

INTRODUCCIÓN A LA MODELACIÓN MATEMÁTICA

Por: Efraín Antonio DOMINGUEZ CALLE
Ing. Hidrólogo, M.Sc. Ecología Hidrometeorológica
Ph.D. en Ciencias Técnicas
Página web: <http://mathmodelling.google.com>
e-mail: e.dominguez@javeriana.edu.co

3. El protocolo de modelación matemática

La modelación matemática debe enmarcarse en un número finito de pasos ordenados (Figuras 8, 9 y 10) que conviertan el proceso de modelación en una secuencia lógica, discreta, de acciones orientadas a la obtención de un resultado con la calidad esperada. Exige además formular un cronograma de trabajo con tiempos muy aproximados a los de ejecución. Por ello es necesario plantear un Protocolo de Modelación que permita aplicar en forma sistemática la modelación matemática de procesos hidrológicos. El flujograma planteado a continuación, asegura un desarrollo ordenado en cualquier proyecto de modelación, despreciarlo convierte la modelación matemática en una tarea de derroche de tiempo, aumentando considerablemente los costos de aplicación, y disminuyendo la calidad de los resultados obtenidos. Adicionalmente el protocolo facilita la definición de puntos de enlace con otras actividades y permite integrar la participación de expertos de distintas temáticas en la optimización del modelo en aplicación y en la interpretación de sus resultados.

Durante la modelación matemática de procesos hidrológicos es oportuno seguir el siguiente orden de trabajo:

3.1. Definir el objetivo de la modelación

Toda modelación matemática debe partir de la pregunta ¿para que modelar un proceso? Este análisis permite establecer, que tipo de modelo es más apropiado (aglutinado o distribuido, determinístico o estocástico), con cual precisión se requiere trabajar y cual es el marco de tiempo de ejecución del proyecto de modelación.

3.2. Formulación del modelo conceptual

Con base en el objetivo de la modelación, la disponibilidad de información existente y la factibilidad de realizar o no trabajo de campo, se establece el modelo conceptual, que determina la complejidad de los procesos a tomar en cuenta (cuales se modelan, cuales no se consideran en su totalidad o pueden simplificarse en gran medida) y comprende la percepción del usuario sobre el proceso objeto de modelación.

3.3. Selección del tipo de modelo a utilizar

De acuerdo con el modelo conceptual, se escoge que tipo de modelo es más apropiado.

