



PRESIDENCIA DE LA NACION

SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE

INA

**MAPA HIDROGEOLÓGICO  
DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN**

República Argentina

Escala: 1:500.000

**SÍNTESIS INFORMATIVA Y BIBLIOGRÁFICA**

DOCUMENTO INTERNO DI-307 - SAN JUAN, NOVIEMBRE DE 1998



Instituto Nacional del Agua y el Ambiente  
Sede San Juan - República Argentina

## **RESUMEN**

El mapa hidrogeológico se elaboró tomando como base el mapa geológico de la provincia de San Juan elaborado por la Dirección del Servicio Geológico de la Secretaría de Minería, a escala 1:500.000. En este mapa se han agrupado las unidades geológicas en acuíferas y no acuíferas, teniendo en cuenta su capacidad para infiltrar, conducir y almacenar agua. En el mismo se han delimitado también las cuencas de agua subterránea de la provincia.

La información hidrogeológica, hidrológica e hidroquímica recopilada para cada una de las cuencas se analizó y seleccionó para ser volcada al mapa. Para ello se realizaron diagramas circulares representativos de las características químicas del agua subterránea de pozos representativos de las diversas cuencas. Los diagramas incluyen además, datos de profundidad, nivel de explotación y caudal de los pozos.

Las características químicas (conductividad, contenido de boro, tipo y clase de agua) y el caudal de ríos y arroyos se ha representado en el mapa mediante diagramas rectangulares; se ha volcado, donde fue posible y a nivel de cuenca, las curvas de isoconductividad, las curvas de igual profundidad, las zonas de descarga o surgencia y la dirección del movimiento del agua subterránea.

También se efectuó, para algunas cuencas subterránea, cortes hidrogeológicos de subsuelo obtenidos mediante información geofísica y de perforaciones. En ellos se indica la distribución granométrica de los sedimentos que rellenan las cuencas, los espesores de las unidades acuíferas, la geometría de la base hidrogeológica, y el nivel de agua subterránea.

Finalmente, se incluye un cuadro de consideraciones generales del agua para diversos usos basado únicamente en la medida de la conductividad eléctrica del agua, dato que también se refleja en los diagramas hidroquímicos circulares y rectangulares.

### **1. INTRODUCCION**

En el mundo de hoy y en mucha mayor medida en el de mañana, los problemas de agua ocuparán un lugar relevante. El crecimiento demográfico y el desarrollo socio-económico de los pueblos generan nuevas y mayores demandas de agua para uso humano, industrial, agrícola-ganadero, etc. Resolver o contribuir a la solución de los problemas de agua en el país y en el mundo sólo será posible a través de la investigación y aplicación de tecnologías adecuadas, con miras a un mejor conocimiento, uso y preservación del recurso.

El mapa hidrogeológico de la provincia de San Juan significa en este sentido, una contribución, a modo de síntesis, esencialmente gráfica del conocimiento de los recursos hídricos, especialmente subterráneos. Esta labor investigativa adquiere mayor relevancia si se

tiene en cuenta la ubicación geográfica y las condiciones climáticas áridas de la provincia. Este trabajo intenta reflejar las condiciones hidrogeológicas del territorio provincial que sirva de base a venideras actualizaciones, conforme a las investigaciones que se efectúen en el futuro. Está destinado a organismos oficiales, productores, inversores privados, instituciones educativas, etc.

## **2. CLIMA**

En la provincia de San Juan los sistemas montañosos tienen una importante influencia sobre el clima debido a que actúan como una barrera que condiciona el paso de los vientos húmedos provenientes de del océano Pacífico y del océano Atlántico; razón por la cual en la mayor parte de San Juan las precipitaciones son tan escasas que conducen a incluirla, con algunas variaciones asociadas con la diferencia de altura y posición latitudinal, como una de las regiones más secas del territorio argentino.

La parte central de la provincia presenta un clima desértico, en el cual esta inmersa la ciudad de San Juan, capital de la provincia, y sus alrededores. En esta región, se alcanza durante 8 meses el índice más bajo de precipitación, aproximadamente el 90% de la altura de agua precipitada en el año cae en el cuatrimestre diciembre-marzo y el 10% en los meses restantes (la precipitación media anual para los 100 años del período 1890-1989 fue de sólo 92 mm). Las lluvias son torrenciales durante el verano, caracterizándose por su corta duración, gran intensidad y reducida área de cobertura, eventualmente suelen acontecer granizadas en verano y heladas de invierno.

En San Juan la temperatura media anual es de 17,5 °C (período 1901-1980) con una máxima absoluta de 46,9 °C (diciembre) y una mínima absoluta de -9,0 °C (julio); la temperatura media anual de enero es de 26 °C y la de julio 8,5 °C. La posición latitudinal de San Juan hace que esté relativamente libre de heladas tardías, ello debido a que las temperaturas son más elevadas en todas las estaciones del año, y el verano térmico es más largo y el invierno más corto.

La coincidencia de las precipitaciones con las más altas temperaturas tiene un efecto negativo en el balance hídrico, situando la provincia como la de mayor déficit de agua en el país. Por su índice de aridez (1.2), San Juan se ubica entre los lugares más áridos del mundo.

En San Juan los veranos son cálidos y los inviernos frescos; los vientos dominantes son suaves y provienen del sur, sureste, suroeste. Una mención especial merece el viento denominado Zonda, que proviene del noroeste, es un viento cálido y muy seco, que se origina en el Océano Pacífico y asciende por la influencia de la cordillera de Los Andes perdiendo

calor y humedad hasta alcanzar los  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a unos 5.000 m de altura, originando violentos temporales de nieve, en la zona de alta cordillera. Desciende por el faldeo oriental argentino como viento seco que se calienta a medida que avanza llegando al valle con una temperatura de  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  con ráfagas impetuosas disminuyendo la humedad relativa a valores inferiores al 5%. Sopla todo el año pero más intensamente entre julio y octubre, hace sentir su efecto sobre los seres humanos, produciendo alteraciones psicofísicas; en los vegetales influye adelantando su proceso vegetativo.

Hacia ambos lados de la zona central antes descrita, se pasa a un clima también seco de estepa y se encuentra íntimamente relacionado, por su proximidad y marginalidad, con el desértico; aquí las precipitaciones anuales en promedio son un tanto más elevadas (200 mm anuales) pero no basta para suministrar el agua necesaria para la vegetación la cual se ve obligada a una rigurosa adaptación al medio.

En la franja oeste de la provincia se desarrolla un clima de altura vinculado a altas latitudes y en áreas montañosas elevadas. En estas regiones de inviernos fríos y veranos frescos, las precipitaciones son algo más abundantes, especialmente en el sector suroeste de la provincia que cae en forma de nieve y la mayor cantidad se produce en el invierno. La fusión en verano alimenta a los ríos San Juan y Jáchal, principales cursos de agua permanentes de la provincia.

En general y a modo de síntesis, el clima de la provincia es árido y continental, las precipitaciones son escasas, la vegetación es de tipo monte-desértico y los cultivos se hallan limitados por la disponibilidad de agua para riego; los escurrimientos estivales son de naturaleza aluvional.

### **3. HIDROGRAFÍA**

Los ríos en la provincia pueden ser caracterizados, en general, como de deshielo, es decir que su caudal aumenta notablemente con el derretimiento de las nieves y pequeños glaciares al final de la primavera y en verano. En invierno el caudal es muy escaso y se mantiene por el pequeño deshielo provocado por la fuerte insolación diurna propia de las montañas, y por un cierto aporte de agua subterránea. A excepción de los cursos de la vertiente oriental de las sierras de Valle Fértil y La Huerta, los demás ríos sanjuaninos integran la cuenca del Desaguadero ( $248.000\text{ Km}^2$ ). Los principales ríos de la provincia son el río San Juan y el río Jáchal, que permiten el desarrollo económico y social de los valles intermontanos, en los cuales tradicionalmente se han desarrollado las principales actividades humanas (Figura 1).

EL río San Juan nace en el lugar denominado Las Juntas por la confluencia del

río Castaño y Los Patos. Es el de mayor caudal de toda la cuenca del Desaguadero. Posee una cuenca imbrífera alimentada por nieves y lluvias ocasionales, cuya red de drenaje se desarrolla íntegramente en territorio sanjuanino. Abarca una superficie de alrededor de 26.000 Km<sup>2</sup>, hasta la quebrada de Ullum. El módulo del río San Juan es de 66 m<sup>3</sup>/seg (período 1901-1990) según los registros efectuados en la estación de aforo, denominada Km 47,3, ubicada a unos 30 Km al oeste del embalse de Ullum.

Los principales ríos que conforman la cuenca imbrífera del río San Juan, tienen sus nacientes en alta cordillera y drenan las más altas cumbres entre las que se destacan el cerro Mercedario (6.770 m), el cerro Bonete (5.281 m) y el cerro Aconcagua (6.959 m). El río San Juan atraviesa la precordillera y a la salida de la misma, sus aguas son aprovechadas en el gran oasis de la ciudad de San Juan, donde se concentra el 90% de la actividad económica de la provincia.

La presa de embalse de Ullum, concluída en 1980, con una capacidad de almacenamiento de 440 Hm<sup>3</sup> permite sistematizar los irregulares caudales del río, para paliar la angustiante urgencia que se produce en la provisión de agua en ciertas épocas del año. El río San Juan prosigue hasta entregar sus aguas a las casi extinguidas lagunas de Guanacache, situadas en el límite con la provincia de Mendoza.

La cuenca imbrífera del río Jáchal, drena la región noroeste de la provincia de San Juan y parte de las provincias de La Rioja y Catamarca. El área de esta cuenca computada hasta el paraje Cuesta del Viento, es de alrededor de 23.000 Km<sup>2</sup>. Sus derrames provienen en su mayor parte de la fusión de nieve.

