6

Hidrogeología del sector medio del valle inferior del río Chadileuvú (La Pampa, Argentina)

Santiago B. Giai, Jorge O. Tullio, Eduardo C. Castro y Maite Betelu

Administración Provincial del Agua
Santa Rosa, La Pampa, Argentina

✉ [Administración Provincial del Agua, Olascoaga 540, y Universidad Nacional de La Pampa, Cnel. Gil 353, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina].

@ [sgiai@lapampa.gov.ar; laurnatulio@cpenet.com.ar; ecastro@lapampa.gov.ar; mbetelu@lapampa.gov.ar].

Resumen

La región cuya hidrogeología se expone, se encuentra en el oeste de la provincia de La Pampa, República Argentina, entre los paralelos de 36º y 37º 45' de latitud sur y los meridianos de 66º y 67º 30' de longitud oeste, abarcando una superficie del orden de los 20.000 Km2. En ella la actividad productiva principal es la ganadería de cría, actividad cuya limitante es la disponibilidad de aguas aptas para abrevar ganado. Es atravesada diagonalmente por los ríos Chadilevú o Salado, y su afluente, el arroyo de La Barda. Estos cursos de agua tienen un régimen determinado por su utilización aguas arriba, de manera que el original desde hace décadas es antrópico. Sus caudales y contenidos salinos son variables. Ambos tienen carácter efluente, excepto el arroyo de la Barda, que en algunos tramos actúa en forma inversa.

El clima que soporta la región es fuertemente árido, con precipitaciones medias en el orden de los 350 mm/año. En gran parte de ella, más del 50% de su extensión, en superficie se encuentran arenas eólicas con un mínimo a nulo desarrollo edáfico, y en consecuencia una capacidad de retención baja. Estas características determinan que pueda existir recarga directa. Por medio de balances hídricos seriados, con la información climática disponible, se dedujo que en los años en que las precipitaciones son cercanas al valor medio histórico, esa recarga es despreciable, mientras que en los que la media histórica es superada, alcanza valores significativos. A esta recarga directa se le suma, en sectores localizados, recarga indirecta, generada tanto a partir de escurrimientos desarrollados como consecuencia de afloramientos del basamento hidrológico, como a favor de pendientes pronunciadas en el extremo oeste de la zona.

En cuanto a los recursos hídricos subterráneos, se analiza la posibilidad de la existencia de acuíferos profundos confinados, y se particulariza en el freático. Este presenta una amplia variabilidad en su composición química, impresa por las diferentes formaciones en las que se aloja. Asimismo, resulta de interés la estrecha correlación entre el ambiente geomorfológico y el carácter químico del agua freática, lo cual, junto a los patrones de flujo subterráneo permiten distinguir cinco ambientes hidrogeológicos con características comunes.

Key words: hidrogeología regional, La Pampa, Argentina.

Hydrogelogy of the middle part of the Chadileuvú river lower valley (La Pampa, Argentina)

Abstract

This paper consists in the hydrogeological study of a region of about 20.000 Km2 in the middle west of the province of La Pampa in the Argentine Republic, between parallels 36° and 37° 45', S latitude, and meridians 66° and 67° 30' W (approximately the "Atuel" river cliffs). Cattle breeding is the major activity of the region, limited by water availability. The region is crossed diagonally by the "Chadileuvú or Salado" river and its affluent "La Barda" stream. The water regime of both rivers is determined by consumption in the upper parts of the basin that turned, with the passing of years, from an original simple snow regime into an antropic one. Their water volume and salt content are variable. Both streams are of effluent nature, except for La Barda, which sometimes presents a reverse regime.

The weather of the region is dry; its mean rainfall is about 350 mm/year. Approximately 50% of its surface is covered by eolic sand, without soil profile, and therefore it has a low retention capacity. In that way, effective infiltration is possible. It has been inferred, from standardized water balances containing available climatic information, that when rainfall is near the historical average, recharge is negligible, but it is significant when rain is over. To this direct recharge, indirect recharge is added in some areas, generated by runoff from outcrops of hydrological basement, as much as, from the high slopes in the far west of the region.

Regarding underground water resources, the probable presence of deep confined aquifers is analyzed first, and then, in particular, that of the phreatic ones. Chemical composition presents a wide range of variability, derived from the different formations on which they are contained. On the other hand, it is very interesting to notice, the close correlation between geomorphologic environment and chemical nature of phreatic waters, what together with the flow pattern, makes it possible to determine five hidrogeological environments with common characteristics.

Key words: regional hydrogeology, La Pampa, Argentina.

Hidrogeologia do setor médio do vale inferior do rio Chadileuvú (La Pampa, Argentina)

Resumo

A região cuja hidrogeologia se expõe, se encontra no oeste da província de La Pampa, República Argentina, entre os paralelos de 36° e 37° 45' de latitude sul e os meridianos de 66° e 67° 30' de longitude oeste, abarcando uma superfície da ordem de 20.000 Km2. Nela, a atividade produtiva principal é a pecuária de corte, atividade cujo fator limitante é a disponibilidade de águas aptas para suprir o gado. É atravessada diagonalmente pelos rios *Chadilevú* ou Salgado, e seu afluente, o arroio de La Barda. Estes cursos de água têm um regime determinado por sua utilização a montante, de maneira que o original há décadas é antrópico. Seus caudais e conteúdos salinos são variáveis. Ambos têm caráter efluente, exceto o arroio de la Barda, que em alguns trechos atua de forma inversa.

O clima que caracteriza a região é muito árido, com precipitações médias da ordem de 350 mm/ano. Em grande parte dela, mais de 50% de sua extensão,

em superfície se encontra areias eólicas com um mínimo desenvolvimento edáfico, e como conseqüência uma capacidade de retenção baixa. Estas características determinam que possa existir recarga direta. Por meio de balanços hídricos seriados, com a informação climática disponível, se deduziu que nos anos em que as precipitações são próximas ao valor médio histórico, essa recarga é desprezível, enquanto que nos que a média histórica é superada, alcança valores significativos. A esta recarga direta se soma, em setores localizados, recarga indireta, gerada tanto a partir de escorrimentos desenvolvidos como conseqüência de afloramentos do embasamento hidrológico, como a favor de pendentes pronunciadas no extremo oeste da zona. Com respeito aos recursos hídricos subterrâneos, se analisa a possibilidade da existência de aqüíferos profundos confinados, que se particularizam no freático. Este apresenta uma ampla variabilidade em sua composição química, impressa pelas diferentes formações nas que se aloja. Mesmo assim, resulta interessante a estreita correlação entre o ambiente geomorfológico e o caráter químico da água freática, o que, junto aos padrões de fluxo subterrâneo permitem distinguir cinco ambientes hidrogeológicos com características comuns.

Palabras-Chave: Hidrogeologia Regional, La Pampa, Argentina.

1. Introducción

El área a que se refiere este trabajo queda enmarcada dentro de los siguientes límites:

1. Por el este, el meridiano de 66º W.
2. Por el oeste, la ruptura de pendiente ("barda") que materializa en el terreno la margen derecha del valle de los ríos Atuel y Salado.
3. Por el norte el límite Interprovincial entre las provincias de Mendoza y San Luis con La Pampa, coincidente con el paralelo de 35º S.
4. Por el sur la ruta provincial Nº 20, que se extiende entre Chacharramendi y Colonia 25 de Mayo.

La superficie abarcada por esta zona es del orden de los 20.000 Km2, puede verse en la Figura Nº 1. Se encuentra en el oeste de la provincia de La Pampa. Dentro de la misma se ubican las localidades de Santa Isabel, Algarrobo del Aguila, Limay Mahuída y La Reforma. El ambiente es fuertemente árido.

Al área se puede acceder en su tercio norte por la ruta provincial 10, pavimentada, que penetra en la misma a la latitud de Colonia La Pastoril, y se extiende hasta Santa Isabel. Por su parte la ruta provincial 14, de tierra,

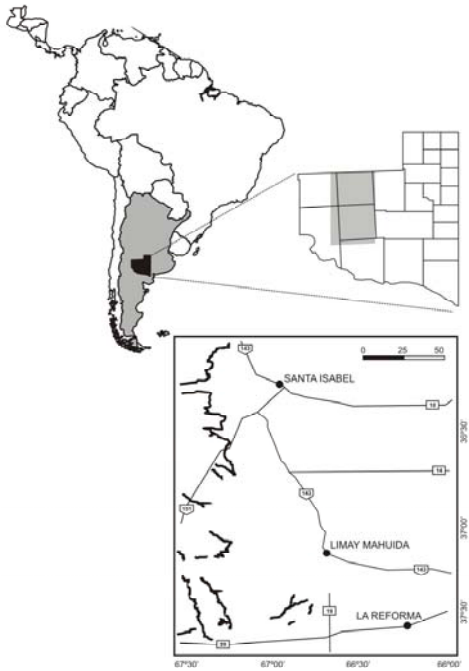


Figura 1. Croquis de ubicación.

por lo general de buena transitabilidad, se desarrolla con rumbo oeste-este, desde la ruta nacional 151 hasta el límite este del área de trabajo, pasando por Paso de los Algarrobos. Finalmente, también con sentido predominante oeste-este, la ruta provincial 20, pavimentada, bordea por el sur el área involucrada en éste estudio. La ruta nacional 143, permite acceder por el sudeste al área de trabajo, desde la localidad de Chacharramendi hasta Limay Mahuída. Desde esta última sigue hasta Paso de los Algarrobos y Algarrobo del Aguila, desde donde continúa, pavimentada, hasta el límite con Mendoza pasando por Santa Isabel. Fuera de estos accesos, la transitabilidad es difícil y debe hacerse por caminos y huellas secundarios.

