

**XXVII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
LIMA, PERÚ, 28 AL 30 DE SETIEMBRE DE 2016**

**TEORÍA DE LA MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA: DE
LAS NECESIDADES A LA FORMACIÓN, Y DE LA FORMACIÓN A SU
APLICACIÓN**

Javier Fluixá-Sanmartín¹, Javier García Hernández¹, Javier Paredes Arquiola², Wilson Suarez Alayza³

¹ Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin (CREALP), Sion, SUIZA. Tel.: +41 27 607 11 80.

² Universitat Politècnica de València (UPV), Valencia, ESPAÑA. Tel.: +34 96 387 98 92.

³ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), Lima, PERÚ. Tel.: (511)614 1414.

E-mail: javier.fluixa@crealp.vs.ch; javier.garcia@crealp.vs.ch; jparedea@hma.upv.es; wil_suarez@hotmail.com

RESUMEN:

La importancia de una gestión adaptada e integral de los recursos hídricos en cuencas andinas resulta capital para asegurar la resiliencia de poblaciones, gobiernos, organismos y comunidades frente a potenciales fenómenos adversos. El campo de aplicación de las tecnologías basadas en criterios técnicos hidrológicos en la toma de decisiones es vasto y generalmente multi-criterio. Por ello, el uso de herramientas de modelización se hace cada vez más necesario para un correcto manejo de los riesgos y las necesidades derivadas en el campo de la hidrología, así como para la ayuda a la toma de decisiones por parte de los agentes competentes. Los seminarios de formación en modelización hidrológica e hidráulica con el programa RS MINERVE impartidos por los autores tienen por objetivo mejorar el nivel de conocimientos y de herramientas para mejorar la gestión del agua y de todas sus problemáticas. Los profesionales formados disponen así de instrumentos de modelización para la mejora de los sistemas hidrológicos explotados, y son capaces de desarrollar e implementar nuevos modelos que respondan a las necesidades cambiantes de los sistemas.

ABSTRACT:

The importance of an adapted and integrated management of water resources in Andean watersheds is capital to ensure the resilience of populations, governments, agencies and communities against potential adverse events. The field of application of technologies based on hydrological technical criteria for decision making is vast and generally multi-criterion. Therefore, the use of modeling tools becomes increasingly necessary for a proper management of the risks and the needs arising in the field of hydrology, as well as to support decision making by competent authorities. Training seminars on hydrological and hydraulic modeling with RS MINERVE program conducted by the authors aim to improve the level of knowledge and to supply with tools which may improve water management and all its related problems. Well-trained professionals have modeling tools for improving the exploited water systems, and are able to develop and implement new models that respond to the changing needs of the systems.

PALABRAS CLAVES: modelización; hidrología-hidráulica; aplicación

INTRODUCCIÓN

Una gestión adaptada e integral de los recursos hídricos en cuencas andinas resulta capital para asegurar la resiliencia de poblaciones, gobiernos, organismos y comunidades frente a potenciales fenómenos adversos. Sin las apropiadas herramientas de apoyo a la toma de decisiones no existe una visión a largo plazo y dichos fenómenos tienden a magnificarse. Éstos pueden darse en forma de escasez de agua en periodos de sequías marcadas en regiones con bajos índices de precipitación, o como crecidas producidas por fuertes lluvias que pueden verse acrecentadas por fenómenos inusuales y de magnitud relevante como El Niño, una pobre infraestructura de defensa frente a avenidas o la ausencia de herramientas de previsión en tiempo real.

Sin embargo, el alcance de este tipo de enfoque no se limita a la protección de poblaciones, infraestructuras, etc.; mediante el uso de técnicas especializadas y de una visión global de la problemática que se plantea, es posible potenciar y mejorar otros aspectos de las cuencas. Un ejemplo de ello es el desarrollo de proyectos multipropósito, en los que se busca alcanzar varios objetivos simultáneamente a través de medidas estructurales como no-estructurales (cambios en los sistemas de irrigación, construcción/modificación de centrales hidroeléctricas). Mediante su uso, es posible maximizar la rentabilidad de un proyecto, alcanzando los objetivos con inversiones menores que si se intentaran cumplir con medidas individuales. Entre los objetivos más comunes se pueden citar:

- Reducción de los riesgos frente a avenidas.
- Suministro de agua para la agricultura, consumo urbano o industrial...
- Producción de energía hidroeléctrica.
- Definición de vías de transporte.
- Piscicultura o desarrollo de hábitats para los peces.
- Recreación (navegación, por ejemplo).

