

## **Características De La Explotación De Aguas Subterráneas En Un Sector Del Noreste De La Provincia De Buenos Aires, Argentina**

**Marta Deluchi, Eduardo Kruse, Patricia Laurencena, Adolfo Rojo, Leandro Rodrigues Capítulo**

Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Cátedra de Hidrología General, calle 64 n° 3. La Plata.  
Buenos Aires. Argentina. Teléfono (54-0221) 4249049. [mdeluchi@fcnym.unlp.edu.ar](mailto:mdeluchi@fcnym.unlp.edu.ar)

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo es caracterizar la explotación de las aguas subterráneas en un sector del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. En base a las condiciones hidrogeológicas, datos relevados para estudios y monitoreos hidrogeológicos se analiza la relación existente entre las diferencias de carga hidráulica de niveles acuíferos Puelches y Pampeano. De acuerdo a las situaciones analizadas, en una zona en explotación las variaciones en los espesores del acuitardo tienen influencia en los descensos de los niveles freáticos y piezométricos y consecuentemente en las diferencias de carga hidráulica. La profundización de los niveles se refleja en una disminución de las reservas de aguas subterráneas y provocan efectos no deseados en el sistema acuífero. Las características descriptas permiten definir el grado de sustentabilidad que caracteriza a la explotación del recurso hídrico subterráneo dentro de un contexto social, económico y ambiental.

Palabras claves: explotación del recurso subterráneo, acuífero semiconfinado, sustentabilidad, diferencias de carga hidráulica.

### **Abstract**

The objective of this work is to characterize the groundwater exploitation undergoing in a region of the Northeast of Buenos Aires Province, Argentina. The relation and differences between hydraulic charges corresponding to the Puelches and Pampeano aquifers are analyzed based on hydrogeological conditions and existing data from previous studies and monitoring networks. According to the observations in the zones where the Puelches semiconfined aquifer is under exploitation, variations in the aquitard thickness have influence into both the phreatic and piezometric levels drop, and consequently in the hydraulic charge differences. The deepening of both levels impacts on the groundwater reserves reduction and produces unwanted effects on the aquifers. The outlines presented here allow defining the sustainability degree of the groundwater resources exploitation within a social, economic and environmental framework.

Key words: groundwater exploitation, semiconfined aquifer, sustainability, hydraulic charge differences.

## 1. INTRODUCCION

En el Noreste de la Provincia de Buenos Aires el recurso hídrico subterráneo es intensamente utilizado para el abastecimiento de agua potable, industrias, riego y ganadería. Las reservas y calidad de agua de las unidades hidrogeológicas, con especial referencia al denominado acuífero Puelches, representan una fuente de provisión adecuada para dichos fines.

A partir de los estudios de EASNE (1972) y Sala y Auge (1973) se plantean los primeros esquemas hidrogeológicos cuantitativos, en los cuales los niveles acuíferos Puelches y Pampeano adquieren importancia tanto por sus posibilidades de explotación como por su relación con los aspectos ambientales. Posteriormente son numerosos los trabajos que contribuyen a un mejor conocimiento del sistema hídrico subterráneo, pudiéndose citar, entre otros, a Hernández (1978), Auge (1991), Auge (1995), Santa Cruz (1997), Auge et al (2002), Varela et al (2002), Auge (2005), Rojo et al (2008)

El objetivo de este trabajo es caracterizar la explotación de las aguas subterráneas en un sector del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Como parte de este objetivo se reconoce la influencia del espesor de los sedimentos acuitados que separan los niveles acuíferos principales (Pampeano y Puelches) frente a la explotación de las aguas subterráneas en la zona que comprende a la ciudad de La Plata y sus alrededores.

Esta zona se caracteriza por presentar una alta densidad de pozos de explotación que incluye los correspondientes al servicio de agua potable y abastecimientos particulares. La extracción de agua subterránea para el Puelches se estima en  $95 \text{ hm}^3/\text{año}$  y ha generado un cono de depresión superior a  $90 \text{ km}^2$ , lo cual ha provocado distintas modificaciones en el medio natural (Laurencena et al, 2008).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo planteado se han analizado dos aspectos, uno correspondiente a la caracterización del medio físico y el otro relacionado con las variaciones de los niveles de agua subterráneas en el área de explotación.