El río Jáchal toma esta denominación en el paraje Cuesta del Viento y se forma por la unión del río Blanco y el arroyo Iglesia. Después de atravesar la precordillera por una angosta quebrada, parte de sus aguas son aprovechadas por medio del dique derivador de Pachimoco en el oasis de Jáchal. Sus magros excedentes escurren aguas abajo hasta perderse en los arenales del valle del río Bermejo y sólo en años ricos, aporta sus aguas a este río. En el dique Pachimoco se realizan aforos sistemáticos del río Jáchal desde 1936, siendo el módulo en ese lugar de 8,9 m<sup>3</sup>/seg.

Cabe señalar también, como parte de la cuenca del Desaguadero, el río Bermejo que nace en la provincia de La Rioja y tiene una cuenca imbrífera de 27.000 Km<sup>2</sup>. Constituye la fuente de vida para la región occidental del territorio riojano, pero es de poca significación para la provincia de San Juan, dado que ingresa al territorio sanjuanino y lo atraviesa de norte a sur por un ancho y árido valle, cuyo cauce está casi siempre seco.

#### **4. CUENCAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**

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, en general elongados en sentido meridiano.

Estas depresiones o cuencas fueron rellenadas por sedimentos de variada granulometría, litología y espesor. Son alimentadas por cursos fluviales permanentes y/o temporarios y constituyen importantes reservorios de agua subterránea cuyos nombres están vinculados, en la mayoría de los casos, con el de poblaciones que se localizan en ellas (Figura 1).

#### **4.1. Cuenca del Valle de Tulum**

El oasis del Valle de Tulum es una depresión intermontana que se localiza en el sector centro sur de la provincia, entre la Sierra de Pie de Palo al este y las sierras Chica de Zonda y de Villicum al oeste. Tiene una superficie estimada de 4.400 Km<sup>2</sup>. La población del valle es de 483.756 habitantes (según censo 1991), en su mayor parte concentrada en la ciudad de San Juan y departamentos aledaños.

La principal actividad económica es de tipo agrícola, con una superficie total cultivada en el valle de unas 65.400 Has. El tipo de cultivo predominante es la vid que constituye la mayor fuente de recursos económicos que posee la provincia de San Juan.

El Valle de Tulum es una depresión de origen tectónico colmada de sedimentos y sedimentitas del Cuaternario y del Terciario respectivamente, que contiene una cuenca de agua subterránea de unos 3.700 Km<sup>2</sup> de extensión.

La base impermeable de la cuenca está integrada básicamente por rocas de edad terciaria que presentan una topografía ondulada vinculada a pliegues y fallas; entre estas últimas se destaca la denominada falla de Tulum, que atraviesa el valle con orientación suroeste-noreste bordeando los cerros Valdivia y Barboza hasta alcanzar la sierra de Pie de Palo.

Los sedimentos cuaternarios que rellenan la cuenca fueron depositados principalmente por el río San Juan, curso responsable de la construcción del cono y la llanura aluvial. Estos sedimentos constituyen el reservorio de agua subterránea de la cuenca del Valle de Tulum y según estudios geofísicos, poseen espesores variables entre unas decenas y unos 600 - 700 m, albergando acuíferos de tipo libre y confinados.

La principal fuente de recarga de los acuíferos es el río San Juan y ocurre aguas abajo del embalse de Ullum en la zona del cono aluvial. Allí, por las características

granulométricas de los materiales de relleno aluvial, se produce la infiltración profunda de las aguas en el lecho del río, en las zonas cultivadas y en canales de riego no impermeabilizados recargando al acuífero de tipo libre. La zona de descarga de los acuíferos está representada por las áreas de freática elevada que circundan parte del cono aluvial, de la cual nacen dos cauces naturales; los arroyos Los Tapones y Agua Negra.

El movimiento general del agua subterránea es aproximadamente radial en el área del abanico aluvial del río San Juan. Aguas abajo, la dirección de flujo predominante es al sureste. 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 la profundidad del agua subterránea, 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 cuya magnitud es variable, dependiendo de la abundancia hídrica del año que se considere.

La superficie freática en el área de surgencia está representada por la curva cerrada de 2 m de profundidad y en años de abundante recarga, se produce la descarga del acuífero libre con formación de zonas anegadas o revenidas.

En el resto del valle la profundidad del agua subterránea está comprendida entre 3 m y 15 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.

En el Valle de Tulum se cuenta con unas 6.000 perforaciones cuyos caudales y profundidad de explotación dependen de la ubicación en la cuenca subterránea y de las características del acuífero; libre, semiconfinado, confinado superior o confinado profundo. En general la profundidad de explotación en la cuenca oscila entre los 30 m y 450 m. En el área de acuífero libre se explota entre los 30 y 120 m con caudales comprendidos entre 100 y 200 m<sup>3</sup>/h. En la zona de confinamiento se explotan niveles acuíferos situados entre 60 m y 300 m de profundidad y las perforaciones particulares extraen caudales de 100 a 200 m<sup>3</sup>/h. 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 m<sup>3</sup>/h.

Las características hidroquímicas del río San Juan, principal fuente de recarga en el Valle de Tulum, al ingresar a la cuenca, aguas abajo del embalse de Ullum, tiene una salinidad de unos 600 microsiemens/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 microsiemens/cm, Clase II y de tipo cálcica-sulfatada-sódica.

Los valores isotópicos del agua del río San Juan, reafirman su origen como de precipitación nival en la zona cordillerana. Estos estudios determinan además que el río San Juan es la principal fuente de recarga de los acuíferos del valle de Tulum. En algunos sectores próximos a los bordes de cuenca (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 conductividad del agua subterránea, en la zona de acuífero libre, varía entre 500 - 1.500 microsiemens/cm. En los acuíferos confinados de la parte central de la cuenca, las salinidades están comprendidas entre 500 - 1.000 microsiemens/cm. En las zonas periféricas se registran los valores más elevados, superando los 2.500 microsiemens/cm, alcanzando un máximo de 5.000 microsiemens/cm en el departamento Caucete.

En la porción sur de la cuenca, el agua de los acuíferos profundos es de tipo sulfatada-sódica algo clorurada y con salinidades del orden de los 1.250 - 2.000 microsiemens/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 microsiemens/cm, que están relacionadas con sedimentos lacustres salinizados.

En el Valle de Tulum, la aptitud del agua subterránea, en la zona de acuífero libre y parte central de la cuenca, es buena para el riego de cualquier tipo de cultivos. En las zonas periféricas desmejora por el elevado contenido salino y la concentración de boro, pasando a regular a mala e incluso a inapropiada para el riego de cultivos sensibles a este elemento, como es el caso de la vid. Ello ocurre en algunos sectores de los departamentos de Albardón, Caucete y 25 de Mayo.

#### **4.2. Cuenca de Ullum-Zonda**

El valle de Ullum-Zonda 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. La población es de 5.078 habitantes, según censo de 1991.

La principal actividad económica de la región es de tipo agrícola, con una superficie total cultivada en el valle de unas 3.600 Has; el tipo de cultivo predominante es la vid.

Este valle es una depresión de unos 125 Km<sup>2</sup> rellena en casi toda su extensión por depósitos aluviales 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.

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. Esta recarga se verifica por infiltración en el lecho del río y en menor medida por infiltración en áreas cultivadas y canales de riego.

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.

El relleno aluvial Cuaternario alberga un excelente acuífero libre que caracteriza a la cuenca. La elevada permeabilidad de estos materiales se refleja en la rápida respuesta de los niveles de agua subterránea ante cualquier variación en las condiciones de recarga - descarga. Sólo en el extremo noreste del valle la presencia en subsuelo de sedimentos pelíticos lacustres favorecería localmente el confinamiento o semiconfinamiento de acuíferos.

La explotación del recurso hídrico subterráneo se concreta mediante pozos particulares y perforaciones oficiales que conforman la batería de Zonda situada en el sector sureste de la cuenca con una capacidad de extracción de 7,5 m<sup>3</sup>/seg. Los pozos de la batería erogarán caudales de hasta 500 m<sup>3</sup>/h con depresiones inferiores al metro.

En cuanto al movimiento del agua subterránea, 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.

Cabe destacar que el embalse de Ullum es una presa de materiales sueltos que puede almacenar 440 Hm<sup>3</sup> cubriendo una superficie de 3.000 Has, para una cota de máximo funcionamiento regulado del embalse de 768 m.s.n.m.

La profundidad del agua subterránea varía entre 60 m en el sector occidental de la cuenca y 5 m o menos en el sector oriental.

Entre diciembre/82 - noviembre/83, la variación de los niveles de agua subterránea mostraron un incremento en el almacenamiento de la cuenca de 20 Hm<sup>3</sup>. La descarga del reservorio fue de 177 Hm<sup>3</sup>. Consecuentemente, la recarga total de la cuenca de agua subterránea para el año 1983, calculada como suma de la descarga y la variación de almacenamiento, fue de 197 Hm<sup>3</sup>.

El río San Juan antes de ingresar a la cuenca de Ullum-Zonda tiene una salinidad de unos 500 microsiemens/cm, es de aptitud buena para riego (Clase II) y tipo bicarbonatada-cálcica-sulfatada.

La salinidad del agua subterránea varía entre un mínimo de 500 microsiemens/cm y un máximo de 2.330 microsiemens/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.

La aptitud del agua subterránea para riego 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.

#### **4.3. Cuenca de Valdivia-Ramblón**

La cuenca de Valdivia-Ramblón se extiende al este de la precordillera oriental (sierra Chica de Zonda y cerro Pedernal) hasta una línea imaginaria que une las localidades de Cañada Honda y Ramblón. La recarga principal está relacionada con los ríos del Agua y de Los Pozos entre otros, que forman a la salida de la zona serrana extensos abanicos aluviales coalescentes, en los cuáles se asientan los principales centros poblados.

