

# Principales aspectos de la gestión del agua subterránea en un espacio periurbano del departamento Toay, La Pampa, Argentina

**Carlos M. Camilletti, Eduardo E. Mariño y María Irribarra**

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Av. Uruguay 151, Santa Rosa, La Pampa, R. Argentina.

Mail de contacto: [emarinio@exactas.unlpam.edu.ar](mailto:emarinio@exactas.unlpam.edu.ar)

---

## RESUMEN

El trabajo caracteriza los principales aspectos inherentes a la gestión del agua subterránea en un espacio periurbano, con viviendas carentes de redes de saneamiento y distribución de agua potable. Los indicadores urbanísticos muestran un sostenido proceso de ocupación, a partir de la transformación de un estilo residencial de ocupación temporaria en otro, de viviendas con uso permanente. Este escenario requiere ordenar el manejo del recurso hídrico subterráneo, para lo cual se implementó un programa de monitoreo que incluye mediciones de la fluctuación del nivel freático y toma periódica de muestras de agua subterránea.

Los registros freáticos muestran una profundización del nivel freático mayor a 1 m, con una componente estival, atribuible a la intensificación estacional del bombeo.

La caracterización hidroquímica muestra, dados los bajos valores de nitrato, que el acuífero aún no ha sido afectado por la disposición "in situ" de efluentes domiciliarios.

Palabras clave: agua subterránea, gestión, áreas urbanas

---

## ABSTRACT

The paper deals with some aspects inherent to groundwater management in a peri-urban area, without water supply and sanitation system.

Urban indicators show an increasing housing development that requires an adequate groundwater planning. In that sense, began a monitoring program to obtain periodically measurements of water table fluctuations and groundwater samples.

Piezometric record shows a downward trend of groundwater level with a seasonal component, related to an intensive exploitation during summer. Hydrochemical data, specially the low concentration of nitrate, indicates that aquifer is not yet contaminated with domestic wastewater.

Keywords: Groundwater management – urban areas – Hydrological aspects

---

## Introducción

La ocupación de un espacio periurbano, carente de redes de saneamiento y distribución de agua potable, plantea desafíos en la gestión de los recursos hídricos, ya que puede afectar la disponibilidad y calidad de las aguas subterráneas (Vazquez Suñé et al., 1999). Por un lado, la urbanización progresiva provoca una proliferación de perforaciones, a menudo incorrectamente ejecutadas y protegidas y sometidas a regímenes de explotación inadecuados. Concomitantemente, da lugar a la aparición de potenciales focos de contaminación, a partir del vertido de efluentes y la disposición de residuos domiciliarios. Este nuevo escenario requiere implementar programas de evaluación y control que permitan comprender el funcionamiento de los

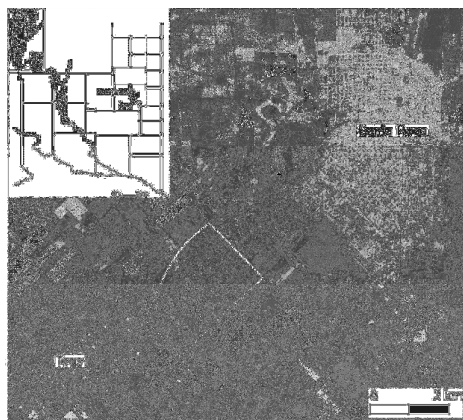
denominados sistemas hídricos urbanos (Fletcher y Deletic, 2008) y planificar su explotación sustentable. Esta planificación debe contemplar aspectos hidrológicos, ambientales, socio-económicos y legales.

En ese contexto, el presente trabajo apunta a caracterizar algunos de los principales aspectos inherentes a la gestión del agua subterránea en un espacio periurbano, con una superficie aproximada de 2,5 Km<sup>2</sup>, que se extiende entre las localidades de Toay y Santa Rosa, en la provincia de La Pampa (Figura 1).

El tipo de clima es subhúmedo-seco, con una precipitación media anual de 635,2 mm para el período 1921-2010. El relieve es una planicie con lomas y depresiones suaves y pendiente regional SW-NE. (Cano et al., 1980).

