

# Estudio de las interacciones geoambientales entre humedales antrópicos- aguas subterráneas en la transición medio fisurado-poroso en zonas periurbanas

Emilia Bocanegra<sup>1,2</sup>, Orlando Quiroz Londoño<sup>1</sup>, Julio del Río<sup>1,2</sup>, Marcelo Farenga<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3350. Mar del Plata, Argentina.

<sup>2</sup> U. A. Mar del Plata, UTN. Buque Pesquero Dorrego N° 281. Mar del Plata, Argentina.

Mail de contacto: [emilia.bocanegra@gmail.com](mailto:emilia.bocanegra@gmail.com)

---

## RESUMEN

La producción de rocas de aplicación y de áridos es una de las principales actividades socioeconómicas de las zonas periurbanas de la ciudad de Mar del Plata, en el sudeste bonaerense. Se propone caracterizar las interacciones entre los humedales antrópicos generados por la actividad minera y las aguas subterráneas. La metodología consistió en la medición de niveles, muestreo hidroquímico e isotópico y construcción de diagramas. Los humedales localizados en rocas ortocuarcíticas, tienen una cota más alta que el agua subterránea en la zona de transición con el acuífero poroso. Se han identificado distintos grupos de agua con conductividades eléctricas entre 330 y 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los humedales poseen un origen en aguas lluvias con efectos de evaporación previa a su infiltración o con evaporación en la superficie del humedal. Las aguas subterráneas se corresponden con las zonas de recarga del sudeste bonaerense, con diferente grado de evolución. Palabras clave: humedal – aguas subterráneas – minería – hidroquímica – hidrología isotópica.

---

## ABSTRACT

The production of aggregates from mining is one of the main socio-economic activities of peri-urban areas of Mar del Plata, in the southeast of Buenos Aires Province. This paper proposes to characterize the interactions between anthropogenic wetlands resulting from mining activities and groundwater. The methodology consisted of measuring levels, hydrochemical and isotopic sampling and construction of diagrams. Wetlands located on quartzites have a level higher than the groundwater in the transition zone to the porous aquifer. Different groups of waters are identified having electrical conductivities between 330 and 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Wetlands have an origin in rainwater evaporation effects prior to infiltration or evaporation on the surface of the wetland. Groundwater composition corresponds to recharge areas, with different degrees of evolution.

Keywords: wetlands – groundwater – mining – hydrochemistry – isotopic hydrology

---

## Introducción

La Zona de estudio se encuentra situada en el partido de General Pueyrredón, sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Fig. 1). El área periurbana de la ciudad de Mar del Plata se comporta como un campo de altas fricciones ambientales derivadas del uso concurrente de distintos actores sociales y económicos de los distintos recursos naturales que ofrece la región (Mantobani y del Río, 2004).

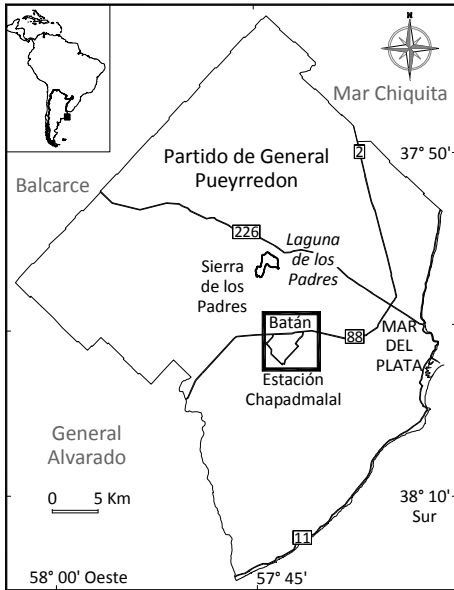
Mar del Plata y en particular su sector periurbano suroeste, ha cambiado sustantivamente desde su inicio como enclave típicamente rural, dedicado en sus comienzos a actividades ganaderas a fines del siglo XIX, hasta convertirse, desde mediados del siglo pasado, en un sector de alta complejidad, con el desarrollo de una gran diversidad de actividades

socioeconómicas, acompañando la transformación de Mar del Plata en la principal ciudad turística del país (del Río et al., 2012).

