

# Aproximación de volúmenes de agua subterránea disponibles para riego en las cuencas de los ríos Areco y Arrecifes (Buenos Aires)

**Mario A. Hernández<sup>(1)</sup>, Nilda González<sup>(1)</sup>, Pablo Romanazzi<sup>(2)</sup>, M. Marta Trovatto<sup>(1)</sup>, Claudia Solero<sup>(1)</sup>, J. Horacio Ceci<sup>(3)</sup> y M. del P. Alvarez<sup>(4)</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) Av. 60 y 122 La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería (UNLP). Calle 47 y 116. La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> Hidroar SA. 67 No 1747 La Plata (1900). Buenos Aires. Argentina

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) Av. 60 y 122 La Plata (1900), Buenos Aires, Argentina. CONICET.

Mail de contacto: [mario\\_h@sinectis.com.ar](mailto:mario_h@sinectis.com.ar)

---

## RESUMEN

Se presentaron resultados de un estudio hidrogeológico aplicado a evaluar agua subterránea para riego, en dos importantes cuencas del Noreste bonaerense (Areco y Arrecifes, 15400 km<sup>2</sup>), donde se practica agricultura extensiva. La metodología recurrió a tres criterios coalescentes: resolución de un balance hídrico para aproximar la infiltración potencial probable, cálculo de reservas y fijación de un caudal de explotación sustentable. Para el primero se utilizaron datos de las estaciones climatológicas Pergamino, Junín, Rosario y Buenos Aires, con suficiente garantía, representatividad y extensión, estimándose una recarga potencial máxima de 1324 hm<sup>3</sup>. El cálculo de reservas se realizó para los acuíferos Pampeano y Puelche, con empleo de mapas isopáquicos, isopiécicos, de altura potenciométrica sobre techo del Puelche y coeficientes de porosidad efectiva y almacenamiento. Se calculó un total de 82036 hm<sup>3</sup> para el Pampeano (8116 hm<sup>3</sup> sustentables) y 48695 hm<sup>3</sup> y 5452 hm<sup>3</sup> para el Puelche, respectivamente.

Palabras clave: Agua subterránea – Riego – Evaluación – Noreste bonaerense

---

## ABSTRACT

This paper presents the results of a hydrogeological survey to evaluate groundwater for irrigation in two important basins of northeastern Buenos Aires Province (Areco and Arrecifes, 15400 km<sup>2</sup>) where extensive agriculture is conducted. Three converging criteria were applied: resolution of a water balance to estimate probable potential infiltration, calculation of reserves and determination of sustainable exploitation yield. The balance was made based on data from the climatological stations Pergamino, Junín, Rosario and Buenos Aires, which have sufficient guarantee, representativeness and extension. The maximum potential recharge was estimated at 1324 hm<sup>3</sup>. Reserves of the Pampeano and Puelche aquifers were calculated using groundwater isopach, isopiestic and potentiometric head maps at the top of the Puelche aquifer, as well as coefficients of effective porosity and storage. Total and sustainable reserves calculated were 82036 and 8116 hm<sup>3</sup> for the Pampean aquifer and 48695 and 5516 hm<sup>3</sup> for the Puelche aquifer, respectively.

Key words: Groundwater – Irrigation – Evaluation – Northwest of Buenos Aires province

---

## Introducción

Las cuencas de los ríos Areco y Arrecifes, tributarias del río Paraná en su tramo inferior ocupan, en conjunto con algunos arroyos menores, un área del orden de los 15400 km<sup>2</sup>. Están localizadas en el sector Noreste de la provincia de Buenos Aires y un reducido sector del sur santafecino (Figura 1).

Bajo un clima de tipo sub-húmedo húmedo, estas cuencas se desarrollan con un patrón de drenaje dendrítico (Figura 2), en un paisaje suavemente ondulado donde afloran en general sedimentos cuaternarios, fundamentalmente limos loessoides conocidos genéricamente como "limos pampeanos".