En este contexto, la modelización hidrológica e hidráulica es una herramienta necesaria para la mejora de los conocimientos sobre la cuenca y de aplicación a multitud de proyectos en el campo de la gestión del agua. El objetivo fundamental es el estudio del comportamiento de las masas de agua, desde su generación por precipitación hasta su gestión última mediante el uso de infraestructuras hidráulicas. Son muchos los beneficios que se derivan de ello, como por ejemplo el estudio de escenarios futuros y estrategias óptimas de irrigación cuando un cambio de uso del suelo es necesario y al mismo tiempo se busca, por ejemplo, mejorar los criterios de turbinado de una central hidroeléctrica. También es útil como base de estudios de viabilidad donde es necesario estimar los recursos hídricos existentes y mejorar el estudio de coste/beneficio de esos proyectos; o para la previsión de caudales, parte fundamental en la gestión preventiva de riesgos de inundación.

Para hacer posible un uso extenso de las técnicas de modelización hidrológica e hidráulica, es necesario fomentar la transferencia de conocimientos de los expertos, modeladores, etc. a los usuarios finales (en general estudios de ingeniería u organismos con capacidad para la toma de decisiones). Además, el intercambio de ideas genera en ambas partes nuevos retos que potencian el desarrollo y la mejora de los modelos y amplían su campo de aplicación. Tales han sido los objetivos de los distintos seminarios de formación en modelización hidrológica e hidráulica que han impartido los autores del presente trabajo.

BASES DE LA MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

El principio básico de un modelo hidrológico-hidráulico es el de representar los procesos involucrados en la distribución de la lluvia así como la generación, transporte y gestión de caudales en una determinada cuenca atendiendo a las ecuaciones que describen dichos procesos. La delimitación del área de estudio y la definición del periodo de simulación dependen del alcance del proyecto o de la problemática a resolver.

La construcción y explotación de un modelo hidrológico-hidráulico se pueden descomponer en distintos pasos. A partir de Dooge (1972), se han agragado de la siguiente forma:

1. Definición del problema y especificación de los objetivos.
2. Recolección y corrección de los datos de entrada. Son datos principalmente meteorológicos de los que se dispone idealmente de series temporales largas, que contienen a menudo errores de medición, huecos... que pueden corregirse mediante técnicas de procesamiento más o menos complejas. Los datos que se utilizan dependen del tipo de modelo elegido.
3. Definición de la capacidad computacional disponible, que será función de la potencia de los procesadores y del tiempo disponible para los cálculos.
4. Elección del tipo de modelo y, en su caso, del software a utilizar.
5. Construcción del modelo y calibración de sus parámetros en base a series de datos históricos (en particular datos de caudales).
6. Cálculo de los hidrogramas y demás variables de estado en puntos de la cuenca en función de los datos atmosféricos (precipitaciones, temperatura, ETP...). Es importante puntualizar aquí la diferencia entre el cálculo de hidrogramas de crecidas (modelización de eventos) y el de caudales a medio/largo plazo donde es más importante prever la disponibilidad de recursos hídricos (para suministro o producción hidroeléctrica, por ejemplo).
7. Interacción de los caudales calculados a lo largo de la cuenca con las infraestructuras hidráulicas presentes: embalses de retención, órganos de desagüe o centrales de turbinado.

El nivel de complejidad de dichos modelos depende en gran medida de su elección. Se pueden elegir modelos en base a sus algoritmos de cálculo (empíricos, conceptuales o basados en procesos), o en función de si se adopta un enfoque estadístico o determinístico (ver **Figura 1**).

Atendiendo por ejemplo a su diferenciación en función de la representación espacial podemos encontrar los modelos agregados, que consideran la cuenca como unitaria con un único valor para cada uno de los parámetros y con resultados únicamente en el punto de desagüe, en ocasiones simplificándolo demasiado (no es posible, por ejemplo, incorporar estructuras hidráulicas al modelo). En modelos distribuidos, la cuenca de estudio se divide en una malla regular y cada celda dispone de su conjunto de parámetros y variables de estado, lo que supone un mayor gasto computacional. En modelos semi-distribuidos por otro lado, la cuenca de estudio se divide en sub-cuencas hidrográficas teniendo en cuenta tanto la topografía como la situación de elementos hidráulicos o estaciones de aforo.

