

EVALUACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO CONCENTRADO FRENTE A DISTINTOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN AREAL DE PRECIPITACIONES

Nicolás Bustos¹, Facundo José Alonso¹ y Nicolás Guillén²

¹Cátedra de Hidrología y Proc. Hidrául., Universidad Nacional de Córdoba (UNC);
Centro de Estudios y Tecn. del Agua (CETA-UNC).

²Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT CONICET/UNC) y CETA – FCEFyN,
Av. Vélez Sarsfield 1611, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.
E-mail: falonso@unc.edu.ar

Introducción

A pesar de que el agua constituye el recurso más elemental y necesario para la vida, todavía existen muchas incertidumbres en relación a los procesos que gobiernan su movimiento dentro de la hidrosfera. Los modelos matemáticos son una de las principales herramientas con que cuenta el hidrólogo para interpretar y simular el comportamiento de una cuenca hidrográfica.

Como indica Alonso (2008), la simulación hidrológica tiene aplicación en las tres principales funciones de la hidrología: la predicción, el proyecto y la planificación. En cuanto a la predicción, una de las principales aplicaciones se da en el campo del pronóstico de crecidas a tiempo real. El pronóstico hidrológico puede ser definido como: aquella parte de la ciencia y de la ingeniería que trata del análisis y asimilación de información hidrometeorológica, así como también del ingreso de esta información en modelos hidrológicos y/o procesos de predicción, a fin de formular las previsiones relativas a los estados futuros de varios de los componentes del ciclo hidrológico, especialmente de los flujos escurridos a través de los cursos de agua.

Una de las etapas más críticas en la aplicación de modelos hidrológicos está asociada al proceso de calibración, es decir, la elección del juego de valores para los parámetros que mejor representen las condiciones locales de la cuenca hidrográfica.

En las últimas décadas se vienen desarrollando, a nivel mundial, nuevos métodos de calibración automática de modelos hidrológicos, heredados del campo de la optimización, que consisten en algoritmos desarrollados para encontrar el valor óptimo de la función objetivo.

En el presente trabajo se realiza la calibración automática multiobjetivo del modelo hidrológico Génie Rural Prevision (GRP), desarrollado en Francia por Berthet et al. (2009) como parte de la familia de modelos Génie Rural (Perrin, 2000). Debido a que se trata de un modelo concentrado, no tiene en cuenta la distribución areal de las precipitaciones, sino que por el contrario, considera un solo valor de lluvia por Δt , calculado como el promedio areal de la lluvia en toda la cuenca en cada intervalo de tiempo.

Ahora bien, dado que el modelo hidrológico es calibrado normalmente con la serie histórica de datos disponibles, el juego de valores de parámetros se encuentra conceptualmente atado a las características hidrológicas, espaciales, y temporales de la serie histórica empleada para calibrar. En particular, al patrón de distribución areal histórico promedio de las precipitaciones en esa cuenca.

Por esta razón, se plantea como hipótesis que los parámetros obtenidos mediante calibración automática empleando la serie histórica de datos, en un modelo conceptual, deberían ajustar adecuadamente aquellos eventos con patrón de distribución areal semejante al histórico de la cuenca. En consecuencia, la hipótesis planteada alcanza a suponer que cuando la precipitación que se presenta manifiesta un patrón de distribución areal marcadamente distinto del histórico, el modelo de pronóstico debería presentar incapacidad de representar dicha situación debido a que los parámetros fueron

calibrados en otras condiciones. La metodología es aplicada sobre la cuenca del río San Antonio (RSA), de la provincia de Córdoba (Argentina) avanzando sobre el procesamiento de la información disponible a los fines de contar con las bases requeridas para llevar adelante los trabajos de evaluación del modelo.

Metodología

La cuenca del RSA cuenta con una red telemétrica de 12 estaciones pluviométricas y 5 limnimétricas (www.ina.gov.ar) que transmiten información a tiempo real a una base de procesamiento operada por el Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua (CIRSA-INA) de la República Argentina.

Estas estaciones están distribuidas con suficiente homogeneidad en la cuenca, como para permitir estudiar el patrón de distribución areal de precipitaciones tanto en términos globales como por evento (Figura 1).

