]
	Máximo	774,4	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	0,0	[m ³ /s]
	Máximo	173,68	[m ³ /s]
Aperturas	Mínimo	0,0	[%]
	Máximo	100,0	[%]
Presa	Cota coronamiento	777,0	[m.s.n.m.]
	NAMO	768,0	[m.s.n.m.]
	NAME	774,4	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	745,0	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	4000,0	[m ³ /s]

Tabla 3-9: Rangos operativos del las válvulas de chorro hueco Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

DESCARGADOR DE FONDO

El Descargador de fondo consta de un túnel de 5 metros de diámetro con un tramo en su interior de tubería de 3,70 metros de diámetro que descarga en la rápida del aliviadero. Su regulación se realiza por medio de una compuerta de sector, el umbral de la toma está ubicado a cota 725msnm. Su función principal es la limpieza de sólidos en el lecho del lago cercano a la presa.

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	725,0	[m.s.n.m.]
	Máximo	774,4	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	0,0	[m ³ /s]
	Máximo	172,72	[m ³ /s]
Aperturas	Mínimo	0,0	[m]
	Máximo	3,2	[m]
Presa	Cota coronamiento	777,0	[m.s.n.m.]
	NAMO	768,0	[m.s.n.m.]
	NAME	774,4	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	745,0	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	4000,0	[m ³ /s]

Tabla 3-10: Rangos operativos del descargador de fondo Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 3-59: Foto salida del Descargador de Fondo. *Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et al 2021- PGICH- Proyecto SARH).*

DESCARGADOR DE MEDIO FONDO

Posee un Descargador de medio Fondo con solera en cota 751, que descarga en la cubeta del aliviadero y cuya regulación se puede efectuar mediante una compuerta sector. Este órgano tiene la particularidad de funcionar como canal a pelo libre o como conducto a presión a partir de un cierto nivel de cota del embalse.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

RANGOS DE OPERACIÓN			
Cotas Operativas	Mínimo	751,0	[m.s.n.m.]
	Máximo	774,4	[m.s.n.m.]
Funcionamiento	Canal	751,0 -	[m.s.n.m.]
	Conducto a presión	756,4 -	[m.s.n.m.]
Caudales	Mínimo	0,0	[m ³ /s]
	Máximo	270,0	[m ³ /s]
Aperturas	Mínimo	0,0	[m]
	Máximo	5,4	[m]
Presa	Cota coronamiento	777,0	[m.s.n.m.]
	NAMO	768,0	[m.s.n.m.]
	NAME	774,4	[m.s.n.m.]
	Nivel Mínimo	745,0	[m.s.n.m.]
	Decamilenaria	4000,0	[m ³ /s]

Tabla 3-11: Rangos operativos del descargador de Medio fondo Dique Quebrada de Ullum. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

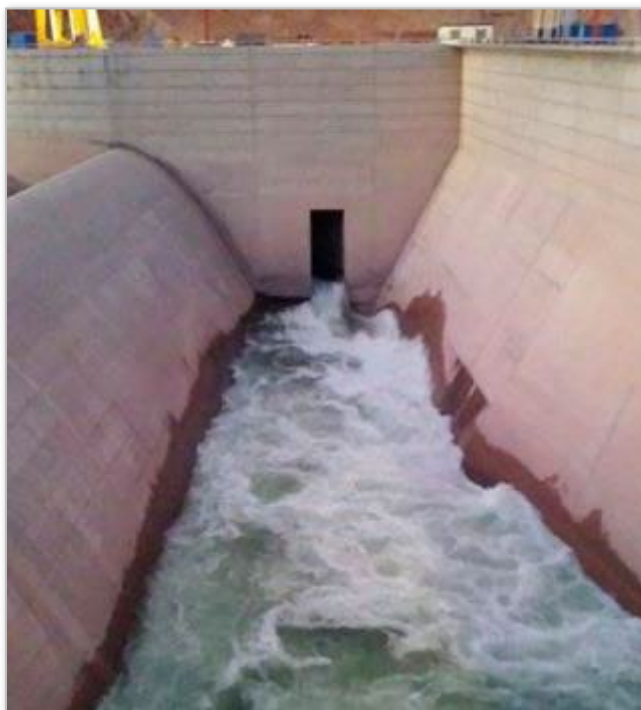


Figura 3-60: Foto salida del Descargador de Medio Fondo. Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

TURBINAS

La central Quebrada de Ullum cuenta con una turbina tipo Kaplan de eje vertical de potencia 47 Mw.

RANGOS DE OPERACIÓN			
Saltos Operativos	Mínimo	26	[m]
	Máximo	51	[m]
Caudales	Mínimo	18	[m ³ /s]
	Máximo	105	[m ³ /s]
Potencias	Mínimo	0,0	[Mw]
	Máximo	47	[Mw]
Presa	Cota	777,0	[m.s.n.m]
	NAMO	768,0	[m.s.n.m]
	NAME	774,4	[m.s.n.m]
	Nivel Mínimo	745,0	[m.s.n.m]
	Decamilenaria	4000,0	[m ³ /s]

Tabla 3-12: Rangos operativos del descargador de Medio fondo Dique Quebrada de Ullum. *Manual de usuario sistema SARH- San Juan (Dölling et all 2021- PGICH- Proyecto SARH).*

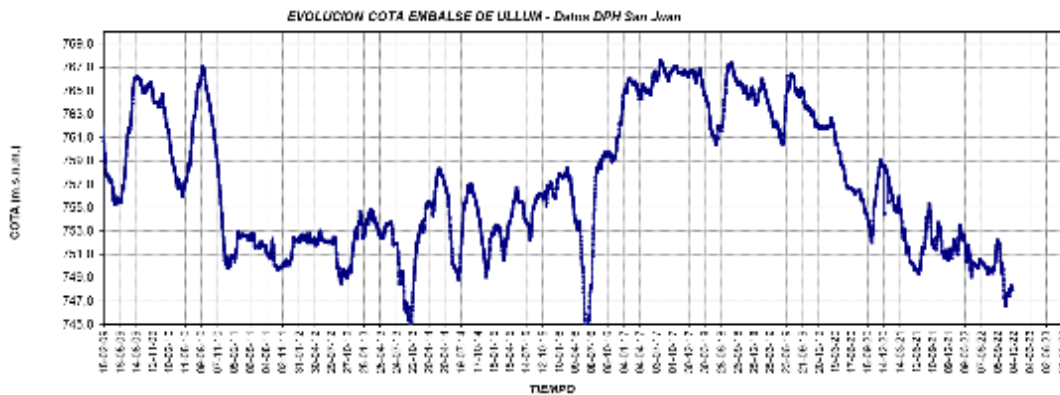


Figura 3-61: Foto registro histórico diario del nivel de agua en la presa Quebrada de Ullum, San Juan Argentina. *(Programa PGICH-UNSJ 2022)*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

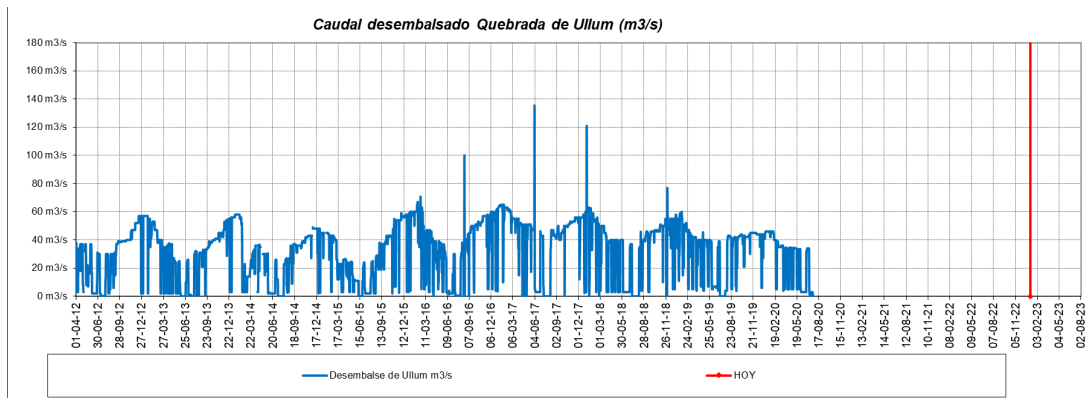


Figura 3-62: Foto registro histórico diario del caudal desembalsado de la presa Quebrada de Ullum, San Juan Argentina. (Programa PGICH-UNSJ 2022)

En el embalse de Ullum se encuentra un desvío que lleva el agua a la planta de tratamiento de agua potable ubicada en Marquesado.

Para mayores detalles técnicos de esta obra, como curvas de funcionamiento de los diferentes órganos de control (compuertas y turbinas) se puede consultar el “Inventario de Presas y Centrales de la Republica Argentina- Volumen 3” de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina (Editor: Dölling, O.R Redactor: Daroni, Sergio, et all año 2010- 2012). Y el Manual de Usuario Sistema SARH-San Juan (PGICH-UNSJ-2021) Para mayores detalles de la operación a tiempo real y mantenimiento de la obra consultar a E.P.S.E.: Agustín Gnecco (S) 350 - CP: J5402 FRB. San Juan, Argentina. Tel.: 0264- 4224426 / 27. www.epse.com.ar

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Canal Quiroga				Has. 51.978	
	Nº Compuerta	Canal	Alto	Ancho	Dotación (Has)
Comparto Albaridon	01	Gral. Albaridon		2,50	3.941
	02			2,50	
	01	Frontales		2,50	
	02			2,50	
	03			2,50	
	04			2,50	
Comparto Angaco	01	Gral. Angaco		2,50	8.666
	02			2,50	
	01	Frontales		2,50	
	02			2,50	
	03			2,50	
	04			2,50	
Comparto San Martín	01	Gral. San Martín		2,50	5.430
	02			2,50	
	01	Frontales		2,50	
	02			2,50	
	03			2,50	
	04			2,50	
Comparto Cauce/25 de Mayo	01	Gral. Cauce		2,50	12.223
	02			2,50	
	01	Gral. 25 de Mayo		2,50	16.101
	02			2,50	

Canal Ciudad				Has. 15.269	
	Nº Compuerta	Canal	Alto	Ancho	Dotación (Has)
Comparto Quiroga	01	Gral. Chimbas		0,80	1.291
	02	Benavidez			
	03				
	04	Trinidad-Desamparados		0,80	673

Canal Céspedes				Has. 44.877	
	Nº Compuerta	Canal	Alto	Ancho	Dotación (Has)
Gran Comparto	01	Gral. Sarmiento		2,30	21.930
	02				
	03	Moya		1,70	8.956
	04				

Figura 3-64: Esquema de Dotaciones (Has) por cada compuerta de cada compartó principal del red de distribución de Riego. *Valores actualizados al 2017. Gentileza Departamento de Hidraulica de la provincia.*

ELEMENTO 14: DIQUE NIVELADOR JOSE IGNACIO DE LA ROZA

En el año 1894 una gran inundación destruyó gran parte de la ciudad de San Juan, por ello pueblo y gobierno de San confiaron al Ingeniero César Cipolletti la solución del problema hidráulico. Este profesional, de gran experiencia, propuso lo siguiente: Asegurar las tomas y caudales de los canales existentes, conseguir con medidores especiales la distribución del agua en los canales, prevenir los peligros que amenazaban a la Ciudad en épocas de grandes crecientes, y evitar las erosiones que se producían en los terrenos bajos de las márgenes del río. Proyectó, igualmente, una galería filtrante para obtener agua potable. Cipolletti subcontrató la obra con la empresa Gnetto y Balzarín, confiando la construcción de las compuertas al ingeniero L. Berri. Procedió en la misma

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

forma para la construcción de una gatería filtrante y una casa habitación para el encargado del dique. El material a emplearse debía ser piedra viva de cantera, llenándose los vacíos con mezcla y cascajo de la misma piedra.

Se inauguró el 2 de diciembre de 1895 en cuyo acto inaugural hizo uso de la palabra el entonces Ministro de Gobierno el doctor Segundino Navarro. Entonces se lo conocía como “Dique de la Puntilla” pero a lo largo del tiempo también se lo llamó Dique Nivelador, Ignacio de la Roza o Cipolletti. Hasta que se construyó este dique la ciudad sufría cada tanto grandes destrucciones por los efectos del agua.

Tiene la función de encausar el caudal hacia el río y hacia el canal matriz que, tras recorrer dos kilómetros, llega al partidor San Emiliano, que distribuye el agua a los cuatro puntos cardinales de San Juan. El dique Nivelador fue construido bajo la dirección técnica del ingeniero César Cipolletti e inaugurado el 2 de diciembre de 1895, con la presencia del ministro de Gobierno Segundino Navarro.

Terminada la obra, sufrió dos roturas:

La primera se produjo tres años después de inaugurada debido a las crecientes de 1898, oportunidad en que el río alcanzó (según registro) un caudal de 1.300 metros cúbicos por segundo. La obra se destruyó parcialmente por falta de resistencia, encomendándose su reparación al ingeniero G. Wanters que cumplió su cometido en dos años.

La segunda tuvo lugar en 1906, debido a las crecientes extraordinarias, que rebalsaron el dique en más de 1,8 metros sobre el nivel del dique. Esta vez fue reconstruido bajo la dirección del Ingeniero Julián Romero.

Desde sus compuertas desvía parte del caudal del río San Juan hacia la Planta Potabilizadora de Marquesado y parte el canal matriz de 110 metros cúbicos por segundo, a lo largo de dos kilómetros hasta el Partidor San Emiliano.

Hoy el Dique Nivelador José Ignacio de la Roza (lleva el nombre del gobernador que ordeno su construcción) constituye el principal elemento de derivación de agua para fines de riego dentro del sistema. Este dique nivelador, cuya reconstrucción terminó en 1910 se diseñó con la función de poder captar las aguas del río San Juan, apaciguar sus crecientes y derivar en forma controlada (por medio de compuertas) caudales extraídos del río San Juan hacia el Dique Partidor San Emiliano (ya construida su primer versión en 1844) a través de lo que se denomina el canal Matriz y luego hacia la planta potabilizadora de Marquesado (construida en 1959), siendo por tanto parte de un

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

complejo de obras construidas y adaptadas a lo largo de la historia de San Juan que sirven para captar y disponer en forma regulada los caudales de agua que ingresan al sistema principal de riego del valle del Tulum.

Hoy la obra está constituida así: al este por un azud de 250m de longitud que permite evacuar un caudal de 3000 m³/s al río San Juan a travez de un muro vertedero regulado por 24 compuertas; al sur posee una cámara desrpiadora (desrpiadores) para retener el material sólido grueso, que es descargado periódicamente al río, por medio de 4 compuertas y al sur por un vertedro derivador de 4 compuertas que controlan el agua derivada al canal matriz con capacidad maxima de descarga de 110 m³/s. El accionamiento de todas las compuertas de la obra se ejecutan por medio de mecanismos electromecánicos y en forma manual y son motivo de un mantenimiento permanente.

El agua que proviene del rio, luego que sale del embalse de Ullum, topa en el azud, para pasar a la obra de almacenamiento y derivación, primero debe pasar por dos tabiques de hormigón que se interpone en el cauce y sirve para disminuir la velocidad del flujo funcionando como desarenador, ayudando a frenar la velocidad de las partículas para que decanten y las 2 primeras compuertas pertenecientes a la pila 23, son derripiadores, acumulando las partículas de mayor tamaño y llegan hasta su cierre total.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

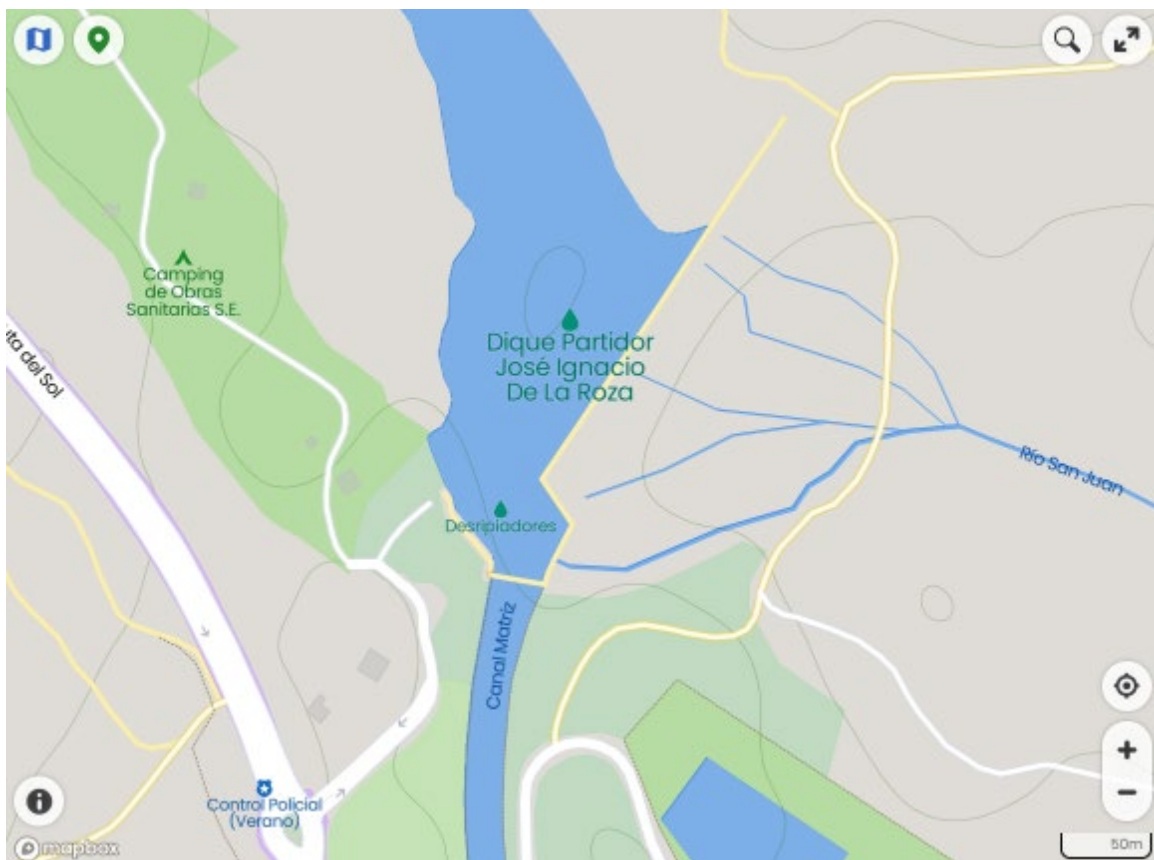


Figura 3-65: Planta del Dique Jose Ignacio de la Roza, se observan elementos principales. *Gentileza Mapbox.*

Las 24 compuertas son accionadas por un motor eléctrico acoplado a una caja reductora capaz de mover las compuertas y su contrapeso.

En forma regular cuando existe buen nivel de agua en el vaso del azud el Departamento de Hidraulica de la provincia efectua una maniobra de desarenado abriendo las compuertas de desripiadores asegurando la autolimpieza de la trampa de sedimentos y asi el buen funcionamiento y la vida util de la obra de derivación al canal matriz-

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Ignacio de la Roza			
	Nº Compuerta	Alto	Ancho
Puente Alto	01	2,40	8,60
	02	2,40	10,60
	03	2,40	10,60
	04	2,40	10,60
	05	2,40	10,60
	06	2,40	10,60
	07	2,40	10,60
	08	2,40	10,60
	09	2,40	10,60
	10	2,40	10,60
	11	2,40	10,60
	12	2,40	10,60
	13	2,40	10,60
	14	2,40	10,60
	15	2,40	10,60
	16	2,40	10,60
	17	2,40	10,60
	18	2,40	10,60
	19	2,40	10,60
	20	2,40	10,60
	21	4,10	9,70
	22	4,10	9,70
	23	4,10	6,50
	24	4,10	6,50
Desripiador	25	2,00	8,00
	26	2,00	8,00
	27	2,00	8,00
	28	2,00	4,00
Canal Matriz	29	2,50	8,00
	30	2,50	8,00
	31	2,50	8,00
	32	2,50	8,00

Figura 3-66: Foto del Dique Derivador Jose Ignacio de la Roza detalles geométricos de las compuertas. *Gentileza Departametro de Hidraulica de la provincia de San Juan.*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ELEMENTO 15: TOMAS DE AGUA DE O.S.S.E.



Figura 3-67: Esquema de captaciones de agua del río San Juan para derivación a la planta potabilizadora de OSSE.
Gentileza OSSE

OSSE (Obras Sanitarias Sociedad del Estado) posee además una galería filtrante (1 en el esquema de OSSE) ubicada en el vaso de acumulación de agua del Azud Ignacio de la Roza ubicada bajo el agua donde indica la fotografía siguiente. Esta galería tiene una capacidad de captación de 1500 lts/seg y estos caudales, luego de pasar por una cámara desarenadora, son conducidos a través de una tubería de 750mm de diámetro hasta la planta potabilizadora ubicada en Marquesado.

OSSE (Obras Sanitarias Sociedad del Estado) posee en el Dique Ignacio de la Roza (al lado de los desripiadores) una toma de 900 lts/s (2 en esquema de OSSE) que conduce agua a la planta de potabilización ubicada en Marquesado por medio de una tubería de 900 mm de diámetro.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

TOMA DE OSSE EN EL CANAL ESTERO DE ZONDA (5 EN EL ESQUEMA DE OSSE)

El canal Estero (4 en el esquema de OSSE) colecta las aguas de la batería de pozos de Zonda y las aguas de drenaje proveniente de la descarga de la cuenca subterránea y la proveniente de filtraciones del embalse de la presa de Ullum. Este canal tiene una capacidad de 15 m³/seg. Así mismo es el descargador de las crecientes, que provenientes de la Quebrada de Maradona, ingresan al Dique Soldano por ello cuenta con un desarenador. El Canal Estero desemboca en el canal Matriz unos 1000 metros desde su origen y suma su caudal (variable) al ya ingresado desde el Dique José I. De la Roza.

ELEMENTO 16 Y 23: CANAL MATRIZ Y TOMA DE OSSE EN DESARENADOR

El canal matriz (elemento 16), construido en sección tolva, está totalmente impermeabilizado con hormigón, tiene su origen en el azud Dr. José Ignacio de la Roza, tiene una longitud: 2,1 Km.; una pendiente de 1,5 ‰, el caudal de proyecto es de 110 m³/seg es el encargado de conducir el agua hasta el Dique Partidor San Emiliano (elemento 18). A 1.000 m de su origen, y sobre la margen derecha, desemboca el Canal Estero de Zonda sobre el canal Matriz.

CÁMARA DESARENADORA DEL CANAL MATRIZ

El canal matriz culmina en un ensanchamiento y cuenco desarenador lo que permite extraer por gravedad los sólidos en suspensión antes de que el agua ingrese a través de vertederos tipo “pico de pato” al canal colector que lo conecta con el dique Partidor San Emiliano.

Los vertederos “pico de pato” son de alta eficiencia, evitando un tirante de agua excesivo por sobre el lavio del vertedero, menor variabilidad de flujo y de niveles aguas arriba, cuentan además con compuertas metálicas destinadas a limpiar el fondo de los decantadores.

La Cámara Desarenadora, ubicada en el extremo del Canal Matriz, retiene el material sólido fino que se pueden luego descargar al río a través de cuatro compuertas. El colector de la cámara conduce el agua al Partidor San Emiliano. Es decir que es una obra de endicamiento que está provista de 4 compuertas que le permite, o la descarga directa al río San Juan o la derivación a un dique partidor San Emiliano.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 3-68: Foto Aerea (1960) Camara desarenadora canal Matriz, canal colector y Partidor San Emiliano. San Juan. *Archivo PGICH-UNSJ.*

ELEMENTO 18: PARTIDOR SAN EMILIANO Y CANALES PRINCIPALES

El Dique San Emiliano fue construido inicialmente en el año 1835, durante el gobierno del Teniente Coronel Martín Yanzón y proseguido por el gobernador general Nazario Benavidez. Inmediatamente aguas arriba de esta obra se encuentra la cámara desarenadora y el descargador construidos en 1882 al ejecutarse la prolongación del dique por la Nación. Para la realización de estos propósitos, Cipoletti proyectó un dique ubicado en la “Garganta de la Puntilla” (camino de Ullum). El Dique Partidor San Emiliano recibe el agua del canal colector Matriz luego de la cámara desarenadora y esta provisto de 9 compuertas que están dispuestas en 3 sectores que le permiten distribuir el agua a los tres grandes canales principales de la red de riego del Valle del Tulum:

- sector 1) 4 compuertas para surtir de agua el Canal del Norte (o Quiroga) que pasa entubado el río para regar los departamentos del norte del Valle del Tulum;
- sector 2) 2 compuertas para surtir de agua el Canal del centro o Playa (o Benavidez), que riega Capital y Cauçete y

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

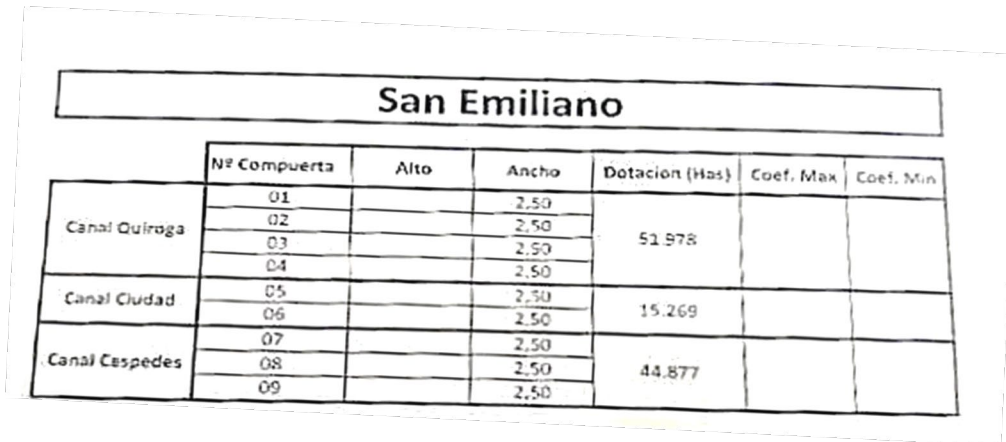
sector 3) 3 compuertas para surtir de agua el Canal Sur, Pocito o (Céspedes), que riega Rawson, Pocito y Sarmiento.

Este Partidor es la obra cabecera del sistema de distribución del agua de riego al Valle del Tulum, consta de una Cámara con compuertas, que derivan el agua a tres canales principales para regar los departamentos que se indican seguidamente. Estos canales están impermeabilizados en toda su longitud. Dos mil kilómetros de canales tiene San Juan, que se van dividiendo en ramos, canales secundarios y terciarios (acequias), para llegar a las plantaciones donde está la producción, la economía regional, y la arboleda de las calles.



Figura 3-69: Foto frontal Partidor San Emiliano, so observan las 9 compuertas que controlan el ingreso de agua a los 3 canales principales del sistema de riego del Valle del Tulum.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



San Emiliano

	Nº Compuerta	Alto	Ancho	Dotacion (Has)	Coef. Max	Coef. Min
Canal Quiroga	01		2,50	51.978		
	02		2,50			
	03		2,50			
	04		2,50			
Canal Ciudad	05		2,50	15.269		
	06		2,50			
Canal Caspedes	07		2,50	44.877		
	08		2,50			
	09		2,50			

Figura 3-70: Foto de la Planilla del Dique Partidor San Emiliano detalles geométricos de las compuertas. *Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan*

ESTRUCTURA DE LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE RIEGO

En San Juan se distinguen tres tipos de conducción: Matriz, Principal y Departamental.

DISTRIBUCIÓN MATRIZ.

La distribución matriz es la que se realiza en el partidor San Emiliano a los tres canales principales. La relación entre el caudal que se deriva al canal Matriz y la dotación correspondiente en Has. da el coeficiente de distribución Matriz, en lts./seg./has., que multiplicado por la dotación correspondiente a cada canal principal, dará el caudal a derivar en los mismos. La operación se realiza por medio de las compuertas del partidor San Emiliano, aforándose el caudal en las secciones de aforo existentes en cada canal, por medio de escalas taradas y aparatos registradores.

DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.

La distribución Principal es la que se realiza en cada canal principal hacia las derivaciones a cada departamento. El caudal que conduce cada canal principal, descontando las pérdidas en general que se estiman entre un 2% y un 3%, se distribuye en los compartos departamentales o tomas, proporcionalmente a las Has. que dominan cada uno. La operación se realiza por medio de compuertas.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DISTRIBUCIÓN DEPARTAMENTAL.

La distribución departamental es la que se realiza dentro de cada departamento. En la toma de cada uno de ellos se calcula el coeficiente a repartir como el caudal que ingresa al mismo y toda la superficie con derecho (permanente, accidental, y propiedades que ha adquirido derechos por tener cultivos permanentes). Por lo que la superficie que se considera para la distribución departamental, difiere de la distribución Matriz y Principal. La distribución en canales secundarios y terciarios, se realiza por compuertas, y el aforo por medio de las mismas. Esta tarea es ejecutada por el personal de la delegación. En los niveles Matriz y Principal, la distribución es tendida, es decir a caudal permanente. A nivel departamental, la distribución puede ser tendida o por turnos (por grupos de canales terciarios). La utilización de una u otra forma de distribución se adopta en función de la cantidad de agua disponible y se basa en el criterio de establecer un caudal “operable” que se turne durante un tiempo en función de la superficie.

Aguas abajo de los canales terciarios (en algunos casos secundarios) se realiza la distribución a las propiedades por medio de acequia o hijuelas, que distribuyen el agua a una propiedad o grupos de propiedades de acuerdo a la superficie. La distribución es realizada por los usuarios, se turna todo el caudal en un tiempo expresado en horas, función de la superficie de cada uno. El turno (tiempo que tarda en dar la vuelta) se acuerda entre los usuarios y es función del tipo de cultivo predominante. Dentro de las acequias no se realizan aforos. En acequias importantes, de acuerdo a la magnitud de los derechos, se efectúan, en la cabecera, reparto con partidores libres.

ESQUEMA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO DEL VALLE DEL TULUM, PROVINCIA SAN JUAN

El Departamento de Hidráulica divide el territorio en 3 grandes zonas:

1. Primera zona: es la que corresponde al sistema de riego para los departamentos Zonda, Rivadavia, Chimbas, Santa Lucía, Rawson, Pocito y Sarmiento;
2. Segunda zona: corresponde a la margen izquierda del río y agrupa a los departamentos Ullum, Albardón, Angaco, San Martín, Caucete, 25 de mayo y 9 de Julio;

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

3. Tercera zona: abarca el resto de los distritos de riego. Departamentos Jáchal, Iglesia, Calingasta y Valle Fértil.

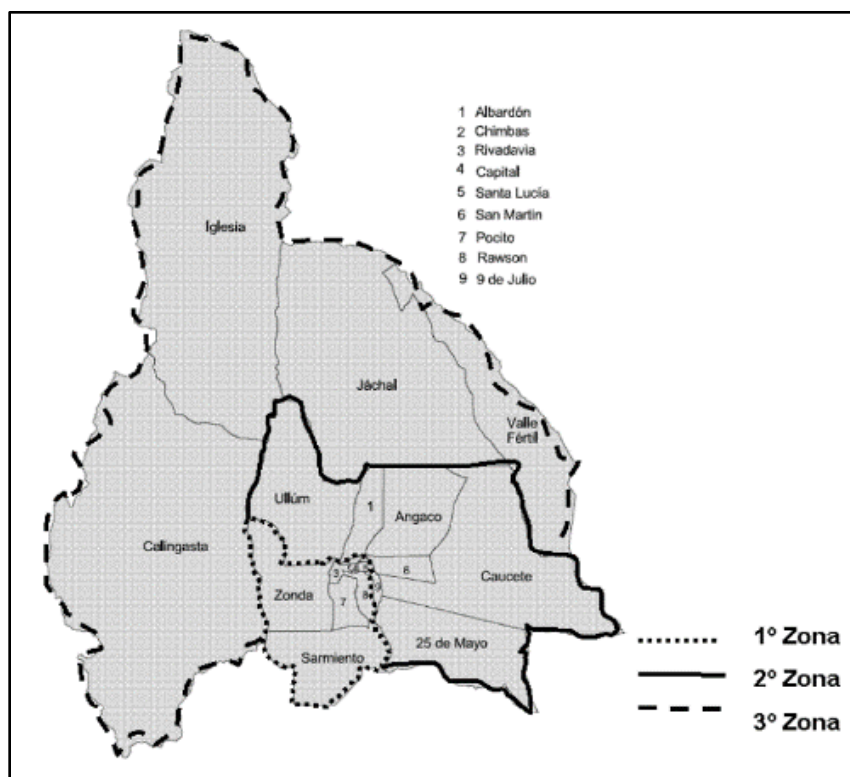


Figura 3-71: Zonas de riego de la provincia de San Juan. *Gentileza DH San Juan*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Zona	Departamento	Área con dotación (ha)		Longitud de Canal (km)		Longitud Drenes y Desagües (km)	
		Permanente	Accidentales	Imperm.	Tierra	Drenes	Desagües
1°	Zonda	2.264	0	40	0,8	4	4
	Rivadavia	3.511	0	24	29	0	10
	Chimbab	2.953	0	13	23	20	16
	Santa Lucía	3.516	0	16	53	63	0,6
	Rawson	3.954	202	25	57	118	10
	Pocito	18.387	163	140	109	119	91
	Sarmiento	8.813	12.899	135	1	110	0
	Total 1° ZONA	43.398	13.264	393	273	433	134
2°	9 de Julio	5.858	2.227	83	8	73	0
	Ullum	3.377	0	14	5	0	7
	Albardón	4.602	0	37	7	50	25
	Angaco	8.731	0	46	21	121	4
	San Martín	10.123	0	76	0,8	114	15
	Caucete	12.223	0	90	4	133	0
	25 de Mayo	12.447	3.654	129	7	195	0
	Total 2° ZONA	57.361	5.881	475	53	686	51
Total río San Juan		100.759	19.145	867	326	1.119	184
3°	Jachal	21.543	0	82	162	36	45
	Iglesia	6.875	0	135	159	0	13
	Calingasta	7.298	0	4	140	0	3
	Valle Fértil	690	0	45	2	0	0
	Total 3° ZONA	36.406	0	267	463	36	61
TOTAL PROVINCIAL		137.165	19.145	1.135	789	1.156	245

Fuente: Departamento de Hidráulica (2007)

Tabla 3-13: Dotación de derechos de riego y longitud de canales, drenes y desagües provincia de San Juan.

Aguas debajo del dique partidor, se divide el agua para riego en 3 canales principales, el primero de la izquierda en la fotografía 34 es el canal Quiroga que según informa actualmente (2017) el Departamento de Hidráulica se le requiere una dotación, en función de superficie empadronada, de 51978 has a regar, en el medio esta la compuerta que libera el agua de riego para el canal Ciudad con dotación requerida de 15269 has de riego y el canal de la derecha es el canal Céspedes con dotación requerida actualmente de 44877 has a regar, estos canales abastecen de agua para riego a todo el Valle del Tulum. Estas dotaciones difieren algo de las que se encuentran indicadas en los proximos capitulos y en la registrada en las paredes de los compartos dado que se deben verificar año a año en funcion del real estado de empadronamiento declarado por las Juntas de riego. Se debe aclarar que estos valores tampoco corresponden a dotaciones que coincidan con la superficie real de cultivos implantados en las zonas bajo riego sino que son superficies empadronadas.

CANAL DEL NORTE, o Ing. Manuel Gregorio Quiroga (cuatro compuertas). Riega los Departamentos de Albardón, Angaco, San Martín, Caucete. Extensión 37 km, (llegando a 50 km con el tramo de cola que se denomina canal Gral. 25 de Mayo).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CANAL CIUDAD, o Gobernador Nazario Benavidez (dos compuertas). Riega los Departamentos de Chimbas, Santa Lucia, Capital, 9 de Julio y parte de Rivadavia y Rawson. Extensión: 1,6 Km.

CANAL POCITO, o Ing. Guillermo Céspedes (tres compuertas). Riega los Departamentos de Pocito, Sarmiento y parte de Rivadavia y Rawson. Extensión: 25,0 Km.

A nivel provincial entre canales principales y secundarios la red de riego tiene una longitud de 1.923,27 Km de los cuales 1.134,52 Km son impermeabilizados y los restantes 788,75 Km de tierra. En el ámbito del valle del Tulum, que involucra la primera y segunda zona, la red de riego totaliza 1.193,87 Km de los cuales 867,67 Km corresponden a canales revestidos y el resto 326,20 Km a canales de tierra respectivamente.

La red de riego en cada zona y departamento se compone generalmente de un canal secundario, con toma sobre el canal principal y una red de canales terciarios y acequias. Las acequias, en general, son de tierra con toma sobre los canales y sirven a una o más parcelas. El mantenimiento y conservación de las acequias corresponden a los usuarios.



Figura 3-72: Mapa de la red de riego del Valle del Tulum. *Gentileza Departamento de Hidraulica de la provincia*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Como complemento de los recursos hídricos superficiales se construyeron y equiparon pozos para la extracción de agua subterránea a los fines de reforzar los caudales del río o bien como único recurso en los casos que se carece de derecho de uso. Según datos actualizados al 1 de octubre del 2008 en el valle del Tulum existen registrados un total de 4.690 pozos, privados y oficiales para extracción de agua subterránea, de los cuales solo 610 pozos se encuentran en funcionamiento en el período abril 2007 – abril 2008.

Elemento 20: Canal del Norte (o Quiroga)

El Canal del Norte, también conocido como canal Ing. Manuel Gregorio Quiroga, es un canal de riego artificial, ubicado en el Valle del Tulum, en la provincia de San Juan, Argentina. El mismo tiene su origen en el Partidor San Emiliano.

Es de los canales el más importante ya que posee una longitud de más de 50 km y una pendiente longitudinal variable entre 0,4 a 6,8‰, tiene el objetivo de conducir agua para riego a los departamentos de Albardón, Angaco, San Martín, Caucete y 25 de Mayo, abasteciendo de agua al 35% de la superficie con derecho a riego en San Juan, tiene capacidad para regar 48339 has en un entorno potencial de 56.700 ha con derechos de riego nominales y 2000 explotaciones de 5 municipios que producen uva para la elaboración vino, pasas, mosto y consumo en fresco;olivo con destino a conserva y aceite, y cultivos hortícolas varios. En el 2007 se realizaron obras de ampliación (muros laterales de recrecimiento) del Canal del Norte y también del canal General 25 de Mayo, incrementando la capacidad de riego a unas 12 mil hectáreas.

El primer tramo, de casi de 2,6 Km., está situado sobre la margen derecha del Río San Juan, al que lo cruza bajo su lecho por dos túneles paralelos de unos 2,3 Km. de recorrido, para comenzar la distribución del agua en la margen izquierda.

Las obras de arte principales a lo largo del canal están constituidas por dos usinas hidroeléctricas concesionadas a la Compañía Electro Metalúrgica Andina (hoy fuera de servicio), 4 compartos de distribución de agua de riego para los departamentos de Albardón, Angaco, San Martín y Caucete y los descargadores al Río San Juan: Dávila, Yakín, Angaco, Caucete y 25 de Mayo.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

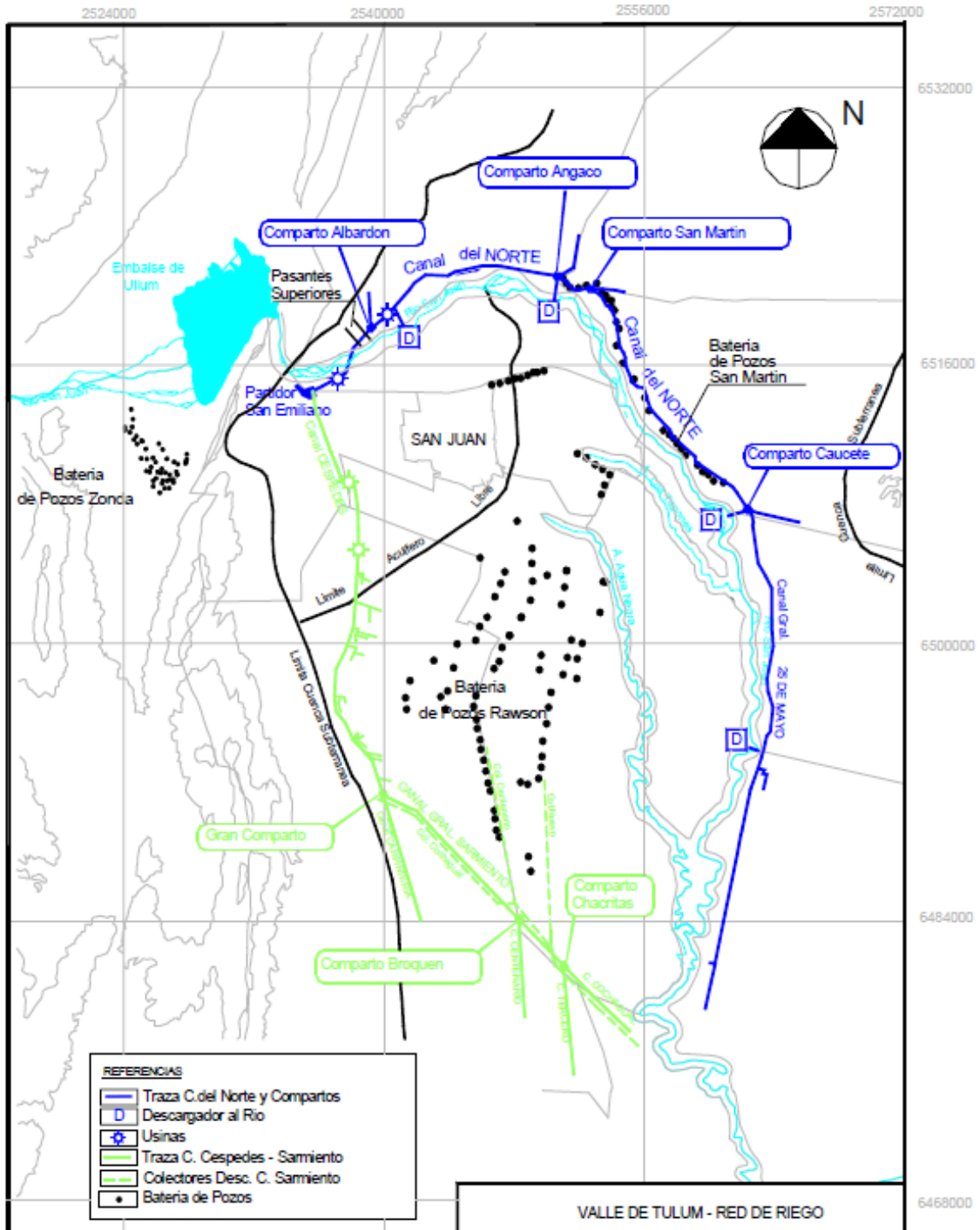


Figura 3-73: Mapa de la traza y elementos principales del canal del Norte (en azul), canal Ciudad (gris) y canal Céspedes (en verde).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Para su análisis el canal se lo puede dividir en 29 tramos de sección y pendiente constante.

Tramo	Progresivas		Longitud Tramo [m]	Sección Forma	Datos Geométricos medios					
	Inicial	Final			B	b	Ang	H	f	i
	[m]	[m]			[m]	[m]	[°]	[m]	[m]	[%]
1	13,70	200,20	186,50	Rectangular	10,00	10,00	0,00	3,30	-	0,70
2	251,40	558,65	307,25	Tolva	7,40	2,60	45,73	2,74	0,40	4,56
3	558,65	2066,44	1507,79	Tolva	7,30	2,63	46,71	2,70	0,50	4,62
4	2066,44	2610,55	544,11	Tolva	9,00	2,59	56,02	2,56	0,40	4,65
5	2816,84	4900,84	2084,00	Entubado				2,70		2,47
6	4939,80	5274,44	334,64	Tolva	8,20	4,00	44,46	2,92	0,78	3,47
7	5274,44	5374,44	100,00	Entubado						
8	5374,44	5474,54	100,10	Tolva	9,77	4,00	44,46	3,72	0,78	2,10
9	5474,54	6388,96	914,42	Tolva	8,20	4,00	44,46	2,92	0,78	2,66
10	6388,96	8421,68	2032,72	Tolva	8,90	3,50	42,47	3,40	0,45	1,41
Comparto Albardón										
11	8491,58	9766,93	1275,35	Tolva	10,90	5,91	46,59	2,86	0,50	0,60
12	11295,00	12003,84	708,84	Trapezial	11,40	4,00	45,00	3,70		0,38
13	12003,84	12103,84	100,00	Entubado				3,82		0,90
14	12103,84	12418,32	314,48	Trapezial	10,20	4,00	45,00	3,10		0,45
15	12440,32	13084,32	644,00	Tolva	9,98	3,68	45,74	3,69	0,62	1,04
16	13084,32	13589,62	505,30	Tolva	8,42	3,76	41,76	3,23	0,62	3,01
17	13589,62	13645,48	55,86	Tolva	8,42	3,76	41,76	3,23	0,62	6,62
18	13645,48	14481,80	836,32	Tolva	6,80	3,20	47,32	2,16	0,50	6,70
19	14481,80	16581,62	2099,82	Tolva	7,60	3,70	43,85	2,61	0,58	3,26
20	16581,62	18180,27	1598,65	Tolva	8,54	3,46	46,39	3,02	0,60	1,65
21	18180,27	18267,37	87,10	Tolva	9,10	3,90	45,00	3,19	0,59	3,21
Comparto Angaco										
22	18330,27	20597,93	2267,66	Tolva	9,40	2,98	54,03	2,76	0,43	1,40
Comparto San Martín										
23	20675,86	20806,82	130,96	Tolva	9,10	3,36	49,06	3,01	0,52	1,60
24	20806,82	22535,72	1728,90	Tolva	9,10	3,36	49,06	3,01	0,52	1,38
25	22535,72	26860,00	4324,28	Tolva	9,02	3,04	52,43	2,76	0,46	1,06
26	26860,00	28864,40	2004,40	Tolva	9,02	3,04	52,43	2,76	0,46	1,00
27	28864,40	29986,00	1121,60	Tolva	9,02	3,04	52,43	2,76	0,46	0,98
28	30136,00	32466,20	2330,20	Tolva	8,50	2,82	53,13	2,60	0,47	1,05
29	32496,20	36881,80	4385,60	Tolva	9,02	3,04	52,43	2,76	0,46	0,75
Comparto Caucete										

Tabla 3-14 - Características geométricas del Canal del Norte. (Gentileza PROSAP)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

f = flecha (altura del sector circular que conforma la solera del canal).

B = ancho superficial

b = ancho de fondo

i = pendiente de fondo

H = altura hasta el bordo del canal

Tramo inicial del Canal del Norte

ENTUBADO CANAL DEL NORTE BAJO EL RÍO SAN JUAN

El canal del Norte luego de recorrer parte en zona urbana e industrial cruza el río San Juan por medio de dos conductos paralelos con sección en forma de herradura. El origen de los conductos se ubica en la progresiva 2.816,84 m, que corresponde a la cámara de descarga de la central hidroeléctrica “Ing. Dagoberto Sardina”.

Los conductos están constituidos por dos tramos rectos empalmados por curvas circulares. La separación externa entre conductos es de un metro (1 m).

El primer tramo tiene una sección del tipo a, con una longitud de 674,64 m y el segundo una sección tipo b, con una longitud de 1.404,84 m.

La sección interior de ambos conductos es la misma, la variación reside en el mayor espesor que posee la sección b en coincidencia con el cruce del río. Cada conducto tiene cinco chimeneas de ventilación, encontrándose la primera en progresiva 3.491,84 m. Los dos túneles presentan en planta dos tramos rectos unidos por una curva circular. Sus características principales son:

- La pendiente general del entubado es del 2,5 ‰ y tiene una tapada mínima de aproximadamente 4 m.
- Los conductos tienen juntas constructivas cada 50 m donde el cierre hidráulico se ha materializado con una chapa de cobre de simple onda.
- Las secciones de los conductos tiene forma de herradura con paredes de espesor variables entre 0,17 y 0,40 m.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

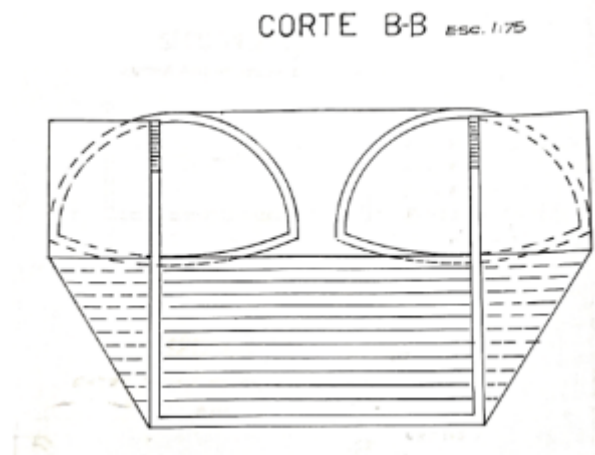


Figura 3-74: Sección típica de los conductos de entubado del Canal del Norte. Los conductos atraviesan el río San Juan por debajo de su lecho. *Gentileza DH*

OBRAS DE DERIVACIÓN PRINCIPALES EN EL CANAL DEL NORTE



Figura 3-75: Vista del canal del Norte (Quiroga) en su recorrido en la margen izquierda del río San Juan (Albardón). *Gentileza PROSAP*

COMPARTO ALBARDÓN- PROGRESIVA 8465 DEL CANAL DEL NORTE

Esta obra de derivación consiste en una cámara de carga, cuatro compuertas frontales y dos laterales al Canal General de Albardón, un puente de maniobras de donde se comandan manualmente las compuertas. La derivación de caudales se controla mediante sección calibrada (limnómetro) en el Canal General de Albardón. Este compartó y sus canales asociados permiten

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

abastecer de agua a una dotación de 4.574 has en un entorno actual de 4.931,6 Has con derecho a riego y es abastecido por dos tomas directas sobre el Canal del Norte:

- Canal Gral. Albardón, que tiene una longitud de 3,80 Km., y está impermeabilizado en hormigón en todo su recorrido. Se le asignan 4470,9 Has. en la distribución.
- Canal Gral. Cañada, tiene una longitud de 2,50 km. y está impermeabilizado en todo su recorrido. Distribuyen para 460,7 Has.

En el Departamento de Albardón prevalecen los suelos pertenecientes a la serie Mitre, en áreas con extensión limitada se encuentra la serie Belgrano. A lo largo del límite occidental del departamento existe una amplia franja de suelos pertenecientes al Complejo El Salado, caracterizados por horizontes superficiales de distinta texturas, apoyados (a variada profundidad) sobre un subsuelo constituido por gravas, gravillas o rodados.



Figura 3-76: Vista en Planta ubicación obra Comparto Albardon Derivador al Canal General de Albardon, Progresiva 8465 mts. Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan

COMPARTO YAKIN - PROGRESIVA 12423 DE CANAL DEL NORTE

Esta obra está compuesta por una cámara de carga, tres compuertas frontales y dos laterales, que descargan al río, con una capacidad de 20 m³/seg. Sirve de descarga de los caudales en exceso que se entregan al canal para posibilitar que las usinas de Electrometalúrgica Andina, dispongan de una mayor generación.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

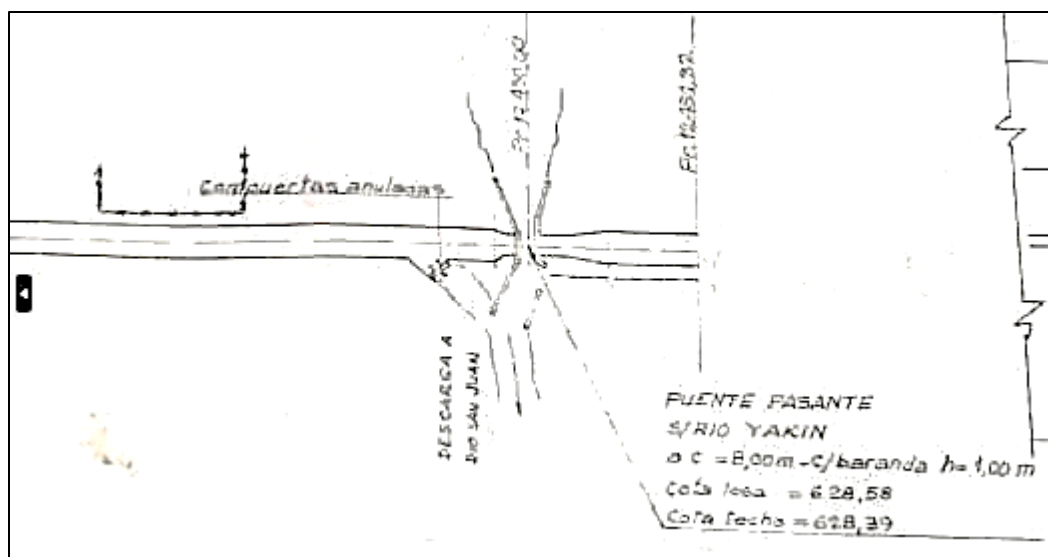


Figura 3-77: Foto Comparto YaKin puente y descargar al río . Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan

CENTRAL ALBARDÓN-CANAL DEL NORTE

La Central esta ubicada sobre el canal del Norte posee una camara de carga con desarenador y tiene instaladas 4 turbinas Francis de eje horizontal con una potencia total de 8 Mw (2 Mw por cada turbina) esta concesionado el salto a la empresa Electrometalurgica Andina SRL.

Un serio problema ambiental, a resolver, para la coperación de estas centrales instaladas sobre los canaorrecta les es el control de la basura domiciliaria ya que el canal del Norte atraviesa zonas urbanas en el Departamento Chimbas. Esta situación no solo afecta el funcionamiento de las turbinas sino que contamina el agua de riego con altos contenidos de organismos patógenos.

COMPARTO ANGACO - PROGRESIVA 18304 DE CANAL DEL NORTE

Esta obra comprende una cámara de carga, un puente de maniobra, tres compuertas frontales, dos de derivación y dos de descarga al río, previstas para 8 m³/s. Posee al comienzo un canal de descarga impermeabilizado en regular estado, que se continúa en tierra hasta el río.

La derivación de caudales se realiza mediante sección calibrada, aunque por problemas de embanques, también se realizan aforos de compuertas. Este compartó y sus canales asociados permiten abastecer de agua a una dotación de 8939 has en un entorno actual de 9.159,0 Has con derecho a riego, con dos tomas sobre el Canal del Norte:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- Comparto Angaco desde donde deriva el Canal Matriz Angaco, que tiene una longitud de 1,80 Km., impermeabilizado en hormigón en todo su recorrido. Derivan de este canal, el canal Punta del Monte – Tapia y el canal Plumerillo Bosque, ambos impermeabilizados en su totalidad. El primero tiene una longitud de 13,1 km. y el segundo de 18,10 km. Se le asignan 8957,4 Has. en la distribución. Este canal se subdivide luego en el canal general Punta del Monte que riega unas 4107 has y el canal Gral P del Bosque que riega unas 4731 has.
- Canal Colonia, con 201,6 Has de dotación.

En este Departamento prevalecen los suelos pertenecientes a la serie Mitre y Belgrano. Las características de los suelos, sobre todo la salinidad, resultan muy variables, en parte también por las distintas técnicas agrícolas de riego y en uso.

COMPARTO SAN MARTÍN - PROGRESIVA 20643 DE CANAL DEL NORTE



Figura 3-78: Foto Comparto Angaco y su descargar al río . *Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan*

Este compartó está compuesto de cámara de carga, un puente de maniobra, tres compuertas frontales, una lateral y un vertedero lateral. La derivación se realiza mediante secciones calibradas. Este compartó y sus canales asociados permiten abastecer de agua a una dotación de 10.377 has en un entorno actual de 9.723,9 Has con derecho a riego, con cuatro tomas sobre el Canal del Norte:

- El Canal General que tiene una longitud de 5,40 Km., impermeabilizado en hormigón en todo su recorrido. Con 5.452,9 Has. de dotación
- El Canal Carril, con una longitud de 9,60 km. e impermeabilizado en todo su recorrido. Con 804 Has. de dotación.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- El Canal Sarmiento, que tiene una longitud de 11 km. Se distribuye para 1.489 Has.
- El Canal Lamaral, con una longitud de 1,6 km. Con 1.978 Has de distribución

El Departamento San Martín cuenta con una superficie cubierta principalmente por suelos Mitre y Belgrano. En menor medida se encuentran también suelos pertenecientes a la serie Cortínez, al Canal Puntilla, Sarmiento y Pie de Palo, estos últimos se encuentran en la parte inferior de la homónima sierra.

COMPARTO CAUCETE - PROGRESIVA 36916 DE CANAL DEL NORTE

Este compartó está compuesto de cámara de carga, un puente de maniobra, cuatro compuertas frontales, dos laterales y un vertedero lateral. Posee un canal de descarga al río con una capacidad de 15 m³/s, en regular estado. Este compartó y sus canales asociados tienen la capacidad de abastecer de agua a una dotación de 12.314 has en un entorno actual de 12.149,1 Has con derecho a riego. El Dpto. tiene una toma principal sobre el Canal Quiroga en el Comparto Caucete, de donde deriva el Canal Gral. Caucete que tiene una longitud de 4,7 Km., impermeabilizado con piedra sellada (primer tramo) y hormigón.

En Caucete, por lo general, la mitad meridional del área cultivada del departamento prevalecen suelos de la serie Belgrano, mientras que la serie Mitre se encuentra en franjas muy estrechas. Por el contrario, en la mitad septentrional prevalecen suelos de la serie Mitre, mientras que la serie Belgrano se encuentra en áreas limitadas.

Hacia el límite occidental del departamento, a lo largo del lecho del río San Juan, existe una franja continua de suelos de la serie Belgrano. Hacia el límite oriental del área cultivada, a lo largo de las partes inferiores de la sierra de Pie de Palo, existe una franja discontinua de suelos de la serie Pie de Palo.

El Departamento 25 de Mayo es abastecido por el Canal General 25 de Mayo que nace en el compartó Caucete y constituye la continuación del Canal del Norte. Tiene una longitud de 14,5 km, un caudal de diseño aproximado de 15 m³/seg y pendiente variable de 0,42 a 1‰ totalmente impermeabilizado. Este canal finaliza en el Comparto 25 de Mayo, desde donde arrancan los canales secundarios de distribución al departamento homónimo.

En el departamento de 25 de mayo se registran actualmente 20.300,5 Has. con derecho a riego. En el Departamento 25 de Mayo , prevalecen los suelos de la serie Belgrano y Mitre.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En la franja oriental y meridional del área cultivada del departamento se encuentran principalmente las formaciones medanosas de la serie Canal Puntilla.

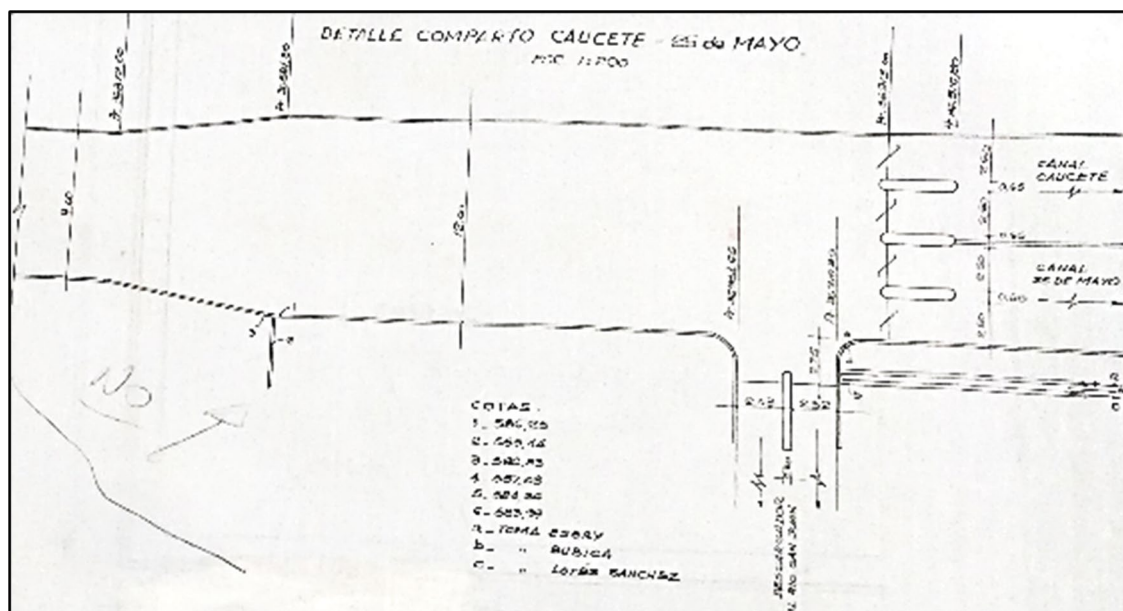


Figura 3-79: Foto Comparto Cauçete y su descargador al río . El canal General Cauçete riega aproximadamente unas 10432 has. El canal 25 de Mayo se estima riega unas 20300 has. *Gentileza Departamento de Hidráulica de la provincia de San Juan*

MANEJO DE CUENCAS ALUVIONALES

El Canal del Norte, aguas abajo de la salida del Entubado bajo el río y hasta el Río Yakín, es interceptado por cauces de escurrimiento de crecientes de cuencas aluvionales ubicadas al noroeste en la Loma de las Tapias y en las Lomas de Ullum, que cruzan el canal por medio de obras de arte y descargan en el Río San Juan.

En un estudio realizado en el año 1998 se identificaron 5 cuencas menores y la cuenca del río Yakín de mayor importancia. La cuenca del Río Avila atraviesa el canal por sobre el entubado a presión de la Central Hidroeléctrica Albardón de la Electrometalúrgica Andina S.A. por lo cual no requiere de ninguna obra especial de control.

La verificación hidráulica de las obras de arte y cauces existentes para el paso de crecidas tomo como base la determinación de caudales máximos de crecidas mediante el Método Racional Generalizado actualizado por la Dirección Nacional de Vialidad.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LOS CANALES

Una de las variables que influye con mayor peso en la capacidad de escurrimiento de un canal es la rugosidad, de allí la importancia de su determinación en diferentes tramos del canal.

El valor del coeficiente de rugosidad es afectado directamente por un mal estado de conservación de la superficie mojada y se modifica sustancialmente con juntas mal conservadas, fondos deteriorados, vegetación en el cauce, embanques, etc.

Es importante destacar que una variación de una milésima en el coeficiente de rugosidad n de Manning (Ej.: 0,018 a 0,017) significa una variación del orden del 8 al 10% en el caudal. El coeficiente de rugosidad a utilizar en los cálculos hidráulicos se determinó para condiciones más desfavorables (precisamente en verano cuando se necesitan los máximos caudales). En tanto que se puede inferir por estudios preliminares que si el canal se encuentra en buenas condiciones de mantenimiento general, se puede adoptar para los cálculos hidráulicos a futuro un coeficiente n de Manning = 0,016.

En síntesis, se adoptan los siguientes coeficientes de rugosidad:

n de Manning para cálculos hidráulicos actuales = 0,018

n de Manning para cálculos hidráulicos a futuro = 0,016 y 0,018 para condiciones con lama.

n de Manning para el Entubado del Río San Juan = 0,016

CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DEL NORTE

Para el cálculo de la capacidad de conducción, se dividió el canal en 29 tramos definidos por la homogeneidad de sección y pendiente¹. El cálculo hidráulico se realiza para movimiento uniforme con la fórmula de Manning. El coeficiente de rugosidad adoptado es $n = 0,018$ para condiciones actuales. En todos los tramos se toma un valor de revancha en la altura de la sección de 0,40 m. Estos tramos y los cálculos efectuados se detallan en la siguiente En la tabla se puede apreciar que existen varios tramos con secciones críticas desde el punto de vista de capacidad de conducción.

¹ Proyecto Recrecimiento Canal del Norte y 25 de mayo. Consultora Coria Jofré y Asociados

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

N°	Sección	Progresivas		Longitud	Caudal
	Forma	Inicial	Final	Tramo	n = 0,018
		[m]	[m]		[m]
1	Rectangular	13,7	200,2	186,5	63,90
2	Tolva	251,4	558,65	307,25	39,60
3	Tolva	558,65	2066,44	1507,79	36,69
4	Tolva	2066,44	2610,55	544,11	39,44
5	Entubado	2816,84	4900,84	2084	46,12
6	Tolva	4939,8	5274,44	334,64	46,68
7	Entubado	5274,44	5374,44	100	45,90
8	Tolva	5374,44	5474,54	100,1	64,99
9	Tolva	5474,54	6388,96	914,42	40,87
10	Tolva	6388,96	8421,68	2032,72	43,67
11	Tolva	8491,58	9766,93	1275,35	31,44
12	Trapezoidal	11295	12003,84	708,84	38,70
13	Entubado	12003,84	12103,84	100	36,22
14	Trapezoidal	12103,84	12418,32	314,48	28,61
15	Tolva	12440,32	13084,32	644	45,88
16	Tolva	13084,32	13589,62	505,3	54,99
17	Tolva	13589,62	13645,48	55,86	81,55
18	Tolva	13645,48	14481,8	836,32	30,12
19	Tolva	14481,8	16581,62	2099,82	35,54
20	Tolva	16581,62	18180,27	1598,65	34,35
21	Tolva	18180,27	18267,37	87,1	60,12
22	Tolva	18330,27	20597,93	2267,66	27,67
23	Tolva	20675,86	20806,82	130,96	35,51
24	Tolva	20806,82	22535,72	1728,9	32,97
25	Tolva	22535,72	26860	4324,28	23,36
26	Tolva	26860	28864,4	2004,4	22,69
27	Tolva	28864,4	29986	1121,6	22,46
28	Tolva	30136	32466,2	2330,2	18,81
29	Tolva	32496,2	36881,8	4385,6	19,65

Tabla 3-15 - cálculo de capacidad de conducción canal del Norte (*Gentileza PROSAP*)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ELEMENTO 21: CANAL PLAYAS (O NAZARIO BENAVIDEZ)

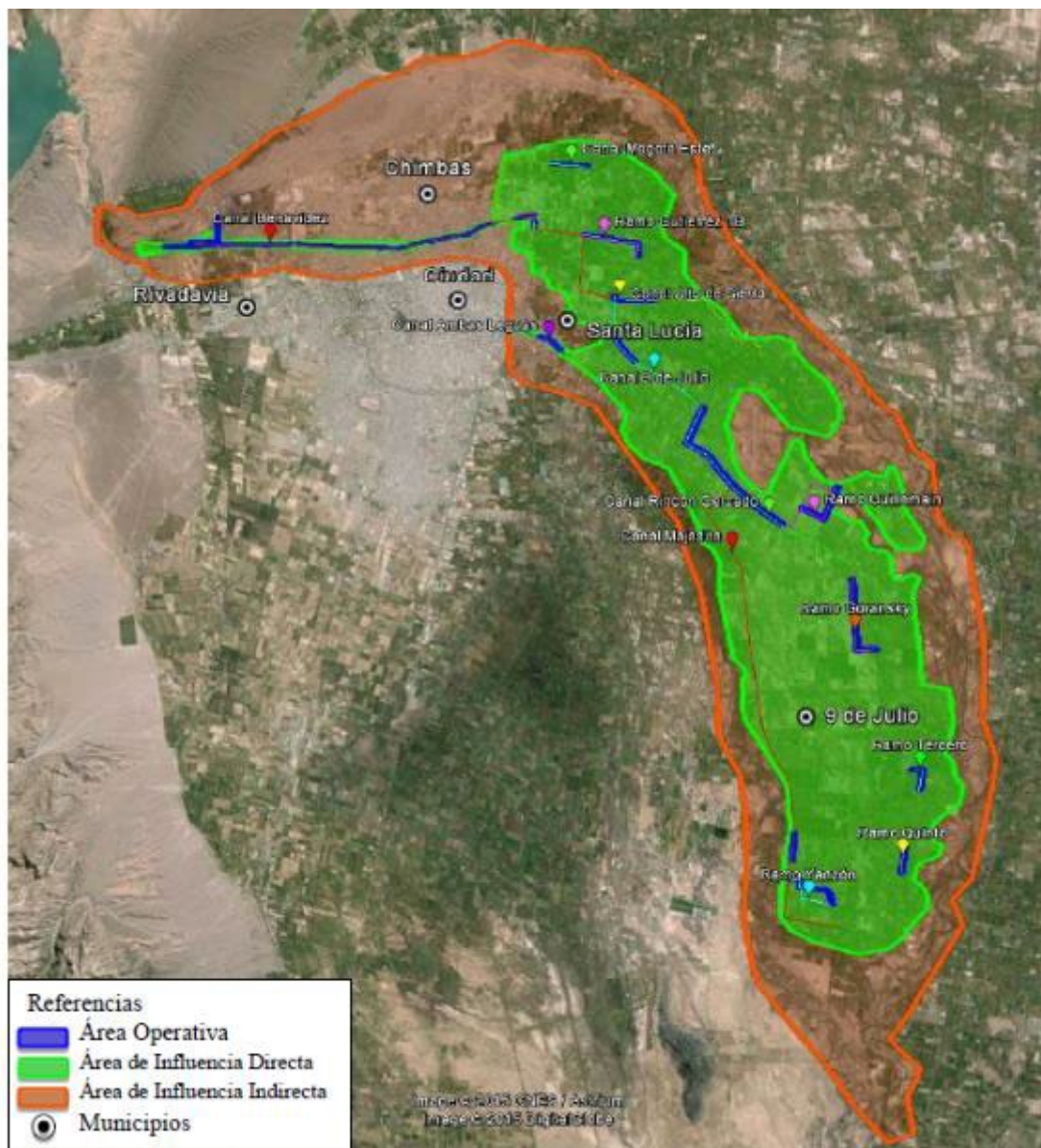


Figura 3-80: Área de influencia directa del canal Playa también conocido como Nazario Benavidez. *Gentileza PROSAP provincia de San Juan*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

El canal Benavídez (o Playa) toma diferentes nombres según los departamentos que atraviesa el tramo Ciudad, el tramo Gobernador Nazario Benavídez, el tramo General 9 de Julio, el tramo Rincón Cercado y por último el canal Majadita. Fue construido en hormigón en 1950 y actualmente se están realizando obras de reparación dado su alto grado de deterioro.

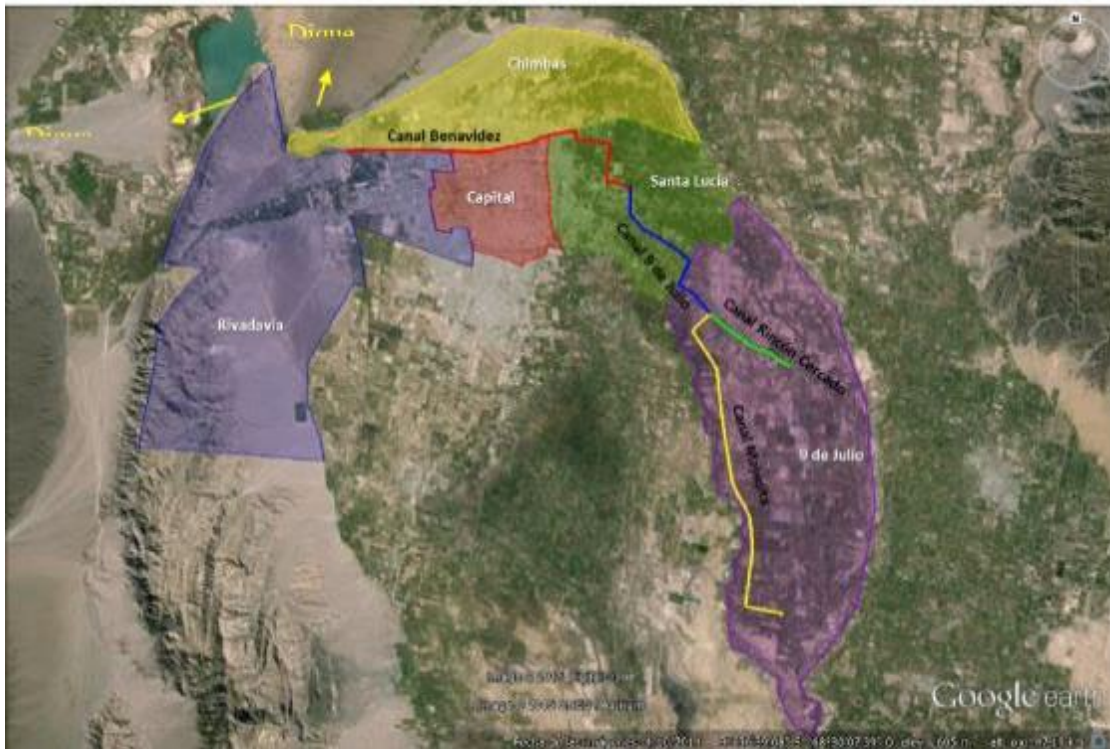


Figura 3-81: El canal Benavídez riega los Departamentos de Rivadavia, Capital, Chimbab, Santa Lucía y 9 de Julio.

Es un canal hecho en su mayoría con sección tipo tolva que varía sus dimensiones a lo largo de su trayecto además de variar también su pendiente y presentar un buen número de saltos.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTIAGO GRAFIGNA

En su primer tramo el canal posee una usina hidroeléctrica que aprovecha un salto de agua denominada “Santiago Grafigna”.

La empresa La Platense volvió a ponerla en funcionamiento el 2 de mayo de 2016 en que logró la concesión de un salto de agua del canal. Luego de superar un período de ajuste la microturbina italiana Kaplan marca Ansaldo, ha sido completamente modernizada y automatizada para su

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

manejo remoto; y esta produciendo en forma continua hasta 600 kW de electricidad, dependiendo del caudal del canal de regadío. La turbina fue bautizada con el nombre Independencia y está ubicada en el canal mencionado a la altura de la calle Malvinas Argentinas. La ley 27.191 establece que al término del 2019 las industrias grandes deben obtener el 8% de energías renovables, y en el 2025 lo deberán hacer con el 20%. Con el uso de esta microturbina la firma abastecerá hasta el 70% de su consumo. La tecnología de automatización y manejo remoto que se le incorporó a la mini central apunta a que la fabrica ingrese a la industria 4.0, la nueva manera de organizar los medios de producción mediante el uso de la digitalización.

COMPARTO QUIROGA

El compartó Quiroga se encarga de dividir las aguas del canal Ciudad (o Playa) en 3 canales, el canal General Chimbas que riega 1641 has hacia el Norte de la ciudad de San Juan con límite en la costanera del río San Juan, el canal Benavidez (continuación del canal Ciudad o Playa) que riega la zona de Santa Lucia 1706 has y Concepción 1189 has y el canal 9 de Julio que se divide en 2 canales el canal Majadita que riega 4845 has y el canal Rincón Cercado que riega unos 3849 has. Finalmente el canal Trinidad que atraviesa toda la ciudad capital de San Juan para regar 2661 has y además toda la arboleda de Rivadavia, zona Desamparados y finalmente el Medanito, en este caso la mayoría de las fincas productivas en los últimos 20 años se han ido convirtiendo a barrios poblados y por ello ha ido cambiando el uso del agua de riego para regar hoy arboleda.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

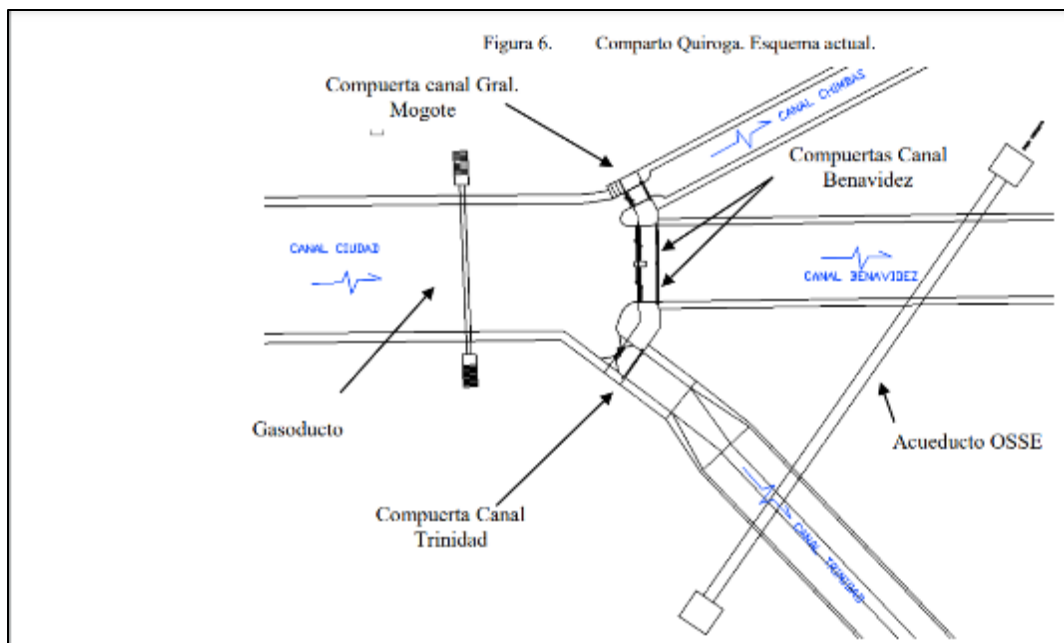


Figura 3-82: Foto Planta del Comparto Quiroga sobre el canal Ciudad (Benavidez o Playa). Punto divisor que reparte agua de riego a las zonas de Chimbas y Trinidad. *gentileza PROSAP*

TOMA SANTA LUCÍA



Figura 3-83: Foto Derivador Santa Lucía sobre el canal Benavidez, diseñado para derivar una dotación de riego de 1706 has. Dado que el canal atraviesa largos trayectos poblados la basura es un problema a solucionar. Existe un proyecto de entubado del canal Benavidez que permitirá, a futuro, eliminar el problema de basuras. *gentileza PROSAP*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

COMPARTO CONCEPCIÓN



Figura 3-84: Comparto Concepción diseñado para derivar una dotación de riego para 1189 has. *Gentileza Dr. Ing. Oscar Dölling.*

COMPARTO MOGOTE

El compartó Mogote deriva agua hacia la zona Nor-Este de Chimbas para regar cerca de unas 1537 has a través del canal Mogote.



Figura 3-85: Foto Comparto Mogote donde nace el canal General Mogote que riega unas 1537 has. *gentileza Google.*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

COMPARTO COLONIA



Figura 3-86: Foto Derivador Santa Lucia, dado que el canal atraviesa largos trayectos poblados la basura es un problema a solucionar. *Gentileza Google.*

ENTUBAMIENTO DEL CANAL BENAVIDEZ

Actualmente existe un proyecto ejecutivo denominado Acueducto del Oeste que tiene como objetivo el mejoramiento del sistema de conducción de agua que se capta en el Dique Partidor San Emiliano mediante la ejecución de un “techo” para el canal existente en dos tramos y de un Acueducto en otro tramo para conservar la calidad de la misma que, conducida posteriormente mediante otros ductos y/o canales, sirva para que sea potabilizada en distintos puntos (pequeñas plantas potabilizadoras) en forma sencilla y sea distribuida en pequeñas localidades que la tienen como fuente de agua superficial, contribuyendo así a atenuar los posibles focos de contaminación antrópica y ambiental, para lograr una potabilización más segura y efectiva y con ello, contribuir a mejorar la salud de la población que se abastece de dichos sistemas.

Como objetivo secundario o complementario, se pueden destacar el control de inundación que se lograría con la ejecución de la presente obra, puesto que encauzada el agua de las lluvias torrenciales que se producen en determinadas épocas del año en dicho canal y acueducto, evitaría que determinadas zonas urbanas se vean afectadas por varios días cuando ocurren este tipo de fenómenos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Se incluye en este proyecto la ampliación de la Av. Nazario Benavidez, que consiste en ampliar el ancho del perfil de la avenida, transformándola en boulevard desde la calle Salta hasta la calle Necochea.

Asimismo, se optimiza la solución técnica del canal a partir de la intersección de la Av. Benavidez con Ruta 40 hasta la intersección con la calle Colón Norte.

El proyecto tiene además asociado un proyecto arquitectónico urbanístico que transformará los canales tapados en bicisendas y paseos peatonales.

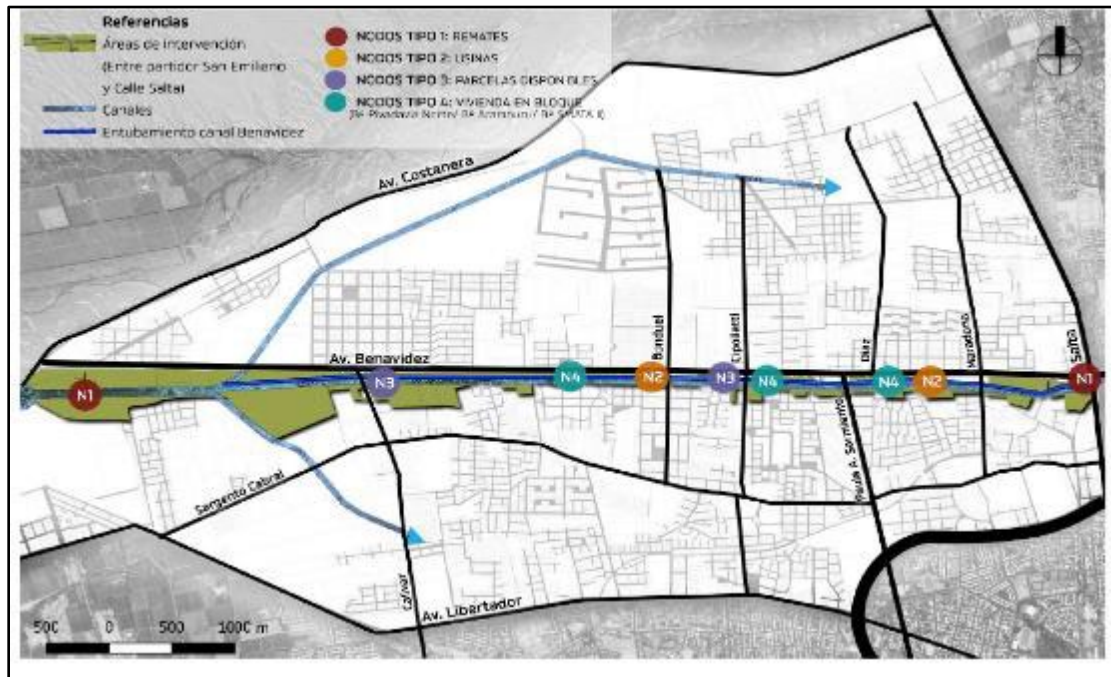


Figura 3-87: Áreas de intervención del Proyecto Acueducto del Oeste para tapado y entubamiento del canal Benavidez.

ELEMENTO 22: CANAL SUR (O CÉSPEDES)

El canal del Sur o también llamado Pocito (actualmente se lo nombra como canal Céspedes) fue la primer vía de riego matriz de la provincia. La construcción de este acueducto permitió regar las tierras de "El Pocito", convirtiendo esa zona hasta entonces sin agua, en el principal polo agrícola de San Juan.

En 1815 los vecinos de Santa Bárbara (hoy departamento Pocito) solicitaron autorización al cabildo para realizar una toma sobre el Río San Juan y construir un canal, pero este pedido no

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

prosperó, principalmente por la situación política de la época ya cercana a la declaración de la independencia.

No fue sino hasta 1818, que el entonces gobernador José Ignacio de la Roza, formó junto a Tadeo Rojo y otros vecinos, el primer consorcio de regantes destinado juntar fondos para la construcción del canal.

En esos días el erario provincial había quedado en ruinas, tras el enorme esfuerzo que el pueblo sanjuanino había realizado para abastecer al Ejército de los Andes.

Para consumir esta tarea, José Ignacio de la Roza contó con la mano de obra de 300 prisioneros realistas, recién traídos a la provincia por Clemente Sarmiento (padre de Domingo Faustino) tras la victoria en la Batalla de Chacabuco. Ejecutar esta obra en épocas en que el río era impredecible y violento, era una verdadera proeza. Se encomendó tamaña labor a José Herrera, conocido como "El Chileno Herrera". Era un hombre de gran experiencia, que ya había realizado importantes obras hidráulicas en Mendoza y Chile. Su carácter apático y modos groseros contrastaban con su gran afición al trabajo. A incesantes golpes de picos y palas se abrió, día tras día, los kilómetros de zanja de 80 cm de profundidad y 5 varas de ancho (unos 4,2mts) que formaron el cauce del primer canal matriz que tuvo nuestra provincia.

Durante el año que tardó la construcción, los obreros tuvieron que sortear varios obstáculos para llevar a cabo la difícil empresa. Un día, un aluvión comenzó a llenar el canal amenazando arrasar con la obra a medio terminar. Los prisioneros, empleados por la fuerza para esta labor, viéndose en mayoría por la escasa guardia y la crecida de las aguas, decidieron complotarse para escapar, armados de picos y palas. Herrera, hombre astuto que tenía sus informantes fue avisado e hizo llamar a los principales complotados. Para contener el aluvión de agua se hizo acostar de espaldas en la zanja y dio la orden de echarle encima tierra y ramas a modo de tapón humano.

Ante la mirada atónita e incrédula de sus súbditos, contuvo la crecida. Desde ese momento nació un profundo respeto hacia él y los revoltosos declinaron el motín.

La obra terminada costó 5.200 pesos aportados principalmente por el consorcio de regantes. Años después se aumentó su tamaño para darle mas caudal. Luego se construyó el canal ciudad (hoy canal Benavidez) y dos grandes compartos donde en 1838 el gobernador Yanzón mandó a construir el dique y partidor San Emiliano. Finalmente el Ingeniero Guillermo Céspedes realizó el estudio y trazado del canal del Norte, utilizando en parte la vieja traza de la acequia Huarpe.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Actualmente el canal del Sur lleva el nombre de Guillermo Céspedes tiene una conducción de 35 m³/seg. y riega Pocito, parte de Rivadavia y parte de Rawson y Sarmiento. El Canal Pocito o Ing. Guillermo Céspedes riega la margen derecha del río San Juan, cuenta con tres compartos y una longitud de recorrido de 42,60 Km. La capacidad de conducción es de 35 m³ / s para una superficie empadronada de 20.381 hectáreas hasta el compartó que aporta para el canal Colonia Fiscal, canal General Sarmiento y Cochagual, donde se encuentran empadronadas otras 23.260 hectáreas.

Estos canales están impermeabilizados en toda su longitud

En este informe se ha dividido al canal en tramos para poder realizar una descripción más detallada de la información que se ha obtenido para la realización de este texto informativo

Los datos se han obtenido de planos facilitados por el Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan. Dichos documentos fueron realizados en el año 1977 para el recrecimiento de esta red de riego.

DESCARGADOR CANAL CÉSPEDES

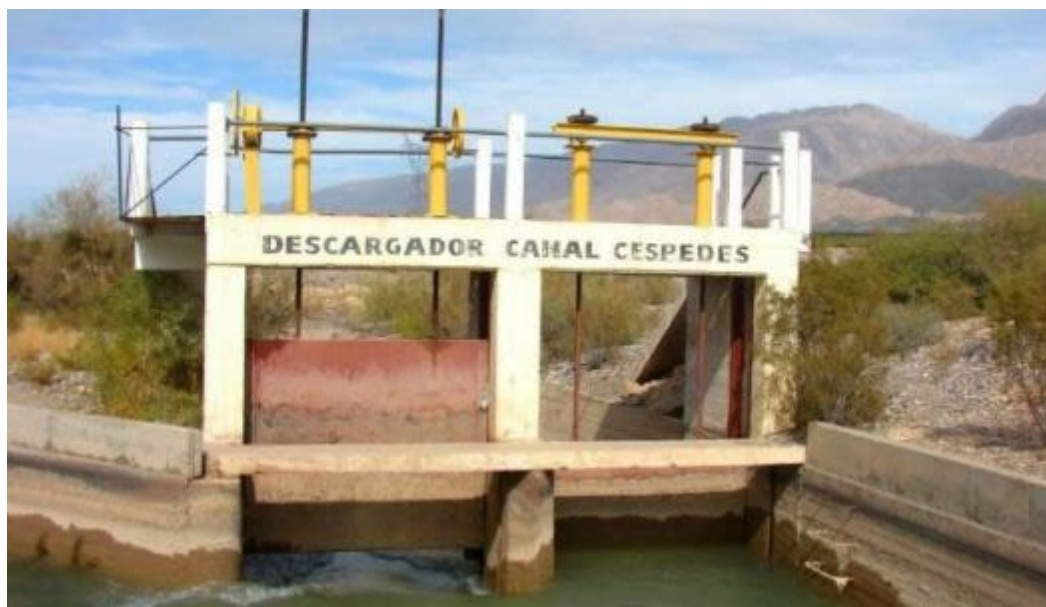


Figura 3-88: Foto Vista del Descargador del Canal Céspedes. *Gentileza PROSAP*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

El canal General Sarmiento se inicia en el Gran Comparto, obra final del canal Céspedes, el cual será readecuado para derivar un caudal de 14,00 m³/s. El Canal General Sarmiento tiene una longitud de 16.570,73 metros computados hasta el Comparto Chacritas, haciéndose notar que a partir del Comparto Broquen la capacidad futura del canal General Sarmiento será de 12 m³/s.

PROSAP se encuentra realizando actualmente obras de readecuación del canal General Sarmiento consisten en la demolición del canal existente y sus obras de arte entre el Gran Comparto y el Comparto Chacritas, y la consiguiente reconstrucción del canal General Sarmiento y sus obras de arte para una capacidad de transporte de 14,00 m³ / s. Todo el canal se reconstruirá de hormigón armado.

GRAN COMPARTO POCITO



Figura 3-89: Foto Vista del Gran Comparto, obra final del canal Céspedes y donde se divide e inician el canal General Sarmiento con dotación de 21708 has (censo 2017) y el canal Gral Justo Moya con dotación para 8878 has (censo 2017). Gentileza PROSAP

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Asimismo, comprende el alteo de los márgenes de los colectores Centenario y Nuevo y la readecuación de la obra de descarga de los colectores existentes.

A lo largo del canal General Sarmiento se ubican un conjunto de obras de arte que permiten darle continuidad a los servicios existentes, las obras localizadas sobre la traza del canal tienen por objeto:

- Derivar los aportes del canal General Sarmiento a los canales Prolongación Centenario, Tercero y Cochagual.
- Aforar los caudales conducidos y derivados.
- Solucionar la interferencia con caminos de servicio, peatonales y vehiculares, accesos a propiedades y acequias.

Secciones Hidráulicas Tipo I a VIII

Las Secciones Hidráulicas Tipo I a VIII se han proyectado de forma rectangular, en hormigón armado, con medidas de ancho de fondo, de altura y de longitudes, variables de acuerdo con los datos que obran en la respectivas planialtimetrías.

Salto y cuencos disipadores de energía

Se contempla la construcción de 6 saltos y cuencos disipadores de energía, para salvar diferencias de pendientes localizadas en tramos cortos y/o para adecuar el nivel de banquina del canal al nivel del terreno natural. La cubeta disipadora se ha dimensionado para asegurar, que para todo caudal el resalto hidráulico se localice dentro de ella. Se construirán en hormigón armado y se colocarán juntas de PVC en la unión de la obra de arte con el canal a construir.

Aforadores

Se contempla la construcción de 5 aforadores de los cuales tres de ellos estarán ubicados sobre la traza del canal General Sarmiento, y los restantes sobre el canal Cochagual y canal Tercero respectivamente. El diseño de los mismos está basado en el establecimiento del escurrimiento crítico en la sección estrangulada para determinar los caudales mediante una única lectura.

Pasantes en cruces de calles existentes

Se han proyectado pasantes sin pilas intermedias de tipo cajón en cada uno de los cruces con calles existentes.

Acequias y puentes peatonales

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Para las acequias y puentes peatonales se han proyectado obras de hormigón armado simplemente apoyadas sobre la banquina del canal.

Transiciones

En los casos en que se produce un cambio de pendiente y/o de sección se han diseñado transiciones de hormigón armado para disminuir las pérdidas de energía localizadas a valores admisibles. Estos cuentan con juntas de dilatación agua arriba y agua abajo de cada obra.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

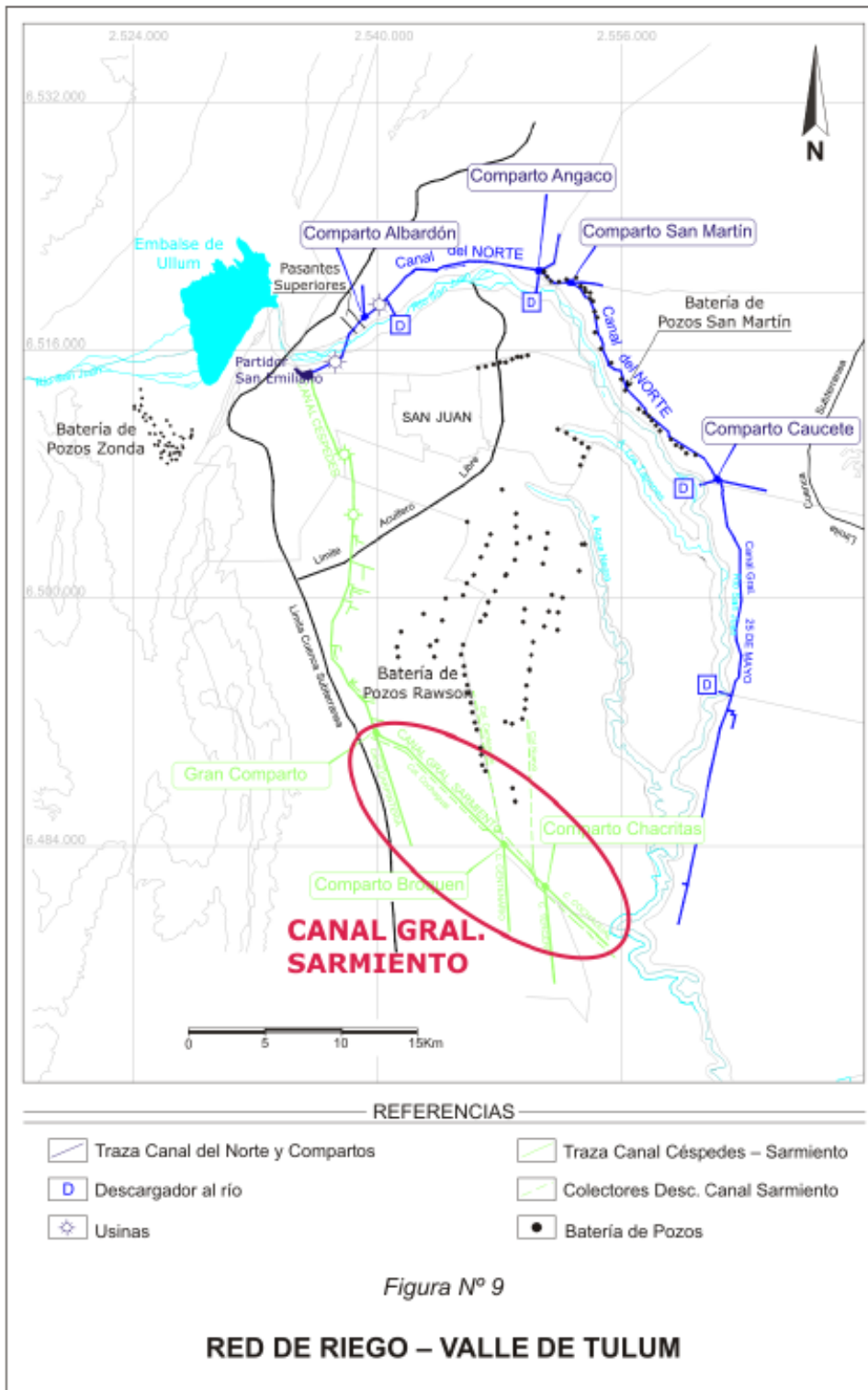


Figura 3-90: Mapa ubicación canal General Sarmiento. *Gentileza PROSAP*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DESCARGADOR DE EXCEDENTES, COMPARTO BROQUEN Y COMPARTO CHACRITAS

El descargador de excedentes y los compartos son obras que permitirán derivar los aportes del canal General Sarmiento para abastecer a los canales Prolongación Centenario, Tercero y Cochagual o bien derivar los excedentes al Colector Centenario.

Son obras de hormigón armado con fundación directa excepto el Comparto Chacritas que para minimizar costos y preservar las obras de mayor inversión se ha fundado la estructura de las compuertas mediante la utilización de pilotes.

Para controlar los caudales a derivar se ha previsto la instalación de compuertas metálicas ubicadas sobre marco metálico, las compuertas constarán de un sistema de izaje mecánico con reductor para regular el esfuerzo en la operación. Aguas arriba de las compuertas se instalará una escala hidrométrica.

Puente Canal

El puente canal ubicado en Progresiva 12.134,51 se ha proyectado como una viga en U, simplemente apoyada en ambas márgenes de la unión de los colectores. Su sección es rectangular de 4,20 metros de ancho de fondo y 1,70 metros de altura. El puente canal tiene un desarrollo de 25,00 metros con juntas de dilatación en la unión con las transiciones con el canal de sección trapezoidal.

El canal Tercero se inicia en el compartó Chacritas, se dirige al sur y abastece a los canales Campodónico Norte (incluye ramos Elasche, Gimenes, Matadero, Superior, del Medio e Inferior), Fiorito Sur, Espíndola, San Carlos y Magdalena (incluye ramos Lloveras y otros y Lloveras Hermanos). El caudal derivado promedio, para los meses de noviembre – diciembre del 2008, fue de 6,4 m³ / s, siendo la capacidad máxima de 7,3 m³ / s.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 3-91: Foto Vista de parte de las instalaciones del compartó Broquen, obra que permite derivar los aportes del canal General Sarmiento. *Gentileza PROSAP*

CANAL COCHAGUAL

Se ha proyectado la unión del Comparto Chacritas con el canal Cochagual existente, cuyo desarrollo tiene una longitud de 65,08 metros.

El canal se ha dimensionado para una capacidad de transporte de 6,05 m³ / s y próximo a su unión con el canal existente se ha instalado un aforador.

El canal Cochagual se inicia en el compartó Chacritas, en una primera parte presenta dirección noroeste – sureste para luego dirigirse al sur. Abastece a los canales 1° Cochagual (incluye ramos Silvica, Los Nogales y Matus), Fiorito Norte (incluye ramos Final y Campovid) y 2° Cochagual (incluye ramos Mongort, Garcias baños y La Amargura). El caudal derivado promedio, para los meses de noviembre – diciembre del 2008, fue de 3,6 m³ / s, siendo la capacidad máxima de 4,2 m³ / s. Ver Fotografía N° 20.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En el valle del Tulum la red de drenaje alcanza a 1.119,70 Km de drenes, de los cuales 110,13 Km se localizan en el Departamento Sarmiento, y 184,00 Km de desagües.

No obstante la longitud de este sistema, el insuficiente mantenimiento y limpieza de los mismos tiende a imposibilitar que cumplan la condición básica para la cual fueron construidos. El embancamiento, la falta de pendiente de estos canales, el desarrollo de vegetación arbustiva y subarbustiva y los residuos que se arrojan condicionan el desempeño del sistema de evacuación de los excedentes, situación que tiende a agudizarse durante los años hídricos ricos y continuados.

En este contexto, aunque con magnitudes y comportamientos diferentes, se presentan niveles de riego excesivo sobre las parcelas fenómeno que contribuye a aumentar los niveles de la freática y perjudicar la aptitud de los suelos.

NORMATIVA DEL SISTEMA DE RIEGO EN SAN JUAN- EVOLUCION HISTORICA

Referirse este punto a la lectura del informe Sistema Hídrico del Río San Juan parte III – Dölling, Oscar Raúl, CFI febrero de 2023.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL DE LA TERCERA ZONA

DESCRIPCIÓN GENERAL

GENERAL

Los departamentos Jáchal, Iglesia, Calingasta y Valle Fértil, resultan periféricos respecto del oasis central de los Valles Tulum, Ullum y Zonda y débilmente estructurados a partir de escasas centralidades en las que convergen menos del 7% de la población provincial. En contraste, la extensión territorial de la región de los departamentos nombrados representa aproximadamente el 71% de la superficie total provincial, esto es 63.558 km². En este contexto el valle central Tulum Ullum Zonda, concentra más del 90% de la población provincial junto a la mayor concentración de actividades productivas, inversiones y servicios. Los valles productivos de los departamentos fuera del valle TUZ se estructuran a partir de asentamientos rurales de baja jerarquía, que dependen funcionalmente de sus villas cabeceras. Sólo el departamento Calingasta, tiene la particularidad de presentar una estructura policéntrica.

	Superficie		Población (CNPhyV 2010)		Densidad
	Km ²	%	Habitantes	%	Hab/Km ²
Provincia de San Juan	89.651	100,00%	681.055	100,00%	7,60
Dpto. de Jáchal	14.749	16,45%	21.730	3,19%	1,47
Dpto. de Iglesia	19.801	22,09%	9.099	1,34%	0,46
Dpto. de Calingasta	22.589	25,20%	8.588	1,26%	0,38
Dpto. de Valle Fértil	6.419	7,16%	7.222	1,06%	1,13
Región Programática	63.558	70,89%	46.639	6,85%	0,73

Fuente: INDEC - CNPhyV 2010

Figura 3-92: Datos De La Tercera Zona

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La localización periférica de la región Jáchal Iglesia Calingasta y Valle Fértil con respecto a la aglomeración del Gran San Juan condicionó el desarrollo de los cuatro departamentos, situación agravada por los problemas de accesibilidad a los mismos debido al deficiente estado de la red vial; circunstancia que se presenta atenuada para la localidad de San José de Jáchal por causa de su localización estratégica en el cruce de las RN 40 y la RN 150. Cabe acotar que al Gran San Juan concentraba al año 2010 más del 70% de la población de la provincia, porcentaje que superaba el 90% si se consideraba la población residente en los valles de Tulum, Ullum y Zonda.