En el primer caso, la tarea se centró en la identificación de las variaciones de los espesores de los sedimentos acuitados ubicados entre los dos acuíferos principales.

Para ello se confeccionó un mapa de espesores de las unidades geológicas a partir de la interpretación de datos estratigráficos de 80 pozos realizados en diferentes épocas (desde la década del 40 a la actualidad). Ello demandó una tarea de interpretación y síntesis en particular por las variadas fuentes de información disponible. Especial atención merecieron los espesores correspondientes al nivel acuitado. El emplazamiento de este nivel en el perfil litológico se caracteriza por el aumento significativo de la fracción arcillosa.

Para el segundo aspecto considerado se cuenta con los datos de niveles freáticos obtenidos de una red de monitoreo que se encuentra en operación en las proximidades de La Plata desde 1987 y los distintos estudios derivados de ellos (Gonzalez y Laurencena 1987), (Laurencena y Kruse 1993), (Varela et al, 2002), (Laurencena et al 2002), (Rojo et al, 2008).

A partir de 2008 se cuenta también con registros semestrales en esta red, de niveles piezométricos medidos al acuífero Puelches tanto en pozos correspondientes a la red de abastecimiento como en pozos particulares.

De acuerdo a estos datos se seleccionaron dos situaciones de medición de niveles de Pampeano y Puelches, considerando las áreas de espesores mayores y menores del

acuitardo. Se evaluó el movimiento de las aguas subterráneas a través de mapas de flujo y de perfiles hidrogeológicos. La información fue analizada conjuntamente con los registros de variaciones de los niveles freáticos regionales y con las precipitaciones ocurridas en el período de medición.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Características hidrogeológicas

Los recursos hídricos subterráneos que se utilizan para una parte del abastecimiento de agua a la población de La Plata provienen de las unidades geológicas Arenas Puelches y Sedimentos Pampeanos. En estas unidades el agua almacenada conforma un único sistema con continuidad hidráulica, representando la primera a un acuífero semiconfinado y la segunda a uno libre y semilibre.

Las Arenas Puelches están conformadas por una secuencia de arenas cuarzosas que se disponen por encima de arcillas verdes azuladas de la formación Paraná. Los sedimentos Pampeanos, que están integrados por limos, y en forma subordinada por arenas y arcillas, presentan con frecuencia concreciones o bancos calcáreos. El tramo basal del Pampeano se caracteriza por la presencia de un sedimento arcilloso. El contacto entre las Arenas Puelches y los Sedimentos Pampeanos en áreas de divisorias de aguas e intermedias es transicional, a veces difuso hasta interdigitado, lo cual da idea de un sincronismo entre ambas unidades (Amato et al, 2006).

En la Tabla 1 se resumen las principales características hidrogeológicas reconocidas para las unidades descritas considerando los valores más frecuentes.

Tabla 1. Características hidrogeológicas

Unidades Hidrogeológicas	Espesor (m)	Hidrogeología	T media (m <sup>2</sup> /dia)	T vertical = $K'/b'$ (dia <sup>-1</sup> )	Conductividad hidráulica media (m/dia)	Conductividad hidráulica vertical media (m/dia)	Profundidad del techo (m)
Pampeano	25 a 45	Acuífero	200		5		Aflorante excepto en valles
	0 a 12	Acuitardo		$5 * 10^{-3}$		0,01 a 0,06	18 a 48
Puelches	15 a 30	Acuífero	500		25		30 a 50

Los sedimentos acuitardos que separan el nivel acuífero de menor productividad (Pampeano) del acuífero de mayor productividad (Arenas Puelches) condiciona la interrelación hidráulica entre ambos niveles.

En el sector estudiado los espesores de estos sedimentos varían entre un máximo de 12 m hasta prácticamente 0 m ya que no son localizados específicamente en el techo de las Arenas Puelches, y solo es posible reconocer algunas delgadas intercalaciones arcillosas.

El análisis de los perfiles de las perforaciones ha permitido distinguir 3 sectores diferenciados en relación al espesor del nivel acuitardo (Fig.1): mayor a 10 m, entre 5 y 10 m y menor a 5 m.