**Figura 1.** Localización del área de estudio

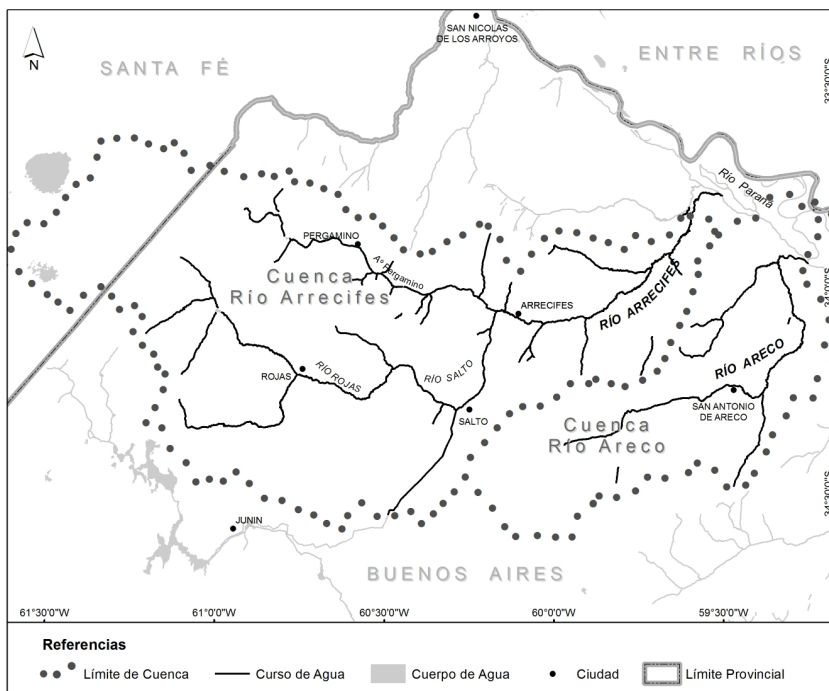
La población supera los 500.000 habitantes y la actividad socioeconómica fundamental es agrícola-ganadera, seguida de una creciente industrial, radicada a la vera del río Paraná.

Todos los usos del agua son satisfechos a expensas de la subterránea, recurso que atiende exclusivamente al servicio público, riego y mayoritariamente a la industria.

Esta alta dependencia origina conflictos potenciales entre las diferentes aplicaciones, más evidentes entre el empleo para uso doméstico y la irrigación.

Esta última actividad se halla en neto crecimiento en el ámbito de la agricultura extensiva (maíz, sorgo, trigo, girasol, soja), lo cual motivó un Convenio entre PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales) y la Universidad Nacional de La Plata, para una investigación que incluyó en parte el tema aquí abordado.

El resultado alcanzado fue el dimensionamiento de las disponibilidades del recurso hídrico subterráneo, con miras a evaluar la posibilidad que ofrece para soportar los distintos requerimientos, todos ellos en franco desarrollo, sin introducir conflictos de importancia.



**Figura 2.** Cuencas hidrográficas Areco y Arrecifes

## Metodología

Una vez localizada, calificada y transferida la información básica necesaria, procedente de diversas fuentes, se procedió a su elaboración e interpretación para poder componer el modelo conceptual del sistema geohidrológico local, basado en antecedentes conocidos (EASNE, 1972; González, 1973 (a, b); Auge y Hernández, 1983; Auge et al., 2002).

Para llegar a establecer las reservas explotables, se optó por partir de tres criterios concurrentes al objetivo: la aproximación de la infiltración potencial, el cálculo de las correspondientes a los acuíferos componentes del sistema geohidrológico identificado (subsistema activo) y por último la estimación dentro de éstas, de las consideradas de explotación sustentable.

