

**XXII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA  
CIUDAD GUAYANA, VENEZUELA, OCTUBRE 2006**

**SISTEMA SOPORTE DE DECISIÓN H2O  
PARA ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN  
DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS**

**Guillermo Collazos**

*Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata.  
Calle 47 nro. 200, 1900 La Plata, Argentina. [gcollazos@ssd-h2o.com.ar](mailto:gcollazos@ssd-h2o.com.ar)*

**RESUMEN:**

Este artículo presenta el Sistema Soporte de Decisión (SSD) H2O, útil para el análisis y la toma de decisiones en problemas de recursos hídricos a escala de cuenca, enfocado especialmente a la planificación del uso y conservación del agua.

El SSD H2O es un programa genérico, en un entorno de ventanas, para construir y caracterizar el Sistema de Recursos Hídricos (SRH) que el usuario desee modelar. Dispone de distintos módulos de cálculo: simulación, evaluaciones económicas, etc. para realizar diferentes tipos de análisis. Todos los módulos de cálculo tienen un paso temporal mensual, y permiten modelar conjuntamente los recursos superficiales y los subterráneos. Así se preserva la unidad de la cuenca en el análisis y la correcta interdependencia de los elementos que la constituyen.

El uso de un SSD de éste tipo permite cuantificar el rendimiento del sistema y la satisfacción de los usos; obteniendo indicadores coherentes y homogéneos para comparar adecuadamente distintas alternativas de actuación en el ámbito del uso del agua. Se presenta la aplicación de los modelos del SSD H2O al análisis económico del uso del agua en la cuenca del Júcar (España).

**ABSTRACT:**

This article present the Decision Support System (DSS) H2O, useful for the analysis and the decision making in water resources problems to basin scale, focused especially to the uses and conservation of water planning.

The DSS H2O is an generic program, in windows environment, for build and to characterize the Water Resources Systems (WRS) that the user wants to model. It has different calculation modules: simulation, economic evaluations, etc. to carry out different analysis types. All the calculation modules have a monthly temporary step, and they allow to model the conjunctive use of superficial and groundwater resources. This way is preserved the unit of the basin in the analysis and the correct interdependence of the elements that constitute it.

The use of a DSS of this type allows quantify the performance of the system and the uses satisfaction; obtaining coherent and homogeneous indicators to compare appropriately different alternatives in the water use workspace. The application of the models of the DSS H2O in Júcar basin (Spain) for the economic analysis the current water use is presented.

**PALABRAS CLAVES:** recursos hídricos, sistemas soporte de decisión, planificación, gestión del agua, simulación, análisis económico, modelación integrada de cuencas, curva de demanda.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El agua es un bien escaso, esencial en el desarrollo de las actividades humanas. Un problema clásico al que se enfrentan los organismos encargados de la gestión es cómo asignar el recurso hídrico entre todos los usos que lo requieren. Hay unánime consenso científico en que ésta problemática debe analizarse y resolverse a nivel de cuenca hidrográfica, ya que es en dicho ámbito donde se concentra la oferta hídrica y dónde se producen las interacciones físicas, bióticas y sociales de los usuarios naturales del recurso. Las escalas menores de análisis (locales) no consideran el problema de forma integral, la perder las interdependencias existentes en el ciclo hidrológico.

Las cuencas son sistemas normalmente complejos, que pueden considerarse compuestos por distintos elementos, cada uno con sus propias características y funcionamiento hidrológico, que interactúan entre sí. En éstos sistemas, la intervención antrópica (embalses, desvíos, extracciones, etc.) es casi siempre determinante para el estado futuro del sistema. Precisamente por esa gran capacidad de intervención, resulta importante poder prever los efectos que tendrán distintas actuaciones propuestas sobre diferentes zonas de la cuenca o grupos de usuarios.

Los Sistemas Soporte de Decisiones (SSD) —como el aquí presentado— están constituidos por varios modelos matemáticos y bases de datos relacionadas, normalmente representados espacialmente o mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). Los SSD dan precisión a la experiencia e intuición del analista, al permitir comparar, de forma homogénea, los efectos de distintas acciones (tanto cambios en las infraestructuras como en la forma de gestión de éstas).

En definitiva, como su nombre lo indica, un SSD ayuda a tomar decisiones (técnicamente fundamentadas) en asuntos de planificación para el uso sostenible y conservación del agua, permitiendo responder preguntas del tipo:

**¿Qué pasaría si....? en un Sistema de Recursos Hídricos (SRH).**

Existen varios SSD similares al aquí presentado: ACRES (ACRES, 1998), DWRSIM (Chung, 1998), LabSid-AquaNet (Alexandre y Porto, 2000), MIKE BASIN (DHI, 2001), MODSIM (Labadie, 1994), REALM (VUT, 2001), SIM-V (Martin, 1983), WEAP (Raskin, 2001), y especialmente Aquatool (Andreu et al, 1996) que ha servido de inspiración en el desarrollo de éste SSD. El SSD H2O tiene como características especialmente destacables la interacción con programas SIG, la simplicidad de uso y la facilidad para analizar interactivamente los resultados.