La estructura territorial de la región se define en torno a oasis productivos, que se interconectan con un número importante de asentamientos y oasis menores. Esta interconexión de asentamientos es posibilitada por tres conectores importantes y de variada jerarquía, la Ruta Nacional 40, la Ruta Nacional 150 y el Corredor Frontal Andino.

Cada microrregión integrante del sistema territorial se estructura a partir de un *sistema de asentamientos predominantemente monocéntrico* de pequeño tamaño, acentuado por los corredores de referencia y por una baja complejidad de servicios, que genera una fuerte dependencia funcional de los asentamientos menores.

Los departamentos de esta tercera zona pueden definirse como un arco que va desde el Oeste, pasa por el Norte y culmina en el Este de la provincia.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

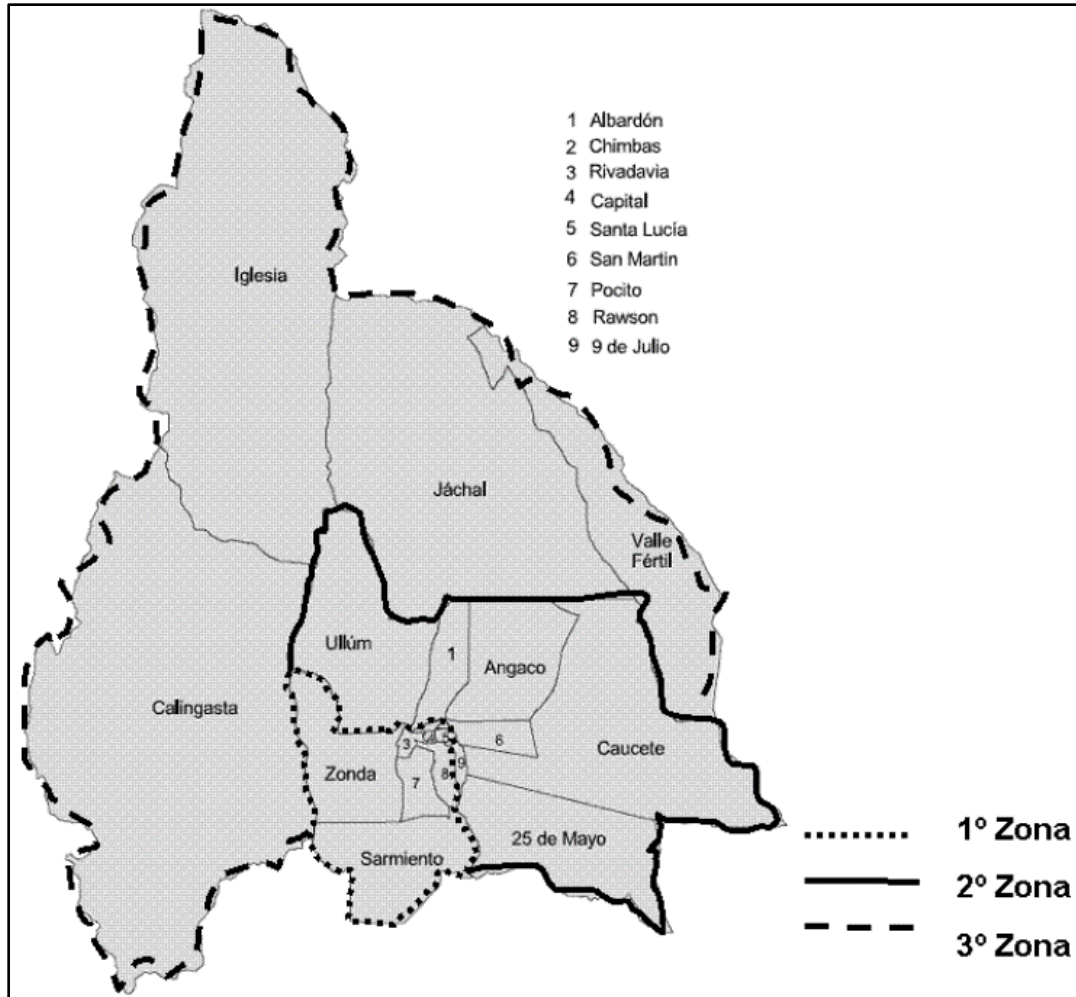


Figura 3-93: Ubicación La Tercera Zona compuesta por los departamentos de Calingasta, Iglesia, Jáchal y Valle Fértil.

LOS DEPARTAMENTOS DE LA TERCERA ZONA

- **Calingasta:** se encuentra ubicado en el suroeste de la Provincia de San Juan y ocupa el 25% del territorio provincial, constituyéndose en la jurisdicción más extensa de la provincia. Su relieve montañoso determinó que, históricamente, las poblaciones humanas y sus actividades se concentraran en el valle longitudinal de Calingasta - Barreal, limitado hacia el oeste por la Cordillera de los Andes y hacia el este por la Precordillera. Este valle longitudinal se extiende a lo largo de 250 km desde el departamento Iglesia al norte hasta Uspallata (Mendoza) al sur.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- **Iglesia:** se encuentra ubicado en el noroeste de la Provincia de San Juan y ocupa el 22% del territorio provincial. Su relieve montañoso determinó que, históricamente, las poblaciones humanas y sus actividades se concentraran en el valle longitudinal de Rodeo limitado hacia el oeste por la Cordillera de los Andes y hacia el este por la Precordillera.
- **Jáchal:** El Departamento Jáchal se encuentra ubicado en el centro norte de la Provincia de San Juan y ocupa el 16 % del territorio provincial constituyendo el tercer departamento con mayor superficie de la provincia luego de Calingasta e Iglesia. El relieve de Jáchal presenta dos estructuras bien diferenciadas. Hacia el oeste se encuentran las formaciones que corresponden a la Precordillera que se orientan en sentido Norte - Sur y que constituyen el límite con el departamento Iglesia y hacia el este se encuentran las serranías de Valle Fértil. Entre estas formaciones se conforman las depresiones del Valle de Jáchal, de Huaco y Niquivil.
- **Valle Fértil:** se encuentra ubicado en el noreste de la Provincia de San Juan y ocupa el 7% del territorio provincial constituyendo el quinto departamento con mayor superficie de la Provincia. En este Departamento encontramos las Sierras Pampeanas Occidentales, se inician en el Campo de Ischigualasto o también denominado Valle de la Luna, y consiste en una gigantesca hondonada en la que se ha preservado numerosos fósiles de la flora y la fauna de la Era Mesozoica. El límite de esta cuenca está marcado por la Sierra de Valle Fértil, con alturas superiores a los 2000 m y al sur continúa con la Sierra de la Huerta.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

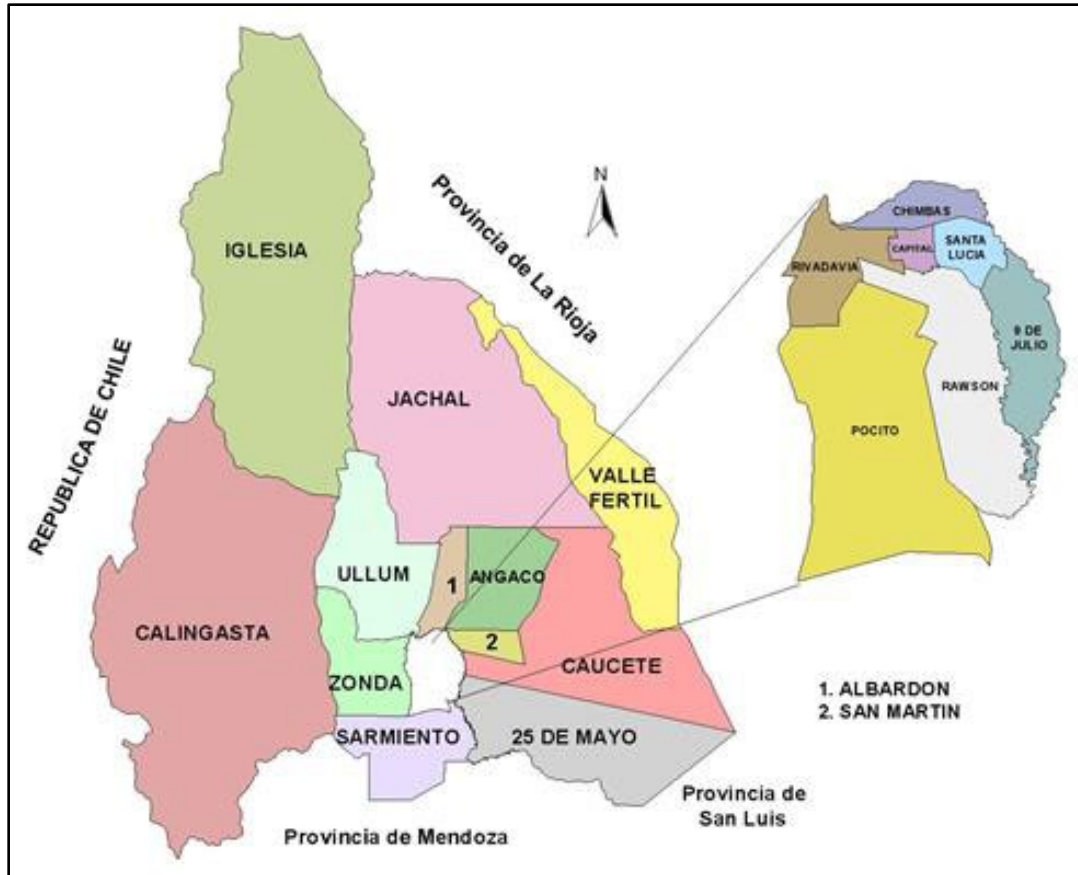


Figura 3-94: Mapa división política de la provincia de San Juan.

SUELO

A continuación, se describirán las características de los suelos por departamento:

Al igual que en el resto de la provincia, los suelos de **Jáchal** son jóvenes, inmaduros, sin embargo, en los suelos irrigados desde hace muchas décadas pueden observarse incipientes procesos de edafización. La mayor cobertura territorial del departamento corresponde a afloramiento rocosos y los suelos se encuentran sobre los valles de Jáchal, Huaco, Niquivil asociados a al Río Jáchal y a la depresión de La Travesía asociado a la cuenca del Bermejo. Debido a las severas limitaciones de recursos hídricos de la cuenca del Bermejo la actividad agrícola se concentró históricamente en los valles de la cuenca del Río Jáchal y sus afluentes.

En el Departamento de **Iglesia** los suelos provienen de materiales aluviales y aluviales - coluviales, con la característica de que se trata de suelos jóvenes e inmaduros. La mayor cobertura

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

territorial del departamento corresponde a afloramiento rocosos y la casi totalidad de los suelos se encuentran sobre el Valle de Rodeo.

Para el caso del Departamento de **Calingasta**, la mayor cobertura territorial corresponde a afloramiento rocosos y la casi totalidad de los suelos se encuentran sobre el Valle longitudinal Barreal – Calingasta. Las limitaciones climáticas de los suelos solo permiten la actividad agrícola bajo riego integral utilizando agua superficial o subterránea. Las actividades pecuarias en áreas fuera de los oasis de riego se caracterizan por su pequeña escala en puestos dispersos.

Las restricciones del medio biofísico implican una limitada posibilidad de ampliación de la superficie cultivada y de expansión de las actividades ganaderas. La única posibilidad de realizar agricultura es bajo riego integral y queda limitado a los recursos hídricos disponibles (ambiente natural) y a la infraestructura hídrica (ambiente construido). Los recursos hídricos superficiales no permiten expandir la superficie cultivada salvo a través de la mejora en la eficiencia de distribución y aplicación del agua de riego. El valle del río Los Patos permitiría la explotación de agua subterránea para ampliar la frontera agrícola del departamento.

El relieve de **Valle Fértil** está determinado básicamente por las sierras de Valle Fértil y de la Huerta y una planicie asociada al cauce del río. Al igual que en el resto de la provincia, los suelos son jóvenes e inmaduros, la mayor cobertura territorial del departamento corresponde a afloramiento rocosos y los suelos se encuentran sobre el eje conformado por el Valle de Valle Fértil - Mascasín.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

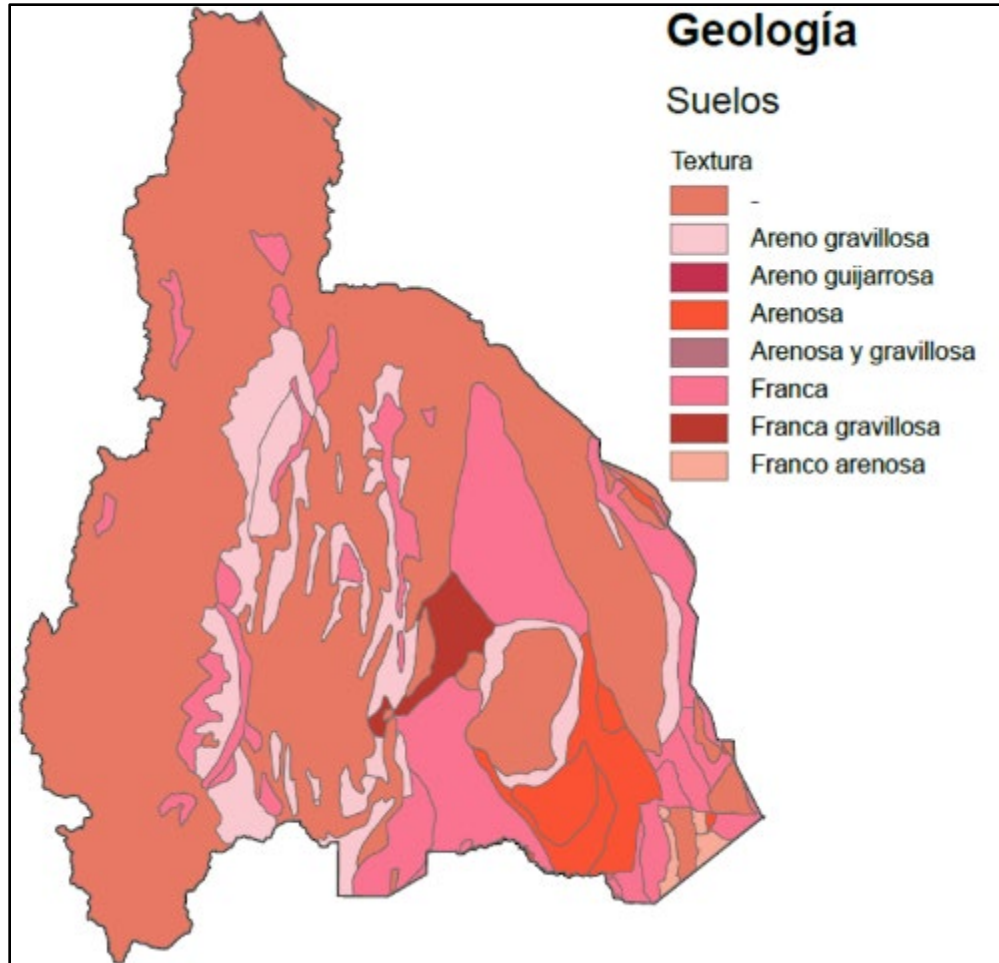


Figura 3-95: Mapa de caracterización de suelos. Fuente: atlas.unsj.edu.ar

AMBIENTE

En lo que se refiere a la matriz ambiental, la misma puede caracterizarse diciendo en primer lugar, que los suelos de los cuatro departamentos son jóvenes y se repite el patrón del resto de la provincia en donde la mayor superficie es árido y/o montañoso. La tierra apta para explotación agropecuaria se localiza en los oasis y valles debido a la oferta de tierra fértil y agua. Esta oferta establece restricciones para la expansión de la frontera agropecuaria y el asentamiento de la población.

El valle de Calingasta por datos geo eléctricos y de afloramientos, se sabe que en gran parte del pie de monte cordillerano el espesor de los depósitos cuaternarios no pasa de algunas decenas de metros y que la base resistiva se encuentra por encima del nivel de agua subterránea. De allí que este sector quede fuera de la cuenca. Los datos de resistividades permiten inferir que, en el

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

subsuelo, los depósitos cuaternarios tienen litologías y granometrías similares a las observadas en superficie: predominio de gravas de variado tamaño y de arenas. Solamente se encuentran sedimentos finos en el barreal de Leoncito, que forma parte de una depresión rellena de material cuaternario en continuidad hidráulica con el resto de la cuenca de agua subterránea. La recarga de la cuenca de Calingasta proviene, principalmente, del aporte del río de Los Patos, y, en menor proporción, de los ríos que bajan de la Cordillera Frontal, como el Castaño, el Calingasta y el Ansilta. Hacia el norte, es probable que la cuenca se prolongue en el subálveo del río Castaño, donde, en una sección, se han encontrado 46 metros de relleno cuaternario. Al noreste de este río es probable que exista una cuenca o subcuenca de agua subterránea limitada al norte por los afloramientos terciarios del Alto de La Crucecita.

El clima de la región presenta tres grandes subgrupos, los departamentos cordilleranos (Iglesia y Calingasta) presentan características de oasis irrigado con gran amplitud térmica y alta heliofanía. Jáchal por su parte repite los patrones de amplitud térmica y alta heliofanía, pero agrega un régimen de heladas que condiciona los cultivos. Valle Fértil tiene también una gran amplitud térmica, pero presenta el régimen pluvial más intenso de toda la región.

CLIMA

Calingasta e Iglesia

Ambos departamentos presentan características similares en las zonas del oasis irrigado, los datos de temperaturas medias indican como mes más cálido a enero con 22.8°C seguido de diciembre y febrero, con temperaturas promedio que superan los 25°C. El más frío julio con una temperatura media de 7.8°C, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre es normal tener temperaturas mínimas bajo cero. Desde el punto de vista de la producción agrícola, es importante resaltar que el déficit hídrico extremo solo permite la agricultura bajo riego. Otro aspecto importante a tener en cuenta es el régimen de heladas que limita los cultivos posibles. La gran amplitud térmica diaria y la alta heliofanía constituyen ventajas climáticas para la producción agrícola debido a su gran influencia en la calidad de muchos productos agrícolas (especialmente en los cultivos de aromáticas, frutales y semillas).

Jáchal

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En la zona del oasis irrigado, los datos de temperaturas medias indican como mes más cálido a enero con 24.3°C seguido de diciembre y febrero, con temperaturas promedio que superan los 23°C. El más frío julio con una temperatura media de 8.3°C, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre es normal tener temperaturas mínimas bajo cero. Desde el punto de vista de la producción agrícola, al igual que para Iglesia y Calingasta, es importante resaltar que el déficit hídrico extremo solo permite la agricultura bajo riego, y que el régimen de heladas limita los cultivos posibles. La gran amplitud térmica diaria y la alta heliofanía constituyen ventajas climáticas para la producción agrícola debido a su gran influencia en la calidad de muchos productos agrícolas (especialmente en los cultivos de aromáticas, frutales y semillas).

Valle Fértil

De los datos expresados, puede inferirse que el clima de Valle Fértil se distingue por una mayor precipitación anual que impacta sobre el paisaje y la cobertura vegetal permitiendo la actividad pecuaria sobre pastizales naturales o implantados de secano. Por otro lado, se observa una menor amplitud térmica tanto diaria como anual y un régimen de heladas algo más corto que en el resto del territorio.

PRODUCTIVIDAD DE LA ZONA

La actividad económica de la región tiene como principales actores al Sector Público (de nivel nacional, provincial y municipal) y al Sector Agropecuario hasta comienzos del siglo XXI. Este dualismo económico productivo construye una población rural agrupada, rural dispersa y población urbana en pequeñas localidades distribuidas a lo largo de los valles de montaña y/o siguiendo los cauces de los ríos principalmente.

Un sector que crece en todos los departamentos es el turismo primero, con las casas de fin de semana ubicadas en diferentes localidades (como Barreal y Bella Vista) y luego con desarrollos de hosterías, cabañas y hoteles, no siendo un sector generador de empleo y además estacional.

A mediados de la década del noventa se asientan empresas de exploración minera a lo largo de toda la cordillera y también en Jáchal. Valle Fértil queda excluido de este proceso ya que no cuenta con áreas mineras con minerales metalíferos.

Un proceso agrícola que sucede en toda la zona, a la par de la exploración minera es el asentamiento de diferimientos agrícolas. Esta modalidad agrícola no es gran creadora de empleo

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

permanente y utiliza relativamente gran superficie de tierra cultivable y un sinnúmero de recursos del Estado. A la luz de los resultados actuales no dieron los frutos esperados, ya que en su mayoría dichos establecimientos están abandonados y sin proyectos de usos agrícolas alternativos.

A principios del presente siglo da resultados positivos la exploración minera y comienza un proceso de inversión minera metalífera que cambia el mercado laboral, pero no cambia la estructura productiva local.

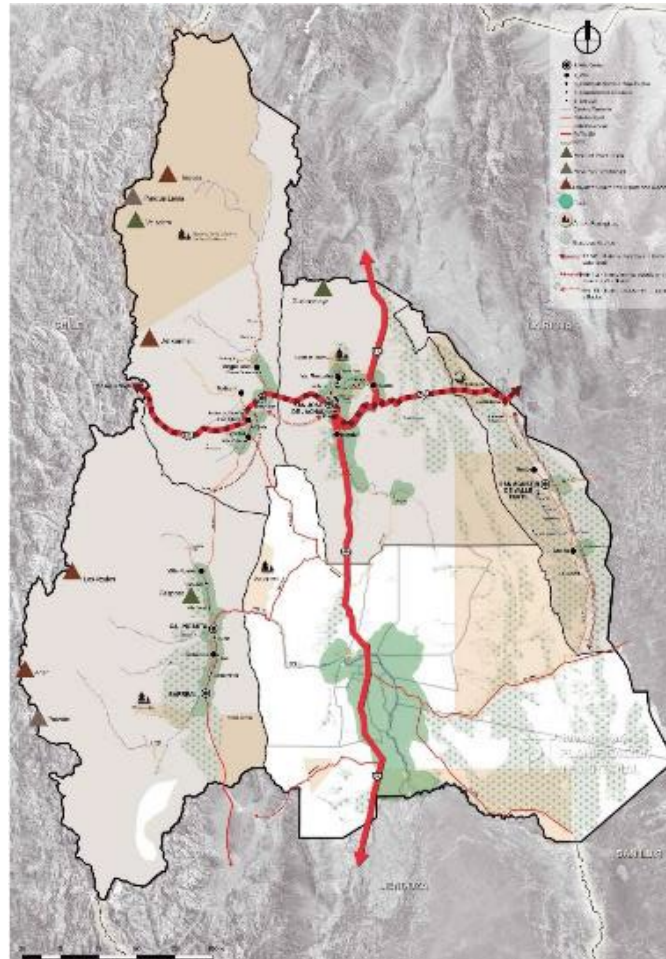


Figura 3-96: Mapa geológico.

Sin embargo la actividad minera metalífera es una de las más controversiales y polémicas para la región debido a sus inciertos impactos tanto ambientales como en la población. Durante el un periodo incluso, se desencadenaron una serie de incidentes ambientales que impactaron negativamente sobre la percepción de la población (de Jáchal) en cuanto a la sostenibilidad de la actividad. Es importante hacer una seria y profunda revisión de las actividades mineras que se

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

desarrollan en la zona, puesto que se trata de una región con un gran potencial minero según el mapa geológico.

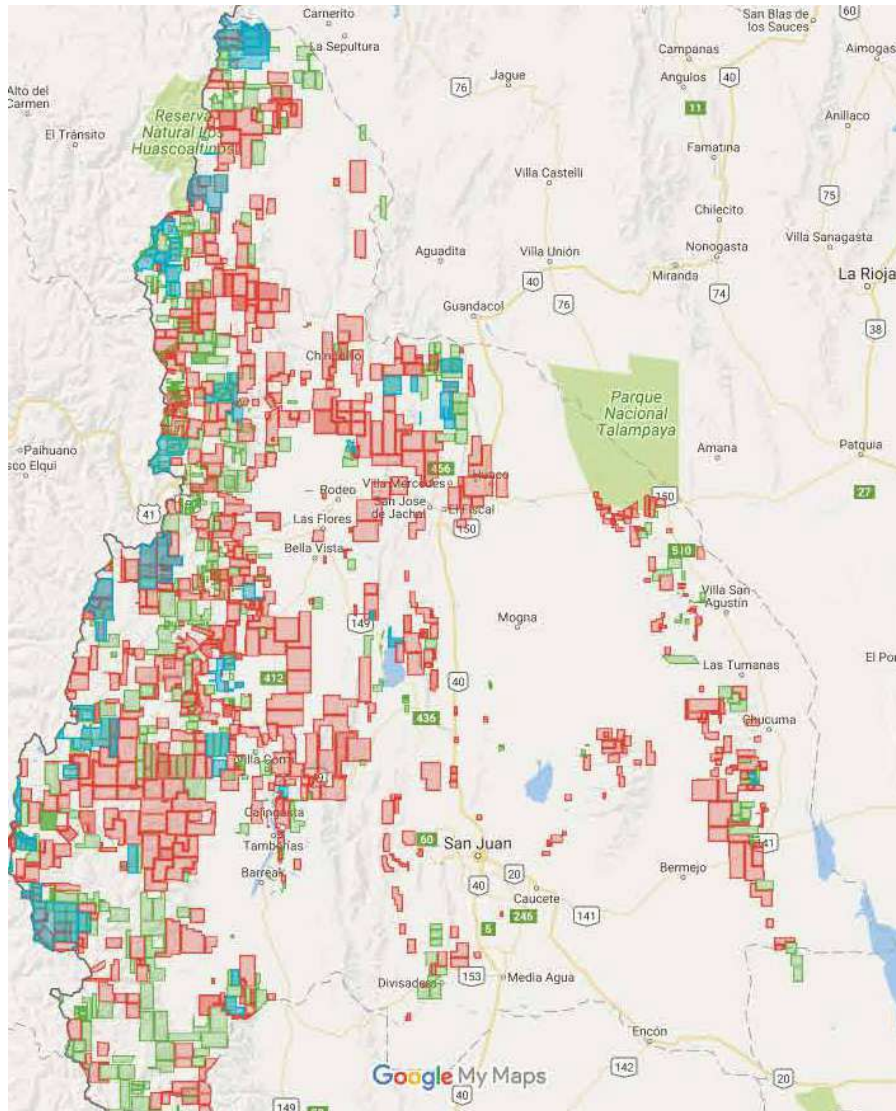
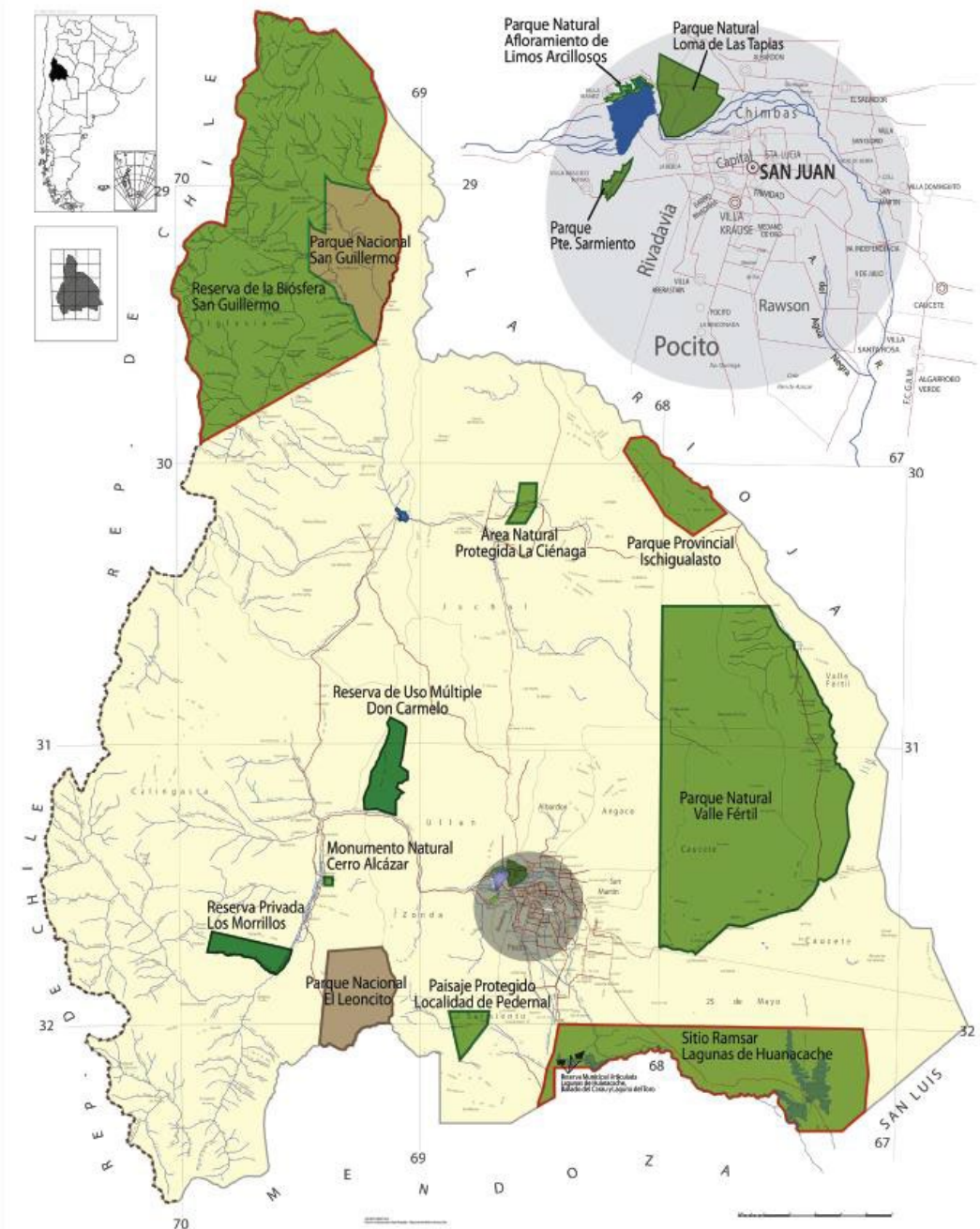


Figura 3-97: Mapa de actividad minera. Fuente: Plan estratégico de ordenamiento.

Con los programas RENOVAR 1 y 1.5 se han asentado proyectos de energías alternativas por las condiciones de radiación solar y disponibilidad de transporte de energía en Iglesia y Jáchal. Hasta el momento son dos parques solares en las cercanías de Las Flores-Bauchaceta, conectados a la estación Transformadora Bauchaceta. Otra característica son las áreas de reserva ambiental. Hay dos parques nacionales, un parque provincial, una reserva de biósfera y varias áreas de reserva de diferente nivel.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



- Referencias:
- Área Natural Protegida-Categoría Internacional
 - Área Natural Protegida-DC y AP
 - Área Natural Protegida-Reserva Privada
 - Área Natural Protegida-Administración Parques Nacionales
 - Reserva Municipal

Figura 3-98: Mapa de actividad minera. Fuente: Plan estratégico de ordenamiento.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Con referencia al uso de suelo para actividades productivas se puede subrayar que la región se caracteriza por la alta participación de los pequeños productores en el uso del suelo. La posibilidad de desarrollo de este sector está vinculada a la provisión de bienes y servicios al turismo, a la conservación de prácticas históricas y culturales y a los servicios ambientales (mantenimiento del paisaje rural) más que a la producción de bienes agropecuarios que puedan ser comercializados fuera de la región.

Las actuales propuestas de desarrollo económico se enfocan mayormente en las áreas rurales con propuestas como la diversificación de la producción agrícola, que produce un importante cambio de escala de las unidades productivas y la utilización de nuevas tecnologías de cultivo y de riego; la promoción de la actividad minera (especialmente de megaproyectos) y las grandes intervenciones para servicios de apoyatura que requiere dicha actividad y el nuevo uso del espacio rural como espacio de consumo a partir del turismo.

RECURSOS MINERALES

En lo referente a la Geología, la región se localiza sobre tres provincias geológicas, este concepto plantea que una provincia geológica es una región de gran magnitud geográfica caracterizada por el desarrollo de una historia geológica similar. En este sentido los principales recursos minerales de los departamentos son los siguientes: en Jáchal se pueden resaltar los minerales industriales entre los que se pueden mencionar las bentonitas de Mogna, calcita de Niquivil. En el Departamento de Iglesia, el cerro El Alumbre constituye un depósito de sulfato de aluminio. Este departamento presenta al distrito minero conocido como Valle del Cura, donde los procesos geológicos que caracterizan a esta zona han contribuido a concentrar zonas con mineralización metalífera y actividad geotermal, siendo así el distrito que más potencial presenta en cuanto a la explotación minera metalífera a gran escala.

Calingasta por su parte combina la explotación de minerales metalíferos (Mina Casposo) e industriales (Calingasta Minerales, Rivarosa – Bentonitas). Presenta una alta prospectividad para minerales metalíferos, tanto en cobre (Pachón) como oro y plata, sumando el desarrollo incipiente de los minerales industriales, principalmente considerando la explotación de arcillas. Valle Fértil presenta su potencialidad en cuanto a la producción minera circunscripta a la explotación de minerales industriales tales como cuarzo, feldespato y mica (vermiculita) y en forma muy subordinada berilo, tantalita y minerales con tierras raras. Si bien en la actualidad la explotación

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

de estos minerales se realiza en forma artesanal, pequeña escala y con ventas esporádicas, existen posibilidades que podrían resolver el paradigma que se sostiene en esta actividad desde hace décadas.

HIDROLOGÍA DE LA TERCERA ZONA

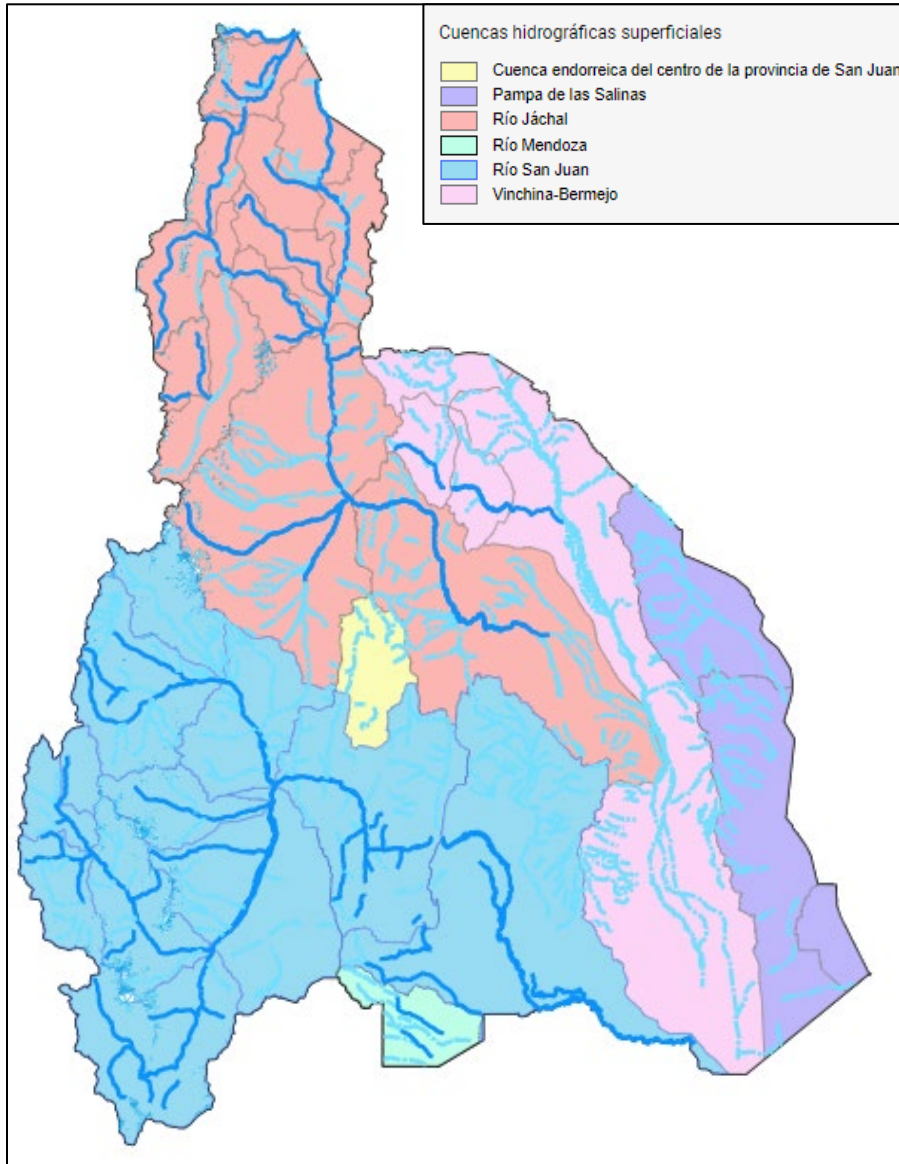


Figura 3-99: Cuencas Hidrográficas Superficiales

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DEL RÍO JÁCHAL

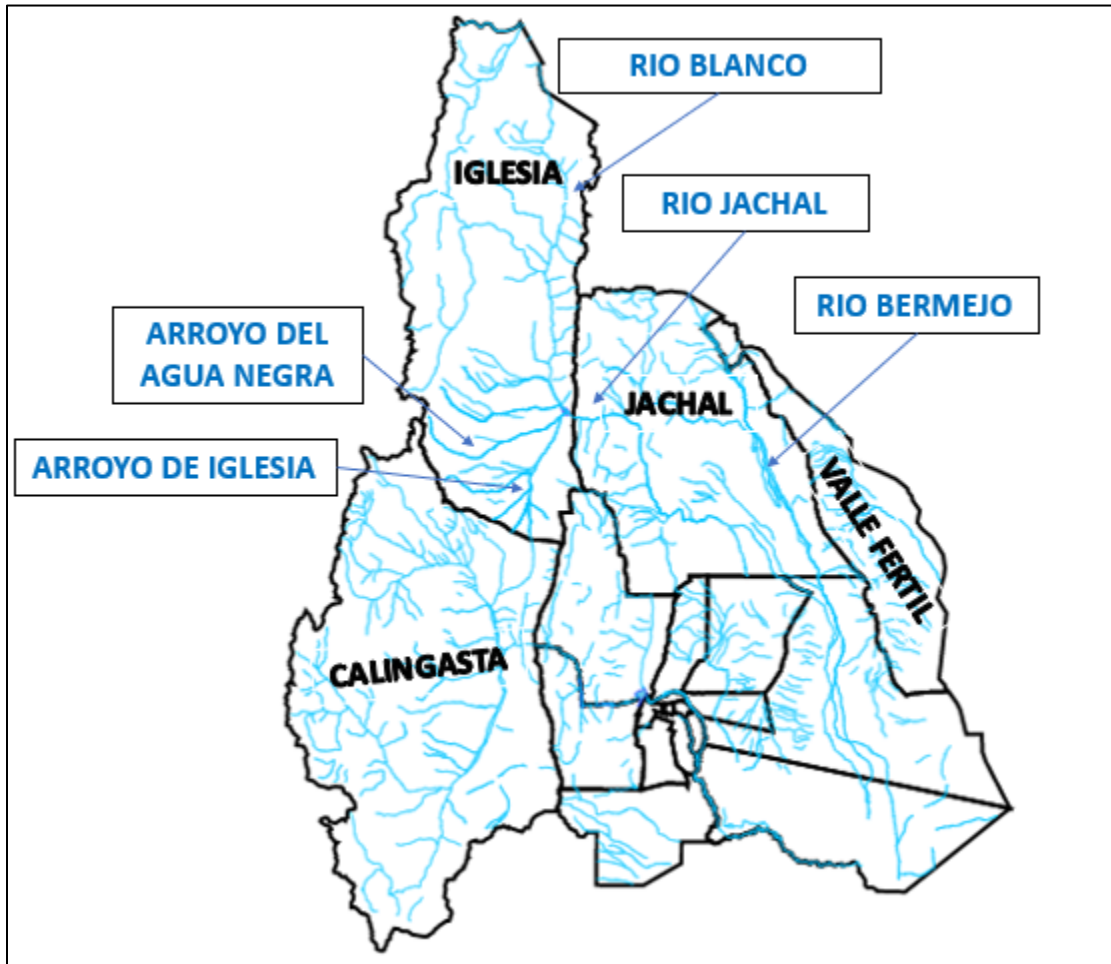


Figura 3-100: Rios Y Arroyos En La Cuenca De Jachal

En Jáchal se identifican dos cuencas hidrográficas principales, la cuenca del río Jáchal y la cuenca del río Vinchina-Bermejo. La ciudad cabecera de Jáchal, Tucunuco, Niquivil, Agua Negra y parte de la localidad de Huaco se desarrollan en la primera cuenca.

San José de Jáchal se abastece de agua para consumo humano y otros usos del río Jáchal. Por ende el río Jáchal es el más importante del departamento. El colector principal de la cuenca del río Jáchal es el cauce que primero y hasta la Junta de Pucha-Pucha se denomina Salado. Apartir de ésta, sitio en donde confluyen los ríos Salado y del Macho Muerto, el cauce recibe el nombre de Blanco, designación que mantiene hasta cercanías de la localidad de Rodeo, donde se une al arroyo Colola o Iglesia dando origen al río Jáchal propiamente dicho.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En la cuenca del Salado las precipitaciones son invernales, principalmente en forma de nieve y en menor proporción granizo y escarchillas.

El río de La Palca es por lejos el principal afluente del Blanco, confluye al mismo en el sitio llamado Junta de La Palca y drena la parte centro occidental de la cuenca del Jáchal y algunos estiman que su cuenca representa prácticamente el 67% de la cuenca activa del Jáchal o área considerada como de aportes permanentes.

El río continúa hacia el sur este, hasta las localidades de Niquivil y Tucunuco y continúa hasta la sierra de Mogna, donde no escurre más.

Río Las Carretas (Jáchal Norte): la red de drenaje desarrollada en la región montañosa de Jáchal norte se caracteriza por su densidad mediana a elevada, con disposición paralela, semiparalela, enrejada y dendrítica, lo que es un indicio cierto del control sobre el derrame fluvial por parte de las características litológicas y estructurales. El río de Las Carretas es el principal colector y único evacuador de los torrentes estivales. Se encuentra situado en el sector más deprimido de la Pampa del Chañar. Su curso inicialmente es N-S y dobla hacia el este y se dirige hacia el Dique Los Cauquenes, desde donde toma el nombre de río Huaco.

Río Huaco: constituye otro de los cursos importante desde el punto de vista de la superficie que irriga en el departamento. Nace en el dique Los Cauquenes y recorre la Precordillera Oriental con rumbo O-E, para desembocar en el oasis de Huaco al que riega. Este río tiene además algunos aportes de vertientes, en las tierras que él regaba se desarrollaban cultivos en muy buena forma no observándose efectos nocivos en los suelos.

Río Bermejo: Desde el norte proviene el agua que aporta el río Guandacol y sus afluentes que es de calidad físico química apropiada para riego y consumo humano en las localidades de Guandacol y Santa Clara. El río Bermejo constituye el colector principal, y a él confluyen la escorrentía superficial de origen precordillera- no y de los cauces que descienden desde las serranías orientales. El mismo circula con rumbo N-S por una zona llana con pendiente suave hacia el Sur. Nace de la unión del Río Guandacol y del Río de la Chilca y colecta todas las cuencas Oeste de la Sierra de Valle Fértil. La calidad de sus aguas es pobre debido al contenido de sales.

El Río Jáchal es uno de los más importantes cursos de agua permanente en la provincia, con un caudal promedio de 10.6 m³/s. A pesar de contar con una amplia cuenca de alimentación en la cordillera, no logra reunir más de 14m³/seg, debido a la escasez de las precipitaciones en ese sector andino.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

El resto de su curso transcurre bajo clima árido, lo que impide el incremento de su caudal. En su valle se encuentra el oasis de Jáchal, en el que las aguas del Río son empleadas para el abastecimiento humano y el regadío.

Para el cálculo del módulo del Río Jáchal se tuvo en cuenta el registro histórico temporal en la estación Pachimoco, el cual se extiende desde el año 1922 hasta 1997, con grandes baches en la base de datos de Caudales medios diarios disponibles.

Módulo del Río Jáchal: 10.06 m³/seg.

Caudal Mínimo: 1.9 m³/seg y Caudal Máximo: 215m³/seg³.

En cuanto a las precipitaciones el promedio anual en la ciudad de Jáchal es de 107,1mm, principalmente en verano, lo cual es importante tener en cuenta como fuente de provisión de agua para la agricultura.

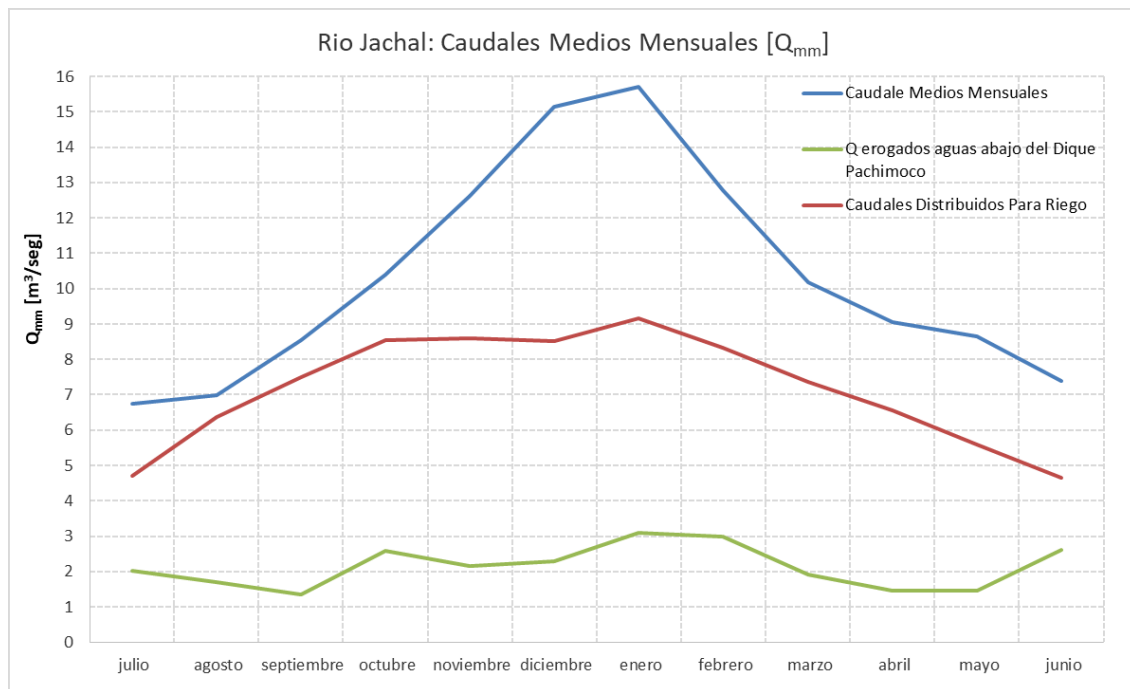


Figura 3-101: Rios Jáchal Caudales Medios Mensuales

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 3-102: Ubicación Pachimoco aguas arriba del valle de Jáchal.

HIDROLOGÍA VALLE DE IGLESIA

La franja andina del departamento Iglesia es el lugar donde tiene nacimiento gran parte del sistema hidrográfico del Río Jáchal. Como se sabe, los colectores principales de este río son el Arroyo Iglesia y el Río Blanco. En el sector sur del departamento Iglesia, el Alto de Las Crucecitas, separa los sistemas hidrográficos de los ríos San Juan y Jáchal. Allí, puntualmente se produce la división entre las cuenca del río Castaño que drena el sector norte del departamento Calingasta, de la cuenca del Arroyo Iglesia. Esta última se encarga de coleccionar todos los cursos que desembocan de la Cordillera entre las localidades de Tocota y Rodeo, para finalmente verter sus aguas en el actual embalse Cuesta del Viento.

El Arroyo Tocota es el primero hacia el sur de los arroyos que nacen en Cordillera para formar parte de la cuenca del Arroyo Iglesia. Al salir del núcleo cordillerano, el Tocota pierde poco a poco el caudal debido a que infiltra parte de sus aguas en los aluviones que conforman el piedemonte. Este comportamiento, conocido como “influyente”, se repite a lo largo y ancho de la zona de piedemonte en los arroyos que derivan las aguas desde la Cordillera y representa un mecanismo efectivo para la recarga de los acuíferos de la región.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

A unos 11 km aguas abajo de la localidad de Tocota, el arroyo se infiltra por completo, recargando la cuenca subterránea. Esta situación influyente se mantiene hasta Bella Vista, donde su cauce pasa a encontrarse en una situación topográfica tal que queda por debajo de los niveles de agua subterránea, lo que determina que su condición de “río perdedor” se invierta y, en vez de ceder aguas al medio subterráneo, comience a recibir aguas subterráneas del medio circundante.

Hacia el norte del Arroyo Tocota, existen otros arroyos como el Arroyo Chita, el Arroyo Bauchazeta y el Arroyo Pismanta. Sin embargo, el curso permanente de mayor caudal dentro de la cuenca es el Arroyo Agua Negra, que recibe los aportes sucesivos de pequeños afluentes, siendo los más importantes los arroyos Arrequintín y Agua Blanca. Muchos de estos arroyos han sido canalizados y en algunos casos impermeabilizados, a los fines de abastecer la demanda hídrica local.

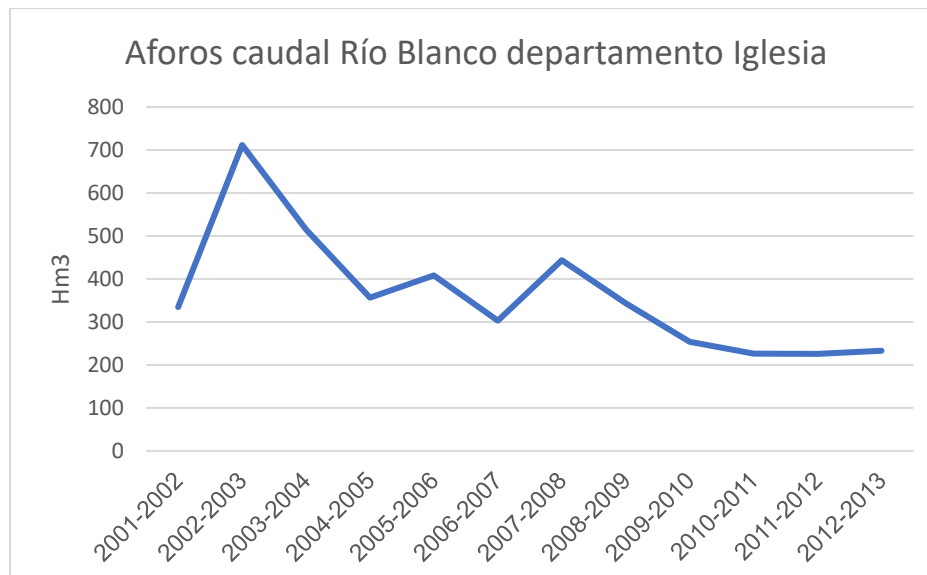


Figura 3-103: Aforos caudal Río Blanco departamento Iglesia

HIDROLOGÍA EN VALLE FÉRTIL

La hidrología superficial de este departamento tiene como fuente al río Valle Fértil, que está alimentado por una cuenca imbrífera de 658km². Este río fluye generalmente durante todo el año, proporcionando agua de riego de los canales de superficie y recarga a la cuenca de agua subterránea cerca de San Agustín. Cuando llega al valle se infiltra rápidamente por lo general no corre al este

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

de Valle Fértil. Sin embargo, durante crecientes excepcionalmente caudalosas el río continúa al este y al sur hasta las salinas de Mascasín. Los caudales del río del Valle se usan para llenar una represa que contiene los excedentes de agua para riego.

En lo que concierne a precipitaciones, el área de Valle Fértil se caracteriza por sus condiciones de aridez. Sin embargo posee los valores más elevados en cuanto a precipitaciones de toda la provincia de San Juan. En el año 1981 se llegó a totalizar un máximo de 656,4 mm y un mínimo de 151 mm en 1970, en promedio, para un total de 40 años, su obtiene un valor de 325 mm anuales, contra 100 mm para el resto de la provincia (DI-82-CRAS)

En la zona urbana, tanto para consumo humano (red de distribución de OSSE) como para riego de arbolado público y huertas particulares, se utiliza agua del río del valle, derivada a la Planta Potabilizadora a la salida del túnel y captada en la torre de toma del embalse respectivamente. El sector rural, al este de la Villa, se abastece para distintos usos (principalmente el riego de cultivos) de agua del río conducida a la zona por el canal Baldes de las Chilcas y de agua subterránea extraída de algunas perforaciones privadas que bombean caudales en general inferiores a 80 m³/hora.

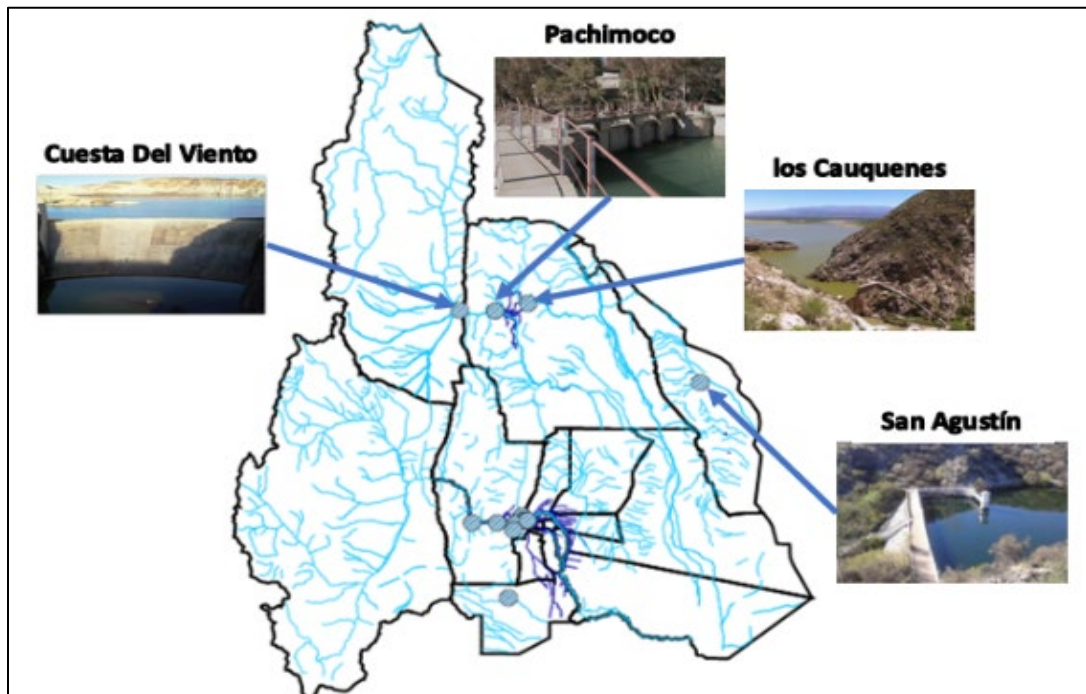


Figura 3-104: Los Embalses De La Tercera Zona

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA RIEGO.

GENERAL

Los recursos hídricos de la región pueden caracterizarse por dos fuentes: recursos hidrológicos superficiales (cuencas de los ríos San Juan, Jáchal, Vinchina Bermejo y del Valle). En lo referente a cuencas hidrográficas subterráneas es necesario enumerar como principales a las de Río Castaño, Río Los Patos, Pampa del Chañar, Caballo Anca, Valle Fértil y Baldecitos. Ya se ha dicho que el territorio está caracterizado por la existencia de suelo cultivable y agua, el adecuado manejo de este último bien (siempre escaso) se presenta como uno de los nudos problemáticos más difíciles de abordar a la hora de pensar un territorio que pueda ser desarrollado con óptima calidad de vida para toda la población.

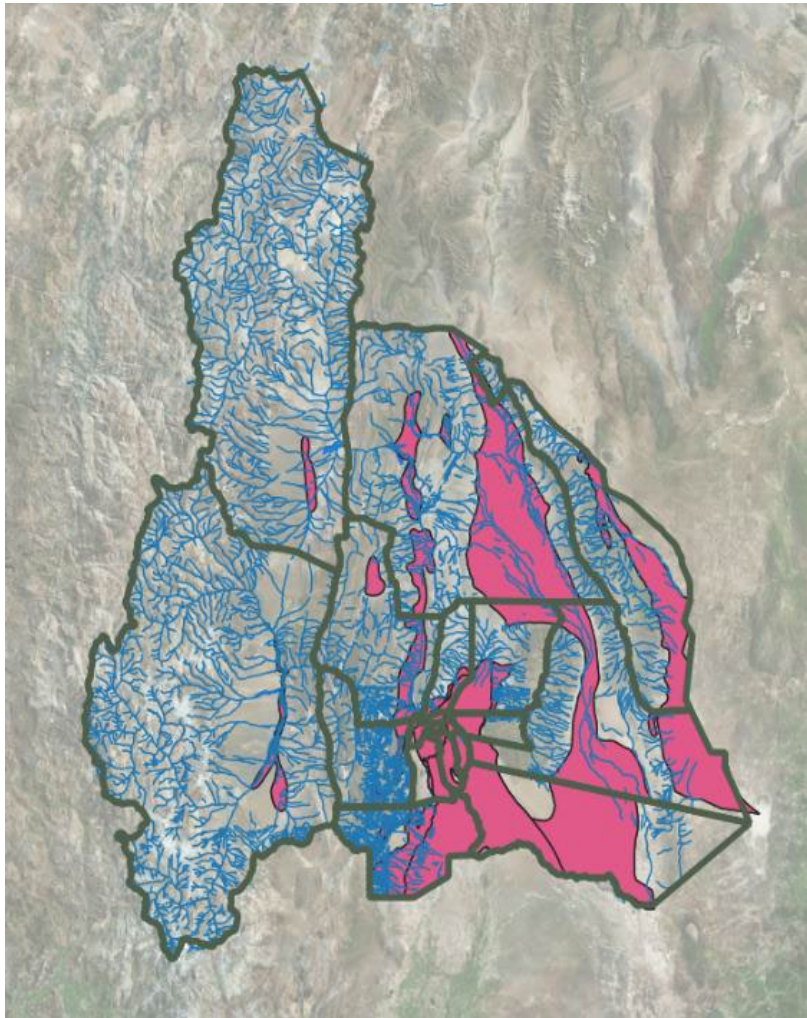


Figura 3-105: Cuencas de la provincia de San Juan

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SISTEMAS DE RIEGO JÁCHAL

Cuesta Del Viento - Pachimoco – Agua Negra - Cauquenes

La infraestructura de riego de Jáchal es la más importante (abastece una superficie de 4.238 has.) en magnitud de la región y es la segunda en importancia en la Provincia luego de la del Valle de Tulum, Ullum y Zonda. Es importante mencionar aquí, que la calidad del agua del río Jáchal exhibe problemas en los tenores de salinidad y concentración de Boro que limitan la producción de cultivos sensibles.

Sobre el río Jáchal, aguas arriba de la zona bajo riego se ubican dos obras, el dique Cuesta del Viento que tiene como función regular los caudales del río y generar energía hidroeléctrica, y el dique derivador de riego de Pachimoco. Este último tiene una toma principal para riego de 12 m³/s de capacidad que se divide en dos canales matrices impermeabilizados, (a) el Canal Norte que abastece 11.070 has de las localidades de Pampa Vieja, Pampa del Chañar, Villa Mercedes y Entre Ríos con un coeficiente de entrega máximo de 0,8 l/s.ha y una capacidad de 9 m³/s; y (b) el Canal Sur que riega 4.280 has de las localidades de El Rincón, San Rafael, El Fuerte y Cruz de Piedra con un coeficiente de entrega de 0,65 l/s.ha y una capacidad de 3,1 m³/s, (Fuente: Departamento de Hidráulica, 2009).

También hay tomas directas sobre el río Jáchal para regar los territorios Niquivil Viejo, Mogna, Tucunuco y El Coyón. La superficie con derecho de riego a partir de estas tomas es 3.071 has.

De los dos canales matrices nace una red de 6 canales secundarios en su mayoría en tierra (60%), y 7 canales terciarios todos en tierra.

La distribución del agua se organiza en tres cuencas: la cuenca Huaco-La Ciénaga con 1.673 has con derecho a riego, abastecida por el dique Los Cauquenes sobre el río de Las Carretas, y por algunas vertientes con tomas precarias. Este sistema es operado por tres celadores y el agua de riego se distribuye en forma “tendida” (sin turnos) a máxima capacidad de los canales (se turna a nivel de ramos comuneros). La cuenca Niquivil con 1.650 has con derecho a riego, abastecida por el Arroyo de Agua Negra a través de una toma precaria sobre el arroyo y conducida por un canal impermeabilizado. El sistema de riego es atendido por un celador, y se distribuye también en forma “tendida”. La tercera cuenca es la del río Jáchal. El caudal de este río es inestable a lo largo del año. El mayor caudal anual se produce en octubre y el máximo valor medido fue 4.200 l/s y el mínimo 419 l/s.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La distribución de agua se programa en base al pronóstico de derrame del río Jáchal, La Junta de Riego de Jáchal define un plan de entrega por coeficientes de riego en forma mensual, y el plan de desembalse del dique se ajusta a ese coeficiente.

El sistema del río Jáchal es operado por un Jefe de Diques en el Pachimoco, dos tomeros para manejar las compuertas del canal del Norte y del canal del Sur y 12 celadores para los canales secundarios.

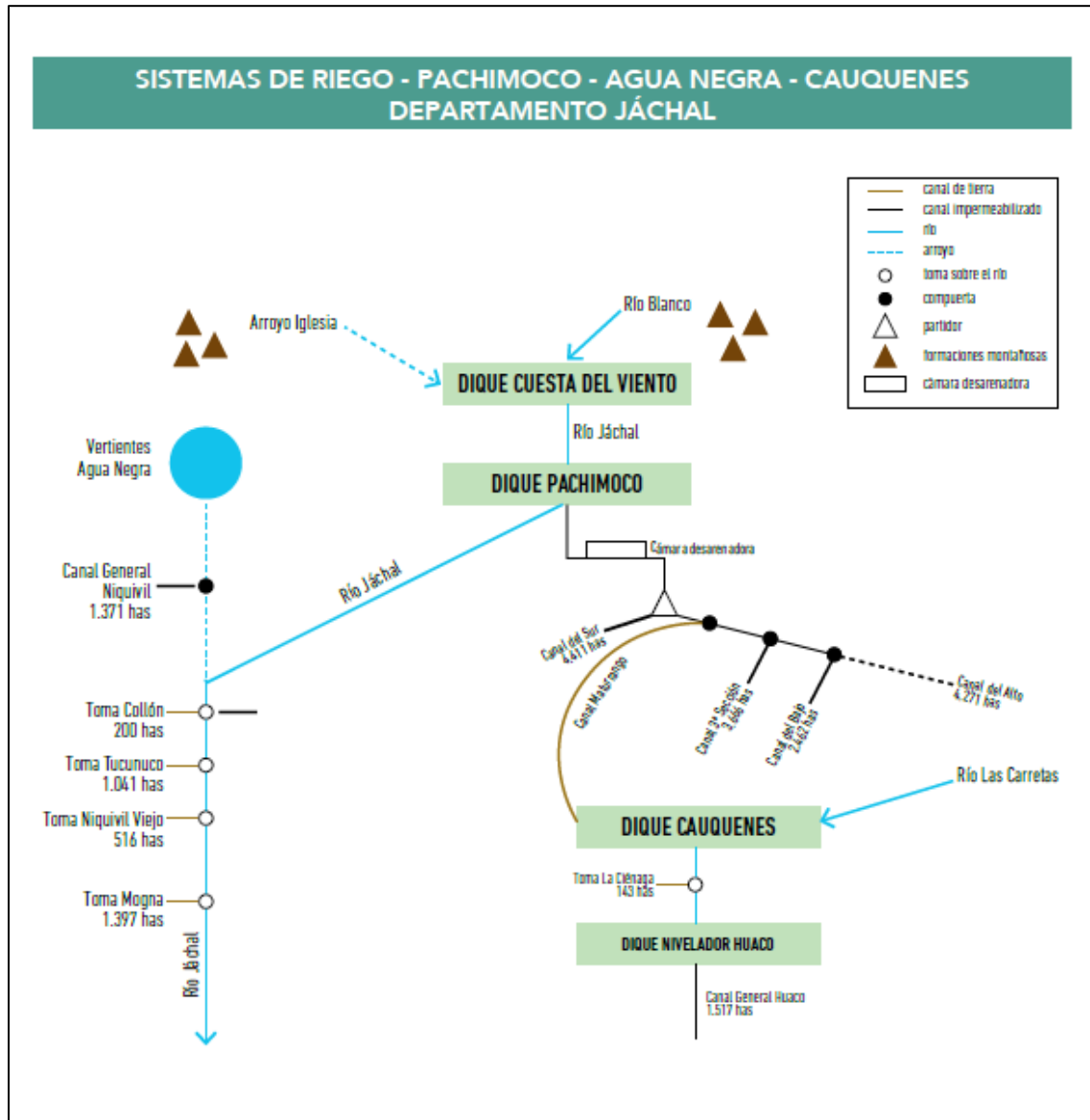


Figura 3-106: Sistemas De Riego Jáchal

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DIQUE PRESA EMBALSE CUESTA DEL VIENTO

Los objetivos del aprovechamiento son: regular el Río Jáchal y permitir un mejor aprovechamiento del agua destinada principalmente para uso agrícola de la zona de Jáchal, permitiendo además la posibilidad de aumentar la superficie cultivada bajo riego.

El aprovechamiento está ubicado en el tramo medio del Río Jáchal, sobre la Ruta Provincial N° 150 a la altura de la localidad de Rodeo, Iglesia. Situada aproximadamente a 200 km al norte de la Capital de la Provincia de San Juan. A pie de la Presa Cuesta del Viento se encuentra construida y operando la “Central Hidroeléctrica Cuesta del Viento”.

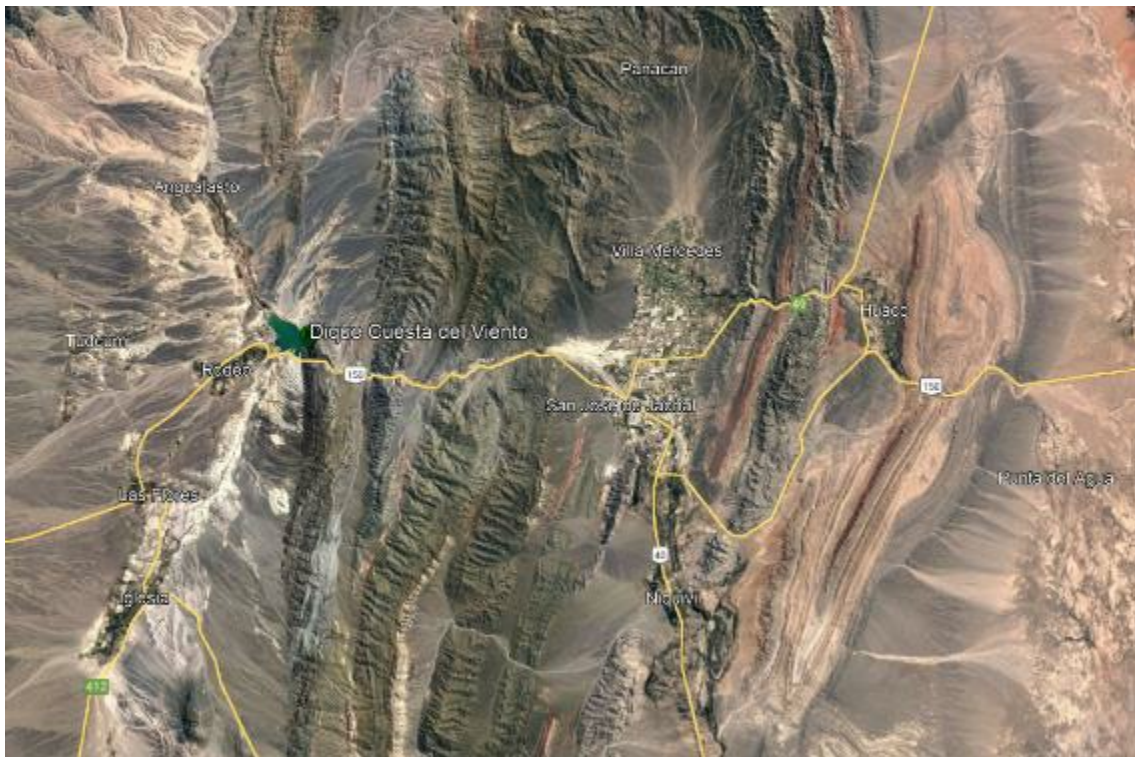


Figura 3-107: Ubicación Cuesta Del Viento

La Presa es del tipo de materiales sueltos, con núcleo impermeable de arcilla, limo arena y ripio compactados. La altura desde su fundación sobre el lecho del río es de 62 metros, y el ancho de su coronamiento es de 320 metros. El volumen de materiales que constituyen el cuerpo de la misma es de 3.000.000 metros cúbicos. El embalse permite retener hasta 206 Hm³ de agua, formando un lago de 13 km² de superficie.

Está compuesta por un núcleo de arcillas cuidadosamente tratadas y compactadas que materializan el muro impermeable de la presa. A los efectos de proteger este elemento impermeable del oleaje, lluvias, vientos, sismos, etc., cuenta con espaldones aguas arriba y aguas abajo compuesto por

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

capas, casi verticales, de distintos materiales graduados y compactados como: arena (filtros), ripio sin arena (piedra pelada), ripio y roca partida (rip rap).

El Aliviadero es del tipo frontal sin compuertas, está diseñado para evacuar hasta 960 m³/s, está fundado en roca y revestido de hormigón en la zona del vertedero. Para evacuar los caudales posee dos conductos durante la operación. Uno denominado Descargador de Fondo que tiene un diámetro de 3,00 m y 450 m de longitud. Este conducto se utilizó previamente para realizar las obras de desvío del Río durante la construcción. El otro denominado conducto de aducción para la central hidroeléctrica, es de 3 m de diámetro y de 433 m de longitud, siendo encargado de llevar hasta 18 m³/s al grupo turbo-generador.

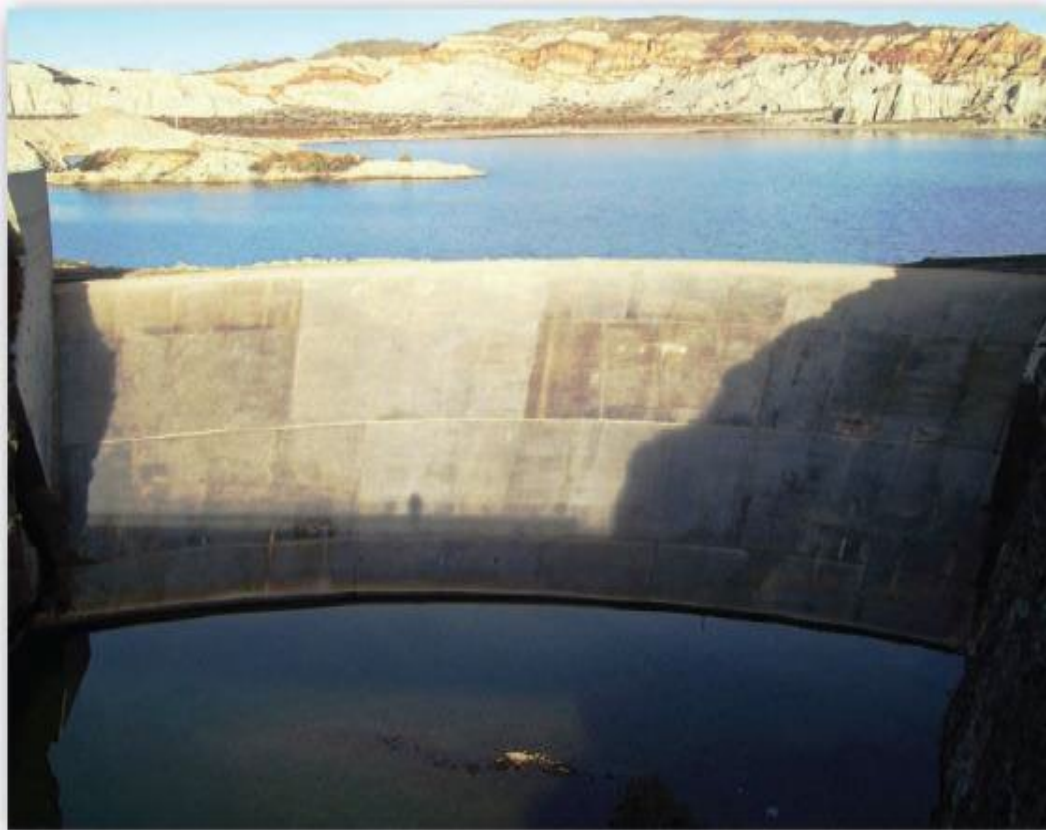


Figura 3-108: Cuesta Del Viento

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

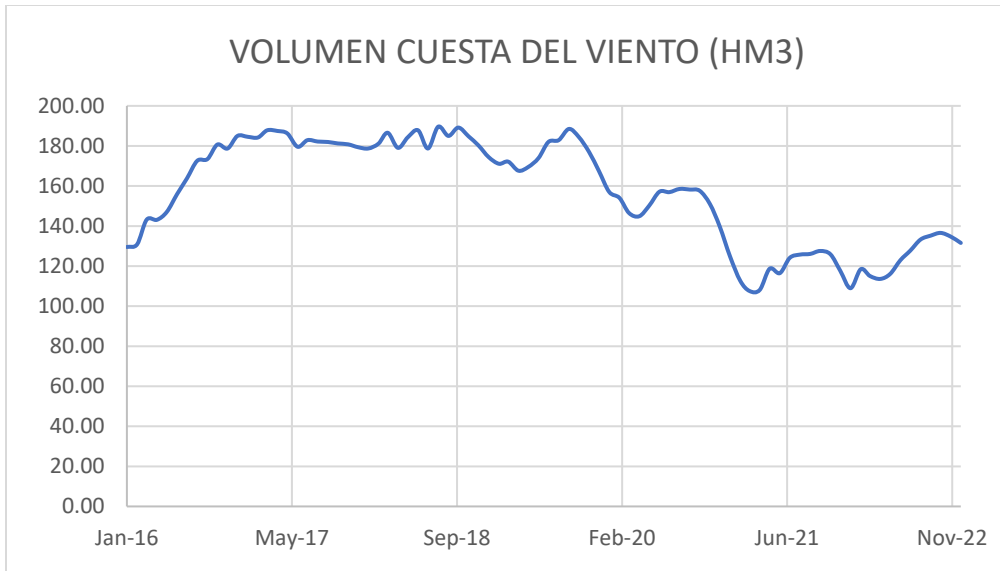


Figura 3-109: Volumen Cuesta Del Viento (2016 – 2022)



Figura 3-110: Volumen Erogado Cuesta Del Viento (2016 – 2022)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SISTEMA DE RIEGO - VALLE FÉRTIL

En contraposición a Jáchal, el departamento de Valle Fértil presenta una escasa red de riego siendo la mayor parte de su agricultura de secano.

Se abastece del río Valle Fértil, conjuntamente con los ríos Chucuma, Astica y Usno, con caudales temporarios, más algunos arroyos y vertientes que nacen en las Sierras de Valle Fértil. Riegan unas 740 has en las localidades de San Agustín del Valle Fértil, Chucuma, Astica, Usno y La Majadita. El caudal medio es de 0,2m³/seg y sus picos están sujetos a la existencia de lluvias. Las aguas son almacenadas en el Dique San Agustín que actúa como obra de almacenamiento de crecientes y cabecera de distribución del riego. El régimen de precipitaciones promedio de 350 mm al año complementa es un paliativo para las necesidades de riego del valle.



Figura 3-111: Sistema De Riego Valle Fértil

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

El departamento de Valle Fértil se abastece de agua para consumo humano y riego a través del río del mismo nombre en conjunto con los Ríos Chucuma, Astica y Usno, de caudales temporarios.

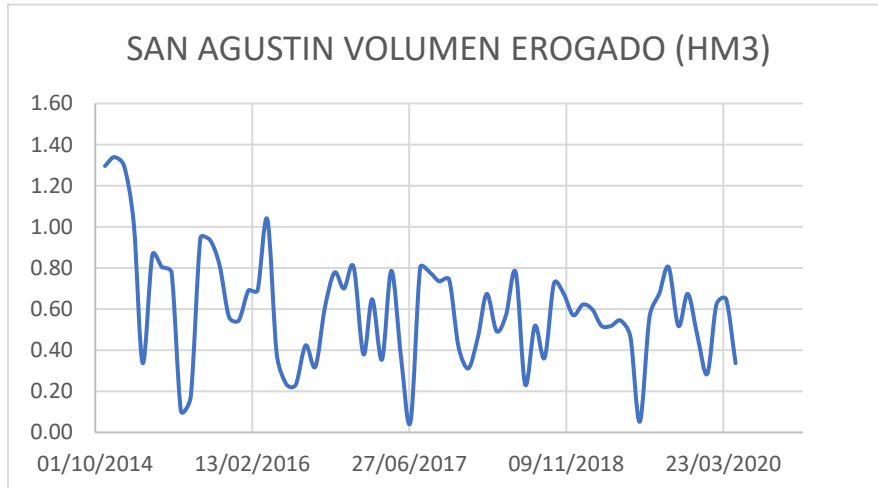


Figura 3-112: San Agustín Volumen Erogado (Hm³) (2014-2020)

SISTEMAS DE RIEGO - IGLESIA

Iglesia tiene una red que riega 6.900 has, se abastece por varias fuentes de agua constituidas por arroyos y vertientes. No existen obras de regulación, tampoco una obra cabecera distribuidora del recurso hídrico. Una de las fuentes de agua más importantes es el arroyo de Agua Negra, canalizado por el canal del mismo nombre. Este canal cordillerano abastece a dos canales principales que llevan agua a Rodeo y Las Flores. El sistema de Rodeo además se refuerza por canales con tomas directas sobre el arroyo El Puque y el arroyo Rodeo, totalizando 19 canales secundarios todos en tierra para aproximadamente 1.500 has.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

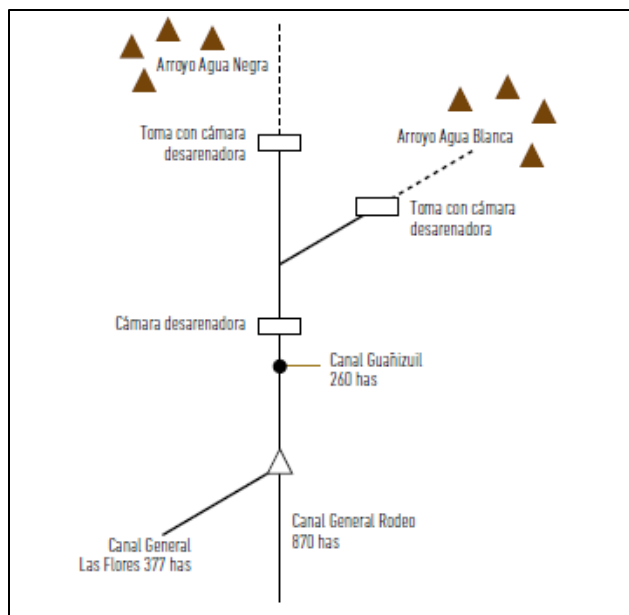


Figura 3-113: Sistema De Riego Rodeo

Los Distritos Iglesia Y Bella Vista, 1500 has empadronadas, riegan con agua proveniente del arroyo Chita por medio de una toma que deriva a un canal cordillerano de unos 300 l/s. De este se desprende la red secundaria formada por canales en tierra. El abastecimiento de riego se refuerza con el arroyo Bella Vista por medio de un canal en tierra para las localidades de Zonda y Campanario.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

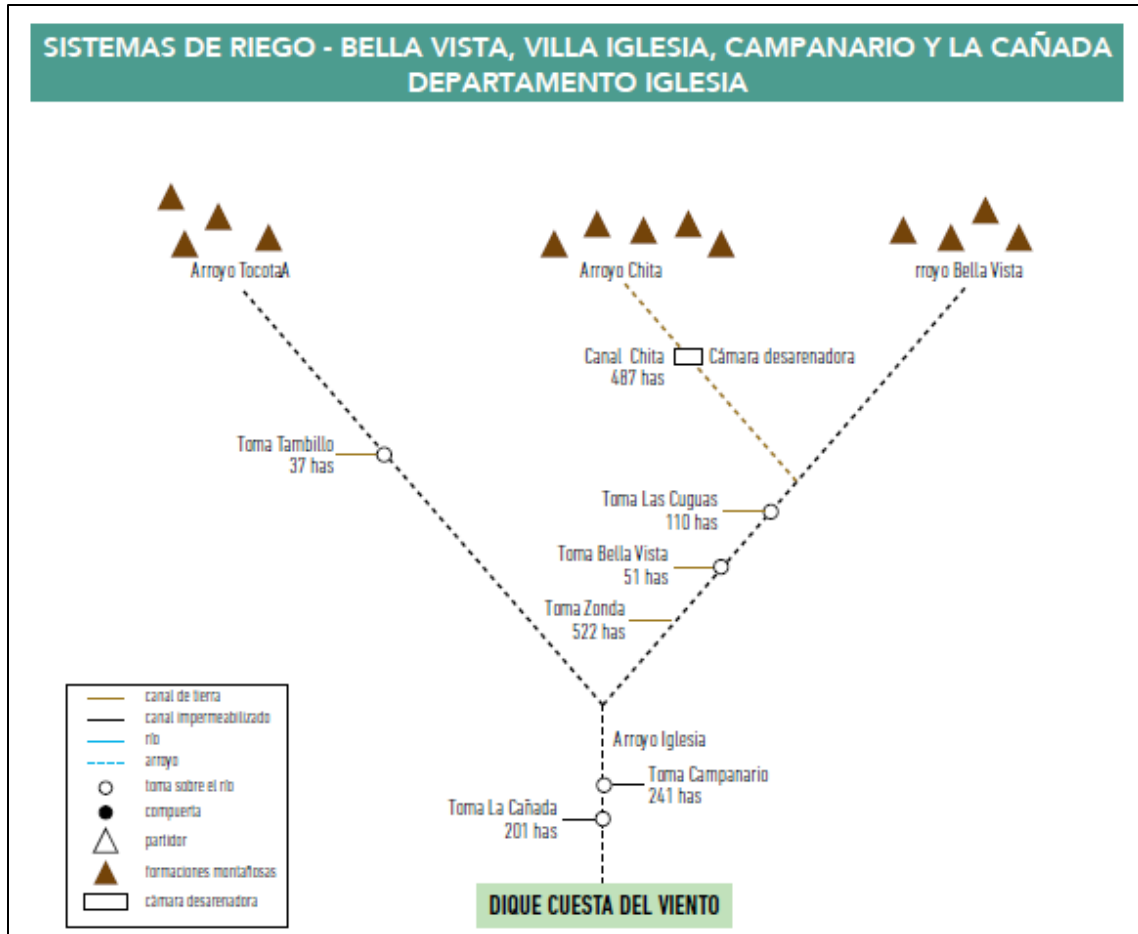


Figura 3-114: Sistema De Riego Bella Vista.

Buena Esperanza Y Malimán riegan con las aguas de río Jáchal por medio de tomas directas sobre el río. Colangüil se abastece del arroyo del mismo nombre y Angualasto de vertientes, y Tudcum del arroyo de Agua Negra por medio del canal Romo.

Los canales normalmente operan a turnos cada 7 días, regando en cada turno entre 200 a 300 has. Durante el turno las propiedades reciben el agua en forma “tendida” (de manera permanente por el canal, durante el tiempo que dura el turno).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

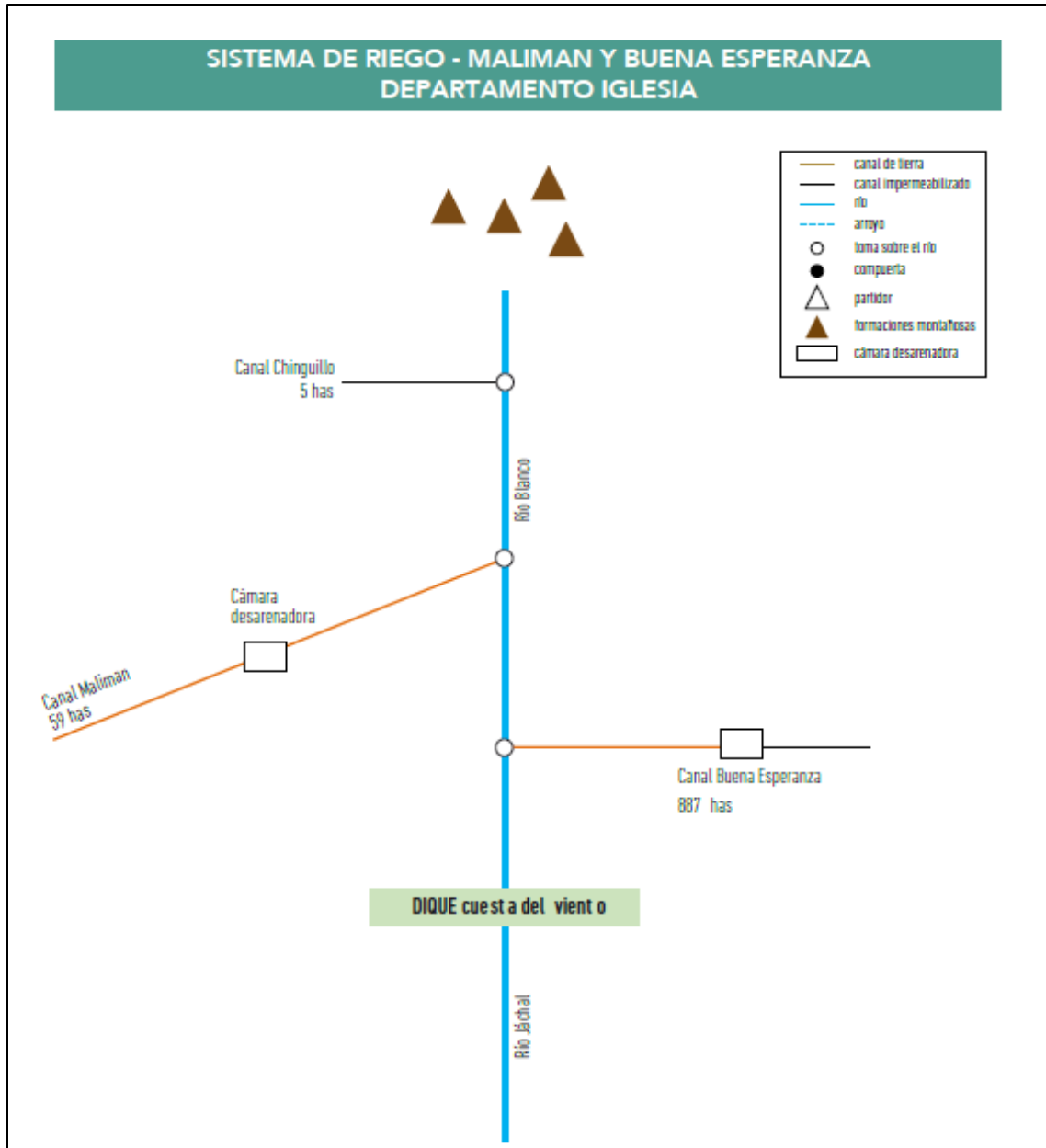


Figura 3-115: Sistema De Riego Maliman Y Buena Esperanza.

La red de riego alcanza una longitud de 294 km de los cuales solo 135 km se encuentran impermeabilizados, el resto de los canales son de tierra.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

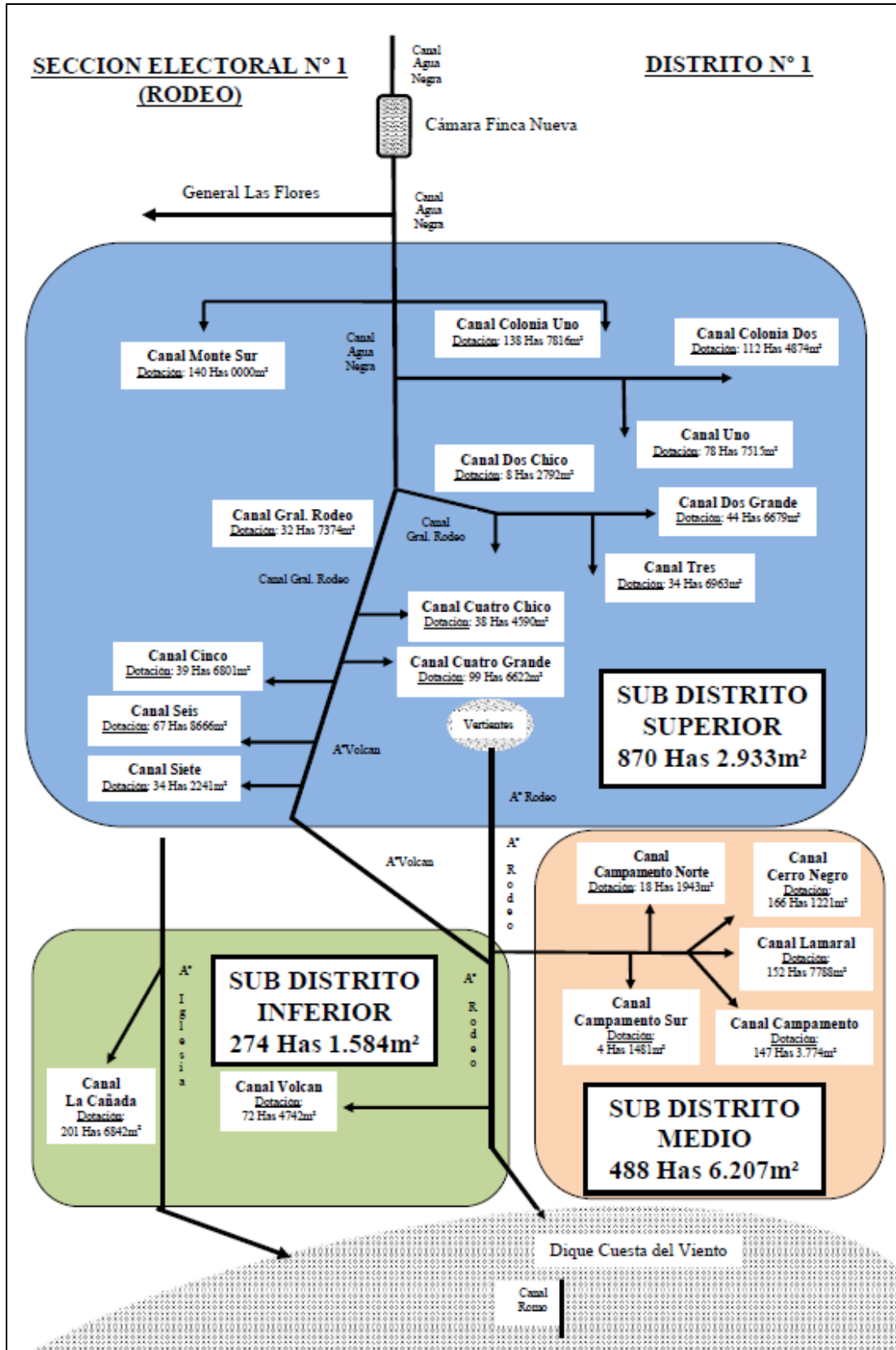


Figura 3-116 - Red De Riego Iglesia Distrito 1.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

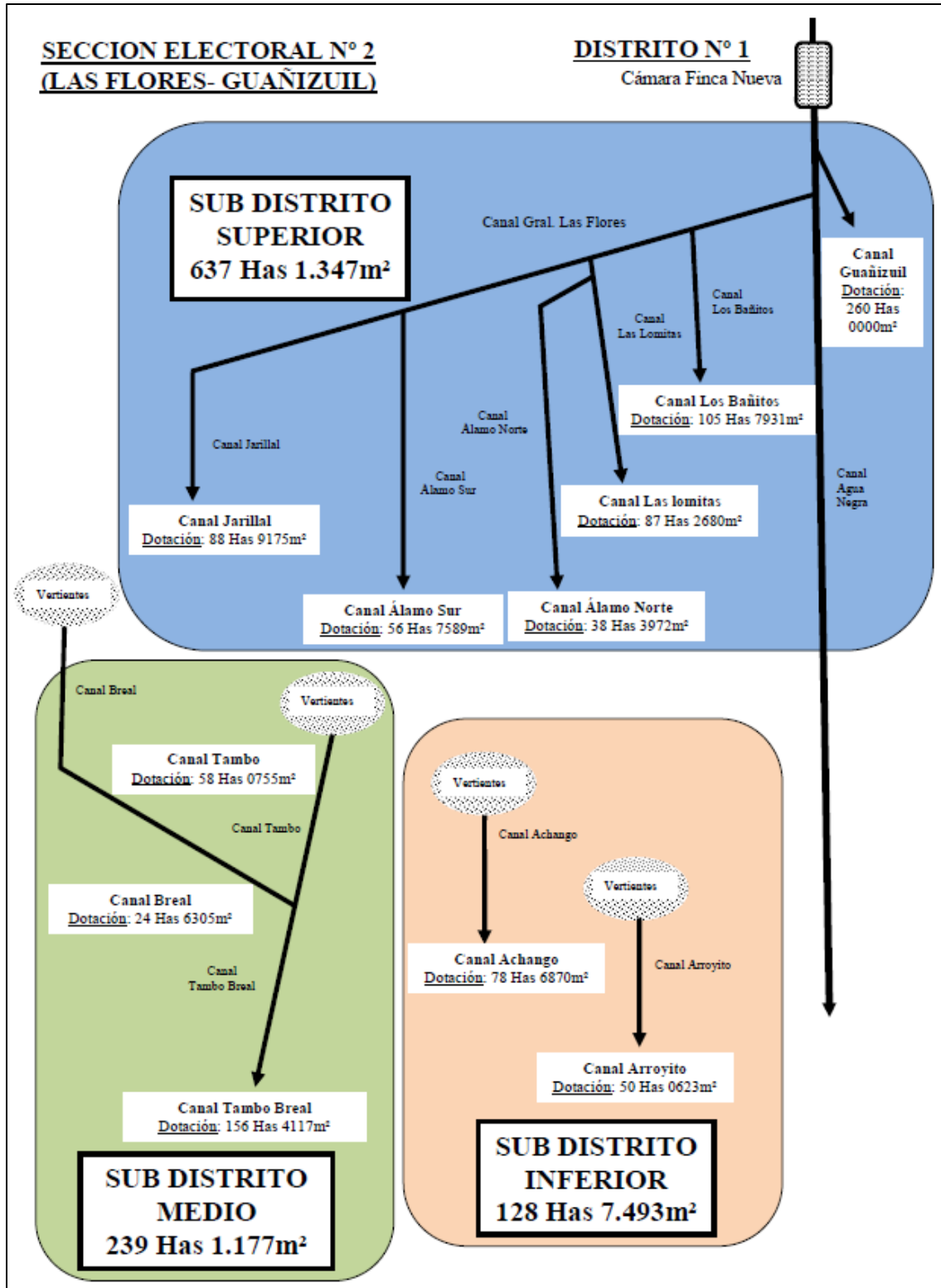
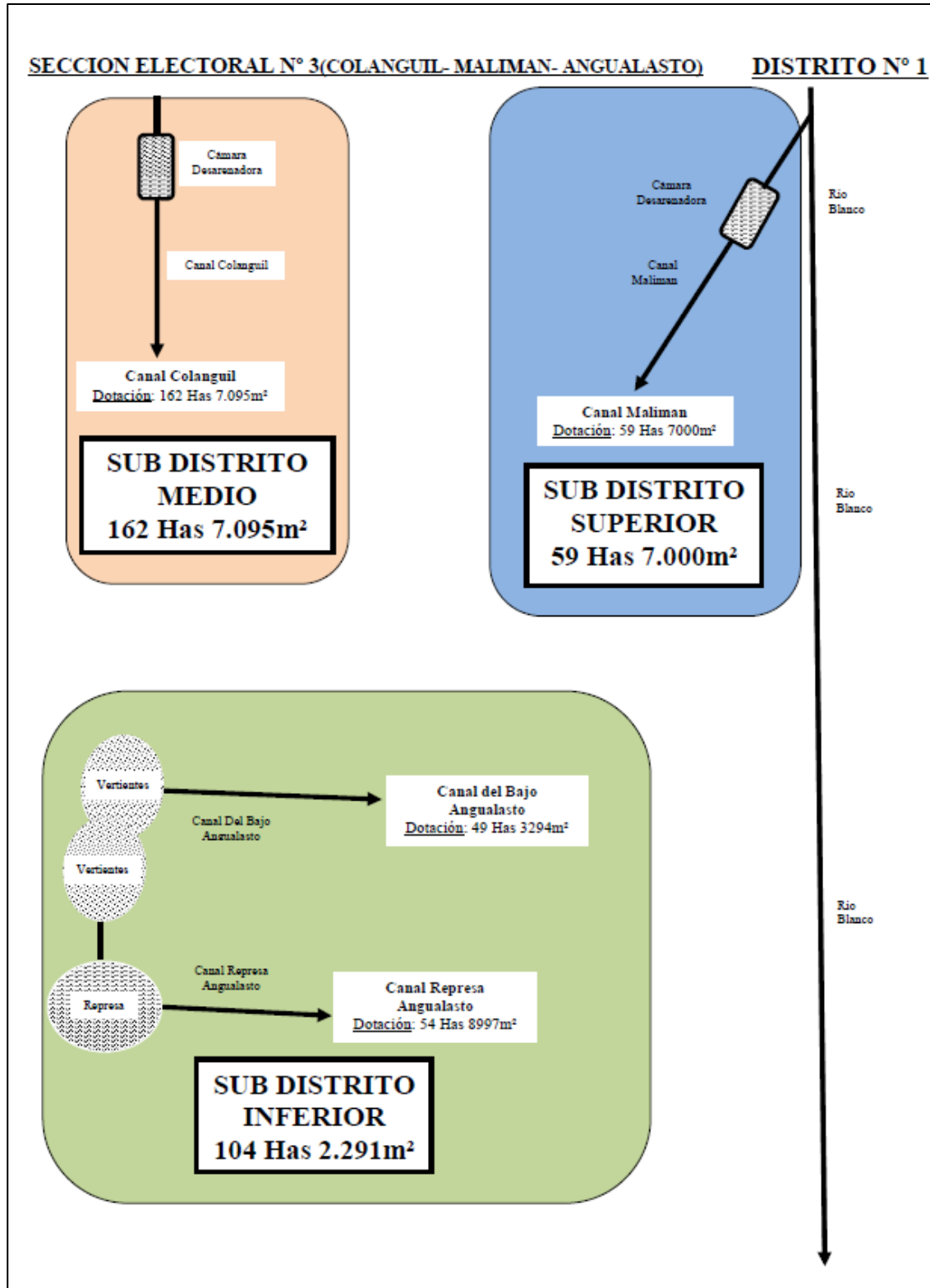


Figura 3-117 - Red De Riego Iglesia Distrito 1-2

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura

3-118: Red De Riego Iglesia Distrito 1-3

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

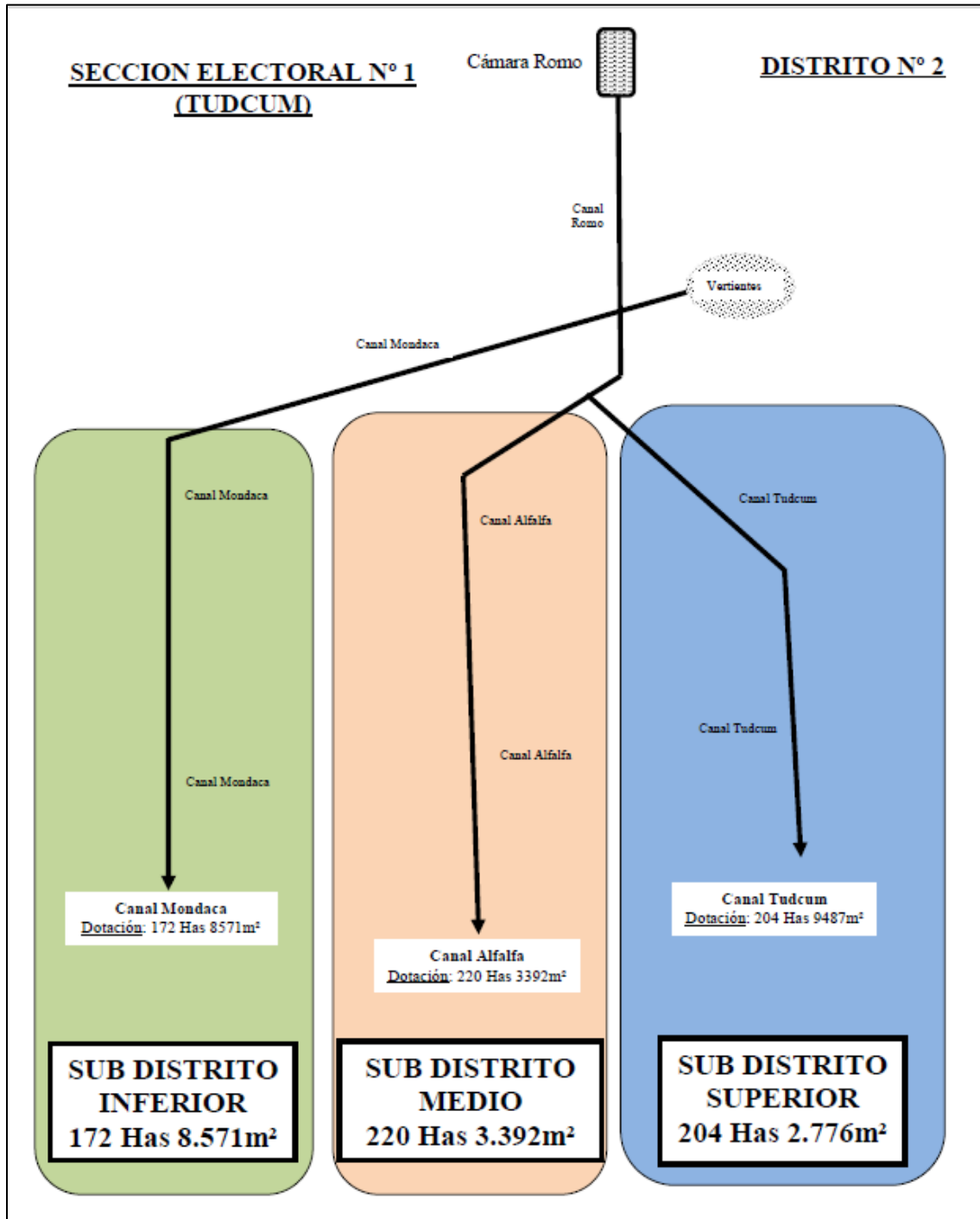


Figura 3-119 - Red De Riego Iglesia Distrito 2

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

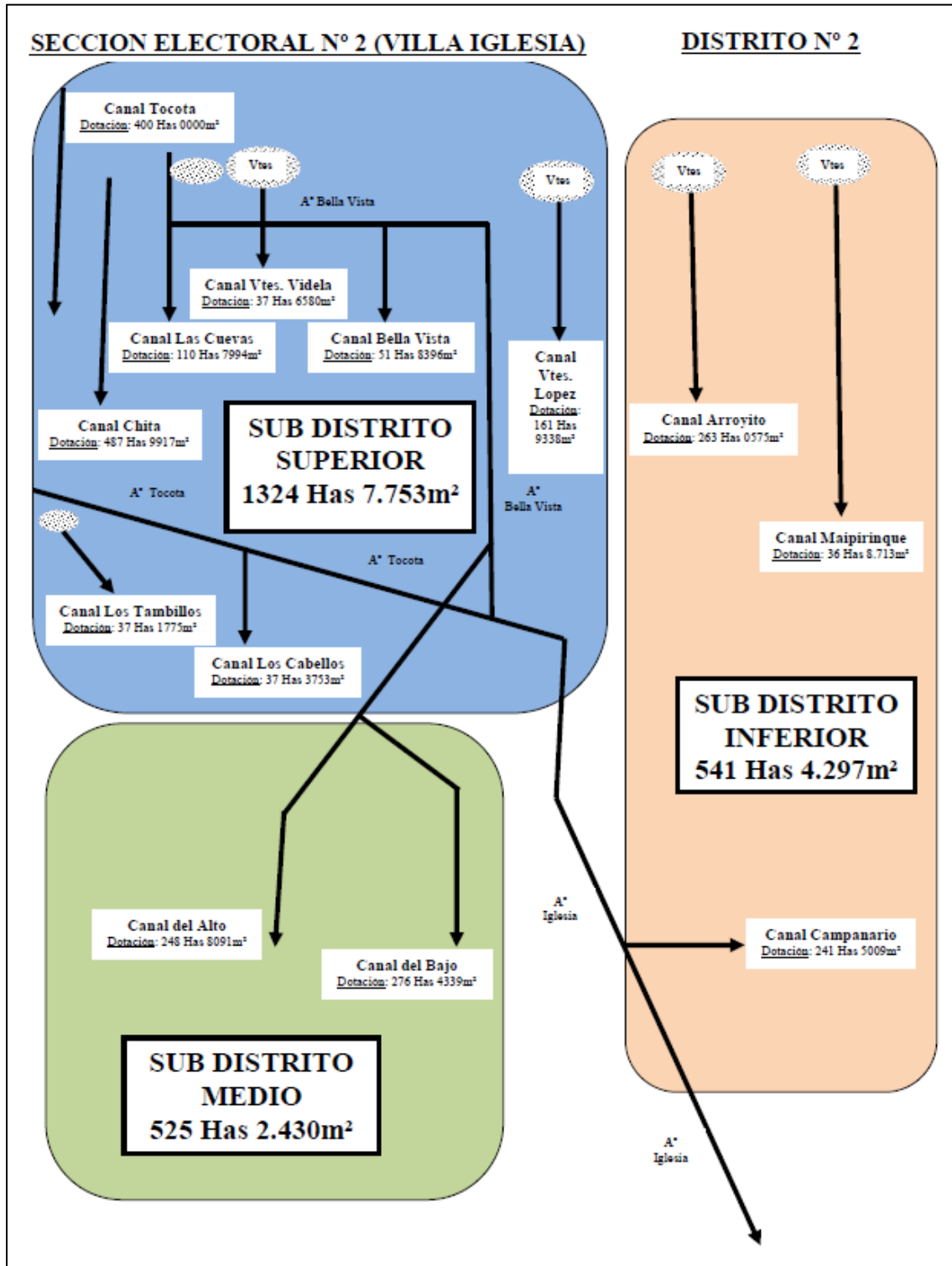


Figura 3-120 - Red De Riego Iglesia Distrito 2-2

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

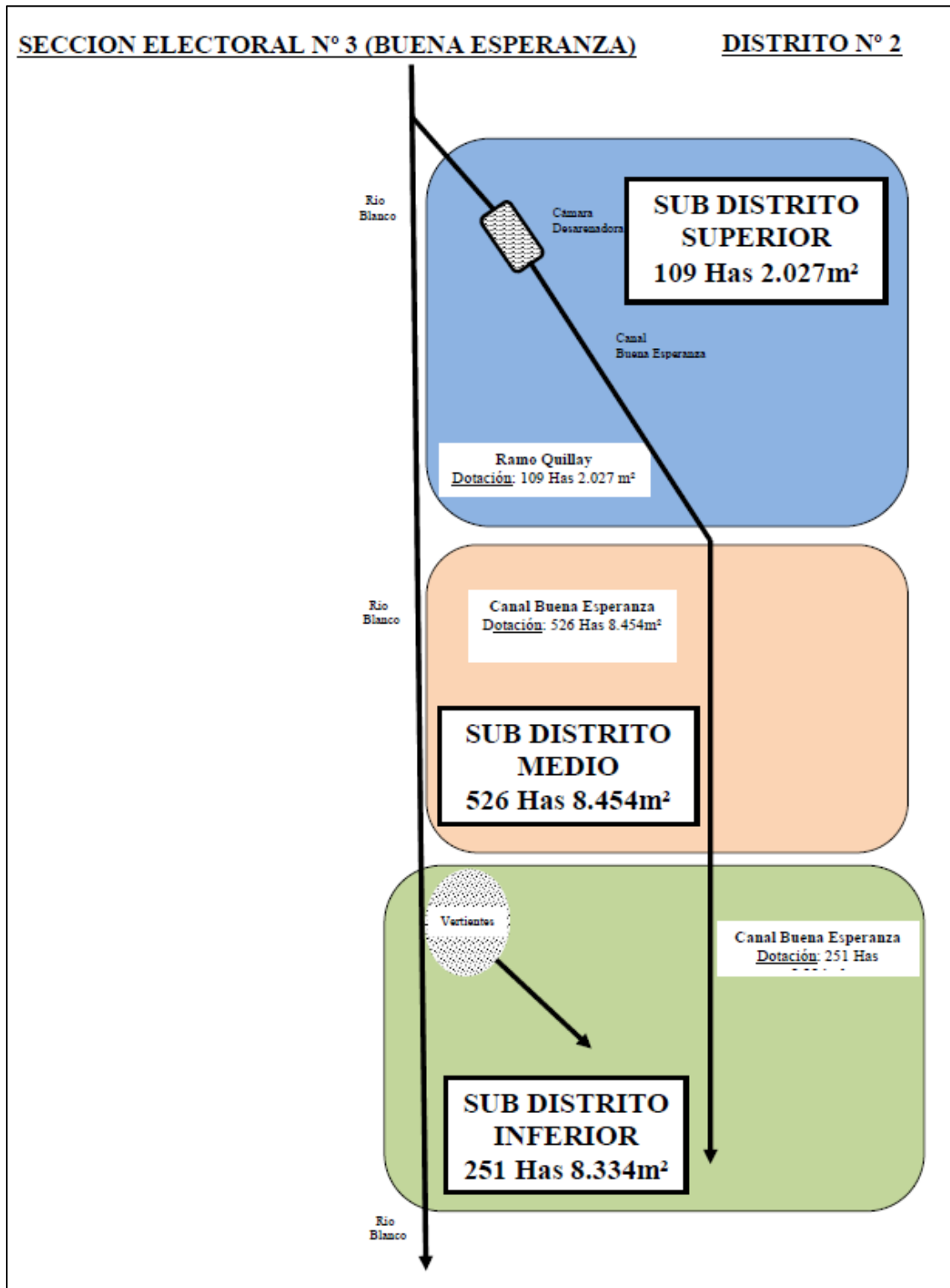


Figura 3-121 - Red De Riego Iglesia Distrito 2-3

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SISTEMAS DE RIEGO - CALINGASTA

La red de riego en Calingasta riega poco más de 7.962 has. La misma tiene canales impermeabilizados únicamente en 4km y de tierra son 211 km aproximadamente. El riego de las zonas cultivadas se efectúa enteramente a partir de canales que toman agua directamente desde los ríos, en tanto que la provisión de agua para consumo humano se cubre casi exclusivamente a partir de fuentes subterráneas de agua (acuíferos). La normativa actual considera agotados los recursos hídricos superficiales para riego, por lo que no es posible el otorgamiento de nuevas concesiones de riego.

