

Técnicas térmicas puntuales y distribuidas para la estimación de los flujos de interacción río-acuífero.

Jaime Gaona^{a,b,c}, Jörg Lewandowski^{a,d} y Alberto Bellin^c

^aLeibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, IGB-Berlin, Müggelseedam 310, 12587, Berlin, Germany (gaona@igb-berlin.de)

^bFreie Universität Berlin, Dahlem Research School, Hittorfstraße 16, 14195, Berlin, Germany.

^cUniversity of Trento, Department of civil, Environmental and Mechanical Engineering, Via Messiano 77, 38123, Trento, Italy.

^dHumboldt University Berlin, Geography Department, Rudower Chaussee 16, 12489 Berlin, Germany

Línea temática A | Dinámica fluvial de embalses, estuarios y humedales

RESUMEN

Las interacciones río acuífero son un componente esencial del ciclo hidrológico, así como de todos los fenómenos químicos y biológicos asociados a estos intercambios, para lo que resulta necesario la combinación de diversas técnicas. La cuantificación de estos flujos de interacción entre las aguas superficiales y subterráneas resulta especialmente importante, no sólo para la estimación de los balances hídricos, sino también para la identificación de las áreas de interacción donde los procesos químicos y biológicos asociados al flujo hiporreico (HEF) resultan de tanta trascendencia en el estado de calidad ambiental de las aguas continentales y de transición. Este estudio tiene como finalidad la mejora en la caracterización y cuantificación de los flujos de interacción río-acuífero mediante el uso de técnicas térmicas puntuales y distribuidas, dado las ventajas que presenta la temperatura como trazador de carácter natural, con el fin de comprobar sus capacidades y limitaciones bajo condiciones ambientales naturales.

En una primera fase, se evalúan las técnicas de carácter puntual mediante la aplicación una serie de métodos analíticos y numéricos con el fin de estimar los flujos verticales de interacción en el sedimento. Los métodos analíticos que se incluyen en el software VFLUX aplicado (Gordon et al., 2012) se basan en el análisis de la atenuación de la amplitud o las variaciones de fase de la señal térmica ambiental (como el ejemplo de la figura 1, Hatch et al. 2006) o la combinación de ambas variables (siendo la variante más evolucionada Luce et al., 2013) en profundidad del sedimento. Dichas estimaciones de flujos se comparan con los resultados de la modelación numérica basada en diferencias finitas realizadas con el modelo 1DTempPro, (Koch et al., 2015)) desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Los resultados obtenidos permiten concluir que existen importantes limitaciones a la estimación de flujos con los métodos existentes debido a las complejas condiciones naturales, y especialmente de las derivadas de la heterogeneidad de las propiedades hidráulicas y térmicas del sedimento. De esta sección del estudio se evidencia también la necesidad de involucrar a otras técnicas de naturaleza espacial para solventar la dificultad de las técnicas puntuales para abordar el estudio a mayores escalas.

En una segunda fase, se incorpora al estudio las técnicas térmicas distribuidas, en concreto la técnica basada en fibra óptica (FO-DTS) que aprovecha las propiedades de refracción de Raman en la fibra. Debido a su flexibilidad espacial y precisión (Selker et al. 2006). La fibra óptica es capaz de identificar patrones de temperatura en la interface agua-sedimento que pueden abarcar múltiples escalas desde el cm al km. La aplicación de esta técnica provee información espacial relevante para la comprensión de la influencia de cada factor en los procesos hiporreicos. El reconocimiento de los patrones termales diferenciados del resto de temperaturas de la interface río-sedimento permiten identificar las áreas de interconexión río acuífero. Los resultados desvelan las limitaciones de la técnica de fibra óptica para estimar flujos por sí sola, mientras que las capacidades complementarias entre las técnicas térmicas puntuales y distribuidas abre oportunidades para alcanzar el objetivo de estimación espacial de flujos. En base a ello, la parte final del estudio explora diversos métodos para la extensión del cálculo de los flujos de intercambio de puntual a espacial mediante la modelación de los vínculos entre los patrones térmicos y las propiedades y

formas del sedimento. Las conclusiones obtenidas reflejan los retos que enfrenta la subida de escala de las estimaciones de las interacciones río-acuífero y las oportunidades que se presentan para futuros desarrollos en la materia.