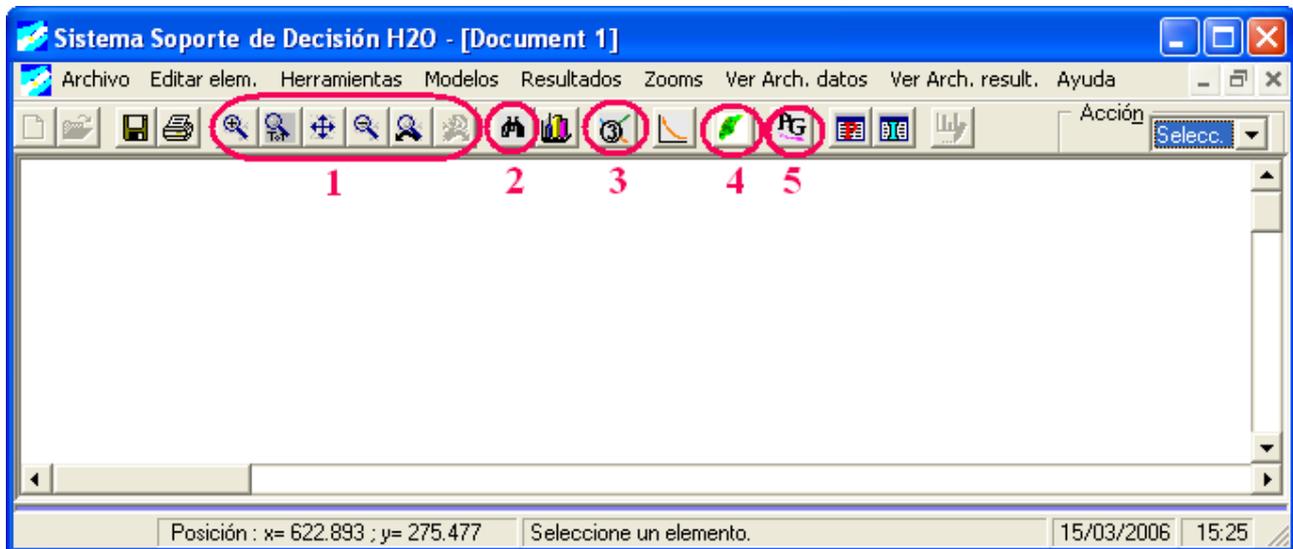
Los modelos matemáticos son el corazón de los SSD. Un modelo de SRH es una representación conceptual y simplificada de un SRH real, que preserva sólo las características esenciales del mismo (en este caso lo importante para la planificación del uso del agua) y desecha otras que no son tan importantes (Buras, 2001). También colabora en organizar y amplificar la información existente (Major, 1979) de la cuenca hidrográfica.

El uso de modelos matemáticos (Loucks et. al., 1981) en SRH es de utilidad cuando:

- Los objetivos del sistema están razonablemente bien definidos, y hay individuos u organizaciones con capacidad de implementar las decisiones.
- Hay muchas decisiones alternativas que satisfacen los objetivos planteados y la solución no es obvia.
- Las soluciones alternativas y los objetivos pueden ser representados matemáticamente.
- Los parámetros del modelo pueden estimarse con razonable precisión a partir de datos y estudios existente o por realizar.

## 2.- DESCRIPCIÓN DEL SSD H2O

Al iniciar el programa se despliega la ventana de la Figura 1, con una hoja en blanco donde el usuario debe crear el esquema (representación simplificada) del SRH que desea modelar, agregando uno a uno los elementos que lo componen.



**Figura 1: Ventana principal del SSD H2O.**

Cada clase de elemento se representa mediante un símbolo o línea diferente: los embalses con triángulos rojos, los nudos con círculos grises, los usos con cuadrados verdes, los aportes con flechas celestes, las centrales hidroeléctricas con círculos naranjas, y las conducciones con distintos tipos de líneas.

Primeramente se crean los elementos puntuales: aportes hidrológicos, acuíferos, embalses, nudos, retornos y usos. Posteriormente éstos se conectan mediante elementos lineales: conducciones, líneas auxiliares y tomas. El esquema del SRH creado ha de dar continuidad al tránsito de los aportes hidrológicos de aguas arriba hasta el final del sistema (lago, mar, evaporación, etc.) y ser coherente (por ejemplo un nudo tiene que tener al menos un elemento lineal que ente y otro que salga, etc.).

Los botones más importantes de la ventana principal están numerados en la Figura 1:

- 1- Zoom: para seleccionar adecuadamente el área de visualización.
- 2- Barra de búsqueda: para localizar elementos en el esquema de la cuenca (útil cuando hay muchos elementos).
- 3- Opciones de dibujo: para personalizar la representación visual de los elementos.
- 4- Imágenes de fondo: para poner la imagen de un archivo en el fondo, empleada normalmente para ubicar geográficamente los elementos del esquema.
- 5- Propiedades generales: para establecer el período de análisis, los archivos de datos y de resultados, etc.

En el menú **Herramientas** existen otras utilidades, entre la que destaca la posibilidad de cambiar el idioma del programa a inglés o portugués.

Cada elemento que se agrega debe caracterizarse mediante ciertos parámetros numéricos que definen su funcionamiento. Para cada clase de elemento hay una ventana distinta, por ejemplo en la Figura 2 se muestra la ventana de una conducción.

