

Gestión conjunta de recursos hídricos a escala local. Caso de estudio: Acuífero del Boquerón. T.M. Hellín (Albacete)

Julio Pérez*, Javier Senent-Aparicio

Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Católica San Antonio de Murcia.

* correspondencia: jperez058@ucam.edu

Resumen

En la década de los 90, España ha alcanzado lo que se conoce como “madurez hídrica”, es decir, que su demanda total ha sobrepasado la mitad de sus recursos. La gestión hídrica del país se enfrenta a serias dificultades cuya solución pasa por la consideración del agua como un recurso único y de la gestión conjunta del mismo.

Por otro lado, la demanda de agua en nuestro país ha estado vinculada estrechamente al uso de las infraestructuras superficiales, recurriendo a las aguas subterráneas sólo en momentos puntuales y de una forma espontánea y sin planificar.

Frente a todas estas presiones del agua, a finales del siglo XX surge un nuevo paradigma auspiciado por la comunidad internacional: la Gestión Integral de los Recursos Hídricos, cuyo fin es la gestión eficaz, equitativa y sostenible de los mismos, desde un enfoque informativo y participativo, donde tengan cabida las administraciones a todos los niveles, así como las comunidades de usuarios.

En relación con esta gestión a nivel local, se ha realizado un estudio de los recursos hídricos en el municipio de Hellín. Los usos consuntivos de Hellín (agua potable y regadíos) son abastecidos en un 48,74% a través del Canal de Hellín, mediante una toma situada en el río Mundo, aguas arriba del embalse de Talave, cuya dotación teórica es de 31,5 Hm³/año. El otro 51,26 % procede, de las aguas subterráneas. El estudio realizado, incorpora el acuífero del Boquerón como un “embalse” más al sistema hidráulico del río Mundo, realizándose un estudio de la regulación de este sistema que determina el aumento de disponibilidad de recursos en la zona.

Abstract

In the 90's, Spain has reached what is known as water maturity, that is to say, that its total water demand has exceeded half of its resources. The country water management copes with serious difficulties whose solution deals with the consideration of water as a unique resource and the conjunctive water management.

On the other hand, the water demand in our country has been substantially linked to the use of surface infrastructures, resorting to the groundwater supplies only in exceptional moments and in a spontaneous way and without planning.

Leaving aside all these pressures on water, by the end of the 20th century, a new paradigm supported by the international community arises: Integral Water Resources Management, whose aim is the effective, equitable and sustainable management of the water resources, from an informative and participative approach, wheres users, technicians and politicians take part actively in the planning.

With regard to this water resources management, a study in the water resources management in Hellin (a town in the south of Albacete) has been made to check the importance of the conjunctive use of water at the local level. The main uses of water in Hellín (drinking water and irrigations) are supplied by Hellín channel (48,74%), whose capture (theoretical supply of 31,5 Hm³/year) is placed in the River Mundo, and groundwater resources (51,26%). The study incorporates the Boqueron Aquifer as one more reservoir into the hydraulic system of the river Mundo, testing the water regulation increase due to this new organization of the water resources management.

Palabras clave: uso conjunto, almacenamiento subterráneo, recarga artificial

Introducción

España ha alcanzado la madurez hídrica (Fernández 2008) en la década de los 90 (su demanda total ha sobrepasado la mitad de sus recursos), y aparentemente mantiene su tendencia general del último siglo en cuanto a la gestión hídrica. La gestión hídrica del país encara serias dificultades, como son los periodos de sequía concurrentes, la sobreexplotación de acuíferos, la intrusión

marina en varias zonas del litoral, la contaminación de masas de agua, el permanente “hidrocidio” (Llamas 2008) de aguas potables, etc., cuya solución pasa por la consideración de recurso único en el agua y de la gestión conjunta del mismo.

El clima en países semiáridos, como es el caso de la España meridional, se caracteriza por la enorme variabilidad interanual de las precipitaciones. La respuesta de las administraciones españolas ante este problema siempre ha sido de carácter improvisado y de emergencia. El único enfoque adoptado para la mitigación de los efectos de las sequías ha sido el fomento de políticas de aumento de los recursos, mediante la construcción de grandes infraestructuras (embalses, trasvases, etc.) con declaración de interés general, financiadas por el Estado, con el consiguiente coste económico, social y medioambiental. Todas estas medidas en las que no se realiza una gestión sobre la demanda si no sobre la oferta en el volumen de agua dispuesto, conduce a un agravamiento del problema que resulta insostenible. (Foster y Ait-Kadi 2012).

