

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES ACUÍFEROS DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Santiago B. Giai y Jorge O. Tullio

Facultad de Ciencias Humanas UNLPam y Dirección de Aguas de La Pampa - Cnel. Gil 353 - 2º piso - Santa Rosa (LP).

RESUMEN

Para la provincia de La Pampa el agua subterránea es de vital importancia para la población y sus actividades productivas, debido a que carece de cursos de agua superficial en la mayor parte de su territorio. A raíz de ello, desde las primeras décadas de este siglo se efectuaron trabajos exploratorios, que si bien tuvieron discontinuidades, para la fecha de redacción de este informe, forman un considerable volumen de información.

La misma ha puesto en evidencia algunas áreas en las que el acuífero freático y los asociados, son de buena calidad. Cinco de ellas, además, poseen una extensión significativa que les da cierta importancia, mientras que las restantes, a pesar de su menor desarrollo relativo tienen su relevancia debido a su ubicación estratégica.

En el trabajo se pasa una revista sumaria a las contribuciones más significativas que aportaron al conocimiento del recurso hídrico subterráneo, para a continuación describir a grandes rasgos cada uno de los acuíferos de mejor calidad, haciendo referencia a su ubicación, geología, hidráulica, hidroquímica y sus reservas reguladoras, con el grado de conocimiento alcanzado.

INTRODUCCIÓN

El agua subterránea fue y es de vital importancia en la provincia de La Pampa, ya que exceptuando la ribera del río Colorado y, hasta la década de 1950, los escurrimientos del río Atuel, toda el agua para consumo humano y la requerida por las actividades productivas, es extraída del subsuelo.

El conocimiento científico de las mismas, podemos decir que comenzó con los trabajos de Stapembeck (1913, 1943), Tapia (1930, 1938, 1962), Cannelle (1950), Bojanich (1964, 1978) y Salso (1966, 1967, 1972). Entre una y otra contribución, cabe mencionar que se fueron incorporando al patrimonio del conocimiento del tema, varias perforaciones de exploración realizadas por la Dirección Nacional de Geología y Minería (actualmente Servicio Geológico Nacional), efectuadas en distintos puntos de la provincia, en general apuntando a resolver el problema de abastecimiento de agua para el ferrocarril.

A fines de la década de 1950, se produce un cambio cuali-cuantitativo en el estudio del recurso hídrico subterráneo, al implementarse planes de exploración regional, orientados a conocer integralmente las aguas del subsuelo sobre grandes regiones.

A ello debe sumarse, a partir de la década de 1970, como consecuencia de la implementación en el país del Plan Nacional de Agua Potable, los estudios específicos para abastecer con ella a los centros urbanos, realizados por la actual Dirección del Agua, primitivamente denominada Dirección de Hidrogeología y Perforaciones, y en distintos períodos, Departamento (luego Dirección) de Aguas Subterráneas y Dirección de Hidrología.

Entre las ideas que fueron evolucionando a medida que se conocía el recurso, cabe

destacar la relativa al rol desempeñado por las acumulaciones arenosas en la generación de un acuífero de buena calidad. Si bien el hecho de la presencia de aguas dulces en coincidencia con áreas medanosas ya era conocida por los araucanos, hasta los años setenta la presencia de cantidades importantes de agua subterránea de esa naturaleza, era explicada recurriendo a complejos mecanismos de circulación, atribuyéndole un origen "extra local" (Salso, J., 1967). El levantamiento hidrogeológico de grandes extensiones a que se hace referencia mas arriba, puso en evidencia la correlación entre acuíferos dulces y acumulaciones de arena, de las cuales las más conspicuas son el valle Argentino-Utracán y el área de El Meauro. Paralelamente el establecimiento a grandes rasgos de las variaciones climáticas del Cuaternario, dio base a una explicación alternativa de la estratificación química inversa sobre la que se apoyaba la idea de circulación profunda "extra local". Finalmente la elucidación del origen del agua de la cuenca artesiana de Bahía Blanca (Bonorino, A.G., 1988), aportó, podemos decir, el punto final a la controversia sobre el origen del agua subterránea en nuestra región, cuyo apogeo tuvo lugar a mediados de la década de 1970.

Los distintos trabajos realizados, pusieron de manifiesto la existencia de varios acuíferos de cierta importancia, algunos por su extensión y producción potencial, y otros por su ubicación estratégica. En esta contribución se presenta una síntesis de las características de los más importantes, para cuyo conocimiento los autores han trabajado en forma directa en varios de ellos, aunque no se arrogan la totalidad de los aportes.

Existen varias acepciones para el término "acuífero" (Gonzalez, N. et al., 1986). De ellas, tal vez la más amplia sea la que define al término como "roca o sedimento que recibe, aloja y transmite agua con facilidad". En el presente trabajo se utiliza el término con un criterio más restringido, para aludir a aquellos que por alguna razón (en general por poseer una recarga superior a la de los adyacentes) se destacan en el ámbito geográfico en que se encuentran, contrastando con los de zonas vecinas.

ANTECEDENTES

Stapembeck, R. (1913) efectuó el primer reconocimiento del área comprendida entre Santa Rosa, Quehué y A. Roca, aportando información sobre profundidad y fluctuaciones del nivel freático, así como algunos análisis químicos e información sobre el basamento. En una obra posterior (1943) establece a grandes rasgos la hidrogeología de la llanura pampeana, a la que asimila a una gran cono aluvial extendido desde el pie de la cordillera hasta el océano.

Tapia, A. (1930) al estudiar una gran propiedad destinada a la colonización, comunica información general sobre la presencia y calidad de las aguas subterráneas en los campos de las Estancias y Colonias Trenel S.A., a la vez que descarta en ellas la existencia de acuíferos surgentes e identifica un conjunto sedimentario de areniscas y arcillas rojas intercalado entre el "pampeano" y el basamento, a las que considera paleozoicas seguramente por su similitud con los entonces llamados "Estratos de Paganzo". En contribuciones posteriores (1938, 1962) da precisiones sobre la profundidad del basamento en varias localizaciones (Chacharramendi, Rucanelo, Rancul), vinculando acertadamente la escasez del recurso, con la posición estratigráfica del mismo.

El primero de los trabajos regionales fue realizado por el CIAS (Comité de Investigación de Aguas Subterráneas), que trabajó en el norte y este del territorio provincial en la década de 1960. Los trabajos de este comité fueron informados por

Arigós, L.E. (1969), y su contribución más importante consistió en la ubicación de varios acuíferos aptos para consumo humano (Speluzzi-Dorila, Ea. Las Mercedes, El Trequén), aunque sin establecer su desarrollo vertical ni su producción potencial. Estos aspectos fueron estudiados posteriormente por Malan, J. (1983) para la zona de Gral. Pico-Dorila, Miglianelli (1984) en el acuífero de Speluzzi y Castro, E. et al. (1993) y Giai, S. et al. (1973) para la zona de Estancia Las Mercedes al suroeste de Intendente Alvear.

Le siguió en la década de 1970 el PIAS (Plan de Investigación de Aguas Subterráneas), en alguna medida, continuación de trabajos anteriores de Salso. La información obtenida por el mismo fue comunicada por Giai, S. (1975). De ellos puede rescatarse la idea del factor decisivo que representan las acumulaciones arenosas ("médanos") en la conformación de un acuífero y la ubicación espacial de dos de los más extensos: el de El Meauro y parte del Valle Argentino. Sobre sectores del área relevada, posteriormente se efectuaron trabajos a mayor escala en parte de El Meauro y en el Valle de Chapalcó, (Cavalié, C., 1982, 1987), que aportaron una mejor comprensión hidrogeológica de estas zonas, en especial de la segunda mencionada.

A continuación del anterior se desarrollaron los relevamientos de la meseta basáltica y del área de los ríos Atuel-Salado. El primero de ellos (Bisceglia, H., 1977), si bien no ubicó acuíferos de importancia (al parecer en la zona no los hay), distinguió dos áreas geomorfológicamente diferentes: la meseta basáltica y la de Chicalcó, a la vez que identificó y aforó una veintena de manantiales, relacionados genéticamente con los basaltos. El segundo, (Bojanich, E., 1978), estableció la dirección de escurrimiento subterráneo regional, así como el área hidrológicamente vinculada con el río Atuel, degradada a causa de su manejo aguas arriba.

Los planes Norte I y II (Buteler, H., 1983; Miglianelli, C., 1985), cartografiaron la capa freática del área y ubicaron algunas lentes de buena calidad, de extensión reducida, pero en localizaciones de interés. Asimismo, aportaron alguna información sobre la posición del basamento, en el oeste de su área de trabajo.

Los estudios entre Toay y Catrillo (Cavalié, C.C., 1979, 1982), mapearon el agua subterránea entre ambas localidades en una faja de unos 30 Km de ancho y exploraron mediante perforaciones el área entre Santa Rosa y Uriburu. Estos trabajos ubicaron y evaluaron un acuífero importante, distribuido en varias lentes, que en la actualidad abastece de agua a la ciudad de Santa Rosa.

