

REGIONES HIDROGEOLÓGICAS

Juan Colombino¹ y Miguel Luengo²

1. Servicio Geológico - Dirección Provincial de Minería, Zapala dgm_geología@neuquen.gov.ar
2. Dirección Provincial de Recursos Hídricos

RESUMEN

En la provincia del Neuquén se definen siete grandes regiones hidrogeológicas cuyos rasgos están fuertemente condicionados por el diseño de las cuencas hídricas superficiales, las que a su vez deben su desarrollo y distribución al aporte de los dos cursos de agua más importantes que atraviesan el territorio provincial: los ríos Neuquén y Limay. Desde el punto de vista hidrogeológico la Cuenca Neuquina se divide en dos zonas principales: una ubicada al oeste y vinculada a zonas de activa orogenia e inestabilidad y otra al este asociada a cuencas marginales con mayor estabilidad y aporte cratónico del borde oriental. Las grandes unidades geológicas que caracterizan los diversos ambientes morfoestructurales del territorio provincial, controlan litológica y estructuralmente la aptitud del sustrato geológico para la distribución y almacenamiento del agua subterránea. Numerosos pozos llevados a cabo en las principales regiones pobladas del territorio provincial para captación de agua y control de los parámetros físicos y químicos de los acuíferos, aportan nuevos datos para evaluar el potencial de tan importante recurso natural.

Palabras clave: Regiones hidrogeológicas, recursos hídricos, aguas subterráneas

ABSTRACT

Hydrogeological regions. - In the Neuquén province are defined seven hydrogeological regions. Its main characteristics are strongly outlined by the hydric superficial basins, which at the same time are developed and distributed by the contribution of the principal rivers of the provincial territory: the Neuquén and Limay rivers. From a hydrogeological point of view, the Neuquén province can be divided in two main regions: the western zone associated to the andean active orogeny, and the eastern zone related with marginal and more stable basins. Lithological and structural characteristics of the principal geological units along the provincial tract of land, define and control the distribution and storage of underground waters. Numerous water wells whose chemical and physical properties were measured, contribute with new data to evaluate the potential of this important natural resource.

Key words: Hydrogeological regions, hydric resources, underground waters

INTRODUCCIÓN

A fin de realizar una clasificación de las regiones hidrogeológicas de la provincia del Neuquén se debe tener en cuenta el diseño de las cuencas hídricas superficiales definidas en el territorio provincial por el aporte de los dos importantes cursos de agua que recorren la región que son el río Neuquén y el río Limay. Cada una de estas grandes cuencas presenta características geológicas, estructurales y geomorfológicas que regulan el comportamiento hídrico de cada una con relación a dichos ríos y sus afluentes.

Desde el punto de vista hidrogeológico se divide la cuenca neuquina en dos zonas: una ubicada al oeste y definida por su inestabilidad e íntima relación con áreas de activa orogenia y la otra ubicada hacia el este es la zona de transición o de cuencas marginales caracterizada por la mayor estabilidad del borde cratónico oriental.

El cambio de pendiente que a partir del Cretácico cambia la vergencia hacia el este, da lugar a la depositación de sedimentos predominantemente continentales y esas nuevas condiciones ambientales constituyen el cuadro general que caracteriza el comportamiento del sistema de drenaje actual de la cuenca.

Para la presente contribución se han seguido los lineamientos generales del capítulo correspondiente a Recursos Hídricos Subterráneos del Relatorio de Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Neuquén (1978), los antecedentes regionales de las cartas geológicas del Ser-

vicio Geológico Nacional como así los obrantes en las recientes Hojas Geológicas del Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina del SEGEMAR. Se incorporan asimismo los aportes de los trabajos realizados por la Dirección Provincial de Recursos Hídricos de la Provincia, la mayoría de ellos correspondientes a registros y control de perforaciones de acuíferos en distintas regiones del territorio cuyos datos, aún cuando escasos, permiten actualizar el nivel de información existente sobre tan importante recurso natural.

UNIDADES GEOLÓGICAS Y SU RELACION CON EL AGUA SUBTERRÁNEA

Las grandes unidades geológicas del territorio presentan características litológicas y estructurales que definen su aptitud para el almacenamiento y distribución de las aguas subterráneas. En la Tabla 1 se resumen los atributos mencionados siguiendo y ampliando la caracterización propuesta por Sosic (1978):

Estas características hidrogeológicas han permitido diferenciar varias subcuencas dentro de las principales cuencas hídricas superficiales de la provincia del Neuquén, las que de acuerdo al ordenamiento del mapa hidrogeológico provincial (Mapa Hidrogeológico de la provincia del Neuquén, 1: 500.000, 2004) resultan ser las que se enumeran a continuación:

1. Cuenca del río Colorado

- 1.1 Cuenca del río Barrancas
- 1.2 Cuenca Alta del río Colorado
- 1.3 Cuenca Media del río Colorado

2. Cuenca del río Hua Hum

3. Cuenca del río Negro

4. Cuenca del río Neuquén

Cuenca activa del río Neuquén

- 4.1 Cuenca del río Varvarco
- 4.2 Cuenca del río Alto Neuquén
- 4.3 Cuenca del río Nahueve
- 4.4 Cuenca Alta del río Neuquén
- 4.5 Cuenca del río Curi Leuvú
- 4.6 Cuenca del río Lileo
- 4.7 Cuenca del río Guañacos
- 4.8 Cuenca del río Reñileuvú
- 4.9 Cuenca del río Trocoman

