

EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA CUENCA SUBTERRÁNEA DE LA RIOJA CAPITAL, PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA

SALVIOLI, Gerardo H., Instituto Nacional del Agua, Centro Regional de Aguas Subterráneas, ina@ina-cras.com.ar

Abstract: The work summarizes the information obtained, the results achieved and those conclusions and recommendations of the study "Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca Subterránea de La Rioja Capital", carried out by the Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS) for Administración del Agua de la Provincia de La Rioja. In a region where the permanent surface water resources are scarce and they are entirely taken advantage of, the increase of the demands of water for human consumption, for watering and industries, of City La Rioja and surroundings can only be satisfied by means of the intensive exploitation of the underground water. The studies and hydrological calculations carried out, answer in principle some of the queries outlined by the producers and the authorities that have the responsibility to administer and to negotiate in sustainable form the water resources in the province; the work informs regarding the magnitude of the recharge of the basin and its relationship with the pumping, the approximate water reserves in the underground, the possibilities to continue enlarging the cultivated surface, etc.

Resumen: El trabajo resume la información obtenida, prospecciones y estudios efectuados, resultados logrados y conclusiones y recomendaciones, del informe "Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca Subterránea de La Rioja Capital", realizado por el Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS) a solicitud de la Administración del Agua de la Provincia de La Rioja. En una región donde los recursos hídricos superficiales permanentes son escasos y se encuentran íntegramente aprovechados, el aumento de las demandas de agua para consumo humano, riego e industrias de Ciudad La Rioja y alrededores sólo puede satisfacerse mediante la explotación intensiva del agua subterránea. Los estudios y cálculos hidrológicos realizados, permiten en principio responder algunos de los interrogantes planteados por los productores y por las autoridades que tienen la responsabilidad de administrar y gestionar sustentablemente los recursos hídricos en la provincia; el trabajo informa respecto a la magnitud de la recarga y su relación con el bombeo, la reserva aproximada de agua en el subsuelo, las posibilidades de ampliar la superficie cultivada, etc.

Keywords: EVALUATION, GROUNDWATER BASIN, LA RIOJA CITY, ARGENTINE

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, tiene por objeto informar respecto a las distintas actividades desarrolladas en el marco del Proyecto "Evaluación hidrogeológica del área La Rioja Capital" realizado por el Centro Regional de Agua Subterránea (CRAS) del Instituto Nacional del Agua (INA). La bibliografía consultada en oportunidad de la elaboración del informe del Proyecto en cuestión, fue numerosa y extensa; la misma se encuentra explicitada con detalle en el mismo (Salvioli G. et al., 1998). El área estudiada comprende la ciudad de La Rioja, sus alrededores y las zonas ubicadas inmediatamente al Norte, Este y Sur de la misma (figura 1).

Las actividades de investigación oportunamente desarrolladas consistieron principalmente en: recopilación de antecedentes hidrogeológicos del área, fotointerpretación, relevamiento geológico de superficie, prospección geoeléctrica, interpretación geofísico-geológica del subsuelo, revisión y análisis

de la información hidrometeorológica disponible, censo de pozos, medición de niveles piezométricos, interpretación de los datos hidrológicos del acuífero explotado, muestreo hidroquímico, análisis en laboratorio de las muestras de agua, interpretación de los datos físico-químicos de las aguas superficiales y subterráneas y, en general, análisis de toda la información recopilada y obtenida en los diferentes trabajos realizados en campaña y gabinete.

ANTECEDENTES RECOPIRADOS

La bibliografía consultada y los datos suministrados por diferentes informantes, son por demás abundantes; prácticamente se consultaron más de cuarenta trabajos e informes relacionados a estudios y evaluaciones geológicas e hidrológicas realizados por numerosos profesionales y organismos. Cabe destacar la información obtenida en biblioteca y archivos de la Administración Provincial del Agua de La Rioja. Se recopilaron también datos climáti-

cos, pluviométricos, hidrométricos, hidroquímicos, piezométricos e información de perforaciones. Todos ellos fueron debidamente sistematizados para su estudio y análisis.

COMENTARIOS DE INTERÉS

Es ampliamente conocido que los escasos recursos hídricos superficiales de la región, limitados a los reducidos derrames superficiales del río de Los Sauces y a las vertientes ubicadas en la falda oriental del Velasco, se encuentran prácticamente aprovechados en su totalidad. El agua captada satisface distintos requerimientos (consumo humano y riego principalmente). Respecto a los mismos, sólo es posible impulsar y exigir un óptimo uso del agua.

