

# Relación entre el agua superficial y subterránea en la cuenca del Arroyo Buriñigo (Buenos Aires, Argentina)

Francisco Cellone <sup>1</sup>, Lucía Gomez <sup>1</sup>, Federico Vera <sup>1</sup> y Eleonora Carol <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>- Cátedra de Hidrología General, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata 64 n°3 (1900, La Plata, Argentina).

<sup>2</sup>- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Mail de contacto: [fcellone@yahoo.com.ar](mailto:fcellone@yahoo.com.ar)

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es evaluar la relación agua superficial - subterránea en la cuenca del arroyo Buriñigo (provincia de Buenos Aires) a partir de datos de caudales y contenido de aniones conservativos mayoritarios. Se realizaron mediciones de caudales y de niveles de agua y se extrajeron muestras de agua superficial y subterránea en las que se determinó el contenido en iones mayoritarios. Los resultados muestran que el arroyo es un curso efluente y que en los periodos monitoreados la descarga subterránea hacia el arroyo prácticamente no se percibe. La química del agua freática se relaciona principalmente a la geomorfología mientras que la del arroyo está regulada por la descarga subterránea, los efluentes industriales y la influencia mareal.

Palabras clave: relación agua superficial-subterránea, caudal, hidroquímica.

## ABSTRACT

The aim of this study to assess the relationship surface water - groundwater in the Buriñigo creek basin (Province of Buenos Aires) from data flow and content of anions conservative majority. Flow measurements were made and determined the major ion content in samples of surface water and groundwater. The results show that the creek is effluent and in the monitored periods the groundwater discharge to the creek hardly perceived. Groundwater chemistry is mainly related to the geomorphology while the creek is regulated by groundwater discharge, industrial effluents and tidal influence.

Keywords: relationship surface water - groundwater, flow rate, hydrochemistry.

## Introducción

En los ambientes llanos, donde predominan los movimientos verticales del agua (evapotranspiración – infiltración) sobre los horizontales (escurrimientos) existe una fuerte interrelación entre el agua superficial y la subterránea (Sala et al., 1983, Kruse y Laurencena, 2005). La variación en las características químicas del agua de superficie depende de la composición del agua subterránea y del volumen de esa descarga, que es función del gradiente hídrico y la transmisividad del medio. La actividad antrópica puede modificar esta situación a través de la descarga de por ejemplo efluentes, provocando que la calidad química del agua superficial muestre la influencia de sustancias contaminantes. Además el agua subterránea puede verse afectada en ese mismo sentido en los casos en que el agua de los cursos se transforme en fuente de recarga del agua freática, como consecuencia de la explotación de los recursos hídricos subterráneos. En estas condiciones tanto los cambios naturales como los antrópicos adquieren una gran relevancia y

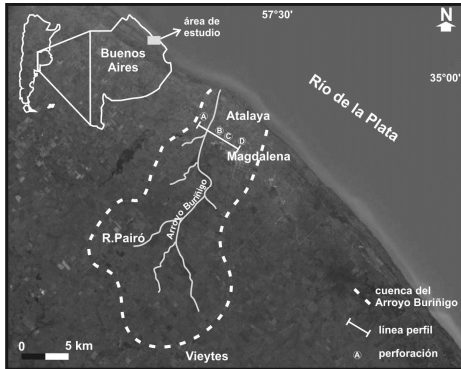
su conocimiento resulta indispensable para la gestión sustentable del recurso agua (Kruse y Ainchil, 2011).

El arroyo Buriñigo, que desemboca en el Río de la Plata, se ubica en el partido de Magdalena, al noreste de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1). Abarca un área dedicada principalmente a la actividad agrícola y ganadera, existiendo además en el tramo medio a inferior tres industrias (dos alimenticias y una curtiembre).