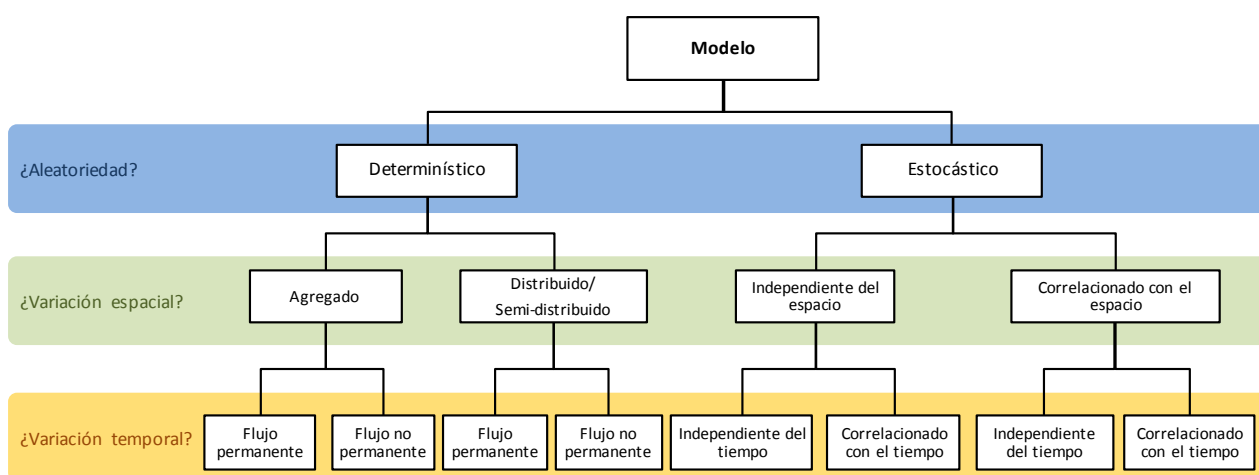


Figura 1.- Clasificación de modelos hidrológicos de acuerdo con la forma, aleatoriedad y la variabilidad espacial y temporal de los fenómenos hidrológicos (traducido de Chow et al., 1988).

Para obtener resultados robustos, la elección del modelo debe tener en cuenta también la disponibilidad de datos. Como se aprecia en la **Figura 2**, si se dispone de unos ciertos datos (línea negro continua) existe una “complejidad óptima del modelo” (punto rojo) a partir de la cual

aparecen problemas a la hora de definir el valor de los parámetros del modelo y el rendimiento decrece: hay demasiados parámetros y pocos datos con los que calibrarlos. Para un nivel de complejidad dado (líneas negras punteadas) un incremento de datos conduce a una mejora en el rendimiento del modelo hasta un cierto punto (puntos azul y verde), a partir del cual los datos no contienen más información para mejorar las predicciones.

