

ESCALAS TEMPORALES Y ESPACIALES EN EL MODELADO DE LA DINÁMICA DE LA RECARGA EN ACUÍFEROS

Dardo Guaraglia¹, Eduardo Kruse², Silvina Carretero², Alessandro Pezzoli³ y Lucía Gomez²

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Facultad de Ingeniería, Departamento de Hidráulica, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), 1 y 47, 1900, La Plata, Argentina, Tel.: +54-221-4236684. e-mail: dardoguaraglia@gmail.com

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), 64 No. 3, 1900, La Plata, Argentina, Tel.: +54-221-4249049, Fax: +54-221-4258252
e-mail: kruse@fcnym.unlp.edu.ar, scarretero@fcnym.unlp.edu.ar, luciagomez_lp@yahoo.com.ar

³ Politecnico di Torino & University of Turin (Italy), World Habitat Cooperation Centre - WHCC, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio Politecnico di Torino e Università di Torino, Viale Mattioli 39, 10125 Torino (ITALIA)
Tel.: +390110907448, Fax.: +390110433536

Introducción

Cuando se desea planificar la tarea de medición de un fenómeno se debe comenzar con la selección de los instrumentos adecuados, la elección de los lugares de instalación y la definición de la periodicidad del muestreo. Para ello es necesario, previamente, definir la escala espacial y temporal del fenómeno a estudiar.

En algunos estudios sobre la recarga de acuíferos, es suficiente tener series temporales de datos muestreados con una periodicidad de varios días. Dichos datos pueden ser recogidos a cierta distancia del pozo en el cual se estudia la recarga. Cuando se desea diferenciar el efecto de la lluvia y la marea en las variaciones del nivel en un acuífero costero, la dinámica del problema requiere reducir la escala temporal y espacial del sistema de recolección de datos. En este trabajo se estudiaron ambas escalas sobre mediciones de presión atmosférica, nivel freático y precipitación, tal que resulten adecuadas para caracterizar este tipo de fenómenos transitorios. Los resultados permiten identificar pautas para el diseño de un arreglo instrumental, tal que los datos obtenidos puedan ser utilizados para modelar la dinámica de los niveles en acuíferos costeros, como respuesta a precipitaciones pluviales o mareas.

Las zonas estudiadas se localizan en el sector costero de la provincia de Buenos Aires. Se trata de áreas de cordones arenosos o de conchillas con una pendiente muy suave hacia la costa (este) y hacia la planicie continental (oeste). La composición de los suelos permite una infiltración rápida de la precipitación.

Objetivos

Este trabajo intenta discutir la importancia de las escalas espaciales y temporales de los fenómenos que se desean estudiar en relación a los sistemas de medición. En este caso se apunta a identificar dichas escalas adecuadas al estudio de las variaciones de los niveles freáticos de un acuífero costero. Los datos recogidos podrían utilizarse en modelos numéricos capaces de simular la descarga y recarga de un acuífero en tiempo "cuasi" real.

Materiales y Métodos

Se obtuvieron datos hidrogeológicos y meteorológicos adquiridos durante el estudio del funcionamiento de dos acuíferos costeros. Dichos datos se introdujeron en un modelo basado en una analogía hidráulica - eléctrica, que permite estudiar las variaciones de niveles de un acuífero en función del tiempo con una resolución temporal de pocos minutos. Los datos, que fueron recogidos con otros propósitos, se utilizaron

para evaluar la aplicabilidad del modelo en el estudio de la dinámica de acuíferos costeros frente a variaciones de mareas y precipitaciones (Erskine, 1991; Haipeng Guo, 2010; Jiménez - Martínez, 2013 y Cuello, 2016.).

Se analizaron datos de mareas de dos instrumentos que se encuentran separados menos de dos kilómetros. Los niveles freáticos se obtuvieron mediante sensores de presión sin compensación de presión atmosférica ("divers"). Se analizaron los datos de dos estaciones meteorológicas, una sobre la costa y otra distante 15 km tierra adentro, de las cuales se obtuvieron datos de presión atmosférica. Adicionalmente se contó con datos de precipitaciones medidas en forma manual. La duración de la experiencia fue de aproximadamente dos meses y medio.