En cuanto a la infraestructura no posee regulación en ningún río, las tomas son directas y precarias sobre el Río Los Patos. Existe una obra de cabecera de distribución precaria sobre el río Calingasta. Sobre el cauce los ríos están ubicadas las tomas directas que abastecen los distintos canales de Riego: sobre el río Los Patos se encuentran 11 tomas, en el río Calingasta hay 5 tomas y por último en el río Castaño encontramos 7 tomas.

La División de Hidrología DH, junto con UNSJ realizó un relevamiento completo y observación de la Red de Riego del Departamento de Calingasta en el año 2021, se aforaron todos los canales principales que toman aguas de los distintos ríos para abastecer la red de Riego, y los ríos. Se observó una gran cantidad de compuertas fuera de servicio y otras en mal estado. Se procesó la base de datos de Dotación para el departamento:

- Padrón: 7613.3645 Has. m²
- Relevamiento Agrícola 2018 (DH): 4397.67 Has.m²
- Hectáreas Cultivadas Agrícola 2018 (DH): 2144.31 Has.m²
- Padrón Oficial Actual: 5771.35 Has.m² Aproximadas

El Coeficiente de Riego para el Departamento de Calingasta: (por Resolución)

- Coeficiente 0.6 para caudales del Río San Juan menores a 40m³/seg
- Coeficiente 0.8 para caudales del Río San Juan entre a 40m³/seg y 60m³/seg
- Coeficiente 1 para caudales del Río San Juan mayores a 60m³/seg

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Para el caudal actual del Río San Juan: 19.87 m³/seg (08/01/2021), el Coeficiente de Riego es de 0.6.

Aplicando lo anteriormente expuesto, el caudal total que se debería otorgar al departamento es de:

- Q: 4.59 m³/seg (Padrón oficial: 7613.3645 Has.m²)
- Q: 2.64 m³/seg (Relevamiento Agrícola 2018 (DH): 4397.67 Has. m²)
- Q: 1.29 m³/seg (Has. Cultivadas Relevamiento Agrícola 2018 (DH): 2144.31 Has. m²)
- Q: 3.46 m³/seg (Actual: 5771.35 Has. m²)

El Caudal que actualmente se toma de cada Río y deriva para riego:

- Los Patos: 7.33 m³/seg
- Calingasta: 1.67 m³/seg
- Castaño: 3.38 m³/seg

Total Q Derivado: 12.37 m³/seg

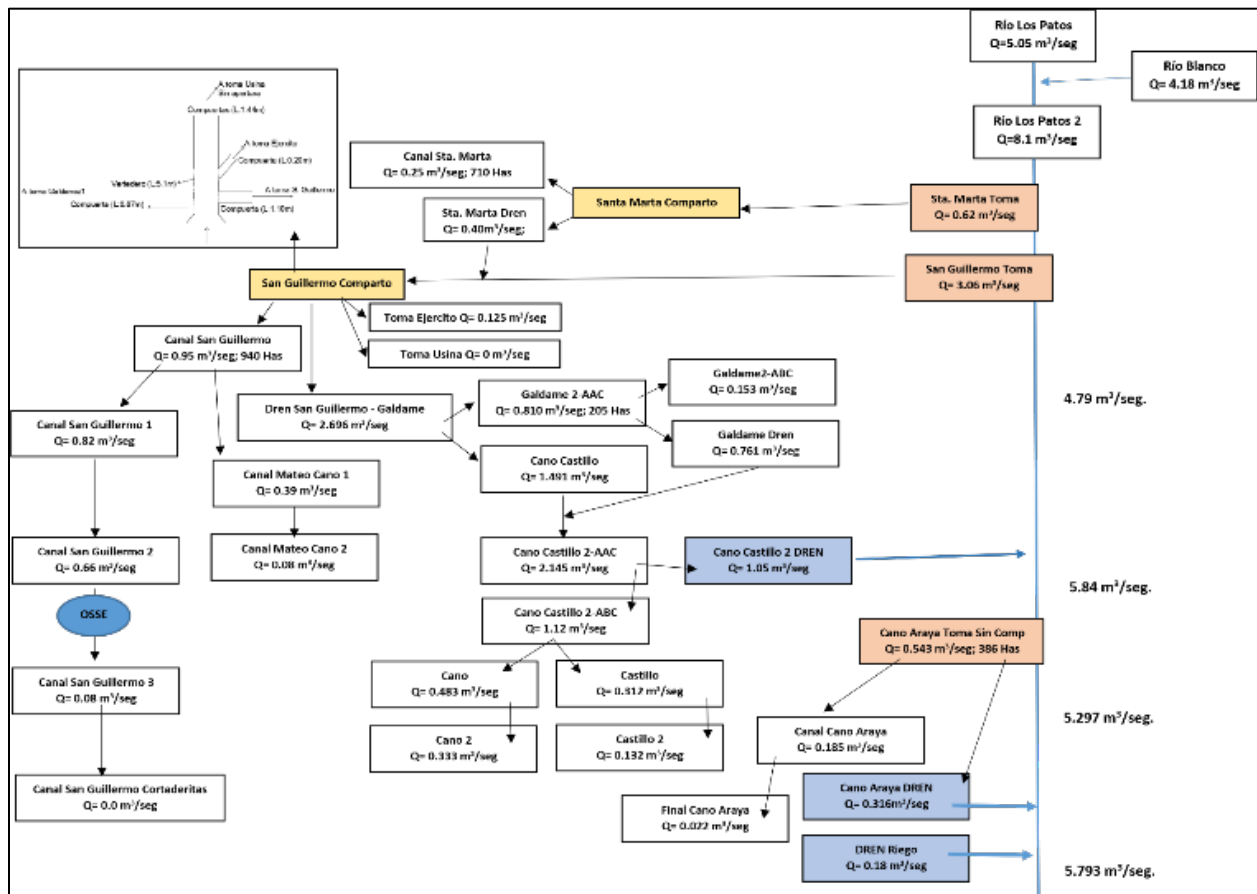


Figura 3-122 - Red De Riego Calingasta (1 de 4)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

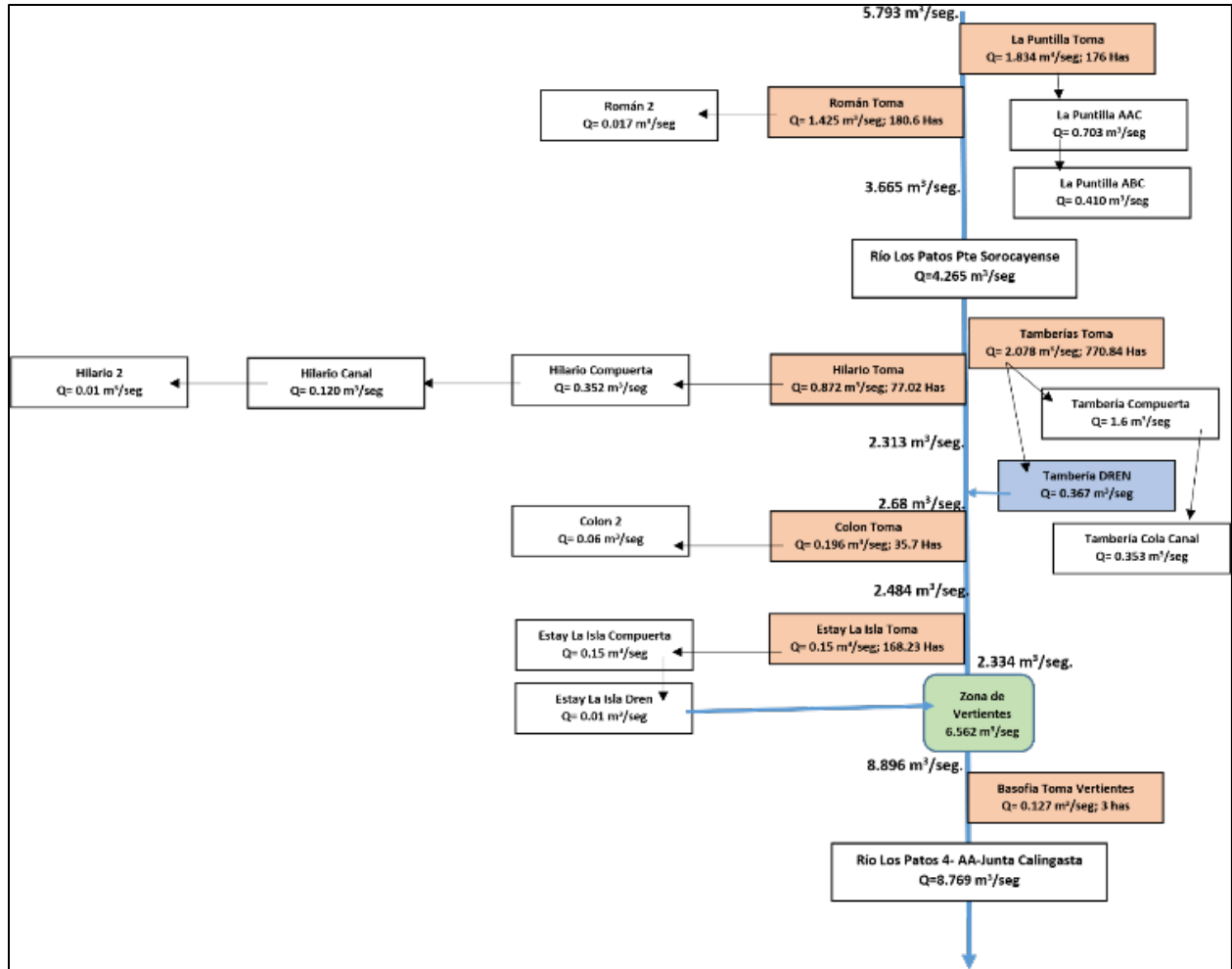


Figura 3-123 - Red De Riego Calingasta (2 de 4)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

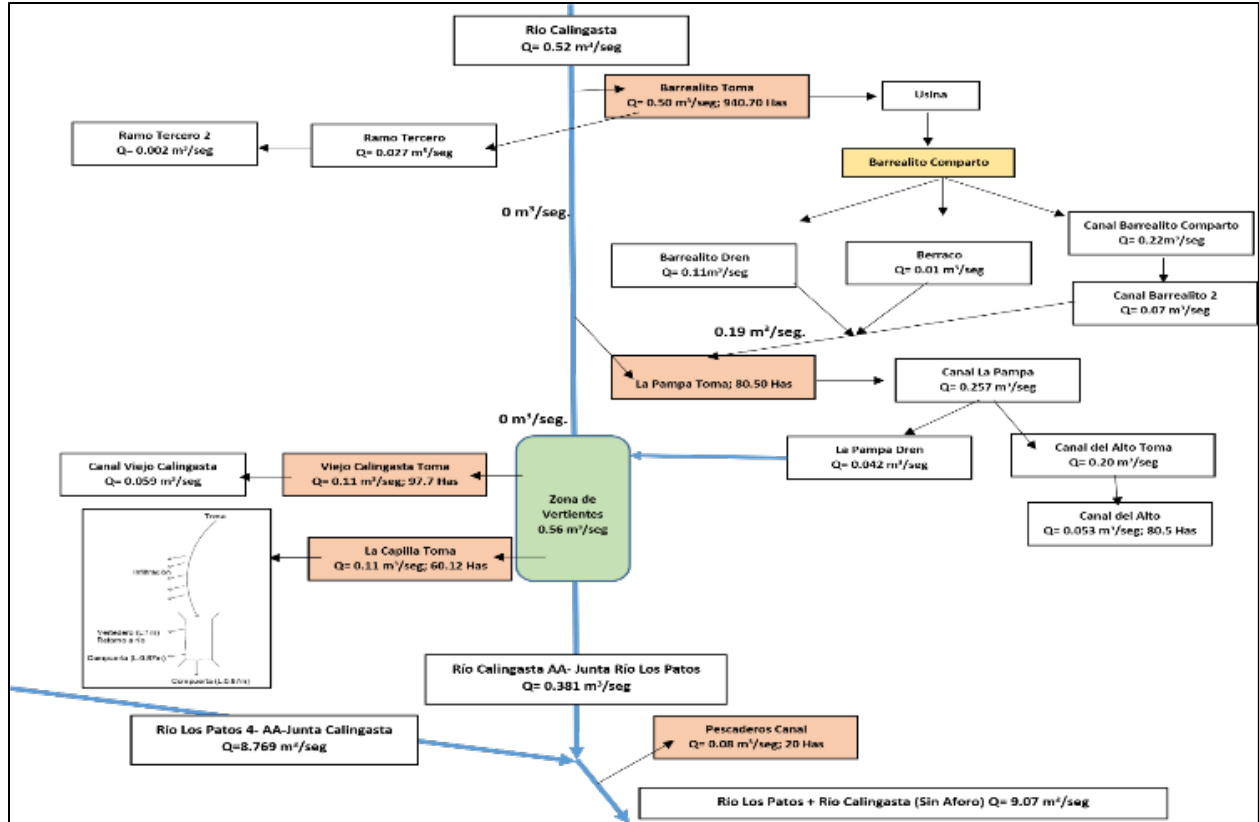


Figura 3-124 - Red De Riego Calingasta (3 de 4)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

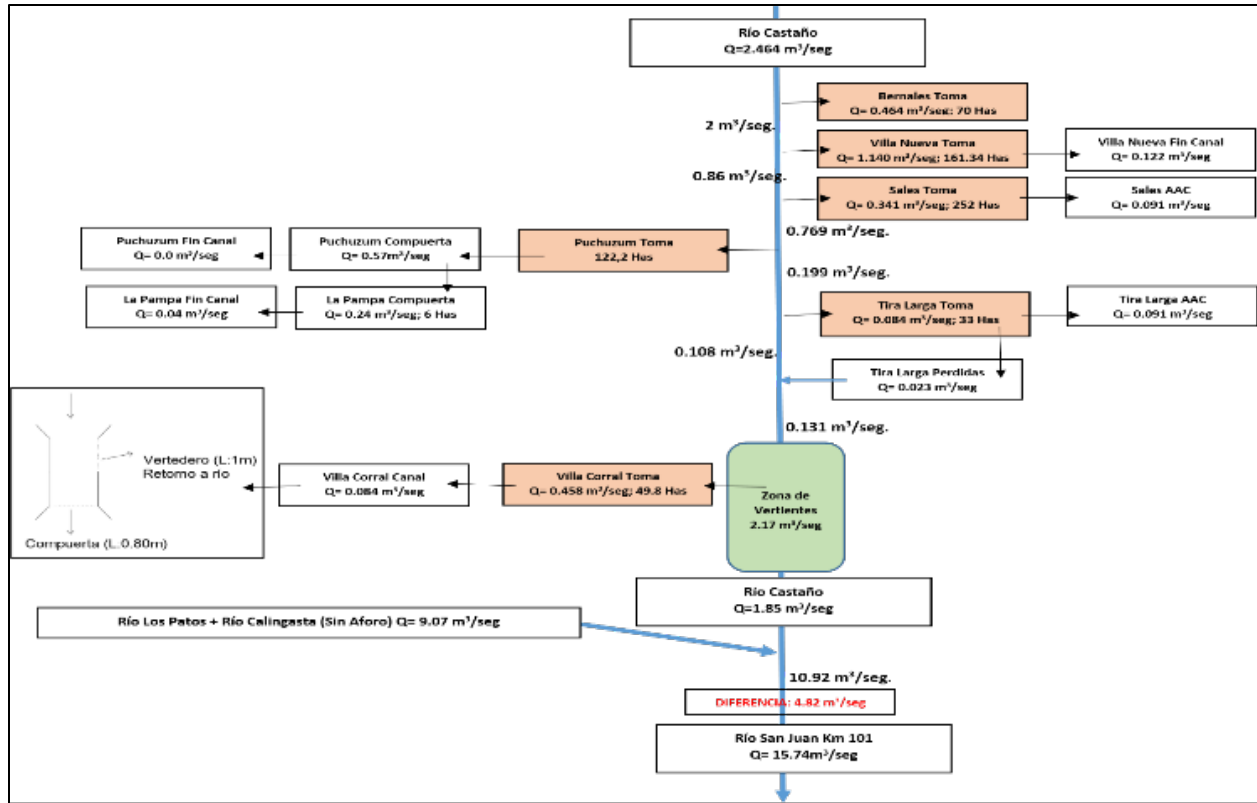


Figura 3-125 - Red De Riego Calingasta (4 de 4)

En todos los departamentos se hace necesario mantener, mejorar y ampliar las redes de riego con el fin de hacer más eficiente el manejo del agua y ampliar el área productiva.

4. Agua Subterránea

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE AGUAS SUPERFICIALES

La información con la que se cuenta en este aspecto es la correspondiente al Departamento de Hidráulica (2001actualidad), con puntos de muestreo los ríos Castaño, San Juan, Jáchal y Huaco, y la correspondiente a una antigua base de datos del INA-CRAS que incluye todos los ríos, arroyos y vertientes de la provincia desde el año 1971 al 2006.

Con los polígonos GIS obtenidos de *hydrosheds.org* se obtuvieron las áreas correspondientes a las cuencas hidrográficas de la provincia a las cuales se les superpuso la información hidroquímica antes mencionada, obteniendo para cada cuenca hidrográfica los valores promedio de las principales variables físico-químicas más Bo y NO₃ y que se pueden ver en la **Tabla 1**.

En conjunto la provincia de San Juan, entre unidades netamente locales más las compartidas con las vecinas provincias, posee cinco cuencas hidrográficas principales (**Tabla 1 y Figura 2**). A excepción de los cursos de la vertiente oriental de las sierras de Valle Fértil-La huerta, los demás ríos sanjuaninos integran la **cuenca del Desaguadero** (248mil Km²), siendo los principales ríos de la provincia los ríos San Juan y Jáchal arrojando una superficie de cuenca conjunta de 60mil km² (**Tabla 1**), algo más del 50% de la superficie de la provincia de San Juan con 89mil km². Están muy bien diferenciados por sus características físico-químicas, desde 1000 a 4000mS/cm para la cuenca del río Jáchal (**en Tabla 1 - RJ**) y de 270 a 950μS/cm para la cuenca del río San Juan (**en Tabla 1 - RSJ**), el que además, aguas abajo del embalse de Ullum, tiene una salinidad de unos 600 μS/cm, es de aptitud buena para riego (Clase II) y de tipo cálcica-sulfatada-bicarbonatada. Aguas abajo, en el puente de 25 de Mayo (al sureste del Cerro Barboza) alcanza los 622 μS/cm, Clase II y de tipo cálcica- sulfatada-sódica.

CUENCA	SUPERFICIE KM2	PROMEDIOS					
		TEMPERATURA C°	CONDUCTIVIDAD μmho/cm	pH	DUREZA TOTAL	BORO	NITRATO NO3
RSJ	33397	15.4	696.3	7.7	250.1	0.4	4.0
RJ	31390	14.4	2579.0	7.8	638.7	3.7	7.0
RB	13166	NO DATA	10395.0	7.6	1590.0	11.9	31.5
SARM	3800	15.7	862.9	7.9	268.3	0.4	7.5
VF	6320	14.5	793.0	7.7	158.0	0.4	0.7

Tabla 4-1: Provincia de San Juan. Síntesis Físico Química de cuencas hidrográficas de San Juan.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

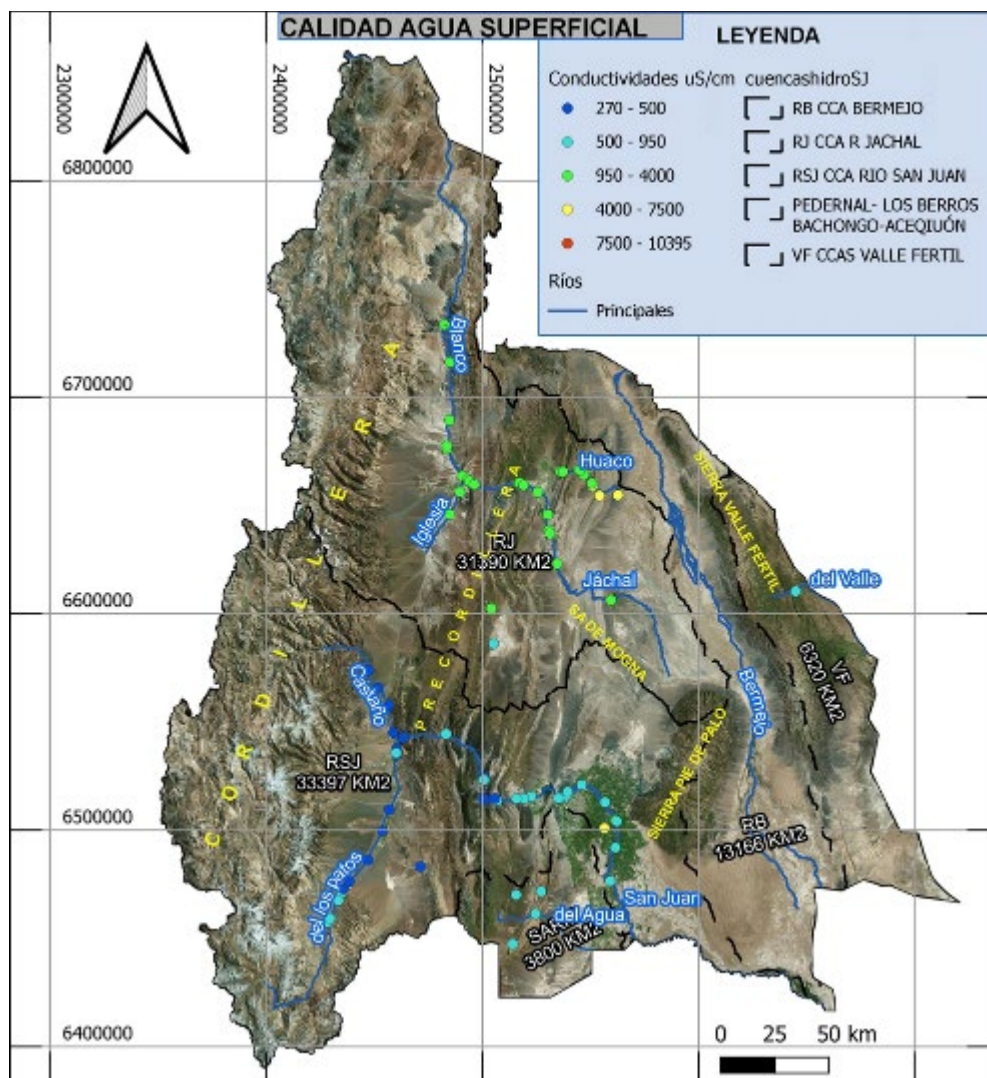


Figura 4-1: Provincia de San Juan. Cuencas Hidrográficas, conductividades eléctricas en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y orografía

En orden de magnitud areal, continúa la cuenca del Bermejo (13mil km^2) con nacimiento en la vecina provincia de La Rioja entrando desde el norte de San Juan. Al este de la localidad de Mogna se une con el río Jáchal y en el punto más bajo de su recorrido tiene una conductividad de 10395 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**en Tabla 1 - RB**). Siguiendo en orden de magnitudes, fuera de la cuenca del Desaguadero, se haya la cuenca de Valle Fértil (**en Tabla 1 - VF**), ubicada en el límite oriental de la provincia, de régimen netamente pluviométrico, el sector que corresponde a la provincia tiene unos 6320km^2 . Por último al sur de ciudad capital en el departamento de Sarmiento el microclima favorece la formación de varios ríos permanentes, cuyas cuencas se denominan Bachongo-Pedernal-Los Berros y Acequi3n (**en tabla 1 - SARM**)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

La información hidrogeológica de base con la que se cuenta al momento del presente informe, data del año 1969 con actualizaciones hasta el año 1998, con la excepción de las cuencas de Tulum, Ullum, Zonda, Jachal y Huaco que en el 2021-2022 fueron objeto de estudio por parte del INA. La hidroquímica superficial se mencionó más arriba y corresponde a relevamientos de DH (2001-actualidad) e INA (1971-2006).

La provincia de San Juan se caracteriza por poseer cordones montañosos de rumbo norte-sur, limitados, en la mayor parte de los casos, por fallas de igual orientación que definen áreas deprimidas o valles intermontanos. Esta configuración del relieve se da en un ambiente tectónico de antepaís fragmentado como respuesta a la subducción de la placa oceánica del pacífico bajo la placa continental sudamericana, que en San Juan respecto a otras provincias occidentales, el bajo ángulo de subducción genera que se extienda aún más la faja de cordones montañosos en el continente. Esta faja está conformada por los cordones cordilleranos, precordilleranos y pampeanos (**Figura 3**), entre los cuales se desarrollan diversas cuencas sedimentarias de variada extensión, litología y espesor, que alimentadas por agua de origen tanto nival como pluvial constituyen los reservorios de agua subterránea de la provincia. Para profundizar sobre aspectos estructurales se sugiere consultar el anexo *“Recopilación e Interpretación de Datos Geofísicos Cuencas de San Juan”*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

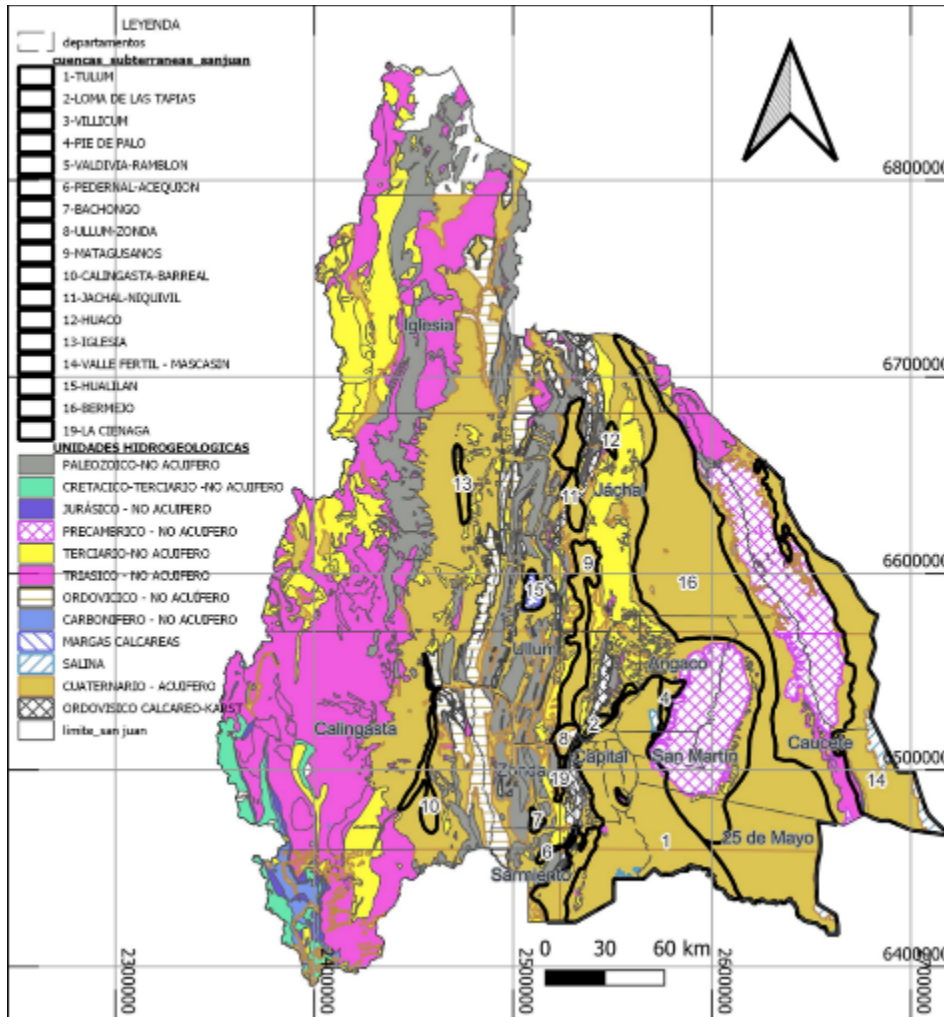


Figura 4-1: Provincia de San Juan. Cuencas de agua subterránea. Unidades Hidrogeológicas.

Según el informe *INA DI-307 (1998)*, se identifican (17) zonas hidrogeológicas (**Figura 3**), cuya extensión total en forma conjunta es de aproximadamente 19mil km², representando el 20% de la superficie total de la provincia y se enumeran en la **Tabla 2**. Si bien las áreas de las zonas hidrogeológicas se obtuvieron de los polígonos del informe citado, no son consideradas como base de cálculo por el INA-CRASS ya que no se refieren a cuencas de agua subterránea propiamente dichas, como se verá más adelante, cuyos límites se obtienen por otros métodos más detallados.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA/SUBCUENCA	ID	AREA (KM2)
VTULUM	1	4388
VTULUM_LIBRE	1a	379
VTULUM_CONFINADO	1b	4009
LOMADELASTAPIAS	2	63
VILICUM	3	47
PIE DE PALO	4	156
VALDIVIA-RAMBLON	5	583
PEDERNAL-ACEQUION	6	41
BACHONGO	7	55
ULLUM-ZONDA	8	148
MATAGUSANOS	9	756
CALINGASTA-BARREAL	10	373
JACHAL-NIQUIVIL	11	490
HUACO	12	70
IGLESIA	13	167
VALLE FERTIL - MASCA	14	3051
HUALILAN	15	147
BERMEJO	16	8573
LACIENAGA	17	69
	TOTAL	19177

Tabla 4-2: Provincia de San Juan. Áreas de cuencas subterráneas San Juan.

CUENCA DEL VALLE DE TULUM

La cuenca de mayor importancia en cuanto a volumen y calidad de agua disponibles pertenece al Valle de Tulum, el cual se extiende por alrededor 4388km² desde la quebrada de zonda en forma radial hacia el Norte, Sur y Este, el acuífero principal está dado por sedimentos aluviales depositados por el Río San Juan en el Pleistoceno tardío cuando aún desembocaba por la quebrada de Zonda (Suvires et al. 2000), para luego migrar hasta su posición actual en la quebrada de Ullum. El reservorio se compone de un relleno sedimentario aluvial del Cuaternario que sobreyace a un basamento hidrogeológico aluvial del Terciario superior compuesto de unidades basales finas y superiores conglomerádicas. Siendo éstas últimas capaces de almacenar y ceder agua fácilmente pero su salinidad restringe su uso a ciertas actividades industriales.

Según censo 2021, sobre este valle se asienta el 90% de la población de la provincia, con casi 750mil habitantes sobre los 814mil totales.

Según Dirección de Hidráulica (2007), la agricultura desarrollada es predominantemente vid (50%) y olivos (17%) ocupando junto con los demás cultivos una superficie total cultivada de 82mil has aproximadamente.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Geomorfológicamente está ubicado entre las provincias geológicas de Sierras Pampeanas Occidentales al este y Precordillera Oriental al Oeste. (**Figura 3, Figura 4, Figura 7 y Figura 8**)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

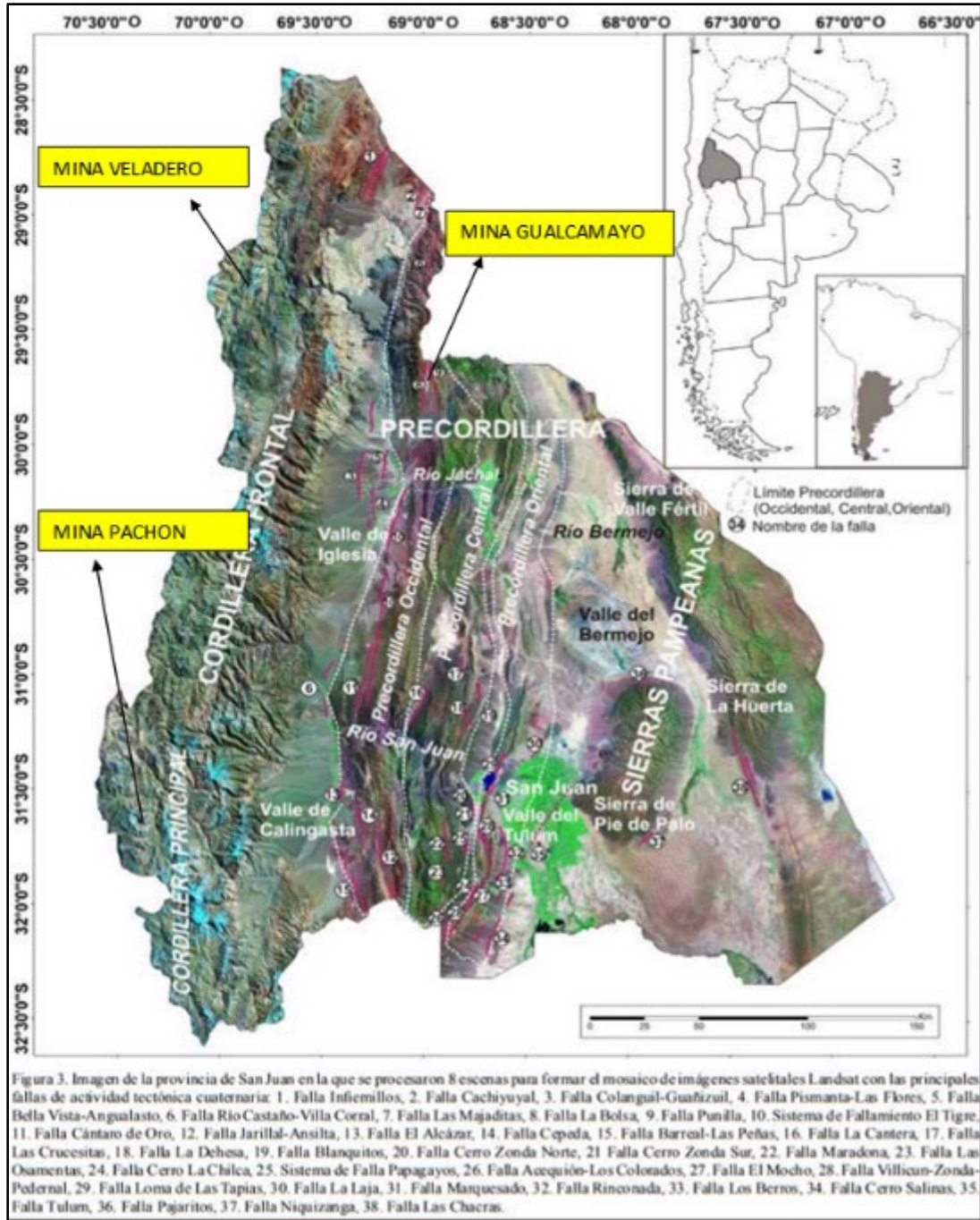


Figura 4-2: Provincia de San Juan. Neotectónica, sistemas montañosos principales y ubicaciones de minas. Modificado de Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana · February 2014.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Las Sierras Pampeanas Occidentales están representadas por las Sierra de Pie de Palo, que en conjunto con el Cerrillo Barboza, Valdivia y Salinas, conforman las expresiones topográficas del basamento de edad Precámbrica, de composición igneo-metamórfica. Estas unidades son consideradas No Acuíferas.

Precordillera Oriental está representada de norte a sur por las Sierras de Mogna, Villicum, de Zonda y de Pedernal, que exceptuando la Sierra de Mogna de composición sedimentaria de edad mesozoica, el resto está conformado mayoritariamente por rocas calcáreas del paleozoico inferior y minoritariamente detríticas marinas y continentales del paleozoico superior, consideradas en general como No acuíferas, con excepción de las unidades marinas calcáreas de las cuales se detallará más adelante.

Al Sur por convención se establece el límite en la línea donde los cauces del río San Juan y Mendoza cambian su rumbo de meridional a latitudinal en dirección al este, su expresión geomorfológica está parcialmente dada por las lagunas en rosario de Guanacache, del Tronco, de los Altos, Hechuna y la Balsita.

Hacia el Norte está limitado por la divisoria de aguas superficiales de las sierras de Mogna, nombradas anteriormente, que a modo de diagonal ONO-ESE termina en el extremo norte de la sierra de Pie de Palo.

Cubriendo en profundidad a todas las unidades anteriores y aflorando al pie de las elevaciones montañosas aflora el **basamento hidrogeológico** principal del acuífero Tulum, compuesto por los dos miembros basales de la Formación Lomas de Las Tapias, estas sub-unidades se distinguen por baja permeabilidad y elevadísima salinidad, comportándose “geofísicamente” como conductoras, y son identificadas como “basamento conductivo”.

La Formación Loma de las Tapias se encuentra inmediatamente por debajo del acuífero principal cuaternario, a continuación se describen los miembros que la componen:

-*Miembro inferior “La Colmena”, **unidad NO ACUÍFERA*** formada por conglomerado basal con clastos angulosos de caliza y pedernal cementados, sobre el se apoyan arcillas rojas de espesor variable.

-*Miembro medio “Arenisca Albardón”, **unidad NO ACUÍFERA*** dada por areniscas conglomerádicas tobáceas, alternadas con areniscas finas a gruesas, intercaladas con bancos de conglomerados.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- *Miembro superior “El Chilote”* (Groeber y Tapia 1926, Serafini et al. 1985). Unidad de **relativa aptitud hidrogeológica**, conocida también como Formación Mogna, está dada por potentes bancos de conglomerados y areniscas intercalados que conforman el techo de la Formación Loma de las Tapias.

Respecto a su génesis, diversos autores afirman que esta formación fue generada por la progradación de un sistema de un abanico aluvial (equivalente a la Fm Mogna) que fue construido por un río tipo “Donjek” (semejante al Modelo 3 de Miall A., 1985) sobre un sistema de planicie aluvial anastomosada.

Además, también se consideran como no acuíferos a las capas pelíticas de edad cuaternaria que constituyen las planicies de inundación en las áreas de intercanal.

La estratigrafía de la cuenca culmina con los depósitos aluviales del río San Juan, considerados como la Principal Unidad Acuífera, se corresponden con los propios de un abanico aluvial (**Figura 5**) en cuanto a distribución granulométrica y espesores. En general están formados por arenas intercaladas con limos, además de gravas gruesas y finas, y material arcilloso, localmente con algún contenido de sales. Las unidades que lo componen son denominadas genéricamente, desde el enfoque geofísico, como “relleno resistivo” debido a que están conformadas por depósitos de partículas de tamaño grueso y el agua tiene baja salinidad respecto de la contenida en formaciones más antiguas. Los depósitos periféricos al abanico aluvial principal se corresponden con bajadas pedemontanas y abanicos aluviales menores, mientras que, en el interior de éste, constituyeron llanuras fluvio-aluviales, con aporte de arenas y limos eólicos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

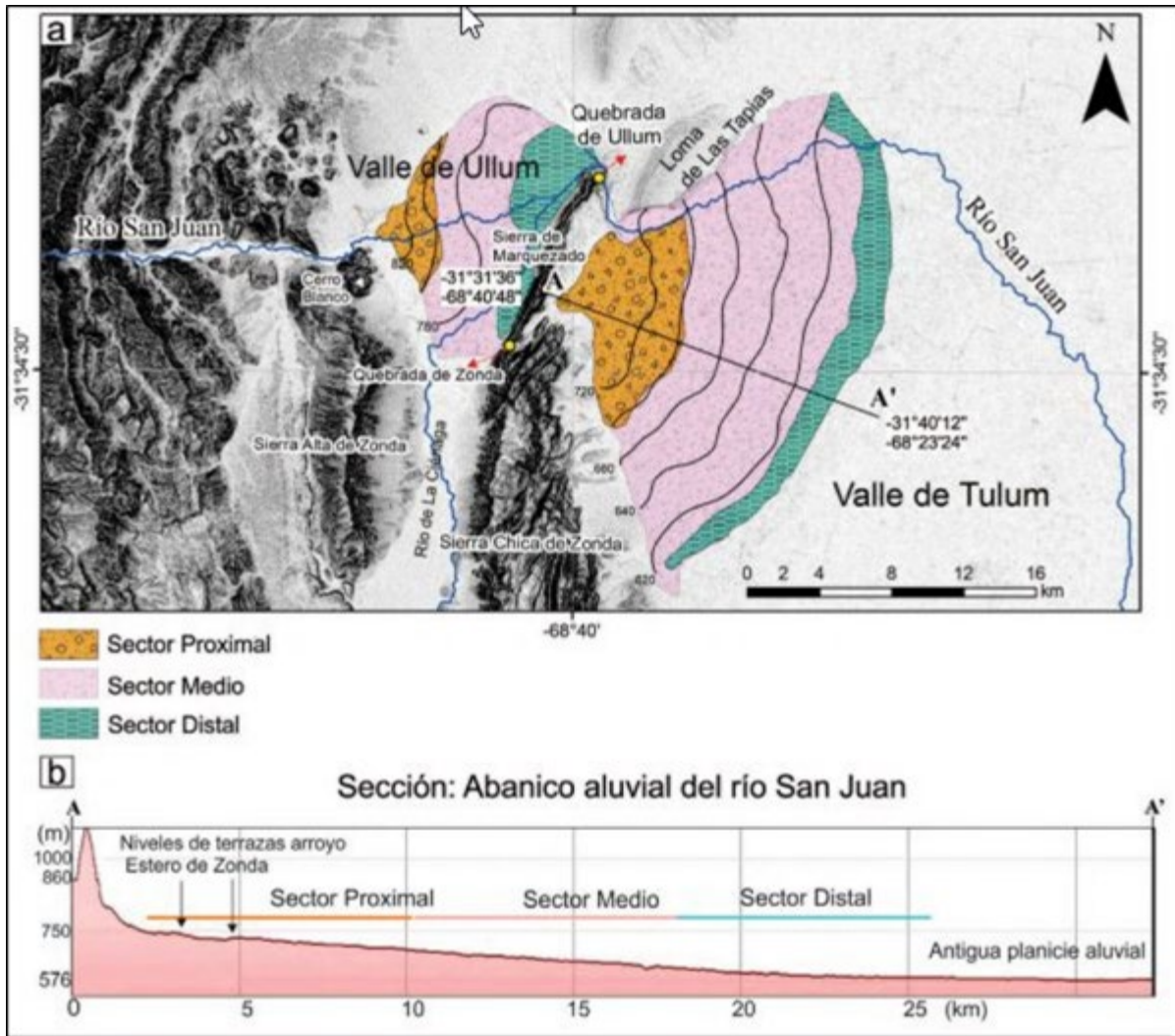


Figura 4-3: Valle de Tulum. Litologías y distribución de facies del abanico aluvial del Río San Juan.

KARST

Es importante destacar la importancia de las unidades cambro-ordovícicas calcáreas (**Ordovícico Calcáreo KARST en Figura 3**), aflorantes principalmente en la Precordillera Oriental, ya que exhiben numerosas evidencias de fenómenos kársticos (**Figura 6**) en toda su extensión, lo que las ubica dentro del grupo de Unidades Acuíferas por Fisuración o Porosidad Secundaria, dejando abierta la posibilidad de conformar reservorios de agua subterránea secundarios a los tradicionalmente conocidos en unidades detríticas cuaternarias.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 4-4 - Valle de Tulum. c) disolución diferencial interestratal e incipiente formación de desfiladeros verticales y de futuros valles de rumbo; d) cavernas y huecos de disolución a la base de los estratos de caliza interestratificados con brechas carbonáticas. Figura tomada del trabajo Geomorfología tectónica y evolución del relieve en un sector del piedemonte occidental de la sierra Chica de Zonda, Precordillera Oriental, Argentina. (Suvires, 2013).

Si bien no hay estudios detallados sobre estos acuíferos, se considera relevante poner en conocimiento su potencial hidrogeológico. La precordillera oriental, que entra desde el Sur de la provincia y termina cerca del límite con La Rioja al Norte, se compone de unidades Cambro-Ordovícicas netamente carbonáticas y exhiben numerosas evidencias de fenómenos kársticos en toda su extensión, lo que deja abierta la posibilidad de conformar reservorios de agua subterránea secundarios a los tradicionalmente conocidos en unidades detríticas cuaternarias.

En Precordillera-Cordillera Frontal y Principal, se estudiaron tres sitios mineros: Veladero, Gualcamayo y Pachón (**Figura 4**). De todos, el que mayor K promedio logró fue en unidades carbonáticas de Gualcamayo (12,4 m/día), seguido por los acuíferos ígneos terciarios de Veladero (4,0 m/día), Pachón (0,12 m/día) y por último Pascua – Lama con el valor más bajo (0,02 m/día).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En otro sitio de interés, en la zona de Pedernal, puntualmente en el dique de Los Loros, se exhiben fenómenos kársticos de tal magnitud que imposibilitaron su utilización como tal, anulando por tanto su funcionamiento.

En el extremo sur y faldeo oriental de la sierra de Villicum, dentro de los límites de la localidad de La Laja, se encuentra una geoforma kárstica denominada “Sima La Laja”, cuyo desarrollo se estima en 40m de conducto y un desnivel de -27m.

ESTRUCTURAS PRINCIPALES DE LA CUENCA

Existen fallas relativamente modernas que seccionan a la base impermeable pliocena de las cuencas y a sedimentos más jóvenes afectando total o parcialmente el movimiento del agua (Rocca 1969) las más importantes son el sistema de fallas de Tulum y la falla de Ullum-Zonda (Rocca 1969, Zambrano y Suvires 2008). Las trazas de las estructuras se muestran en las **Figuras 7-8** y sus cortes transversales en la **Figura 9**.

- **El sistema de Fallas de Tulum** atraviesa al Valle de Tulum desde NE al SO, desde el extremo SO de la sierra de Pie de Palo, bordeando el Cerrillo Barboza para terminar en el cerro Valdivia, para luego cambiar su rumbo paralelo a Precordillera oriental en dirección SSO pasando por las localidades de Cañada Honda, Guanacache y Retamito hasta el borde occidental del Cerro Salinas. Este fallamiento, tiene el bloque elevado al SE y el hundido hacia el NO, separando al acuífero Tulum en Superior al NO e Inferior al SE y además en su sector austral genera un alto estructural a modo de barrera hidrogeológica que separa al Tulum Inferior de la Subcuencas de Valdivia-Ramblón. En el acuífero Tulum afecta en la distribución de acuíferos de la siguiente manera, un sector noroccidental denominado acuífero Tulum Superior, de tipo libre que grada hacia dos niveles confinados hasta el sector de falla, y la otra zona suroriental denominada acuífero Tulum Inferior, compuesto de un acuífero confinado único, y que posiblemente sea la continuación del acuífero inferior del bloque bajo noroccidental, ya en facies distales del abanico aluvial del río San Juan.- **Fallamiento al pie occidental de Precordillera Oriental.** Sierras de Zonda. Conforman la estructura que separa a la cuenca Valle de Tulum de la cuenca Ullum-Zonda, interrumpiendo el flujo subterráneo de estas últimas, de dirección dominante Este-Oeste, generando los esteros de zonda, donde el agua subterránea está, en años de bonanza hídrica, a menos de 1 metro bajo el terreno, desarrollando una amplia zona de vegetación freatófita. Hoy la profundidad del agua subterránea en el mismo sitio promedia los 20m.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

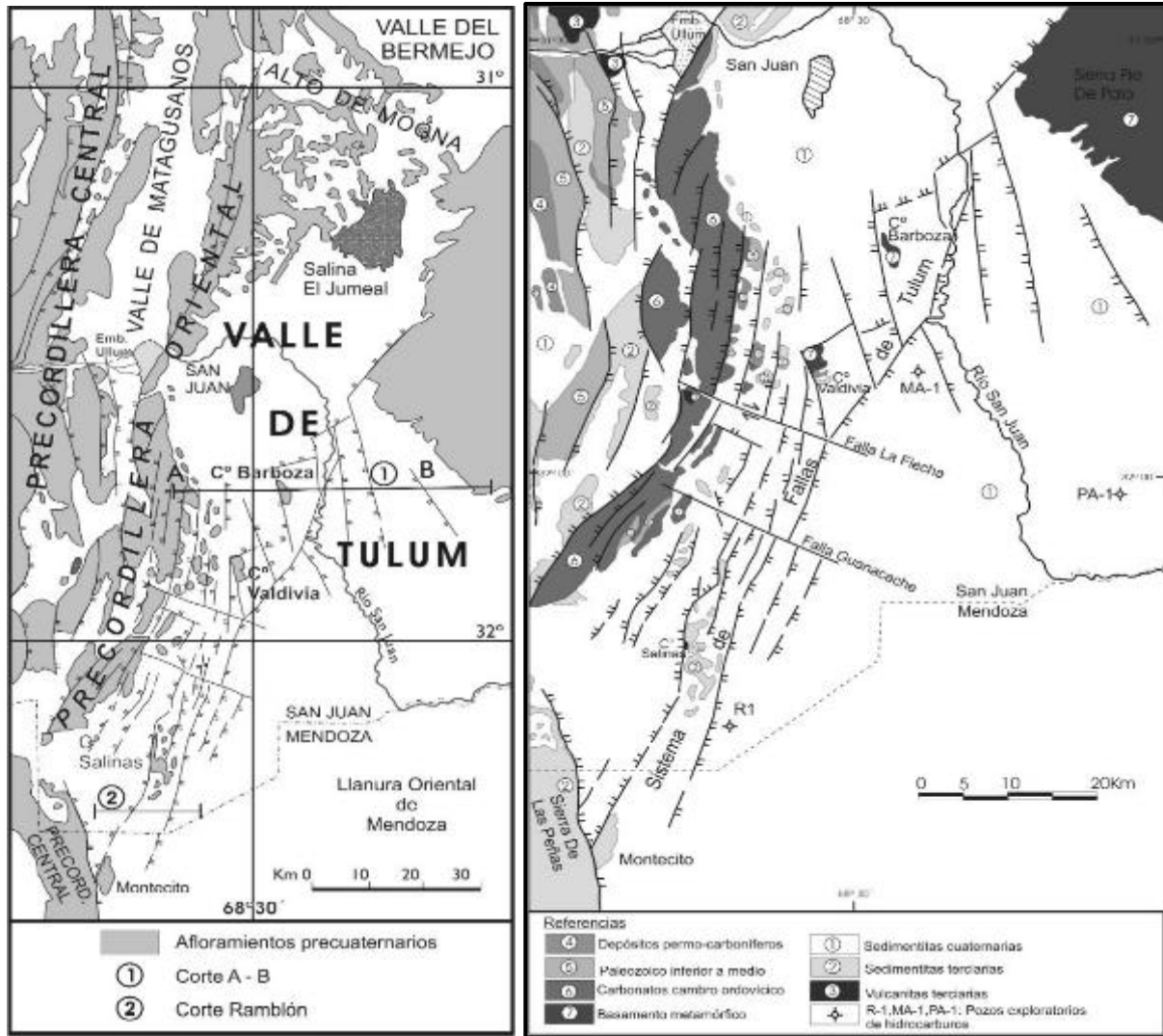


Figura 4-5: Valle de Tulum.: Unidades geológicas. Estructuras. Pozos hidrocarburos MA-1, R1 y PA-1.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

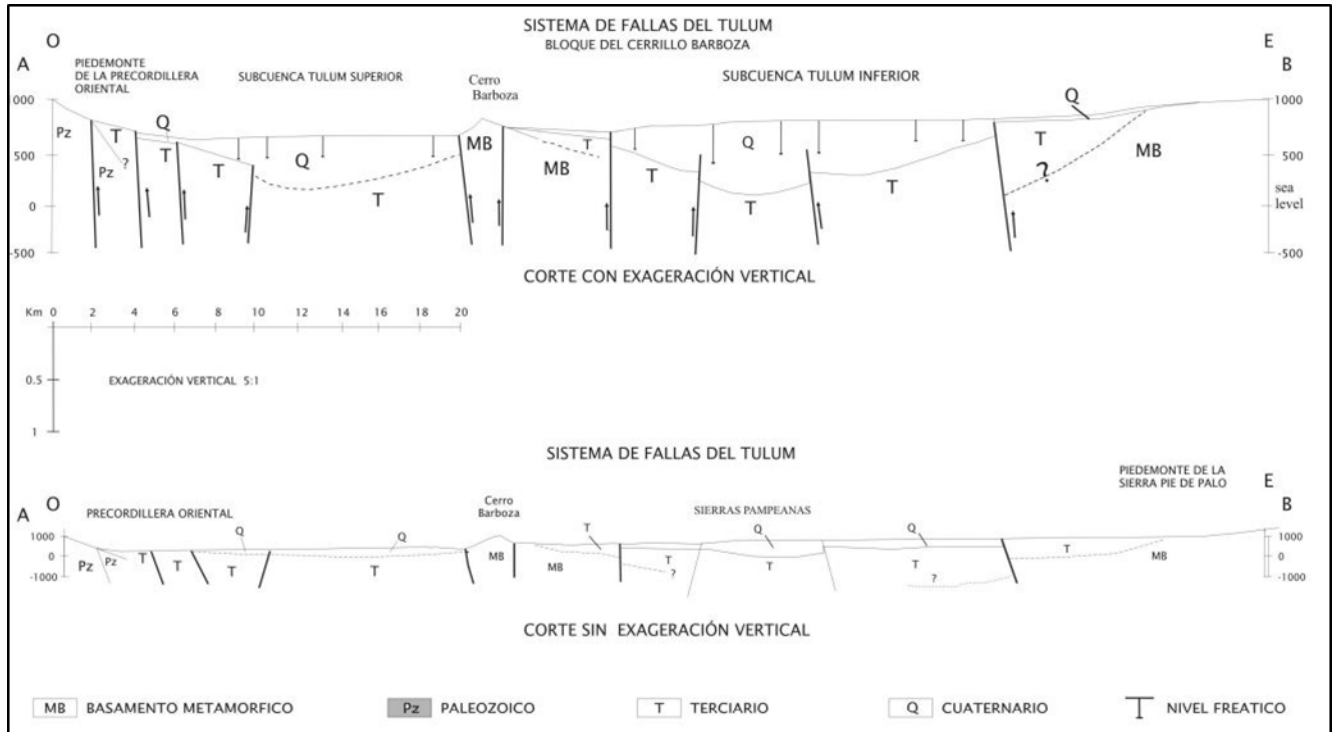


Figura 4-6: Valle de Tulum. Sistema de fallas Tulum. Corte transversal 1 (Ubicación en Figura 8)

SUBCUENCAS DEL ACUÍFERO TULUM

Según J.A.Rocca, 1969, el valle de Tulum puede dividirse en seis subcuencas menores tomando en cuenta factores como hidroquímica, composición litológica del acuífero, origen de recarga y dirección de flujo subterráneo. En la **Tabla 3** se resumen todos los datos recopilados para estas subcuencas.

CUENCAS	SUBCUENCAS	SUPERF.		E MAX (m)	E PROM (M)	VELO C	CAP INFIL	COEF ALM	PROF. NE.	RENDIMI ENTO	VAR ALM EST(2022)	POZOS (CANT.)	Q MAX (m³/h)	CEE	APTITUD RIEGO	TIPO	
		PARCIAL	TOTAL														
VALLE DE TULUM	PIE DE PALO	174.4	3696.2	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	8235	-----	-----	-----	L	
	VILLICUM	85.3		-----	-----	-----	-----	5-10	-----	-----	-----		-----	2500	REGULAR-MALA	L	
	LOMA DE LAS TAPIAS	19.8		200	105	-----	-----	5-10	-----	-----	-----		-----	1500	REGULAR-MALA	L	
	LOS BERROS o VALDIVIA-RAMBLÓN	183.8		650	55	-----	-----	51	16-25(1)	-----	-----		-----	300	1552	BUENA-REGULAR	L
	TULUM SUPERIOR LIBRE (I)	1224.9		440	165	25	60-150	0.15	90	49.6(2)	-148		104	547	500-1000	REGULAR-MALA	L
	TULUM SUPERIOR CONFINADO (III)			240	74	5-8	0.018	37.3(2)	-----	000-250				REGULAR-MALA	C		
	TULUM SUPERIOR CONFINADO (V)			400	219	5-8	0.018	37.3(2)	-----	-----				BUENA	C		
	TULUM INFERIOR LIBRE	2008.1		-----	-----	-----	-----	-----	0-3-25	37.3(2)	-----		-----	-----	-----	-----	-----
TULUM INFERIOR CONFINADO (V?)	480		197.25	5-8	0.018	37.3(2)	-----	1000-500	BUENA-REGULAR	L							
CODIGOS RENDIMIENTO		(1)	m³/h/m	(2)	hm³/h/m												
TIPO		L	LIBRE	C	CONFINADO												

Tabla 4-3: Valle de Tulum. Tabla Resumen.

En la **Figura 4-10** se muestra la distribución de subcuencas del valle de Tulum y las dos fracturas principales que funcionan de límite con las cuencas/subcuencas colindantes, en la figura el sistema

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

de fallas de Tulum está simplificado para lograr una mejor legibilidad del mapa, pero corresponde a un grupo de fracturas semiparalelas cuyo detalle se puede ver en la **Figura 8**.

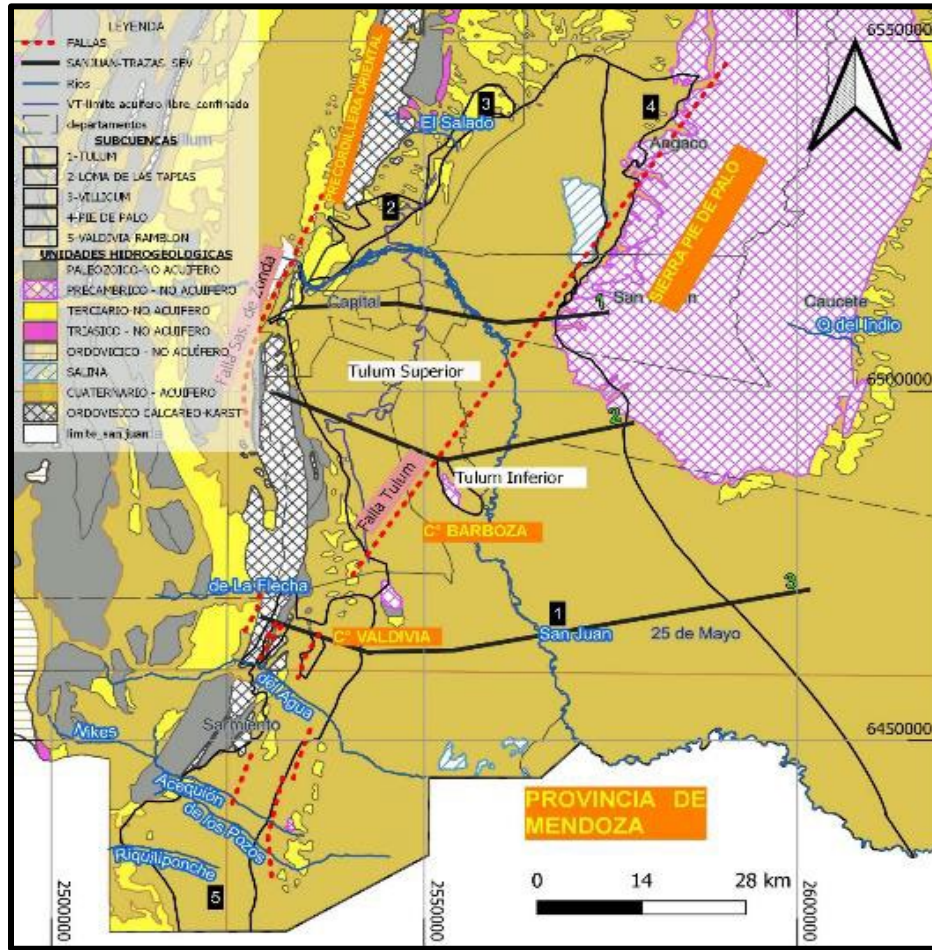


Figura 4-7: Valle de Tulum. Ubicación Subcuencas. Sistema de Fallas de Tulum. Unidades Hidrogeológicas. Flechas Negras; direcciones de flujo dominante.

PIE DE PALO:

Este acuífero tiene muy poca información, y se describe sucintamente como formado por bajadas pedemontanas de la sierra homónima. Su calidad es Regular y el flujo subterráneo se dirige de Este a Oeste.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

VILLICUM:

Acuífero formado por bajadas pedemontanas de la sierra homónima. Flujo desde el oeste-noroeste al Este Sureste. Abarca las lomas El Salado, Las Tierritas y Las Lomitas de Albardón. Recarga proviene desde el suroeste desde Loma de las Tapias y desde el río Yakín al noroeste.

LOMA DE LAS TAPIAS:

El sinclinal de Loma de Las Tapias posee el basamento impermeable neógeno a diferentes profundidades desde los flancos al eje del sinclinal, variando entre 10 m a más de 200 m de acuerdo con sondeos geoelectricos (Agie 1968, Rocca 1969, Belvideri 1989) (**Figura 11**). En el flanco este del sinclinal las sedimentitas neógenas se encuentran a 8 m, luego hacia el SE aumenta su profundidad constituyendo parte de la subcuenca Tulum Superior. El límite de la subcuenca Loma de Las Tapias con la Tulum

Superior coincide con el trazado de una falla normal en el flanco este del sinclinal. Se considera que la estructura sinclinal continúa en subsuelo hacia el SO, aunque en superficie el afloramiento se interrumpe en la intersección con el cauce fluvial del río San Juan. La hidroquímica del agua en esta subcuenca tomada de Lohn (1970) y Belvideri (1989) indica aguas sulfatadas-bicarbonatadas cálcicas (1) cuando ingresa desde el SO aportada por el río San Juan, cambiando hacia el NE por circulación en sedimentos neógenos con aportes de sales, aumentando su porcentaje en sodio y sulfatos, pasando a sulfatada cálcica (2).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

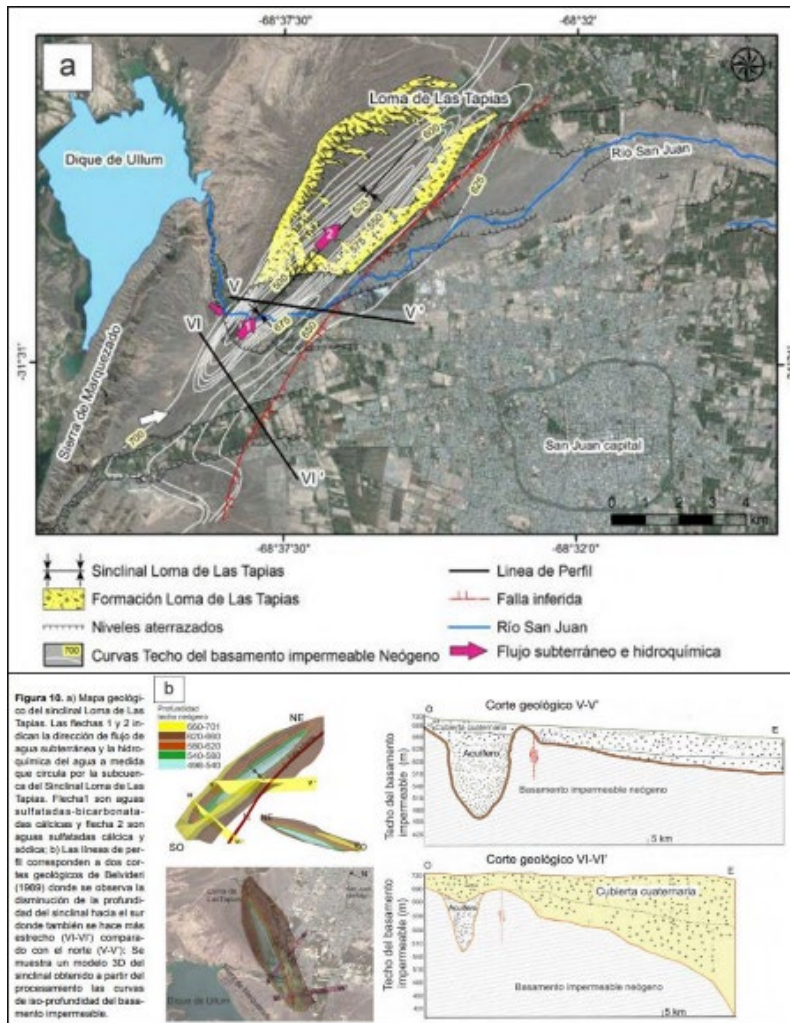


Figura 4-8: Valle de Tulum. Subcuenca Loma de las Tapias.

SUBCUENCA LOS BERROS O VALDIVIA- RAMBLÓN:

Se desarrolla al este de las Sierras de Pedernal y Sierras de Zonda, entre el Cerro Valdivia al norte, Cañada Honda al este y la localidad del Ramblón al sur (**Figura 12**). Conformada por depósitos pedemontanos depositados por los Ríos La Flecha, Del Agua y Acequión, que a su vez recargan esta subcuenca, siendo el caudal del río del Agua de aproximadamente unos 0.37m³/s.

Según datos del INA en relevamiento del 2009 unas 5291has de la zona eran regadas con un bombeo de un total de 73 pozos que equivalía a 53hm/a aproximadamente. De estas hectáreas cultivadas, 4042has corresponden a cultivos ubicados en el límite entre Tulum Inferior y Cuenca Valdivia-Ramblón, por tanto bombean de ambos acuíferos. La recarga estimada para toda la zona desde Precordillera Oriental hasta el límite entre Tulum Inferior se estima en 36.7Hm³/a.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

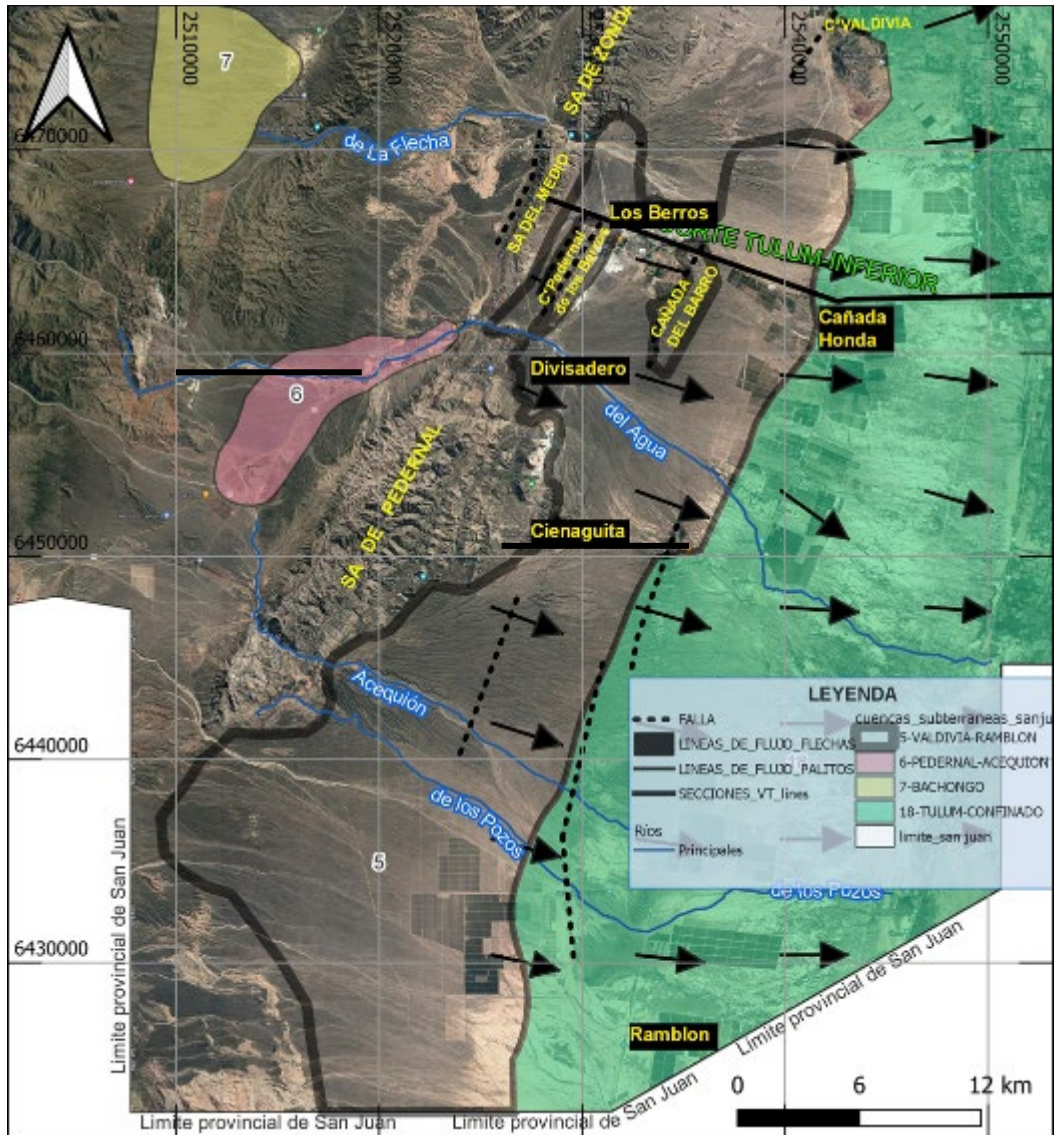


Figura 4-9: Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón, Pedernal-Acequión y Bachongo. *Ubicación cortes representativos 12 y 13.*

Se han localizado en esta subcuenca por medio de estudios geofísicos, la existencia de depresiones con profundidades de basamento hidrogeológico variable, **Figura 13**. Los mayores espesores de relleno (100 m a 650 m) se verifican al oeste de la localidad de Ramblón. En la zona de Cienaguita se detectaron espesores del orden de los 10 - 100 m (**Figura 14**), mientras que en el área de Los Berros varían entre 30 - 100 m. En la **Tabla 4**, se sintetizan las profundidades del basamento conductivo

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

	MIN (M)	MAX (M)
RAMBLON	100	650
CIENAGUITA	10	100
LOS BERROS	30	100

Tabla 4-4: Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón, Basamento Conductivo

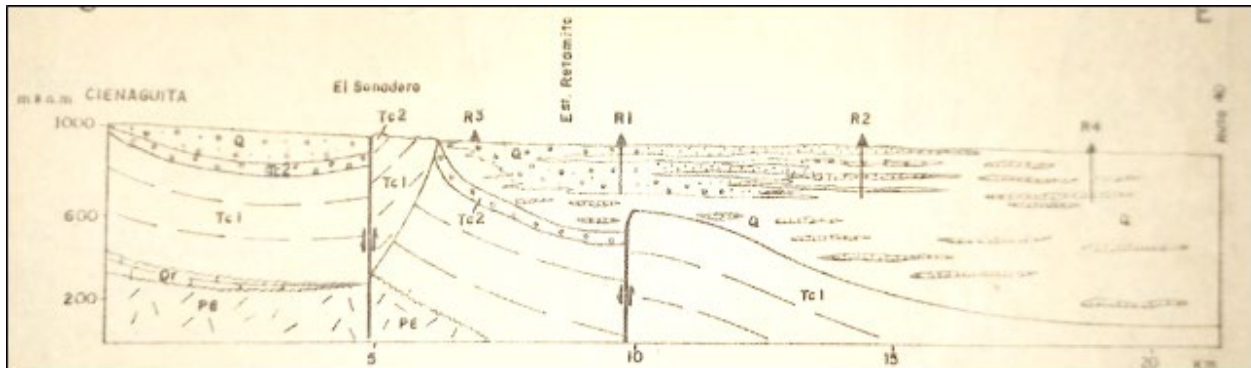


Figura 4-10 : Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón, Corte 13 representativo de zona el Retamito-Cienaguita

La zona de Los Berros, Divisadero y Cienaguita adquiere relevancia por radicarse en ella los asentamientos humanos más importantes de la región y por su infraestructura agrícola y minera.

Los **caudales y rendimientos específicos** obtenidos en un censo realizado por el INA en 1975, se presentan en la **Tabla 5**.

Localidad	uso	caudal m3/h	Re (m3/h/m)
Los Berros	Agrícola	110.3	42.3
Los Berros	Minero	5	8.9
Guanacache		83	11.3
Retamito		115	45
Cañada Honda		90.5	18.2

Tabla 4-5 : Valle de Tulum. Subcuenca Valdivia-Ramblón. Características hidráulicas. Año 1975.

Según relevamiento INA 2009 del total de 73 pozos se obtuvo un caudal máximo de 547m³/h, promediando 200m³/h y un rendimiento promedio de 16m³/h/m, tomando la información de la tabla, se podría considerar un rendimiento específico promedio de entre 16 y 25m³/h/m para toda la zona. El 70% de estos pozos bombean tanto del acuífero Valdivia-Ramblón como del Tulum inferior, para este último y en las zonas colindantes al sitio, se estimó “a priori” un coeficiente de almacenamiento de 3% (correspondiente a un material constituido predominantemente por Limo-

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Arcilla), resultando en un ingreso de 90Hm³ por metro de descenso desde Tulum inferior a Valdivia-Ramblón.

En general, en el agua subterránea predominan los iones Sulfato (SO₄=) y Sodio (Na⁺). La concentración de Boro en la zona de estudio es inferior a 1 p.p.m., el valor medio 0,52 p.p.m. y el percentil 75; 0,65 p.p.m. Tal concentración de Boro no implica riesgos de fitotoxicidad en los cultivos más sensibles al elemento en cuestión.

La concentración de Fluoruro varía entre un máximo de 1.0 p.p.m. y un mínimo de 0.2 p.p.m. y la de Nitratos entre 71.0 y 0.0 p.p.m. En el 25 % de las perforaciones la Dureza Total del agua supera 400 p.p.m., valor mayor que el recomendado por la OMS como guía para agua potable.

La máxima Dureza Total alcanzó 874 p.p.m. en el pozo 16 ubicado en Guanacache; son todas aguas duras.

Al oeste de las Sierras de pedernal y Sierras de Zonda se desarrollan las subcuencas de Bachongo y Pedernal-Acequiún. Para esta última, a la altura del río del agua se han encontrado buenas perspectivas hidrogeológicas con espesores aluvionales de 100m según geoelectrónica por debajo de los cuales se desarrollan la formación Loma de Las Tapias o Mogna (basamento conductivo) (**Figura 14**). En el año 1972, el INA realizó dos pozos de exploración, VP-1 y VP-2, realizados en La Posta y Pedernal, respectivamente, verificando 25m de relleno aluvial, un NE de -18.5m y 30m³/h y 1400 μS/cm para el primero y para el segundo las características de los terrenos atravesados no justificaron su explotación.

Para el área de Bachongo no se cuentan al momento de la presente redacción, estudios hidrogeológicos detallados, pero según reporte INA IT-123, publicado en el año 1993, las conductividad de las vertientes allí presentes promedian 700-900 μS/cm, clasificándola como una zona de muy buen potencial.

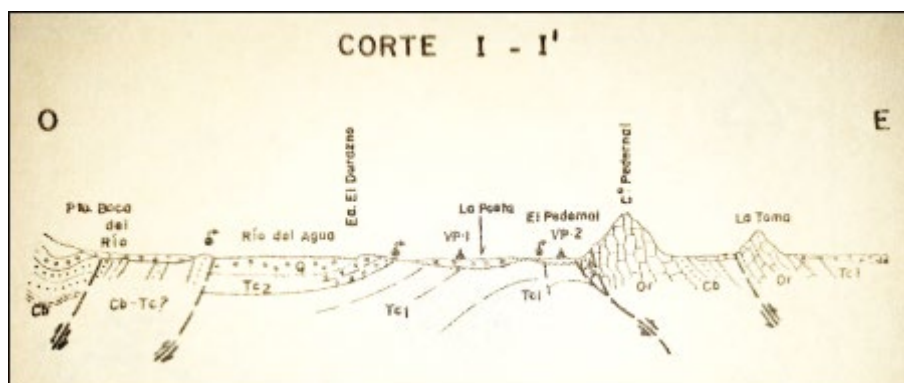


Figura 4-11 : Valle de Tulum. Subcuenca Pedernal-Acequiún. Corte 12.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SUBCUENCAS TULUM SUPERIOR E INFERIOR:

INTRODUCCIÓN

La subcuenca Tulum Superior está geológicamente conformada por relleno aluvial cuaternario depositado por el río San Juan cuyas variaciones granométricas desde gravas a arenas finas interestratificadas con unidades limo-arcillosas, determinan las correspondientes unidades acuíferas y acuicludas, respectivamente.

Los valores isotópicos del agua del río San Juan, reafirman su origen como de precipitación nival en la zona cordillerana y además que es la principal fuente de recarga de los acuíferos del valle de Tulum. En algunos sectores próximos a los bordes de cuenca, como Sierras Chica de Zonda y Pie de Palo, los estudios isotópicos han determinado la influencia en el agua subterránea de los aportes proveniente de dichas elevaciones montañosas.

La subcuenca Tulum inferior, se encuentra ubicada al sureste del sistema de fallas de Tulum, correspondiendo al bloque elevado de dicho sistema. Está geológicamente conformado por las fracciones finas del relleno aluvial intercaladas con niveles limo-arcillosos resultando a diferencia del acuífero Tulum Superior, un único acuífero confinado y un libre superior de reducido espesor.

En esta subcuenca, el agua subterránea es de tipo sulfatada-sódica algo clorurada y con salinidades del orden de los 1.250-2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cabe señalar que en la zona limítrofe con la provincia de Mendoza se ha detectado en pozos de exploración, la existencia de aguas cloruradas-sódicas, con salinidades cercanas a los 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que están relacionadas con sedimentos lacustres salinizados.

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

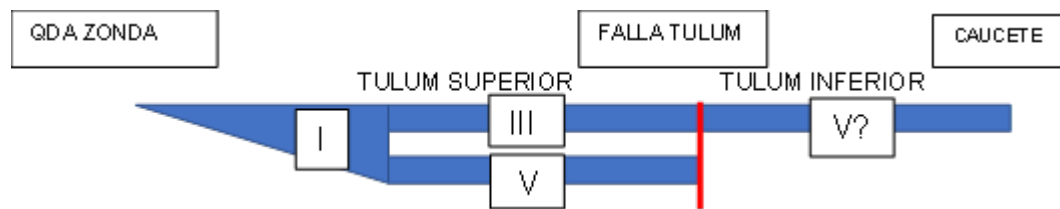
El número de perforaciones con perfilaje eléctrico que alcanzaron el techo del basamento hidrogeológico es de aproximadamente (cuarenta) según Zambrano, J.J. (1986), por tanto se define mayoritariamente con geofísica. Se pueden apreciar profundidades máximas cercanas a 500m dentro del acuífero libre y de hasta 1000-1200m en dos sectores que se ubican en acuífero confinado al noroeste de falla Tulum, mientras que al sur de esta, los sectores que alcanzan estas profundidades son puntuales promediando en general los 400m. Es importante saber que en el

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

sector sur las capas salinizadas en superficie provocan efecto “pantalla conductiva” por lo que la precisión en la toma de datos eléctricos de subsuelo decae y por tanto las profundidades de basamento conductivo podrían variar.

	ESPEORES Tulum Superior (m)						ESPEORES Tulum Inferior (m)	
	ACUIFERO (I)		ACUIFERO (III)		ACUIFERO (V)		ACUIFERO (V?)	
	E mínimo	E máximo	E mínimo	E máximo	E mínimo	E máximo	E mínimo	E máximo
	125	235	0	30	90	330	115	135
	0	440	0	75	60	310	20	115
	16	340	25	95	160	345	60	135
	0	420	45	240	150	400	10	210
	0	300	25	115	190	360	20	250
	0	110	70	170	70	170	0	480
							5	410
							0	400
MIN/MAX (m)	0	440	0	240	60	400	0	480
MIN/MAX PROMEDIO(m)	24	308	28	121	120	319	29	267
PROMEDIO(m)	166		74		220		148	

Tabla 4-6: Valle de Tulum. Espesores estimados/Rocca, 1969.



P E R F I L	Acuífero Único (I)			Acuífero Superior (III)			Acuífero Inferior (V)			Acuífero Superior (II)			Acuífero Inferior (IV)			P E R F I L	ACUIFERO (V?)			ACUIFERO (II?)		
	Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.	Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.	Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.	Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.	Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.		Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.	Profundidad en m.	Espesor en m.	Resistividad en ohm.m.
Q - Q'	0 - 45	125 235	8 - 100	45-80	0 - 30	5	80 180	90 330	30 50	0 - 80	6,5	65 - 95	0 - 95	4	Q - Q'	0 - 45	115-135	6 - 8,5	0 - 45	1 - 1,8		
A - A'	35-70	0 - 440	100 120	30-85	0 - 75	30 100	130 410	60 310	30 100	0 - 85	4 - 40	70 130	0 - 320	5 - 10	A - A'	20 - 150	20-115	50	20-150	0,7 - 5		
B - B''		16 340	95 3000	0-140	25-95	250	80 345	160 345	500	0-140	10-100	60 190	0-160	15-50	B - B''	20 - 115	60-135	150	20-115	3 - 12,5		
C - C''		0 - 420	100 2000	0-125	45 240	500	240 310	150 400	500	0 - 125	12-50	160 240	0-145	20-75	C - C''	25 - 120	10-210	100	0-120	4 - 21		
D - D''	0 - 90	0 - 300	100 250	75 115	25 115	200	135 265	190 360	300 500	0 - 115	4-200	130 200	0-100	15	D - D''	15 - 135	20-250	60 - 100	0-135	3,4-14		
E - E''	0 - 20	0 - 110	550	65-85 includo V)	70 170? includo V)	60 150	65-85 includo III)	70 170? includo III)	60 150	0 - 80	5- 25	? ?	? ?	? ?	E - E''	50 - 195	0-480	100	50-195	5,5-12		
F - F''															F - F''	20 - 200	5-410	60 - 80	20-200	3,4-13		
G - G''															G - G''	130 - 215	0-400?	10 - 80	45-180?	8 - 20		

Tabla 4-7: Valle de Tulum. Espesores de acuíferos estimados por ROCCA, 1969.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Según ROCCA, 1969 (**Tabla 6 y 7**), los espesores del acuífero libre(I) varían de 0 a 440m, confinado superior (III) de 0 a 240m y el confinado inferior (V) de 60 a 400m. Mientras que al sur de la falla de Tulum, en el Tulum Inferior (III?) varia de 0 a 480m. En el bosquejo de abajo se esquematiza el sistema de acuíferos Tulum.

Según Juvenal J. ZAMBRANO 1 y Graciela M. SUVIREs, 2008; Los mayores espesores de depósitos cuaternarios se registran en el pozo Ramblón-1(RA-1), 975 m, en Media Agua-1(MA-1), 1022 m y Punta del Agua-1(PA-1), 1150 m (**Figura 4-6**). En sondeos eléctricos realizados en la parte profunda de la cuenca se interpretaron valores hasta de 1000 m (Rocca 1970, Zambrano 1986a).

En la **Figura 4-8**: Valle de Tulum. Ubicación Subcuencas. Sistema de Fallas de Tulum. Unidades Hidrogeológicas. Flechas Negras; direcciones de flujo dominante., se muestran las trazas de los **cortes hidrogeológicos 1, 2 y 3** realizados sobre el valle de Tulum. El corte 1 (**Figura 15**) es un corte O-E que ilustra la variación de litologías y espesores en esa dirección, desde el ápice del abanico del río San Juan hasta la ladera oeste de la sierra de Pie de Palo, allí se puede ver fácilmente la transición de acuífero libre a confinado dentro del Tulum Superior.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

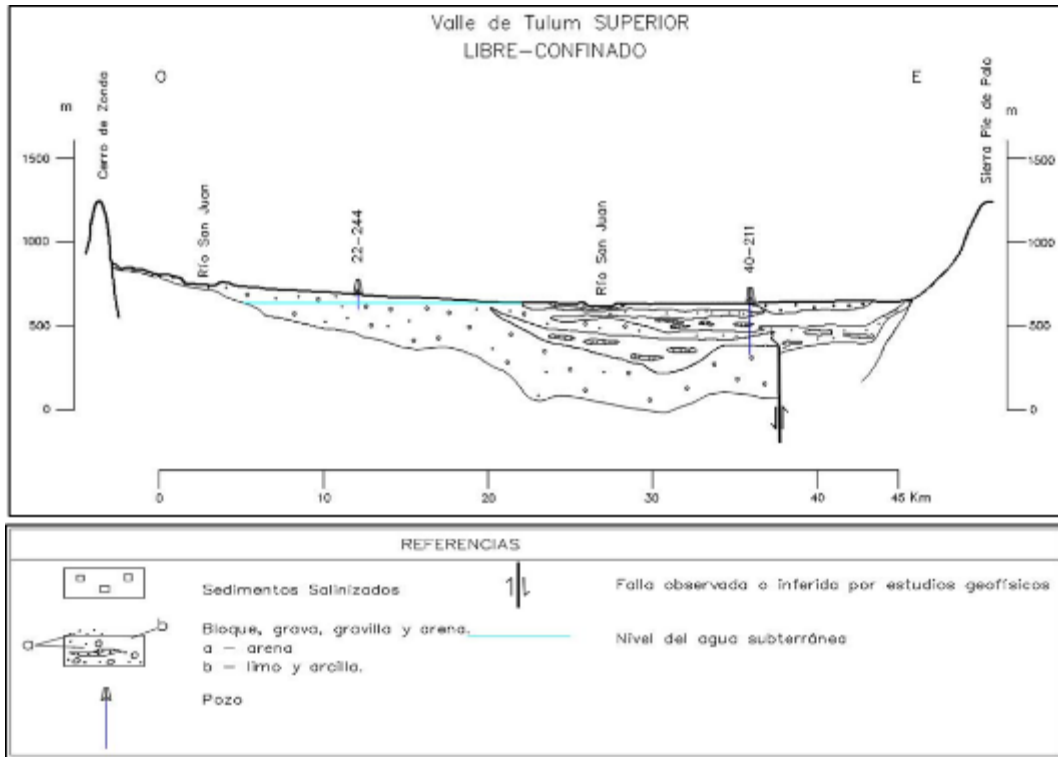


Figura 4-12a : Valle de Tulum - Corte 1.

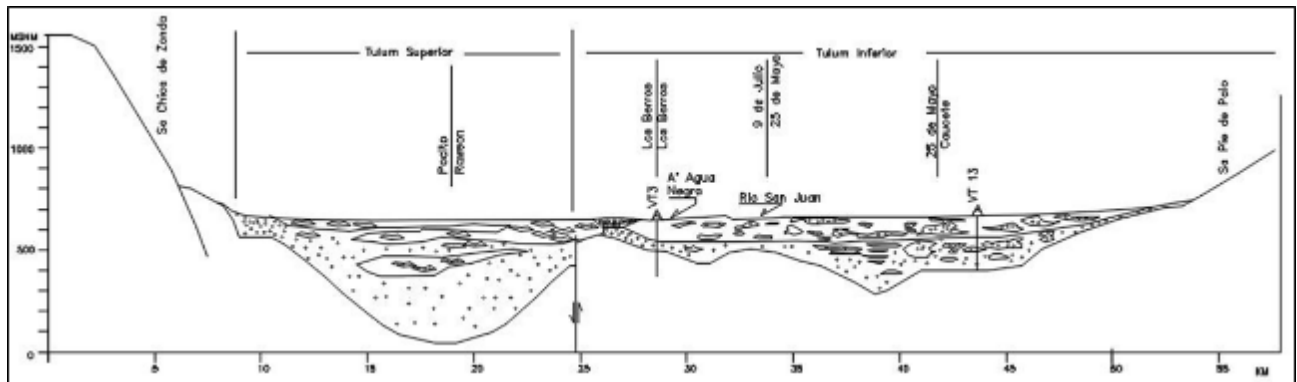


Figura 4-13b : Valle de Tulum - Corte 2. Referencias litológicas en Figura 4-15

El corte 2 (**Figura 16**) atraviesa al valle de E a O en el sector de acuíferos confinados exclusivamente, mostrando la transición entre Tulum Superior e Inferior, donde el primero se encuentran dos niveles y en el segundo un solo nivel confinado.

