

Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente



ASAGAI
ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE GEOLOGÍA APLICADA
A LA INGENIERÍA

Córdoba - Argentina

INDICE

Trabajo	Autor/es	Pág
Cuerpo Editorial		I
Comisión Directiva		II
Proyecto de estabilización del faldeo sur del cerro Chenque, Comodoro Rivadavia	<i>Francisca, Franco M. - Pinto, Federico - Abril, Ernesto G. - Van De Velde, Germán - Alvarez Muguerza, Matías</i>	1
Evaluación de las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea del valle central de Catamarca	<i>Segura, Luis - Saracho, Marta - Lobo, Patricia - Agüero, Nahuel</i>	13
Regiones hidrogeológicas en la provincia de Tucumán	<i>García, Jorge W. - Falcón, Carlos M. - D'Urso, Carlos H. - Rodríguez, Graciela V.</i>	21
Estabilización de subrasante loésica con silicato de sodio líquido	<i>Cruz, María Pía - Martin Schmädke, Ítalo - Arnaudo, Carlos - Vigilante, Nicolás</i>	39
Recurso hídrico y emprendimientos urbanísticos en la costa oriental de la provincia de Buenos Aires	<i>Rodriguez Capítulo, Leandro - Carretero, Silvina - Kruse, Eduardo</i>	45
Instrucciones para autores		61
Formulario de suscripción o compra		65



Regiones hidrogeológicas en la provincia de Tucumán

Hydrogeological regions in Tucumán Province

García, Jorge W. ¹ ✉ - Falcón, Carlos M. ² - D'Urso, Carlos H. ¹ - Rodríguez, Graciela V. ²

Recibido: 14 de febrero de 2017 • Aceptado: 04 de mayo de 2017

Resumen

En Tucumán el agua subterránea representa la principal fuente de abastecimiento para uso doméstico, agrícola e industrial. Los procesos geológicos que actuaron durante el Cenozoico modificaron profundamente la morfología de la región. El paisaje de grandes llanuras que predominó durante el Terciario se modificó de manera importante desde el inicio de los movimientos andícos, delineando un relieve que caracteriza al período Cuaternario con la elevación de cordones serranos limitados por fallas. La presencia de estas barreras ocasionó importantes cambios climáticos, que originaron una mayor pluviosidad y la formación de una densa red hidrográfica que drenó las serranías tucumanas rellenando los valles con depósitos clásticos durante el Plioceno y Cuaternario.

Se formaron así seis regiones hidrogeológicas que forman parte de la provincia de Tucumán. La llanura oriental tucumana con las regiones del Valle del Río Salí (1) al sur y la Llanura de Burruyacu (2) al norte, con importantes reservorios de aguas subterráneas con aguas termales y surgencia natural hacia Santiago del Estero. Los Valles del Tafi (3) y de Santa María (4), pertenecientes a los Valles Calchaquíes o Valles Intermontanos de Sierras Pampeanas, caracterizada por su escasas precipitaciones pero con excelentes reservorios desarrollados en sedimentos permeables que rellenan el valle. El Valle de Choromoro, o de Tapia-Trancas (5), perteneciente a los Valles Intermontanos de Sierras Subandinas, con un control tectónico que la limita y precipitaciones del orden de los 500 mm anuales. Se destaca una importante red de drenaje, que confluye en el colector principal, el Río Salí.

Los Valles de Burruyacu (6) pertenecen a los Valles Intermontanos de las Sierras Subandinas y se caracterizan por estar fuertemente controlados por la estructura y por presentar precipitaciones anuales del orden de los 600 a 800 mm. Se divide en tres valles: de Medina que desagua al río Salí y de los ríos Nío y Chorrillos que drenan a la llanura de Burruyacu.

Palabras clave: Hidrogeología - Explotación - Regiones - Tucumán.

Abstract

In the Tucuman province, the groundwater is the main source of supply for domestic, agricultural and industrial use. The geological events that acted during the Cenozoic profoundly altered the morphology of the region. Great Plains landscape that dominated the stage during the Upper Tertiary changed significantly since the beginning of andic movements,

1. Cátedras Hidrogeología y 2 Geología de Combustibles -
Proy. CIUNT 26G-518 y 26G-514
Facultad de Ciencias Naturales e IML - UNT - INSUGEO -
CONICET
Miguel Lillo 205- T4000JFE. San Miguel de Tucumán,
Tucumán, Argentina

✉ jowagarcia@yahoo.com.ar

outlining a new relief that characterizes the Quaternary period, with the elevation of mountains ranges in blocks limited by faults. The presence of these orographic barriers caused major climatic changes, which allowed an increase in rainfall and the formation of a river system that drains mountains, filling the intermountain valleys with powerful deposits during the Pliocene-Quaternary.

Six hydrogeological regions that are part of the Tucuman province constituted thus. The Tucuman plain comprises the Burreyacu plain to the north and the Salí river valley to the south, where potent groundwater reservoirs are located with levels of natural upwelling and thermal anomalies to the limit with the Santiago del Estero province. The Santa María and Tafi del Valle valleys, belonging to the intermontane valleys of the Pampeanas ranges, are characterized by low rainfall and excellent aquifers developed in permeable sediments that fill the bottom of the depressions. The Valley Choromoro or Tapia-Trancas, belonging to the Subandinas ranges, with a tectonic control and the limited rainfall of around 500 mm annually, an important network of drainage, which flows into the main collector, the Salí River stands.

The Burreyacu valleys belong to the Intermontane Valleys of the Subandinas ranges, and are characterized by being strongly controlled by the structure and by annual precipitations of the order of 600 to 800 mm. It is divided in three valleys: of Medina that drain to the Salí river and of the Nío and Chorrillos rivers that drain to the plain of Burreyacu.

Keywords: Hydrogeology - Exploitation - Regions - Tucuman.

INTRODUCCIÓN

Numerosos autores han trabajado en temas de aguas subterráneas en la provincia de Tucumán. Entre ellos se destacan los aportes realizados por *Stappenbeck (1915-1921)*, destinados a establecer las generalidades de la hidrogeología en el ambiente de la llanura oriental tucumana.

Luego *Rabsium (1960)*, *Ruiz Huidobro (1965)*, *Haup (1968)*, *Vilela (1970)*, *Dirección Provincial del Agua (1978-2005)*. Desde los años 80 hasta la actualidad A. Tineo y otros; como G. Galindo, E. D'Urso, M. Fernández, E. de la Vega, J. García, C. Falcón, C. D'Urso, G. Rodríguez, Ponti, N. y H. Nicolli, realizaron importantes aportes a la hidrogeología, hidroquímica y geofísica de la provincia de Tucumán (*Cátedra de Hidrogeología, 1983-2016*).

La provincia de Tucumán, emplazada en el sector norte de la Argentina, se destaca por la abundancia de sus recursos hídricos superficiales y subterráneos. La particular disposición de los cordones montañosos occidentales y las características climáticas asociadas, determinan la formación de una densa red de ríos y arroyos en gran parte del territorio provincial.

En base a las características climáticas, geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas se reconocen seis regiones hidrogeológicas: 1) Región del Valle del Río Salí, en el centro-sur provincial hasta el límite con Santiago del Estero, 2) Región de la Llanura de Burreyacu, en el noreste provincial, que se extiende hacia Santiago del Estero, 3) Región del Valle de Santa María, al oeste entre Catamarca y Salta; 4) Región del Valle de Tafi, en el centro-oeste de la provincia; 5) Región del Valle de Choromoro o de Tapia-Trancas, en el centro-norte provincial; 6) Región de los Valles de Burreyacu, ubicado entre el Valle de Choromoro y la Llanura de Burreyacu. (Figura 1).

REGIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE DEL RÍO SALÍ

El valle del Río Salí es una cuenca ovalada que se ubica en la porción central de la provincia de Tucumán, con una superficie del orden de los 10.000 km². Está limitada por las Sierras del Aconquija y Cumbres Calchaquíes por el Oeste; la Sierra de La Ramada, las Lomas de Cañete-Tacanas y la Sierra de Guasayán por el Este; las Sierras de Medina y San Javier por el Norte; y las Cumbres de Los Llanos y la Sierra de Ancasti por el Sur (*Tineo, A. et al, 1984, 1998, 1999, 2007; García, J., 2012*) (Figura 2).

Presenta elevaciones variables, superiores a 5.000 m.s.n.m. en los Nevados del Aconquija, de 500 m.s.n.m. en el valle y de 250 m el Dique de Termas de Río Hondo.

Por esta razón el clima es muy variable; de tipo semiárido con precipitaciones de 600 mm anuales en el Este, que da paso a un régimen climático templado moderado con lluvias de 1.000 mm anuales en la zona central y un clima húmedo con 2.000 mm anuales de precipitación en las laderas de las sierras. Los balances hídricos calculados indican que existe un déficit hídrico en la zona oriental y un exceso en la zona occidental de la provincia. Se calcula una lámina media de 1.000 mm de agua precipitada en el valle y una recarga media anual de 10 % del agua precipitada (*García, J., 2005*).

Se han reconocido diferentes sistemas acuíferos, desde niveles libres a escasa profundidad, niveles semiconfinados hasta profundidades de 100 m y niveles confinados profundos, de más de 200 m, con presión de surgencia natural y aguas termales.

Desde el borde occidental de la cuenca al pie de las sierras presenta una serie de paleo-abanicos aluviales de gran magnitud que caracterizan esta cuenca hidrogeológica, siendo los principales los paleo-abanicos de los ríos Lules, Famaillá, Balderrama, Seco, Gastona, Medina, Marapa, San Ignacio y San Francisco, todos afluentes del río Salí.