El plan EASSE (Estudios de Aguas Subterráneas del Sur Este), probablemente el más ambicioso en cuanto a superficie cubierta, y del que se poseen solo informes de avance ya que está inconcluso, precisó la ubicación de la dorsal del basamento cuyo eje se desarrolla entre El Carancho y Cuchillo Có, la existencia en el sureste de acuíferos infrafreáticos poco conocidos, acotó espacialmente la presencia de oligoelementos tóxicos en un amplio sector y ubicó dos acuíferos pequeños: Bajo de las Cuatro Lagunas y Estancia La Chola (Buteler, H., 1980, 1982).

Además de los trabajos comentados, existen otros, numerosos, que cubren superficies menores, realizados por lo común en torno de poblaciones. En algunos casos parten de los relevamientos anteriores, establecen la potencialidad del acuífero y diseñan su explotación, mientras que otros fueron realizados con los mismos fines, pero sobre áreas no exploradas con anterioridad. En este conjunto se agrupan la totalidad de los estudios de fuentes requeridos por organismos de crédito internacional para financiar obras de agua potable, más otros efectuados para resolver problemas puntuales.

PRINCIPALES ACUÍFEROS DE LA PAMPA

En la figura 1 puede apreciarse la ubicación espacial de los principales acuíferos reconocidos a la fecha. En lo que sigue se presenta una descripción sumaria de cada uno de ellos, de mayor extensión en aquellos que por su cobertura areal son potencialmente más importantes. Con referencia a la información hidráulica e hidroquímica de los mismos, si no se indica una fuente específica, queda entendido que se extrajo del Archivo de Perforaciones de la Dirección de Aguas de La Pampa (1997).

ACUÍFERO DEL VALLE ARGENTINO

Ubicación

El acuífero del Valle Argentino se encuentra dentro de una unidad geomorfológica que se extiende aproximadamente entre Chacharramendi por el oeste, hasta la provincia de Buenos Aires (donde continúa), por el este (figura 2). Se trata de una depresión alargada de rumbo general oeste-este, dentro de la cual se han acumulado arenas eólicas adoptando la forma de dunas longitudinales, combinadas con barjanas, de manera que separan dos surcos laterales: el Valle Argentino propiamente dicho al sur, y el Valle de Utracán al norte. En ambos surcos se encuentran lagunas y salitrales, y existen sedimentos fluviales que indican la presencia de un escurrimiento superficial, probablemente desaparecido en tiempos históricos, en parte por acciones antrópicas. El ancho de la depresión varía entre unos 3 a 5 Km a la longitud de Chacharramendi, pasando a tener unos 8 Km en El Carancho, 11 Km en Padre Buodo y 18 Km en Doblás, localidad a partir de la cual sus límites laterales, en especial el norte, se hacen difusos. El desarrollo longitudinal dentro de La Pampa, alcanza a los 210 Km.

Geología

El basamento hidrológico aflora en El Carancho, donde está constituido por un complejo de rocas cristalinas e ignimbritas, y poco más al este en la Ea. Quiñé Malal, donde está representado por granitos. Al oeste de El Carancho y hasta Chacharramendi, se encuentra a escasa profundidad. A la altura de Gral. Acha se ubica entre 150 y 180 m, mientras en Padre Buodo está alrededor de los 250. Por el contrario, en Macachín, a 600 m de profundidad no se alcanzó a atravesar la totalidad del espesor de la formación homónima (Mioceno), y puede deducirse a partir de perfiles obtenidos al N y S de la localidad, que bajo ella se encuentra a algunos kilómetros de profundidad.

Por sobre el basamento se encuentran sedimentos de la formación Cerro Azul (Linares, E., et al., 1980), compuesta en general por arenas muy finas, limosas, castañas, que suelen culminar con un encostramiento calcáreo. Desde el punto de vista hidrogeológico, constituye la roca almacén de un acuífero multicapa. Esta formación se apoya sobre el basamento o, a partir de Doblás-Macachín, en arcillitas verdes de la formación homónima de edad miocena.

Por sobre la anterior se encuentran arenas eólicas con espesores de entre decímetros y 15 m, siendo el corriente de 4-6 metros. Finalmente, dentro de los surcos laterales se encuentran sedimentos límnicos y fluviales innominados, probablemente en parte sincrónicos con las arenas.

Hidráulica

Desde el nivel freático hasta el basamento se encuentra un único acuífero multicapa. En coincidencia con la cuenca sedimentaria de Macachín, se han perforado acuíferos

confinados, que escapan a esta síntesis, y cuya vinculación con el complejo multicapa superior se desconoce.

La red de flujo obtenida a partir de las líneas isofreáticas pone de manifiesto la existencia de discontinuidades al oeste de El Carancho, como consecuencia de estar el basamento cercano a la superficie. Hacia el este de este punto se manifiesta un escurrimiento regional hacia el este, sureste y noreste, lo cual demuestra que la recarga se opera en coincidencia con el cordón medanoso central. Esta recarga en alguna medida retorna a la atmósfera por medio de la evaporación desde las lagunas y salitrales de los surcos laterales, y desde algunos cuerpos de agua ubicados entre los médanos.

Los caudales específicos varían entre 0.2 y 1.3 m³/hm, insinuándose una tendencia a ser superiores en la parte oriental.

Hidroquímica

Desde Chacharramendi hasta la Ea. Bruzone, el residuo seco en general supera los 2000 m/l. Entre ésta y la Ea. Quiñé Malal, toda la columna posee un contenido salino inferior a los 2000 mg/l. En Gral. Acha la situación se repite, con la particularidad de presentar una estratificación química inversa, la cual, como se indica en la introducción, indujo a pensar en un origen fuera del área (Salso, J., 1967). Desde Doblas hasta el límite con la provincia de Buenos Aires, la calidad del agua en general está dentro de la potabilidad hasta los 60 m de profundidad, a partir de la cual presenta variaciones locales.

Reservas

Se han efectuado estimaciones de la recarga en el extremo oeste y en el sector medio del área. Las primeras, mediante freatómetros indican un valor del orden de los 22 mm/año, y las segundas, mediante el índice de cloruros, alrededor de los 64 mm/año. Teniendo en cuenta estos valores, la superficie de la cubierta arenosa que posibilita la infiltración y adoptando un criterio conservador, las reservas reguladoras del acuífero alcanzan una magnitud de 73.9×10^6 m³/año (Tullio, J.O. et al., 1990; Tullio, J.O., 1995).

ACUÍFERO DE EL MEAUCO

Ubicación

El acuífero de El Meauco se encuentra a unos 150 Km al W de Santa Rosa (figura 3). En la región se encuentran entre otras las estancias El Meauco y San Eduardo (anteriormente Calchué) y el paraje Jagüel del Monte. En cuanto a sus límites puede decirse que por el sur llega hasta el Valle Daza y su prolongación imaginaria hacia el oeste; en este rumbo se extiende hasta los afloramientos de rocas volcánicas de la estancia La Elbita (anteriormente El Odre); por el este llega aproximadamente hasta el meridiano de Telén y por el norte su límite es difuso, alcanzando más o menos hasta mitad de camino entre Jagüel del Monte y Telén.

Geología

El basamento del área se conoce en cuatro puntos. Por el S aflora en el fondo del Valle Daza, donde está constituido por rocas gnéisicas intruídas por pegmatitas. Por el W aflora en las cercanías del paraje El Odre, en donde se encuentran pequeños cerritos de rocas porfíricas, megascópicamente traquitas. Por el E, en el bajo El Carbón, se encontró una andesita a los 205 m de profundidad, y finalmente en el

Puesto La Espuma de la Ea. San Eduardo, a los 180 m de profundidad se tocaron rocas graníticas. Los afloramientos de Valle Daza y El Odre, aparentemente se verifican a través de fallas.

La estratigrafía de la zona es muy simple. Sobre el basamento se ubican los limos arenosos de la formación Cerro Azul precitada. En el desarrollo del mismo se encuentran lentes de arcilla rojiza, de hasta decenas de metros de espesor, que representan facies lacustres en el desarrollo vertical de la unidad. No se poseen evidencias sobre la edad de estos depósitos (que por otra parte aflora en muy pocos sitios), aunque por correlación con otras localidades puede ubicársela cronoestratigraficamente en la edad mamífero Huayqueriense (Visconti, G. et al., 1996).

Finalmente, sobre la anterior se encuentran médanos, los que adoptan la forma de complejos de surcos y crestas longitudinales de rumbo sur-suroeste-nor-noreste, con espesores desde decímetros hasta 32 metros, elaborados por vientos de ése rumbo. Por último, relacionado a ellos se encuentran lagunas, generalmente de planta oval con el eje mayor en el mismo sentido de los surcos, alimentadas por la capa freática. Típicamente el entorno inmediato de estos cuerpos se encuentra rodeado por médanos fuertemente ondulados, producto de redepositaciones recientes de la arena, tal vez desencadenado por pisoteo de animales. Por correlación con acumulaciones de arena similares en Santa Rosa, puede ubicarse a éstas en el Pleistoceno final y Holoceno (Zetti, J., 1964; Ramonell, C. et al., 1993).

Hidráulica

Desde el nivel freático hasta el basamento, existe un único acuífero con cambios en su permeabilidad según los niveles. Esta conformación se altera en coincidencia con la aparición de los niveles arcillosos que seccionan hidráulicamente al acuífero, aunque permanece una conexión lateral. Normalmente la zona de saturación comienza en los niveles superiores de la formación Cerro Azul, pero en algunos casos está saturada la parte inferior de las arenas eólicas.

