



2013

¿Heterogeneidad espacial o no-linealidad en los procesos? Análisis en una pequeña cuenca mediterránea

G. Ruiz-Pérez (guruipr@cam.upv.es), C. Medici, J. Latron, P. Llorens, F. Gallart, F. Francés

INTRODUCCIÓN

Las cuencas mediterráneas están caracterizadas por tener un comportamiento hidrológico no lineal. Simular adecuadamente este comportamiento no-lineal requiere el uso de un modelo hidrológico adecuado. En este sentido, Clark et al., (2011) proponían el uso de múltiples modelos utilizandolos como posibles hipótesis. Demostraron como, en efecto, el conocimiento que se tiene del funcionamiento hidrológico de una cuenca puede aumentar con el uso de diferentes hipótesis. Por todo ello, en este trabajo se plantearon varias hipótesis que podrían reproducir el comportamiento hidrológico no-lineal observado. Concretamente, se implementaron tres modelos hidrológicos: dos modelos agregados denominados LU3 y LU4 (Medici et al., 2008); y uno distribuido denominado TETIS (Francés et al., 2007).

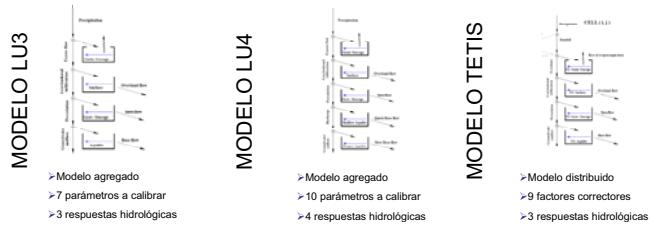
Para determinar cuál era el que mejor reproducía el comportamiento de la cuenca se llevaron a cabo: un análisis de criterios de bondad del ajuste, un análisis de las series residuales, un análisis de sensibilidad y un análisis multi-criterio. Estos análisis trataban de responder a la cuestión: ¿el comportamiento hidrológico no-lineal observado se debe a la variabilidad espacial de la cuenca o es necesario aumentar la complejidad del esquema conceptual del modelo a emplear?

ÁREA DE ESTUDIO



- Cuenca experimental de Vallcebre
- Área: 0.56 km²
- Suelo limo-arcilloso
- Profundidad suelo: 0.15 – 3.0 m
- Estructura en terrazas

MODELOS HIDROLÓGICOS



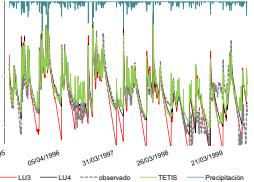
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

ÍNDICES DE BONDAD DEL AJUSTE

- Índice de Nash-Sutcliffe (E)
- Error en Volumen (%)
- RMSE
- MAE
- RMSE(λ) (caudales pequeños)

$$RMSE(\lambda) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{obs,i}^\lambda - Q_{sim,i}^\lambda)^2}$$

RESULTADOS CALIBRACIÓN



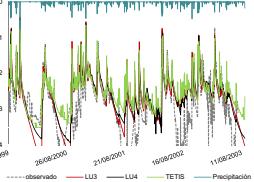
PERÍODO HÚMEDO: 11/05/1995 - 31/08/1999

Modelo	Nash	Error en volumen
LU3	0.810	14.33%
LU4	0.871	8.98%
TETIS	0.822	10.11%

PERÍODO SECO: 01/09/2003 - 31/08/2008

Modelo	Nash	Error en volumen
LU3	0.501	2.39%
LU4	0.60	-11.33%
TETIS	0.670	-16.72%

RESULTADOS VALIDACIÓN



PERÍODO 1: 01/09/1999 - 31/08/2003

Modelo	Nash	Error en volumen
LU3	0.782	27.40%
LU4	0.826	21.70%
TETIS	0.812	21.55%

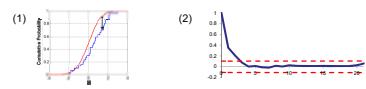
PERÍODO 2: 01/09/2008 - 31/12/2009

Modelo	Nash	Error en volumen
LU3	0.335	54.78%
LU4	0.57	35.48%
TETIS	0.823	32.40%

ANÁLISIS SERIES RESIDUALES

Resultado óptimo: Ruido blanco

- Media cero
- Distribución normal → Test Kolmogorov-Smirnov (1)
- No autocorrelación
- No correlación cruzada con el input
- Homocedasticidad



