

## **SIMULACIÓN DE ACTUACIONES DE USO CONJUNTO EN LA SIERRA DE BAZA. APOYO AL EMBALSE DE GOR CON BOMBEO EN LOS ACUÍFEROS DE CABECERA**

**J.M. Murillo, M. Henche, S. Castaño, T. Peinado, J.C. Rubio y J.A. López Geta**  
Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

### **RESUMEN**

Mediante un modelo matemático de simulación de la gestión de recursos hídricos, se ha analizado el efecto de la puesta en explotación del embalse de Gor y de la regulación de los manantiales de los acuíferos de cabecera de su cuenca vertiente sobre el sistema de recursos hídricos de la Sierra de Baza (Granada).

**Palabras clave:** Recursos hídricos, Sierra de Baza, Simulación de la gestión, Uso conjunto

### **INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y METODOLOGÍA**

La utilización conjunta de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, definida como *el uso planeado y coordinado de ambas fuentes para la satisfacción de la demanda*, es una de las ideas básicas que aparecen en la Ley 29/1985 de Aguas (Sánchez González y Murillo, 1997).

La definición, selección y esquematización de sistemas de explotación en los que existen o pueden existir a corto o medio plazo utilización conjunta se define en Sánchez González y Murillo (1997). Entre los sistemas de explotación que cumplen con las condiciones adecuadas para poder ser seleccionados figura el denominado *Sierra de Baza*.

En dicha zona, los gestores del agua buscan diseñar alternativas de utilización conjunta que permitan aumentar la garantía de suministro a los diversos destinatarios del agua.

En concreto en el presente trabajo se analiza la posibilidad de complementar mediante bombeo de agua subterránea el déficit que no pueda cubrir el futuro embalse de Gor. Como premisa previa se impone que las actuaciones contempladas no afecten a la satisfacción de la demanda urbana de los núcleos abastecidos por el sistema Sierra de Baza.

La metodología utilizada responde a las recomendaciones dadas por Sahuquillo y Sánchez González (1983) para los estudios de utilización conjunta. El procedimiento operativo que se ha seguido es el siguiente:

- Estimación de los recursos hídricos propios del sistema de gestión en los puntos en los que se sitúan los principales elementos de regulación.
- Estimación de las demandas de agua para abastecimiento y riego a escala municipal.
- Análisis de fuentes no convencionales de recursos susceptibles de poder ser utilizados.
- Esquematación de los diversos elementos que componen el sistema de gestión de recursos hídricos (aportaciones propias, embalses, demandas, conducciones, acuíferos, depuradoras, etc.)
- Modelización del sistema, mediante un programa de simulación de la gestión, en condiciones lo más parecidas posibles a las que ocurren en la realidad.
- Simulación de distintas alternativas, modificando los diferentes elementos del sistema o añadiendo otros nuevos.

### **EL MODELO *SIMGES* DE SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN HÍDRICA**

El modelo utilizado para la simulación de la gestión de los recursos hídricos de la Sierra de Baza se denomina *SIMGES*. Este modelo ha sido elaborado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia y permite su aplicación a todo tipo de cuencas o sistemas de recursos hídricos con elementos de almacenamiento superficial o subterráneo (embalses y acuíferos), de captación, de transporte, de demanda, de retorno de agua y de recarga artificial (Andreu y Capilla, 1993).

Para la modelización con *SIMGES* es necesario confeccionar un esquema del sistema hídrico que debe de estar conformado por un conjunto de elementos de entrada (aportaciones), regulación (embalses y acuíferos), salida y destino de agua (demandas y nodo final), así como por conducciones que se articulan en elementos denominados nodos. Además de las características físicas de los componentes también se deben considerar las reglas de operación de cada elemento individual, así como las de todo sistema.

Aunque el modelo *SIMGES* puede representar cualquier esquema y regla de operación, está más adaptado a la planificación hidrológica de grandes sistemas, con lo que la simplificación de la relación entre las distintos componentes es necesaria y facilita el planteamiento del esquema a utilizar (Castaño et al., 2000). El sistema de la Sierra de Baza es intermedio entre el de gestión de un gran sistema y aquel que trata de resolver el suministro de agua a escala de usuario individual.

### **COMPONENTES DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SIERRA DE BAZA.**

El sistema de explotación Sierra de Baza y sus relaciones mutuas, es decir, su esquema topológico, está conformado por un conjunto de elementos que se explicarán, de modo resumido, a continuación.

En la Sierra de Baza está prevista la construcción de un embalse en el río Gor con una capacidad de 10,32 hm<sup>3</sup> que se utilizará como elemento regulador de las frecuentes avenidas de agua que tienen lugar en la zona. Los recursos almacenados en esta obra hidráulica se destinarán a la mejora de 636 hectáreas de regadío y a la ampliación de otras 600 ha (DGOH, 1991).

El único acuífero que interviene en el sistema general de gestión es el denominado Sierra de Baza que hidrogeológicamente se encuentra subdividido en dos sectores: Sector Oriental y Sector Occidental. Los diferentes sectores del acuífero se han integrado en el modelo de gestión mediante modelos unicelulares con condición de manantial (Sahuquillo, 1993; Andreu y Capilla, 1993).