Las líneas isofreáticas presentan dos máximos de planta groseramente oval, a partir de los cuales diverge la red de flujo a los cuatro rumbos. Es notable la coincidencia de estos máximos con las acumulaciones arenosas con cobertura vegetal de bajo porte (pastizales).

Hidroquímica

La parte superior del acuífero regional, en las áreas de recarga, contiene agua con una residuo seco inferior a los 2000 mg/l, y frecuentemente menor que 1000 mg/l. Desde el punto de vista de su potabilidad, excepto pequeños sectores en la parte occidental, cuya existencia obedece a centros de descarga local, son potables.

Aguas típicas de la zona tienen una residuo seco de 500 mg/l y son de carácter bicarbonatado sódico. El contenido iónico total está en el orden de los 10 a 16 meq/l, correspondiendo 2.5 a 4 meq/l a carbonatos y bicarbonatos y 0.4 a 0.7 meq/l al cloruro. Estas aguas evolucionan geoquímicamente en el sentido del flujo, hacia un tipo clorurado-sulfatado-sódico, con un contenido iónico total en el orden de los 150 meq/l.

Reservas

Se han efectuado algunas determinaciones de recarga en el área misma a partir de freáticos (Giai, S., 1997; Hernandez, M.A. et al., 1996) y en zonas cercanas y similares mediante balance hídrico seriado (Aimar, S., 1990) e índice de cloruros

(Ruiz,E., 1982). Son aceptablemente congruentes entre sí, y de ellos se deduce una recarga para el año típico en el orden de los 26 a 40 mm/año. Teniendo en cuenta estos valores y la superficie sobre la que se opera la recarga, de unos 1000 Km², las reservas reguladoras alcanzan un valor de entre 26 x 10⁶ y 40 x 10⁶ m³/año.

ACUÍFERO DEL VALLE DE CHAPALCO

Ubicación

El acuífero del Valle de Chapalcó se encuentra unos 15 Km al suroeste de Toay, dentro del valle homónimo. Tiene forma alargada en el rumbo suroeste-noreste, con un ancho de 5 a 6 Km y unos 25 Km de largo. Dentro del valle se encuentra un cordón medanoso central. El área se conoce como Colonia Chapalcó, por haber tenido originalmente propiedades rurales de superficies relativamente pequeñas.

Geología

El basamento hidrológico, de tipo granítico, se encuentra a profundidades variables entre 75 y 170 m, excepto en la parte suroeste donde se detectó una estructura de tipo graben de 15 Km de ancho aparente, dentro de la cual no se alcanzaron rocas de este tipo hasta los 170 m de profundidad. Por geofísica (Herrero Ducloux, J., 1978), se infiere su presencia a más de 250 m de profundidad. La extensión de esta estructura se desconoce, aunque es evidente que corta al valle que aloja al acuífero, y no tiene expresión morfológica. No se ha perforado su relleno sedimentario.

Por sobre el basamento o el relleno de la fosa, la columna sedimentaria está conformada por la ya mencionada formación Cerro Azul y arenas eólicas. La primera tiene espesores comprendidos entre 80 y mas de 170 m, y en su desarrollo vertical pueden distinguirse tres tipos litológicos (Cavalié, C., 1987). Uno superior, limo arenoso, otro inferior, donde predominan areniscas finas rojizas, y finalmente frecuentes intercalaciones de arcillas rojas en ambos miembros. Las arenas superiores tienen un espesor máximo de 10 m.

Hidráulica

Al igual que en los otros descriptos, este caso se trata de un acuífero multicapa albergado en arenas muy finas, limosas. En algunos sitios está seccionado por las intercalaciones de arcillas, pero persiste una comunicación lateral entre las secciones. La Parte superior del basamento posee una permeabilidad secundaria, es acuífera, y está conectada con el complejo superior de manera directa. La superficie freática levantada (Bisceglia, H., 1974), toma forma oval con flujo radial divergente en el centro del acuífero, mientras que las envolventes al domo hacia el NE tienen una tendencia a conformar una capa cilíndrica con flujo en ese rumbo. El nivel freático se encuentra alrededor de los 30 m de profundidad y los caudales específicos obtenidos en varios ensayos de bombeo varían entre 0,170 y 0,750 m³/h m (Cavalié, C., op. cit.). Este autor también destaca la coincidencia entre los médanos y la curva isosalina de 1 gr/l.

Hidroquímica

El contenido salino tiene valores entre 340 y 2060 mg/l, tratándose de aguas sulfatadas. De diez puntos en que se tomaron muestras del complejo multicapa a distintas profundidades, en nueve se verificó una estratificación química normal, con un ligero incremento en el contenido salino total con la penetración en el acuífero. En el restante, la estratificación es inversa, ya que se extrajo agua con un residuo seco de 380 mg/l en los 30 m superiores de la columna, y de 344 mg/l para el total de la

misma, incluida la parte superior del basamento. Dado que el primer valor es representativo de los 30 m superiores del acuífero, mientras el último lo es de la totalidad, es razonable suponer que el agua contenida en los niveles inferiores de Cerro Azul, y aún en la superior del basamento, posee un residuo seco inferior.

Este hecho, similar al señalado para el Valle Argentino frente a Gral. Acha (Salso, J., op. cit.), podría tener su explicación al igual que aquel, en las variaciones climáticas del Cuaternario. Representan ciclos con valores de infiltración eficaz superior a la actual, sincrónicos con un período pluvial, que en razón de la baja permeabilidad del sedimento que la contiene, y/o estructuras adecuadas, no ha circulado mayormente desde su incorporación al acuífero.

Reservas

Los freáticos instalados sobre el acuífero indican una marcada relación de las fluctuaciones del nivel con las precipitaciones, lo cual, sumado a la coincidencia de la elevación del nivel freático en las superficies arenosas y el bajo contenido salino del acuífero en estas zonas, da una pauta clara acerca del origen meteórico del agua subterránea.

La superficie arenosa que actúa como área de recarga posee una superficie de 120 Km². Sobre la zona no se han hecho estimaciones de recarga, sino que se han supuesto valores. Trabajos de este tipo en áreas cercanas (Malan. J. et al., 1993; Gaij, S.B., 1992), permiten adoptar para el Valle de Chapalcó un valor en el orden de los 40 mm/año, con el cual las reservas reguladoras alcanzan a $4,8 \times 10^6$ m³/año.

ACUÍFERO TOAY-SANTA ROSA-ANGUIL-CATRILO

Ubicación

Este reservorio se desarrolla entre las localidades de Toay y Catrilo, tiene un ancho medio de 10 Km, y está constituido por varias lentes, discontinuas entre sí (figura 4).

Geología

El basamento hidrológico se ha alcanzado en Santa Rosa, donde es de carácter granítico y se encuentra a 144 m de profundidad. Hacia el este, entre Anguil y Uriburu es afectado por un sistema de fracturas que lo profundizan (Orellana, E., 1966), de manera que en esta última localidad y hacia el este, se infiere su presencia a 4-5 Km de profundidad, dentro de la cuenca de Macachín (Salso, J., 1966). El relleno sedimentario de la misma escapa a esta síntesis, ya que el acuífero que tratamos se aloja en la formación Cerro Azul, unidad estratigráfica que traslapa los límites de la misma.

En el área que nos ocupa esta se apoya sobre el basamento o sobre la formación Macachín (Salso, J., op.cit.), arcilitas verdes de edad miocena. Su espesor máximo se da en estos casos y es del orden de los 190 m, siendo gradual el pasaje entre una y otra. Importante desde el punto de vista geohidrológico, es el hecho que entre 50 y 130 m de profundidad según los lugares (alrededor de 70-90 msnm), suele encontrarse una intercalación arcillosa que secciona al acuífero. La parte inferior por lo general es salada, mientras que la superior es dulce.

Por sobre la anterior se encuentran arenas eólicas. Salvo sectores localizados y reducidos, las mismas cubren toda el área, aunque con espesores disímiles. Los máximos se dan en lugares de acumulación de ciclos morfogenéticos de tiempos históricos, y están en el orden de los 10 m. La expresión morfológica de las mismas es pobre. En algunos casos puede apreciarse un arrumbamiento de lomadas en sentido

suroeste-noreste.

Hidráulica

La información de este tipo se restringe a los 100 m superiores, que contienen al acuífero apto para los usos más restrictivos. Los caudales específicos extremos alcanzan a 5,8 y 0,2 m³/hm, pero puede generalizarse que varían entre 0,4 y 1,1 m³/hm (Cavalié, C.C., 1979,1982). También puede mencionarse que por lo general son superiores en el tramo más superficial, como consecuencia de la menor compactación de la roca almacén.

Los niveles estáticos se encuentran entre 6,5 y 11 m en la parte cercana a Anguil, notándose una tendencia a hacerse menos profundos hacia el este, donde típicamente se lo encuentra entre 4 y 6 m. En el entorno de Santa Rosa se presenta bastante más profundo, llegando hasta 45 m en el área urbana, consecuencia de la sobreexplotación. Asimismo, en las cercanías de las baterías de perforaciones, aunque no puedan considerarse sobreexplotadas, suelen encontrarse más profundos. La piezometría relevada (Cavalié, C., op.cit.; Giai, S.B., 1992) pone de manifiesto un escurrimiento regional hacia el sur entre Toay y Uriburu, punto a partir del cual vira progresivamente hacia el sureste, y hacia el noreste por el flanco norte. Este patrón es modificado localmente por la presencia de algunos domos de planta oval, a partir de los cuales el escurrimiento es radial divergente. Inmediatamente al sur del acuífero comentado, se encuentra un área de descarga regional.