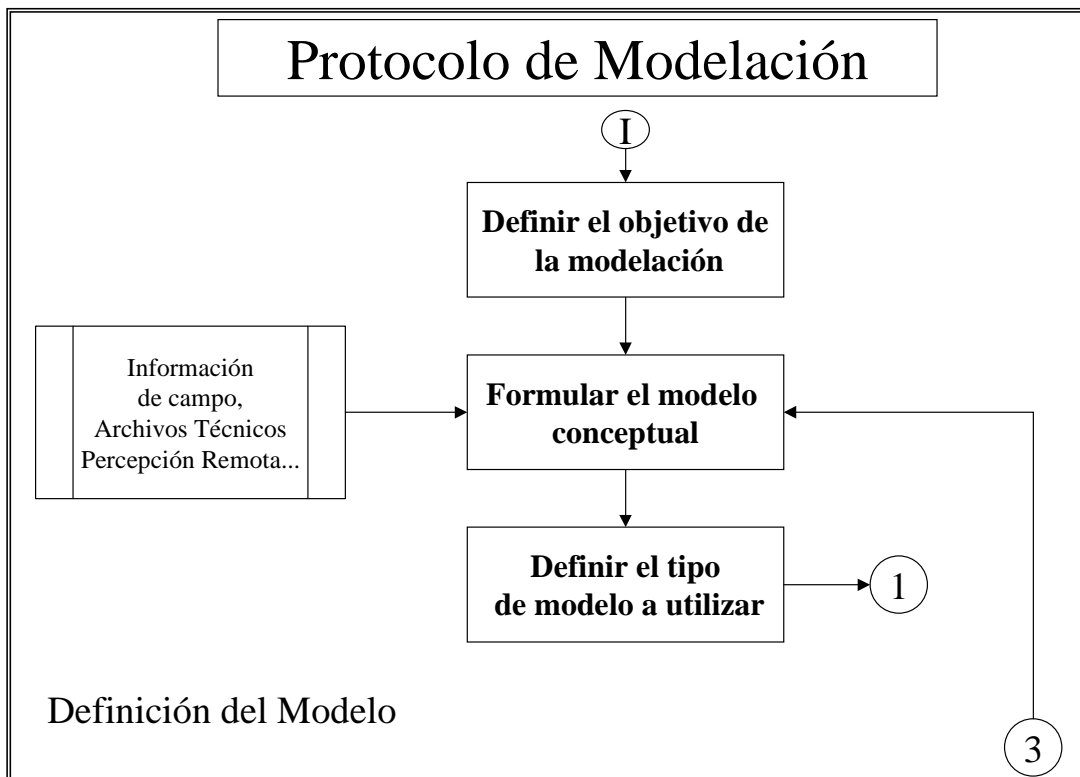


Figura 8. Primera etapa del protocolo de modelación

3.4. Selección del código a aplicar

Es posible que el tipo de modelo escogido, ya esté programado y sea parte de un sistema de modelación comercial, que este disponible a través de la Internet, o que sea producto de investigaciones anteriores. Si existen varias alternativas, estas deben ser analizadas y de ellas se debe escoger la más adecuadas al modelo conceptual y a la disponibilidad de información y recursos económicos.

Si no existen códigos desarrollados, o los existentes no se ajustan al modelo conceptual será necesario desarrollarlos, lo cual implica cubrir las siguientes etapas: a) formulación numérica, b) codificación para el ordenador y c) verificación del código.

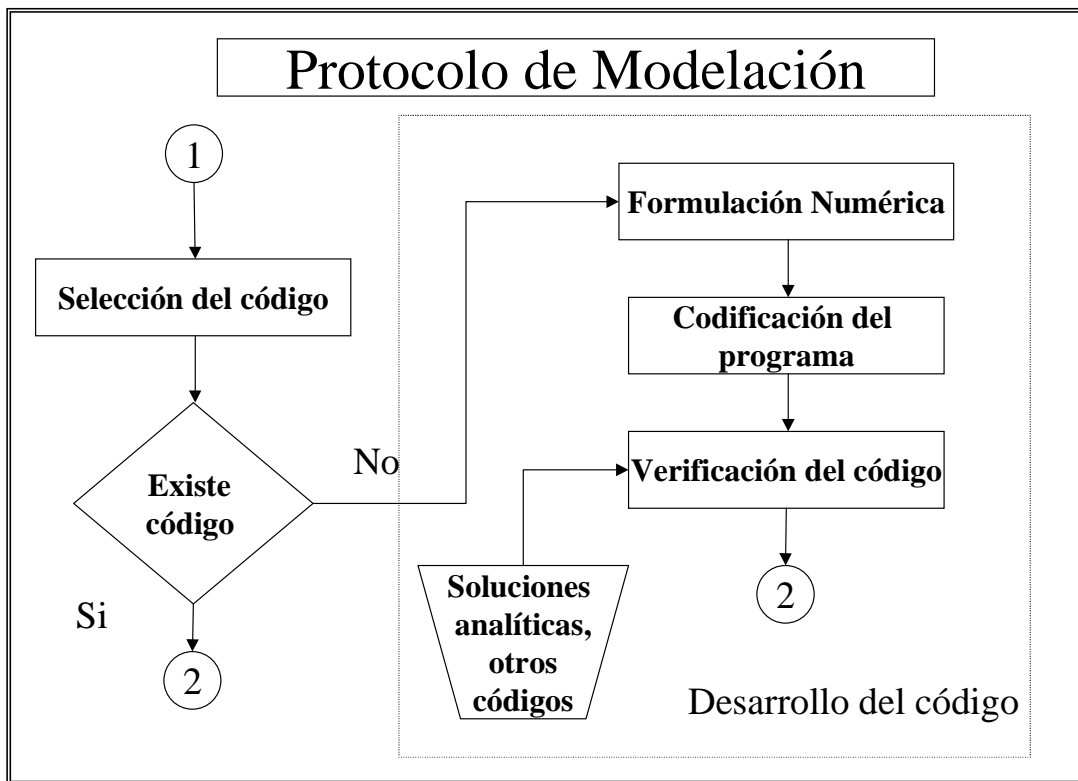


Figura 9. Segunda etapa del protocolo de modelación

3.5. Parametrización del modelo

Con la información disponible, y en algunos casos apoyados en hipótesis de trabajo, se establecen las magnitudes de los parámetros que componen la estructura matemática. Si el valor de los parámetros se obtiene a través de mediciones de campo existentes o adicionalmente programadas, se dice que el modelo se parametrizó. Si el valor de los parámetros se establece a través de la solución del problema inverso, se dice que los parámetros se identificaron.

