

GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS DE LA CIUDAD DE LA RIOJA

Falcón, Carlos^{1,2}; **Fernández, Ian**³; **Del Moral, Daniel**⁴ y **Combina, Ana**⁴

¹UTN-Facultad Regional La Rioja y FR Tucumán

²Facultad de Ciencias Naturales e IML-Universidad Nacional de Tucumán

³Secretaría del Agua de La Rioja

⁴DACyTAPAU - Universidad Nacional de La Rioja

falcon@csnat.unt.edu.ar

Resumen: El presente trabajo analiza la gestión integrada de los recursos hídricos subterráneos de la ciudad de la Rioja. Para ello, se aborda la situación de explotación y potencialidad de los acuíferos que conforman el abanico aluvial de La Rioja, considerando que gran parte de su superficie está urbanizada y con un importante desarrollo industrial conexo.

El ápice del abanico se compone de potentes secuencias gravosas y gravo-arenosas con bloques intercalados hasta los 300 m de profundidad. Los niveles piezométricos superan los 238 m de profundidad, con caudales de explotación de 50 m³/h y excelente calidad físico-química. El sector medio presenta secuencias gravo-arenosas con paquetes de arcillas intercaladas, que superan en algunos sectores los 500 m de potencia. Los niveles captados alcanzan profundidades de 180 m, con caudales promedios de 80 a 140 m³/h y buena a regular calidad físico-química. En su zona distal, se identificaron potentes secuencias arenolimosas que intercalan bancos de arcillas que confinan los acuíferos, hasta los 300-350 m de profundidad. Los rendimientos promedio son del orden de 50 a 90 m³/h y regular calidad físico-química, con presencia de sulfatos, cloruros y nitratos, estos últimos de origen antropogénico.

El trazado y comportamiento de las curvas equipotenciales en el área del abanico y particularmente en su sector urbano, está distorsionado debido a la intensa explotación del recurso subterráneo para satisfacer los requerimientos de agua potable e industrial. Este hecho ha provocado que las direcciones naturales divergentes del movimiento del agua subterránea se vean fuertemente alteradas.

La intensa y creciente demanda de agua para diversos usos, representa un factor de riesgo para la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo para generaciones presentes y futuras.

Palabras Clave: Abanico Aluvial, Hidrogeología, Gestión del agua.

Marco Físico

El límite oeste del área de estudio comprende la vertiente oriental de la sierra de Velasco y su llanura adyacente, en el área de desarrollo del abanico aluvial de La Rioja, asiento de capital provincial. Su límite el norte lo constituye la localidad de Bazán, el sur la localidad de Talamuyuna y por el este, alcanza la localidad de El Estanquito.

Las principales vías de acceso al área es la ruta nacional N° 38 y las rutas provinciales N° 1, 5, 6 y 25 (figura 1). La ruta N° 38 atraviesa el área de sur-norte, pasando por la ciudad Capital. Permite la conexión con las provincias vecinas de Córdoba y San Juan a través de la localidad de Patquía y con las provincias del noroeste argentino a través de Catamarca.

La ruta provincial N° 1 comunica la capital provincial con Sanagasta, cabecera del departamento homónimo. Recorre la quebrada del río Los Sauces o de La Rioja en un

trazado aproximado este-oeste, continuando luego hacia el norte, uniendo las poblaciones ubicadas en La Costa (Aminga, Anillaco, etc.), en el pie de monte del cordón occidental de la Sierra de Velasco, hasta llegar a Aimogasta.

Las rutas nacional N° 38 y provincial N° 1 se encuentran pavimentadas y en muy buenas condiciones de transitabilidad. Por las rutas provinciales N° 5 y 6 se accede al área desde el este (figura 1). La primera concluye en San Martín donde empalma con la ruta nacional N° 60 y la segunda, tiene punto final en la ruta nacional N° 79, a 110 y 127 Km respectivamente de la ciudad de La Rioja.