Hidroquímica

La conformación de la superficie freática condiciona el contenido salino, de manera que se alternan zonas de baja salinidad coincidentes con aquellas de buena infiltración, con otras de alto contenido salino (hasta 10 gr/l), en zonas de descarga local. Este aumento del contenido salino también es evidente con la penetración en el medio saturado. Valores típicos para áreas de buena calidad, muestran valores de 840 mg/l en los 30 m superiores, para llegar a los 2300 mg/l sobre la base de la intercalación arcillosa. Por debajo de la misma el contenido salino es muy superior.

Merece un comentario particularizado el comportamiento de los oligoelementos tóxicos flúor y arsénico. Los mismos varían en su contenido tanto en sentido horizontal como vertical. En este último, en algunos casos aumenta mientras que en otros disminuyen las concentraciones. La variación del contenido de flúor se ha vinculado con la del calcio (Tullio, J. et al., 1980).

Reservas

Sobre el acuífero comentado se han hecho varias estimaciones de recarga (Cavalié, C.C., op. cit.; Malan, J.M. et al., 1993, 1997; Giai, S.B. et al., 1993; Giai, S.B., 1992; Hernandez, M.A., et al., 1996) que fluctúan entre 20 y 120 mm/año. Para la ponderación de las mismas es pertinente considerar las conclusiones de algunos autores que trabajando en acuíferos comparables, han demostrado que el proceso varía entre términos amplios para un mismo acuífero, de un sitio a otro (Viswanathan, M.N., 1983; Bouwer, H., 1989), situación que, por otra parte, ha sido demostrada para el acuífero de Gral. Pico (Giai, S.B. et al., 1995). Así, hasta que se disponga de trabajos regionales sobre el tema, es válido aceptar un valor medio que, para este caso debe estar en el orden de los 60 mm/año.

Considerando que la superficie del acuífero es de 841 Km² (Tullio, J. et al., 1990), con esos valores de recarga se obtiene un volumen de reservas reguladoras del orden de los 50.5 x 10⁶ m³/año.

ACUÍFERO SPELUZZI - GRAL. PICO - DORILA - TRILI

Ubicación

Este acuífero se localiza en el noreste de la provincia de La Pampa, sobre una faja de unos 10 Km de ancho de rumbo nor-noroeste sur-sureste, sobre la que se encuentran varias lentes con agua de buena calidad (Figura 5).

Geología

El basamento hidrológico no se alcanzó en ningún punto del área. Inmediatamente al norte de la ciudad de Gral. Pico, entre 235 y 265 m se atravesaron areniscas cuarzosas, por debajo de 100 m de arcilitas verdes y grises asignables al Mioceno (Giai, S., et al., 1995). Con relación a las mismas y al basamento cristalino, al norte y al sur de esta zona se encuentran las cuencas sedimentarias de Laboulaye y Macachín, respectivamente. Es altamente probable que el área correspondiente a Gral. Pico represente un alto estructural entre ambas (Zambrano, J., 1974), sobre el que la ingresión miocena, por esa circunstancia, quedó representada por un reducido espesor sedimentario.

Por sobre las arcilitas se encuentran los limos arenosos del Pampeano, con espesores del orden de los 150 m, y finalmente arenas eólicas. Las mismas adoptan la forma de cordones orientados del nor-noroeste al sur-sureste (Malan, J.M., 1983), alternándose con depresiones.

Hidráulica

El nivel freático en la gran mayoría de los casos se encuentra dentro de las arenas eólicas superiores, y se continúa dentro del Pampeano infrayacente. La piezometría pone de manifiesto direcciones de escurrimiento hacia el sureste y suroeste, a partir de líneas equipotenciales en forma de V con el vértice orientado hacia el sur-sureste. Además sobre el eje del acuífero se destacan dos domos con direcciones de escurrimiento radiales divergentes. La conformación de la superficie freática hacia el este tiene pendiente uniforme y queda representada por líneas equipotenciales aproximadamente paralelas, mientras que hacia el oeste tiene una conformación más compleja, con algunas curvas cerradas y flujo convergente, por corresponder a una área de descarga regional subparalela al acuífero.

Los caudales específicos normales están en el orden de $1.3 \text{ m}^3/\text{hm}$, aunque en el tramo superior, arenoso, puede alcanzar a $5 \text{ m}^3/\text{hm}$.

Hidroquímica

Las sales totales en coincidencia con el cordón de médanos que actúan como área de recarga, son menores a 1 g/l. Este contenido aumenta hacia ambos lados, en especial hacia el suroeste. En las áreas de recarga es bicarbonatada cálcica. El contenido salino aumenta con la penetración en el acuífero en forma normal, al igual que el flúor y el arsénico. Estos últimos se incrementan notablemente en el sentido del flujo. Se ha considerado (Malan, J., op. cit.) que los caracteres hidrodinámicos del acuífero guardan relación con este aumento.

El espesor útil de este acuífero desde el punto de vista de su calidad química, está en el orden de los 25 a 30 m para agua potable, y en los 100 m para otros fines que requieran agua de hasta 2000 mg/l, en algunos sectores.

Reservas

Se han efectuado varios cálculos de recarga (Malan, J., 1983; Miglianelli, C.H., 1984), a partir de freáticos, balances hídricos seriados a nivel del suelo y escurrimiento subterráneo, que arrojan valores de entre 32 y más de 100 mm/año dependiendo de la pluviometría y el método utilizado para el cálculo. De cualquier manera, para las precipitaciones medias de la zona, un valor regional conservador aceptable, es de 60 mm/año, con el cual, considerando la extensión del acuífero de 175.6 Km² (Tullio, J.O. et al., 1990), se obtiene un volumen de reservas reguladoras de 10.5 X 10⁶ m³/año.

ACUÍFEROS MENORES

Además de los reseñados, se conocen otras zonas con acuíferos de buena calidad, de extensión menor, aunque tienen importancia por su ubicación cercana a centros poblados. A continuación se presenta una síntesis de los mismos.

Acuífero de Victorica

Se encuentra al sur y oeste de la localidad, entre ésta y Telén. El acuífero está contenido en arenas eólicas que llegan a tener 30 m de potencia, apoyadas sobre una arcilla rojiza. En sus límites laterales, se encuentra en arenas limosas del Pampeano. Hacia el norte y sur el acuífero se acuña debido a la elevación del techo de la arcilla que actúa como piso, de manera que su producción disminuye sensiblemente en esas direcciones, hasta hacerse insignificante. Los caudales específicos varían entre 4.2 m³/hm y 0.25 m³/hm. Los superiores corresponden al acuífero alojado en arena y los inferiores se dan cuando lo hace en el Pampeano. Químicamente las aguas son bicarbonatadas sódicas, con un residuo seco típico de 500 mg/l. La recarga de la zona ha sido estimada por Aimar, S. (1990), quien obtiene un valor de 26 mm/año, con el cual, considerando la superficie del mismo de 98 Km² (Tullio, J. et al., op.cit.), se obtiene un volumen de reservas reguladoras de 2,55 x 10⁶ m³/año.

Acuífero de El Trequén

Este acuífero se encuentra al SE de Bernardo Larroudé. Forma una faja angosta de aproximadamente 1 Km de ancho por 7 a 8 Km de longitud. Se trata de varias lentes, no de un único cuerpo continuo, alojado en la parte superior, arenosa, del Pampeano. Los caudales específicos están en el orden de los 1.5 m³/hm, y el agua químicamente es del tipo bicarbonatada sódica. Este acuífero posee una marcada zonación química vertical, incrementándose rápidamente el contenido salino con la penetración en él, sin que existan discontinuidades hidráulicas, carácter que determina un alto riesgo de salinización ante el bombeo.

El flúor varía entre menos de 2 hasta 8 mg/l, lo cual limita su posibilidad para producir agua potable. Sus reservas reguladoras se han establecido para una pequeña porción de 2 Km² de su extremo norte, tomando en cuenta un valor conservador de recarga calculado para Gral. Pico (Malan, J.M., op.cit.), valores con los que se llega a un volumen de 0,064 x 10⁶ m³/año. No obstante, la extensión del acuífero, conocida desde el relevamiento del CIAS (Arigós, L.E., op. cit.), permiten suponer que las mismas son, por lo menos, el doble.

Acuífero de Estancia Las Mercedes (I. Alvear)

Este reservorio se encuentra al suroeste de Intendente Alvear, entre esta localidad y

Ceballos, en lo que hace tiempo fue una estancia. El área con agua subterránea de buena calidad posee médanos con un relieve marcado, por haberse activado en épocas recientes. El agua está contenida en la parte superior del Pampeano, de carácter arenoso, por lo cual los caudales específicos son relativamente altos, alrededor de $1,5 \text{ m}^3/\text{hm}$, alcanzando como valor máximo $6 \text{ m}^3/\text{hm}$. Las aguas tienen un contenido salino total comprendido entre 300 y 1400 mg/l, típicamente de 500 mg/l y son de carácter bicarbonatado sódico. El flúor, salvo excepciones, está por debajo de los 2 mg/l. Con respecto a las reservas reguladoras, se han estimado infiltraciones variables entre el 50 y el 10 % de las precipitaciones (Castro, E., et al., 1993), con las que se llega a un volumen de $0,91 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$, con la infiltración ponderada.

