

# Relaciones hidráulicas entre un sistema acuífero y cuerpos de agua superficial en áreas urbanas

*Evangelina Fornari, Mónica D'Elía, Ana Laura Fedele*

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral (UNL).

E-mail: kenyfornari@yahoo.com.ar

**RESUMEN:** La ciudad de Santa Fe se encuentra emplazada entre los valles de inundación de los ríos Paraná y Salado. En el sector norte de la ciudad, los habitantes se abastecen de agua a través de perforaciones domiciliarias y comunitarias y no cuentan con servicio de cloacas. Conviven con bolsones de producción hortícola, ladrilleras, cavas y el antiguo relleno sanitario. Si bien en esta área los niveles topográficos son elevados, los problemas de anegamientos por lluvias son recurrentes.

El objetivo de este trabajo es evaluar las relaciones hidráulicas entre el sistema acuífero y los cuerpos de agua superficial: río Salado al oeste; laguna Setúbal al este y cavas en el centro, considerando a estas últimas como posibles reservorios del sistema de desagües pluviales de la ciudad.

Se realizaron mediciones sistemáticas de niveles de agua subterránea en 13 pozos de monitoreo durante el período 2008-2012 y se analizaron conjuntamente con las precipitaciones locales y alturas hidrométricas del río Salado y laguna Setúbal. Los resultados del análisis permitieron determinar la relación efluente de estos cuerpos de agua, aunque se considera que esta relación podría invertirse en épocas de crecidas. Por otra parte, en agosto de 2012 se efectuó la batimetría de la cava, se estimó su capacidad de almacenamiento y se analizó su relación hidráulica con el acuífero. En una primera instancia se pudo observar el carácter efluente de la misma para el momento considerado.

El modelo conceptual de funcionamiento del sistema hídrico superficial y subterráneo aquí definido constituye la base para la modelación matemática y posterior simulación del comportamiento del mismo ante la llegada de excedentes pluviales y la importación de agua por la extensión de la red de agua potable - programada por la Municipalidad para 2015- fundamentales para un manejo adecuado de los recursos hídricos en este sector de la ciudad.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Santa Fe es la capital política y administrativa de la provincia del mismo nombre. Está situada en la región centro-este del país entre los valles de inundación de los ríos Salado y Paraná y consecuentemente está sometida a las crecidas de ambos ríos. Tiene una población de aproximadamente 400.000 habitantes y es un foco comercial, industrial, financiero, académico, profesional y productivo muy importante de la región.

El crecimiento urbano se ha materializado hacia el norte, suroeste y oeste de la ciudad. Los sectores suroeste y oeste son considerados de riesgo hídrico pluvial y fluvial, debido a lluvias de alta intensidad y desbordes por crecidas, respectivamente y en ellos se han producido asentamientos en forma espontánea como resultado de la necesidad habitacional de familias de escasos recursos económicos. En el sector norte, los asentamientos se produjeron en áreas suburbanas parceladas convencionalmente que luego se constituyeron

en urbanizaciones formales y en su mayoría carecen de servicios sanitarios de agua potable y cloacas. Estos asentamientos conviven con bolsones de producción hortícola, ladrilleras, cavas y con el antiguo relleno sanitario de la ciudad, que operó durante el período 1996-2010. Si bien en este sector los niveles topográficos son elevados, los problemas de anegamientos por lluvias son recurrentes.

En este contexto, y con el objeto de jerarquizar el área norte de la ciudad, el Gobierno Municipal de la ciudad de Santa Fe, proyecta la creación de un espacio público, denominado Parque Norte, que contribuya, entre otros aspectos, a:

- integrar espacios verdes como el Jardín Botánico y eventualmente la Granja La Esmeralda, en un sistema de espacios públicos,
- generar áreas residenciales con infraestructura y servicios, previendo la conexión a la red de agua potable de todos los barrios existentes para el año 2015,
- revertir el valor negativo del relleno sanitario recientemente cerrado y de las cavas existentes, convirtiéndolos en atractivos centrales del nuevo parque y
- garantizar un área de seguridad hídrica al considerar a las cavas existentes en este sector como reservorios del sistema de desagües pluviales de la ciudad (Gobierno de la Ciudad de Santa Fe, 2008 a y b; 2010).

Para ello es de suma importancia conocer el funcionamiento del sistema hídrico superficial y subterráneo de la zona, a través del análisis de:

- la hidrodinámica del acuífero, que está directamente relacionado con las precipitaciones locales, e influenciado por el río Salado y la laguna Setúbal y
- la capacidad de almacenamiento de agua de cavas existentes como posibles cuerpos receptores de excesos pluviales y su relación hidráulica con el acuífero, ya que en ocasiones el flujo subterráneo podría alimentar estas depresiones y en otras podría suceder el proceso inverso.

## OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar las relaciones hidráulicas entre el sistema acuífero y los cuerpos de agua superficial: río Salado al oeste; laguna Setúbal al este, así como su vinculación hidráulica con la principal cava ubicada en el centro del área de estudio, estableciendo además su capacidad para recibir excedentes pluviales de la ciudad de Santa Fe.