En la actualidad la zona S y SW del periurbano marplatense, denominada de Batán-Chapadmalal, por ser el asiento y desarrollo de las comunidades homónimas, son sectores altamente productivos relacionadas con actividades económicas primarias: agricultura extensiva e intensiva, ganadería, apicultura y minería de suelos y de áridos (Bocero, 1994).

El sector minero local participa en una medida significativa en la producción provincial de Rocas de Aplicación. En particular la actividad minera desarrollada en las ortocuarcitas de la Formación Balcarce, lleva más de una centuria en el partido de General Pueyrredón, y se vincula directamente con hitos fundamentales de la fundación de su ciudad

cabecera (Mar del Plata) en 1874, y con la construcción de su puerto en las primeras décadas del siglo XX. En las labores inundadas de antiguas canteras se han desarrollado charcas antrópicas (sensu Dangavs, 2005). Muchos de estos humedales han evolucionado de modo concurrente con los patrones físico-químicos que son característicos de los humedales pampásicos (De Marco, et al., 2012).



**Figura 1.** Mapa de ubicación

Es hasta el momento sumamente especulativa la relación que existe entre estos cuerpos de agua superficial de génesis antrópica con las aguas subterráneas.

El objetivo de este trabajo es caracterizar las interacciones geoambientales aguas superficiales - subterráneas en la transición medio fisurado/poroso de zonas periurbanas, y establecer la importancia y significación de estos cuerpos de agua como fuente de recursos hídricos vinculados a los fenómenos de recarga del principal acuífero regional.

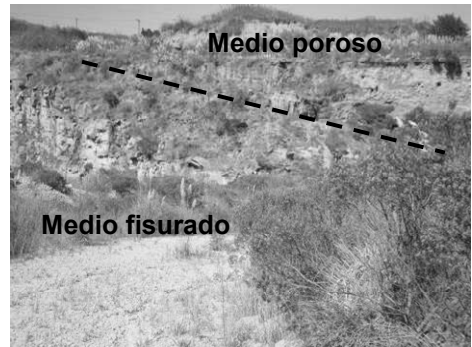
### Marco conceptual ambiental

#### Descripción geológica del área de estudio

El área de estudio está desarrollada en las estribaciones orientales del sistema serrano de Tandilia. Este sistema montañoso, se

encuentran representado por un sistema estructural de montañas de bloques con orientación predominante NW-SE, entre los paralelos de 36° 30' y 38° 00' sur y los meridianos de 57° 30' y 61° 00' oeste, tienen un desarrollo longitudinal de 350 Km. y un ancho máximo de 50 Km. Cubren una superficie aproximada de 12.000 Km<sup>2</sup>, y se extienden desde las Sierras de Quillalauquén al NO del partido de Olavarría hasta el mar Argentino en Mar del Plata al SE.

Las entidades geológicas aflorantes en la zona del partido de General Pueyrredón se circunscriben a ortocuarcitas de edad cámbrico-ordovícica y sedimentos limo-loessoides cuaternarios (Fig. 2), que las cubren en las lomas y constituyen el relleno de las depresiones y valles de los arroyos que fluyen hacia el Océano Atlántico.



**Figura 2.** Transición medio fisurado / medio poroso

Para el área de estudio, como así también para toda la región comprendida por el partido de General Pueyrredón, se encuentra representada sintéticamente la siguiente secuencia:

- *Holocenos* (Postpampeanos).
- *Pleistocenos* (Pampeanos, Fidalgo, et al. 1975)
- *Formación Balcarce* (Paleozoico inferior, Dalla Salda e Iñiguez, 1978)
- *Precámbricos* (Basamento Cristalino, Teruggi & Kilmurray, 1975).