Cuenca Media y Baja del río Neuquén

- 4.10 Cuenca Alta y Media del río Agrio
- 4.11 Cuenca Baja del río Agrio
- 4.12 Cuenca del río Salado
- 4.13 Cuenca del arroyo Pichi Neuquén
- 4.14 Cuenca del río Covunco
- 4.15 Cuenca Media y Baja del río Neuquén

5. Cuenca Endorreicas

- 5.1 Cuenca de la laguna Blanca
- 5.2 Cuenca del cañadon Zapala
- 5.3 Cuenca de la laguna Cari Lafquen Grande
- 5.4 Cuenca de Añelo

6. Cuenca del río Limay

Cuenca Activa del río Limay

Cuenca del río Collon Cura

- 6.1 Cuenca del río Aluminé
- 6.2 Cuenca del río Catán Lil
- 6.3 Cuenca del río Chimehuín
- 6.4 Cuenca del río Collón Cura
- 6.5 Cuenca del río Caleufu
- 6.6 Cuenca Alta del río Limay
- 6.7 Cuenca del río Trafal
- 6.8 Cuenca del lago Nahuel Huapi
- 6.9 Cuenca Alta del río Limay

Cuenca Media y Baja del río Limay

- 6.10 Cuenca de aporte al embalse Alicura
- 6.11 Cuenca de aporte al embalse Piedra del Águila
- 6.12 Cuenca del Zanjón Rincón Chico
- 6.13 Cuenca del arroyo Sañicó
- 6.14 Cuenca Media del río Limay
- 6.15 Cuenca del arroyo China Muerta
- 6.16 Cuenca del arroyo Picún Leufú
- 6.17 Cuenca de aporte al Embalse Ezequiel Ramos Mejía
- 6.18 Cuenca Baja del río Limay

REGIONES HIDROGEOLÓGICAS

La primera etapa de sedimentación de la cuenca, está marcada por la acumulación de sedimentos epiclásticos y volcániclásticos conformando la parte inferior de la columna estratigráfica. Una espesa secuencia de sedimentitas y evaporitas marinas alternando con depósitos de procedencia continental marcan la ciclicidad sedimentaria de la columna durante el Mesozoico, a la que sobreyacen sedimentitas de transición y continentales que denotan el inicio de un proceso de colmatación de la cubeta. La gran mayoría de las acumulaciones sedimentarias se caracterizan en este período por la presencia de pigmento rojo lo que permite deducir al final de los ciclos sedimentarios marinos de la cuenca condiciones de clima cálido y ambiente oxidante. Estas características ambientales han continuado durante la depositación de los conglomerados de pie de monte, en un ambiente más restringido de la cuenca que con limitada circulación de agua permite el desarrollo de pH más elevados, procesos acentuados a su vez por la aridez del área que se va continentalizando.

Por último, el remplazo y la propagación póstuma de aguas carbonatadas, están permanentemente relacionadas con la culminación de estos grandes ciclos de sedimentación. Cabe destacar que en el territorio provincial no existen acumulaciones de sedimentos cuaternarios en extensión y potencia como para constituir grandes reservorios de agua. De allí que se deba trabajar mayormente



Figura 1: Regiones hidrogeológicas de la provincia del Neuquén



Unidad geológica y/o temporal	Litología	Ambiente de formación	Características del acuífero
Basamento cristalino	Metamorfitas, migmatitas granitoides.	Continental	Permeabilidad secundaria. Buena calidad del agua. Escaso volumen
Triásico hasta Grupo Mendoza	Sedimentitas volcánico-lásticas y epiclásticas.	Marino	Permeabilidad moderada a baja. (Sin mayor información)
Grupo Mendoza	Sedimentitas epiclásticas y carbonáticas, evaporitas	Marino a transicional	Permeabilidad buena a moderada. Acuíferos con alta mineralización
Grupo Neuquén	Areniscas y fangolitas	Continental	Permeabilidad buena. Acuíferos complejos
Grupo Malargüe	Fangolitas, evaporitas	Marino somero	Permeabilidad baja. Pobre favorabilidad para acuíferos.
Grupo Molle	Andesitas, basaltos piroclásticas.	Continental	Permeabilidad secundaria. Buena calidad de acuíferos, escaso volumen
Paleógeno-Neógeno	Sedimentitas epiclásticas, piroclásticas	Continental, lagunar.	Permeabilidad moderada a buena. Acuíferos de buena calidad
Colloncurese	Depósitos piroclásticos, lavas y brechas volcánicas	Continental	Permeabilidad moderada, acuíferos de buena calidad y rendimiento.
Formación Río Negro	Depósitos arenosos y tobáceos	Continental	Permeabilidad moderada a buena, Acuíferos de buena calidad.
Basaltos de meseta	Flujos lávicos	Continental	Permeabilidad secundaria Buena calidad de agua
Rodados patagónicos	Rodados de volcánicas y plutónicas	Continental	Acuíferos de escaso volumen, aguas de elevada dureza.
Depósitos fluvio-glaciares y morenas	Acumulaciones glaciogénicas	Continental	Elevada permeabilidad, recarga rápida y permanente
Relleno aluvial reciente	Depósitos fluviales, mallines	Continental	Acuíferos de buena calidad

Tabla 1: Grandes unidades geológicas y sus atributos hidrológicos

dentro de ambientes sedimentarios de escasa permeabilidad, baja transmisibilidad y circulación lenta a lo que se suma una gran discontinuidad horizontal litológica. También es dable señalar que la provincia del Neuquén carece de valles intermontanos lo suficiente extensos y desarrollados.