Este estudio forma parte de las investigaciones que está llevando a cabo el Grupo de Investigaciones Geohidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral en el marco del Proyecto SECTEI 2010-024-11 de la Secretaría de Estado, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe “Relaciones hidráulicas e hidroquímicas entre el sistema acuífero y cuerpos de agua superficial en el área de Desarrollo Norte de la ciudad de la ciudad de Santa Fe”, cuya Institución Adoptante es la Municipalidad de la ciudad de Santa Fe.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el norte de la ciudad de Santa Fe, Argentina. La zona abarca aproximadamente 25Km<sup>2</sup> y está delimitada al norte por la calle Facundo Quiroga (límite municipal), al sur por la calle Azcuénaga y hacia el oeste y este, por el río Salado y laguna Setúbal, respectivamente. (Figura 1)



**Figura 1.-** Ubicación del área de estudio

Las características geológicas e hidrogeológicas del área se conocen a través de estudios previos realizados en el área de estudio. La columna hidrogeológica local comprende: un basamento acuícludo formado por arenas grises y arcillas verdes de la Formación Paraná, superiormente, se encuentran arenas y arenas gravosas de 30m de espesor promedio que pertenecen a la Formación Ituzaingó (conocida como Arenas “Puelches”). Sobre ellas y hasta la superficie, se apoyan sedimentos cuaternarios de granulometría más fina (arenas finas a limos, con arcillas) de origen eólico, de aproximadamente 6m de espesor promedio. Esta secuencia sedimentaria que concuerda con las descripciones regionales (Fili y Tujchneider, 1977; Bojanich et al., 1983; Iriondo y Kröling, 1995; Tujchneider, 2005) da lugar a un acuífero multicapa que estaría

comportándose como libre con drenaje diferido. La recarga de este acuífero es principalmente directa proveniente de las precipitaciones y eventualmente de los cuerpos de agua superficial con los que se encuentra hidráulicamente conectado (D'Elia et al., 2011).

El clima de la ciudad es templado y húmedo. La temperatura media anual es de 19,7°C para el período 1920 - 2007. Las mayores temperaturas medias mensuales se registran entre los meses de noviembre a marzo, alcanzando el máximo valor en el mes de enero (alrededor de 26°C) y el mínimo en los meses de junio y julio (alrededor de 12°C). La precipitación media anual para el período 1901-2007 es de 1007mm, con un valor máximo observado de 1825mm en el año 1914 y un mínimo de 480mm en el año 1910. Las máximas precipitaciones medias mensuales se registraron desde noviembre a abril superando los 100mm. Los meses de invierno son los menos lluviosos con montos de precipitación del orden de los 30mm en promedio (Pagliano, 2008).

Como se ha mencionado anteriormente, la ciudad de Santa Fe se encuentra emplazada entre los valles de inundación de los ríos Paraná y Salado. La laguna Setúbal baña la costa este de la ciudad de Santa Fe; es alimentada principalmente por el río Paraná a través del arroyo Leyes y en menor medida por los arroyos Saladillos y Aguiar. Posee una pendiente hidráulica que varía entre 1 y 2cm/km (Ramonell, 2005) y presenta alturas máximas ordinarias durante marzo y abril y mínimas en septiembre y octubre, acompañando el régimen del río Paraná. Las máximas crecidas históricas del río Paraná se registraron durante los años 1977, 1983, 1987. Por su parte, el río Salado nace en Salta y atraviesa la provincia de Santa Fe en su tramo inferior, hasta desembocar en el riacho Santa Fe, entre las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé. El caudal módulo del río Salado en ese tramo es de 121m<sup>3</sup>/s. Los caudales máximos ordinarios se registran durante los meses de marzo y abril. Las máximas crecidas históricas del río Salado se registraron en los años 1973, 1998 y 2003, con caudales máximos de 2430m<sup>3</sup>/s, 2672m<sup>3</sup>/s y 3954m<sup>3</sup>/s, respectivamente (INA-CFI, 2006).

La ciudad cuenta con una red de desagües pluviales y obras complementarias. El sistema de descarga final de las cuencas hídricas urbanas está compuesto por reservorios y estaciones de bombeo destinados a reducir la vulnerabilidad hídrica de estos sectores. Particularmente el área de estudio se enmarca en el área de aporte superficial denominada Zona Periurbana Norte. Esta área está subdividida en dos subáreas: el área este, cuya superficie tributa a la laguna Setúbal y el área oeste que tributa hacia el río Salado. Ambas están separadas por las vías del ferrocarril que conforma prácticamente la divisoria física del sistema de desagües de excedentes pluviales. Existen “cuencas centrípetas” que son cuencas cerradas que aportan a bajos naturales o son contenidas por el terraplén de las vías del ferrocarril (Municipalidad de Santa Fe – INA, 2000).