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

La ciudad de La Rioja, ubicada en las coordenadas de 29°10'48"S y 67°38'35"O, cuenta con una población estable que supera los 333.000 habitantes (INDEC, 2022). Sus actividades económicas más importantes son la agricultura y la ganadería, agregándose la industrial, la cual ha tenido una expansión muy acelerada en el corto plazo.

Climatología

El clima de la región es caluroso en los meses de verano y moderado en invierno. Según la clasificación de Knoché (1947) varía de tórrido seco en verano, con temperatura media de 26°C y precipitaciones entre 40 y 100 mm para el mes de enero, y templado muy seco en invierno, con temperaturas medias de 10 a 16 °C, precipitaciones de 0 a 20 mm para el mes de julio, con marcado déficit hídrico anual.

Las serranías del Velasco, por su orientación meridiana y las diferencias altura, dan lugar a la formación de "microclimas", lo cual favorece la existencia de "oasis", que se localizan en

las bajadas aluviales del sector occidental de los valles. En estos sectores puede observarse aún, la representación más austral de la vegetación de Yungas del país.

Recursos hídricos

La provincia de La Rioja se encuentra en emergencia hídrica y el departamento capital no es la excepción, es por ello que se aprovecha toda fuente posible de agua y con ello buscar satisfacer las necesidades de la sociedad en crecimiento constante y a su vez las demandas del parque industrial que se encuentra ampliándose a cada momento. En la actualidad, la capital provincial se abastece de agua de varias fuentes: 1- Dique de Los Sauces, 2- fuente del acueducto Sanagasta-La Rioja, 3-vertientes del faldeo Norte y 4- aguas subterráneas.

1- Dique de Los Sauces.

El río de Los Sauces, principal colector hídrico de la región, es embalsado en el tramo inferior de su recorrido en el Dique de Lo Sauces. Su capacidad de embale original era de 21 millones de m³, reducidos en la actualidad a solo 6 u 8 millones de m³ debido a la colmatación de su vaso por el avance del delta en la desembocadura del río Los Sauces.

Los aportes provenientes del dique son regulados mediante un sistema de compuertas y están destinados para consumo humano, dichos aportes son conducidos íntegramente hasta la planta potabilizadora de “Los Filtros”, para aumentar la dotación de agua potable a la ciudad.

2- Acueducto Sanagasta-La Rioja.

El acueducto proveniente del valle de Sanagasta recibe el aporte de la galería filtrante de Los Nacimientos, de algunas perforaciones próximas a su emplazamiento y de perforaciones ubicadas en El Bosquecillo. A partir de 1991, el agua del subsuelo se obtiene mediante la captación subálvea de Las Bombas (en proximidades del puente Virgen India). Los volúmenes extraídos son conducidos por un acueducto que recorre la margen izquierda del río y luego la quebrada de La Rioja, finalizando en la planta potabilizadora de la ciudad capital, para satisfacer las demandas de agua potable de la capital.

3- Vertientes.

En el sector oriental de la unidad orográfica de la sierra de Velasco, desde la altura de Amilgancho hasta la quebrada de La Rioja, encontramos una serie de vertientes que son captadas y conducidas para el abastecimiento de la ciudad la Rioja. Se destacan entre ellas la de Las Cañas, Alipán, El Duraznillo y El Saladillo y otras menores no identificados en la toponimia. Las vertientes poseen un fuerte control estructural por efecto de los sistemas de fallas que afectan las rocas que integran el basamento cristalino, con numerosos cauces rectos encajados en profundas quebradas.

4- Agua subterránea.

Extendido al este del cordón montañoso de Velasco, se desarrolla abanico aluvial de La Rioja, con una superficie que supera los 150 km² y una longitud de eje de 25 km. Su ápice se compone de potentes secuencias gravosas y gravo-arenosas con bloques intercalados hasta los 300 m de profundidad. Los niveles piezométricos superan los 238 m de profundidad, con caudales de explotación de 50 m³/h y excelente calidad físico-química.

El sector medio presenta secuencias gravo-arenosas con paquetes de arcillas intercaladas, que superan en algunos sectores los 500 m de potencia. Los niveles captados alcanzan profundidades de 180 m, con caudales promedios de 80 a 140 m³/h y buena a regular calidad físico-química.