3.6. Validación del modelo

Con el fin de probar cual es el rango de bondad del modelo, este se parametriza con una parte de la información existente, luego sin cambiar los parámetros encontrados, se prueba el modelo en un rango de datos no utilizados durante la parametrización, calculando el error promedio del modelo. Si este error está dentro de los límites permisibles, se considera que el modelo está validado, de lo contrario se repite el proceso de parametrización hasta encontrar un juego de parámetros que permita pronosticar con una bondad de ajuste adecuada. Existen criterios de validación para determinar cuando el ajuste de lo pronosticado con lo real es adecuado, entre ellos se pueden mencionar el criterio del Centro Hidrometeorológico Ruso (S/σ_{Δ}), el Criterio Bayesiano de Información (BIS – por sus siglas en ingles) empleado por la Nacional Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el criterio de eficiencia de Nash-Suckliffe y el porcentaje de pronósticos acertados (con mayor detalle véase parágrafo 4.).

3.7. Simulación

Con el modelo validado, se puede dar inicio a la simulación bajo las condiciones planteadas, este procedimiento es técnico y solamente hay que verificar que los parámetros e hipótesis planteados estén reflejados en el código implementado para el modelo matemático. Expresado de otro modo, este es el paso en el que modelo matemático es explotado operativamente.

3.8. Análisis y presentación de resultados

En esta etapa se trata de obtener el mayor número de respuestas con los datos obtenidos por el modelo y se verifica la coherencia de los resultados. Una vez analizado esto, se procede a consolidar el documento soporte para el proceso de toma de decisiones.

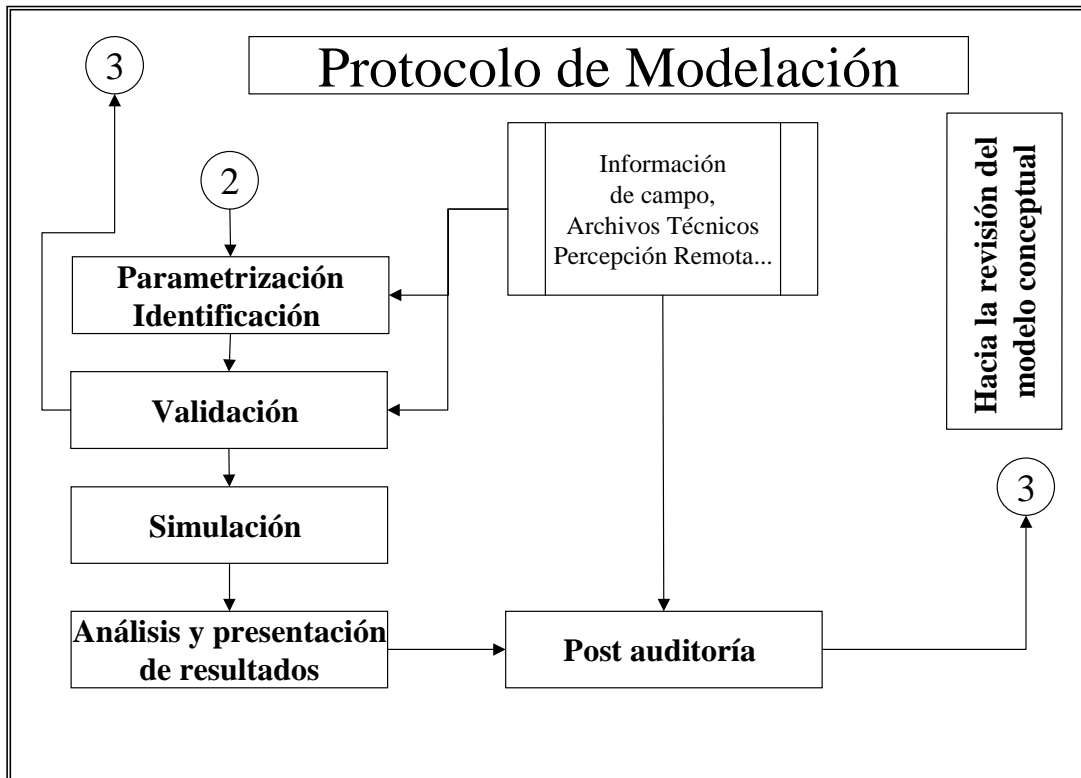


Figura 6. Tercera etapa del protocolo de modelación

3.9. Post auditoria

La modelación no se detiene en el paso anterior, si en el modelo realizado se incluye información nueva, obtenida por otros medios, o que no estaba disponible en el momento inicial de la modelación este puede mejorar y hacer cambiar nuestra percepción sobre el proceso real, provocando la inducción de mejoras en el modelo conceptual planteado. Por otro lado la realización del modelo puede ser tan acertada que el mismo, al aplicarlo nos revele puntos importantes a mejorar en el modelo conceptual, formulando así un proceso de

retroalimentación continua entre el desarrollo del modelo mismo y sus subsecuentes aplicaciones.