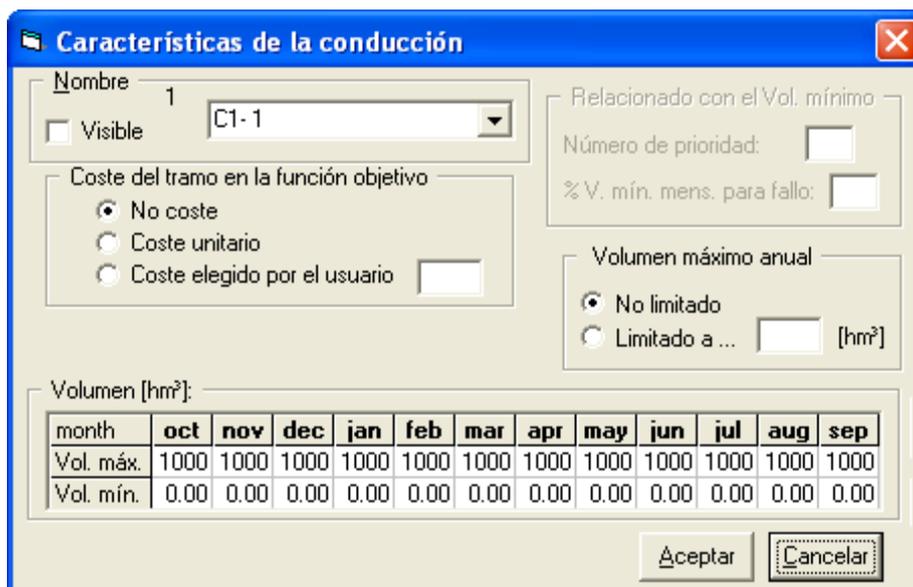


Figura 2: Ventana con las características de una conducción.

Una vez que se ha creado la representación esquemática del SRH o cuenca, se guarda el archivo, previo a la ejecución de alguno de los módulos de cálculo.

### 3.- MÓDULOS DE CÁLCULO

Mediante el menú **Modelos** se puede ejecutar los módulos de simulación y de evaluación económica que están disponibles actualmente en el SSD H2O. Se trata de modelos de estado estacionario y con paso temporal constante (mensual), aunque podrían adaptarse a intervalos menores si fuera menester. Estos módulos son programas independientes escritos en Fortran.

#### 3.1- Módulo de simulación por prioridades

Este módulo resuelve la asignación del agua secuencialmente (mes a mes) para todo el período de análisis; en base a las prioridades de los elementos establecidas por el usuario. Normalmente los usos urbanos son los más prioritarios, seguidos por los agrícolas, ambientales, etc. A partir de las características de los elementos y de la conectividad de los mismos en el esquema (almacenado en el archivo de datos), el módulo de cálculo crea una red de flujo conservativa. En cada mes un algoritmo lineal de redes minimiza la función objetivo de la Ecuación 1.

$$FO = \sum_{i=1}^{nUsos} C_i \cdot X_i + \sum_{j=1}^{nCond.Vmin} C_j \cdot X_j + \sum_{k=1}^{nEmb.} C_k \cdot X_k \quad [1]$$

Esta función objetivo es separable, y en ella puntúan solamente los usos, las conducciones con volumen mínimo y los embalses. Los embalses se consideran divididos en zonas de almacenamiento, de forma que cuando el almacenamiento es bajo ése agua sólo es accesible a los usos más prioritarios. Por el contrario, si hay mucha agua todos los usos pueden disponer de ella. Las variables X representan el volumen circulante en cada período por cada elemento, y las constantes C son los pesos, que quedan establecidos cuando el usuario fija las prioridades relativas de los elementos (Collazos, 2006).

Así, estableciendo las prioridades de los embalses, los usos y del volumen mínimo de las conducciones y de otros parámetros del modelo, el usuario debe reproducir el funcionamiento observado en la cuenca a fin de validar o calibrar el modelo antes de emplearlo.

Lógicamente que se verifica la ecuación de continuidad en todos los nudos del sistema y en cada período de tiempo. El modelo permite el análisis del uso conjunto de los recursos superficiales y subterráneos: los acuíferos son representados mediante modelos agregados, bastante simples, pero suficientes para los fines de planificación para los que se emplean los SSD.

### 3.2- Módulos de evaluación económica (post-simulación)

Otros módulos disponibles son los que permiten realizar el análisis económico del uso del agua. Esos módulos son EvalGes y MevalGes, que se presentaron en un artículo en el anterior Congreso (Collazos et. al, 2004).

Resumidamente, el módulo de evaluación **EvalGes** realiza la evaluación económica de la asignación del agua. Para ello se asocia a los elementos del SRH una función económica que representa los costos o beneficios (según su signo) asociados a la entrega de distintos volúmenes de agua (línea negra continua en la Figura 3).

Con el módulo de simulación por prioridades antes expuesto se establece el volumen asignado cada mes (menor o igual al máximo). Luego se determina por integración el excedente económico o Beneficio Neto y el Perjuicio Neto (complementario del primero si el suministro no es total).