El área de trabajo fue objeto de estudios que la cubren total o parcialmente, de distinta índole y temática, que se refieren al marco geológico regional, a la geomorfología e hidrología general, y finalmente otros son de carácter predominante hidrogeológico.

La actividad productiva casi única en la zona, es la ganadería extensiva de vacunos y caprinos, aprovechando recursos forrajeros naturales. Esta actividad se ve limitada en su expansión por la disponibilidad de agua para abrevar el ganado, ya que el escurrimiento del Arroyo de la Barda es discontinuo, a lo que se suma que en el caso del río Chadileuvú, si bien de carácter permanente, la mayor parte de sus escurrimientos no son aptos para ése fin. Con respecto a las aguas subterráneas, presentan una amplia variedad de contenidos salinos, y puede generalizarse que, aproximadamente, en la mitad de la extensión del área considerada, no son aptas para ganadería.

2. Marco geológico regional

En la composición geológica del área de estudio intervienen tres regiones morfoestructurales (Ramos, 1999). Su extremo norte es parte de la cuenca cuyana, una porción del suroeste pertenece a la cuenca neuquina, y el grueso de la región corresponde a lo que se ha denominado originalmente Cinturón Móvil Mendocino-Pampeano (Criado Roque, 1972).

En el extremo norte del área, se desarrolla la parte distal de la cuenca cuyana (subcuenca de Alvear). Su estratigrafía se conoce a través del trabajo de Vicente (1975). Algo al norte de Algarrobo del Aguila, aflora su basamento. Hacia el norte se profundiza, alcanzando a la latitud de General Alvear (Mendoza), unos 3.000 m (Vicente, *op. cit.*). Con respecto a su relleno sedimentario es el clásico de las cuencas sedimentarias del este de Mendoza, ubicadas entre la Sierra Pintada y las Sierras Pampeanas, es decir, el Grupo Mendoza, con sus formaciones Las Cabras, Potrerillos, Cacheuta y Víctor. En adición a estas, uno de los pozos exploratorios al sur de General Alvear, atravesó arcillas y areniscas rojas, que fueron denominadas Formación Pozo Chimango, asignadas tentativamente al Cretácico (Vicente, *op. cit.*).

Unos 5 km al noreste de Santa Isabel se realizó un pozo exploratorio de 573 m de profundidad. No se han informado oficialmente los resultados, aunque trascendió alguna información. Por una parte que perforó sedimentitas mesozoicas similares a las del Grupo Mendoza (Vilela, com. verbal). En segundo lugar, una descripción del cutting, menciona que entre los 160 y los 244 m, perforó arcilitas y gravas arcillosas rojas, que permiten pensar que se trata de la Formación Pozo Chimango.

La cuenca Neuquina se encuentra en el extremo suroeste del área de trabajo (Melchor y Casadío, 2000). Se reconoce por escasos afloramientos de la formación Roca, areniscas, margas y calizas amarillentas y verdosas, en la margen oeste del Gran Salitral. Por sobre la Formación Roca, en este sector de la cuenca, se encuentra la Formación Vaca Mahuída, compuesta por pelitas, areniscas, calizas, tobas, chonitas, cineritas y tufitas, asignadas al Eoceno (Melchor y Casadío, *op. cit.*). Los mejores afloramientos de la misma se encuentran en la meseta de El Fresco.

El resto de la zona, no descripta en los párrafos precedentes, corresponde a la región morfoestructural conocida como Cinturón Móvil Mendocino-Pampeano. Estratigraficamente está integrada por rocas de edades comprendidas entre el Precámbrico y el Permotriásico, sobre las que se depositó una formación limo arenosa en el Mioceno Superior y otras dos de edad cuaternaria. Estos últimos depósitos traslapan al Cinturón Móvil Mendocino Pampeano, cubriendo las unidades aledañas en todo rumbo.

Desde abajo hacia arriba en sentido cronológico, se reconoce en primer lugar a la Diorita Las Matras, aflorante en el cerro homónimo. Le sigue hacia arriba la Formación San Jorge, que aflora algo al suroeste de Limay Mahuída, compuesta por calizas. Han sido ubicadas entre el Cámbrico y el Ordovícico (Melchor y Casadío, *op. cit.*; Melchor *et al.*, 1999). Continúa la secuencia con otra formación, aflorante al suroeste de Algarrobo del Aguila, a los que se identifican como miembro Cerro Guanaco. Son areniscas, areniscas conglomerádicas y limolitas cuarzosas (Melchor y Llambías, 2000), de edad carbónica superior. Hacia el sur, en la cercanía de la localidad de La Reforma, aflora la formación Carapacha (Melchor y Casadío, *op. cit.*), con su miembro Urre Lauquen (Melchor, 1995). Se trata de grauvacas y pelitas, que cronológicamente se ubican en el Pérmico Superior. La secuencia continúa con una unidad de amplia distribución areal: el Grupo de la Sierra Pintada, integrado por tres formaciones: Choique Mahuída, El Centinela y Zúñiga. Esta última compuesta por leucogranitos rosados, aplitas y pórfidos graníticos. A su vez El Centinela consiste en andesitas, pórfidos andesíticos e ignimbritas de alto grado. Por su parte Choique Mahuída está formada por rocas riolíticas, ignimbritas y piroclastitas (Melchor y Llambías, *op. cit.* y Melchor y Casadío, *op. cit.*; Llambías, 1973, 1991; Llambías y Leveratto, 1975; Llambías y Caminos, 1987; y Llambías *et al.*, 1996). Las edades radimétricas indican una posición estratigráfica comprendida entre Pérmico Superior y Triásico Superior.

A continuación del grupo de la Sierra Pintada, se depositaron extensos mantos de limos arenosos castaño rojizos, con carbonatos pedogénicos, durante el Mioceno Superior. Esta unidad ha sido denominada Formación Cerro Azul (Llambías, 1975). Sus afloramientos más conspicuos son los que constituyen la ruptura de pendiente, barda, que enmarca por el oeste el valle de los ríos Atuel y Salado, ya que sobre esta formación se labró el mismo. Fuera de estos afloramientos se la encuentra en superficie en las cercanías de Arbol Solo, en la estancia La Ciencia y en el cerro Curru Mahuída (Melchor y Llambías, *op. cit.*), en el cerro Azul (localidad tipo), Punta de la Barda, Barda Las Guachas y Rinconada Porta (Melchor y Casadío, *op. cit.*). Esta formación normalmente culmina con un estrato calcáreo (tosca), y en su desarrollo vertical intercala numerosos paleosuelos. En distintos sectores de la barda se han identificado intercalaciones de areniscas con estratificación entrecruzada (Melchor y Llambías, *op. cit.*) y gravas (Bisceglia, 1977). Se ha interpretado a esta unidad como una bajada, depositada en un ambiente de llanura loéssica, con baja tasa de sedimentación, en la que se desarrollaron escurrimientos efímeros (Melchor y Llambías, *op. cit.*).

PERÍODO	**UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA**	**CARÁCTER HIDROGEOLÓGICO**
Reciente / Holoceno	Salinas y sedimentos asociados Depósitos coluviales	Acuífero/Acuicludo Acuífero
Holoceno/Pleistoceno	Fm Meauco Fm Santa Isabel	Acuífero. Permite recarga difusa o directa Acuífera/acuicluda/acuitarda. Por lo general, acuíferos salados
Mioceno	Fm Cerro Azul	Acuitarda
Triásico a Precámbrico	Fms. Centinela, Choique Mahuída y Zúñiga Fms. Agua Escondida (Mb. Cº Guanaco) y Carapacha (Mb. Urre Lauquen) Fm San Jorge Diorita Las Matras	Basamento técnico. Pueden contener un acuífero en fisuras en su techo

La columna estratigráfica continúa, con otra unidad atribuida al Cuaternario. Ha sido denominada Formación Fluvio Palustre Lacustre (Cannellle, 1950), o Santa Isabel (Bojanich, 1979). Consta de limos y arcillas con ma-

teria orgánica, de color pardo grisáceo, con presencia de restos de Planorbis sp. y Litoridina sp. En algunos casos puede observarse una estratificación en láminas del orden de 1 cm. Se ha depositado en un ambiente fluvial de alta sinuosidad, con enlagunamientos y esteros.