Geomorfológicamente la cuenca se ubica en la subregión Pampa Ondulada (Frenguelli, 1950). Dentro de ella, la cuenca superior y media se desarrolla en un ámbito de llanura alta y la inferior en la planicie costera del Río de la Plata. La llanura alta presenta sedimentos loésicos en superficie y las cotas alcanzan los 35 m snm sobre la divisoria de cuenca y los 5 m snm en el límite con la planicie costera. En la planicie costera existe un predominio de sedimentos limo-arcillosos y las cotas varían entre 5 y 1 m snm.

El clima de la región según la clasificación de Thornthwaite es húmedo, mesotérmico con nula

o pequeña deficiencia de agua (Martinez et al., 2006).



**Figura 1.** Ubicación de la cuenca del arroyo Buriñigo.

El objetivo del trabajo es evaluar la relación entre el agua superficial y la capa freática en la cuenca del arroyo Buriñigo a partir de datos de caudales, niveles de agua y contenido de aniones conservativos mayoritarios.

### Metodología

Se realizó una caracterización de la cuenca del arroyo a partir del análisis de información antecedente (EASNE, 1972), cartas topográficas a escala 1:50.000, fotografías aéreas e imágenes satelitales. Además, con registros de perforaciones de pozos de agua se efectuó un perfil hidrogeológico para el área media a baja de la cuenca (Fig. 1 y 2).

Se analizaron los datos diarios de las lluvias del periodo 2003 – 2012 procedentes de la estación meteorológica ubicada en la Sociedad Rural de Magdalena (cuenca media del arroyo) y se realizaron balances hidrológicos según la metodología de Thornthwaite y Mather (1957).

Se generó una red de monitoreo de puntos de medición de caudal en el arroyo y de medición y muestreo de agua superficial y subterránea somera (Fig. 3). Los puntos de monitoreo de agua subterránea comprenden molinos, pozos domiciliarios y pozos de exploración efectuados para este estudio. Los datos analizados en este trabajo corresponden a dos monitoreos realizados en febrero y abril de 2013.

Para las mediciones de caudal se determinaron las secciones del arroyo, las cuales fueron fraccionadas cada 0,50 m y se midieron en cada sub sección los caudales utilizando un molinete hidrométrico.

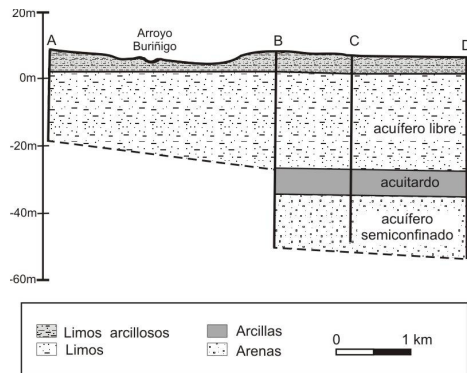
En los puntos de toma de muestras de agua se determinó in situ la conductividad eléctrica y temperatura del agua con un equipo portátil. En el muestreo de agua superficial y subterránea realizado en febrero sólo se determinaron las concentraciones de cloruro, sulfato y nitrato con el fin de evaluar las variaciones en los aniones más conservativos. Por su parte, en el muestreo realizado en abril se determinó el pH y la concentración de bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, calcio, magnesio y potasio (APHA 1998).

En función de las características hidroquímicas, los datos de caudales y niveles y de las observaciones de campo, se efectuó el modelado hidrogeoquímico con el software NETPATH (Plummer et al., 1991) para evaluar si los procesos identificados como condicionantes de la química del agua (mezclas de aguas, evaporación, etc.) son termodinámicamente posibles.

## Resultados

### Geohidrología del área de estudio

El agua subterránea somera se asocia a un acuífero freático que conforma la sección superior de una unidad acuífera multicapa. El perfil hidrogeológico definido para el sector medio a bajo de la cuenca (Fig. 2) a partir del análisis de los datos de perforaciones existentes permite reconocer las principales características de dicho acuífero.



**Figura 2.** Perfil hidrogeológico para el sector de cuenca media a baja. La ubicación del perfil y perforaciones se indica en la figura 1.