En lo que respecta a los servicios sanitarios de la ciudad, el 95% de la población cuenta con servicio de agua potable y el 65% con sistema de cloacas, ambos brindados por la empresa Aguas Santafesinas S.A. El agua para abastecimiento proviene de una toma de agua superficial del río Colastiné, luego es tratada en una planta de tratamiento ubicada en el sector este de la ciudad y finalmente distribuida por red a los usuarios. El 5% restante de la población se abastece de agua a través de perforaciones comunitarias y/o domiciliarias. Desde 1996 hasta 2010 funcionó en el sector norte del ejido urbano el relleno sanitario de la ciudad. En la

actualidad se encuentra operando una nueva planta de disposición de residuos sólidos urbanos en el sector noroeste, fuera del cinturón de defensa contra inundaciones de la ciudad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se contó con información de precipitaciones diarias y mensuales de la Estación Hidrometeorológica ubicada en el parque "Carlos Zapata" de la Ciudad Universitaria de Santa Fe y lecturas hidrométricas diarias del río Salado en las estaciones hidrométricas INALI-Santo Tomé y Recreo RP70 y de la laguna Setúbal en la estación hidrométrica Santa Fe-La Guardia. Asimismo, se contó con información referida a la cota del cero de las escalas de los hidrómetros de las estaciones antes mencionadas. Además, en agosto 2012 y marzo 2013 se obtuvieron las cotas del pelo de agua de la cava ubicada en el área de estudio con GPS Diferencial Geodésico RTK Leica 1200.

Durante el período 08/2008–03/2013 se midieron profundidades de niveles freáticos en forma manual en 13 pozos de monitoreo ubicados en el área de estudio con una frecuencia mensual. Estos pozos tienen entre 8 y 15m de profundidad con tramo filtrante de 1,5 a 2m. Particularmente en el pozo de monitoreo P1 se encuentra instalado un freatígrafo por transducción de presión Global Water GW16, donde se almacenan registros en forma continua con frecuencia horaria.

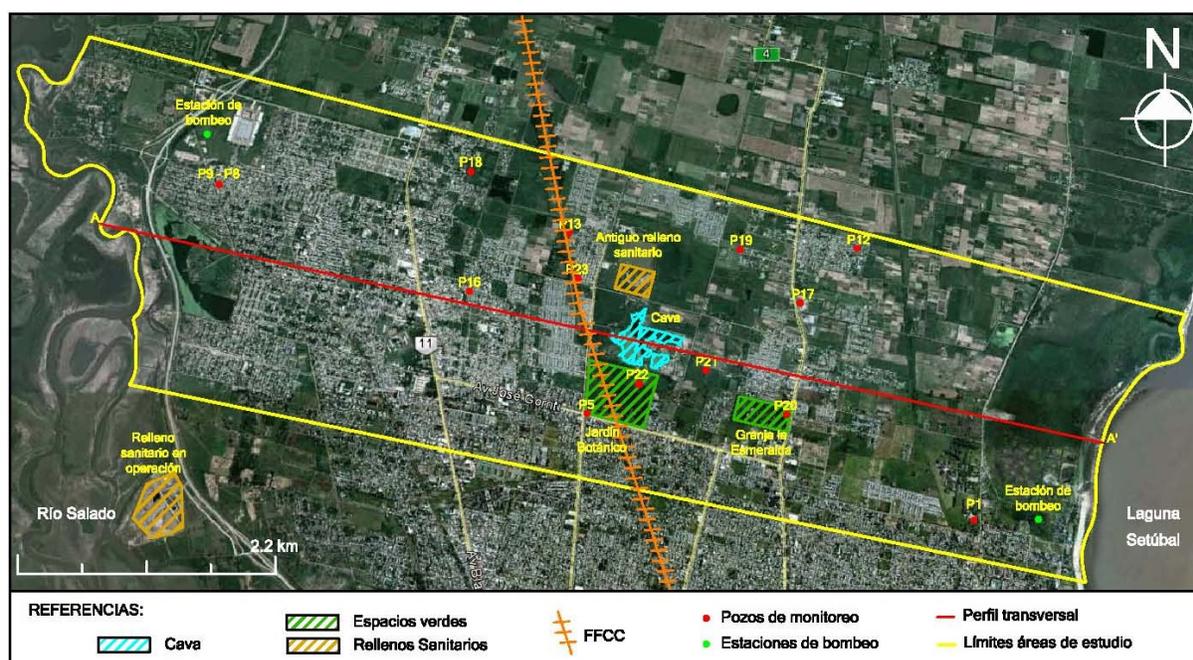
En agosto de 2012, se efectuó una batimetría de la principal cava del centro norte de la ciudad, utilizando una sonda ecógrafa Raytheon de 210kHz montada sobre una embarcación de 6,4m de eslora, conectada a un sistema de posicionamiento global con corrección diferencial cinemática a tiempo real (GPS Diferencial Geodésico RTK Leica 1200).

En la Tabla 1 se sintetiza la información disponible, el período de registro, la frecuencia de medición y la fuente de información, y en la Figura 2 se presenta la localización de los pozos de observación, cava de la ciudad y sitios de interés.