Finalmente, cubriendo en parte a la anterior, se encuentra la Formación Meauco (Melchor y Llambías, *op. cit.*), consistente en la acumulación de arenas y arenas finas. En ocasiones es visible estratificación entrecruzada y un paleosuelo. Esta formación es la de mayor extensión en el área de trabajo. Los espesores consignados por Bojanich (*op. cit.*) son de hasta 5 m, pero se conoce que fuera del área de trabajo alcanza hasta 32 metros (Giai, 1997).

3. Geomorfología

De referencias bibliográficas (Melchor y Llambías, *op.cit.*; Herrero Ducloux, 1978 y Calvety Amboni, 1980), y observaciones propias, parece ser que la tectónica de la región controla en buena medida a las geoformas. En este sentido cabe mencionar, entre otras estructuras, la falla de rumbo N S que limita por el E los afloramientos de rocas preterciarias presentes en el W de la zona de trabajo. Asimismo, el cambio de rumbo del sistema fluvial del Chadileuvú y su reducción a un único curso a partir del Paso del Noque. Además de lo mencionado, el límite occidental de la planicie de La Pastoril, tambien podría deberse a un fallamiento, sin perjuicio de su probable elaboración fluvial posterior. Debe señalarse que las manifestaciones topográficas de estas estructuras, desaparecen en concordancia con las unidades geomórficas con cobertura superficial de arena.

Dentro del área de trabajo pueden distinguirse 8 regiones geomorfológicas, las que se describen sintéticamente a continuación. Para su adecuada interpretación debe indicarse que, lindando hacia el W de la zona de trabajo, se desarrollan 3 planicies o mesetas, de N a S, Chicalcó, Basáltica y del Fresco, que forman el talud ("barda"), que limita la misma.

3.1. Glacís del Atuel y Mesetas Basáltica y del Fresco

Se incluyen aquí las zonas que se extienden desde el pié de la barranca que limita por el oeste la zona de trabajo, y la faja aluvial del Atuel-Chadileuvú. Su pendiente varía entre alrededor del 7% en el W, hasta nula en la

zona de coalescencia con la faja aluvial. Dentro de ella existen numerosos afloramientos de rocas preterciarias que conforman un paisaje exhumado premioceno. Asimismo es atravesada por varios ríos secos (uadis), que bajan de las pediplanicies del W, y se insumen en el glacís o tienen como destino final salitrales.

3.2. Faja Aluvial del Atuel - Salado - Chadileuvú

Comprende el área avenada actualmente por tales ríos y sus distributarios. Su origen se debe a la divagación de su confluencia, la cual comienza al norte del paralelo 36º y se extiende hasta un poco al sur de Limay Mahuida (Paso del Noque). Es un paisaje llano con pendientes muy bajas (entre Santa Isabel y Limay Mahuida median 105 km con un desnivel de 52 m), donde son abundantes los bañados salados, los médanos y se encuentran numerosos albardones. La alternancia de períodos secos con húmedos, con predominancia de los primeros según las estimaciones climáticas, causó la destrucción de la continuidad de los cursos, los que desde la zona de Paso de los Algarrobos hasta Limay Mahuida, son en general meros canales de profundidad inferior a 3 m. Tanto el río Atuel como el Salado, al penetrar en La Pampa lo hacen por cursos bien desarrollados, con barrancas de hasta unos 6 m, aunque de carácter meandroso, situación que el río Salado conserva hasta unos 10 km al sur de Paso de los Algarrobos.

El río Atuel se descompone casi de inmediato, erogando sus aguas por los cauces del arroyo Butaló y el arroyo de la Barda, que conservan cierta individualidad, especialmente el segundo, hasta medio camino entre la última localidad citada y Algarrobo del Águila, desaguando y transformando las playas de la bajada (glacís) en salitrales mayores. Al sur de Limay Mahuida se recuesta sobre su margen occidental, conformando salitrales y bañados unidos por cauces cortos meandrosos. En la parte terminal del área, cerca de La Reforma, aparecen geoformas comparables a terrazas sobre la margen derecha, mientras que sobre la izquierda se han desarrollado médanos. Al norte de Santa Isabel se desarrollan varios campos de médanos, de gran extensión que cubren el paisaje preexistente. Se reconocen allí geoformas cortas, en general, de menos de 100 m de longitud con una altura de hasta 5 m, de rumbo predominante suroeste-noreste, que en algunos casos parecen generadas por apilamiento y deformación de barjanes. En otros casos,

la superficie es suavemente ondulada, sin formas predominantes. En los alrededores de Limay Mahuida y Paso de los Algarrobos se aprecian en general médanos bajos (menos de 3 m de altura), cortos (menores a 50 m de largo), de rumbo general suroeste-noreste que se interpretan como antiguos médanos parabólicos degollados.

Dentro de esta unidad se reconocen otras menores, tales como algunos médanos parabólicos, un antiguo abanico aluvial del Atuel, médanos entre los cauces del Atuel y el Chadileuvú, y un sector elevado, probablemente tectónico.

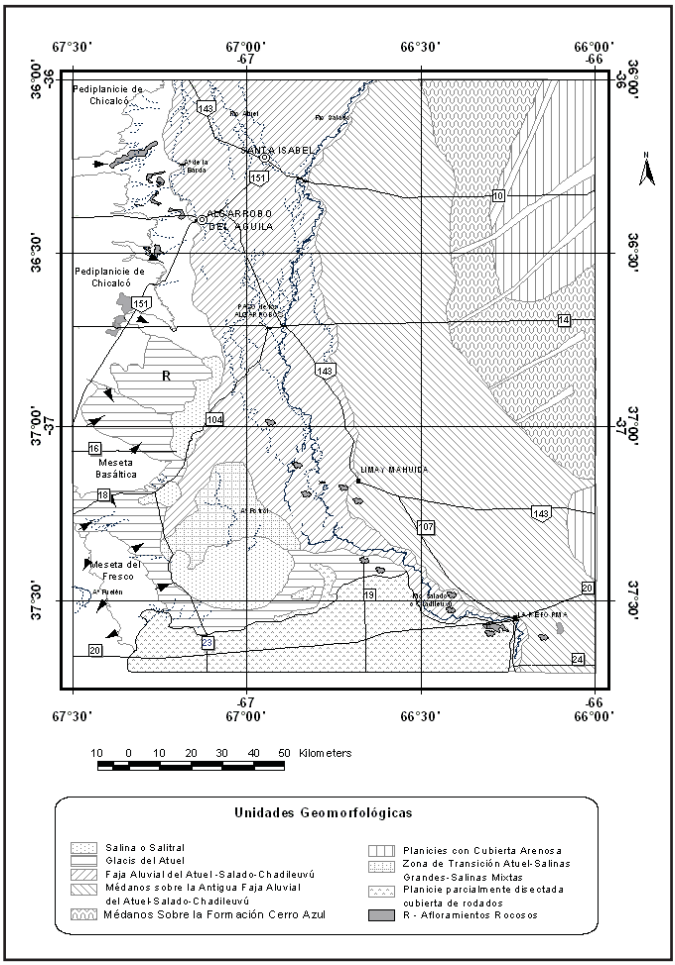
3.3. Médanos sobre la Antigua Faja Aluvial del Atuel - Salado - Chadileuvú

La superficie de esta región está conformada por distintos tipos de médanos, a saber: montones de arena, parabólicos, barjanes, transversales y potentes médanos longitudinales con hasta 15 m de altura y unos 6 km de longitud, desarrollados a partir de la destrucción de la vieja planicie aluvial, devastando en buena medida su impronta, en la región norte y en las cercanías del curso actual del río Salado, mientras que en el resto de la región el desarrollo de los médanos es menor, en general no superan los 50 m de longitud, con una altura menor a 5 m. A medida que aumenta la distancia al río citado, predominan las planicies arenosas a medanosas.

Hacia el sur aparecen calvas arenosas con la superficie conformada por limos arcillosos pertenecientes a la formación Santa Isabel y hacia el extremo sur (región de La Reforma), aumentan las áreas sin arena. Una característica general de estos médanos es su color gris, que sólo desaparece en los médanos muy desarrollados, aunque en algunos casos hay concentración de granos de mafito, que le confieren a las geoformas tonos oscuros (médanos negros o Paraje de los Médanos Negros). En esta región tanto como en la 4, es posible observar médanos de al menos tres generaciones, a saber: los más antiguos, transversales, longitudinales o barjanes, los segundos, con forma de hoja, de bordes elevados e interior deprimido y nervado, y vegetados y los últimos, en algunos casos similares a los segundos pero de menor tamaño y sin cobertura vegetal; los tres tipos tienen importancia hidrogeológica, al menos local. Numerosas ventanas naturales, especialmente en la parte sur, permiten, al igual que acciones antrópicas, observar los sedimentos subyacentes (Fm Santa Isabel).