El acuífero freático comprende dos formaciones: Sedimentos Postpampeanos y Sedimentos Pampeanos. Los Sedimentos Postpampeanos afloran en la zona de cuenca media a baja y

están compuestos por limos grises a verdosos con restos de conchillas. Predominan en todo el ambiente de planicie costera acompañados por cordones de conchilla compuestos por arenas y restos de conchilla. En la sección estudiada tienen un espesor que varía entre 5 y 8 m.

Por debajo se desarrollan depósitos limosos a arcillosos de coloración pardo rojiza o amarillenta con niveles de tosca y rodados calcáreos correspondientes a los Sedimentos Pampeanos. La base está compuesta por una arcilla de color gris azulado de 10 m de espesor, que desde el punto de vista de la permeabilidad actúa como acuitardo. En conjunto el espesor total de los Sedimentos Pampeanos en la sección estudiada es cercano a 35 m. Estos depósitos afloran en la llanura alta y se acucian hacia el área de planicie costera y Río de la Plata.

Por debajo del acuífero freático existe un acuífero semiconfinado compuesto por arenas finas a medias de color pardo amarillenta (Arenas Puelches).

### Hidrodinámica

La precipitación media anual para el periodo 2003-2012 es de 1005 mm, siendo la evapotranspiración real de 807 mm/año. Los balances hidrológicos muestran que existe déficit de agua en los meses de noviembre a marzo y excesos entre abril y octubre.

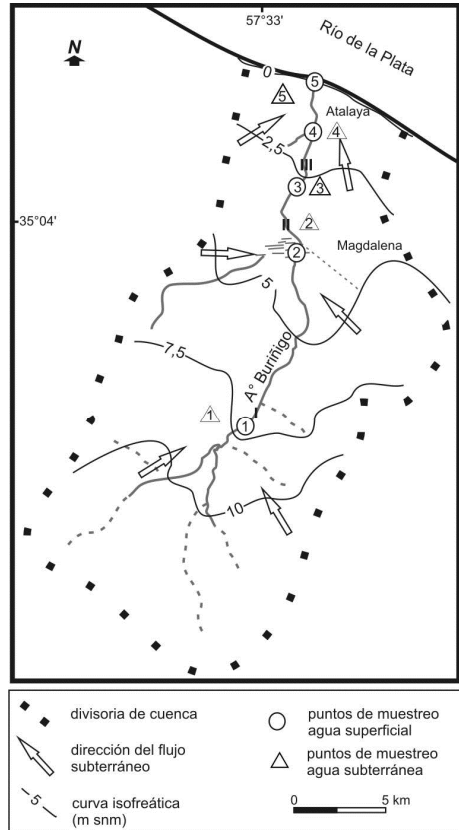
La relación entre los niveles de agua superficial y subterránea evidencia que la capa freática descarga en el arroyo (Fig. 3). Los niveles freáticos se ubican a 15 m snm en cabeceras y disminuyen a valores inferiores a 1 msnm en la zona costera. En los sectores deprimidos en el área de planicie costera puede observarse en periodos lluviosos que el nivel freático aflora.

Los caudales medidos muestran un aumento del volumen de agua que drena el arroyo desde cabeceras a la cuenca baja. Tanto en febrero como en abril el caudal en nacientes (punto I de la Fig. 3) fue nulo, no obstante pudo observarse en pequeñas barrancas de las márgenes del arroyo la presencia de zonas de descarga subterránea (Fig. 4a y 4b).

En cuenca media (punto II de la Fig. 3) el caudal determinado en febrero fue de 0,017 m<sup>3</sup>/seg, mientras que en abril fue de 0,052 m<sup>3</sup>/seg. En la cuenca baja (punto III de la Fig. 3) el caudal fue de 0,175 m<sup>3</sup>/seg en febrero y de 0,113 en abril.