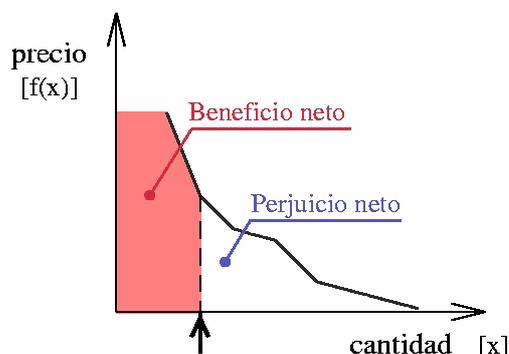


Figura 3: Función económica, beneficio y perjuicio.

Entonces, el excedente económico total o Beneficio Neto total, correspondiente a una simulación realizada con las reglas actuales de reparto del recurso, se calcula con la Ecuación 2:

$$BN = \sum_{t=1}^{nT} \sum_{i=1}^{nElem} \int_0^x f.e.(i,t)(x_{(i,t)}) \cdot dx_{(i,t)} \quad [2]$$

Siendo nT: número de meses del período simulado y nElem: la cantidad de elementos del sistema con función económica.

El módulo **MevalGes**, utiliza reiteradamente los módulos de simulación y de evaluación, mediante una metodología original que consiste en introducir un cambio diferencial de la restricción del sistema que se quiere estudiar. Esto permite obtener diferentes indicadores económicos marginales:

- el valor marginal del recurso (vmr) en los nudos, que es el indicador más importante.
- el costo marginal de las restricciones físicas u operativas del SRH (caudales mínimos).
- otros indicadores marginales en usos y embalses (volúmenes objetivo o máximos).

Los indicadores se calculan para todo el período de simulación, y en diferentes elementos de la cuenca, permitiendo realizar útiles análisis sobre la escasez del recurso, la forma de combatir dicha escasez, la eficiencia económica de la asignación actual, etc.

El valor marginal del recurso (vmr) en el punto  $i$  para el intervalo  $t$  es un indicador de la escasez de agua y de la capacidad de pago de los usuarios para reducirla. Se calcula con la Ecuación 3:

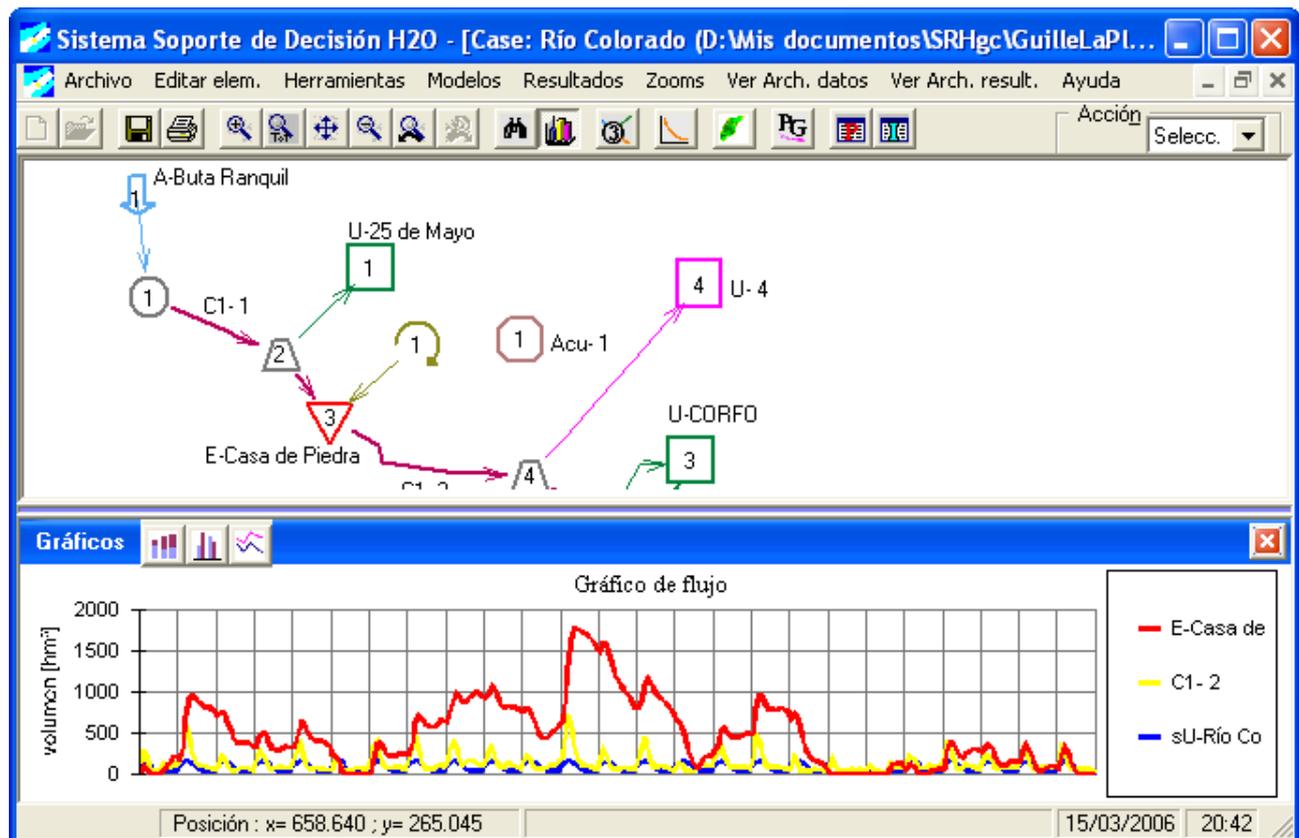
$$vm_{(i,t)} = \frac{(BN_m - BN_b)}{\Delta Volumen} \quad [3]$$