La estructura de las Sierras Septentrionales se presenta como un sistema de montañas en bloques, definido por tres grandes juegos de fallas que se interceptan entre sí y que tienen dirección NO - SE, NE - SO y E - O, con predominio de fracturación directa, con desplazamiento vertical dominante.

La formación Balcarce presenta una potencia que varía de 30 m. en el extremo O a 395 m. en el E (ciudad de Mar del Plata). Con excepción de los extremos, la potencia se mantiene constante entre 50 y 120 m. El buzamiento regional es SSO, y su valor angular oscila entre 2° y 5°, reflejo de la inclinación regional de los bloques fracturados y alineados.

Las ortocuarcitas se presentan, en la zona entre Estación Chapadmalal y Mar del Plata, como estratos tabulares y en menor medida, cuneiformes y lenticulares con una potencia de entre 0,30 y 1 m.

Sobre las ortocuarcitas se encuentran depositadas sedimentitas cenozoicas de edad Pampeana y Post-pampeanas. Estos sedimentos fueron transportados por el viento y depositados en forma de manto cubriendo el paisaje preexistente. Ocasionalmente presentan retrabajo fluvial.

El rasgo geomorfológico más característico de la región pampeana es su escasa pendiente. Este paisaje fue construido en tiempos Pleistocenos bajo condiciones de mayor aridez que el Holoceno. La zona presenta la peculiaridad de un cordón serrano que le confiere localmente a la monótona llanura pampeana, un relieve no muy pronunciado de unos 200 a 300 m sobre el nivel del mar.

La zona de estudio no cuenta con cursos fluviales importantes. De S a N se pueden citar los arroyos Las Brusquitas, Chapadmalal, Lobería (en la vertiente S del sistema de Tandilia) y la Tapera (en la vertiente N). Sin embargo a la escasa expresión morfológica y las interferencias de las redes de drenaje introducidas por la acción antrópica en zonas urbanas y periurbana, en especial la pavimentación en los tramos medios e inferiores de los cursos, han dificultado la infiltración y aumentado el escurrimiento superficial produciendo importantes anegamientos en dichas áreas (Bocanegra *et al.*, 1989).

### **Funciones ambientales de los humedales antrópicos en zona de canteras**

Las actividades humanas a nivel local, que interactúan con los procesos naturales globales y regionales, son las principales fuerzas impulsoras que afectan al ambiente tanto en faz superficial o geomorfológica y alteran los procesos naturales asociados. Estas interacciones son propias e inherentes a la conformación de los escenarios periurbanos.

Cendrero *et al.* (2003) consideran que cualquier intento de evaluar la calidad del ambiente debe en consecuencia tener también presente una percepción social para su

validación y no circunscribirse solamente como simples procesos físicos.

Consistente con estos conceptos, desde un punto de vista funcional Ortolano (1984) ha reconocido que el ambiente en sentido amplio cumple con distintos cometidos esenciales para el desarrollo humano y de sus sociedades: Soporte, Sumidero, Fuente y Amenidad.

El agua consecuentemente puede ser vista y analizada desde esta perspectiva ambiental de corte funcional atendiendo no sólo a su existencia, características físico-químicas o hidrogeológicas, sino a su importancia en los procesos ambientales, entendidos como la relación Sociedad-Naturaleza.

En tal sentido, trabajos recientes se han ocupado de los humedales antrópicos desarrollados en los ambientes de cantera de la región objeto de estudio tanto como sistemas o neo ecosistemas capaces de *soportar* una naturalidad secundaria desarrollada a expensas de estos cuerpos (del Río *et al.*, 2009) y más aún la posibilidad de utilizarlos para una rehabilitación productiva mediante acuicultura (Mallo *et al.*, 2010).