La división del territorio en regiones hidrológicas no coincide mayormente con las cuencas hidrogeológicas; existe si una correspondencia con la geología que por lo general impone sus rasgos imprimiendo a cada región características hidrológicas distintivas.

La clasificación que se propone en la presente contribución se basa en los antecedentes obtenidos de perforaciones realizadas con el fin de alumbrar agua potable, como así también de las observaciones de campo practicadas a través de varios años. Las perforaciones llevadas a cabo por la Dirección de Recursos Hídricos de la provincia se ubicaron en su mayor parte en regiones pobladas con necesidades de provisión de agua.

1. REGIÓN CENTRO ESTE

Abarca la zona cubierta por sedimentitas continentales del Grupo Neuquén; la unidad geológica más estudiada es la Fm. Huincul, con un espesor que en general no supera los 250 m, habiéndose realizado varias perforaciones hasta esa profundidad. De acuerdo a sus características litológicas, definidas por una secuencia de rocas pre-

dominantemente psamíticas de color pardo amarillento intercaladas con pelitas rojas, presenta gran heterogeneidad preservando en mayor o menor grado estructuras sedimentarias de ambiente continental fluvial. Tectónicamente, estas sedimentitas están afectadas por la reactivación de los movimientos intercretácicos y del principio del Terciario por lo que la sedimentación es discontinua granulométrica y deposicionalmente.

Los procesos diagénéticos y tectónicos que han actuado son intensos tanto en el momento de sedimentación como en los subsiguientes, generando condiciones poco propicias para la acumulación de agua. Como resultado es común observar en estas sedimentitas una baja permeabilidad y escasa transmisibilidad que limita la recarga efectiva ya sea de los ríos que la circundan como de las precipitaciones que en esta región no superan en su mayoría los 150 mm anuales. En general, los ríos corren por horizontes inferiores de la Fm. Huincul, pero aunque así no fuera se debe descartar la posibilidad de una recarga abundante proveniente de los mismos.

De acuerdo a las observaciones realizadas, en profundidades que van de 0 a 200 m se han logrado determinar tres niveles con condiciones físicas favorables para el almacenamiento de agua, a saber:

a) Desde los 12 a los 30 m: este nivel recibe un aporte de agua producto de la infiltración de las precipitaciones; se ha constatado la recarga de las vertientes lo mismo que la disminución del nivel freático de los pozos en el período de estiaje.

El control de las vertientes en una amplia zona, sumado a las observaciones en muchos de los pozos perforados por las comisiones sismográficas de YPF en la misma región, permitió establecer que en ninguno de los casos los pozos superaban los 30 m de profundidad. La forma aleatoria de la recarga y la frecuencia con que aparece el agua en los pozos, sólo permite registrar las variaciones del nivel estático al finalizar el período de mayor lluvia en la zona, lo que habla claramente de la baja permeabilidad de los sedimentos y el lento desplazamiento del agua a través de los mismos.

Es importante destacar que en un 90% de los casos, la existencia de agua en este nivel coincide con una depresión cerrada del terreno. La calidad del agua se puede considerar buena y por ende su salinidad aceptable.

b) Desde los 40 a los 70 m: aparece una segunda zona con niveles favorables para el almacenamiento de agua en la que no se aprecia el aporte de superficie, al menos en las variaciones anuales; es posible que exista en relación a los grandes ciclos climáticos. Aumenta la salinidad con respecto a los horizontes superiores, pero mantiene condiciones de potabilidad para consumo humano.

c) De los 90 a los 130 m: se verifica la presencia de una tercera zona propicia para el almacenamiento de agua pero con marcado aumento de la salinidad en relación con la del horizonte anterior.

2. REGIÓN NORESTE

Abarca una extensa zona ubicada al norte del río Neuquén, teniendo como límite oeste la Región Central. Si bien es una zona poco estudiada, en los últimos años la exploración y explotación petrolífera ha determinado la existencia de numerosos pozos, inclusive en muchos casos surgentes, con agua de baja potabilidad, pero no existen estudios específicos sobre el tema. Hidrogeológicamente, esta región se la puede dividir en dos zonas. Al norte del volcán Auca Mahuida que se presenta como la zona de recarga y una porción sur que constituye el reservorio.

3. REGIÓN CENTRAL

Abarca una zona que se extiende desde el arroyo Picún Leufú al sur hasta la cordillera del Viento al norte. Las características comunes están dadas por: la presencia de sedimentitas marinas ya sea aflorando o en profundidad, con reservorios de agua salinizada no apta para el consumo humano.