Acuífero de Falucho

Este acuífero se encuentra en el norte del territorio provincial, entre las localidades de Adolfo Van Praet y Falucho. Fue puesto de manifiesto por el levantamiento del Plan Norte - Zona I (Buteler, H., 1983) y estudiado posteriormente (Tullio, J.O. et al., 1983; Miglianelli, C.H., 1998).

No existen perforaciones profundas que aporten información sobre el basamento. Se lo ha perforado hasta los 40 m de profundidad, atravesándose espesores variables de arenas eólicas, de hasta 5 m, las que se apoyan en arenas muy finas, limosas, castañas, algo cementadas por carbonato de calcio, equiparables a las conocidas genéricamente como "pampeano". En los lugares perforados así como en los escasos cortes a la vista, no aparece el encostramiento calcáreo característico, aunque no se puede descartar que esté presente en algunos sectores.

Los niveles estáticos son inferiores a los 10 m y los caudales característicos fluctúan entre 0.1 y $3.1 \text{ m}^3/\text{hm}$. El residuo seco es inferior a los 2000 mg/l, y en la mitad central de su desarrollo, inferior a los 1000 mg/l. El contenido de flúor en la mayor parte de los casos aumenta con la penetración en el acuífero, y varía entre 0.9 y 5.4 mg/l. En cuanto al arsénico, tiene un comportamiento semejante, variando entre <0.04 y 0.15 mg/l, valor que excepcionalmente supera. El espesor útil del acuífero disminuye hacia los límites de la lente, que coinciden aproximadamente con la curva de nivel de 165 msnm y la isocona de 2 g/l.

Se ha estimado la recarga mediante índice de cloruros en 106 mm/año, balance hídrico modular considerando escurrimiento superficial 0 y evapotranspiración anual por las fórmulas de Turc y Coutagne (valores mayores a 100 mm/año), y mediante un cuidadoso análisis del escurrimiento subterráneo en 62.7 mm/año (Miglianelli, C.H., op. cit.). En base a la cercanía con Gral. Pico y la similitud de ambos ambientes, tanto climática como hidrogeológica, se estima como más acertado el último de los valores, con el cual y la superficie del acuífero de 16.1 Km^2 , se llega a un valor de reserva reguladora de $1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

Acuífero de La Puma

Se encuentra unos 10 Km al suroeste de Metileo. La información que se posee del mismo deriva únicamente de un censo convencional de puntos de agua (Malan, J.M., et al., 1996).

En el ámbito existe una relación estrecha entre la morfología superficial y el nivel freático, comportándose las zonas elevadas como áreas de recarga, mientras que los bajos actúan descargando al acuífero. El agua está contenida en los niveles superiores del ya mencionado "pampeano". En cuanto al subsuelo más profundo, la

perforación Metileo N° 1 (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1970), no alienta expectativas. Los contenidos salinos varían entre menos de 2000 y más de 8000 mg/l. Las porciones con mejores posibilidades se encuentran al norte, este y sur del paraje La Puma, totalizando una superficie de 80 Km², aunque la parte con agua de mejor calidad por sus tenores en flúor y arsénico, se restringe a 16 Km².

Se han hecho estimaciones de recarga mediante balances hídricos seriados de paso mensual y anuales. Los primeros indican períodos sin excesos infiltrables y otros con excesos de entre 65 y 96 mm/año. Dada su proximidad con el acuífero Speluzzi-Gral. Pico-Dorila-Trilí, del que puede considerarse una extensión occidental a la latitud de Trilí, se considera que la recarga anual no debe ser muy diferente. Teniendo en cuenta los valores del acuífero mencionado, puede aceptarse como primera aproximación un volumen de reservas reguladoras en el orden de los 4.8 X10⁶ m³/año de agua dulce y 1.0 X10⁶ m³/año de agua apta para consumo humano.

Acuífero de Calefú-Conhelo

Se ubica a ambos lados de la ruta provincial 9, desde inmediatamente al sur de Calefú hasta unos 7 Km al norte de la localidad de Conhelo. Fue puesto en evidencia por la cartografía del Plan Norte-Zona II (Miglianelli, C.H., 1985).

Geomorfológicamente está asociado a un conjunto de lenguas y planos medanosos, en los cuales se intercala, en el este, una capa de ceniza volcánica de centímetros de espesor, acumulada por erupciones históricas. El espesor de la arena raramente supera el metro, excepto hacia el oeste, donde localmente se desarrollan cubetas de deflación y médanos de importancia local. Estas arenas se apoyan sobre la formación Cerro Azul ya descrita, la que en esta zona tiene un espesor de unos 150 m y es la que contiene al acuífero. Esta última se apoya, a su vez, en rocas preterciarias.

El nivel estático se ubica entre los 10 y 15 m de profundidad al sur de Calefú, más al sur, zona de la estancia Alto Verde, se lo encuentra por lo general entre 35 y 50 m, mientras que entre la estancia Alto Verde y Conhelo está en el orden de los 80/90 m de profundidad. El contenido salino de las aguas varía entre 600 y 2000 mg/l, siendo el carácter iónico bicarbonatado a bicarbonatado sulfatado sódico. Los caudales específicos en el área explotada al sur de Calefú, oscilan entre 0.2 y 1 m³/hm.

Con el grado de conocimiento alcanzado de esta zona, no pueden más que estimarse groseramente las reservas reguladoras en 1 X 10⁶ m³/año.

Acuífero de Quemú Quemú

Se ubica en coincidencia con la localidad del mismo nombre, aunque la extensión del reservorio es mucho mayor que la parte relevada. La información que se posee del mismo deriva de la evaluación efectuada para abastecer con agua potable a Quemú Quemú (Malan, J. et al., 1988).

La composición del subsuelo profundo en el área no se conoce. La más superficial registra la presencia de limos arenosos conocidos genéricamente como "pampeano", cubierto por arenas eólicas de entre 3 y 15 m de espesor. La superficie freática acompaña, atenuada, a la topográfica, con niveles estáticos a 5/6 m de profundidad en las partes elevadas, hasta aflorar en las bajas, que actúan como áreas de descarga local.

El residuo seco es menor en general a 2000 mg/l, excepto en coincidencia con las depresiones, en las que las curvas de isocontenido presentan máximos cerrados de hasta 6000 mg/l. Estas últimas ocupan una superficie reducida. Los tenores de flúor

varían entre menos de 1 y más de 8 mg/l. En profundidad, con la penetración en el acuífero dicho tenor aumenta, aunque en las secciones de menor contenido se mantiene por debajo de los 2 mg/l hasta los 24 m de profundidad.

El acuífero se comporta como libre con drenaje diferido. Los caudales específicos en los limos arenosos inferiores varían entre 1.5 y 2.3 m³/hm y las transmisividades entre 100 y 200 m²/día.

Se ha estimado (Malan, J. et al., op. cit.) que la recarga está en el orden de los 50 mm/año, con la cual, en el área evaluada la reserva reguladora alcanza a 0.25 X10⁶ m³/año, aunque, como la extensión del acuífero es mayor, estas reservas también lo son.

Acuífero Bajo de las Cuatro Lagunas

Este acuífero se encuentra 57 Km al sur de Jacinto Arauz, en el límite con la provincia de Buenos Aires, donde continúa. Fue puesto en evidencia por los trabajos del CIAS (Arigós, L.E., op. cit.) y mapeado con más detalle por el plan EASSE (Buteler, H., 1980). En el área son evidentes geoformas de origen eólico y fluvial desarrolladas en el Terciario superior y el Holoceno. Puede sintetizarse indicando que sobre una planicie de agradación se labraron niveles de degradación menores, los que a su vez fueron seccionados por valles de rumbo noroeste-sureste y suroeste-noreste, uno de los cuales se extiende desde el Salitral Negro en la provincia de La Pampa hasta la laguna de Chasicó en la de Buenos Aires.

Este geoforma aloja cubetas de deflación ocupadas por salinas y salitrales por el oeste y médanos por el este. Estos últimos adoptan la forma de cordones longitudinales y barjanes en algunos sectores, con diferencias de altura entre senos y crestas que pueden alcanzar los 10 m. La laguna de Callaqueo, que se ubica al norte del cordón medanoso mencionado, se interpreta como un pfanenn de unos 25 Km² cuyo fondo se encuentra a 42 mbnm, constituye la principal área de descarga areal, descarga que además tiene lugar en el Bajo de las Cuatro Lagunas, la laguna de la Sombra y otras menores.

El substrato precuaternario está representado por las formaciones Cerro Azul y Chasicó (Linares, E. et al., op. cit.; Fidalgo, F., et al., 1978), ya descripta. Poco al norte del área que consideramos se mencionan intercalaciones potentes de arcillas grises. Esta formación culmina en las planicies con un encostramiento calcáreo. Por el sur, continúa la secuencia con una capa de rodados patagónicos cementados, mientras que dentro de la cubeta se encuentran arenas eólicas, derrubios de ladera y relleno de cubetas, ubicables cronoestratigráficamente en el Pleistoceno final-Holoceno, por correlación con sedimentos equiparables del área de Toay (Zetti, J., op. cit.; Ramonell, C., op. cit.).