La utilización de los cuerpos de agua vinculada a sumideros es también conocida en la región, este es el caso particular del uso las cavas ladrilleras y canteras abandonadas utilizadas como sitios de disposición transitoria o informal de residuos tanto urbanos como derivados de los procesos productivos rurales; estos ambientes han sido considerados como de peligrosidad de contaminación de acuíferos (del Río *et al.*, 2004) (Fig. 3).

El análisis de la amenidad, desde una perspectiva paisajística es mucho más reciente y se encuentra en una etapa de estudio esencialmente perceptual, a partir de la revalorización paisajística del sector productivo como un mecanismo de puesta de en valor y construcción de identidad de las comunidades de Batán y Chapadmalal (Fernández y del Río, 2012) (Fig.4).

Los humedales antrópicos están relacionados con las aguas subterráneas en zonas de canteras a través de la recarga, cumpliendo una función directa de fuente de recursos hídricos.

### **Metodología**

Se realizó una campaña en febrero y marzo de 2013 para determinación de niveles piezométricos y posicionamiento con GPS en 17 puntos de agua, molinos, pozos de riego y pozos domiciliarios. Esta tarea fue realizada con la colaboración de alumnos de la Maestría en

Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Unidad Académica Mar del Plata.



**Figura 3.** Función sumidero de canteras abandonadas, como sitio de disposición de residuos



**Figura 4.** Función de amenidad de un humedal antrópico

Se efectuó la recopilación de análisis fisicoquímicos de muestras de agua subterránea de 5 pozos obtenidas en 6 campañas entre 2004 y 2011 en zonas de canteras y se llevó a cabo un muestreo de agua en 6 pozos y 2 humedales antrópicos para la determinación de parámetros fisicoquímicos y de contenido de isótopos estables  $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$  (Fig. 5).

Los análisis de iones mayoritarios fueron realizados en Fares Taie Instituto de Análisis (Laboratorio certificado bajo Normas ISO 9001 – ISO 14001) aplicando metodologías de análisis estandarizadas (APHA, 1998).

La información hidroquímica fue analizada mediante una caracterización estadística general y diagramas convencionales de Piper (Hem, 1992), utilizando el programa AQUACHEM 4.0 (Calmbach, 1998).

Los isótopos ambientales  $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$  fueron determinados en el Laboratorio de Hidrología Isotópica de la Universidad Nacional de Mar del Plata el cual utiliza un espectroscopio láser DLT-100 Liquid-Water Isotope Analyzer, Automated Injection desarrollado por Los Gatos Research.

Todos los resultados son expresados como  $\delta$  [‰], definido como:

$$\delta = \left( \frac{R_s - R_p}{R_p} \right) * 1000\text{‰}$$

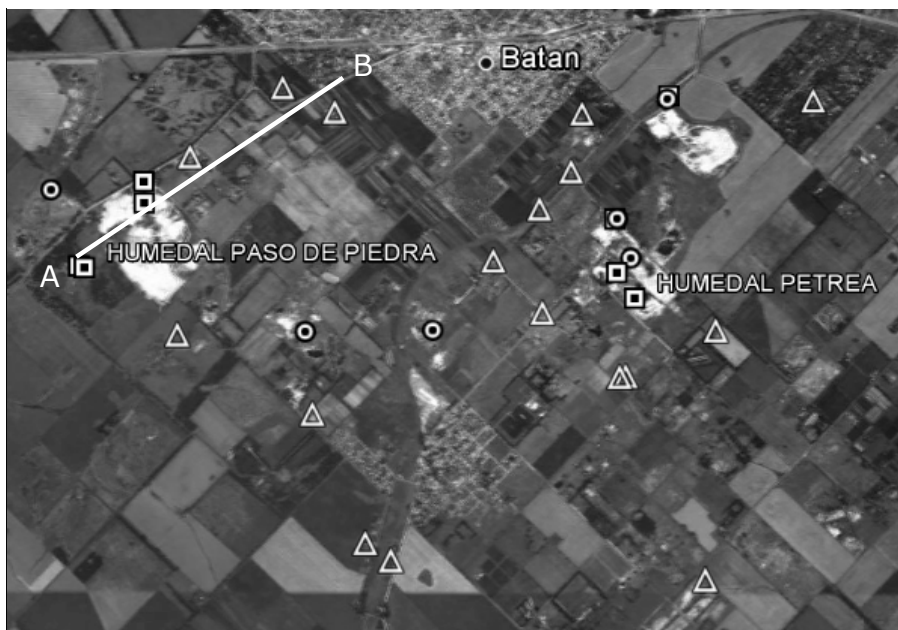
Donde  $\delta$  es la desviación isotópica en ‰; S es la muestra; P, la referencia internacional, y R es la relación isotópica ( $^2\text{H}/^1\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ). El estándar usado es el Vienna Standard Mean Ocean Water (V-SMOW) (Gonfiantini, 1978). El grado de incertidumbre para estos análisis es de  $\pm 0,3\text{‰}$  para  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\pm 2,0\text{‰}$  para  $\delta^2\text{H}$ . El tratamiento estadístico de estos datos fue realizado siguiendo la metodología propuesta por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 1992).