En este panorama, el agua subterránea ha sido un elemento que no ha sido apenas tenido en cuenta en la planificación y cuyo desarrollo ha sido incontrolado y llevado a cabo de forma individual o por pequeños colectivos de manera desorganizada.

Sin embargo, a mediados del siglo pasado y gracias especialmente a la invención de la bomba de turbina, la utilización de los acuíferos para el riego de cultivos aumentó de forma espectacular (Burke 2003). Es lo que muchos autores han venido llamando “revolución silenciosa” (Llamas 2005; Llamas & Martínez-Santos 2005; Fornés et al. 2005). Todas estas características de las aguas subterráneas en lo concerniente a la transformación de tierras en regadíos han desencadenado un aumento exponencial del número de perforaciones y bombeos asociados, con el consiguiente riesgo para la continuidad de las extracciones, así como para calidad de dichas aguas.

Frente a estas presiones sobre los recursos hídricos y ante un crecimiento de la demanda agraria en torno a un 33% en los próximos 40 años (Singh 2012a) se hace necesario el planteamiento de una modificación en la independencia del uso de recursos llevada hasta el momento. Debido a la interrelación que existe entre aguas subterráneas y superficiales, así como de la exigencia lógica de considerar el uso conjunto y/o alternado de ambas, se debe considerar y analizar como un recurso único (Winter et al. 1998).

La gestión integral de recursos hídricos a escala local

El concepto de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) surge en el marco de las nuevas tendencias a nivel internacional que consideran la necesidad de incluir la sostenibilidad de los recursos hídricos y establecer un tipo de enfoque holístico a incorporar en los estudios técnicos que tengan alguna relación con la gestión del agua. La GIRH es “simplemente” el proceso de implementación de los principios de Dublín, en el sentido de establecer el marco donde profesionales, usuarios y políticos logren una gestión eficaz, equitativa y sostenible de los recursos hídricos, desde un enfoque informativo y participativo (GWP 2000). En la actualidad, se considera que la mejor forma de realizar una gestión sostenible, equitativa y eficiente de los recursos de agua, particularmente a escala de cuenca, debe ser desde un enfoque integrado (Mariño & Simonavic 2001).

Pero no toda la comunidad científica respalda las ideas de la GIRH. Biswas (2004, 2008) es especialmente crítico con este concepto de solución universal al problema del agua. Entre otros aspectos, no considera adecuada la integración de administraciones en la gestión del agua porque considera que muchas de las instituciones que se pretende integrar tienen diferentes usuarios, y por ende, distintos intereses. Una integración puede suponer una pérdida de representatividad de esos intereses y usuarios, una concentración de poder y una reducción en la transparencia y control de sus funciones (Biswas 2004).

Esta pérdida de representatividad y acumulación de funciones en unas pocas instituciones, está intentando ser solventada a través de otro de los elementos clave en la GIRH, el incremento de la participación de usuarios implicados y la descentralización en la toma de decisiones hacia menores niveles de gobierno.

Uno de los participantes con peso en este enfoque de la planificación hídrica son las administraciones locales, lo que implica la abstracción del nivel de cuenca del río a un nivel o escala más reducida, en función del elemento o acción a considerar. Gonsalves (2000) define como

“ir a escala” (going to scale) al método de “conseguir más beneficios de calidad a más personas en un área determinada, de forma más rápida, más equitativa y más perdurable”.

En este sentido, se pueden establecer dos corrientes para implementar los principios del GIRH a escala local (Moriarty et al. 2004): (1) Mediante la incorporación de la administración local a nuevas instituciones creadas a tal efecto. Es la que viene a llamarse “planteamiento completo” (full); (2) Mediante la realización de acciones locales de implementación de la GIRH, que se denomina “planteamiento ligero” (light).