Con relación a la química del agua contenida en este acuífero, el residuo seco oscila entre 260 y 600 mg/l, y presenta, al igual que otros casos semejantes, un marcado contraste con la salinidad de áreas vecinas, la que se refleja en el trazado casi coincidente de las isoconas de 1 y 2 g/l de sales totales. La composición iónica, deducida a partir de una decena de muestras, indicaría un carácter bicarbonatado cálcico.

En cuanto a sus reservas, para el Balneario Chapalcó, distante 25 Km al este, se ha estimado la infiltración eficaz en base al índice de cloruro en el 54.8 % de las precipitaciones (Bonorino, A.G., et al., 1992). Se considera que este valor no puede ser trasladado de manera directa a esta zona, en primer lugar por la mayor profundidad del nivel freático, y en segundo término debido a que los contenidos de

cloruro en el agua de lluvia deben variar de manera significativa en distancias cortas, debido a la presencia de salinas y salitres que contienen cloruro de sodio, el que se incorpora en forma de polvo a la atmósfera. No obstante ello, teniendo en cuenta las dimensiones del acuífero de 10 Km en sentido este-oeste por 4 Km en el norte-sur, y la importante alícuota de precipitaciones infiltrada, las reservas reguladoras deben estar en el orden de los $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

Acuífero de Estancia La Chola

Se encuentra en el sureste de la provincia de La Pampa, unos 55 Km al nor-noreste de la localidad de La Adela. Sobre el mismo se ubica la estancia del mismo nombre. Este acuífero fue reconocido con el levantamiento del plan EASSE (Buteler, H., 1982). Se trata de una depresión alargada de rumbo este-sureste recortada en una planicie coronada por tosca, cubierta por médanos con elevaciones de hasta 12 m entre crestas y surcos. A ambos lados del cordón medanoso se encuentran depresiones ocupadas por salinas y salitres, algunos de desarrollo importante. Además se encuentran lagunas en depresiones interdunales.

La geología de la zona puede deducirse a partir de afloramientos y la perforación Anzoategui N° 1 (Dirección Nacional de Geología y Minería, 1970). De acuerdo con ésta, por arriba del "mioceno verde" se encuentran unos 200 m de espesor de limos areno arcillosos, correlacionables con las formaciones Cerro Azul y Chasicó ya citadas. En este paquete se intercala un conjunto de arcilitas y areniscas grises, que han sido nominados formación Salina El Chancho (Buteler, H., op. cit.). Probablemente se trate de una interdigitación de la formación Río Negro, aflorante inmediatamente al oeste, dentro del conjunto Cerro Azul-Chasicó. Finalmente deben mencionarse las arenas eólicas equivalentes a las de otros ámbitos.

En planta el acuífero tiene planta ligeramente trapezoidal con un desarrollo este-oeste de unos 21 Km y un ancho máximo de 9 Km en su extremo este. La salinidad fluctúa entre 400 y 800 mg/l, y al igual que en el anterior, las isoconas de 1 y 2 gr/l de sales totales, se encuentran muy próximas entre sí. Las aguas son fuertemente bicarbonatadas sódicas.

La red de flujo presenta un diseño radial divergente. Los caudales específicos varían según la formación que se explote, entre $2 \text{ m}^3/\text{hm}$ para las arenas superiores, alrededor de $1 \text{ m}^3/\text{hm}$ en el tope de los limos arenosos y en el orden de $0.1 \text{ m}^3/\text{hm}$ por debajo de los 80 m de profundidad.

No se ha evaluado la recarga en este ambiente. Los más cercanos disponibles corresponden a Balneario Chapalcó (Bonorino, A.G. et al., op. cit.). Con las mismas consideraciones que las efectuadas para el acuífero de Cuatro Lagunas, puede aceptarse una reserva reguladora en el orden de los $5.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS

- Aimar, S., 1990. Estudio hidrogeológico de la hoja IGM 3766-23 Valle Daza. Informe beca iniciación CONICET. Inédito.
- Arigós, L.E., 1969. Informe técnico hidrogeológico provincia de La Pampa. Inf. inéd., 70 p. Min. de Econom. y O. Públicas. Santa Rosa.
- Bisceglia, H.A., 1974. Informe preliminar de la hoja IGM 3766-18 Colonia Ferraro. Inf. inéd., 44 p., Dir. del Agua. Santa Rosa.
- 1977. Estudio hidrogeológico de la región de la meseta basáltica, con especial referencia a los manantiales. Inf. inéd., 92 p., Dir. del Agua. Santa Rosa.

- Bojanich, E., 1964. Evaluación de los recursos hidráulicos subterráneos. En: Estudio para un aprovechamiento integral del Valle Argentino (Dpto. Utracán, prov. de La Pampa). Min. de Econ. y A. Agrarios. Inf. inéd. Santa Rosa.
- 1978. Investigación geológica-geomorfológica-hidrológica de la cuenca del río Atuel. Presentación ante Suprema Corte de Justicia de la Nación, III, 88 p. Santa Rosa, 1980.
- Bonorino, A.G., 1986. Pozo de explotación de aguas subterráneas planta compresora de Gas del Estado estación Las Gaviotas, provincia de La Pampa. 5 p. Inédito.
- 1988. Geohidrología del sistema hidrotermal profundo de la región de Bahía Blanca. Univ. Nac. del Sur, Dpto. Geología, inédito.
- 1991. Evaluación de la recarga de agua subterránea en el área de la vertiente occidental de las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires. Asoc. Geol. Arg., Rev. XLVI:(1-2), 93-102. Buenos Aires.
- Bonorino, A.G. y R. H. Torrente.1992. Balance iónico aplicado al cálculo de la infiltración eficaz en áreas de relieve medanoso. III Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas, p189-194. La Plata.
- Bouwer, H., 1989. Estimating and enhancing groundwater recharge. En Sharma, M.L., editor, Groundwater Recharge, p 1-10, Balkema, Rotterdam.
- Buteler, H., 1980. Censo hidrogeológico de las hojas IGM escala 1:50.000 Laguna Callaqueo, Laguna Colorada Chica y La reforma. Inédito, Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.
- 1982. Estudio hidrogeológico, regional y de fuentes: informe sobre la hoja IGM 3963-8 a escala 1:100.000, Estancia La Chola. Inédito, Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.
- 1983. Plan Norte-Zona I. Cartografía temática. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.
- Cannelle, L.E., 1950. Condiciones hidrogeológicas de la zona comprendida entre Telén y Santa Isabel y valle de los ríos Salado-Atuel-Chadileuvú. Inf. inéd. Dir. Gral. Ind. y Minería. 28 p. Buenos Aires.
- Castro, E. C. y J. O. Tullio. 1993. Algunas características hidrogeológicas del abastecimiento de agua a la localidad de Intendente Alvear, provincia de La Pampa. Vas. Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas II: 19-25. Santa Rosa.
- 1993. Valle Argentino. Síntesis hidrogeológica preliminar. 3p, mapas, gráficos, cuadros. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.
- Cavalié, C.C., 1979. Estudio hidrogeológico para la provisión de agua subterránea potable a la ciudad de Santa Rosa. Acuíferos Santa Rosa-Anguil y Santa Rosa-Toay. 42 p, mapas. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.
- 1987. Estudio hidrogeológico Valle de Chapalcó. Inf. inéd., 17 p., Dir. del Agua. Santa Rosa.
- 1982. Estudio hidrogeológico area Anguil-Catrilo. Inf. inéd., 25 p., Dir. del Agua. Santa Rosa.
- Dirección de Aguas de La Pampa, 1997. Archivo de perforaciones. Inédito. Santa Rosa.
- Dirección Nacional de Geología y Minería, 1970. Perfiles de perforaciones. Período 1936-1945. Publicación 153. Buenos Aires.
- Fidalgo, F., J.H. Laza, N. Porro y E.P. Tonni, 1979. Algunas características de la formación Arroyo Chasicó y sus relaciones geológicas. VII Cong. Geol. Arg., Actas I:213-225. Neuquén.
- Giai, S.B., 1975. Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS). Informe final. 62 p, mapas, figuras. Consejo Provincial del Agua de La Pampa, tirada reducida. Santa

Rosa.

-----1991. Deducción de la recarga de acuíferos a partir del perfil de humedad del suelo. Univ. de La Pampa. Inédito.

-----1992. Estudio hidrogeológico del sureste de Santa Rosa para la provisión de agua potable al barrio FONAVI XLII. 8p, planos. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

-----1997. Rasgos hidrogeológicos de El Meauro - Provincia de La Pampa - Con especial referencia a su freaticimetría. 1er. Congreso Nacional de Hidrogeología, Actas 105:116. Bahía Blanca.

Giai, S.B. y J.A. De Ormaechea, 1973. Estudio de fuentes de Intendente Alvear. 6 p. Inédito. Servicio de Agua Potable y Saneamiento Ambiental de La Pampa. Santa Rosa.