## Resultados

### Esquema de flujo entre acuíferos fisurado y poroso

Se cuenta con 23 puntos de medición de niveles de agua subterránea, de los cuales la mayor parte se localizan en el acuífero detrítico de unos 100 m de espesor, y sólo unos pocos pertenecen al medio fisurado, pudiendo tener una cubierta sedimentaria de 20 a 40 m que apoya sobre las ortocuarcitas. Se cuenta además con las cotas del pelo de agua de 2 humedales en el medio fisurado.

La información existente resulta insuficiente para delimitar las curvas isopiezas en la zona de transición medio fisurado – medio poroso. Sin embargo puede apreciarse que la subcuenca a la que pertenece el humedal Paso de Piedra, cuya cota es de 106 msnm, presenta una dirección del flujo de agua subterránea SW-NE, mientras que la subcuenca del humedal Pétreo cuya cota es 61 msnm, tiene una dirección del flujo SE-NW.



- Niveles piezométricos, análisis químicos e isotópicos
- Análisis químicos
- △ Niveles piezométricos

**Figura 5** Ubicación de los puntos de agua

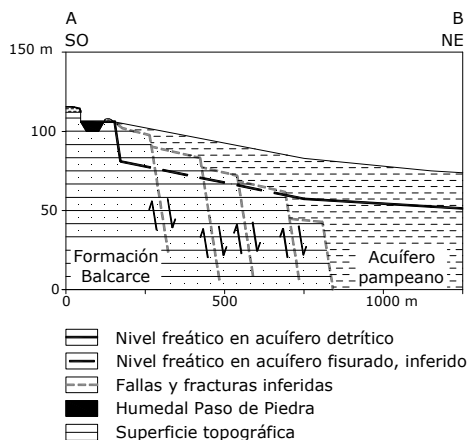
El esquema de flujo entre los acuíferos fisurado y poroso se presenta para la transecta correspondiente a la subcuenca del humedal Paso de Piedra AB (Fig. 6).

La cota del pelo de agua del humedal Paso de Piedra se ubica 24 m por encima del nivel freático de un pozo distante unos 200 m. Una situación similar se presenta para el humedal Petrea, ubicado 6 m más alto respecto de un pozo próximo.