Por otro lado, la gestión a nivel local no sólo está condicionada por el tamaño de las instituciones administrativas, sino también por la dimensión física o extensión del medio que proporciona el recurso. Los acuíferos, definidos por criterios hidrogeológicos, tienen la capacidad de ser la estructura apropiada en la cual centralizar la gestión y protección de sus recursos (Garduño et al. 2006). Así, por ejemplo, se pueden establecer los siguientes tipos de enfoque de acuerdo a la situación concreta que se estudie:

- Acuíferos grandes pero de menor extensión que la cuenca. En este caso, cada unidad específica del acuífero o cuerpo de agua subterránea requiere un plan local de gestión independiente, el cual debe tomar en cuenta que la recarga de agua subterránea puede depender del flujo aguas arriba de los ríos y que el flujo de los ríos aguas abajo puede depender, a su vez, de la descarga del acuífero.
- Acuífero cuaternario somero que subyace en grandes extensiones de una cuenca. En este caso, la relación agua superficial-agua subterránea (y su gestión) son críticas para evitar problemas tales como la movilización de sales si se elimina la vegetación del suelo o el anegamiento y ensalitramiento del suelo ocasionados por el riego agrícola, por lo que es imperativo efectuar la planificación y gestión de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Sistemas acuíferos profundos y extensos en regiones más áridas. En este caso domina el flujo de agua subterránea, el flujo permanente de agua superficial es escaso y por tanto no tiene sentido establecer ‘organismos de cuenca’, y es más útil definir un plan de gestión sólo para el recurso de agua subterránea y efectuar su gestión a ‘nivel de acuífero’.
- Zonas en donde predominan acuíferos menores, caracterizados por niveles someros, distribución espacial discontinua y potencial bajo. En esta situación, el agua subterránea tiene poca interacción con la cuenca suprayacente y carece de suficiente almacenamiento como para justificar una planificación y administración completa del agua subterránea. Sin embargo, dada su importancia social como fuente de abastecimiento rural, se justifica poner un mayor esfuerzo tanto en el diseño óptimo de los pozos (con objeto de maximizar su rendimiento y confiabilidad durante las sequías), como en identificar las restricciones que posibles problemas de calidad del agua de origen natural puedan imponer.

Así pues, en situaciones en las que no existen o no surten efecto la clase de marcos legales e institucionales para la planificación y asignación de los recursos hídricos de una forma eficiente, equitativa y respetuosa con el medio ambiente, una gestión ‘parcial’ de los recursos hídricos parece ser una solución factible y conciliadora que frene los desajustes y los déficits existentes en muchas poblaciones, especialmente en el sur y levante español.

Material y métodos

Área de estudio

Hellín es una localidad de la provincia de Albacete, en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. Cuenta con 780,81 kilómetros cuadrados y 31.262 habitantes (INE 2012) con una densidad resultante de 40,04 hab/km². Comparativamente Hellín es, según su población el segundo municipio de la provincia de Albacete después del de la capital, y el cuarto en extensión, después de Albacete, Villarobledo y Almansa. Actualmente, la economía de Hellín, debido a la crisis actual, ha visto incrementar nuevamente su población activa en el sector de la agricultura pasando en el período 2001-2009, de un porcentaje próximo al 10% al 19,30 % (INE 2012). Esta tendencia de recuperación de los regadíos provocará un aumento de la demanda de recursos hídricos necesarios para satisfacer el incremento de la superficie cultivada. La superficie dedicada

el regadío en el municipio de Hellín alcanza la cifra de 12.531 Has (CHS 2013) y se reparte según la procedencia de los recursos hídricos utilizados de acuerdo a la Figura 1.

Como se puede comprobar, los regadíos que se abastecen con aguas procedentes del canal de Hellín, son los que tienen mayor importancia en el municipio (38%), seguido por las aguas subterráneas que representan el 34,51% del total de la superficie. Ambas unidades abarcan más del 70% de la superficie de regadío de Hellín, lo que nos da una idea de los posibles beneficios de la integración y regulación de los recursos utilizados por ambas.