Siendo:  $BN_b$ : el beneficio neto correspondiente al caso base (actual);  $BN_m$ : el beneficio neto correspondiente al caso modificado, que se construye agregando al caso base un volumen diferencial de agua ( $\Delta Volumen$ ) en ese nudo  $i$  y en ese intervalo  $t$ .

De esta forma, para calcular el valor marginal del recurso en un solo nudo del sistema y para un período de 10 años, se ha de simular y evaluar 120 veces el caso modificado, y una vez el caso base.

#### 4.- VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Una vez ejecutado correctamente algún módulo de cálculo, se pueden visualizar la evolución temporal de los resultados mediante la barra de gráficos del SSD H2O, que se muestra desplegada en la parte inferior de la Figura 4.



**Figura 4: Ventana principal con los gráficos temporales de distintos elementos.**

Se puede graficar los resultados de flujo, el beneficio neto o los indicadores económicos marginales obtenidos mediante MevalGes. Se dispone también de otras herramientas que asisten al analista en la interpretación del funcionamiento del sistema. Como resultado del módulo de simulación por prioridades también se obtienen indicadores de satisfacción del suministro a los usos (para la totalidad del período) tales como garantía mensual, anual, volumétrica, etc.

Otra funcionalidad muy útil es la posibilidad de exportar el esquema y los resultados mediante archivos \*.shp, que se abren con el programa ArcView 3.x. En cuencas con gran cantidad de elementos esto permite aprovechar la potencialidad de éste SIG en la organización y el análisis espacial de los resultados.

Esta facilidad de visualización de los resultados es la que permite realizar de forma interactiva cambios en las condiciones del sistema o en las reglas de operación del mismo; y ver sus efectos en épocas con distinta disponibilidad hidrológica, o de forma agregada para todo el período de tiempo simulado.

## 5.- CASO DE APLICACIÓN

El caso de aplicación presentado corresponde a la cuenca del río Júcar, en el E de España, que desemboca en el mar Mediterráneo. Ésta es la cuenca piloto de España en la implantación de la Directiva Marco del Agua europea, de forma que esta aplicación fue pionera a nivel europeo. Para la modelación se usó el esquema de la Figura 5.

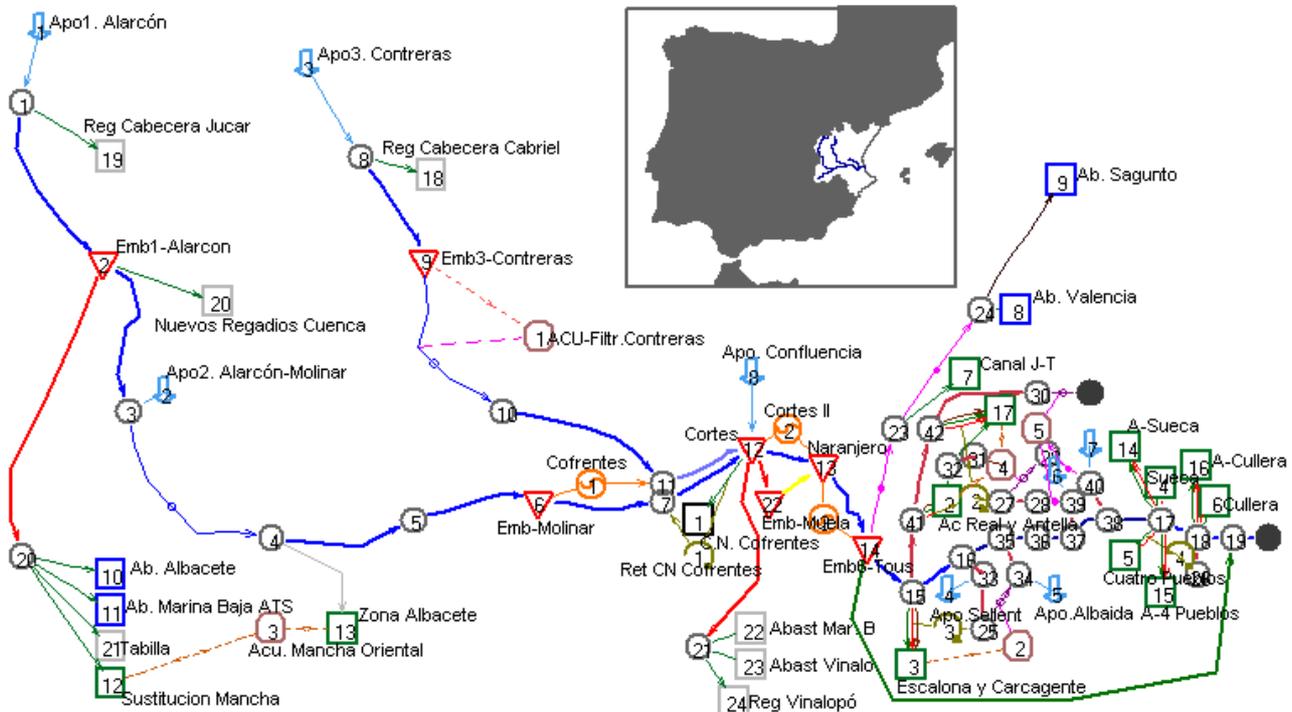


Figura 5: Esquema del SRH del río Júcar empleado en la simulación económica.