Más información: Ancho banda (90%)

- Percentil 5%
- Percentil 95%

MEDIA	MEDIA	Calibración		Validación	
		LU3	LU4	TETIS	LU3
6.64E-04	6.46E-03				
7.56E-04	1.49E-03				
6.60E-04	1.42E-03				

(2) NORMALIDAD	D _{KS}	LU3		LU4	
		0.287	0.384	0.294	0.386
		0.274	0.284		

AUTOCORRELACION	Lag (días)	LU3		LU4	
		6	5	6	5
		6	3	6	3

CORRELACION CRUZADA	Lag (días)	LU3		LU4	
		3	4	3	4
		3	3	3	3

PERCENTILES	ANCHO	LU3		LU4	
		0.0139	0.0128	0.0123	0.0073
		0.0131	0.0017		

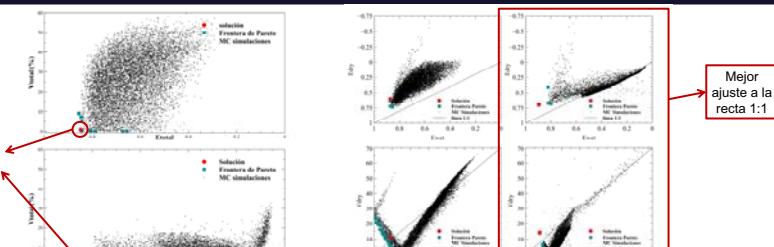
ANÁLISIS MULTI-OBJETIVO

OBJETIVOS

- Resultado de calibración incluido en la frontera de Pareto
- Capacidad para reproducir igualmente bien períodos secos y húmedos con un mismo conjunto de parámetros

RESULTADOS

Los resultados de calibración están dentro de la frontera de Pareto



CONCLUSIONES

Índices de bondad del ajuste:

- El modelo LU3 obtiene los peores resultados
- El modelo LU4 y el modelo TETIS, resultados muy similares
- El modelo TETIS resultados ligeramente mejores

Análisis de los residuos:

- Difícil extraer una conclusión clara
- El modelo TETIS resultados ligeramente mejores

Análisis de sensibilidad:

- Necesarias las dos respuestas para el acuífero: lenta y rápida
- Mecanismo no-lineal: menos importante que los tiempos de residencia

Análisis multi-objetivo:

- Modelo TETIS mayor capacidad para reproducir tiempo seco y húmedo con mismo conjunto de parámetros

La variabilidad espacial y, en concreto, la estructura en terrazas juega un papel clave en el funcionamiento hidrológico de la cuenca que con los modelos agregados es imposible modelizar sin aumentar la complejidad del esquema conceptual incluyendo respuestas adicionales y mecanismos no-lineales difíciles de justificar.

REFERENCIAS

- Clark, M. P., D. Kavetski, and F. Fenicia (2011), Pursuing the method of multiple working hypotheses for hydrological modeling, *Water Resour. Res.*, 47, W09301.
- Francés, F., Vélez, J. I., Vélez, J. J., 2007. Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology*, 332: 226-240.
- Medici, C., Buttinari, A., Bernai, S., Vázquez, E., Sabater, F., Vélez, J. I., Francés, F., 2008. Modelling the non-linear hydrological behavior of a small Mediterranean forested catchment. *Hydrol. Process.* 22: 3814-3828.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto ECOTETIS (CGL2011-28776-C02-01). Se ha podido realizar también gracias a los proyectos Montes (Consolider-Ingenio Montes CSO2008-00040) y RespHiMed (CGL2010-18374) financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Las Cuencas de Investigación de Vallcebre funcionan gracias al convenio RESEL entre el CSIC y la DGCION. La contribución de Chiara Medici ha sido posible gracias al programa post-doctoral VAL+Id financiado por la Generalitat Valenciana, APOSTD, y la Jérôme Latron gracias a un contrato de investigador del CSIC en el marco del programa Ramón y Cajal financiado por Ministerio de Ciencia e Innovación.