Geomorfológicamente, se trata en general de una región montañosa, formada por grandes anticlinales fuertemente erosionados; las estructuras de plegamiento constituyen el rasgo común. Los afloramientos calcáreos y evaporíticos mesozoicos complican la condición hidrogeológica mineralizando el agua que se infiltra a través de ellos. Existen no obstante valles de poco desarrollo que junto a las acumulaciones de los conos aluvionales, retienen el agua que proviene generalmente de las lluvias torrenciales de la época.

En estas acumulaciones recientes se encuentra frecuentemente agua potable, pero siempre en escasa cantidad a causa del pobre espesor de los depósitos y la gran inclinación de su fondo impermeable lo que provoca el

escurrimiento rápido hacia los ríos conformando así reservas temporarias y de escaso volumen.

Por otra parte se ha reconocido en esta región una importante reserva termo-mineral, (surgencias de agua con temperaturas entre 15º y 20º C) que será necesario evaluar. Se reseñan a continuación algunas de las experiencias realizadas en la zona por la Dirección de Recursos Hídricos de la Provincia del Neuquén, tomando para ello los casos más reveladores:

Chos Malal: Se realizaron varias perforaciones para abastecer de agua a la población de la localidad; los sondeos se efectuaron sobre la margen izquierda del río Curi Leuvú y sólo se obtuvieron pequeños volúmenes de agua aportados por las pizarras subyacentes, con un alto tenor salino. Para obtener agua de mejor calidad se debió recurrir a pozos realizados a cielo abierto en el subálveo, los que alcanzaron una profundidad de 9 metros.

Buta Ranquil: se reperforó un pozo existente ubicado en zona de relleno moderno; el pozo presenta variaciones estacionales de su caudal hasta llegar a condiciones de sequedad parcial. Los resultados de bombeo con la nueva perforación condujeron a la salinización del escaso volumen de agua captada

Chorriaca: se realizaron tres perforaciones; todas ellas arrojaron agua termomineral con diferentes grados de concentración salina; las profundidades de los pozos varían de 90 a 120 metros.

Mariano Moreno: Con una perforación en la margen izquierda del arroyo Covunco se procuró captar la filtración del mismo, pero sólo se obtuvo una pequeña entrada de agua salobre a los 60 metros.

Zona de Naunauco: existen perforaciones realizadas a cielo abierto, que por debajo de los de sedimentos recientes de origen torrencial, cuyo espesor es de aproximadamente 6 u 8 m, se obtuvieron caudales de dos a tres mil litros/hora, que disminuyen sensiblemente en las épocas de escasa precipitación.

Las dos experiencias realizadas en esta zona arrojan:

1) un pozo surgente de agua termomineral proveniente de una profundidad aproximada a los 70 metros.

2) se obtuvo agua con menor concentración salina que el pozo anterior habiéndose alcanzado una profundidad de 120 metros. Esto es debido al ingreso de agua «dulce» aportada por la capa suprayacente que alcanza un espesor de 12 m constituida por sedimentitas con mayor selección. El acuífero superior no presentaría sedimentitas cementadas, circunstancia que permitiría la utilización del agua en condiciones aptas para la agricultura.

Cabe destacar que dentro de las secuencias marinas del Grupo Mendoza y Grupo Bajada del Agrio, podrían existir algunos horizontes portadores de agua potable de acuerdo a lo observado en varios pozos de la comarca ubicados en asentamientos rurales. De ellos se extrae agua de calidad y caudales aceptables, características que ameritan reconocer y evaluar esos acuíferos a través de mayor cantidad de perforaciones.

4. REGIÓN CORDILLERANA O DEL OESTE

Se extiende a lo largo de toda la provincia y es quizás la región más heterogénea, no solo por su geomorfología, sino también por su clima.



Meses	E	F	M	A	M	J	Ju	A	S	O	N	D	Año
Penman	201	156	91	83	59	41	40	73	100	136	164	220	1364
Thornthwaite y Mather	126	101	84	45	27	13	14	21	31	59	90	119	730

Tabla 2: Tasas de evapotranspiración potencial media.

Como características comunes se pueden señalar:

1) Grandes elevaciones montañosas con profundos valles que se acentúan hacia el oeste, 2) Presencia de abundante precipitación nívea, 3) Acumulación de sedimentos fluvio glaciares en sus valles, y 4) Presencia de coladas basálticas.

Las precipitaciones pluviales aumentan hacia el sur formando dos zonas fitogeográficas distintas: al norte una región árida y al sur una región boscosa.

La presencia de valles glaciares cubiertos por sedimentos morénicos, de baja permeabilidad en zonas de abundante precipitación produce una saturación de los depósitos sedimentarios. En general las perforaciones realizadas muestran una capacidad de campo nula, constituyendo pozos de escaso rendimiento.

La experiencia realizada en el valle de Caviahue, río Agrio y valle de Chapelco indican que sólo se puede obtener agua abundante en éstos localizando los paleocauces que generalmente tienen escaso desarrollo vertical por tratarse de valles con pendiente muy pronunciada.

Existe otro tipo de valles en la región que nos ocupa, que se ubican en la parte más oriental de la misma: son valles intermontanos, con limitado desarrollo, elevado gradiente, con rodados muy gruesos y poco espesor de acumulación tales como los del Huecú, El Cholar, y otros de similar característica en la comarca.