El corte 3 (**Figura 17**), atraviesa de Oeste a Este el valle al sur de la falla Tulum comenzando por la subcuenca Valdivia Ramblón (o bien Los Berros), y quedando el resto del corte ubicado en el Tulum Inferior. De esta manera se puede ver la desconexión hidráulica existente entre subcuenca

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

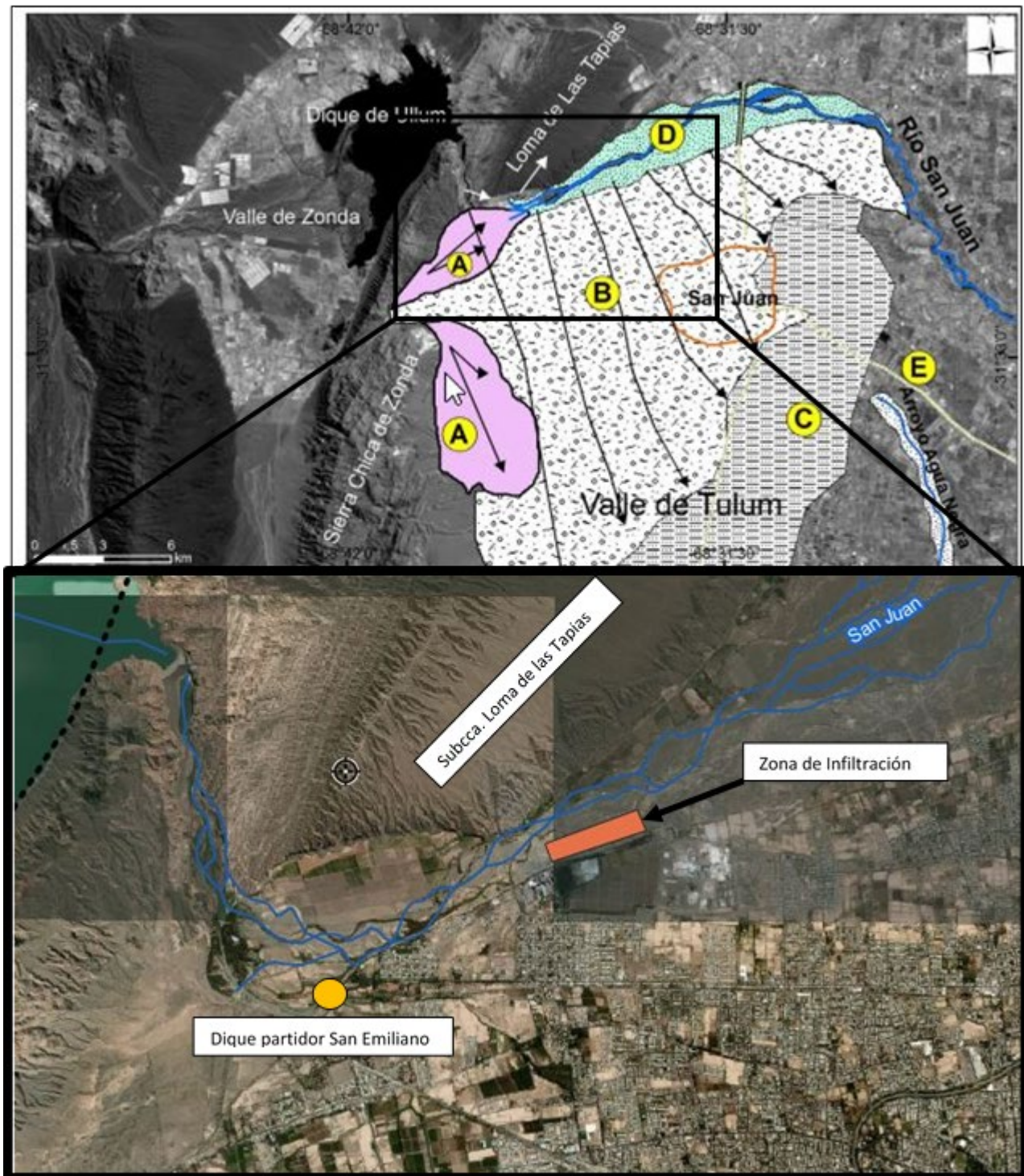


Figura 4-15: Valle del Tulum. Zona de pruebas de infiltración

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

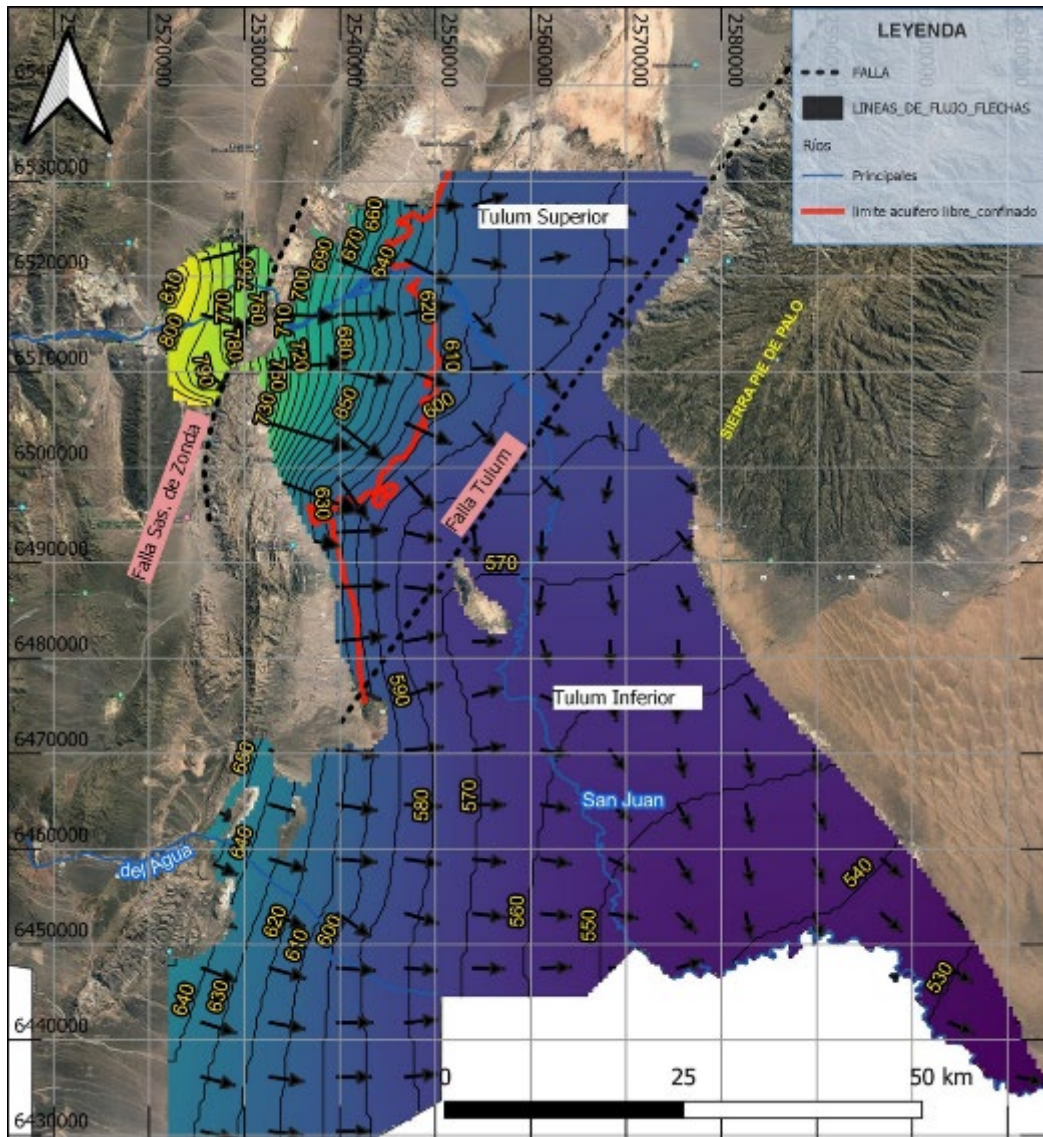


Figura 4-16 : Valle de Tulum - Isopiezas 2022

La **zona de descarga natural** de los acuíferos está representada por las áreas de evapotranspiración y de freática elevada que circundan parte sureste del cono aluvial, de la cual nacen dos cauces naturales; los arroyos Los Taponés y Agua Negra.

FLUJO SUBTERRÁNEO

El **movimiento general del agua subterránea (Figura 19)** es aproximadamente radial en el área del abanico aluvial del río San Juan. Aguas abajo, la dirección de flujo predominante es al sureste.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Desde la Sierra Chica de Zonda se pone en evidencia un movimiento del agua subterránea hacia el este indicando un aporte proveniente de dicho ambiente montañoso.

En cuanto a velocidad del movimiento de agua subterránea, considerando edades C-14 determinadas por el INGEIS para muestras de distintas profundidades y punto único a recarga al vértice del abanico del Río San Juan, los autores consideraron, de 2 a 8m/año para la planicie y hasta 25m³/año para el área de recarga integrada por material aluvial grueso. Otro estudio realizado por Vogel et al (1972) determinó una velocidad de 3 a 10m/año.

PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

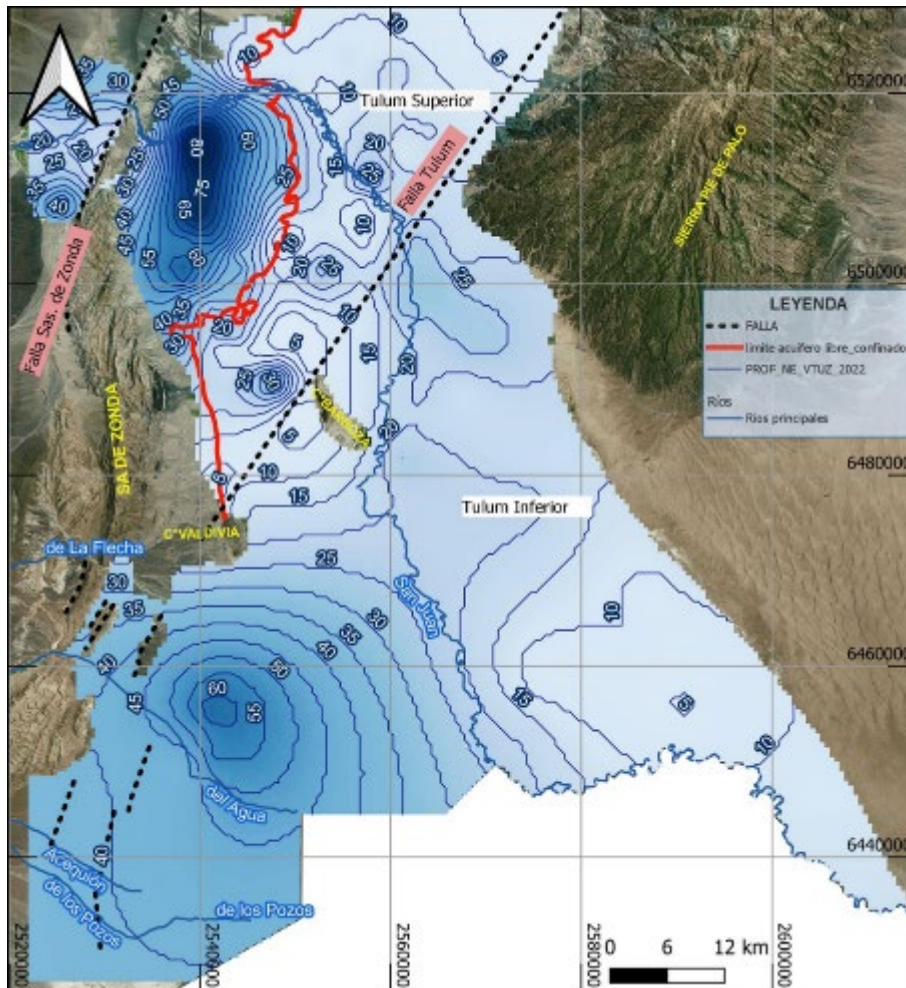


Figura 4-17: Valle de Tulum - Isopropiedades 2022

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En cuanto a la **profundidad del agua subterránea (Figura 20)**, se destaca una zona de niveles profundos ubicada en el sector noroeste del valle en la parte proximal del cono aluvial del río San Juan (área de acuífero libre) con valores del orden de los 90 m. A partir de allí disminuye hasta alcanzar 10 m en las proximidades del límite con el acuífero confinado.

Cabe destacar en la zona de acuífero confinado, la existencia de un **área de surgencia** ubicada al norte del Cerro Barboza, recuadrada en la **Figura 20**, cuya magnitud es variable, dependiendo de la abundancia hídrica del año que se considere. En la actualidad, exceptuando un dato puntual de 35m de profundidad de NE que desplaza las curvas, la zona se encuentra rodeada por la curva de isoprofundidad de 5m.

En el resto del valle la profundidad del agua subterránea está comprendida entre 3 m y 25 m; en el sector norte, pueden encontrarse niveles a profundidades de 2.5 m y menores en sectores del departamento de San Martín y de Angaco.

EXPLORACION DEL RECURSO

Al momento de redacción del presente informe no se cuenta con información precisa del caudal bombeado totalizado anual de las perforaciones oficiales, tanto del departamento de Hidráulica como de OSSE, ni tampoco de las perforaciones privadas. De todas maneras se elaboró una tabla resumen (**Tabla 9**) con los 166 pozos que dispone la Dirección de Hidráulica(DH) que estarían en condiciones de aportar un caudal máximo de 16.57 m³/seg. para reforzar las redes de riego.

En cuanto a perforaciones privadas, el Departamento de Hidráulica cuenta con el registro de 3300 perforaciones, no habiendo un censo actualizado para conocer su estado actual. Salvando esto, se estiman generalmente una cantidad de 5000- 8.000 perforaciones privadas con un caudal medio de entre 100 y 200 m³/h, que se emplean mayormente para el riego de cultivos.

Según datos brindados por la empresa distribuidora de agua potable (OSSE) se cuentan con un total de 104 perforaciones de refuerzo para complementar la dotación que entregan las cuencas hidrográficas principales. El caudal estimado por esta empresa es de 110 m³/h para las pertenecientes al Gran San Juan y se estiman en este informe el mismo caudal para las del Interior de San Juan.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA	BATERIAS POZOS	ESTADO ACTUAL	SUBTOTALES	CAUDAL (m3/h)	Q TOTAL (m3/s)	SUBTOTAL(m3/s)				
VALLE DE TULUM	DH RAWSON	65	138	350	6.32	13.76				
	DH SARMIENTO	5		350	0.49					
	DH CAPITAL- SANTA LUCIA	13		322	1.16					
	DH POCITO	16		450	2.00					
	DH ALBARDON	5		350	0.49					
	DH ANGACO	4		350	0.39					
	DH SAN MARTIN	26		350	2.53					
	DH CAUCETE	2		350	0.19					
	DH 25 DE MAYO	2		350	0.19					
	OSSE GRAN SAN JUAN	71		104	118		3.18	3.18		
OSSE INTERIOR SJ	33									
VALLE DE ZONDA	DH ZONDA	13	13	402	1.45	1.45				
JACHAL-NIQUIVIL	DH JACHAL	5	7	350	0.49	0.68				
	DH NIQUIVIL	2		350	0.19					
HUACO	DH HUACO	1	1	350	0.10	0.10				
IGLESIA	DH RODEO	4	7	350	0.39	0.58				
	DH BELLA VISTA	3		233	0.19					
TODO SAN JUAN	PERFORACIONES PRIVADAS	8000	8000	150	333.33	333.33				
		TOTAL	8270			353				
		REFERENCIAS	<table border="1"> <tr> <td>ESTIMADO</td> </tr> <tr> <td>REPORTADO</td> </tr> <tr> <td>FUNCIONANDO</td> </tr> <tr> <td>ACTIVAS/INACTIVAS/NO INFORMA/JAPONER EN FUNCIONAMIENTO</td> </tr> </table>				ESTIMADO	REPORTADO	FUNCIONANDO	ACTIVAS/INACTIVAS/NO INFORMA/JAPONER EN FUNCIONAMIENTO
ESTIMADO										
REPORTADO										
FUNCIONANDO										
ACTIVAS/INACTIVAS/NO INFORMA/JAPONER EN FUNCIONAMIENTO										

Tabla 4-9 : Provincia de San Juan. Perforaciones DH, OSSE, PRIVADAS. Estimación 2023.

En el **Gráfico 1** se muestran las variaciones anuales en el consumo de potencia de aquellas perforaciones registradas en el Ente Provincial Regulador de Energía de la provincia (EPRE) durante el 2021-2022. Los picos se generan en el trimestre Diciembre-Enero-Febrero (12000-13000kwh) y los mínimos (3500-4000kwh) en meses invernales de Junio a Agosto, siendo el periodo Septiembre-Noviembre el de transición entre los picos y valles anteriores.

En el **Gráfico 2** se muestran la variación mensual de las potencias de las perforaciones en tres barrios del gran San Juan, mostrando los mínimos en el periodo Abril-Septiembre (13134kwh a 13390kwh) y los máximos de Octubre a Marzo (14258kwh a 15711kwh), mostrando mucha menos variabilidad que el gráfico 1.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

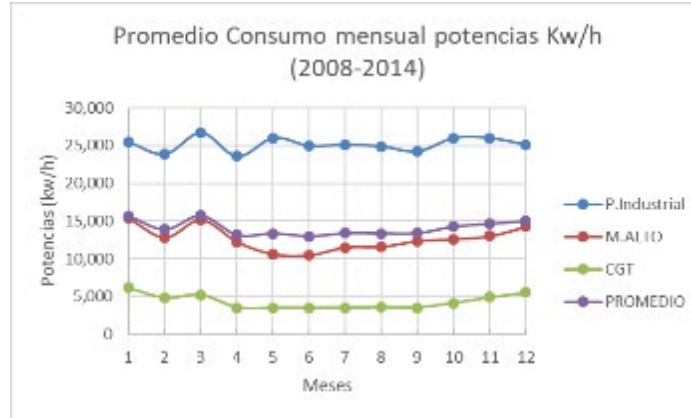


Figura 4-20 : Valle de Tulum. Consumo potencia distribución de agua potable en el Valle Tulum

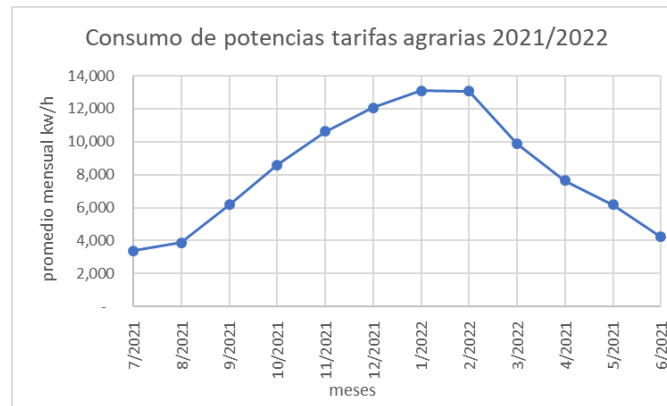


Figura 4-21 : Valle de Tulum. Variación anual del consumo de potencia en kw/h tarifa agraria

Las profundidades promedio de explotación en acuífero libre se encuentra entre los 30 y 130 m y en la zona de confinamiento se explotan niveles acuíferos situados entre 60 m y 300 m de profundidad. Cabe señalar que existen perforaciones oficiales profundas que muestran la presencia de acuíferos de excelentes condiciones por debajo de los 300 m de profundidad logrando caudales de hasta 550 m³/h.

La **Tabla 9** arroja un total de 353m³/seg máximo, un 94% correspondería a perforaciones privadas mayormente para riego, un 1% correspondería a agua potable y el restante 5% a perforaciones oficiales para riego. A estos números habría que ajustarlos con las variaciones de almacenamiento para el Gran San Juan y establecer un parámetro más acertado ya que existe mucha desinformación, sobre todo en lo que respecta a riego.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

HIDROQUÍMICA

La evaluación hidroquímica más reciente del agua subterránea en valle de Tulum fue llevada adelante por el INA en el 2022, según IT-413. La cantidad de pozos muestreados fueron 292, 100 en acuífero libre y 192 en el confinado, de las cuales se midieron parámetros hidroquímicos en 88 de los primeros y 155 en los segundos. Sumado a esto se tomaron 50 niveles estáticos en zona de recarga o libre y otras 111 para niveles confinados. En la **Tabla 10** se pueden ver las estadísticas de algunos parámetros físico-químicos del agua subterránea del Valle de Tulum.

En cuanto a conductividad eléctrica, en la zona de acuífero libre, varía entre 1000 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puntualmente 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En los acuíferos confinados de la parte central de la cuenca, las salinidades están comprendidas entre 1.000-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En las zonas periféricas se registran los valores más elevados, superando los 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alcanzando un máximo de 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el departamento Cauce. En el **Gráfico 3** se muestran las distribuciones de frecuencia para los valores resultantes del muestreo 2022 por el INA.

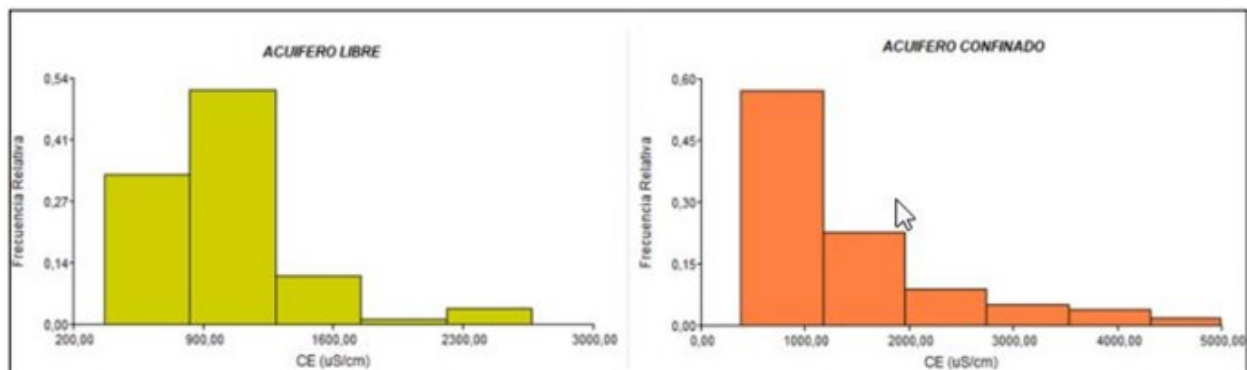


Figura 4-22 : Valle de Tulum. Distribuciones de frecuencia para CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$ acuífero libre y confinado valle de Tulum. Tomado de IT-413 INA. Muestreo 2022.

Es importante destacar el deterioro en la calidad del agua subterránea, ya que, al no existir recarga natural, los ingresos al mismo son sobrantes de riego, salinizados por evaporación más utilización de aditivos para cultivo. Esto se puede ver en la **Figura 21**, donde en puntos sobre el valle del río san juan se observan valores por encima de lo esperado, entendiéndose que el río San Juan tiene entre 500 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los pozos muestreados en zona de acuífero libre poseen un mínimo promedio de 900 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A modo de resumen se muestran las características fisicoquímicas de algunos parámetros fisicoquímicos del acuífero Tulum;

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

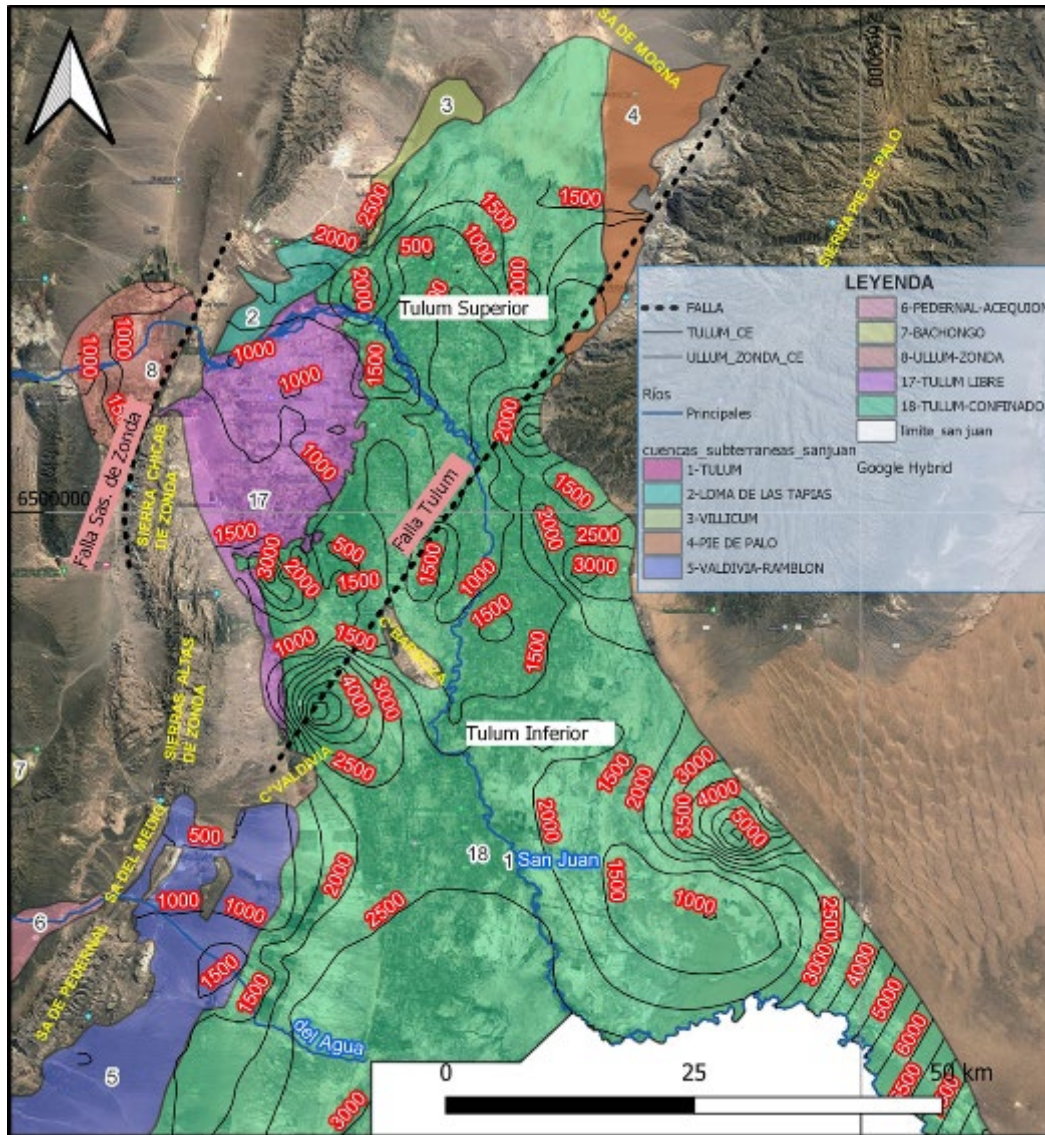


Figura 4-23 : Valle del Tulum - Curvas Isoconductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Año 2022.

Variable	n	M	D.E.	Min	Máx	Me
PROFUNDIDAD TOTAL	62	172	91	65	520	149
pH	155	7,79	0,31	6,80	8,70	7,80
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	155	1356	1022	381	5110	1102
FLUOR	104	0,6	0,39	0,01	2,07	0,54
BORO	149	0,96	1,00	0,10	6,51	0,64
ALCALINIDAD TOTAL	154	131,9	80,82	22,47	378,82	101,79
DUREZA TOTAL	155	455,72	486,35	19,28	2719,4	274,17
NITRATO	155	8,07	12,98	0,13	88,10	3,81

Tabla 4-10 : Valle de Tulum. Estadísticas de algunos parámetros-físico químicos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ACUIFERO	CLASIFICACION DE AGUA (Nº DE PERFORACIONES)						
	CALCICA SULFATADA	SODICA SULFATADA	SODICO CALCICA SULFATADA	CALCICA SODICA SULFATADA	CALCICA BICARBONATA SULFATADA	CALCICA BICARBONATA	SODICA CLORURADA SULFATADA
LIBRE	18	8	4	2	7	2	
CONFINADO	33	58	15	11	4		2

Tabla 4-11 : Valle de Tulum. Tipologías hidroquímicas del agua subterráneas

La **Tabla 11** muestra que en el acuífero libre, casi la mitad de las perforaciones analizadas arrojaron agua de tipo cálcica sulfatada, ratificando su origen del río San Juan, pero históricamente, el agua de la zona de recarga ha sido del tipo cálcica bicarbonatada sulfatada, en el presente muestreo 2021 solo 8 muestras experimentaron esa característica. Así, la diferencia que se observa, podría deberse a la recarga nula que experimenta el acuífero, no obstante determinar este cambio en el tipo de agua ameritan mayor profundidad.

Según IT 413 del INA, en lo que a Nitratos respecta, en la **Tabla 12** para la zona libre un 47% de las perforaciones mostraron contaminación por Nitratos y en el confinado un 4%, denotándose la protección de estos últimos ante la actividad antrópica, ese 4% de la zona confinada están cercanos al límite del acuífero libre por lo que la capa confinante no tiene suficiente potencia para impedir el ingreso de este compuesto al acuífero.

CONCENTRACIÓN DE NO ₃ ⁻	ACUIFERO LIBRE	ACUIFERO CONFINADO
< 10 mg/l	17%	77%
Entre 10 y 45 mg/l	36%	19%
> 45 mg/l	47%	4%

Tabla 4-12: Valle de Tulum. Concentración de NO₃ por tipo de acuífero

Al analizar los valores de la **Tabla 12**, se observa que el 17% son perforaciones con menos de 10 mg/l de nitrato, 36% entre 10 y 45 mg/l y 47 % mayor a 45 mg/l. Queda en evidencia los crecientes

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

porcentajes de contaminación nítrica en este acuífero. La **Figura 22** muestra las localidades más comprometidas por los altos tenores de nitrato. Los departamentos más comprometidos en el área del Valle de Tulum son Rivadavia con (171mg/l) en su porción oriental, y norte y sureste de Rawson (137-185mg/l) y Norte de Pocito(123mg/l). Cabe destacar que en los sectores mencionados las perforaciones analizadas entran en la curva de los 90 mg/l, es decir duplican los valores máximos permitidos, incluso existen 8 perforaciones dentro de esta zona que superan los 90 mg/l. La zona de Albardón y Chimbas poseen las curvas de 45 y 90 en los sectores más densamente poblados, el resto de la superficie de los mencionados departamentos tienen características conservadas en cuanto al nitrato.

Los pozos de las curvas de cercanas a 100 mg/l tienen los filtros 77-97mbbp, aquellos cercanos a la curva de 90 mg/l entre los 137-152mbbp y aquellos cercanos a las curvas de 70mg/l entre 33-57mbbp. Para la zona de acuífero libre no hay mucha información de profundidad de muestreo en la campaña INA 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

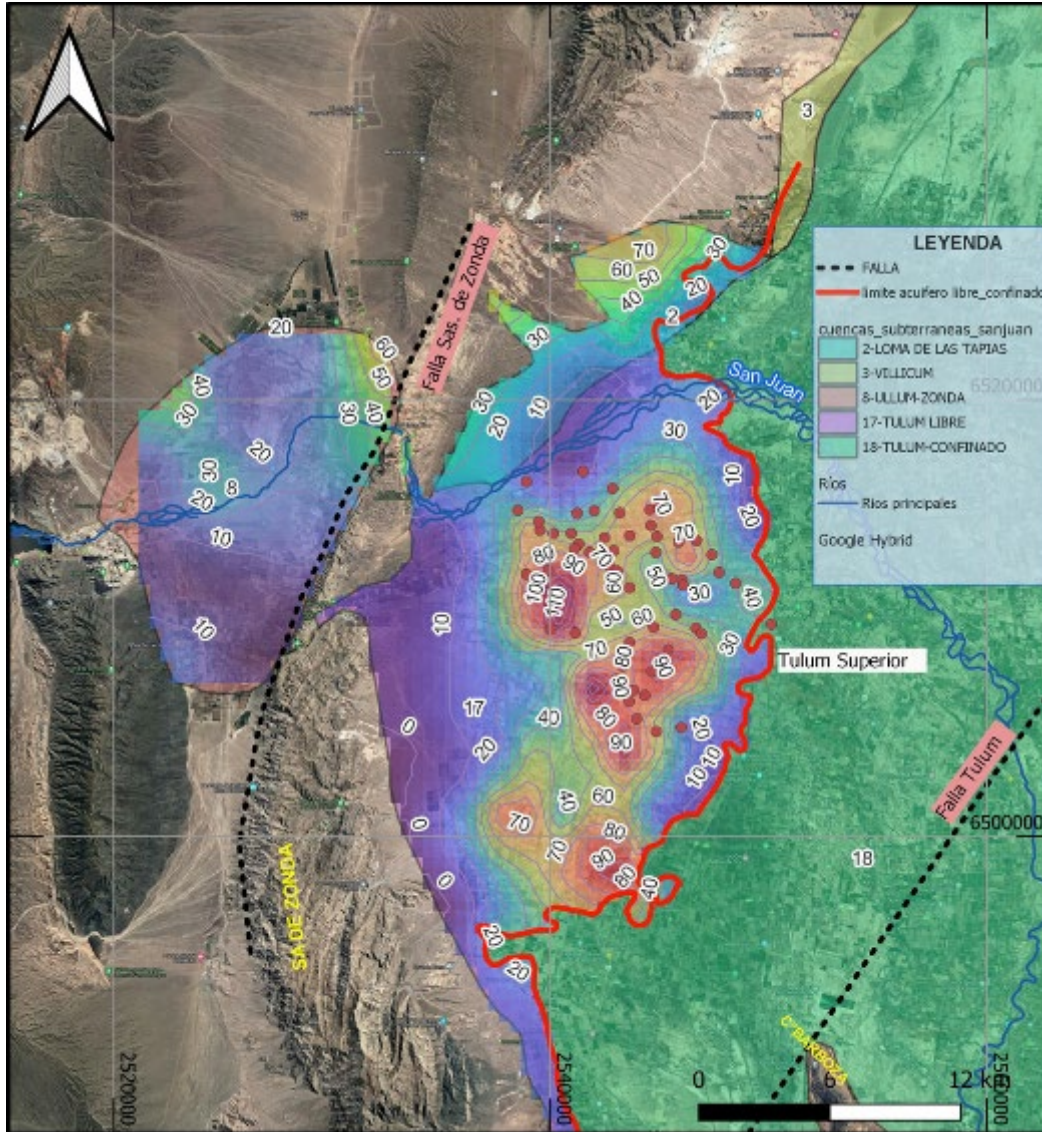


Figura 4-24 : Valle de Tulum – Acuífero Libre – Pozos agua potable. Curvas Isotonas de Nitratos (mg/l). Año 2022.

En la **Tabla 13** se sintetizan los valores de RAS para las zonas hidroquímicas encontradas para el Valle de Tulum. En la **Figura 23** se muestran las ubicaciones de estas zonas hidrogeológicas (ZH), la de mejor calidad históricamente es la zona D. En la ZHA, la mineralización del agua se corresponde con cercanías terrenos terciarios y/o recepción de agua subterránea de acuíferos terciarios, se la califica como **regular a mala** para riego. La ZHB se halla sobre la ciudad del gran San Juan, en zona de recarga por excelencia, se la califica como **regular** para Riego. La ZHC, ubicada sobre cono aluvial del RSJ se la caracteriza como **regular a mala**, algunas muestras presentaron valores de 6.5mg/l de Boro. La ZHD se la caracteriza como **buena para riego**. Esta

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

zona se corresponde al acuífero confinado inferior, ya que el superior se encuentra muy influenciado antrópicamente. La ZHE no posee características homogéneas y la información de las 5 perforaciones muestreadas no marcan alguna tendencia clara. La ZHF es una de las más sulfatadas de la cuenca y las características químicas del agua subterránea estarían dadas por la evolución natural de las aguas subterráneas naturalmente (Secuencia de Chebotarev) y por los aportes superficiales de la Sierra Pie de Palo. Se califican en las zonas en contacto con el acuífero Tulum superior como **buenas para riego, el resto regular**. Al respecto a la ZHG-G no se hará referencia a la misma, ya que no se tomaron muestras debido a la imposibilidad de acceso a las perforaciones existentes en esta zona.

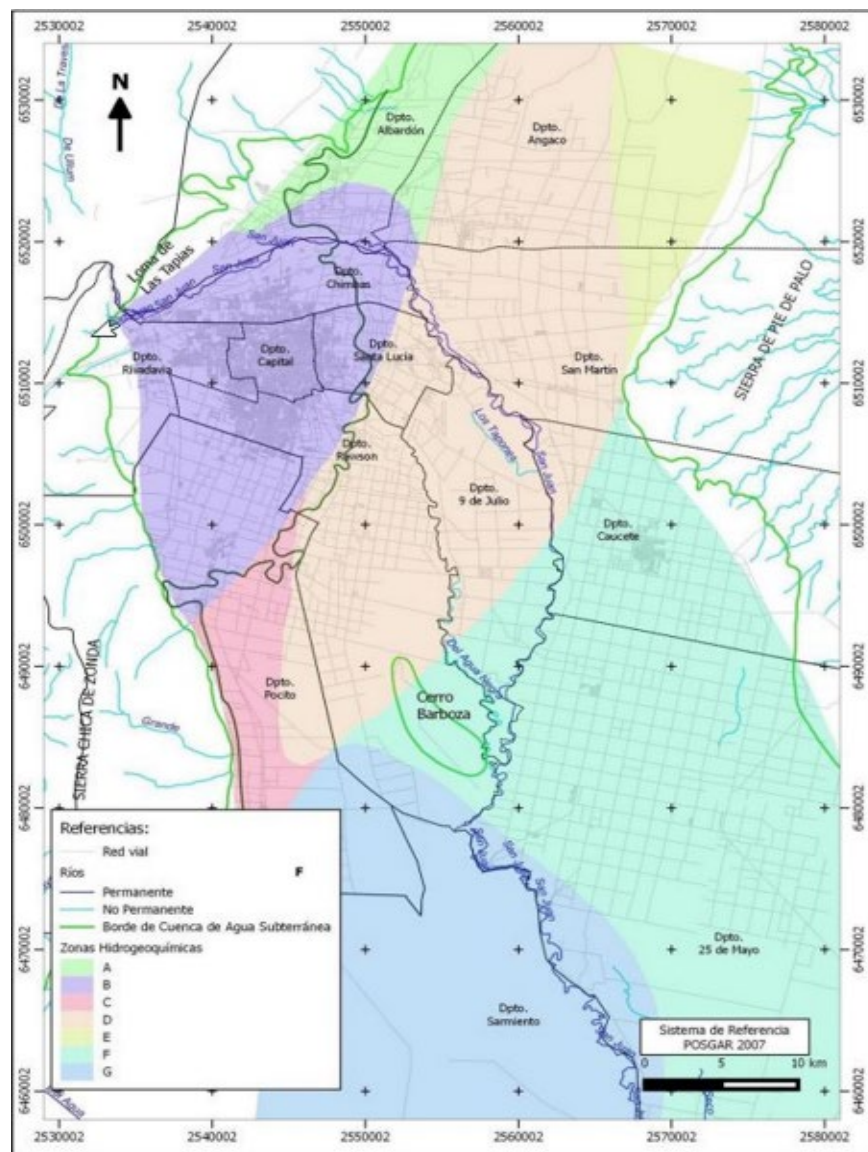


Figura 4-25: Valle de Tulum - Zonas hidroquímicas. Año 2022

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

VARIACION DE ALMACENAMIENTO

Según IT-413 (INA) los últimos datos obtenidos en los muestreos de niveles de agua corresponden a los periodos de Septiembre a Noviembre 2021 y Mayo a Septiembre 2022, periodos de consumo medio-alto y bajo a medio, respectivamente. El acuífero libre se registraron descensos máximos de -5.94 m y un promedio de -2.53 m. Para el confinado en su sector centro y norte se registraron un máximo de 8.55 m y un promedio de 1.89 m. En igual sentido, y para un área mayor considerada por la diferencia general de isopiezas 2022 – 2021 (**Figura 24**), se estima un promedio de variación negativa del nivel de agua subterránea de – 3 m para el acuífero libre; mientras que para el área de acuífero semiconfinado se estima un promedio de **variación positiva** del nivel de agua subterránea de Según informe INA IT-404, la profundidad de explotación representativa para la zona de acuífero libre es de 130m mientras que para el confinado lo es el tramo cuya base está a los 350m y el techo a los 50m.

Los coeficientes de almacenamiento son 0.15 para el libre y 0.0183 para el confinado. Los rendimientos calculados fueron de 49Hm³/m para el libre y 38Hm³/m para el confinado. En el período de 2 años comprendido entre el Año 2019 y el Año 2021; se ha estimado variaciones de almacenamiento negativas para los sectores libre y semiconfinado del acuífero, correspondiente a -138 Hm³ y -213 Hm³, respectivamente

En particular, en el sector de acuífero libre se estimó un descenso promedio de -3 m. Por su parte, para el sector de acuífero semiconfinado se estimó un descenso promedio de -6 m.

En la **Tabla 14**, donde se agrupan las variaciones de almacenamiento históricas, sector del acuífero libre tal reserva explotable resulta aún menor que la correspondiente al Año 1972, y en el sector del acuífero semiconfinado dicha reserva también resulta inferior a las correspondientes a los Años 1972 y 2015.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ZONAS	PELIGRO SODIFICACION	PELIGRO SALINIZACION
A- (ZHA) Zona Norte:	BAJO-MEDIO	ALTO-MUY ALTO
B-(ZHB) Zona Centro	BAJO	ALTO
C- (ZHC) Zona Sur:	BAJO-MEDIO	ALTO-MUY ALTO
D- (ZHD)	BAJO	MEDIO-ALTO
E-(ZHE)Zona Noreste	BAJO-MUY ALTO	MEDIO-MUY ALTO
F -(ZHF)	BAJO-MEDIO	MEDIO-MUY ALTO
G (ZHG)	SD	SD

Tabla 4-13: Valle de Tulum. RAS y SALINILIZACION para zonas hidroquímicas

Por tanto, tomando el rendimiento promedio (49.6 Libre – 37.3 Confinado) y los descensos medidos entre 2021 y 2022, podemos inferir que las reservas hoy en día serían del orden de 401 Hm³ para el acuífero libre y unos 1177Hm³ parciales y 6488Hm³ totales para el confinado, sumando todas las reservas explotables un total de 6889Hm³. Estos cálculos están sujetos a revisión más detallada, y más aún teniendo en cuenta que los niveles 2021 vs 2022 fueron tomados en contextos de bombeo muy distintos, el primero en medio-alto bombeo y el segundo en medio a bajo, además sumado a un derrame de del RSJ de 100Hm³ menos que el ciclo anterior, por tanto, los niveles deberían haber descendido en ambos tipos de acuífero y no solo en el libre, al menos.

año	RESERVAS EXPLOTABLES					RSJ HM3/A	VAR ALM (HM3)		VAR NE (m)		REND (HM3/A/M)	
	Libre	Confinado	libre	total confinado	gran total		var alm libre	var alm confinado	LIBRE	CONFINADO	libre	CONF
1967	1497	1708	5310.9	7018	8515	1475						
1972	659	1427		6737	7397	792	-837.35	-280.99	-17	-7	49.3	40.1
1988	1838	1704		7015	8853	4685	1178.47	277.17	24	7	49.1	39.6
1997	1125	1597		6908	8033	841	-713.19	-106.62	-14	-3	50.9	35.5
2000	1299	1685		6996	8295	1305	174.5	88.24	3	2	58.2	44.1
2015	834	1372		6683	7517	720	-465.69	-313.21	-9	-8	51.7	39.2
2017	969	1522		6833	7802	2209	135.01	150.03	3	4	45.0	37.5
2019	688	1495		6806	7494	1052	-280.37	-26.88	-6	-1	46.7	26.9
2021	550	1282		6593	7143	632	-138.06	-213.47	-3	-6	46.0	35.6
2022	401	1386		6697	7098	536	-148.860978	104.4799792	-3	2.8	49.6	37.3

Tabla 4-14 : Valle de Tulum. Variaciones de almacenamiento 1967-2022. En rojo estimación de este informe 2023.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

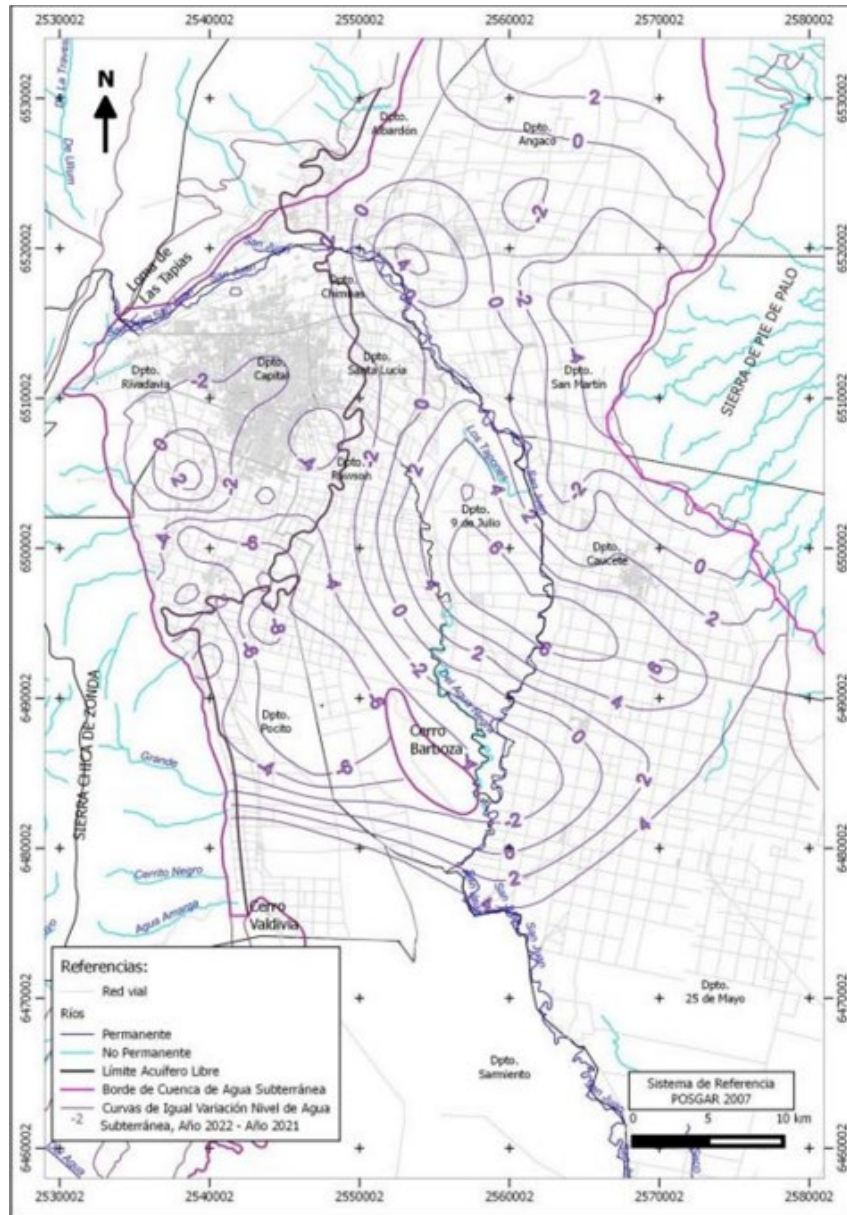


Figura 4-26: Valle de Tulum - Isovariaciones de NE. 2021-2022

VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO TULUM

Wetten, C. (1997) analizó la ubicación de instalaciones con producción de efluentes contaminantes de distinto tipo frente a la vulnerabilidad de los acuíferos y dedujo que tales instalaciones se realizaron sobre los acuíferos libres del abanico aluvial más vulnerables a la contaminación proveniente de la superficie, siguiendo a Vierhuff, H. (1981). En la **Figura 25** se sintetizan a grandes rasgos las grandes zonas con diferentes grados de vulnerabilidad creado en 1977 por el

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

INA-CRASS y las propuestas de ubicaciones preferenciales de zonas industriales. La clasificación de las zonas se basa en la correspondiente a Vierhuff H. (1988), donde según el espesor y litología de la zona no saturada se asignan las siguientes clases: **1 – MUY ALTA, 2-ALTA, 3 – MEDIA-BAJA, 4-BAJA-MUY BAJA, 5-MUY BAJA**. Quedando por tanto la zona límite acuífero libre-confinado como la zona de mayor vulnerabilidad (clases 1 y 2) y el resto variando entre las clases 3 y 5.

Wetten, C. (1997) concluye que el sector medio a distal del abanico aluvial del río San Juan, posee vulnerabilidad media-baja, es el área del abanico que posee menor vulnerabilidad a la contaminación, está incluida fuera del área de acuífero libre delimitada por Rodríguez, J. (1978) y posee relativamente potentes acuícludos que pueden retardar o amortiguar la contaminación proveniente desde la superficie.

Por otro lado la denominada formación Mogna, ya descripta, está explotada en el oeste de la zona de estudio por cuatro pozos (08/67-85-306 y 02/01) según Ruzycki et al (2002), se extendería debajo del abanico y sería una alternativa de explotación de acuíferos de la mínima vulnerabilidad posible dado que posee intercalaciones arcillosas.

NITRATOS

Como antecedentes, Ferrés, C.J. (1985) indicó contaminación orgánica, a profundidades entre 59 y 76 m, proveniente de la infiltración de agua residual domiciliaria e industrial en la capital provincial y hacia el este y sur de ella merced a la detección de concentraciones de hasta 62 mg/l de nitrato para un pozo con nivel freático a 48,5 m de profundidad en julio de 1984 (fig.4). Wetten, C. (1997) alertó sobre la extremadamente alta vulnerabilidad a la contaminación que posee el área apical y media del abanico aluvial y detecta una elevada contaminación por nitratos en el año 1996 en el ápice del abanico, en el Departamento Rivadavia. En un pozo al oeste de la capital (coord. 6511340 – 2538900 y profundidad mayor de 100 m), Siri, J. (CRAS, com. personal, 2002) detectó 34 mg/l de nitratos en 1991, luego Wetten, C. (1997) en 1996 detectó 54 mg/l y nuevamente Siri en 1997 midió 61 mg/l. **Hoy en el 2022, según los últimos datos obtenidos para la zona, el pozo arriba mencionado está ubicado en la curva de 90mg/l, es decir en 31 años se registró un 640% de incremento en tenores de Nitratos.**

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Si los efluentes contaminantes contienen elementos metálicos u otros de carácter tóxico, grandes sectores del acuífero libre estarían contaminados y la población estaría bajo riesgo. No se tuvo acceso a análisis químicos referidos a tales elementos tóxicos por ser escasos o, quizá, inexistentes. Según Wetten, C. (1997), el aumento del volumen de recarga anual influencia de igual forma la variación de la concentración de nitratos que se detecta en los pozos del acuífero libre y se correlaciona con el aumento del 433% en la superficie de alta vulnerabilidad de 1320 ha en julio de 1982 (año seco) a 5720 ha en febrero de 1984 (año húmedo), por ascenso del nivel de agua que aumenta la superficie mojada.

Según C. Ferrés * y C. Wetten, CRAS 2002, Sobre el estudio “Análisis de parámetros indicadores de contaminación en el área de acuífero libre - Valle de Tulum – provincia de San Juan” los autores citados comentan; “El estudio del CRAS incorporó los elementos químicos mayoritarios y se explayó sobre el contenido de nitrato de muestras de agua obtenidas durante el periodo 1970-1984. En general se determinó un incremento del tenor de nitrato en el tiempo y conforme disminuye la profundidad de explotación, debido a importantes descensos del nivel piezométrico que se traducen en una disminución de la distancia Nivel Freático-Nivel de Explotación. Valores de nitrato mayores a 100 mg/l fueron detectados a menos de 30 m de profundidad al este del Gran San Juan, entre 30 y 60 m bajo el centro de la ciudad, entre 60 y 100 m al noroeste y sureste de dicho sitio y también por debajo de los 100 m en el último lugar. Dichos tenores corresponden al año 1984, conociéndose que en 1996, ante un ascenso de niveles freáticos, las concentraciones disminuyeron en general”.

Si bien la distribuidora toma conocimiento de esto y toma planes de acción dando de baja a perforaciones y/o profundizándolas para quedar por debajo de la franja de altos tenores, no existe aún ya concretado un **plan de acción preventivo** en conjunto con las autoridades, para evitar el ingreso de estas sales y demás elementos al acuífero.

VERTEDEROS DE RESIDUOS URBANOS

Los sitios más favorables se sitúan afuera del límite del acuífero libre, sobre de acuíferos semiconfinado a confinados que poseen una cobertura relativamente protectora de materiales muy poco permeables y pueden ser estudiados hidrogeológicamente en detalle para soportar vertederos de residuos (basurales). También las zonas de coalescencia de depósitos del abanico medio-distal-planicie aluvial del río San Juan con los depósitos de flujo de barro provenientes de la bajada

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

pedemontana occidental del valle de Tulum son zonas de interés. Una importante precaución que debe adoptarse en el vertedero de residuos y en una franja perimetral es dejar instalada una red de perforaciones de monitoreo de la zona no saturada y de la saturada subyacente al vertedero de residuos. Ello permitirá medir periódicamente el potencial hidráulico del nivel permeable y muestrear el agua contenida en él. También la información periódicamente obtenida facilitará la simulación numérica del funcionamiento del vertedero y predecir cualquier transporte subterráneo de licores tóxicos hacia dichos acuíferos.

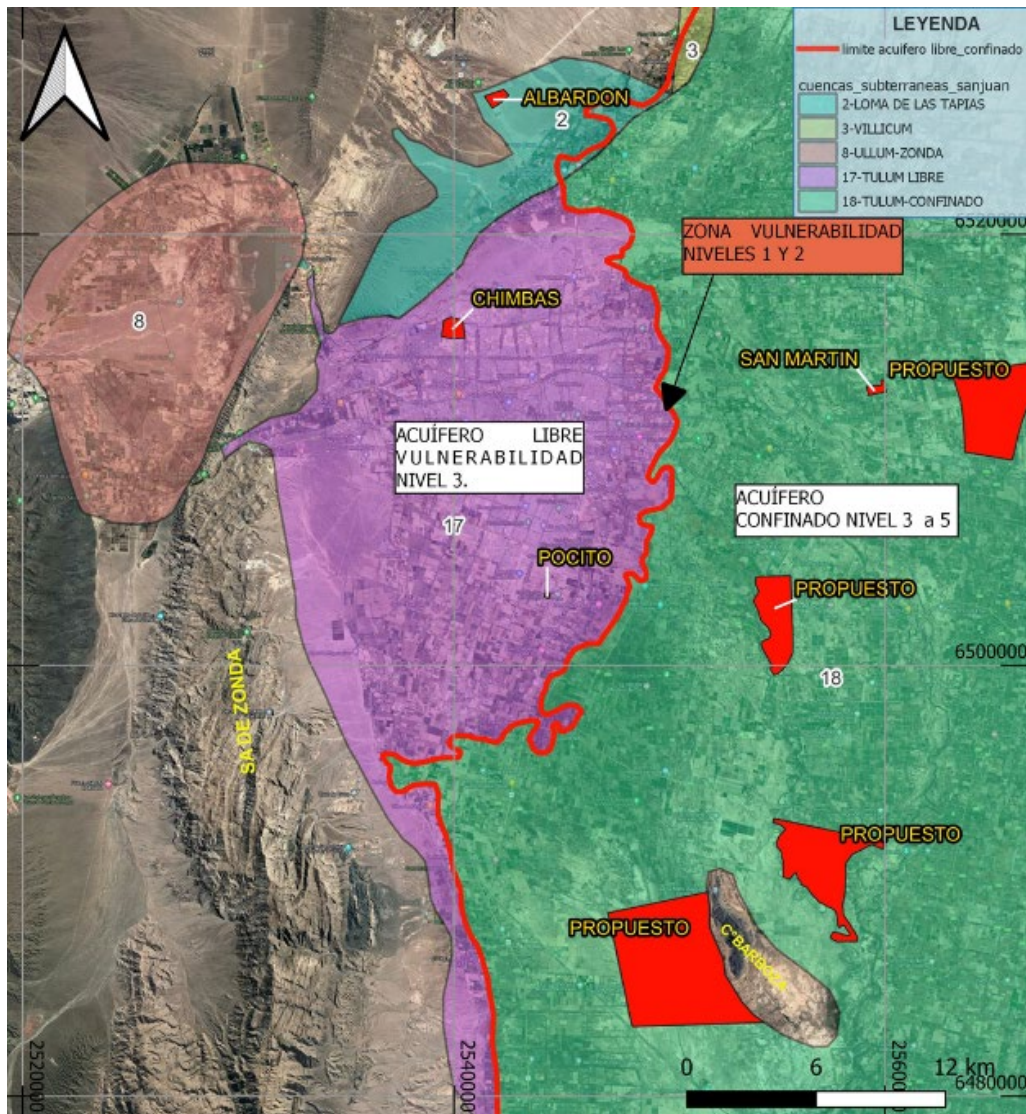


Figura 4-27: Valle de Tulum. Zonas y grados de vulnerabilidad según Vierhuff H, 1981). PROPUESTO: sitios seguros para instalaciones industriales. CHIMBAS, SAN MARTIN, POCITO, ALBARDON son las instalaciones actuales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA VALLE DE ULLUM-ZONDA

INTRODUCCIÓN

El valle de Ullum-Zonda (VUZ) se encuentra ubicado al oeste de la ciudad de San Juan, en la alineación de depresiones tectónicas que separan los relieves montañosos de la precordillera oriental y de la precordillera central sanjuanina. Hacia el norte y el sur se prolonga en los valles de Matagusanos y La Ciénaga respectivamente. **(Figura 26)**. Según informe 2007, la principal actividad económica de la región es de tipo agrícola, con una superficie total cultivada en el valle de unas 5487 Has; el tipo de cultivo predominante es la vid.

La **Tabla 15** a continuación resume las características de la cuenca;

		SUPERFICIE	E MAX	E	VELOC	CAP	COEF	PROF.	RENDI	VAR ALM	POZOS	Q MAX	CEE	APTITUD RIEGO	ACUÍFERO PPAL
VALLE DE	ULLUM-ZONDA	124.4	778.1	500	----	----	----	3-61	----	----	13	500	----	BUENA-MALA	ALUVION Q
ULLUM-	MATAGUSANOS	565.3		100	----	----	----	42-43	----	----	----	100	800-3000	REGULAR-MALA	ALUVION Q
ZONDA	LA CIENAGA	88.4		----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tabla 4-15: Valle Ullum-Zonda -Matagusanos-Ciénaga. Tabla resumen.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

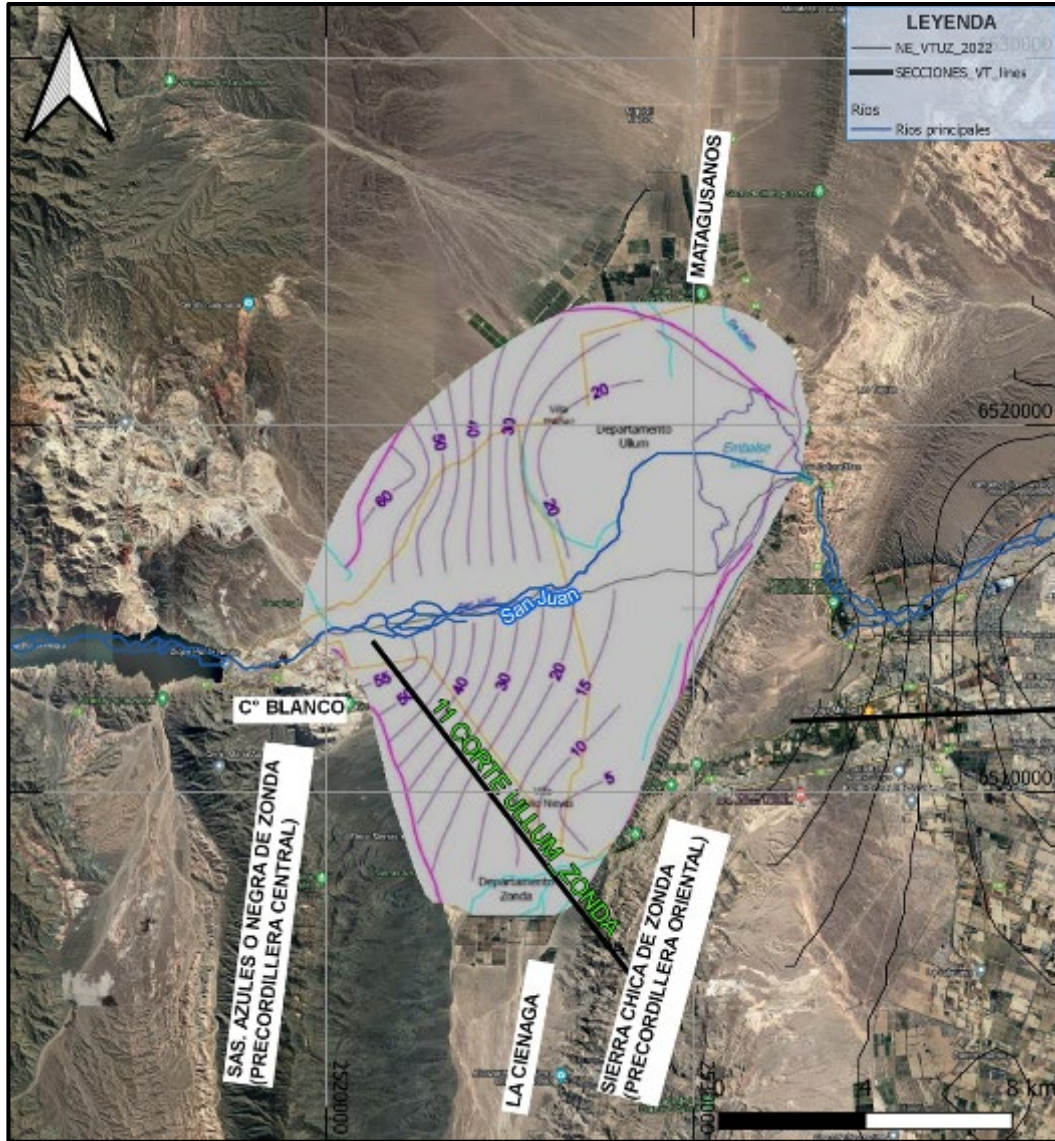


Figura 4-28 : Valle Ullum-Zonda - Ubicación y referencias topográficas. Curvas de isopropundidad de NE. Trazas de cortes hidrogeológicos.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Las unidades geológicas que limitan al este al acuífero Ullum-Zonda (**Figura 27**) dado por un relleno aluvional cuaternario depositado por el río San Juan, están constituidas netamente por rocas carbonáticas del paleozoico inferior y al oeste por unidades silicoclasticas del paleozoico superior intruidos por cuerpos terciarios andesíticos, sobre los que se apoyan en sus laderas saltuariamente depósitos piroclásticos y sedimentarios continentales de la misma edad, todas estas

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

unidades son consideradas basamento Hidrogeológico. Sobre el borde norte de la localidad de Ullum, coronando el lago homónimo afloran sedimentitas limo-arcillosas lacustres cuaternarias que posiblemente confinen el acuífero localmente.

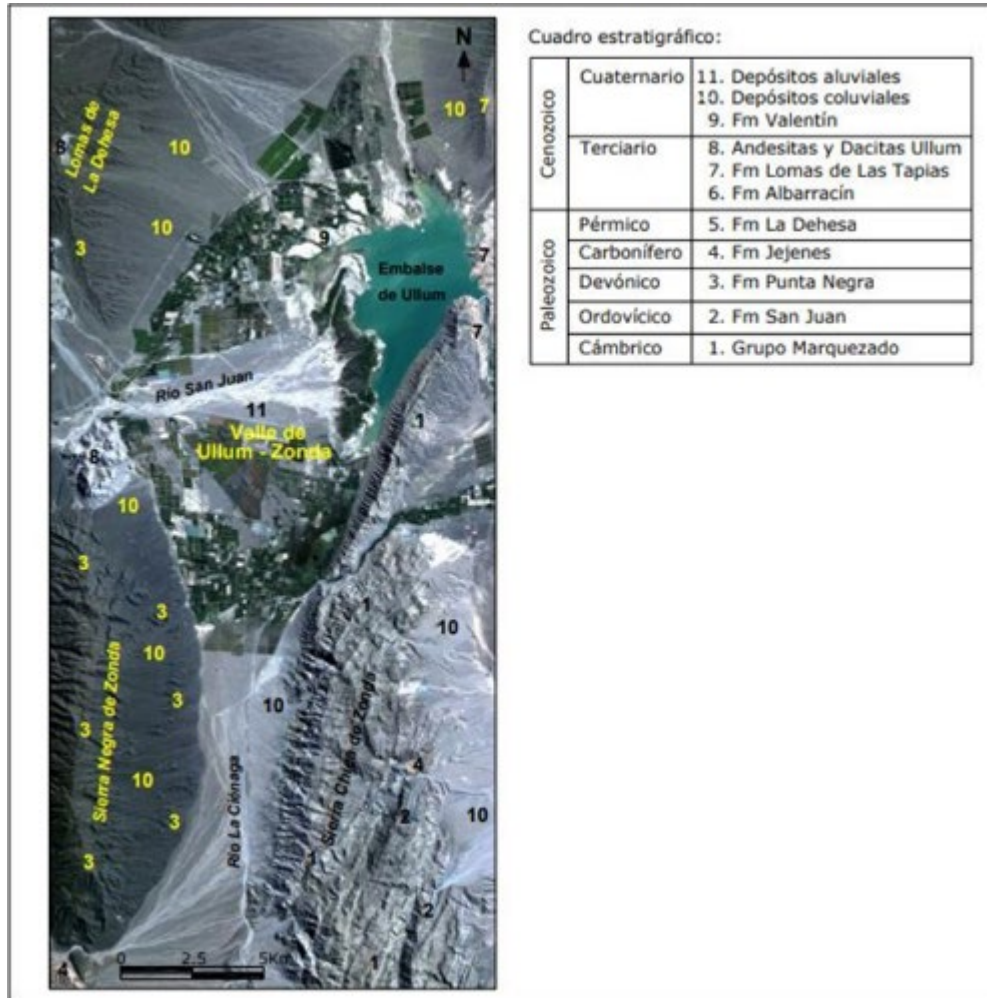


Figura 4-29: Valle de Ullum-Zonda- Afloramientos geológicos.

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

Este valle es una depresión de unos 125 Km² (**Tabla 15**) rellena en casi toda su extensión por depósitos aluvionales gruesos y permeables depositados por el río San Juan, en forma de abanico aluvial. Según los datos geofísicos el relleno aluvial de la cuenca alcanzaría más de 500 m de espesor (**Figura 28**).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

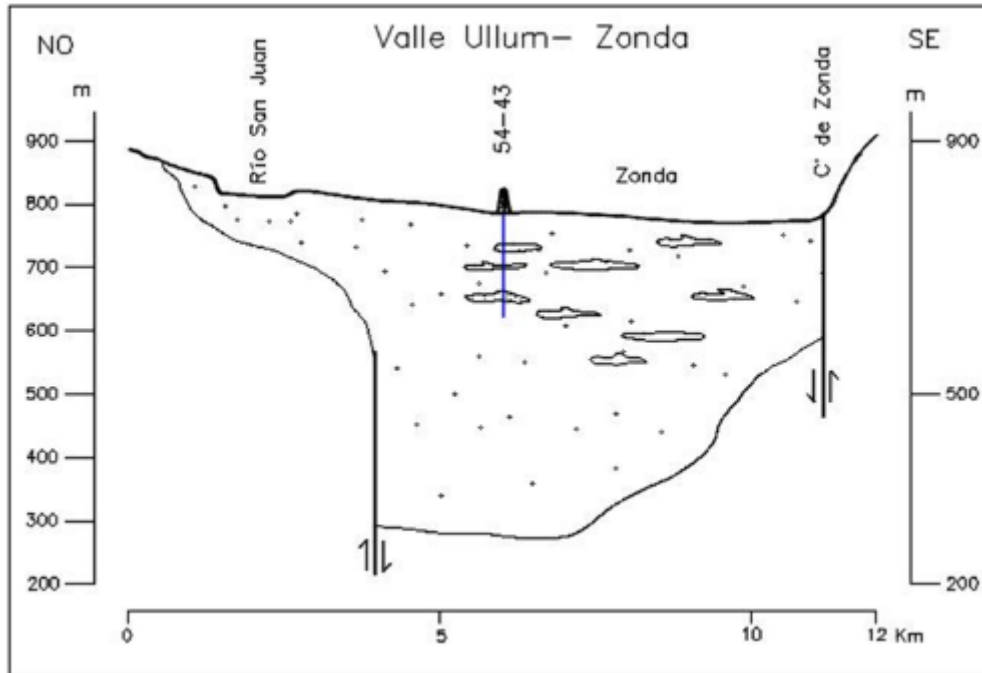


Figura 4-30 :Valle de Ullum-Zonda-Corte Hidrogeológico

El basamento impermeable las curvas isopiezas al Norte y Sur del río San Juan, supera los 500m y separados por un umbral cercano a 100-150m de profundidad. Por tanto esta geometría del basamento consta de dos fosas en donde el agua se acumula preferencialmente para luego distribuirse al resto de los sectores.

RECARGA/DESCARGA

El río San Juan atraviesa transversalmente el valle en su parte media y es la principal fuente de recarga de la cuenca de agua subterránea (**Figura 29**), y en menor medida por infiltración en áreas cultivadas y canales de riego. La principal recarga se ve anulada por su canalización hasta llegar aproximadamente a la mitad del recorrido dentro de este valle, donde aguas arriba de este punto, las isopiezas muestran sus mayores valores, al sur y norte del cauce del río. Los altos valores del sector sur se explican por recarga a través el subálveo aguas abajo del dique Punta Negra, mientras que aquellos del sector norte se explican por el ingreso subterráneo de las vertientes de la Dehesa.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

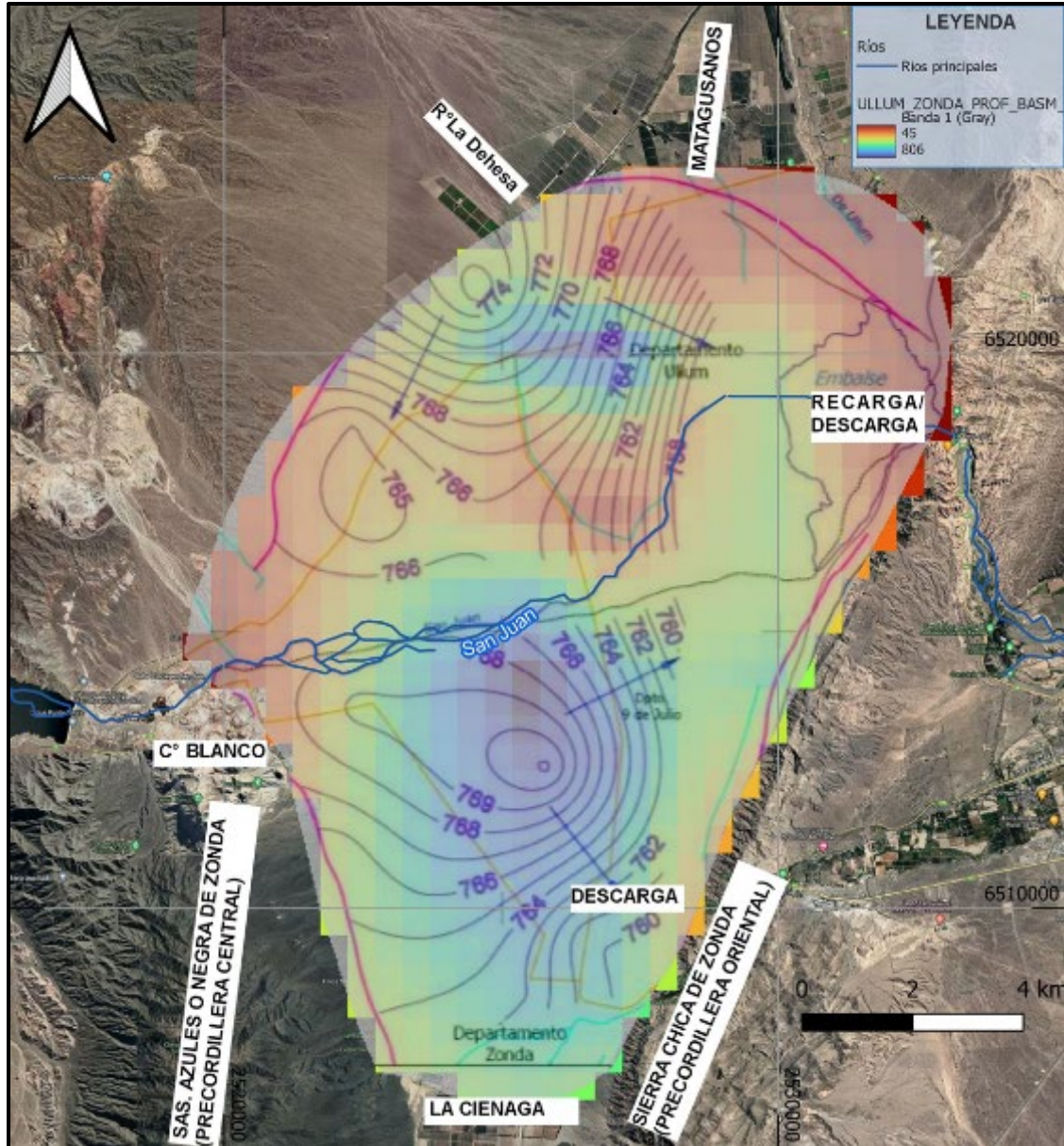


Figura 4-31: Valle de Ullum-Zonda. Isopiezas. Dirección de Flujo. Profundidad de Basamento Hidrogeológico.

La descarga del reservorio de agua subterránea es producida por el bombeo de perforaciones y por la descarga natural en el sector sureste del valle, en las proximidades de la quebrada de Zonda, como así también por los drenes existentes.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

PERFORACIONES

La explotación del recurso hídrico subterráneo se concreta mediante perforaciones oficiales (**Tabla 4-**) que conforman la batería de Zonda situada en el sector sureste de la cuenca con una capacidad de extracción de 1.45 m³/seg, con 13 perforaciones oficiales funcionando más pozos particulares. Los pozos de la batería erogan caudales de hasta 500 m³/h con depresiones inferiores al metro. Cuya finalidad es abastecer a principalmente al valle de Tulum tanto para riego como uso poblacional.

FLUJO SUBTERRÁNEO

En cuanto al movimiento del agua subterránea (**Figura 29**), históricamente la dirección del flujo era hacia las zonas de descarga natural (quebrada de Ullum donde se ubica la presa homónima y sector sureste del valle en la quebrada de Zonda). La presencia del embalse de Ullum modificó aquella dirección del flujo subterráneo; se mantiene como zona de descarga la parte topográficamente más baja del valle localizada en su sector sureste y según las cotas del nivel del agua en el embalse, éste puede actuar como fuente de recarga o bien convertirse en área de descarga del acuífero subterráneo.

NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Para el sector suroriental del departamento Zonda, en la zona de batería oficial de pozos, se registraron los niveles de agua subterránea más profundos alcanzando 56.5 m, disminuyendo hasta 3.6 m hacia el este en proximidades de la Ciénaga de Zonda. En igual sentido, en el sector occidental del departamento Ullum se registraron los niveles de agua subterránea más profundos alcanzando 61 m, disminuyendo hasta 13.5 m en el sector oriental. (**Figura 30**)

La variación estimada del nivel de agua subterránea entre las mediciones noviembre 2021 y agosto 2022, señala ascensos y descensos para el área del Valle de Ullum - Zonda, resultando positiva en el sector centro – occidental del valle y negativa en el sector oriental. En el departamento Zonda se estima una variación promedio de 0.3 m, mientras que en el departamento Ullum se estima una variación promedio de -1.6 m. (**Figura 31**)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

HIDROQUÍMICA

El río San Juan antes de ingresar a la cuenca de Ullum-Zonda tiene una salinidad de unos 532 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tomada en el Puente de Pachaco, es de aptitud buena para riego (Clase II) y tipo bicarbonatada-cálcica-sulfatada. No se tienen datos de las vertientes de la Dehesa.

La hidroquímica de VUZ se sintetiza en la **Tabla 16**, la salinidad del agua subterránea varía entre un mínimo de 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un máximo de 2440 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los mayores valores de conductividad eléctrica del agua subterránea se localizan en los sectores norte, sureste y suroeste de la cuenca, mientras que los menores valores se detectan al sur del río San Juan, abarcando parte de la batería de Zonda, es decir se relacionan con los bordes de cuencas norte y sur y aportes del río de la Dehesa que ingresa a la cuenca por el NO. (**Figura 32**)

La aptitud del agua subterránea para riego (**Tabla 16**) es **buena** en perforaciones próximas al río San Juan. Desmejora de **buena a regular** por su mayor salinidad hacia los bordes de la cuenca y de **regular a mala** en Villa Ibañez (en el sector norte del valle) y en el sector sureste de Zonda. En este último sector resulta inapropiada para el riego de cultivos sensibles al boro.

En cuanto a Nitratos, los valores se elevan marcadamente en el valle de Ullum con un máximo en una línea perimetral al norte donde los valores van desde 121 a de 65.4 de oeste a este, posiblemente direccionadas por el cuaternario lacustre como limitante del flujo subterráneo, al sur de esta línea los valores están por debajo en 10 en promedio para luego de NO a SE elevarse nuevamente, siguiendo la dirección de flujo subterráneo por la fosa norte explicada previamente. Para Zonda los valores de NO_3 tienen un máximo cercano a 20mg/l en un sector al SO, sobre un desarrollo urbano relativamente reciente al pie de las Sierras Azules, el resto de las zonas están por debajo de 10.

DPTO	ESTADÍSTICAS	pH	CE	SDT	CE	pH	CA	MG	NA	HCO	SO4	CL	F	BO	NO3	TIPO	PELIGROSIDAD	
																	NA	SALINA
ZONDA	MIN	7	390	276	460	8	52	4	10	112	100	14	0	0	2	CA-SO4	BAJO-MEDIO	MEDIA-ALTA
	MAX	8	2100	1740	2340	8	197	52	410	293	878	149	1	2	20			
	PROM	7	981	718	1039	8	105	15	119	174	326	56	0	1	8			
ULLUM	MIN	7	760	516	790	8	17	3	30	92	165	26	0	0	6	NA-SO4/CA-SO4	BAJO-ALTO	ALTA
	MAX	8	2440	2090	2850	9	266	33	500	331	1110	184	1	2	121			
	PROM	7	1342	1054	1475	8	121	18	204	178	521	68	0	1	34			

Tabla 4-16: Valle Ullum-Zonda. Variables estadísticas de la fisico-química VUZ

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

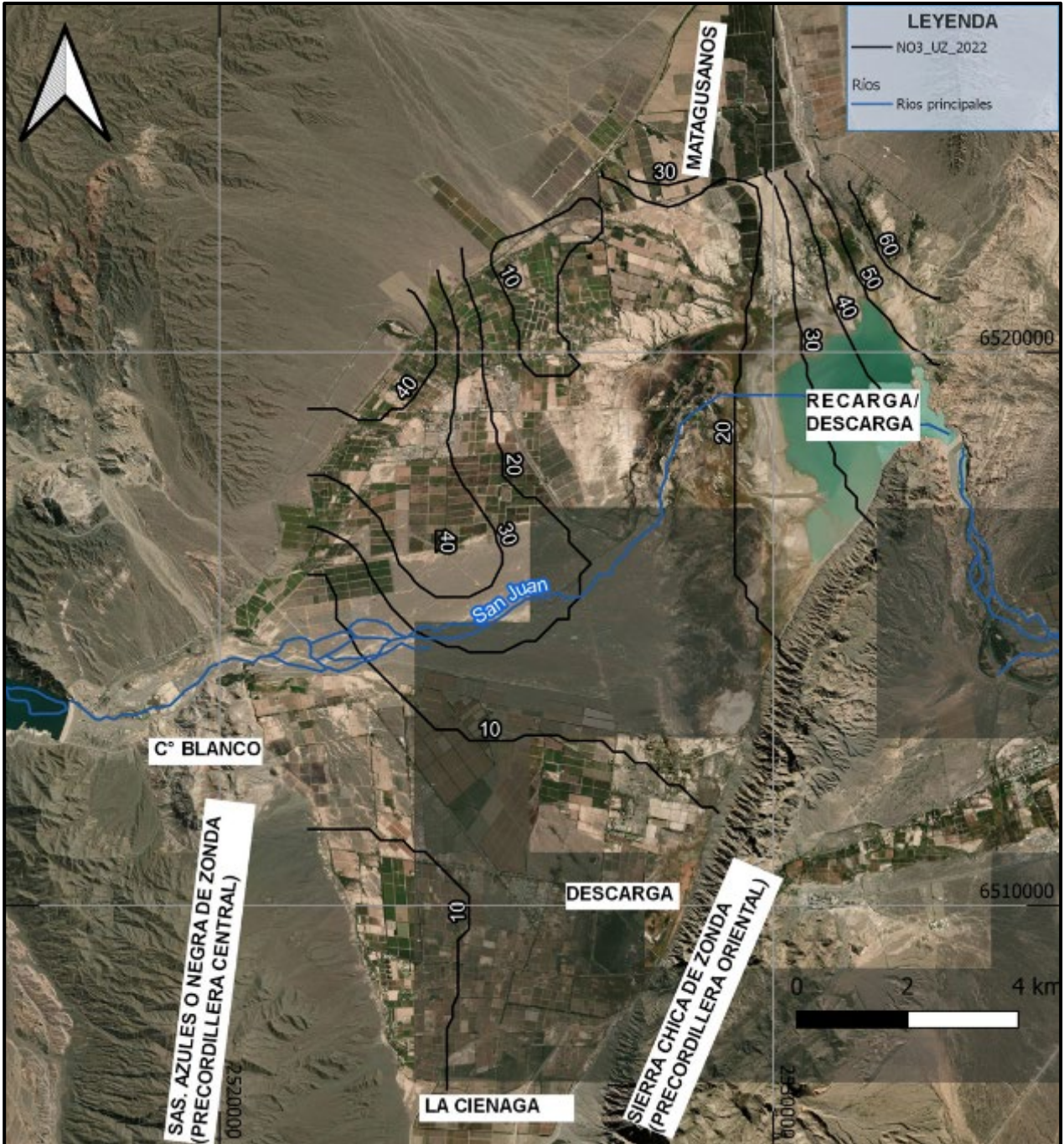


Figura 4-32: Valle Ullum Zonda - Curvas Isopropfundidad NE. Año 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

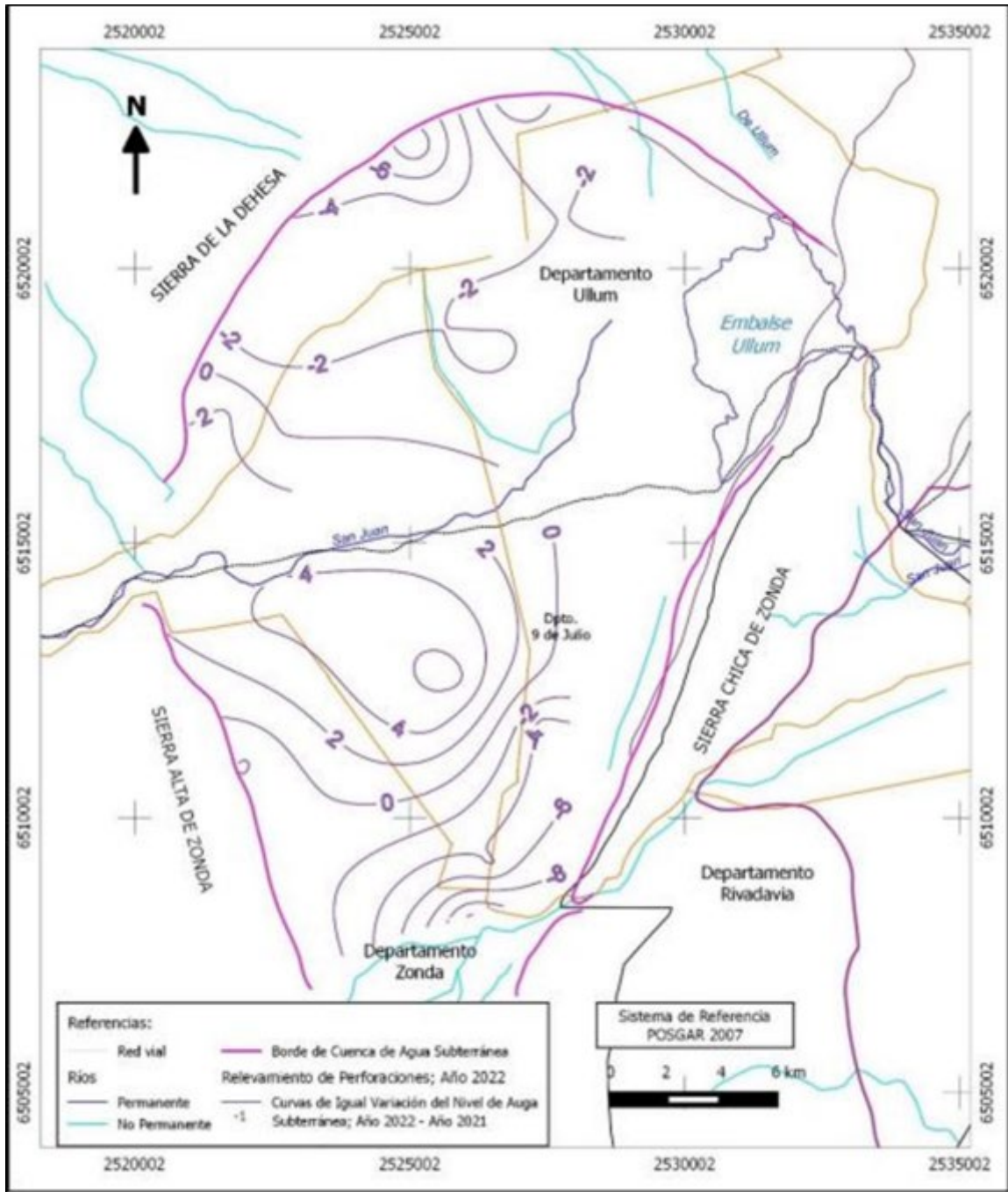


Figura 4-33: Valle Ullum-Zonda. Isovariación de NE. Año 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

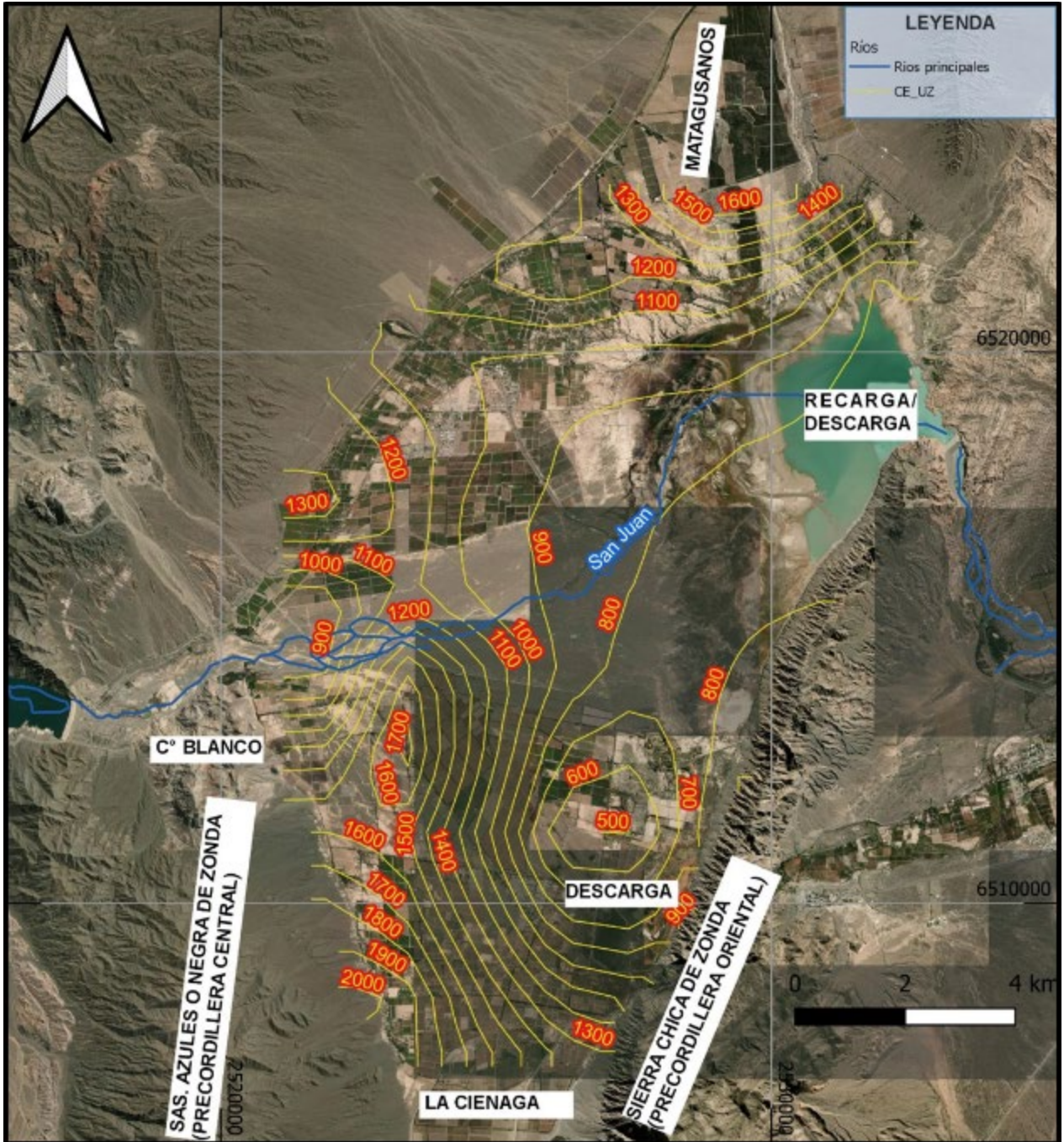


Figura 4-34: Valle Ullum-Zonda. Curvas Isoconductividad. Año 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCAS DE LA CIÉNAGA Y MATAGUSANOS

INTRODUCCIÓN

La cuenca de Matagusanos (Tabla Resumen en **Tabla 15** del apartado anterior) es una depresión intermontana alargada en sentido norte-sur que se extiende entre la localidad de Tucunuco al norte y el valle de Ullum-Zonda al sur (**Figura 33**). Abarca un área aproximada de unos 600 Km². La mayor parte de esta región se encuentra prácticamente despoblada y sólo cuenta con algunos asentamientos humanos en Tucunuco, Estación Ing. Matías Sánchez (Puesto de Vialidad Nacional) y en Matagusanos (estancia El Remanso). Salvo en la zona limítrofe con la cuenca de Ullum-Zonda caracterizada por cultivos básicamente de vid, el resto de la unidad en su ladera oriental se encuentra bajo explotación de campos de paneles solares.

GEOLOGIA

El relleno aluvial de la cuenca de Matagusanos, excepto en la zona de Tucunuco influenciada por el río Jáchal, está constituido por conos aluviales coalescentes que conforman la bajada pedemontana del borde montañoso que limita la depresión; como asimismo las partes distales de estas geoformas, que generan acumulaciones de materiales finos con playas limo-arcillosas o barreales en su parte central, donde la recarga está asociada solamente con cursos de agua alimentados por precipitaciones pobres y esporádicas que no superan los 90 mm anuales.

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

Los estudios geofísicos existentes se realizaron en la zona de Tucunuco e indican la existencia de un espesor aluvial del orden de los 100 - 120 m (**Figura 34**), de materiales de buena permeabilidad cuya recarga está asociada principalmente con el río Jáchal, aportes que tienen influencia sólo para el área ubicada al este de la ruta Nacional N° 40 y desde la estación ferroviaria Tucunuco hasta unos 6 Km al sur (Campo de Las Liebres).

PERFORACIONES

En el resto del área el conocimiento es más limitado y se refiere a la información de subsuelo aportada por escasas perforaciones, una ubicada en la estación Ing. Matías Sánchez y la otra en la estancia El Remanso, cerca de la estación Matagusanos, en la porción sur de la cuenca. El ensayo

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

realizado en uno de los pozos existentes indica un rendimiento de 14,3 m³/h/m, para un caudal de 100 m³/h.

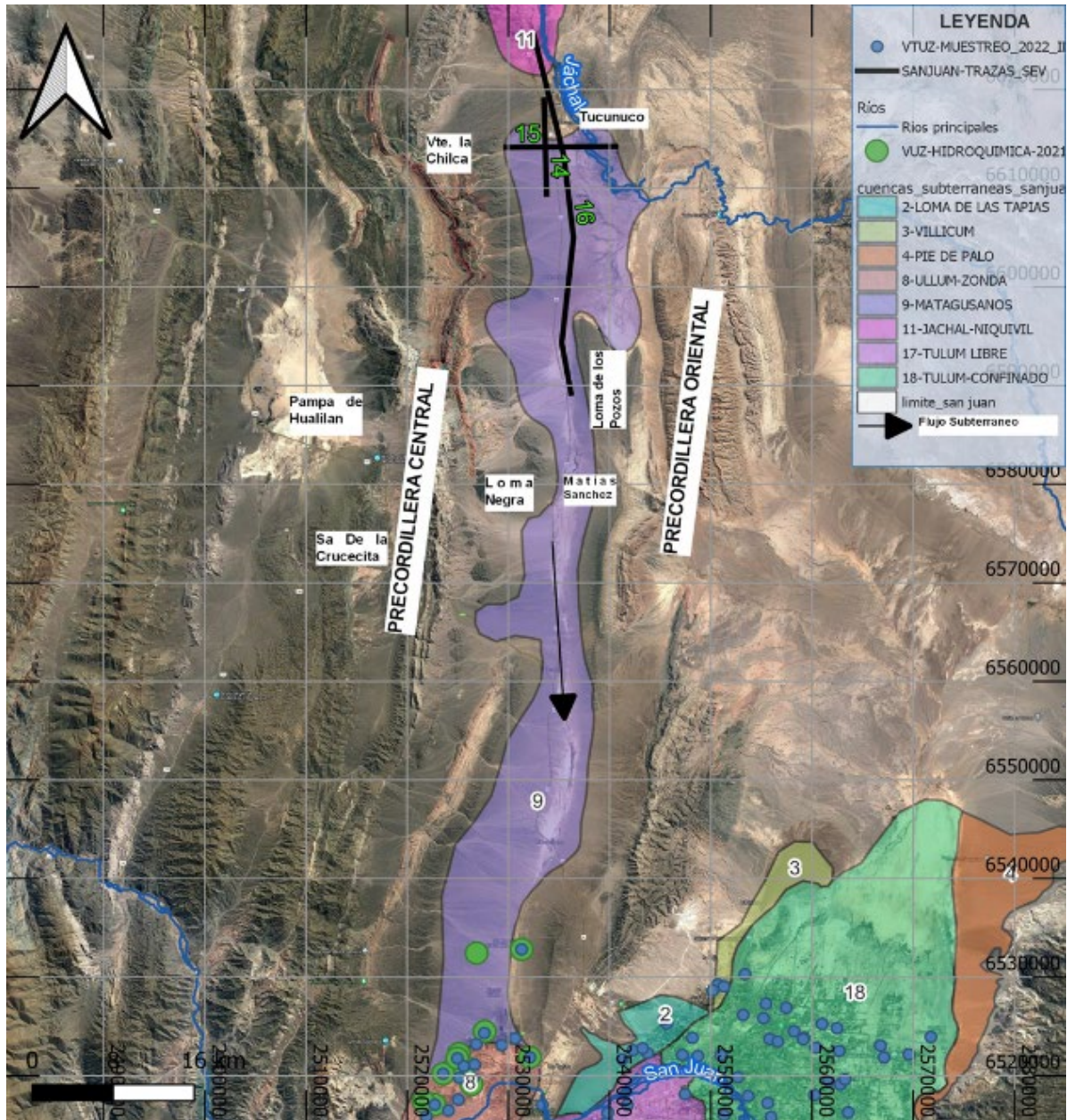


Figura 4-35: Cuenca Matagusanos. Ubicación. Trazas cortes Hidrogeológicos 14-15-16

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

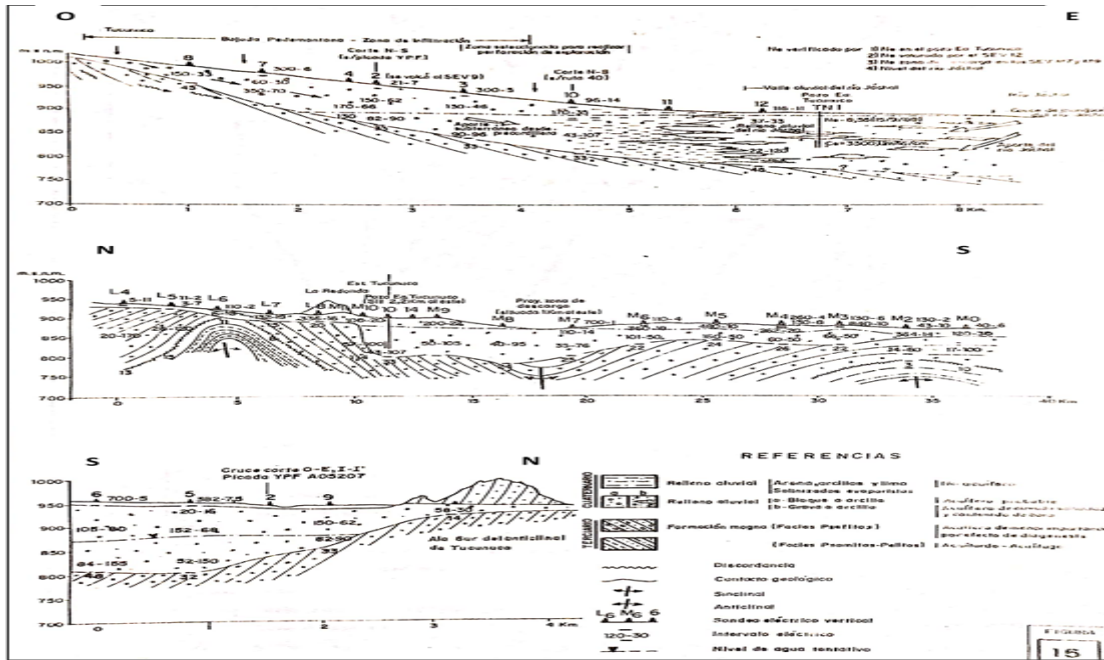


Figura 4-36: Cuenca Matagusanos. Cortes Hidrogeológicos. De arriba abajo, 15,16 y 14

HIDROQUÍMICA

El agua de los pozos de la zona Tucunuco posee una conductividad eléctrica variable entre 3.100-3.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un contenido de boro superior a 3,7 mg/l, mostrando la fuerte influencia del río Jáchal. Por ello se debe tener en cuenta estos parámetros si se desea utilizar el recurso para el riego de cultivos.

Hacia el sur de estación Matías Sanchez, las últimas mediciones 2021-2022 del INA, alcanzaron el sector más austral de la cuenca 10km al norte del límite VUZ-MATAGUSANOS, con un nivel de agua de 42.3mbbp y otro de 43.30mbbp ya en el límite con cuenca de Ullum-Zonda, que según isopiezas, confirman una dirección de flujo Norte-Sur. En el borde este del mismo sector, sobre los emprendimientos de paneles solares los valores de Nitrados en un año se elevaron de 46 a 121mg/l y la conductividad se elevó de 861 a 1950 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En el muestreo 2021 quedó expuesta una diferencia notoria entre los valores de conductividad entre los bordes oeste y este, siendo 1448 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

En cuanto al Boro se obtuvieron 1.16 en y 2.2mg/l, para el 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La información más importante de estos pozos muestra que el agua es de clase IV de aptitud **regular a mala** para riego, con limitaciones tanto por su salinidad como por el contenido de boro. En el valle del río la Ciénaga (**Figura 35**), cuenca que limita al sur del valle Ullum-Zonda, se encuentran sedimentos acumulados por el río homónimo, con un espesor máximo de 350m y un nivel freático ubicado tentativamente a unos 100m según geofísica realizada a 7km al sur de Ullum-Zonda. El relleno aluvional citado tiene como basamento hidrogeológico a tres unidades que de oeste a este son; devónico marino, terciario continental y cambro-ordovícico marino somero netamente calcáreo.

En cuanto a hidroquímica en el relevamiento del INA 2022 se muestreó una perforación a 2km al sur del VUZ, con una CE de 1820 μ S/cm, Bo 1.6 y NO₃ 7.4mg/l. Según estimaciones realizadas por el INA 1990, estas cuencas aportarían al valle Ullum-Zonda un total aproximado de 10Hm³ anuales de agua subterránea.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

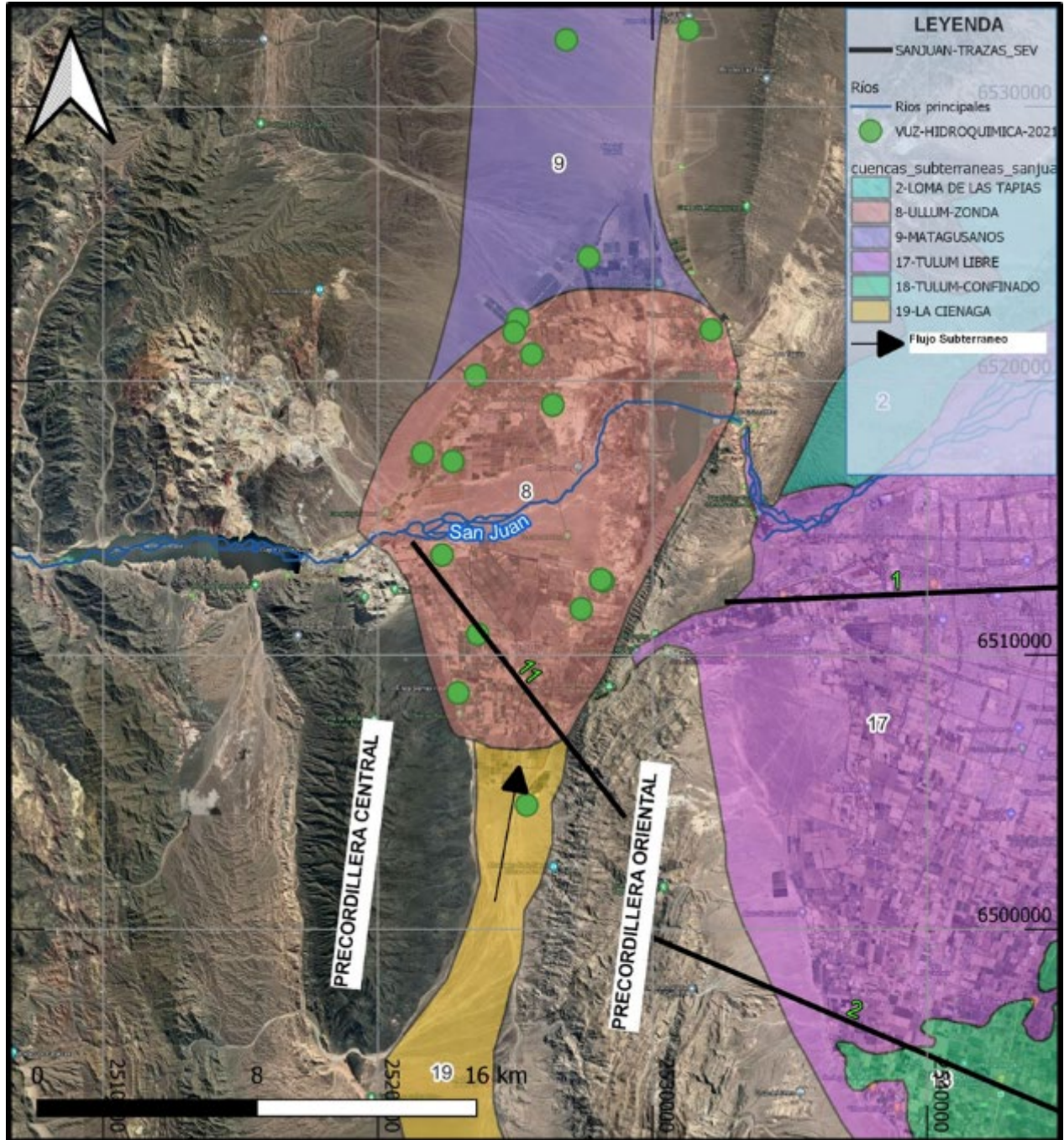


Figura 4-37: Cuenca de la Ciénaga. Ubicación y flujo subterráneo.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DE CALINGASTA-BARREAL

INTRODUCCIÓN

El valle de Calingasta comprende, un área de sedimentación cuaternaria que puede estimarse en 1.800 Km², (**Figura 36**). Tiene una población, según el censo de 2022, de 10.985,00 habitantes que se encuentran principalmente en las localidades de Calingasta, cabecera de departamento, Barreal y Tamberías. La actividad económica está vinculada a la agricultura, forestación y minería, donde las dos primeras se desarrollan principalmente en la llanura aluvial de los ríos Los Patos, Castaño y Calingasta, y totalizan aproximadamente unas 4.000 Has. (pasturas, aromáticas, forestales y frutales). En la **Tabla 17** se resumen los datos de la cuenca; Si bien, correspondería subdividir esta cuenca en tres subunidades (Castaño, Los Patos y Pampa del Leoncito), para mayor practicidad y sobre todo por la escasez de información de detalle se tratará como una única unidad.