Los aspectos hidrológicos considerados se refieren un acuífero libre alojado en sedimentos

loésicos que, en su techo, presentan una capa de tosca y están cubiertos por una capa arenosa eólica de espesor variable, que alcanza hasta 10 m de espesor. La base del acuífero está constituida por un nivel arcilloso que aparece a 80 mbbp y el nivel freático se encuentra a una profundidad entre 15 y 26 m. La transmisividad y el caudal específico son bajos, alcanzando un valor máximo de  $14 \text{ m}^2/\text{día}$  y  $477 \text{ l/h.m}$ , respectivamente. La principal zona de recarga se ubica al oeste del área de estudio y el flujo subterráneo se orienta hacia el noroeste y sur-sureste. Las estimaciones de la recarga varían entre 25 y 50 mm/año (Giai, 1992, Cavalié, 1983)



**Figura 1.** Ubicación y límites del área de estudio

### Aspectos urbanísticos

El área de estudio se caracteriza por experimentar un proceso sostenido de urbanización, a partir de la transformación de un estilo residencial de ocupación temporaria ("casa de fin de semana") en otro, donde predominan las viviendas de uso permanente. Esto se refleja en los registros poblacionales de la localidad de Toay que experimentó una variación intercensal (2001-2010) del 44,3%, la mayor a nivel provincial.

Parte del área corresponde a los sectores donde se inició el proceso de urbanización, que ya en el año 2003 mostraban una densidad de ocupación significativa (Tabla 1). En ellos, el número máximo de casas por hectárea es de 14, ya que la subdivisión habitual es en lotes de algo más de  $700 \text{ m}^2$ . En el resto de ella, la ocupación es más reciente pero muestra un crecimiento sostenido, especialmente en los últimos 5 años, llegando a equiparar al sector más antiguo (Tabla 1). Aquí, el parcelamiento predominante es en terrenos de  $1000$  a  $1500 \text{ m}^2$

de superficie, permitiendo un máximo de hasta 7 viviendas por hectárea.

**Tabla 1.** Indicadores urbanísticos

Sector	IRE 2003/11	IDO 2003	IDO 2011
Ocupación antigua	6,78	0,38	0,48
ocupación reciente	25,22	0,10	0,51

Mariño y Camilletti (2012) evaluaron los aspectos urbanísticos en cuatro zonas testigo, representativas de los diversos grados de ocupación que caracterizan al área. Para cada una de ellas calcularon un indicador de ritmo de edificación (IRE), que muestra el incremento anual del número de casas para un período de 9 años (enero de 2003 a diciembre de 2011) y un índice de densidad de ocupación (IDO), que resulta igual a 1, cuando se alcanza el número máximo de casas por hectárea, de acuerdo con las dimensiones de subdivisión actualmente predominantes. Los valores de ambos indicadores, totalizados para los tres sectores de ocupación reciente, se presentan en la tabla 1.

### Aspectos Hidrológicos

El abastecimiento domiciliario se satisface a través de perforaciones particulares que generalmente captan agua subterránea a profundidades entre 30 y 50 m y están equipadas con bombas sumergibles capaces de extraer caudales de hasta  $4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

El consumo neto anual de una vivienda unifamiliar fue estimado en  $287,5 \text{ m}^3$  (Mariño y Camilletti, 2012) teniendo en cuenta los distintos usos y sus correspondientes retornos. Dicho volumen se distribuye en consumo doméstico (40%), riego de parques (53%) y llenado de piletas de natación (7%), las que están presentes en el 75% de las viviendas.

La dotación para riego está calculada para predios con un sistema automatizado, operativo durante cuatro meses y programado para aplicar una lámina diaria de 3 mm, sobre una superficie de  $800 \text{ m}^2$ . Este volumen es muy significativo y mayormente consuntivo, ya que produce un retorno al acuífero menor al 18% del total utilizado. Esta baja eficiencia está dada por las pérdidas propias del método de riego, la condición semiárida del área y el uso de especies de gramíneas con altos requerimientos hídricos.