### Caracterización hidroquímica e isotópica

En total se realizaron análisis fisicoquímico de 19 muestras. Los valores de pH oscilan entre los 8.9 y 7.4 con un valor promedio de 7.8. Los valores más altos de pH corresponden a los humedales de Petrea (8.4) y Paso de Piedra (8.2). Por su parte, la conductividad eléctrica fluctúa en un rango entre 1146  $\mu\text{s}/\text{cm}$  y 268  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , con un valor medio de 722  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Estos se encuentran dentro del rango definido para áreas de recarga y tránsito en el acuífero pampeano (Quiroz et al 2008). Los valores más bajos de conductividad se registran en los

humedales: Petrea (329  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) y Paso de Piedra (268  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

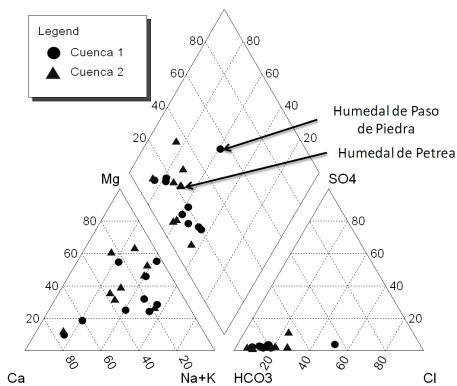


**Figura 6.** Esquema de flujo en subcuenca del Humedal Paso de Piedra Transecta AB

El contenido iónico caracteriza el 79% de las muestras como de tipo bicarbonatada cálcica y/o magnésica. El 16% como de tipo

bicarbonatadas sódicas y solo una muestra como de tipo clorurada cálcico magnésica, correspondiente al humedal de Paso de Piedra. El diagrama de Piper de la figura 7 ilustra por cuencas la composición química de las diferentes estaciones. La Cuenca 1 corresponde a la zona del humedal de Paso de Piedra y Cuenca 2 a la zona del humedal de Petrea.

En forma general se observa que las muestras obtenidas en zonas topográficamente más altas presentan menores conductividades. La conductividad aumenta a medida que las cotas topográficas son menores, aumentando también el contenido de  $Mg^{++}$  y  $Na^+$  y disminuyendo el de  $Ca^{++}$ , lo que sugiere una evolución natural en el agua en este acuífero.



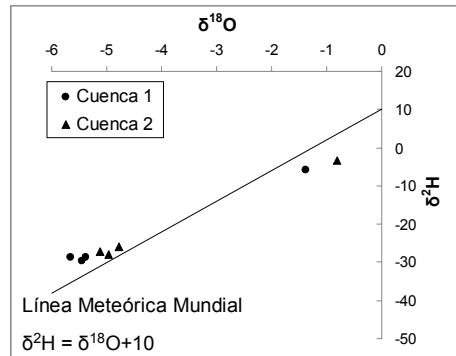
**Figura 7.** Contenido iónico de muestras de agua subterránea y humedales clasificados por subcuencas.

La composición isotópica de cada una de las muestras analizadas fueron graficadas sobre un diagrama convencional de  $\delta^2H$  vs.  $\delta^{18}O$ , incluyendo también en este gráfico la línea meteórica mundial (Figura 8).

En él se pueden observar 2 grupos con contenidos isotópicos distintos. El primero correspondiente a las aguas subterráneas con valores isotópicos promedios de  $-5.2$  y  $-28.0$  para  $\delta^2H$  y  $\delta^{18}O$  respectivamente. El segundo grupo está compuesto por las muestras correspondientes a los humedales, estas muestras aparecen más enriquecidas que el primer grupo con un valor promedio de  $-4.5$  en  $\delta^2H$  y  $-1.1$  en  $\delta^{18}O$ .

Dentro del grupo de aguas subterráneas se puede observar también un agrupamiento en la composición isotópica. Encontrándose las muestras más empobrecidas en la cuenca del humedal Paso de Piedra. Al observar los valores de los humedales analizados es

coincidente también que el humedal Pétreo es más enriquecido que el del humedal Paso de Piedra.