CUENCAS	SUBCUENCAS	SUPERFICIE		E MAX (m)	E PROM (M)	VELOC FLUJO SUBT (m/a)	CAP INFIL (L/s/h a)	COEF ALM	PROF. NE. (mbb p)	RENDI MIENT O (hm ³ /a)	VAR ALM EST(2022)	POZOS	Q, MAX (m ³ /h)	CEE	APTITUD RIEGO	ACUÍFERO PPAL
		PARCIAL	TOTAL													
CALINGASTA		230.0	230	500	273.3	----	----	----	8-165	----	38(1972-1979)	----	350	740-920	BUENA	ALUVION Q

Tabla 4-17: Cuenca Calingasta Barreal. Tabla Resumen.

GEOLÓGIA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

La cuenca de agua subterránea de geometría elongada N-S, se encuentra limitada al oeste por la Cordillera Frontal mayormente conformada por unidades triásicas mayormente ígneas plutónicas, lávicas y piroclásticas, y al este por la Precordillera Occidental dada por unidades leptometamórfizadas mayormente sedimentarias de ambiente marino profundo del Paleozoico, ambas unidades morfoestructurales se prolongan en el subsuelo conformando el basamento hidrogeológico de valle, por tanto consideradas como **No Acuíferas**, en tanto que el relleno Terciario Superior (equivalentes de formación Mogna del Valle de Tulum) y cuaternario están incluidos dentro de las unidades **acuíferas** ya que su constitución de bloques y gravas poco cementadas contribuyen a su excelente transmisividad.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

En el valle de Calingasta existe una cuenca de agua subterránea de unos 230 Km², ubicada a lo largo de la llanura aluvial del río Los Patos y Castaño. El relleno cuaternario de la cuenca de Calingasta-Barreal según 75 SEV practicados en la zona, alcanza un espesor variable entre 50 - 270 m, de los cuales 40 a más de 150 m corresponden al aluvión saturado (**Figura 36, Corte 5**). El acuífero es de tipo libre y en general posee buenas condiciones hidráulicas, como lo evidencian algunos pozos de la zona.

Para la depresión, denominada Barreal del Leoncito, se interpretó un espesor máximo de relleno aluvial de aproximadamente 500 m, en su parte central, (**Figura 36, Corte 17**). Se infiere que el agua se encontraría cerca de los 150-200 m de profundidad, su recarga es de precordillera principalmente el arroyo El Leoncito/De las Cabeceras y posiblemente también el río De Los Patos.

Para la zona del Río Castaño, su espesor previo a la zona de confluencia con el río Los Patos es de 46m según geofísica.

PERFORACIONES Y NIVELES DE AGUA SUBTERRÁNEA

El agua superficial destinada a riego cubre las necesidades agrícolas de la región, motivo por el cual la explotación del recurso hídrico subterráneo es prácticamente nula. El censo de pozos realizado en el año 1980 indicaba la existencia de 8 perforaciones y 4 pozos balde. De las cuales se obtuvieron datos de aquellas sólo representativas para la geofísica realizada en el valle y se muestran en la **Tabla 18**

ZONAS y POZOS	PROF BASM MÁXIMA	PROF NE	PROF	FILTRO	NE 1980	C.E. (uS/cm)
RIO CASTAÑO	46	8.00				
RIO CALINGASTA	40 - 80	11.00				
POZO FRUTICOLA SAN JUAN S.A.			22	4	-4	
ARQUITECTURA Y OSP			17	11-7	1.35	
RIO DEL LOS PATOS	250	165				
POZO GUALINO			83		60	740
POZO A Y OSP			100.8	84.54-95.10	82.5	920

Tabla 4-18: Cuenca Calingasta Barreal. Zonas y Pozos representativos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La profundidad del agua subterránea fue de 60 m en Barreal, 22 m en Tamberías y unos 3 - 6 m en los pozos situados en la zona de la desembocadura del río Calingasta. Aforos realizados en algunas perforaciones muestran un caudal máximo de 350 m³/h (Tamberías) y mínimo de 120 m³/h (Barreal). En el valle del río Calingasta existen 3 pozos poco profundos, con niveles de agua variables entre 1-4 m de profundidad. No se localiza ninguna perforación en el valle del río Castaño pero se estima por geofísica una profundidad de 6-8mbbp, en la zona del Barreal del Leoncito se estima de igual manera una profundidad de 200m del nivel de agua.

RECARGA/DESCARGA

La cuenca de Calingasta-Barreal se recarga y descarga periódicamente conforme con los caudales de los ríos Los Patos y Castaño. Considerando el régimen nival de los mismos, el período de recarga coincide con el de máximos caudales y ocurre entre octubre y marzo. La descarga se produce entre abril y setiembre. Para el período 1972-79, al valorar los volúmenes de recarga-descarga neta, se obtuvo una recarga anual promedio de 38,6 Hm³. Para el período considerado, se determinó una recarga anual máxima de 340 Hm³ (año 1977) y una descarga máxima de -163,3 Hm³ (año 1979).

La descarga natural de la cuenca se produce en su sector norte y está asociada con arroyos y espejos de agua que se originan en el lecho de los ríos Los Patos y Castaño. Ello se produce principalmente desde Hilario hasta Las Juntas (nacimiento del río San Juan) y coincide con el estrechamiento del valle en ese sector.

HIDROQUÍMICA

Los antecedentes hidroquímicos indican que el agua de los ríos Los Patos y Castaño, con salinidades de 580 y 425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, es de buena calidad y apta para el riego de cualquier tipo de cultivos (clase II). Los análisis del agua de las perforaciones muestran que tal aptitud se mantiene.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

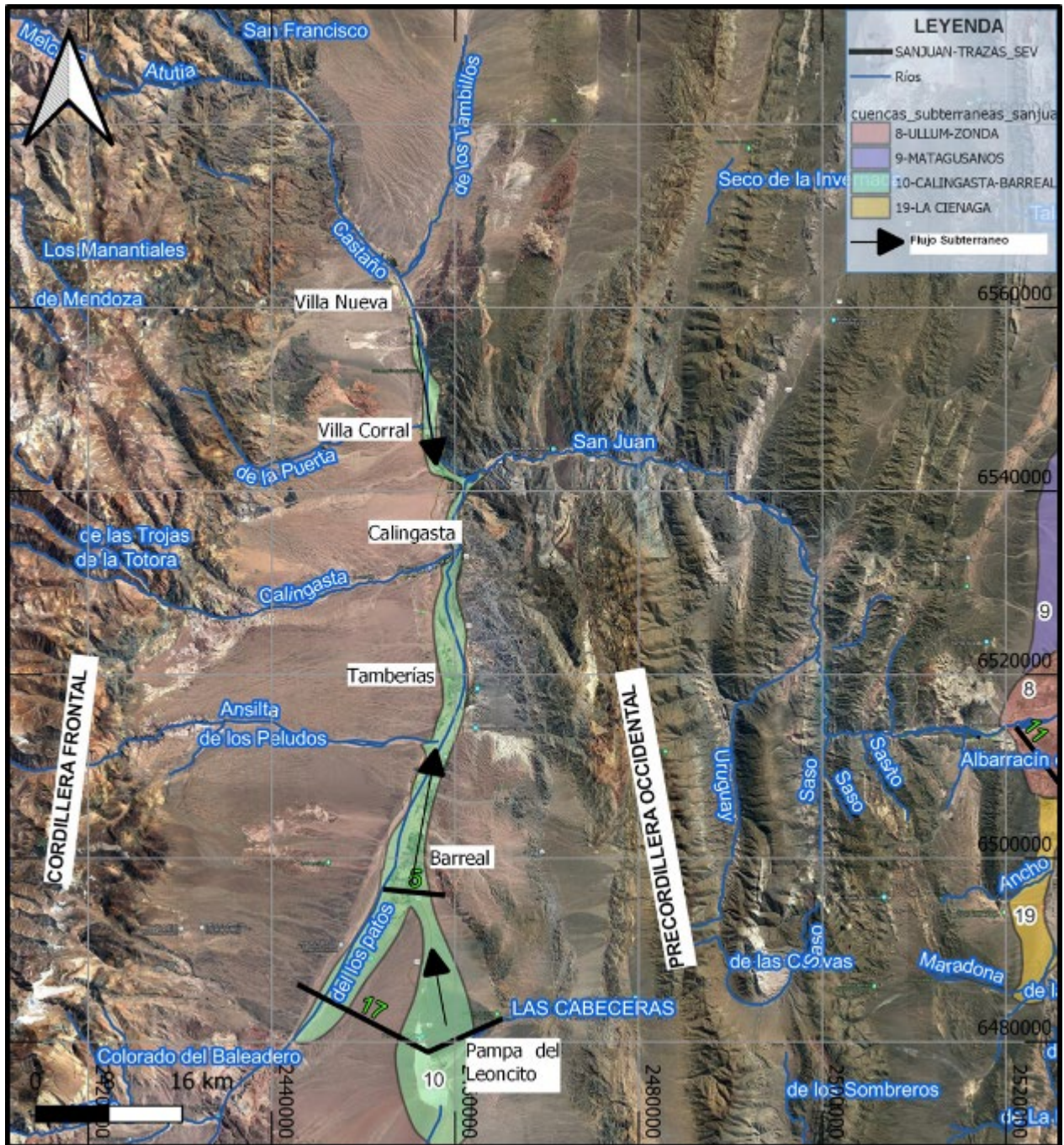


Figura 4-38: Cuenca Calingasta Barreal. Ubicación. Trazas de cortes Hidrogeológicos 5 y 17.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

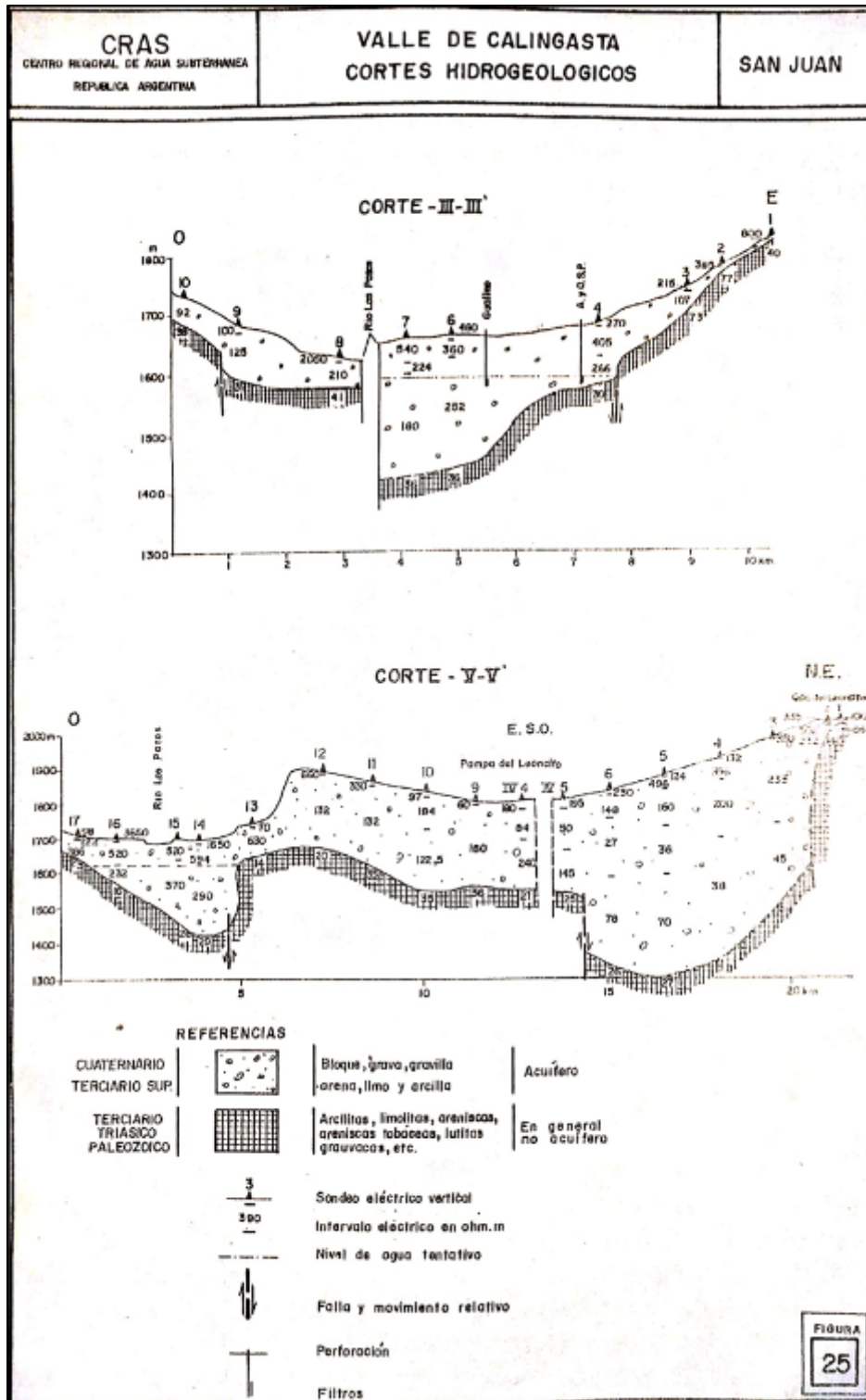


Figura 4-39: Cuenca Calingasta Barreal. Cortes Hidrogeológicos 5(III) y 17(V). Pozos Gualino y A. y OSP. Tomado de IT-123-INA

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DE IGLESIA

INTRODUCCIÓN

El valle de Iglesia es una depresión intermontana alargada en sentido norte-sur y su extensión aproximada es de 1.500 Km² (**Figura 38**). Posee una población de 8700 habitantes según el censo de 2022 y sus principales localidades son Rodeo, Tudcum, Las Flores e Iglesia. Como actividades productivas predominan la minería metalífera, el cultivo forestal y de frutales.

A continuación, en la **Tabla 19** se resumen las características de la cuenca;

CUENCAS	SUBCUENCAS	SUPERFICIE		E MAX (m)	E PROM (M)	VELOC FLUJO SUBT (m/a)	CAP INFIL (L/s/h a)	COEF ALM	PROF. NE. (mbb p)	RENDIMIE NTO (hm ³ /a/m)	VAR ALM EST(2022)	POZOS	Q.MAX (m ³ /h)	CEE	APTITUD RIEGO	ACUÍFERO PPAL
		PARCIAL	TOTAL													
IGLESIA		190.0	190	100				10		19 979 (sin año)			193 200-1410		BUENA-REGULAR	ALLUVION Q

Tabla 4-19: Cuenca Iglesia. Tabla resumen.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El Valle de Iglesia donde se desarrolla la cuenca homónima tiene los mismos límites morfoestructurales que el valle de Calingasta-Barreal con la salvedad que al este la limita precordillera central también compuesta por unidades geológicas paleozoicas marinas profundas leptometamorfizadas. Ambas unidades en profundidad en conjunto con las unidades terciarias basales conforman el basamento hidrogeológico local. La unidad que por excelencia se categoriza como acuífera son los sedimentos cuaternarios escasamente consolidados.

Morfológicamente la cuenca hidrogeológica principal tiene forma elongada Norte-Sur estando limitada al este por fracturas meridionales más allá de este límite hacia el este se desarrollan reservorios menores alimentados subterráneamente por la cuenca principal a través de cañadones labrados por la incipiente red de drenaje que discurre sobre las unidades terciarias.

RECARGA/DESCARGA

La recarga del reservorio se produce desde el oeste por arroyos de régimen predominantemente nival, que descienden desde los relieves cordilleranos y al ingresar al valle, infiltran sus aguas en terrenos gruesos y permeables. El agua de algunos de estos arroyos es captada y conducida mediante canales de piedra sellada hasta las zonas pobladas. Los mayores caudales de estos arroyos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

se producen en los meses de octubre a marzo; en invierno el escurrimiento es mínimo o nulo debido a que permanecen congelados en parte o en su totalidad.

El arroyo Agua Negra es el curso más importante, es de tipo permanente y para el período Sept-2021 a Dic-2022 el caudal promedio fue de 358 l/seg.

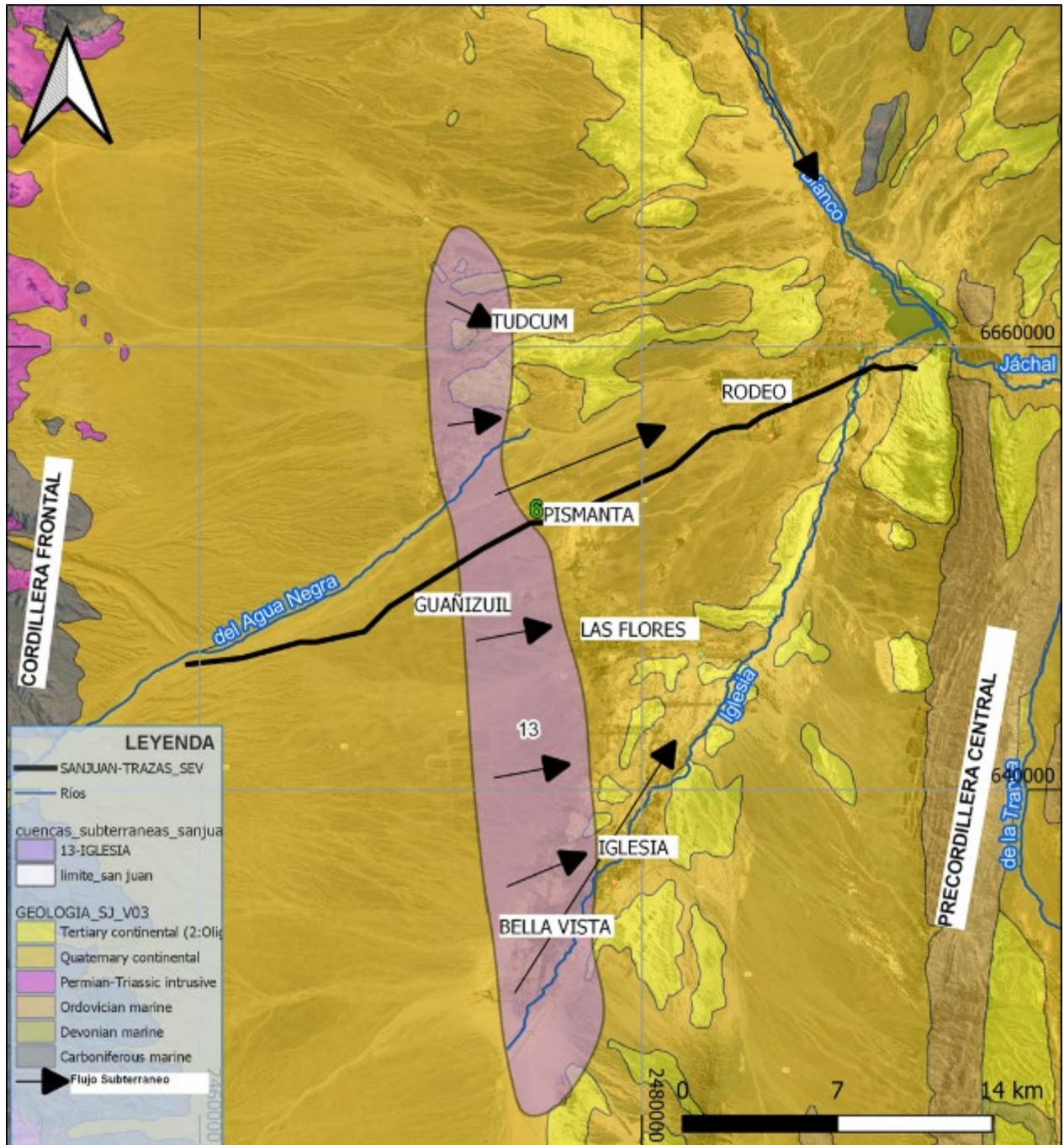


Figura 4-40: Cuenca Iglesia – Geología – Dirección de flujo. Traza SEV 6.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ALMACENAMIENTO

Los estudios hidrológicos referenciados en el IT-123 (INA) permitieron determinar que, de los ingresos a la cuenca, el más importante es la precipitación (307,6 Hm³), pero es evapotranspirada por la vegetación natural en casi su totalidad. El ingreso por cursos superficiales, que representa el 14% (51,8 Hm³) del total, más el agua que proviene de las vertientes (25,9 Hm³) son utilizados para regar la superficie cultivada. El volumen almacenado en la cuenca subterránea se estimó en 979 Hm³ con un rendimiento de 19 Hm³ por metro de descenso de nivel piezométrico y una porosidad eficaz del 10%. Además se calculó una potencia instalada de 320 l/seg, una transmisividad de 3200m²/d y una permeabilidad de 80m²/d.

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

En el valle de Iglesia se realizaron estudios geofísicos que permitieron delimitar una cuenca de agua subterránea de unos 190 Km² de superficie, con espesores de relleno aluvial saturado variable entre 50 y 100 m (**Figura 39**). El relleno aluvial de esta cuenca está compuesto esencialmente por materiales gruesos provenientes de la cordillera dispuestos como abanicos aluviales coalescentes. La base hidrogeológica, en el ámbito de la cuenca, esta conformada por sedimentitas del Terciario. El borde este de la cuenca se encuentra limitado por una serie de lomadas terciarias impermeables, que actúan a modo de barrera al movimiento del agua subterránea. Ello da lugar por un lado a la formación de manantiales y por otro a una zona de tránsito de agua subterránea, en coincidencia con cañadones labrados, en los sedimentitas impermeables, por los cursos de agua provenientes de la cordillera. En esa zona de tránsito, de reducido espesor de relleno aluvial saturado, del orden de los 10 - 20 m, se asienta la mayor parte de la población, la infraestructura agrícola y de bombeo (Tudcum, Rodeo, Las Flores e Iglesia).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

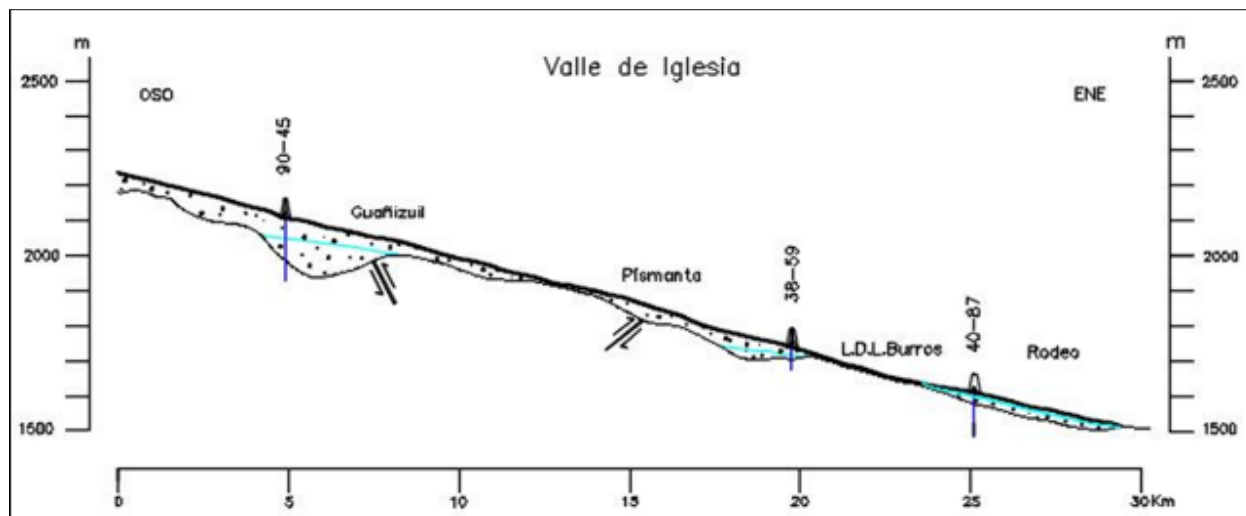


Figura 4-41: Cuenca Iglesia. Corte Hidrogeológico 6.

PERFORACIONES

En el valle de Iglesia existe, según el censo de 1981, un total de 76 perforaciones de las cuales el mayor número de pozos se concentraba en la localidad de La Laguna, con un caudal y rendimiento específico promedio de unos 195 m³/h y 55 m³/h/m respectivamente. Información de un ensayo de bombeo indica que el acuífero posee una transmisividad de 3.700 m²/día y una permeabilidad de 80 m/día.

HIDROQUÍMICA

Los arroyos cordilleranos presentan, al ingresar al valle, un bajo contenido salino, comprendido entre 200 y 530 μ S/cm, siendo mayormente cálcicas-sulfatadas- bicarbonatadas, para luego variar a cálcico-sódicas-sulfatadas, llegando a valores de hasta 1410 μ S/cm en la vertiente de Colola previo a confluencia con río Blanco. El agua del arroyo Tocota, en la localidad de Iglesia presenta una aptitud buena a regular para el riego. El agua de las perforaciones que se ubican en el ámbito de la cuenca de agua subterránea y de las vertientes aflorantes en el sector oriental de la misma, es buena para el riego de cualquier tipo de cultivos. En las zonas definidas como de tránsito de agua subterránea se produce un desmejoramiento en su aptitud de buena a regular, en el sentido del flujo.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Por su trascendencia turística cabe mencionar la presencia en el valle, de aguas de origen termal que surgen de niveles areniscosos del Terciario. Se le otorgan propiedades curativas, destacándose por su importancia las de Pismanta. Presentan, en relación a las otras vertientes, una marcada diferencia en la composición química en lo que hace a su contenido de calcio, magnesio, sodio, potasio y sulfato. La alta peligrosidad sódica y valores positivos de carbonato de sodio residual limitan su utilización con fines agrícolas.

CUENCA DE JÁCHAL-NIQUIVIL

INTRODUCCIÓN

El valle de Jáchal-Niquivil tiene una extensión aproximada de 560 Km². Posee una población de 25435 habitantes, según el censo de 2022, La principal actividad económica es la agricultura, con una superficie cultivada de unas 6643 Has. para el año 2007; otra actividad de importancia es la minería tanto metalífera como de explotación de calizas.

En la **Tabla 20** a continuación se resumen las características de la cuenca;

CUENCAS	SUBCUENCAS	SUPERFICIE		F MAX (m)	F PROM (M)	VELOC FLUJO SUBT (m/a)	CAP INFIL (l/s/h)	COEF ALM	PROF. NE. (m)	RENDIMIE NTO (hm ³ /a/m)	VAR ALM EST(2022)	POZOS	Q MAX (m ³ /h)	CEE	APTITUD RIEGO	ACUIFERO PPAL
		PARCIAL	TOTAL													
JACHAL NIQUIVIL		400,0	400	600				30-15	14-96			7	350	1580	BUENA-REGULAR	ALLUVION Q

Tabla 4-20: Cuenca Jáchal- Niquivil . Tabla Resumen.

RECARGA/DESCARGA

La recarga de la cuenca está vinculada principalmente con el río Jáchal, segundo río de importancia en la provincia, y tiene una cuenca imbrífera de 23.000 Km² hasta el paraje Cuesta del Viento. Sus derrames provienen en su mayor parte de la fusión de nieve en la cordillera. En el dique Pachimoco, se realizan aforos sistemáticos del río Jáchal desde 1936-1998, siendo él modulo en ese lugar de 8,9 m³/seg.

Al sur de la vertiente de Agua Negra se desarrolla la zona de descarga de agua subterránea y la mayor parte de los sedimentos se encuentran fuertemente salinizados. Los acuíferos son confinados y en algunas perforaciones se produce surgencia natural; abarcan una superficie de 150 Km² y el rendimiento de los pozos es de unos 12 m³/h/m. Al sur de Niquivil las condiciones de alumbrar agua son poco favorables debido a la presencia de sedimentos muy salinizados.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

El área de relleno aluvional permeable de la cuenca de Jáchal se extiende por 300km², al norte de la cuenca de Jáchal se desarrolla la planicie de Pampa del Chañar con 100km² de extensión donde, según IT-412 (INA), se tendrían espesores totales de 500-600m y 350m, respectivamente para cada cuenca. Los espesores saturados alcanzan holgadamente los 400m para la cuenca de Jáchal y los 140-200m para Pampa del Chañar. Las ubicaciones de los cortes geofísicos realizados se pueden ver en **Figura 40** y los cortes interpretados se puede ver en **Figura 41**.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

En la **Figura 40** se muestra la distribución de las unidades hidrogeológicas dentro del área de interés, la cuenca aluvial cuaternaria de Jáchal está bordeada al este y oeste por unidades paleozoicas, mesozoicas y terciarias no acuíferas en su mayoría, buzantes al oeste en secuencias que se repiten por fallamiento de rumbo meridional, dando a la cuenca de interés, una forma elongada en igual sentido.

Como unidades no acuíferas se agrupan todas aquellas sedimentarias detríticas e ígneas del Paleozoico, Mesozoico y Terciario inferior.

Como unidades acuíferas se consideran aquellas sedimentarias detríticas consolidadas del terciario superior-cuaternario y en segundo lugar a las unidades calcáreas del paleozoico inferior karstificadas.

El acuífero principal cuaternario está constituido por grava, gravilla y arena, con una delgada cubierta de sedimentos finos de origen lacustre. En la zona de Niquivil este relleno posee intercalaciones de materiales finos limo-arcillosos que se hacen más abundantes hacia el sur, para dominar en el extremo austral de la cuenca.

En la **Tabla 21**, se sintetizan las unidades hidrogeológicas para el área Jachal-Niquivil-Huaco.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Edad Geológica		Unidad Geológica	Litología	Capacidad para contener agua subterránea	Ponderación respecto a la recarga
Cuaternario	Pleistoceno a Reciente	8	Grava, arena y limo del acarreo reciente de los principales ríos	Acuífero	Permeable (2)
		7	Grava, arena, limo de la llanura aluvial pedemontana moderna y reciente	Generalmente acuífero	Permeable (2)
		6	Cubierta de limo, arcilla y arena de origen principalmente lacustre, depositadas sobre grava, limo y arcilla del relleno aluvial de las cuencas	Acuíferos más importantes	Permeable (2)
		5	Grava, arena y limo de la llanura aluvial pedemontana antigua	No acuíferos	Permeable (2)
Terciario	Plioceno superior o Pleistoceno inferior	4	Conglomerados poco sedimentados	Acuíferos probables	Semipermeable (1)
	Plioceno	3	Lutitas, areniscas y arcilitas con intercalaciones conglomerádicas	En general no acuífero (permeabilidad secundaria)	Semipermeable (1)
Paleozoico y Mesozoico	Silúrico, Devónico, Cámbrico, Pérmico y Triásico	2	Areniscas, arcosas, linolitas, lutitas, arcilitas, grauvacas y conglomerados		Semipermeable (1)
	Ordovícico	1	Calizas, dolomitas y pedemal		Semipermeable (1)

Fuente: Roca et al. (1972)

Tabla 4-21: Cuencas de Jachal-Niquivil y Huaco. Unidades Hidrogeológicas

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

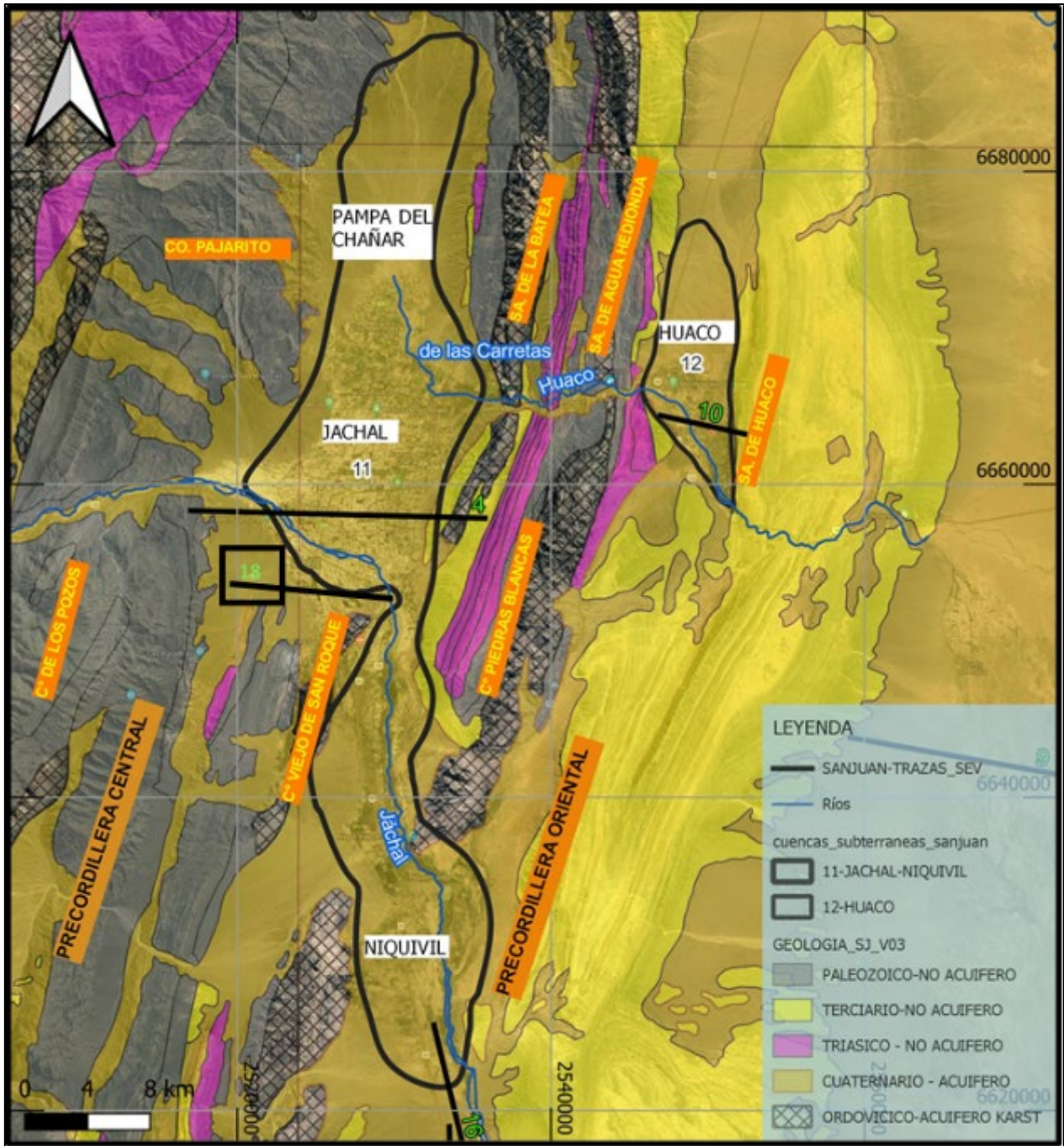


Figura 4-42: Cuencas Jáchal-Niquivil y Huaco. Ubicación. Unidades Hidrogeológicas. Principales unidades montañosas. Ubicación de cortes Hidrogeológicos 4 y 18.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

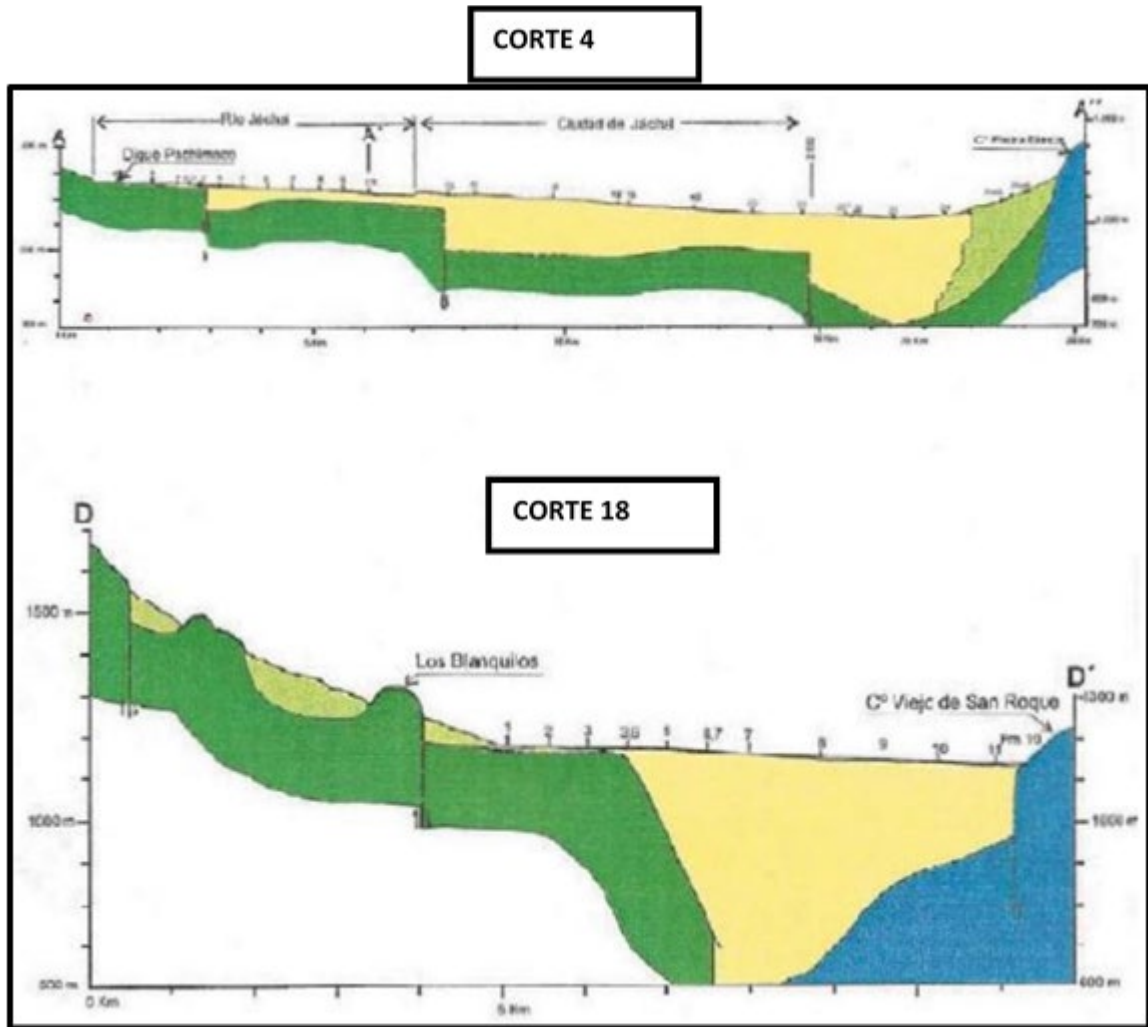


Figura 4-43: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Cortes Hidrogeológicos 4 y 18. Ver ubicación trazas en Figura 40.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

HIDROQUÍMICA

Las características hidroquímicas del agua subterránea de Jáchal no son muy alentadoras en general debido a la marcada influencia de la recarga del río Jáchal, elevando los tenores de Boro y Arsénico, ya que al ingreso a la cuenca posee una salinidad de 1.580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y es de Clase III de aptitud buena a regular para riego de cultivos tolerantes al boro.

Prácticamente todas las concentraciones iónicas de los elementos de importancia se han mantenido invariables desde aquellas relevadas en los años 70' por el INA.

En el relevamiento 2022 por parte del INA, las conductividades del agua subterránea presentan valores máximos y mínimos de 3.060 y 1.740 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con un promedio de 2.388 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el valle de Jáchal y 1110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la planicie Pampa del Chañar.

En cuanto al tipo de agua es de tipo Clorurada Sódica hacia el sur de la cuenca y Sulfatada Sódica hacia el norte, marcando un mejoramiento en ese mismo sentido.

Respecto a la Dureza Total, son aguas Muy Duras (según clasificación de la OMS, Tabla 18) con valores que varían entre 297 y 878 mg/l de CaCO_3 de y con más de la mitad de los pozos superando el valor permitido por el CAA para consumo humano (400 mg/l).

Concentración de $\text{CaCO}_3/\text{mg/L}$	Tipo
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
>180	Muy dura

Tabla 4-22: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Clasificación OMS dureza total de agua

Los valores de $\text{SO}_4=$ medidos en la primera campaña varían entre 287 y 557 mg/l y en la segunda lo hacen entre 369 y 538 mg/l; además en ambas campañas más de la mitad de los pozos superan el valor recomendado por el CAA (400 mg/l).

En cuanto al B, vemos en esta cuenca que solo una medición presenta valores permitidos para agua de bebida según el CAA (0,5 mg/l). El resto varían entre 0.5 y 5.85 mg/l; con un valor en Pampa del Chañar de 0,26mg/l. En la **Figura 42** se observan los mapas de distribución de Boro, donde se distingue cómo las concentraciones aumentan en la dirección del flujo del agua que es dirección Noroeste-sureste.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Además en la **Figura 42** se muestran los valores de Boro en cursos de agua superficiales, diferenciándose dos zonas, una al norte del río Jáchal en la Pampa del Chañar con contenidos promedio cercano a 1mg/l y otra en el valle de Jáchal con contenidos entre a 2 mg/l y 6mg/l.

Al clasificar las muestras para riego, observamos en los datos actuales que en más del 50% de las perforaciones el agua tiene agua aptitud Regular a Mala, clase IV-C4S2. En el resto de los pozos de los datos actuales el agua es de aptitud Buena a Regular, clases III-C3S1 y III-C3S2. Las perforaciones con tipo de agua Buena a Regular se pueden utilizar para cultivos Sensibles al B, y las de tipo Regular a Mala en cultivos Semitolerantes y Tolerantes a este elemento.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

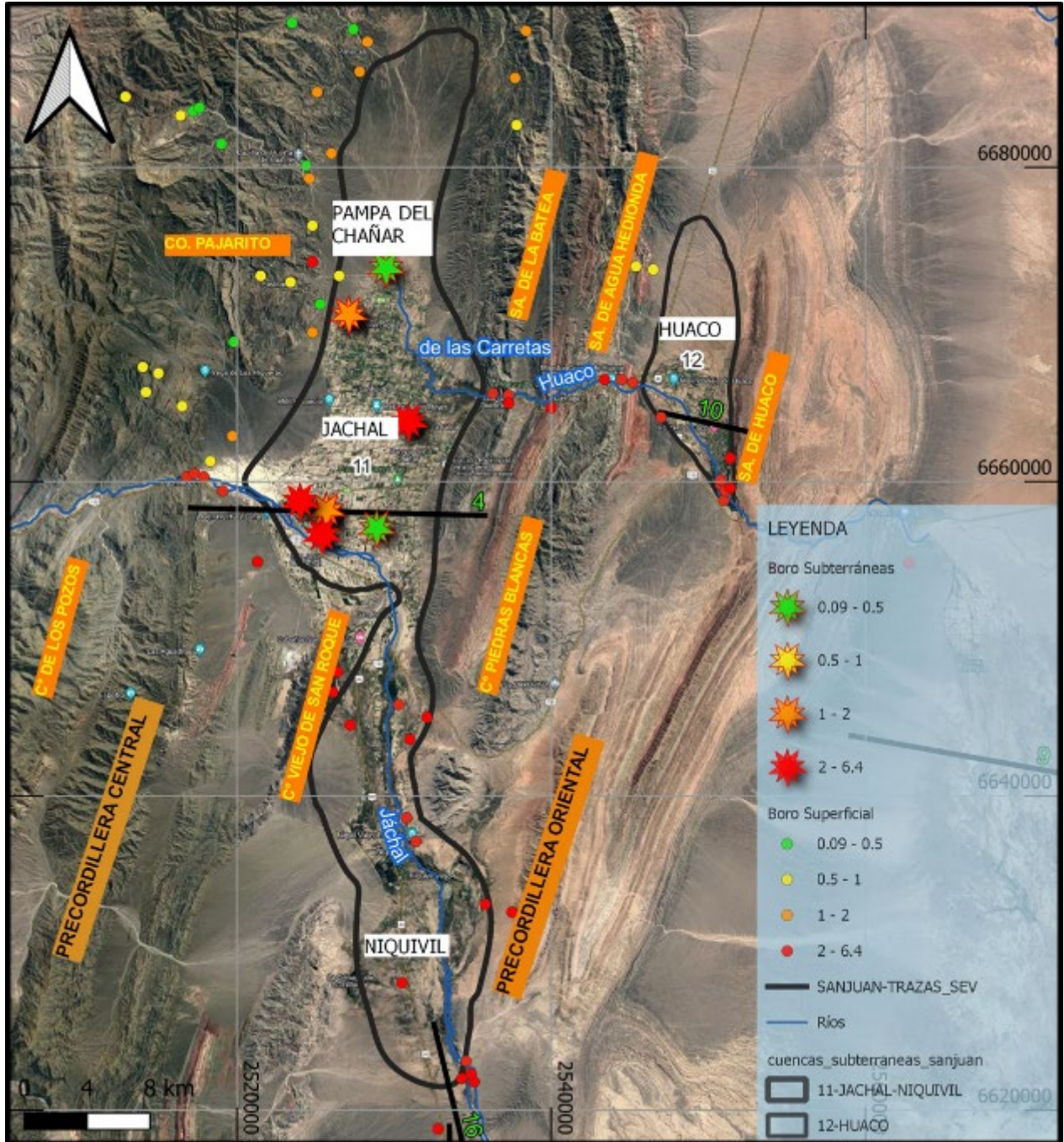


Figura 4-44: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Distribución del Boro en escorrentía superficial y agua subterránea

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

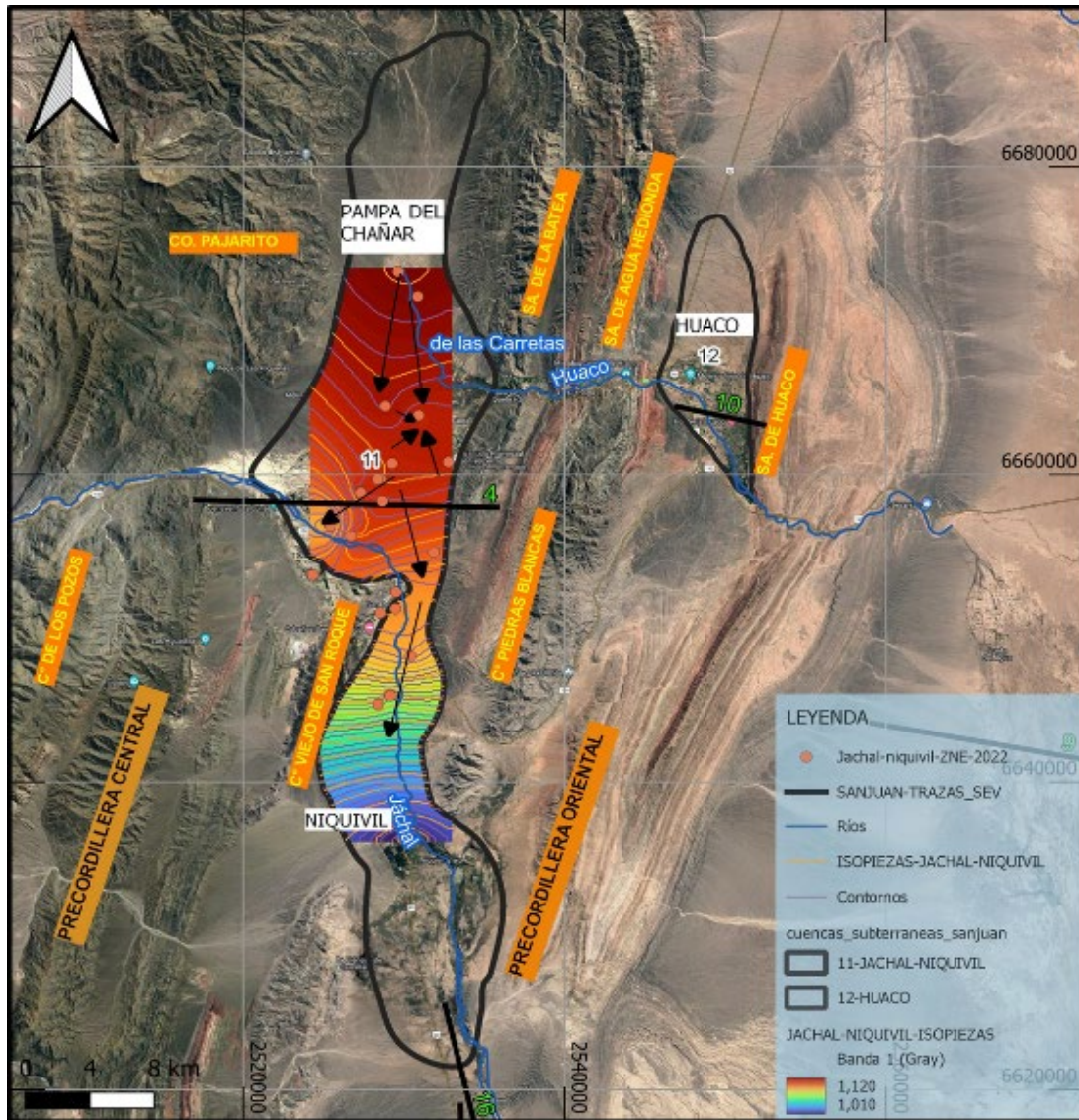


Figura 4-45: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Isopiezas y dirección de flujo subterráneo. Año 2022

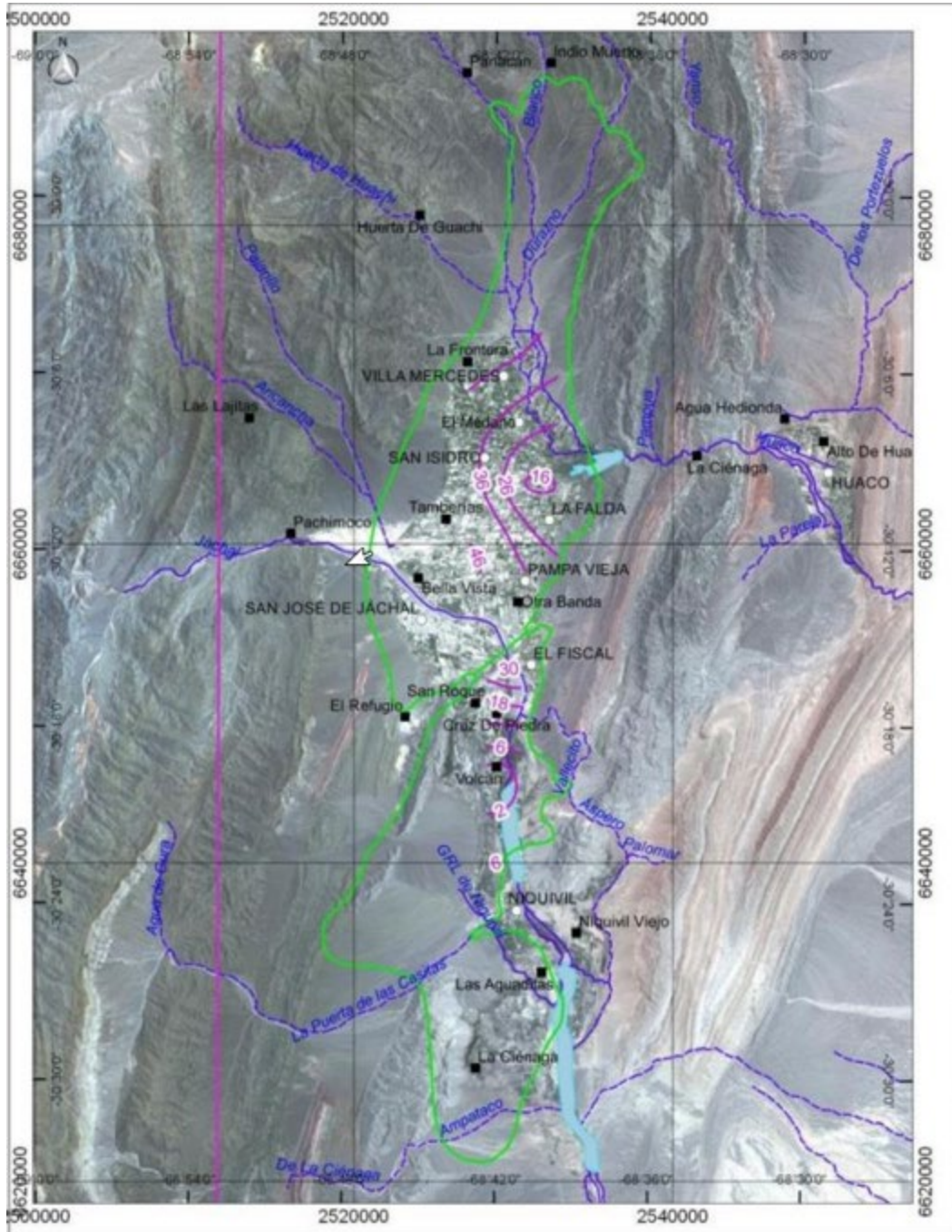
MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El movimiento general del agua subterránea es de norte a sur existiendo continuidad hidráulica entre los acuíferos de Jáchal y Niquivil en la zona de El Portezuelo y El Fiscal, sitio en el cual se produce un estrechamiento de la cuenca de agua subterránea. En las isopiezas se evidencia un flujo de agua en coincidencia con el ingreso del río Jáchal al valle con una componente hacia el dique Los Cauquenes (**Figura 43**). También se verifica un ingreso de agua desde el noroeste del valle, específicamente desde la Pampa del Chañar sector para el cual se estimó un coeficiente de

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

almacenamiento de 0.15, una recarga anual de 15Hm³/a con una capacidad de infiltración de 25mm/hora.

profundidades de NE se exponen en **Figura 46**.



Las

Figura 4-46: Cuenca de Jáchal-Niquivil. Isoprofundidad de NE. 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

PERFORACIONES

El área con mejores condiciones para alumbrar agua subterránea se extiende desde Jáchal hasta la latitud de la vertiente Agua Negra, donde se desarrollan acuíferos libres, que cubren una superficie de unos 345 Km². Estos acuíferos poseen características hidráulicas muy favorables dado que permiten obtener buenos caudales con depresiones relativamente bajas (del orden de 1,5m). El rendimiento específico promedio para esta zona es de 95 m³/h/m.

En la cuenca de Jáchal-Niquivil, según el censo del año 1986, existían 75 perforaciones. Según monitoreo INA 2022, la profundidad del agua subterránea es del orden de los 96 m al noroeste de la ciudad de Jáchal y alcanza los 32-22m, a la latitud del arroyo Agua Negra y 14 en la zona del dique Los Cauquenes.

VARIACION DE ALMACENAMIENTO 70'/71'

En el año 1970 se registró una batería de 10 perforaciones que erogan un total de 950 l/s casi 30Hm³/a. La evapotranspiración se estima en 22 y 5 Hm³/a para las zonas libre y confinada respectivamente. Pérdidas en la red de distribución promedian el 40% estimando un coeficiente de almacenamiento de 10% para el acuífero libre. La infiltración por el lecho del río Jáchal es de 2Hm³/año y la recarga por red de riego se estimó en 94 Hm³/a.

El bombeo durante Julio 70/Julio 71 fue de 3.5Hm³/a mientras que el agua ingresada a través de lluvia al acuífero fue de 8Hm³, en dicho periodo egresaron 146 Hm³, siendo 22 Hm³ de evapotranspiración y 124 Hm³ de escorrentía subterránea.

Existe una problemática de antaño ya evaluada en 1983 por el INA y en 1982 por Secretaría de Recursos Hídricos de San Juan, el cual consiste en la influencia negativa que tiene el dique los Cauquenes funcionando como concentrador de sales a través de la evaporación del espejo de agua, este agua infiltra en el sector noreste del acuífero de Jáchal alterando aún más su química y además la erogación de este agua hacia Huaco a través de canales genera el mismo inconveniente con el recurso subterráneo.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DE HUACO

INTRODUCCIÓN

Es una depresión intermontana que tiene una extensión de unos 280 Km², (ubicación y referencias se muestran en **Figura 45**), atravesada por su parte sur por el río Huaco que es el principal agente de relleno sedimentario de la cuenca. El río de Las Carretas es el colector fluvial de la Pampa el Chañar en Jáchal, y termina en el dique Los Cauquenes desde donde toma el nombre de río Huaco. El citado curso formó un cono aluvial, que aproximadamente abarca la zona cultivada y su parte distal se habría extendido hacia el este, hasta la sierra de Huaco, que margina el valle por el naciente.

Su actividad principal es la agricultura, con una superficie cultivada de unas 300 Has y en menor grado la ganadería, no hay datos actualizados a este respecto.

En la **Tabla 23** a continuación se resumen las variables obtenidas para esta cuenca;

CUENCAS	SUBCUENCAS	SUPERFICIE		E MAX (m)	PRDM (M)	VELOC FLUJO SUBT (m/a)	CAP INFIL (L/s/h a)	COEF ALM	PROF. NE. (mbb p)	RENDIMIE NTO (hm ³ /a/m)	VAR ALM EST(2022)	POZOS	Q MAX (m ³ /h)	CEE	APTITUD RIEGO	ACUÍFERO PPAL
		PARCIAL	TOTAL													
HUACO		280.0	280	300					10	29-35		2	350	2300	REGULAR-MALA	ALUVION Q.

Tabla 4-23: Cuenca de Huaco. Tabla resumen.

RECARGA/DESCARGA

El principal agente de recarga es el río Huaco y desde el oeste y norte una serie de vertientes más el río Yanzo que se infiltran en las bajadas pedemontanas contiguas al abanico aluvial del río Huaco. A lo anterior se suma la precipitación anual promedio en la zona es de 219.2 mm.

La descarga natural sucede al sureste de la cuenca en donde se manifiestan una serie de manantiales y humedales.

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

Estudios geofísicos y perfiles geológicos de perforaciones (**Figura 45 y 46**) realizados sobre el poblado de Huaco permitieron detectar un aumento de espesor de Oeste a Este de 50 a 300m, y a su vez constituido por materiales gruesos con intercalaciones limo-arcillosas en menor proporción.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En el sentido Sur-Norte desde el ápice del abanico aluvial de Huaco hacia el Alto de Huaco el espesor varía entre 10 y 50m.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El valle se desarrolla completamente al este del anticlinal de Agua Hedionda (**Figura 4- del apartado Jáchal-Niquivil**) siendo esta unidad por tanto su límite occidental, su límite este es el flanco oriental del sinclinal sobre el que se desarrolla, representado en superficie por la sierra de Huaco. El límite norte está representado por el alto de Huaco, una elevación topográfica suave que sirve de divisoria de aguas tanto superficiales como subterráneas. Sobre este punto drena el río Yanso, derivando parte de su agua hacia el sector de Chicaguala y parte al valle de Huaco. El límite Sur lo conforman lomadas terciarias.

Las unidades Hidrogeológicas no acuíferas están representadas aquí por los depósitos terciarios y mesozoicos detríticos, no habiendo afloramientos paleozoicos. Las unidades acuíferas son aquellas sedimentarias cuaternarias poco consolidadas.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

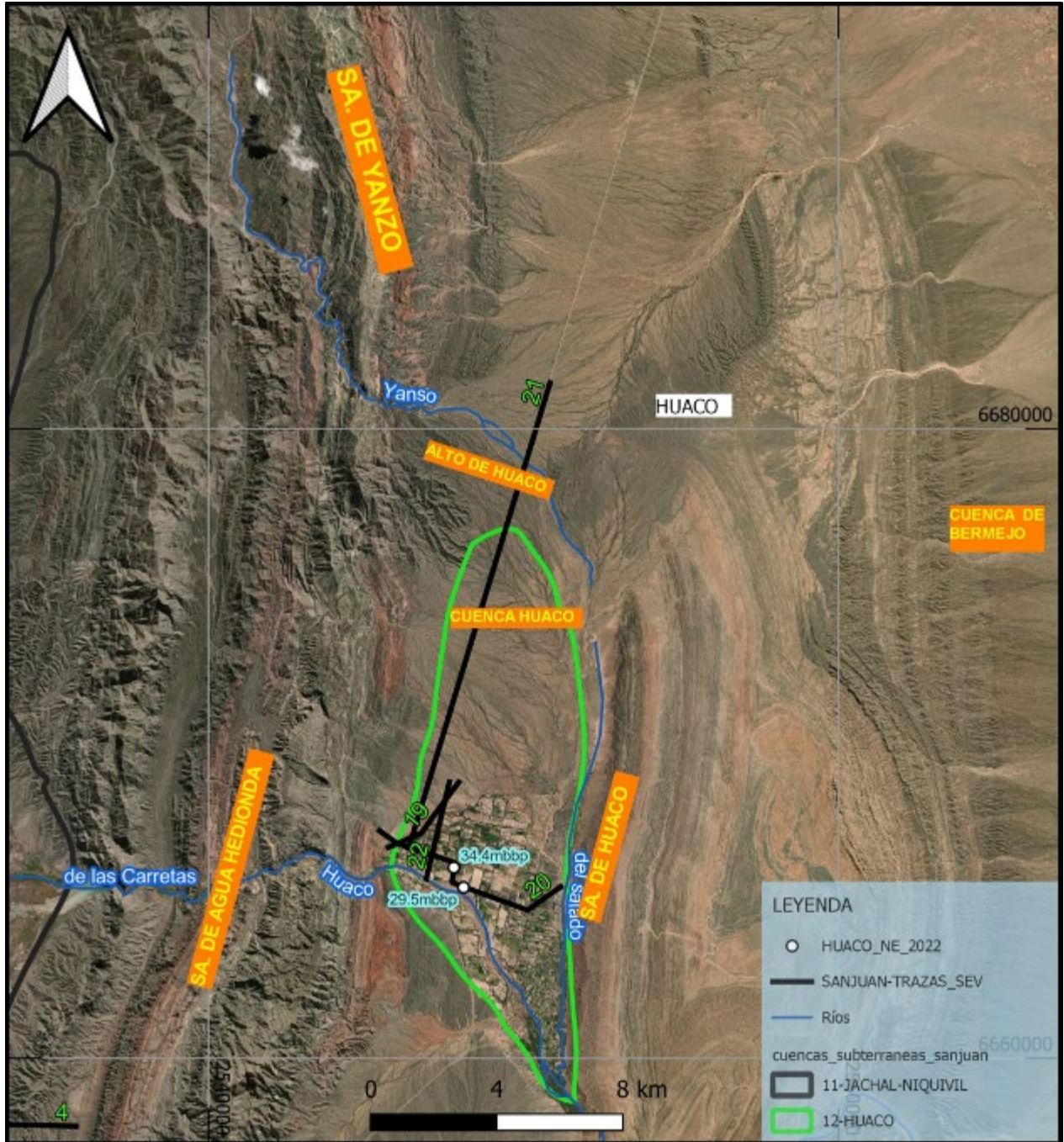


Figura 4-47: Cuenca de Huaco. Ubicación. Cortes Hidrogeológicos 19-20-21-22. Profundidades de nivel de agua tomadas en 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

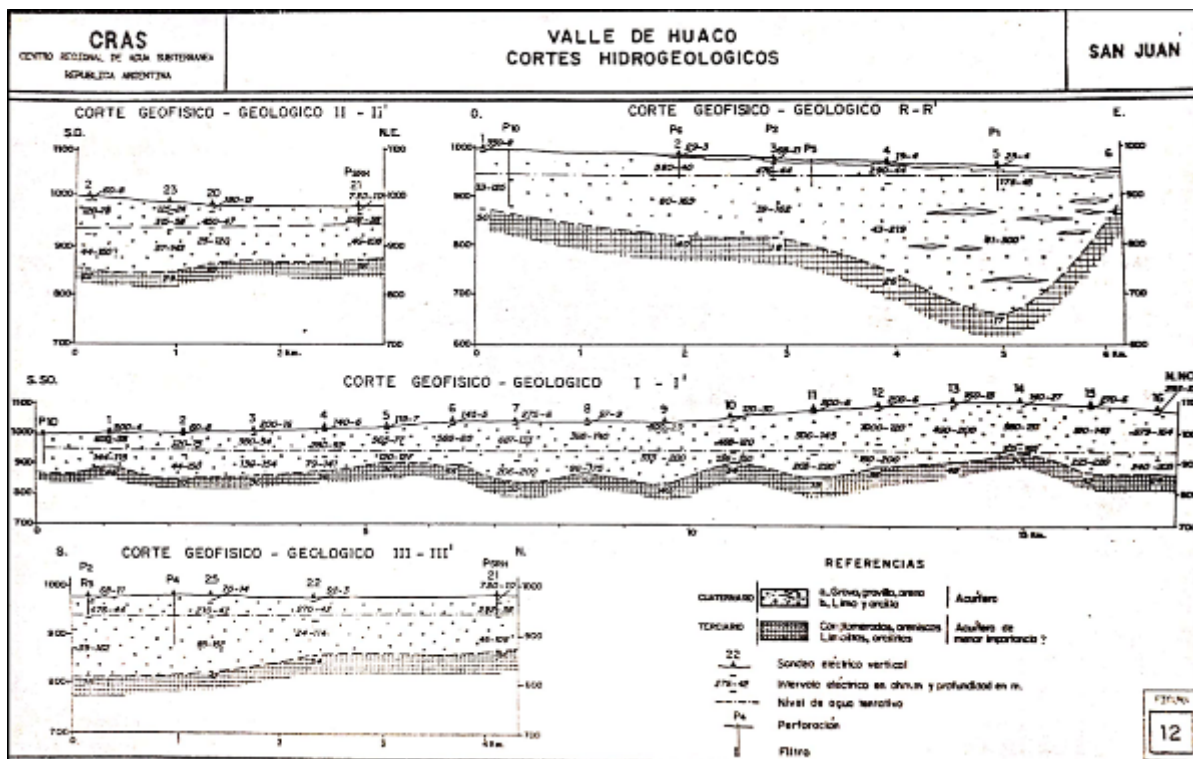


Figura 4-48: Cuenca de Huaco. Cortes Hidrogeológicos 19(III), 20(R), 21(I), 22(II). Tomado de IT-123, INA

HIDROQUÍMICA

Gran parte de la hidroquímica de Huaco se debe a que el agua del río homónimo sufre un proceso de salinización en el dique los Cauquenes, debido al efecto combinado de concentración por evaporación y aportes subterráneos salinizados provenientes de la zona bajo riego de Jáchal; e ingresa a la cuenca de Huaco con una elevada conductividad eléctrica y un alto contenido de boro (CE 5.490 $\mu\text{S}/\text{cm}$, boro 5,3 mg/l), que determinan que el agua de esta fuente sea inapropiada para uso agrícola especialmente para aquellas variedades sensibles al boro. En consecuencia, el agua de las perforaciones de la parte central de la cuenca de Huaco, directamente vinculada con la recarga de este río, muestran un marcado aumento de los SDT y en B en particular, por tanto presenta las mismas limitaciones para el uso agrícola.

En el muestreo 2022 INA relevó dos puntos (**Figura 47**) que corresponden a datos de agua subterránea de pozos con profundidades de 88.7 y 100m emplazados en el acuífero libre.

En estas perforaciones las conductividades medidas fueron 2.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la primera campaña y 2.340 y 4.410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la segunda, superando en todos puntos el valor máximo recomendado por

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

la OMS para consumo humano. Respecto al pH, los valores medidos fueron 7,7 UpH en la primera campaña y 8,25 y 7,63 UpH en la segunda, valores aceptados tanto por el CAA como por la OMS.

El tipo de agua se corresponde con Sódica Clorurada Sulfatada.

Respecto a Dureza Total varía de 360 a 1.041 mg/l de CaCO₃. Estos valores indican que se trata de agua Muy Dura según OMS.

El Cl⁻, SO₄⁼ y SDC superan el valor máximo permitido para consumo en el total de las mediciones realizadas.

El B varía de 0,82 a 4,6 mg/l, lo que indica que ningún pozo es apto para consumo humano según el CAA.

En cuanto a aptitud para riego Regular a Mala, clase IV-C4S3 en las 3 mediciones realizadas.

Respecto a metales pesados, se observaron cantidades elevadas de As y Fe sólo en la perforación N°110; además en esta perforación se observó presencia de Al.

Finalmente, el NO₃⁻ no presenta valores que superen el máximo recomendado para consumo humano en ninguna de las perforaciones medidas.

En el sector norte del valle en los años 70' se detectaron acuíferos de mejor calidad, alimentados desde el borde montañoso occidental. Ello se pudo comprobar con un pozo de exploración, que atravesó 170 m de relleno aluvial permeable que permitió alumbrar agua con una conductividad eléctrica de 2.010 µS/cm y un contenido de boro 1,4 mg/l. En cuanto a la calidad química del agua para consumo humano resultó aceptable. Allí al día de la fecha existe una perforación de OSSE que abastece a la población local.

MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El censo del año 1985 indicaba la existencia de 10 perforaciones. Las mediciones efectuadas en aquella oportunidad permitían señalar que la profundidad del agua al oeste, en la zona de ingreso del río Huaco al valle, era de unos 50 m, en el pueblo de alrededor de 15 m y disminuía gradualmente en dirección sureste en coincidencia con el estrechamiento del valle. El flujo de agua subterránea tiene una dirección noroeste-sureste, coincidente con el río (**Figura 48**). En el relevamiento 2022 llevado por el INA, las profundidades de los dos pozos muestreados fueron de 29 y 35 mbbp.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ALMACENAMIENTO

La superficie de la cuenca de agua subterránea es de unos 140 Km². El almacenamiento se asume en un 10%, por lo cual un descenso del nivel de agua de 1 m significaría una descarga de 14 Hm³. Los pozos ensayados tienen un rendimiento específico que supera los 98 m³/h/m, evidenciando las excelentes condiciones hidráulicas del acuífero, de tipo libre, en el cual es posible obtener elevados caudales sin depresiones importantes.

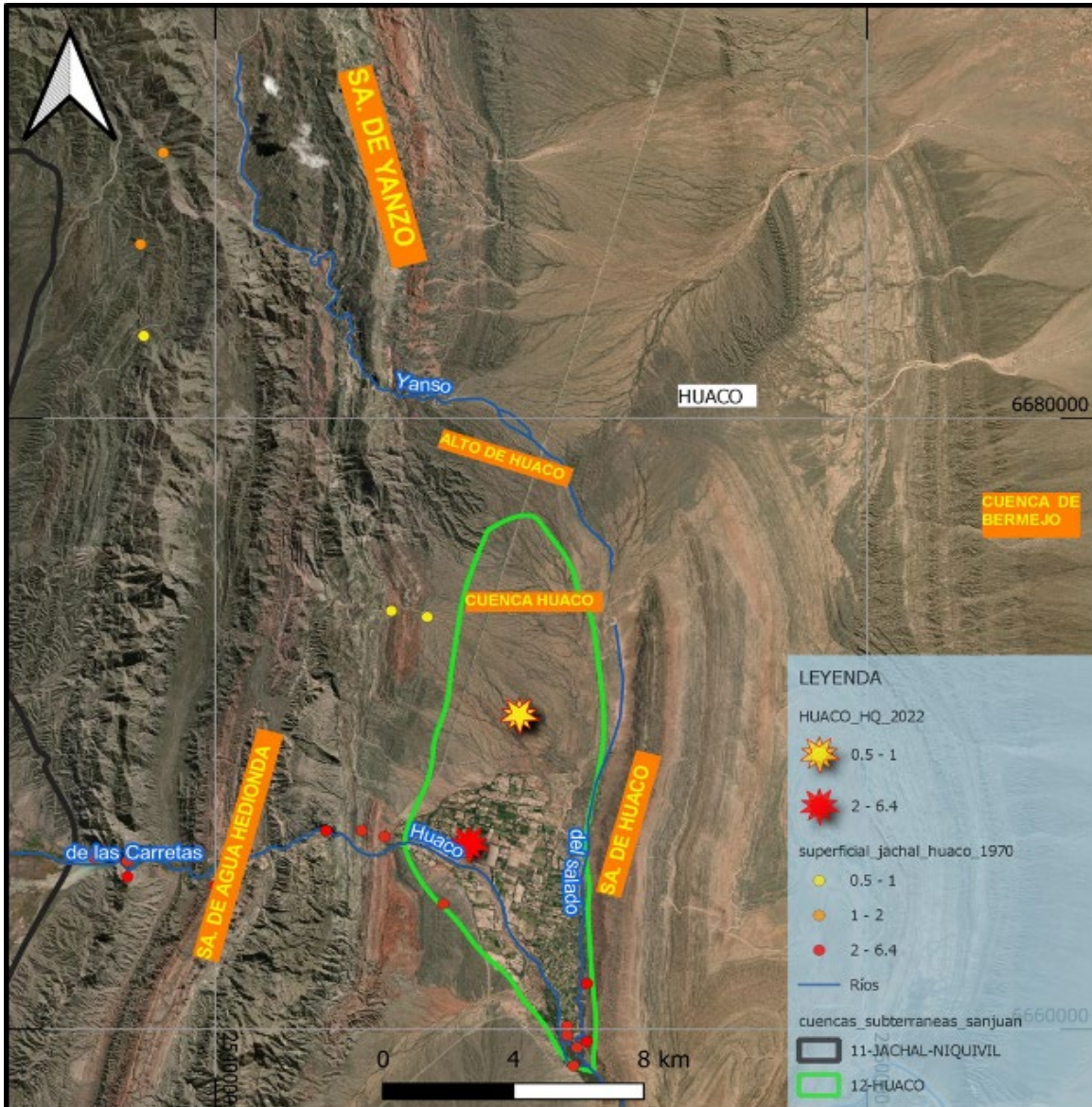


Figura 4-49: Cuenca de Huaco. Hidroquímica superficial y subterránea.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

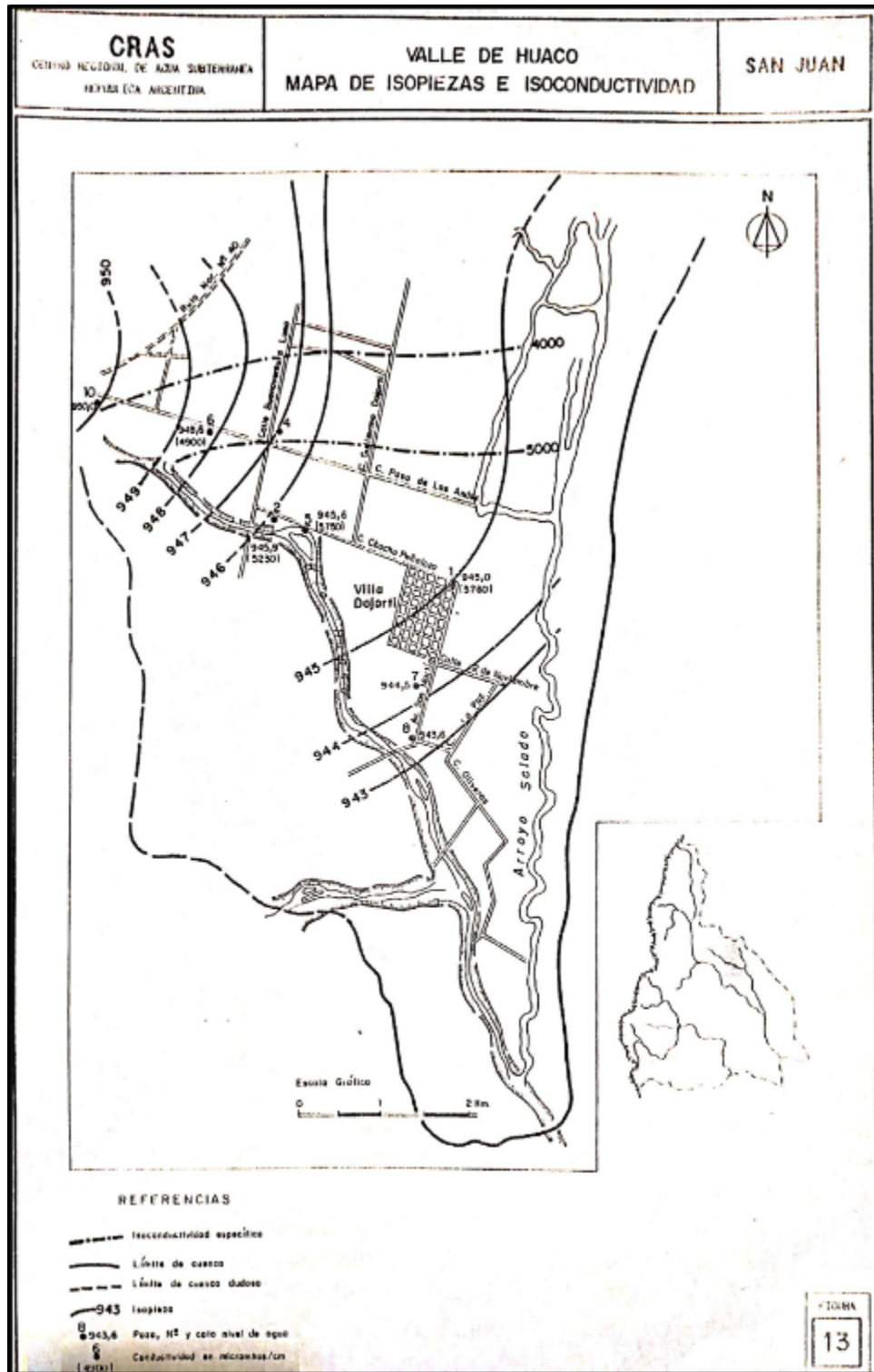


Figura 4-50: Cuenca de Huaco. Isopezas y Conductividades. IT-123 (INA)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DE VALLE FÉRTIL-MASCASÍN

INTRODUCCIÓN

El área de Valle Fértil-Mascasín abarca una superficie de 6700 km² dentro de la cual se desarrolla una cuenca de agua subterránea de unos 3000 km² (**Figura 49**). Está situada en la zona limítrofe con la Provincia de La Rioja y forma parte de una cuenca de mayor extensión denominada Gran Bajo Oriental, de unos 11000 km² de superficie.

Es asiento de una población de 8710 habitantes (censo 2022), de los cuales más de la mitad se concentra en la zona de San Agustín. Su medio de subsistencia es la agricultura, ganadería, minería y turismo. La superficie cultivada en la región es de unas 583 Has (Dirección de Hidráulica, 2007).

A continuación, en la **tabla 24**, se resumen los datos de interés de los acuíferos y en la **tabla 25** se resumen los datos relevados en algunos puntos de interés;

ACUÍFERO		ESPESOR(m)	Acuífero	NE	ALMACENA MIENTO(Hm)	AREA(km ²)	RANGO APTITUDES	C.E.(uS/cm)
A	VALLE FERTIL-MASCASIN	150-200	Gr-Ar	100-44				
B	USNO-CHUCUMA	25-40	Bloque-GRAVA-ARENA	5-25				
A+B	GLOBAL				50	3000	BUENA a INAPROPIADA	750-8000

Tabla 4-0-5 - Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Tabla Resumen.

ZONDA DEL PUNTO	C.E. (uS/cm)	APTITUD	CLASE	PROFUNDIDAD FINAL(m)
ZONA MASCASIN	2400	REGULAR A MALA	CLASE III	SD
	1670	BUENA A REGULAR	CLASE III	318
BALDE DE LEYES	1780	BUENA A REGULAR	CLASE III	58
	1870			120

Tabla 4-25: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Resumen Perforaciones.

RECARGA/DESCARGA

La mayor parte de recarga de la cuenca procede de ríos y arroyos que son alimentados por las precipitaciones que caen sobre las montañas situadas al oeste del valle. Estas precipitaciones disminuyen de norte a sur de 340 mm/año en San Agustín a 118 mm/año en Marayes. Excepto en períodos de lluvias muy fuertes, el agua de estos arroyos se infiltra o se evapora después de recorrer pocos kilómetros, al llegar a los sedimentos permeables del piso del valle.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

El río del valle, con un derrame anual de unos 25 Hm³, es el más importante de la región y está alimentado por una cuenca imbrífera de 658 km². Fluye generalmente durante todo el año y recarga la cuenca de agua subterránea cerca de San Agustín. Algunas veces, durante crecidas excepcionales, el río alcanza las salinas de Mascasín. Otros ríos, de menor importancia y régimen intermitente, son el Usno, Las Tumanas, Astica y Chucuma.

Se estima que el escurrimiento anual promedio en el área es superior a 100 Hm³. En la hipótesis de que el 50% de este agua superficial se infiltre y alimente la cuenca de agua subterránea, la recarga anual sería de 50 Hm³.

El sitio de descarga para toda el área se encuentra en las salinas de Mascasín, donde el acuífero libre gradualmente pasa a confinado dando lugar a surgencias que formarán las capas salitrosas de Mascasín. En estas salinas es de destacar la presencia de acuíferos confinados como lo evidencia el **pozo surgente** situado en la provincia de La Rioja, próximo al límite interprovincial y aledaño a la ruta Nacional N° 141. El agua de esta captación tiene una salinidad de 2.400 µS/cm, de aptitud regular a mala para el riego (Clase III).

GEOMETRÍA E HIDROQUÍMICA DE LA CUENCA

El área de Valle Fértil-Mascasín abarca una superficie de 6700 km² dentro de la cual se desarrolla una cuenca de agua subterránea de unos 3000 km² y puede subdividirse en tres subcuencas principales (**Figura 50**):

A-cuenca Valle Fértil Mascasín: constituye una fosa tectónica de 150-200m de espesor, el basamento lo constituyen unidades terciarias y mesozoicas. El relleno sedimentario lo conforman gravas y arenas que progradan a limos y arcillas con participación de evaporitas (en las salinas). Es un acuífero de tipo libre con NE de norte a sur de 100m, 44m en Chucuma y se eleva hasta aflorar en las salinas de Mascasín al Sur, en donde el acuífero adquiere condiciones confinantes existiendo pozos surgentes como el G y B.

B-Cuenca Marginal: Usno-Chucuma: Limitada al oeste por las sierras de Valle Fértil y al este por la Falla de Valle Fértil. Presenta espesores de 25-40m. Se extiende desde Usno hasta Marayes. Basamento Tc-Mz. Relleno cuaternario dado por bloques, gravas y arenas. Acuífero único tipo libre con profundidades del agua subterránea entre 8 y 13m.

C-Cuenca Marginal San Ramón-Chepes Sur: Esta cuenca se extiende casi en su totalidad en la provincia de La Rioja, por tanto se nombra con fines meramente informativos. Sus límites son

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

la denominada falla Del Límite al occidente y al oriente los bordes montañosos. En general se halla subexplotada. En general el agua subterránea se mueve de norte a sur descargando en las salinas de Mascasín.

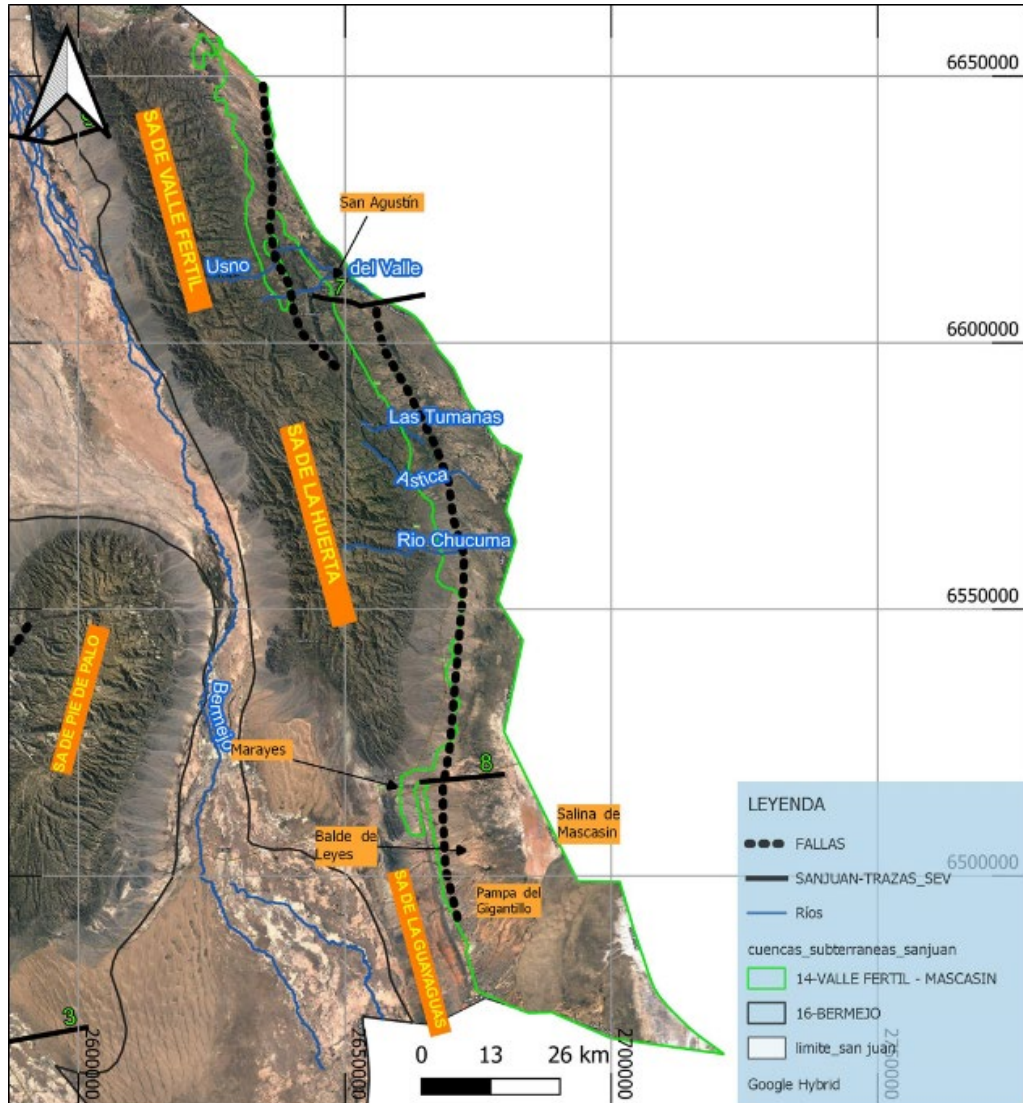


Figura 4-51: Cuenca Valle Fertil – Mascasín. Ubicación. Localidades y Ríos Principales Permanentes y Temporarios. *Trazas de cortes 7 y 8. z*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

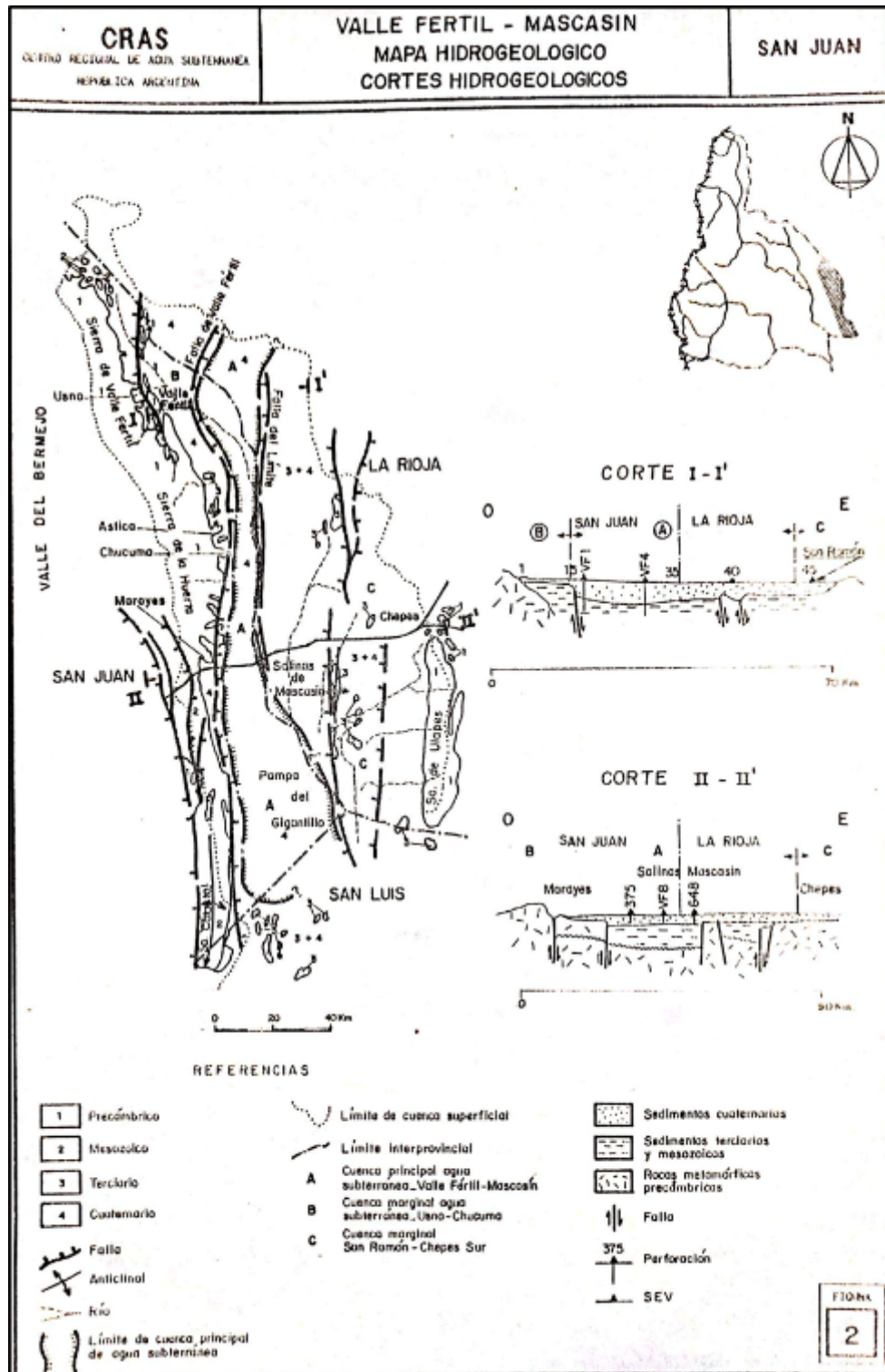


Figura 4-52: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Esquema de subcuencas A (VALLE FERTIL-MASCASIN) B (MARGINAL USNO-CHUCUMA) C (SAN RAMON-CHEPES). Trazas 7 y 8 en Figura 49.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

La cuenca de Valle Fértil se aloja en la provincia geológica de Sierras Pampeanas Occidentales cuya estratigrafía se puede sintetizar como un basamento geológico precámbrico metamórfico sobre el que se apoyan sedimentitas continentales paleozoicas, mesozoicas y terciarias. Todo el conjunto es asignado hidrogeológicamente a las unidades No Acuíferas de la cuenca de interés.

Las unidades Acuíferas son aquellas asignadas al cuaternario depositadas en planicies aluviales, de bajada pedemontana reciente-actual y depósitos eólicos. Localmente rocas precámbricas y terciarias.

Los límites orográficos lo conforman en el oeste ordenadas de norte a sur las sierras de Valle Fértil, la Huerta, Guayaguas y Catantal, mientras que el límite oriental también de norte a sur se corresponde con las sierras de Chepes y Las Minas.

HIDROQUÍMICA

Al oeste de las Salinas de Mascasín se posee información de las características químicas del agua subterránea de un pozo de 318 m de profundidad. El agua tiene una salinidad de 1.670 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es de Clase III, de aptitud buena a regular para riego.

Al sur de la Ruta Nacional N° 141 no se han realizado estudios evaluatorios de las condiciones hidrogeológicas de la zona de la Pampa del Gigantillo y su sector austral. Sin embargo se posee información de la presencia de agua subterránea en Balde de Leyes, donde un pozo de 56 m de profundidad explota un acuífero constituido por gravilla y arena, cuya agua tiene una conductividad de 1780 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es de Clase III, de aptitud buena a regular para riego y apta para la bebida. Otro pozo situado a unos 15 kilómetros al sureste de esta localidad alcanzó 120 metros de profundidad y extrae agua de 1870 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para la subcuenca A, el agua de una captación tiene una salinidad de 2.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de aptitud regular a mala para el riego (Clase III) y no presenta grandes inconvenientes para cualquier tipo de cultivos. Mientras que para la subcuenca B, el uso del agua no tiene limitaciones. En la **Figura 51** y **52** se pueden observar isoconductividades e iso calidad para riego, respectivamente para la subcuenca A.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Norte-Sur hasta salinas de Mascasín.

ALMACENAMIENTO

Según IT-123 (INA), para el área de Valle Fértil, según diversos autores, se podría disponer de un total de 11 Hm³/año de agua subterránea para diversos usos,

EXPLOTACIÓN DEL RECURSO

Según IT-123, años 90', El agua subterránea se explota mediante unos 130 pozos entubados con equipos de bombeo y unos 180 pozos tipo balde. La mayor parte de ellos se encuentran en Usno-San Agustín y en menor cuantía en las localidades de Astica y Chucuma.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

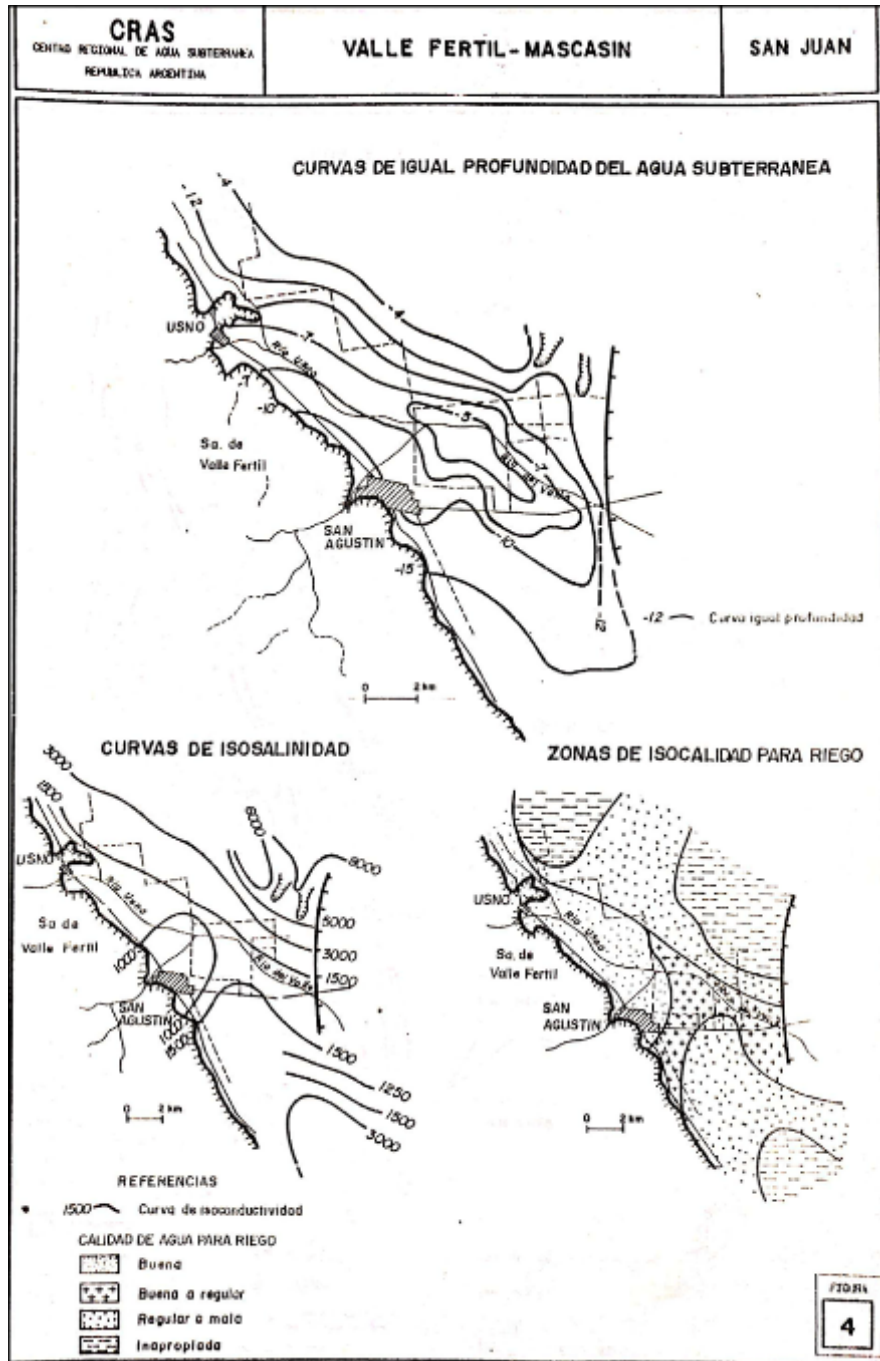


Figura 4-53: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Curvas isoconductividades e isocalidades para riego de cuenca A.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

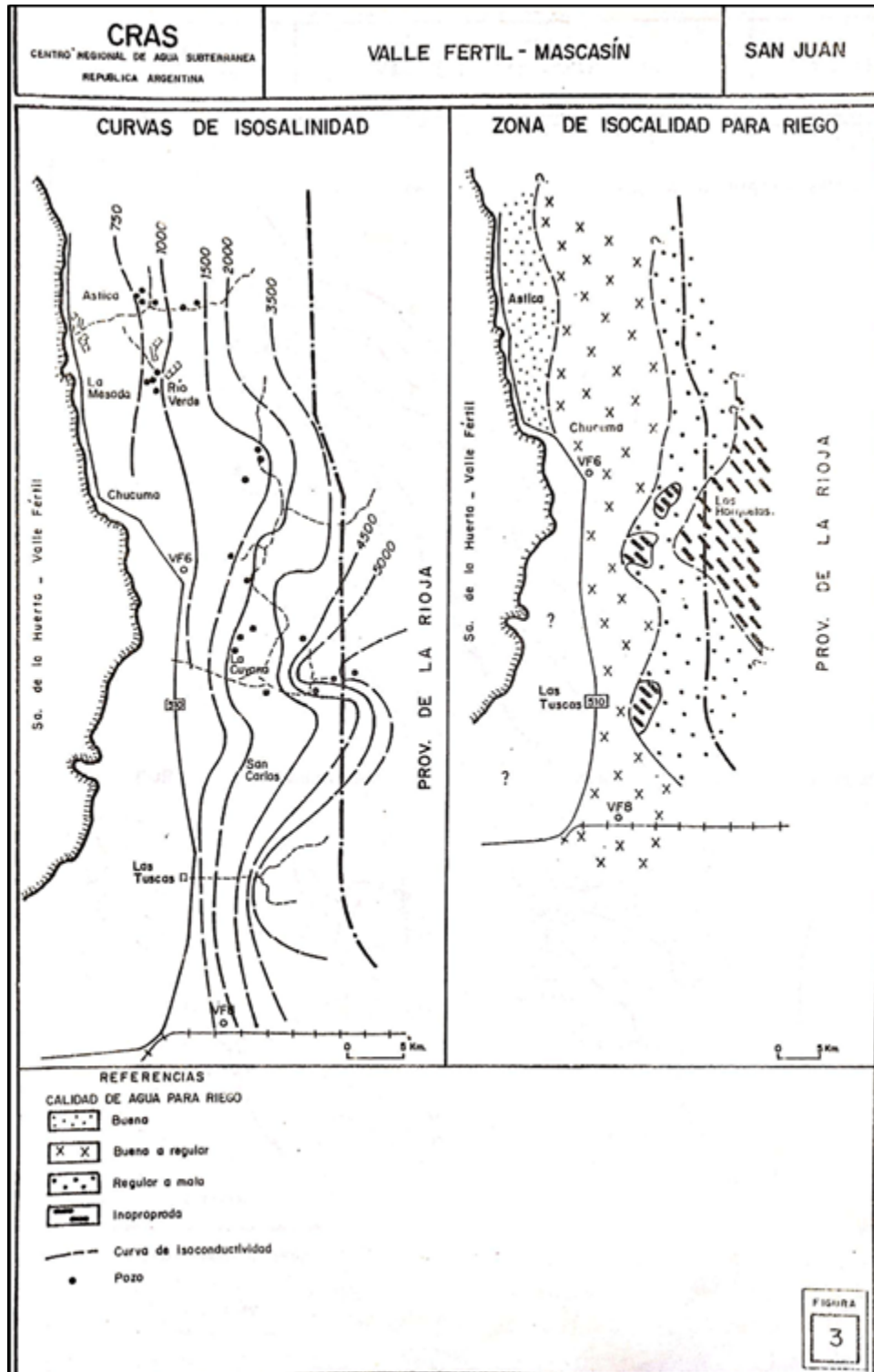


Figura 4-18: Cuenca Valle Fértil – Mascasin. Curvas isoconductividades e isocalidades para riego de cuenca A

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DEL BERMEJO

INTRODUCCIÓN

El valle de Bermejo (**Figura 53**) abarca una superficie de 17.800 Km² y contiene una cuenca de agua subterránea de unos 7.200 Km², que está abierta al norte y al sur excediendo los límites provinciales. Es surcada por el río homónimo, de naturaleza temporaria, que junto a sus afluentes sólo llevan agua en épocas de grandes derrames pluviales o nivales.

El rigor del clima y la escasez de recursos hídricos han sido los principales obstáculos para el establecimiento y crecimiento de los centros poblados del valle del Bermejo. Aunque la cuenca superficial drenada por el río Bermejo es muy extensa (60.000km²), varios factores convergen para impedir que ingresen a la cuenca de agua subterránea cantidades importantes de agua y de calidad aceptable para cualquier uso agrícola.