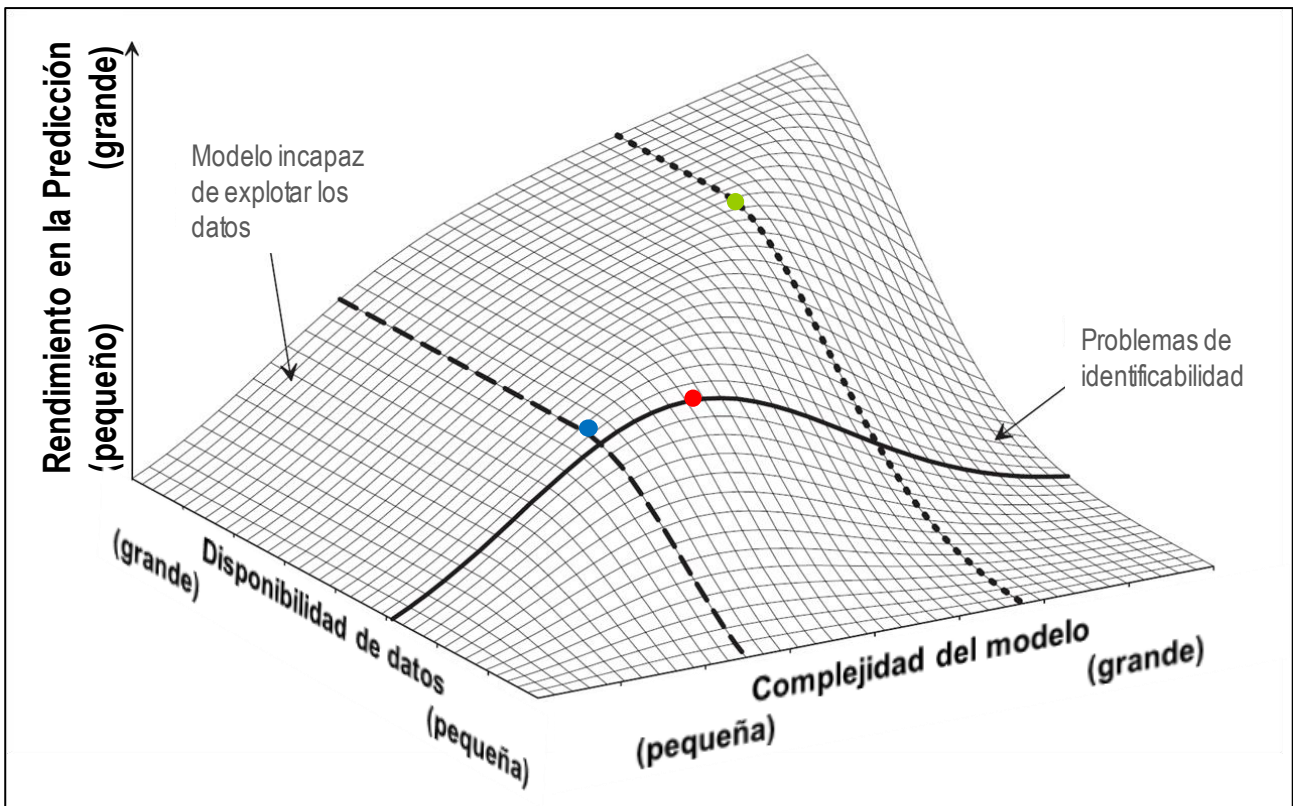


Figura 2.- Relación conceptual entre la disponibilidad de los datos, la complejidad del modelo y el rendimiento de la predicción (traducido de Grayson & Blöschl, 2000).

De forma general, el uso de modelos hidrológico-hidráulicos se centra en:

- Entender los procesos hidrológicos que se producen en las cuencas de estudio y cómo los cambios en la cuenca impactan en estos procesos (saturación del suelo, escorrentía, ETR,...).
- Simulación de series históricas que aporten mayor información de la cuenca:
 - en el espacio (puntos no aforados),
 - en el tiempo (completado de datos).
- Previsión hidrológica:
 - simulación-predicción de caudales,
 - simulación de escenarios futuros.
- Diseño de infraestructuras hidráulico que puedan absorber las cargas (caudales) calculadas con el modelo hidrológico:
 - concepción de sistemas et de infraestructuras,
 - optimización de recursos hídricos.

FORMACIÓN

Siguiendo estas premisas, los autores han identificado una batería de necesidades en el ámbito de la ingeniería del agua en distintos países y plantean una metodología de aprendizaje que enriquezca el conocimiento sobre la modelización hidrológico-hidráulica (**Figura 3**).

Entre los cursos de formación organizados, destacan los impartidos en el Cantón del Valais en Suiza (dirigidos a las autoridades responsables del sistema de previsiones en tiempo real del Valais) y en los locales del SENAMHI (Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología del Perú) en Lima. Estos últimos se realizaron en el contexto del proyecto “Glaciares 513 - Adaptación al cambio climático y reducción de riesgos de desastres por el retroceso de los glaciares en la Cordillera de los Andes”, financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE) y llevado a cabo por CARE Perú y la Universidad de Zúrich.