### 5.1- Descripción de la cuenca

El área de la cuenca es de 22.400 km<sup>2</sup>, el río tiene una longitud cercana a los 500 km, y las aportaciones medias son del orden de los 50 m<sup>3</sup>/s. La temperatura media anual es de 14 °C y la precipitación media de 510 mm, con diferencias importantes entre la costa y el interior.

En el lado izquierdo de la figura se encuentran las nacientes de los dos ríos principales: el Júcar y el Cabriel. En cada uno de ellos se ubican sendos embalses de cabecera con regulación hiperanual: Alarcón (1100 hm<sup>3</sup>) y Contreras (450 hm<sup>3</sup>). Aguas abajo de éstos embalses hay una interacción importante de los ríos con acuíferos, que aportan una regulación natural al sistema. Otro embalse clave es el número 14, Tous (40 hm<sup>3</sup>) que sirve además para laminar avenidas.

De Tous se abastecen los usos urbanos de Valencia y Sagunto; y hacia abajo por el río existe una compleja red de canales y acequias que proveen a riegos históricos, donde se cultivan cítricos, hortalizas y arroz. Las centrales hidroeléctricas (color naranja) se ubican en la zona media, y su funcionamiento está condicionado a las necesidades de los riegos de la zona inferior. Otra zona de importancia son los riegos (cereales y forrajes) en la zona de Albacete, que se abastecen con aguas subterráneas del acuífero de La Mancha Oriental. Este acuífero está vinculado hidráulicamente con el río Júcar, y en los últimos 20 años los grandes descensos en el nivel éste reservorio han menguado los aportes que recibía el río de forma natural.

El esquema físico del SRH, está adecuadamente validado para representar la forma de gestión actual (CHJ, 2001). A los estudios preexistentes se le adicionó la caracterización econométrica de los elementos y el análisis económico con el modelo MEvalGes (sección 3.2), para calcular distintos indicadores marginales en varios puntos del sistema y a lo largo del período simulado.

### 5.1- Definición de propiedades económicas

El primer paso fue la recopilación de antecedentes econométricos, consultas con expertos, etc. para poder estimar las funciones económicas para los elementos más relevantes de la cuenca.

Para los usos, la función económica (f.e.) coincide en principio con la disposición a pagar por el uso para conseguir un cierto volumen de agua. Esta gráfica (monótonamente decreciente) es conocida en ámbitos económicos como curva de demanda (del agua cruda, en este contexto). Algunas de las curvas de demanda utilizadas se ven en la Figura 6.

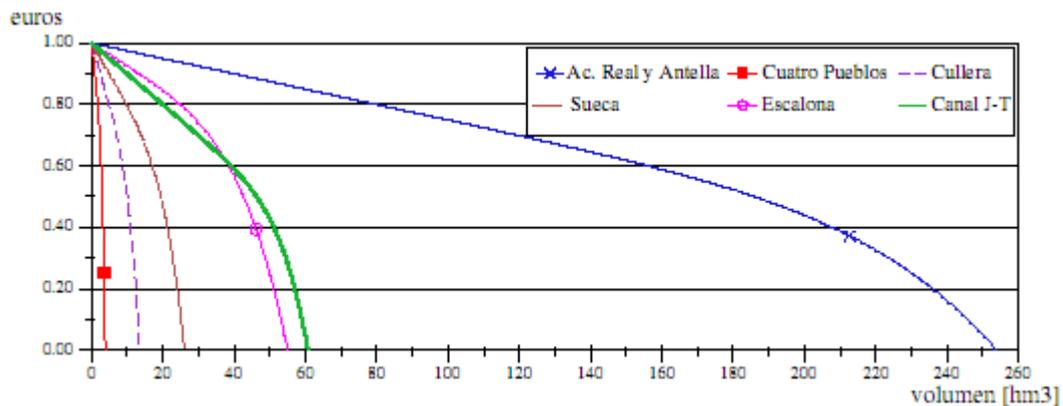


Figura 6: Curvas de demanda (anuales) para los riegos de cítricos y hortalizas.

Así, se estimaron las curvas de demanda para: cítricos y hortalizas, arroz, cereales y forrajes, uso urbano, refrigeración de la central nuclear, y generación de energía eléctrica. Se adoptó una f.e. para los usos ambientales de caudal mínimo. Y también se determinó la función de costos de los bombes del acuífero de La Mancha Oriental.

### 5.2- Solución del caso base (actual)

Con los datos económicos anteriores se utilizó el módulo MevalGes, realizando las múltiples simulaciones y evaluaciones de costo-beneficio (sección 2.3), sujetas a las restricciones físicas y operativas del SRH, para los 61 años de datos hidrológicos disponibles.