Por lo que se refiere a la conexión física entre elementos (conducciones), el modelo considera como dato físico el volumen máximo que puede circular por la conducción, por lo cual en los cauces naturales el valor proporcionado ha sido muy elevado para evitar problemas en época de avenida.

Las conducciones utilizadas para abastecimiento se han limitado a la capacidad máxima de transporte de agua en los casos en que se dispone de datos proporcionados por los propios ayuntamientos. En el caso contrario no se ha limitado el caudal en la conducción, dejando que lo calcule el propio programa.

En cuanto a las conducciones que llevan el agua a las zonas de demanda agrícola, cuando se desconocen sus características, se ha supuesto que la capacidad es suficiente para la satisfacción de la demanda, quedando limitado el volumen circulante sólo por el agua disponible y el propio valor de la demanda.

Las demandas, en la Sierra de Baza, se han agrupado por tipo a escala municipal, considerándose seis elementos de demanda agrícola y cinco de demanda urbana. Además existe otro elemento de demanda agrícola correspondiente a la ampliación de hectáreas de regadío en Gor.

Los valores estimados de las demandas del sistema se muestran en la tabla 1

Elemento de demanda	Demanda (hm <sup>3</sup> /año)	Elemento de demanda	Demanda (hm <sup>3</sup> /año)
Urbana Baza y Baúl	2,279	Riegos Baza	25,609
Urbana Charches	0,051	Riegos Caniles	3,290
Urbana Gor	0,154	Riegos Freila	0,479
Urbana Hernán-Valle	0,061	Riegos Gor	2,257
Urbana Zújar	0,305	Riegos Gorafe	1,578
		Riegos Hernán-Valle	0,613
		Riegos Zújar	2,443
		Ampliación de regadío en Gor	3,600
<b>TOTALES</b>	<b>2,850</b>	<b>TOTALES</b>	<b>39,871</b>

Tabla 1: Demandas anuales consideradas para la simulación de la gestión en la Sierra de Baza (IGME, 2000).

### ESQUEMA INICIAL DE SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SIERRA DE BAZA Y MODIFICACIONES REALIZADAS.

El esquema inicial, que responde a la situación actual, consta de 19 nudos, uno de los cuales corresponde al río Fardes como nodo final, de 13 conexiones entre nudos (equivalentes a conducciones o cauces fluviales), de 5 entradas de recursos naturales de agua, de 12 demandas consuntivas, de las que 5 corresponden a demandas urbanas y 7 a demandas de riego, de 4 acuíferos o sectores acuíferos (dos en el Sector Occidental y otros dos en el Sector Oriental) y de un retorno de agua correspondiente al agua residual de Baza.

Las principales modificaciones realizadas sobre el esquema inicial (Fig. 1) responden a la incorporación al sistema del embalse de Gor y a la regulación de los manantiales de cabecera (Sector Occidental 1 y Sector Oriental 1).

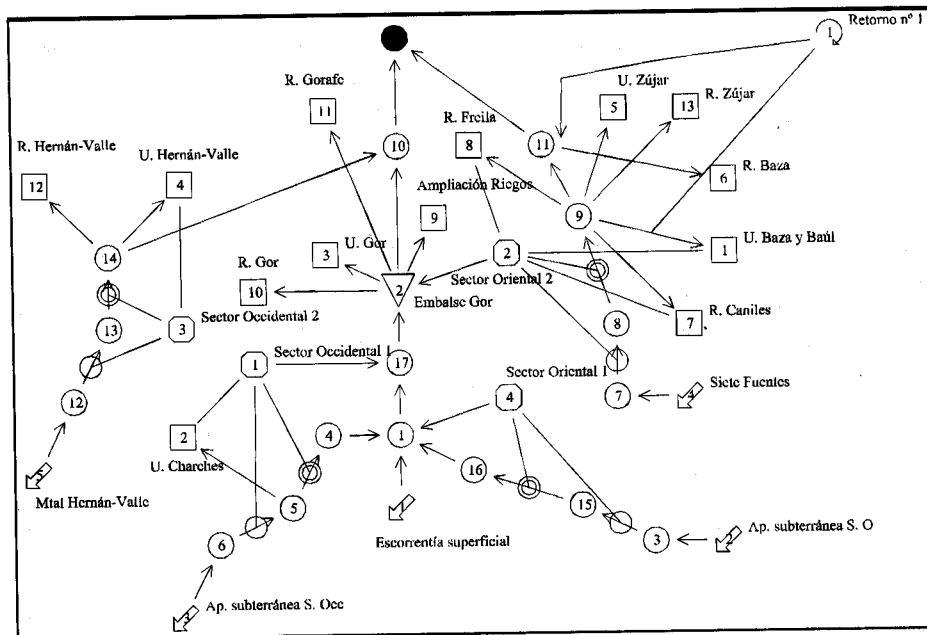


Figura 1. Esquema utilizado para la gestión de los recursos de la Sierra de Baza, contemplando el embalse de Gor y la regulación de los manantiales de cabecera de la cuenca del río Gor.

