

Opinión

Pilar Llorens. 2003. La evaluación y modelización del balance hidrológico a escala de cuenca. *Ecosistemas* 2003/1 (URL: <http://www.aet.org/ecosistemas/031/opinion1.htm>)

La evaluación y modelización del balance hidrológico a escala de cuenca.

Pilar Llorens, Institut de Ciències de la Terra 'Jaume Almera'. CSIC. Solé i Sabarís, s/n. 08028 Barcelona.

La evaluación de los recursos hídricos requiere una correcta estimación del balance hidrológico o de la repartición de la precipitación entre evapotranspiración, escorrentía y recarga de los acuíferos.

La ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca. Como respuesta a estas dificultades, generalmente se admiten dos asunciones, la primera supone que las pérdidas profundas son despreciables (se considera, por tanto, que la cuenca es impermeable), y la segunda admite que las variaciones del agua almacenada en la cuenca son despreciables para un período suficientemente largo (normalmente un año).

Aunque la evapotranspiración es el segundo término en importancia en un balance hidrológico (después de la precipitación), o el primero en regiones áridas y semiáridas, en la actualidad no existe una metodología para medirla a escala de cuenca. Si bien redes de medida de flujos como la FLUXNET (Baldocchi et al., 2001) proporcionan medidas en continuo de la evapotranspiración real, sus resultados no son directamente utilizables a escala de cuenca al ser necesario extrapolarlos espacialmente (Beven, 2001). Por estos motivos la práctica más común en hidrología es determinar la evapotranspiración real a partir de las medidas de precipitación y caudal. Con este método todos los errores en el cálculo del balance de agua se incluyen en el término evaporativo. La utilización de sensores remotos ha abierto amplias expectativas en hidrología (Engman y Gurney, 1991), y concretamente en la estimación de parámetros relacionados con la humedad del suelo y la evapotranspiración, de todos modos en la actualidad las estimaciones obtenidas con estos sensores tienen un grado importante de incertidumbre (Franks y Beven, 1997), que podría posiblemente mejorarse con nuevas aplicaciones y/o sensores complementados con medidas en tierra como las obtenidas con las nuevas técnicas del escintilómetro o del Raman-Lidar (por ej. Chehbouni et al., 1999; Eichinger et al., 2000).

La dificultad en la modelización de la evapotranspiración radica en poder representar los complejos procesos y factores que la determinan de una manera simple. Generalmente, los modelos hidrológicos incluyen componentes más o menos complejos para simular la evapotranspiración, estos componentes pueden ser desde simples relaciones entre el agua disponible en el suelo y un cociente entre la

evapotranspiración real y potencial, hasta submodelos mucho más complejos basados en la ecuación de Penman-Monteith (Monteith, 1965).

Los modelos hidrológicos tienen varias limitaciones para la correcta simulación del balance de agua: (a) Están concebidos para reproducir correctamente los caudales a partir de las precipitaciones (rainfall-runoff models), y aunque en principio todos deberían reproducir correctamente el balance hidrológico no es siempre así (Beven, 2001). Tal como indican Grayson et al. (1992) una correcta simulación de los caudales a la salida de una cuenca no indica necesariamente una correcta modelización de los procesos internos de dicha cuenca. Normalmente para evaluar la bondad de un modelo hidrológico se utiliza el criterio de eficiencia de Nash-Sutcliffe (1970) que compara los hidrogramas observados y simulados, este criterio, al usar las diferencias cuadráticas, tiende a sobre valorar los picos de caudal respecto a los períodos de recesión, siendo estos últimos los que tienen mayor peso en el balance de agua (Anderton et al., 2002). (b) Los modelos de base física, que por definición tendrían que simular correctamente el balance de agua, son de difícil uso debido a la dificultad de parametrización. Por ejemplo el modelo hidrológico distribuido de base física más clásico, el 'SHE – Système Hydrologique Européen' (Abbott et al., 1986a y b), simula la evapotranspiración a partir de la ecuación de Penman-Monteith y del modelo de Rutter et al. (1971), con la dificultad inherente de parametrizar ambos modelos para cada uno de los píxeles de una cuenca. Esta dificultad comporta que usualmente se acaban utilizando relaciones empíricas sencillas para obviar la falta de parámetros.