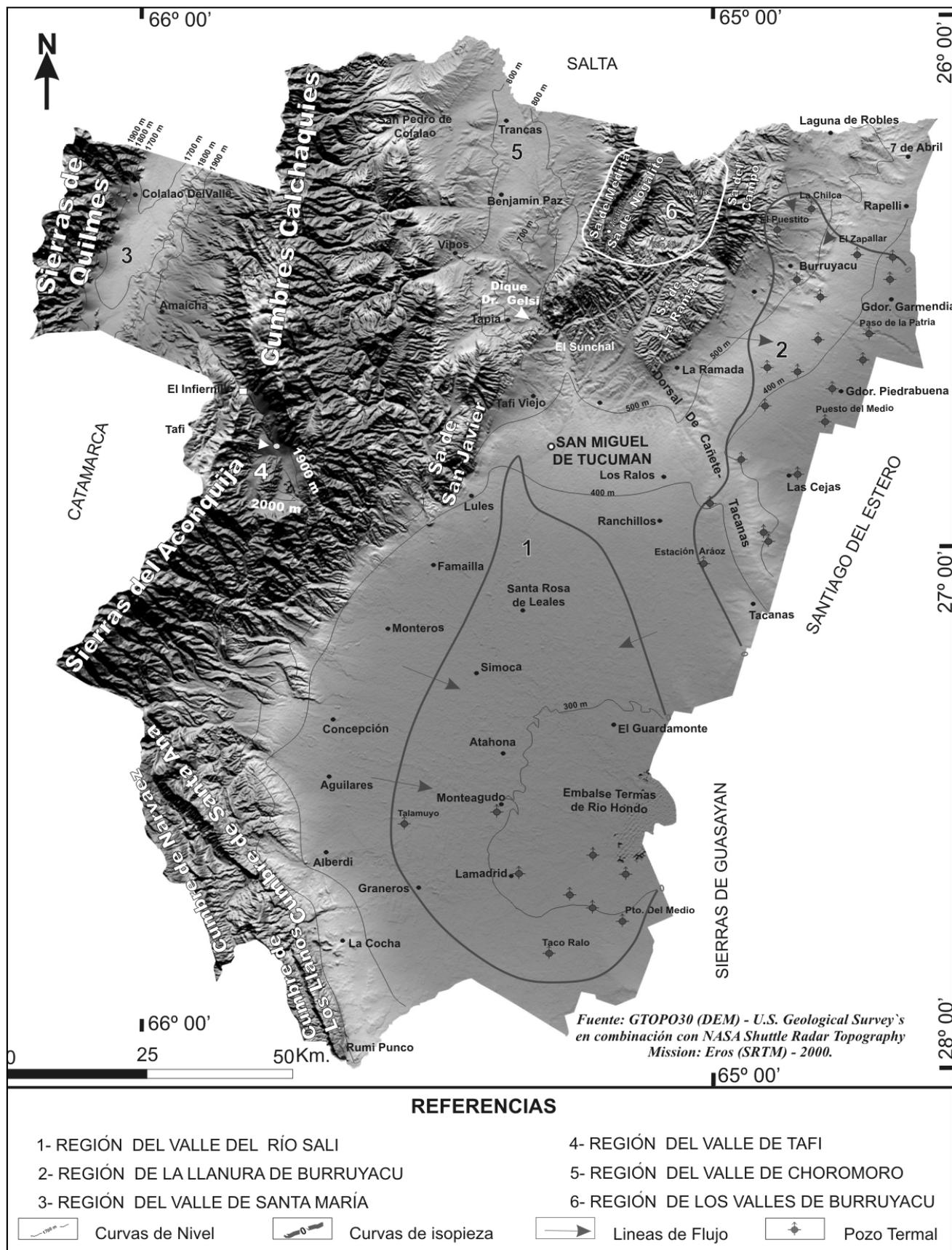


Figura 1. Imagen radar de regiones hidrogeológicas de Tucumán.

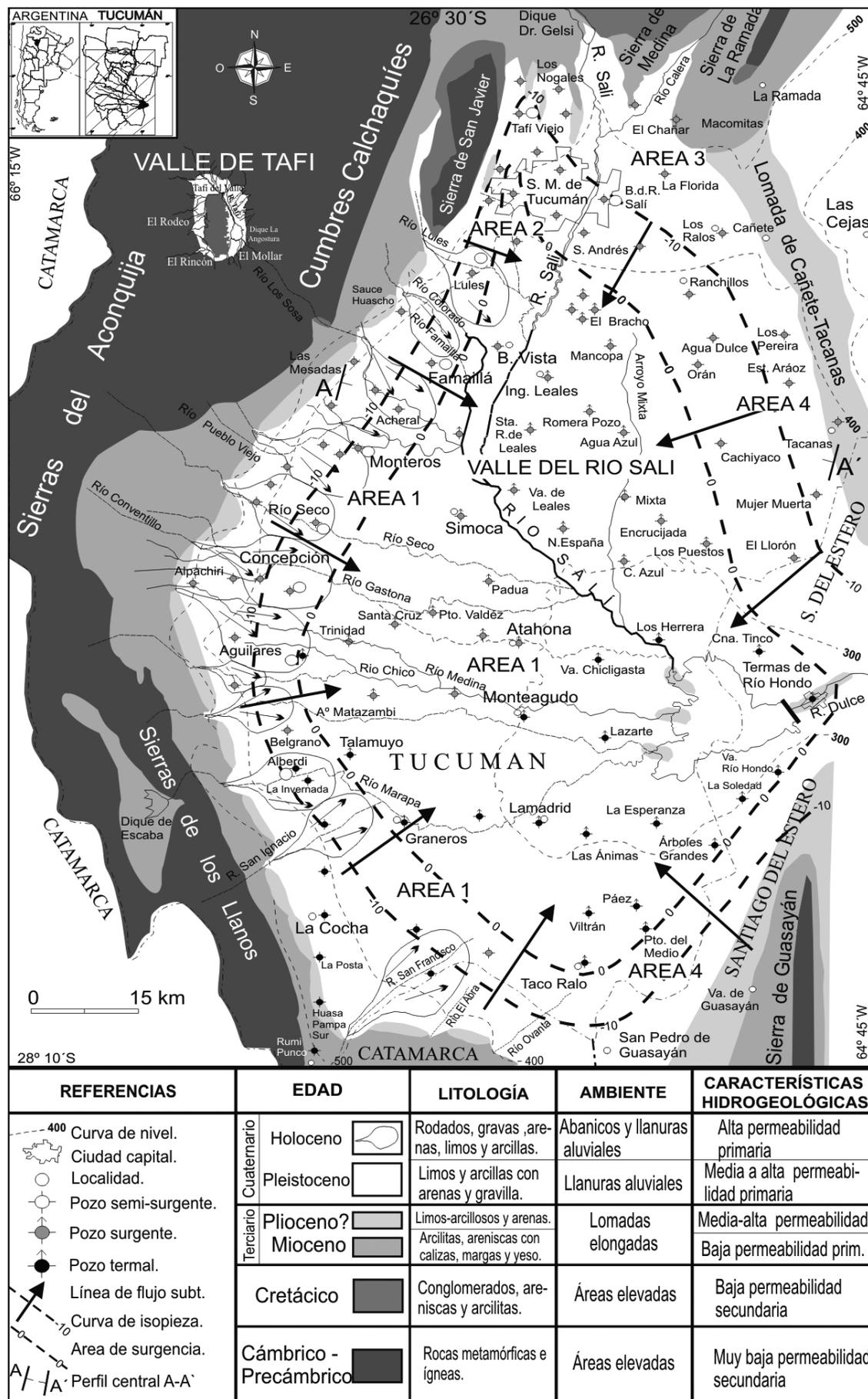


Figura 2. Mapa de región hidrogeológica del valle del Río Salí.

En el piedemonte de las sierras se registra una sucesión de niveles clásticos gruesos, gravas y arenas que se interdigitan con pelitas en profundidad hacia la llanura distal.

En la llanura hacia el límite con Santiago del Estero se encuentran las Lomadas de Cañete-Tacanas, hacia el norte, y la Sierra de Guasayán, hacia el sur, con núcleos de materiales geológicos impermeables, que limitan el flujo superficial y subterráneo y generan una cubeta hídrica con presiones de surgencia natural en los paquetes acuíferos.

Basados en las características hidrogeológicas se pueden diferenciar cuatro áreas hidrogeológicas con características distintivas:

Área 1. Vertiente Oriental de las Sierras del Aconquija y Cumbres Calchaquies

La primera zona es la más grande por su distribución, con una superficie estimada de 6.000 km². Abarca desde el río Lules en el norte hasta el río San Francisco en el sur y desde el pie de sierra hasta el río Salí y el arroyo Mixta por el este (García, J; 2012).

Los pozos son de profundidad variable, de 150 a 450 m, con caudales medios de 150 a 200 m³/h y buenos rendimientos de 10 a 15 m³/h/m. Predominan las aguas de buena calidad química, de tipo bicarbonatadas cálcica-sódicas con salinidades de 300 a 600 mg/L (Nicollí, H. et al; 2000).

Los niveles piezométricos varían entre 40 m de profundidad en áreas elevadas hasta niveles muy someros, de 2 a 5 m, en la llanura aluvial. En este sector hay surgencia natural para pozos de más de 200 m., con aguas termales a temperaturas del orden de 30 a 35 °C (Pozos de Talamuyo, con 450 m de profundidad y Aguilares con 270 m de profundidad).

Mediante la correlación litológica de perfiles de perforaciones y el análisis de la información hidrogeológica obtenida de informes técnicos fue posible diferenciar tres paquetes o unidades hidrogeológicas en el subsuelo del sector (García, J., 2005, 2012).

El paquete superior (A), predominantemente gravoso grueso del Holoceno, el paquete intermedio (B), con arenas medias a gruesas de Pleistoceno-Holoceno y el paquete inferior (C) de arcillas y limos con arenas medias plio-pleistocenas (Figura 3).

Todas las ciudades del sur tucumano emplazadas a la vera de las Rutas Nacionales N° 38 y N° 157 se abastecen de agua potable mediante pozos profundos. Allí también se asientan los polos industriales y agrícolas que se abastecen exclusivamente de agua de perforaciones de 200 m de profundidad.

En la zona de El Bracho, por la Ruta Nacional N° 9, existen en el orden de 10 pozos, con profundidades de 150 a 300 m, con caudales elevados 200 a 300 m³/h y excelentes rendimientos (20 a 30 m³/h/m).

La zona de llanura ubicada entre Famaillá y Monteros, se está transformando en un nuevo polo de desarrollo industrial debido a su riqueza hidrogeológica. Allí se han instalado en los últimos años empresas como Cervecería Quilmes (ex-Norte), Citrícola Citromax y Aguas Gaseosas Ives, que captan aguas mediante pozos de 200 m con excelente calidad y rendimiento (García, J; 2012).

La zona pedemontana alta ubicada entre Aguilares, Alberdi y La Cocha presenta algunas dificultades hidrogeológicas debido a la presencia de lomadas con sedimentitas miocenas a

poca profundidad, que salinizan las aguas con sulfatos de sodio y calcio.

Estas condiciones hidrogeológicas mejoran hacia la zona de llanura, donde los sedimentos cuaternarios son más potentes y las sedimentitas se profundizan en el subsuelo.

La calidad química del acuífero libre de toda la llanura tucumana se encuentra severamente comprometida, debido al vertido de efluentes cloacales e industriales (citrícolos, ingenios, papelería, levadura, energía eléctrica, frigoríficos, etc.) sin tratamiento previo en los ríos de la provincia.

Es de esperar que de modo inmediato los organismos de gobierno provincial arbitren los medios económicos y legales para exigir a las empresas, tanto públicas como privadas, la instalación y el funcionamiento eficiente de plantas de tratamiento de efluentes en todas las descargas de la provincia (García, J; 2012).

Área 2. Vertiente Oriental de Sierra de San Javier

Esta zona es de menor superficie que la anterior, con un área aproximada de 1.000 km² constituye un área de recarga septentrional del valle del río Salí. Allí se ubica San Miguel de Tucumán, con 800.000 habitantes, donde se hace una explotación intensiva del recurso subterráneo para usos múltiples, humano, agrícola e industrial (García, J., 2012).

Abarca desde Tafi Viejo por el norte hasta Lules por el sur y desde el piedemonte de la Sierra de San Javier por el oeste, hasta el río Salí por el este (García, J., 2012).

Los pozos son de profundidades variables de 150 a 180 m, con caudales promedios de 150 m³/h y buenos rendimientos de 5 a 10 m³/h/m. Los niveles piezométricos varían entre 40 m en áreas elevadas hasta niveles muy someros, de 4 a 8 m en la llanura distal. Las aguas son de buena calidad, de tipo bicarbonatadas-sulfatadas cálcica-sódicas y con salinidades de 400 a 800 mg/L.

En la zona del Gran San Miguel de Tucumán existen en el orden de 200 pozos, que se usan en mayor medida para abastecer de agua potable a la población.

En algunos sectores de la ciudad la elevada densidad de perforaciones y la geología del subsuelo desfavorable hacen que existan problemas hidrogeológicos por interferencias entre pozos, mermas de rendimientos y descensos de niveles entre otros procesos.

Las zonas particularmente problemáticas son Tafi Viejo, Villa Carmela, La Rinconada, El Manantial, Villa Mariano Moreno y el casco céntrico de San Miguel de Tucumán, donde no se hace una planificación urbana y las perforaciones se ubican de acuerdo a necesidades edilicias sin tener en cuenta los estudios del subsuelo profundo.