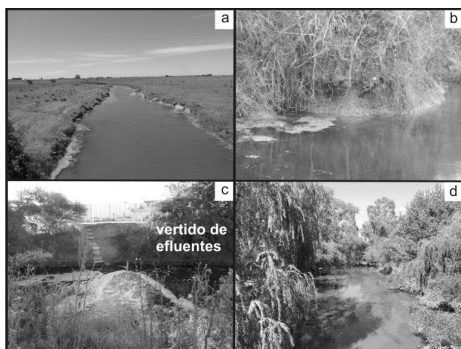
En el punto II, de febrero a abril hay un aumento del caudal, mientras que en el punto III hay una disminución. Esto se debe a que el caudal en el punto II está regulado

principalmente por la descarga subterránea que aumenta al pasar del periodo con déficit hídrico al periodo con excesos hídricos y en el punto III (ubicado aguas debajo de las industrias) el caudal depende en gran medida del mayor o menor volumen de efluentes vertidos al arroyo (Fig. 4c).



**Figura 3.** Mapa de flujo subterráneo y ubicación de puntos de muestreo. En números romanos se indican los sitios de medición de caudal.

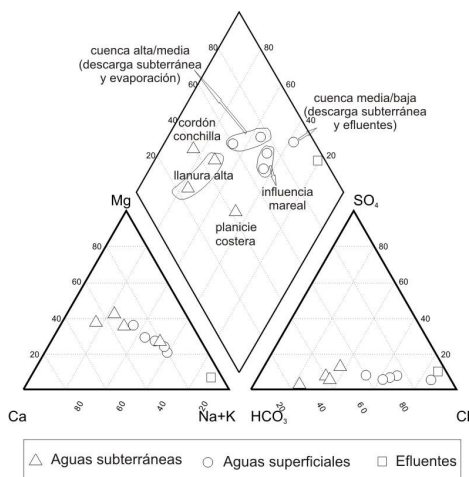
En el sector de desembocadura (Fig. 4d) los caudales del arroyo están fuertemente influenciados por el ingreso de la marea desde el Río de la Plata, existiendo periódicamente una inversión en el sentido de escurrimiento en el agua del arroyo. El ingreso de la pleamar inunda el área de planicie costera. Las mediciones del nivel freático realizadas durante un periodo mareal evidencian que el nivel freático asciende durante la pleamar en la zona de marisma.



**Figura 4.** Fotografías del arroyo en (a) cabeceras en área de llanura alta, (b) detalle de sitio de descarga subterránea, (c) sector con vertido de efluentes en cuenca media a baja y (d) sector con influencia mareal próximo a la desembocadura.

### Hidroquímica

El agua subterránea tiene un pH entre 7,16 y 8,32 y es de tipo bicarbonatada con porcentajes similares de cationes en la llanura alta, variedades sódicas en la planicie costera y cálcicas en los cordones conchiles (Fig. 5). Por su parte, el agua superficial tiene un pH entre 7,36 y 7,39 y es clorurada sódica a cálcica en la llanura alta, tendiendo a tipos clorurado sódicas en la cuenca media a baja dentro de la planicie costera (Fig. 5).



**Figura 5.** Diagrama de Piper para clasificación de aguas superficiales y subterráneas

La comparación de las concentraciones en aniones mayoritarios entre el mes de febrero (final del periodo de déficit) y abril (inicio del periodo de excesos) (Tabla 1) muestra que tanto el agua superficial como subterránea registra mayores variaciones en febrero que en abril. En febrero el agua subterránea tiene concentraciones de cloruro entre 65 y 324 mg/L, de nitrato entre 8 y 41 mg/L y de sulfatos entre 6 y 188 mg/L y la conductividad eléctrica de agua oscila entre 700 y 2474  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El agua superficial es más variable y registra concentraciones de cloruro entre 87 y 2946 mg/L, de nitrato entre 5 y 1338 mg/L y de sulfatos entre 65 y 1217 mg/L asociadas a conductividades eléctricas del agua entre 700 y 12500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