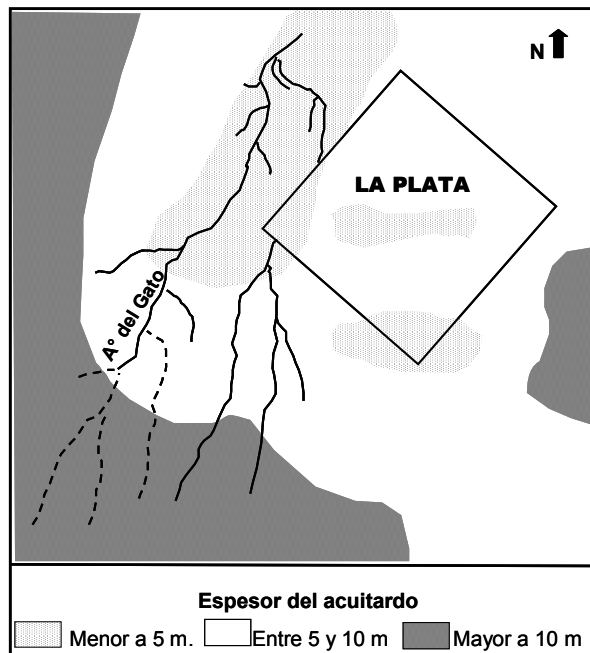


Fig. 1. Mapa isopáquico de sedimentos acuitardos

En las zonas de cabeceras de los arroyos el espesor es mayor a 10 m, disminuyendo en los sectores intermedios (entre 5 y 10 m), reconociéndose los menores espesores en parte de la cuenca media del arroyo del Gato y en el centro y sur del ejido urbano.

### 3.2. Comportamiento hidrológico natural

En condiciones naturales se reconoce una similitud entre los mapas isofreáticos (Pampeano) y piezométricos (Puelches) (EASNE, 1972, Auge, 1995). En las zonas de recarga natural el Puelches (Fig.2) presenta cargas hidráulicas negativas respecto a la capa freática (filtración vertical descendente), mientras que en las zonas de descarga ocurre lo contrario (filtración vertical ascendente), Sala y Auge (1973).

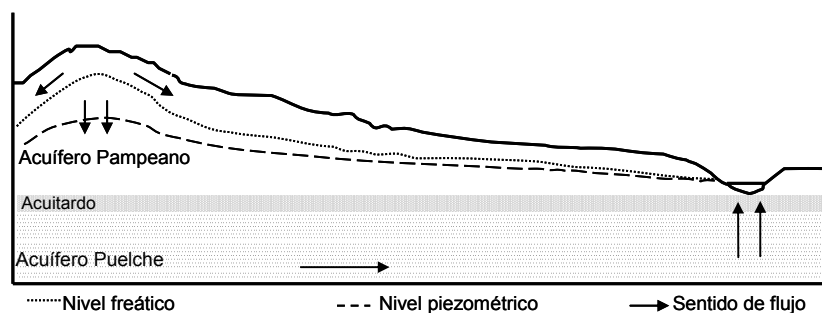


Fig. 2 Esquema de recarga y descarga: Pampeano y Puelches en condiciones naturales.

Las variaciones naturales de los niveles del agua subterránea en el Pampeano y Puelches muestran un comportamiento análogo entre los ascensos y los excesos de agua del balance hídrico y entre los descensos y los déficits correspondientes. Auge (1997) verifica dicha analogía según las diferencias de carga hidráulica (DCH) entre los niveles freáticos y

los niveles piezométricos del Puelches, reconociendo que dicha oscilación es del orden de 1 a 2 m, dependiendo de los ingresos al sistema a través de la precipitación.

El volumen de agua contenida en el acuífero Puelches se relaciona con la aportada por transferencia lateral y por flujo vertical del acuífero Pampeano a través del acuitardo. Este aporte vertical es proporcional a la diferencia de carga hidráulica (DCH) entre el nivel freático y el nivel piezométrico.

### 3.3. Influencia de los sedimentos acuitardos en situación de explotación

La variación de los niveles de los acuíferos Pampeano y Puelches en situación de explotación del Puelches, ha permitido reconocer distintas respuestas en las DCH. En las figuras 3 y 4 se ha representado de forma esquemática la influencia del espesor del acuitardo en la respuesta de la variación de los niveles freáticos.