Entre 1980 y 1990, en la ciudad de La Rioja y alrededores se generó una acelerada expansión industrial, favorecida por una Ley de promoción del desarrollo que propició la radicación de distintas fábricas y talleres de manufacturas industriales. Ante la falta de oferta de agua superficial, las demandas tuvieron que satisfacerse exclusivamente mediante la explotación de los recursos hídricos del subsuelo. Ya en 1988, profesionales de la entonces Dirección General de Aguas Subterráneas, destacaban que las actividades industriales requerían un consumo de agua que sólo podía cubrirse con la extracción de agua subterránea.

A partir de principios de 1990, se generó un importante desarrollo agrícola vinculado a emprendimientos privados que se asientan principalmente en terrenos ubicados al Este y al Sur de la ciudad Capital, donde efectúan notables inversiones sobre la base del sistema denominado de “diferimiento impositivo”. Lógicamente que, también en estos casos, los asentamientos rurales y la consecuente implantación de cultivos y forestaciones exigen dotaciones de agua cada vez mayores, requerimientos que sólo pueden satisfacerse mediante perforaciones que explotan el subsuelo.

Además, debe tenerse muy en cuenta que el crecimiento de la población en los últimos 20 años en la Capital y alrededores ha sido notable; ya que los desarrollos industrial y agrícola antes mencionados, produjeron una inmigración hacia ésta de personas provenientes del interior de la provincia y de zonas aledañas a ésta. Las cifras censales indican que el número de habitantes de la ciudad Capital aumentó un 56% entre 1980 y 1991; en igual período la población de la provincia de La Rioja creció un 34% y la total del país sólo un 17%. Se estima que similar incremento intercensal se produjo en la Capital entre 1990 y el 2.001.

Por lo expuesto, fue necesario resolver con urgencia los problemas originados por el importante incremento del consumo de agua potable debido a la mayor población; también en este caso, la escasez de los recursos hídricos superficiales disponibles obligó a satisfacer las demandas con agua subterránea. En los últimos años se incrementó notablemente la extracción de agua subterránea destinada al consumo humano, para lo cual fue necesarios perforar numerosos pozos destinados a tal fin.

En síntesis, debido a los notables aumentos de los requerimientos de agua para consumo humano, riego y uso industrial, fue necesario perforar numerosos pozos que son explotados intensamente.

La situación expuesta generó genuina preocupación en las autoridades provinciales y productores respecto a interrogantes de no fácil y rápida respuesta: ¿la actual extracción por bombeo es mayor o menor que la recarga del acuífero?; ¿cuál es la reserva aproximada de la cuenca de agua subterránea en el área de ciudad La Rioja y alrededores?; ¿puede continuar ampliándose la superficie cultivada regada con agua subterránea?; sobre la base de las características de la cuenca y de su recarga: ¿existen zonas preferenciales para recomendar la radicación de emprendimientos agrícolas?; ¿hacia dónde es conveniente inducir las inversiones?. El trabajo realizado brinda información de utilidad, amplió el conocimiento de la hidrogeología de la cuenca y responde, al menos con cierta aproximación, algunos de los interrogantes anteriores.

En resumen, las prospecciones, mediciones, evaluaciones y estudios realizados permitió: a) aportar información específica a organismos oficiales responsables de la administración del agua, del suministro de agua potable y de fijar políticas de preservación del medio ambiente; b) poner a disposición de organismos del estado, inversionistas y productores privados, información básica para mejorar la eficiencia y seguridad de proyectos económicos específicos y la explotación sustentable del recurso hídrico subterráneo.

PANORAMA HIDROGEOLÓGICO

Sobre la base de la interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas y de reconocimientos efectuados en campaña, se confeccionaron los mapas geológico (con individualización de las diferentes unidades aflorantes, fallas, contactos, etc.) y geomorfológico (mapeo de geofomas: bloque montañoso, bajadas pedemontanas, abanicos aluviales, médanos y llanura aluvial).

El amplio sector investigado está conformado por afloramientos de rocas antiguas (Precámbrico

hasta Terciario) que constituyen la Sierra de Velasco y una variada gama de sedimentos Cuaternarios que alojan el agua subterránea técnica y económicamente explotable. La zona estudiada se caracteriza por estructuras geológicas definidas por fallas de orden regional y local que movilizaron diferencialmente a distintos bloques del Basamento Cristalino, que superficialmente conforman a la Sierra de Velasco y en la zona llana oriental, en profundidad, afectan la deposición sedimentaria y al acumulo y flujo del agua subterránea. La región analizada ha tenido una evolución geomorfológica diferente en función de los distintos agentes geomórficos que intervinieron en la creación y modelación del relieve.

La zona de trabajo está cubierta por terrenos sedimentarios de edad cuaternaria, que se disponen rellenando la amplia depresión extendida al este del cordón serrano de Velasco. Estos depósitos están constituidos por materiales de diversos orígenes constituyendo distintas unidades deposicionales. La diferenciación de los terrenos se hace en función de su posición topográfica, el origen de los sedimentos y su cronología relativa (Salvioli G. et. al., 1998).