**Tabla 1.-** Información disponible

Registro	Ubicación/ Identificación	Período de medición	Frecuencia de medición	Fuente de información
Precipitación	Estación hidrometeorológica FICH-UNL	02/1989-03/2013	Diaria	CIM-FICH-UNL(1)
Lectura hidrométrica río Salado	Estación hidrométrica INALI-Santo Tomé	01/2003-03/2013	Diaria	CIM-FICH-UNL(1)
Lectura hidrométrica río Salado	Estación hidrométrica Recreo RP70	01/2003-03/2013	Diaria	CIM-FICH-UNL(1)
Lectura hidrométrica laguna Setúbal	Estación hidrométrica Santa Fe – La Guardia	03/1992-03/2013	Diaria	SRH (2)
Profundidad del nivel freático	Pozos de monitoreo P1, P5, P8, P9, P12 y P13	08/2008-03/2013	mensual	GIG-FICH-UNL(3)
Profundidad del nivel freático	Pozos de monitoreo P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22 y P23	11/2009-03/2013	mensual	GIG-FICH-UNL(3)
Profundidad del nivel freático	Pozo de monitoreo P1	12/2009-03/2013	Horaria	GIG-FICH-UNL(3)
Cota pelo de agua	Cava	08/2012 y 03/2013		GIG-FICH-UNL(3)

(1) Centro de Informaciones Meteorológicas “Lic. Enrique Rodríguez” de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas – Universidad Nacional del Litoral; (2) Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación; (3) Grupo de Investigaciones Geohidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas – Universidad Nacional del Litoral.

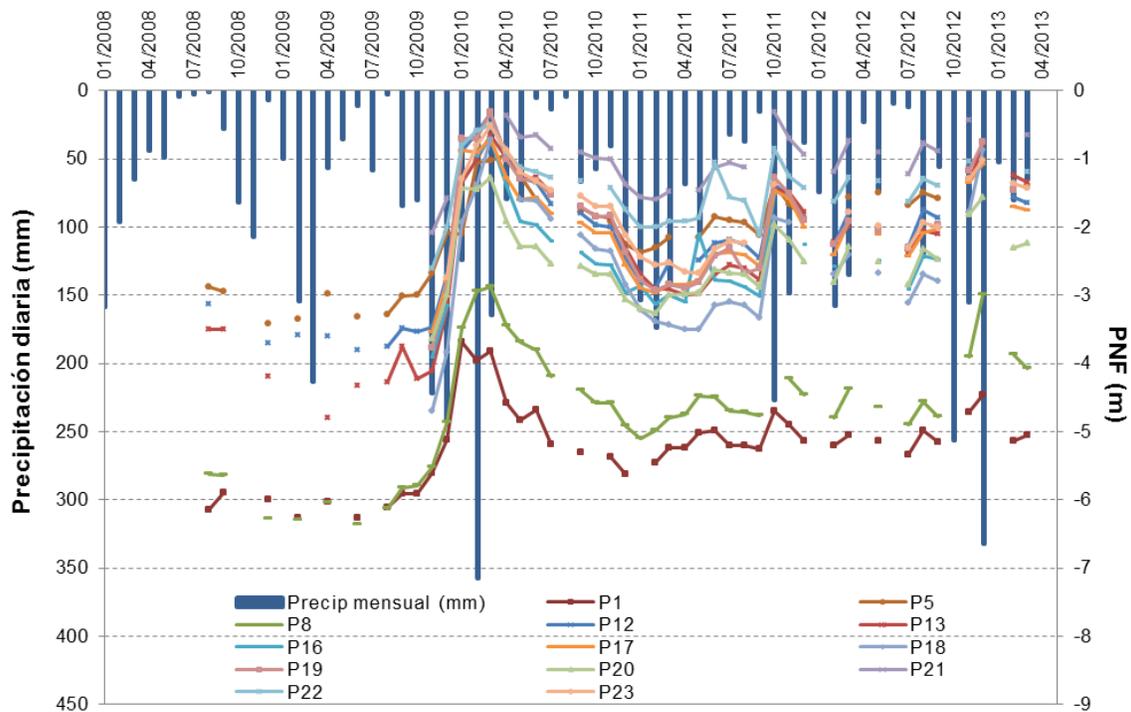


**Figura 2.-** Ubicación de los pozos de monitoreo.

Se analizó la evolución en el tiempo de los niveles freáticos conjuntamente con las precipitaciones diarias y mensuales y las alturas hidrométricas del río Salado y laguna Setúbal; se estimó la capacidad de almacenamiento de la cava ubicada en el centro del área de estudio sobre la base de la información obtenida en la batimetría. A fin de establecer la vinculación hidráulica de la cava con el sistema acuífero así como las posibles áreas de recarga, circulación y descarga del mismo, se realizó el análisis de la variación espacial de los niveles freáticos, en dos fechas coincidentes con la determinación de la cota del pelo de agua de la cava utilizando Surfer 8 (Golden Software, 2004) y un perfil oeste-este (A-A').

## RESULTADOS

Del análisis de las fluctuaciones de los niveles freáticos, se evidenció un comportamiento similar en todos los pozos de monitoreo durante el período 08/2008-03/2013. La profundidad del agua subterránea (PNF) varió desde unos pocos cm de la superficie del terreno, hasta 7m aproximadamente. Los ascensos de niveles freáticos se presentan principalmente en verano y otoño como respuesta a la llegada de agua al acuífero en los meses más lluviosos. Particularmente, en el período 10/2009-03/2010 precipitaron 1191mm, monto superior al promedio anual observado para el período 1901-2007. Como consecuencia de ello, se registró un ascenso de los niveles freáticos de aproximadamente 2,7m en promedio en todos los pozos de monitoreo (Figura 3).



**Figura 3.-** Profundidad del nivel freático vs precipitaciones mensuales

El agua precipitada tarda entre uno y varios días en alcanzar el nivel acuífero. Esto se puede observar en la Figura 4 donde se presentan los registros diarios de PNF del pozo de monitoreo P1 y las precipitaciones diarias.