En su zona distal, se identificaron potentes secuencias areno-limosas que intercalan bancos de arcillas que confinan los acuíferos, hasta los 300-350 m de profundidad. Los rendimientos son del orden de 50 a 90 m³/h y regular calidad físico-química, con presencia de sulfatos, cloruros y nitratos, estos últimos de origen antropogénico.

En la actualidad, se han perforado alrededor de 70 pozos en el área del abanico, de los cuales, 50 están destinados al suministro de agua potable y los 20 restantes, al uso industrial. La explotación creciente e intensiva del recurso hídrico subterráneo alteró la normal dirección del flujo subterráneo oeste-este, generándose como consecuencia un importante cono de bombeo en el sector central de la capital.

Para la construcción de los mapas de curvas de isopiezas (figuras 3 y 4), se tuvieron en cuenta 25 perforaciones cuya información se anexa en la tabla 1.

Tabla1. Síntesis de perforaciones censadas en el abanico aluvial de la ciudad de La Rioja.

POZO N°	TOPONIMIA	COORDENADAS GEOGRAFICAS	PROF. TOTAL (m)	DIAMETRO (Ø)	NIVEL AGUA (m)	CAUDAL (m ³ /h)
1	ARTIGAS	29°25'17.48"S 66°51'13.52"O	302,00	12"	189,78	S/D
2	PARQUE COMUNAL	29°24'19.79"S 66°49'55.00"O	267,00	12	159,1	200
3	EL MATADERO	29°24'26.18"S 66°48'9.68"O	251,00	12 10	136,45	90
4	LAWN TENNIS N° 2	29°24'57.06"S 66°53'53.69"O	267,00	12 10	211,9	194
5	AVENIDA BENAVIDEZ	29° 23' 48.1"S 66° 50' 23.6"O	258,70	12	163,18	80
6	BARRIO MUNICIPAL	29° 24' 30.25"S 66° 53' 41.66"O	302,00	12	196,33	80
7	BARRIO ALUNAI	29°24'26.02"S 66°54'25.48"O	305,00	12	238,14	51
8	PIO XII	29°26'41.08"S 66°52'27.65"O	240,00	8	148,00	15
9	PERF TAJAMAR	29°25'4.12"S 66°52'8.03"O	315,00	12	224,89	120
10	PLAZA SARMIENTO	29°24'43.11"S 66°50'59.95"O	276,00	S/D	183,9	75
11	AFEMA N° 2	29°23'42.00"S 66°47'46.80"O	255,00	12	125,18	S/D
12	PERF. SALMAN N° 2	29°25'12.02"S 66°53'39.73"O	262,00	12	200,91	100
13	AGUADITA DE VARGAS	29°23'43.54"S 66°50'51.56"O	235,00	12	195,11	S/D
14	JARDIN NORTE	29° 23' 0.01"S 66° 48' 59.35"O	S/D	12	134,77	S/D
15	LOS CAUDILLOS	29°25'11.51"S 66°49'54.97"O	200,00	12	201,00	S/D
16	EL MIRADOR	29° 26' 28.50"S 66° 52' 23.35"O	S/D	12	163,54	S/D
17	PERF. AV. COSTANERA NORTE	29°23'46.91"S 66°51'20.39"O	290,00	12	201,55	S/D
18	OLIVOS DE LA QUEBRADA	29°25'59.24"S 66°53'6.96"O	302,00	10	183,55	S/D
19	B° JULIO CORZO N°1	29°24'2.06"S 66°51'49.00"O	279,00	12	223,12	120
20	POZO YACAMPIS	29° 24' 33.0"S 66° 52' 23.2"O	260,00	S/D	192,96	S/D
21	B° VIRGEN DEL VALLE	29° 24' 13.9"S 66° 47' 54.4"O	S/D	S/D	128,20	S/D
22	U.N.La.R N°1	29°25'46.97"S 66°52'23.93"O	284,00	12	226,00	97,8
23	ASTERIO MORENO	29°25'24.06"S 66°53'29.45"O	256,00	10	196,3	S/D
24	FALDEO SUR	29°27'36.32"S 29°27'36.32"S	234,00	12	137,22	130
25	13 DE ENERO	29°27'52.25"S 66°52'29.56"O	241,00	12	119,66	118