Para encontrar una solución a esta problemática, que se agravará en los próximos años debido al crecimiento inmobiliario, se deberán explorar áreas aún no explotadas, con buenas condiciones hidrogeológicas con el objeto de diseñar baterías de perforaciones y sus redes de distribución para el abastecimiento de las zonas más pobladas.

Área 3. Vertiente Austral de las Sierras de Medina y La Ramada

Esta zona tiene un área aproximada de 1.000 km², donde se ubica el río Calera que es un afluente septentrional del río Salí. Abarca desde las zonas de El Timbó y El Chañar por el

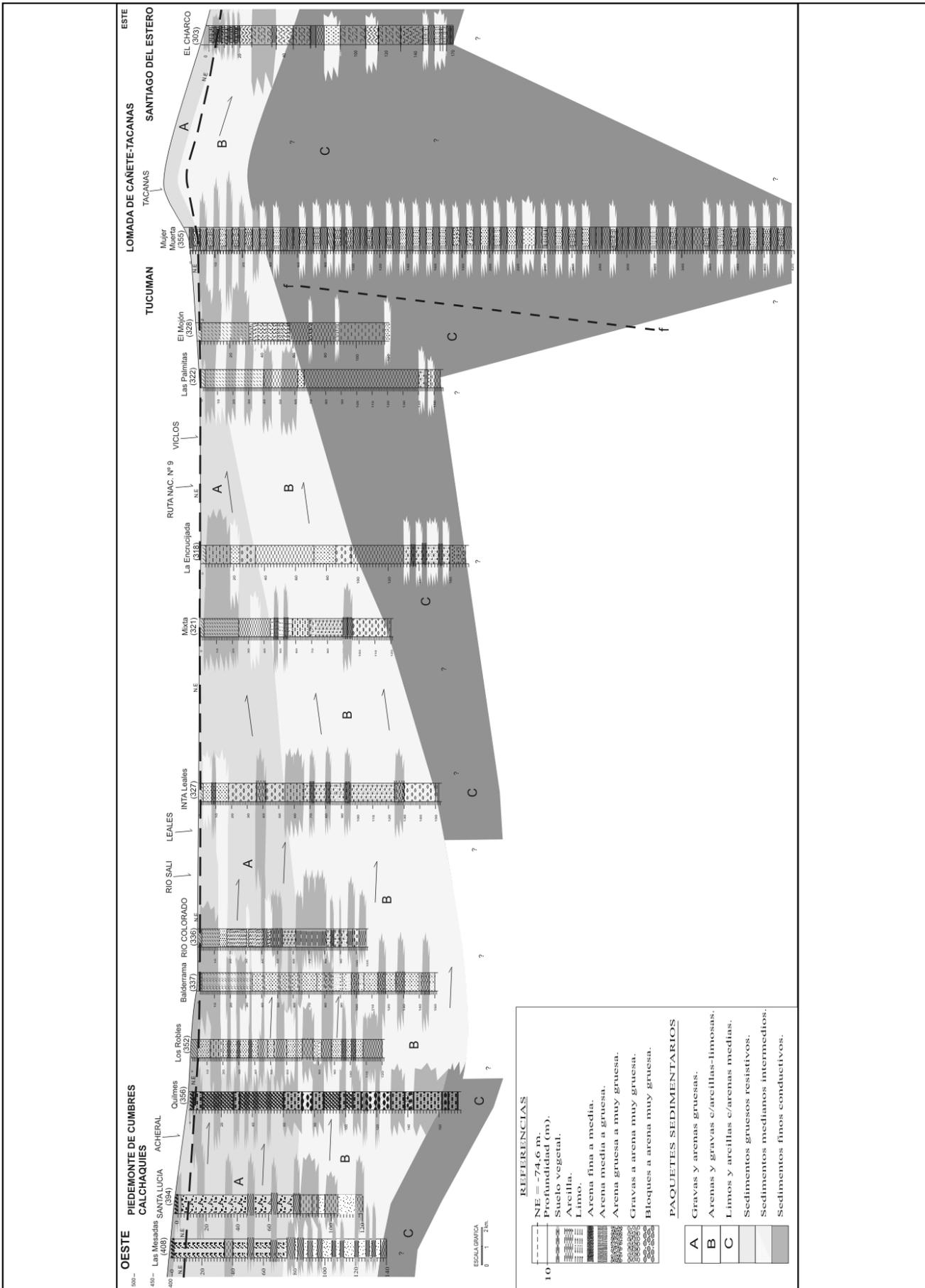


Figura 3. Perfil de región hidrogeológica del valle del río Salí.

norte, hasta las zonas de La Florida y Finca Mayo por el sur y desde del río Salí por el oeste, hasta las Lomadas de Cañete-Tacanas por el este (García, J., 2012).

Los pozos son en general de 80 a 120 m de profundidad, con caudales de 30 a 60 m³/h y rendimientos de 0,5 a 2 m³/h/m. Los niveles piezométricos van de -20 m, en áreas elevadas, hasta niveles de -2 a -4 m, en la llanura aluvial. La calidad química de las aguas es regular, con salinidades de 700 a 1.500 mg/l y de tipo iónico sulfatadas a cloruradas sódico-cálcicas (Nicolli, H. et al; 2000).

En estos sectores bajos ubicados en el valle del río Calera se encuentran las mejores condiciones hidrogeológicas para la explotación de aguas subterráneas, donde existe un mayor relleno cuaternario y los sedimentos terciario miocenos están más profundos.

En esta área existe un acuífero libre de poco espesor, en materiales aluviales con participación de sedimentos limo-loésicos hacia las zonas marginales del valle.

La zona cuenta con explotaciones agrícolas de citrus y caña de azúcar, que se abastecen de agua con perforaciones de 120 m. La población en general se concentra en pequeñas comunidades como el Timbó, El Chañar y Macomitas, que también cuentan con pozos del orden de 120 m de profundidad.

La población rural dispersa que no cuenta con red de agua potable se abastece mediante pozos cavados de 5 a 10 m de profundidad, con aguas de mala calidad debido a la presencia de flúor y arsénico por sobre de las normas de potabilidad.

Hacia el sector elevado de la cuenca del río Calera, como en el Arroyo La Perdíz, hay vertientes salobres con 3.000 µS/cm, o más, de conductividad eléctrica. Allí las aguas son de tipos sulfatadas y cloruradas sódicas, como en la localidad de El Timbó, donde la Planta de Celusal explota niveles acuíferos y bancos de halita del Mioceno, mediante pozos de 80 m.

Área 4. Vertiente Occidental la Sierra de Guasayán y Lomadas de Cañete-Tacanas

Esta zona con un área de 2.000 km², abarca desde Cañete por el norte hasta Taco Ralo por el sur y desde el Arroyo Mixta, por el oeste, hasta Tacanas por el este (García, J., 2012).

Los pozos más productivos son de profundidades superiores a 200 m, con caudales de 80 a 130 m³/h y rendimientos de 1 a 2 m³/h/m. Los niveles piezométricos van de -20 m a la surgencia natural.

La calidad química de las aguas es regular a buena, con salinidades de 700 a 1.100 mg/l y con tipos iónicos sulfatadas cálcico-sódicas a sulfatadas-cloruradas sódico-cálcicas (Nicolli, H. et al; 2000).

En esta área también hay un sistema acuífero multicapa, con niveles clásticos que van desde el Plioceno al Cuaternario. El acuífero libre es limo-loésico profundo, con niveles de hasta 15 m, con aguas de regular a mala calidad, mientras que el acuífero confinado de tipo arenoso e intercalado con sedimentos finos es de buena calidad.

En la zona de Los Pereyra hay una población rural dispersa, que no cuenta con red de agua potable y que se abastece de pozos cavados del orden de 5 a 10 m de profundidad con aguas de mala calidad debido a elevados tenores de flúor y arsénico.

Entre la vertiente occidental de la Sierra de Guasayán y la Ruta Nacional N° 157 se identifican zonas con aguas termales surgentes, con temperaturas de 30 a 45 °C en pozos de más de 200 m, como los de Lamadrid, Taco Ralo, Viltrán, Páez y Puesto del Medio.

REGIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA LLANURA DE BURRUYACÚ

Se desarrolla en el sector nordeste de la provincia de Tucumán, desde la vertiente oriental de las sierras de La Ramada y Del Campo, o borde subandino por el oeste, hasta la llanura deprimida en Santiago del Estero por el este (Figura 4).

En Tucumán abarca una superficie aproximada de 2.700 km². Su límite norte se extiende hacia la provincia de Salta y por el sur alcanza las Lomadas de Cañete-Tacanas, que son un alto estructural o prolongación en profundidad de la sierra de la Ramada, que la separa del Valle del Río Salí.

La región de Burruyacú se inserta en una región subtropical continental con marcada amplitud térmica. Las temperaturas medias anuales varían entre 14° y 18° C.

En las sierras de La Ramada y Del Campo las precipitaciones alcanzan los 900 a 1.000 mm anuales, que decrecen a 500 mm en el límite con Santiago del Estero.

Estas sierras tienen una orientación NNE-SSW con altitudes máximas de 1.200 y 2.000 m.s.n.m, respectivamente. Se encuentran desplazadas una respecto a la otra por una falla diagonal o transcurrente de rumbo NNW-SSE, por la que fluye el río Tajamar o Cajón.

Adosadas a las sierras, entre cotas de 500 a 700 m.s.n.m, se desarrollan lomadas elongadas y achatadas con un núcleo terciario y cubierta cuaternaria. Por debajo de los 400 m.s.n.m. y con una suave pendiente al este se desarrolla la llanura de Burruyacú, con presencia de suelos limo-loésicos.

Desde finales del Terciario la región se rellenó con potentes niveles de conglomerados, gravas y arenas, con paquetes de limos-arcillosos intercalados. Los horizontes clásticos tienen un buen desarrollo, desde decenas de metros en La Cruz, El Puestito y Requielme, hasta superar los 200 m en La Ramada, El Rodeo, Los Pempas y La Argentina, en el oeste de la zona (Falcón, 2004).

La red de drenaje está fuertemente controlada por la estructura que origina ríos y arroyos, la mayoría temporarios con orientación NNW-SSE. Solo los ríos Uruña-Horcones y Tajamar-Cajón, por ser más caudalosos y de carácter permanente logran alcanzar la llanura deprimida de Burruyacú, originando abanicos aluviales de gran importancia hídrica.

El río Cajón-Tajamar forma un extenso abanico aluvial entre los 600 y 350 m.s.n.m., con una marcada influencia hasta el límite con Santiago del Estero (Tineo y otros, 1998).

Estudios geológicos y geofísicos establecen la llanura de Burruyacú la presencia de tres Sistemas Acuíferos: 1. Libre, 2. Superior o Profundo y 3. Inferior o Termal Surgente (Falcón, 2004).

La llanura ondulada se prolonga al este del piedemonte y constituye un paisaje de lomadas bajas que alternan con valles de escaso relieve y fondo plano, de rumbo general oeste-este. Están formadas por material aluvional, gravas y arenas en su mayoría cubiertas por material loésico, con reservorios de agua de regular caudal y contenido salino.

La información aportada por perforaciones profundas y estudios geoelectrónicos establece para la zona pedemontana y de llanura deprimida, por debajo de los 200 m de profundidad, un notable incremento en la participación de sedimentos pelíticos limo-arcillosos rosados, intercalados con arenas cuarzosas, finas a medianas, de muy buena selección, asignadas al Plioceno.

En la zona de límite entre Tucumán y Santiago del Estero se encuentran los mayores rendimientos por surgencia natural con caudales de hasta 150 m³/h, en las localidades de Las Cejas, Isca Yacu, La Fortuna, Paso de la Patria y El Bobadal, entre otras.