Con la finalidad de definir la geometría del reservorio subterráneo, el CRAS procedió al registro de 50 Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) distribuidos de tal manera que permitieron la exploración regional de la zona investigada. Este relevamiento se ha llevado a cabo aprovechando las rutas principales (rutas N° 5, N° 25, N° 38 y ex N° 38) y caminos secundarios o huellas en buenas condiciones de transitabilidad (figura 2).

Sobre la base de los resultados de la investigación geoelectrica efectuada, los controles de campo realizados, los antecedentes existentes y la información de los perfiles de perforaciones consultados (Castaño O. et. al, 1974), se confeccionaron siete cortes geoelectricos – geológicos del subsuelo, cuya descripción se resume en:

Corte geoelectrico - geológico A-A'

Ubicado al Norte de la Capital, se extiende desde la ruta N° 38 hasta El Estanquito (Oeste-Este). En su confección se utilizó la información de 7 sondeos registrados; para su interpretación y ajuste geológico se utilizó los perfiles de 4 pozos.

El relleno sedimentario está superficialmente integrado, hasta el S.E.V. E2, por los materiales correspondientes a la sección media-distal del Cono Aluvial de La Rioja, compuesto principalmente por grava, arena gruesa y lentes de limo y arcilla intercalados; hacia el Este pasa a sedimentos compuestos predominantemente de arena fina y limo-arcilla que

pertenecen a la sección distal del Cono y a la Llanura Aluvial.

En profundidad, se diferencia tanto por geoelectrica como por perforaciones, una capa de sedimentos de menor granulometría que hacia el Este ocupa prácticamente la totalidad del espesor de relleno existente. Estos sedimentos, en el sector occidental del corte, son por su posición geológica de mayor antigüedad que los terrenos que constituyen al Cono Aluvial y son materiales que pueden considerarse como de probable edad terciaria.

En el área investigada, el nivel superior (de granulometría gruesa) con resistividades de 570 ohm.m presenta un espesor máximo de 155 m; disminuyendo hacia el Este a espesores del orden de los 70 m. y valores de resistividades de 72 y 15 ohm. m. El nivel inferior alcanza espesores comprendidos entre 300 y 500 m con resistividades decrecientes desde el Oeste al Este de 96 a 15 ohm.m.

La base sobre la cual se apoya todo el relleno descripto corresponde a terrenos que registran resistividad del orden de 6 a 21 ohm.m y a profundidades del orden de los 350 a 500 m. Esta capa inferior se estima pertenece a las rocas del Terciario en función de los valores de resistividad obtenidos en los afloramientos existentes a unos 20 Km. al sur de la ciudad, sobre la ex ruta N° 38 (donde se registró el sondeo paramétrico Pm 1).

Corte geoelectrico - geológico B-B'

Ubicado hacia el Este de la ciudad de La Rioja a partir de la ruta nacional N° 38, en dirección Oeste-Este; se lo ha construido utilizando información de cinco sondeos y para su interpretación geológica se han utilizado datos de tres pozos.

En este corte se detecta desde superficie y hasta los 200 m de profundidad máxima, una capa de grava, arena y niveles lentiformes de limo y arcilla con resistividad de 272 ohm.m; en dirección al Este disminuye su resistividad llegando a 24 ohm.m; por sus características granométricas y resistividad se considera que pertenece al Cono Aluvial de La Rioja en su sección media-distal.

En profundidad se pasa a terrenos de menor granulometría confirmado por datos de perforaciones existentes, desde 106 hasta 41 ohm.m; hacia el Este su espesor decrece desde 390 m hasta 210 m.

Los terrenos basales (posiblemente terciarios) donde se apoya la totalidad del relleno sedimentario descripto, se hallan situados a profundidades comprendidas entre 530 y 390 m (de Oeste a Este) con resistividad del orden de los 6 a 30 ohm.m. Se considera como muy probable la existencia de una falla profunda que se ubicaría unos 8 Km. al este de la

ruta N° 38, ya que la base se desplaza verticalmente pasando de 465 m a 395 m.

Corte geoelectrico - geológico C-C'

Ubicado al Sur de la ciudad, desde el pie de las sierras hasta la ruta provincial N° 25; en su elaboración se utilizó los registros de 6 SEV y como control geológico se empleó información de 3 pozos.

En este corte se ha detectado el pase de un nivel de sedimentos gruesos (bloques, grava, arena con escaso limo y arcilla) a otro con dominio de arena, limo y arcilla con respecto a la grava a partir de los 180 m en el pozo "Parque Comunal N° 2". La resistividad del nivel superior es muy variable vertical y horizontalmente, ya que el rango determinado está comprendido entre 182 y 1679 ohm.m. Estos materiales pertenecen al relleno aluvional depositado que cubre la bajada pedemontana del Velasco y el sector proximal del Cono de La Rioja.