Hidroquímica

La información hidroquímica comprende 30 muestras de aguas de perforaciones profundas, regularmente distribuidas en el área del abanico y operadas por la SAPEM Aguas Riojanas. Los análisis se realizaron en el laboratorio I.Re.P.C.yS.A. (Instituto Regional de Planificación, Control y Servicios Ambientales) de la provincia de La Rioja y su interpretación permitió conocer el quimismo de las diferentes zonas que componen el abanico, en sus zonas de recarga, conducción y descarga, así como la variación composicional de las aguas en el sentido del tránsito subterráneo.

Las determinaciones realizadas incluyen parámetros fundamentales como Ph, Bicarbonato, Carbonato, Cloruros, Sulfatos, Nitratos, Nitritos, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio como así también Conductividad Eléctrica Específica expresada en $\mu\text{mho}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25°C.

Los resultados fueron procesados mediante software específicos y sus resultados permitieron caracterizar y clasificar las aguas mediante el uso de diagramas hidroquímicos y de dispersión, así como determinar su aptitud para consumo humano, riego e industrial.

La composición iónica de las aguas se determinó a través del diagrama de Piper (1944) donde se representan las concentraciones de aniones y cationes expresadas en % de $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figura 2).

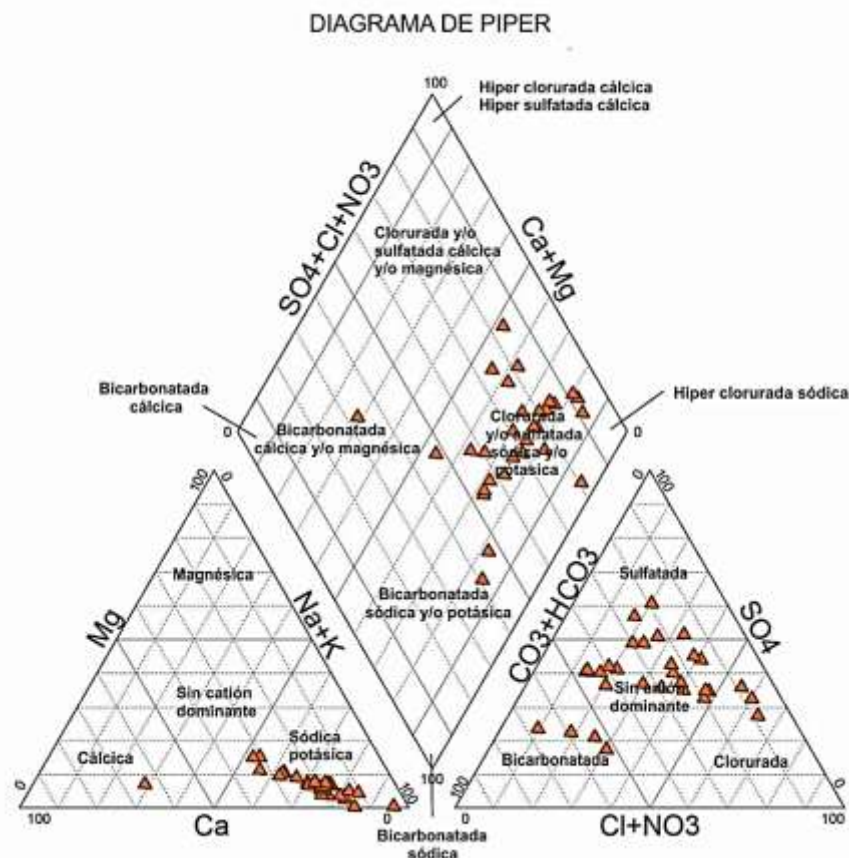


Figura 2. Química de las aguas subterráneas del abanico aluvial de la ciudad de La Rioja.

