

Validación de Modelos Hidrológicos

Juan Cabrera, Civ. Eng.
Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Civil

1. Introducción

El uso de modelos hidrológicos como herramienta para “pronosticar” caudales para un período de tiempo futuro, incluyendo programas de alerta temprana, implica una pregunta importante: ¿cómo asegurar que el modelo que funciona actualmente se ajustará también para el escenario futuro? Esta pregunta hace necesario complementar el proceso de calibración ya desarrollado con un proceso de validación.

2. Validación de modelos

Refsgaard y Knudsen (1996) definen la validación de un modelo como “el proceso de demostración que el modelo es capaz de hacer predicciones en un lugar específico determinado para períodos fuera del período de calibración”. De esta manera, se dice que un modelo ha sido validado si su precisión y capacidad predictiva en el período de validación muestran errores o límites aceptables.

Como se menciona, la validación de un modelo se hace para un lugar determinado pues es imposible, realizar una validación generalizada (así como es imposible realizar una calibración generalizada).

Usualmente, la validez de un modelo para un período diferente al de calibración se asume como verdadera considerando condiciones futuras similares a las actuales. Estas asunciones son válidas para casos simples como la completación de datos pues el período desconocido se encuentra “dentro” del período calibrado y las características pueden asumirse iguales, pero este no es el caso general.

Transponer un modelo a condiciones que podrían ser diferentes en el tiempo genera una gran incertidumbre. Para superar esta incertidumbre, Klemes (1986) propone un modelo jerárquico el cual será explicado líneas abajo.

3. Modelo jerárquico

Este esquema de validación es llamado jerárquico porque las tareas son ordenadas de acuerdo a su complejidad y las demandas de las pruebas se incrementan en la misma dirección (Klemes, 1986).

Las categorías principales para diferenciar la prueba de validación son:

- condiciones estacionarias (similares al período de calibración); y
- condiciones no estacionarias (diferentes a las del período de calibración).

Cada una de estas categorías se subdivide en dos subgrupos de acuerdo al lugar donde se realizará la simulación:

- si se realiza en la misma cuenca que fue usada para la calibración; o
- si se realiza en una cuenca diferente.

La combinación de estos tipos genera cuatro posibles escenarios. Por ejemplo:

- Si se desea completar una serie de caudales: las condiciones son estacionarias y se trabajará en la misma cuenca.
- Si se desea simular caudales en una cuenca sin registro: las condiciones son estacionarias y se trabajará en otra cuenca.

Un tema importante es la posibilidad de validar un modelo para un período que incluya variaciones en el uso de tierras o causadas por el cambio climático (condiciones estacionarias).

Klemes (1986) propone cuatro pruebas que considera como “mínimas” correspondientes a cada uno de los casos planteados:

a. Prueba de muestra dividida (split-sample test)

Aplicable para condiciones estacionarias y validación en una misma cuenca. En esta prueba, el registro se divide en dos sub-muestras de igual longitud, cada una de las cuales es utilizada en el proceso de calibración y la otra en el proceso de validación, y viceversa; es decir, se deben realizar dos procesos de calibración – validación intercambiando las sub-muestras, y los resultados deben ser comparados entre sí: el modelo se acepta solamente si los resultados son similares y los errores se encuentran dentro de un rango aceptable.

Si el registro disponible de información no permite la división en partes iguales u otra división significativa de las muestras, deberá utilizarse un modelo de nivel superior.