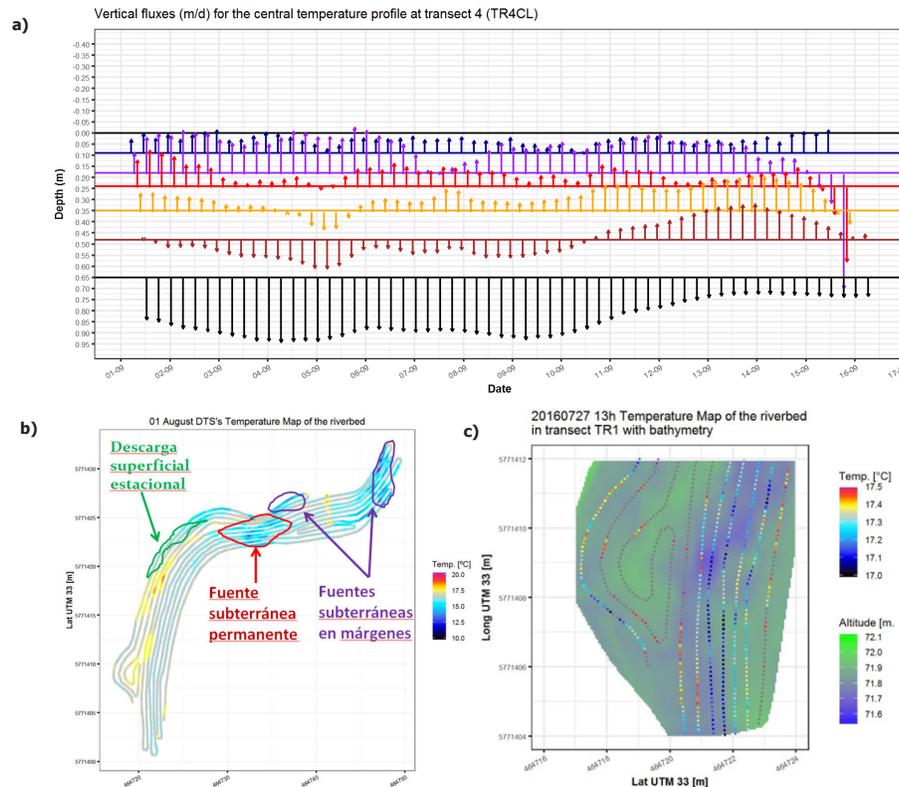


Figura 1 | Ilustraciones de diversos puntos del estudio de flujos de interacción río-acuífero mediante técnicas térmicas puntuales y distribuidas: a) estimación puntual de flujos verticales de interacción río-acuífero sobre el perfil de temperatura TR4CL mediante método analítico, b) identificación de las áreas de interacción río-acuífero a lo largo del tramo de estudio y c) exploración del vínculo térmico entre flujo hiporreico y formas del sedimento.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación de doctorado está financiada por el programa Erasmus Mundus SMART Joint Doctoral Programme (Science for Management of Rivers and their Tidal systems) de la Unión Europea. Agradecemos a Anne Mehrtens, Wiebke Seher, Christine Sturm por su ayuda en campo, a las autoridades del parque natural del valle del Río Schlaube por permitir el acceso al Río, además de a Alessandra Marzadri por su guía en el proceso de análisis y modelado de los procesos hiporreicos

REFERENCIAS

- Gordon, R. P., L. K. Lautz, M. A. Briggs, and J. M. McKenzie (2012), Automated calculation of vertical pore-water flux from field temperature time series using the VFLUX method and computer program, *Journal of Hydrology*, 420, 142-158.
- Hatch, C. E., A. T. Fisher, J. S. Revenaugh, J. Constantz, and C. Ruehl (2006), Quantifying surface water-groundwater interactions using time series analysis of streambed thermal records: Method development, *Water Resources Research*, 42(10).
- Koch, F.W., Voytek, E.B., Day-Lewis, F.D., Healy, R., Briggs, M.A., Werkema, D., and Lane, J.W., Jr., (2015), 1DTempPro: A program for analysis of vertical one-dimensional (1D) temperature profiles v2.0: USGS Software Release, 23 July 2015.
- Luce, C. H., D. Tonina, F. Gariglio, and R. Applebee (2013), Solutions for the diurnally forced advection-diffusion equation to estimate fluid velocity and diffusivity in streambeds from temperature time series, *Water Resources Research*, 49(1), 488-506.

Selker, J. S., Thevenaz, L., Huwald, H., Mallet, A., Luxemburg, W., Van De Giesen, N., Parlange, M. B. (2006). Distributed fiber-optic temperature sensing for hydrologic systems. *Water Resources Research*, 42(12).