Se aprecia una marcada evolución y especiación química de las aguas en la dirección del flujo subterráneo, pudiéndose establecer una composición química predominantemente bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica para el área de recarga hasta sulfatada a clorurada sódica en el área de descarga.

Esta evolución puede ser resultado de la distancia al área de recarga, con aumento en la concentración de sulfatos y cloruros en detrimento de los carbonatos y/o también como producto de un mayor tiempo de interacción agua-roca.

Situación actual de la demanda de agua

Entre 1980 y 1990, se generó una acelerada expansión industrial en la ciudad de La Rioja, favorecida por una Ley de promoción del desarrollo que estimuló la radicación de distintas fábricas y talleres de manufacturas industriales. Ante la falta de oferta de agua superficial, las demandas tuvieron que satisfacerse mediante la explotación de aguas subterráneas.

Castaño y otros (1974) destacan que la actividad industrial ha provocado un consumo de agua tal que, resulta imposible satisfacer la demanda de la población y las industrias en su conjunto solo con agua de red. Por este motivo, las industrias han recurrido a la construcción de sus propias obras de captación mediante perforaciones profundas, para paliar este déficit. Desde principios de la década del noventa se genera un importante desarrollo agrícola vinculado a emprendimientos privados al este y sur de la ciudad, impulsados por el sistema provincial de diferimientos impositivos. A este hecho se le suma un crecimiento poblacional sostenido, asentado alrededor del viejo casco urbano que exige dotaciones de agua subterránea cada vez mayores.

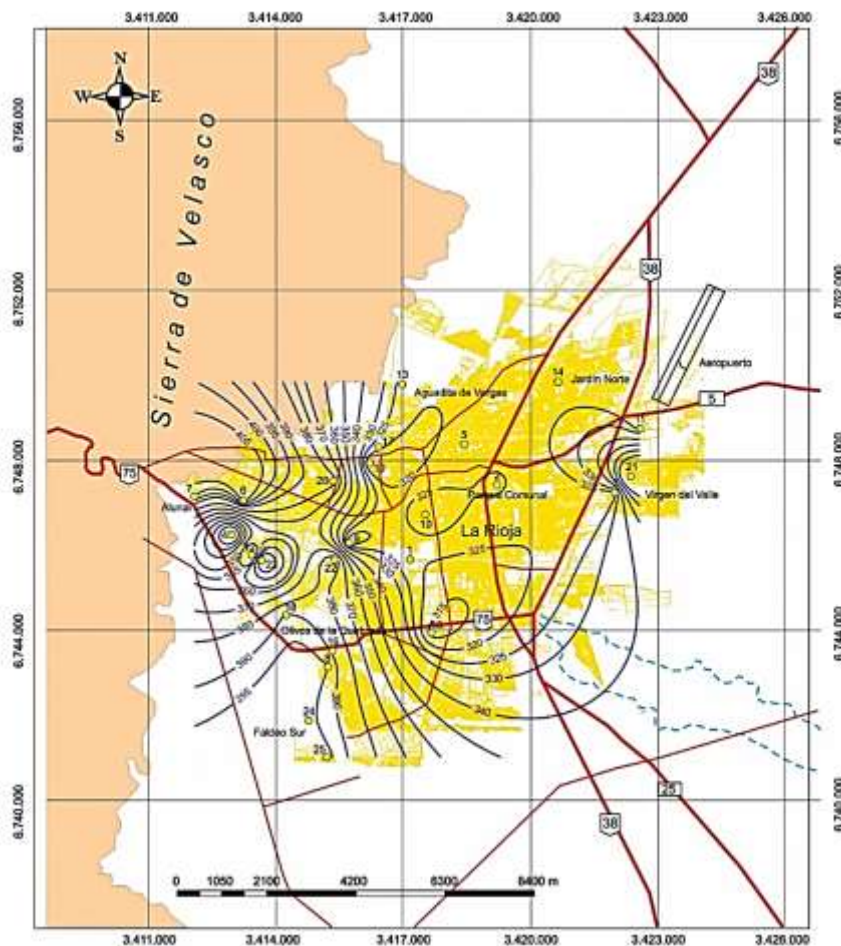


Figura 3. Mapa de curvas de isopiezas del abanico aluvial de la ciudad de La Rioja referidas al nivel del mar para el año 2008.