Es un área estructuralmente compleja donde se han localizado por medio de estudios geofísicos, la existencia de depresiones rellenas con sedimentos cuaternarios de espesor variable. Los mayores espesores de relleno (100 - 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, mientras que en el área de Los Berros varían entre 30 - 100 m.

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.

Aproximadamente el 50% del total de los pozos existentes se encuentran en la zona de Los Berros, lugar en el cual se localiza aproximadamente el 65% del área cultivada regada con agua subterránea. Asimismo, de los pozos que extraen agua para uso minero, la mayoría se encuentra también en Los Berros. Los caudales y rendimientos específicos varían entre 5 - 110 m<sup>3</sup>/h y 8 - 40 m<sup>3</sup>/h/m respectivamente.

#### **4.4. Cuencas de Pedernal-Acequi6n y Bachongo**

Estas cuencas se sitúan al sur de la provincia de San Juan y se desarrollan en el 6mbito de la precordillera oriental.

Los r6os vinculados a las cuencas tienen alimentaci6n nivo-pluvial y el escurrimiento superficial en algunos casos se compone de un derrame permanente y en otros aluvional o temporario. Existen adem6s numerosas vertientes de bajo caudal pero de importancia local para diversos usos. En general las aguas superficiales y subterráneas son poco mineralizadas y de buena calidad, aptas para todo uso.

El r6o del Agua tiene un m6dulo de 0,376 m<sup>3</sup>/seg (per6odos 1925-29 y 1936-48) seg6n aforos realizados en la estaci6n quebrada del Pedernal, aguas arriba de la localidad de Divisadero. El agua posee una conductividad el6ctrica de unos 500 microsiemens/cm y se aprovecha para riego en la estancia El Durazno (al suroeste de Pedernal), como as6 tambi6n para uso humano en las localidades de Divisadero y Retamito.

Los estudios realizados en la cuenca de Pedernal-Acequi6n muestran que las mejores perspectivas hidrogeol6gicas se presentan a la altura del r6o del Agua en la zona de la estancia El Durazno. All6, de acuerdo a la interpretaci6n de datos geof6sicos existir6a un espesor m6ximo de relleno aluvial de unos 100 m integrado por sedimentos gruesos y permeables de edad cuaternaria.

En la cuenca de Bachongo no se posee informaci6n hidrogeol6gica de

subsuelo, que permita definir las características geométricas y sedimentológicas de la cuenca. No obstante, las condiciones geológicas de superficie, presencia de vertientes, zonas de descarga, etc., le confieren cierto grado de interés para su prospección.

#### **4.5. Cuenca de Calingasta-Barreal**

El valle de Calingasta comprende, un área de sedimentación cuaternaria que puede estimarse en 1.800 Km<sup>2</sup>. Tiene una población, según el censo de 1991, de 7.667 habitantes que se encuentran principalmente en las localidades de Calingasta, cabecera del departamento, Barreal y Tamberías. La actividad económica está vinculada a la agricultura, que se desarrolla principalmente en la llanura aluvial de los ríos Los Patos, Castaño y Calingasta, y comprende unas 4.000 Has. (pasturas, aromáticas, forestales y frutales). Existe también actividad minera vinculada a la explotación de bentonita.

En el valle de Calingasta existe una cuenca de agua subterránea de unos 230 Km<sup>2</sup>, ubicada a lo largo de la llanura aluvial del río Los Patos (módulo de 49,7 m<sup>3</sup>/seg.), y del río Castaño (módulo de 9,7 m<sup>3</sup>/seg.). Recibe la recarga directa de estos ríos y en menor medida de otros cauces permanentes y temporarios que provienen tanto de la cordillera como de la precordillera.

El relleno cuaternario de la cuenca de Calingasta-Barreal está constituido por sedimentos de granometría gruesa (bloque, grava y arena) que alcanza un espesor variable entre 50 - 270 m, de los cuales 40 a más de 150 m corresponden al aluvión saturado. El acuífero es de tipo libre y en general posee buenas condiciones hidráulicas, como lo evidencian algunos pozos de la zona.

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, ubicados en el valle fluvial del río de Los Patos.

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 m<sup>3</sup>/h (Tamberías) y mínimo de 120 m<sup>3</sup>/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 ni en la zona del Barreal del Leoncito.

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 Hm<sup>3</sup>. Para el período considerado, se determinó una recarga anual máxima de 340 Hm<sup>3</sup> (año 1977) y una descarga máxima de -163,3 Hm<sup>3</sup> (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.

Los antecedentes hidroquímicos indican que el agua de los ríos Los Patos y Castaño, con salinidades de 580 y 425 microsiemens/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.

Cabe mencionar que los estudios geofísicos realizados en el valle de Calingasta determinaron además, una extensa depresión, denominada Barreal del Leoncito, en la cual se interpretó un espesor máximo de relleno aluvial de aproximadamente 500 m, en su parte central. Se infiere que el agua se encontraría por debajo de los 200 m de profundidad.

#### **4.6. Cuenca de Iglesia**

El valle de Iglesia es una depresión intermontana alargada en sentido norte-sur y su extensión aproximada es de 1.500 Km<sup>2</sup>. Posee una población de 5.626 habitantes según el censo de 1991 y sus principales localidades son Rodeo, Tudcum, Las Flores e Iglesia. La superficie cultivada es de unas 2.900 Has, predominando el cultivo forestal y de frutales.

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 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 1973-1981 el caudal promedio fue de 690 l/seg, con un derrame anual de 22 Hm<sup>3</sup>.

En el valle de Iglesia se realizaron estudios geofísicos que permitieron delimitar una cuenca de agua subterránea de unos 190 Km<sup>2</sup> de superficie, con espesores de relleno

aluvial saturado variable entre 50 y 100 m. 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).

Los estudios hidrológicos permitieron determinar que de los ingresos a la cuenca, el más importante es la precipitación ( $307,6 \text{ Hm}^3$ ), pero es evapotranspirada por la vegetación natural en casi su totalidad. El ingreso por cursos superficiales, que representa el 14% ( $51,8 \text{ Hm}^3$ ) del total, más el agua que proviene de las vertientes ( $25,9 \text{ Hm}^3$ ) son utilizados para regar la superficie cultivada. El volumen almacenado en la cuenca subterránea se estimó en  $979 \text{ Hm}^3$  con un rendimiento de  $10 \text{ Hm}^3$  por metro de descenso de nivel piezométrico.

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  $195 \text{ m}^3/\text{h}$  y  $55 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$  respectivamente. Información de un ensayo de bombeo indica que el acuífero posee una transmisividad de  $3.700 \text{ m}^2/\text{día}$  y una permeabilidad de  $80 \text{ m}/\text{día}$ .

Los arroyos cordilleranos presentan, al ingresar al valle, un bajo contenido salino, comprendido entre 200 y 530 microsiemens/cm. 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.

Por su trascendencia turística cabe mencionar la presencia en el valle, de aguas de origen termal que surgen de niveles areniscos 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.

#### **4.7. Cuenca de Gualilán**

La cuenca de Gualilán, es una depresión intermontana de unos 300 Km<sup>2</sup> de extensión, de origen tectónico y carácter endorreico, desarrollada entre las sierras de La Invernada y Talacasto. Contiene a una cuenca de agua subterránea estimada en 200 Km<sup>2</sup> de superficie. El ambiente deposicional corresponde a conos aluviales coalescentes, con su zona de bajada y planicie aluvial limo-arcillosa, en su zona centro-sur. La red de drenaje está conformada en su totalidad por cursos de régimen temporario, alimentados por lluvias torrenciales-estivales.

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. El resto del área está conformada por médanos en la región oriental y extensos barreales en su sector centro-sur.

El basamento hidrogeológico de la cuenca de agua subterránea correspondería tanto a terrenos paleozoicos como a sedimentitas terciarias. Se carece de información geofísica que permita interpretar las características estructurales del referido sustrato, su profundidad de localización y espesor de relleno aluvional cuaternario.

La única información de subsuelo que se posee corresponde a perfiles 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. 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.

Los caudales bombeados varían entre 80 y 200 m<sup>3</sup>/h y los niveles estáticos ascendentes alcanzan valores cercanos a los 4 - 5 m de profundidad. El agua extraída es de tipo cálcica-bicarbonatada y sulfatada-sódica y su conductividad eléctrica varía entre 565 y 788 microsiemens/cm.

El agua de la vertiente La Ciénaga tiene una conductividad de 590

microsiemens/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.

La cuenca de Gualilán 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.

#### **4.8. Cuenca de Jáchal-Niquivil**

El valle de Jáchal-Niquivil tiene una extensión aproximada de 560 Km<sup>2</sup>. Posee una población de 12.150 habitantes, según el censo de 1991, de los cuales cerca de 10.000 se concentran en la cabecera de departamento, la ciudad de San José de Jáchal. La principal actividad económica es la agricultura, con una superficie cultivada de unas 3.600 Has.; en menor medida la minería de las rocas calizas para la industria de la cal.

La recarga de la cuenca esta vinculada principalmente con el río Jáchal, segundo río de importancia en la provincia, y tiene una cuenca imbrífera de 23.000 Km<sup>2</sup> 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, siendo él modulo en ese lugar de 8,9 m<sup>3</sup>/seg. El agua del río Jáchal al ingreso a la cuenca posee una salinidad de 1.580 microsiemens/cm, es de Clase III de aptitud buena a regular para riego de cultivos tolerantes al boro.

Los estudios geofísicos permitieron conocer la geometría de la cuenca y detectaron espesores de relleno aluvial del orden de los 500 - 600 m; 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.