En la determinación de la recarga potencial al sistema, fue utilizada la expresión del balance hidrológico para régimen permanente:

$$I = P - Evtr - Ef$$

donde,

*I* : Infiltración  
*P* : Precipitación  
*Evtr*: Evapotraspiración real  
*Ef* : Escurrimiento fluvial

Del total de estaciones climatológicas y pluviométricas disponibles, fueron seleccionadas por su representatividad, garantía y extensión las pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Rosario, Pergamino, Junín y Buenos Aires (record 1941-2010).

Para la estimación de la Evapotraspiración (potencial y real) se recurrió a la fórmula de Thornthwaite-Mather (1957) y en el caso del Escurrimiento fluvial a coeficientes basados en información antecedente sobre la región, del orden de 0,12 (EASNE, 1972).

Se tuvieron en cuenta para calcular las reservas de agua subterránea los acuíferos denominados Pampeano (freático + semilibre) y Puelche (semiconfinado), ambos utilizados actualmente para todos los destinos más arriba mencionados.

Por razones de una elemental prudencia en los cálculos y sobre la base del Principio de Parsimonia, se adjudicó al acuífero Pampeano el carácter de libre y al Puelche el de confinado, no computándose los ingresos por filtración vertical descendente en este último.

Se acudió entonces a las ya conocidas formulaciones (Custodio y Llamas, 2001):

Acuífero Pampeano:

$$RR = A\Theta\Delta h$$

$$RG = A\Theta e_m$$

$$RT = RR + RG$$

Acuífero Puelche:

$$RBC = ASH$$

$$RG = A\Theta e$$

$$RT = RBC + RG$$

donde,

*RR* : Reservas reguladoras  
*RG* : Reservas geológicas  
*RT* : Reservas totales  
*RBC* : Reservas bajo confinamiento  
*A* : Área de las cuencas  
 $\Theta$  : Porosidad efectiva  
 $\Delta h$  : Diferencia entre nivel potenciométrico máximo y mínimo (históricos)  
*e<sub>m</sub>* : Espesor saturado (mínimo histórico)  
*S* : Coeficiente de Almacenamiento  
*H* : Diferencia entre el nivel piezométrico y el techo del acuífero  
*e* : Espesor geológico

Los valores de coeficiente de almacenamiento y de porosidad efectiva se tomaron de algunos trabajos antecedentes, como los oportunamente mencionados en el ítem Introducción.

Fue obtenida la información de variación de niveles freáticos, alturas piezométricas, espesores saturados y geológicos, de mapas equipotenciales, de isovariación e isopáquicos (Figura 3), construidos con datos facilitados por entes prestadores del servicio público de provisión de agua. También por productores regantes, empresas perforistas locales, autoridades de control municipales, y profesionales que actúan en la zona, además de los procedentes de la propia base de datos.

Los criterios para fijar las reservas de explotación sustentable resultan diferentes, según el acuífero del que se trate. Para el caso del Pampeano y dado que el monto de las reservas reguladoras excedía francamente al de la recarga potencial, se creyó prudente utilizar un plus de explotación pequeño, en este caso de 1 m de afectación del espesor saturado mínimo utilizado para dimensionar las reservas geológicas.

Para el acuífero Puelche asumido como confinado como más arriba se dijese, se optó por adicionar al volumen de reservas bajo confinamiento, solamente un 10% de las geológicas.

Finalmente, se consideran desde el punto de vista metodológico ciertas características propias del tipo y frecuencia del riego en agricultura extensiva de la región, para valorar la incidencia en posibles conflictos entre usos.

## Resultados

La elaboración de toda la información lograda según se refiriese, permitió en el caso de la estimación de recarga potencial al sistema adoptar un valor medio anual del orden de 1324 hm<sup>3</sup>, entre extremos de 554 hm<sup>3</sup> y 2587 hm<sup>3</sup> máximos posibles por ser infiltración bruta.