Evaluación de Resultados

Los datos de presión atmosférica son fundamentales para la compensación de los sensores de presión conocidos como "divers". En las experiencias realizadas si no se hubieran introducido las compensaciones, los datos de nivel hubiesen tenido errores de alrededor de $\pm 12,5$ cm debidos exclusivamente a la presión atmosférica. El error en la medida de la presión atmosférica se traslada directamente al cálculo del nivel freático, por lo tanto, resulta necesario estimar su orden. Una vez descontados los errores sistemáticos (Guaraglia y Pousa, 2014), se observó que la diferencia de presión entre ambas series temporales es de alrededor de 1,5 mb (1 mb = 1,01974 cm de columna de agua). Las dos series temporales están prácticamente siempre en fase. Esta información indicaría que, en una planicie costera, si se utilizaran los datos de una estación barométrica instalada 15 km tierra adentro, se podría estar introduciendo un error de aproximadamente 1,5 cm de columna de agua en los cálculos del nivel al utilizar "divers".

En relación a los datos de mareas analizados, dos instrumentos que se encuentran próximos, producen mediciones muy similares. Sin embargo, la experiencia de comparar los dos instrumentos, permitió verificar que uno de los mismos tenía fallas periódicas que impedirían obtener series temporales continuas de varios días. Esta falla hubiese dificultado la posibilidad de correlacionar la marea con los niveles freáticos durante períodos prolongados. Afortunadamente, se contaba con el otro instrumento, pero cabe aclarar que no es usual disponer de más de una estación de medición que permita salvar estos errores.

Las variaciones del nivel del acuífero freático en función del tiempo superan los 10 cm/h durante algunas precipitaciones (Figura 1). Por lo tanto, para relacionar la respuesta dinámica del acuífero con la excitación (precipitación), parece adecuado utilizar una estación pluviográfica automática que tome datos en períodos cortos (de algunos minutos). Cuando se compararon

los registros de precipitación diaria de las estaciones meteorológicas disponibles, se observaron diferencias de hasta 24 mm. El análisis de los niveles en dos pozos separados 2,5 km permitió observar que en algunas ocasiones los niveles varían simultáneamente, aunque también se ha detectado que, más de un 50 % de las veces, cuando llueve en uno de los sitios, no llueve en el otro. Este comportamiento indicaría que la lluvia tiene una distribución espacial bastante heterogénea. Por lo tanto, para estudios de la dinámica del nivel de un acuífero es aconsejable utilizar datos de precipitaciones que sean medidos próximos al pozo en el cuál se está registrando el nivel.

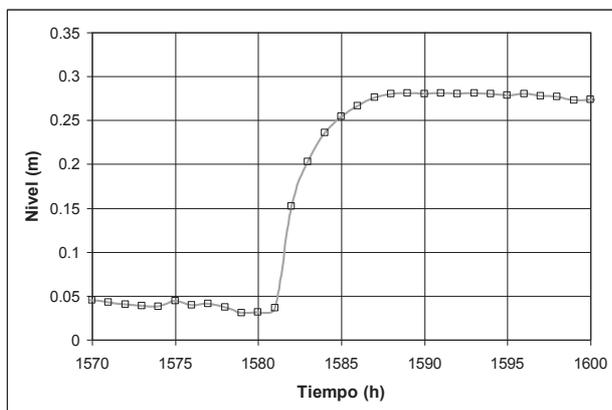


Figura 1.- Variación del nivel freático en función del tiempo, debida a una precipitación.

Respecto de la precipitación, resulta más efectivo realizar mediciones manuales cerca del pozo que tener una estación automática a algunos kilómetros de distancia. Si se optara por realizar estas mediciones, deberían hacerse varias veces por día en períodos cortos y constantes. En lo posible, sincronizadamente con la adquisición de datos del resto de los instrumentos.