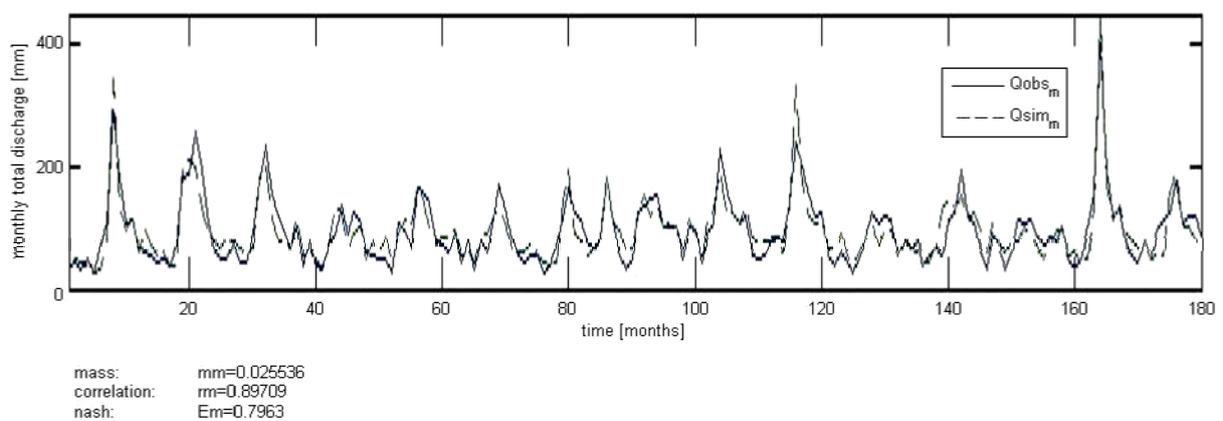


Figura 1 : Ejemplo de aplicación de la prueba de muestra dividida para una serie de caudales mensuales. El período de calibración fue de 1985-1995 (120 meses) y el de validación de 1996-2000 (48 meses). Las medidas de bondad de ajuste sugieren que el modelo se adecua bien.

Fuente: Elaboración propia.

b. Prueba de muestra dividida diferencial (differential split-sample test)

Esta prueba es necesaria para modelos que van a simular caudales en una cuenca determinada para condiciones distintas a las del registro disponible. Requiere una calibración utilizando los datos previos a los cambios de condición, el ajuste de los parámetros para caracterizar los cambios, y la validación en el período siguiente.

Por ejemplo, para simular el efecto de un cambio en el clima, la prueba debe tener la siguiente secuencia: se debe identificar en el registro histórico dos períodos con diferentes valores de los parámetros climáticos de interés, por ejemplo, uno con alta precipitación promedio y el otro con baja. Si el modelo está diseñado para simular el caudal para un clima húmedo, entonces debe ser calibrado en un segmento seco del registro histórico y validado en un segmento húmedo, y viceversa. En general, el modelo debe demostrar su capacidad para llevar cambiar de condiciones secas a condiciones más húmedas o lo contrario.

Si no se puede identificar segmentos con parámetros climáticos significativamente diferentes, el modelo debe probarse en otra cuenca (cuenca sustituto) en la que pueda hacerse la diferenciación. En este caso, se deben utilizar dos cuencas sustituto, calibrar y validar el modelo en ambas

cuenas: solamente si los resultados son similares el modelo se considera adecuado. Es importante mencionar que en este caso, la prueba se realiza en cada cuenca de forma independiente, muy diferente a la prueba de cuenca representativa como se verá más adelante.