Terrenos de menor granometría que subyacen a los anteriores (asignados al Terciario), están compuestos de una sucesión de niveles arenosos, limo-arcillosos con presencia de yeso y la resistividad del conjunto varía entre 109 y 233 ohm.m. El espesor de este nivel profundo varía entre 185 y 430 m.

La base sobre la que se asienta el relleno sedimentario se atribuye a rocas terciarias, éstas constituyen bloques movidos diferencialmente por fallas escalonadas.

Corte geoelectrico - geológico D-D'

Tiene dirección Oeste-Este y se ubica en el Sur del área estudiada (Talamuyuna). En su elaboración se utilizó los registros de diez sondeos eléctricos verticales e información de tres perforaciones.

En este corte se diferencian netamente dos sectores en función de la resistividad y granulometría de los terrenos sedimentarios investigados. Uno de ellos se extiende entre hasta los 12 Km., donde los materiales sedimentarios superficiales presentan resistividad elevada de 36 a 249 ohm.m y espesor decreciente de Oeste a Este, desde 135 m hasta cero. Granulométricamente está constituido por grava, arena e intercalaciones de limo y arcilla.

En profundidad y a partir del Km. 3 (SEV A2) se registra un cambio vertical en la granulometría de los sedimentos pasando a terrenos con predominio de arena limosa, limo y arcilla que se extiende hasta el final del corte. El espesor de estos materiales es mínimo (18 m) en el extremo Este del corte y máximo en proximidades del sector central (200 m.)

En este corte se interpretaron fallas escalonadas que producen la profundización de la base posi-

blemente terciaria. Hacia el centro del corte, la base se encontraría a profundidades del orden de los 70 m. a 90 m.; luego asciende nuevamente hasta 15 m hacia el final del mismo; la resistividad de estas rocas varía entre 5 y 14 ohm.m.

Corte geoelectrico - geológico E-E'

Se desarrolla a lo largo de la ex ruta N° 38 en dirección Sur – Norte, partiendo desde la localidad de Talamuyuna al Sur hasta la ciudad de La Rioja al Norte. Se lo elaboró utilizando datos obtenidos en 11 sondeos; como control geológico de la interpretación realizada se utilizó los perfiles de 3 pozos.

A unos 20 Km. al Sur de la ciudad Capital existen afloramientos de rocas sedimentarias atribuidas al Terciario; constituyen un horst que separa a sendas cuencas (graven) desarrolladas en sus flancos. Los afloramientos, son el resultado de fallas directas situadas en los flancos del bloque que tendrían rumbo general Noroeste a Sureste afectando a la zona estudiada desde el borde de la Sierra de Velasco hasta aproximadamente la actual ruta nacional N° 38, esta situación debería ser confirmada con registros geofísicos a lo largo de este último acceso.

En el corte se evidencian estructuras sepultadas que afectan tanto la potencia del relleno sedimentario como al acumulo y flujo subterráneo del agua.

Tanto al Sur como al Norte de los afloramientos rocosos, se desarrollan sendas cuencas aparentemente desconectadas entre sí, rellenas por terrenos que en superficie se hallan constituidos por grava, arena y lentes de limo y arcilla intercalados; pasando a terrenos con dominio de arena, limo arenoso, limo y arcilla en profundidad.

El graben situado al Norte del afloramiento precitado está afectado por fallas escalonadas en dirección al Norte que desplazan la base precuaternaria desde unos 65 m hasta unos 570 m. En este tramo el relleno sedimentario está constituido también por sendos niveles diferenciables tanto por su granulometría como por los valores de resistividad eléctrica. La capa superior está conformada por bloques, grava, arena y escasos lentes de limo y arcilla con resistividades comprendidas entre 185 y 865 ohm.m y una potencia de 20 a 180 m. El nivel profundo presenta una resistividad de 26 a 186 ohm.m y su espesor aumenta de sur a norte por efecto de las fallas que lo afectan, pasando de 40 a 380 m; está conformado por gravilla, arena, arena limosa, limo y arcilla.

La base donde se apoya el relleno descrito se atribuye a rocas terciarias cuya resistividad varía entre 9 y 11 ohm.m (hacia el Sur) y entre 14 y 26 ohm.m (al Norte).

Corte geoelectrico - geológico F-F'

El corte se extiende en dirección SSO - NNE, desde inmediatamente el Sur de la Ciudad hacia el Noreste de ésta; en su confección se utilizó datos de 5 sondeos y 3 pozos. Al igual que los anteriores, este corte muestra que en profundidad la cuenca se halla afectada por fallas escalonadas, que producen diferencias notorias del espesor de los sedimentos cuaternarios.