Los depósitos subyacentes de la pampa de Zapala constituyen una excepción a la regla, pues presentan un espesor considerable de sedimentos (más de 100 m), buena selección granulométrica y poca pendiente.

Las precipitaciones en esta amplia zona varían ampliamente de E a O. y de N a S, pero en general puede registrarse un valor mínimo de 200 mm/año y un máximo de 2.000 mm/año. Hay un factor geológico importante para comprender el comportamiento del agua subterránea en esta zona, cual es la presencia de coladas basálticas. Con mayor detalle se desarrolla este tema en el acápite que sigue en donde se sintetizan las principales características del acuífero del campo volcánico Zapala, quizás el único que cuenta con un estudio hidrológico que ha permitido definir sus parámetros básicos.

Acuífero de Zapala

La cuenca hidrogeológica en consideración se encuentra ubicada en el departamento Zapala, en la región central. Abarca una superficie aproximada de 1790 km². El clima imperante en la comarca es del tipo seco de estepa (según la clasificación de Köppen, en Universidad Nacional del Sur, 1995) con precipitaciones anuales medias de aproximadamente 200 mm y en la ciudad de Zapala, según registros de la estación meteorológica del aeródromo local, con un valor promedio de 150 mm/año. Las mayores precipitaciones se producen en invierno, período abarcado entre mayo y junio, donde se alternan registros pluviales y níveos.

Para el semestre mayo-septiembre se ha registrado el 70% del volumen precipitado, correspondiendo en ge-

neral a la precipitación media anual aproximada; incluidos los registros níveos, ésta es de aproximadamente 237 mm/año.

Con respecto a las temperaturas medias para el mes de enero se registran valores de 22° C, mientras que en los meses de junio y julio las temperaturas medias llegan hasta los 6° C y varios días con temperaturas debajo del punto de congelamiento.

La humedad relativa media ronda el 55% con fuerte predominio de la aridez del clima. Los vientos tienen una muy alta frecuencia y son de intensidad fuertes a muy fuertes, con predominio del sector oeste y noroeste, rotando al suroeste, llegando a alcanzar máximas de hasta 100 km/hora.

Con estos antecedentes y aplicando metodologías basadas en fórmulas de medición de la evapotranspiración potencial según el método de Penman modificado por Frere, 1972 (en Universidad Nacional del Sur 1995), se han calculado las tasas de evapotranspiración en el área de influencia del acuífero, datos que se reseñan en Tabla 2. El método indicado toma en consideración el registro seriado de valores de temperatura, humedad, velocidad media de los vientos, nubosidad y datos de la latitud y altitud de las estaciones de medición. Por otra parte la fórmula de Thornthwaite & Mather 1955 (en Universidad Nacional del Sur 1998) considera los índices calóricos relacionados con la temperatura media mensual del lugar y la cantidad de horas de luz solar en relación a la latitud. Con aplicación de ambos métodos se han podido definir los siguientes valores de evapotranspiración potencial mensual (medidas en mm).

A pesar de las diferencias de valores existentes entre ambas metodologías, al analizar los resultados en el balance hidrológico del suelo para el cálculo de la evapotranspiración real, éstas se minimizan obteniéndose un valor dentro de un rango que puede considerarse aceptable.

Desde el punto de vista geológico la unidad litoestratigráfica principal que es la portadora de los niveles acuíferos corresponde a la Fm. La Bardita (Delpino *et. al.* 1995) asignada al Mioceno superior. Está constituida en superficie por bancos arenosos, cuya granulometría indica: 30 – 40% arena fina, 20-30% arena gruesa, 15-25% arena media, 5-15% arena muy gruesa, 5-10% limo y arcilla y 0-3% de grava. En la parte superior de los afloramientos predominan niveles lenticulares de gravas.

De acuerdo a los datos obtenidos de perforaciones existentes en la localidad los primeros 120 m de la Fm. La Bardita están compuestos por una sucesión de arenas limosas, arenas gruesas y gravas con intercalaciones de cuerpos arcillosos y limo-arcillosos con espesores y continuidad lateral variables.

Las evidencias geológicas permiten inferir una distribución de la unidad en todo el subsuelo de la cuenca hidrogeológica de Zapala con espesores máximos en los alrededores de la ciudad.

En la parte central de la cuenca la Fm. La Bardita se halla cubierta parcialmente por relictos de coladas basált-

ticas, siendo total la cobertura en el sector occidental de la localidad. Estas coladas y sus centros de emisión pertenecen al Basalto Zapala (Delpino *et. al.* 1995) de edad Mioceno superior – Plioceno.

La superficie y el interior de estas coladas se caracterizan por la presencia de diaclasas, grietas y fracturas originadas durante el proceso de fluencia y enfriamiento, condición física que determina que el conjunto adquiera una elevada permeabilidad facilitando la infiltración de agua a través de esos planos de debilidad. En el sector oriental las coladas cubrieron parcialmente a la Fm. La Bardita, dejando islas de la misma en sus altos topográficos. Las superficies sobre las que fluyeron tenían muy poca pendiente correspondiendo en general a valles poco profundos, característica que controló en esta zona la superposición de las coladas. Éstas desarrollan espesores variables desde 50 cm hasta 2 y 3 m, formando «mesetas o pampas basálticas» de notoria implicancia hidrogeológica.