**Tabla 1.** Síntesis del balance (en mm)

	P	Evtr	Ef	I
Rosario	998	842	120	36
Pergamino	963	796	116	51
Junín	993	786	119	88
Buenos Aires	1144	838	137	169
Regional	1025	816	123	86

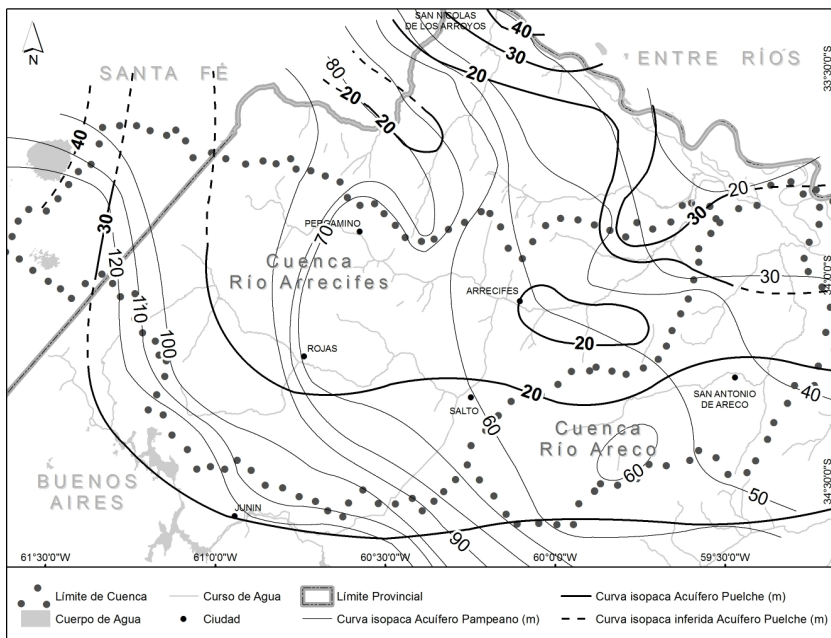
Con referencia a las reservas del acuífero Pampeano, se calculó un volumen de 6576 hm<sup>3</sup> correspondiente a las reguladoras y 75460 hm<sup>3</sup> a las geológicas, lo cual hace un total de 82036 hm<sup>3</sup>.

Para el Puelche fueron estimados a su vez 647 hm<sup>3</sup> de reservas bajo confinamiento, 48048 hm<sup>3</sup> de geológicas, ascendiendo las totales a 48695 hm<sup>3</sup>.

Las sustentables fueron valoradas según los criterios eminentemente conservativos expuestos en el acápite anterior, obteniéndose cifras de 8116 hm<sup>3</sup> y 5452 hm<sup>3</sup>, en el caso de los acuíferos Pampeano y Puelche respectivamente, totalizando un volumen de 13568 hm<sup>3</sup>.

Como es posible advertir, se trata de cantidades verdaderamente importantes, no obstante lo cual resulta necesario abrir ciertas consideraciones acerca de la probable ocurrencia de conflictos entre usos, ya anticipados por algunos de los autores (González, 1998; González y Hernández, 1997, 1998; González et al., 2008).

La calidad del agua de ambos acuíferos muestra un bajo tenor de sales (TSD 400 a 1800 mg/l), ligeramente alcalinas y composición iónica bicarbonatada sódica a calcosódica). La presencia de oligoelementos como As y F no es significativa y la de nitratos, de carácter puntual.



**Figura 3.** Mapas isopáquicos del área de estudio

## Conflictos entre usos

Como es conocido, la actividad agrícola es la principal consumidora de agua en el mundo (Garduño, 1994), hecho que no escapa a la región aquí tratada.

Los conflictos son circunstancias normalmente no deseadas, que a veces sobrevienen por desconocerlos, no advertirlos, no enfrentarlos oportunamente, o sencillamente minimizar su posible envergadura (Entelman, 2002).

Son potencialmente más factibles los que podrían ocurrir con el uso público, evidentemente prioritario y más distribuido en la comarca, aunque no homogéneamente. El industrial en cambio está mucho más localizado, próximo al eje fabril-fluvial Rosario-La Plata e incluso parcialmente satisfecho con agua superficial y más sujeto a los vaivenes del mercado.