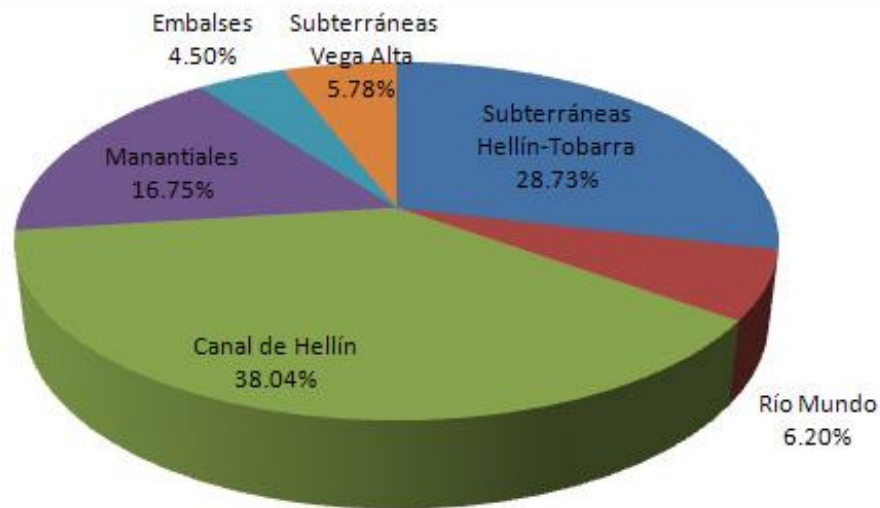


Figura 1. Distribución de regadíos en Hellín según la procedencia de las aguas.

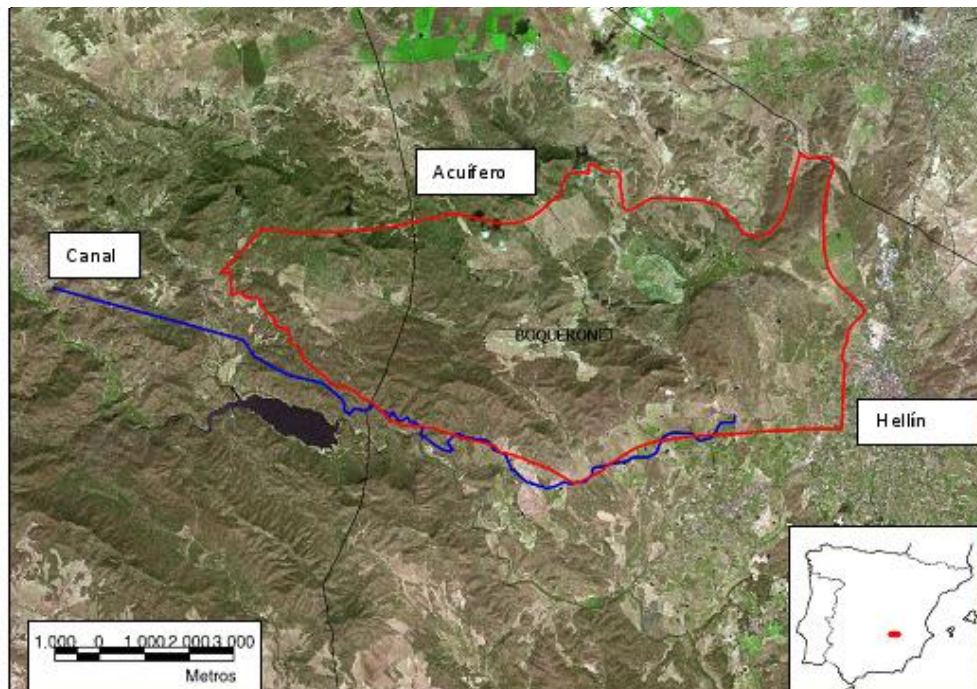


Figura 2. Relación entre el canal de Hellín y el acuífero del Boquerón.