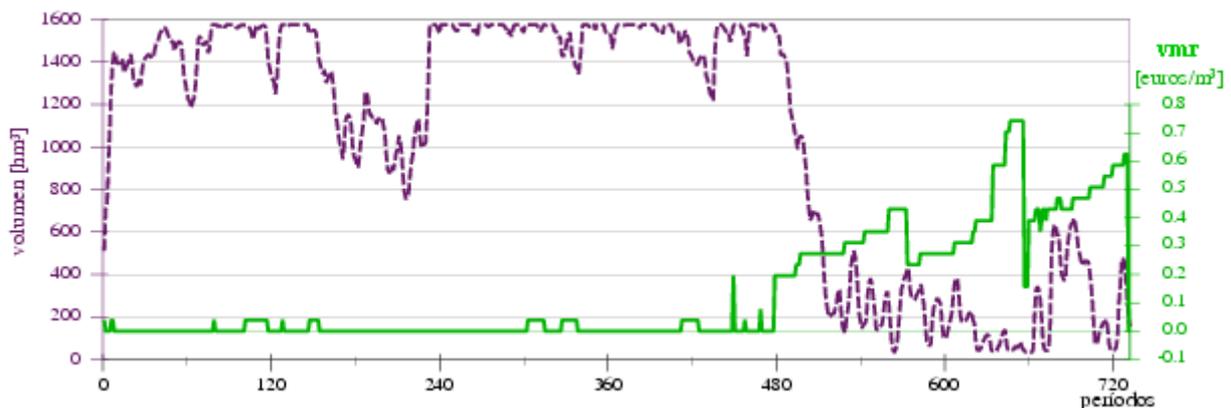


Figura 7: Evolución temporal del volumen almacenado en cabecera (punteado) y el vmr en Tous.

En la Figura 7 se ve que en el período con menos reservas (en los últimos 20 años) en que el agua escasea, la disposición a pagar de los usuarios que pueden abastecerse del nudo 14 (embalse de Tous) se eleva considerablemente. En épocas normales todos los usos tienen toda el agua que requieren, y por ello el vmr es nulo, ya que nadie está dispuesto a pagar para conseguir más agua.

También se puede observar que el vmr no tiene variaciones bruscas, debido a la capacidad de regulación que existe aguas arriba y en el propio embalse de Tous. En puntos aguas abajo (por ejemplo el nudo 17), donde no hay posibilidad de regular los aportes intermedios, los resultados muestran que el vmr oscila fuertemente entre cero y el valor de la línea verde dentro de cada año.

### 5.3- Cambios en las condiciones actuales

Luego de estudiadas los aspectos económicos del uso actual del agua, y a la vista de los resultados, se realizaron distintos cambios plausibles en la forma de gestionar el agua, para proponerlos a los tomadores de decisiones. Estos fueron:

- Imponer un volumen mínimo de salidas al mar: se estudió el costo de imponer un patrón de volumen mínimo mensual por cuestiones ambientales, que están teniendo cada vez más importancia para la sociedad. Se cuantificó el costo que de adoptar esa nueva restricción operativa, y también se determinó que los usos agrícolas serían los únicos afectados.

Disminuir los bombeos del acuífero Mancha Oriental para el uso Zona Albacete: en esta hipótesis se estudió el efecto económico de reducir las extracciones para cultivos extensivos, hasta quedar en 125 hm<sup>3</sup>/año ( $\frac{1}{3}$  del valor actual). Este valor refleja la opinión de los expertos acerca de lo que acontecería si se suprimieran los subsidios agrícolas de la UE. En esta circunstancia el acuífero Mancha Oriental recuperaría gradualmente su almacenamiento, y volvería a tener salidas naturales al río Júcar, lo que repercutirá muy beneficiosamente en los usos de la zona inferior. Aún en las condiciones actuales, los de la zona inferior podrían compensar económicamente a los de aguas arriba para que en épocas de sequía restrinjan los bombeos, y se mejorarían los beneficios para el conjunto del sistema.

- Disminuir la prioridad de los usos agrícolas de riego de arroz, de forma que en época de escasez sean éstos uso (con menor valor unitario del agua suministrada), los primeros que verán restringido el suministro. Se detectó que actualmente, los indicadores de restricción son innecesariamente rígidos (severos), ya que no se observaron los cambios que se preveían.

- Eliminar o morigerar los indicadores de restricción o de alarma: estos indicadores permiten modificar la forma de asignación, para que en épocas de sequías algunos usos vean limitadas sus entregas. Se comprobó que disminuyendo la intensidad de los indicadores de restricción, el vnr tiene picos de valores más extremos, pero al mismo tiempo menos duraderos en el tiempo.

Así, la aplicación de los módulos EvalGes y MevalGes a la cuenca del Júcar permiten concluir que los episodios de escasez no resultan excesivamente severos, y podrían resolverse satisfactoriamente sin aportes externos, con medidas de reasignación del agua. Por otro lado, las restricciones de sequía actualmente vigentes son demasiado severas. Esto da la pauta que el consumo en condiciones normales es generoso, y puede reducirse un poco sin excesivos perjuicios. También se evidenció que los usuarios de la parte baja de la cuenca se verán muy beneficiados con la desaparición de los subsidios agrícolas, que fomentan indirectamente los bombeos del acuífero.

