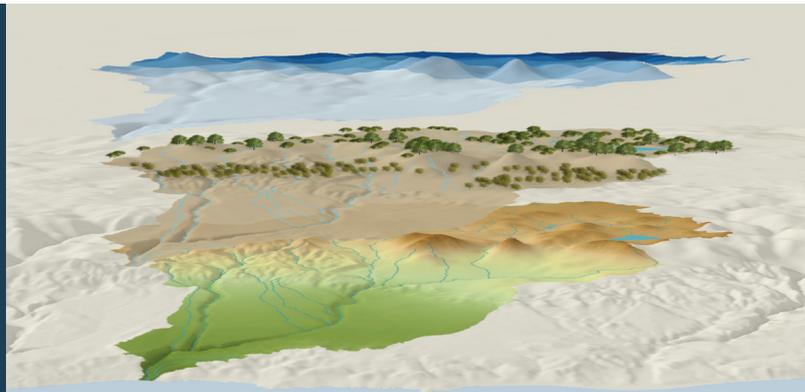


Guía de modelación hidrológica

para la infraestructura natural

Resumen de metodología



Ochoa-Tocachi B.F., Cuadros Adriaola J., Arapa Guzmán E., Aste Cannock N., Ochoa-Tocachi E., Bonnesoeur V.



Introducción

Alrededor del mundo, los gobiernos, las empresas y las comunidades se enfrentan a un futuro cada vez más difícil e incierto por las crisis del agua que se intensifican y se complejizan debido a factores como el crecimiento poblacional y el cambio climático. Muchos actores ahora están considerando una nueva clase de activos para hacer frente a los riesgos hídricos: la infraestructura natural, incluyendo los bosques, pajonales, humedales y otros elementos que componen los paisajes de nuestras cuencas hidrográficas y que realizan funciones críticas para apoyar la fiabilidad de la cantidad y calidad del agua.

Para poder tomar decisiones justificadas sobre el manejo de la infraestructura natural para la seguridad hídrica se requieren datos e información que permitan cuantificar y comprender su estado actual y futuro, y saber cómo las intervenciones sobre dicha infraestructura podrían influir en la producción de servicios ecosistémicos. Lamentablemente, no siempre se dispone de suficientes datos ni de mediciones de campo al respecto. Frente a esta situación, los modelos hidrológicos pueden proveer información útil para la toma de decisiones. La evaluación de los beneficios hidrológicos de la infraestructura natural a través de modelos permite entender y analizar el funcionamiento del sistema hidrológico y pronosticar su respuesta frente a diversas alternativas de manejo o escenarios posibles.



Foto: Abel Carmona Arteaga



Objetivos de la modelación hidrológica

Un modelo hidrológico es una representación simplificada del ciclo del agua que utiliza conceptos y aproximaciones de los procesos reales del sistema hidrológico. En el contexto de gestión e intervención de la infraestructura natural, la modelación hidrológica tiene 3 objetivos:

- Entender los procesos de un sistema hidrológico;
- Hacer predicciones hidrológicas con base en escenarios definidos; y,
- Apoyar y robustecer la generación de datos e información.

A través de comparaciones entre representaciones de la realidad y escenarios alternativos que podamos generar en un modelo hidrológico, se puede producir estimaciones cuantitativas de los beneficios hídricos de distintos cursos de acción (o inacción) en la infraestructura natural.



La Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural

El objetivo de la “Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural” es orientar la evaluación, selección y uso de modelos hidrológicos destinados a cuantificar los beneficios hidrológicos que pueden obtenerse a partir de la implementación de proyectos de infraestructura natural.

La guía no provee información detallada sobre modelos hidrológicos específicos, sino acerca del proceso por el cual quienes toman decisiones pueden seleccionar qué modelos utilizar, así como desarrollar y analizar escenarios de modelación e interpretar los resultados obtenidos. Se busca optimizar la eficacia de la modelación como una herramienta en la formulación de políticas, la toma de decisiones y las inversiones en infraestructura natural para la seguridad hídrica.

El presente resumen ejecutivo ha sido desarrollado en base al documento “Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural”, 2022. La Guía fue realizada por investigadoras e investigadores de ATUK Consultoría Estratégica, Imperial College London, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) y Forest Trends.

Resumen elaborado por Alfonso Carrasco Valencia, Boris Ochoa-Tocachi y Gabriel Rojas Guillén.

A continuación se describen sumariamente los 10 pasos:

VOLUMEN 1 SELECCIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO APROPIADO

PASO 1 Determinar las preguntas de gestión

En este paso se debe precisar el tema o problema a resolver y las preguntas de gestión a nivel de política pública. Ello permitirá definir el alcance que puede tener la modelación y obtener respuestas relevantes. Este nivel de pregunta incluye por ej. aspectos vinculados al desarrollo socioeconómico o a la conservación del medio ambiente. Se busca que los resultados del modelo sirvan como herramienta de apoyo a la toma de decisiones sobre el tema o problema en cuestión.

PASO 2 Identificar los servicios ecosistémicos hídricos prioritarios

El objetivo de este paso es definir qué servicios ecosistémicos son de interés en la pregunta de gestión, y cuáles pueden ser priorizados en el ejercicio de modelación. La identificación de los servicios ecosistémicos de interés facilita poder reconocer qué modelos hidrológicos son capaces de modelarlos

PASO 3 Definir las intervenciones sobre la infraestructura que se desean modelar

Paso necesario para comparar las intervenciones previstas con el conjunto de modelos hidrológicos disponibles. Ejemplos de tales intervenciones pueden ser: creación de áreas de protección en la parte alta de una cuenca; instalación de sistemas agroforestales o silvopastoriles; cambio de crianza de ganado lechero por camélidos sudamericanos, restauración de humedales, construcción de zanjas de infiltración; recuperación de andenes y terrazas prehispánicas, entre muchas otras.