Al potencial impacto cuantitativo de la creciente demanda de agua se agrega el

cualitativo, derivado del vertido de los efluentes domiciliarios mediante sistemas de cámaras sépticas y pozos negros.

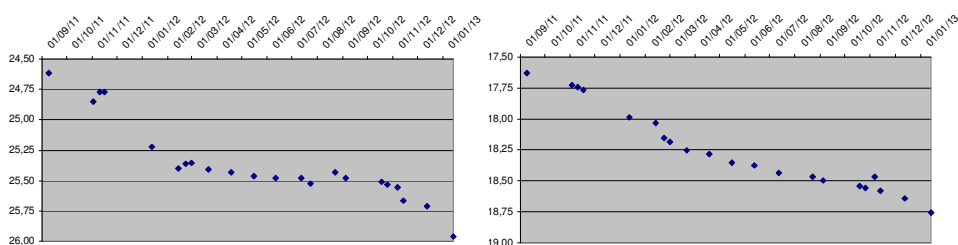
El escenario descripto exige atender aspectos hidrológicos que permitan ordenar el manejo del recurso hídrico subterráneo. En tal sentido, se implementó un programa de monitoreo que incluye mediciones de la fluctuación del nivel freático y toma periódica de muestras de agua subterránea.

## Resultados y discusión

Los indicadores urbanísticos muestran que la situación actual se corresponde con una ocupación próxima a la mitad de la superficie disponible y que el ritmo de edificación es

significativo, particularmente en los sectores de ocupación reciente. Si se proyecta un incremento anual de viviendas constante por un período de 5 años, resulta que, para 2016, se llegaría a densidades de urbanización elevadas (Mariño y Camilletti, 2012).

Los registros freatimétricos obtenidos en dos puntos de control, entre septiembre de 2011 y enero de 2013, muestran una profundización del nivel freático de 1,13 y 1,34 m, respectivamente. En la figura 2 se observa que la tendencia descendente tiene una componente estival marcada, que se atribuye a la intensificación estacional de la explotación con fines de riego.



**Figura 2.** Profundidad del nivel freático (mbbp) en dos puntos de control.

Las evidencias de sobreexplotación detectadas en los controles freatimétricos, pueden justificarse a través de un cálculo sencillo. Si se adopta una recarga de 35 mm/año, que representa un valor medio de las estimaciones obtenidas en trabajos antecedentes (Cavalié, 1983, Giaí, 1992), y se asume que tiene una distribución uniforme sobre el 80% del área de estudio, se obtendría un recurso anual de 0,7 hm<sup>3</sup>.

Si se compara ese valor con el consumo neto por vivienda calculado por Mariño y Camilletti (2012), surge que para asegurar un aprovechamiento sustentable del acuífero, podrían abastecerse un máximo de 243 usuarios residenciales. Sin embargo, el número real de casas es muy superior, ya que, en diciembre de 2011, Mariño y Camilletti (2012) contaron 281 viviendas en las cuatro zonas testigo analizadas, que cubren sólo el 31,6% del área de estudio.

Cabe aclarar que por tratarse de perforaciones particulares, se carece de registros de extracción y, por lo tanto, los volúmenes estimados son aproximaciones basadas en el conocimiento de las características y hábitos de consumo de los usuarios de la zona.

Con el fin de detectar modificaciones hidroquímicas provocadas por la disposición “in situ” de líquidos residuales domésticos, se ejecutó una colección de muestras de agua subterránea en 17 perforaciones, la mayoría de ellas coincidentes con un trabajo previo (Echevarría et al., 2011). Los valores medios y el rango de las determinaciones de mayor interés, se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Promedios y rango de las variables hidroquímicas de mayor interés. Valores en mg/l, excepto arsénico (µg/l) y C.E

(conductividad eléctrica en µS/cm). STD es el total de sólidos disueltos.

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
STD	486,5	810	330
C.E	730,2	1185	506
Dureza Total	86,0	166	50
Cloruro	17,7	54	3,5
Nitrato	2,7	12	1
Fluoruro	1,5	2,2	1,1
Arsénico	41,9	148	16

El tipo de agua predominante es bicarbonatada sódica y la principal limitante de su calidad para consumo humano es la

concentración de fluoruro, ya que 2 muestras registran valores superiores al máximo fijado por la legislación provincial. En cambio, si se aplican los términos actualmente vigentes en el Código Alimentario Argentino (Fuente: [www.anmat.gov.ar](http://www.anmat.gov.ar)), hay 10 muestras que se exceden en fluoruro y 3 de ellas, también en arsénico.