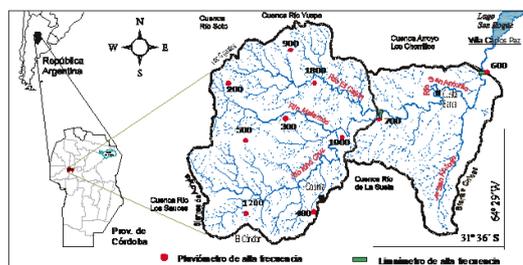


Figura 1.- Cuenca del río San Antonio (Colladon et al., 2006).

Este trabajo contó con un pormenorizado procesamiento y edición de toda la serie histórica de datos hasta el año 2014.

A partir de una herramienta de manejo de imágenes satelitales, se construyó el Modelo Digital del Terreno (MDT) vinculado a la cuenca, de donde fue posible establecer la red de drenaje y las curvas isócronas vinculadas al escurrimiento en toda la cuenca como se muestra en la Figura 2.



Figura 2.- Red de drenaje y curvas isócronas de la cuenca del RSA.

A partir de las curvas isócronas de toda la cuenca, se establecieron cuatro áreas iguales, tales que cada una tiene asociado un valor de curva isócrona promedio. Se definió entonces el concepto de “curvas isócronas de igual área” a aquellas isócronas que dividen la cuenca en áreas iguales. Se establecieron tres isócronas (con los valores de 3,4; 6,1 y 7,5 hs), que dividieron la cuenca en cuatro áreas iguales (cuartiles). A cada una de estas áreas se les asignó un tiempo de aporte al punto de concentración estimado como el promedio aritmético entre los tiempos extremos de las curvas isócronas que lo delimitan. Por ejemplo, a la primer área se le asigna el promedio

entre 0 y 3,4 hs, es decir 1,7 hs es el tiempo estimado de aporte de todo esa área.

Posteriormente se definió un parámetro \hat{t} que permita establecer la posición temporal del núcleo de la precipitación. Se puede imaginar este parámetro como el “baricentro temporal” de la precipitación, y se calcula ponderado por la magnitud de la precipitación en cada cuartil. A partir de esta configuración, se construyeron los polígonos de Thiessen para el promedio histórico de precipitaciones y también para cada evento en particular, y se estimó el parámetro \hat{t} para cada uno conforme se ejemplifica en la Ecuación 1, donde P_i , representa el promedio areal de las precipitaciones en el polígono de Thiessen (A_i) sobre el cual tiene influencia la estación “i”.

$$P2 = P_{1800} \frac{A_{1800}}{A} + P_{1000} \frac{A_{1000}}{A} + P_{300} \frac{A_{300}}{A} + P_{700} \frac{A_{700}}{A} \quad [1]$$

Resultados

Una vez definido el patrón de precipitaciones, el parámetro temporal asociado y los eventos representativos, se llevó adelante un procedimiento de calibración automático del modelo hidrológico concentrado GRP para la serie histórica de lluvias que implicaran diversas distribuciones areales de precipitaciones, es decir distintos valores del parámetro temporal de concentración de la cuenca, y estos fueron comparados con el ajuste del patrón histórico de precipitaciones.

Para ello, se empleó un método de optimización multiobjetivo, basado en algoritmos genéticos, denominado MOCOM-UA (“Multi-Objective Complex Evolution”, University of Arizona), desarrollado por Yapo et al. (1998), con el propósito de encontrar el juego de valores de parámetros que mejor ajuste a estos escenarios. El ajuste ofreció resultados aceptables como se ejemplifica en la Figura 3 para un pequeño tramo de la serie disponible, donde Qsal y Qobs representan los caudales calculados y medidos respectivamente.

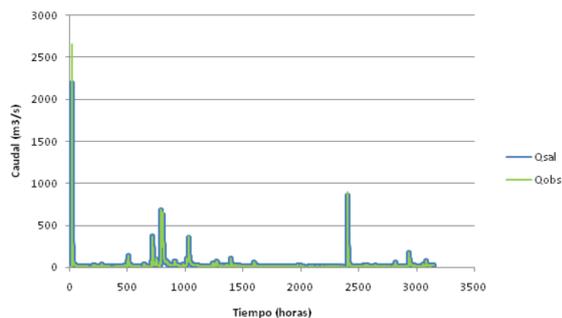


Figura 3.- Ejemplo de ajuste para un evento determinado.