Hidrologicamente la portadora de los principales niveles acuíferos que abastecen a la ciudad de Zapala es, como ya se ha mencionado, la Fm. La Bardita, que se encuentra en contacto directo con las fases superficiales y atmosféricas del ciclo hidrológico ya que es portadora del acuífero freático de la región.

Presenta una litología compuesta por lentes psefíticos – psamíticos separados por niveles pelíticos de variado espesor y continuidad lateral, lo que da lugar a un acuífero de tipo multicapa, cuyos niveles inferiores pueden estar sujetos a distinto grado de confinamiento.

Las diferentes perforaciones realizadas en el acuífero para la obtención de agua han permitido definir los perfiles litológicos de los mismos, en donde se ha observado un importante incremento del cemento calcáreo en la fracción arcilla, y consecuentemente, de la consolidación del sedimento a partir de los 150 m de profundidad, pudiéndose inferir en ese horizonte un sustrato que actuaría como hidroapoyo del complejo acuífero explotable. También la disminución en profundidad de niveles de granulometría más gruesa sugiere una mayor transmisibilidad en los términos superiores de la formación.

La denominada Cuenca Hidrológica de Zapala abarca una superficie aproximada a 228,5 km²; la recarga del acuífero se produce sobre la totalidad del área de la cuenca por medio de la infiltración directa de agua meteórica (lluvia y nieve) a través de los terrenos permeables que se encuentran en la comarca.

Los términos superiores de la Fm. La Bardita, compuestos por sedimentos de alta permeabilidad y las coladas del Basalto Zapala favorecen la infiltración de agua meteórica hacia los niveles más profundos. El sustrato que actuaría como hidroapoyo del complejo acuífero explotable se ubicaría a partir de los 150 m de profundidad.

Los excesos hídricos anuales medios de la cuenca fluctuarían entre un 47 y 55% de la precipitación, por lo que la magnitud de la recarga anual media del acuífero freático ha podido estimarse en unos 18 Hm³/año. El volumen de extracción anual mediante pozos para abastecimiento puede cifrarse en unos 11 Hm³/año, por lo que la descarga natural del acuífero freático alcanzaría a los restantes 7 Hm³/año. La circulación general del flujo subterráneo de la capa freática es de oeste a este convergiendo hacia los cañadones que bordean la ciudad de Zapala. La descarga natural del acuífero freático de la



Figura 2: Estaciones pluviométricas de la provincia del Neuquén

cuenca se produce principalmente a través de toda la superficie de evaporación que constituye el fondo de los cañadones que bordean la ciudad y de los manantiales ubicados en sus márgenes.

La resultante del balance hídrico del acuífero libre del área permite descartar en la actualidad un fenómeno de sobreexplotación.

La salinidad de las aguas de toda la cuenca es muy baja, lo cual es un indicio de la proximidad del área de alimentación. El acuífero freático del área ha sido clasificado como de moderado a alto grado de vulnerabilidad a la contaminación, sobre todo en un radio de 4 km alrededor de la ciudad de Zapala, en donde además están ubicados los pozos de abastecimiento a la localidad.

5. REGIÓN DE LOS VALLES DE LOS GRANDES RÍOS

En esta región la sola presencia de dos importantes cursos fluviales (ríos Limay y Neuquén) hace que el volumen del agua que contiene su subálveo sea de relevancia frente a la demanda de la población afincada en la región de la confluencia. Las limitaciones al consumo se manifiestan en aquellos casos donde el agua no se puede captar directamente del cauce del río (zonas de alta densidad poblacional o con asentamientos fabriles) donde la contaminación orgánica puede limitar su uso.

Se ha tratado de agrupar en esta región distintas zonas cuyo denominador común está dado por la presen-



cia de un río y como consecuencia del mismo, acumulaciones sedimentarias de origen fluvial.

Río Limay: El curso superior y medio está constituido por valles de gradiente hidráulico elevado, muy poco desarrollados, lo que impide a las escasas acumulaciones sedimentarias retener importantes cantidades de agua.

El curso inferior presenta un valle de mayor extensión y amplitud y consiguientemente factibilidad de explotación agrícola mediante el empleo de agua subterránea. En términos generales el espesor de los sedimentos que nos ocupan varían de 8 a 12 metros. Las perforaciones realizadas en el subálveo han arrojado resultados satisfactorios:

En Colonia Inglesa y Plottier, en subálveo de 12 m de espesor se captó agua con el fin de provocar la desalinización de las zonas mediante la depresión de la freática. Los caudales extraídos fueron superiores a los 150.000 lts/h, provocando una gran depresión sin llegar al agotamiento del pozo. Granulométricamente, estos sedimentos están formados por cantos rodados. En términos generales mantienen una buena permeabilidad.