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 Km<sup>2</sup>. Estos acuíferos poseen características hidráulicas muy favorables dado que permiten obtener buenos caudales con depresiones relativamente bajas (del orden de 1,5 m). El rendimiento específico promedio para esta zona es de 95 m<sup>3</sup>/h/m.

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 Km<sup>2</sup> y el rendimiento de los pozos es de unos 12 m<sup>3</sup>/h/m. Al sur de Niquivil las condiciones de alumbrar agua son poco favorables debido a la presencia de sedimentos muy salinizados.

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 Fical, 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. También se verifica un ingreso de agua desde el noroeste del valle.

La calidad química del agua subterránea es poco alentadora si se tiene en cuenta que la recarga de la cuenca esta fuertemente influenciada por el río Jáchal, especialmente por el contenido de boro. El tenor de este elemento en el agua subterránea es superior a los 3,5 mg/l, alcanzando en algunos casos hasta 6 mg/l; por lo cual se debe extremar las precauciones en la aplicación de agua para el riego de cultivos, especialmente en aquellas variedades sensibles al boro.

Es necesario señalar, por su importancia, que al norte de Villa Mercedes se han detectado acuíferos con agua menos mineralizada, del orden de los 1.500 microsiemens/cm, vinculados con aportes del borde occidental de la cuenca.

En la cuenca de Jáchal-Niquivil, según el censo del año 1986, existían 75 perforaciones. La profundidad del agua subterránea es del orden de los 80 m al noroeste de la ciudad de Jáchal y alcanza los 10 m, a la latitud del arroyo Agua Negra y en la zona del dique Los Cauquenes.

#### **4.9. Cuenca de Matagusanos**

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. Abarca un área aproximada de unos 600 Km<sup>2</sup>. La mayor parte de esta región se encuentra prácticamente despoblada y sólo cuenta con algunos asentamientos humanos en Tucunuco, estación Ing. Matías Sánchez y en Matagusanos (estancia El Remanso). Salvo en la zona limítrofe con la cuenca de Ullum-Zonda, no existe actividad económica importante en esta región.

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. La recarga está asociada solamente con cursos de agua alimentados por precipitaciones pobres y esporádicas que no superan los 90 mm anuales.

En esta región no se han realizado estudios integrales que permitan delimitar la cuenca de agua subterránea y establecer sus posibilidades hidrogeológicas, por lo cual el conocimiento que se posee es muy limitado y se refiere a algunos trabajos geofísicos localizados, información de algunas perforaciones de exploración y explotación como así también algunos datos de tipo hidroquímico.

Los estudios geofísicos mencionados se realizaron en la zona de Tucunuco e indican la existencia de un espesor aluvial del orden de los 100 - 120 m, 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. El agua de los pozos de la zona posee una conductividad eléctrica variable entre 3.100 - 3.400 microsiemens/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. El ensayo realizado en uno de los pozos existentes indica un rendimiento de 14,3 m<sup>3</sup>/h/m, para un caudal de 100 m<sup>3</sup>/h.

El sector situado al oeste de la ruta Nacional N° 40, a la latitud de Tucunuco, ofrece según los estudios geofísicos, perspectivas alentadoras por la existencia de relleno aluvial permeable. Sin embargo, debe prestarse atención a que el mismo posee una recarga asociada con cursos de naturaleza no permanente, que es conveniente valorar en forma adecuada.

En el resto del área el conocimiento es más limitado y se refiere a la información de subsuelo aportada por dos 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. La información más importante de estos pozos se señala en el mapa hidrogeológico y 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.

#### **4.10. Cuenca de Huaco**

Es una depresión intermontana que tiene una extensión de unos 280 Km<sup>2</sup>, atravesada por su parte sur por el río Huaco que es el principal agente de relleno sedimentario de

la cuenca. 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.

El valle de Huaco es asiento de una población de 1.100 habitantes, según el censo de 1991. Su actividad principal es la agricultura, con una superficie cultivada de unas 300 Has y en menor grado la ganadería.

Estudios geofísicos y perfiles geológicos de perforaciones permitieron detectar, en coincidencia con el pueblo de Huaco, un espesor máximo de relleno cuaternario del orden de los 300 m, constituido por materiales gruesos con intercalaciones limo-arcillosas en menor proporción. La base hidrogeológica esta conformada por rocas del Terciario.

La superficie de la cuenca de agua subterránea es de unos 140 Km<sup>2</sup>. El almacenamiento se asume en un 10%, por lo cual un descenso del nivel de agua de 1 m. significaría una descarga de 14 Hm<sup>3</sup>. Los pozos ensayados tienen un rendimiento específico que supera los 90 m<sup>3</sup>/h/m, evidenciando las excelentes condiciones hidráulicas del acuífero, de tipo libre, en el cual es posible obtener elevados caudales sin depresiones importantes.

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.

El agua del río Huaco 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 microsiemens/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, presenta las mismas limitaciones para el uso agrícola.

En el sector norte del valle 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 microsiemens/cm y un contenido de boro 1,4 mg/l. En cuanto a la calidad química del agua para consumo humano resultó aceptable.

#### **4.11. Cuenca de Bermejo**

El valle de Bermejo abarca una superficie de 17.800 Km<sup>2</sup> y contiene una cuenca de agua subterránea de unos 7.200 Km<sup>2</sup>, 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 de Bermejo. Aunque la cuenca superficial drenada por el río Bermejo es muy extensa (60.000 Km<sup>2</sup>), 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.

En primer lugar, 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 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 el valle de Bermejo se realizó una exploración geofísica, de carácter general, con el objeto de conocer los espesores, distribución granométrica del relleno aluvial, la forma y profundidad de la cuenca. Estos estudios permitieron delimitar tres zonas con características hidrogeológicas distintas, al norte, al centro y al sur del valle.

La zona norte 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 500 m. de los cuales la parte superior parece tener buenas características de permeabilidad. Recibe la recarga del río Guandacol que posee agua de buena calidad (Clase II) que se infiltra en las áreas permeables de Guandacol, fuera de los límites del mapa.

Si bien el volumen de agua almacenada en esta zona puede ser importante, (del orden de los 1.500 Hm<sup>3</sup>), los aportes anuales, de los ríos Guandacol y Bermejo son escasos, estimados en el orden de los 3 Hm<sup>3</sup>; pero permitiría un desarrollo agrícola moderado para unas 500 Has.

La zona central de la cuenca 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. Es probable que el sector oriental 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.

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.

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.

La zona sur de la cuenca 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 400 m de profundidad y el relleno aluvial es de granometría predominantemente fina, de acuerdo a un pozo de exploración realizado cerca del pueblo de Bermejo.

Las cantidades de agua subterránea en la zona sur parecen pequeñas y de mala calidad. Solamente se puede utilizar aquí las que aportan los manantiales de las sierras como en Las Chacras y Niquizanga, de Clase III. Es posible que parte de estas aguas se infiltren y alimenten el relleno del valle.

Al sur de la ruta Nacional N° 141 no se han realizado estudios geofísicos que permitan establecer las características hidrogeológicas de subsuelo; no obstante ello es de esperar condiciones similares a las mencionadas precedentemente.

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 microsiemens/cm, es de aptitud buena a regular para riego (clase III). Este agua por su contenido de arsénico (0,34 mg/l) es inapropiada para el consumo humano.

#### **4.12. Cuenca de Valle Fértil-Mascasín**

El área de Valle Fértil-Mascasín abarca una superficie de 6.700 Km<sup>2</sup> dentro de la cual se desarrolla una cuenca de agua subterránea de unos 3.000 Km<sup>2</sup>. 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 11.000 Km<sup>2</sup> de superficie.

Es asiento de una población de 5.633 habitantes (censo 1991), 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 300 Has.

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.

El río del Valle, con un derrame anual de unos 25 Hm<sup>3</sup>, es el más importante de la región y está alimentado por una cuenca imbrífera de 658 Km<sup>2</sup>. 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 Hm<sup>3</sup>. 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 Hm<sup>3</sup>.

Para el área de Valle Fértil, según diversos autores, se podría disponer de un total de 11 Hm<sup>3</sup>/año de agua subterránea para diversos usos.

Estudios geofísicos de prospección eléctrica realizados en Usno, San Agustín,

Astica, Chucuma y Mascasín, permitieron lograr un conocimiento general de la cuenca de agua subterránea.

A partir de la investigación precitada se pudo comprobar que la falla de Valle Fértil, de rumbo aproximado norte-sur, divide la cuenca en dos unidades acuíferas. En la unidad acuífera situada al oeste de la falla se encuentran gravas y arenas que poseen un espesor comprendido entre 20 y 40m, que alojan un acuífero de tipo libre en el cual la profundidad del agua subterránea varía entre 8 y 13 m. El agua de este acuífero en la zona de San Agustín no ofrece dificultades para el riego de cualquier tipo de cultivos.

En la unidad acuífera que se desarrolla al este de la falla de Valle Fértil, el relleno aluvial alcanza unos 200 metros de espesor y está integrado al norte por grava y arena que hacia el sur progradan a limos y arcillas, con participación de evaporitas en la zona de las Salinas de Mascasín. El basamento está constituido por rocas terciarias y en parte mesozoicas.

El acuífero en general es de tipo libre, con una profundidad del agua superior a los 150 m en el sector norte y a la altura de Chucuma es del orden de los 40-60 m. En el sector austral el nivel del agua se eleva hasta alcanzar la superficie en la zona de las Salinas de Mascasín; conformando así la descarga de la cuenca de agua subterránea. 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 microsiemens/cm, de aptitud regular a mala para el riego (Clase III).