**Figura 8.** Contenido isotópico promedio ( $\delta^{18}O$  y  $\delta^2H$ ) del agua subterránea y humedales.

## Discusión

Los esquemas de flujo indican que los humedales antrópicos resultantes de las labores de la actividad minera en rocas ortocuarzíticas, tienen una cota más alta que el agua subterránea en la zona de transición con el acuífero poroso, lo que sugiere que el origen de estos humedales es el aporte directo del agua de lluvia y la infiltración de la misma a través del acuífero fisurado, cuyo espesor se corresponde con el frente de la cantera.

Se confirma asimismo que el flujo que atraviesa el acuífero fisurado recarga el acuífero detrítico. Este flujo ha sido estimado a través de la simulación numérica del acuífero en explotación para abastecimiento de Mar del Plata, (Bocanegra, 2011) obteniéndose un aporte medio anual de  $5 \text{ Hm}^3$ .

El análisis iónico establece similitudes del tipo de agua dentro de las cuencas, clasificándolas como bicarbonatadas cálcico – magnésicas o bicarbonatadas sódicas. El humedal Paso de Piedra presenta una agua clorurada cálcico – magnésica, en este humedal se han desarrollado actividades de acuicultura extensiva e intensiva desde 2004 y 2008 respectivamente, por lo que el aporte de cloruros podría estar relacionado con los alimentos de los peces.

Según los valores de conductividad del agua en estas zonas pueden asociarse regionalmente a aguas de zonas de recarga y tránsito (Quiroz et al., 2008). Las aguas

subterráneas presentan un contenido isotópico similar al promedio de agua lluvia reportado para la zona por Quiroz et al., (2008), cuyos valores son -5.0 ‰ para  $\delta^{18}\text{O}$  y -33 ‰ para  $\delta^2\text{H}$ . Esta composición señala que se trata de un sistema bien mezclado recargado por agua de precipitación a lo largo de todo el sistema serrano. Por su parte el agua obtenida de los humedales presenta menos contenido salino que todas las aguas subterráneas, sin embargo presenta un enriquecimiento isotópico mayor. Esto sugiere que pueden tratarse de aguas con evaporación en la superficie del humedal o lluvias con efectos de evaporación previas a su infiltración en las cuarcitas.

## Conclusiones

En el modelo funcional del ambiente se aprecia que las labores inundadas evolucionan como humedales antrópicos que son pasibles de ser soporte de nuevas actividades productivas como la acuicultura intensiva, sitios de reconocimiento social por su amenidad para usos recreativos y dada su relación con el agua subterránea, a través de la recarga, cumple una función indirecta de fuente de recursos hídricos.

Los humedales antrópicos poseen un origen distinto al de las aguas subterráneas, y éstas, por sus características químicas, se corresponden con las zonas de recarga del sudeste bonaerense, con diferente grado de evolución.

De esto y su posición geográfica se establece la importancia de esta zona del acuífero para abastecimiento en regiones más próximas a la línea de costa, dentro de las que se incluye la ciudad de Mar del Plata.

## Referencias

APHA. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 1100 pp.

Bocanegra, E. (2011). Estrategias de gestión del acuífero de Mar del Plata. Modelo conceptual y simulación numérica. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Inédita.

Bocanegra, E.M., Cionchi, J.L., Fasano, J.L., Osterrieth, M.L. y E.J. Schnack. (1989). Geología ambiental del área urbana marplatense, Provincia de Buenos Aires. Caracterización preliminar. *I Jornadas Geológicas Bonaerenses*, Actas: 663-682. Tandil. CIC. La Plata.

Bocero, S. (1994). Batán: una aproximación a la caracterización de las actividades productivas y su problemática ambiental. Tesis de Licenciatura en Geografía. Fac. Hum. UNMdP.

Calmbach, L. (1998). AQUACHEM Aqueous Geochemical Analysis, Plotting and Modeling. *Waterloo Hydrogeologic INC*. Waterloo, Ontario, Canadá.