Giai, S.B. y R.O. Gatto Cáceres, 1995. Ajuste de un modelo para registros freaticométricos mensuales en Gral. Pico-La Pampa. 4as. Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Actas, 2:221-228. La Plata.

Giai, S.B. y E. Mariño, 1993. Comportamiento de la humedad en un suelo de médano. Actas Vas. Jor. Pampeanas de Ciencias Naturales, II: 32-37, Santa Rosa.

Gonzalez, N., M. A. Hernandez y C.R. Vilela, 1986. Léxico hidrogeológico. Publicación especial Com. Inv. Científicas de la provincia de Buenos Aires, 249 p. La Plata.

Hernandez, M.A. y S.B. Giai, 1996. Variación de la recarga entre La Plata y Santa Isabel (provincias de Buenos Aires y La Pampa-Argentina). Propuesta metodológica. 3er. Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, Memorias, p 3-1:3-10. San Luis Potosí (México).

Herrero Ducloux, J.J., 1978. Informe de la prospección geofísica en la región comprendida entre los paralelos 36 y 37° 20' de latitud sur y los meridianos 64 y 66° de longitud oeste (provincia de La Pampa). Inf. inéd., 152 p., Inst. Nac. de C. y T. Hídricas. Buenos Aires.

Linares, E., E.J. Llambías y C.O. Latorre, 1980. Geología de la provincia de La Pampa, república Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXXV, 1, p 257-265. Buenos Aires.

Malan, J.M., 1983. Estudio hidrogeológico para abastecimiento de agua potable a la localidad de Gral. Pico, departamento Maracó, provincia de La Pampa (RA). Informe preliminar. Coloquio Internacional Sobre Hidrología de Grandes Llanuras, Actas p1449:1473. Olavarría.

-----1991. Evaluación geohidrológica parcial del área medanosa Telén-Victorica y propuesta de estudios ampliatorios. Inf. inéd. Dir. del Agua. Santa Rosa.

Malan, J.M. y C.J. Schulz, 1988. Estudio hidrogeológico para la provisión de agua potable a Quemú Quemú, La Pampa. IIas. Jorn. Geol. Bonaerenses, Actas, p 567-574. Bahía Blanca.

Malan, J.M. y E. Mariño y G. Casagrande, 1993. Aplicación de distintos métodos para la estimación de la infiltración eficaz en áreas medanosas. Actas Vas. Jor. Pampeanas de Ciencias Naturales, II:46-51. Santa Rosa.

Malan, J.M., M. Pires y A. Bartel, 1996. Contribución al conocimiento geohidrológico de la hoja La Puma 3563-32-3. VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Actas 151:158. Santa Rosa.

Miglianelli, C., 1984. Resumen del estudio especial del acuífero de Speluzzi. Pampa Geológica, I:3, p15-27. Santa Rosa.

-----1985. Plan Norte Zona II. Cartografía temática. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

-----1998. Replanteo de la exploración en el acuífero de Falucho. 14 p, planos. Inédito.

Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

Orellana, E., 1966. Trabajos sísmicos de refracción en la provincia de La Pampa. Inf. inéd., 4 p. Yacimientos Petrolíferos Fiscales. Buenos Aires.

Ramonell, C.G., J.O. Tullio, A.P. Calmels y O.C. Carballo, 1993. Unidades litoestratigráficas del Cuaternario superior en el área de Santa Rosa, provincia de La Pampa. En: Calmels, A.P., J.O. Tullio y O.C. Carballo (editores), Introducción al estudio del Cuaternario, p233-242. Santa Rosa.

Ruiz, E. J., 1982. Estudio de fuentes para abastecimiento de agua potable a Luan Toro. 6 p. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

Salso, J., 1966. La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Asoc. Geol. Arg., revista, XXI,2, p 107:117. Buenos Aires.

----1967. Origen del agua en la región central de La Pampa. Actas Cong. Nac. del Agua. Neuquén.

----1972. Razgos hidrogeológicos de La Pampa. Mundo Geológico. p 11-15. Buenos Aires.

Stappembeck, R., 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y sus alrededores. Dir. Gral. Minas, Geol. e Hidrología, bol. 4, 55p. Buenos Aires.

----1943. Geología y aguas subterráneas de la pampa. Resúmen traducción de la obra de 1926 de la Dir. de Min., Geol. e Hidrología. Buenos Aires.

Tapia, A., 1930. Condiciones hidrogeológicas de los campos de la "S.A. Estancias y Colonias Trenel", territorio nacional de La Pampa. Dir. Gral. de Min., Geol. e Hidrología, Publ. 91, 24 p, Buenos Aires.

----1938. Chacharramendi y alrededores. Physis, XIV, 46. Buenos Aires.

----1962. Recomendaciones sobre la investigación hidrogeológica en La Pampa y algunos resultados obtenidos en investigaciones efectuadas en el norte de la misma. Min. de Econ. y O. Públicas. Inf. inéd., 10 p, Santa Rosa.

Tullio, J.O., 1990. Replanteo de fuentes de agua potable a Eduardo Castex. Partes 1 y 2. 15 p. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

----1995. Estudio hidrogeológico del Valle Argentino. Informe preliminar N°2. 4 p. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

Tullio, J.O. y S.B. Giai, 1990. Ubicación y reservas de los principales acuíferos de Las Pampa. 8 p. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

Tullio, J.O. y J.M. Malan, 1980. Consideraciones geohidrológicas acerca del variable contenido de flúor de las aguas subterráneas de la provincia de La Pampa y sus posibles causas. Inf. inéd., Dir. del Agua, Santa Rosa.

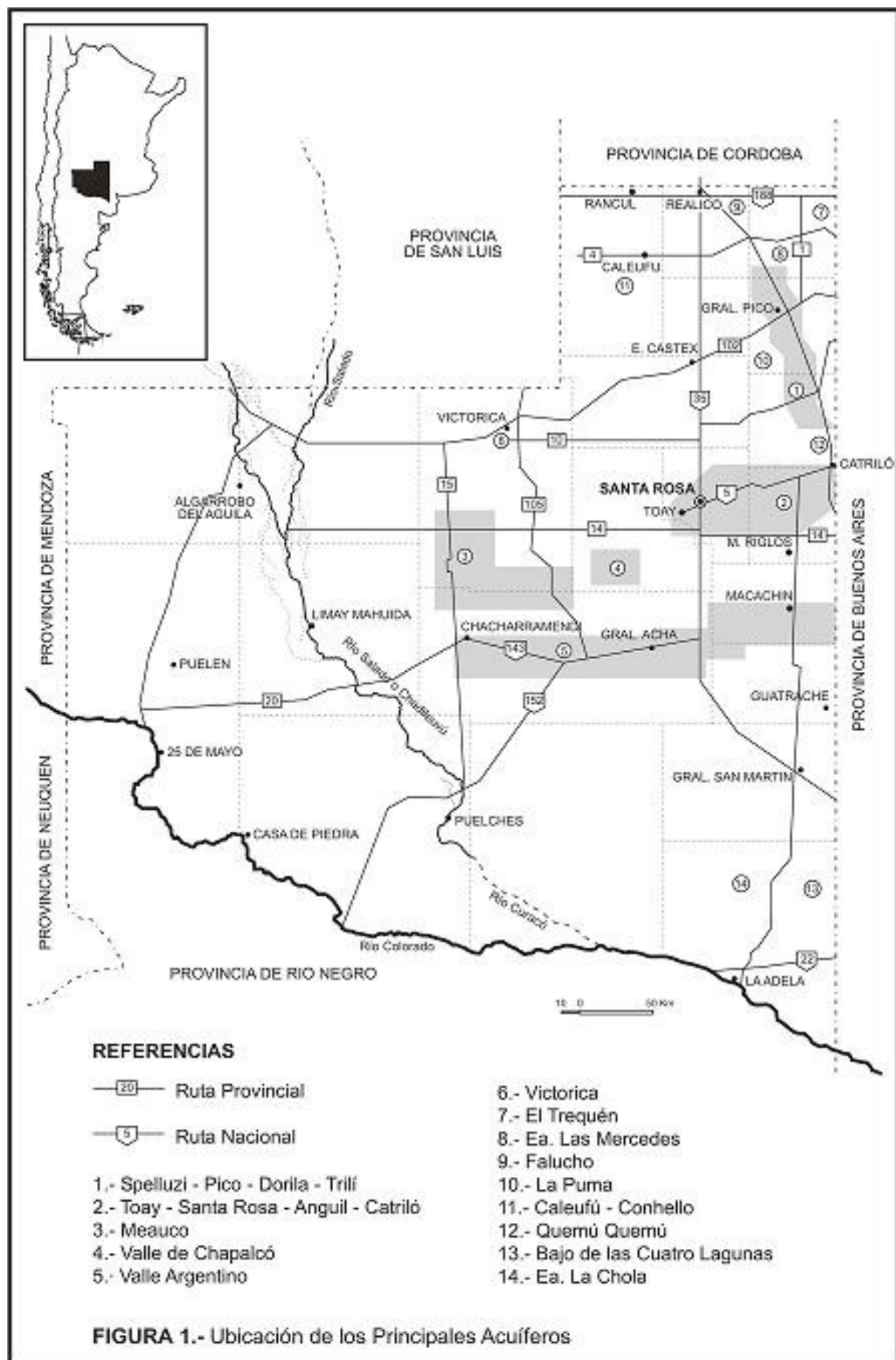
Tullio, J.O. y C.H. Miglianelli, 1983. Informe del estudio de fuentes para Adolfo Van Praet. 2 p, planos. Inédito. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Santa Rosa.