El trazado y comportamiento de las curvas equipotenciales en el área del abanico está fuertemente distorsionado por la intensa explotación de sus aguas subterráneas. En el sector urbano se han alterado las direcciones naturales divergentes del movimiento del agua subterránea en el contexto de circulación local. Hoy, el agua se mueve desde el suroeste, oeste y sur hacia el centro del cono de bombeo que representa la ciudad de La Rioja, tal como se observa en los mapas de curvas de isopiezas para los años 2008 y 2020 (Figuras 3 y 4).

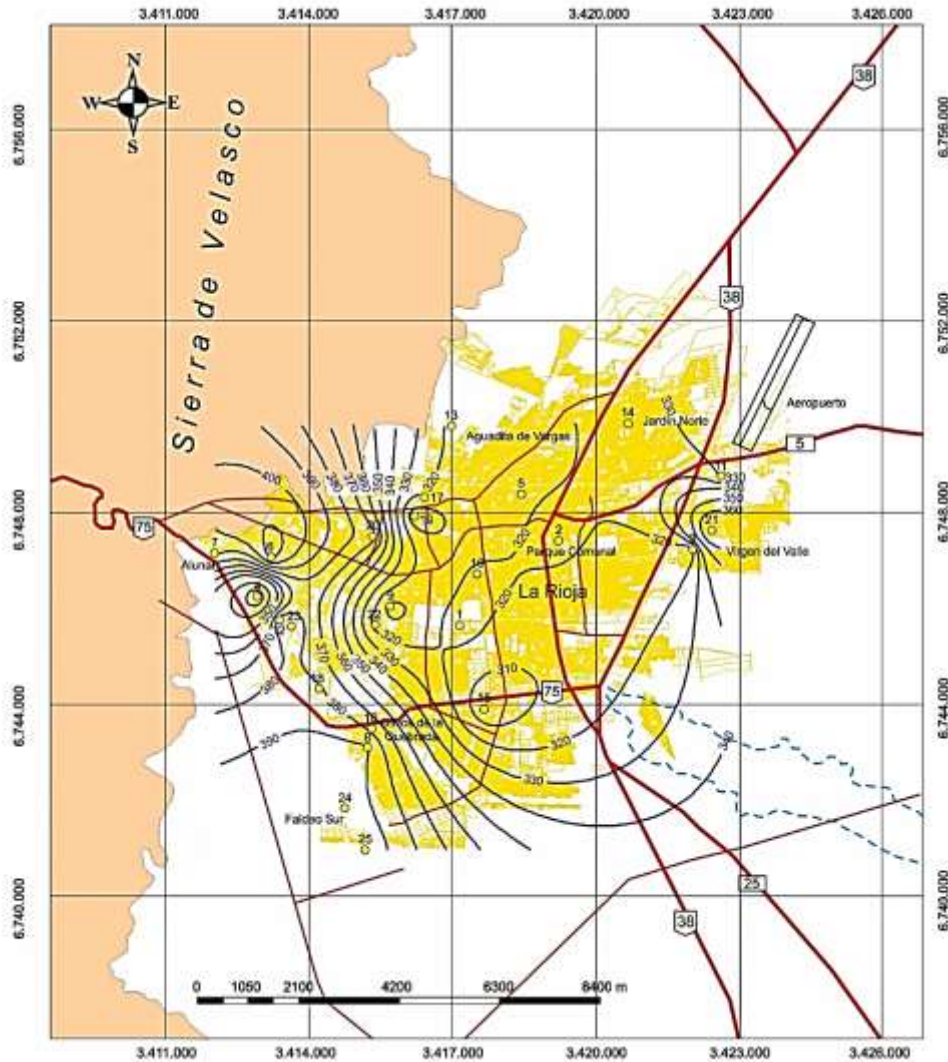


Figura 4. Mapa de curvas de isopiezas del abanico aluvial de la ciudad de La Rioja. Referidas al nivel del mar para el año 2020.