3.4. *Médanos sobre la Formación Cerro Azul*

Esta unidad es semejante a la número 6 en su aspecto general; en el terreno se pasa de una a otra sin transición, de allí que se las confunda. Es, sin embargo, distinta en dos características. Primero en los procesos que coadyuvaron a la destrucción de la terraza terciaria, lo que posibilitó la existencia de la arena que luego se acumuló en médanos, que en la porción oriental del área alcanzan gran desarrollo (borde de la planicie de la unidad 5), son de carácter longitudinal, de hasta unos 6 km de longitud y 0,3



km de ancho con una altura superior a los 20 m. Los campos de médanos están separados por planicies arenosas y a veces medanosas (montones de arena), y segundo en el tipo de materiales (roca madre), a partir del cual se desarrollaron, en este caso, la Formación Cerro Azul.

Dentro de esta unidad se han interpretado como paleocauces unas depresiones alargadas de un ancho de entre 1 y 3 Km y profundidades de 5 a 20 m, que tienen rumbo NE-SW y pierden expresión topográfica al alcanzar la unidad anterior.

3.5. Planicies con cubierta arenosa

Se denomina así a la geoforma sobre la cual se encuentra la población de La Pastoril, y luego a la zona que se extiende hacia el sur de la misma por unos 20 km y por el oeste aproximadamente otros 10 Km. En el sureste, un paleocauce la secciona separando una pequeña porción de la misma cuyo límite hacia el sur y sureste es obliterado por cordones medanosos. Por el norte y noreste se dilata hasta el paralelo de 36º y más allá del meridiano de 66º. Posee una cobertura arenosa variable, entre unos 0,40 a 0,50 m y unos 5 m. En este último caso conforma médanos bajos, tipo montones de arena, mientras que en los planos arenosos es dable observar un paleosuelo. Por debajo de la cubierta arenosa subyace una capa de tosca, que cubre a la Fm Cerro Azul. Se estima que la misma es el remanente de la planicie pleistocena, parcialmente preservada (fosilizada) por la costra calcárea. Su superficie es de alguna manera uniforme y se halla por encima de los 300 m sobre el nivel del mar.

3.6. Zona de transición Atuel - Salina Grande - Salinas Mixtas

Se incluye aquí la región comprendida entre la Salina Grande por el S y Las Salinas por el N, entre la faja aluvial y el glacís ya descripto. La Salina Grande y sus playas, que aparentemente está elaborada sobre la Fm Cerro Azul, puede responder a un origen eólico, es decir, se trataría de un pfannen. Los demás cuerpos salinos alineados entre esta última y Las salinas, son centros de evaporación que reciben uadis desde el W y esporádicas escorrentías del Atuel. Dentro de ellas tambien están presentes numerosos afloramientos de rocas preterciarias.

3.7. Planicie parcialmente disectada, cubierta de rodados

También denominada de las terrazas y paleocauces con rodados de vulcanitas (Cano –ed.–, 1980). Es una extensa planicie, donde la Fm Cerro Azul rellenó desniveles en el relieve premioceno y cubierta por camadas de rodados de guijarros y guijones en general, al tiempo que era erosionada en cañadones que poseen iguales rodados en su fondo. El sistema Atuel-Salado-Chadileuvú conforma el límite de su desarrollo hacia el norte y este en la región. Su superficie está siendo reelaborada fundamentalmente por agentes hídricos. Su subsuperficie está en parte fosilizada por la presencia de una costra calcárea.

R. Afloramientos rocosos

Se distinguen en la carta con esta nomenclatura, los afloramientos discontinuos de rocas induradas preterciarias (vulcanitas, cuarcitas y calizas), que sobresalen, tanto en el ambiente de la pediplanicie, en el del glacis del Atuel y también en la faja aluvial del Salado-Atuel-Chadileuvú. En el primer caso representando la cumbre de antiguos inselberg no totalmente cubiertos, en el segundo a cuerpos rocosos en vías de exhumación y en el tercero a geoformas parcialmente soterradas. Están en general muy fracturados y tienen superficies pulimentadas.

4. Hidrología de superficie

El área de trabajo cuenta con dos cursos de agua: el río Salado o Chadileuvú, y los tres brazos con que el río Atuel penetraba en La Pampa (arroyo de La Barda, arroyo Butaló y Atuel propiamente dicho), ambos fuertemente modificados en su régimen por su uso aguas arriba. El último de los ríos mencionados cesó su escurrimiento a fines de la década de 1940. Durante 1973 se reactivó uno solo de sus brazos, el Arroyo de la Barda, que continúa escurriendo, aunque de manera discontinua, hasta la presente. Los valores hidráulicos e hidroquímicos significativos de ambos ríos, se listan en la tabla siguiente:

RIO	CAUDAL (m3/seg)			RESIDUO SECO (mg/l)	
	Medio	Máx. Abs.	Mín. Abs.	Máx. Abs.	Mín. Abs.
Chadileuvú	24.6	274.1	0.3	84300	1018
Aº de la Barda	8.6	78.8	0	2896	2353
Serie 1980-2000					

Además existen numerosos cuerpos de agua de diferente tamaño y régimen, tanto permanentes como temporarios, en este caso con agua en superficie de reducido tirante y permanencia, aunque con el nivel freático cercano a la superficie, de manera que cabe calificarlos como humedales. En cuanto al origen de los mismos, los más extensos y numerosos están vinculados al arroyo de la Barda y al río Salado, que en sus desbordes anegan bajos topográficos. Las lagunas y humedales de este origen se encuentran en su mayoría entre Santa Isabel y Paso de los Algarrobos, entre el río Salado por el este y el Arroyo de la Barda por el oeste.

Otro tipo de lagunas, menos extensas, se encuentran en depresiones entre médanos que poseen en su fondo o cercano al mismo, sedimentos limo arcillosos de la formación Santa Isabel. Se forman por la descarga del acuífero freático contenido en las arenas de la formación Meauco. Por lo general son salitrales o cuerpos de aguas salinas. Son comunes en la planicie arenosa ubicada al este de la RN 143 y el río Salado, entre el límite con la provincia de Mendoza y la latitud de Santa Isabel.

Hacia el sur y suroeste del área de trabajo, existen dos grandes salitrales: la Salina Grande o Gran Salitral y el Salitral de la Perra. Esta última se forma por la descarga del manantial de Puelén, que ha vertido sus aguas en esta depresión desde tiempos geológicos, y lo continúa haciendo en la actualidad. En cuanto al Gran Salitral, además de recibir aportes hídricos de torrentes efímeros, ocasionalmente recibe escurrimientos de desbordes del río Salado a través de los arroyos Potrol y Barrancas.

5. *Hidrogeología*

El Grupo de la Sa. Pintada y las formaciones anteriores a él, constituyen el basamento técnico del área, e incluso de las dos cuencas sedimentarias que la integran de manera parcial. En estas cuencas sedimentarias es posible que existan acuíferos profundos, en el Grupo Neuquen dentro de la cuenca

Neuquina y en la formación Pozo Chimango, en la Cuyana. Su presencia debe probarse, y no son objeto de este trabajo.

Con relación a los acuíferos someros, freáticos en general, presentes en la zona, las formaciones porosas y permeables que pueden contenerlo, son Cerro Azul, Santa Isabel y Meauco. La primera de ellas tiene una distribución restringida en el área de trabajo, de manera que su participación en la conformación del acuífero freático es local.

En cuanto a la Fm Santa Isabel, su amplia distribución areal la constituye en la principal contenedora de este acuífero. Su ambiente de sedimentación determina que los materiales que la constituyen contengan sales evaporíticas en cantidades importantes, y este carácter es transmitido al agua contenida en ella, que por lo común es altamente salina. Este carácter salino es transferido, a su vez, a los acuíferos que eventualmente la subyacen.

Con respecto a la Fm Meauco, si bien porosa y permeable, su reducido espesor hace que raramente contenga al acuífero freático. No obstante ello, juega un papel importante en el ciclo hidrológico, por cuanto, al tener un pobre a nulo desarrollo edáfico, su capacidad de campo es baja, y por ello permite la infiltración de aguas meteóricas en tasas superiores a las de otras superficies. Se conoce que contiene al acuífero freático, con agua de excelente calidad química y buena producción, fuera de la zona de trabajo,y en localizaciones restringidas dentro de la misma.

Finalmente, en la cercanía de afloramientos de rocas integrantes del basamento hidrológico, y en una zona al este de Limay Mahuída, en la que dicho basamento se encuentra cerca de la superficie, existe un acuífero en fisuras en la parte superior del mismo, en algunos casos en continuidad hidráulica con el de las unidades que lo cubren.

5.1. Análisis de las Posibilidades de Recarga

En los afloramientos del basamento se genera escurrimiento superficial, que se insume al pié de los mismos, dando lugar a una recarga de tipo indirecta. Similar es la operada en el occidente del área de trabajo, producida por torrentes efímeros que penetran a ella desde la terraza ubicada al oeste.