Además, prácticamente, la totalidad del municipio de Hellín se asienta sobre masas de aguas subterráneas (95,94%), hecho que resalta la gran importancia que tienen los acuíferos y sus recursos asociados con el desarrollo y la actividad económica de la zona. En este sentido, se han evaluado las distintas alternativas que ofrece el término en relación con los recursos disponibles, tanto superficiales como subterráneos, así como las aportaciones y demandas asociadas, la localización geográfica y la posibilidades de interrelación entre recursos superficiales y “embalses” subterráneos. Llegados a este punto y habiendo comprobado que la gran mayoría de los recursos hídricos superficiales de los que se abastece Hellín proceden del canal de Hellín, se ha investigado cuál sería el acuífero que podría actuar conjuntamente en el sistema a fin de ejercer una mayor regulación sobre el mismo. En este sentido, Senent et al. (1975) ya indicaban la posibilidad de realizar una recarga artificial del acuífero El Boquerón a través de los excedentes que transporta el canal de Hellín, apuntando hacia la multiplicación de las disponibilidades de agua en la zona mediante la utilización de este acuífero como un embalse más dentro del sistema de gestión de los recursos hídricos.

El canal de Hellín toma las aguas del río Mundo, mediante un azud construido en el municipio de Liétor, a unos 8 km aguas arriba del embalse de Talave. El canal, que tiene capacidad para transportar un caudal de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, conduce las aguas hasta la cabecera de riego de Hellín, pasando en el último tramo de su recorrido por el límite sur del acuífero del Boquerón como se puede comprobar en la Figura 2.

Sin embargo, dado que las aportaciones superficiales son variables a lo largo del año, este caudal teórico de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ no es regular y son frecuentes los problemas de suministro en los regadíos que se abastecen con agua procedente del canal, acusándose esta diferencia en los meses de verano tal y como se aprecia en la Figura 3. Asimismo, en el período octubre-abril la demanda es inferior al agua necesaria y ésta es devuelta a la cuenca de manera difusa, perdiéndose el poder de regulación sobre el recurso derivado.

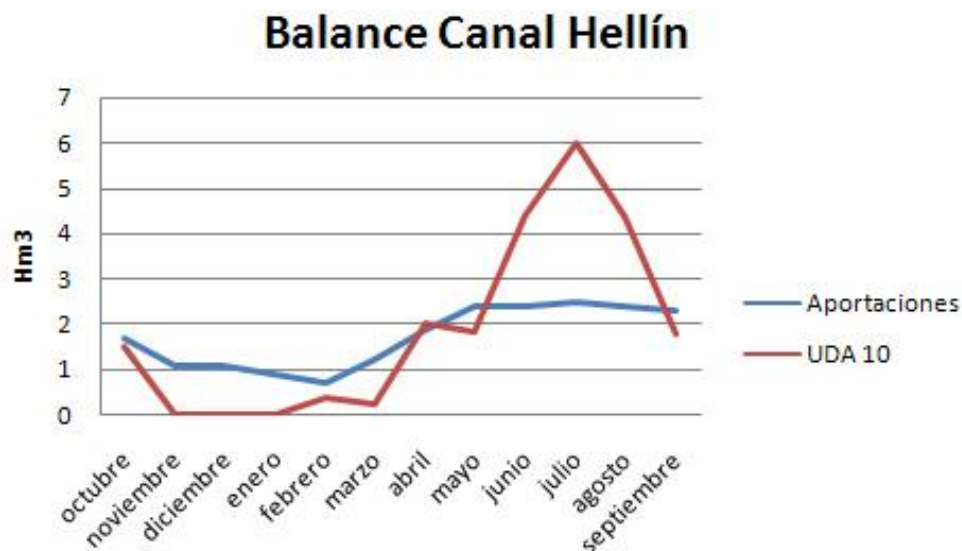


Figura 3. Comparativa aportaciones-demanda de regadíos de Canal de Hellín.

Por otro lado, el acuífero del Boquerón viene sufriendo una sobreexplotación evidente desde los años setenta, lo que ha provocado una disminución progresiva de los niveles piezométricos del mismo (alrededor de $0,60 \text{ m/año}$) además de la anulación de los caudales de las numerosas fuentes que existían en el entorno. La continuidad en el régimen de extracciones sobre sus

reservas provocará a corto-medio plazo la imposibilidad del aprovechamiento de este acuífero al aumentar los costes en el bombeo debido a la mayor profundidad del nivel de agua.

Al impacto económico que la falta de recursos hídricos provocará sobre la maltrecha economía hellinera, hay que añadirle los efectos negativos que sobre los ecosistemas asociados al acuífero de Hellín ya se están produciendo.