La variación de los niveles estáticos determinados entre ambos períodos considerados es del orden de los 20 m en el ápice del abanico, 14 m en la zona media y 5 m en la distal, estando estos valores fuertemente relacionados con la explotación intensiva del recurso que se realiza en la zona más poblada de la ciudad, en su sector central, norte y sur.

Esta situación de distorsión de la piezometría observada, ocasionada por la creciente demanda de aguas subterráneas y sin la existencia de un plan director que normalice y regule la explotación del mismo por parte de las autoridades competentes, representa un

factor de riesgo para la continuidad de la explotación y preservación del recurso hídrico subterráneo para generaciones presentes y futuras.

Conclusiones

El trazado y comportamiento de las curvas equipotenciales en el área del abanico está fuertemente distorsionado por la intensa explotación de sus aguas subterráneas, con una alteración de las direcciones naturales divergentes del flujo subterráneo en el contexto de circulación local; en la actualidad, el agua se mueve desde el suroeste, oeste y sur hacia el centro del cono de bombeo que representa la ciudad capital, con variaciones de los niveles estáticos para los períodos 2008-2020 del orden de los 20 m en el ápice del abanico, 14 m en la zona media y 5 m en la distal, estando estos valores fuertemente relacionados con la explotación intensiva del recurso.

Se observa una clara evolución y especiación química de las aguas en la dirección del flujo subterráneo, desde predominantemente bicarbonatada cálcica a sulfatada cálcica para el área de recarga hasta sulfatada a clorurada sódica en el área de descarga. La misma puede ser resultado de la distancia al área de recarga, con aumento en la concentración de sulfatos y cloruros en detrimento de los carbonatos y/o también como producto de un mayor tiempo de interacción agua-roca.

El dique de los Sauces representa un tema de discusión inmediata, debido a la constante merma de caudal que aporta al suministro de agua potable a la ciudad de La Rioja. Esta merma se debe a la colmatación que está sufriendo su vaso y por la merma en los valores recientes precipitaciones registradas que alimentan el embalse.

La intensa y creciente demanda de aguas subterráneas, sin la existencia de un plan director que normalice y regule su explotación por parte de las autoridades competentes, constituye un factor de riesgo para la continuidad de la explotación y preservación del recurso hídrico subterráneo para generaciones presentes y futuras.

BIBLIOGRAFIA

- Abraham de Vázquez, E.M. 1978. Geomorfología y biota del valle de Sanagasta (Provincia de La Rioja). DESERTA, IADIZA: 5: 95-155. Mendoza.
- 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. Informe Inédito.
- Falcón, C.; Fernández, I.; Del Moral, D. y Horta, L. 2020. Hidrogeología del Valle de Sanagasta. XII Jornadas de Ciencia, Tecnología y Arte Científico. "Un enfoque plural de desarrollo". SeCyT-UNLaR. Edición virtual.
- Falcón, C.M. y Fernández, I.M. 2022. Hidrogeología del abanico aluvial de la ciudad de La Rioja. X Congreso de Investigaciones y Desarrollo en Tecnología y Ciencia IDETEC. Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado. UTN-Villa María, Córdoba. Compilación: Cejas, Gonella y Sensini. Libro de Trabajos Completos. 1° Ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2022. Pp. 43-54. Libro digital, PDF. Archivo Digital: descarga online ISBN 978-987-8992-02-0.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina, INDEC. 2022. Encuesta Nacional de Población y Viviendas. [https://www.indec.gov.ar/Secretaría de Minería de la Nación Argentina](https://www.indec.gov.ar/Secretaría%20de%20Minería%20de%20la%20Nación%20Argentina). Resultados provisionales. Buenos Aires.