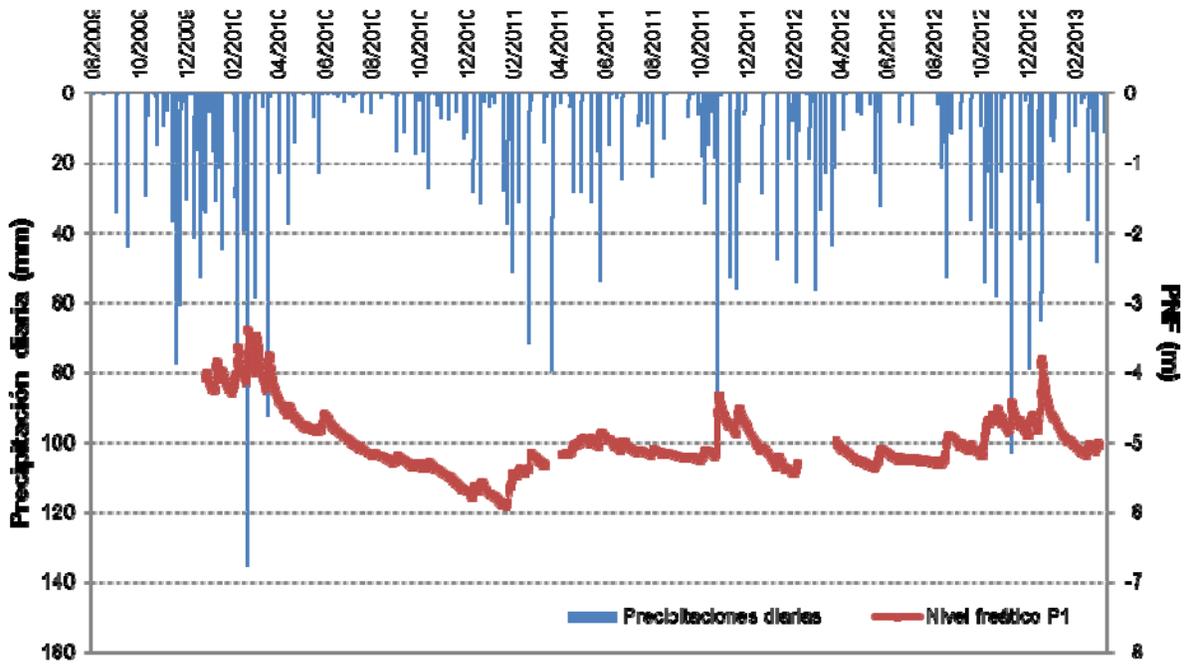


Figura 4.- Profundidad del nivel freático en P1 vs. precipitación diaria

El nivel freático en el pozo de monitoreo P8 (ubicado al oeste del área de estudio) es superior al nivel del río Salado en prácticamente todo el período de análisis (08/2008-03/2013) (Figura 5) indicando que el acuífero descarga en el río (río efluente). Sin embargo, durante los meses de noviembre y diciembre de 2009 los niveles freáticos son similares o inferiores a los del río, lo que sugeriría que se invierte esta relación (río influente).

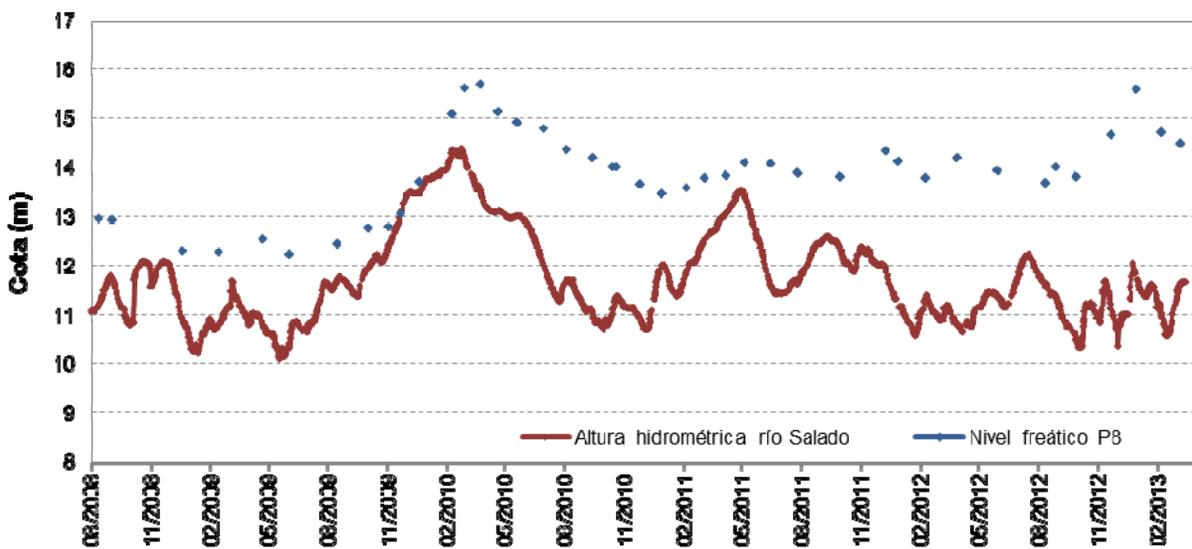


Figura 5.- Nivel freático P8 vs. alturas hidrométricas río Salado

En el sector este del área de estudio, particularmente en el pozo de monitoreo P1, los niveles freáticos observados superan a los niveles de la laguna Setúbal durante todo el período 12/2009-03/2013 indicando el carácter efluente de esta última (descarga del acuífero a la laguna) (Figura 6).