Más relevante es sin duda la recarga directa o difusa que se produce en concordancia con el manto de arenas de la Fm Meauco, dada su extensión regional. Como se apunta más arriba, posee un escaso a nulo desarrollo edáfico. Esta formación, posee una capacidad de campo del orden de los 120 mm (Giai y Mariño, 1993).

Aplicando la relación entre recarga y precipitación para ambientes medanosos (Giai y Hernández, 1999) se obtienen valores de 17 y 24 mm/año para Limay Mahuída y Santa Isabel, respectivamente. Por su parte, mediante balances hídricos seriados (Thornthwaite y Matter, 1955), con la información climática disponible, los resultados para ambas localidades se muestran en la tabla siguiente. Puede verse en ella que para los años con precipitaciones cercanas al valor medio histórico, la recarga deducida por esta vía es 0 (o despreciable), mientras que en los años en los que las precipitaciones superan a la media histórica, alcanza valores significativos.

Estas conclusiones con respecto a la recarga directa, son avaladas por observaciones hechas sobre el terreno, y las fluctuaciones del nivel freático coincidentes con precipitaciones importantes. Por otra parte son comparables a las realizadas por Ivkovic *et al.* (2000), trabajando en el sur de la provincia de San Luis, lindante con nuestra área de trabajo, y, lógicamente, de características muy similares.

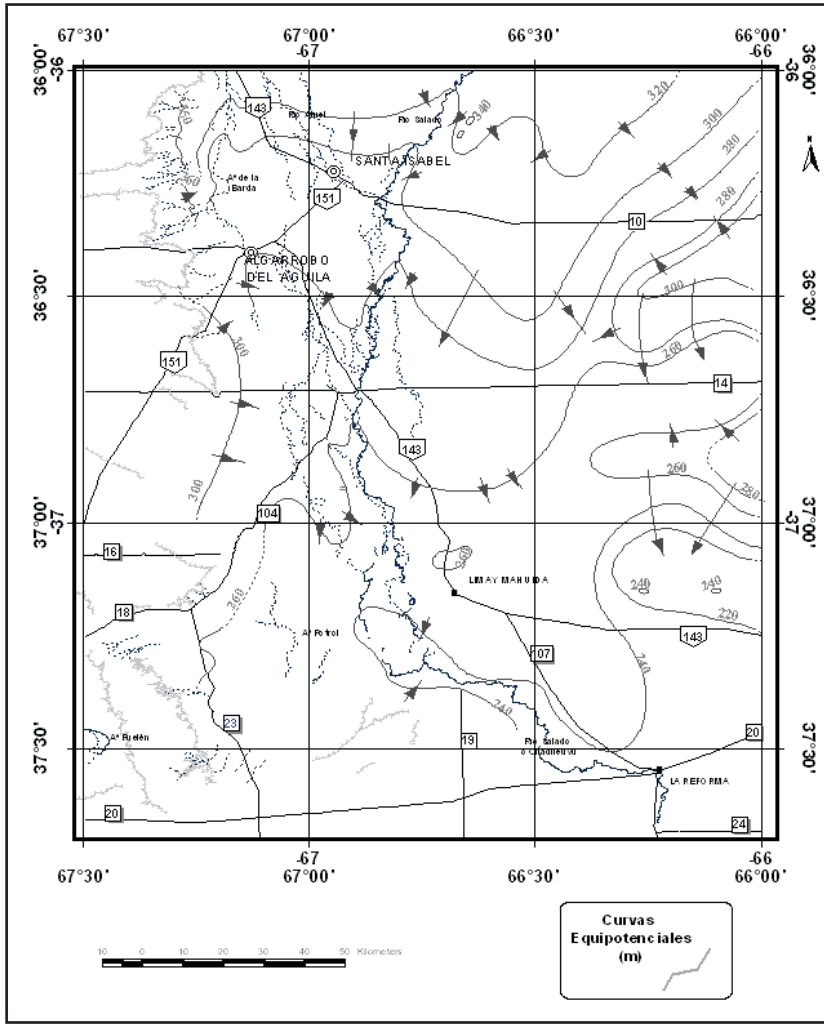
	Santa Isabel		**Limay Mahuída**	
Año	**1990 (típico)**	**1999 (húmedo)**	**1989 (típico)**	**1992 (húmedo)**
Precipitación	360.5	852.0	411.3	826.1
ETR	365.2	661.1	391.7	684.2
A. Gravitacional	0	189.5	0	38.9

6. Relevamiento del Acuífero Freático. Resultados obtenidos

Los niveles potenciales y los resultados de los análisis químicos, se volcaron en cartas a escala 1:200.000, para el trazado de las líneas de isovalores. Para ello, la interpolación se realizó en forma manual, con un criterio hidrogeológico, teniendo en cuenta el ambiente en que se localiza el punto de muestreo. Se optó por esta modalidad desechando métodos informáticos, por varias razones. En primer lugar porque además de los puntos de muestreo, existen numerosas perforaciones fallidas por la alta mineralización del agua que alumbraron, las que fueron segadas, y por lo tanto no pudieron

muestrearse. En segundo término, porque la densidad del muestreo programado, tendiendo a una muestra cada 100 Km^2, es la indicada para un trabajo a nivel de reconocimiento.

7. *Mapa de líneas equipotenciales*



Comenzando el análisis de las mismas desde el este, pueden notarse dos áreas con flujo radial divergente. La septentrional, con alturas del nivel freático desde más de 300 msnm hasta menos de 280 msnm. Algo más al sur, se encuentra otra similar encerrada por la curva de 280 msnm. Finalmente, al sur, existe un área con flujo radial convergente con el nivel freático por debajo de los 220 msnm. En la primera de las áreas mencionadas, la cobertura vegetal dominante es densa (monte de caldén), capaz de interceptar hasta el 30% de las precipitaciones, y en consecuencia la posibilidad de recarga directa es casi nula. Sumado a ello, la profundidad del nivel freático, por lo general por debajo de los 40 ó 50 m, llevan a deducir que el agua subterránea de la zona se infiltra más al este, fuera de la zona de trabajo. Son algo diferentes las condiciones en el segundo de los máximos mencionados. En ésta, la cobertura vegetal dominante es un pastizal, en el cual se produce recarga directa. No obstante ello, la conformación de la superficie freática indica, al igual que para la anterior, un aporte subterráneo desde el este, desde la zona conocida genéricamente como El Meauco. Cabe señalar que estudios anteriores en ésta región (Giai, 1976), avalan esta conclusión.

Con respecto al extremo noreste de la zona de trabajo, y en una amplia faja central que se desarrolla entre el río Salado por el oeste y hasta las zonas descriptas más arriba por el este, se pueden trazar curvas equipotenciales groseramente paralelas, que tienen su valor máximo en el norte, donde alcanza a 320 msnm, hasta 240 msnm a la latitud de Limay Mahuída. Las direcciones de flujo regionales en esta amplia región, son hacia el suroeste, sur y sureste. Toda esta región posee una superficie arenosa (coincide con las unidades geomorfológicas de médanos sobre la antigua faja aluvial del Atuel-Salado y de médanos sobre la Fm Cerro Azul), y la cobertura vegetal es de pastizales, en general, de manera que sobre toda ella se produce recarga directa. Este hecho no se traduce necesariamente en una salinidad baja, dado que si el acuífero se desarrolla en la Fm Santa Isabel, ésta le imprime un carácter salino. El agua infiltrada y recargada en esta región, se conduce hacia el suroeste, donde es drenada por el río Salado, hacia el sur, siguiendo la pendiente topográfica regional y en menor medida hacia el sureste.

Asimismo, dentro de esta región el acuífero freático presenta puntos singulares, de bajo contenido salino y espesores aprovechables, aún en coincidencia con la Fm Santa Isabel, desarrollados a favor de tasas de infiltración mayores, por poseer superficies desnudas no edafizadas y un espesor de arena superior al regional, lo cual permite que el acuífero está contenido en ella.