De todas maneras, el aspecto más preocupante sería el cualitativo, ya que a diferencia de otras comarcas pampeanas bajo clima semiárido o escasamente húmedo (González, 1998; González y Hernández, 1997, 1998), los excesos hídricos son importantes.

Acuden también a minimizar los posibles conflictos en la región otros factores como:

a) estacionalidad del riego, a lo sumo sesenta días/año con radicación estival, a diferencia de los destinos público e industrial, mucho más continuos (González et al., 2012).

b) su carácter complementario, que supedita la aplicación a la cantidad de lluvias que soportan el cultivo de secano, y por ende los volúmenes a utilizar en cada temporada.

c) retorno al subsuelo de buena parte de los caudales utilizados, pese a la continua mejora en la eficiencia. El problema principal estriba en la calidad del agua de reingreso, función de la racionalidad en el uso de agroquímicos.

Independientemente de que los impactos negativos de la práctica susceptibles de provocar conflictos, no parecerían por el momento de gran magnitud ni temporalmente próximos, se hace necesario adoptar una serie de precauciones que hacen al buen orden ambiental.

La más perentoria sería retomar la ejecución de estudios de evaluación cuali-cuantitativa de aguas subterráneas de alcance regional y suficiente continuidad, ya que los últimos (producidos por los ex-entes EASNE, CIAS y DYMAS) datan de 1975.

Para que los resultados de las investigaciones se traduzcan en acciones concretas, se hace necesario introducir cambios

y actualizaciones en la Ley 12257 (Código de aguas de la Provincia de Buenos Aires), para instituir ciertas figuras como los perímetros de protección, sumamente eficaces para salvaguarda de los recursos hídricos subterráneos y prevención de conflictos entre aplicaciones a las distintas actividades socio-económicas.

Lógicamente, la necesidad mayor que engloba a las acciones que aquí se propugnan, es la adopción de verdaderas políticas de Estado respecto al uso y conservación de los recursos hídricos, con sus correlatos íntimamente relacionados de salud y educación, carentes también de dichas políticas directrices.

## Conclusiones

En el ámbito de las cuencas de los ríos Areco y Arrecifes se está produciendo un acelerado incremento en la agricultura extensiva bajo riego de cereales y oleaginosas (Indec 2010), con perspectivas de futura competencia con los usos doméstico y agrícola.

Con el objeto de dimensionar la disponibilidad de agua, fueron estimadas tanto la recarga potencial máxima, como las reservas totales de los dos principales acuíferos de la región (Pampeano y Puelche) y las de explotación sustentable.

Para una aproximación a la recarga potencial, se utilizó el valor de infiltración del balance hídrico según la metodología de Thornthwaite-Mather, descontando a los excesos el escurrimiento fluvial. Fueron empleadas las estaciones climatológicas Junín, Rosario, Pergamino y Buenos Aires, de suficiente extensión, garantía y representatividad. El valor resultante fue de 1324 hm<sup>3</sup>/año, considerando que la infiltración estimada por el balance es un monto bruto.

Las reservas acuíferas han sido estimadas como las de una capa libre para el Pampeano y de un confinado en el caso del Puelche, siguiendo el Principio de Parsimonia. Fueron las totales de 82036 hm<sup>3</sup> en el primer caso y 48695 hm<sup>3</sup> para el segundo.

Las reservas de explotación sustentable, dimensionadas con criterio conservativo, alcanzaron a 8116 hm<sup>3</sup> y 5516 hm<sup>3</sup>, respectivamente.

Las hipótesis de conflictos de la aplicación agrícola de aguas subterráneas con otros usos, aparecen actualmente como potenciales y relativamente distantes.

Sin embargo, se producen aquí advertencias/recomendaciones sobre la imperiosa necesidad de estudios de evaluación cuali-cuantitativa de recursos hídricos

subterráneos con continuidad, y de introducción de figuras como las Áreas de Protección en el Código de Aguas provincial.