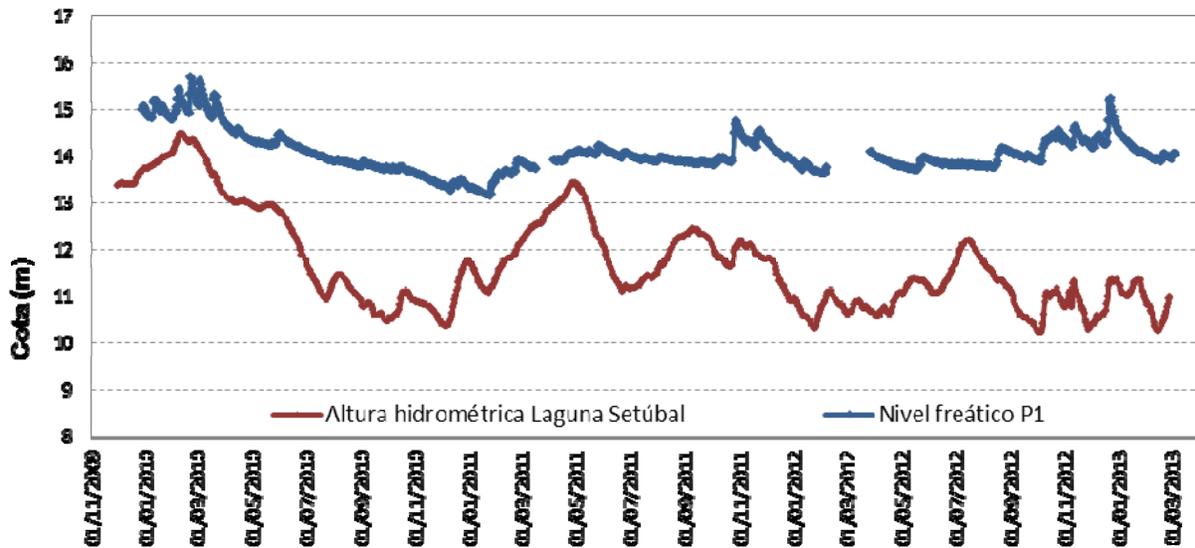


Figura 6.- Nivel freático P1 vs. alturas hidrométricas laguna Setúbal

A partir de la información obtenida de la batimetría realizada en agosto de 2012 se determinó que la cava tenía una profundidad máxima de 2,5m. Esto indicaría que el lecho de la misma se encuentra en los sedimentos cuaternarios de la columna hidrogeológica local. El volumen de almacenamiento estimado fue de aproximadamente  $0,13\text{Hm}^3$ . Para marzo de 2013 la capacidad de almacenamiento estimada fue de  $0,16\text{Hm}^3$  y, considerando una altura de agua en la cava coincidente con el nivel del terreno, se estimó un almacenamiento máximo de  $0,32\text{Hm}^3$ .

Las curvas isofreáticas correspondientes a agosto 2012 y marzo 2013 se trazaron con una equidistancia de 0,25m. y se presentan en la Figura 7. En ella se puede observar que los mayores niveles freáticos se presentan en el sector central del área de estudio, superando los 15,75m en las dos fechas analizadas. Este sector podría considerarse como una de las áreas de recarga del acuífero. Los menores niveles freáticos se presentan hacia los sectores este y oeste corroborando que en esas zonas se produce la descarga del acuífero. La altura del pelo de agua de la cava fue de 15,43m y 15,66m en agosto de 2012 y marzo de 2013, respectivamente. En la Figura 8 se presenta un perfil oeste-este (A-A') donde se puede distinguir la vinculación hidráulica entre la cava y el sistema acuífero, así como la relación de este último con los cuerpos de agua superficiales. En ambos casos, podría inferirse el carácter efluente de la cava.