Recomendaciones

Debido a la heterogénea distribución de la lluvia, las precipitaciones se deberían medir cerca de los pozos en los cuales se mide nivel. Si entre dos pozos hubiera una distancia que hiciera sospechar que la lluvia podría ser distinta en ambos, se debería contar con más de un pluviógrafo. En cuanto a la escala temporal, una postura conservadora sería verificar cuál es el instrumento que posee la mínima autonomía, y en base a este instrumento estimar el período mínimo de muestreo posible (o la cantidad de muestras máxima por hora). Luego se debería adoptar esta cantidad de muestras para todos los instrumentos. Si los datos resultaran excesivos se podrían fácilmente diezmar.

Es conveniente que todos los instrumentos utilicen la misma base de tiempo, de esta manera, las muestras que se desean comparar estarán medidas simultáneamente. También es importante que al inicio de una campaña de medición, se sincronicen los relojes de todos los instrumentos, y se verifique si hubo corrimientos al finalizar la campaña.

Conclusiones

El análisis de los datos permitió establecer las características que debería tener un sistema de adquisición de datos para un estudio de detalle de problemas hidrogeológicos. Fundamentalmente cuando se analizan variables que contienen información en frecuencias relativamente altas, como lo son las mareas y las precipitaciones.

Se observó que, la utilización de un modelo numérico para el estudio de un acuífero costero sometido a excitaciones de precipitaciones y mareas, requiere escalas temporales y espaciales particulares. Dichas escalas difieren de las utilizadas tradicionalmente en la recolección de datos hidrogeológicos.

La medición de la presión atmosférica efectuada por una estación meteorológica, con el fin de compensar sensores de nivel tipo "divers", podría extenderse a un área de 15 km de radio con centro en la estación, si se aceptan errores en los niveles del orden de $\pm 1,5$ cm. Las importantes variaciones espaciales que presentan las precipitaciones en distancias cortas, indicarían que las mediciones deben hacerse en las proximidades del pozo en el cuál se mide el nivel del agua subterránea. Se comprobó que mediciones alejadas apenas 2,5 km son incompatibles con un estudio a escala de detalle como el propuesto.

Para un terreno horizontal, compuesto de arena y/o conchilla, las variaciones de nivel del agua subterránea observadas en los pozos son rápidas. Por lo tanto, para poder relacionar los niveles con la precipitación, las mediciones de estas últimas deberían hacerse varias veces por hora. También se definió que es muy conveniente efectuar mediciones automáticas en el mismo lugar en el cuál se estudia el nivel del acuífero. Si ello no fuera posible, es preferible recurrir a mediciones manuales locales que a mediciones automáticas lejos del lugar. Las mediciones manuales deberían ser como mínimo horarias.

Referencias

- Cuello J. E. Guarracino L. Monachesi L.B. y Kruse E. E., "Efectos mecánicos inducidos por marea en el acuífero Puelche", IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Hispano -Latinoamericano Sobre Temas actuales de la Hidrología Subterránea, Catamarca, Argentina, 2016.
- Erskine, A.D. "The effect of tidal fluctuation on a coastal aquifer in the UK". Ground Water, Vol 29, nº 4, July-August 1991.
- Guaraglia, D.O. y J.L. Pousa, *Introduction to Modern Instrumentation for Hydraulics and Environmental Sciences*. Editorial: De Gruyter Open, Varsovia, Polonia. Publicado: octubre 2014
- Haipeng Guo, Jiu J. Jiao, Hailong Li, "Groundwater response to tidal fluctuation in a two-zone aquifer", Journal of Hydrology 381 (2010) 364-371
- Jiménez -Martínez, J., Longuevergne L., Le Borgne T., Davy P. Russian A., y Bour O, "Temporal and spatial scaling of hydraulic response to recharge in fractured aquifers: Insights from a frequency domain analysis". Water Resources Research, vol 49, 2013.