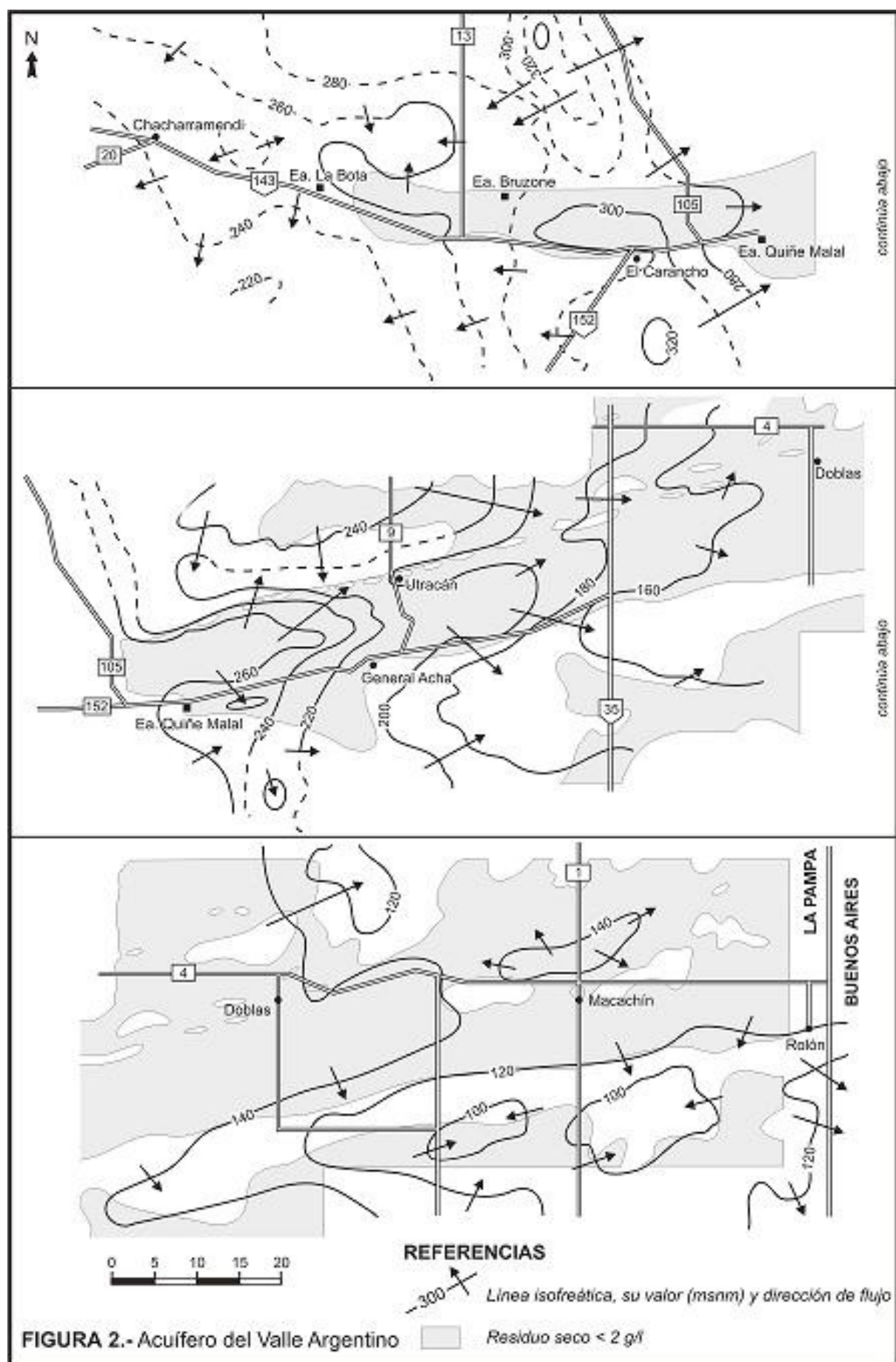
Visconti, G., C.I. Montalvo, M.C. Cardonatto y L.A. Pugener, 1996. Análisis sedimentológico e interpretación paleoambiental de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) en el Valle Argentino, provincia de La Pampa. Vlas. Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Actas, p 86-88. Santa Rosa.

Viswanathan, M.N., 1983. The rainfall/water table level relationship of an unconfined aquifer. Ground Water, Vol 21, 1, p 49-56.

Zambrano, J. J., 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. Rev. Asoc. Geol. Arg., XXIX:4, p443-469. Buenos Aires.

Zetti, J., 1964. El hallazgo de un Megatheriidae en el "Médano Invasor" del SW de Toay, provincia de La Pampa. Ameghiniana, III, 9, p 257-265. Buenos Aires.





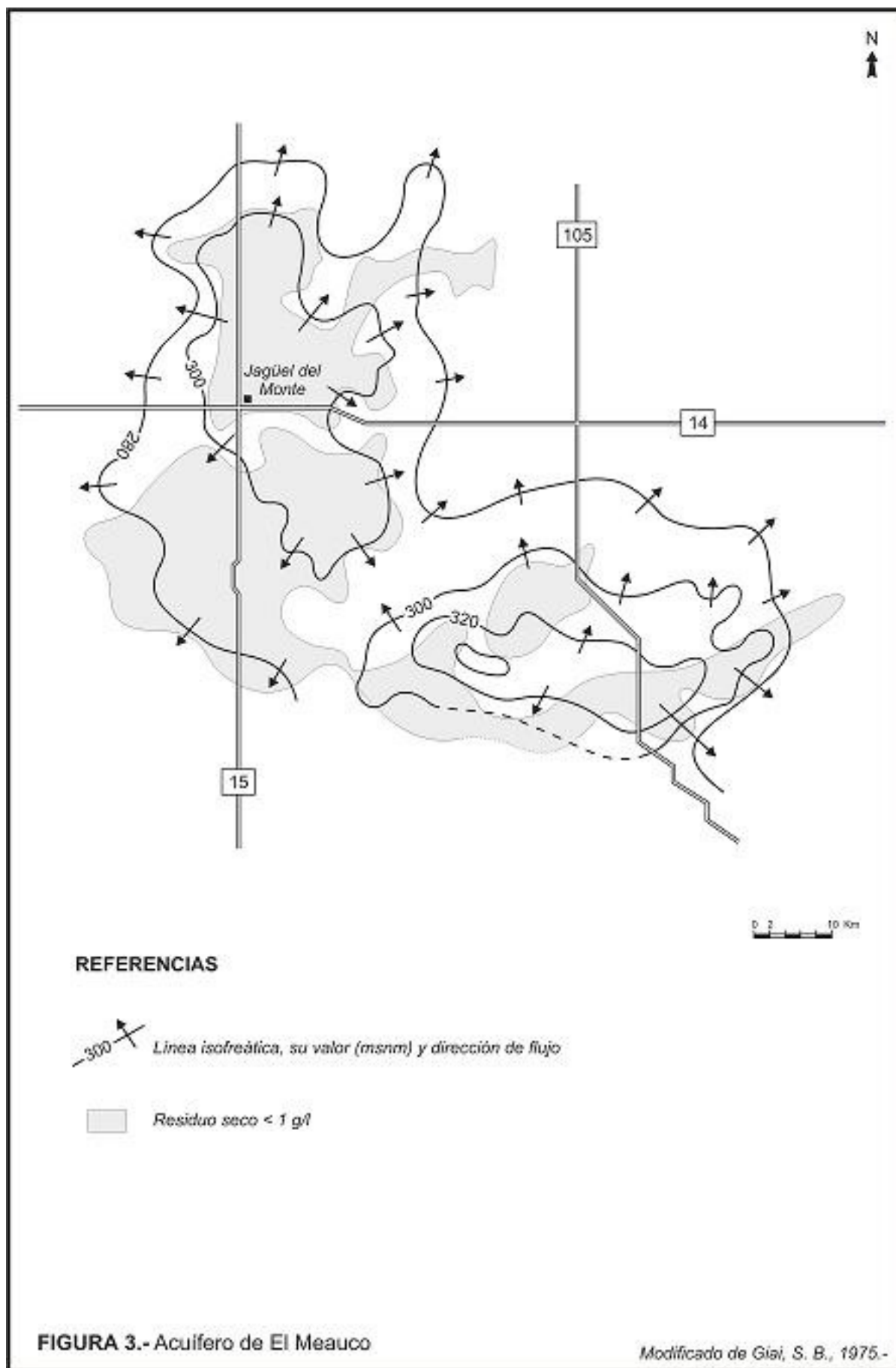


FIGURA 3.- Acuífero de El Meauro

Modificado de Gial, S. B., 1975.-



REFERENCIAS

-  Líneas isotérmicas, se indica el sentido y dirección del flujo
-  Nivel de 1000 m s.n.m.

FIGURA 4.- Acuífero Toluca - Santa Rosa - Angel - Cabrés

Asignado de Cevallos, D., 1976: 1980 y Cevallos, D., 1982.