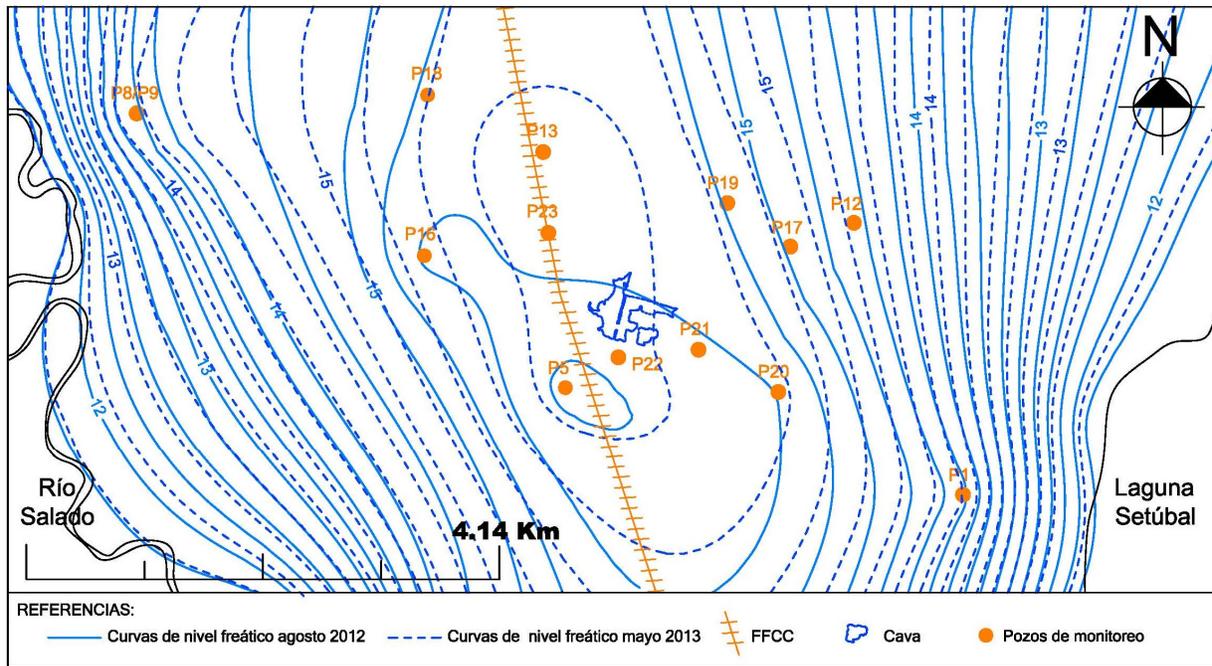


Figura 7.- Curvas isofreáticas

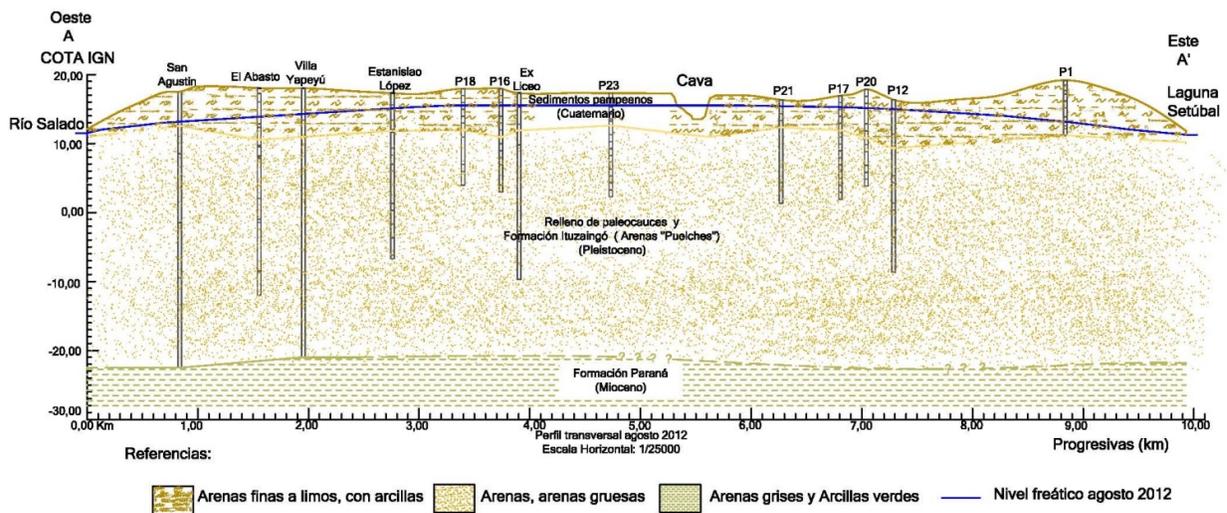


Figura 8.- Perfil oeste-este (A-A')

## CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos han permitido establecer el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hídrico subterráneo en el área de estudio y su relación con el sistema hídrico superficial:

- Los niveles freáticos tienen un comportamiento similar en todos los pozos de monitoreo durante el período de análisis. Los ascensos se producen como respuesta a la llegada de agua de

recarga proveniente de las precipitaciones. En épocas de lluvias escasas o nulas los niveles descienden, indicando que el agua del acuífero continúa su circulación hacia la zona de descarga.

- La zona de recarga del acuífero se encuentra en el centro del área de estudio. En esta zona la impermeabilización por la urbanización es menor, las calles no son asfaltadas, existen importantes espacios verdes -Jardín Botánico y Granja La Esmeralda- y áreas destinadas a la horticultura y en menor medida al cultivo de soja y/o alfalfa. Además, existen depresiones o cavas -zonas de préstamo por ladrilleras y construcción del antiguo relleno sanitario- que están hidráulicamente conectadas con el acuífero.
- La descarga del acuífero se materializa hacia el río Salado al oeste y hacia la laguna Setúbal al este, aunque en épocas de crecidas, estos cuerpos de agua podrían alimentar al acuífero. De esta manera, los reservorios que forman parte del sistema de descarga final de las cuencas hídricas urbanas, se encuentran en la zona de descarga del acuífero.
- La divisoria de aguas subterránea prácticamente coincide con la divisoria física del sistema de desagües de excedentes pluviales conformada por las vías del ferrocarril.