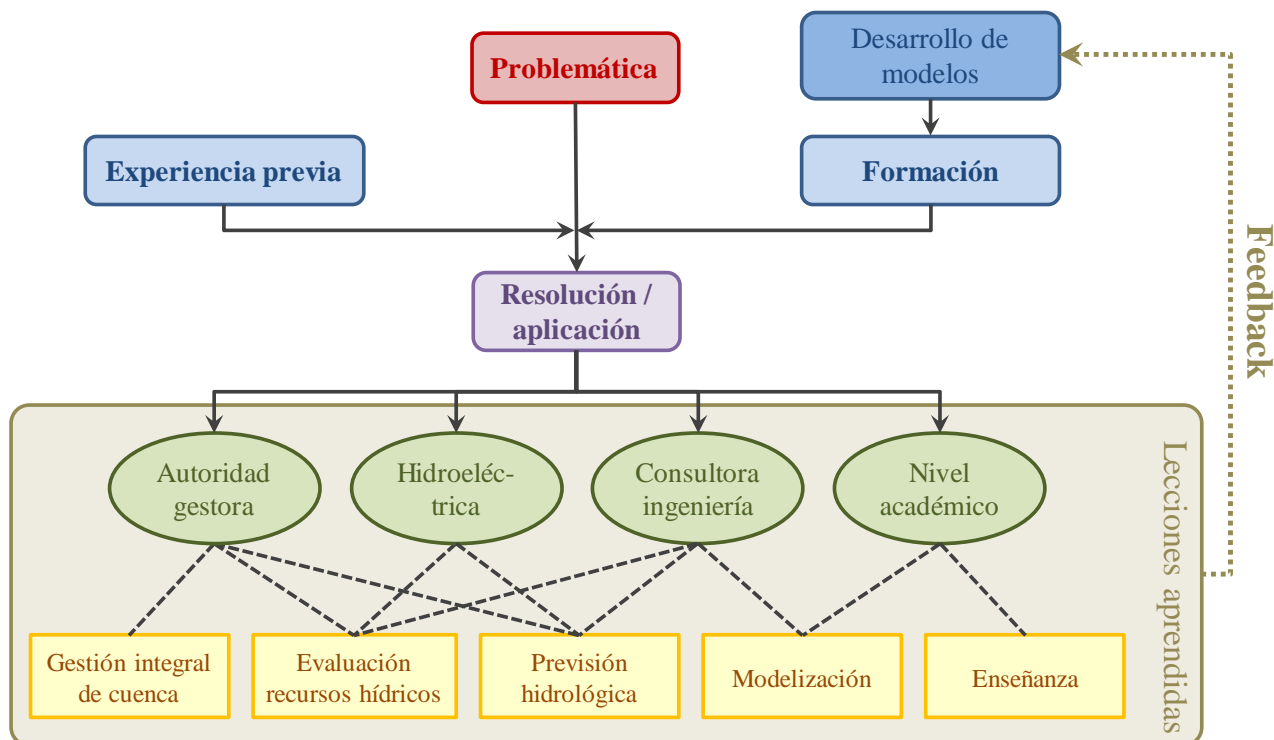


Figura 3.- Proceso de aplicación de la formación en modelización para el caso del ámbito de la hidrología-hidráulica.

Necesidades identificadas

La conveniencia de impartir cursos de modelización hidrológico-hidráulica nace de la importancia de poner a disposición de los agentes involucrados herramientas de:

- Apoyo a la toma de decisiones: los responsables de una cuenca y de los elementos que la componen (infraestructuras hidráulicas, punto de consumo de agua, centrales hidroeléctricas, etc.) deben basar su gestión en informaciones técnicas provenientes de estudios hidrológico-hidráulicos completos. Así, los resultados de los modelos han de ser convenientemente analizados y enfocados a la identificación de problemáticas y a la evaluación de soluciones.
- Desarrollo y utilización de modelos existentes: un dominio de los modelos de una cuenca permite obtener los resultados deseados adaptándose mejor a sus propias exigencias sin tener que recurrir a evaluadores externos. Además, cuanto mayor sea la complejidad del modelo utilizado, existe un mayor riesgo de confusión o de malinterpretación de los resultados; por ello, es fundamental que los explotadores sean capaces de entender los mecanismos que subyacen tras el modelo.
- Interpretación y contextualización de resultados obtenidos: los responsables de un modelo hidrológico deben aplicar un pre-proceso de filtrado de resultados extrayendo aquellos más relevantes para el objetivo fijado, y siendo capaces de detectar comportamientos erróneos que pudieran conducir a decisiones incorrectas. Esto es especialmente importante en sistemas de previsión hidrológica en tiempo real, donde las

decisiones de activación de protocolos de actuación (como por ejemplo la evacuación de una población) han de tomarse a la mayor brevedad.

- Mejora de los modelos y adaptación de los mismos a las necesidades cambiantes del sistema: para ello el modelo debe ser flexible y poder aceptar modificaciones que se le apliquen. En particular, cuando cambia la configuración de la cuenca de estudio, cuando se dispone de nuevos datos explotables, o cuando se desea estudiar un nuevo escenario que requiera incluir alguna modificación.

El objetivo de los seminarios planteados es facilitar a los participantes el uso de Sistemas de Soporte para la toma de Decisiones, con sus siglas en inglés DSS (Decision Support System), definidos como *sistemas interactivos que ayudan a los tomadores de decisiones a utilizar datos y modelos para resolver problemas no estructurados* (Turban, 2001). En el caso de la ingeniería hidrológica, esto es posible usando modelos que permiten disponer de una base técnica sólida sobre la cual plantear soluciones, alternativas y nuevos puntos de vista a problemas detectados o a escenarios futuros (como por ejemplo el impacto del cambio climático sobre un sistema).