## 6.- COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

Se ha presentado un nuevo Sistema Soporte de Decisión genérico (para cualquier cuenca), útil para realizar diferentes clases de estudios que resultan imprescindibles al planificar el uso del agua a escala de cuenca. Este desarrollo, fruto de un intenso trabajo de programación, representa el estado del arte en este campo del conocimiento.

El SSD H2O tiene como características más destacables la potencialidad de los módulos de cálculo, la interacción con el programa ArcView 3.x, la simplicidad de uso y la facilidad para analizar interactivamente los resultados.

Se ha presentado sintéticamente un caso de aplicación muy complejo --en la cuenca del río Júcar-- donde se usaron los módulos económicos por vez primera. El uso de estos modelos hidro-económicos, en cuencas con escasez de agua y en las que es posible estimar (con razonable precisión) el valor del agua en los distintos usos alternativos, permite evaluar medidas de actuación no tradicionales para racionalizar el uso del agua y gestionar la escasez con el menor costo. Los modelos ponen en evidencia, como a veces los usos colectivos y no tan establecidos del agua

(ambientales) permiten obtener beneficios mucho mayores a los uso tradicionales como el regadío. Se verificó que el agua es siempre más o igual de valiosa en los nudos de aguas arriba que agua abajo. Las conclusiones propias del Júcar se presentaron en el apartado anterior, para más claridad.

Las medidas económicas en la gestión del agua ayudan a resolver muchos problemas difíciles de encarar cuando el agua es un bien gratuito. El desafío para los gestores es encontrar mecanismos legales y administrativos que permitan implementarlas y comunicarlas correctamente.

Es una satisfacción poner a disposición de los colegas de la comunidad científica y educativa latinoamericana esta poderosa herramienta, imprescindible para una correcta gestión integral del recurso hídrico a escala de cuenca. Una versión Demo del SSD H2O está disponible en el siguiente URL: <http://www.ssd-h2o.com.ar>.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los datos suministrados por la Confederación Hidrográfica del Júcar y la ayuda del DIHMA de la Universidad Politécnica de Valencia, donde se realizó una parte de éste trabajo.

## REFERENCIAS

- ACRES** (1998). "User's Manual ARSP Acres Reservoir Simulation Package". *ACRES International Ltd*. <http://www.acres.com/company/water/arsp.htm>.
- Alexandre, N. R. y Porto, R. L.** (2000). "O sistema ModSimLS: um modelo de rede de fluxo para simulação de bacias hidrograficas". *J. of Water Resources Planning and Management*. 126, nro. 2, pp. 85-97.
- Andreu, J., Capilla Roma, J. y Sanchis, E.** (1996). "AQUATOOL, a generalized Decision Support System for water-resources planning and management". *Journal of Hydrology*, 177:269–291.
- Buras, N.** (2001). "Water Resources, unresolved issues". *Journal of Water Resources Planning and Management*, 25(1):353.
- C.H.J.** (2001). "Revisión y actualización de los recursos hídricos superficiales del río Júcar". *Oficina de Planificación Hidrológica, Confederación Hidrográfica del Júcar*.
- Chung, F. I., Archer, M. C. y Devries, J. J.** (1998). "Network flow algorithm applied to California aqueduct simulation". *Journal of Water Resources Planning and Management*, 115(2):131–147.
- Collazos, G., Andreu, J. y Solera, A.** (2004). "Metodología y Herramientas para el Análisis Económico de Sistemas de Recursos Hídricos", *XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Sao Pedro, Brasil; octubre de 2004*.
- Collazos, G.** (2004). "Sistema Soporte de Decisión para evaluación y optimización económica de Sistemas de Recursos Hídricos"; *Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia; septiembre de 2004. ISBN: 0-542-13628-7*.
- Collazos, G.** (2006). "Manual del Usuario del SSD H2O", *Universidad Nacional de La Plata, Argentina*. <http://www.ssd-h2o.com.ar>
- DHI** (2001). "MIKE BASIN 2001, Guía y Tutoría para su uso". <http://www.dhisoftware.com/mikebasin>
- Labadie, J. W.** (1994). "MODSIM: Interactive river basin network flow model". *Technical report, Department of Civil Engineering, Colorado State University*. <http://129.82.224.229/concepts/moddoc.html>.
- Loucks, D. P., Stedinger, J. R. y Haith, D. A.** (1981). "Water Resources System Planning and Analysis". Prentice-Hall.
- Major, D. C. y Lenton, R. L.** (1979). "Applied Water Resource System Planning (Chap. 3)". Prentice-Hall, Inc., Englewood Clis, New Jersey 07632.
- Martin, Q. W.** (1983). "Optimal operation of multiple reservoir system". *Journal of Water Resources Planning and Management*, 106(1):58–74.
- Raskin, P., Sieber, J. y Huber-Lee, A.** (2001). "User Guide for WEAP 21". *Stockholm Environment Institute*.
- VUT** (2001). "REALM User's Manual (Version W1.4h)". *Victoria University of Technology and Department of Natural Resources and Environment*.