El relleno de esta parte de la cuenca está superficialmente constituido por bloques, grava, arena y escasos niveles intercalados de limo y arcilla depositados tanto por el río La Rioja (cono aluvial) como por los fluvios menos jerarquizados que drenan la Sa. de Velasco al Norte de la Capital (Bajada Pedemontana Norte); en profundidad pasa a terrenos compuestos por arena, arena limosa, limo y arcilla.

El nivel superficial posee resistividades comprendidas entre 47 y 877 ohm.m y espesores de 100 a 150 m, mientras que el nivel inferior tiene una potencia de 120 m a 375 m y resistividad del orden de los 86 a 235 ohm.m. La base sobre la cual se apoyan estos sedimentos se estima corresponde a las rocas terciarias situadas a profundidades del orden de los 235 m a 530 m. La resistividad registrada de estos terrenos está comprendida entre 7 y 30 ohm.m.

Corte geoelectrico - geológico G-G'

Este corte se extiende desde la ciudad de La Rioja hasta el puesto El Plumerillo al SE del área estudiada; para su confección se utilizó la información de subsuelo de 12 SEV; su interpretación fue controlada con los datos geológicos de 8 pozos.

El nivel superior posee valores de resistividad decrecientes comprendidos entre 877 y 18 ohm.m, con un espesor variable de unos 245 m en el extremo cercano a la Capital hasta unos 110 m unos 20 Km. al Sureste de la misma. Granulométricamente esta capa está compuesta por grava, arena y lentes de limo y arcilla, que gradan en dirección al Sureste a una composición de gravilla arenosa, arena, arena limosa, limo y arcilla.

El nivel inferior está conformado por grava arenosa, arena, arena limosa, limo y arcilla con resistividad comprendida entre 233 y 20 ohm. m. Su espesor varía en el tramo considerado aproximadamente entre 150 m y 450m.

Hacia el Sureste (a la derecha del corte) y hasta el final la potencia del relleno sedimentario, la granulometría y la resistividad cambian en comparación con el tramo antes descrito; los terrenos exis-

tentes son arena, limo y arcilla con valores de resistividad de 10 a 29 ohm.m y espesores de 35 a 15 m.

La base donde se apoyan los materiales antes descritos se atribuye a las rocas terciarias cuya resistividad varía entre 6,5 y 12 ohm.m en el primer tramo (mitad izquierda), pasando a un rango de 3 a 17 ohm.m en el segundo (mitad derecha).

A lo largo de este perfil se han definido fallas escalonadas que han originado la profundización de la cuenca desde 400 m en cercanías de la ciudad hasta más de 600m a unos 10 Km. de la misma en dirección al SE; luego asciende a 360 y 390 m. Se profundiza nuevamente alcanzando los 565 m, para luego en el denominado segundo tramo definir un bloque elevado de la base, situado entre los 35 m. y 15 m de profundidad hacia el final del corte.

Tanto por los registros geoelectricos realizados como por la descripción de los perfiles de numerosas perforaciones, se han diferenciado dos niveles sedimentarios superpuestos atribuidos al Cuaternario, conformados por diferentes granulometrías que responden a su vez con valores de resistividad eléctrica diferente. Hidrogeológicamente, la región tiene un comportamiento complejo que está asociado a las diferencias granulométricas y de espesores de los sedimentos cuaternarios que contienen los principales niveles acuíferos en explotación, la estructura geológica de bloques que la conforma y el origen de los aportes hídricos que la recargan.

HIDROLOGÍA DEL ÁREA

El área en cuestión, al igual que la mayor parte de la región Noroeste del país, posee un régimen pluviométrico continental subtropical Atlántico, con precipitaciones máximas en verano y mínimas en invierno. El análisis de los valores medios mensuales de los registros de estaciones situadas en la región central y Este de La Rioja, indica que entre el 85% y el 90% de las precipitaciones anuales caen entre los meses de octubre y marzo. El clima es "Subandino", caracterizado por su escasa nubosidad y gran transparencia atmosférica, factores que determinan elevadas heliofanía y radiación solar; la humedad del aire es reducida e importante el déficit hídrico, por lo que son grandes la evaporación y evapotranspiración.

En general, los datos pluviométricos disponibles poseen a los fines del presente estudio una extensión por demás aceptable, por lo que los valores medios se consideran confiables y representativos. Las precipitaciones medias anuales en diferentes sectores de la comarca son las siguientes: 340 mm. en la ciudad y alrededores; 400 mm. para la vertiente oriental de la Sierra de Velasco (Oeste y Noroeste

de la ciudad); 280 mm. en la localidad de Bazán (al Norte del área estudiada); 250 mm. en el sector de Talamuyuna y alrededores (extremo Sur del área); 250 mm. al Este de la región. Las evapotranspiraciones potenciales (ETP) mensuales son siempre muy superiores a las precipitaciones, existiendo un elevado déficit hídrico durante todo el año; los valores anuales promedios para la región, indican una ETP (según Blaney-Criddle) de unos 1.800 a 1.850 mm. y un déficit hídrico (según Thornthwaite modificado) de aproximadamente 1.450 a 1.500 mm.