Por debajo de los 300 m de profundidad se han determinado importantes manifestaciones hipertérmicas, con temperaturas de 30 a 42 °C, en Paso de La Patria, Santa Teresita, La Fortuna, San Arturo, Piedrabuena, Garmendia, Puesto del Medio, Las Cejas (Falcón y Tineo 2005 y 2006).

Los métodos eléctricos determinan al acuífero termal surgente con valores de resistividades de 20 a 60 Ω.m y que corresponden al Sistema Acuífero Inferior (Tineo y otros, 1999 y Falcón, 2004). En la zona pedemontana tiene piezometría negativa, caudales de bombeo hasta 200 m³/h y buenas transmisividades (Figura 5).

Le continúan extensos depósitos de abanicos aluviales y arenas finas de canales divagantes o paleocauces, que alojan los mejores acuíferos de la región, tanto por su rendimiento como por su calidad química. Aquí se desarrolla el Sistema Acuífero Superior, a profundidades de 20 a 150 m y resistividades de 40 a 150 Ω.m. Presenta piezometría negativa, caudales de bombeo y específicos de 100 a 200 m³/h y 7 a 10 m³/h/m respectivamente y transmisividades de 1.500 a 2.000 m²/día.

El relleno más somero de la región está representado por arenas finas y limos loésicos. En ellos se desarrolla el Sistema Acuífero Libre, presente en la zona pedemontana de Cañada de Alzogaray, El Espinillo, Mariño, Las Corzuelas y Los Pereyra. Su bajo caudal de extracción, solo posibilita el abastecimiento de grupos familiares reducidos. Los valores promedios de STD y CE son de 1.100 mg/L y 1.400 μmhos/cm respectivamente, con aguas bicarbonatadas y sulfatadas sódicas y cálcicas. Los valores de oligoelementos superan los límites establecidos para agua potable, como en Mariño, Cañada de Alsogaray y Colonia San Luis con 1.910, 1.780 y 873 μg/L de flúor y 45,7, 56,9 y 58,8 μg/L de arsénico (Niccoli 2009). En la llanura, el aumento de espesor de la cubierta loésica y la escasa participación de niveles arenosos intercalados lo restringe a los paleocauces del río Tajamar.

REGIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE DE SANTA MARÍA

La Región del Valle de Santa María constituye una amplia depresión tectónica situado entre bloques de las sierras de Quilmes, por el oeste y las Cumbres Calchaquies y Sierras del Aconquija por el este. Se extiende desde Catamarca al sur, hasta la provincia de Salta al norte, desarrollando su área central en territorio tucumano (Figura 6).

Las precipitaciones en el valle son del orden de los 200 mm anuales, decreciendo hacia el oeste hasta valores de 150 mm en el faldeo oriental de la sierra de Quilmes. El clima de la región es desértico y frío, tipo BW kwb con medias anuales de 18 °C.

El río Santa María es el colector principal del valle, donde escurre de sur a norte, recibiendo desde el oeste los afluentes de la sierra de Quilmes, siendo la mayoría de ellos estacionales

y de escaso caudal. Desde el este recibe los afluentes que provienen de las Sierras del Aconquija, siendo el río de Amaicha el más importante.

La cuenca de Santa María presenta déficit hídrico anual, las precipitaciones no superan los 200 mm anuales y la evapotranspiración es superior a 700 mm anuales.

La recarga natural ha sido estimada en 8,8 hm³/año, a lo que se deben agregar los aportes de la recarga artificial por efectos de riego de cultivos.

La zona de descarga del agua subterránea se ubica en el sector bajo del valle de Santa María. La dirección del flujo subterráneo es de sur a norte, coincidiendo a grandes rasgos con el flujo del agua superficial y con la pendiente regional de terreno.

En base a análisis geológicos, geomorfológicos, de información de perforaciones y a la prospección geofísica, realizada por García y otros (2011), se ha determinado la importancia de la cuenca hidrogeológica del valle del río Santa María en territorio tucumano.

Desde el punto de vista geológico se determinó un gran desarrollo de los abanicos aluviales en la zona de El Paso, Quilmes y Colalao del Valle, con otros menores en El Bañado y Anjuana. Están constituidos por sedimentos gruesos provenientes de las sierras de Quilmes, tienen un predominio de rodados de metamorfitas, con niveles de gravas y arenas gruesas con importante desarrollo en superficie y en profundidad que sobrepasan el límite del río Santa María hacia el este (Figura 7).

Se destacan los abanicos aluviales coalescentes desde El Paso hasta Quilmes y los de los ríos Pichao y Managua que forman el gran abanico de Colalao del Valle.

Existe una zona intermedia entre El Bañado y Anjuana, donde descargan las quebradas de Las Cañas, Las Chilcas y Talapaso, es donde se observa un menor desarrollo de estos abanicos, influenciados posiblemente por problemas estructurales profundos.

Las terrazas del río Santa María presentan material aluvional grueso de elevada permeabilidad constituyendo un excelente acuífero con agua de buena calidad

Los caudales de bombeo de los pozos son muy variables de acuerdo a las necesidades de abastecimiento de cada explotación y están en el orden de los 30 a 186 m³/h con un caudal de bombeo promedio de 67 m³/h. Las profundidades de captación van de 80 a 210 m.

Los pozos con mayores caudales de explotación son utilizados para el riego de fincas agrícolas de las colonias de Inca Lilla, con caudales de bombeo de 100 a 200 m³/h. Los caudales específicos de los pozos son también variables aunque no hay una relación directa con las profundidades de captación de los pozos y varían entre 1,8 y 25 m³/h/m. y el caudal específico medio es de 8,4 m³/h.

En Amaicha del Valle la tectónica local ha permitido una acumulación considerable de material permeable, aunque de menor rendimiento que la zona baja de la cuenca. En esta zona los rendimientos de los pozos disminuyen sensiblemente.

REGIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE DE TAFÍ

La región de Tafí del Valle se ubica a 100 km al oeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, es un valle tectónico elongado en dirección submeridional sobre el que escurre el río Tafí (Figura 8).

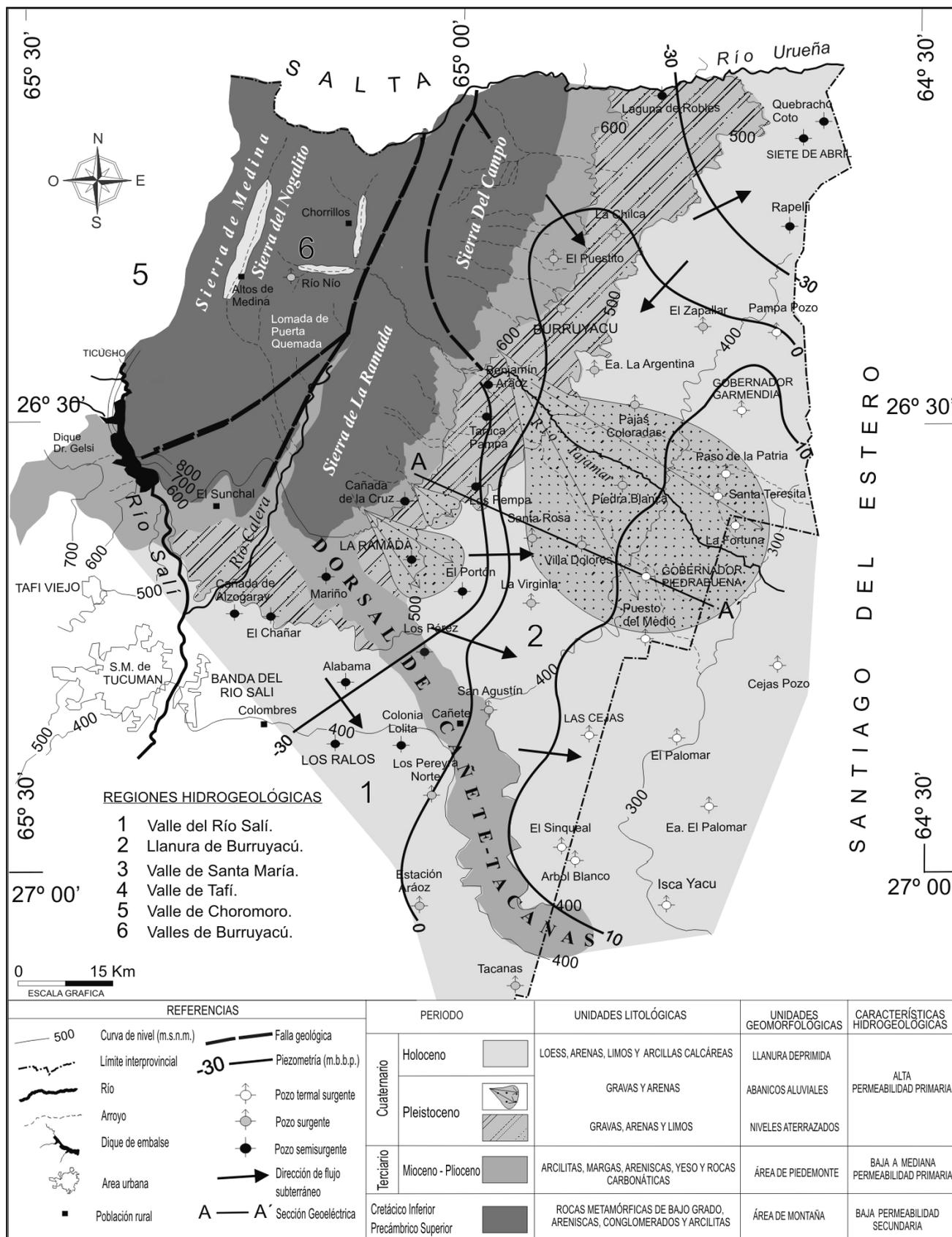


Figura 4. Mapa de región hidrogeológica de la Llanura de Burruyacú.

