

Resumen

La evaluación de los recursos hídricos (ERH) es una pieza clave para la solución sostenible de problemas que la sociedad enfrenta día con día relacionados con la disponibilidad del agua. Para distribuir los recursos disponibles en una región y gestionarlos correctamente, dada su distribución tanto espacial como temporalmente errática, es necesario primero cuantificarlos y posteriormente definir planes de actuación. Es así, que la ERH es considerada como el punto de partida para la planificación y la gestión del agua, y la base para el análisis del impacto de fenómenos como las sequías y el cambio climático. Por todo lo anterior, la ERH debe ser un instrumento confiable que dé fortaleza en la toma de decisiones; ya que, si la base no es lo suficientemente robusta, las decisiones tomadas a partir de ella tampoco serán fiables. El principal instrumento utilizado para la ERH son los modelos hidrológicos, ya que permiten el análisis del ciclo del agua a escala de cuenca a través de expresiones matemáticas. La modelación hidrológica ha sido utilizada con otros propósitos además de la evaluación de recursos hídricos, el más recurrido: la predicción y control de crecidas, cuya metodología y estudios de casos son muy extensos en la literatura. No obstante, ante el problema de la evaluación de recursos hídricos, las referencias en la literatura suelen ser escasas y más aún, cuando los sistemas son complejos y han sufrido alteraciones de origen antrópico que modifican su estado natural invalidando la aplicación directa de los modelos hidrológicos para este fin.

En esta investigación se analizan y proponen metodologías específicas para las diferentes casuísticas presentes en la ERH: en sistemas naturales, sistemas regulados con altos índices de explotación y sistemas que presenten una fuerte influencia de la componente subterránea. La propuesta demanda el uso acoplado de modelos precipitación-escorrentía (MPE); por un lado, con un modelo de simulación de la gestión, y por el otro, con un modelo distribuido para la simulación de acuíferos. Este planteamiento permite cuantificar los recursos disponibles en la cuenca tomando en cuenta las interacciones que suceden entre los elementos del sistema, permitiendo que procesos como el de la restitución de caudales a régimen natural no sean estrictamente necesarios. Para su análisis fueron seleccionados tres casos de estudio representativos: los sistemas naturales están representados por nueve cuencas de cabecera distribuidas en el sistema de explotación del Duero y el Júcar; los sistemas regulados por el sistema de explotación el Júcar, caracterizado por presentar una gran capacidad de regulación y altos índices de explotación. Y los sistemas donde la componente subterránea juega un papel fundamental en la evaluación de los recursos hídricos, representados por la cabecera del Guadiana, donde hasta la actualidad se siguen sufriendo las consecuencias de una mala gestión de los recursos hídricos.

De forma paralela se plantearon algunos análisis orientados a explorar aspectos importantes en el proceso de la evaluación de recursos hídricos que en ocasiones no se toman en cuenta y que contribuyen al avance científico relacionado con la modelación hidrológica para la evaluación de recursos hídricos. Así, se analizó el comportamiento de distintos modelos hidrológicos en el proceso de modelización, implementando cuatro MPE con formulaciones y número de parámetros diferente, y así determinar si un modelo más complejo garantiza mejores resultados en la evaluación de los recursos hídricos. Adicionalmente, se estudió también la influencia de la selección de un modelo frente a otro en la disponibilidad de hídrica. Como tercer aspecto, también se estudió la influencia de la escala temporal de simulación y la resolución espacial de los datos de entrada en el proceso de modelización. Finalmente, se probó la eficiencia de un algoritmo de optimización desarrollado en el marco de esta tesis doctoral como un método para la calibración (y validación) automática de MPE, utilizando como algoritmo de referencia uno de los métodos más utilizados en la calibración de modelos hidrológicos desde la década de los 90's.

Como una de las aportaciones técnicas de esta investigación, se presenta el desarrollo de una aplicación informática para la calibración de MPE, compatible con las herramientas utilizadas en la evaluación de recursos hídricos en cualquiera de los casos presentados. En síntesis, esta tesis doctoral recoge una propuesta científico-técnica completa para enfrentar el problema de la evaluación de recursos hídricos a través de la modelación hidrológica, abordando todo el abanico de posibles problemáticas presentes en los sistemas de recursos hídricos. Además, propone un uso concatenado de técnicas informáticas que permiten aplicar las metodologías propuestas y los modelos de simulación implementados, todo esto incluido dentro de un Sistema Soporte a la Decisión (AQUATOOL).