La población de la región es de 2.000 habitantes (censo 1980), que se agrupa en siete núcleos principales: Punta del Agua y Mogna sobre río Huaco y Jáchal respectivamente, Las Chacras, Marayes, Bermejo, Niquizanga y El Encón. La actividad económica en el área se restringe a la ganadería, explotación de retamo y leñeras, no existiendo mayormente la práctica de la agricultura, a pesar de que la misma llegó a ser de cierta importancia en Mogna, Punta del Agua y Las Chacras.

En las tablas de abajo se resume la información relevada de la cuenca

	cantidad de perfor	PROF(m)	FILTROS	CEE	DT	BO	NO3	CLASE	Q(m3/h)
Los pozuelos	2	354	85-110	1250	307	0.48	-----	III	14
Punta del Agua	1	376	178-193/287-203	6340	1200	6.7	14	VII	38
Mogna	4	64	41-64	3000	650	4.1	-----	IV	-----
Ea. Niquizanga	1	142	61-76	-----	-----	-----	-----	III	-----
Bermejo	6	96	44-48	SD	977	-----	-----	VII	-----
Marayes	3	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Encón	3	278	254-266/271-278	1120	44	1.5	0.6	III	90
Las Trancas	5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
pozos balde	30	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	55								

Tabla 4-26: Cuenca del Bermejo. Resumen Perforaciones.

SECTORES	RFICIE	ESPESOR MAX(m)	ALMACENAMIENTO EXPLOTABLE (hm3)	ACUÍFERO LITOLOGIA
NORTE	-----	500	3	GRAVO ARENOSO EVAPORÍTICO
CENTRAL	-----	1000		ARENO LIMO ARCILLOSO EVAPORÍTICO
SUR	-----	700		ARENO LIMO ARCILLOSO EVAPORÍTICO
GLOBAL	7200	733	1500	

Tabla 4-27: Cuenca del Bermejo. Tabla Resumen.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

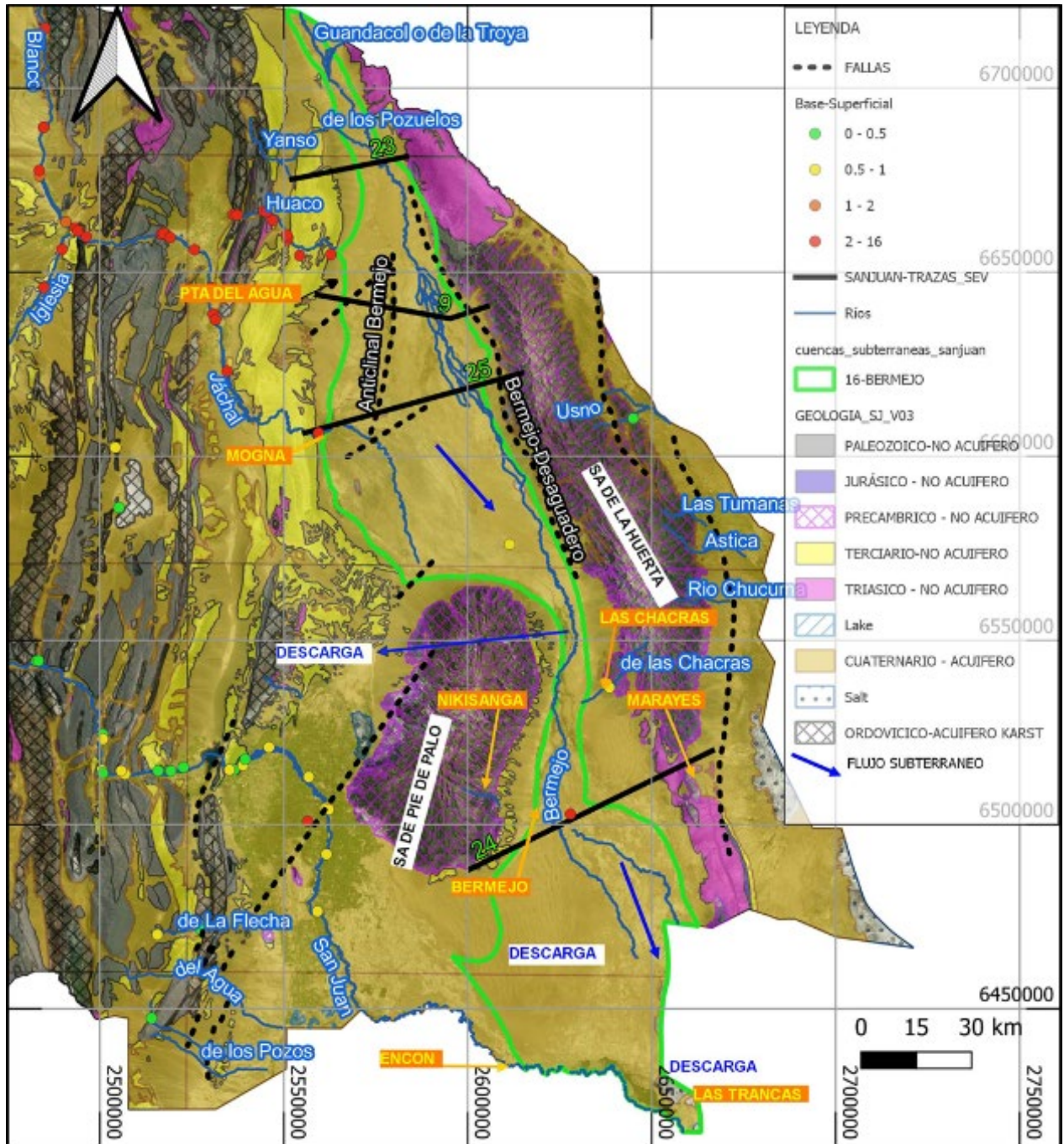


Figura 4-55: Cuenca del Bermejo. Ubicación. Poblados. Toponimia. Estructuras. Afloramientos Geológicos. Unidades Hidrogeológicas. Ríos y Arroyos. Trazas de cortes hidrogeológicos. Tenores de Boro en cursos superficiales (mg/l). Zonas de descarga.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

RECARGA/DESCARGA

En general las precipitaciones directas sobre el valle y sus bordes inmediatos no participan de modo significativo en la recarga porque se evapora en su casi totalidad, especialmente aquellas que caen sobre la cubierta de material fino poco permeable de la planicie aluvial. En segundo lugar, las aguas de los ríos Bermejo, Guandacol, Huaco y Jáchal, de alimentación permanente, son utilizadas en su mayor parte antes de ingresar al valle.

La descarga del agua subterránea acumulada en la zona central se produce principalmente por ascenso y evaporación en los salitrales, o bien por salida subterránea en la angostura comprendida entre las sierras de la Huerta y Pie de Palo.

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

La zona norte (**Corte 23 - Figura 53**) se extiende entre el límite interprovincial San Juan - La Rioja y el río Huaco. El relleno aluvial con resistividades de 20-30 ohm.m, tiene un espesor máximo de unos 500m de los cuales la parte superior parece tener buenas características de permeabilidad.

La zona central de la cuenca (**Corte 9 y 25 – Figura 53**) se extiende entre Punta del Agua y la Sierra de Pie de Palo; los materiales que la integran poseen resistividades comparativamente menores que en la zona norte y alcanzarían hacia el este espesores del orden de los 1.000 m.

La zona sur de la cuenca (**Corte 24 – Figura 53**) presentaría en su sector norte coincidente con la parte más estrecha del valle, un sustrato terciario poco profundo, menos de 50 m, o bien un relleno Cuaternario fino muy salino. Hacia el sur, a la altura de la Ruta Nacional N° 20, el basamento Terciario se encontraría a unos 400m y hasta 700m en la zona de Las Trancas.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

En las **figuras 53 y 54** se muestran los límites y unidades hidrogeológicas de la cuenca, zona norte y central son ambas una depresión tectónica ubicada entre precordillera oriental al oeste y sierras pampeanas occidentales al este, sus límites orográficos son; al este por la falla Bermejo-Desaguadero, al oeste por afloramientos terciarios y sierra de Huaco- Mogna y al sur por la estrechura entre Sierras de Pie de Palo y La Huerta.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Se apoya prácticamente en su totalidad sobre terrenos terciarios, conformado por grava, arena, limo, arcilla y evaporitas. La granometría disminuye de Este a Oeste completando la secuencia con sedimentos eólicos y lacustres. En el norte se comporta como libre, el resto es confinado.

La zona sur comienza en la angostura Pie de Palo y La Huerta y mantiene los límites Oeste y Este de la zona norte, y quedando abierta al sur conectándose con Lavalle, (provincia de Mendoza) y Belgrano (provincia de San Luis). La granometría es predominantemente areno-limosa con evaporitas. El límite con el Valle de Tulum lo conforma el alto estructural de Médanos Grandes.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

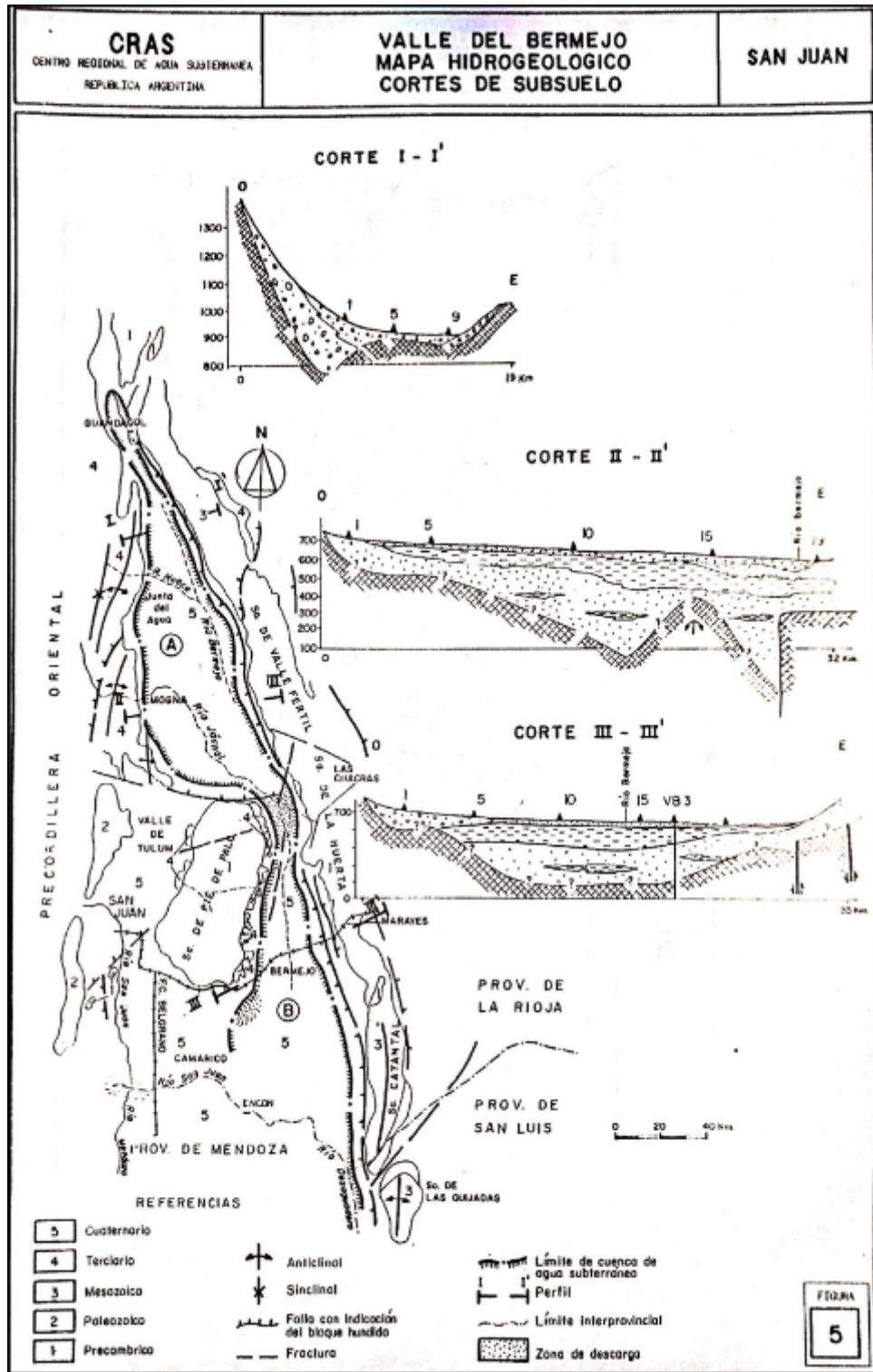


Figura 4-56: Cuenca del Bermejo. Croquis hidrogeológico tomado del IT-123, 1990. El corte I, II y III se corresponden con el 23, 25 y 24 de la Figura 53, respectivamente.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

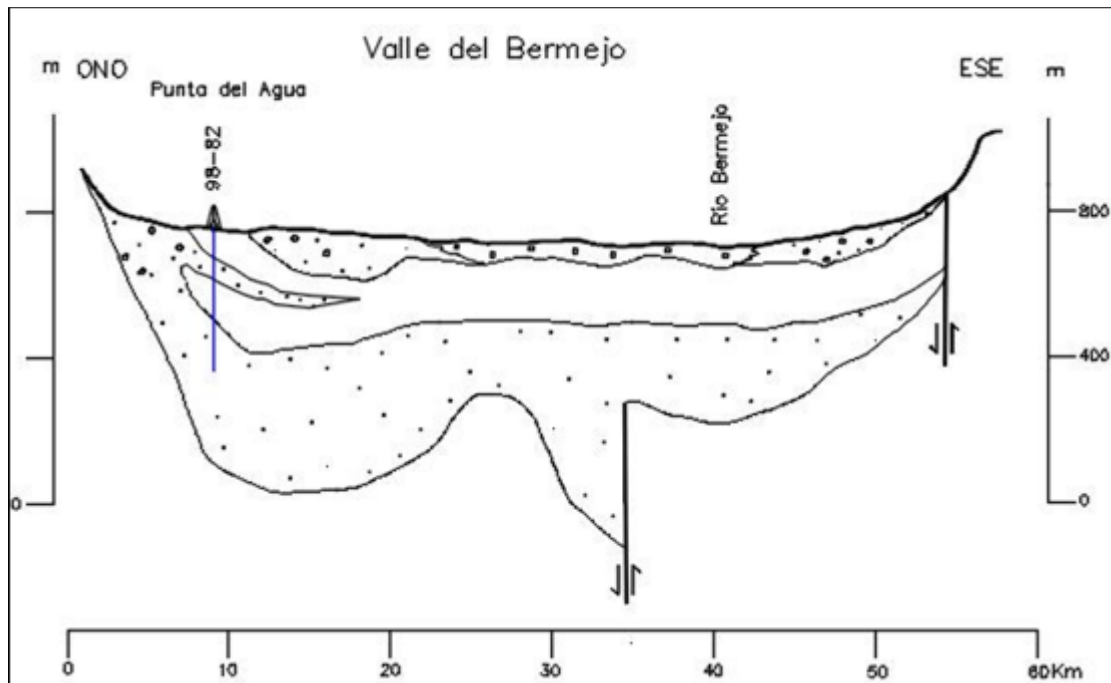


Figura 4-57: Cuenca del Bermejo. Corte Hidrogeológico 9 según Figura 53

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

HIDROQUÍMICA

En general la calidad del agua decrece de norte a sur, las conductividades medidas al norte son del orden de 1250 μ S/cm, zona central y sur de 6350 μ S/cm.

Las calidades de agua en el sector norte de esta cuenca son de 1250 μ S/cm y un caudal de 37m³/h. Desde Punta del Agua hacia el sur la calidad decae, así como los rendimientos. Algo más al norte el río Guandacol con agua de CLASE II sería el punto de mejor calidad conocida de toda la cuenca, no se cuenta con más información que esta.

Hacia el este del sector Central (Entre Punta del Agua y Estrechamiento), contenga agua confinada de calidad aceptable por ser la continuación de la cuenca norte. Perforaciones profundas de exploración permitirán conocer las características hidrogeológicas de esta zona y sus posibilidades de aprovechamiento.

En el sector occidental de la zona central, recargado esencialmente por infiltraciones de los ríos Huaco y Jáchal en sus abanicos aluviales, se descarta prácticamente toda posibilidad de encontrar allí agua subterránea de calidad adecuada, debido a que, estos ríos ingresan al valle con una alta concentración salina y bórica (Clase IV y V) que restringe considerablemente su utilización agrícola. Ello se puede observar en los diagramas circulares correspondientes a un pozo de exploración situado al sur de Punta del Agua y otro en la zona de Mogna.

En el sector sur, en general la calidad es inapropiada hasta los 400m de profundidad según datos de perforaciones y de recopilación de fuentes naturales. Las posibilidades de uso se restringen a mantantiales como en Las Chacras y Niquizanga, de Clase III. Es posible que parte de estas aguas se infiltren y alimenten el relleno del valle.

En la localidad de El Encón se posee información de un pozo de 278 m de profundidad situado en la estación de servicio del ACA cuya agua tiene una conductividad de 1.120 μ S/cm, es de aptitud buena a regular para riego (clase III). Esta agua por su contenido de arsénico (0,34 mg/l) es inapropiada para el consumo humano.

La zona norte cercana a Guandacol, tiene cierto potencial ya que es la única que recibe la recarga del río Guandacol que posee agua de buena calidad (clase II).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El movimiento es de norte a sur (**Figura 53**) verificando una zona de descarga en la estrechura Pie de Palo y la Huerta y otra similar se encuentra en el extremo suroeste de Médanos Grandes pero está vinculada con el flujo interno de los médanos y no al movimiento general de las cuencas subterráneas.

EXPLOTACION DE LA CUENCA

En general la cuenca del Bermejo está subexplotada dada que las perforaciones que existen son de carácter exploratorio y el resto son numerosos pozos baldes que abastecen necesidades locales. En la Tabla de abajo se contabilizan estas explotaciones/exploraciones. De las 24 perforaciones solo dos del Encon son de uso poblacional y su calidad química indica que la recarga proviene del río San Juan.

	cantidad de perforaciones	Pozos Balde
Los pozuelos	2	30
Punta del Agua	1	
Mogna	4	
Bermejo	6	
Marayes	3	
Encón	3	
las Trancas	5	
Total	24	30

Tabla 4-28: Cuenca del Bermejo. Perforaciones.

ALMACENAMIENTO

En zona norte, si bien el volumen de agua almacenada en esta zona puede ser importante, (del orden de los 1.500 Hm³), los aportes anuales, de los ríos Guandacol y Bermejo son escasos, estimados en el orden de los 3 Hm³; pero permitiría un desarrollo agrícola moderado para unas 500 Has.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA DE HUALILÁN

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de Gualilán (**Figura 56**), es una depresión intermontana de unos 300 Km² de extensión, de origen tectónico y carácter endorreico, desarrollada entre las sierras de La Invernada y Talacasto. En el ámbito de la cuenca no existe ningún centro poblado, ni desarrollo agrícola-ganadero. Sólo cabe mencionar, en los alrededores de Cienaguita y de la Estancia de La Ciénaga situadas al suroeste de la cuenca, el desarrollo de pequeños cultivos especialmente de pasturas para el consumo local, aprovechando el agua permanente que ofrecen las vertientes existentes. Además, en la estancia La Ciénaga se ha intentado el cultivo de álamos y eucaliptus procurando una forestación que se ve muy afectada por las heladas de primavera.

Abajo en las **Tablas 29 y 30** se sintetiza toda la información de la cuenca. Las coordenadas, profundidades de pozo y filtro son extraídas de imágenes de cortes.

	SUPERFICIE (km ²)	ESPESOR MAX(m)	ALMACENAMIENTO EXPLOTABLE (hm ³)	ACUÍFERO LITOLOGIA	TIPO
HUALILAN	200	140	----	SUPERIOR LIMO-MARGOSO/INFERIOR ARENO-GRAVOSO	CONFINADO

Tabla 4-29: Cuenca Hualilán. Tabla Resumen.

RECARGA/DESCARGA

La red de drenaje está conformada en su totalidad por cursos de régimen temporario, alimentados por lluvias torrenciales estivales que rondan los 150-200mm anuales según isohietas de **Figura 1**.

	COORD E	COORD N	PROF(m)	FILTROS	NE(mbbp)	CEE	DT	BO	NO3	CLASE	Q(m ³ /h)	TIPO
99	2507136.291	6583663.786	110	72-105	4-5	788	236	0.56	-----	II	5	cálcica, bicarbonatada y sulfatada sódica
102	2507958.64	6583630.892	100	80-100	4-5	604						
108	2507136.291	6586097.94	100	80-100	4-5	----						
106	2507169.185	6584650.605	80	----	4-5	----						
103	2508780.99	6582578.285	110	80-100	4-5	565						
100	2505820.531	6589502.467	100	80-100	4-5	----						

Tabla 4-30: Cuenca Hualilán. Resumen datos perforaciones

GEOMETRÍA DE LA CUENCA

Contiene a una cuenca de agua subterránea estimada en 200 Km² de superficie. La única información de subsuelo (**Cortes 26 y 27 de Figura 56**) que se posee corresponde a perfiles

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

litológicos y perfilajes eléctricos de pozos ubicados en el sector suroeste de la cuenca, próximo a la ruta provincial N° 436, donde el espesor de relleno aluvial es de al menos 140 m.

GEOLOGÍA Y UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El ambiente deposicional corresponde a conos aluviales coalescentes, con su zona de bajada y planicie aluvial limo-arcillosa-margosa (**Figura 56**), en su zona centro-sur. El resto del área está conformada por médanos en la región oriental. El perfil litológico atravesado por las cuatro perforaciones cerca de la ruta provincial N 436 está integrado principalmente por limo y arcilla en su parte superior y grava, gravilla y arena con intercalaciones de materiales finos, en su parte inferior. Esta distribución granulométrica favorece el confinamiento de los acuíferos.

El basamento hidrogeológico de la cuenca de agua subterránea correspondería tanto a terrenos paleozoicos como a sedimentitas terciarias que afloran rodeando la pampa.

HIDROQUÍMICA

El agua extraída es de los pozos (**Figura 57**) mencionados es de tipo cálcica, bicarbonatada y sulfatada sódica y su conductividad eléctrica varía entre 565 y 788 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El agua de la vertiente La Ciénaga tiene una conductividad de 590 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es de tipo hidroquímico cálcica-bicarbonatada-sulfatada y de aptitud buena para uso agrícola. El tenor de boro (0,56 mg/l) no afecta el normal desarrollo de los cultivos. Hacia el noroeste se tiene un dato de el arroyo temporario Agua de Los Molles con 0.7 mg/l en Boro 0.7 y 1650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CEE.

MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Las vertientes hacia el sur de la pampa, indican que la dirección del flujo subterráneo principal se dirige de Norte a Sur (**Figura 56**).

EXPLORACION DE LA CUENCA

Los caudales bombeados varían entre 80 y 200 m³/h y los niveles piezométricos alcanzan valores cercanos a los 4-5 m de profundidad. En la **Tabla 30**, al comienzo del capítulo se sintetiza toda la información de las perforaciones.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ALMACENAMIENTO

La cuenca de Hualilán ofrece interesantes perspectivas como reservorio hídrico. El único factor limitante para el aprovechamiento del recurso, es el volumen que se recarga en forma natural. Este volumen se estima como pobre, dada la inexistencia de cursos permanentes y lluvias de importancia. En virtud de ello y por tratarse de un recurso prácticamente inexplorado, se considera conveniente cuantificar los parámetros que intervienen en el ciclo hidrológico de esta región, a fin de lograr un aprovechamiento racional y controlado que contribuya a su preservación.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

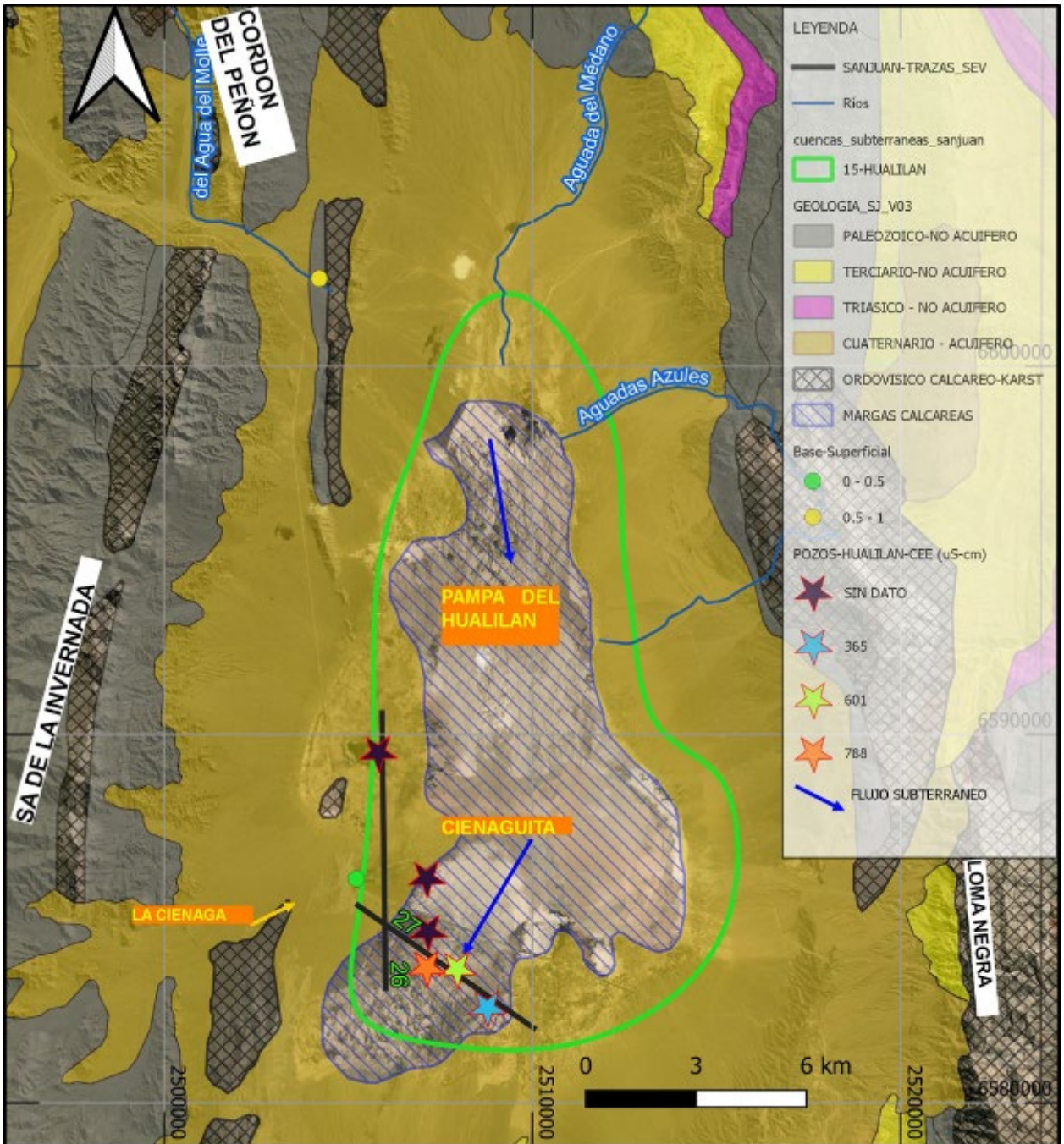


Figura 4-58: Cuenca Hualilán. Pozos. Conductividades. Cortes Hidrogeológicos 26 y 27. Dirección de Flujo. Unidades Hidrogeológicas. Boro en cursos superficiales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

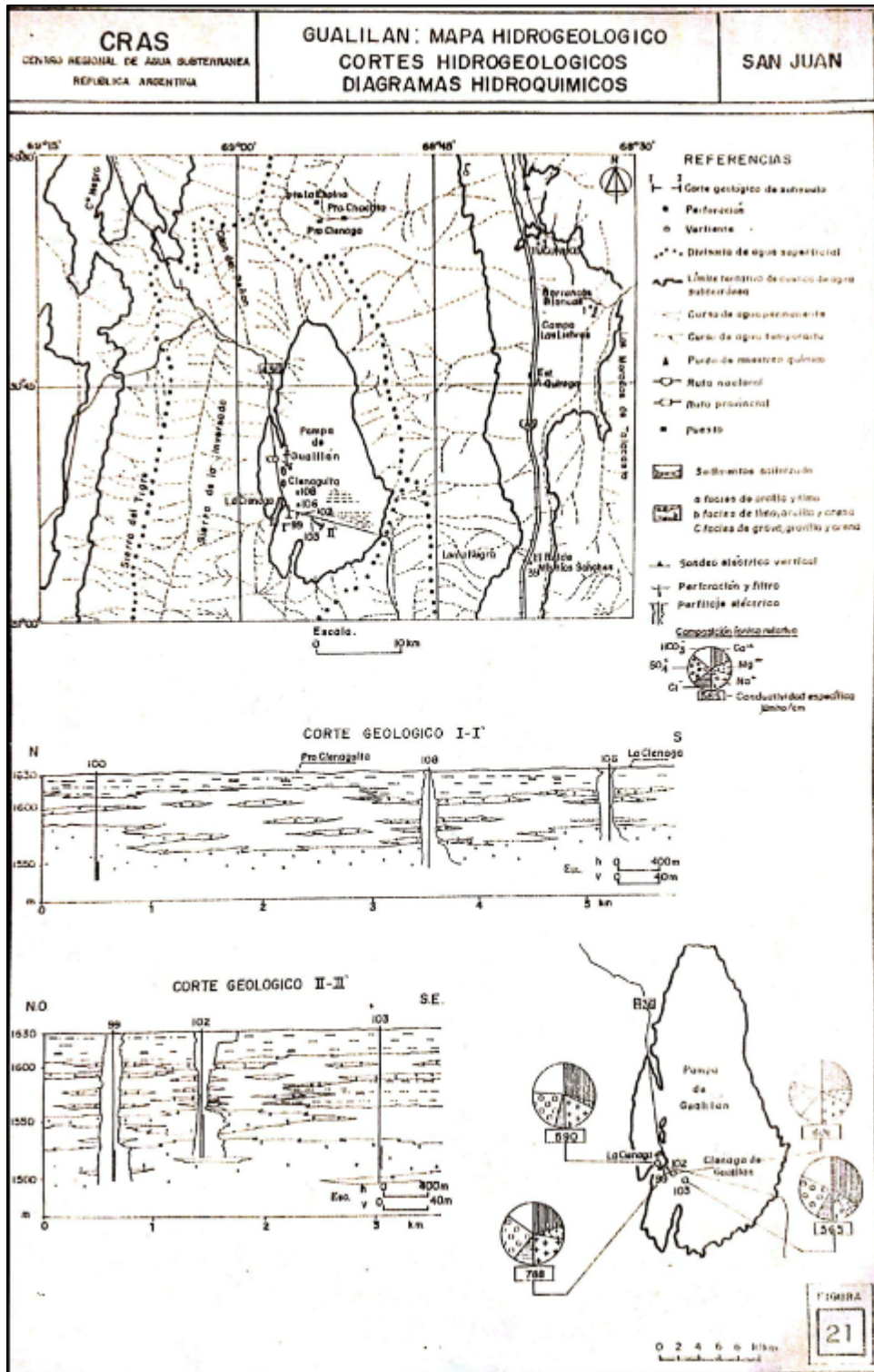


Figura 4-59: Cuenca Hualilán. Secciones geológicas y geofísicas. Tipologías químicas de agua. Los Cortes I-I' y II-II' se corresponde con 26 y 27 de la Figura 56, respectivamente.

5. Demanda de agua

DEMANDA DE AGUA

AGUA POTABLE

La mayor parte de la demanda interna de San Juan se concentra en el valle de Tulum y principalmente en la ciudad capital de San Juan, donde se concentra la mayor cantidad de población. En estas áreas se consumen alrededor del 63% de la demanda interna total de la provincia. Existen áreas alejadas que cuentan con pequeños sistemas de red para entrega de agua potable, estos tratan el agua superficial de los principales ríos en los casos de los departamentos de Calingasta y Valle Fértil. Por otro lado, existen pozos de agua subterránea en áreas donde el agua superficial no es apta (Jáchal) para el tratamiento para uso doméstico, por último, existen departamentos donde directamente el agua superficial de los ríos no escurre hasta esa zona por lo tanto también usan agua de pozos para tratar.

Un porcentaje de más del 90% del área con servicio de agua potable de la provincia de San Juan es abastecida por el agua que trata OSSE, OBRAS SANITARIAS SOCIEDAD DEL ESTADO. Esta empresa del estado provincial se dedica a la administración, distribución y control de los servicios tanto de agua potable como cloacas de la provincia. Existen a cargo de OSSE 20 plantas potabilizadoras de las cuales 15 tratan agua superficial y 5 tratan agua subterránea.

Con los datos obtenidos de OSSE y al no tener mediciones de la demanda provincial, se estimó la misma a partir del abastecimiento de la población.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Departamento	Habitantes	Demanda anual Hm3
25 de mayo	20.838	4,74
9 de Julio	12.074	2,75
Albardón	31.226	7,10
Angaco	10.145	2,31
Calingasta	10.612	5,17
Capital	113.343	25,77
Caucete	44.781	10,18
Chimbas	103.311	23,49
Iglesia	8.737	1,99
Jachal	25.435	5,78
Pocito	74.443	16,92
Rawson	136.134	30,96
Rivadavia	99.036	22,52
San Martin	14.91	3,39
Santa Lucia	60.887	13,84
Sarmiento	27.293	6,86
Ullum	6.463	1,47
Valle fértil	8.71	2,67
Zonda	6.499	1,48
TOTAL	814.877	189

Tabla 5-1: Elaboración propia, demanda anual por departamento.

A pesar de que OSSE mide el total de agua producida en su planta diariamente y monitorea el caudal que entregan sus bombas de agua subterránea a la red de agua potable (algunas bombas solo se tienen valores estimados de producción no medidos) se destaca que los volúmenes de consumo diario varían según el mes del año siendo menores en invierno y mayores en verano. Se destaca que OSSE, si bien posee una base de datos completa que especifica el tipo de usuario en cada una de sus cuentas, no utiliza caudalímetros de agua en ninguno de los usuarios, por lo tanto carece actualmente del cálculo de un valor exacto de consumo desglosado según se trate de agua entregada para uso domiciliario, uso comercial, uso industrial, uso de parques y jardines, ni tampoco posee un dato de las pérdidas estimadas de caudal en la red de distribución, por lo que no es posible al momento de este informe brindar ese dato, el cual será trabajado por el equipo de CFI en detalle utilizando las bases de datos de OSSE para poder entregar un valor confiable de consumo por habitante por día, y de consumo de agua potable para otros usos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Entendemos entonces que la demanda de agua potable (para sus diversos usos) total anual en la provincia es de aproximadamente **189 Hm³**, representando un porcentaje por sí sola en toda la demanda de la provincia y concentrándose mayormente en los departamentos que comprenden el GRAN SAN JUAN.

ENTREGA DE AGUA POTABLE

Considerando lo sabido desde el ente regulador del agua potable OSSE, podemos afirmar que existen seis departamentos que son abastecidos únicamente con agua subterránea. Dichos departamentos son; San Martín, 9 de Julio, Angaco, 25 de Mayo, Caucete, Zonda, Jáchal e Iglesia. Quedando así los departamentos con abastecimiento de agua potable con fuentes mixtas (subterránea y superficial) los siguientes; Albardón, Capital, Chimbas, Pocito, Rawson, Rivadavia, Santa Lucía, Sarmiento, Ullum, Valle Fértil y Calingasta

El agua potable de origen superficial para el valle de Tulum, se produce en la planta potabilizadora de Marquesado y su caudal equivale a 88 Hm³ anuales.

Departamentos	Habitantes	Agua potable (hm ³ /año)	Superficial OSSE (hm ³ /año)	Subterránea OSSE (hm ³ /año)
25 de mayo	20.838	4,74	0	4,74
9 de Julio	12.074	2,75	0	2,75
Albardón	31.226	7,10	2,58	4,52
Angaco	10.145	2,31	0	2,31
Capital	113.343	25,77	15,73	10,04
Caucete	44.781	10,18	0	10,18
Chimbas	103.311	23,49	14,34	9,15
Pocito	74.443	16,92	10,33	6,59
Rawson	136.134	30,96	18,90	12,06
Rivadavia	99.036	22,52	13,75	8,77
San Martín	14.91	3,39	0	3,39
Santa Lucía	60.887	13,84	8,45	5,39
Sarmiento	27.293	6,86	3,15	3,71
Ullum	6.463	1,47	0,55	0,92
Zonda	6.499	1,48	0	1,48
VTUZ	761.383	173,78	87,78	86,00
Jáchal	25.435	5,78	0	5,78
Iglesia	8.737	1,99	0	1,99
Valle Fértil	8.71	2,67	0,04	2,63
Calingasta	10.612	5,17	0,05	5,12
TERCERA ZONA	53.494	16	0,09	15,52

Tabla 5-2: Modificado de OSSE datos de abastecimiento del año 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

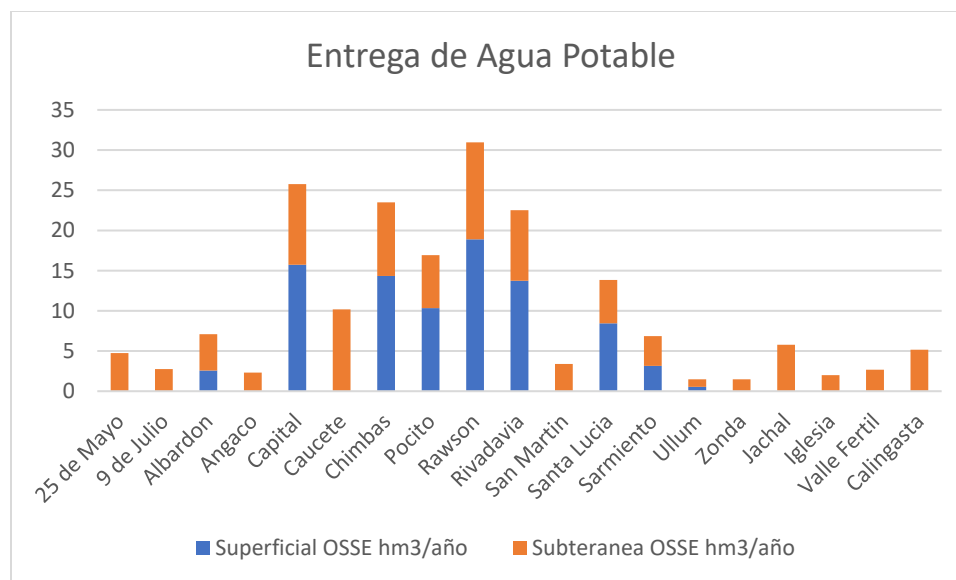


Figura 5-1: Datos OSSE 2022. Elaboración propia.

AGRICULTURA

La geografía de la provincia de San Juan se caracteriza por tener el 80 % de los 89651 km² de su superficie ocupada por serranías y cordones cordilleranos. La provincia tiene al oeste un límite natural formado por la cordillera de Los Andes, cuyas estribaciones se ramifican y penetran en la mayor parte de su territorio. El clima es desértico, riguroso y con amplias variaciones térmicas. Las precipitaciones son muy escasas, totalizando en promedio unos 100 mm anuales. Esta limitación natural ha llevado a que los asentamientos humanos se desarrollaran en torno de los sistemas de riego como una economía de oasis en los distintos valles localizados a diferentes altitudes y con características propias. El más importante de todos, por la disponibilidad de suelos y agua, es el valle de Tulum que tiene una superficie aproximada de 1.625 km², que por su proximidad forma una unidad económica con los valles de Ullum y Zonda, los que riegan con aguas provenientes de la cuenca del río San Juan. El segundo valle en importancia lo constituye Jáchal, localizado al norte de San Juan, en la precordillera de Los Andes, bordeado por cordones montañosos, y a 1.200 m sobre el nivel del mar. Sus tierras, aptas para la agricultura, se riegan con aguas del río homónimo y del total de su superficie sólo se encuentra bajo cultivo un 14%. Los valles de Calingasta (1.550 msnm, en la cuenca del río San Juan) e Iglesia al norte (1.680 msnm), son semejantes por su relieve, encajonados entre la cordillera de Los Andes y la precordillera. Al este de la provincia y en el límite con la provincia de La Rioja se encuentra Valle Fértil con una

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

cuenca hídrica de escaso volumen que limita su sistema de riego, lo cual es atenuado levemente por el régimen de precipitaciones promedio de 350 mm/año. Al norte del valle de Tulum y al oeste del Valle Fértil y separado por los cerros del Pie de Palo y las sierras pampeanas respectivamente se encuentra el Valle del Bermejo, con una extensión de 6.360 km², que cumple una función ambiental importante pero que carece de suficiente agua para tener significación agrícola.

SUPERFICIE AGRÍCOLA CON DERECHOS DE RIEGO

A continuación, se presenta para cada departamento la dotación de riego en hectáreas empadronadas (con derecho), la longitud de los canales impermeabilizados y canales de tierra.

Zona	Departamento	Área con derecho de riego (ha)	Longitud de Canales (km)	
		Permanente	Impermeabilizados	Tierra
	Zonda	2.264	40	0,8
	Rivadavia	3.511	24	29
	Chimbas	2.953	13	23
	Santa Lucía	3.516	16	53
1°	Rawson	3.954	25	57
	Pocito	18.387	140	109
	Sarmiento	8.813	135	1
	Total 1° ZONA	43.398	393	273
	9 de Julio	5.858	83	8
	Ullum	3.377	14	5
	Albardón	4.602	37	7
	Angaco	8.731	46	21
2°	San Martín	10.123	76	0,8
	Caucete	12.223	90	4
	25 de mayo	12.447	129	7
	Total 2° ZONA	57.361	475	53
	Total río San Juan	100.759	867	326
	Jáchal	21.543	82	162
	Iglesia	6.875	135	159
3°	Calingasta	7.298	4	140
	Valle Fértil	690	45	2
	Total 3° ZONA	36.406	267	463
	Total Provincial	137.165	1.135	789

Tabla 5-3: Fuente: Departamento de Hidráulica 2007. División Ecología Agrícola DH Ciclo 2006/2007. Has con derecho de riego y longitud de canales en km.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Los números observados en la tabla 5-3 muestran y esquematizan el área de la provincia con derecho de riego, no así el área de la provincia que realmente está cultivada y por ende hace uso correspondiente y adecuadamente de su derecho. Siendo esta última un porcentaje menor al concesionado. Los kilómetros de canales expresados en la tabla anterior son de la red principal y secundaria, sin considerar los ramos terciarios y comuneros. Estos últimos comprenden el final de la entrega de agua superficial y aproximadamente comprenden 1200/1500 kms de canales no impermeabilizados.

SUPERFICIE ESTIMADA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE SAN JUAN

En un relevamiento a través de diferentes cámaras, instituciones y centros podemos decir que la provincia de San Juan cuenta con una superficie cultivada de 76.664 has. Para este informe las distribuimos en aquellas que se riegan con aguas del Río San Juan, como lo son Calingasta y el Valle de Tulum, Ullum y Zonda, y, por otro lado, las que se riegan por el Río Jáchal como Iglesia y Jáchal, sumadas a las de Valle Fértil que se realiza de manera pluvial. En las que corresponden al Río San Juan (Calingasta, Tulum, Ullum y Zonda), tenemos la mayor superficie cultivada, alcanzando las 73.134 has, en esta zona encontramos cultivos regados por el río San Juan, por aguas subterráneas de la cuenca del Tulum y del Acequión como así también por vertientes. En el caso de Iglesia, Jáchal y Valle Fértil, los primeros departamentos por sistema de distribución provenientes del río Jáchal y la última por el Río San Agustín, recordar que en el caso del Jáchal es névea y el de San Agustín es pluvial. Estos tres departamentos cuentan con una superficie cultivada de aproximadamente 3.530 has

A continuación, detallamos las has de los principales cultivos que se riegan con la cuenca del Río San Juan y sus aguas subterráneas del Valle de Tulum, Ullum y Zonda y las que se riegan de la cuenca subterránea del Acequión:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Cultivo	Ha.	%
Vid	39.684	54 %
Olivo	16.500	23 %
Pistacho	6.000	8 %
Tomate	3.000	4 %
Ajo y Cebolla	2.000	3 %
Semilla	1.450	2 %
Otros	4.500	6 %
Total	73.134	

Tabla 5-4: principales cultivos Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta

En el siguiente cuadro se muestran los datos relevados, de cultivos, de otras cuencas como son las del Rio Jáchal en los departamentos de Iglesia y de Jáchal, las de Valle Fértil, en su caso no tenemos registros de riego tecnificado, pero si algunas zonas que utilizan riego por vertientes, como lo es el caso de Niquivil.

Cultivo	Ha.	%
Vid	20	1 %
Membrillo	500	14 %
Semilla	550	16 %
Alfalfa	2.000	57 %
Ajo y Cebolla	60	2 %
Otros	400	11 %
Total	3.530	

Tabla 5-5: principales cultivos Iglesia y de Jáchal y Valle Fértil

En total, en la provincia se cultivan aproximadamente 76.664 hectáreas.

FUENTE DE RECURSO

A continuación, se detallan los principales cultivos, dependiendo de su fuente de recurso, nos encontramos con las que se riegan por el Rio San Juan, de las que puede sumarse en medio de ellas algunas has que necesitan refuerzo de agua subterránea, pero siempre dentro del Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta. También encontramos las que se riegan exclusivamente por agua subterránea con aportes de vertientes como lo es el caso Cañada Honda y Pedernal, también aquellas que son exclusivas de agua subterránea como algunas zonas de 25 de mayo y las que se riegan solamente por agua subterránea de la cuenca del Acequión:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Vid	Rio San Juan	37.388	94 %
	Subte SJ-Vert.	1.296	3 %
	Subte SJ	1.000	3 %
Olivo	Rio San Juan	4.460	27 %
	Subte SJ	3.040	18 %
	Sute Acequion	9.000	55 %
Pistacho	Rio San Juan	600	10 %
	Subte SJ	5.400	90 %
Tomate	Rio San Juan	3.000	100 %
	Subte SJ		- %
Ajo y Cebolla	Rio San Juan	2.000	100 %
	Subte SJ		- %
Semilla	Rio San Juan	1.450	100 %
	Subte SJ		- %
Otros	Rio San Juan	4.500	100 %
	Subte SJ		- %

Tabla 5-6: fuente de recurso Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta

SISTEMA DE RIEGO

En los departamentos de Iglesia, Jáchal y Valle Fértil, no encontramos datos de cultivos con detalle de eficiencia de riego, a diferencia del Valle de Tulum, Ullum y Zonda, donde a través de las cámaras y algunos

relevamientos del INTA, podemos mostrar un detalle comparativo entre los que utilizan el agua con riego a manto y aquellos que optimizan el recurso a con diferentes niveles de eficiencia como lo son las mangas o el riego por goteo obteniendo tecnificación en su aplicación, esos datos de ven plasmados en la siguiente tabla.

Vid	Manto	30.954	78 %
	Riego Tecnificado	8.730	22 %
Olivo	Manto	825	5 %
	Riego Tecnificado	15.675	95 %
Pistacho	Manto	300	5 %
	Riego Tecnificado	5.700	95 %
Tomate	Manto	60	2 %
	Riego Tecnificado	2.940	98 %
Ajo y Cebolla	Manto	1.200	60 %
	Riego Tecnificado	800	40 %
Semilla	Manto	435	30 %
	Riego Tecnificado	1.015	70 %
Otros	Rio San Juan	4.050	90 %
	Riego Tecnificado	450	10 %

Tabla 5-7: Sistema de Riego - Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En total la provincia de San Juan cuenta con un 46% de riego tecnificado, cuyo valor mejora unos puntos si solo hablamos del Valle de Tulum, Ullum y Zonda llegando a 48%

Total	Manto	37.824	52 %
	Riego Tecnificado	35.310	48 %
	Total	73.134	

Tabla 5-8: Sistema de Riego - Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta - total

Total	Manto	41.354	54 %
	Riego Tecnificado	35.310	46 %
	Total	76.664	

Tabla 5-9: Sistema de Riego – Provincia San Juan

HIPÓTESIS DE CÁLCULO DEL CONSUMO AGRÍCOLA

ETO DE LOS CULTIVOS

La siguiente tabla presenta los valores de ETo correspondientes a los distintos cultivos, constituyendo un insumo fundamental para la estimación del consumo agrícola neto. Asimismo, se consigna la fuente de información utilizada para cada dato.

Cultivo	Etc (mm)	Fuente
Vid	1.033	INV 2022
Olivo	989	Cámara Olivícola 2022
Pistacho	1.155	INDEC 2018
Tomate	485	INDEC 2018
Ajo y Cebolla	488	INDEC 2018
Semilla	821	INDEC 2018
Membrillo	876	INDEC 2018
Alfalfa	1206	INDEC 2018
Otros	800	Promedio

Tabla 5-10: ETo de los Cultivos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DEMANDA AGRÍCOLA NETA

La siguiente tabla detalla el consumo agrícola neto en la cuenca de San Juan:

Cultivo	hm ³ /año
Vid	410
Olivo	163
Pistacho	69
Tomate	15
Ajo y Cebolla	10
Semilla	12
Otros	36
Total	715

Tabla 5-11: Demanda Neta - Valle de Tulum, Ullum y Zonda y Calingasta

Cultivo	hm ³ /año
Vid	0,21
Membrillo	4,38
Semilla	4,52
Alfalfa	24,12
Ajo y Cebolla	0,29
Otros	3,20
Total	36,71

Tabla 5-12: Demanda Neta - Iglesia y de Jáchal y Valle Fértil

EFICIENCIA DE APLICACIÓN DEL RIEGO Y EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA

Para determinar la demanda bruta de agua en la cuenca del río San Juan, se emplearon las siguientes eficiencias:

- Eficiencia de conducción: 66%
- Eficiencia de riego superficial tradicional: 50%
- Eficiencia de riego tecnificado con abastecimiento superficial: 70%
- Eficiencia de aplicación de riego tecnificado con fuente subterránea (riego por goteo): 85%

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DEMANDA AGRÍCOLA NETA Y BRUTA

La siguiente tabla detalla el consumo neto, el consumo bruto a la puerta de la finca y el consumo bruto en la cabecera del sistema en las cuencas de San Juan.

Cuenca	Cultivo	Ha.	Demanda Neta (Hm ³ /Año)	Demanda Finca (Hm ³ /Año)	Demanda Bruta (Hm ³ /Año)
Valle Tulum, Ullum, Zonda y Calingasta	Vid	39,684	410	766	1,154
	Olivo	16,500	163	208	243
	Pistacho	6,000	69	85	91
	Tomate	3,000	15	21	32
	Ajo y Cebolla	2,000	10	17	26
	Semilla	1,450	12	19	29
	Otros	4,500	36	70	106
	Total	73,134	715	1,186	1,681
Jáchal, Iglesia, Valle Fértil	Vid	20	0	0	1
	Membrillo	500	4	9	13
	Semilla	550	5	9	14
	Alfalfa	2,000	24	48	73
	Ajo y Cebolla	60	0	1	1
	Otros	400	3	6	10
	Total	3,530	37	73	111
Total San Juan	Vid	39,704	410	766	1,155
	Olivo	16,500	163	208	243
	Pistacho	6,000	69	85	91
	Tomate	3,000	15	21	32
	Ajo y Cebolla	2,060	10	18	27
	Semilla	2,000	16	28	43
	Membrillo	500	4	9	13
	Alfalfa	2,000	24	48	73
	Otros	4,900	39	76	116
	Total	76,664	751	1,259	1,792

Tabla 5-13: Demanda Neta y Bruta

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CONCESIÓN DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL

El marco legal define las concesiones industriales (en el art. 84 y 94 del CAg.): La concesión para uso industrial se otorga con la finalidad de que el agua sea empleada para producir calor o para refrigerar; como materia prima, disolvente reactivo, medio de lavado y purificación de materiales; para incorporar a la misma, a fin de ser eliminadas, materias sólidas o líquidas; o como componente o coadyuvante en cualquier proceso de elaboración, transformación o producción.

No existe registros en las industrias de medición de cuánta agua es la que realmente usan, pero se saben los derechos que cada una de ellas tiene para obtener agua. Ya que estas industrias, por ejemplo, las de productos alimenticios, también consumen agua de la red de agua potable para los operarios pero también para algunos procesos hay que considerar que este número aumenta la demanda per cápita de agua potable.

Se define entonces el siguiente grafico con los datos de agua otorgada a las industrias en los departamentos. Al entregarse las concesiones en litros por segundo y al no contar con una demanda medida, se debió estimar la demanda en 20 hs al día los 365 días del año.

De los 19 departamentos, solo 15 figuran con concesión de agua para industrias. Entiendo así que no existen industrias en los demás departamentos.

Departamentos	Hm3 Industria
25 de mayo	0,51
9 de Julio	1,24
Albardón	1,66
Capital	0,56
Caucete	0,67
Chimbas	2,48
Pocito	5,29
Rawson	5,76
Rivadavia	0,87
San Martin	1,41
Santa Lucia	3,71
Sarmiento	2,16
Ullum	0,91
Jáchal	0,05
Iglesia	0,08
Total	27,35

Tabla 5-14: Fuente: Modificado de DEPARTAMENTO HIDRÁULICA.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 5-2: Demanda de agua industrias. Datos OSSE 2022.

DEMANDA DE MINERÍA

Proyecto	Ubicación	Año estimado de inicio de actividades	Consumo promedio lts/seg	Año estimado de cierre de actividades	Demanda Anual (Hm³/Año)	2022-2023 (Hm³/Año)
Casoso*	Calingasta	2010	6		0.16	0.16
Los Azules	Calingasta	2028	159	2056	4.18	
Pachón	Calingasta	2030	587		15.42	
Altar - Río Cenicero	Calingasta	2035	150		3.94	
Veladero	Iglesia	2005	55	2030	1.45	1.45
José María	Iglesia	2026	800		21.02	
Lama	Iglesia	2030	236		6.21	
Filo Del Sol	Iglesia	2035	150		3.94	
Hualilán	Ullum	2026	30		0.79	
Gualcamayo	Jachal	2009	35	2025	0.92	0.92
Total						2.52

Tabla 5-15: Fuente: Ministerio de Minería

6. Marco Jurídico Nacional y Provincial

EL DERECHO DE AGUAS EN PERSPECTIVA NACIONAL

INTRODUCCIÓN

La provincia de San Juan es un Estado provincial miembro de la República Argentina. La Constitución Argentina adoptó el sistema Federal como forma de Estado. Esto implica que existe una doble jurisdicción, la del gobierno nacional y la de los gobiernos locales. La regla general que ordena las competencias entre ambos está establecida en el art. 121 de la Constitución Nacional (CN): las provincias conservan para sí todos los poderes que no ha sido delegados a la Nación. Es decir, la regla es la competencia provincial, mientras que la competencia nacional sólo se da por delegación constitucional. Esto último obedece al proceso histórico de conformación del Estado Argentino, en el cual se reconocen a 14 provincias como preexistentes, sin embargo, esta regla también es de aplicación para las provincias que se han creado en forma posterior a 1853.

La reforma constitucional de 1994 reconoció en su artículo 124, el dominio originario de las provincias sobre sus recursos naturales. Este término no ha sido pacífico ya que no habla meramente de dominio, sino de dominio originario, lo cual ha sido susceptible de múltiples interpretaciones, algunas favorables a las provincias y otras de carácter restrictivo favorables a la Nación, pero sea cual fuere la interpretación adoptada, queda claro que hay una protección especial de la relación provincia-recurso natural. No obstante, en la propia CN se han delegado competencias a la Nación, entre ellas podemos mencionar: Art. 75 inc. 12 dictado del código minero (que incluye delegación de hidrocarburos); Art. 75 inc. 18 Proveer lo conducente a la prosperidad del país (incluye fomento de la industria y exploración de ríos interiores); Art. 75 inc. 19 Proveer lo conducente al desarrollo humano, lo cual es una competencia de tipo abierta y amplia que puede repercutir también en la forma de aprovechamiento de los recursos naturales.

Es menester expresar que la propia reforma de 1994 jerarquizó instrumentos internacionales de DDHH y estableció la posibilidad de que el Congreso haga lo mismo con futuros instrumentos que sean ratificados. Esto implica en términos constitucionales, que dichos instrumentos tienen idéntica jerarquía que el texto de la CN, por lo cual se habla de un Bloque Federal de Constitucionalidad (BFC), el cual no resulta siempre sencillo de interpretar, ya que conviven paradigmas jurídicos de distintos momentos históricos y diversas tradiciones constitucionales

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

(constitucionalismo liberal, constitucionalismo social, constitucionalismo con derechos de tercera generación) sin instrumentos de armonización entre las mismas.

Cabe mencionar que esta organización constitucional no siempre fue así, si bien las provincias siempre dictaron sus códigos de agua, hubo intentos constitucionales de establecer modelos diferentes al actual. Un caso es el de la CN de 1949 (derogada en 1956). El art. 68 inc. 14 delegaba en el Congreso de la Nación “*establecer el régimen de las aguas de los ríos interprovinciales y sus afluentes*”, mientras que conforme art. 83 el Presidente de la Nación ejercía el poder de policía en ríos interprovinciales. El art. 40 también establecía “*Los minerales, las caídas de agua, los yacimientos de petróleo, de carbón y de gas, y las demás fuentes naturales de energía, con excepción de los vegetales, son propiedades imprescriptibles e inalienables de la Nación, con la correspondiente participación en su producto que se convendrá con las provincias*”; esto último se encuentra en las antípodas del actual art. 124 de la CN.

Por ende, la República Argentina adopta un sistema federal con competencias delegadas a la Nación, competencias reservadas por las provincias y competencias concurrentes entre ambas esferas de Gobierno. Las regulaciones sobre el agua son una competencia reservada por las provincias, no obstante, existen algunas competencias delegadas en la materia (Código Civil y Comercial) y áreas de concurrencia (regulación ambiental del agua).

CONTENIDO DEL DERECHO HUMANO AL AGUA EN EL BLOQUE FEDERAL DE CONSTITUCIONALIDAD

En el año 1994 se estableció en la CN (Art. 75 inc. 22) que los Instrumentos de DDHH jerarquizados deben ser implementados en “*las condiciones de su vigencia*”, esto implica que deben ser interpretados teniendo en cuenta la aplicación que realiza el órgano transnacional o internacional encargado del mismo (Filippini, 2016).

Cabe precisar las dos fuentes formales por las que el Derecho Humano al Agua (DHA) ha sido incorporado al BFC. Entre los Instrumentos de DDHH jerarquizados por el constituyente, se encuentra el PDESC, cuyo art 11 establece la obligación de los Estados de velar por un nivel de vida adecuado de todas las personas, a su vez el art. 12 establece el derecho de toda persona al disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental. En el año 2002, el Comité de Derechos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Económicos, Sociales y Culturales, encargado de la aplicación del Pacto, formuló la Observación General Número 15 (OGN 15), en la cual reconoció al derecho al agua como un Derecho Humano, interpretando el art. 11 y 12 del citado instrumento. El DHA quedó comprendido dentro del estado actual de interpretación del PDESC, precisando también su alcance y contenido. El DHA puede ser definido como aquel derecho que corresponde a toda persona, inherente a su personalidad, de acceder al agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible (Pinto y Martín, 2014, p. 1). El DHA también comprende el correspondiente saneamiento de las aguas utilizadas, esto implica que la obligación del Estado no termina con la provisión del agua, sino que debe atenderse también al vertido de las mismas.

La otra fuente formal es la incorporación del DHA en las sentencias de la Corte Interamericana de Derechos Humanos, como derecho accesorio al derecho a la vida (Comunidad Indígena Yakye Axa v. Paraguay, 2005). En este caso, su incorporación al BFC también surge de entender que los Instrumentos internacionales de DDHH se aplican en las condiciones de su vigencia, lo que conlleva tener en cuenta los fallos de la Corte Interamericana para la aplicación de la Convención Americana de Derechos Humanos (CADH), aunque técnicamente no sean estrictamente obligatorios si el país no es parte. En el año 2020, el DHA fue por primera vez reconocido como un derecho autónomo por parte de la Corte Interamericana, en el marco del caso Lhaka Honhat, fallo en que la República Argentina sí es parte.

Previo al reconocimiento del DHA, en nuestro derecho interno el acceso al agua para consumo humano y satisfacción de las necesidades básicas fue protegido de diferentes formas. En primer término, existió (aún vigente) el instituto de los usos comunes, regulado en los códigos de aguas provinciales, por el cual una persona podía hacer uso del agua sin concesión ni permiso previo, solo para satisfacción de ciertas necesidades básicas, siempre que ello no implique una extracción artificial ni un perjuicio a terceros, es decir permitía el uso de caudales reducidos. En el caso de tener que abastecer a grupos poblaciones, para los que sí debiese hacerse una extracción significativa del agua, se reguló dentro de los usos especiales (que requieren título habilitante), el uso para abastecimiento poblacional, al cual se le dio prioridad sobre los otros usos especiales. Posteriormente, durante el siglo XX se desarrolló el concepto de servicio público, brindando un alcance diferente al acceso al agua, con los caracteres propios de estos servicios.

La conflictividad en torno al uso del agua también se relaciona con la existencia de diferentes concepciones sobre este bien. Actualmente coexisten dos grandes visiones jurídicas:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

antropocéntricas vs ecocéntricas. Por otra parte, hay quienes han criticado la separación ontológica entre lo natural y lo social, tomando el concepto de ciclo hidro-social del agua (Larsimont y Grosso, 2014). Este concepto, sumado al de waterscapes, permite analizar el manejo del agua teniendo en cuenta la interacción de factores naturales y sociales. La idea de circulación nos invita a entender cómo los flujos de agua, de capital y de poder están materialmente unidos (Larsimont y Grosso, 2014, p. 34). Esto permite explicar parte de lo que ocurre en algunas cuencas de la zona árida, como es el caso de San Juan y Mendoza. “Un mismo waterscape podría reflejar una fuerte fragmentación territorial entre aguas arriba (upstream) y aguas abajo (downstream) dentro de una misma cuenca hidrográfica” (Larsimont y Grosso, 2014, p. 36). Un ejemplo de ello son los problemas que sufren los habitantes del tramo inferior de la cuenca del río Mendoza, los cuales se deben al encubrimiento histórico de los efectos del modelo vitivinícola tradicional, construido como acervo identitario en la provincia de Mendoza (Larsimont y Grosso, 2014). Idénticas apreciaciones podemos hacer respecto al impacto que ha tenido el desarrollo del oasis del Valle del Tulum en la cuenca del río San Juan. En ambos casos, los oasis artificiales albergan la mayor cantidad de población y actividad económica de la cuenca.

Conforme lo descrito, el DHA puede ser ubicado, en términos de Alexy, como un derecho a acciones positivas. Estos derechos son divididos en acciones positivas fácticas y normativas (Alexy, 2017). En el caso de los fácticos es indistinto el medio utilizado siempre que se satisfaga el derecho, en los normativos ello no es así, ya que son derechos a la creación de normas. Se puede afirmar que el DHA es un derecho que engloba ambos tipos de acciones positivas, ya que hay cualidades que pueden cumplirse sin la necesidad de una normativa extra (como el abastecimiento mínimo para consumo humano) mientras que otras requieren de normativa que las regule como es el derecho de participación.

Alexy sostiene que existen derechos prestacionales que implican un haz de prestaciones (Alexy, 2017, p. 393). Entre ellos ubica el derecho al ambiente, mencionado que incluye: derecho de defensa, derecho de protección, derecho de procedimiento, derecho a una prestación fáctica. El DHA tiene las particularidades propias que lo diferencia del derecho al ambiente sano, no obstante, puede trazarse un paralelismo en cuanto a la categorización hecha por el autor. Es un derecho complejo con un conjunto de prestaciones de naturaleza disímil que pueden ser exigidas por su titular. Dentro de las prestaciones fácticas, además del abastecimiento poblacional, ingresan los usos para prácticas agrícolas de subsistencia, lo cual puede entrar en cierta contradicción o

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

incompatibilidad con la legislación local actual, que impide otorgar o reasignar las concesiones agrícolas existentes.

CÓDIGO CIVIL Y COMERCIAL DE LA NACIÓN

Explicada la regulación constitucional y convencional de la República Argentina, debemos abordar lo regulado en el código civil y comercial de la Nación (CCyCN). En el art 235 del CCyCN se enumeran los bienes de dominio público, el inc. C expresa: *c) los ríos, estuarios, arroyos y demás aguas que corren por cauces naturales, los lagos y lagunas navegables, los glaciares y el ambiente periglacial y toda otra agua que tenga o adquiera la aptitud de satisfacer usos de interés general, comprendiéndose las aguas subterráneas, sin perjuicio del ejercicio regular del derecho del propietario del fundo de extraer las aguas subterráneas en la medida de su interés y con sujeción a las disposiciones locales. Se entiende por río el agua, las playas y el lecho por donde corre, delimitado por la línea de ribera que fija el promedio de las máximas crecidas ordinarias. Por lago o laguna se entiende el agua, sus playas y su lecho, respectivamente, delimitado de la misma manera que los ríos.*

Sin embargo, subsiste en nuestra legislación la categoría de aguas privadas, el art. 239 del CCyCN establece: *Las aguas que surgen en los terrenos de los particulares pertenecen a sus dueños, quienes pueden usar libremente de ellas, siempre que no formen cauce natural.* A esto debemos sumar que conforme el art. 235 inc. C, si el agua tiene aptitud de satisfacer el interés público debería considerarse de dominio público, por lo que la categoría de aguas privadas es residual, pero se encuentra vigente en el ordenamiento jurídico argentino.

CONCEPTO DE DOMINIO PÚBLICO Y CAUCES NATURALES

En función de esto es necesario precisar dos conceptos, el de dominio público y el de cauces naturales. El dominio público del Estado es un instituto jurídico con características especiales en relación al dominio privado, que es el que cualquier persona (física o jurídica) e incluso el mismo Estado puede ejercer con respecto a las cosas. Las cualidades distintivas del dominio público están dadas porque se lo considera imprescriptible, inalienable e inembargable. Esto significa que nadie puede adquirir mediante usucapión (prescripción adquisitiva) un bien de dominio público, los bienes de dominio público se encuentran fuera del comercio privado de las cosas y tampoco pueden ser susceptibles de embargo preventivo o ejecutivo. Cabe aclarar que el Estado puede

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

realizar explotaciones sobre los bienes de dominio público, pero no puede venderlos o someterlos a la libre circulación como cualquier otra mercancía. Por último, la inembargabilidad, consiste en que no pueden ser ejecutados judicialmente los bienes de dominio público.

Por otro lado, cabe aclarar que el dominio público puede ser de uso común o de uso especial. Uso común es el que puede realizar cualquier persona que se caracteriza por ser gratuito, impersonal, ilimitado y libre. Un ejemplo de esto sería la posibilidad de caminar a la vera del río. Mientras que el uso especial es aquel que adquieren determinadas personas mediante un permiso o una concesión; es personal, reglado, oneroso y limitado.

El segundo concepto que debemos precisar es el de “cauces naturales”, los mismos normalmente se encuentran comprendidos por la línea de crecidas medias normales de los cursos de agua. En términos técnicos hay muchos lugares que no tienen determinada dicha línea de ribera. La provincia de San Juan en particular no tiene demarcadas las líneas de ribera de ninguno de los ríos que integran las dos grandes cuencas hídricas provinciales (río San Juan, río Jáchal). En la actualidad se encuentra en curso un convenio con el Instituto de Investigación Hidráulica para la modelación de la línea de ribera en uno de los tramos del río San Juan (entre Dique José Ignacio de la Roza y Ruta Nacional N° 20).

LOS PRESUPUESTOS MÍNIMOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

En el art. 41 se incorporaron a nuestro texto constitucional los derechos de tercera generación, caracterizados por ser de incidencia colectiva y tener como titular de los mismos a la sociedad en su conjunto. En dicho artículo se incorporó un párrafo que expresa *“corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales”*. Desde el año 1994 existen numerosos debates sobre el concepto de “presupuestos mínimos”. La palabra “presupuesto” no está utilizada en el sentido común y corriente, sino que hace referencia a ciertos cuidados mínimos en torno al ambiente. Hay quienes han sido sumamente restrictivos en dicha interpretación y otros juristas que le han dado un sentido más amplio.

El Consejo Federal de Medio Ambiente a través de la resolución 92/05 (10), definió en forma amplia el término presupuestos mínimos: *“(…) Se entiende por presupuesto mínimo al umbral básico de protección ambiental que corresponde dictar a la Nación y que rige en forma uniforme en todo el territorio nacional como piso inderogable que garantiza a todo habitante una protección*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ambiental mínima más allá del sitio en que se encuentre. Incluye aquellos conceptos y principios rectores de protección ambiental y las normas técnicas que fijen valores que aseguren niveles mínimos de calidad. La regulación del aprovechamiento y uso de los recursos naturales, constituyen potestades reservadas por las Provincias y por ello no delegadas a la Nación. En consecuencia, el objeto de las leyes de presupuestos mínimos debe ser el de protección mínima ambiental del recurso y no el de su gestión, potestad privativa de las provincias (...). El mandato del artículo 41 de la CN está otorgado a la ‘Nación’ y consiste en el dictado de ‘normas’. De conformidad con las previsiones contenidas en el artículo 75, inc. 32, 76 y 99, 2º párrafo del inc. 3º de la Constitución Nacional, debe entenderse que la referencia a Nación es al Congreso de la Nación, único Poder con facultades legislativas. En consecuencia, el concepto normas corresponde al de leyes, que por su naturaleza son dictadas por el Congreso de la Nación (...). Toda interpretación que se haga debe tener carácter restrictivo lo que implica que su objetivo debe mantener una relación directa y concreta con la finalidad de protección ambiental sin desvirtuar las competencias reservadas a las provincias, vaciando de contenido a los artículos 122 y 124 CN (...). Si bien esta definición clarifica el término, no resuelve si el umbral mínimo puede o no llegar a la prohibición de una actividad en un territorio determinado.

Es claro que, si las provincias tienen el dominio de los recursos naturales, pero la Nación establece los presupuestos mínimos de su protección, ello puede generar cierta colisión, sobre todo si algún presupuesto mínimo implica la imposibilidad de realizar alguna actividad en pos de la preservación ambiental, esto último fue lo que ocurrió con la ley 26639 (Glaciares). La Corte Suprema de Justicia de la Nación, no resolvió el fondo de la cuestión en el caso planteado, sin embargo, se inclinó a una interpretación favorable a dicha ley. Sin embargo, un fallo jurisprudencial sobre una ley determinada, de ninguna manera pone fin al debate sobre la complementariedad y/o colisión entre el art 124 y el art 41 de nuestra CN.

LISTADO DE LEYES DE PMPA

Ley 25.675 “General del Ambiental”. Establece el concepto de daño ambiental, los instrumentos de la gestión ambiental, las acciones en defensa del ambiente. Es entendida como la ley de política ambiental de la República Argentina.

Ley 25688 “Gestión Ambiental de las Aguas”. Define el concepto de cuenca superficial: *cuenca hídrica superficial, a la región geográfica delimitada por las divisorias de aguas que discurren*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

hacia el mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único y las endorreicas. Establece la necesidad de crear comités de cuenca en aquellas que sean interjurisdiccionales (más de una provincia), regulando la necesidad de contar con la aprobación de dicho ente cuando *el impacto ambiental sobre alguna de las otras jurisdicciones sea significativo.* Esta regulación ha sido objeto de polémica porque hay quienes entienden que vacía el dominio originario de las provincias sobre el agua. En el caso de San Juan por estudios técnicos vigentes, la provincia sostiene que sus cuencas no son interjurisdiccionales, no obstante, el caso del río San Juan se encuentra actualmente en la Corte Suprema de Justicia de la Nación, por una demanda planteada por la Provincia de La Pampa, sin que exista resolución del máximo tribunal.

Ley 25.612. Gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio.

Ley 25.670. Gestión y eliminación de los PCBs.

Ley 25.831. Régimen de libre acceso a la Información Pública Ambiental.

Ley 25.916. Residuos domiciliarios.

Ley 26.331. Ley de Bosque Nativo.

Ley 26.562. Control de Actividades de Quema en todo el Territorio Nacional.

Ley 26.639. Ley de protección de glaciares y del ambiente periglacial.

Ley 26.815. Ley de Presupuestos Mínimos para el Manejo del Fuego.

Ley 27.279. Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental para la Gestión de los Envases Vacíos de Fitosanitarios.

Ley 27.520. Ley Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.

Ley 27.621 Ley para la Implementación de la Educación Ambiental en la República Argentina.

DERECHO PROVINCIAL

CONSTITUCIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN

La constitución actual de la provincia de San Juan data del año 1986, en la misma se regulan 4 artículos referidos al agua (art. 117, 118, 119, 120). Entre lo más destacado cabe resaltar la subordinación de cualquier tipo de concesión al interés general, la posibilidad de otorgar concesiones para abastecimiento poblacional o usos agrícolas y en segundo término para usos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

industriales y energías hidráulicas. Si bien esta enumeración no es taxativa, el orden de prelación no es coincidente con el código de aguas vigente.

También otorga jerarquía constitucional al principio de inherencia, el cual establece que la concesión de agua para cultivo de un predio es inseparable del inmueble y pasa a sus adquirentes. Esto implica que, en caso de expropiar derechos de aguas, no solo deberá pagarse el daño emergente por el derecho, sino también el daño emergente relacionado al valor del inmueble.

LEYES PROVINCIALES

LEY 190-L CÓDIGO DE AGUAS

El código de aguas (CAg) que regula la distribución y uso de las aguas públicas en la provincia. El CAg vigente fue sancionado en el año 1978. Tiene 3 libros. El libro primero denominado “disposiciones generales”, libro segundo “usos especiales en particular”, y el libro tercero “otros derechos y obligaciones”.

La distinción matriz sobre los usos del agua, es aquella que separa usos comunes de usos especiales. Conforme art. 14 del CAg, estos usos comunes son únicamente:

- 1) Bebida, higiene humana, lavado de ropa y otros empleos reducidos, como bebida de animales domésticos y riego de huertos y jardines, siempre que la extracción de agua se efectúe sin uso de máquinas ni aparatos, y sin deteriorar los márgenes ni retener, demorar o acelerar el curso de las aguas, ni producir anegamientos o peligro de contaminación.*
- 2) Abrevar o bañar ganado en tránsito, navegación no lucrativa y para recreación, en lugares habilitados o autorizados de antemano por el organismo competente.*

Esta categoría no encuentra demasiada aplicación práctica, ya que estaba pensada para un momento histórico de mayor abundancia y disponibilidad del agua, con menores recursos tecnológicos. Por otro lado, la protección del agua para usos personales e incluso agrícolas de subsistencia, hoy encuentra una mayor protección (en términos de jerarquía normativa) en la OGN 15.

La mayoría de los usos actuales y todos aquellos que conforman el padrón de usuarios del Departamento de Hidráulica, se inscriben dentro de la categoría de usos especiales. En particular como concesionarios. La ley 190-L establece el siguiente orden de prelación para nuevas

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

concesiones, es decir posteriores a la ley, previo a la misma ya era el uso agrícola el que mayor consumo tenía asignado:

ARTÍCULO 31.- Orden de preferencia: Para el otorgamiento de nuevas concesiones se observará el siguiente orden de preferencia: 1º Usos domésticos, municipales y abastecimiento de poblaciones; riegos de calles, carreteras, paseos y arbolados públicos; del servicio público de obras sanitarias y reparticiones autárquicas nacionales y provinciales; establecimientos de enseñanza rural y agrícola, así como todo otro establecimiento de propiedad de personas jurídicas públicas. 2º Uso medicinal. 3º Uso recreativo. 4º Uso industrial. 5º Uso hidroenergético. 6º Uso minero. 7º Uso agrícola. 8º Uso pecuario. 9º Uso piscícola.

El derecho de concesión es entendido como un derecho patrimonial que, aunque no confiera el dominio sobre el agua, sí se encuentra protegido por el derecho constitucional de propiedad. El derecho de propiedad constitucional comprende los bienes patrimoniales, los derechos reales, los derechos creditorios, los derechos sobre herencia o legado, los que surgen de un contrato, de una ley, de un acto estatal de otorgamiento, de un litigio, de alimentos y los originados en la propiedad intelectual, artística o industrial.

El código de aguas tampoco cuenta con ningún título ni capítulo de regulación ambiental. Cuenta con artículos particulares que prohíben la contaminación de aguas, pero está lejos de tener plasmada la visión de los derechos de tercera generación. En ninguna parte de dicho código se hace mención a la previsión de recarga de los acuíferos ni caudales mínimos para conservación de la biodiversidad (permanentes o temporarios). Tampoco existe ninguna regulación específica sobre seguridad de presas.

CONCESIONES EN GENERAL

En el derecho local, el aprovechamiento del agua para cualquier uso especial sólo puede hacerse mediante título habilitante emitido por la autoridad competente, Departamento de Hidráulica. Los títulos habilitantes que el CAg prevé son el permiso y la concesión. El permiso está pensando para usos temporarios y reducidos, siendo esencialmente revocable sin incorporarse al patrimonio de usuario. No obstante, la rigidez de la ley actual ha tornado necesario que este instrumento se termine utilizando más de lo previsto, por ejemplo, para las exploraciones mineras, ya que la ley solo permite otorgar una concesión para explotación minera, pero no para exploración; esto lleva a utilizar la figura del permiso temporario para múltiples y extendidas exploraciones mineras.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La concesión otorga un título que se incorpora como derecho patrimonial del usuario, siendo irrevocable para nuestra ley. Sin entrar en un análisis pormenorizado sobre la naturaleza jurídica de la concesión, compartimos lo que han sostenido otros sectores de la doctrina indicando que, por la particularidad de la concesión de aguas de dominio público, hay una preminencia del vínculo reglamentario sobre el contractual (Martín, 2010). La concesión es un título perfecto, y su revocación deberá ser indemnizada (salvo casos especialmente previstos), esto no implica que la administración esté totalmente imposibilitada de modificar la forma en que se ejerce dicha concesión. Esta posibilidad reglamentaria está limitada por las regulaciones que las leyes de agua han introducido, buscando proteger a los concesionarios de la posible discrecionalidad de la administración. Como contrapunto de este argumento se puede alegar que tal protección excesiva es propia de una visión patrimonial del agua, directamente ligada a la fuerte protección que derecho de propiedad en un contexto de mayor abundancia hídrica, que condiciona fuertemente el interés público y la utilización del agua como factor de desarrollo productivo en términos generales.

Las causales que permiten dejar sin efecto la concesión sin indemnización, son causales de caducidad. En el CAg. de San Juan son notoriamente escasas, el art. 48 establece: “*las concesiones caducan por no haberse dado cumplimiento a las obligaciones establecidas en el acto o al momento de otorgarse la concesión, siempre que dicho incumplimiento fuere esencial e imputable al concesionario*”². Es decir que cumplidas dichas obligaciones queda perfeccionado el título, a su vez por el art. 4 no parece posible aplicarle el art. 48 a los usos de agua originariamente ilegítimos pero que posteriormente quedaron consolidados³. Por otra parte, las posibilidades de suspensión de servicio también son escasas, y a su vez como lo indica su nombre son limitadas en el tiempo o asociadas a un hecho determinado, ya que se trata de una suspensión y no una caducidad ni revocación de la concesión. La suspensión por falta de pago se encuentra prevista en la ley y reglamentada en el Decreto 1479-1998.

El art. 48 establece *Las concesiones caducan por no haberse dado cumplimiento a las obligaciones establecidas en el acto o al momento de otorgarse la concesión, siempre que dicho incumplimiento*

² El resto de causales de caducidad están plasmadas en los art. 93, 109, 137 y 139.

³ ARTÍCULO 4º.- Limitación al dominio público: El dominio del Estado sobre las aguas públicas reconoce como limitación los derechos de uso que los administrados tengan adquiridos o que adquieran en lo sucesivo, conforme a las disposiciones de este Código

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

fuere esencial e imputable al concesionario. En el caso de las concesiones agrícolas podría sostenerse que la obligación al momento de otorgamiento es su uso agrícola y no destinarlo a otra finalidad. Esta interpretación se refuerza con el art. 20 del CAg.

El Art. 61 menciona las obligaciones de los concesionarios *1) Cumplir las obligaciones legales y reglamentarias y usar el agua en forma racional y eficaz. 2) Construir y conservar las obras y contribuir a la conservación y limpieza de los acueductos. 3) Suministrar los datos, planos e informes que solicite la autoridad competente y facilitar las inspecciones que correspondan. 4) No contaminar las aguas. 5) Cumplir todas las obligaciones económicas derivadas de la concesión.* No existen obligaciones asociadas a la productividad del predio ni los métodos de riego.

El código establece en su art. 51 que *“La medida, extensión o magnitud de la concesión se determinará en hectáreas, traducidas a litros por segundo, si es para riego, y en litros por segundo para los usos restantes. Cuando se trate de usos hidroenergéticos, la magnitud se expresará en caballos nominales”.* Esta forma de cuantificar la concesión puede resultar debatible, si bien la unidad litros podría convertirse metros cúbicos, la ley no habilita tal conversión, por lo que resulta complejo poder medirla en un volumen total dentro del ciclo hidrológico. Lo óptimo para la regulación de las unidades de medida de la concesión, sería poder hablar de dotaciones en términos de volúmenes totales por el ciclo hidrológico anual, asociados a las necesidades y características específicas de cada concesión.

En la regulación del Derecho de aguas en nuestro país, todo uso especial requiere de un título administrativo que lo habilite. Todas las leyes locales de aguas en la Argentina establecen que el uso privativo se realizará por permiso o concesión (Martín, 2010). Este título históricamente se ha otorgado por tres medios: la concesión, el permiso, la prescripción. El último de los mencionados se encuentra en desuso y no es receptado en la normativa actual de aguas. De igual manera, es causa originaria de derechos actuales de uso de aguas que han quedado consolidados tras la sanción de normas posteriores que respetaron los institutos previos. Ejemplo de ello es el art. 4 del CAg de San Juan. Las mismas leyes que reconocen la necesidad del título administrativo para el uso especial de aguas, han reconocido en forma concomitante usos ilegítimos, aunque la gravedad de ello no llegar a ser tal que se transforme en la regla (Martín, 2010).

Analizado lo anterior, cabe preguntarse ¿Qué ocurre si es necesario utilizar aguas concesionadas para satisfacer un uso poblacional? El CAg de San Juan establece en su art. 75 que deberá procederse a la expropiación cuando no haya aguas públicas disponibles, por otra parte, el art. 20

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

de la ley 238-A establece una declaración genérica de utilidad pública, facultando al Directorio de Obras Sanitarias Sociedad del Estado para la expropiación para uso poblacional. Esto significa una expropiación en los términos del art. 44, lo que implica que el Estado deberá pagar daño emergente por la concesión en sí misma, sumado el valor de la tierra y/o industria. En el caso de San Juan, ya que se ha establecido la irrevocabilidad de la concesión (art. 49 CAg.) debe utilizarse únicamente el procedimiento expropiatorio.

Hemos dicho que, en las concesiones de agua, existe una preeminencia del vínculo reglamentario sobre el contractual, esto se pone de manifiesto en regulaciones que permiten disponer de las aguas públicas en caso de calamidad, e incluso en determinados usos establecer el sistema de turnos para los tiempos de escasez, pero no habilita a una modificación estructural que no tenga límite temporal ni sea excepcional.

En el marco de sistemas de distribución por superficie, no resulta sencilla una disminución legal de magnitud que permita aumentar la productividad del agua e incluso garantizar usos que históricamente han perdido los sectores que se ubican en el tramo inferior de la cuenca. La disminución de los caudales concedidos no puede llegar al punto de afectar en lo sustancial al derecho, esto ha sido desarrollado por la doctrina en forma específica y también se desprende de los límites que tiene el poder de policía en el art. 28 de la CN. Teniendo en cuenta los sistemas de riego actuales, es posible que una disminución importante de las dotaciones entregadas a cada concesionario (en el caso agrícola) implique una imposibilidad de riego a toda la superficie concesionada, aunque en la práctica la superficie cultivada sea menor a la concesión.

CONCESIONES USO POBLACIONAL

El código de aguas establece como primer uso para el otorgamiento de concesiones, el uso poblacional, este es un concepto amplio que engloba situaciones disímiles (art. 64): *Por abastecimiento de poblaciones se entiende, no solo el agua para bebida, sino también la necesaria para usos domésticos, salubridad pública y demás servicios públicos y particulares, abrevaderos para animales domésticos y riego de jardines, huertos y arbolados.*

Conforme el art. 69 de la ley 190-L, *Las concesiones para abastecimiento de poblaciones serán permanentes y a perpetuidad cuando sean otorgadas a entidades públicas. Si fuesen concedidas a empresas privadas de servicios públicos o personas particulares, lo serán por un plazo no mayor de treinta años.*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En virtud de los artículos expuestos, surge que el uso poblacional conlleva desde el abastecimiento doméstico para bebida hasta el riego de jardines, huertos y arbolados. En este aspecto, es necesario mencionar que el actual concepto de Derecho Humano al Agua, engloba además el uso doméstico, el uso para agricultura de subsistencia. Sin embargo, este contenido no coincide necesariamente con lo establecido en este artículo.

En el CAg se establece el marco normativo para entregar la concesión a la entidad que, en el caso del uso doméstico, prestará el servicio de agua potable. La relación de la entidad prestadora de servicio con el usuario de agua doméstica se encuentra regida por normativa específica, la mayor parte de la red es administrada por Obras Sanitarias Sociedad del Estado (OSSE), regulada en la ley 238-A. La tarifa del servicio es regulada por OSSE.

Existen Uniones Vecinales (Asociaciones Civiles) que prestan el servicio de agua potable. En este caso, conforme art. 71 de la ley 190-L, el Departamento de Hidráulica debería fijar la tarifa del servicio. Sin embargo, es una regulación que no se ha efectivizado en la práctica.

CONCESIONES INDUSTRIALES

Las concesiones industriales se encuentran reguladas entre el art. 84 y 94 del CAg. La ley expresa: *La concesión para uso industrial se otorga con la finalidad de que el agua sea empleada para producir calor o para refrigerar; como materia prima, disolvente reactivo, medio de lavado y purificación de materiales; para incorporar a la misma, a fin de ser eliminadas, materias sólidas o líquidas; o como componente o coadyudante en cualquier proceso de elaboración, transformación o producción.*

Estas concesiones duran el tiempo que persista la industria, lo cual es una redacción poco precisa y en cierto sentido es una especie de perpetuidad inherente a la industria, mientras se mantenga activa. No está regulada ninguna obligación productiva de las industrias con el agua, sino simplemente que tengan uso efectivo para la actividad, siendo una causal de caducidad su no uso por tres años consecutivos.

La unidad de medida de esta concesión está determinada en litros/segundos, lo cual es coincidente con el criterio general del art. 51. En el contexto actual, sería recomendable modificar esta unidad de medida para cuantificar en función de volúmenes determinados por ciclos asociados a la industria.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CONCESIONES HIDROENERGÉTICAS

Estas concesiones se encuentran reguladas entre el art. 95 y 109 del CAg. El código expresa: *Nadie podrá realizar instalaciones para uso hidroenergético de las aguas públicas sin expresa concesión de la autoridad administrativa. Se podrán otorgar concesiones para dicho uso cuando haya de utilizarse la fuerza cinética del agua o para generar hidroelectricidad.*

La redacción del artículo no es del todo clara, parte de una prohibición para definir este tipo de concesiones. Pueden ser otorgadas para fines privados o fines públicos, requieren de la participación de la Empresa Provincial de Energía, hoy Energía Provincia Sociedad del Estado (EPSE). Esta última se encuentra regulada en ley 791-A, la cual establece: *La Sociedad tiene por objeto el estudio, exploración, explotación, industrialización y administración de todos los recursos energéticos provinciales, según las pautas estratégicas que emanen de la autoridad de aplicación que el Poder Ejecutivo designe; así como el proyecto, construcción, renovación, ampliación, conservación, explotación y administración de las obras y centrales generadoras de energía, cualquiera fuere su fuente, de propiedad del Estado Provincial; como así también, la producción, transformación y comercialización de la energía proveniente de dichas fuentes*

En cuanto a los plazos, se regula que: *Las concesiones para uso hidroenergético que tuvieran por objeto la prestación de un servicio público, se otorgarán por un término no mayor de treinta años, que será prorrogable una sola vez por diez años más, a pedido del concesionario. Las concedidas para fines privados durarán mientras se ejercite la industria o actividad para la que fueron otorgados.* De esta redacción pareciera surgir que incluso concesiones a EPSE en obras públicas como los embalses, estarían sujetas a un plazo de 30 años.

En cuanto a las dotaciones, en este caso el código establece en su art. 51 que *la magnitud se expresará en caballos nominales.*

El art.105 establece que finalizada la concesión que tenga por objeto la prestación de un servicio público, *“todos los inmuebles, obras, maquinarias, instalaciones y electroductos, utilizados para la captación, producción, transformación, distribución y comercialización de la energía, como así toda otra instalación vinculada a la concesión, pasarán en propiedad al Estado, sin que éste deba abonar suma alguna por ello”.* Esta situación está prevista en los casos en que se trate de un concesionario privado que en la actualidad debiese contribuir a la red interconectada del servicio público de energía.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En la práctica actual, las principales centrales hidroenergéticas de la provincia, instaladas en los distintos embalses, son manejadas por ESPE. La única excepción es el Complejo Hidroeléctrico (Ullum I y Ullum II); cuya concesión al privado está pronta a finalizar. Existen centrales menores manejadas por privados en canales de la red de riego.

CONCESIONES AGRÍCOLAS

El CAg comienza el tratamiento de este uso estableciendo que *“La concesión para uso agrícola no da a su titular ningún derecho de dominio sobre el agua pública, sino que crea a su favor un derecho patrimonial subjetivo, de uso excluyente, para el riego de su propiedad”*. la perpetuidad, inseparabilidad e integridad de las concesiones respecto al inmueble.

Es importante resaltar que se suma como causal de caducidad el no uso continuado durante 3 años, pero no se aplica en la práctica, ya que resulta imposible reasignar esa concesión o volver a otorgarla (art. 129), por lo que implica la pérdida productiva casi total del inmueble, que conlleva un problema de interés general y no solo del propietario.

El CAg de 1978 abolió la distinción que existía entre concesiones perpetuas y temporarias. Durante fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX se otorgaron derechos de agua que no atendieron ningún criterio ni planificación, incluso en estudios históricos se ha sostenido que había un uso especulativo y discrecional en cuanto al otorgamiento de los mismos. La ley de 1978, al abolir dicha distinción, legalizó en forma permanente y con carácter perpetuo lo que constituye una sobreexplotación de la cuenca del río San Juan, en virtud de la dotación que la propia ley busca asegurar a cada hectárea. Si bien en la práctica esto no ocurre, ya que los canales no tienen siquiera capacidad de carga para el coeficiente regulado, la ley habla de un coeficiente único máximo de 1,3 litros por segundo por hectárea concesionada; si sumamos las hectáreas concesionadas que se encuentran en el padrón de distribución del Departamento de Hidráulica en los Valles de Tulum, Ullum y Zonda (119.191 has), se obtiene un valor de 154,9 metros cúbicos por segundo. El módulo promedio del río San Juan durante los registros del siglo XX oscila los 60 metros cúbicos por segundo, incluso se ha registrado un baja en los caudales del siglo XXI.

La dotación establece un máximo de 1 litro con 30 centilitros por segundo por hectárea, proporcional a la disponibilidad del recurso, aforado en cada bocatoma o compartimento que arranca la acequia de la propiedad respectiva (art. 126 CAg). Sin embargo, producto de la extendida crisis

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

hídrica se utiliza un sistema de turnos para tiempos de escasez que se encuentra regulado en el art. 164 del CAg. El cálculo de distribución se maneja en función de coeficientes con respecto a la dotación máxima de 1.30 l/s por hectárea. Por ejemplo, si el caudal total a distribuir es de 70 000 l/s (70 m³/s) y la superficie de dotación es de 100 000 ha, el coeficiente general promedio para todo el sistema será de 0.70 (Miranda, 2015, p. 401).

El CAg regula a la escasez como una excepción, sin embargo, ha sido lo habitual en la última década. No obstante, la elevada dotación máxima a la que se tiene derecho por ley, es lo que conllevó el declarar agotados los caudales de los ríos San Juan y río Jáchal (con sus afluentes).

Conforme lo establece el art. 129 de la ley los procedimientos para el otorgamiento de nuevas concesiones agrícolas *“solo podrán ser reabiertos por disposición legal expresa, previa comprobación de que todas las concesiones otorgadas en el Valle de Tulum son atendidas con las dotaciones volumétricas que les corresponden, con coeficiente uniforme y suficiente, sin discriminación de fuentes, ni de la naturaleza permanente o eventual de la concesión”*. Esto ha generado un impedimento a la posibilidad de ampliar la frontera productiva de la provincia, en virtud de que las dotaciones máximas que deberían satisfacerse para reabrir el procedimiento son de imposible cumplimiento.

Por otro lado, el CAg explicita en su art. 33 que todo acrecentamiento de caudales que *“por acción de nuevas obras hidráulicas y mejoramiento de las existentes; por un mayor volumen de aguas subterráneas volcadas por el Estado a los cauces públicos, y por una mejor regulación de las disponibilidades hídricas, será destinado a reducir el déficit existente entre los caudales concedidos nominalmente a los agricultores y los caudales efectivamente entregados”*.

También cabe resaltar la existencia del artículo 127 que prohíbe expresamente la existencia de coeficientes diferenciales, con la particularidad que la ley habla en el art. 52 y art. 125 de coeficiente en litros por segundo (no de volúmenes totales), lo cual lleva la situación a una rigidez extrema. Esto es una particularidad en la que difiere de la mayoría de las leyes de aguas del país. Por ejemplo, la Ley de Aguas de Mendoza establece una dotación máxima de 1,5 litros por segundo por hectárea, pero solo para las concesiones permanentes, a su vez la redacción establece que ello se determinará en todo nuevo otorgamiento; lo cual tampoco obliga a que esa determinación sea uniforme de manera continua. Mientras que las concesiones eventuales de la vecina provincia están sujetas a aforo que debe tener en cuenta el tipo de suelo y de cultivo (Ley 430).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La redacción de San Juan es diferente, el art. 125 del CAg expresa: *“Todas las concesiones permanentes de uso de agua para riego, salvo las excepciones que se indican más adelante en este artículo, dan derecho a la utilización de una dotación con un coeficiente uniforme de hasta un litro con treinta centilitros por segundo de tiempo y hectárea de terreno, que será proporcional a las disponibilidades del recurso de la respectiva cuenca, aforados en cada bocatoma o compartimento en que arranca la acequia para la propiedad respectiva”*.

Por otro lado, el art. 127 se encarga de reforzar esta posición: *“La uniformidad en la distribución de las aguas públicas de cada cuenca debe respetarse en términos absolutos, salvo lo dispuesto en el artículo 121 modificado. A este fin se incluyen todas las aguas públicas del territorio de la cuenca, sin distinción entre aguas del río, afluentes, arroyos, vertientes, ciénagas, desagües, drenes o subterráneas. Queda expresamente prohibido disponer coeficientes diferenciales, so pretexto de diversidad de características de tierras, cultivos, categorías de concesiones, salvo lo indicado en el artículo 121 modificado o a favor de cualquier otro hecho o circunstancia con que se pretenda justificar la discriminación”*.

Cabe resaltar que la ley resultó inaplicable en lo que refiere al coeficiente único, a tal punto que dos años luego de su sanción, el propio Consejo del Departamento de Hidráulica, mediante Acta N° 1511 estableció coeficientes diferenciales para el Departamento Calingasta, cuyas fuentes de agua son los afluentes del río San Juan, en expresa violación de la prohibición del art. 127 que incluye a todas las aguas de la cuenca dentro del coeficiente único.

De esta forma la ley actual de San Juan incorpora dentro de los términos de ejercicio de la concesión, un coeficiente único y el derecho a aprovechar todos los acrecentamientos de caudales que ocurran producto de ello. Ante esto, una posible modificación a los términos de la dotación, por ejemplo, reduciendo el valor nominal establecido (de imposible cumplimiento) podría traer aparejado un incumplimiento con el derecho patrimonial adquirido de los usuarios. La posibilidad de disminuir dicha dotación en pos del interés general, por ejemplo: cotas de seguridad de presas, caudales de recarga del acuífero, caudales ecológicos; sería una opción posible. En virtud de que todo uso del agua, por la propia Constitución Provincial está sometida al interés generales. Sin embargo, la aplicación de la categoría de interés general es restrictiva en el Código de Aguas actual, por lo que tampoco es una carta en blanco para invocar en pos de toda reforma.

Otro artículo que resulta de importancia en torno al uso agrícola es el 126, por el cual debería medirse lo entregado al ingreso de cada uno de los inmuebles, no obstante, esto no es una práctica

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

habitual y en muchos casos es resistida por los propios usuarios. El sistema tiene un pretendido coeficiente único, pero evidencia coeficientes diferenciales discrecionales, además de lo mencionado en cuanto a las actas que habilitaron excepciones, esto ocurre también en general por una falta de control que tiende a perjudicar a los usuarios aguas abajo.

Además de lo explicado, en el caso de San Juan, mediante el art. 128 del CAg está proscripta la sustitución de fuentes, es decir el Estado en el marco de su poder de policía reglamentario, tiene límites establecidos por la ley que no le permiten cambiar unilateralmente el origen del agua con que se satisface el derecho patrimonial subjetivo de los concesionarios agrícolas. Por ejemplo, no puede reemplazar agua de los ríos superficiales por aguas subterráneas, siempre que exista disponibilidad suficiente debe respetar la fuente original.

Además del derecho a recibir el volumen conforme la disponibilidad (entendida en los términos expuestos), el art. 55 del CAg establece una garantía a favor de los concesionarios. Ya que solo exime de responsabilidad al Estado cuando la disminución del caudal se deba a causas naturales. ¿Qué ocurre con el caudal ecológico o un caudal de recarga del acuífero? Podría alegarse que su necesidad obedece a causas naturales, aunque claramente una medida que libere el agua sería una decisión de la administración y seguramente no encuadre en el significado que el legislador le dio al término “causa natural” al momento de la sanción del CAg. Pero tampoco podría seguirse interpretándose el mismo desconociendo los impactos ambientales, menos aún luego del reconocimiento del derecho al ambiente sano en nuestra CN.

En función de lo expresado, a los fines de evitar cualquier conflicto judicial y disminuir la potencial conflictividad entre los derechos individuales patrimoniales de los usuarios y los derechos colectivos de la sociedad en su conjunto (seguridad hídrica, sostenibilidad del acuífero, conservación ecosistémica), así como también el Derecho Humano al agua en todo su contenido y el interés público, resulta necesario pensar instrumentos de transición que permitan establecer una nueva forma de cuantificar las dotaciones. Los instrumentos que puedan invocarse en pos del interés general, deben ser regulados por ley, en pos del principio de paralelismo de las formas con el CAg actual.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

LEY 13-A ESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA

ENTIDAD AUTÁRQUICA PERO DEPENDIENTE, UNA LEY POCO CLARA

El Departamento de Hidráulica (DH) es definido en la ley de su creación (13-A), sancionada en el año 1942, como un organismo con autarquía bajo la dependencia funcional de la Subsecretaría de Recursos Hídricos, hoy Secretaría de Agua y Energía (SAE).

Autarquía significa que un ente tiene capacidad para administrarse a sí mismo, en virtud de un régimen legal establecido por el poder central y bajo el control de éste. La autarquía no significa estar exento del control de la administración central. Existe un control de legitimidad: administrativo realizado ante ciertos actos importantes, un ejemplo puede ser el tema presupuestario; también existe un control jurisdiccional por el Poder Ejecutivo en caso de recursos jerárquicos. Una entidad autárquica se encuentra en la esfera jurisdiccional del Ejecutivo, pero no subordinada jerárquicamente a ningún órgano administrativo, en cuanto a la cotidianeidad del control de sus actos, ni a la oportunidad, mérito o conveniencia de los mismos. Sin embargo, el Departamento de Hidráulica tiene una regulación peculiar, ya que, si bien se lo menciona como entidad autárquica, la propia ley 13-A dice expresamente que es un organismo dependiente de la Secretaría de Estado de Recursos Hídricos. En teoría una entidad autárquica no debiese ser dependiente de ninguna Secretaría o Ministerio, simplemente podría entrar en una órbita de coordinación y jurisdicción, con los alcances explicados, pero no dependencia. Sin embargo, el DH sí ha sido establecido como organismo dependiente. Es una categorización jurídicamente contradictoria: entidad autárquica dependiente. La dependencia es justamente lo contrario a la autarquía.

En el terreno práctico esto se traduce en que el DH tiene atribuciones propias de las entidades autárquicas como la confección de su presupuesto y tramitación, conforme regulaciones de Ley de contabilidad (55-I), pero está sujeto a las directivas de la SAE en el marco del Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Se ha sostenido que en el caso de los entes reguladores y demás autoridades administrativas independientes es indispensable, pero infrecuente, la no injerencia del Poder Ejecutivo (Gordillo. 2013). Esto también es una diferencia con el DH, ya que el Ejecutivo nombra y remueve a su Director, lo cual en la práctica genera que la administración no sea propiamente indirecta y por

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ende autárquica, sino más similar a una Dirección en la órbita Ministerial. No obstante, esto también ocurre con otras reparticiones autárquicas, por ejemplo, Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), por lo que es una regulación habitual en nuestra legislación. La diferencia con este último, es que no se encuentra regulada una dependencia directa de IPV con alguna Secretaría o Ministerio, sino más bien una coordinación en la relación.