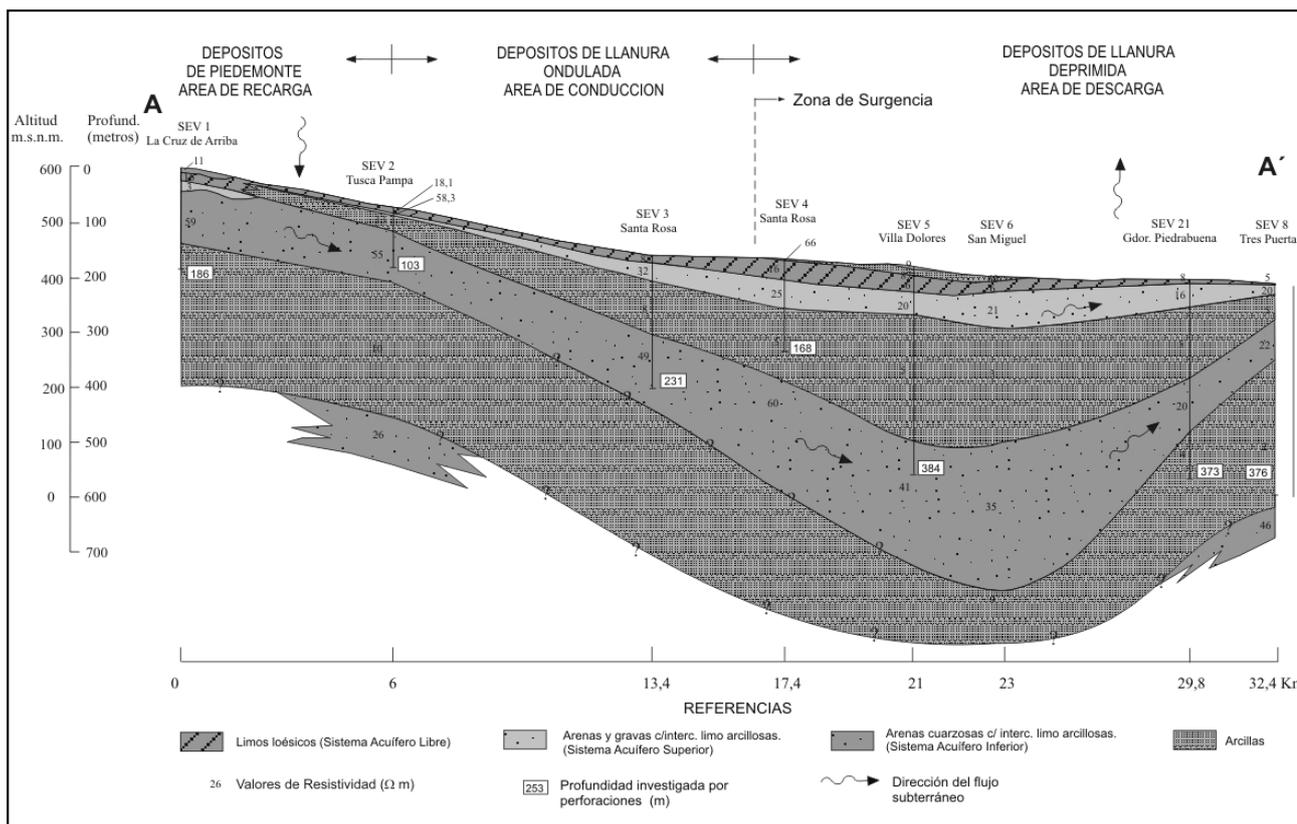


Figura 5. Perfil de región hidrogeológica de la llanura de Burruyacú.

En base a las características ambientales se identificaron tres áreas hidrogeológicas en la Región de Tafí del Valle. La primera área es de Tafí del Valle, ubicado entre la Loma Pelada al oeste y los bordes de Cumbres Calchaquíes y Mala Mala, al este. En este sector los ríos que bajan de las Cumbres Calchaquíes forman conos coalescentes hacia la parte baja, entre los que se destacan los de los ríos El Blanquito y La Puerta. Esta zona constituye una de las mejores áreas para la explotación y aprovechamiento del agua subterránea, con niveles entre los 20 y 30 m.b.b.p. y caudales del orden de los 100 a 150 m³/h. Los acuíferos son semiconfinados, formados por arenas y gravas gruesas intercalados con limos y arcillas de mediana a alta permeabilidad. La recarga se ubica en el borde de las Cumbres Calchaquíes y la descarga en la cuenca baja del río Tafí, que desemboca en el Embalse La Angostura (Figura 9).

La segunda es el Valle del Río Las Carreras-Los Alisos, con escasa información hidrogeológica, que constituye un valle estrecho, con pendientes abruptas, sobre el que se desarrollan los conos-glacis de los ríos Blanco, De La Ovejería y De Las Carreras en el piedemonte de las sierras del Aconquija.

La tercer área es la de El Mollar, ubicado sobre la ladera septentrional del Cerro Ñuñorco Grande, caracterizada por la presencia de glacis cubiertos. Sobre la parte distal de estas paleoformas se ubican perforaciones, con niveles de 10 a 20 m.b.b.p. y caudales de 20 y 40 m³/h. Están formados por sedimentos gruesos, arenas y gravas, con intercalaciones de una matriz fina limo-arcillosa.

La recarga se produce en los faldeos del Cerro Ñuñorco y la descarga es en el Embalse La Angostura. Esta zona presen-

ta características favorables para la explotación del agua subterránea, principalmente en las regiones intermedia y distal de los glacis.

Las aguas superficiales y subterráneas en el Valle de Tafí son de tipos bicarbonatadas cálcicas-magnésicas, de muy buena calidad para uso humano y para riego.

REGIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL VALLE DE CHOROMORO

Esta región que se ubica al norte de la provincia de Tucumán, en el departamento Trancas, es un valle tectónico, limitado al oeste por las Cumbres Calchaquíes pertenecientes al sistema de Sierras Pampeanas al este, por la Sierra de Medina, perteneciente al sistema de Sierras Subandinas al sur por el Morro del Cadillal y los Bordes del Saladillo y al norte por la divisoria de aguas que coincide con el límite interprovincial con Salta (Figura 10).

El río Salí es el colector principal del valle, nace en el río Tala y escurre de norte a sur en la parte central de la región. Reúne las aguas de los ríos Acequiones, Choromoro, Vipos y Tapia, que descienden de las Cumbres Calchaquíes con rumbo oeste-este. También recibe aportes menores desde las sierras del nordeste.

Las precipitaciones son escasas; apenas superan los 400 mm en el fondo del valle y van aumentando a medida que se asciende el piedemonte, hasta un máximo de 800 mm anuales. En la mayoría de los casos la evapotranspiración excede a la precipitación, incluso llega a duplicarla. El déficit anual de precipitación determina que la infiltración sólo se hace efectiva en verano y principalmente en los cauces de los ríos y arroyos.

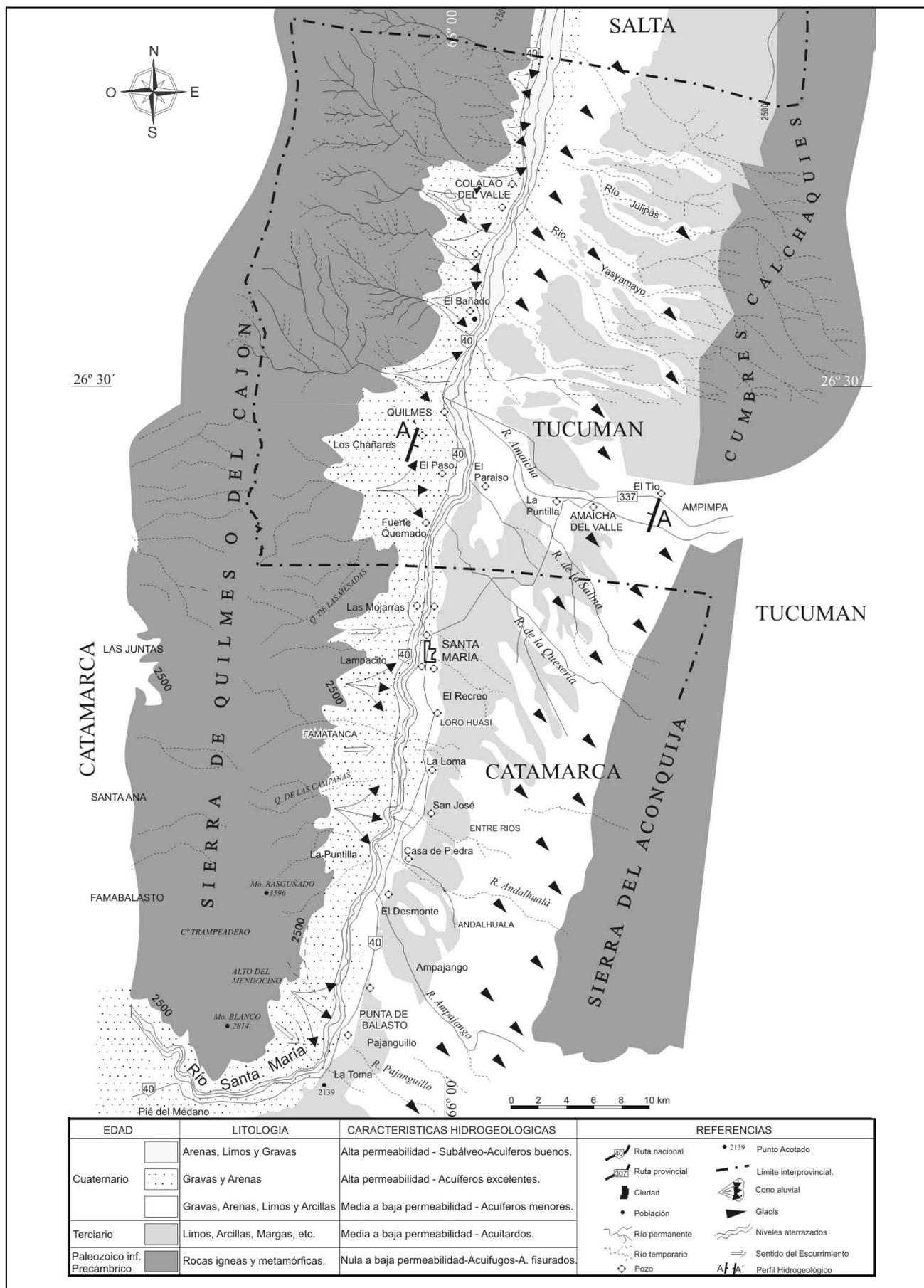


Figura 6. Mapa de región hidrogeológica del valle de Santa María.

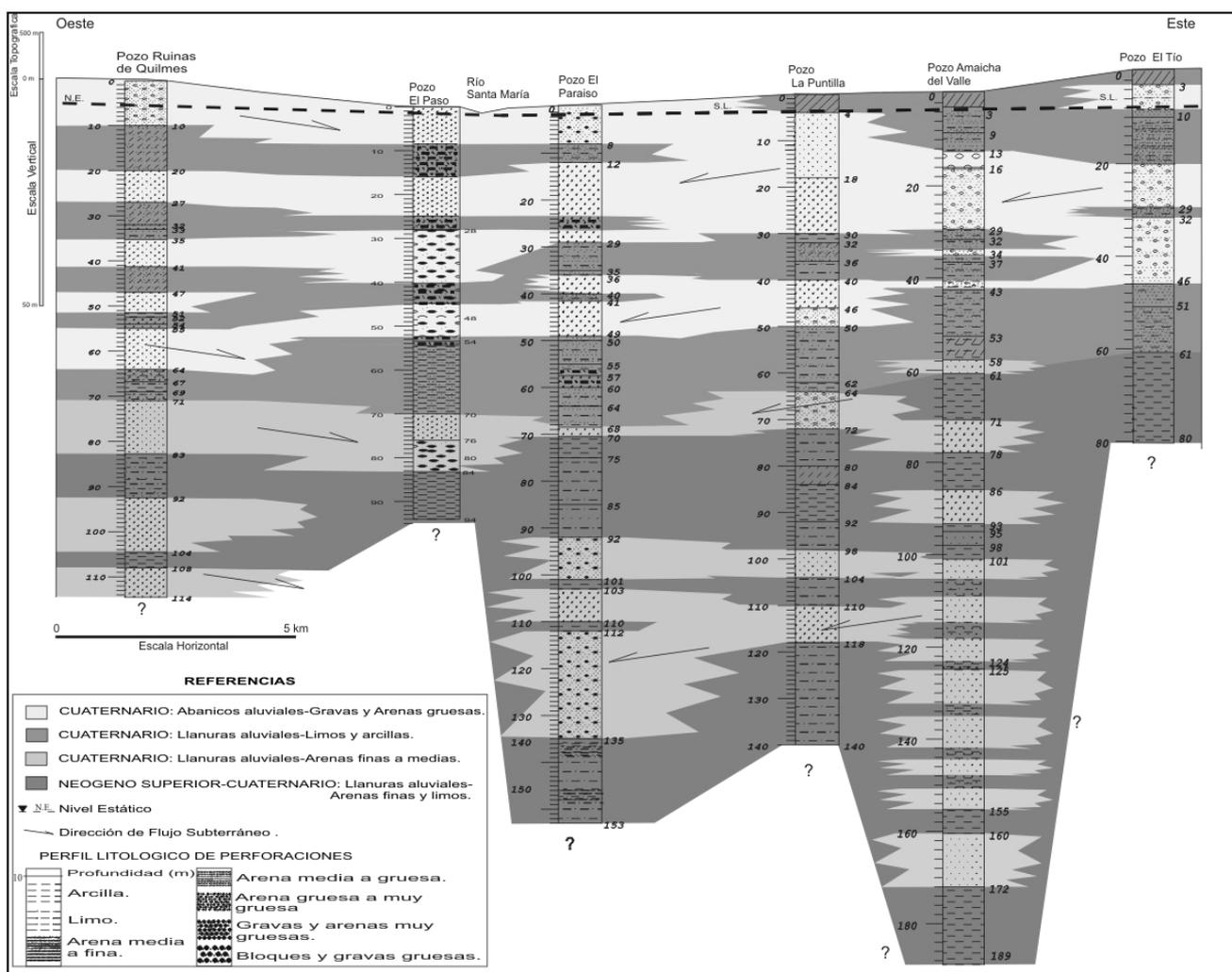


Figura 7. Perfil hidrogeológico del Valle de Santa María.