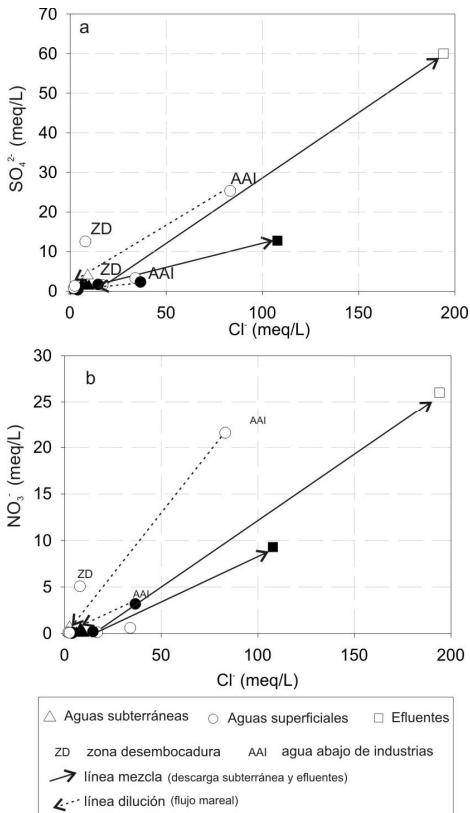
En abril, los excesos hídricos hacen que disminuya el contenido en todos los aniones, siendo esta disminución más notoria en el agua superficial, en donde los contenidos de cloruros, sulfatos y nitratos presentan valores entre 138 y 1296 mg/L, 22 y 111 mg/L y 2 y 197 mg/L respectivamente, variando la conductividad eléctrica del agua entre 578 y 5090  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Los gráficos de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$  en función  $\text{Cl}^-$  muestran que el agua subterránea tiende a agruparse en el vértice de menores concentraciones y las superficiales siguen una tendencia hacia la línea de mezcla y dilución (Fig. 6). Las muestras superficiales del área de cabeceras y cuenca media aguas arriba de las industrias se agrupan próximas a las aguas subterráneas. Las muestras de la cuenca media a baja situadas aguas abajo de las industrias se ubican en torno a la línea de mezcla entre las de aguas arriba y los efluentes. Las muestras de la cuenca baja próximas a la desembocadura disminuyen notoriamente el contenido aniónico y se ubican en torno a la recta de dilución con agua del Río de la Plata y aquellas ubicadas aguas abajo de las industrias (Fig. 6).

La ubicación de las muestras en el diagrama de Piper y en los gráficos de relaciones aniónicas muestra que la descarga subterránea sólo influye sobre la química del agua del arroyo en el sector de cuenca alta, determinándose que el otro proceso dominante en la química del agua superficial es la evaporación. Por su parte, en el tramo aguas abajo de las industrias los vertidos de efluentes salinos de tipo clorurado sódico determinan que la química del agua en el arroyo responda principalmente a procesos de mezcla.

**Tabla 1.** Conductividad eléctrica y contenido de aniones mayoritarios en muestras de agua superficial y subterránea.

Muestra	Cond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )		$\text{Cl}^-$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )		$\text{SO}_4^{2-}$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )		$\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )	
	feb	abr	feb	abr	feb	abr	feb	abr
superficial								
1	950	995	595	151	76	22	8	11
2	4498	2216	1200	516	158	88	38	12
E	16240	8580	6900	3820	3125	612	1615	576
3	12500	5090	2946	1296	1217	111	1338	197
4	4827	578	280	142	602	22	315	7
5	700	679	87	138	65	17	5	2
subterránea								
1	700	1152	65	68	6	6	8	2
2	1021	649	94	102	16	11	10	3
3	2474	2603	324	345	188	61	13	1
4	1390	1973	88	218	25	78	41	2
5	1216	740	193	37	14	5	11	1



**Figura 6.** Relaciones entre aniones mayoritarios para febrero (símbolos en blanco) y abril (símbolos en negro).

Los porcentajes de mezclas estimados en función del contenido en cloruros y sulfatos de las muestras agua arriba de las industrias, el efluente y las muestras agua abajo fueron similares para ambos aniones, determinándose en febrero que el agua presenta entre un 30 y 35 % de aporte del efluente. En abril estos porcentajes disminuyen a menos del 20 %. Las mezclas estimadas por el contenido en nitratos muestran mayores porcentajes de efluente. Si bien en este trabajo no se ha estudiado en detalle qué procesos puede aportar iones nitratos al agua del arroyo, la oxidación de nitritos del efluente en el cauce del arroyo podría explicar este comportamiento.