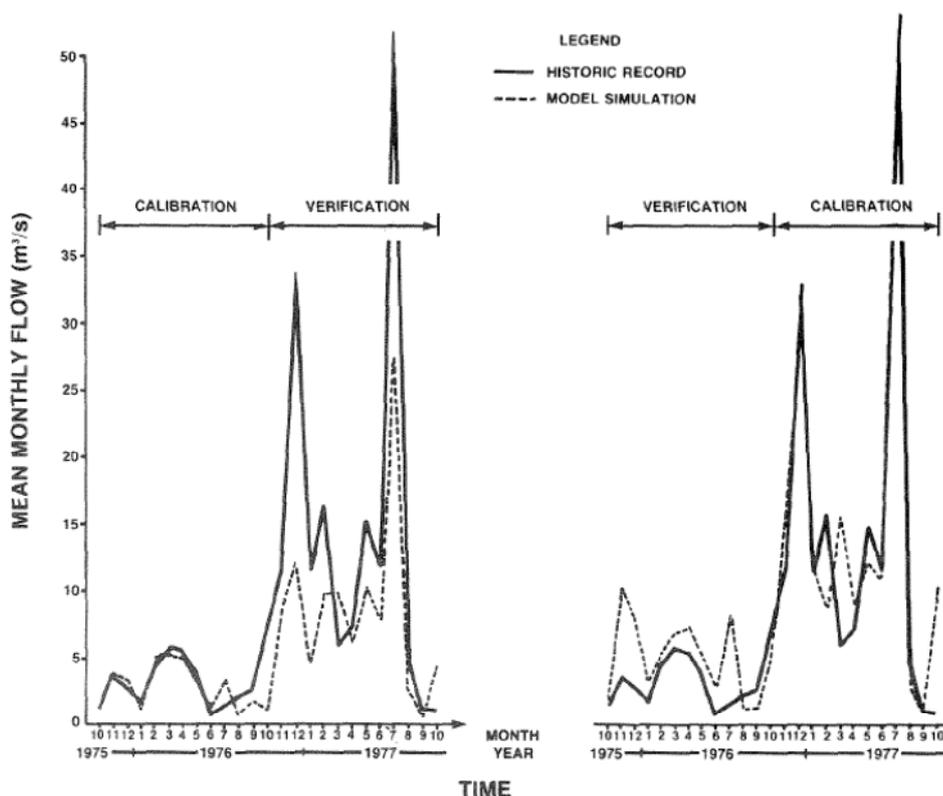


Figura 2 : Ejemplo de aplicación de la prueba de muestra dividida diferencial. Obsérvese los segmentos seco y húmedo, y como el período que fue utilizado para la calibración es posteriormente utilizado para la validación.

Fuente: Klemes, 1986.

c. Prueba de cuenca representativa (proxy basin test)

Se utiliza para transponer geográficamente un modelo. Si el caudal en una cuenca no aforada es C, se deben seleccionar dos cuencas aforadas A y B dentro de la región: el modelo debe ser calibrado en la cuenca de A y validado en la cuenca B y viceversa. Sólo si los dos resultados de la validación son aceptables y similares el modelo tendrá un nivel básico de credibilidad para simular el caudal en la cuenca C.

Esta prueba también se aplica cuando se desea extender el registro de caudales de una cuenca C y los registros no son adecuados para una prueba de muestra dividida; es decir, los registros de C no se utilizan por ser inadecuados y la extensión se trata como la simulación de una cuenca no aforada.

d. Prueba de muestra dividida diferencial de cuenca representativa (proxy-basin differential split-sample test)

Al igual que la prueba anterior, la calibración es indirecta y se utiliza información de otras cuencas. Esta prueba se aplica cuando se busca transponer un modelo geográfica y climáticamente.

La prueba puede tomar diferentes formas dependiendo de la tarea específica involucrada en el modelamiento. En el caso más simple de extrapolación geográfica y climática dentro de una región, la prueba tendrá la siguiente forma: se seleccionan dos cuencas aforadas, A y B, con

características similares a las de la cuenca C y se diferencian segmentos con diferentes parámetros climáticos (por ejemplo, húmedo **h** y seco **s**) en los registros históricos de ambas; luego, para evaluar el impacto de un **escenario de clima seco**, el modelo se calibra primero en **A-h** y se valida en **B-s**, para finalmente calibrarlo en **B-h** y validarlo en **A-s**. El modelo se considera adecuado si los errores de ambas validaciones son aceptables y no difieren significativamente. Análogamente, un modelo diseñado para evaluar el impacto de un **escenario de clima húmedo** tendría que ser calibrado / validado sobre **A-s / B-h**, y en **B-s / A-h**.

4. Referencias

Beven, K. (2006). "Rainfall-Runoff Modelling. The Primer". John Wiley & Sons Ltd. West Sussex, England.

Klemes, V. (1986). "Operational testing of hydrological simulation models". Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques, 31,1, 3/1986

Molnar, P. (2011). "Calibration". Watershed Modelling, SS 2011. Institute of Environmental Engineering, Chair of Hydrology and Water Resources Management, ETH Zürich. Switzerland.

Refsgaard, J. and Knudsen, J. (1996). "Operational validation and intercomparison of different types of hydrological models". Water Resources Research, Vol. 32, No. 7, Pages 2189–2202, July 1996.

Zappa, M. (2011). "PREVAH – Calibration and Verification". Hydrological Processes and Modelling, SS 2011. ETH Zürich. Switzerland.