Público objetivo

En general, los destinatarios principales de estas formaciones son profesionales del sector de la ingeniería del agua que están involucrados en proyectos de modelización de cuencas o sistemas hídricos, o simplemente que buscan mejorar sus conocimientos para el desarrollo o utilización de modelos existentes. Entre los 142 participantes a los seminarios en modelización con el programa RS MINERVE impartidos por los autores entre 2014 y 2015 se ha contado con técnicos de los servicios públicos de gestión de agua potable, empresas privadas, consultoras de ingeniería, hidroeléctricas o personal del entorno académico (**Figura 4**).

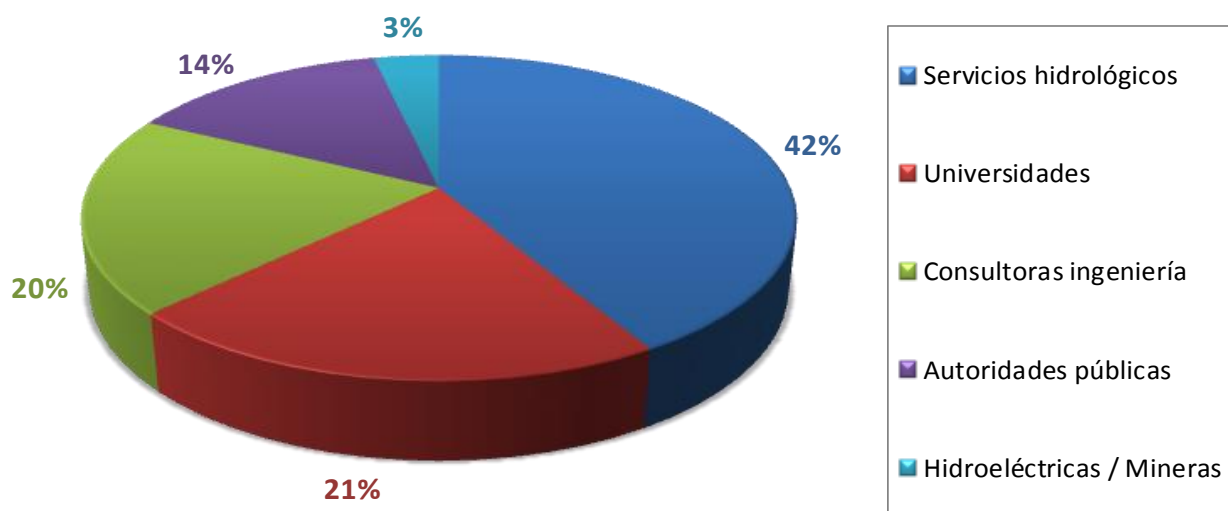


Figura 4.- Reparto de los 142 participantes a los seminarios de formación en modelización hidrológico-hidráulica con RS MINERVE impartidos por los autores (periodo 2014-2015).

A la vista de la variedad de los agentes interesados en estas formaciones, resulta claro que los propósitos en la utilización de las herramientas de modelización son igualmente diversos. Para un técnico de un servicio hidrológico como el SENAMHI, el interés de utilización radica en los pronósticos hidrológicos a corto plazo (cálculo de caudales en puntos de la cuenca, y en particular detección de picos de avenida) que, acoplados en un sistema de previsión en tiempo real, suponen una herramienta potente para la gestión de riesgos. Por otro lado, una empresa hidroeléctrica busca conocer su disponibilidad en recursos hídricos a medio y largo plazo, y especialmente su variabilidad a lo largo del tiempo, para diseñar una planificación de explotación que optimice el rendimiento de sus centrales. Una consultora busca con estas formaciones aprender el manejo de

este tipo de programas y mejorar su destreza para ser capaz de llevar a cabo estudios de modelización hidrológica dirigidos a las autoridades contratantes.

Estructura de los seminarios

Siguiendo una estructura básica y adaptada a las necesidades, los autores plantean los seminarios de modelización en distintas fases.

En un primer momento se revisan los conocimientos básicos de hidrología e hidráulica, en particular de los procesos físicos como la fusión de nieve y de glaciares, la escorrentía o la infiltración, contextualizándolos en la problemática de la modelización: qué es un modelo hidrológico, para qué sirve, qué tipos de modelos se pueden utilizar...