En la Fig. 3 se ha esquematizado la situación cuando el espesor es reducido. En este caso la profundización de los niveles freáticos acompaña a la de los piezométricos, generándose una pequeña DCH, que incluso puede desaparecer cuando el nivel freático se encuentra en el acuífero Puelches.

En la Fig. 4 está representada la situación cuando el espesor del acuitardo es mayor. En este caso existirá un incremento progresivo de las DCH, provocado por el descenso del nivel piezométrico, y consecuentemente un aumento del flujo lateral del acuífero hacia el cono generado por la explotación.

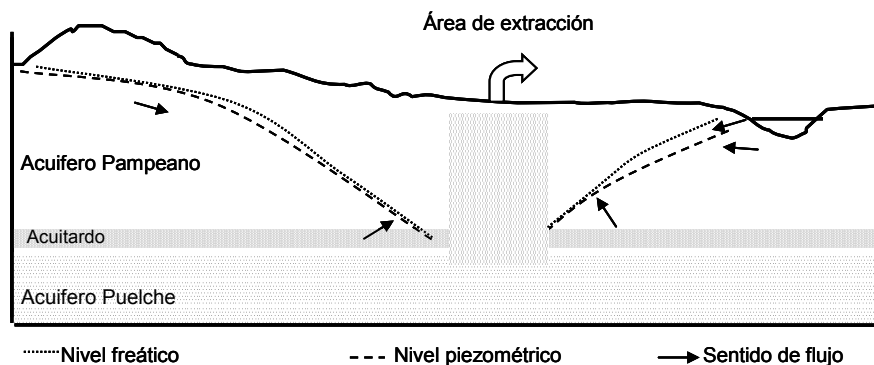


Fig. 3. Esquema de explotación con espesor de acuitardo reducido.

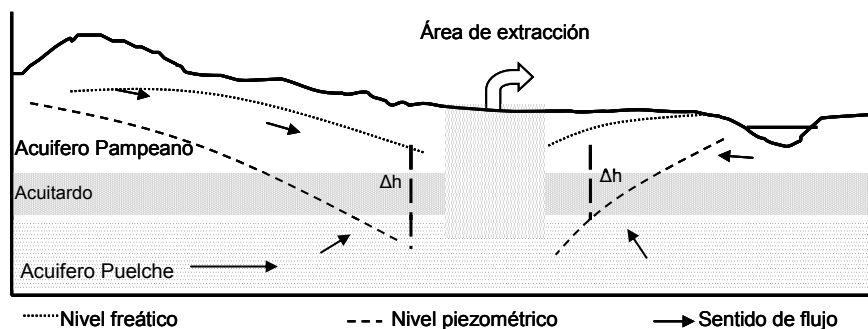


Fig. 4. Esquema de explotación con mayor espesor de acuitardo

En el caso de estudio que se presenta, las variaciones en los niveles de las aguas subterráneas y las redes de flujo correspondientes han permitido identificar sectores con respuestas disímiles frente a una explotación similar en la relación con las DCH.

En la figura 5 se presenta el mapa de flujo subterráneo del acuífero Puelches para 2008.

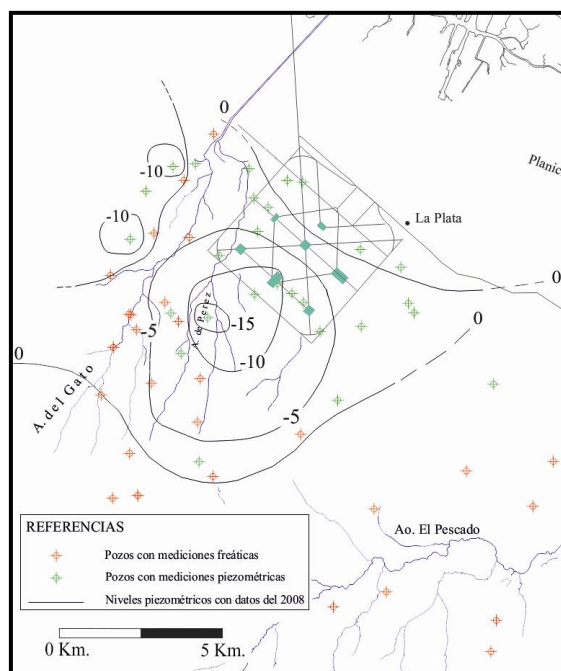


Fig. 5. Mapa Piezométrico, acuífero Puelches

En el área de influencia del cono de depresión se reconocen dos situaciones distintas en cuanto a las DCH.