La hipótesis presupone que “a priori” debería esperarse una representación más fiel de los valores observados en aquellos eventos, de la serie históricas de información, en los cuales la distribución areal de precipitaciones se asemeja más al patrón de distribución areal de lluvias que corresponde al promedio de la serie histórica de datos completa.

Conclusiones

En este trabajo se obtuvo una serie histórica de datos de precipitación con paso de tiempo horario de 15 años de longitud, dentro del cual un 95,4% de los datos cuentan con la participación de entre 7 a 10 estaciones, ofreciendo una elevada calidad y confiabilidad de los datos registrados. En cuanto a la serie histórica de caudales, sólo el 64% de este periodo cuenta con

datos de nivel registrados, que fue posible convertir en caudal.

En una primera instancia se analizó si existe una tendencia marcada y definida de distribución areal de precipitaciones en la cuenca en estudio, observando cierta tendencia a mantener constante dicho patrón, sin embargo se observó una cierta dispersión respecto de la media que justificó el análisis puntual de la influencia de dichas particularidades en la performance del modelo para representarlas.

Mediante sistemas de información geográfica (SIG) se determinaron los parámetros geomorfológicos principales de la cuenca del río San Antonio. Se determinó que el área de la cuenca es de 495,2 km², el cauce principal de la cuenca (Icho Cruz + San Antonio) tiene una longitud de 69,47 km y una pendiente media de 0,0244 m/m. Si bien los resultados difieren de algunas bibliografías consultadas, esto se debe principalmente a la forma de trabajo y a la calidad de los datos descargados ya que existen diferentes fuentes de distintos satélites, sin embargo las diferencias son mínimas y se considera que los resultados son válidos.

Respecto del tiempo de concentración de la cuenca del río San Antonio, se lo calculó utilizando diferentes técnicas y formulaciones, que terminó ofreciendo un tiempo de concentración de 10 horas para la cuenca del río San Antonio.

En cuanto a la distribución de las precipitaciones, se pudo verificar que más del 60% de las precipitaciones históricas de la cuenca del río San Antonio, que abarcan 15 años (desde 1995 hasta 2009), se concentran en la cuenca alta. Se verificó que el valor del núcleo temporal de las precipitaciones promedio histórico de la cuenca es de 5,71 hs.

Para las calibraciones de las series evaluadas en este trabajo se observó que la hipótesis planteada, en relación a la tendencia del modelo de representar con mayor precisión aquellos eventos con distribución temporal de precipitaciones semejantes al promedio histórico, no se cumple necesariamente para todos los eventos. En consecuencia, a la luz de los experimentos realizado en este trabajo, no es posible definir una conclusión específica en cuanto a si la hipótesis es válida o no, ya que además no se realizaron suficientes pruebas como para corroborarla.

En consecuencia, se considera que el presente trabajo ofrece una procedimiento ordenado sobre el cual continuar avanzando, con el objetivo de poner a prueba el modelo GRP sobre la cuenca del río San Antonio, evaluar su calidad de ajuste para realizar pronósticos confiables, y estudiar la influencia que un cambio puntual del patrón areal de precipitaciones, respecto del histórico, puede ejercer sobre la performance del modelo concentrado para predecir la magnitud del caudal pico, así como el tiempo en manifestarse.

Referencias bibliográficas

- Alonso, F.J. (2008). Calibración automática de un modelo hidrológico basado en algoritmos genéticos, aplicación a dos cuencas típicas argentinas. *Tesis de Maestría. FCEFN. Universidad Nac. de Córdoba.*
- Berthet, L., Andreassian, V., Perrin, C., Javelle, P. (2009). How crucial is it to account for the antecedent moisture conditions in flood forecasting? Comparison of event-based and continuous approaches on 178 catchments. *Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 819–831, 2009.*
- Colladón, L., Caamaño Nelli, G., Pazos, R. (2006). “Evaluación de un modelo estadístico para pronóstico a tiempo real en una cuenca serrana”. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de la Región Semiárida del Instituto Nacional del Agua.*
- Perrin, C. (2000). Vers une amélioration d'un modèle global pluie-débit au travers d'une approche comparative. *Thèse de Doctorat, INPG (Grenoble) / Cemagref (Antony), 530 pp.*
- Yapo, P.O., Gupta, H.V. and Sorooshian, S. (1998). Multi-objective global optimization for hydrologic models. *Journal of Hydrology. Vol. 204. Pags. 83-97.*