En las cercanías de la ciudad de Neuquén, las perforaciones realizadas han permitido determinar en primer término la presencia del subálveo con espesores medios de 12 m, por debajo del cual se encuentran capas arcillosas con un espesor variable, nunca inferior a los 3 metros. Seguidamente aparece el primer acuífero confinado con gran contenido salino que disminuye en proximidades del río. Continúa un segundo manto arcilloso de espesor variable, generalmente más potente que el anterior, e infrayaciendo se presenta una arena fina con muy buena selección, de probable origen eólico, formando un acuífero cuyo comportamiento y profundidad aún no se ha podido evaluar.

Río Neuquén: Al igual que en el río Limay, la zona del valle inferior se puede considerar como área de importancia para la extracción de agua subterránea. El curso medio y superior tiene características similares a las del río Limay pero con un menor grado de permeabilidad.

Sobre el valle inferior, que es donde se encuentra asentada la mayor población, se presentan los principales problemas de captación y provisión de agua. Se trata de un río con un gran aporte de material en suspensión. Su régimen torrencial y de gran competencia durante las crecientes provoca la depositación de rodados que llegan a los 10 cm de diámetro; durante las bajantes se produce la sedimentación de material fino, recubriendo casi totalmente la superficie de los rodados con una pequeña película que provoca la impermeabilización del sedimento. Otro de los grandes inconvenientes lo constituyen las barreras impermeables muy comunes, producto de la continua divagación del río.

Estas particularidades hacen que el río Neuquén no presente en su curso medio e inferior zonas favorables para la obtención de aguas subterráneas en volúmenes abundantes. Por otra parte la presencia de rodados de gran tamaño provocan siempre un impedimento importante para los equipos de perforación a rotación.

En el curso inferior por debajo de la acumulación fluvial aparecen uno o dos horizontes acuíferos aunque no se ha establecido con precisión su profundidad, magnitud y persistencia. Al respecto, en las proximidades de la ciudad de Centenario y sobre la margen derecha del río

se realizaron perforaciones que alcanzaron los 100 m y su caudal no superó los 10.000 l/h, mientras que en Vista Alegre se captó agua a 50 m con un caudal de 30.000 m³/hora.

Río Collón Cura: El valle se desarrolla con mucha semejanza al río Limay y al igual que éste en su curso medio y superior tiene elevado gradiente y poco espesor de manto fluvial. Atraviesa una zona de régimen pluvial elevado (600 mm anuales) con presencia de numerosas vertientes y pequeños arroyos a lo largo de su curso. Se desestima por el momento la reserva subterránea por carecer de importancia socio-económica.

El resto de los afluentes del río Limay son similares presentando valles poco desarrollados con gradiente hidráulico alto y en general sedimentos muy gruesos (rodados) con escasa retención de agua, lo que limita fuertemente el interés desde el punto de vista de una posible explotación subterránea.

Con respecto a los afluentes del río Neuquén, el panorama es distinto, ya que atraviesan una zona más árida (200 a 250 mm anuales). Geológicamente discurren sobre las formaciones marinas que salinizan el agua que las atraviesa dando lugar en muchos casos a vertientes de agua no potable

El río Agrio, su principal afluente, en su curso superior transporta agua mineralizada no apta para el consumo humano. En el curso medio la pequeña filtración que se lleva a cabo a través de los sedimentos permite la eliminación de sales llegando a niveles de potabilidad aceptables del agua. En la mayor parte de su recorrido este río, presenta un valle poco desarrollado, escaso espesor de los sedimentos fluviales, en su mayoría glaciales característica ésta que los convierte en poco permeables, a lo que se suma el aporte de agua salinizada de las formaciones sedimentarias laterales.

Las perforaciones para captación de agua de buena calidad es necesario ubicarlas en meandros, suficientemente alejados del borde del valle para evitar el ingreso del agua que aportan las sedimentitas marinas.

Arroyo Picún Leufú: Presenta un interés especial, en primer lugar porque atraviesa una zona de muy escasa pluviometría (120 a 170 mm anuales) y además porque a lo largo de su valle medio e inferior hay asentada una importante población rural, lo que demanda mayores estudios hidrológicos de la región. La característica principal está dada por las importantes variaciones de su régimen ya que en su curso medio corta los sedimentos del grupo Neuquén y desarrolla un valle dedicado a la agricultura que requiere aportes permanentes de agua. El curso inferior corre en un amplio valle de origen mixto (fluvio erosivo). Se realizaron perforaciones desde Paso Aguerre (valle medio) hasta su desembocadura en el lago Ezequiel Ramos Mexía.

Partiendo desde Paso Aguerre hasta Limay Centro se realizaron alrededor de 120 perforaciones para dar agua potable a la población rural de la zona. En todos los casos se trabajó en el subálveo del río, con un espesor máximo de 8 m, pero en la mayoría de los casos no superó los 5 m y una altura promedio de 1 m de agua dentro del pozo a partir del fondo impermeable. Los pozos que se realizaron sobre pequeñas terrazas fluviales, directamente no aportaron agua y en contados casos sólo lo lograron los reali-

zados sobre cauces abandonados con rendimientos que no superaron los 5.000 l/hora.

En el valle inferior la situación es distinta, habiéndose intersectado uno o dos horizontes entre los 30 y 80 m, con un aporte importante de agua. Aunque no se han reconocido e individualizado, estas capas han entregado caudales de 25.000 l/hora.