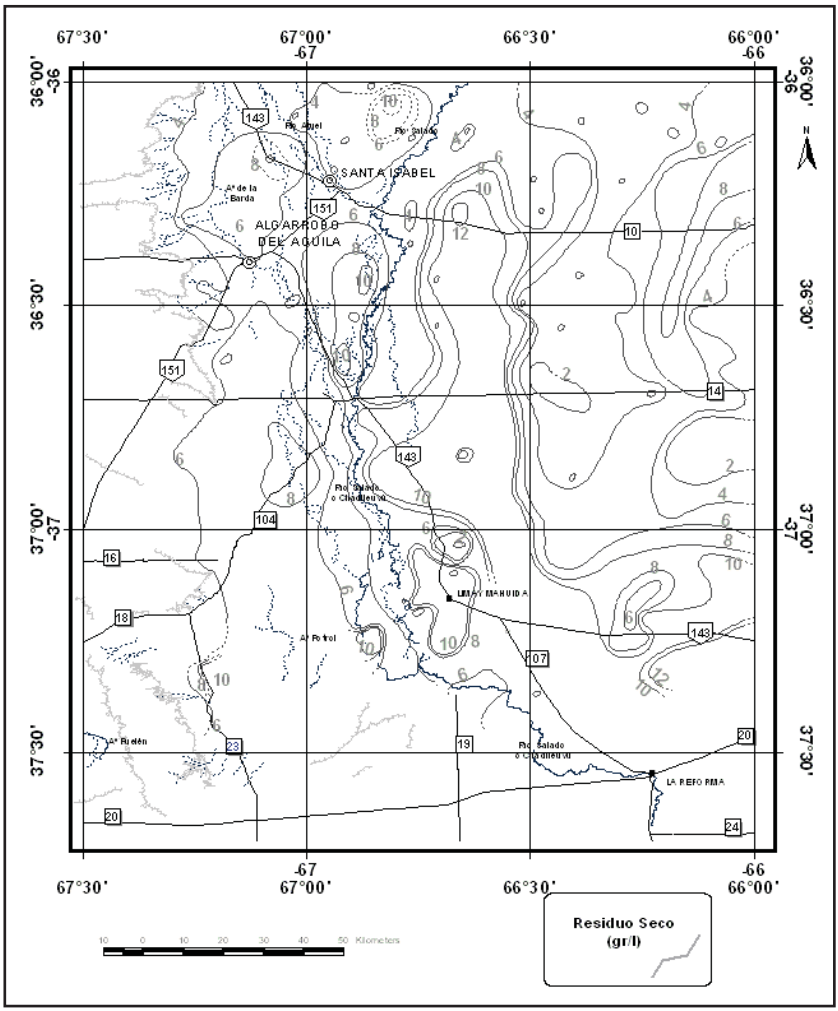
Hacia el oeste de la faja descripta, en coincidencia con la unidad geomorfológica de la llanura aluvial de los ríos Atuel-Salado, las líneas equipotenciales tienen diferente conformación con respecto a las anteriores. En primer lugar las "V" de las mismas cuando afectan a los cursos de agua principales, apuntan hacia aguas arriba, poniendo de manifiesto que los mismos tienen carácter efluente. Este comportamiento efluente general, es distinto en una franja aproximadamente paralela al arroyo de la Barda (brazo activo del río Atuel), desde poco al norte de Algarrobo del Águila hasta las inmediaciones de Árbol de la Esperanza. En toda esta zona, los escurrimientos, con relación al agua subterránea, tienen un carácter dual: en algunos tramos es influente (el más común) y en otros es efluente. La recarga operada desde este arroyo, se descarga en el río Salado, como se pone en evidencia por la curva equipotencial de 260 m s n m.

Finalmente, en el extremo oeste de la zona de trabajo, en líneas generales los glacís del mapa geomorfológico, se evidencia un escurrimiento hacia el este, en dirección a la llanura aluvial. La recarga en esta zona es predominantemente indirecta, producida por los numerosos ríos secos que bajan desde la planicie ubicada al oeste. El carácter influente de estos uadis salta a la vista desde el momento que todos se insumen sin llegar a aportar sus aguas al sistema del río Atuel. El acuífero freático formado en esta zona, es independiente del propio de la llanura aluvial aledaña hacia el este, de la que lo separan una serie de afloramientos, principalmente constituidos por la Fm Choique Mahuída. Su descarga, subterránea, en el norte en coincidencia con el glacís del Atuel, se verifica en sectores localizados, coincidentes con algunos ríos secos. Hacia el sur, el propio del glacís de la meseta basáltica y de los paisajes exhumados premiocenos, descargan en los salitrales alineados de la unidad geomorfológica de las salinas mixtas.

8. Residuo seco

De la observación del mismo salta a la vista, en primer lugar, una amplia zona central enmarcada por curvas isopletas de 10 g/l, que se desarrolla desde poco al este de la llanura de inundación actual de los ríos Atuel-Salado, hasta aproximadamente el meridiano de 66º 35' en sentido oeste-este, y desde poco al norte de la RP 10, hasta el tramo en el que el río Salado toma rumbo general noroeste-sureste, en sentido norte-sur, latitud a partir de la cual continúa

casi paralela al cauce actual del río Salado. Prácticamente toda esta franja se corresponde con la unidad geomórfica 3, y, como resultado de la presencia de médanos, por lo general los primeros decímetros del acuífero, poseen un tenor salino inferior al indicado por la curva isopleta, con frecuencia menor a 2 g/l, pero la producción de agua dulce es muy limitada, del orden de los litros/día, superados los cuales el acuífero es altamente salino. Esto se debe a que normalmente el acuífero está contenido en la Fm Santa Isabel, que le imprime su carácter salino al agua.



Siempre dentro de esta faja, deben mencionarse otras dos particularidades. En primer lugar que el tenor salino general, mayor a 10 g/l, en muchos sitios es ampliamente superado, ya que se conocen casos en los que alcanza a 45 g/l. Las perforaciones que han alumbrado esta agua, han sido segadas dado que son ineptas para todo uso. Indirectamente puede deducirse de manera aproximada las áreas en las que los tenores salinos alcanzan estos valores, ya que coinciden con aquellas en las que no existen perforaciones en explotación. La segunda particularidad que se menciona, es la presencia de puntos en los que la parte superior del acuífero, que como se indica, en sus primeros decímetros suele ser menos salino, hasta dulce, en ocasiones conforma un acuífero explotable con agua de excelente calidad, aún para bebida humana, productora de volúmenes interesantes, pero de extensión muy localizada. Sobre esta singularidad se abundará en la discusión de los ambientes hidrogeológicos.

Continuando con la descripción del mapa de curvas isosalinas, hacia el este de la faja descripta, se encuentra otra, enmarcada por la curva de 4 g/l, que se desarrolla en sentido norte-sur desde el límite norte del área de trabajo, hasta aproximadamente los 37º de latitud sur. En sentido oeste-este, abarca el área comprendida aproximadamente entre los meridianos de 66º 30' y 66º 15'. Esta zona se corresponde en parte con las unidades geomórficas Nº 4 y 5. La característica fundamental que la diferencia con la anterior, es la presencia de la Fm Cerro Azul, que es la que contiene al acuífero. Este hecho, junto a la posibilidad de recarga directa operada a favor de la presencia de una cubierta arenosa con cobertura vegetal de pastizales, determinan que el acuífero por lo general tenga contenidos salinos menores a 4 g/l. Al igual que para el área lindante hacia el oeste, en esta zona también existen puntos localizados en los que se genera un acuífero dulce. El mayor de ellos se ubica entre los puntos censados SI 66 y SI 119, en la zona de Árbol Solo y Ea. El Carmen.

Inmediatamente hacia el este de la zona descripta, se encuentra un área en la que el residuo seco varía entre más de 8 g/l al oeste, hasta menos de 4 g/l al este, en el límite este de la zona de trabajo (meridiano de 66º). Se desarrolla casi totalmente en coincidencia con la región geomorfológica 5. El acuífero está contenido en la Fm Cerro Azul. La diferencia substancial con la lindante hacia el oeste que acaba de describirse, estriba en la cobertura vegetal, la que en este caso está conformada por un monte con predomino

de Caldén (Prosopis caldenia), árboles de gran porte que pueden interceptar hasta el 30% de las precipitaciones. Ello determina que la recarga directa sea casi nula y muy localizada, así como la indirecta. Los niveles freáticos en esta zona, normalmente se encuentran por debajo de los 40 m de profundidad.

Asimismo son sintomáticos los hechos de que el residuo seco aumente desde el este hacia el oeste y que el sentido de flujo tenga rumbo general este-oeste. Estos caracteres están indicando que el agua subterránea presente en esta porción, ingrese a la misma mayoritariamente desde el este, fuera de la zona de trabajo. Inmediatamente hacia el sur de la zona descripta, se encuentra otra similar, aunque con caracteres distintivos. Adopta la forma de una faja de unos 15 a 20 Km de ancho, tiene rumbo noreste-suroeste, y se desarrolla entre la Ea. La Sara y los Médanos Blancos. Al igual que la lindante hacia el norte, los niveles piezométricos y la distribución espacial del residuo seco, que aumenta desde el noreste hacia el suroeste, están indicando un aporte de agua desde el este, fuera de la zona de trabajo, desde la región conocida genéricamente como El Meauco.

En esta faja diagonal, la cobertura vegetal es del tipo pastizal. Ello permite que la recarga directa alcance valores significativos, razón por la cual los residuos secos son menores que en la faja lindante hacia el norte. Asimismo, en la cercanía de la Ea. El Odre, existen afloramientos de la Fm Choique Mahuída, la que se conoce también en el subsuelo del área. Probablemente la presencia de esta formación a profundidades variables, condicione la circulación del acuífero, en particular, de sus aportes desde el este.

En cuanto a la porción comprendida entre los ríos Salado por el este y el brazo inactivo del Atuel por el oeste, que conforma una figura asimilable a un triángulo con su base hacia el norte y el vértice al sur en la cercanía de Santa Isabel, tiene características similares a las de la faja central descripta en primer término.