Cendrero, A., Francés, E., del Corral, D., Ferman, J.L., Fischer, D., del Río, J.L., Camino, M., López de Armentia, A. (2003). Indicators and Indices of Environmental Quality for Sustainability Assessment in Coastal Areas; Application to Case Studies in Europe and the Americas. *Journal of Coastal Research*, Vol. 19(4), 914-933. Nov.2003. ISSN 0749-0208.

Dalla Salda, L., Iñiguez, A.M. (1978). La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. *VII Congreso Geológico Argentino, Neuquén Actas*, I: 539:550.

Dangavs, N. (2005). Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. En: *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires*, cap. XIII, pp 219-235. La Plata.

De Marco, S., Bazzini, S., Mallo, J. y Camino, M. (2012). Charcas y humedales antrópicos en canteras de áridos del sudeste bonaerense. En *Minería en Áreas Periurbanas: Una aproximación multidimensional*. ISBN 978-987-27056-8-8.

del Río J.L., Bó, M. J., López de Armentia, A. (2012). La Minería de Rocas de Aplicación en el Periurbano de la Ciudad de Mar del Plata: La construcción de un nuevo relieve. En *Minería en Áreas Periurbanas: Una aproximación multidimensional*. ISBN 978-987-27056-8-8.

del Río J.L.; Cionchi, J.L., González, J. Martínez Arca, J., Bó, M.J. (2004). Evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos mediante una aproximación paramétrica en el partido de General Pueyrredón, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* (SIN 0326) N° 20, 1-10. ISSN1851-7838.

del Río, J. L., De Marco, S., Osterrieth, M. (2009). Naturalidad, amenidad y minería: compatibilidades y conflictos. Partido de General Pueyrredón, (Buenos Aires, Argentina). *II Congreso Nacional de Áridos*, Pp 497-500. Valencia, España, 1 al 3 de octubre de 2009.

Fernández, M., del Río, J. L. (2012). Valorización, Calidad y Gestión del Paisaje

- Minero en Áreas Periurbanas del Partido de General Pueyrredón. En *Minería en Áreas Periurbanas: Una aproximación multidimensional*. ISBN 978-987-27056-8-8.
- Fidalgo F., De Francesco, F., Pascual, R. (1975). Geología superficial de la llanura bonaerense. Relatorio VI Congreso Geológico Argentino. Geología de la Provincia de Buenos Aires, pp. 103-138.
- Gonfiantini, R. (1978). Standards for Stable Isotope Measurements in Natural Compounds. *Nature* 271: 534.
- Hem, J. D. (1992). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. *U.S.G.S. Water-Supply Paper* 2254, fourth printing, 263 pp.
- Mallo, J.C., De Marco, S. Bazzini, S., del Río, J.L. (2010). Aquaculture: an alternative option for the rehabilitation of old mine pits in pampasian region. Southeast of Buenos Aires. Argentina. *Mine water and the environment. Journal Of the International Mine Water Association*. Vol. 29 Number 4 ISSN 1025-9112. Springer.
- Mantobani, J. M., del Río, J. L. (2004). Repensando los ambientes periurbanos desde la perspectiva de la relación Sociedad/Naturaleza. *Rev.Univ.de Geografía*. Vol.13.N1 y 2: 147-162. ISSN 0326-8373.
- OIEA. (1992). Statistical treatment of environmental isotope data in precipitation. *Technical report series no. 331*, IAEA, Vienna, 784 pp
- Ortolano, L. 1984. Environmental planning and decision making. Edit. John Wiley and Son, New York. 431pp.
- Quiroz Londoño, O. M., Martínez, D. E., Dapeña, C., Massone, H. (2008). Hydrogeochemistry and isotope analyses used to determine groundwater recharge and flow in low-gradient catchments of the province of Buenos Aires, Argentina. *Hydrogeology Journal*, 16 (6), 1113-1127.
- Teruggi, M., Kilmurray, J. (1975). Tandilia. Geología de la provincia de Buenos Aires. Relatorio, VI Cong. Geol. Arg. Bahía Blanca, pp. 55-77.