6. REGIÓN NORTE

La presencia de un relieve marcado por grandes aparatos volcánicos, extensas coladas y efusiones piroclásticas y los efectos de la tectónica producen en la red de drenaje de la región controles litológicos y estructurales.

Razón por la que se pueden diferenciar varias subcuencas dentro de la gran cuenca hídrica que abastece al colector común de esta vasta región que es el río Neuquén.

Del flanco oriental de la cordillera del Viento nacen una serie de arroyos paralelos a subparalelos conformando una amplia red de drenaje que desagua en el río Curi Leuvú, el cual posee un recorrido cuasi lineal de norte a sur. Estos arroyos, al ingresar en la zona de los braquianticlinales y sinclinales, tuercen su curso hacia el sur, siguiendo paralelamente los ejes de estas estructuras debido a la presencia de capas más competentes o bien por la resistencia de algunas coladas basálticas. Como consecuencia de ello se produce una marcada inversión del relieve, en donde comúnmente los ríos corren sobre la charnela de los anticlinales. El colector común de estas aguas lo constituye el río Curi Leuvú que a la latitud de la localidad de Chos Malal desagua en el río Neuquén.

El drenaje de la zona de los volcanes se efectúa por dos colectores principales, el arroyo Blanco y el Chapúa, presentando sus laderas surcadas por valles radiales, por los cuales corren arroyos de pequeño caudal provenientes de vegas o deshielos de campos de nieve. Existe una laguna al pie del volcán Tromen que es producto del endicamiento de las aguas que drenan hacia el oeste por una colada de basalto moderna y cubre un área de 4 km² poblada por una diversidad de aves acuáticas.

Debido a las condiciones del relieve y al tipo de drenaje que se desarrolla, el aprovechamiento del agua superficial por parte de los habitantes de los centros urbanos y rurales de la región se realiza directamente extrayéndola del río Neuquén por medio de bombas y sistema de filtrado. En la zona rural se aprovechan los cursos temporarios por medio de canalizaciones y surcos para el riego o llenado de tanques (tipo australiano) de agua.

Algunas experiencias se han realizado en el área rural en chacras y parajes en donde a través de perforaciones se consigue la extracción de agua por medio de molinos y/o bombas, casi siempre en cercanía de arroyos con regímenes semipermanentes y temporarios o de subálveos de escasa profundidad y caudales variables de tipo estacional. El aprovechamiento intensivo del agua generalmente se realiza a nivel superficial mediante captaciones o derivaciones de cursos de agua hacia los sectores de consumo.

7. REGIÓN DEL SURESTE

Corresponde a la región ubicada en el sur de la provincia, teniendo como límite sur el río Limay y norte los afloramientos marinos de la región central extendiéndose de este a oeste desde Piedra del Águila al Departamento Lacar. La circundan por el noroeste las mesetas basálticas.

Geológicamente subyacen en esta región sedimentos de origen volcánico; la comarca se caracteriza por una topografía de elevaciones de poca altura, subredondeadas, que corresponden a un paisaje maduro. Las zonas bajas en su mayoría presentan rellenos de material tobáceo, a veces in situ otras redepositado, pertenecientes a los ciclos volcánicos sedimentarios del Paleógeno y Neógeno.

En muchos casos la alteración y meteorización de estas acumulaciones las torna bastante impermeables; en otros constituye un sedimento propicio para la retención de agua en su interior.

Con un régimen pluviométrico de 400 mm/a de promedio constituye una zona favorable para la captación de agua subterránea, quizás no en grandes caudales pero si lo suficiente para satisfacer las necesidades de la ganadería.

Agradecimientos

Al Licenciado Juan Carlos Danieli y al Dr. Jorge Valles, por la lectura crítica y útiles sugerencias para la redacción final del texto. A Rafael Cocca por su ayuda en la preparación de tablas y figuras.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Delpino, D., Giusiano, A. & Deza, M. 1995. Mapa Geológico del Departamento Zapala, (escala 1:200.000), Dirección Provincial de Minería, Zapala.
- Mapa Hidrogeológico de la provincia del Neuquén, 1: 500.000. 2004. Convenio con Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Secretaría de Obras Públicas de la Nación - Ministerio de Producción y Turismo de la Provincia del Neuquén, Dirección Provincial de Recursos Hídricos. Neuquén.
- Sosic, M.J. 1978. Recursos Hídricos Subterráneos. 7º Congreso Geológico Argentino, Relatorio, Geología y Recursos Naturales del Neuquén, 309-319.
- Universidad Nacional del Sur, 1995. Relevamiento hidrogeológico expeditivo en los alrededores de la ciudad de Zapala, Provincia del Neuquén, Argentina. Informe Final. Fundación Universidad Nacional del Sur, - Departamento de Geología, Cátedra de Hidrogeología, 24 págs. (Informe inédito). Bahía Blanca.
- Universidad Nacional del Sur, 1998. Estudio para la explotación racional del agua subterránea y la detección y control de la contaminación del acuífero que abastece a la ciudad de Zapala, provincia del Neuquén. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Programa de Modernización Tecnológica, Proyecto de Investigación y Desarrollo 23/98. Cátedra de Hidrogeología, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, 82 págs., (Informe inédito). Bahía Blanca.