Por su parte en la región geomorfológica 2, el comportamiento del residuo seco, muestras valores crecientes desde la periferia hacia el centro. El área está enmarcada por la curva de 6 g/l en su parte oeste, y por la del mismo valor al este en su mitad norte, y por la de 8 g/l en su mitad sur.Por dentro se encuentran valores superiores, de hasta más de 13 g/l. El acuífero en esta área está contenido en la Fm Santa Isabel. En la porción central de la faja aluvial, a grandes rasgos al oeste, noroeste y sureste de Limay Mahuída, el río Salado divaga entre un gran número de lagunas. En coincidencia con

ello se desarrollan en el acuífero varios centros de alto contenido salino, que tanto pueden deberse a que son centros de descarga, como a que en la zona el agua fluvial se incorpora a la freática.

En lo que se refiere al extremo oeste de la zona de trabajo, en general el glacís de la carta geomorfológica, en su extremo este está limitado por las curvas de 4 g/l en el norte, y la de 6 g/l en el sur. La densidad del muestreo solamente permite deducir, que hacia el oeste los valores de residuo seco son más bajos. Por otra parte para interpretar el comportamiento de la salinidad en esta zona y la aledaña hacia el este, deben tenerse presente que entre ambas se disponen una serie de afloramientos del basamento, mayoritariamente la Fm Choique Mahuída, que independizan ambas zonas desde el punto de vista hidrogeológico, ya que la comunicación entre ambas es restringida.

Al sur del glacís, en coincidencia con la unidad geomorfológica 6, se encuentra un rosario de salitrales (salitral Blanco, Playa del Camión, etc.), que constituyen el área de descarga del acuífero en la zona, desarrollada por el efecto de embalse producido por los afloramientos y subafloramientos del basamento.

Finalmente, en la zona comprendida entre la región anterior por el oeste, el río Salado por el este y el Gran Salitral por el sur, no existen pozos en producción, lo cual da la pauta que se trataría de una zona con aguas altamente salinas.

9. Conclusiones. *Ambientes hidrogeológicos*

En el capítulo anterior, en el que se presentan los resultados del levantamiento hidrogeológico, a medida que se describía el comportamiento del residuo seco y la conformación de la superficie freática, se fueron identificando áreas que poseen características comunes, a la vez que se esbozaban las causas a las que se atribuyen las mismas. A manera de síntesis, un análisis en conjunto de lo expuesto allí, permite identificar cinco ambientes hidrogeológicos, entendiendo como tales zonas en las que el acuífero freático, objeto de este análisis, presenta caracteres diferenciales. Los mismos son los siguientes:

9.1. Ambiente Hidrogeológico de Colonia La Pastoril

Se ubica en el noreste del área de estudio, y coincide aproximadamente con las unidades geomorfológicas Nº 4, y parte de la 5. La superficie de toda esta zona es arenosa, y la cobertura vegetal en su mayor parte es de pastizales y/o arbustales. Sólo en un sector del noreste, es un monte de caldén. Este tipo de cobertura también se presenta en otros sectores de este ambiente, pero de manera discontinua. Cuando la cobertura es de pastizales, la recarga directa alcanza valores significativos, mientras que tratándose de coberturas más densas, que interceptan parte de las precipitaciones, la misma puede llegar a ser despreciable.

El acuífero se aloja en la Fm Cerro Azul. Contra el límite este de este ambiente hidrogeológico, las líneas equipotenciales ponen de manifiesto dos máximos piezométricos. Resulta evidente a partir de las curvas equipotenciales, que ambos máximos son consecuencia de un aporte subterráneo desde una región ubicada al este de la zona de trabajo, conocida como El Meauco, al que se suma la recarga local, en especial en el sector austral.

Los sentidos de flujo a partir de los máximos apuntados, conforman un patrón radial divergente y toma rumbos hacia el noroeste, oeste y sur. En la faja que los bordea por el norte, oeste y sur, tiene distintas direcciones. En el noroeste, en una franja diagonal que se extiende entre las Eas. El 25 y Santa María, es de rumbo sureste, coincidiendo con una depresión de la superficie freática en la que se encuentran los mayores contenidos salinos del sector norte de este ambiente hidrogeológico. Pero la dirección principal de escurrimiento de todo este ambiente, es hacia la zona de descarga ubicada al sur, en la zona de influencia de las Eas. La Lonja - Doña Antonia, en el que se localizan los mayores contenidos salinos del ambiente. Asimismo, en la cercanía de la Ea. El Odre, se conocen pequeños afloramientos del basamento, y se infiere su presencia a escasa profundidad en este sector. La estructura que da lugar a estos afloramientos y cuasi afloramientos, seguramente condiciona el escurrimiento subterráneo, pero a la escala de trabajo solo pueden deducirse sus direcciones regionales.

Químicamente los residuos secos están comprendidos entre menos de 2 y más de 12 g/l. Las áreas que reciben aportes desde El Meauco, la del norte posee residuos secos de entre 4 y 6 g/l, y por debajo de los 2 g/l la del sur. Las aguas de esta zona, son del tipo clorurada-sulfatada-cálcica-magnésica.

Varios paleocauces se encuentran dentro de este ambiente. Se desconoce si dentro de los mismos existen sedimentos fluviales que contengan el acuífero con caracteres diferentes a los regionales. Sí puede inferirse que estas geoformas permiten el desarrollo de mecanismos que favorecen la recarga indirecta. Uno de los puntos censados, está dentro del paleocauce más extenso. El residuo seco del agua producida y la cota de su nivel estático, no indican caracteres diferentes a los del resto del área.

9.2. Ambiente Hidrogeológico de Colonia Emilio Mitre

Se desarrolla a manera de una faja que bordea por el oeste al ambiente descrito más arriba, desde el límite con Mendoza y San Luis por el norte, hasta la localidad de La Reforma en el sureste. Por el oeste limita con el tercer ambiente hidrogeológico: la llanura de inundación actual de los ríos Atuel-Salado. Asimismo forma parte de este ambiente hidrogeológico, el sector ubicado entre los ríos Atuel-Salado, que adopta la forma de un triángulo, con vértice en la localidad de Santa Isabel y base en el límite con la provincia de Mendoza. Coincide a grandes rasgos con la unidad geomorfológica 3.

Puede subdividirse en dos unidades. La primera de ellas desde el límite norte, hasta aproximadamente la latitud de Árbol de la Esperanza, y la restante, al sur de la misma. La diferencia entre ambas, es que en la segunda de ellas el basamento hidrológico se encuentra a escasa profundidad, del orden de las decenas de metros.

En todo este ambiente hidrogeológico están presentes en la superficie las arenas de la Fm Meauco, aunque con espesores muy disímiles, y la cobertura vegetal dominante es de pastizal, en menor medida de arbustales, siendo casi insignificante la cobertura de mayor porte, tipo monte. Ello determina que prácticamente en todo el ambiente se produzca recarga directa.

El acuífero está contenido normalmente en la Fm Santa Isabel, y excepcionalmente en la Fm Meauco. La superficie freática muestra líneas equipotenciales groseramente paralelas, con un lóbulo hacia el sur y sureste, de manera que las direcciones de flujo regionales son hacia el oeste-suroeste y hacia el sur-sureste.

Químicamente en todo este ambiente, con la excepción de su parte norte, los residuos secos son superiores a los 10 g/l, aunque es de señalar que por lo común, la mayoría de las captaciones alumbran en primer lugar un

acuífero dulce, de menos de 2 g/l, de un espesor muy reducido. Es del orden de los decímetros y posee continuidad hidráulica con los niveles saturados subyacentes, altamente salinos.

Desde el punto de vista químico están presentes tres tipos de aguas. El primero corresponde a aguas cloruradas-sulfatadas-cálcicas-magnésicas, el segundo a aguas bicarbonatada-carbonatada-sódica-potásica, y el tercero a un tipo intermedio. El primero de los grupos está conformado por aguas contenidas en la Fm Santa Isabel y es el más numeroso. El segundo corresponde a aguas almacenadas total o parcialmente en la Fm Meauco, y el tercero a aguas contenidas en ambas formaciones.

Dentro de este ambiente existen algunos sitios con agua de bajo residuo seco, debido a que la ausencia de vegetación y de suelo, permiten la recarga directa a tasas mayores que la zonal. Además, el espesor de la Fm Meauco es superior y contiene al acuífero freático.

9.3. Ambiente Hidrogeológico de Santa Isabel-Algarrobo del Águila-Paso de los Algarrobos-Limay Mahuída

Se extiende desde el límite con Mendoza por el norte, hasta la localidad de La Reforma por el sur, y adopta la forma de una faja de ancho variable, dentro de la que discurren el río Atuel y el Salado. Coincide con la unidad geomorfológica 2.