De la comparación de los valores medios de conductividad eléctrica y nitrato correspondientes al muestreo del año 2010 (Echevarría et al., 2011) con los presentados en la tabla 2, surge que la primera tuvo una escasa variación entre ambas campañas (746,5 y 730,2  $\mu\text{S/cm}$ , respectivamente), mientras que la concentración de nitrato disminuyó significativamente (de 11,7 a 2,7  $\text{mg/l}$ ). Cabe aclarar que la confrontación es meramente ilustrativa, ya que tanto el laboratorio como la técnica analítica fueron diferentes. Sin embargo, en ambos casos, los bajos valores obtenidos permitirían descartar una contaminación de origen antrópico.

## Conclusiones

El análisis de los aspectos urbanísticos muestra que el área está sometida a una ocupación creciente, especialmente en los últimos años, que llegaría a agudizar la problemática hidrológica.

La consideración de la situación hidrológica del área, desde el punto de vista cuantitativo, pone en evidencia que el régimen de explotación actual no sería sustentable. La profundización del diagnóstico requerirá continuar con la medición de las fluctuaciones del nivel freático, con el fin de ajustar el balance presentado en este trabajo. No obstante su carácter preliminar, esta conclusión exige adoptar preventivamente medidas de gestión, fundamentalmente vinculadas con el uso del agua, que requerirán la intervención de las autoridades municipales y de la autoridad de aplicación a nivel provincial, así como la concientización y compromiso de los usuarios.

El aspecto hidrológico cualitativo no muestra, por el momento, evidencias de contaminación derivada de la disposición in situ de efluentes domiciliarios. No obstante, es recomendable el control periódico de la calidad del agua subterránea, al menos mientras el área no cuente con red de saneamiento.

## Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló en el marco del convenio MINCYT-Municipalidad de Toay-UNLPam (Proyecto DETEM 2009).

## Referencias

- Cano, E., Casagrande, G., Conti, H.A., Fernández, B., Hevia, R., Lea Plaza, J.C., Maldonado Pinedo, D., Martínez, H., Montes, M.A. y Peña Zubiate, C.A. 1980. *Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa*. INTA-Gobierno de La Pampa-UNLPam, Santa Rosa, 493 p.
- Cavalié, C., 1983. Estudio hidrogeológico Santa Rosa-Anguil y Santa Rosa-Toay. *Actas I Jornadas de Biología y II Jornadas de Geología de La Pampa*. Santa Rosa, II:65-72.
- Fletcher, T.D. y Deletic, A. 2008. *Data requirements for integrated urban water management*. UNESCO – Taylor & Francis Group, 333 p.
- Echevarría, K., Mariño E. y Camilletti, C. 2011. Análisis espacio-temporal de los contenidos de nitrato en el agua subterránea en el área Santa Rosa-Toay, La Pampa, Argentina. *VII Congreso Argentino de Hidrogeología. Taller Calidad y Contaminación de Agua Subterránea*, 28-35, Salta.
- Giai, S., 1992. *Provisión Agua potable Barrio FONAVI XLII Villa Parque*. Administración Provincial de Agua, Santa Rosa. Informe inédito.
- Mariño E.E. y Camilletti, C.M. 2012. Evaluación del impacto de la urbanización sobre los recursos hídricos subterráneos en un espacio periurbano del departamento Toay, La Pampa. *I Jornadas Nacionales de Ambiente*. Trabajos Completos: 624-630, Tandil.
- Vázquez-Suñé, E., Sánchez-Vila, X. y Carrera, J. 1999. Gestión de las aguas subterráneas en zonas urbanas. Conceptualización y modelización: aplicación a Barcelona (España). En A. Tineo (Ed.): *Hidrología Subterránea, Serie Correlación Geológica* 11:41-49.