El valle de Choromoro pertenece a los Valles Intermontanos de las Sierras Subandinas. En la parte alta de esta región afloran rocas metamórficas de baja permeabilidad secundaria por diaclasas y fallas. En el piedemonte se desarrolla una secuencia mesozoica - terciaria fuertemente plegada y fallada, formada por areniscas, limos y arcillas de baja permeabilidad.

Los depósitos cuaternarios que constituyen los aluviones explotables de la región, cubren irregularmente a los sedimentos terciarios. Presentan una alternancia de materiales clásticos de grano grueso y fino, originando un sistema de acuíferos múltiples.

Los acuíferos se recargan en los depósitos de piedemonte de las sierras, donde las precipitaciones, son 600 mm anuales, que circulan por el subsuelo siguiendo la dirección y sentido que el escurrimiento superficial, hacia el río Salí.

La explotación de los mismos mejora en la parte baja del valle coincidiendo con el aumento de los espesores de los depósitos cuaternarios.

Del análisis de la información de subsuelo y la interpretación geológico-geomorfológica se pudieron diferenciar áreas o ambientes hidrogeológicos con características particulares en cuanto a niveles piezométricos, rendimientos y calidad del agua.

El área del Abanico Aluvial del Río Choromoro, que tiene menor distribución areal que el anterior, cubre una superfi-

cie de 50 km². En él se han reconocido niveles permeables de arenas y gravas intercalados con limos, con espesores que aumentan hacia la parte baja del valle. Este ambiente constituye un importante reservorio de agua de buena calidad y caudales de 150 m³/h, en pozos de 100 a 150 m de profundidad. (Tinero, A., et al; 1996). (Figura 11).

El área del Abanico Aluvial del Río Acequiones tiene una distribución aproximada de 100 km², con su ápice en la zona de Zárate y su descarga en el río Tala, entre Leocadio Paz y el sur de Trancas. Las perforaciones tienen una profundidad que varía entre los 100 y 230 m.b.b.p. y muestran paquetes de arenas gruesas y gravas con intercalaciones arcillosas.

En la zona apical del abanico reservorio el nivel estático es de -56 m.b.b.p. y el caudal de bombeo de 4 m³/h, mientras que próximo a la Ruta Nacional N° 9 el nivel estático se someriza, con un valor de -12 m.b.b.p. y un caudal de 120 m³/h. Los análisis químicos indican que las aguas son de buena calidad, aptas para uso humano y agrícola.

El área del Abanico Aluvial del Río Vipos, está ubicado al sur del Valle de Choromoro, donde los depósitos cuaternarios son de reducido espesor. En este ambiente predominan las lomadas terciarias por lo que la superficie del abanico aluvial actual es pequeña y restringida a la desembocadura del río Vipos en el Río Salí. La profundidad de las perforaciones para

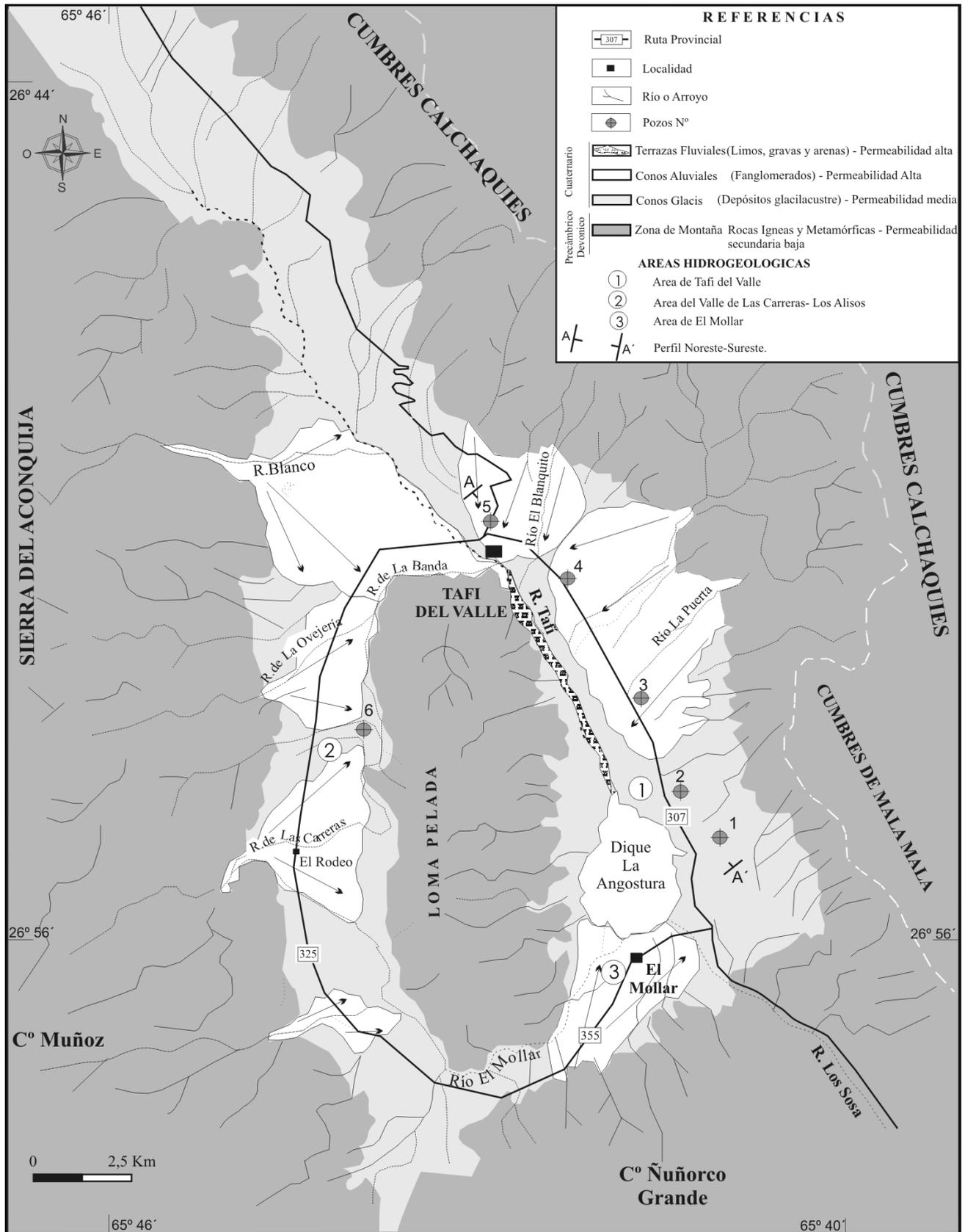


Figura 8. Mapa de región hidrogeológica del valle de Tafi.

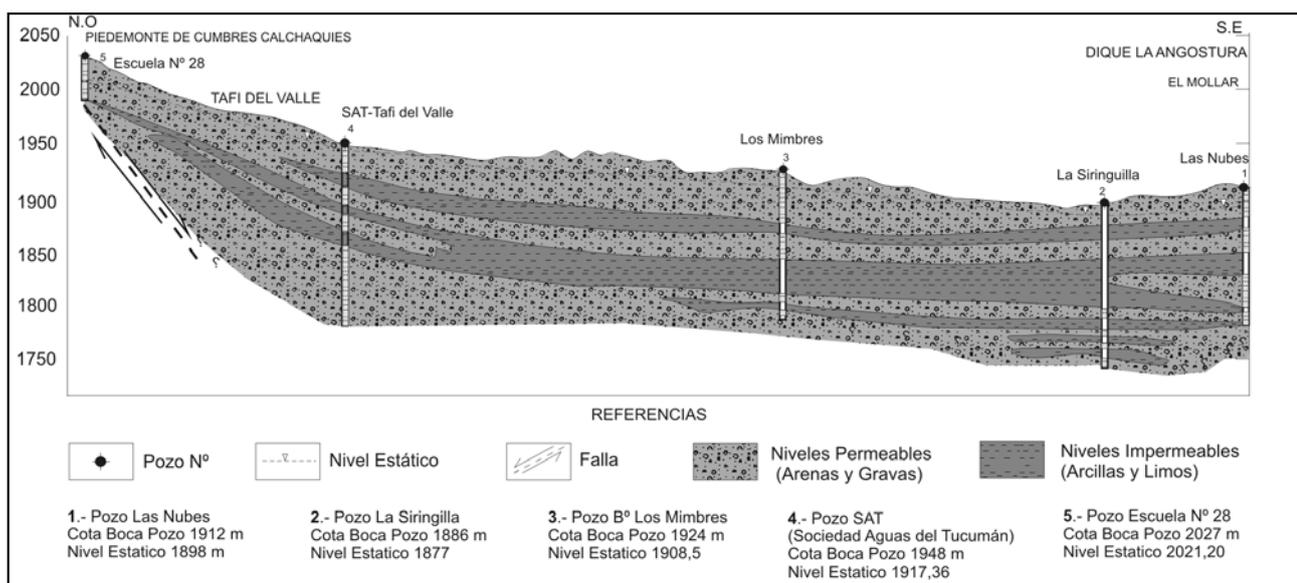


Figura 9. perfil de región hidrogeológica del valle de Tafi.

abastecimiento de agua potable son del orden de los 80 m, con un nivel estático de -10 m.b.b.p. y un caudal del orden de 40 m³/h.

El área de los Abanicos Aluviales de los Ríos India Muerta y Tapia está en el extremo sur de la región, donde predominan los afloramientos miocenos de margas y yeso con escaso relleno fluvial actual. Debido a que las aguas poseen elevados tenores salinos, este ambiente presenta malas condiciones para la acumulación de agua subterránea.

El área del Piedemonte de la Sierra de Medina se caracteriza por la heterogeneidad litológica, estratigrafía y tectónica. En la ladera occidental de la sierra de Medina se destacan formas de glaciés

de erosión, abanicos aluviales y valles estructurales. Aunque no existen antecedentes de perforaciones en la zona, las áreas de interés se encontrarían en la parte distal de los abanicos, muy cerca de la llanura aluvial del Río Salí.

El área de la Llanura Aluvial del Río Salí escurre por una falla de orientación aproximada norte-sur, generando depósitos aterrazados limitados en ambas márgenes por materiales pedemontanos y por lomadas terciarias en la zona de interfluvios.

Este ambiente hidrogeológico presenta las mejores posibilidades para el desarrollo económico, en base a la explotación de sus recursos hídricos subterráneos, sobre todo en la zona de las desembocaduras de los ríos Vipos, Choromoro y Acequiones, donde el valle es amplio y tiene un potente relleno cuaternario.

REGIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LOS VALLES DE BURRUYACÚ

Estos valles intermontanos recién fueron estudiados desde el punto de vista hidrogeológico hace pocos años (2010-2012), cuando se hicieron estudios por parte de la cátedra de Hidrogeología de la Universidad Nacional de Tucumán, que permitieron describirla y definirla como perteneciente a los Valles de Sierras Subandinas (Faviana, M.; 2011 y Herazo, L.; 2012).

Esta región se ubica al noreste de la provincia de Tucumán, en el departamento Burruyacú, entre las Sierras de Medina y Nogalito por el Oeste, la Sierra del Campo por el Este, el límite con la provincia de Salta por el Norte y la Lomada de La Puerta por el Sur.

Es un área con valles tectónicos, que conforma sinclinales fallados con materiales sedimentarios cretácico-terciarios que cubren al basamento metamórfico de bajo grado y que presenta una escasa cobertura de sedimentos cuaternarios (Figura 12).

Los depósitos cuaternarios que constituyen los aluviones explotables de la región cubren irregularmente a los sedimentos terciarios. Presentan una alternancia de materiales clásticos de grano grueso y fino, originando un sistema de acuíferos libres de poco espesor, en el fondo de los valles fluviales. Las precipitaciones son regulares; superan los 600 mm en el fondo del valle y van aumentando hasta los de 800 mm anuales, a medida que se asciende en las sierras. La evapotranspiración es menor que la precipitación, sobre todo en los meses de verano cuando se produce la recarga de los acuíferos en los cauces de los ríos y arroyos.

El río Medina es el colector principal del sector oeste del valle, que escurre de norte a sur entre las sierras de Medina por el oeste y El Nogalito por el este, para desaguar con el nombre de río Calera en el río Salí, próximo a San Miguel de Tucumán.

En este valle elongado en sentido norte-sur, debido al escaso espesor de los materiales cuaternarios, solo existen pozos cavados de 5 a 10 m de profundidad que captan el acuífero libre para el abastecimiento doméstico. Además existen vertientes de aguas dulces de buena calidad, que son captadas y envasadas para agua mineral de mesa.

El río Nío es el colector principal del sector este del valle, que escurre de Este a Oeste entre las sierras de Nogalito por Oeste y la sierra del Campo por el Este hasta unirse al río Chorillos y formar el río Tajamar o Cajón, que desagua en la Llanura de Burruyacú.

En este valle alargado en sentido este-oeste existen pozos perforados de 80 a 100 m de profundidad, que captan niveles

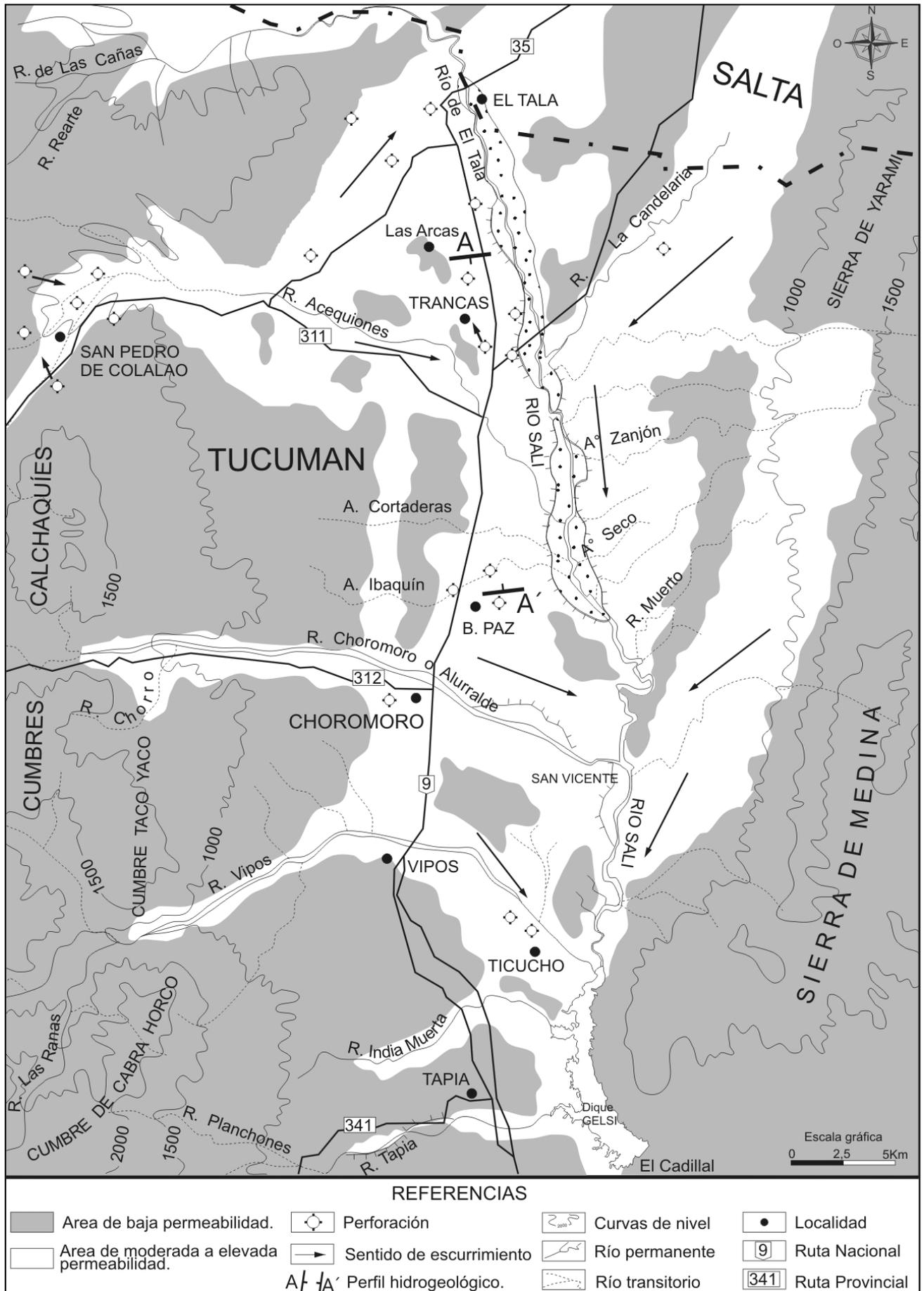


Figura 10. Mapa de región hidrogeológica del valle de Choromoro.

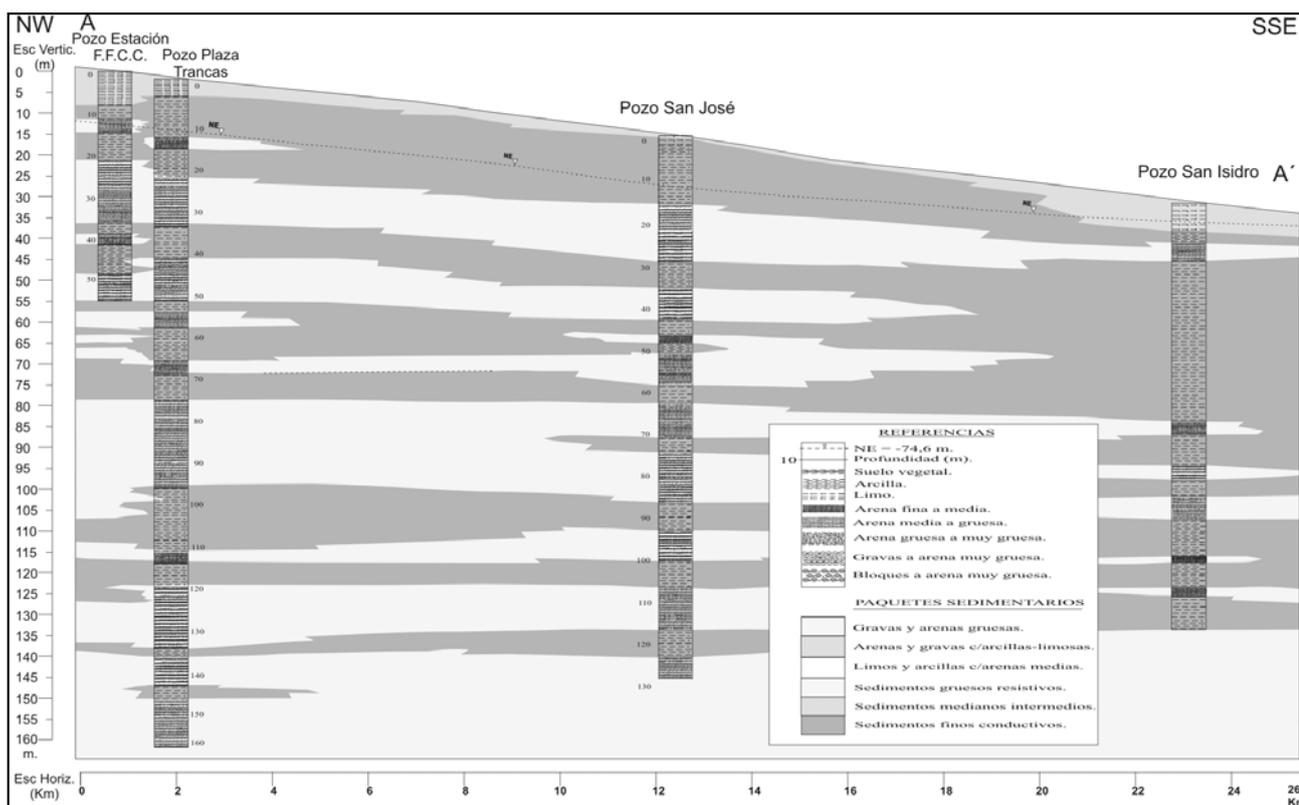


Figura 11. Perfil de región hidrogeológica del valle de Choromoro.

cuaternarios gravo-arenosos y probablemente arenas terciarias para el abastecimiento doméstico en el pueblo de Río Nío. También existen pozos cavados de 5 a 7 m de profundidad para uso familiar en zonas aisladas.

Es recomendable en el futuro extender los estudios hidrogeológicos a otras áreas del valle como en el río Chorrillos y prospectar la zona con estudios de subsuelo para la búsqueda de aguas termales dada la proximidad del valle a estructuras y lineamientos como los de Rosario de la Frontera y Metán.

CONCLUSIONES

La provincia de Tucumán, emplazada en el sector norte de la Argentina, se destaca por la abundancia de sus recursos hídricos superficiales y subterráneos.

La particular disposición de los cordones montañosos occidentales de Cumbres Calchaquíes y Sierras del Aconquija y los cordones orientales, Sierra del Campo, La Ramada, Medinas y del Nogalito, así como sus características climáticas asociadas, determinan la formación de una densa red de ríos y arroyos en gran parte del territorio provincial.

En el sector más elevado de las Sierras del Aconquija las precipitaciones alcanzan máximos de 2.000 mm anuales, mientras que hacia el este, en el límite con la provincia de Santiago del Estero, la disminución de las lluvias y la insolación provocan un elevado índice de aridez.

La información de perforaciones y de estudios geofísicos por el método de sondeos eléctricos verticales, ha permitido estimar para el sector de valles intermontanos y llanura oriental tucumana, el desarrollo de sedimentos cuaternarios y pliocenos granulares de buena permeabilidad y espesores importantes, con acuíferos de buen rendimiento y calidad.