PASO 4 Reconocer el contexto de toma de decisiones, los recursos, datos y capacidades disponibles

El objetivo principal de este paso es determinar los intereses de quienes toman decisiones, evaluar la disponibilidad de datos y recursos, así como la capacidad técnica de la institución interesada en implementar los modelos hidrológicos.

PASO 5 Evaluar los modelos hidrológicos en este contexto y seleccionar el más adecuado

En base a la ejecución de los los pasos anteriores, seleccionar el modelo hidrológico (o caja de herramientas de modelación) más apropiado. Los resultados esperados de este paso son lograr un mejor entendimiento de las especificidades técnicas de cada modelo y precisar/afinar el número de modelos o herramientas de modelación a usarse en el contexto de toma de decisiones identificado. La Guía describe las características de 13 modelos hidrológicos populares. Por su siglas: SWAT, KINEROS, MODFLOW, CUBHIC, entre ellos.

VOLUMEN 2 IMPLEMENTACIÓN DE LA MODELACIÓN

PASO 6 Generar datos primarios

La capacidad predictiva de la modelación tendrá una relación directa con la cantidad y calidad de los datos primarios y secundarios disponibles. Esto se resume en la frase: "Basura entra, basura sale" del modelo.

PASO 7 Elaborar escenarios de modelamiento para la evaluación de impactos futuros o alternativos

Se pueden desarrollar varios escenarios: escenario tendencial (BAU, o bussines as usual); escenario pesimista (o de degradación máxima potencial); escenario de recuperación de la infraestructura natural; escenario optimista (de manejo sostenible de ecosistemas). Cuando se usen escenarios de cambio climático, se debe tener cuidado de no confundir sus efectos con los de las intervenciones sobre la infraestructura natural.

PASO 8 Calibrar y validar el modelo hidrológico

La calibración es un proceso de ensayo y error donde se prueba una configuración de parámetros del modelo y se contrastan los resultados frente a una lista de datos observados considerados como reales. La validación del modelo se emplea para evaluar la confianza de los resultados, es decir, el rendimiento del modelo calibrado.

PASO 9 Evaluar los cálculos y el desempeño del modelo mediante análisis de sensibilidad e incertidumbre

Un **análisis de sensibilidad** es un proceso en el que se evalúa como cambian las salidas (resultados) de un modelo ante variaciones en las entradas (datos). Un análisis de sensibilidad puede ser utilizado como: una herramienta de toma de decisiones; de prospección; de identificación de errores; de control de calidad; de optimización de recursos.

Un **análisis de incertidumbre** investiga el efecto de los errores en las variables relevantes para los problemas de toma de decisiones. Fuentes de errores y anomalías incluyen: incertidumbre del modelo perceptual; de los datos y escenarios; de la estimación de parámetros del modelo; o incertidumbre estructural del modelo.

PASO 10 Interpretar los resultados adecuadamente, con indicadores relevantes para la toma de decisiones

La comunicación entre el equipo de modelamiento y el equipo de formulación y toma de decisiones es necesaria para entender con mayor facilidad los resultados obtenidos. La manera específica de procesamiento, visualización y presentación de resultados dependerá de la pregunta de gestión, los objetivos de modelamiento y el público objetivo.



Recomendaciones clave para la modelación hidrológica de la infraestructura natural



- Los modelos hidrológicos son un recurso valioso para que quienes toman decisiones puedan atender una variedad de preguntas relevantes con el fin de medir y evaluar los impactos de las intervenciones sobre la infraestructura natural.



- La modelación hidrológica es una herramienta útil ante la escasez de datos, pero es mucho más potente cuando existen datos locales y observaciones de monitoreo disponibles. La modelación no reemplaza las mediciones en campo y se debe invertir en monitoreo para mejorar nuestra capacidad de análisis y gestión en el mediano y largo plazo.



- Para lograr una influencia más efectiva en la toma de decisiones con la modelación, se requiere que sus conceptos y la interpretación de sus resultados sean útiles, utilizables y utilizados por no especialistas.



- Es fundamental desarrollar modelos que sean representativos de las realidades locales. Si bien es cierto que no siempre se cuenta con los recursos, datos y capacidad técnica necesarios para construir modelos, los modelos propios pueden ser más eficientes y útiles que modelos desarrollados para otros lugares del mundo.



- La selección de un modelo hidrológico debe guiarse por la naturaleza de las preguntas planteadas, la disponibilidad de datos e información, la capacidad técnica para operar el modelo y la relevancia de los resultados producidos para responder las preguntas iniciales.



- Las preguntas de gestión deben ser conceptualizadas y traducidas en preguntas que un modelo hidrológico pueda responder. También reconocer qué preguntas no se pueden responder con la modelación hidrológica o con el modelo seleccionado.



- Es necesario que los resultados obtenidos por las simulaciones sean evaluados crítica y detalladamente, a fin de reducir la probabilidad de que impacten inesperada o perjudicialmente en la toma de decisiones.



- La modelación hidrológica debe ser vista como una herramienta útil pero también incierta.



- Los modelos son una importante herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero es necesario considerar un enfoque de manejo de riesgo y contar con planes de respaldo y contingencia como elementos en la toma de decisiones final.

Esta publicación fue posible gracias al generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá. Los contenidos son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID, ni del gobierno de los Estados Unidos de América ni del Gobierno de Canadá.