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos por lo que se refiere a la garantía volumétrica en las diferentes simulaciones realizadas para un periodo de 44 años.

Demanda	Esquema inicial	Esquema considerando el embalse de Gor	Esquema considerando el embalse de Gor y la regulación de los manantiales de cabecera
Urbana Baza y Baúl	100	100	100
Urbana Charches	100	100	100
Urbana Gor	95,5	99,3	100
Urbana Zújar	100	100	100
Riegos Gor	32,2	98,2	100
Riegos Gorafe	34,0	98,2	100

Tabla 2. Resultados obtenidos para la garantía volumétrica en el sistema Sierra de Baza para diferentes.

En resumen, los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas muestran que los fallos que se puedan producir en la satisfacción de la demanda a los regadíos de Gor y Gorafe, por el futuro embalse de Gor, pueden ser cubiertos mediante explotación de las aguas subterráneas. Los bombeos se localizarían agua arriba de dicho embalse, concretamente en la cabecera del río Gor, en los denominados Sector Occidental 1 y Sector Oriental 1 (Fig. 1). Dichos bombeos (Fig. 2) sólo originarían una pérdida temporal de los recursos drenados por los manantiales de esos sectores del acuífero, por lo que no se pondrían en ningún momento en sobreexplotación, produciéndose en cualquier caso una mayor regulación de los recursos naturales vertientes a la cuenca del embalse.

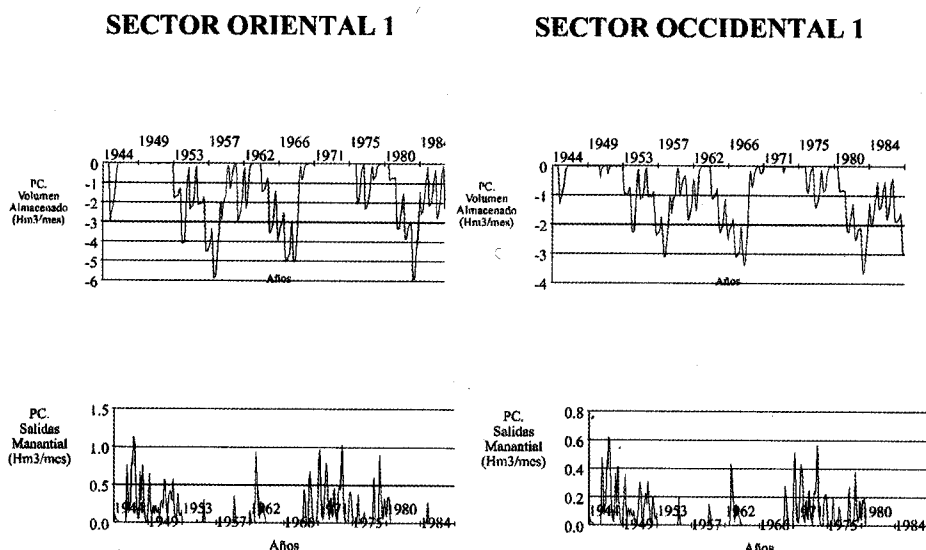


Figura 2. Simulación del estado de los acuíferos y manantiales en los sectores Oriental 1 y Occidental 1 de la Sierra de Baza considerando la puesta en explotación del embalse de Gor y la regulación de los manantiales de la cabecera del embalse.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andreu, J. y Capilla, J. 1993. El modelo de gestión de cuencas SIMGES, en *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica* (Andreu, J., Ed.). CIMNE. Barcelona, pp. 298-321.
- Castaño Castaño, S., Murillo Díaz, J.M., y Rodríguez Hernández, L. 2000. Establecimiento de reglas de operación y recomendaciones de gestión de los recursos hídricos de la Marina Baja de Alicante mediante el empleo de un modelo matemático de simulación conjunta. *Boletín Geológico y Minero*, **111** (2 y 3), 95-118.
- Dirección General de Obras Hidráulicas (DGOH) 1991. Proyecto presa de Gor. Memoria. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 47 pp.
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME) 2000. Modelo de simulación conjunta de aguas superficiales y subterráneas del sistema Gor-Sierra de Baza (Alto Guadiana Menor). Estimación de las demandas agrícola y urbana en la Sierra de Baza. Informe interno. 38 pp.
- Sánchez González, A. y Murillo, J.M. 1997. Integración de los acuíferos en los sistemas de explotación Servicio de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 41 pp.
- Sahuquillo, A. 1993. Simulación de acuíferos en modelos de gestión, en *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica* (Andreu, J., Ed.). CIMNE. Barcelona, pp. 137-170.
- Sahuquillo, A., y Sánchez González, A. 1983. Metodología para la realización de estudios de utilización conjunta de aguas superficiales y aguas subterráneas. *Boletín de Informaciones y Estudios*, **43**, 1-95.