## Agradecimientos

Al PROSAP por haber promovido los estudios de los cuales el tema abordado formó parte.

A la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA) por el aporte de información específica.

Al Servicio Meteorológico Nacional, por brindar la información climatológica básica.

A la Lic. María Gabriela Calvetty por la expresión gráfica y el armado y operación de Sistema de Información Geográfica en el cual estuvo soportado el trabajo.

## Referencias

- Auge, M. P. y Hernández, M. A. 1983. Características Geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la llanura bonaerense. Su implicancia en el ciclo hidrológico de llanuras dilatadas. *Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras*. UNESCO, II: 1019-1042. Buenos Aires.
- Auge, M.P., Hernández, M.A. y Hernández, L. 2002. Actualización del conocimiento del Acuífero semiconfinado Puelche en la Provincia de Buenos Aires - Argentina. *XXXII International Hydrogeology Congress. Proceedings*, 624-633. Mar del Plata.
- Custodio, E. y Llamas, M. R. 2001. *Hidrología Subterránea*. Omega. Barcelona (2a Ed. corregida).
- EASNE. 1972. Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires. *CFI, Serie Técnica* No 24, La Plata.
- Entelman, R. F. 2002. *Teoría de conflictos. Hacia un nuevo paradigma*. Gedisa. Barcelona.
- Garduño, H. 1994. Uso Eficiente del Agua: Un enfoque multidimensional. En: H. Garduño y F. Arreguin-Cortes (eds.) *Uso eficiente del agua*. 15-24. IMTA. PHI-UNESCO-ORCYT. UNESCO.15-24. Montevideo.
- González, N. 1973a. Evaluación preliminar de los recursos de aguas subterráneas de la cuenca del río Arrecifes. Provincia de Buenos Aires. Cátedra de Hidrogeología Fac. de Cs. Naturales y Museo UNLP-INCYTH. La Plata (ined.).
- González, N. 1973b. Evaluación preliminar de los recursos de aguas subterráneas de las cuencas de arroyos del NE de la provincia de Buenos Aires. Cátedra de Hidrogeología Fac. de Cs. Naturales y Museo UNLP-INCYTH. La Plata (inedito).
- González, N. 1998. La sustentabilidad en el aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos y las prácticas de riego. En: A. Fernández Cirelli (comp.) *Agua "Problemática regional"*. EUDEBA, 173-175. Buenos Aires.
- González, N. y Hernández, M. A. 1997. La práctica del riego y el desarrollo sustentable en los acuíferos del Noroeste Bonaerense. *Congreso Internac. sobre Aguas*. UBA-AUGM-UNESCO, Resúmenes, 1:55. Buenos Aires.
- González, N. y Hernández, M. A. 1998. Impactos previsibles de la práctica del riego sobre los sistemas geohidrológicos. *Anales XVII Congreso Nac. del Agua. II Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur*, 3:64-70. Santa Fe.
- González, N., L. Hernández, L. y Hernández, M. A. 2008. Conflicto entre las actividades usuarias de aguas subterráneas doméstica y agrícola en un sector de la llanura pampeana, Argentina. *IX Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea ALHSUD*. Ed. CD Rom y Libro de Resúmenes .Memorias, 51. Quito.
- González, N., Trovatto, M.M., Alvarez, M. P. y Hernández, M. A. 2012. Empleo de aguas subterráneas para riego extensivo en la llanura bonaerense, Argentina. Competencia entre usos. *XI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología ALHSUD*. Ed. CD Rom y Libro de Resúmenes .Memorias, 83. Cartagena de Indias.
- INDEC. 2010. *Censo Nacional Agropecuario* 2008. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Buenos Aires. [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar).
- Thorntwaite, C. W., y Mather, J. R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology. *Publ. Climatol.* 3 (10):183-311.