

El agua es un recurso esencial desde el punto de vista ambiental, biológico, económico o social. En la gestión de cuencas, es bien conocido que la distribución del recurso en el tiempo y el espacio es irregular. Este problema se agrava debido a condiciones climáticas extremas, generando períodos de sequía o inundaciones. Para ambas situaciones, una gestión óptima es necesaria. En un caso, el suministro de agua a los diferentes usos del sistema debe realizarse eficientemente empleando los recursos disponibles, tanto superficiales como subterráneos. En el otro caso, el objetivo más importante es evitar daños en las zonas de inundación, incluyendo la pérdida de vidas humanas, pero al mismo tiempo, optimizar los beneficios de centrales hidroeléctricas, o de otros usos.

El enfoque presentado en esta tesis propone la obtención de reglas de gestión óptimas en sistemas reales de recursos hídricos. Con este objetivo, se combinaron algoritmos evolutivos con modelos de simulación. Los primeros, como herramientas de optimización, encargados de guiar las iteraciones del proceso. En cada iteración se define una nueva regla de gestión en el modelo de simulación, que se evalúa para conocer la situación del sistema después de aplicar esta nueva gestión. Para probar la metodología propuesta, se evaluaron cuatro algoritmos evolutivos combinándolos con dos modelos de simulación. La metodología se implementó en cuatro casos de estudio reales.

Esta tesis se presenta como un compendio de cinco publicaciones: tres de ellas en revistas indexadas en el Journal Citation Report, otra en revisión y la última como publicación de un congreso. En el primer manuscrito, el algoritmo de optimización Pikaia se combinó con el modelo de simulación SIMGES para obtener reglas de gestión óptimas en la cuenca del río Júcar. Además, se analizaron los parámetros del algoritmo para identificar la mejor combinación de los mismos en el proceso de optimización. El segundo artículo evaluó el algoritmo multi-objetivo NSGA-II para obtener una regla de gestión paramétrica en la cuenca del río Mijares. Los resultados de este proceso de optimización se presentaron en diferentes gráficos de colores para facilitar la selección de la mejor gestión por parte de los tomadores de decisiones. En el trabajo presentado en el congreso se desarrolló un análisis en profundidad del sistema Tirso-Flumendosa-Campidano utilizando diferentes escenarios y comparando tres modelos de simulación para la gestión de los recursos hídricos. En el tercer manuscrito publicado se evaluó y comparó dos algoritmos evolutivos (SCE-UA y Scatter Search) para obtener reglas de gestión óptimas en el sistema Tirso-Flumendosa-Campidano. En dicha investigación también se analizaron los parámetros de ambos algoritmos. Las reglas de gestión de estas cuatro publicaciones se enfocaron en evitar o minimizar los déficits de las demandas urbanas y agrarias y, en ciertos casos, también en minimizar el caudal bombeado, utilizando para ello el modelo de simulación SIMGES. Finalmente, en la última publicación se evaluó el algoritmo mono-objetivo SCE-UA y el multi-objetivo NSGA-II. Para esta investigación, los algoritmos se combinaron con el software RS MINERVE para gestionar los eventos de inundación minimizando los daños en las zonas de riesgo y las pérdidas en las centrales hidroeléctricas.

Los resultados obtenidos en las cinco publicaciones demuestran la validez del enfoque. En todos los casos de estudio y, con los diferentes algoritmos evolutivos evaluados, las reglas de gestión obtenidas lograron una mejor gestión del sistema que el escenario base de cada caso. Estos resultados suelen representar una disminución de los costes económicos en la gestión de los recursos hídricos. Comparando los cuatro algoritmos, el SCE-UA demostró ser el más eficiente debido a los diferentes criterios de convergencia. No obstante, el NSGA-II es el más recomendado debido a su búsqueda multi-objetivo enfocada en la mejora, con la misma importancia, de diferentes objetivos, donde los tomadores de decisiones pueden seleccionar la mejor decisión para la gestión del sistema.