Modelización del sistema

Llegados a este punto, y dada la problemática expuesta, se ha elaborado un modelo que sea capaz de representar los distintos elementos que componen el sistema estudiado, así como las relaciones entre ellos (existentes y programadas) con el fin de simular distintos escenarios en los que sea posible la incorporación del acuífero del Boquerón como “gran depósito regulador subterráneo” mediante la recarga de los excedentes que se produzcan en dicho sistema. De esta manera, se establecerán las bases para realizar una comparativa de cada uno de los planteamientos posibles.

La aplicación del modelo SIMGES (Andreu et al. 2007), desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia, es una opción rápida y eficaz de modelización de la gestión conjunta de recursos hídricos, ya que permite la incorporación de acuíferos al subsistema de agua superficial como un “depósito” más de regulación, que almacena agua durante épocas de excedentes y la suministra, cuando existe déficit. Este modelo viene avalado por su utilización en la mayoría de las Confederaciones Hidrográficas de nuestro país (CHS 2007, CHT 2007, CHG 2007), además de numerosos estudios sobre las posibilidades de funcionamiento de un sistema de abastecimiento en diversas áreas en España (Armador et al. 2001, Henche et al. 2002, Murillo & Navarro 2008).

La simulación se efectúa a nivel mensual y reproduce el flujo de agua a través del sistema. Para los subsistemas superficiales el flujo es calculado simplemente por continuidad o balance, mientras que para los subsistemas subterráneos o acuíferos el flujo es simulado mediante modelos de celda, uni o pluricelulares, o incluso mediante modelos distribuidos de flujo lineal.

La simulación y gestión del sistema superficial se efectúan a un tiempo mediante el uso de un algoritmo de optimización de redes de flujo conservativo. Dicho algoritmo se encarga de determinar el flujo en el sistema tratando de satisfacer al máximo los objetivos múltiples de minimización de déficits.

Los resultados del modelo incluyen la evolución de todas las variables de interés a nivel mensual, a nivel anual, valores medios del período de simulación, así como garantías.

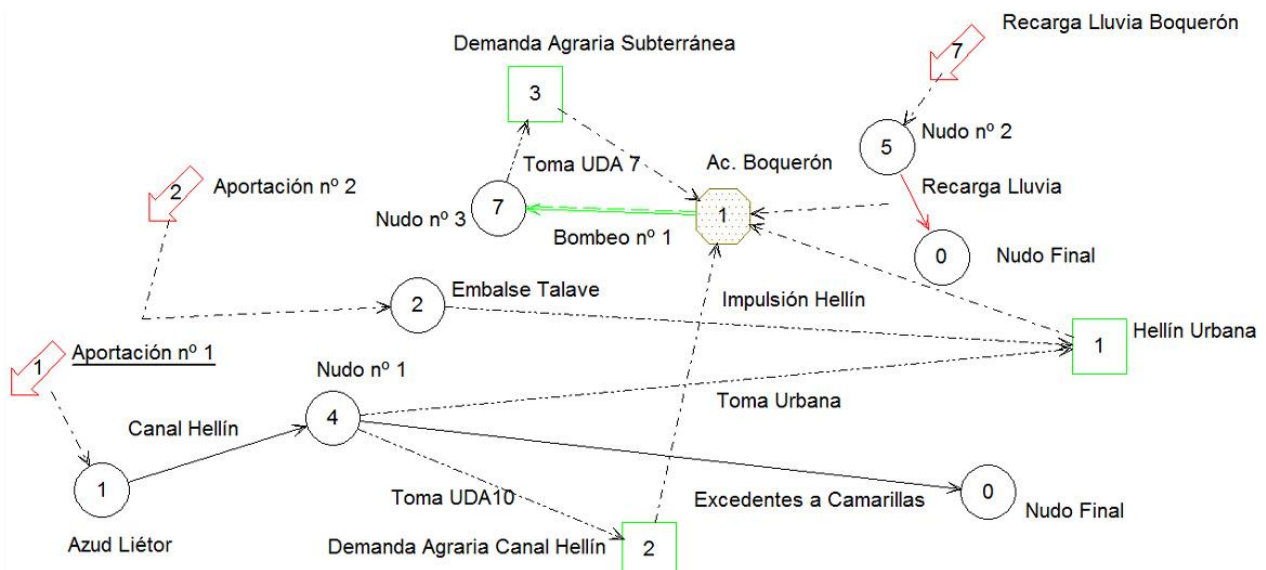


Figura 4. Modelización del sistema hídrico estudiado.