El desarrollo de los llamados modelos SVAT (Soil-Vegetation-Atmosphere Transfer models), diseñados para representar correctamente los flujos superficiales, que incorporan componentes de simulación de la dinámica de la humedad del suelo, su distribución lateral, y de generación de escorrentía, podrían suponer un avance en la modelización del balance hidrológico. De todos modos, en la actualidad, los resultados de la inter-comparación entre varios esquemas muestran que se producen predicciones de la escorrentía significativamente diferentes (Lohmann et al., 1998). Además, este tipo de modelos tienen dos cuestiones pendientes: (a) la sobreparametrización y la necesidad de estimación de parámetros efectivos a macro-escala (Avisar, 1998) y (b) la necesidad de una mejor descripción de los procesos hidrológicos (Hutjes et al., 1998).

Para acabar, si obtener modelos de balance de agua para las condiciones actuales, de las cuales podemos obtener parámetros y realizar observaciones directas es difícil, el problema se complica cuando se pretende predecir el funcionamiento hidrológico de una cuenca bajo nuevas condiciones climáticas y/o de cambio de usos y cubiertas del suelo.

Referencias

Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell y Rasmussen, J. 1986a. An introduction to the European hydrological system - Système Hydrologique Européen, SHE, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system. *Journal of Hydrology*, 87: 45-59.

Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, Rasmussen, J. 1986b. An introduction to the European hydrological system - Système Hydrologique Européen, "SHE", 2: Structure of a physically-based, distributed modelling system. *Journal of Hydrology*, 87: 61-77.

Anderton, S.P., Latron, J., White, S.M., Llorens, P., Gallart, F., Salvany, C., O'Connell, P.E. 2002. Internal evaluation of a physically-based distributed model using data from a Mediterranean mountain catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(1): 67-83.

Avisar, R. 1998. Which type of soil-vegetation-atmosphere transfer scheme is needed for general circulation models: a proposal for a higher-order scheme. *Journal of hydrology*, 212-213: 136-154.

Baldocchi, D.D., Falge, E., Gu, L., Olson, R.J., et al. 2001. FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem scale carbon dioxide, water vapour and energy flux densities. *Bulletin American Meteorological Society*, 82 (11): 2415-2434.

Beven K. 2001. On hypothesis testing in hydrology. *Hydrological processes*, 15: 1655-1657.

Chehbouni, A., Kerr, Y.H., Watts, C. et al. 1999. Estimation of area-average sensible heat flux using a large-aperture scintillometer. *Water Resources Research*, 35(8): 2505-2512.

Eichinger, W., Cooper, D., Kao, J., Chen, L.C., Hipps, L., Pruger, J. 2000. Estimation of spatially distributed latent heat flux over complex terrain from a Raman lidar. *Agricultural and Forest Meteorology*, 105: 145-159.

Engman, E. Gurney, R. 1991. *Remote sensing in hydrology*. Chapman and Hall, London.

Franks, S.W., Beven, K.J. 1997. Estimation of evapotranspiration at the landscape scale: A fuzzy disaggregation approach. *Water Resources Research*, 33(12): 2929-2938.

Grayson, R.B., Moore, I.D., McMahon, T.A. 1992. Physically based hydrologic modeling. 2. Is the concept realistic?. *Water Resources Research*, 26(10): 2659-2666.

Hutjes, R. W. A., Kabat, A., Running, S.W., Shuttleworth, W.J. et al. 1998. Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle. *Journal of Hydrology*, 212-213: 1-21.

Lohmann, D., Lettenmaier, D.P., Liang, X., Wood, E.F. et al. 1998. The Project for Intercomparison of Land-surface Parameterization Schemes (PILPS) phase 2c. Arkansas River basin experiment: 3. Spatial and temporal analysis of water fluxes. *Global Planetary Change*, 19: 161-198.

Monteith, J.L. 1965. Evaporation and the environment. En: *The state and movement of water in living organisms*. Proceedings of the 19th Symposium, Society of Experimental Biology, Cambridge University Press, London.

Nash, J.E., Sutcliffe, J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual models. *Journal of hydrology*, 10: 282-290.

Rutter, A.J., Kershaw, K.A., Robins, P.C. , Morton, A.J.1971. A predictive model of rainfall interception in forests. I.Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. *Agricultural Meteorology*, 9: 367-384.