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 microsiemens/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 1.780 microsiemens/cm, es de Clase III, de aptitud buena a regular para riego y apta para la bebida. Otro pozo situado a unos 15 Km al sureste de esta localidad alcanzó 120 m de profundidad y extrae agua de 1.870 microsiemens/cm.

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.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Investigaciones hidrogeológicas realizadas por el Centro Regional de Agua Subterránea en la provincia de San Juan.**

- AGIE, J. 1968 Almacenamiento de agua subterránea en las cuencas de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-013)
- AGIE, J., VELASQUEZ, J. 1969. Hidrogeología en el Valle del Bermejo. Provincia de San Juan. (P-017).
- BALAGUER, H. 1987. Provisión de agua a la localidad de Huerta de Huachi. Departamento Jáchal. Provincia de San Juan. (DI-110).
- CORIA, E., 1977. Balance del agua para uso agrícola en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. Año hidrológico 1975/76. Programa MIKE. (P-172).
- CORIA, E., 1978. Balance del agua para uso agrícola. Programa MICO Poligonal. Período hidrológico 1973/77. Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-189).
- CORIA, E., 1984. Estudio del uso de la tierra. Provincia de San Juan. (D-88).
- CORIA, E., 1985. Evolución de la superficie cultivada en la provincia de San Juan, Conagua 85. (D-150).
- CORIA JOFRE, D. 1969. Información básica para el desarrollo del Modelo Matemático en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-027).
- CORIA JOFRE, D. 1970. Censo de perforaciones en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-018).
- CORIA JOFRE, D. 1970. Ingresos y egresos superficiales y subsuperficiales en el área del modelo del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-021)
- CORIA JOFRE, D. 1970. Hidrología del Valle del Tulum. Uso de la tierra. Provincia de San Juan. (P-025).
- CORIA JOFRE, D. 1982. Uso conjunto del agua superficial y subterránea valles de Tulum, Ullum y Zonda. Provincia de San Juan. (D-61).
- CORIA JOFRE, D., PELLEGRINO, J., CORIA, E. 1983. Análisis preliminar del problema de drenaje en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (D-72).
- CORREA, N. 1983. Planteo de un esquema de uso conjunto del agua superficial y subterránea en los valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-263).
- DAMIANI, O. 1983. Investigación hidrogeológica preliminar para el abastecimiento de agua en zonas de explotación minera. Área Cienaguita, Departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-262).
- DAMIANI, O. 1988. Provisión de agua a la localidad de Baldes de Astica. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-119).
- DAMIANI, O. 1988. Abastecimiento de agua para consumo humano en la escuela Agua Cercada y zona de influencia. Investigación de fuente y ejecución de obra. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-125).
- DAMIANI, O. 1993. Condiciones geológicas estructurales en el área de La Puntilla. Dpto.

- Rivadavia. Provincia de San Juan. (DI-207).
- DAMIANI, O., FURLOTTI, R. GUIMARAES, R. y otro. 1981. Evaluación permanente de las áreas de estudio. Provincia de San Juan. (D-40).
- DAMIANI, O., SANCHEZ, V., RODRIGUEZ, J. 1985. Recopilación y síntesis de antecedentes en el valle de Bermejo Sur en el sector comprendido entre Las Chacras y ruta Provincial N° 12 (ex ruta Nacional N° 20). Provincia de San Juan. (DI-38).
- DAMIANI, O., SIRI, J., BALAGUER, H. 1986. Reconocimiento de fuentes de agua alternativas en el sector sur-este del valle de Bermejo. Provincia de San Juan. (IT-58).
- DEMARTINI, O. 1970. Prospección geofísica en el área sur de Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-011).
- DI CHIACCHIO, J., GUIMARAES, R. 1989. Estudio de fuente y proyecto de obra para abastecimiento de agua a la localidad de La Ciénaga. Departamento Jáchal. Provincia de San Juan. (DI-137).
- EDER, J., LOHN, P., VICTORIA, J. 1982. Estudio de fuentes alternativas para la provisión de agua para consumo humano en las localidades de La Ciénaga y Huaco. Provincia de San Juan. (P-249).
- EDER, J., SALVIOLI, G., FERRES, C. 1984. Ubicación de zonas aptas para instalación de parques industriales. Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (D-105).
- EDER, J., RODRIGUEZ, J., CORIA, A. y otro. 1978. Estudio geológico de subsuelo. Valle de Tulum - San Juan - Cortes geológicos y correlación tentativa del relleno aluvial cuaternario a base de información geofísica-litológica.(P-196).
- EDER, J., SANCHEZ, V. 1986. Reseña sobre necesidades de agua potable y otros usos en algunas comunidades alejadas en Valle Fértil. Propuesta de acciones inmediatas. Provincia de San Juan. (DI-50).
- EDER, J., SANCHEZ, V., DAMIANI, O. y otros. 1986. Estimación de costos para aprovisionamiento de agua para consumo humano en comunidades rurales de las provincias de San Juan y Mendoza. Plan Social del Agua. Provincia de San Juan. (DI-79).
- EDER, J.C., WETTEN, C., RODRIGUEZ, J. 1975 Áreas de prospección de agua subterránea en la Provincia de San Juan.(P-079).
- EDER, J., WETTEN, C., WILLIAMS, W., y otros. 1975. Investigación del agua subterránea en el valle de Iglesia. Provincia de San Juan. (P-076).
- FERRES, C. 1978. Evolución salina y calidad del agua subterránea para riego, valle de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-192).
- FERRES, C. 1985. Análisis del contenido de nitrato y otros parámetros indicadores de contaminación del agua subterránea en el área del acuífero libre del Valle de Tulum. Provincia de San Juan.(P-276).
- FERRES, C., RODRIGUEZ, R. 1986. Avance en el estudio del contenido de nitrato y otros elementos indicadores de contaminación del acuífero libre del Valle de Tulum. Año 1985. Provincia de San Juan.(IT-62).

- FRONTERA, H., ATTALA, L. 1978. Aspectos hidroquímicos de la recarga artificial - Valle de Tulum. Provincia de San Juan.(P-190).
- FURLOTTI, R. 1986. Evaluación permanente de las áreas en explotación en la provincia de San Juan.(DI-36)
- FURLOTTI, R. 1986. Evaluación del estado hidrogeológico de las cuencas del valle de Tulum, Jáchal-Niquivil, Ullum-Zonda, Valle Fértil en el periodo diciembre/85 - abril/86. Provincia de San Juan.(DI-57).
- FURLOTTI, R. 1986. Informe sobre caudales y volúmenes de la red colectora controlada por el CRAS en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan.(DI-61)
- FURLOTTI, R. 1992. Curvas hidrológicas - Año 1991. Valles de Tulum, Ullum-Zonda, Jáchal-Niquivil-Huaco. Provincia de San Juan.(DI-178).
- FURLOTTI, R. 1993. Curvas hidrológicas. Medición años 1992/93. Valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (DI-188).
- FURLOTTI, R. 1993. Demanda de agua para uso industrial (actualización 1992/93). Provincia de San Juan.(DI-190).
- FURLOTTI, R., GUIMARAES, R. Evaluación de la problemática relacionada con el comportamiento de los niveles freáticos en la cuenca subterránea de Tulum. Provincia de San Juan.(DI-45).
- FURLOTTI, R., POBLETE, M. 1986. Medidas tendientes a minimizar los efectos de la elevación de los niveles freáticos en la villa Media Agua. Departamento Sarmiento. Provincia de San Juan.(DI-80).
- FURLOTTI, R., POBLETE, M. 1988. Provisión de agua a la localidad de Baldes de San Ignacio o Baldes de Moyano. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-131).
- GARCIA, E., FERRES, C. 1984. Características hidroquímicas del agua subterránea en la localidad del Encón. Departamento 25 de Mayo. Provincia de San Juan.(DI-107).
- GARCIA, E., GUIMARAES, R. 1975. Informe hidroquímico valle de Jáchal-Niquivil y Huaco. Año 1973/74. Provincia de San Juan. (P-065).
- GARCIA, E., LOHN, P. 1987. Análisis hidroquímico de las cuencas Tulum, Ullum-Zonda y Valle Fértil, relacionado con el estudio isotópico de las aguas subterráneas y superficiales. Provincia de San Juan.(DI-99).
- GOMEZ, C. 1975. Balance de agua para uso agrícola en el valle de Tulum. Programa de cálculo MIKE. Provincia de San Juan.(P-078).
- GUIMARAES, R. 1978. Estudio de la evolución salina del agua subterránea. Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-173).
- GUIMARAES, R. 1978. Calidad del agua subterránea para riego. Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-179).
- GUIMARAES, R. 1978. Salinidad del agua subterránea - Valle de Tulum. Período de muestreo 1977. Provincia de San Juan. (P-191).
- GUIMARAES, R., GARCIA, E. 1986. Características químicas del agua freática. Departamento