En conclusión, la autarquía dependiente del DH es una categoría híbrida que implica una contradicción en sí misma. Técnicamente debe cumplir con la dependencia de la SAE pero en simultáneo puede elaborar su propio presupuesto, realizar contrataciones por sí mismo, ejercer las facultades conferidas en la Ley 13-A, etc. De igual manera, cabe mencionar que así fuese más clara la regulación del DH, su autarquía siempre sería en el marco del Poder Ejecutivo provincial, por lo que queda comprendido por normas que son de aplicación al mismo.

GOBIERNO MIXTO

El Departamento de Hidráulica cuenta con un Consejo, el cual tiene una suma de Facultades establecidas en el art. 20 de la ley 13-A, las cuales van desde aprobar los reglamentos de riego hasta otorgar concesiones, permisos, fijar el canon y la tasa retributiva (esta última a propuesta de las Juntas departamentales), nombrar y disponer sobre el personal, etc.

La ley 13-A establece dos órganos que podríamos identificar con la administración primaria: El Director y El Consejo del Departamento Hidráulica. El Director es elegido y desplazado directamente por el Poder Ejecutivo, sin que tenga una duración determinada de mandato. En el caso del Consejo se establece una composición de 5 miembros, a los cuales debe sumarse el Director del Departamento, de los 5 miembros mencionados, 3 de ellos deben ser representantes de regantes, uno por cada una de las zonas establecidas en el art. 10 de la ley 13-A. La ley habla de regantes, pero en el título específico que regula el derecho de participación, refiere a todos los usuarios, es decir queda incorporado hasta un uso hidroenergético; esta doble calificación de la ley deja traslucir el mayor peso que en la práctica tienen los usuarios agrícolas. El uso agrícola cuenta con **165.087,27** hectáreas concesionadas, sobre un total de **260.835,21 hectáreas**. De esta forma se incorpora por vía legal la participación efectiva de los usuarios en un órgano del Departamento Hidráulica. Esto último, si bien garantiza la participación en el órgano máximo de decisión, genera que los propios concesionarios del agua sean también autoridad concedente y de control de las concesiones. Por ende, desde el punto de vista jurídico la figura del consejero engloba un doble

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

interés: el interés público de velar por la correcta administración del agua y el gobierno del Departamento Hidráulica con la correspondiente policía sobre las aguas; el interés privado de ser representantes de usuarios que, en el caso del uso agrícola, cuentan con una concesión perpetua, inherente al predio, con una alta dotación máxima sujeta a disponibilidad.

Los Consejeros representantes de regantes (CR), son elegidos de manera indirecta. A tales fines la provincia se divide en tres zonas. Los miembros de Junta departamentales de cada zona eligen un usuario de la misma como representante en el consejo. La primera zona es la margen derecha del río San Juan, la segunda zona es margen izquierda, mientras que la tercera zona es una combinación de Departamentos de la provincia sin criterio hidrológico. En esta última se ubican lugares de la cuenca del río San Juan (Calingasta), otros de la cuenca del río Jáchal (Iglesia y Jáchal), y la cuenca del Departamento Valle Fértil. Es decir, la tercera zona engloba tres cuencas diferentes, cuya única conexión aparente es su lejanía con la capital de la provincia de San Juan.

El Departamento Hidráulica también cuenta con organismos descentralizados en su interior, aunque en la práctica dicha descentralización no opera plenamente. Estos organismos son: Juntas departamentales y comisiones de regantes.

La ley establece que *“Cada canal o grupo de canales que sirvan más de trescientas hectáreas y cuenten un mínimo de seis concesionarios, elegirán una comisión de regantes a cuyo efecto se dividirá la zona que riegan en tres partes, superior, media e inferior, y cada una de ellas elegirá un titular y un suplente, para integrar esa comisión. Cuando los concesionarios fueran menos de seis o la zona regada no pase de trescientas hectáreas, elegirán un encargado que tendrá, en lo pertinente, las atribuciones propias de la comisión”*.

Para la elección de los representantes en las comisiones de regantes, se utiliza el siguiente esquema de votos ponderados:

En concesiones de hasta de 5 hectáreas. 1 voto

De “ de 5 a 15 “ 2 votos

“ “ de 15 a 30 “ 3 votos

“ “ de 30 a 50 “ 4 votos

“ “ de 50 a 75 “ 5 votos

“ “ de 75 a 100 “ 6 votos

“ “ de 100 a 125 “ 7 votos

“ “ de 125 a 150 “ 8 votos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

“ “ de 150 a 175 “ 9 votos

“ “ de 175 a más hectáreas. 10 votos

El derecho a voto de los concesionarios de agua para fuente motriz y uso industrial se graduará en la siguiente forma: cada H.P. tendrá su equivalente en media hectárea y cada décimo de litro por segundo de gasto de agua industrial tendrá su equivalente en una hectárea.

Esta ponderación del voto es susceptible de críticas por ser contraria al sufragio igualitario establecido en el art. 37 de la CN. Por otro lado, tiende a concentrar en las decisiones en los usuarios que mayor cantidad de hectáreas poseen y por ende son los mayores consumidores de agua. También es menester agregar que no se prevén mecanismos para la participación de grupos históricamente excluidos de la gestión, conforme la OGN 15, sería el caso de pueblos indígenas, existiendo comunidades inscriptas y/o con trámite de inscripción ante el Instituto Nacional de Asuntos Indígenas de la República Argentina. Por otro lado, tampoco se prevén mecanismos que aseguren la participación de las mujeres, las cuales también son consideradas en términos convencionales y constitucionales como un grupo para el que se debe garantizar la igualdad real de oportunidades en la participación. Esto último resulta de cumplimiento casi imposible con el esquema actual, ya que se trata de un sistema electoral uninominal por circunscripción electoral.

Las Juntas Departamentales son elegidas mediante los miembros de las Comisiones de Regantes, quienes designan un delegado titular y un suplente para que integre la Junta Departamental.

Las Juntas Departamentales y las comisiones de regantes son órganos sujetos al derecho público, sus actos no se equiparan a los de personas públicas no estatales ni a asociaciones civiles regidas en mayor medida por el derecho privado. Tienen funciones de control, vigilancia, e incluso ejecución de ciertos trabajos (Juntas), conforme art. 57 y art. 65 de la ley 13-A. Esto implica que, si bien no tienen la misma responsabilidad que el Consejo, también se da un caso de tensión entre el interés público y el interés privado, ya que no se trata de personas públicas no estatales, como es el caso de la provincia de Mendoza, ni de Asociaciones Civiles o cualquier persona jurídica privada, sino de organismos públicos que representan también en forma directa intereses privados, con facultades y procedimientos propios del Derecho Público.

Por último, si bien esto no agota todo lo que podría analizarse en cuanto a la estructura del DH, cabe hacer referencia a la figura del Inspector Técnico. Conforme expresa la ley en su art. 36 *El Departamento de Hidráulica estará representado en cada departamento de la provincia por un inspector técnico.* Este Inspector es el Jefe inmediato de llaveros y celadores de cada departamento,

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

teniendo facultades para la vigilancia permanente de toda la red de riego y desagües del departamento y su normal funcionamiento. A su vez, desempeña las funciones de secretario permanente de las respectivas Juntas Departamentales. Es decir, es un empleado del Departamento Hidráulica, organismo que debería controlar el funcionamiento de las comisiones y Juntas departamentales, mediante su personal, pero a su vez es también el secretario de la Junta departamental; teniendo un doble rol que, desde el punto de vista jurídico, dificulta su imparcialidad en el trato con los usuarios.

OTRAS LEYES

Ley N 65-L: establece aprovechamiento hidroeléctrico de los desniveles artificiales o naturales.

Ley N 348-L: Se declara necesaria la adopción de medidas para prevenir toda alteración de las aguas.

Ley N 435-L: Se declara de orden público provincial el potencial hidroenergético del Río San Juan con sus afluentes y derivaciones.

Ley N 800-L: Se adhiere la provincia al Consejo Hídrico Federal.

Ley N 1067-L: Ley provincial de glaciares.

Ley N 1086-L: Se establecen disposiciones para la protección de la cuenca hídrica Pampa del Chañar del Departamento Jáchal.

Ley 2470-L: declaración de emergencia hídrica, con conceptos de planificación hidrológica, recarga del acuífero y seguridad de presas.

ESQUEMA TARIFARIO

DH

En el caso de agua de riego, existen tres obligaciones tributarias: derecho especial de concesión, canon y tasa retributiva de servicios.

El derecho especial de concesión se encuentra regulado en el art. 257, el cual establece que, en el momento de ser otorgada la concesión se deberá abonar el mismo. El cual es determinado en forma anual por el DH, conforme los siguientes criterios: *El derecho especial de concesión será, por lo menos, igual al setenta y cinco por ciento de la diferencia de valor venal entre el que corresponda a la hectárea de tierra cultivable, libre de toda mejora y sin derecho de agua, por una parte y el*

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

que corresponda a una hectárea igual, pero provista de dotación hídrica por concesión legal. Las concesiones otorgadas para aprovechamientos no consuntivos, como los hidroenergéticos, podrán ser liberados de este gravamen. A fin de establecer los valores venales corrientes a que se refiere este artículo, se requerirán informes previos al Banco de San Juan, Banco de la Nación Argentina y al colegio o asociación de martilleros.

El canon es una especie de renta dominial que se paga por la mantención de la concesión, el CAg establece que se *fijará en proporción a la magnitud de la respectiva concesión y será uniforme dentro de cada cuenca.* Conforme establece la ley, la reglamentación debía establecer los criterios técnicos para fijar el mismo, no obstante, el CAg no cuenta con Decreto reglamentario ni existe otra norma que establezca el alcance de esos términos, por lo que queda a criterio del Consejo del DH.

La tasa retributiva de servicios, conforme lo establece el art. 262 del CAg, debería pagarse en función de *los trabajos de carácter general o particular que la administración realice para la mejor utilización de los recursos hídricos, en concepto de conservación de obras, limpieza y monda de canales, mantenimiento de baterías de pozos, etc.* Sin embargo, en la práctica habitual de las Juntas departamentales que son quienes por ley 13-A tienen la competencia para elevar al Consejo el proyecto de presupuesto, la suma comprende menor cantidad de rubros que los indicados en la ley. Es importante resaltar que, conforme lo establece el art. 263, la tasa retributiva debería calcularse teniendo en cuenta la recaudación probable, sin embargo, en la práctica se calcula sobre la totalidad de los usuarios, siendo que la recaudación de los últimos años es menor al 30%.

Canon usuarios DH

La suma de **\$ 200,00 (pesos doscientos con 00/100)** por hectárea empadronada o por litro por segundo, según corresponda, para toda la Provincia. Excepto las concesiones de uso hidroenergético y los valores que contempla para Permisos Temporarios por extracciones mensuales de agua en todo el ámbito de la Provincia, de pesos doscientos (\$200) por cada metro cúbico (m³) de agua a extraer.

Tasa retributiva de servicio usuarios DH.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

	2023	2022	
Departamento	Calculado	Calculado	Diferencia %
ZONDA	\$ 11.426,52	\$ 4.798,76	138
RIVADAVIA	\$ 6.836,28	\$ 3.691,33	85
CHIMBAS	\$ 8.406,66	\$ 4.492,57	87
SANTA LUCÍA	\$ 9.500,43	\$ 4500,00	111
9 DE JULIO	\$ 6.362,75	\$ 2.993,71	113
RAWSON	\$ 9.244,12	\$ 4.808,55	92
POCITO	\$ 4.732,42	\$ 4.167,56	14
SARMIENTO	\$ 6.157,28	\$ 2.512,21	145
ULLUM	\$ 8.394,94	\$ 3.414,38	146
ALBARDÓN	\$ 9.396,97	\$ 4.641,13	102
ANGACO	\$ 6.615,71	\$ 3.309,53	100
SAN MARTÍN	\$ 4.397,07	\$ 2.324,61	88
CAUCETE	\$ 4.512,56	\$ 2.390,33	89
25 DE MAYO	\$ 5.094,81	\$ 2.072,71	146
JÁCHAL	\$ 3.400,85	\$ 1.781,20	91
IGLESIA	\$ 4.357,97	\$ 2.406,14	81
CALINGASTA	\$ 6.355,80	\$ 2.367,18	168
VALLE FÉRTIL	\$ 2.349,60	\$ 937,77	141

OSSE

Se acompaña el cuadro tarifario de agua potable y saneamiento establecido por OSSE. Conforme informa dicha sociedad: Las tarifas son mínimas y mensuales y el cálculo es catastral y se determina en base a las características del inmueble teniendo en cuenta diferentes parámetros como superficie del terreno, superficie cubierta, tipo de edificación y destino del inmueble.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Código de Servicio	CONCEPTO	TARIFA 2022 Pesos -Con IVA Incluido-
01	Edificación AGUA	947.10
02	Edificación CLOACA	777.15
05	Edificación AGUA Y CLOACA	1724.25
01	Beneficio Red AGUA	452.10
05	Beneficio Red AGUA Y CLOACA	788.70
01	Beneficio Jubilados AGUA	662.98
05	Beneficio Jubilados AGUA Y CLOACA	1206.98

REMISIÓN A ANEXO I

Se acompaña como Anexo I (en formato Excel) la estructura de gastos y recursos previstas en el proyecto de presupuesto 2023 para el DH y OSSE. En el caso del DH, la fuente de recursos propios prevé recaudar \$1.776.898 sobre un presupuesto total de \$7.074.566, esto significa que, incluso cumpliendo la previsión, alcanzando el 100% de la misma, algo que ha estado muy lejos en los últimos años, la recaudación no sería mayor al 25% del total.

CONCLUSIÓN

La legislación actual de la provincia de San Juan en materia hídrica no se encuentra adecuada a los paradigmas constitucionales y convencionales vigentes en la materia. En algunos casos la adecuación de esta normativa no conlleva ningún conflicto de tipo jurídico, solo requiere la modificación de las leyes que rigen la materia. En otros casos, producto del concepto de derechos adquiridos, algunas modificaciones podrían ocasionar conflictos entre derechos constitucionales de los usuarios con derechos constitucionales que pueden invocarse en titularidad de la sociedad

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

en su conjunto o grupos excluidos de la gestión hídrica e incluso restricciones en pos del interés público.

Por otro lado, también existen disposiciones de las leyes que no se cumplen o se interpretan de una manera que no se encuentra prevista en el texto de las mismas. Si bien esto puede ser un fenómeno multicausal, pareciera haber cierta vinculación con el lugar que tienen los propios usuarios en el máximo órgano decisor dentro del DH, es decir el Consejo. A su vez, que las Juntas departamentales también son organismos públicos. En sintonía con ello, existen diferentes propuestas que podrían analizarse para mantener la participación de los usuarios, pero definir con claridad las cuestiones que en pos del interés público deberían ser resueltas por el Estado, diferenciándose de las cuestiones en donde existe una preeminencia del interés privado y podrían ser resueltas en forma directa por los usuarios.

Es importante resaltar que la legislación de aguas de la provincia está diseñada en otro contexto histórico, el paradigma jurídico decimonónico no es el vigente en la actualidad. Por otro lado, la escasez no era el concepto habitual al momento de la sanción de la normativa vigente, se encuentra regulado como una excepción en dichas normas. El Derecho de Aguas en la región de Cuyo, se encuentra inmerso en la tensión entre interés público e interés privado, a lo que debemos sumar el interés colectivo de la sociedad en su conjunto, con un contenido diferente al del interés público propiamente dicho. Por todo lo expuesto, resulta recomendable analizar posibles modificaciones a las leyes en materia hídrica, que permitan conciliar los distintos derechos en pugna, minimizando el posible conflicto jurídico y permitiendo utilizar el agua en el marco de paradigmas legales y tecnológicos actuales, para potenciar el desarrollo socioeconómico de la provincia.

7. Disponibilidad De Agua Superficial

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES (ASD)

El agua superficial disponible (ASD) es el concepto de la cantidad neta de agua que es posible utilizar de un determinado depósito. ASD se define como la cantidad total de agua (Volumen de agua que entra = V_{in}) que entra en el depósito, menos todos los tipos de pérdidas (Volumen de pérdida de agua = $V_{perdidas}$). Estas pérdidas podrían ser evaporación, filtración hacia el agua subterránea o robo de agua.

El siguiente conjunto de ecuaciones explica el uso de ASD y cómo se calculó:

$$\text{Ec1 : AD} = \sum_{t=1}^n (V_{in} - V_{perdidas})_t$$

La Ecuación 1 establece que el agua disponible en un determinado depósito es igual a todo el volumen que entra en el depósito menos todas las pérdidas de agua de ese depósito durante un período de tiempo definido. Este período se puede definir como una hora, día, mes, año, etc. El período que elija para calcular AD depende de la calidad de los datos que posea y de las proyecciones futuras que desee calcular.

Para un reservorio, el cambio en el volumen de agua durante un período de tiempo definido (ΔV) se define en la ecuación 2:

$$\text{Ec2: } \Delta V = \sum_{t=1}^n (V_{in} - V_{out})_t$$

En donde:

V_{in} = Toda el agua que entró en el embalse

V_{out} = toda el agua que se liberó del depósito, V_{out} se define en la ecuación 3:

$$\text{Ec3: } V_{out} = (V_{salida} + V_{perdidas})$$

En donde:

V_{salida} = Volumen de agua que se liberó/bombeó del depósito y se contó.

$V_{perdidas}$ = Volumen de agua que se perdió y no se contabilizó (evaporación, filtración, robo, etc.)

Combinando la Ecuación 2 y la Ecuación 3, se puede formar la Ecuación 4:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

$$\text{Ec4: } \Delta V = \sum_{t=1}^n (V_{\text{in}} - (V_{\text{salida}} + V_{\text{perdidas}}))_t$$
$$\Delta V + \sum_{t=1}^n (V_{\text{salida}})_t = \sum_{t=1}^n (V_{\text{in}} - V_{\text{perdidas}})_t$$

Volviendo a la ecuación 1 obtenemos:

$$\text{AD} = \sum_{t=1}^n (V_{\text{in}} - V_{\text{perdidas}})_t = \Delta V + \sum_{t=1}^n (V_{\text{salida}})_t$$

Organizando la ecuación, obtenemos la ecuación 5:

$$\text{Ec5: } \text{AD} = \Delta V + \sum_{t=1}^n (V_{\text{salida}})_t$$

Por lo tanto, en la Ecuación 5, el AD del reservorio podría expresarse en función de parámetros operacionales bien medidos. Es el cambio en el volumen de agua (ΔV , calculado utilizando el nivel de agua del depósito) y las extracciones de agua del embalse (V_{salida}) durante un período definido. Del mismo modo, es posible definir AD para el agua subterránea, donde las pérdidas podrían estar relacionadas con fugas y flujos laterales a otras regiones, cuando no existe otra información.

AD es un parámetro operacional que representa con precisión el estado hidrológico de una región. La gran ventaja de utilizar esta variable es la eliminación de la necesidad de calcular variables con altos grados de incertidumbre, como la evaporación y las filtraciones de los embalses.

CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES (ASD)

GENERAL

La provincia de San Juan se divide en 2 cuencas principales, la cuenca del río San Juan en la parte sur de la provincia y la cuenca del río Jáchal en la parte norte de la provincia.

En la cuenca del Jáchal, la presa "Cuesta del Viento" está recibiendo agua del río Blanco, desde la Cuesta del Viento el agua fluye a través del río Jáchal hasta el Derivador Pachimoco, desviado a 3 canales principales que suministran el agua a las demandas agrícolas de la zona, la capacidad de

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

almacenamiento de la presa es de 192 HM³ y es el único embalse activo en el sistema, por lo tanto, el valor del agua disponible debe calcularse allí.

Figura 7-1 presenta el esquema del sistema de abastecimiento de la presa Cuesta del Viento:



Figura 7-1: Esquema de abastecimiento de embalse Cuesta del Viento.

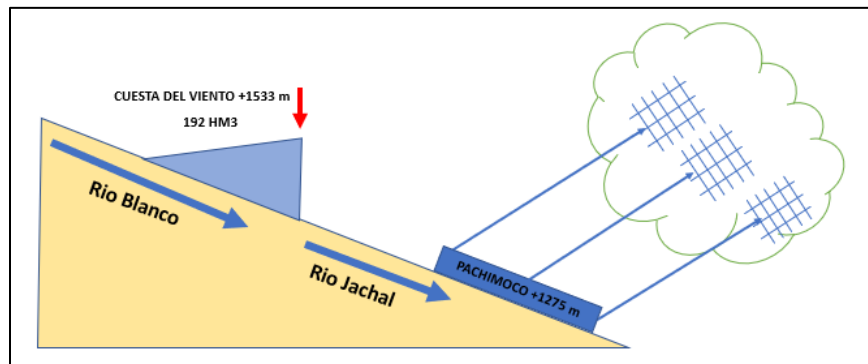


Figura 7-2: Perfil del sistema Cuesta del Viento.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En la cuenca del río San Juan, hay 3 grandes represas: Caracoles, Punta Negra y Ullum, Una nueva represa se está construyendo: Tambolar.

Las siguientes figuras presentan las presas de la Cuenca del Río San Juan.

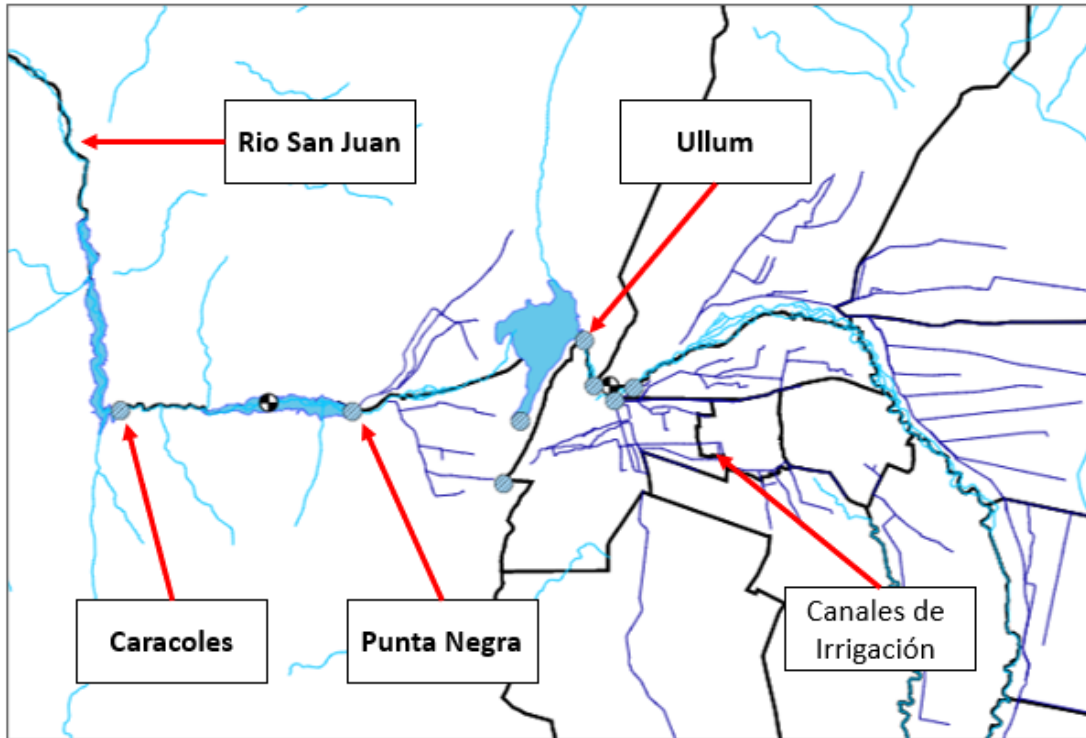


Figura 7-3 Sistema de represas de la cuenca del río San Juan.

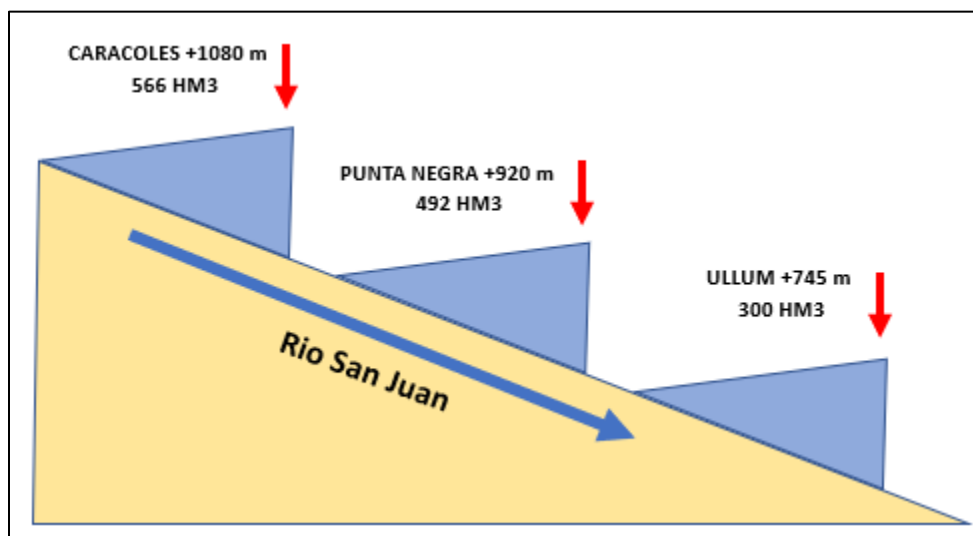


Figura 7-4: Perfil del sistema de represas del río San Juan.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Estas tres presas con una capacidad total de almacenamiento de 1,360 HM³ regulan el caudal del río San Juan y la última presa es Ullum. Todo el suministro de agua a Ullum, Tulum Zonda, que son las áreas más cultivadas de la provincia, así como las zonas más pobladas son de la presa Ullum, por lo tanto, el agua disponible debe calcularse para esa presa, ya que las otras dos presas, son presas transitorias que tienen como finalidad generar hidroelectricidad.

Algunos parámetros físicos para las principales presas se resumen en la siguiente tabla.

Nombre	Año de ingreso a operación	Volumen (HM ³)	Cota mínima normal (m.s.n.m)	Cota máxima normal (m.s.n.m)
Cuesta del Viento	2000	192	1500	1529
Caracoles	2009	566	1080	1010
Punta Negra	2015	492	920	950
Ullum	1969	300	745	768
Total		1,550		

Tabla 7-1: Principales represas en San Juan, capacidad de almacenamiento y niveles de agua operativos

Calingasta – El departamento de Calingasta se encuentra aguas arriba del río San Juan, no existe una presa que controle el suministro de agua en esta zona, hay tomas directamente del río y no se monitorean las extracciones de agua. Ya que no hay datos disponibles sobre los volúmenes de agua extraídos del río, debemos estimar dicho volumen, ya que es parte del agua disponible que se debe calcular (incluye también el agua que no se consume en Calingasta que termina en la presa Ullum). Debido a la estructura del acuífero en la zona de Calingasta, toda el agua que no se utiliza para riego se infiltra al acuífero y emerge alrededor del km 101, por lo que desemboca en la presa de Caracoles.

El área regada real en Calingasta es de 3.500 hectáreas (35 km²), considerando una dosis de riego de 1.000 mm por hectárea por año, el valor anual de ASD es de 35 HM³ anuales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

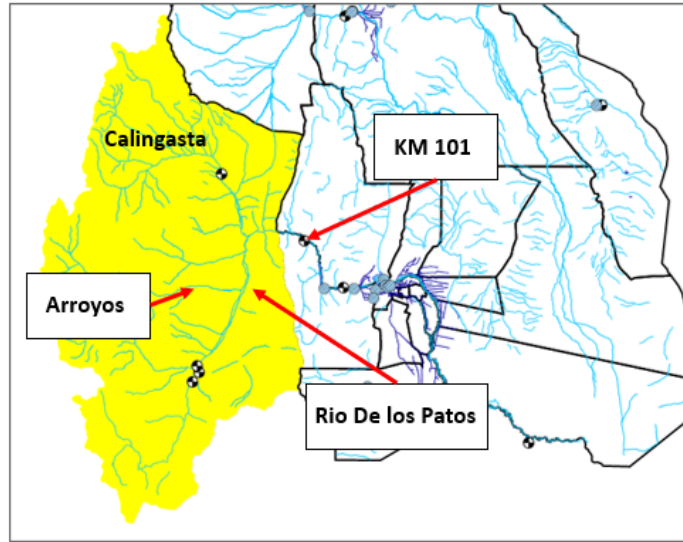


Figura 7-5: Calingasta

Iglesia – El departamento de Iglesia está ubicado en la parte norte de la provincia, no hay una presa que controle el suministro de agua en esta área, el riego se basa en manantiales, y el suministro de agua no está regulado por ningún tipo de almacenamiento. Por lo tanto, el agua disponible debe ser toda el agua consumida de los manantiales, el área real de riego es de 3,500 hectáreas, suponiendo que la dosis de riego sea de 1.000 nm por hectárea por año, el valor ASD es de 3.500 HM³ anuales.

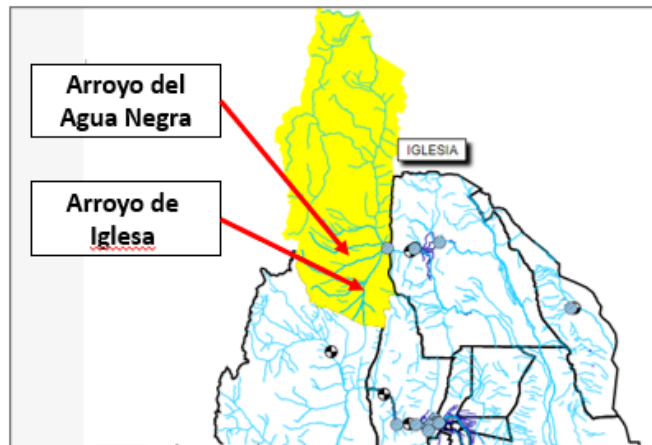


Figura 7-6 Iglesia

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Valle Fértil – Valle se encuentra en el lado este de la provincia. El suministro de agua en esta área se basa en la presa San Agustín, desafortunadamente, aunque tenemos registros desde 2014 hasta 2020 de niveles de agua, caudales en el embalse y extracciones, no pudimos calcular el volumen del embalse al comienzo de cada mes, por lo tanto, el agua disponible se calcula como los volúmenes extraídos de la presa para los consumidores.

Para los años sin datos, utilizamos el valor promedio de los años registrados, esta es una estimación decente ya que el área total irrigada no ha cambiado en los últimos 20 años.

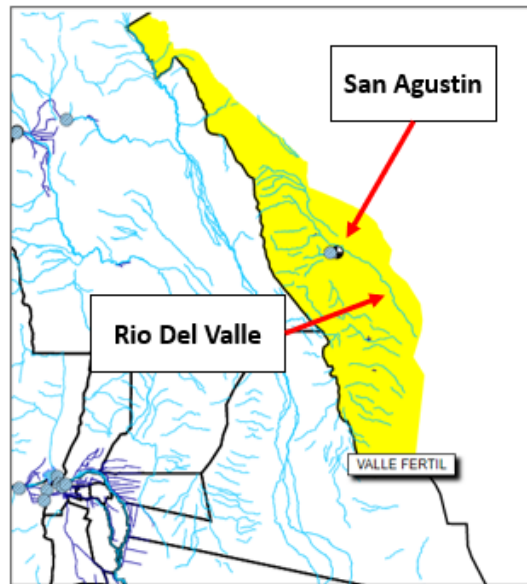


Figura 7-6 Valle Fértil

CÁLCULOS

Los datos para los cálculos fueron recibidos de Dirección de Hidráulica. Para la presa de Ullum los datos recibidos cubren 23 años, desde octubre de 1999 hasta septiembre de 2022. Estos datos incluyen los niveles de agua al comienzo de cada mes, el volumen de almacenamiento del embalse al comienzo de cada mes y las extracciones de agua mensuales de las presas.

Para la presa Cuesta del Viento se recibieron los mismos datos, pero sólo desde enero de 2016 hasta diciembre de 2022.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Con lo anterior, se calcularon los valores mensuales del ASD para cada reservorio y en una segunda fase también se calculó el ASD anual. El año hidrológico de las presas comienza el 1^{ro} de octubre.

Año	Cambio del Almacenamiento Anual (D _{Alm})			Erogación	ASD: Caracoles + Punta Negra + Ullum	Calingasta ASD	ASD Total Cuenca del Río San Juan
	Caracoles	Punta Negra	Ullum				
1999-00			-60,19	1.315,68	1.257,88	35,00	1.292,88
2000-01			-21,15	1.616,61	1.667,73	35,00	1.702,73
2001-02			-1,41	1.573,67	1.607,67	35,00	1.642,67
2002-03			-38,04	1.587,07	1.535,27	35,00	1.570,27
2003-04			-1,00	1.602,43	1.670,53	35,00	1.705,53
2004-05			-35,14	1.214,66	1.168,22	35,00	1.203,22
2005-06			-18,58	1.723,71	1.736,91	35,00	1.771,91
2006-07			-0,97	1.581,57	1.603,75	35,00	1.638,75
2007-08			-27,71	1.539,15	1.503,55	35,00	1.538,55
2008-09			-25,15	1.618,37	1.601,72	35,00	1.636,72
2009-10	-31,25		-45,43	1.363,91	1.299,63	35,00	1.334,63
2010-11	-1,75		-8,87	952,75	780,17	35,00	815,17
2011-12	-98,98		1,67	1.026,97	924,56	35,00	959,56
2012-13	1,49		-17,67	1.000,75	980,55	35,00	1.015,55
2013-14	50,08		-10,58	892,19	1.032,43	35,00	1.067,43
2014-15	-208,96		8,63	811,23	605,72	35,00	640,72
2015-16	402,33	178,09	14,43	1.079,66	1.704,56	35,00	1.739,56
2016-17	63,01	215,74	13,26	1.303,10	1.714,05	35,00	1.749,05
2017-18	-27,27	-144,34	-21,70	1.143,69	937,61	35,00	972,61
2018-19	-176,48	-21,48	-15,26	1.107,21	876,88	35,00	911,88
2019-20	-177,36	-46,41	-23,38	976,04	591,76	35,00	626,76
2020-21	-117,74	23,11	-14,60	855,55	752,91	35,00	787,91
2021-22	-20,54	-31,72	-47,20	650,63	548,43	35,00	583,43

Tabla 7-2: Agua Superficial Disponible en la cuenca del río San Juan.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Año	VOL	Cambio del Almacenamiento Anual (D _{Alm})	Volumen Erogado	ASD anual
2015-16	173,43	51.14	147.83	198,97
2016-17	181,96	0.55	394.81	395,36
2017-18	185,00	7.93	233.98	241,90
2018-19	188,48	-4.72	241.49	236,78
2019-20	158,22	-26.82	213.42	186,59
2020-21	126,08	-30.07	187.59	157,52
2021-22	135,22	9.02	150.72	159,75

Tabla 7-3: Agua Superficial Disponible Anual en Cuesta del Viento (HM³)

Año Hidrológico	Cuesta del Viento	Iglesia	Valle fértil	Rio San Juan	Total
1999-00		30	7	1.293	1.330
2000-01		30	7	1.703	1.740
2001-02		30	7	1.643	1.680
2002-03		30	7	1.570	1.607
2003-04		30	7	1.706	1.743
2004-05		30	7	1.203	1.240
2005-06		30	7	1.772	1.809
2006-07		30	7	1.639	1.676
2007-08		30	7	1.539	1.576
2008-09		30	7	1.637	1.674
2009-10		30	7	1.335	1.372
2010-11		30	7	815	852
2011-12		30	7	960	997
2012-13		30	7	1.016	1.053
2013-14		30	7	1.067	1.104
2014-15		30	7	641	678
2015-16	199	30	7	1.740	1.976
2016-17	395	30	7	1.749	2.181
2017-18	242	30	7	973	1.252
2018-19	237	30	7	912	1.186
2019-20	187	30	7	627	850
2020-21	158	30	7	788	982
2021-22	160	30	7	583	780

Tabla 7-4: Agua Superficial Disponible Anual en la Provincia (HM³)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

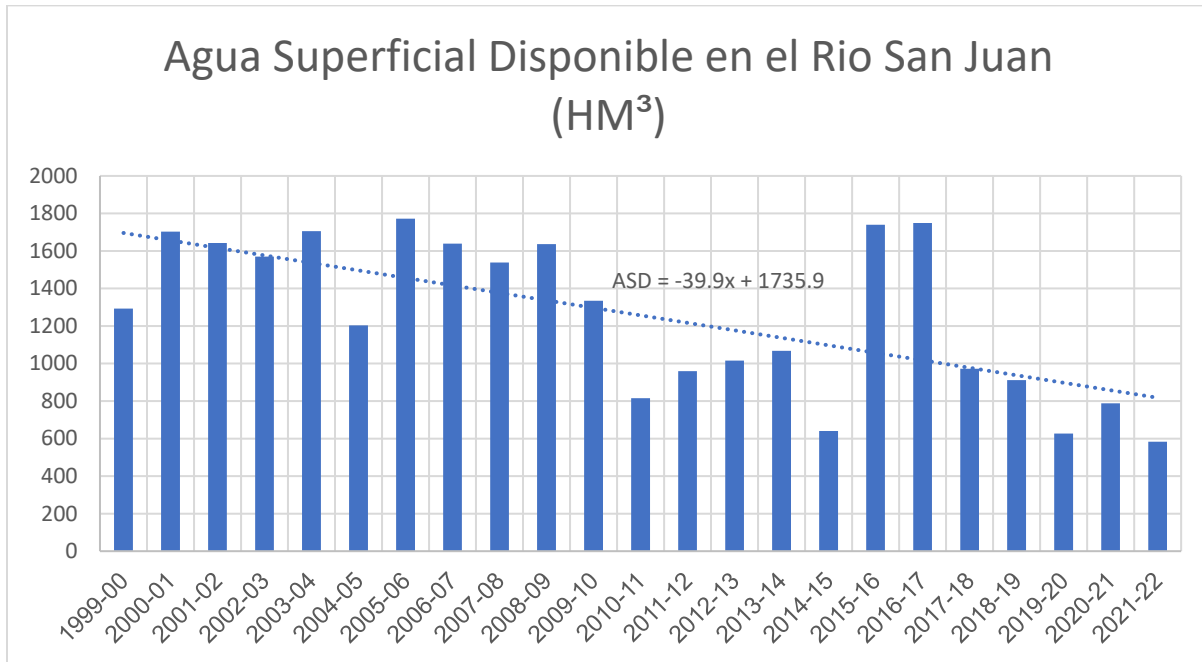


Figura 7-8: Agua Superficial Disponible Anual en el Rio San Juan (HM³)

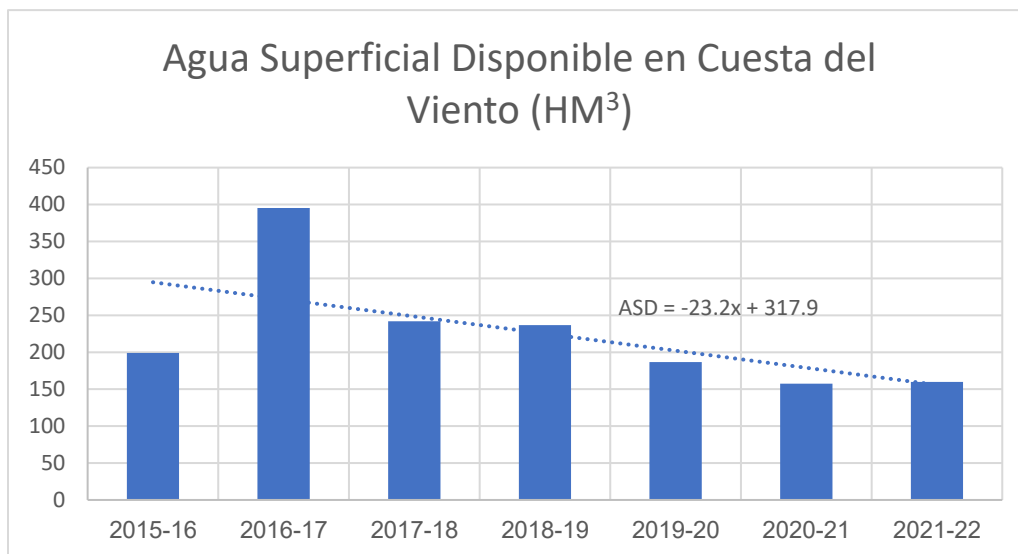


Figura 7-9: Agua Disponible Anual en el Dique Cuesta Del Viento (HM³)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

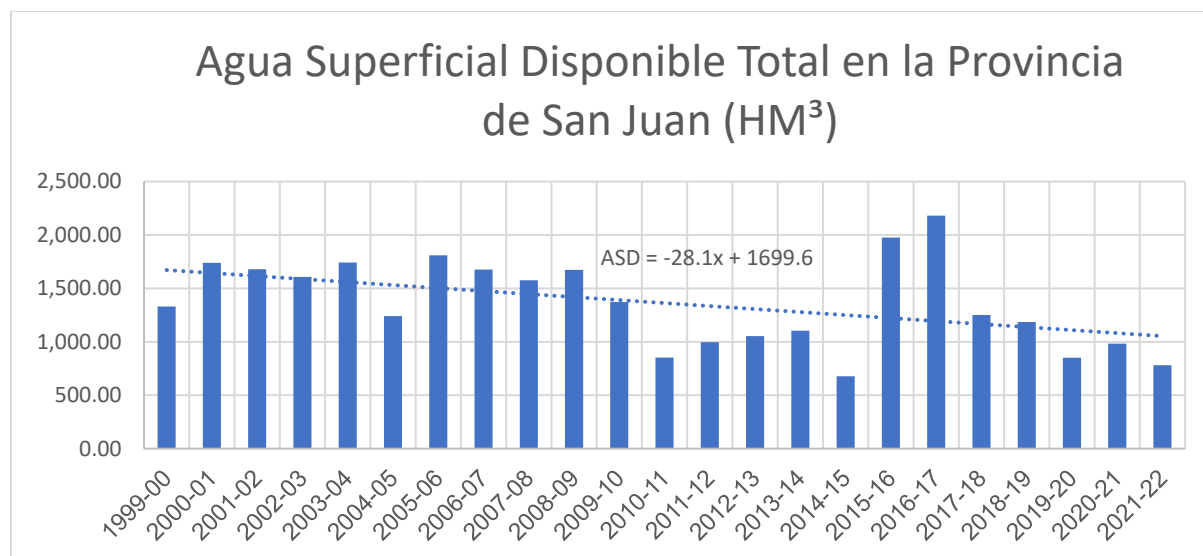


Figura 7-10: Agua Superficial Disponible Total Anual en la Provincia San Juan (HM³)
(HM³)

A continuación, se presentan el promedio, la mediana y la desviación estándar para cada presa y para todas en conjunto.

	Cuesta del Viento	Iglesia	Valle Fértil	Rio San Juan	TOTAL
Promedio	225,4	30	7	1.256,8	1.362,4
Mediana	199,0	30	7	1.292,9	1.329,9
Desviación estándar	81,8			415,3	413,7
Capacidad de almacenamiento	192,0			1.358,0	

Table 7-5: Agua Disponible Anual en la Provincia de San Juan: promedio, mediana y desviación estándar (HM³)

La mediana y el promedio son muy similares. Eso es posible ya que la influencia de un año hidrológico al siguiente es muy pequeña. Cada año es independiente del resto.

El AD promedio en Cuesta del Viento (225,4 HM³), es sólo un 17% mayor que la capacidad de almacenamiento del dique (192 HM³). En la cuenca del río San Juan, el AD promedio (1.256,8 HM³), es un 8% menor que la capacidad de almacenamiento del dique (1.358 HM³). Al ser el AD y el volumen de almacenamiento similares, la operación interanual se encuentra muy condicionada, siendo la capacidad de regulación del sistema, muy limitada.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ÍNDICE ESTANDARIZADO PARA AGUA SUPERFICIAL DISPONIBLE (IE ASD)

Muchos índices de sequía fueron desarrollados y utilizados a lo largo de los años por meteorólogos y climatólogos de todo el mundo. El entendimiento de que un déficit de precipitación afecta los recursos hídricos como GW, el almacenamiento de embalses, la humedad del suelo, las corrientes perennes y el flujo de la corriente de manera diferente condujo al desarrollo del Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) en 1993 (McKee, Doesken and Kleist).

El índice de precipitación estandarizado es un índice ampliamente utilizado para caracterizar la sequía meteorológica en una variedad de escalas de tiempo. En escalas de tiempo cortas, el IPE está estrechamente relacionado con la humedad del suelo, mientras que, en escalas de tiempo más largas, el IPE puede estar relacionado con el agua subterránea y el almacenamiento de reservorios. Los valores IPE pueden interpretarse como el número de desviaciones estándar por las cuales la anomalía observada se desvía de la media a largo plazo. El IPE cuantifica la precipitación observada como una desviación estandarizada de una función de distribución de probabilidad seleccionada que modela los datos de precipitación sin procesar. Para la comunidad operativa, el IPE ha sido reconocido como el índice estándar que debería estar disponible en todo el mundo para cuantificar y reportar sequías meteorológicas. IPE es más eficaz en el análisis de períodos / ciclos secos que se presentan gráficamente de color rojo (moderadamente seco a extremadamente seco). Es un índice potente y flexible, pero fácil de calibrar ya que la precipitación es la única entrada variable requerida. La Tabla 1-9 presenta la interpretación del índice IPE.

VALOR	INTERPRETACION
IPE > 2.0	Extremadamente húmedo
1.5 < IPE < 2.0	Muy húmedo
1.0 < IPE < 1.5	Moderadamente húmedo
-1.0 < IPE < 1.0	Normal
-1.5 < IPE < -1.0	Moderadamente seco
-2.0 < IPE < -1.5	Severamente seco
IPE < -2.0	Extremadamente seco

Tabla 7-6: Valores estandarizados de la escala del índice de precipitación

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Es posible utilizar este índice con los valores de Agua Superficial Disponible (IE ASD) en lugar de la precipitación para intentar caracterizar la situación hidrológica. Esto es posible en San Juan, ya que la mayoría del agua proviene de deshielo y, además, no hay consumidores que, fuera de los considerados en el cálculo del ASD, afecten al mismo.

En la Figura 7-11, se puede ver que hay dos períodos de sequía. El primero comienza en el año hidrológico 2010/11 y se extiende hasta 2014/15, incluyendo dos años moderadamente secos ($-1 > IE > -1.5$): 2010/11 y 2014/15. El segundo período comienza en el año hidrológico 2017/18 y se extiende hasta la actualidad, 2021/22. Este período incluye un año moderadamente seco, 2020/22, y tres años severamente secos ($-1.5 > IE > -2$): 2019/20 y 2021/22.

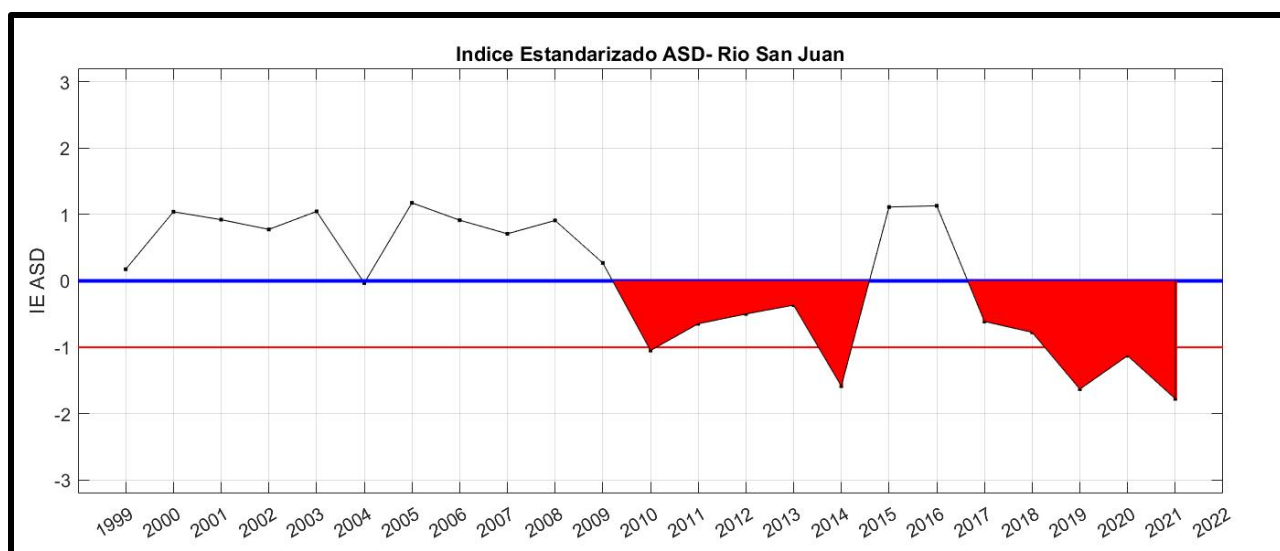


Figura 7-11 Agua Superficial Disponible Total Anual en la Provincia San Juan. Índice Estandarizado. (HM³)

8. Disponibilidad de agua subterránea

DISPONIBILIDAD Y POTENCIAL DE AGUA SUBTERRÁNEA

INTRODUCCIÓN

Es comúnmente aceptado que las tendencias del nivel del agua subterránea reflejan las tendencias de almacenamiento. Se debe esperar que la estabilidad de los niveles de las aguas subterráneas se adapte a un almacenamiento estable a lo largo del tiempo, mientras que el aumento o la disminución evidentes de los niveles de las aguas subterráneas normalmente indican variaciones correlativas del almacenamiento disponible.

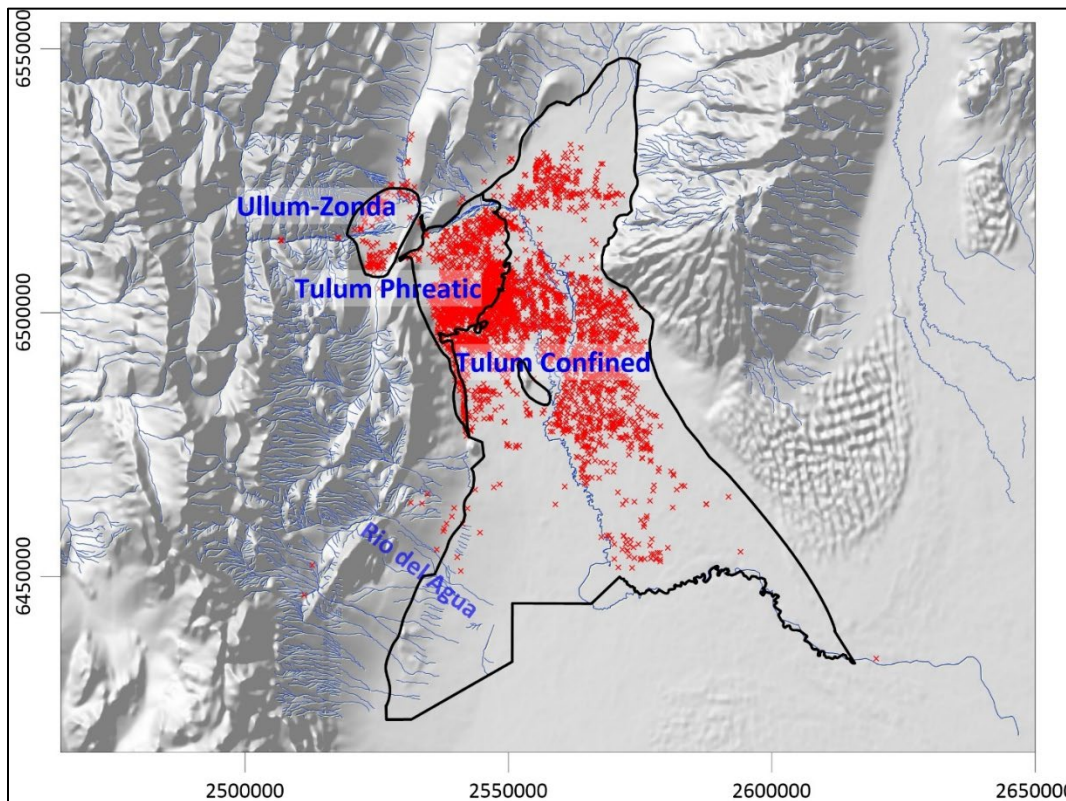


Figura 8-1: Cobertura de ubicaciones de pozos de datos de nivel de agua subterránea no disponibles⁴

En el transcurso de este trabajo, se concluyó que los niveles de agua subterránea de la provincia de San Juan no podían ser analizados por una serie de razones:

⁴ Ya sea pozos Hidráulica, pozos privados o pozos artesianos sin mediciones de presión hidrostática. Consulte la Figura 8-2 para conocer los pozos de datos de nivel de agua subterránea disponibles.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Los datos actualmente disponibles comprenden aproximadamente 10,5% de los pozos de ubicación conocida en toda la provincia. Aparentemente, los datos del nivel del agua subterránea no están disponibles, ni del 89.5% de los pozos de ubicación conocida (Figura 8-1), ni de los pozos de ubicación desconocida. Por lo tanto, el porcentaje de datos de nivel de agua subterránea es aún más bajo considerando el número total desconocido de pozos en la provincia.

Los datos actualmente disponibles son de 2021 y 2022, pero medidos durante diferentes temporadas, bastante incomparables: mayo-agosto en 2021, y septiembre-noviembre en 2022.

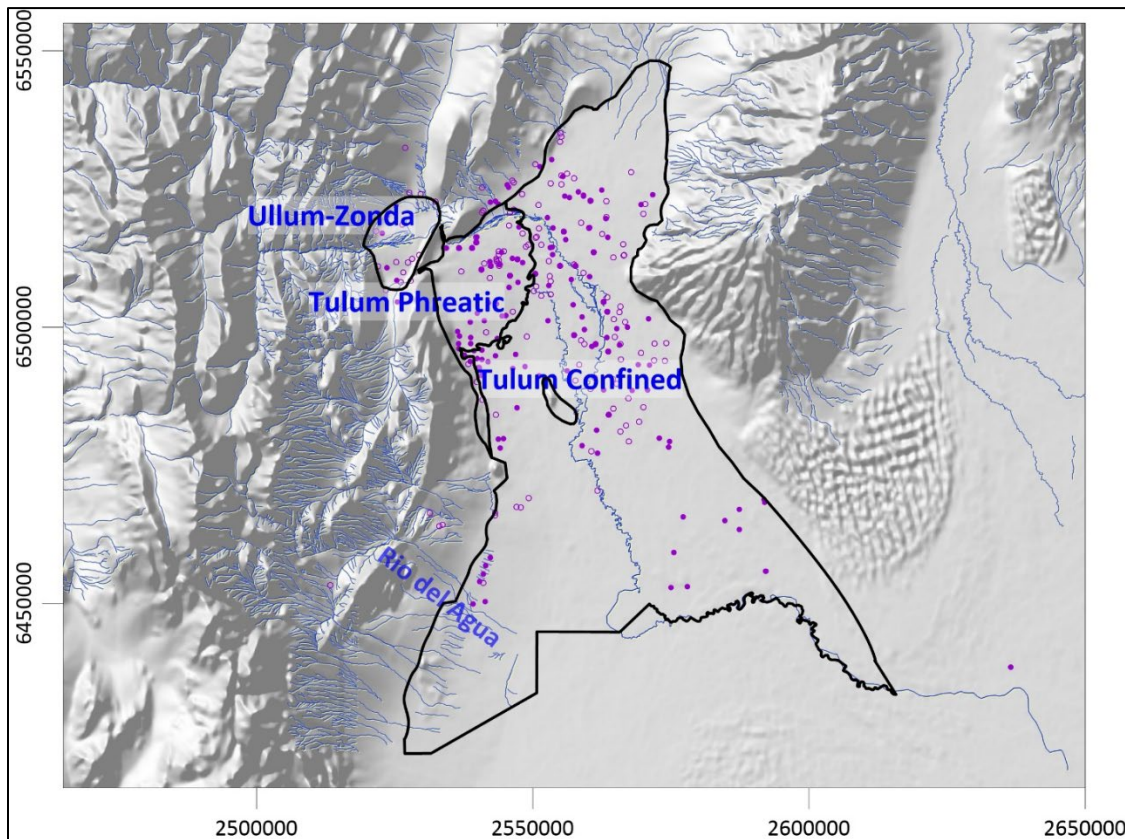


Figura 8-2: Cobertura de las mediciones del nivel del agua subterránea de septiembre a noviembre de 2021 (círculos en blanco) y de mayo a agosto de 2022 (círculos rellenos)

Actualmente no hay datos disponibles sobre el nivel del agua subterránea de años anteriores, lo que dificulta cualquier análisis de perspectiva temporal.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

No se midió la elevación topográfica. Para obtener valores absolutos de los niveles de agua subterránea, se utilizaron datos topográficos recopilados por el SRTM de la NASA para el trabajo actual. Estos datos implican un error de altura vertical sustancial de ± 16 m.

Los datos del nivel del agua subterránea medidos en 2021 provienen de diferentes pozos medidos en 2022, lo que provoca diferencias espaciales en la cobertura de datos (Figura 8-2). Por ejemplo, un área de ~ 790 km² en la parte sureste de la cuenca de Tulum se cubrió parcialmente en 2022, pero no se midió en 2021.

No se midió la presión hidrostática en los pozos artesianos.

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

La conductividad eléctrica (CE) del agua subterránea en la provincia de San Juan (Figura 8-3) varía ampliamente a partir de 2022 de 381 a 5110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el acuífero confinado, con un promedio de 1356 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una mediana de 1102 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Battistella y Luna, 2022). En el acuífero libre la conductividad eléctrica supera los 2821 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un promedio de 938 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Ullum-Zonda y 1003 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la cuenca de Tulum.

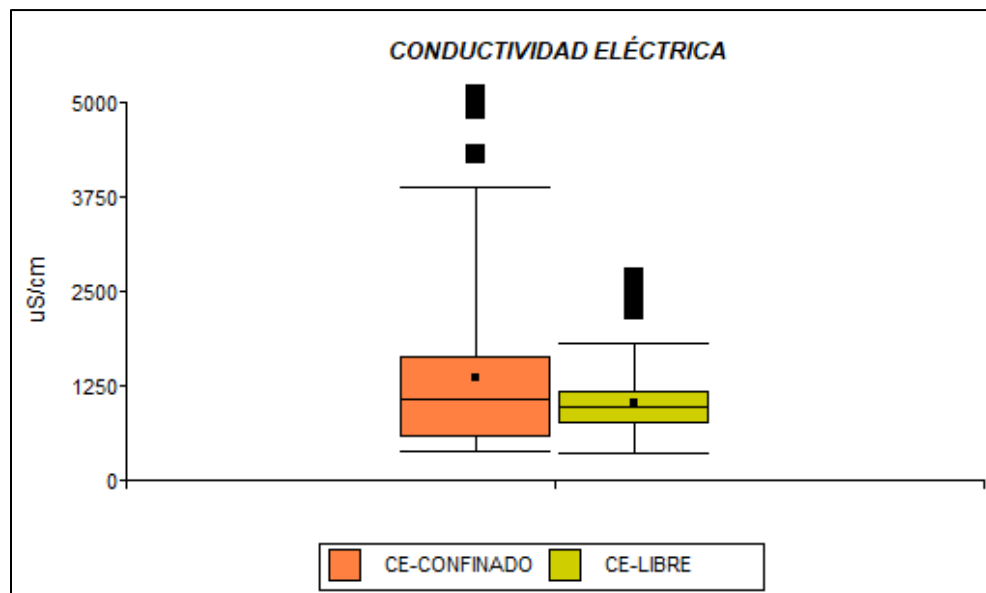


Figura 8-3: Niveles de conductividad eléctrica en la cuenca de Tulum (Battistella y Luna, 2022).

Cabe destacar que no se dispone de información sobre los niveles de CE anteriores a 2019 para el presente informe. Por lo tanto, en el curso de este trabajo no se pudo establecer ninguna conclusión con respecto a la estabilidad o las tendencias de la salinidad del agua subterránea a lo largo de los

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

años. Al comparar, la conductividad eléctrica en numerosas partes del acuífero (divididas en zonas hidro químicas, de A a E) disminuyó de 2019 a 2021 (Battistella, 2022; Figura 4-4). Dado que no hay datos disponibles anteriores al 2019, no está claro si esta disminución implica una tendencia continua o, más bien, una fluctuación ocasional. De acuerdo con Battistella y Luna (2022), la conductividad eléctrica del acuífero libre se ha mantenido estable en algunos pozos e incluso menor a décadas anteriores en otros pozos, sin embargo, no se menciona a qué años se refiere, cuáles son los niveles de CE medidos, o qué pozos se discuten.

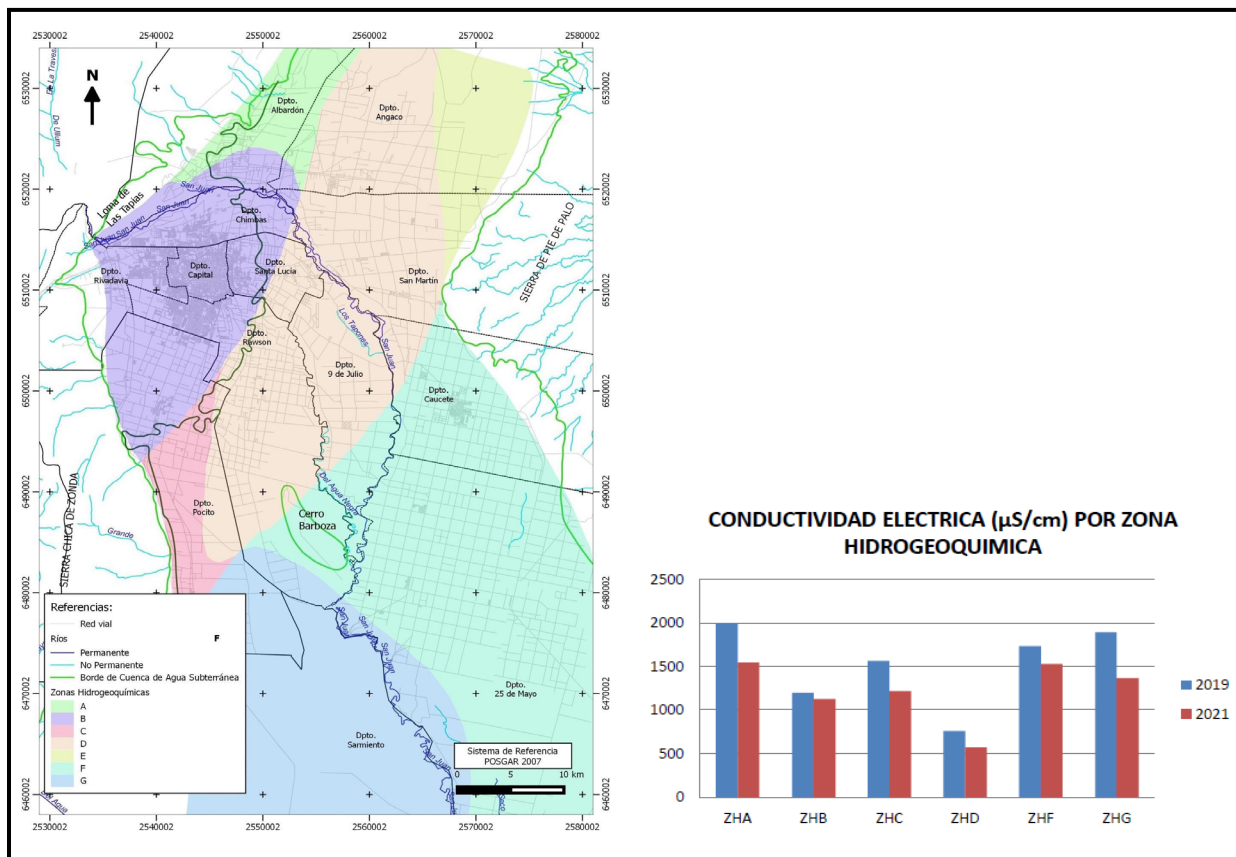


Figura 8-4: Niveles de conductividad eléctrica en las zonas hidroquímicas de la cuenca de Tulum (Battistella, 2022).

La producción de agua subterránea había aumentado de 2019 a 2021, según lo calculado en el curso del informe actual (ver capítulo 8.1). Durante tan poco tiempo, es difícil explicar por qué la conductividad eléctrica disminuyó durante el aumento de la producción de agua subterránea. Battistella (2022) afirma que los pozos pueden haber estado bombeando desde partes más profundas del acuífero, pero no está claro a qué profundidad (en comparación con la profundidad de bombeo antes de 2019) o si los nuevos pozos están situados en el mismo lugar. de los pozos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

anteriores. Para lograr una comprensión de la calidad del agua subterránea a lo largo de los años, y cómo se corresponde con las propiedades hidrológicas del acuífero, es esencial recopilar información detallada sobre estos temas, además de un conjunto de datos completo anterior a 2019 lo más atrás en el tiempo posible, y para obtener cualquier dato de nivel de agua subterránea que falte (ver 8.2.1 Introducción).

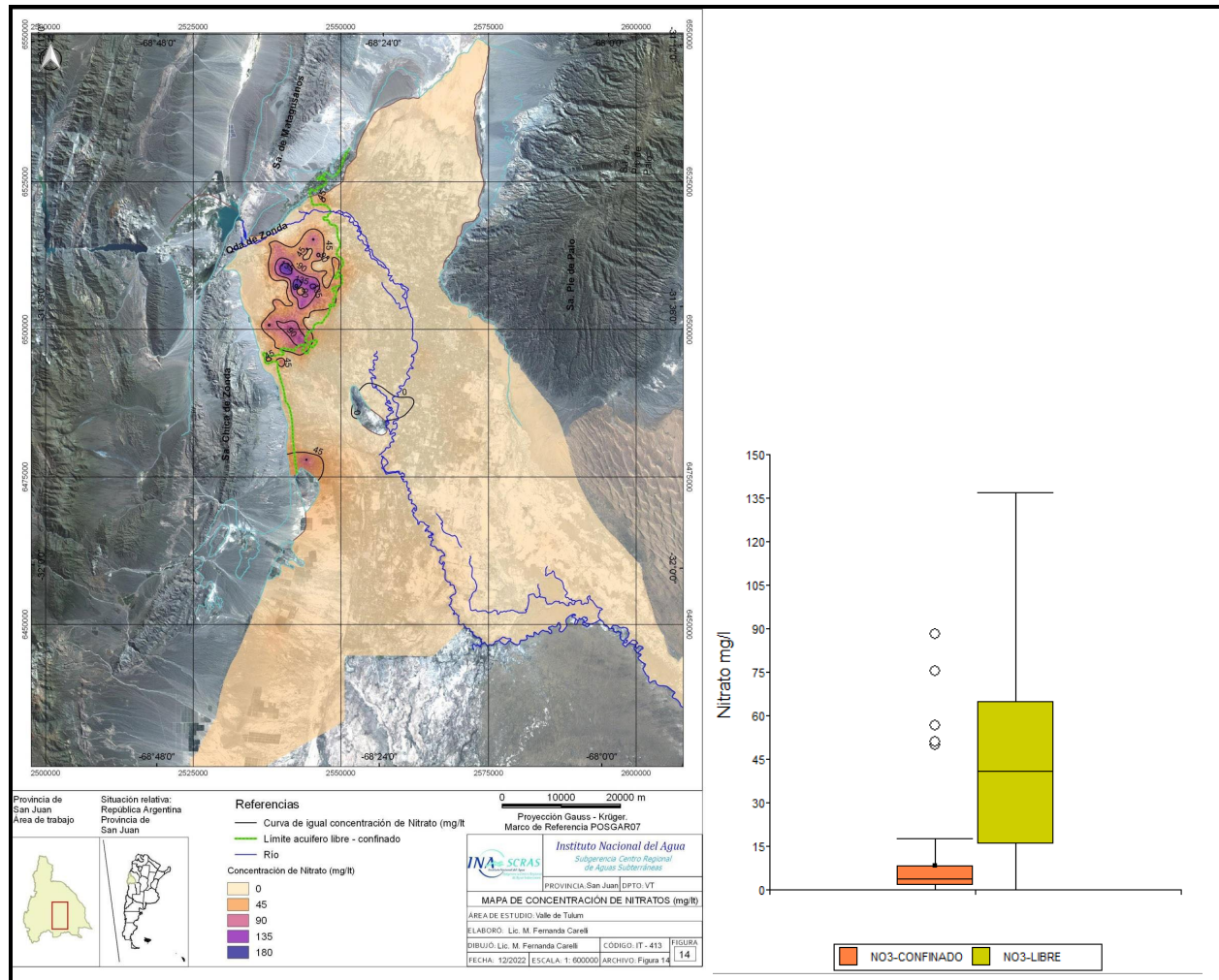


Figura 8-5: Niveles de nitratos en la cuenca de Tulum (Battistella y Luna, 2022).

La información sobre los nitratos de aguas subterráneas está disponible en trabajos anteriores, resumidos por CFI-Mekorot-DH (2023). Los niveles de nitrato superan los 130 mg/l a partir de 2022, con valores altos distribuidos más cerca de la ciudad de San Juan (Figura 8-5; Battistella y Luna, 2022). probablemente causado por aguas residuales domésticas e industriales. Se detectaron niveles de 62 mg/l tanto al este como al sur de la ciudad de San Juan, lo que implica que los nitratos

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

se dispersaron lejos de su fuente urbana. Al oeste de la ciudad, más cerca del canal frente a la montaña que alimenta el abanico aluvial, los niveles de nitrato aumentaron gradualmente de 34 mg/l en 1991 a 90 mg/l en 2022. No está claro cuántos pozos se incluyeron en las mediciones de estos datos, antes de 2022, o cuáles son las distancias que los separan. Se requiere información completa sobre estas propiedades (actualmente no disponible) para comprender la condición general del acuífero en términos de niveles de nitrato, así como un registro de conjunto de datos a lo largo de los años.

BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El balance de agua subterránea se compone comúnmente de los siguientes componentes:

- Recarga superficial natural (por precipitación, considerando evaporación)
- Recarga subsuperficial natural (de agua subterránea)
- Recarga superficial antropogénica (filtraciones de canales, riego agrícola, embalses, etc.)
- Salida de manantial natural
- Extracción de aguas subterráneas

La recarga superficial (natural y antropogénica) y la extracción de agua subterránea se calcularon en el transcurso del presente informe (ver capítulo 4.1). A continuación, se detallan los componentes complementarios de la recarga del subsuelo de las aguas subterráneas y la salida natural de los manantiales. Todos los componentes son válidos para el pasado y el presente, y no tienen en cuenta los efectos futuros previstos, como el crecimiento demográfico y los cambios climáticos.

RECARGA NATURAL DEL SUBSUELO

Además de la considerable recarga de la cuenca a través del paso occidental de Ullum-Zonda, el agua subterránea entrante fluye dentro del subsuelo hacia la parte suroeste de Tulum (Victoria et al., 2009; Figura 4-6). Las rocas fracturadas observadas en esta área (Figura 4-7) posiblemente albergan una alta conductividad hidráulica, lo que permite el flujo en el subsuelo. En particular, esta dirección del flujo de agua subterránea de Este-Sureste parece coincidir con la dirección del flujo superficial, por ejemplo, Río del Agua.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

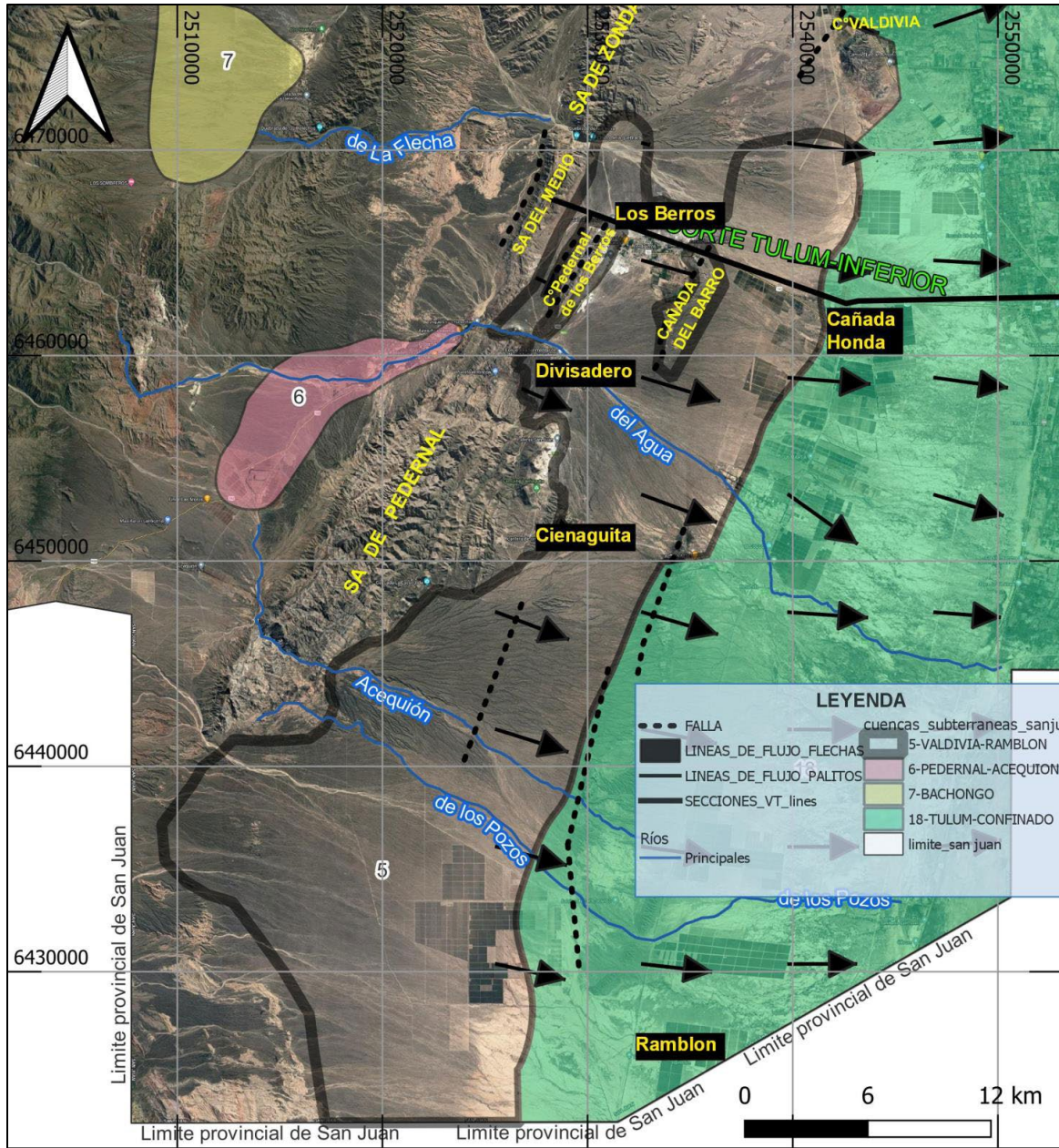


Figura 8-6: Patrón de flujo de agua subterránea en la parte suroeste de Tulum (CFI-Mekorot-DH, 2023)

Río del Agua es uno de varios cursos de agua que cruzan un área de sedimentos tanto marinos como continentales al oeste de la parte sur de la cuenca de Tulum (Figura 8-5). La presencia evidente de estos sedimentos, y las rocas fracturadas observadas en el área del Río del Agua, apoyan el concepto de un flujo subterráneo que se suma al flujo entrante superficial en esa área. El flujo subterráneo es posiblemente responsable de los altos niveles de agua subterránea en esta

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

área, +540 a +550 m (a partir de 2022; CFI-Mekorot-DH, 2023), de forma remota del flujo de agua subterránea que ingresa al paso occidental de la cuenca Ullum-Zonda.



Figura 8-7: Rocas fracturadas en la zona de Río del Agua. Vea los cursos del río y los ríos vecinos en las figuras de arriba y abajo, por ejemplo, la Figura 8-8

El componente de recarga del subsuelo es calculado por Victoria et al. (2009) como una adición anual de $36,7 \text{ Hm}^3$. No se menciona qué caudal y tamaño del área superficial de la sección de flujo se usaron para este cálculo. Se supone que la tasa de flujo volumétrico en Río del Agua es de aprox. $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ (CFI-Mekorot-DH, 2023), sin embargo, se requiere más investigación para establecer cuál es la tasa de flujo de agua subterránea subsuperficial en esta área (un parámetro esencial para calcular la recarga de agua subterránea subsuperficial). Un parámetro requerido adicional es el rendimiento específico de los sedimentos fracturados de origen.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

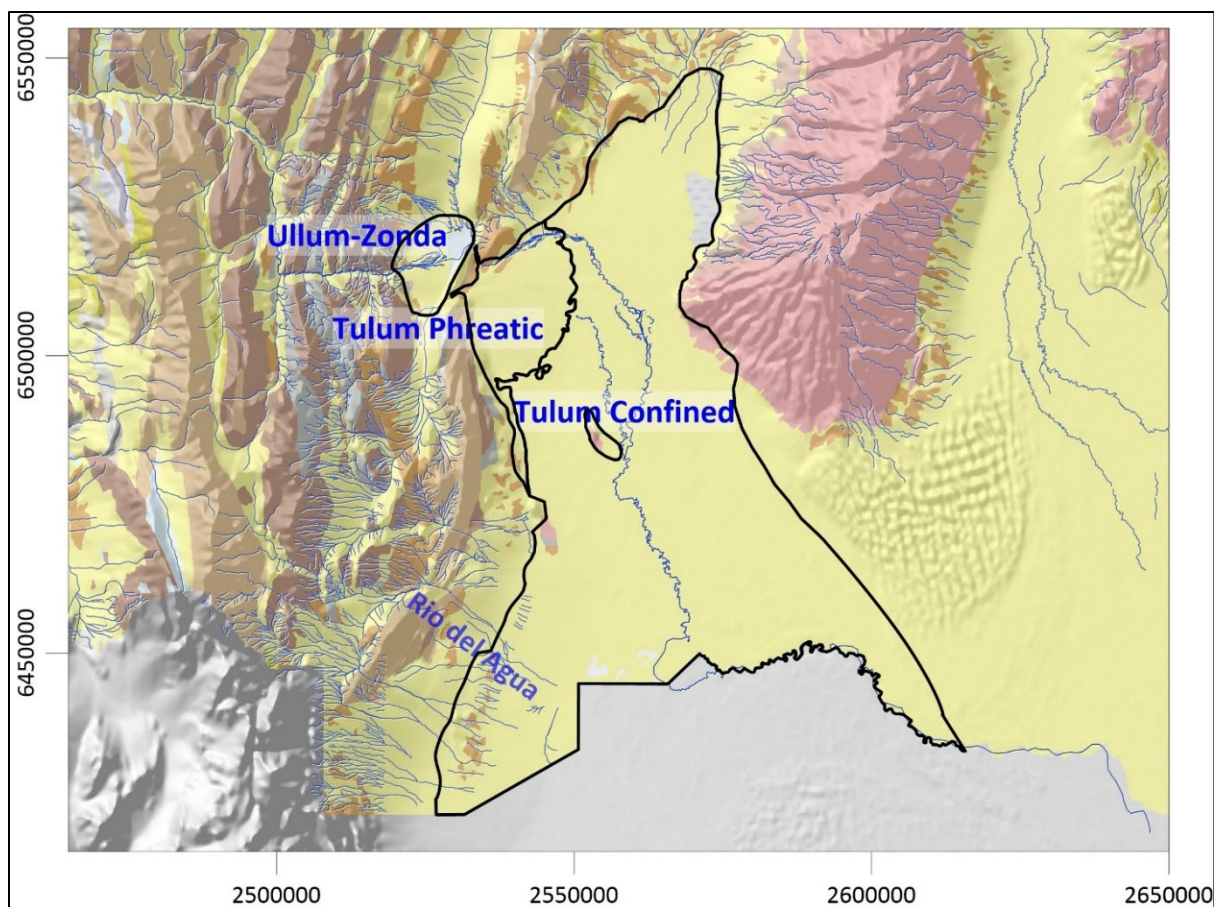


Figura 8-8: Mapa geológico de las cuencas Ullum-Zonda y Tulum, y sus alrededores⁵
Elaboración Propia

SALIDA DE MANANTIAL NATURAL

Los manantiales en toda la cuenca de Tulum están casi secos a partir de 2023, según información de Hidráulica, por lo que no se espera que generen ninguna salida de agua subterránea del acuífero. En Ullum-Zonda ningún manantial ocupa el área, según información de Hidráulica. A lo largo de La Tercera Zona, los únicos manantiales conocidos se encuentran en la zona de Jáchal, sin

⁵ El relleno cuaternario (amarillo claro) cubre la mayor parte del área de las cuencas. Los sedimentos marinos y continentales (marrones y grises) se destacan al oeste de la parte sur de la cuenca de Tulum. El patrón de la cuenca de drenaje (líneas azules) resalta el flujo entrante desde el oeste, incluidos los cursos de agua que ingresan al borde suroeste de la parte confinada de la cuenca de Tulum.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

embargo, no se tiene información sobre su caudal, si se usa para consumo, o cuánto fluye naturalmente y no se usa para consumo.

COMPONENTES DE BALANCE INTEGRADOS

La Tabla 8-1 desglosa los componentes estimados del balance anual de aguas subterráneas. En la cuenca de Tulum, la pérdida de agua subterránea para producción y salida natural es un promedio anual de aprox. 494 Hm³, mientras que la ganancia de agua subterránea por recarga superficial y subsuperficial es una media anual de ~152,5 Hm³. El balance general de la cuenca de Tulum resulta por lo tanto en un déficit estimado de ~341.5 Hm³. A diferencia de este balance, la pérdida de agua subterránea para la producción en la cuenca Ullum-Zonda (ya que no hay salida natural conocida - ver 4.3.2 Salida natural del manantial) es un promedio anual de solo 15 Hm³ (ver capítulo 4.1). La ganancia de agua subterránea por recarga superficial en la cuenca Ullum-Zonda es un promedio anual de ~46,5 Hm³, por lo que el balance general de esta cuenca resulta en un excedente estimado de ~31,5 Hm³. Se supone que La Tercera Zona (Calingasta, Iglesia, Jáchal y Valle Fértil) produce un promedio anual de apenas ~10 Hm³ de agua subterránea dada una recarga supuesta de 158,6 Hm³ (ver capítulo 4.1), lo que resulta en un excedente de ~149 Hm³. En caso de que exista una salida de manantial, no utilizada para el consumo (por lo tanto, no incorporada en el componente de producción; ver 4.3.1 Componente de recarga natural del subsuelo), se espera que el balance resulte en un volumen menor a ~149 Hm³.

Cuenca	Recarga Superficial Anual* [Hm ³]	Recarga Anual de Agua Subterránea** [Hm ³]	Producción anual de agua subterránea*** [Hm ³]	Salida anual de manantiales naturales [Hm ³]	Cambio anual en el almacenamiento de agua subterránea**** [Hm ³]
Tulum confined zone		37		Despreciable	
Tulum phreatic zone	116	0	494	Despreciable	-342
Ullum-Zonda	47	0	15	0	32
Jachal-Iglesia	46		6		40
Calingasta	57		2		55
Valle Fertil	54		2		52
Total	319	37	519	0	-163

*De riego, canales, presas y precipitaciones.
(Excluido el cambio climático)

**Desde Río del Agua hacia la parte suroeste de la cuenca de Tulum

***Para riego, uso doméstico e industrial.
(Excluido el crecimiento potencial del consumo)

****Calculado, no se puede verificar debido a la falta de datos sobre el nivel del agua subterránea.
Puede ser menor en La Tercera Zona, dependiendo del volumen de salida de los manantiales (desconocido)

Tabla 8-4: Componentes del balance anual de aguas subterráneas.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Es importante tener en cuenta que los déficits/excedentes de almacenamiento de agua subterránea se calculan comúnmente de forma independiente utilizando datos de nivel de agua subterránea. La falta de disponibilidad actual de estos datos para este trabajo (ver 4.1 Introducción) impide la comparación requerida entre los dos cálculos, por lo tanto, aumenta sustancialmente las incertidumbres involucradas en estas estimaciones.

Con base en información del INA, una estimación aproximada del almacenamiento de agua subterránea disponible de la cuenca de Tulum considera un total de 7142.85 Hm³ al 2021 (Tabla 4-5). Las profundidades del acuífero utilizadas para esta estimación son 130 m en el acuífero libre y 350 m en el acuífero confinado. Dichas profundidades se alinean con los datos de pozos actualmente disponibles, lo que indica que la profundidad de la pantalla superior de los pozos existentes en toda la cuenca varía con 130 m en el acuífero libre y 278 m en el acuífero confinado (CFI-Mekorot-DH, 2023). Para el límite superior del almacenamiento de agua subterránea en el acuífero confinado, el INA considera una profundidad de 50 m, uniforme en toda el área. Otra incertidumbre se refiere a las mediciones del nivel del agua subterránea que probablemente se usaron para esta estimación: durante qué meses/estaciones, si se compararon los mismos pozos, cuál fue la distribución espacial de las mediciones o qué tan lejos de cada medición está activo el pozo más cercano durante la medición.

Año	Acuífero del Valle de Tulum				Reserva Total (Hm ³)	Derrame Anual Río San Juan (Hm ³)
	Sector de Acuífero Libre	Sector de Acuífero Semiconfinado		Reserva (libre) (Hm ³)		
	Reserva (Hm ³)	Reserva (confinada) (Hm ³)	Reserva (Hm ³)			
1967	1496.80	1707.59	5310.86	7018.45	8515.25	1475.00
1972	659.45	1426.60		6737.46	7396.91	792.00
1988	1837.92	1703.77		7014.63	8852.56	4685.00
1997	1124.73	1597.15		6908.01	8032.74	841.00
2000	1299.23	1685.39		6996.25	8295.48	1305.00
2015	833.54	1372.18		6683.04	7516.58	720.00
2017	968.55	1522.21		6833.07	7801.62	2229.00
2019	688.18	1495.33		6806.19	7494.37	1052.00
2021	550.12	1281.86		6592.73	7142.85	632.00

Tabla 4-5: Almacenamiento de agua subterránea disponible de la cuenca de Tulum. Fuente: Informe Técnico – IT-404 – San Juan, marzo de 2022, INA

Teniendo en cuenta el almacenamiento de agua subterránea de 7142.85 Hm³ en la cuenca de Tulum según el INA a partir de 2021 (usado aquí para 2023), y el déficit promedio anual calculado de

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

~341.5 Hm³ en esta cuenca, una crisis potencial podría ocurrir en el año 2043. Tal crisis puede implicar una posible disminución en el rendimiento entre los pozos hasta el punto de secarse y/o riesgo potencial de salinización.

Es importante tener en cuenta que esta predicción se limita a:

Las hipótesis involucradas en la estimación del almacenamiento total de agua subterránea (INA).

Las hipótesis utilizadas en el cálculo del déficit promedio anual de agua subterránea (este informe, incluidas las suposiciones utilizadas para el cálculo de todos los componentes del balance de agua subterránea, considerablemente limitadas por la falta de disponibilidad de algunos de los datos requeridos).

La exclusión de los efectos futuros previstos, como el crecimiento demográfico y los cambios climáticos.

Las profundidades existentes de los pozos. Para estimar el almacenamiento de agua subterránea disponible por debajo de la profundidad existente, se requiere un análisis exhaustivo, y debe basarse en datos actualmente no disponibles, como la calidad del agua de la sección profunda, las propiedades hidrogeológicas de las unidades que componen la sección profunda, la evidencia hidrogeológica de la profundidad total del acuífero en el área y las posibles conexiones entre el acuífero libre y el acuífero confinado.

La cuenca de Tulum solamente. Para realizar una predicción para Ullum-Zonda y La Tercera Zona, es fundamental estimar el almacenamiento total de aguas subterráneas de las distintas cuencas. Tal estimación requiere datos disponibles de los pozos en estas áreas, como datos sobre el nivel del agua subterránea, profundidades de bombeo, propiedades de rendimiento específicas y datos sobre la calidad del agua subterránea.

CONCLUSIONES

Para obtener una mejor comprensión del almacenamiento y el balance de las aguas subterráneas, y explorar la producción potencial de aguas subterráneas profundas para prepararse para las próximas décadas, se recomienda enfáticamente:

Realizar mediciones anuales del nivel freático durante las mismas estaciones, preferentemente durante los mismos meses.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Repetir las mediciones anuales del nivel freático en los mismos pozos. Para pozos que no permitan repetir las mediciones de años anteriores, es fundamental encontrar pozos cercanos para tal fin. Esto asegurará que las mediciones anuales se realicen en las mismas regiones, por lo que se evitan grandes brechas espaciales (por ejemplo, un área de ~790 km² en la parte sureste de la cuenca de Tulum en 2021).

Medir la presión hidrostática de pozos artesianos, para obtener más puntos de datos y aumentar la cobertura de datos de nivel de agua subterránea en las áreas de presión hidrostática artesiana.

Medir la elevación de la superficie de cada pozo, de modo que los datos recopilados incluyan tanto el nivel del agua subterránea como la elevación de la superficie de cada punto adquirido.

Recopilar un registro completo del conjunto de datos de los datos del nivel del agua subterránea y los datos de la calidad del agua subterránea (particularmente los niveles de CE, cloruro y nitrato) a lo largo de los años.

Compilar un conjunto completo de datos de profundidad de bombeo a lo largo de los años, junto con la distribución espacial en toda el área.

Recopilar datos hidrogeológicos y de calidad del agua de la parte profunda del acuífero que actualmente no se utiliza. Dichos datos pueden utilizarse para arrojar luz sobre las propiedades de la sección profunda, su posible distribución espacial regular/irregular, si es adecuada para la producción de agua subterránea y cuál es el volumen potencial de almacenamiento de agua subterránea de alta calidad.

Adquirir más conocimientos necesarios para la prospección de aguas subterráneas en los diversos acuíferos a lo largo de La Tercera Zona. Esto puede requerir mediciones continuas y exhaustivas de los niveles de agua subterránea, la calidad del agua subterránea y la conducción de pruebas de bombeo.

ACTUALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE SUMINISTRO DE AGUA

En el informe 1.0 primero se calculó la oferta de agua según la extracción de agua superficial del embalse de Ullum, este valor (671 Hm³) para todos los usos, deja a la demanda agrícola (después de pérdidas) alrededor de 360 Hm³, ya que ese año fue el más seco de los últimos 20 años (según los registros recibidos de los últimos 20 años) se decidió hacer el balance según el volumen

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

promedio de agua superficial extraída de los últimos 12 años, que es de 985 Hm³ lo que arroja que hay 564 Hm³ para abastecimiento agrícola.

También se hicieron suposiciones sobre el consumo agrícola: dividido en 3 grupos principales:

A - 15.000 hectáreas en Sarmiento y 25 de Mayo regado únicamente con agua subterránea de fuente privada, asumiendo menor demanda de cultivos.

B - 65% de Tulum, Ullum y Zonda que tienen acceso sólo a la fuente de agua superficial (suministrada por DH), cuando falte el Agua Superficial, este grupo recibirá las necesidades completas de sus cultivos.

C - 35% de Tulum, Ullum y Zonda que tienen acceso al sistema de abastecimiento de agua superficial, y también a fuente privada de agua subterránea, este grupo está reforzando el abastecimiento de agua superficial con agua subterránea.

La siguiente tabla presenta el balance hídrico de Tulum, Tulum y Zonda según pocos escenarios donde el factor es el valor del agua superficial, presentando un escenario mínimo de volumen extraído para el año 2022 de 671 Hm³, que un escenario medio basado en el valor promedio extraído de los últimos 12 años (2010 - 2022), y finalmente, el valor promedio de los últimos 20 años (2000 - 2000).

Escenario	Superficial Disponible	Superficial disponible para agricultura	Demanda Agricultura	Agua Subterránea DH	Agua Subterránea Privada	Déficit
Promedio (20 años)	1238	735	1036	154	120	26
Promedio (12 años)	985	568	1036	154	120	193
2022	671	363	1036	154	180	338

Tabla 4-6: Balance hídrico Valle de Tulum . Elaboración Propia

* suponiendo una demanda agrícola fija sin ninguna mejora de la eficiencia (el escenario de mejor eficiencia se presentará en el informe 4).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

INFILTRACIÓN MAX EN CULTIVOS EXISTENTES EN ACUÍFEROS FREÁTICOS

FUENTE DE INFILTRACIÓN POR RIEGO TRADICIONAL EN AGRICULTURA

Una cierta proporción de los departamentos están sobre acuíferos libres, es en estos sitios donde puede darse la infiltración profunda y por lo tanto pudiendo aportar a la recarga de acuíferos. En general se establece para todo acuífero libre en la provincia una porosidad de entre el 15 y 20%. Para aquellas zonas sobre acuífero libre se considera que el 20% del volumen ofertado para riego agrícola gravitacional sumado al 100% de las pérdidas por conducción en tramos comuneros (estimado en un 34% del total ofertado por DH al sector) participan en su recarga.

INFILTRACIÓN EN DIQUES

Se considera que para el periodo 2021-2022, la recarga que aporta este componente es igual a 2 Hm³ y provienen desde aguas arriba del dique de Ullum alimentando el acuífero Ullum-Zonda. Se considera que desde el Dique Punta Negra también existe infiltración, pero no ha llegado a ser percibida en los balances de agua realizados por Dirección de Recursos Energéticos.

PÉRDIDAS EN LA TRANSMISIÓN Y EL USO DOMÉSTICO

Se consideran el 100% de las pérdidas por conducción en distribución de agua potable estimadas en 45.54 Hm³ distribuidas en los departamentos según su población y ubicación respecto al acuífero libre.

RECARGA POR PRECIPITACIÓN PLUVIAL

Como primera aproximación y sujeto a revisión, ya que no se cuenta con estudios dedicados, se podría decir que la infiltración de agua de origen pluvial totalizaría 136 Hm³. El porcentaje de lámina anual infiltrada se encuentra cercano al 15% para gran parte de la provincia y al 50% para Valle Fértil, del volumen en todo el sector se considera sólo el área sobre acuífero libre. Los valores se obtuvieron del informe del plan de Naciones Unidas (1969) para el Valle de Tulum-Ullum-Zonda. Para Calingasta se realizó una aproximación utilizando valores de informes hidrológicos privados elaborados para Hidráulica y el valor para Pocito se obtuvo de la revista de la Asociación Geológica (2005), “Peligro de Aluviones en el departamento Pocito”.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

AÑO 2021 - 2022 - INFILTRACIÓN									
Zonas	Departamento	Gravitacional	Fincas	Canales privados	Precipitación	Dique Ullum	OSSE	Sub Total	Total
VALLE DE TULUM	25 de Mayo	76.6	0.0	0.00	3		0.0	3.0	159.2
	9 de Julio	36.7	0.0	0.00			0.0	0.0	
	Albardón	28.9	2.0	4.14			0.6	6.7	
	Angaco	17.4	0.0	0.00			0.0	0.0	
	capital	2.5	0.5	1.12			6.8	8.4	
	Caucete	92.8	0.0	0.00			0.0	0.0	
	Chimbas	14.2	2.1	4.74			4.6	11.5	
	Pocito	76.9	6.7	14.83	1		1.9	24.4	
	Rawson	30.6	1.2	2.67			1.6	5.5	
	Rivadavia	13.9	2.8	6.20			5.9	14.9	
	San Martín	48.6	0.0	0.00			0.0	0.0	
	Santa Lucía	19.0	1.3	2.83			1.2	5.3	
	Sarmiento	82.7	0.0	0.00	33		0.0	33.0	
	Ullum	18.5	3.7	8.23	21		0.4	33.3	
Zonda	16.2	3.2	7.19		2.3	0.4	13.1		
TERCERA ZONA	Jáchal	2.7	0.27	0.69	8		0.1	9.1	158.6
	Iglesia	43.2	0.00	0.00			0.0	0.0	
	Valle Fértil	53.5	10.70	27.57	50		0.1	88.3	
	Calingasta	57.4	11.49	29.59	20		0.1	61.2	
TOTAL	Total/PROMEDIO	732.38	45.9	109.82	136	2.3	24	317.8	317.8

Tabla 8-4: Cálculo de infiltración

- Infiltración total para la provincia.

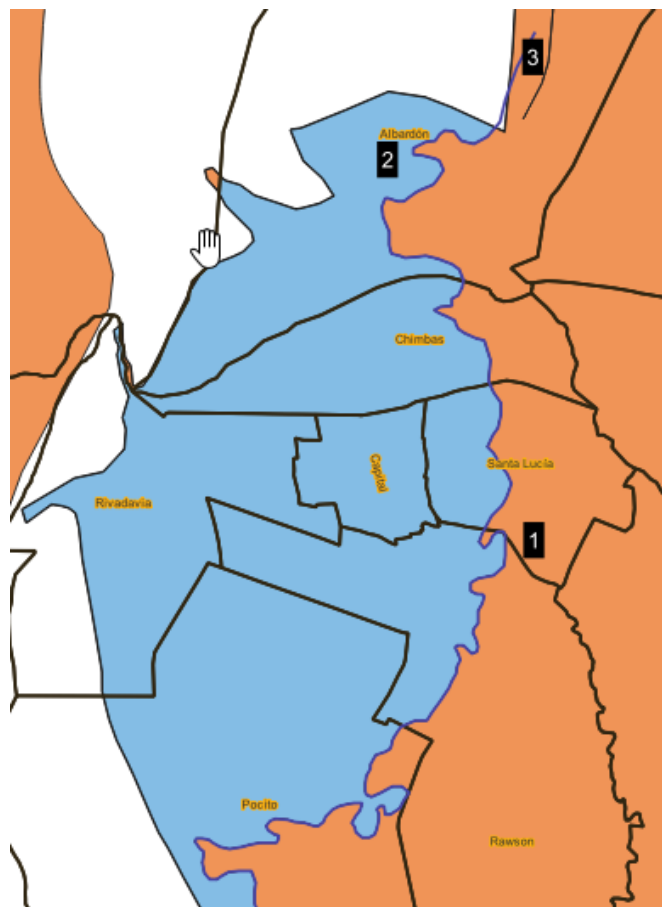
CUENCA/SUBCUENCA	RECARGA HM3
TULUM	3
ULLUM - ZONDA	21
POCITO - SARMIENTO	34
JÁCHAL	8
IGLESIA	0
VALLE FERTIL	50
CALINGASTA	20
TOTAL	136

La información que se muestra en la tabla arriba mostrada fue obtenida del informe del plan de naciones unidas 1969 para el Valle de Tulum-Ullum-Zonda, para Calingasta se realizó una aproximación realizada utilizando valores de informes hidrológicos privados realizados para Hidráulica y el valor para Pocito se obtuvo de la revista de la asociación geológica 2005, “Peligro de Aluviones en el departamento Pocito”.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ZONAS	HM3
Total Infiltrado VTUZ	125
Total Infiltrado 3ra Zona	111
Total Infiltrado Provincia	237

Tabla 8-5: Infiltración Total



Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

FLUJO SUBTERRÁNEO

Dpto	Pozo	X	Y	T m ² /día	Espesor filtros (m)	k m/día
2	49	2539957	6509980	20764	19,8	1048,68
12	31	2554426	6516469	516	5,5	93,81
12	150	2562142	6515073	449	15	29,93
12	224	2554390	6516143	553	23,5	23,53
12	244	2557400	6511300	295	29	10,17
12	248	2558650	6510400	1130	23	49,13
12	254	2560121	6509299	1513	?	?
5	1064	2541649	6504475	6950	15,70	442,67
5	144	2538438	6499983	6940	12	578,33
5	205	2538759	6494642	2150	21	102,38
4	1058	2549231	6487917	178	48,51	3,67
4	1019	2554089	6490709	700	20	35
14	20	2564397	6492819	2500	28	89,28
9	162	2554727	6505254	200	47	4,25

Tabla 2. Permeabilidad de ensayos de bombeo.

Tabla 8-6: Ensayos de bombeo en el valle de Tulum

El flujo subterráneo promedio calculado para el valle de Tulum se realizó tomando los datos de interés de los antecedentes de ensayos de bombeo que se muestran a continuación,

Como se puede ver los departamentos ensayados fueron seis, cuyos datos de interés se muestran en la siguiente tabla:

DPTO ID	DEPTO	K (m/d)	K PROMEDIO (m/d)
2	RIVADAVIA	1048	1048
12	SAN MARTIN	93.81	41.3
12	SAN MARTIN	29.93	
12	SAN MARTIN	23.53	
12	SAN MARTIN	10.17	
12	SAN MARTIN	49.13	
5	POCITO	442.67	374
5	POCITO	578.33	
5	POCITO	102.38	
4	RAWSON	3.67	19
4	RAWSON	35	
14	25 DE MAYO	89.28	89
9	9 DE JULIO	4.25	4
	K PROM		263

Tabla 8-7: Permeabilidad obtenida en los ensayos de bombeo en el valle de Tulum

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La permeabilidad promedio tomada como representativa es de 263 m/día.

El gradiente (I) utilizado se obtuvo de las curvas isopiezas, tomando como la más alta la del ápice del abanico del río san juan en la salida de la quebrada de Zonda y la más baja la perteneciente al departamento 25 de Mayo cercano al límite con Mendoza, la distancia que separa estas dos isopiezas es igual a 97 km aproximadamente, por tanto el gradiente (I) resultante es como sigue:

ISOPIEZA APICE	ISOPIEZA DISTAL	DISTANCIA	I
760	530	97,515	0.002358611

Tabla 8-8: Cálculo de gradiente

El área transversal por donde circula el flujo subterráneo se calculó utilizando la longitud promedio de filtros para el valle que es aproximadamente 250 m (tomado del INA IT 404) en vez de tomar el espesor total del acuífero que puede llegar a los 500 m. Esto daría el espesor potencialmente utilizable con el equipamiento existente. A su vez, se tomaron tres distancias representativas en los sectores Norte, Centro y Sur del Valle. Los resultados obtenidos se muestran a continuación;

LONGITUD FILTROS	ANCHO CENTRO	ANCHO SUR	ANCHO NORTE	ANCHO PROMEDIO	AREA (m ²)
250	39,976	55,458	23,718	39,717	9,929,333

Tabla 8-9: Cálculo del área de flujo

Por tanto, considerando que el caudal circulante por un acuífero según Darcy es igual a,

$$Q=K.I.A, \text{ se obtiene } Q= 263 \text{ m/d} * 0.0023 * 9,929,333 = 6,154,000.3 \text{ m}^3/\text{d}$$

Convirtiendo este valor a Hm³/año resulta en **2,246.2** promedio, considerado como coherente dentro de las limitaciones de la información con la que se cuenta.