El acuífero en este ambiente está contenido en la Fm Santa Isabel. Las líneas equipotenciales forman una "V" al cortar los cauces, con el vértice apuntando aguas arriba, lo cual demuestra el carácter efluente de estos cursos de agua. Este comportamiento general es diferente para el arroyo de la Barda (brazo activo del río Atuel), desde poco al norte de Algarrobo del Águila hasta las inmediaciones de Árbol de la Esperanza. En este tramo los escurrimientos, con relación al agua subterránea tienen un carácter dual: en algunos tramos recargan al acuífero freático (el caso más común), y en otros es efluente. El agua recargada por esta vía, se descarga en el río Salado, al noreste, este y sureste de Árbol de la Esperanza, descarga que se pone de manifiesto por la traza de la curva equipotencial de 260 msnm.

Químicamente las aguas subterráneas en este ambiente, muestran un aumento general del residuo seco desde la periferia hacia la parte central. En su límite oeste los contenidos salinos son del orden de los 6 g/l, y entre 6 y

8 g/l en su parte este. Dentro de la faja aluvial, los tenores de sales disueltas alcanzan valores de hasta 13 g/l.

En este ambiente hidrogeológico, entre las latitudes de Árbol de la Esperanza y Limay Mahuída, los gradientes hidráulicos son bajos, y en relación con el curso del río Salado existen un gran número de lagunas vinculadas al acuífero freático.

9.4. Ambiente hidrogeológico del talud de la Meseta Occidental

Se extiende desde el límite con Mendoza por el norte, hasta el Gran Salitral por el sur, y desde el límite occidental de la zona de trabajo (barda) por el oeste, hasta la llanura de inundación de los ríos Atuel-Salado por el este. Coincide a grandes rasgos con la unidad geomorfológica 1.

A lo largo de su límite este, separándolo del ambiente hidrogeológico anterior, se encuentran una serie de afloramientos del basamento que restringen la comunicación entre ambos, y determinan que ésta región hidrológicamente sea independiente.

El acuífero freático por lo general está contenido en material aluvial y coluvial. La cobertura vegetal dominante es un arbustal y en menor medida, monte. Este ambiente es atravesado por numerosos cauces de rumbo predominante oeste-este, que poseen escurrimiento en ocasión de tormentas importantes, y todos se insumen a lo largo de su desarrollo y / o contra los afloramientos del basamento mencionados. Resulta evidente que recargan al acuífero en este ambiente. El sentido de flujo subterráneo regional es de rumbo oeste-este, y la descarga del acuífero es diferente según el sector de que se trate. Químicamente se trata de aguas cloruradas-sulfatadas-cálcicas-magnésicas.

En la porción norte, desde el límite con Mendoza hasta aproximadamente el paralelo de 36º 45’ se produce hacia la llanura aluvial adyacente al este, de manera localizada, en concordancia con los valles de los ríos secos mayores. Por el contrario hacia el sur, la descarga de este acuífero se produce por evaporación desde la serie de cuerpos salinos alineado, en la unidad geomórfica denominada de salinas mixtas.

10. Bibliografía

BISCEGLIA, H.A. (1977). *Estudio hidrogeológico de la región de la Meseta Basáltica pampeana, con especial referencia a los manantiales*. Administración Provincial del Agua, informe inédito, Santa Rosa, 92 p.

BOJANICH, E. (1979). *Investigación de los aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos sobre la cuenca de los ríos Atuel-Salado-Chadileuvú (provincias de La Pampa y Mendoza)*. Administración Provincial del Agua, Dirección de Recursos Hídricos, informe inédito, cuadros, fotografías, análisis químicos y mapas, Santa Rosa, 188 p.

CALVETTI AMBONI, B. (1980). *Estudio geoeléctrico Chacharramendi-Limay Mahuída*. Consejo Federal de Inversiones. Inédito. Buenos Aires, 20 p.

CANNELLE, L.E. (1950). *Condiciones hidrogeológicas de la zona comprendida entre Telén y Santa Isabel y valle de los ríos Salado-Atuel-Chadileuvú, territorio de La Pampa*. Dirección Nacional de Geología y Minería, informe inédito, Buenos Aires, 35 p.

CANO, E. (1980) (ed.). *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Gobierno de La Pampa - Universidad Nacional de La Pampa, Buenos Aires, 493 p.

CRIADO ROQUÉ, P. (1972). "Cinturón Móvil Mendocino-Pampeano". En: LEANZA, A.F. (Dir. y Ed.), *1º Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, pp. 297-303.

GIAI, S.B. (1975). *Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS)*. M.O.P., Dirección de Aguas Subterráneas, informe preliminar, inédito, Santa Rosa, 56 p.

GIAI, S.B. (1997). "Rasgos hidrogeológicos de la región de El Meauco –provincia de La Pampa– con especial referencia a su freatimetría". *I Congreso Nacional de Hidrogeología, Actas 105-116*, Bahía Blanca.

GIAI, S. B. y MARIÑO, E. (1993). "El comportamiento de la humedad en un suelo de médano". *V Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*, II: 32-37. Santa Rosa.

GIAI, S.B. y HERNÁNDEZ, M.A. (1999). "Aproximación de la curva recarga – precipitación en zonas medanosas". En: TINEO, A. (ed.) *Hidrología subterránea, Serie Correlación Geológica* 13:353-360. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.

HERRERO DUCLOUX, J.J. (1978). *Informe de la prospección geofísica en la región comprendida entre los paralelos de 36º y 37º 20' de latitud sur y los meridianos de 64º y 66º de longitud oeste de Greenwich (provincia de La Pampa)*. Instituto Nacional de Ciencia y Ténica Hídricas. Inédito. Buenos Aires, 147 p. + 36 anexos.

IVKOVIC, K. I.; KINGHAM, R.; LAWRENCE, C.; CHARTRES, C. J.; MULLEN, I.; JHONSTONE, R.; PLEASE, P. y PESTOV, I. (2000). *Los recursos hidrológicos subterráneos de la provincia de San Luis. Un proyecto de cooperación técnica Argentino Australiano. Informe Nº 6*. Australian Bureau of Rural Sciences y Segemar. Buenos Aires, 182 p.

LLAMBÍAS, E.J. (1973). "Las ignimbritas de la sierra Lihuel Calel, provincia de La Pampa". V Congreso Geológico Argentino*, Actas* 4:55-67, Buenos Aires.

LLAMBÍAS, E.J. (1975). *Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero*. Convenio provincia de La Pampa-Universidad Nacional del Sur, Dirección de Minas de La Pampa, informe inédito, Santa Rosa, 38 p.

LLAMBÍAS, E. J. (1991). "Magmatismo". En: *El sistema pérmico en la República Argentina y en la República Oriental del Uruguay*. XII Congreso Internacional de la Estratigrafía y Geología del Carbonífero y Pérmico y Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, Buenos Aires, pp. 275-298.

LLAMBÍAS, E.J. y CAMINOS, R. (1987). "El magmatismo neopaleozoico de la Argentina". En: ARCHANGELSKY, S. (ed.), *El sistema carbonífero de la República Argentina. Subcomisión Internacional del Carbonífero. Proyecto 211 PICG*, Buenos Aires, pp. 239-264.

LLAMBÍAS, E.J. y LEVERATTO, M.A. (1975). "El 'Plateau' riolítico de la provincia de La Pampa, República Argentina". *II Congreso Iberoamericano de Geología Económica 1*:99-114, Buenos Aires.

Llambías, E.J., MELCHOR, R.N., TICKYJ, H. y SATO, A.M. (1996). "Geología del Bloque del

Chadileuvú". XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, *Actas* 5:417-425. Buenos Aires.

MELCHOR, R. N. (1995). "Sedimentología de las unidades paleozoicas aflorantes en el centro-oeste de La Pampa, Argentina. Tesis doctoral inédita, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 272 p. + anexo.

MELCHOR, R.N. y CASADÍO, S. (2000). *Descripción de la Hoja Geológica 3766-III "La Reforma" (1:250.000), Provincia de La Pampa*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, 67 p. + 1 mapa.

MELCHOR, R. N., CHENG, Z. y FOLAND, K. (1999). "Isotoping dating of San Jorge Fm. Limestones (Early Paleozoic): Preliminary results from a Pb/Pb isochron and Sr/Sr ratios". II Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, *Actas*: 414-417. Córdoba.

MELCHOR, R. N. y LLAMBÍAS, E. J. (2000). *Descripción de la hoja geológica 3766-I "Santa Isabel" (1:250.000), provincia de La Pampa*. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, 43 p. + mapa.

RAMOS, V.A. (1999). "Las provincias geológicas del territorio argentino". En: CAMINOS, R. (ed.), *Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Anales* 29 (3):41-96. Buenos Aires.

THORNTHWAITE, C.W. y MATTER, J.R. (1955). "The waters balance". *Publications in Climatology*, Laboratory of Climatology, Vol. VIII, 1, 104 p.

VICENTE, O. (1975). "Caracteres estructurales del área al sur de Gral. Alvear, provincia de Mendoza". II Congreso Iberoamericano de Geología Económica, *Actas*, I:197-214, Buenos Aires.