- Sarmiento. Provincia de San Juan.(DI-85).
- GUIMARAES, R., FURLOTTI, R. 1988. Evaluación de la cuenca subterránea del departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. Año 1989. (IT-117).
- GUIMARAES, R., FURLOTTI, R. 1989. Evaluación de la cuenca subterránea de los valles de Jáchal y Huaco. Año 1989. Provincia de San Juan. (IT-121).
- GUIMARAES, R., SANCHEZ, V., FURLOTTI, R. 1984. Informe integral de las cuencas de estudio de la Provincia de San Juan. Jáchal-Niquivil. (D-112).
- GUTIERREZ, G. 1978. Balance del agua para uso agrícola en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-181).
- GUTIERREZ, G. 1978. Tareas hidrológicas realizadas en el valle de Iglesia. Año 1977. Provincia de San Juan. (P-197).
- GUTIERREZ, G. 1979. Balance del agua para uso agrícola. MICO POLIGONAL. Valle de Tulum. (período 1977/78). Provincia de San Juan. (P-215).
- GUTIERREZ, G. 1979. Determinación de trasmisividad y coeficiente de almacenamiento en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-219).
- HSI HSU, H. 1970. Hidrología del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-026).
- HSI HSU, H. 1970. Estudio hidrológico preliminar del Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-034).
- HSI HSU, H. 1970. Análisis de la disponibilidad del escurrimiento superficial hacia el río San Juan y su contribución probable a la recarga de agua subterránea en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-064).
- JOUKL, M. 1969. Estudio geoquímico del agua subterránea del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-030).
- JOUKL, M. 1970. Geoquímica del agua subterránea y superficial en el valle de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-023).
- LAVERTY, F. 1970. Recarga artificial de acuíferos en el Valle de Tulum (Provincia de San Juan) y Carrizal (Provincia de Mendoza). (P-028).
- LOHN, P. 1969. Calidad para riego del agua subterránea. valles de Tulum, Ullum y Zonda. Provincia de San Juan. (P-01).
- LOHN, P. 1969. Hidrogeoquímica del agua subterránea y superficial en los valles de Tulum y Ullum - Zonda. Estudio de la Salinidad. Provincia de San Juan. (P-015).
- LOHN, P. 1978. Estudio hidroquímico de la cuenca hidrográfica del río San Juan. Variabilidad química del río San Juan. Su relación con el caudal. Provincia de San Juan. (P-198).
- LOHN, P. 1982. Estado hidroquímico actual del embalse de Ullum. Análisis del sistema río San Juan - embalse de Ullum. Provincia de San Juan. (D-62).
- LOHN, P. 1982. Estado hidroquímico actual del embalse de Ullum. Provincia de San Juan. (D-252).
- LOHN, P. 1983. Modelo de comportamiento de la composición química del río San Juan en función a sus caudales. Provincia de San Juan. (P-269).
- LOHN, P. 1985. Modelo de comportamiento de la composición química del río San Juan.

- Pronósticos de calidad. Conagua 85. (D-152).
- LOHN, P., GARCIA, E. 1983. Análisis e interpretación preliminar de la información química e hidrológica obtenida por la Provincia en la cuenca del río Jáchal. Provincia de San Juan. (D-67).
- LOHN, P., GARCIA, E. 1985. Análisis hidroquímico de las posibilidades de mejorar la calidad de las aguas del río Jáchal. Estudio de la hipótesis de eliminar el aporte del río Salado. Provincia de San Juan. Conagua 85 (IT-38).
- LOHN, P., JOUKL, M. 1970. Calidad para riego del agua subterránea y superficial del Valle Fértil. Zona III. Provincia de San Juan. (P-02).
- LOHN, P., JOUKL, M. 1969. Geoquímica de la cuenca de agua subterránea del Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-03).
- MERCADO, N. 1979. Curvas de igual profundidad, curvas isopiezas y curvas de igual variación del valle Ullum-Zonda. Período julio 1971 - julio 1977. Provincia de San Juan. (P-185).
- MERCADO, N. 1988. Provisión de agua para consumo humano a la localidad de Baldecitos. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-124).
- MERCADO, N., SILVA, M. 1988. Evaluación hidrológica e hidroquímica de las cuencas subterráneas de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (IT-104).
- MERCADO, N., VALENZUELA, H., ALONSO, S. y otros. 1987. Evaluación del estado hidrológico de las cuencas de aguas subterráneas de la Provincia de San Juan. (IT-93).
- NALLY, J. E. 1992. Memoria Técnica Pozo. Tamberías N°1 -Departamento Calingasta- Provincia de San Juan (DI-176).
- NAVARRO, A. 1969. Recopilación de los ensayos de bombeo en Zona I, Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-058).
- NAVARRO, A. 1969. Análisis de una onda de recarga en el área de infiltración Zona I, Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-059).
- NAVARRO, A., PAZOS, J., WISZNIOVSKI, E. 1972. Metodología para un modelo de comportamiento del agua subterránea en el valle de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-043).
- NIETO, H. 1986. Manejo de los recursos hídricos de los valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (IT-66).
- NIETO, R. 1985. Optimización en el manejo de los recursos hídricos en los valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (IT-35).
- ORTIZ, A. 1974. VII Jornadas Argentinas sobre Aguas Termominerales. Caso Pismanta. Provincia de San Juan. (P-183).
- ORTIZ, A., EDER, J., VACA, A. 1975. Evaluación preliminar de las condiciones hidrogeológicas, área cerro Valdivia-Ramblón, departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-087).
- ORTIZ, A., ZAMBRANO, J., RODRIGUEZ, J. 1975. Anteproyecto sobre forestación en zonas de descarga del agua subterránea de la Provincia de San Juan. (P-056).
- ORTIZ, A., ZAMBRANO, J., ROPALDO, A., y otros. 1975. Investigación Anteproyecto del agua

- subterránea en Pedernal-Bachongo-Acequión, departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-075).
- ORTIZ, A., ZAMBRANO, J., VACA A., y otro. 1975. Investigación del agua subterránea en el área, departamento 25 de mayo. Provincia de San Juan. (P-085)
- PELLEGRINO, J. 1972. Censo de perforaciones e hidrología en Huaco, departamento Jáchal. Provincia de San Juan. (P-084).
- PELLEGRINO, J. 1977. Balance hidrológico año 1973-74-75-76. Valle de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-166).
- PELLEGRINO, J., 1978. Balance del agua para uso agrícola. Programa MIKE Poligonal. Valle de Ullum-Zonda. Período hidrológico 1973/76. Provincia de San Juan. (P-193).
- PELLEGRINO, J. 1979. Ajuste del modelo matemático en los valles de Tulum y Ullum-Zonda. Programa JAIM. Provincia de San Juan. (P-237).
- PELLEGRINO, J. 1982. Estudios y controles hidrológicos efectuados en el valle de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (D-34).
- PELLEGRINO, J. 1982. Situación actual de la cuenca subterránea del valle Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (D-59).
- PELLEGRINO, J., CORIA, E. 1975. Isopiezas y censos de cultivos, año 1975. Departamentos Ullum -Zonda. Provincia de San Juan.( P-093).
- PELLEGRINO, J., DAMIANI, O. 1981. Evaluación preliminar de la cuenca de agua subterránea en el valle de Calingasta. Provincia de San Juan. (D-29).
- PELLEGRINO, J., DAMIANI, O. 1982. Condiciones hidrogeológicas en la localidad de Mogna. Departamento Jáchal. Provincia de San Juan. (D-33).
- PELLEGRINO, J., DAMIANI, O. 1983. Investigación hidrogeológica en la zona de piedemonte de la Sierra de Catantal. Departamento 25 de Mayo. Provincia de San Juan. (D-80).
- PELLEGRINO, J., DAMIANI, O. 1982. Condiciones hidrogeológicas de los departamentos Rivadavia y Rawson, zonas I y II. Provincia de San Juan. (D-50).
- PELLEGRINO, J., DAMIANI, O., GUIMARAES, R., y otro. 1980. Evaluación permanente de las áreas en estudio. Provincia de San Juan. (D-12).
- PELLEGRINO, J. GUIMARAES, R., DAMIANI, O. 1984. Informe integral de las cuencas de estudio de la Provincia de San Juan. Departamento Valle Fértil. (D-112).
- PELLEGRINO, J., DAMIANI, O., GUIMARAES, R., y otros. 1980. Análisis de la información hidrogeológica obtenida en el año 1979. Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (D-16).
- PELLEGRINO, J., FURLOTTI, R. 1983. Estudio hidrológico integral en los valles de Tulum y Ullum-Zonda, tendientes a lograr un óptimo manejo del recurso hídrico superficial y subterráneo. Demanda de agua para uso industrial en el Valle de Tulum. Balance de ingresos y egresos superficiales al embalse de Ullum. Consumo de agua potable en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-250).
- PELLEGRINO, J., FURLOTTI, R., GUIMARAES, R., y otro. 1983. Actualización de la información correspondiente a las cuencas subterráneas de los valles de Tulum y Jáchal-Niquivil. Año

1983. (D-79).
- PELLEGRINO, J., FURLOTTI, R., GUIMARAES, R. 1984. Condiciones hidrogeológicas e hidroquímicas en la cuenca de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan (D-95).
- PELLEGRINO, J., GUIMARAES, R., FURLOTTI, R., y otro. 1984. Evaluación permanente de las cuencas en explotación. Período 1983-1984. Provincia de San Juan.(D-121).
- PELLEGRINO, J. MERCADO, N., GUIMARAES, R. y otro. 1980. Inventario y evaluación inicial de las disponibilidades hídricas subterráneas en la zona sur-este. Provincia de San Juan.(D-15).
- PELLEGRINO, J., POBLETE, M., GUIMARAES, R. 1989. Comportamiento de la freática en el Valle de Tulum - Año 1988. Provincia de San Juan. (IT-116).
- PELLEGRINO, J., POBLETE, M. 1990. Comportamiento de la freática en el Valle de Tulum - Año 1989. Provincia de San Juan. (IT-122).
- PELLEGRINO, J., POBLETE, M. 1991. Comportamiento de la freática en el Valle de Tulum - Año 1990. Mediciones de nivel del acuífero profundo. Provincia de San Juan. (IT-126).
- PELLEGRINO, J., RONCHIETTO, H. 1978. Balance global interno. Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-182).
- POBLETE, M., FURLOTTI, R. 1986. Estudio del comportamiento de los niveles freáticos en la cuenca del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (DI-60).
- POBLETE, M., FURLOTTI, R. 1987. Estudio del comportamiento de los niveles freáticos en la cuenca de agua subterránea del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (DI-104).
- POBLETE, M., FURLOTTI, R. 1987. Estudio del comportamiento de los niveles freáticos en la cuenca de agua subterránea del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (IT-95).
- POBLETE, M., SALVIOLI, G. 1978. Evaluación hidrológica preliminar área cerro Valdivia-Ramblón, departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-195).
- POBLETE, M., VALENZUELA, H., GUIMARAES y otro. 1988. Comportamiento de la freática en el Valle de Tulum. Año 1987. Provincia de San Juan. (IT-103).
- ROBLES, J. 1976. Perfiles geoeléctricos de cerro Valdivia-Ramblón. Zona Colonia Fiscal Divisadero. Departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (D-54).
- ROCCA, J. 1969. Geología del Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-09).
- ROCCA, J. 1969. Geología del valle del Bermejo. Provincia de San Juan. (P-024).
- ROCCA, J. 1969. Geología de los valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan.(P-031).
- ROCCA, J. 1969. Prospección eléctrica cerro Valdivia - Cañada Honda - Guanacache, departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-147).
- ROCCA, J., DEMARTINI, O., VICTORIA, J., y otros. 1972. Investigación del agua subterránea en los valles de Jáchal, Niquivil y Huaco. Provincia de San Juan. (P-036).
- ROCCA, J., LOHN, P. 1975. Datos resumidos y actualizados al 31-08-73 de los valles de Tulum y Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-134).
- RODRIGUEZ, J. 1977. Investigación de la distribución de los sedimentos cuaternario permeables y su relación con la evolución geológica de la cuenca de agua subterránea del

- Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-163).
- RODRIGUEZ, J. 1978. Límite aproximado acuífero libre - acuífero confinado en el flanco occidental de la cuenca de Tulum. Provincia de San Juan. (P-174).
- RODRIGUEZ, J. 1983. Aspectos hidrogeológicos de la hoja 21 d-Villa Colón. Provincia de San Juan. (P-260).
- RODRIGUEZ, J. 1985. Aspectos hidrogeológicos de la hoja 20 b-Calingasta. Provincia de San Juan. (P-275).
- RODRIGUEZ, J. 1986. Abastecimiento de agua para bebida a la localidad de Huaco. Provincia de San Juan. (DI-74).
- RODRIGUEZ, J. 1988. Selección preliminar de zonas aptas para enterramientos sanitarios en el Valle de Tulum. Criterios hidrogeológicos. Provincia de San Juan. (IT-108).
- RODRIGUEZ, J. 1988. Investigación hidrogeológica en la localidad de Tucunuco. Departamento Jáchal. Provincia de San Juan. (IT-109).
- RODRIGUEZ, J., CORIA, E., MERCADO, N. y otro. 1982. Investigación hidrogeológica en el valle de Iglesia. Provincia de San Juan. (D-57).
- RODRIGUEZ, J., DICHACCHIO, J. 1984. Estudio de subsuelo en las inmediaciones de la planta de agua potable en Las Flores. Departamento Iglesia. Provincia de San Juan. (D-127).
- RODRIGUEZ, J., DICHACCHIO, J., GARCIA, E., y otros. 1986. Avance en el conocimiento hidrogeológico en el valle de Huaco. Provincia de San Juan. (IT-70).
- RODRIGUEZ, J., EDER, J. 1984. Avance en el conocimiento de la hidrogeología del valle de Calingasta. Provincia de San Juan. (D-92).
- RODRIGUEZ, J., GUIMARAES, R. 1984. Información sobre disponibilidades de agua y contaminación por efluentes líquidos en las villas de Calingasta y Barreal. Provincia de San Juan. (D-113).
- RODRIGUEZ, J., MERCADO, N. 1984. Estudio de las posibilidades de explotación del agua subterránea al oeste de Tudcum. Departamento Iglesia. Provincia de San Juan. (D-117).
- RODRIGUEZ, J., FERRES, C. 1984. Ubicación de zonas para provisión de agua potable, localidad de Barreal. Departamento Calingasta. Provincia de San Juan. (D-110).
- RODRIGUEZ, J., ROBLES, J., CORIA, E., y otros. 1982. Investigación hidrogeológica en el valle de Iglesia. Provincia de San Juan. (P-245).
- RODRIGUEZ, J., SANCHEZ, V., TORRES, C. J. y otros. 1990. Síntesis del conocimiento de los recursos hídricos subterráneos de la provincia de San Juan. Relatorio de geología y recursos naturales de la provincia de San Juan. (IT-135).
- RODRIGUEZ, R. 1986. Conocimiento preliminar actualizado de algunos parámetros indicadores de contaminación del agua subterránea - 1º semestre año 1986. Provincia de San Juan. (DI-58).
- RODRIGUEZ, R. 1987. Provisión de agua potable a pequeñas localidades - Pachaco. Departamento Zonda. Provincia de San Juan. (DI-107).
- RODRIGUEZ, R. 1988. Conocimiento de algunos parámetros indicadores de contaminación.

- Acuífero libre del Valle de Tulum. Año 1986. Provincia de San Juan. (IT-99).
- RODRIGUEZ, R., FERRES, C., GARCIA, E. 1988. Control y evaluación de la contaminación del acuífero libre del Valle de Tulum. Mapa de vulnerabilidad. Provincia de San Juan. (DI-128).
- RONCHIETTO, H., GUIMARAES, R. 1978. Informe de los efectos observados en perforaciones de la red de medición, como consecuencia del sismo ocurrido el 23-11-77. Área Valle de Tulum, Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (P-207).
- SALVIOLI, G. 1976. Estaciones hidrometeorológicas instaladas en la Provincia de San Juan. (P-137).
- SALVIOLI, G. 1980. Información pluviométrica. Provincia de San Juan. (D-14).
- SALVIOLI, G. 1988. Provisión de agua para el consumo humano a la localidad de Cañada Honda. Departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (DI-129).
- SALVIOLI, G. 1996. Información hidrológica e hidroquímica obtenida en el pozo VT. 8. Cañada Honda - Departamento Sarmiento - Provincia de San Juan. (DI-274).
- SALVIOLI, G., SANCHEZ, V.H. 1995. Análisis de la información hidrológica obtenida en la zona de San Agustín-Usno. Propuesta de suministro de agua durante períodos de escasez. (DI-254).
- SALVIOLI, G., SANCHEZ, V., FRONTERA, H. 1979. Actualización del conocimiento hidrogeológico de la cuenca subterránea Usno-San Agustín. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-220).
- SANCHEZ, V. 1983. Investigación hidrogeológica en las zonas de Vallecito y Colonia 25 de Mayo de la Provincia de San Juan. (P-258).
- SANCHEZ, V. 1985. Investigación hidrogeológica en el sector austral de la sierra de Pie de Palo. Departamento de Caucete. Provincia de San Juan. Conagua '85. (D-153).
- SANCHEZ, V., DAMIANI, O., RODRIGUEZ, J. 1984. Investigación Hidrogeológica en el área de Jáchal Norte-Pampa del Chañar. Provincia de San Juan. (D - 135).
- SANCHEZ, V., DAMIANI, O., GUIMARAES, R. 1985. Análisis hidrogeológico preliminar para la ubicación de fuentes para el abastecimiento de agua a centros mineros de la margen occidental de la sierra de Pie de Palo. Provincia de San Juan. (IT-55).
- SANCHEZ, V., DAMIANI, O., GUIMARAES, R. 1986. Investigación hidrogeológica preliminar para abastecimiento de agua a centros mineros de la sierra de Villicum - Río Salado. Provincia de San Juan. (IT-59).
- SANCHEZ, V., TORRES, C., DAMIANI, O. 1986. Consideraciones preliminares sobre la posibilidad de incrementar el volumen de agua embalsado en el dique San Agustín. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-83).
- SERRES, I. 1968. Prospección geofísica en los valles de Tulum, Ullum-Zonda, Valle Fértil, Bermejo y Tunuyán. Provincias de San Juan y Mendoza. (P-06).
- SILVA, M. 1986. Actualización de la información hidroquímica en el valle de Ullum-Zonda. Provincia de San Juan. (DI-46).
- SANCHEZ, V., VALENZUELA, H. 1988. Provisión de agua para consumo humano a la localidad

- de Balde del Rosario. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-123).
- SILVA, M., SIRI, J. 1987. Evaluación del estado hidroquímico de las cuencas de agua subterránea de la provincia de San Juan. (IT-97).
- TORRES, C. RODRIGUEZ, J. GIANNI, R. y otro. 1996. Aspectos hidrogeológicos en el área del Hospital Neurosiquiátrico y de los Baños de la Salud. Departamento Rivadavia. Provincia de San Juan. (DI-275).
- VACA, A. 1977. Contribución al conocimiento geológico del área cordón de La Flecha-cerro Valdivia, departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-140).
- VACA, A., SALVIOLI, G., RONCHIETTO, H. 1977. Investigación del agua subterránea en el área Usno- San Agustín. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-157).
- VELASQUEZ, J., AGIE, J. 1969. Estudios hidrogeológicos en Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-022).
- VALENZUELA, H. 1978. Curvas de igual profundidad, curvas isopiezas y curvas de igual variación del valle de Jáchal. Período julio 1973-diciembre de 1977. Provincia de San Juan. (P-202).
- VALENZUELA, H. 1982. Síntesis de la información histórica relativa a aforos en la red de drenaje del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (D-38).
- VALENZUELA, H. 1984. Resumen de los ensayos de bombeo y rendimientos específicos Valle de Tulum, Ullum-Zonda, Jáchal-Niquivil y Valle Fértil. Provincia de San Juan. (D-98).
- VALENZUELA, H. 1989. Provisión de agua a la localidad de Baldes del Rosario. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-143).
- VALENZUELA, H. 1989. Provisión de agua a la localidad de Los Bretes. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI-152).
- VALENZUELA, H., 1997. Recopilación y actualización de ensayos de bombeo y rendimientos específicos en perforaciones de los valles de Tulum, Ullum-Zonda, Jáchal-Niquivil y Valle Fértil. Provincia de San Juan. (DI.284).
- VALENZUELA, H., GARAY, E. 1978. Curvas isopiezas, igual profundidad e igual variación del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-205).
- VALENZUELA, H., IBARRA, E. 1977. Características de las instalaciones de la batería de San Martín. Provincia de San Juan. (P-144).
- VICTORIA, J. 1970. Ensayos de recarga artificial en Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-014).
- VICTORIA, J. 1972. Balance del agua para uso agrícola en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. Programa cálculo MIKE. (P-044).
- VICTORIA, J. 1972. Ajuste de trasmisividades, coeficientes de almacenamientos, recarga y descarga verticales netas mediante la operación del programa de cálculo JAIM 3, Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-045).
- VICTORIA, J. 1974. Depresiones e interferencias que pueden producir el bombeo de la batería de Cochagual a construirse en el departamento Sarmiento. Programa de cálculo INTER. Valle