En base a las características climáticas, geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas se reconocen seis regiones hidrogeológicas: 1) Región Hidrogeológica del Valle del Río Salí, 2) Región Hidrogeológica de la Llanura de Burruyacú, 3) Región Hidrogeológica de Tafi del Valle; 4) Región Hidrogeológica del Valle de Santa María, y 6) Región Hidrogeológica de los Valles de Burruyacú.

Se plantea para los próximos años avanzar en el conocimiento de zonas marginales de la llanura y los valles intermontanos, así como profundizar las exploraciones en el subsuelo por debajo de los 300 m de profundidad, en niveles del Terciario.

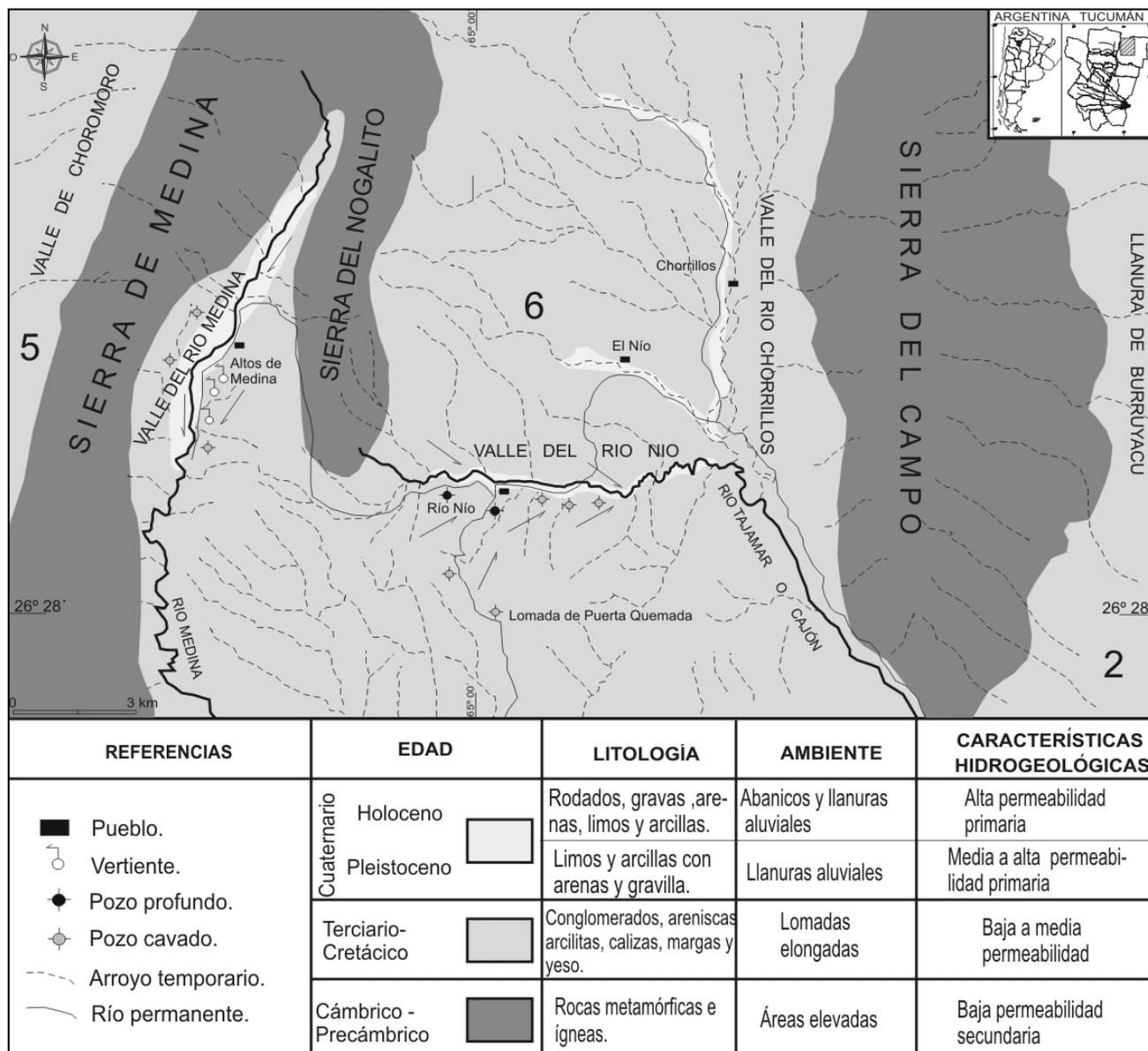


Figura 12. Mapa de región hidrogeológica de los valles de Burruyacu.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

CÁTEDRA DE HIDROGEOLOGÍA. 1983-2016.
 Biblioteca de Tesinas-Tesis y Archivos de Perforaciones.
 Facultad de Ciencias. Naturales e Instituto Miguel Lillo. UNT. (Inédito).

DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AGUA. 1978-2005.
 Archivo de perforaciones. Laboratorio de Hidrogeología.
 Gobierno de la Provincia de Tucumán. Inédito.

D'URSO, C.; RODRÍGUEZ AREAL, M.; MARCHISIO, P.; RODRIGUEZ, M.; LÓPEZ, J.P.; RODRÍGUEZ, G. Y SALES, A. 2013.
 Caracterización Hidroquímica del Valle de Tafi, Provincia de Tucumán, República Argentina.
 Acta Geológica Lilloana. Tucumán. 25(1-2); 9-20.

FALCÓN, C.M. 2004.
 Hidrogeología del sector sudoriental de la Sierra de La Ramada y llanura adyacente, provincias de Tucumán y Santiago del Estero.
 Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT. (Inédita), 450 pp. Tucumán.

FALCÓN, C.M. Y A. TINEO. 2005.
 Estudios geofísicos en la Cuenca Hidrogeológica de Burruyacu, Tucumán.
 2º Seminario Hispano-latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea y 4º Congreso Hidrogeológico Argentino. T 1: 77-87. Río Cuarto. Córdoba.

- FALCÓN, C.M. Y A. TINEO. 2006.
 Aguas termominerales en la Cuenca hidrogeológica de Burreyacu. Provincia de Tucumán, Argentina.
13º Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú. Publicación Especial N° 7. Capítulo 7: 447-450. Lima.
- HERAZO, L. 2012.
 Exploración Hidrogeológica en la Zona de Altos de Medina, Departamento Burreyacu, Provincia de Tucumán.
Seminario Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT. (Inédito). Tucumán.
- FAVIANA, M. 2011.
 Exploración Hidrogeológica en la Zona de Río Nío, Departamento Burreyacu, Provincia de Tucumán.
Seminario Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT. (Inédito). Tucumán.
- GARCÍA, J.W., 2005
 Hidrogeología de la Cuenca del Río Gastona, Departamento Chicligasta, Provincia de Tucumán.
Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT. (Inédita). 495 pp. San Miguel de Tucumán.
- GARCÍA, J.W., C.M. FALCÓN, C. D'URSO Y A. CHAMUT. 2011.
 Estudios geofísicos y de factibilidad de explotación de aguas subterráneas en las localidades de Amaicha, Quilmes, El Paso y Anjuana. Tafi del Valle, Tucumán (Inédito).
Minera Alumbreira.
- GARCÍA, J.W. 2012.
 Hidrogeología de la Cuenca del Río Salí, Provincia de Tucumán.
Monografía Cátedra de Hidrogeología. Fac. Ciencias. Naturales e IML-UNT (Inédito).
- HAUPT, M.; 1968.
 Descripción Hidrogeológica de la Hoja 11 F-Tucumán "Cono de deyección Tucumano".
Inf. Preliminar. Instituto Nacional de Minería y Geología. Buenos Aires.
- NICOLLI, H.B., A. TINEO Y J.W. GARCÍA. 2000.
 Estudio hidrogeológico y de calidad del agua en la cuenca del río Salí, provincia de Tucumán.
Revista de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, N° 15: 82-100. ISSN 0326-1921. Buenos Aires.
- RUIZ HUIDOBRO, O.J. 1965.
 Hidrogeología del Valle de Santa María. Provincia de Catamarca.
Revista Asociación Geológica Argentina. T 20 (1): 29-66. Buenos Aires.
- RABSIUM, S. 1960.
 Introducción a la Hidrología de Tucumán.
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán. Publicación 821: 1-179. Tucumán.
- STAPPENBECK, R. 1915.
 Las Aguas Subterráneas del Sur de la Provincia de Tucumán.
Boletín Oficial de la Casa de Gobierno de la Prov. de Tucumán. 17: 1-37. Tucumán.
- STAPPENBECK, R. 1921.
 Reseña hidrogeológica del nordeste de la provincia de Tucumán y partes adyacentes.
Direc. Gral de Minas, Geol. e Hidrología. 1: 215-227. Bs. Aires.
- TINEO, A.; FERNÁNDEZ, M.; FERNÁNDEZ, F.; GUERRERO, C. Y DE LA VEGA, E. 1984.
 Hidrogeología de Tucumán. Libro Geología de Tucumán.
Public. Especial Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán. Editores Aceñolaza, F.; Bossi, G. y Toselli, A.
- TINEO, A., G. RODRÍGUEZ, J.W. GARCÍA, C.H. D'URSO Y C.M. FALCÓN. 1996.
 Caracterización Hidrogeológica de del Valle de Tapia-Trancas, Provincia de Tucumán, República Argentina.
3º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. (ALHSUD). T (II):215-226. San Luis de Potosi, México.
- TINEO, A., C.M. FALCÓN, J.W. GARCÍA, C.H. D'URSO Y G. RODRÍGUEZ. 1998.
 Capítulo Hidrogeología. Libro Geología de Tucumán. Public. Esp. Col. Graduados en Cs. Geológicas de Tucumán.
2da. Edición. Pág. 259-274. Tucumán.
- TINEO, A., C.M. FALCÓN, J.W. GARCÍA, C. D'URSO Y G. RODRÍGUEZ. 1999.
 Hidrogeología de la Provincia de Tucumán. Relatorio XIVº Congreso Geológico Argentino.
Geología del NOA. González Bonorino, G., R. Omarini y J. Viramontes (Eds.). Tomo 1: 37-47. Salta.
- TINEO, A.; C.M. FALCÓN Y J.W. GARCÍA. 2007.
 El Agua Subterránea en la Provincia de Tucumán.
13 Congreso Nacional del Agua. CONAGUA 07'. San Miguel de Tucumán.
- VILELA, C.R. 1970.
 Hidrogeología.
Opera Lilloana 18. San Miguel de Tucumán.



ASAGAI

ASOCIACIÓN ARGENTINA
DE GEOLOGÍA APLICADA
A LA INGENIERÍA

Proyecto de estabilización del faldeo sur del cerro Chenque, Comodoro Rivadavia

Francisca, Franco M. - Pinto, Federico - Abril, Ernesto G. - Van De Velde, Germán - Alvarez Muguerza, Matías

Evaluación de las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea del valle central de Catamarca

Segura, Luis - Saracho, Marta - Lobo, Patricia - Agüero, Nahuel

Regiones hidrogeológicas en la provincia de Tucumán

García, Jorge W. - Falcón, Carlos M. - D'Urso, Carlos H. - Rodríguez, Graciela V.

Estabilización de subrasante loésica con silicato de sodio líquido

Cruz, María Pía - Martin Schmädke, Ítalo - Arnaudo, Carlos - Vigilante, Nicolás

Recurso hídrico y emprendimientos urbanísticos en la costa oriental de la provincia de Buenos Aires

Rodriguez Capitulo, Leandro - Carretero, Silvina - Kruse, Eduardo

Portada: Cantera abandonada de rodados en Punta Este, al sur de Puerto Madryn, provincia de Chubut. *Fotografía María Paula Bunicontro.*

**Revista de Geología
Aplicada a la Ingeniería
y al Ambiente**