En el sector de desembocadura, el ingreso de agua desde el Río de la Plata durante la pleamar determina que el agua en el arroyo disminuya su contenido iónico en todo el sector de cuenca baja, presentando valores similares a los de cabeceras. Nótese que el efluente tiene en febrero una elevada concentración en los aniones analizados (producto de la evaporación mayor en las piletas de decantación). Esto sumado al menor caudal del arroyo determina que el agua superficial se vea químicamente más modificada en los meses con déficit que en los meses con excesos hídricos.

### Conclusiones

La relación entre los niveles superficiales y subterráneos indica una clara descarga del agua subterránea en el arroyo. No obstante, la química y caudales del agua superficial en la cuenca media y baja de la planicie costera están

determinados principalmente por procesos ajenos a la relación agua superficial – subterránea como lo son el vertido de efluentes y la influencia mareal.

Dado que el flujo subterráneo es hacia el arroyo, la contaminación del agua subterránea a partir de efluentes vertidos al arroyo no es posible mientras se mantengan dicha relación en el flujo.

Comprender el funcionamiento de la relación agua superficial - agua subterránea es de vital importancia en la gestión del recurso hídrico, principalmente en cuencas donde se desarrollan distintas actividades y usos del suelo que pueden modificar la calidad y cantidad del agua.

Los datos presentados en este trabajo constituyen una base para el estudio geohidrológico de la cuenca del arroyo Buriñigo. No obstante, un monitoreo periódico que comprenda todo el año hidrológico será necesario para evaluar en detalle los cambios en la dinámica y química de la relación entre el agua superficial y subterránea.

### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Proyecto Promocional de Investigación y Desarrollo “Evaluación de los recursos hídricos en áreas de la planicie costera del Río de la Plata” (PPID/N007) y el Proyecto de Incentivos “Evaluación de los cambios hidrológicos y ambientales en áreas llanas” (11/N615) ambos de la Universidad Nacional de La Plata.

### Referencias

- APHA (American Public Health Association) 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC
- EASNE. 1972. Estudios de Aguas Subterráneas del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Convenio CFI – MOP (Buenos Aires). La Plata.
- Frenguelli, J. 1950. Rasgos Generales de la Morfología y la Geología de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT. Serie 2(33), 72 p., La Plata.
- Kruse, E. y J. Ainchil. 2011. El agua en la llanura bonaerense. *Revista de la Universidad Nacional de La Plata*. 36: 109-122.
- Kruse E.; Laurencena P. 2005. Aguas superficiales. Relación con el régimen subterráneo y fenómenos de anegamiento.

- Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*. La Plata. Capítulo XIX: 313 – 326.
- Martínez, O., Hurtado, M. y Jiménez, J. 2006. Caracterización ambiental de los humedales costeros del Río de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geociencias* 5 (1): 55-64.
- Piper A M. 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *American Geophysical Union Trans* 25:914–923.
- Plummer L., Prestemon E., Parkhurst D. 1991. An interactive code (NETPATH) for modelling NET geochemical reactions along a flow PATH. *US Geol Surv Water Resour Invest* 4078.
- Sala, J. M.; González, N. y Kruse, E. 1983. Generalización Hidrológica de la Provincia de Buenos Aires. *Coloquio Internacional Sobre Hidrología de Grandes Llanuras*. Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional, Olavarría, Argentina.
- Thorntwaite C. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geography review* 38:55–94.
- Thorntwaite, C., Mather, J. 1957. Instructions and tables for computing the potential evapotranspiration and the water balance. *Climate*. Drexel Institute of Technology 10: 185-311.