El río de La Rioja, es la principal fuente de agua superficial de la región. Según datos existentes, desde el embalse Los Sauces se derivan para riego del área cultivada del cono aluvial y consumo humano de la ciudad Capital, un volumen medio anual de unos 10 Hm³. En el faldeo oriental del Velasco existen una serie de vertientes en su mayor parte captadas con el fin de satisfacer requerimientos de agua para consumo humano, riego de pequeñas parcelas cultivadas y bebida del ganado de los asentamientos humanos rurales allí existentes y, además, en parte aprovechadas mediante obras que captan las aguas y las vierten en un acueducto que las conduce hacia la ciudad Capital.

Existen registradas en el área 235 perforaciones (figura 1); las mismas fueron visitadas, relevadas con GPS y de ellas se obtuvo en campaña información de interés (equipos de bombeo, niveles piezométricos, caudales extraídos, uso del agua, etc.). De muchos pozos se recopilaron los denominados registros integrales o perfiles geológicos (con descripciones litológicas, detalles de entubaciones, filtros, niveles de agua, datos de ensayos de bombeo, etc.) y diferentes mediciones hidrológicas e hidroquímicas oportunamente efectuadas. De las perforaciones con equipos de bombeo se extrae agua para consumo humano, riego de cultivos y uso industrial. A pesar de las dificultades que presentan numerosos pozos para la medición de los niveles piezométricos, se conocen aceptablemente las profundidades del agua subterránea en las distintas zonas del área. En general se observa que en toda la región estudiada las profundidades de los niveles de agua disminuyen de Oeste a Este (figura 1). Los valores medios areales de éstos son los siguientes: 135 m. en Cebollar; 145 m. en Amilgancho; 133 m. en El Ombú (Finca Santa Fe); entre 148 m. y 120 m. en la ex Colonia Capital; entre 98 m. y 78 m. en la Colonia Frutihortícola; entre 140 m. y 120 m. en la zona del Parque Industrial; 38 m. en El Estanquito; entre 110 m. y 100 m. en el sector situado 4 Km. al Sudeste de la Capital; entre 74 m. y 45 m. en el sector del emprendimiento "PROMAS" (12 Km. al SE de la ciudad); entre 85 m. y 90 m. en la zona situada

15 Km. al Sur de la Capital; 70 m. en Talamuyuna; 63 m. en Talamuyuna de Arriba; 55 m. en El Tala.

En la zona pedemontana, entre Talamuyuna y los afloramientos situados unos 20 Km. al Sur de la capital, al Oeste de la ex ruta N° 38, el flujo subterráneo circula con dirección Oeste-Este. En el sector que se extiende entre el cono del río de La Rioja y la localidad de Bazán, al Oeste de la actual ruta N° 38, el agua subterránea escurre con dirección general ONO-ESE. En el cono estudiado, el flujo es divergente; actualmente se encuentra distorsionado por la explotación intensiva del acuífero. Regionalmente, el agua de la cuenca subterránea de la llanura riojana oriental de las sierras de Velasco y Ambato, tiene su nivel de base en la Salina La Antigua, la dirección del flujo es en general NO-SE (Castaño O., 1988).

Se efectuó además una campaña de ensayos de rendimiento y bombeo. De los datos disponibles se infiere que los caudales específicos de los pozos varían entre unos 10 m³/hora.m. y unos 80 m³/hora.m.; dependiendo los mismos de las características hidrológicas del acuífero explotado, de la ubicación de los filtros en uno u otro acuífero o en ambos (dos diferenciados en el presente informe) y de las eficiencias constructivas de las perforaciones.

En general, se observa un aumento de la salinidad del agua subterránea con respecto a los antecedentes disponibles de análisis efectuados en algunos pozos del área de estudio; por lo que se considera oportuno, prestar atención a esta situación en el futuro próximo (casos de Campo La Florida y sector Sudeste del área). En el monitoreo realizado, la menor conductividad eléctrica específica medida (739 µS/cm.) correspondió al agua subterránea extraída de la perforación N° 258, situada en el sector Sur del área investigada. La aptitud del agua para distintos usos desmejora de Oeste a Este y hacia el Sur; por sus características (principalmente sódica) es posible que se presente la necesidad de utilizar mejoradores de suelo. En general el agua subterránea es apta para consumo humano, si bien se destaca la presencia de flúor en el sector Norte y exceso de cadmio y elevados contenidos de nitrato en el sector centro – este del área investigada.