Se busca a continuación mejorar los conocimientos en modelización hidrológica, no solo desde el punto de vista de los procesos hidrológicos, sino también desde el punto de vista de la utilización práctica de los resultados. Los participantes reciben toda la formación necesaria para modelizar una cuenca de estudio, simular sus procesos hidrológicos u obtener los caudales asociados.

Se debe instruir además al alumno en el manejo práctico de un programa de modelización, en este caso RS MINERVE (Foehn, 2015; García Hernández, 2015). Con esta herramienta, el alumno aprende a tratar el problema de la modelización en su conjunto, desde la definición de la cuenca hasta el cálculo hidrológico e hidráulico y el análisis de los resultados. Ejercicios de aplicación sirven para cristalizar los conocimientos adquiridos, además de plantear dudas y cuestiones que mejoran la calidad de la formación:

- Iniciación asistida al programa RS MINERVE y creación de un modelo hidrológico conceptual. Este ejercicio guía al usuario en su primera utilización del programa RS MINERVE con la creación del modelo conceptual de una cuenca impermeable simple dividida en varias subcuencas.
- Creación de un modelo hidrológico a partir de un GIS de la cuenca, simulación hidrológica y comparación de resultados. En este segundo ejercicio se modeliza una cuenca vertiente dividida en varias subcuencas glaciares y no-glaciares a partir de los mapas GIS de la zona. La información disponible de estaciones meteorológicas y de aforo en la desembocadura de la cuenca se utilizan en la simulación hidrológica de la cuenca así como en la comparación entre los resultados simulados y los datos observados.
- Integración de modelos hidráulicos. Para este tercer ejercicio, se completa la cuenca anterior con ciertas infraestructuras hidráulicas, incluyendo un embalse de regulación provisto de un aliviadero, una central hidroeléctrica que toma el agua del embalse, las demandas de agua de un municipio, y una derivación. Se busca aquí la implementación de dichos elementos, el cálculo de los déficits en agua, y la gestión de las operaciones de turbinado de la central.
- Calibración de un modelo hidrológico. Los objetivos de este cuarto ejercicio es son comprender la función y la utilidad de los parámetros de un modelo hidrológico y su sensibilidad, conocer el procedimiento de la calibración para generar un caudal similar al observado, y analizar la calidad y la eficiencia de los resultados de un modelo hidrológico.

APLICACIÓN DE LA MODELIZACIÓN

La aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en los cursos y seminarios en casos reales es el siguiente paso en la asimilación de los modelos hidrológicos como parte de las herramientas de diseño y apoyo a la toma de decisiones. En base a las experiencias en la formación de especialistas en modelización hidrológico-hidráulica por parte de los autores, se mencionan a

continuación algunos de los ejemplos de este proceso de *detección de necesidades-aprendizaje-aplicación* que se han expuesto:

En el **Cantón del Valais** (Suiza) está implantado desde 2013 el sistema MINERVE de previsiones de crecidas en tiempo real que se compone principalmente de 3 etapas: adquisición y preparación de inputs; simulaciones en tiempo real mediante el uso del software de modelización hidrológica RS MINERVE; publicación de los resultados y apoyo en la toma de decisiones (García et al., 2014).

Las previsiones de caudales en cada una de las 23 estaciones de control son monitoreadas desde el centro de datos del Cantón por el gabinete de crisis durante los eventos críticos. Aunque apoyado por los expertos del Centro de Investigación en Medio Alpino (CREALP), dicho gabinete debe ser capaz de gestionar los eventos de forma autónoma y eficaz, no sólo en base a los resultados de los modelos sino también de la evolución de los datos registrados durante los días previos (contextualización de los eventos de crecidas). Por ello, se ha venido formando un grupo de operadores en modelización hidrológica y meteorológica en el Cantón; con esto se aumenta la masa crítica en la toma de decisiones y se asegura la redundancia a la hora de declarar los procedimientos a seguir. La eficiencia de este sistema MINERVE se ha puesto de manifiesto en repetidas ocasiones en foros de discusión y en los informes anuales de actividad del CREALP.

Por otro lado, desde 2014 el **SENAMHI** ha apostado por integrar las funcionalidades del software RS MINERVE en su gestión en tiempo real de las necesidades hidrológicas e hídricas en varias cuencas (Chillón, Rimac, Lurín y parte alta del Mantaro entre otras). Esto ha necesitado de varios seminarios de formación organizados por el mismo SENAMHI e impartidos por los autores, en los que se describieron las bases de la modelización hidrológica a los participantes para continuar con el aprendizaje de las funcionalidades básicas y más adelante las más avanzadas, todo ello ilustrado con ejercicios prácticos.