Sobre la base de este modelo conceptual de funcionamiento, se prevé la modelación matemática de flujo del sistema acuífero y la simulación de escenarios que contemplen distintas situaciones: crecidas extraordinarias de los ríos Salado y Paraná (laguna Setúbal), recarga por lluvias intensas, importación de agua por la extensión de la red de agua potable, almacenamiento de agua en reservorios.

Por otra parte, se realizó una primera estimación de la capacidad de almacenamiento de la principal cava ubicada en el centro del área de estudio y se corroboró que la misma se encuentra hidráulicamente conectada con el acuífero. En este sentido, se continúan las investigaciones tendientes a establecer el balance hídrico en la cava, de manera de evaluar en forma más ajustada el volumen de agua que podría recibir por excedentes pluviales.

Finalmente, se considera que esta investigación constituye una valiosa herramienta para que el Municipio de la ciudad de Santa Fe elabore pautas de manejo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la zona norte de la ciudad.

## REFERENCIAS

- Bojanich E., A. Risiga, M. Filí (1983) "Características geohidrológicas de los acuíferos de un sector de la llanura Chaco-Pampeana". En: Actas Coloquio Internacional sobre Hidrología de las grandes llanuras. Pp.: 1241-1271. Abril de 1983. Olavarría, Buenos Aires, Argentina.
- CFI, INCyTH (1992) "Estudio de la delimitación de áreas de riesgo hídrico en Santa Fe. Tomo I Sistema Paraná". Consejo Federal de Inversiones. Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas. Centro Regional Litoral.
- CFI, INCyTH (1992) "Estudio de la delimitación de áreas de riesgo hídrico en Santa Fe. Tomo II Sistema Salado".

- Consejo Federal de Inversiones. Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas. Centro Regional Litoral.
- D'Elia M., Paris M., Pérez M., Tujchneider O., Pusineri G., Gualini S., Pagliano M. (2008) "Evaluación del peligro de contaminación de las aguas subterráneas en situaciones de riesgo hídrico en la ciudad de Santa Fe, Argentina. Primera Fase". XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Cartagena de Indias, Colombia, setiembre de 2008. Trabajo completo en CD.
- D'Elia M., Paris M., Tujchneider O., Perez M., Pagliano M., Gualini S., Fedele A. (2011) "Agua subterránea en áreas urbanas". VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano-Latinoamericano Sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Captación y modelación de Agua Subterránea. Salta, Argentina. Trabajo completo en CD.
- Fili, M.; Tujchneider, O. (1977) "Características geohidrológicas del subsuelo de la Provincia de Santa Fe (Argentina)". Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, Tomo 8, pp. 105-113.
- Gobierno de la Ciudad de Santa Fe (2008, a) "Plan Urbano Santa Fe Ciudad. Lineamientos". Pp. 23. Santa Fe, Argentina.
- Gobierno de la Ciudad de Santa Fe (2008, b) "Plan de Desarrollo Santa Fe Ciudad". Pp. 25. Santa Fe, Argentina.
- Gobierno de la Ciudad de Santa Fe (2010) "Concurso de ideas de estudiantes para el parque del norte de la ciudad de Santa Fe". Pp. 20. Santa Fe, Argentina.
- Golden Software, Inc. (2004) Surfer Version 8.05
- Iriondo M.; Kröhlhing D. (1995) "El sistema eólico pampeano". Comunicación del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino. Vol. 5, Tomo I, 68 pp. Santa Fe, Argentina.
- INA-CFI (2006) "Estudio de la delimitación de áreas de riesgo hídrico en Santa Fe. (Actualización del Estudio de 1992)". Instituto Nacional del Agua. Centro Regional Litoral. Comitente: Consejo Federal de Inversiones.
- Municipalidad de Santa Fe –INA (2000) "Plan director de desagües pluviales de la ciudad de Santa Fe". Convenio entre Municipalidad de Santa Fe e Instituto Nacional de Agua y Ambiente.
- Pagliano, M. L. (2008) "Evaluación de las posibilidades de recarga en áreas urbanas". XII Encuentro de Jóvenes Investigadores de la UNL. III Encuentro de Jóvenes Investigadores de Universidades de Santa Fe. Resumen en CD. Santa Fe.
- Ramonell, C. G. (2005) "Geología y geomorfología de la laguna Setúbal y su entorno (Santa Fe, Argentina)". Tomos 1 y 2. Trabajo Final de Licenciatura en Ciencias Geológicas, Universidad Nacional de San Luis. Inédito.
- Tujchneider O., M. Paris, M. Pérez, M. D'Elia (2005) "Singularidad constitutiva de sistemas geohidrológicos de llanura y gestión de los recursos hídricos subterráneos". Revista Latino-americana de hidrogeología. Diciembre 2005, volumen 5, pp. 117-121. ISSN: 1676-0999.
- CFI, INA (2006) "Estudio de la delimitación de áreas de riesgo hídrico en Santa Fe. (Actualización del Estudio de 1992)". Consejo Federal de Inversiones. Instituto Nacional del Agua. Centro Regional Litoral.