BALANCE HIDROLÓGICO SUPERFICIAL

Se ha considerado oportuno establecer el balance hidrológico superficial de un área de aproximadamente 570 Km², que se encuentra asociada directamente a la cuenca subterránea del cono aluvial del río La Rioja, en sus sectores proximal y parte del medio (figura 2). Los ingresos medios anuales al área en cuestión son: a) aportes provenientes del dique Los Sauces para riego de la super-

ficie cultivada dotada con agua superficial (5,3 Hm³/año); b) aportes de las cuencas torrenciales de la vertiente oriental del Velasco (18 Hm³/año); c) volumen precipitado sobre el área (194 Hm³/año); d) volúmenes captados para provisión de agua para consumo humano en la ciudad de La Rioja; e) volumen extraído de agua subterránea para riego y otros usos. Las magnitudes de los ingresos a), b) y c) se han calculado sobre la base de extensos registros existentes (pluviométricos, hidrométricos, etc.).

Para el cálculo de los términos d) y e) citados en el párrafo anterior, se ha considerado oportuno tener en cuenta las siguientes hipótesis de aumento de las demandas: a) se estima que de mantenerse las actuales tasas de crecimiento poblacional (registradas en el período intercensal 1980/91), la población de ciudad La Rioja y alrededores requerirá en el año 2.002 unos 36 Hm³/año de agua para consumo humano (distribuida por red); b) las políticas vigentes de promoción de desarrollo agrícola, permiten inferir que hacia el año 2.002 la superficie cultivada regada con agua subterránea será al menos de 5.500 hectáreas en plena producción, en éste caso el volumen de agua a extraer por bombeo necesario para el desarrollo de los cultivos, será de unos 47 Hm³/año; c) debe preverse además un bombeo anual de unos 5 Hm³/año para consumo de industrias y otros usos. Los valores indicados suman un total de ingresos medios anuales al área superficial de balance para el año 2002 del orden de los 305 Hm³/año.

Los egresos medios anuales del área de balance, se calculan que aproximadamente son los siguientes: a) evapotranspiración de las zonas con vegetación natural y del área urbanizada (141 Hm³); b) evapotranspiración de la superficie cultivada regada con agua superficial y pérdidas por evaporación en la misma (5 Hm³/año) y evapotranspiración de la superficie regada con agua subterránea y pérdidas por evaporación en la misma (51 Hm³/año); c) egresos eventuales superficiales (20 Hm³/año); d) volumen de agua potable que se consumiría en el caso del año 2.002 (10 Hm³/año); e) volumen evaporado de líquidos cloacales según la hipótesis considerada (9 Hm³/año); f) volumen de agua consumido por industrias y otros usos (3 Hm³/año). Las diferentes magnitudes de los egresos se han calculado sobre la base de datos existentes (áreas cultivadas, tipos de cultivos, ETP mensuales, etc). Luego el total de egresos medios anuales, es de 239 Hm³/año.

La diferencia entre ingresos y egresos sería, considerando valores medios anuales y racionales hipótesis de crecimiento de la población y del área regada con agua subterránea, de unos 66 Hm³/año.

Los volúmenes anuales medios que se infiltrarían en el área de balance, determinados según con-

gruentes criterios de cálculo, serían los siguientes: a) infiltración en la superficie cultivada regada con agua superficial proveniente del dique Los Sauces (1,5 Hm³/año); b) infiltración de aportes superficiales del Velasco (19 Hm³/año); c) infiltración de parte del agua precipitada en la superficie cubierta con vegetación autóctona (6 Hm³/año); d) infiltración en la red de drenaje de la misma (13 Hm³/año); e) insumisión en pozos absorbentes y por fugas de red de distribución de agua potable (12 Hm³/año); f) insumisión sistema público de eliminación de líquidos cloacales (6 Hm³/año); g) infiltración de efluentes industriales, excesos de riego de espacios verdes, etc. (2 Hm³/año). Los valores indicados en cada caso, suman un volumen total infiltrado en el área de balance de unos 60 Hm³/año.

La diferencia que se observa entre los valores de infiltración determinados en el balance efectuado (66 Hm³/año) y los directamente calculados (60 Hm³/año), es despreciable si se tiene en cuenta la complejidad de evolución y uso del agua en el área, la reducida información disponible en algunos casos y las hipótesis sustentadas.

Con criterio conservacionista y según las hipótesis consideradas, la recarga media anual a la cuenca subterránea relacionada al cono del río de La Rioja, en las actuales condiciones de explotación y uso del agua y de crecimiento de las demandas, sería del orden de los 60 Hm³/año. Según datos disponibles y cálculos efectuados, el volumen anual (1997) extraído por bombeo a fin de satisfacer demandas de agua potable (17 Hm³/año), riego del área cultivada (2.885 Has.; 24 Hm³/año), consumo de industrias y otros usos (4 Hm³/año), es de aproximadamente 45 Hm³/año. Inferior a la recarga media anual de la cuenca subterránea investigada (60 Hm³/año).