Actualmente, el SENAMHI realiza pronósticos hidrológicos a paso de tiempo diario en la cuenca del Río Puyango-Tumbes, principalmente debido al riesgo potencial que supone el fenómeno de El Niño. Para ello se ha elaborado un modelo de la cuenca con RS MINERVE utilizando modelos SAC-SMA (Sacramento Soil Moisture Accounting) y GR4J. El primer proceso de calibración-validación del modelo se llevó a cabo utilizando datos de septiembre de 2004 hasta diciembre de 2014. Los datos de periodos posteriores a esta etapa se han venido utilizando para actualizar los datos hasta la fecha actual, incorporando a la vez las salidas diarias del modelo meteorológico ETA-SENAMHI con un horizonte de tres días y diferentes niveles de incertidumbre. Por otro lado, los modelos de las cuencas de los ríos Chancay-Lambayeque y Piura ya se han calibrado y validado, y actualmente se están realizando los primeros ensayos con el acople de los datos del modelo meteorológico.

En este contexto, es conveniente disponer de espacios de puesta en común de experiencias y de discusión sobre las posibilidades de la modelización y sus límites que permita a todos los participantes conversar y resolver preguntas y dudas más allá de los propios seminarios.

CONCLUSIONES

El uso de herramientas de modelización se hace cada vez más necesario para un correcto manejo de los riesgos y las necesidades derivadas en el campo de la hidrología, así como para la ayuda a la toma de decisiones por parte de los agentes competentes.

Los seminarios de formación en modelización hidrológica e hidráulica con el programa RS MINERVE impartidos por los autores en el contexto del proyecto “Glaciares 513” tienen por objetivo mejorar el nivel de conocimientos y de herramientas para mejorar la gestión del agua y de todas sus problemáticas. Se ha conseguido con éxito la aplicación de Sistemas de Soporte para la toma de Decisiones (DSS), definiendo líneas de trabajo bien planificadas para su futura aplicación en distintos ámbitos ingenieriles. Una gran parte del esfuerzo se ha dedicado a combinar correctamente teoría y práctica, para que los participantes sean críticos con ellos mismos y clarifiquen los objetivos prácticos de cada modelización.

Los profesionales formados disponen así de instrumentos de modelización para la mejora de los sistemas hidrológicos explotados, y son capaces de desarrollar e implementar nuevos modelos que respondan a las necesidades cambiantes de los sistemas. Como resultados de estas formaciones, la aplicación de las enseñanzas y la utilización del software de modelización RS MINERVE son un ejemplo claro de la asimilación de los cursos por parte de los profesionales y las administraciones competentes en Suiza o Perú.

Además, un seguimiento posterior enfocado a la mejora continua y a la actualización del par *necesidades del usuario-desarrollo de la herramienta* pone de manifiesto que toda formación es un proceso mejora continuo no solo de los participantes y los profesores, sino también del propio seminario y del programa.

REFERENCIAS

- Chow, V.T.; Maidment, D.R. and Mays, L.W.** (1985). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, USA.
- Dooge, J.C.** (1972). Mathematical models of hydrologic systems. *Proceedings of the International Symposium on Modelling Techniques in Water Resources Systems*, Ottawa, Canada, vol.1, 171-189.
- Foehn, A.; García Hernández, J.; Roquier, B. and Paredes Arquiola, J.** (2015). *RS MINERVE – User’s manual v1.18*. RS MINERVE Group, Switzerland.
- García Hernández, J., Paredes Arquiola, J.; Foehn, A. and Roquier, B.** (2015). *RS MINERVE – Technical manual v1.14*. RS MINERVE Group, Switzerland.
- García Hernández, J., Claude, A., Paredes Arquiola, J., Roquier, B. and Boillat, J.-L.** (2014). “Integrated flood forecasting and management system in a complex catchment area in the Alps – Implementation of the MINERVE project in the canton of Valais”. *Swiss Competences in River Engineerig and Restoration*, Schleiss, Speerli & Pfammatter Eds, 87-97. Taylor & Francis Group, London.
- Grayson, R.B. and Blöschl, G.** (2000). Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling. *Cambridge University Press*. 404p.
- Turban, E.; & Aronson, J.E.** (2001). “Decision Support Systems and Intelligent Systems”. *Upper Saddle River*, NJ: Prentice-Hall.