- de Tulum. Provincia de San Juan. (P-054).
- VICTORIA, J. 1974. Recarga artificial de acuíferos en el Valle de Tulum. Aspectos técnicos y costos de un programa para recargar 60 Hm<sup>3</sup>/año. Provincia de San Juan. (P-068).
- VICTORIA, J. 1975 Censo de pozos, área cerro Valdivia-Ramblón, departamento Sarmiento. Provincia de San Juan. (P-175).
- VICTORIA, J. 1977 Selección de zonas para ubicación de baterías, Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-201).
- VICTORIA, J. 1982. Estudio de provisión de agua a explotaciones industriales de las localidades de Los Berros y Divisadero. Provincia de San Juan. (D-28).
- VICTORIA, J. 1982. Aspectos de interés sobre el suministro de agua a la ciudad de Caucete. Provincia de San Juan. (D-44).
- VICTORIA, J. 1982. Aspectos importantes relacionados con el proyecto de baterías de pozos de bombeo. Provincia de San Juan. (D-45).
- VICTORIA, J. 1982. Estudio batería Bella Vista. Departamento Iglesia. Provincia de San Juan. (D-48).
- VICTORIA, J. 1984. Consideraciones relacionadas con la revenición en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (D-101).
- VICTORIA, J. 1984. Aspectos relacionados con la infiltración. Provincia de San Juan y Mendoza. (D-102).
- VICTORIA, J. 1989. Relación entre el caudal derivado al lecho del río San Juan y la superficie mojada. Provincia de San Juan. (IT-118).
- VICTORIA, J. 1992. Efecto de la rotura del canal de la usina La Olla en el sector de Zonda de la cuenca de agua subterránea Ullum-Zonda. (DI-174).
- VICTORIA, J. 1993. Uso conjunto de agua superficial y subterránea para atenuar el fenómeno de la revenición en el Valle de Tulum. (DI-211).
- VICTORIA, J., CORIA, E., RONCHIETTO, H., y otro. 1974. Proyecto de forestación en Las Salinas utilizando el pozo VT-8. Departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (D-07).
- VICTORIA, J., DAMIANI, O. 1981. Provisión de agua para el futuro observatorio en El Leoncito. Prospección eléctrica. Departamento Calingasta. Provincia de San Juan. (D-24).
- VICTORIA, J., FURLOTTI, R. 1980. Planificación de la recarga artificial en el Valle de Tulum. Año 1980. Provincia de San Juan. (D-10).
- VICTORIA, J., MERCADO, N. 1993. Operación de un modelo matemático en la zona de la galería filtrante La Puntilla. Departamento Rivadavia. Provincia de San Juan. (DI-206).
- VICTORIA, J., MIRIANI, V. 1982. Efecto del bombeo de la batería de Zonda sobre el nivel del agua subterránea. Provincia de San Juan. (D-53).
- VICTORIA, J., LOHN, P. 1972. Ubicación de los pozos de baterías en Jáchal. Provincia de San Juan. (P-051).
- VICTORIA, J., PELLEGRINO, J. 1972. Recarga artificial en el Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-037).

- VICTORIA, J., PELLEGRINO, J. 1974. Aforo del arroyo Agua Negra, departamento Jáchal. Provincia de San Juan. (P-055).
- VICTORIA, J., PELLEGRINO, J. 1974. Zona donde se han realizado o se proyectan experiencias de recarga artificial. Provincia de San Juan. (P-130).
- VICTORIA, J., PELLEGRINO, J., WISZNIOVSKI, E. 1972. Comportamiento futuro de la cuenca de agua subterránea del Valle de Tulum bajo determinadas condiciones de extracción y recarga. Provincia de San Juan. (P-146).
- VICTORIA, J., PELLEGRINO, J. 1982. Alternativas tendientes al control de la surgencia en el departamento Zonda. Provincia de San Juan. (D-52).
- VICTORIA, J., POBLETE, M. 1977. Recarga artificial en el Valle de Tulum. Experiencia realizada y proyectos de futuros trabajos. Provincia de San Juan. (P-162).
- VICTORIA, J., ZAMBRANO, J. 1985. Factibilidad de construir una galería filtrante en el río Jáchal, sector dique Pachimoco-Cerro de La Usina. Consideraciones hidrogeológicas. Provincia de San Juan. (IT-54).
- WETTEN, C. 1983. Aspectos hidrogeológicos de la hoja 21 c-San Juan. (P-259).
- WETTEN, C. 1985. Mapas de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea. Provincia de San Juan y Mendoza. Conagua 85 (IT-41).
- WETTEN, C., RODRIGUEZ, J., GARCIA, E. 1982. Aspectos hidrogeológicos de la hoja 19 c-Gualilán. Provincia de San Juan. (P-264).
- WILLIAMS, W. 1973. Balance del agua para uso agrícola. Valle de Iglesia. Provincia de San Juan. (P-074).
- ZAMBRANO, J. 1976. Reseña geológico-estructural de la Provincia de San Juan. (P-101).
- ZAMBRANO, J. 1977. Posibilidades de agua subterránea en la hoyada de Ischigualasto. Valle de la Luna, departamento Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-176).
- ZAMBRANO, J. 1978. Estudio preliminar de las posibilidades existentes de agua subterránea en la zona de influencia de Ischigualasto, Valle Fértil. Provincia de San Juan. (P-214).
- ZAMBRANO, J. 1978. Descripción geológica de los terrenos aflorantes en el sistema hidrogeográfico del río San Juan. Provincia de San Juan. (P-212).
- ZAMBRANO, J. 1985. Mapa estructural del Valle de Tulum, su utilización en la investigación del agua subterránea. Provincia de San Juan. Conagua 85 (IT-46).
- ZAMBRANO, J. 1986. Actualización de la geología de subsuelo del Valle de Tulum. Provincia de San Juan. (P-274).
- ZAMBRANO, J. 1986. Fotointerpretación geológica de la zona de borde de la cuenca del Valle de Tulum en los departamentos de Caucete y 25 de Mayo. Provincia de San Juan. (DI-43).
- ZAMBRANO, J. 1986. Reinterpretación geoelectrica en el borde de la cuenca este del Valle de Tulum en los departamentos 25 de Mayo y Caucete. Provincia de San Juan. (IT-65).
- ZAMBRANO, J., DAMIANI, O. 1992. Investigaciones hidrogeológicas en el área Cuesta del Viento. Provincia de San Juan. (DI-179).
- ZAMBRANO, J., LOHN, P., VICTORIA, J. 1984. Tratamiento de residuos domiciliarios.

## **5.2. Hojas Geológicas**

- CUERDA, A. J. y otros. 1984. Descripción de la Hoja 19 d-Mogna. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional. Boletín N° 170. Buenos Aires.
- FURQUE, G. 1983. Descripción de la Hoja 19 c-Ciénaga de Gualilán. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional. Boletín N° 193. Buenos Aires.
- FURQUE, G. 1979. Descripción de la Hoja 18 c-Jáchal. Provincia de San Juan. Servicio Geológico Nacional. Boletín N° 164. Buenos Aires.
- FURQUE, G. 1972. Descripción de la Hoja 16 b-Cerro la Bolsa. Provincias de La Rioja y San Juan. Servicio Geológico Nacional. Boletín N° 125. Buenos Aires.
- GENTILI, C. A. 1972. Descripción de la Hoja 17 c-Cerro Rajado. Provincias de La Rioja y San Juan. Servicio Nacional Minero Geológico. Boletín N° 131. Buenos Aires.
- HARRINGTON, H. J. 1971. Descripción de la Hoja 22 c-Ramblón. Provincias de Mendoza y San Juan. Dirección Nacional de Geología y Minería. Boletín N° 114. Buenos Aires.
- MIRRE, J.C. 1976. Descripción de la Hoja 19 e-Valle Fértil. Provincias de San Juan y La Rioja. Servicio Geológico Nacional. Boletín N° 147. Buenos Aires.

# MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN

República Argentina

## SÍNTESIS INFORMATIVA Y BIBLIOGRÁFICA

Autores: Rodríguez, José A., Torres, Carlos A. J.

Colaboradores:

Hidrogeología: Damiani, Oscar A.

Hidrología: Furlotti, Francisco R.

Hidroquímica: Guimaraes, Ricardo E. y Rodríguez, Rodolfo E.

Carátula y tipeado: Meritello, Nidia B.

El presente trabajo se inicia con el Instituto Nacional de Aguas Subterráneas (INAS) dependiente del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR-Secretaría de Minería de la Nación) y finaliza con el Instituto Nacional del Agua y del Ambiente cuando el Decreto N° 146/98 transfiere el INA a la jurisdicción de la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.