La DCH en el sector ubicado al sur de la ciudad de La Plata, alcanza valores de 6 a 8 metros siendo positiva a favor del freático. Se analizaron los pozos situados entre la isopieza de 0 msnm y -5 msnm en el cono de depresión generado por la extracción del acuífero Puelches para abastecimiento de la población. En este sector los niveles freáticos se encuentran entre 3 y 4,5 msnm y los piezométricos entre -3 msnm y -4 msnm. Esta zona es coincidente con espesores del nivel acuitardo que superan los 10 metros.

Los niveles freáticos, si bien presentan variaciones estacionales, muestran una progresiva profundización a través del tiempo. En 1987 se situaban a una profundidad de 8 m y actualmente (2010) se encuentran a 17 m de profundidad. El aporte vertical no es suficiente para compensar la extracción, generándose un aumento del flujo lateral. De esta forma se han desdibujado las divisorias de aguas subterráneas que naturalmente eran coincidentes con las de aguas superficiales. En este sector las DCH son mayores a 5 m.

En el otro caso, correspondiente a pozos emplazados al SO del casco urbano, dentro del cono de depresión, no existe DCH, incluso el nivel freático se ha profundizado (superando una profundidad de 35 m) de tal manera que se sitúa en el acuífero Puelches, comportándose la totalidad del espesor del Pampeano como zona no saturada. Se analizaron las perforaciones, entre las isopiezías de -10 msnm y -5 msnm. En este sector los espesores del nivel acuitardo son inferiores a 5 metros.

Se han planteado dos situaciones extremas, una con un espesor de acuitardo superior a 10 m y otra con un espesor entre 0 y 5 m hecho que condiciona los valores de DCH medidos de 6 a 8 m en el primer caso y 0 m en el segundo. Ambas circunstancias ponen de manifiesto diferentes efectos en la explotación del acuífero Puelches.

El acuífero Puelches es recargado verticalmente en forma indirecta a través del Pampeano, que contiene a la capa freática. Si el volumen extraído en el primero, no es compensado por el volumen recargado existirá una profundización de los niveles piezométricos, que de acuerdo a las características físicas e hidráulicas del sistema se reflejarán en la superficie freática.

En el primer caso un estado de explotación excesiva, se pone de manifiesto a través de las modificaciones en la relación agua superficial - subterránea, de la profundización progresiva de los niveles freáticos y piezométricos. Además se produce un desplazamiento de las divisorias de aguas subterráneas hacia cuencas vecinas produciendo un aumento del riesgo de ingreso de aguas de menor calidad.

En el segundo caso, los pozos poco profundos de los pobladores debieron ser desactivados y se encuentran fuera de servicio, aumentando el riesgo de contaminación del acuífero Puelches como consecuencia de transformarse en acuífero libre.

#### **4. CONCLUSIONES**

Las DCH entre el Puelches y el Pampeano, asociadas a las particularidades hidrogeológicas y la progresiva profundización de los niveles freáticos son elementos a tener en cuenta en la evaluación de un área sometida a la explotación creciente de sus recursos subterráneos, constituyendo de gran utilidad para identificar áreas que requieren un control en los volúmenes extraídos.

Se han planteado dos casos de estudio con situaciones contrastantes en relación al espesor del acuitardo existente entre los dos niveles acuíferos. En uno de ellos se tiene un espesor máximo (10 m) y en el otro uno mínimo (0m). Para el primer caso, se han medido DCH entre 6 y 8 m y en el segundo 0 m.

El espesor del acuitardo que separa un acuífero de otro es uno de los condicionantes de las DCH y consecuentemente de los volúmenes de transferencia vertical entre ambos. Al aumentar el espesor del acuitardo se generan mayores diferencias de carga hidráulica y es necesario un mayor aporte lateral para satisfacer la demanda. Al disminuir el espesor las DCH es predominante el aporte vertical desde la capa freática.