Si se tiene en cuenta las hipótesis consideradas de desarrollo socioeconómico de la zona que, debidos a las tendencias de crecimiento poblacional y políticas de promoción, más que supuestos son una realidad, para el 2.002 es probable que el volumen a extraer de la cuenca subterránea en estudio sea del orden de los 74 Hm³/año (aproximadamente 22 Hm³/año para agua potable, 47 Hm³/año para riego de las 5.500 Has. que se prevé existan en la oportunidad y unos 5 Hm³/año para consumo industrial y otros usos). En este caso y con respecto a aportes pluviales y superficiales medios, la extracción anual superará a la recarga media anual calculada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios y cálculos hidrológicos realizados permiten en principio responder algunos de los interrogantes planteados (Salvioli G. et. al.,1998):

a) La reserva de la cuenca de agua subterránea asociada al cono aluvial del río La Rioja (área de balance de aproximadamente 570 Km² de superficie), en donde se concentra actualmente la explotación del recurso hídrico del subsuelo, sería estimativamente del orden de los 950 Hm³. b) La actual explotación de la cuenca de agua subterránea, con un bombeo de unos 45 Hm³/año, es inferior a la recarga anual media de unos 60 Hm³/año; por lo que la actual extracción puede considerarse racional. c) No sólo es importante el volumen de agua anual que se extrae actualmente mediante bombeo para riego de la superficie cultivada servida con agua subterránea (unos 24 Hm³/año), sino que también resulta relevante el volumen anual necesario de agua subterránea para satisfacer demandas de agua potable (unos 17 Hm³/año). El crecimiento de la demanda de agua para consumo humano, sólo podrá satisfacerse mediante un aumento de la extracción de agua subterránea; ya que los recursos hídricos superficiales permanentes se encuentran totalmente aprovechados, en parte para consumo humano y en parte para riego. Cabe aclarar que, en los últimos años una porción importante de los caudales provenientes del dique Los Sauces han sido utilizados para satisfacer requerimientos de agua potable; la tendencia indicaría que en un futuro próximo el total de los mismos deberá ser destinado a tal fin. d) El bombeo de agua subterránea en el sector proximal del cono aluvial (ciudad de La Rioja y zona situada al Oeste de la misma), se encarecerá sensiblemente por el descenso de los niveles dinámicos, debido a la sobreexplotación puntual del acuífero en el lugar. e) Si se cumplen las hipótesis consideradas de crecimiento poblacional y extensión del área cultivada regada con agua del subsuelo, que más que supuestos son una realidad, es de esperar que el bombeo en el año 2.002 aumente hasta prácticamente los 74 Hm³/año. Cifra que se encontraría integrada por unos 22 Hm³/año para agua potable, unos 47 Hm³/año para el desarrollo de unas 5.500 Has. en plena producción y unos 5 Hm³/año para consumo de industrias y otros usos. Un bombeo de esta magnitud superaría a

la recarga anual promedio calculada y, consecuentemente, se producirían descensos de los niveles piezométricos por extracción del almacenamiento en el lugar. Cada 1.000 Has. que aumente la superficie cultivada, aproximadamente el bombeo se incrementará en 9 Hm³/año. f) La sobreexplotación sectorial del acuífero, producirá descensos importantes de los niveles de agua; la suma de éstos generará una depresión areal de la superficie piezométrica. Ésta inducirá el ingreso de agua subterránea proveniente principalmente del Norte. La evolución hidrológica en cuestión (inferida), debe ser monitoreada convenientemente, a fin de conocer anticipadamente el funcionamiento de la cuenca ante la explotación intensiva, fundamental para el montaje y ajuste de modelos. Una forma de disminuir el bombeo, sería destinar el total de los derrames superficiales provenientes del dique Los Sauces a la provisión de agua para consumo humano, reducir al mínimo las pérdidas o fugas en redes de conducción y distribución de ésta y adoptar políticas tendientes a disminuir los excesivos consumos actuales.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Castaño, O., Ottonello, R., Riera, J., Mamani, M. y Cresta, M., 1974 - "Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca y Cono Aluvial del Río de La Rioja y Faldeo Oriental del Velasco". Dirección de Estudios Hidrológicos de la Provincia de La Rioja.

Castaño, O., 1988 - "Hidrogeología de la Llanura Oriental de las Sierras de Ambato y Velasco". Dirección General de Agua Subterránea de la Provincia de La Rioja.

Salvioli G., Sánchez V., Guimaraes R. y Di Chiacchio J., 1998 - "Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca Subterránea de La Rioja Capital", Centro Regional de Agua Subterránea. DI-290. San Juan.