Si bien es un valor que tiene cierta lógica sólo porque el caudal bombeado es inferior (500 Hm³/año. El valor obtenido es sólo a modo referencial, ya que para obtener un valor más ajustado se requiere discretizar las zonas ensayadas y asignar espesores de acuífero más ajustados, a través de secciones geofísicas y perforaciones.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CONCLUSIONES

Para obtener una mejor comprensión del régimen de aguas subterráneas y permitir cálculos de los cambios en el nivel del agua subterránea y los cambios en el almacenamiento de aguas subterráneas, se recomienda encarecidamente:

- Realizar las mediciones anuales del nivel del agua subterránea durante las mismas estaciones, preferiblemente los mismos meses.
- Repetir las mediciones anuales del nivel de agua subterránea en los mismos pozos. Para los pozos que no permiten repetir las mediciones que se habían realizado en años anteriores, es esencial encontrar pozos cercanos para este propósito. Esto asegurará que las mediciones anuales se lleven a cabo en las mismas regiones, por lo que se evitan grandes brechas espaciales (por ejemplo, un área de unos 790 km² en la parte sureste de la cuenca de Tulum en 2021).
- Medir la presión hidrostática de los pozos artesianos, para obtener más puntos de datos y aumentar la calidad de los datos del nivel del agua subterránea en las áreas de presión hidrostática artesianas.
- Medir la elevación superficial de cada pozo, de modo que los datos recopilados incluyan tanto el nivel del agua subterránea como la elevación de la superficie para cada punto adquirido.

9. Calidad de agua

DESCRIPCION DE LA SITUACION DE CALIDAD DE AGUAS Y SYSTEMA DE CLOACAS Y AGUAS RESIDUALES, TRATAMIENTO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN.

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDADES Y CALIDAD DE AGUA.

GENERAL

La mayor parte de la demanda de agua potable de San Juan se concentra en el valle de Tulum y principalmente en la ciudad capital de San Juan, donde se habita la mayor cantidad de población. En estas áreas se consumen alrededor del 63% del total del consumo total del agua de la provincia, que es resumido en un total de 185 Hm³ anuales. La población de la provincia de San Juan llega a unos 820 mil habitantes, por lo cual el consumo per cápita es muy alto, unos 620 litros/Hab/día, (a diferencia de un promedio de 220-270 litros/hab./día según la recomendación de la OMS, incluyendo el estado de Israel) cifra que influye en forma importante en las dimensiones de las plantas potabilizadoras y depuradoras en la provincia, como por supuesto en la demanda de agua. Existen áreas alejadas que cuentan con pequeños sistemas de red para entrega de agua potable, (Tercera Zona) estos tratan el agua superficial de los principales ríos en los casos de los departamentos de Calingasta e Iglesias. Por otro lado, el suministro de agua potable en la zona de Jachal es por intermedio pozos de agua subterránea en áreas donde el agua superficial no es apta (Jáchal) para el tratamiento para uso doméstico, junto con el departamento de Valle fértil (donde directamente el agua superficial de los ríos no escurre por lo tanto también se suministra agua de pozos para tratar.

Según datos del ministerio de infraestructura, la cobertura de suministro de agua corriente en la provincia llega a los 96-98%, número bastante importante para una provincia del interior del País. En general, la relación de distribución del agua entre aguas superficiales y aguas subterráneas es 60%-40%, y está bien distribuido, influyendo así en una calidad de agua relativamente balanceada, solo como ya se remarcó en el departamento de Jachal y valle fértil la distribución de agua potable se realiza solamente a través de pozos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

La calidad de agua a suministrar para agua potable (que se rige por el Código de Agua – anexo2), tanto como para fin agrícola está influenciada de la fuente de aguas de donde provienen: las aguas superficiales en la provincia provienen generalmente del deshielo de las altas cumbres de la cordillera de los Andes, disolviendo compuestos químicos de las rocas y arrastrando sólidos de las mismas mientras corre hacia el Este. Esto influye en las diferentes características de calidad del agua en que puede influir así mismo en la necesidad de planificar e instalar planta de tratamiento antes de ser distribuida a la población. Generalmente el agua superficial lleva contenido de sólidos suspendidos relativamente altos, lo que implica la necesidad de sedimentarlos (con la ayuda de coagulantes) y filtrarlos en plantas potabilizadoras. Antes de la distribución del agua a la población, es necesaria clorarla para desinfectar la misma de toda posible contaminación bacteriana y oxidar la materia orgánica que puede contener el agua superficial, proveniente de actividades antropogénicas y de animales.

Por su parte, el agua subterránea que es suministrada para agua potable puede contener altos contenidos de compuestos químicos provenientes de las rocas de los acuíferos, incluyendo la disolución de sales que puedan aumentar el contenido total del mismo. Por otro lado, el contenido de sólidos suspendidos de esta agua es relativamente baja, lo que ahorra generalmente la necesidad de la construcción de sistemas de sedimentación y filtración.

El abastecimiento de agua para agricultura: un total de 955 Hm³ anual es la demanda de agua, para el riego de un 20% de los terrenos de provincia, de los cuales un poco más del 50% en promedio proviene de las aguas superficiales provinciales.

Según los estudios geográficos e hidrológicos en la provincia, se puede definir en dos áreas (cuenca río San Juan y cuenca río Jachal -Huaco) como las fuentes de agua principales de la provincia tanto para fin de agua potable, como para agricultura. Estas dos áreas, influyen cada una con sus características en la calidad de agua suministrada para cada uno de los fines más importantes, incluyendo el tipo de cultivo adecuado al agua suministrada.

En la provincia hay 15 plantas potabilizadoras para la distribución urbana, todas adhieren cloro para desinfección del agua y otras también filtran el agua de las que el agua proviene de fuentes superficiales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CUENCA RIO SAN JUAN

El río San Juan con un caudal natural que puede oscilar entre 16 m³/s a 3,000 m³/s, controla a un promedio de 33 m³/s, es un río de relativamente buena calidad de agua. El río San Juan abastece a unos 650,000 habitantes de lo que sería la Gran San Juan, en el denominado Valle del Tulum. La mitad aproximada del agua abastecida es proveniente de la fuente superficial y a la otra es proveniente del acuífero regional (2.4 m³/s y 2.6 m³/s). Este río abastece a un 70% de la población de San Juan a través de los embalses Calingasta- Zonda- Tulum.

La calidad de agua fisicoquímica (Tabla 1) del río San Juan es relativamente buena, tanto para el agua potable como agua para el uso agrícola con un pH de cerca de 8 y una concentración eléctrica inicial de 1,200 microS/cm, que va aumentando con la corriente de flujo hacia Este. La concentración de cloruros es baja, pero los sulfatos son relativamente altos tomando en cuenta el tipo la hidrogeología de las fuentes del río. El contenido de metales pesados, tanto como los anfóteros son también bajos y no tiene contenido de arsénico. En todos los puntos de muestro se verificó la presencia de coliformes y en casi todas de coliformes fecales, consecuencia de posibles actividades antropogénicas.

PARAMETRO	Unidades	Punto Muestreo									
		Canal Matriz	KM 101	Puente Alto De Sierra	Puente Caucete	Puente 9 de Julio	Puente Cochagual	Puente El Encón	Cauce desde	Margen derecha	Limite
		R-SJ-01	R-SJ 02	R-SJ-3	R-SJ-04	R-SJ-05	R-SJ-06	R-SJ-07	Calingasta	Rio Los	Máximo
PH		7.9	8.5	7.9	7.5	7.8	8.0	8.7	6.8	8.1	
CE	us/cm	556	1265	1447	1481	2327	1239	2566	296	518	1400
Sólidos Dis. Tot.	mg/l	468	9	1157	1113	2364	951	1205	187	343	1500
Nitrogeno total	mg/l	8	5	5	20	11	12	14			15
DQO	mg/l	36	63	17	183	66	43	417			125
DBO	mg/l	8	0	39	4	3	24	16			50
TSS 105	mg/l	273	6	906	944	1321	693	1088			
Calcium	mg/l			187	123	141	109	138			
Magnesium	mg/l	10	7	20	137	22	16	210			100
sodio	mg/l			97	105	128	122	150			250
bicarbonato	mg/l			190	229	208	160	187	115	120	
cloruro	mg/l	43	41	83	104	262	70	2172	28	22	300
sulfatos	mg/l	164	127	416	210	288	335	1400			400
dureza	mg/l				346	390	271	420	196	176	400
coliformes totales	nmp/100 ml	453	562	1100	1005	975	588	829			1000
E. COLI	nmp/100 ml	PRESENCIA	PRESENCIA	PRESENCIA	PRESENCIA	PRESENCIA	PRESENCIA	PRESENCIA			

Tabla 9-1: Calidad promedio de río San Juan en diferente puntos de muestreo (Años 2009-2020)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

SISTEMAS DE EMBALSES Y SUS INFLUENCIAS EN LA CALIDAD DEL AGUA

El sistema de embalses de río San Juan, cumple con la función principal de regulación de caudal para abastecimiento agrícola, urbanos y la producción de energía. Entre otras cosas también el mejoramiento de la calidad a través de la remoción de los sólidos sedimentados en los diques.

Por ejemplo, en el dique de la Zonda (Punta Negra) se abren unas compuertas según las necesidades para bajar la turbidez que se genera después de varios episodios de tormentas. Generalmente, la apertura de compuerta se lleva a cabo cada un par de años. En este dique no se realizan hoy en día actividades humanas, así que el contenido de materia orgánica es relativamente bajo. El nivel del dique está hoy en día 10 metros más bajo que en el nivel promedio por la falta de lluvia en los últimos años.

En las cercanías del dique, se está construyendo una nueva planta potabilizadora de agua que cambiará a la planta hoy en funcionamiento ubicada en las cercanías de la ciudad (en la zona de Marquesado) (Figura 1) La obra denominada “Acueducto Gran Tulum” está conformada por dos rubros: “Acueductos” y “Establecimiento Potabilizador Punta Negra” (EPPN). Una vez que la obra del “Establecimiento Potabilizador Punta Negra” (EPPN) esté concluida, tendrá como fuente de agua la que se capte del Canal de Salida de la Zona de Generación del Dique. Su ubicación estratégica, a una considerable altura respecto de la ciudad de San Juan. tiene como ventaja ahorrar un gran consumo de energía de bombeo gracias a la pendiente natural que se genera. Otra ventaja, es que el agua que ingrese al Establecimiento Potabilizador ya será un agua de excelentes condiciones porque antes de llegar a ese punto, los sedimentos se habrán quedado en el dique. Los Caracoles, por lo tanto, lo poco que pase a Punta Negra se va a sedimentar en el vaso mismo del dique.

Los volúmenes de agua cruda captados serán tratados mediante una potabilización convencional: floculación – decantación – filtración – desinfección. Es decir, una vez que el agua llegue a la planta potabilizadora se tratará con procesos simples teniendo en cuenta la muy buena calidad de agua que anteriormente hemos detallado. Luego se clorará y se almacenará en dos cisternas de 20 mil metros cúbicos cada una, es decir, 40 millones de litros entre ambas cisternas, de manera que, en este punto de toma de agua, el proceso asegura cantidad, calidad y continuidad.

Esta gran obra de agua potable está pensada para abastecer un millón de habitantes.

Hoy en día, el flujo de agua que sale del dique es de unos 120,000 m³/h (33 m³/s), a los pies de esta hay una central hidroeléctrica con un potencial de unos 60 MW al sistema de electricidad.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

En el dique más oriental, dique del Tulum, hay unas poblaciones de recreo (country clubes) a las orillas del dique que poseen un potencial de contaminación de las aguas del dique bastante importantes, que puede influir en el abastecimiento del agua potable. En las cercanías de esos country clubes se puede encontrar en perforaciones, concentraciones de **nitratos** que llegar a unos 130 mg/l según la información recibida, lo que implica que puede haber en la zona una posible contaminación de origen antropogénico. Además, el nivel del agua del dique del Tulum bajó también en forma muy importante, casi 8- 10 metros- durante los últimos años, empeorando un poco la calidad general del agua. La turbidez promedio que sale del dique es hoy en día alrededor de los 7 NTU.

La corriente de agua que sale del dique Tulum llega al Complejo Derivador Ignacio de la Rosa, en donde como lo define el nombre del complejo, se derivan las aguas tanto para uso agricultura y para uso humano tratándose la última en la potabilizadora de agua Marquesado. En la misma había históricamente una zona de sedimentación del ripio, pero hoy en día la sedimentación se realiza en el dique de Zonda.

El abastecimiento de agua potable para la ciudad es aproximadamente un 50% agua potabilizada en la planta potabilizadora en la ciudad de San Juan (El Marquesado) y 50% proveniente de las aguas subterráneas.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 9-1 Agua Superficial Disponible Total Anual en la Provincia San Juan. Índice Estandarizado. (HM³)

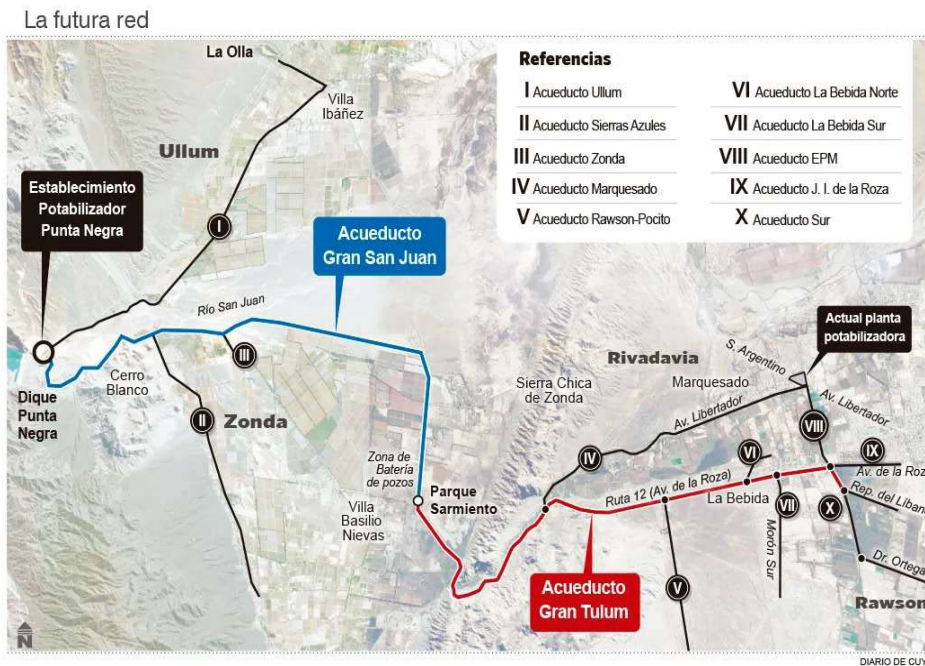


Figura 9-2: Localización actual y futura de la potabilizadora de la ciudad de San Juan

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 9-3: Derivador San Ignacio de la Rosa de agua de embalse para el abastecimiento de agua a la potabilizadora El Marquesado y para fines agrícolas.

PLANTA DE POTABILIZACIÓN DE AGUAS DE LA CIUDAD DE SAN JUAN

La planta esta operada por OSSE (Obras Sanitarias Sociedad del Estado), empresa estatal que pertenece al estado provincial. Es la encargada de suministrar agua potable a la ciudad y es la operadora del sistema de aguas cloacales y aguas de lluvia de la misma. La empresa recibe el agua al a salida del Complejo el Derivador, administrado por el departamento de hidráulica, perteneciente a la secretaria de Energía y Aguas de la provincia.

Son dos las fuentes de agua de la ciudad: la primera, de agua superficial, proveniente del dique Tulum en forma directa, y la segunda el agua de que pasa por una galería filtrante reduciendo la turbidez a unos 3 NTU. Este se lleva a una mezcla con aguas subterráneas y se distribuye directamente solamente después de haberse clorado, con una turbidez promedio de 1.5-2 NTU.

La calidad del agua que llega a la planta potabilizadora varía en turbidez dependiendo de acontecimientos de lluvia que traen una cantidad importante sedimentos juntos con el agua.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DEPURADORA

La planta potabilizadora de agua, con una carga hidráulica de $2.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ($9,700 \text{ m}^3/\text{h}$), abastece a la mitad de la población de la ciudad de San Juan y a los alrededores, ciudad de unos 600,000 habitantes. La calidad de agua necesaria para el abastecimiento de la ciudad está regulada por el código de alimentación federal derogado por el ENHOSA (anexo 3) que rige para toda la provincia.

Según el reglamento, la turbidez máxima en el agua para proveer a la población es de 3 NTU

La planta fue instalada en el año 1970 según el esquema tradicional de tratamiento de agua:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- Coagulación (Alum- sulfato de aluminio)
- Floculación
- Sedimentadores
- Filtradores (filtración de mediana velocidad). Hay 26 filtros en paralelo, con unos 80 cm de arena de profundidad

Según los operadores de la planta, parte de los floculadores instalados no trabajaban (están desarmados) y solamente en una línea de tratamiento pueden ser operados. (Figura 9-4)



Figura 9-4: Floculadores en la planta potabilizadora de Marquesado

En el día de la visita a la planta, la turbidez del agua a la entrada a la planta era de unos 20 NTU que baja a unos 8- 10 NTU después de los sedimentadores, para alcanzar los 3 NTU y menos después de los filtros de arena.

La calidad de entrada y salida a los filtradores se monitorea en on-line a por intermedio de dos turbidímetros a la entrada y a la salida de los filtradores. El agua filtrada que pasa una cloración a base de hipoclorito, se le da una dosis de 0.4-0.5 mg/l, llegando a reservorio antes del abastecimiento con unos 0.2-0.3 mg/l (demanda baja de cloro por el bajo contenido materia orgánica)

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

El retrolavado se realiza de acuerdo de la turbidez de salida de los filtradores, o según un tiempo máximo que ha pasado del último retrolavado o altura de filtro de gravedad. El agua del retrolavado va a parar al dren regional que se une con diferentes desagües y esto antes de pasar por piletones para concentrar los lodos. Según la información recibida se usa para el retrolavado unos 200-250 m³ de agua por pileta (26) por día,

En la planta trabajan unas 20 personas en 3 turnos.

Según la tabla 2 en la siguiente página, son 20 plantas potabilizadoras que están en funcionamiento, de las cuales 15 potabilizan agua superficial y 5 potabilizan agua subterránea. La producción de las plantas que tratan aguas superficiales es de aproximadamente 68 Hm³ anuales (dato del año 2021).

#	PLANTA DE AGUA	UBICACIÓN	TOMA	PRODUCCION
1	Establecimiento Potabilizador Marquesado	Soldado Argentino 6437 (o)	Conducto 900, obra de toma en el Dique Ignacio de la Roza,	Min: 8148 M ³ /H
			Conducto 1200, obra de toma Dique Partidor San Emiliano.	
			Conducto 1500, obra de toma sobre el canal del Estero.	Max.: 10351 M ³ /H
			Conducto 750, Galería Filtrante Dique Ignacio de la Roza (incluye las perforaciones del Pinar 1,3 y 4).	
2	PLANTA POTABILIZADORA CAUCETE	JUSTO P. CASTRO (FRENTE PREDIO MUNICIPAL)	PERFORACION N°2 (SAN ISIDRO Y JUSTO CASTRO) PERFORACION N°3 (SAN ISIDRO Y CORDOBA)	SIN DATOS
3	SANTA ROSA PERF. NUEVA	CALLE 4 ENTRE MZA ESPASA Y CALLE 18		250 M ³ /H
4	SANTA ROSA PERF. MUNICIPAL	CALLE MZA ESPADA Y RAWSON		90 M ³ /H
5	9 DE JULIO PERF. PAÑO	CALLE FLORIDA Y VALENTIN VIDELA		125 M ³ /H
6	9 DE JULIO PERF. MUNICIPAL	RUTA 155 Y FLORIDA		125 M ³ /H
7	9 DE JULIO PERF. PLANTA	FLORIDA 200MTS AL OESTE DE RUTA 155		100 M ³ /H
8	9 DE JULIO PERF. LA MAJADITA	CALLE 11 Y AMABLE JONES		90 M ³ /H
9	PLANTA POTABILIZADORA STA. ROSA	(NO FUNCIONA)		
10	PLANTA JACHAL NORTE	CALLE ROJAS - TRES ESQUINAS	PAMPA DEL CHAÑAR	100 M ³ /H
11	PLANTA JACHAL	25 DE MAYO Y PUENTE VERDE- SAN JOSE DE JACHAL	PAMPA DEL CHAÑAR	519 M ³ /H
12	PLANTA EUGENIO FLORES	CALLE EUGENIO FLORES Y ALBERDI- TAMBER	PAMPA DEL CHAÑAR	30 M ³ /H
13	PLANTA PAMPA DEL CHAÑAR	CALLE EUGENIO FLORES S/N PAMAPA DE CHAÑAR	PAMPA DEL CHAÑAR	619 M ³ /H
14	PLANTA HUACO	SAN MARTIN Y PASO DE LOS ANDES - HUACO	PERFORACION LA AGUADA	48 M ³ /H
15	PTA. VILLA SAN MARTIN	ARENALES Y LAPRIDA (ALBARDÓN)	PERFORACION LA CANCHITA	75 M ³ /H
			INTERNA (NO OPERATIVA)	
16	PTA. LAS LOMITAS	LA LAJA S/N (LAS LOMITAS)	ACUEDUCTO	
17	PLANTA VILLA SAN AGUSTÍN	RIVADAVIA N° 1 VALLE FÉRTIL	CANAL NORTE	40 M ³ /H
18	PLANTA CHUCUMA	DESVIÓ RUTA 510 Y CALLE LA VIRGEN	CAPTACIÓN POR SISTEMA DE CÁMARA	120 M ³ /H
19	PLANTA POCITO	CALLE 11 Y CHACABUCO	RIO CHUCUMA	30 M ³ /H
20	PLANTA ALFONSO XIII (BTZ)	CALLE ALFONSO XIII Y 12	2 PERFORACIONES DIFERENTES	370 M ³ /H
21	RETIRO (LAS FLORES)	CALLE PROYECTADA DE LA PRINCIPAL S/N	PERFORACION	30 M ³ /H
22	ANGUALASTO	CALLE SUBIDA DEL INDIO S/ N	RETIRO PERFORACION	64,26 M ³ /H
23	CENETENARIO	FUERA DE SERVICIO	VERTIENTE ANGUALASTO +HIDRAULICA	27,78,6 M ³ /H
24	DURAZNO (LAS FLORES)	CALLE EL JARILLAL DE ARRIBA S/N	F/S	F/S
			DURAZNO PERFORACION	30,15 M ³ /H

Tabla 9-2: Plantas Potabilizadoras en la provincia de San Juan

CUENCA RIO JACHAL-HUACO

Esta es la cuenca de segunda importancia en la provincia ubicada en el Noroeste de la de la misma, abastece aproximadamente a 32 mil habitantes aproximadamente, en los departamentos de iglesias

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

y Jachal. La cuenca abastece en paralelo al valle de Jáchal que es la segunda zona en importancia de uso agrícola en la provincia con aprox. 21 mil Hectáreas de las 137 mil que tiene la provincia. El Río Jachal, tiene un caudal de puede oscilar entre los 9 m³/s y los 19 m³/s, corre de noroeste a sudeste de la provincia teniendo dos afluentes: el río Salado (que aporta un 20-30 % al mismo) y río Las Palcas (aporta un 70 - 80% por ciento). El río se embalsa en el dique Cuesta de Viento. con el fin de manejar las demandas agrícolas de la zona.

El río Salado, como su nombre lo indica, tiene una concentración de sales muy altas, 2500-3000 uS/cm, y contiene especialmente altas concentraciones de boro (3-4 mg/l) (figura 9-2). Esta concentración afecta notablemente a los cultivos que se pueden cultivar en el valle de Jachal, además de la relativamente alta concentración de sales que contiene. La planificación de los cultivos en esta zona se lleva acabo de tal manera que, con cultivos en serie de legumbres y alfalfa/cebolla (una vez cada dos años) se maneja el acuífero en forma que las sales, se laven del suelo y no afecten a las raíces y así la producción de los mismos.

En la figura 9-5 se ve claramente las concentraciones altas de boro de aguas subterráneas en la zona del valle de Jachal, que se va desplazando hacia el Este durante el termino de dos años.

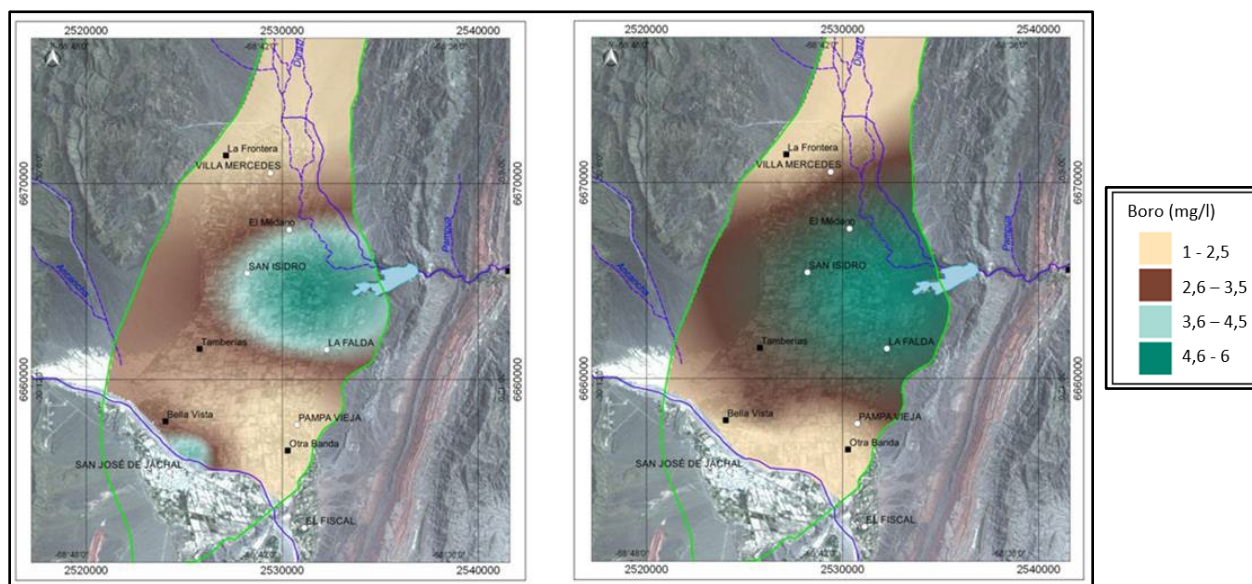


Figura 9-5: Mapa de distribución de Boro en el valle de Jachal, año 2020 (izq.) y segunda campaña 2022 (der.)

El río Jachal, tiene, junto con el Boro también una concentración importante de arsénico: la reglamentación del código de alimentación lo limita a 10 PPB, pero en forma extraordinario, se puede limitar también a 50 PBB, según las necesidades operativas. Hay localidades que en donde

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

la población está expuesta a esas concentraciones provenientes de las perforaciones en la zona (figura 9-6)

En la misma figura 9-6 se observan los mapas de distribución de Arsénico en la cuenca. Se ve claramente como las concentraciones aumentan en el sentido del flujo subterráneo se desplaza al Este, al igual de lo que sucede con el Boro, lo que es de esperarse ya que ambos elementos generalmente se presentan juntos.

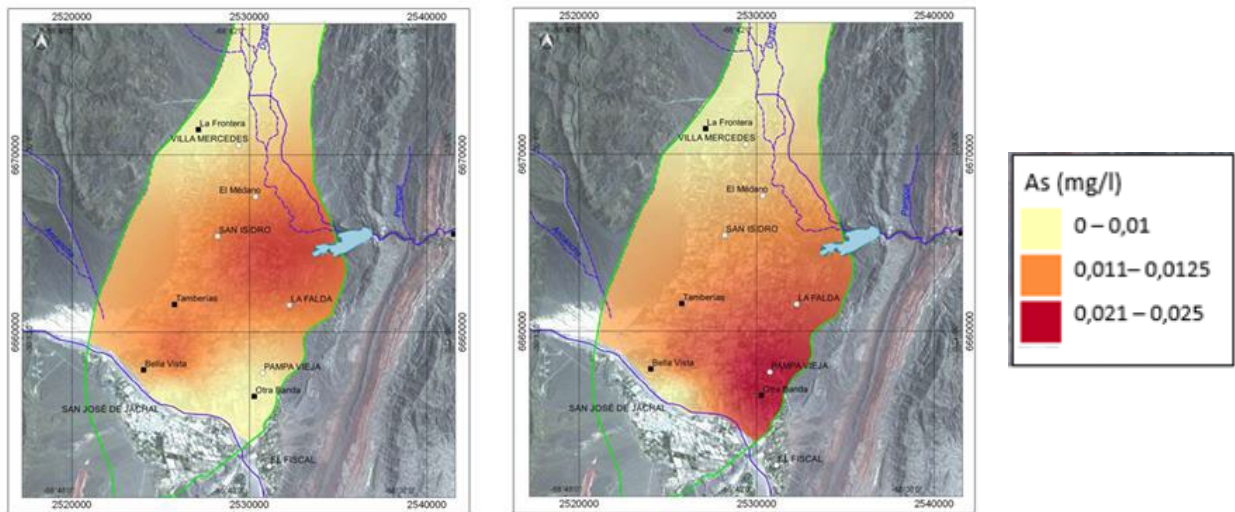


Figura 9-6: Mapa de distribución de arsénico, año 2020 (izq.) y segunda campaña 2022 (der.)

El abastecimiento de aguas para agua potable en la zona se basa en aguas subterráneas, que es de mejor calidad que las aguas superficiales.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Río Jáchal-Río Huaco DH	Embalse Cuesta del viento	Río Blanco - Buena Esperanza	Dique Pachimoco	Dique Cauquenes	Río Huaco	Río Jáchal	Río Jáchal
	RJ-08	BLA-2	RJ-09	RJ-10	RJ-11	JA-1	RJ- Mogna
PH		7.6	8.3	7.8	8.1	8.3	7.2
Conductividad		2024	2204	2900	2832	2099	3540
Temperatura		23	17	17	20	11	13
Oxígeno Disuelto		6	8	8	8	8	0
Arsenico			0.142	0.027	0.031	0.423	
Boro		1	3	3	4	3	
Bicarbonatos CO3H			134	198	210		
Cloruros			412	517	604	255	
Sulfatos		276	354	542	551	266	
Calcio			138	299	251		
Magnesio			28	53	49	25	
Sodio			258	317	338		
Potasio			14	14	14		
Dureza Total CaCO3			448	930	871		
solidos total	30.00		817	826	66	60	
solidos fijos 600			1962	1977			
solidos volát 600			337	312			
nitrogeno		7	5	8	3	5	
nitratos		0	3	1	1	1	
sust sol eter		17	3	12	0	34	
DQO		40	104	139	66	109	
DBO		0	18	19	11	4	
Coliformes Totales			1649	869	789	371	

Tabla 9-3: Calidad promedio (Años 2009-2020) de la cuenca Jáchal

La tabla 9-3 presenta la concentración de los parámetros más importantes del agua superficial. Se nota, sin duda la alta concentración de sales. Respecto a los demás metales analizados (no se presentan aquí), sólo se observó presencia de Fe, Al y Zn con valores que no superan lo recomendado para consumo excepto en la perforación N° 58 donde el Fe (hierro) presenta un valor de 0,59 mg/l superando el valor máximo permitido (0,3 mg/l).

Además de los parámetros señalados anteriormente, las concentraciones de sodio son relativamente altas en relación con un máximo (150 mg/l), pudiendo influir también en la irrigación y en el drenaje de los suelos. En paralelo, el nivel de dureza es también muy alto, pudiendo producir incrustaciones de calcio carbonato en la capa superficial de los terrenos.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

EL SERVICIO DE CLOACAS, TRATAMIENTO DE AGUAS CLOACALES, DISPOSICIÓN

El sistema de recolección de aguas cloacales en la provincia de San Juan llega hoy en día a una cobertura de 76% y está considerada como una de las coberturas más altas del país.

En general se puede decir que el alcance de cloacas en la ciudad de San Juan y sus alrededores llega a unos 95%. En paralelo, se estima que un porcentaje determinado de las cloacas no llegan a destino (planta de tratamiento) y esto por el deterioro de parte de las cañerías del sistema cloacal.

El sistema de cloacas está basado principalmente en cañería de PVC, junto con cañería antigua está basada en asbesto cementado, llevan diámetros que empiezan en 4 pulgadas a las conexiones de casa aledañas al sistema, y hasta unos 20 pulgadas a la entrada de la planta más grande de la provincia (Cerillo Barbosa).

El porcentaje de volumen producido de aguas cloacales en relación con el consumo de agua en la ciudad es de unos 70%. por ciento similar al resto del país. Por lo tanto, el cálculo de producción total de aguas cloacales tiene que basarse en el consumo de agua, a falta de medición de aguas cloacales dentro de la ciudad. La única medición aproximada de aguas cloacales se realiza a la entrada de las plantas de tratamiento de cada una de las localidades.

La disposición de las cloacas al sistema se lleva a cabo a base del marco del reglamento provincial número 2107-06 (anexo 4) que define la calidad permitida de vuelco de cada una de las entidades a los diferentes recipientes: cloacas, agua, suelo. Incluyendo los materiales/ compuesto prohibidos de vuelco. La disposición toma en cuenta el perjuicio que se puede producir al determinado recipiente por el vuelco de efluentes de todo tipo: fuente doméstica, industrial, agrícola etc.

En el caso de vuelco a cloacas, la disposición toma en cuenta también la influencia al tratamiento de las aguas antes de ser volcadas a los cursos de agua.

DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO CLOACAL.

La mayor parte del servicio de cloacas en la provincia es llevada a cabo por la OSSE, pero en diferentes localidades en el interior de la provincia, el servicio es suministrado por agrupaciones locales. (por ejemplo, en 9 de Julio).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE CLOACAS EN LA PROVINCIA

El tratamiento de las aguas cloacales se realiza generalmente en los alrededores de las localidades en donde se producen los mismos. Generalmente las plantas están ubicadas a las afueras de la ciudad, kilómetros de estas, para evitar perjuicios a la población producidos por la operación de las plantas, especialmente el tema de los malos olores.

Los sistemas más comunes de tratamiento de cloacas en la provincia se basan en piletas facultativas donde el líquido se estaciona en las mismas entre 15 y 30 días, dependiendo generalmente del terreno que se tiene a disposición. Con todo, hay otras 3 configuraciones/ tecnologías adoptadas en la provincia:

Un resumen de los 4 tipos es aquí:

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN:

Son sistemas de tratamiento por lagunas facultativas, poseen en sus ecosistemas bacterias aeróbicas, anaeróbicas y algas en todo el proceso, encontrándose en mayor proporción las aeróbicas y algas en las lagunas terciarias o secundarias según sea el caso de la planta en cuestión, mientras que las anaeróbicas tienen mayor presencia en las primarias.

Ejemplos de plantas:

- a. Cerrillo Barboza, posee 3 series de 3 lagunas por serie operativas y una 4^{ta} serie en construcción, vuelca actualmente al Dren Arroyo Agua Negra.
- b. Jáchal, Media Agua, 9 de Julio, San Martín, poseen 2 series de 2 lagunas por serie, su efluente vuelca a un sistema de riego interno con el que cuentan los establecimientos depuradores.
- c. Casuarinas, Santa Rosa, poseen 1 serie de 2 lagunas, su efluente vuelca a un sistema de riego interno con el que cuentan los establecimientos depuradores.
- d. Rodeo-Colola, posee un sistema mixto con 1 laguna que cuenta con aireadoras y 3 lagunas que operan en serie, vuelca a un sistema de riego interno con el que cuenta el establecimiento depurador.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

ZANJAS DE OXIDACIÓN:

El sistema por zanjas de oxidación recibe sus afluentes en zanjas que cuentan con aireadoras de paletas, el ecosistema está en su mayoría conformado por bacterias aeróbicas. Al salir de este proceso el líquido ingresa a los sedimentadores, de donde se separa el líquido tratado que va a cloración y disposición final, mientras que el barro sedimentado tiene 2 posibles destinos, el primero es a recirculación para incrementar el número de bacterias en las zanjas dependiendo de la carga orgánica del líquido a tratar o cuando se desea renovar la edad de los barros, el segundo destino se utiliza cuando el primero no es requerido, en este caso los barros van a un reactor anaeróbico para reducir los barros en volumen para luego disponerlos en piletas de secado.

- Caucete, es la única planta de tratamiento de este tipo manejada por OSSE y actualmente se encuentra en reparación para ponerlo en régimen.

PLANTAS COMPACTAS:

Existen dos tipos de plantas compactas, las netamente aeróbicas y las que son mixtas (tratamiento anaeróbico de lodos). En las compactas aeróbicas tanto el líquido como los sólidos separados se tratan aeróbicamente, también cuentan con recirculación de barros y con disposición de los mismos en piletas de secado.

- Mariano Moreno, Albardón.

La única planta compacta mixta en OSSE es la del Bajo segura, el establecimiento cuenta con una estación elevadora, sistemas de rejillas, un equipo desarenador-desengrasador, sedimentadores primarios, reactores, sedimentadores secundarios, cámara de recirculación de barros, espesadores de barros, prensa de barros, inactivación de la fase sólida con cal, inactivación de la fase líquida con hipoclorito de sodio. Actualmente la planta se encuentra no operativa con proyecto para su reparación y puesta en funcionamiento.

Un resumen de todas las plantas de tratamiento se describe en la tabla 9-4.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Cantidad Anual: 38,622,096 m³

Número	Departamento	Caudal [m ³ /mes]	Caudal [m ³ /día]	% de un total	Zona de descarga
1	Rawson	1,759,270	57,871	54.9	Arroyo Agua Negra
2	Santa Lucia	1,119,845	36,684	34.8	Arroyos los tapones
3	Caucete	159,608	5,320	5.0	Dren calle salta
4	Rodeo	49,275	1621	1.5	Campo forestal
5	Sarmiento	47,190	1552	1.4	Dren dominguito
6	Jachal	43,503	1,450	1.3	Bosque regional
7	9 de Julio	12,855	429	0.3	Arroyo seco
8	25 de Mayo (casurinas)	7,969	266	0.2	Dren calle 20
9	Chimbas	7,615	254	0.2	Arroyo seco (lecho rsj)
10	25 de Mayo (Santa Rosa)	6,773	226	0.2	Dren calle 20
11	San Martin	4,605	154	0.2	Campo forestal
Total		3,218,508	105,827	100	

Tabla 9-4: Plantas depuradores en la provincia, caudales. Fuente: OSSE

El 91% del caudal de cloacas se concentra en la ciudad de San Juan, y junto a Caucete, se concentra en unos 96% del total de las fuentes.

Según la tabla 9-4, el caudal anual de cloacas (38,622,096 m³) es sólo un 39% (!) del declarado consumo de agua, restándole la cobertura parcial de sistema cloacal (%75) y restándole la proporción de agua que no va a parar a la cloaca (30%).

Esta cifra, según los cálculos, tendría que estar cerca de los 99 Hm³ anuales.

También, si se hace el cálculo según la llave de consumo de agua en la provincia (600 litros/ por día/ por habitante), el resultado sería que este caudal de agua cloacal corresponde a un equivalente de 220 ,000 personas de unas 615,000 habitantes (36%) que tienen servicio de cloacas en la provincia.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Por lo tanto, en primer lugar, se necesita averiguar si estos datos son factibles, y a la diferencia entre los datos potenciales y los datos reales es tan grande. Si es así, se tiene que analizar si hay pérdidas importantes de aguas cloacales por cañería antes que lleguen a las plantas de tratamiento.

CALIDAD DE TRATAMIENTO DE PTAR

El decreto número 2107/2006 fija, (entre otras la calidad requerida a las plantas de tratamiento) PTAR que son necesarias obtener para la disposición posterior a los cursos de arroyos o ríos (anexo 1). La frecuencia de monitoreo de las plantas, tanto en entrada como en la salida es de una vez por mes, regulado por el mismo decreto.

En la siguiente tabla 9-5, se resume las calidades promedio obtenidas por monitoreo de entrada y salida de las diferentes plantas durante el año 2022.

Punto de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Conductividad	DQO	DBO	SST (105°C-560°C)	Sulfuros	Amoníaco (N-NH4)	Nitrato (N-NO3)	Cromo Hexavalente	Fenoles	Fosfatos (P-PO4)	NTK	Coliformes Totales
Afluente 9 de Julio	7.582	20	1.27	1775	523	185	166	24.22			0.075	0.115			8.35E+06
Afluente Albardón	7.47	22	2.12	3528	97	ES		0.075			0.010				
Afluente Casuarinas	7.496	22	0.50	1965	548	146	253	20.07	37.55	0	0.025	0.041	13.95	78.79	6.68E+06
Afluente Cerrillo Barboza	7.65675	21	2.86	1206	252	116	93	0.23		2	0.046	0.0298			1.45E+07
Afluente Jachal	7.775	21	3.51	1414	121	39	24			0	0.018	0.021			7.38E+06
Afluente Media Agua	7.91909091	21	0.87	3756	202	76	50	1.20			0.005	0.058			9.12E+06
Afluente Rodeo-Colola	7.59818182	18	1.81	1183	163	116	39				0.021	0.003	6.1		5.24E+06
Afluente San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Afluente San Martín	76.1209091	20	1.73	883	207	84	45	8.66			0.029	0.028			7.30E+06
Afluente Santa Rosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Afluente Santa Rosa	7.90818182	21	0.29	2168	264	94	41	11.92	51.3	6.75	0.034	0.113	7.2		5.47E+06
Afluente Villa Mariano Moreno	7.64090909	22	0.59	1325	323	128	230	8.07	46.3	0	0.038	0			1.57E+07

Tabla 9-5: Calidades de afluentes las diferentes PTAR

En general la carga de materia orgánica y otros compuestos es relativamente bajo a comparación con los datos ejemplarizados de Europa o Israel, destacando entonces que el consumo de agua en la mayor parte de la provincia es de 2.5 veces aproximadamente más alto. exceptuando la planta

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Casuarina y de 9 de Julio, que relativamente a diferencia de las otras plantas tiene una concentración alta de los diferentes componentes.

CALIDADES DE EFLUENTES DE LAS PTARS

Las calidades promedias de efluentes las diferentes PTARS están volcadas en la tabla 9-6.

En general se puede decir que las calidades de entrada y salida no soy muy diferentes entre ellas, por la razón que en la mayor parte de las plantas (piletas de estabilización) la materia orgánica disuelta se transforma en algas, en forma que la carga orgánica total (representada como DQO y DBO) tienen valores bastante parecidos.

La calidad de los efluentes es mediocre relacionado con las exigencias de la reglamentación 2017/2006 están en determinados parámetros en el nivel alto de los límites de carga orgánica (expresado como DBO (150-200 mg/l), DQO (250-500 mg/l), nitrógeno amoniacal (10 mg/l). Fosfatos (0.7 mg/l), parámetros determinados para el vuelco de los mismos a drenes y desagües.

La reducción de nitrógeno amoniacal de los afluentes es relativamente baja, los sistemas de piletas de estabilización facultativa no están diseñadas para la remoción de nitrógeno amoniacal, tanto como para la remoción del fósforo. La concentración de fosforo es alta en todas las plantas a comparación de normas necesarias (0.7 mg/l).

En paralelo, la concentración de coliformes en los efluentes es menor en casi todos (75%) los casos en relación a la entrada, con todo, la concentración promedio en este parámetro es alta en relación la reglamentación (2000 coliformes en 100 ml).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Punto de Muestreo	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Conductividad	DQO	DBO	SST (105°C-560°C)	Sulfuros	Amoníaco (N-NH4)	Nitrato (N-NO3)	Nitrito (N-NO2)	Fenoles	Fosfatos (P-PO4)	NTK	Coliformes Totales
Efluente Media Agua	8.16	17.21	5.77	4084.18	211.80	52.00	94.39	0.17	7.89	7.31	1.88	0.03	9.04	18.33	6.E+03
Arroyo Agua Negra y Calle 10	8.13	11.49	3.03	4904.38	136.38			0.85					4.72		2.E+04
Arroyo Agua Negra y Ruta 215	8.14	13.58	1.16	4742.75	168.75			0.08		0.00			7.80		1.E+03
Arroyo Agua Negra y Ruta 259	7.84	15.10	3.10	1367.00	137.00			0.07					6.73		2.E+04
Arroyo Las Lomitas	8.06	20.50	7.54	1915.00	97.00										2.E+02
Arroyo Las Lomitas y callejón Lozano															
Dren Dominguito y Calle A. Quiroga	8.13	14.79	2.94	4910.50	403.10			4.79					8.44		4.E+05
Dren Dominguito y Calle Dominguito	7.57	15.42	2.11	5920.27	654.45			8.18					5.81		2.E+05
Dren Salta y Ruta 20	7.39	37.30	0.35	1108.00	222.50			14.50	43.30		0.00				1.E+07
Efluente "Colector Industrial Calle 8"	7.74	19.99	6.22	3983.70	152.60			0.02					5.90		3.E+03
Efluente 9 de Julio	8.11	15.01	7.67	3546.13	243.88	43.00	47.78	0.15	8.55	1.27	0.12	0.08	7.71	10.61	6.E+03
Efluente Albardón	8.26	20.10	7.12	3372.00	57.00			0.02	15.30		0.50				1.E+04
Efluente Bajo Segura	6.92	21.35	0.98	2653.50	619.00			0.36	14.95	4.70	0.02				5.E+07
Efluente Canal Cerrillo Barboza	7.93	17.50	4.84	1260.83	156.03	91.71	58.60	0.15	29.29	3.24	0.00	0.05	6.92	27.07	1.E+05
Efluente Canal Jachal	8.85	19.11	10.49	1489.90	314.20	137.25	136.00		8.73	4.89	3.48	0.09	9.05	14.39	2.E+04
Efluente Casuarinas	8.49	20.27	6.21	2269.14	273.57	49.75	114.00	0.28	8.99	1.78	0.18	0.00	11.26	21.72	4.E+03
Efluente Previo Cloración Albardón	8.12	21.90	7.50	3392.00	72.00										1.E+04
Efluente Previo Cloración Jachal	8.96	10.90	14.76	1399.00						0.00					1.E+04
Efluente Previo Cloración Rodeo-Colola	10.93	18.40	11.23	1228.00	321.00					0.00					2.E+02
Efluente Previo Cloración Villa Mariano Moreno	7.36	24.20	0.30	1344.00						0.00					8.E+06
Efluente Rodeo-Colola	9.78	14.49	12.25	1123.51	302.55	47.67	104.40		9.44	3.37	0.02	0.01	6.49	12.12	3.E+02
Efluente San Martín	9.28	16.72	8.12	911.46	360.91	127.00	70.67	0.39	6.91	2.05	0.12	0.00	16.43	55.87	8.E+02
Efluente Santa Rosa	8.44	15.99	11.27	2328.80	247.82	99.00	75.60	0.27	13.21	5.48	3.49	0.02	8.00	18.24	6.E+03
Efluente Villa Mariano Moreno	7.32	21.49	0.78	1263.39	348.73	120.00	139.07	10.19	42.75	1.71	0.00	0.16	11.16	55.05	8.E+06
Efluente Canal Cerrillo Barboza	7.91	16.54	5.14	1307.29	169.63		61.90	0.13	33.66	0.85	0.00		6.75		1.E+05
Efluente Canal Jachal	8.85	19.11	10.49	1489.90	314.20	137.25	136.00		8.73	4.89	3.48	0.09	9.05	14.39	2.E+04
Efluente Casuarinas	8.49	20.27	6.21	2269.14	273.57	49.75	114.00	0.28	8.99	1.78	0.18	0.00	11.26	21.72	4.E+03
Efluente Previo Cloración Albardón	8.12	21.90	7.50	3392.00	72.00										1.E+04
Efluente Previo Cloración Jachal	8.96	10.90	14.76	1399.00						0.00					1.E+04
Efluente Previo Cloración Rodeo-Colola	10.93	18.40	11.23	1228.00	321.00					0.00					2.E+02
Efluente Previo Cloración Villa Mariano Moreno	7.36	24.20	0.30	1344.00						0.00					8.E+06
Efluente Rodeo-Colola	9.78	14.49	12.25	1123.51	302.55	47.67	104.40	0.00	9.44	3.37	0.02	0.01	6.49	12.12	3.E+02
Efluente San Martín	9.28	16.72	8.12	911.46	360.91	127.00	70.67	0.39	6.91	2.05	0.12	0.00	16.43	55.87	8.E+02
Efluente Santa Rosa	8.44	15.99	11.27	2328.80	247.82	99.00	75.60	0.27	13.21	5.48	3.49	0.02	8.00	18.24	6.E+03
Efluente Villa Mariano Moreno	7.32	21.49	0.78	1263.39	348.73	120.00	139.07	10.19	42.75	1.71	0.00	0.16	11.16	55.05	8.E+06
Nuevo Efluente Media Agua	8.16	17.21	5.77	4084.18	211.80	52.00	94.39	0.17	7.89	7.31	1.88	0.03	9.04	18.33	6.E+03

Tabla 9-6: Calidades promedio de los diferentes efluentes en la provincia

REÚSO DE LOS EFLUENTES CLOCALES:

Hoy en día no hay ningún marco que se expresa en el tema del reúso, no hay regulación determinada y no hay ningún proyecto en la provincia donde se realice el reúso de los efluentes. En el próximo informe se analizará el potencial de reúso de los efluentes cloacales en la provincia, tomando en cuenta el potencial de los cultivos, el tipo de los mismos, la situación hidrogeográfica, población, infraestructura, etc.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CASO ESTUDIO: PLANTAS DE DEPURADORAS DE LA GRAN SAN JUAN

La ciudad de San Juan tiene dos plantas de tratamiento que sirven a la ciudad un aprox. 60% que llega a lagunas de oxidación en la planta depuradora (Cerrillo Barboza), y el aprox. 40% restante a una planta de lodos activados (Bajo Segura) que no está operando hoy en día.

Datos de la principal planta de depuración de la provincia se explicita aquí adelante:

LA PLANTA DEPURADORA DE CERRILLO BARBOZA-LAGUNAS FACULTATIVAS.

La planta de Cerrillo Barboza basada en lagunas facultativas se encuentra a una distancia de 20 km al Este de la capital en el departamento de Rawson, es operada por el OSSE, se basa en 3 etapas: anaeróbico, oxidación natural y pulido. Cada una de estas etapas contienen 3 lagunas en paralelo.

La cañería, que conduce los afluentes a la planta después de un trayecto relativamente importante, puede tener un potencial importante de producción de gas sulfhídrico con la posibilidad de corrosión de la misma y esto por las condiciones anaeróbicas que se pueden generar.

El caudal de aguas residuales estimado promedio de oscila entre $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ ($56,000 \text{ m}^3/\text{d}$) y puede tener una máxima de $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ($147,000 \text{ m}^3/\text{d}$). El DBO de entrada promedio en 2022 era de 116 mg/l, el DQO era de 252 mg/l.

La planta tiene una zona de pretratamiento compuesta por rejillas de 10 cm y 7 cm en serie con el objetivo de separar los materiales grandes y gruesos que llegan a la planta (Figura 9-7).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 9-7: Aguas residuales tras haber pasado por 2 rejas en series (10 y 7 cm)

Las dimensiones de la planta según etapas es la siguiente:

ETAPA	Tipo de tratamiento	Largo (m)	Ancho cada una (m)	Profundidad (m)	Superficie total de la etapa (m ²)	Volumen total) de la etapa (m ³)	Tiempo de residencia promedio (días)
1	ANAERÓBICO	769	119	2.2	274,553	603,972	10.4
2	OXIDACION	529	119	2	188,853	377,706	6.5
3	PULIDO	250	119	1.8	89,250	160,650	1.7
Total		1,548	357		552,656	1,142,328	19.6

Tabla 9-7: Dimensiones de las diferentes etapas de la planta Cerrillo Barboza

Las dimensiones de la planta son adecuadas para el tipo de tratamiento facultativo. haciendo un análisis de la carga orgánica la primera etapa, anaeróbica (calculado en base a la DBO promedio entrando a planta) es de 24 kg/1000 m²/día.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 9-8: Presencia de algas en la etapa de oxidación de la planta Cerrillo Barboza

Durante la visita de campo, se pudo percibir en forma general que la carga orgánica a la planta es relativamente baja, no había casi mal olor en planta, la superficie del agua de las lagunas de todas las etapas se veía verdosa (índice que el sistema no está sobrecargado) y existe una reproducción de algas relativamente alto.

Según los análisis, el DBO es relativamente bajo a la entrada de la planta probablemente por el consumo relativamente alto de agua en la ciudad. Este es solo un tercio de la concentración típica en los países europeos (116 mg/l en planta a diferencia de 300-350 mg/l en Europa e Israel)

Por otro lado, la calidad de los efluentes tiene una concentración alta de sólidos, (58 mg/l) representados parece por el crecimiento de algas muy importante.

La calidad de los efluentes dispuestos, después del tratamiento, va a para al drenaje, que se comunica con el Río abajo de San Juan, parece a la vista con concentración muy alta de algas (foto 6) que puede afectar futuro uso efectivo del reúso agrícola especialmente por riego por goteo. Este vuelco, con una materia orgánica tan importante puede, río abajo causar problemas ambientales de calidad de cauce y olores en el mismo.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos



Figura 9-9: Disposición de los efluentes de la planta – concentración de algas en los mismos

Se visitó también a laboratorio de la planta. El laboratorio presta servicios a los centros operacionales de la OSSE. La planta realiza pocos análisis de la calidad de agua de entrada a planta, tanto como para la salida, una vez al mes.

EFLUENTES INDUSTRIALES

La industria en la provincia la industria tiene una envergadura chica a mediana. Concentrándose en la zona de la Gran San Juan las industrias no tiene medición del consumo de agua, pero se puede basar en cálculos a los derechos de agua, que esto llegan unos 27 HM³ anuales. Según los datos 85% del consumo industrial del agua puede ocurrir en el 50% de los departamentos en la provincia y en tres un 50%: Rawson, Pocito y Santa Lucia, junto con esto el potencial de vuelcos de los efluentes producidos durante la producción industrial.

Tomando a grandes rasgos una estimación del 80% de producción de aguas cloacales provenientes del consumo de agua, el potencial de aguas cloacales es de unos 21.5 HM³, un 19% del total de generación de aguas cloacales en la provincia (119 HM³).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

#	DEP.	POTENCIAL DE CLOACAS (HM ³)
1	Rawson	4.6
2	Pocito	4.2
3	Santa Lucia	3
4	Chimbas	2
5	Sarmiento	1.7
6	Albardón	1.3
7	San Martin	1.1
8	9 de Julio	1
	Subtotal	19

Tabla 9-8: Departamentos con el potencial de vuelco más importante en la provincia

La calidad de vuelco de los efluentes industriales se verifica una vez por año según las pautas del acta no 2489 “Normas de Procedimiento para el Control de Descargas de Efluentes Industriales a los Cuerpos Receptores de Injerencia de Hidráulica”, (anexo 5) donde se define que parámetros serán analizados según el tipo de industria.

CALIDAD DE AGUA PARA AGRICULTURA

Las principales actividades económicas son la vitivinicultura, siendo los oasis de Tulum, Ullum y Zonda los responsables del 56% de la superficie sembrada en la provincia. La segunda zona de importancia agrícola es el valle de Jáchal, que sufre de abastecimiento de agua de calidad problemática por concentraciones de alta conductividad eléctrica y boro.

En la actualidad esta provincia es la segunda productora nacional de vid y vinos, luego de Mendoza y desde hace algunos años se ha comenzado a exportar vinos a distintos lugares del mundo. También sobresale el cultivo del olivo, para la producción de aceite, de numerosos frutales (durazno, membrillo, manzana, uva, melón, sandía, etc.) y de hortalizas (cebolla, espárrago, papa, etc.).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

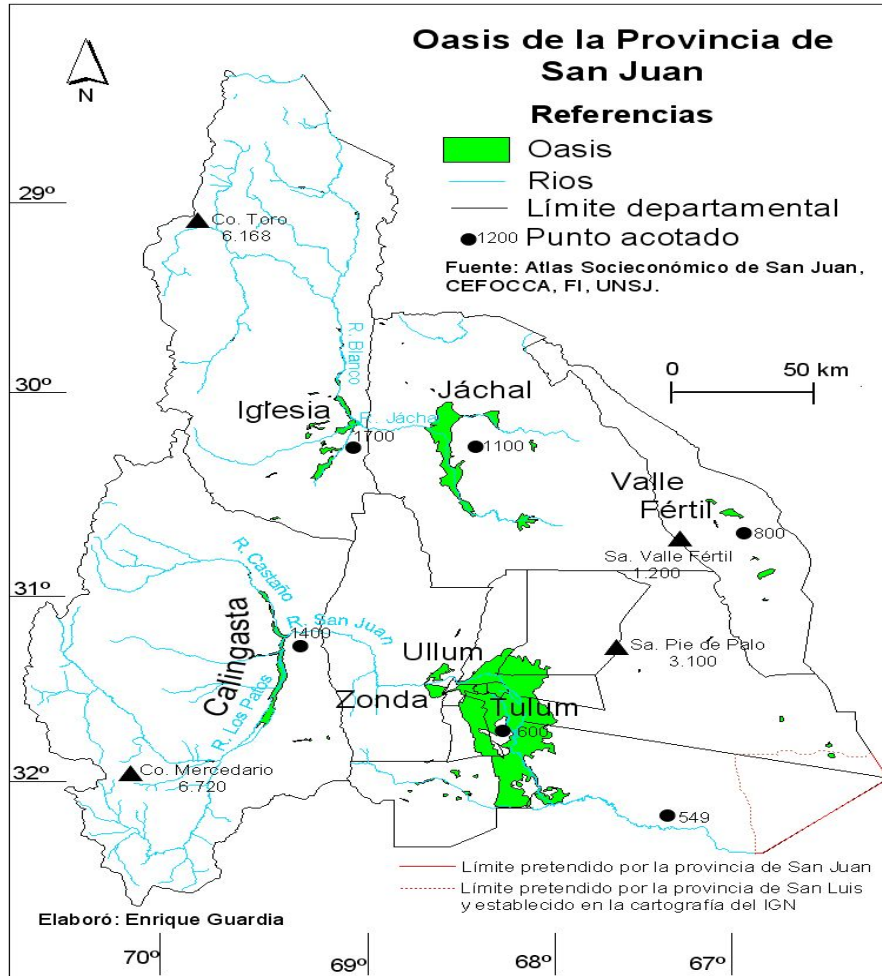


Figura 9-10: Zonas agrícolas en la provincia de San Juan (en verde)

La calidad de agua de la zona central, proveída por el río San Juan, es buena para todos los tipos de cultivos, no así de la cuenca Jáchal, en donde los niveles de sales y boro puede restringir el tipo de cultivo que se puede cultivar en la zona.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

RESUMEN CAPITULO

- La calidad de agua para uso humano y agrícola en la provincia es muy diferente dependiendo de la fuente de agua. El río San Juan abastece una calidad buena para todos los usos mientras que las calidades del río Jachal, la segunda cuenca de importancia en la provincia es problemática tanto para uso humano (altos contenidos de arsénico y boro) como para la irrigación de cultivos (alta salinidad al lado de un alto contenido de boro).
- Parte de la población en la cuenca de Jachal puede que recibe una calidad limitada con relación a los reglamentos, especialmente en arsénico y boro.
- Una parte importante de las plantas de tratamiento se basa en sistemas extensivos que generan efluentes de mediana calidad, tanto en los parámetros orgánicos de DBO, DQO, y tanto como en la remoción de nutrientes nitrógeno y fósforo. En estos últimos parámetros, tanto como en la concentración de coliformes, la mayoría de las plantas no es adecuada con las exigencias de vuelco a drenes y desagües (columna del medio en la reglamentación de vuelco).
- Según la información recibida, la mayoría de las plantas mecánicas de tratamiento no funcionan (especialmente la segunda planta de envergadura en la provincia – Bajo segura) y afluentes de cloacas crudos llegan a diferentes cauces de agua con sus posibles consecuencias ambientales.
- No se llevan a cabo ningún análisis entre etapas o muy pocos esto es indispensable para manejar el proceso y intentar manejar los procesos internos, esto para poder analizar cada una de las etapas. Importante realizar DBO filtrado. Introducción de cambios en los parámetros de medición (turbiedad)
- No hay Reuso, ni marco que pueda ayudar a fomentar el tema en el marco legislativo
- **Hay un potencial Pérdida de aguas cloacales en el sistema**

10. Gestión administrativa del agua

De acuerdo a lo estipulado en la Ley 13-A del Departamento de Hidráulica, la ley 190-L (4392) denominado Código de Aguas y la ley de Ministerios, se determina que todos los organismos encargados de la administración y gestión del agua dependen jerárquicamente de la SECRETARIA DE AGUA Y ENERGIA.

Por lo tanto, todas las políticas, planes y programas de acción anual y la planificación plurianual, deben ser coordinadas entre cada organismo específico y la secretaria de Agua y energía.

Los temas vinculados están referidos a:

AGUA DE USO POBLACIONAL: POTABLE Y SERVIDAS.

Este sector lo administra Obras Sanitarias Sociedad del Estado (OSSE) que se encarga de la captación, tratamiento, distribución del agua potable de todos los centros urbanos y perturbados de los Departamentos de la Provincia. Además, se encarga de todas las acciones de saneamiento de los conglomerados humanos incluyendo, redes cloacas y plantas de tratamiento de efluentes domésticos.

Define el régimen de suministro de agua y de cloacas y el esquema tarifario correspondiente.

Asimismo, se encarga del control de calidad y garantía de potabilización de toda el agua potable utilizada en todo el territorio.

Vinculados con OSSE se encuentran 64 organizaciones sociales (uniones vecinales) y municipios que se encargan de la producción, distribución del agua potable en distintas localidades periurbanas y de los departamentos aislados, que se encargan de su suministro de manera independiente bajo control de potabilidad, desde OSSE.

En tales organismos independientes se definen las tarifas correspondientes a cada uno en función de sus costos operativos y plan de inversiones.

Sin embargo, la empresa OSSE no incluye en sus costos para cálculo de tarifas, los costos de inversión de obras de agua y saneamiento. Esto es un tema que está en proceso de análisis y unificación de criterios tarifarios.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

AGUA DE RIEGO Y OTROS USOS

El agua utilizada para riego, uso industrial, minería y otros usos, está administrada y gestionada por el Departamento de Hidráulica (DH). Según la ley 190-L y la ley 13-A el DH es el organismo responsable de administrar todas las fuentes de suministro de agua en los diferentes oasis provinciales (Calingasta, Iglesia y Jáchal, Valle Fértil, Tulum, Ullum y Zonda) y en el secano de toda la provincia, a partir de fuentes naturales de origen superficial (nieve, lluvia, torrentes) como de origen subterráneo.

Asimismo, es responsable del control de calidad de todos los cauces de agua naturales o artificiales y de las obras hidráulicas de captación, almacenaje, distribución y descarga y drenajes de toda la provincia.

Dentro de sus responsabilidades está la administración y gestión de toda el agua disponible según las diversas fuentes de suministro (superficial y subterránea).

Por otro lado, el Departamento de Hidráulica debe encargarse de ejecutar las obras hidráulicas necesarias para el abastecimiento de agua de riego concesionaria, controlar y autorizar las obras privadas y definir los costos y tarifas correspondientes a concesiones, permisos y autorizaciones de uso.

REGULACIÓN DE EMBALSES

El departamento de hidráulica tiene también la responsabilidad de medir y planificar la hidrología de los ríos anualmente, para determinar el programa de suministro anual para los distintos usos en todos los oasis.

Para ello, debe coordinar con otros organismos, todos dependientes de la Secretaría de Agua y Energía, la política de administración y gestión de los diferentes embalses y de sus centrales Hidroeléctricas vinculadas. Para esto último, se debe contemplar las exigencias definidas por el COSEP (Consejo Provincial de Seguridad de Presas) respecto a los grados de seguridad hidráulica, sísmica y operativa, de las presas de embalse exigidos por las normativas vigentes.

Cabe aclarar que participan en el COSEP la Dirección de Recursos Energéticos (DRE) dependiente de la Secretaría de Agua y Energía, la cual se encarga de administrar el funcionamiento de las presas de embalse y de coordinar a través de la empresa EPSE (Energía Provincial Sociedad del Estado) la operación y mantenimiento de las centrales hidroeléctricas vinculadas. Por lo tanto, el

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

volumen de agua de embalse y desembalse de las presas y la generación de energía Hidroeléctrica, deben acordarse en el ámbito de la Secretaría de Agua y Energía, organismo del cual depende EPSE, DRE, DH y EPRE (Ente Provincial Regulador de la Electricidad).

Cabe aclarar a ese respecto, que la Secretaría de Agua y Energía también tiene bajo su dependencia, la empresa EPSE (Energía Provincial Sociedad del Estado) que se ocupa de toda la generación de energía en la Provincia, administrando la generación Hidroeléctrica de las centrales de los diques, la generación solar y de todos los estudios y proyectos de todas las fuentes de energía no convencionales y convencionales.

Asimismo, también existe una dependencia funcional del ente regulador de energía eléctrica (EPRE) de la Secretaría de Agua y Energía, en todos los subsidios de tarifas a la Energía utilizada en el riego agrícola y en el marco regulatorio de la distribución de energía en toda la provincia. También en los programas de generación distribuida de energía solar en viviendas y otros sectores. Y en la utilización de los fondos federales de energía para obras de transporte en el territorio y el suministro a distritos aislados.

AGUA SUBTERRÁNEA

De igual manera, el Departamento de Hidráulica debe administrar, gestionar, supervisar y controlar, el uso de los acuíferos subterráneos tanto de aquellas perforaciones públicas (baterías de pozos) destinadas a reforzar las necesidades de agua de riego (concesiones) como las perforaciones privadas. Y también aquellas perforaciones destinadas al suministro de agua potable.

En resumen, el Departamento de Hidráulica debe organizar diversas acciones anuales de manera coordinada con otros organismos, así como planificar los pronósticos hidrológicos y las demandas para los diferentes usos:

- Agua potable
- Agua de riego
- Agua para recarga de acuíferos
- Agua para bombeo de agua subterránea de uso público y/o privado
- Agua tratada reutilizable
- Agua para generación Hidroeléctrica.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Como se puede observar, el Departamento de Hidráulica acumula diferentes responsabilidades concurrentes y acciones coordinadas con diferentes reparticiones y empresas públicas, hechos que obligan a una coordinación certera y respondiendo a planes de corto, mediano y largo plazo, que obligan a una planificación estratégica (razón por la cual vemos muy necesario el PLAN MAESTRO a cargo de la empresa MEKOROT a través del CFI).

PLAN ESTRATÉGICO

El ámbito natural para coordinar y diseñar el Plan Estratégico es la Secretaría de Agua y Energía de la cual dependen jerárquicamente todas las áreas vinculadas con el Departamento de Hidráulica. Por ello, el diseño de los planes de trabajo anuales y plurianuales en función de la hidrología y de las necesidades de los diferentes sectores demandantes, debe estar coordinado por la Secretaría de Agua y Energía.

Asimismo, la necesidad de organizar un plan integral de oferta y demanda en los distintos oasis, que aseguren el uso racional de los volúmenes de agua disponibles, con la mayor eficiencia de distribución y utilización y la máxima productividad económica y social.

Particularmente, en el área bajo riego de los Valles de Tulum, Ullum y Zonda, resulta importante asegurar un programa de recarga del acuífero subterráneo, a partir de la recarga del acuífero libre desde el lecho del río San Juan, aguas abajo del Partidor San Emiliano, que garantice un proceso de recarga del acuífero para darle sostenibilidad a la explotación del mismo. Esto permitirá, el uso conjunto del agua superficial y subterránea en forma coordinada, para enfrentar los cambios hidrológicos del río y garantizar un valor de suministro conjunto (superficial y subterránea) que asegure la demanda de la zona bajo riego. a continuación, se muestra un esquema explicativo de lo explicado anteriormente:

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

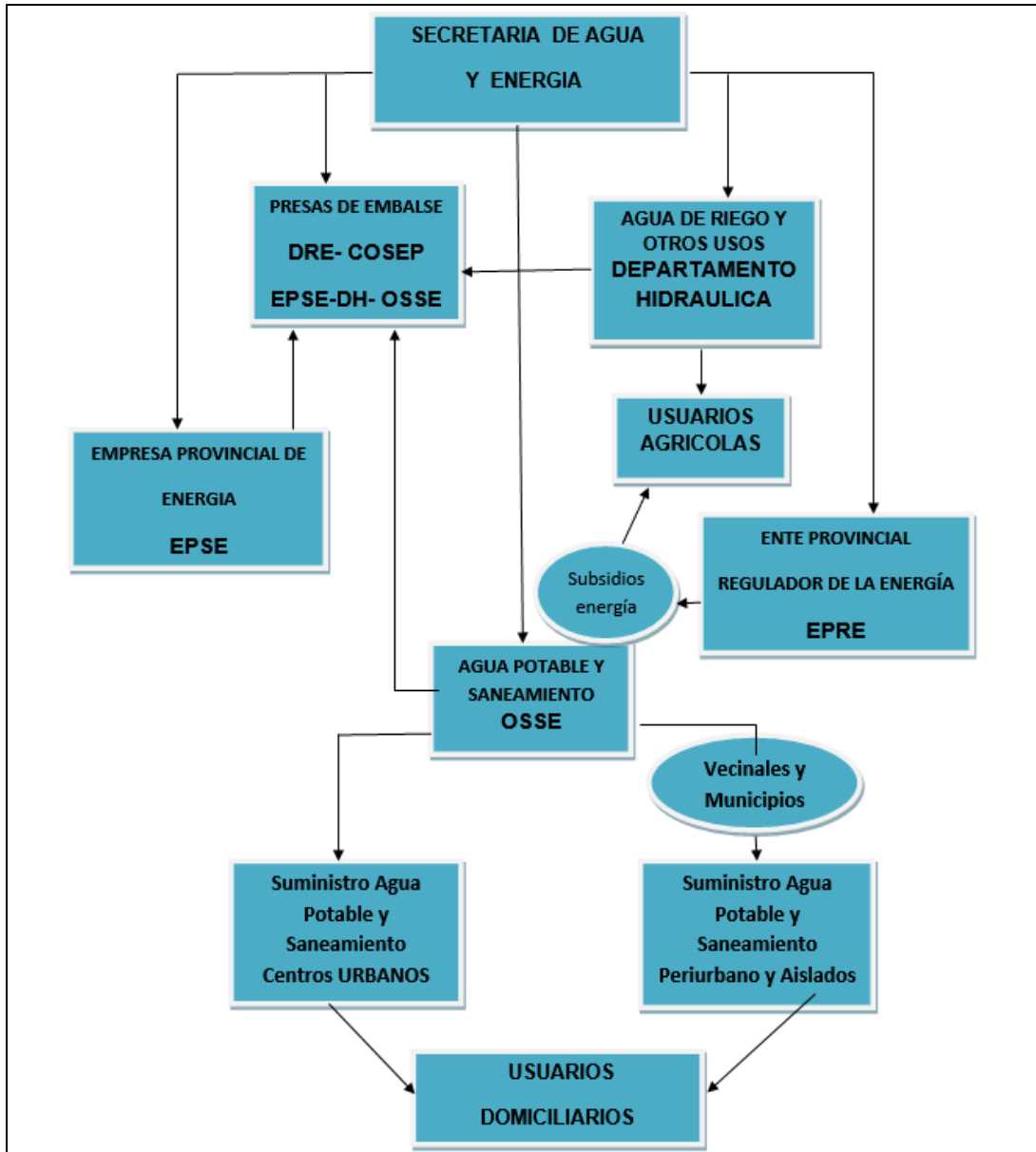


Figura 10-1: Esquema gestión de Agua

11. Costo Del Agua

GENERAL

Este capítulo tiene como objetivo presentar lo siguiente:

- Sistema de cobro existente para los consumidores agrícolas
- Los ingresos totales de las cargas agrícolas.
- Cálculo del coste real del agua (operación y mantenimiento)

SISTEMA DE COBRO EXISTENTE PARA LOS CONSUMIDORES AGRÍCOLAS

En el caso de agua de riego, existen tres obligaciones tributarias: derecho especial de concesión, canon y tasa retributiva de servicios.

El derecho especial de concesión se encuentra regulado en el art. 257, el cual establece que, en el momento de ser otorgada la concesión se deberá abonar el mismo. El cual es determinado en forma anual por el DH, conforme los siguientes criterios: El derecho especial de concesión será, por lo menos, igual al setenta y cinco por ciento de la diferencia de valor venal entre el que corresponda a la hectárea de tierra cultivable, libre de toda mejora y sin derecho de agua, por una parte y el que corresponda a una hectárea igual, pero provista de dotación hídrica por concesión legal. Las concesiones otorgadas para aprovechamientos no consuntivos, como los hidro energéticos, podrán ser liberados de este gravamen. A fin de establecer los valores venales corrientes a que se refiere este artículo, se requerirán informes previos al Banco de San Juan, Banco de la Nación Argentina y al colegio o asociación de martilleros.

El canon es una especie de renta dominial que se paga por la mantención de la concesión, el CAg establece que se fijará en proporción a la magnitud de la respectiva concesión y será uniforme dentro de cada cuenca. Conforme establece la ley, la reglamentación debía establecer los criterios técnicos para fijar el mismo, no obstante, el CAg no cuenta con Decreto reglamentario ni existe otra norma que establezca el alcance de esos términos, por lo que queda a criterio del Consejo del DH.

La tasa retributiva de servicios, conforme lo establece el art. 262 del CAg, debería pagarse en función de los trabajos de carácter general o particular que la administración realice para la mejor utilización de los recursos hídricos, en concepto de conservación de obras, limpieza y monda de

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

canales, mantenimiento de baterías de pozos, etc. Sin embargo, en la práctica habitual de las Juntas departamentales que son quienes por ley 13-A tienen la competencia para elevar al Consejo el proyecto de presupuesto, la suma comprende menor cantidad de rubros que los indicados en la ley. Es importante resaltar que, conforme lo establece el art. 263, la tasa retributiva debería calcularse teniendo en cuenta la recaudación probable, sin embargo, en la práctica se calcula sobre la totalidad de los usuarios, siendo que la recaudación de los últimos años es menor al 30%.

Canon usuarios DH

La suma de \$ 200,00 (pesos doscientos con 00/100) por hectárea empadronada o por litro por segundo, según corresponda, para toda la Provincia. Excepto las concesiones de uso hidroenergético y los valores que contempla para Permisos Temporarios por extracciones mensuales de agua en todo el ámbito de la Provincia, de pesos doscientos (\$200) por cada metro cúbico (m³) de agua a extraer.

Tasa retributiva de servicio usuarios DH

	2023	2022	
Departamento	Calculado	Calculado	Diferencia %
ZONDA	\$ 11.426,52	\$ 4.798,76	138
RIVADAVIA	\$ 6.836,28	\$ 3.691,33	85
CHIMBAS	\$ 8.406,66	\$ 4.492,57	87
SANTA LUCÍA	\$ 9.500,43	\$ 4500,00	111
9 DE JULIO	\$ 6.362,75	\$ 2.993,71	113
RAWSON	\$ 9.244,12	\$ 4.808,55	92
POCITO	\$ 4.732,42	\$ 4.167,56	14
SARMIENTO	\$ 6.157,28	\$ 2.512,21	145
ULLUM	\$ 8.394,94	\$ 3.414,38	146
ALBARDÓN	\$ 9.396,97	\$ 4.641,13	102
ANGACO	\$ 6.615,71	\$ 3.309,53	100
SAN MARTÍN	\$ 4.397,07	\$ 2.324,61	88
CAUCETE	\$ 4.512,56	\$ 2.390,33	89
25 DE MAYO	\$ 5.094,81	\$ 2.072,71	146
JÁCHAL	\$ 3.400,85	\$ 1.781,20	91
IGLESIA	\$ 4.357,97	\$ 2.406,14	81
CALINGASTA	\$ 6.355,80	\$ 2.367,18	168
VALLE FÉRTIL	\$ 2.349,60	\$ 937,77	141

Tabla 11-1: Tasa retributiva de servicio usuarios DH

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CÁLCULO DEL COSTO REAL DEL AGUA (OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO) 2021-2022

Según los datos recibidos de DH (archivo Excel F 11 F 13 Y F 12 AÑO 2022 – Anexo 6)

Y según el Costo Energético de pozos DH (archivo Excel suministros perforaciones oficiales – Anexo 7)

los costos de O&M de las presas fueron recibidos de Departamento Recursos Energéticos (DRE) (archivo Excel COSTOS PRESAS 3 – Anexo 8).

El costo real del suministro de agua basado en los costos de operación, mantenimiento y energía, la siguiente tabla presenta los componentes y el costo:

COSTO Total	AGUA (M3)	COSTO	LO QUE SE PAGA (2021-22)
2,583.9	708.0	7.2	0.6

Tabla 11-2: Costo real del agua

12. Resumen y Conclusiones

OFERTA Y DEMANDA

DEMANDA

Evaluar la demanda de agua fue una tarea complicada, ante la ausencia de mediciones para cada usuario, de todas maneras, la demanda se estimó de acuerdo con lo siguiente:

- Demanda de agua potable – al no existir mediciones en cada punto de entrega, se obtuvo a través del consumo per cápita brindado por la distribuidora OSSE, valor que responde meramente al cociente entre el volumen anual producido y los habitantes de la provincia, resultando en un valor con mucha mejora por delante, ya que éste incluye uso industrial y otros usos en proporciones desconocidas por la distribuidora del servicio, no siendo por tanto estrictamente representativa del consumo per cápita o consumo humano.
- Demanda agrícola - según el número de hectáreas que se asumen están cultivadas en la provincia y el consumo de cada uno de los cultivos (INTA).
- Industria y minería - según las concesiones otorgadas por Hidráulica.

OFERTA

La oferta se determinó de acuerdo con lo siguiente:

- La extracción de agua superficial de las represas: son datos medidos y se consideran robustos.
- Pozos oficiales de Hidráulica: volumen anual estimado a partir de caudales brindados por DH para 14 pozos de un total, a confirmar, de 151 perforaciones, de estas 105 están funcionando y otras 46 quedaron pendientes de contabilización, para este informe se contemplaron 151 perforaciones a un caudal de 340m³/h, sujeto a revisión a futuro a medida que se reciban nuevos datos.
- Pozos privados: no se conoce el número exacto de los pozos y tampoco hay mediciones de caudal, su caudal erogado se obtuvo a partir de las diferentes demandas pasibles a cubrir,

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

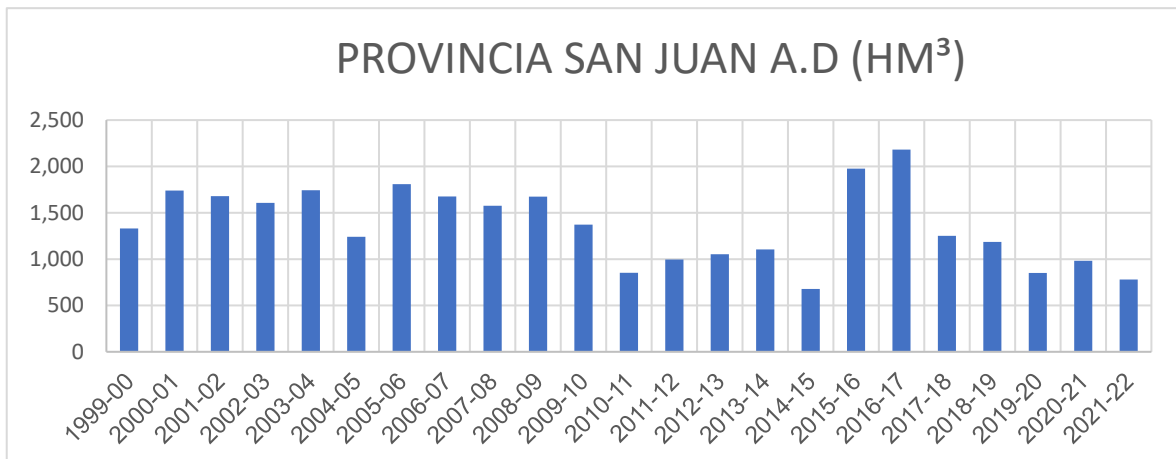
en parte brindadas y en parte acordadas con SAE y DH ante la escasez de relevamientos actualizados.

CONCLUSIONES

- Se recomienda instalar medidores de agua para poder controlar la demanda real y para ayudar a identificar tanto las pérdidas de agua dentro de la red de distribución como discernir los usos fuera de consumo humano.
- La pérdida de agua en el sistema de canales es de aproximadamente el 34%, este volumen perdido se reemplaza con agua subterránea que es mucho más costosa de producir.
- La producción de agua subterránea en toda la provincia es de 516 Hm³.

AGUA SUPERFICIAL DISPONIBLE

La Disponibilidad de Agua Superficial resultante de 4 embalses principales, 3 en la cuenca del río San Juan y 1 en el río Jachal, el promedio de agua disponible de los últimos 20 años es de 1,362 Hm³, pero en disminución en los últimos 5 años. El último valor calculado es de 780 Hm³ en el año hidrológico 2021-22.



Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

	Cuesta del Viento	Iglesia	Valle Fértil	Río San Juan	TOTAL
Promedio	225,4	30	7	1.256,8	1.362,4
Mediana	199,0	30	7	1.292,9	1.329,9
Desviación estándar	81,8			415,3	413,7
Capacidad de almacenamiento	192,0			1.358,0	

Table 12-1: Agua Disponible Anual en la Provincia de San Juan: promedio, mediana y desviación estándar (HM³)

La mediana y el promedio son muy similares. Eso es posible ya que la influencia de un año hidrológico al siguiente es muy pequeña. Cada año es independiente del resto.

El AD promedio en Cuesta del Viento (225,4 Hm³), es sólo un 17% mayor que la capacidad de almacenamiento del dique (192 Hm³). En la cuenca del río San Juan, el AD promedio (1.256,8 Hm³), es un 8% menor que la capacidad de almacenamiento del dique (1.358 Hm³). Al ser el AD y el volumen de almacenamiento similares, la operación interanual se encuentra muy condicionada, siendo la capacidad de regulación del sistema, altamente limitada.

AGUA SUBTERRÁNEA DISPONIBLE

Los datos recibidos sobre aguas subterráneas no fueron suficientes para determinar el volumen extraído:

1. Se desconoce el número total de pozos.
2. Los datos del nivel del agua subterránea se midieron durante diferentes estaciones del año.
3. Los datos del nivel de agua subterránea medidos en 2021 provienen de pozos diferentes a los medidos en 2022.
4. No hay datos disponibles sobre el nivel de las aguas subterráneas de años anteriores.

La evaluación del volumen de agua subterránea extraída se calculó de acuerdo con la demanda agrícola estimada de acuerdo con los cultivos existentes.

La infiltración total se estima en 73 Hm³ por año, y el volumen total extraído estimado es de 516 Hm³ por año, cifras que claramente describen una gestión no sostenible del acuífero.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua para uso humano y agrícola en la provincia es muy diferente dependiendo de la fuente de agua. El río San Juan satisface una calidad buena para todos los usos mientras que las calidades del río Jachal, la segunda cuenca de importancia en la provincia es problemática tanto para uso humano (altos contenidos de arsénico y boro) como para la irrigación de cultivos (alta salinidad al lado de un alto contenido de boro).

Parte de la población en la cuenca de Jachal puede recibir una calidad limitada con relación a los reglamentos, especialmente en lo que se refiere a arsénico y boro.

Una parte importante de las plantas de tratamiento se basa en sistemas extensivos que generan efluentes de mediocre calidad, tanto en los parámetros orgánicos de DBO, DQO, como en la remoción de nutrientes, nitrógeno y fósforo. En estos últimos parámetros, tanto como en la concentración de coliformes, la mayoría de las plantas no se encuentran operando de acuerdo con las exigencias de parámetros de vuelco a drenes y desagüe (columna del medio en la reglamentación de vuelco).

Según la información recibida, la mayoría de las plantas mecánicas de tratamiento no funcionan (especialmente la segunda planta de envergadura en la provincia, Bajo Segura) y afluentes de cloacas crudos llegan a diferentes cauces de agua con sus posibles consecuencias ambientales.

COSTO DEL AGUA

El costo del agua se compone de 2 componentes, el primero son las inversiones que se realizaron en el sistema de abastecimiento en su construcción ya lo largo de los años, estas inversiones se distribuyen a lo largo de la vida útil existente de cada instalación.

El componente secundario es la operación y el mantenimiento, se incluyen los salarios del personal, los costos de consumo de energía, los trabajos de mantenimiento, etc.

Como no tenemos el costo de las inversiones a lo largo de los años, pero sí tenemos el costo de operación y mantenimiento de los últimos años, podemos calcular el costo del agua para esta parte.

La siguiente tabla presenta el cálculo del costo del agua ($\$/m^3$) para el agua suministrada por DH (agua superficial y agua subterránea de los pozos de DH).

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

COSTO DEL M ³ - PROVINCIA SAN JUAN					
COSTOS HIDRAULICA	DIQUES* (O&M)	ENERGIA	COSTO TOTAL	AGUA ABASTECIDA	COSTO del m ³
(millones \$)				(Hm ³)	(\$/m ³)
2,002.97	338.68	242.26	2,583.91	708.05	3.65

Tabla 12-2: Costo del m³

Para calcular el precio que paga la agricultura según el método de cobro DH, calculamos el ingreso total de acuerdo con la siguiente tabla que indica 2 componentes:

- El costo por hectárea.
- 200 pesos adicionales por hectárea.

	2023	2022	
Departamento	Calculado	Calculado	Diferencia %
ZONDA	\$ 11.426,52	\$ 4.798,76	138
RIVADAVIA	\$ 6.836,28	\$ 3.691,33	85
CHIMBAS	\$ 8.406,66	\$ 4.492,57	87
SANTA LUCÍA	\$ 9.500,43	\$ 4500,00	111
9 DE JULIO	\$ 6.362,75	\$ 2.993,71	113
RAWSON	\$ 9.244,12	\$ 4.808,55	92
POCITO	\$ 4.732,42	\$ 4.167,56	14
SARMIENTO	\$ 6.157,28	\$ 2.512,21	145
ULLUM	\$ 8.394,94	\$ 3.414,38	146
ALBARDÓN	\$ 9.396,97	\$ 4.641,13	102
ANGACO	\$ 6.615,71	\$ 3.309,53	100
SAN MARTÍN	\$ 4.397,07	\$ 2.324,61	88
CAUCETE	\$ 4.512,56	\$ 2.390,33	89
25 DE MAYO	\$ 5.094,81	\$ 2.072,71	146
JÁCHAL	\$ 3.400,85	\$ 1.781,20	91
IGLESIA	\$ 4.357,97	\$ 2.406,14	81
CALINGASTA	\$ 6.355,80	\$ 2.367,18	168
VALLE FÉRTIL	\$ 2.349,60	\$ 937,77	141

Tabla 12-3: Tasa retributiva de servicio usuarios DH

Calculando según 2022, recibimos el precio por m³ de 0.73 \$, en comparación con el costo real, este valor es 5 veces menor. No hay que olvidar que los costos de inversión, tanto pasados como presentes no están considerados aquí.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

CONCLUSIONES ADICIONALES

El abastecimiento para la agricultura está regulado por el Código de Agua (CAg) de la Provincia, en donde se define la dotación máxima que debe ser entregada (1.3 litro/seg/ha.) si hay disponibilidad. Esta dotación es equivalente a una lámina de 2.7 metros en el caso de que abastezca durante 8 meses. El CAg contempla la adaptación de esta dotación cuando no es posible abastecer esa cantidad, pero la escasez no era el concepto habitual al momento de la sanción de la normativa vigente y se encuentra regulado como una excepción en dichas normas. Es por eso, por lo que la demanda y la oferta son prácticamente iguales cada año.

Por lo tanto, resulta recomendable analizar posibles modificaciones a las leyes en materia hídrica, que permitan conciliar los distintos derechos en pugna, minimizando el posible conflicto jurídico y permitiendo utilizar el agua en el marco de paradigmas legales y tecnológicos actuales, para potenciar el desarrollo socioeconómico de la provincia.

13. Bibliografía

Hidrología superficial del río San Juan

1. ABELLÁN ARDEBOL, Jesús, (2015) “**Mejora del Sistema de Riego del Canal Benavidez – 9 de Julio**” EMPRESA O INSTITUCIÓN: Hydrotec S.A. TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: Ing. Juan Pablo Sánchez Abril – Junio AÑO: 2015. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería Practica profesional supervisada.
2. **CODIGO DE AGUAS PARA LA PROVINCIA DE SAN JUAN LEY 190-L SAN JUAN**, 19 de Noviembre de 2014 Boletín Oficial, 16 de Marzo de 2015 Vigente, de alcance general Id SAIJ: LPJ1200190
3. Departamento De Hidraulica De La Provincia De San Juan - (2016) **Mejora Del Sistema De Riego Del Canal Benavidez–Gral. 9 De Julio. Departamentos De Rivadavia, Chimbab, Santa Lucía Y 9 De Julio. Documento De Factibilidad Anexo 4: “Evaluación De Impacto Ambiental Y Social Provincia De San Juan - Ministerio De Produccion Y Desarrollo Economico Ee Prosap San Juan - Departamento De Hidraulica (Eias)”**. Junio 2016
4. Departamento de Hidraulica de la Provincia de San Juan - (2021) “**Mejora De La Red Secundaria De Riego**” **Del Área Proyecto Desarrollo Agrícola Y Gestion Del Area Bajo Riego: Canal Del Norte- 25 De Mayo Provincia De San Juan Anexo 4: Estudio De Impacto Ambiental Y Social – Eias Provincia De San Juan - MINISTERIO DE PRODUCCION Y DESARROLLO ECONOMICO EE PROSAP SAN JUAN - DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA**, MAYO DE 2011
5. Departamento de Hidraulica de la Provincia de San Juan (2010) “**Desarrollo De Areas Bajo Riego De La Margen Sur Del Río San Juan Canal Céspedes – Sarmiento**” **Anexo 3: Informe De Impacto Ambiental-Programa De Servicios Agrícolas Provinciales (Prosap), Provincia De San Juan, Ministerio De Produccion Y Desarrollo Economico, Epda San Juan, Departamento De Hidraulica**. Febrero 2010 .
6. Departamento de Hidraulica de la Provincia de San Juan (2017), **AREAS DE RIEGO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN-**
7. D'odorico Patricio et al, diciembre 2009, **El represamiento y aluvión del río Santa Cruz, Andes Principales (31°40'S), provincia de San Juan** Revista de la Asociación Geológica Argentina 65(4):713-724 <https://docplayer.es/69441036-El-represamiento-y-aluvion-del-rio-santa-cruz-andes-principales-31-40-s-provincia-de-san-juan.html>
8. Dölling O.R: y Varas C. E. (2005) “DECISION SUPPORT MODEL FOR OPERATION OF MULTI-PURPOSE WATER RESOURCES SYSTEMS” Oscar R. Dölling Y Eduardo A. Varas, Journal of Hydraulic Research Vol. 0, No. 0 (2004), pp. 1–10, © 2004 International Association of Hydraulic Engineering and Research. 2629 HD Delft The Netherlands.
9. Dölling O.R: y Varas C. E. (2000) “OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RECURSOS DE AGUA MULTIPROPÓSITO USANDO UN MODELO DE SIMULACIÓN DE PROCESOS”, Trabajo publicado por la revista Ingeniería Hidráulica en México, incluida en el Índice de Revistas
10. Dölling Oscar R. y Varas Castellón Eduardo, 2000, **Evaluación De Estrategias De Gestión Integrada De Sistemas Hídricos Multipropósito**, XIX CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA CORDOBA 2000.

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

11. Dölling Oscar R. y Varas Castellón Eduardo, 2000, **Evaluación De Estrategias De Gestión Integrada De Sistemas Hídricos Multipropósito**, XIX CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA CORDOBA 2000.
12. Dölling Oscar, Oviedo Patricia, Camargo Sergio, 2007, **Sistema Neuro-Bayesiano De Operación De Embalses**, XXI° Congreso Nacional del Agua 2007. Tucumán, 15 al 19 de Mayo de 2007, Dpto. de Ingeniería Civil, Fac.de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Urquiza 91 Norte 5400 San Juan, Argentina. Tel: 421700-int. 381 e mail odolling@unsj.edu.ar
13. Dölling Oscar, Oviedo Patricia, Camargo Sergio, 2007, **Sistema Neuro-Bayesiano De Operación De Embalses**, XXI° Congreso Nacional del Agua 2007. Tucumán, 15 al 19 de Mayo de 2007, Dpto. de Ingeniería Civil, Fac.de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. Urquiza 91 Norte 5400 San Juan, Argentina. Tel: 421700-int. 381 e mail odolling@unsj.edu.ar
14. Dölling, O.R., Daroni, Sergio et all (2008 al 2010) **Inventario De Presas Y Centrales Hidroeléctricas De La República Argentina**. ISBN 978-987-23585-8-7 título CDD 333.91 (15-10-2010) Fuente financiera: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Ministerio de planificación Federal Inversión Pública y servicios. Gobierno de la Nación Argentina. Coordinador trabajo relevamiento y Editor en Jefe: Dr. Ing. Oscar Dölling. Fecha: marzo 2008 a Octubre de 2013. TOMOS I-II-III-IV.
15. Dölling, Oscar Raúl, et all, 2017 (PGICH Director Programa–UNSJ), TITULO: **Inventario de Aguas Subterráneas de los Valles de Tulúm - Ullúm y Zonda en la cuenca baja del río San Juan**. INFORME DE ACADÉMICO FINAL Proyectos de Desarrollo Tecnológico o Social (PDTs) Convocatoria 2015 (Res. N° 077/15-CS)- Período 2016-2017 Código SIGEVA del Proyecto: (80020150600125SJ) Código UNSJ Proyecto: (I1165)
16. DÖLLING, OSCAR RAUL. 2001, **Sistemas De Apoyo A La Gestión Integral De Cuencas Hidrográficas** -Tesis presentada a la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al grado académico de Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Financiado por Universidad Nacional de San Juan con fondos del Programa FOMEC – proyecto: 261/95-06. Santiago de Chile, Enero, 2001 ISBN 92-9089-072-X
17. DÖLLING, OSCAR RAUL. 2001, **Sistemas De Apoyo A La Gestión Integral De Cuencas Hidrográficas** -Tesis presentada a la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para optar al grado académico de Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Financiado por Universidad Nacional de San Juan con fondos del Programa FOMEC – proyecto: 261/95-06. Santiago de Chile, Enero, 2001 ISBN 92-9089-072-X
18. Dölling,O.R. et all (2021) **Manual de Usuario SARH - SAN JUAN – PROGRAMA “GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS, INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL”** U.N.S.J. Acta complementaria entre Gobierno de la provincia de San Juan y la Universidad Nacional de San Juan. Decisiones de Gestión del

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

- Recurso Hídrico” “SARH-San Juan” aprobado por Decreto Provincial N° 0775-MIySP-2019, Expediente N 518-000005-2019
19. Giménez, Ricardo (2010) presentación: **DISTRIBUCIÓN DE AGUA** (Inspector General de Riego DEPARTAMENTO DE IRRIGACIÓN- Departamento De Hidraulica De La Provincia De San Juan
 20. Gonzalez-Aubone, Fernando et al, 2012, “**Marco histórico del riego en San Juan, Argentina**” Informe editado por INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales).
 21. <https://www.diariodecuyo.com.ar/sanjuan/A-15-anos-del-desastre-natural-que-provoco-el-colapso-de-una-laguna-en-Cordillera-y-arraso-con-todo-aguas-abajo-20201118-0055.html>
 22. https://www.researchgate.net/publication/299037008_Ddecision_support_system_for_the_operation_of_multi-purpose_water_resource_systems_SARH-2000?enrichId=rgreq-9fd91ac2103f91a032e9028188b01e84-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI5OTAzNzAwODtBUzo2ODk5MzU3OTExNzM2MzRAMTU0MTUwNDkxOTI1OQ%3D%3D&el=1_x_3&esc=publicationCoverPdf
 23. **Informe de la subcuenca del río de los Patos Cuenca del río San Juan Provincia de San Juan** Inventario Nacional de Glaciares, CONICET, IANIGLIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE PRESIDENCIA DE LA NACIÓN Autoridad Nacional de Aplicación – Ley 26.639 – Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial-
 24. Mora, Marcela Amalia Y Maria Natalia Salinas (2017) “**El Aprovechamiento Del Recurso Hidrico En La Provincia De San Juan. Una Propuesta De Interaccion Educativa.**” Escuela Fray Luis Beltran, Escuela Normal Superior Sarmiento Areas Curriculares: Geografía – Ciencias Sociales, Concurso “EL AGUA UN BIEN SOCIAL” Año 2017
 25. Norte, Federico Augusto, 1988, **Características del viento zonda en la región de Cuyo** Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas de la Universidad de Buenos Aires.
 26. PLAM SJ, 2013, **Plan de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Juan** financiado por CAF (Banco de Desarrollo de América Latina) Programa de Fortalecimiento Institucional de la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública. Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano de la Provincia de San Juan
 27. **Plan Estratégico Sarmiento 2030, Diagnóstico Departamental** (2022) Gobierno de la Provincia, Consejo de Planificación Estratégica de San Juan (CoPESJ) y la Unión Iberoamericana de Municipalistas (UIM) funcionarios, miembros del Concejo Deliberante.
 28. Poblete Arnobio G., 2016, **Agroclimatología De Los Valles De Tulúm Y Ullúm-Zonda De La Provincia De San Juan** Revista de Geografía • Número 20 • Año 2016 • Vol. XX • ISSN 1514-1942 • San Juan – Argentina - Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ
 29. PROSAP- (2013) “**Regar, Desafío Del Desierto Historia Y Legislación Actual Del Agua De Riego En San Juan Gobierno De La Provincia de San Juan**” en El Marco Del Programa De Servicios Agrícolas Provinciales (Prosap) – Ministerio De Producción Y Desarrollo Económico A Través De La Unidad Ejecutora Provincial De Proyectos Agropecuarios (Uecppa). Forma Parte De Las Acciones Del Componente

Informe 1 - Análisis de la Situación Actual de los Recursos Hídricos

Fortalecimiento Institucional Del Departamento De Hidráulica (Dh) Del Proyecto “Desarrollo De Las Áreas Bajo Riego De La Margen Sur Del Río San Juan Canal Céspedes – Sarmiento”, octubre de 2013

30. SMN- Servicio de Monitoreo Diario y Mensual - <https://www.smn.gob.ar/clima/vigilancia>
- Tel: (+54 011) 5167-6767 - smn@smn.gob.ar - www.smn.gob.ar

Marco Jurídico Nacional y Provincial

- ALEXY, Robert. (2017). *Teoría de los Derechos Fundamentales*. Buenos Aires, Argentina: Centro de estudios constitucionales.
- FILIPPINI, Leonardo. (2016). *Las relaciones entre el Derecho Interno y el Derecho Internacional*. En Gargarella, R y Guidi, S. (Coord.) *Comentarios de la Constitución de la Nación Argentina* (pp. 193-205). Buenos Aires, Argentina: Ed. La Ley.
- GORDILLO, Agustín. (2013). *Tratado de Derecho Administrativo*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Fundación de Derecho Administrativo.
- LARSIMONT, Robín y GROSSO, Virginia. (2014). *Aproximación a los nuevos conceptos híbridos para abordar las problemáticas hídricas*. En Revista del Departamento de Geografía. FFyH – UNC – Argentina. Año 2. Número 2.
- MARTÍN, Liber. (2010). *Derecho de Aguas: Estudio sobre el uso y dominio de las aguas públicas*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Abeledo Perrot.
- MIRANDA, Omar. (2015). *El riego en la provincia de San Juan, Argentina: su dinámica institucional en los últimos dos siglos*. En AGRICULTURA, SOCIEDAD Y DESARROLLO. Volumen 12. Número 3.
- PINTO, Mauricio y MARTÍN, Liber. (2014). *Origen, evolución y estado actual del derecho al agua en América Latina*. Revista Bioderecho.es. Vol. 1, núm. 1.
- SÁENZ, Juan. (2016). *La Propiedad*. En Gargarella, Roberto y Guidi Sebastián, ed. *Comentarios de la Constitución de la Nación Argentina-Tomo II* (pp. 341-361). Buenos Aires, Argentina. Ed. Thomson Reuters LA LEY
- SANNA BAROLI, Federico (2022). Los desafíos del Derecho Humano al agua en los Estados federales: el caso argentino. En Derecho y Ciencias Sociales. Mayo – Octubre 2022. N° 27. e105. ISSN 1852-2971. Instituto de Cultura Jurídica y Maestría en Sociología Jurídica. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad Nacional de La Plata.
- SANNA BAROLI, Federico (2022). *El Agua en conflicto. Discusiones sobre el Derecho Humano al Agua, la Propiedad y el Ambiente*. Mendoza, Argentina: EDIUNC.