Una explotación se puede considerar excesiva cuando da lugar a efectos no deseados, tales como la modificación de la condición de efluencia de un curso de agua o el aporte de agua de menor calidad natural o afectada por procesos antrópicos. También es posible relacionarla con cuestiones prácticas, como la disminución del rendimiento de los pozos, la necesidad de profundizar las perforaciones para extraer el agua o el aumento en los costos de bombeo.

#### **REFERENCIAS**

- Amato, S. D. y Silva Busso, A.** 2006. Relaciones estratigráficas e hidroquímicas de los Acuíferos Pampeanos y Puelches en el noreste de la Provincia de Buenos Aires. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, 8 (1): 9-26.
- Auge, M. P.** 1991. Sobreexplotación del acuífero Puelches en La Plata, Argentina. XXIII Congreso AIH "Sobreexplotación de Acuíferos". España.
- Auge, M. P.** 1995. Manejo del agua subterránea en La Plata – Argentina. Convenio International Development Research Centre-Universidad de Buenos Aires. Inédito. 3 T: 1-149.

- Auge, M.P.** 1997. Piezometría de los acuíferos Pampeano y Puelches en Poblet, La Plata - Argentina. I Congreso Nacional de Hidrogeología. Bahía Blanca: 145-152.
- Auge, M., Hernández, M. y Hernandez, L.** 2002. Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelches en la Provincia de Buenos Aires. XXXII IAH & VI ALSHUD. Mar del Plata. Argentina.
- Auge, M.P.** 2005. Hidrogeología de La Plata, Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata. Argentina: 293-312.
- EASNE.** 1972. Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires CFI, La Plata. Serie Técnica N° 24, Tomo I y II.
- Gonzalez, N., Laurencena, P.** 1988. Cuenca hidrológica experimental Arroyo El Pescado. Resultados preliminares. Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses. Bahía Blanca: 641-649.
- Hernández, M. A.** 1978. Reconocimiento hidrodinámico e hidroquímico de la interfase agua dulce – agua salada en las aguas subterráneas del estuario del Plata (Partidos de Quilmes, Berazategui) Buenos Aires. VII Congreso Geológico Argentino. Neuquén. Actas II: 273 – 285.
- Laurencena, P., Deluchi M., Rojo A. y Kruse, E.** 2008 Influencia de la explotación de aguas subterráneas en el sector periurbano de La Plata. Actas XVII Congreso Geológico Argentino. San Salvador de Jujuy. Tomo II: 472-473.
- Laurencena, P., y Kruse, E.** 1993. Procesos hidrológicos y la actividad antrópica en una cuenca del noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). X Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos e do I Simposio de Recursos Hídricos de CONESUL. Brasil: 83-89.
- Laurencena, P., Varela, L., Kruse, E, Rojo A. y Deluchi, M.** 2002. “Características de las variaciones freáticas en un área del Noreste de la Provincia de Buenos Aires”. XXXII IAH & VI ALSHUD Congreso ‘Aguas Subterráneas y Desarrollo Humano’. Mar del Plata. Argentina: 176-183.
- Rojo A.; Laurencena P.; Kruse E. y Deluchi, M.** 2008. Particularidades de la relación aguas subterráneas - aguas superficiales en un sector del noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea y Expo Agua 2008. Quito Ecuador.
- Sala, J. M., y Auge, M. P.** 1973. Presencia de capas filtrantes en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires. Su determinación. V Congreso Geológico Argentino, Córdoba. Tomo V: 185-194.
- Santa Cruz, J., Amato S., Silva A., Guarino M., Villegas D. y Cernadas, M.** 1997. Explotación y deterioro del acuífero Puelches en el Área Metropolitana de la República Argentina. Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental: 31: 34-44.
- Varela, L., Laurencena, P., Kruse, E., Deluchi, M y Rojo, A.** 2002. Reconocimiento de la relación aguas superficiales - aguas subterráneas en la cuenca del arroyo del Gato. Buenos Aires. XXXII IAH & VI ALSHUD Congreso Aguas Subterráneas y Desarrollo Humano. Mar del Plata. Argentina: 65-71.