Datos y metodología

En el estudio realizado se han planteado dos escenarios de comparación que pudieran reflejar cuáles serían las consecuencias de la incorporación del acuífero del Boquerón al sistema hídrico descrito.

En el primer escenario se ha considerado una gestión de los recursos hídricos idéntica a la realizada en la actualidad, es decir sin gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. Así, el planteamiento realizado está representado en la Figura 4, en la que se puede observar que el subsistema se compone de tres nudos de consumo: demanda agraria canal de Hellín (recursos superficiales), demanda agraria subterránea (acuífero del Boquerón) y Hellín urbana, cuyo abastecimiento se realiza a través de recursos superficiales principalmente (canal de Hellín y toma en el embalse del Talave) y en caso de fallo de éstos, del acuífero del Boquerón. La recarga del acuífero del Boquerón se produce únicamente a través de la infiltración debido a los episodios de lluvia.

Tabla 1. Demandas en el sistema hídrico estudiado (Hm3).

	Demanda Urbana	Demanda Agraria Superficial	Demanda Agraria Subterránea
Enero	0.21	0	0
Febrero	0.21	0.37	0.18
Marzo	0.21	0.23	0.21
Abril	0.21	2.00	0.47
Mayo	0.21	1.82	0.65
Junio	0.26	4.39	1.30
Julio	0.30	6.00	1.30
Agosto	0.30	4.36	1.29
Septiembre	0.26	1.80	0.40
Octubre	0.21	1.49	0.27
Noviembre	0.21	0	0
Diciembre	0.21	0	0

Tabla 2. Aportaciones en el sistema hídrico estudiado (Hm3).

	Canal de Hellín	Embalse Talave Urbana	Recarga Lluvia Boquerón
Enero	0.90	0.20	0.07
Febrero	0.70	0.20	0.08
Marzo	0.20	0.20	0.09
Abril	1.90	0.20	0.12
Mayo	2.40	0.20	0.12
Junio	2.40	0.20	0.12
Julio	2.50	0.20	0.03
Agosto	2.40	0.20	0.05
Septiembre	2.30	0.20	0.09
Octubre	1.70	0.20	0.16
Noviembre	1.10	0.20	0.11
Diciembre	1.10	0.20	0.07

En el segundo escenario el planteamiento de aportaciones y demandas sigue siendo el mismo que el esquematizado en la Figura 4, con la salvedad de que el acuífero del Boquerón, aparte de la alimentación que se produce de forma natural mediante las lluvias acaecidas sobre las superficies permeables en los límites de esta formación, se recargará de forma artificial con los excedentes mensuales de las aportaciones superficiales del canal de Hellín que se producen

principalmente de noviembre a marzo, tal y como queda expuesto en la Figura 3. El acuífero se ha simulado mediante un modelo unicelular en el que el parámetro de control del mismo es el volumen almacenado.

Los consumos de las demandas integrantes del estudio, así como las aportaciones de cada uno de los elementos superficiales quedan recogidos en las Tabla 1 y Tabla 2 respectivamente. El período de simulación para cada uno de los escenarios expuestos ha sido de 20 años, para que hubiera un plazo suficientemente amplio en el que se pudieran apreciar las repercusiones sobre las demandas y sobre el acuífero que resultarían de ambos tipos de gestión.

Resultados y conclusiones

En el caso del escenario primero (gestión actual) los niveles del acuífero van disminuyendo a gran velocidad provocando la inutilización del mismo en un plazo de 10 a 15 años debido a que los costes de bombeo que suponen la extracción de agua llegan a superar los máximos admisibles para que el producto final sea rentable. Así, una vez llegado a este punto, los bombeos del Boquerón dejarían de funcionar en períodos trianuales para que la recarga natural del acuífero pueda restablecer los niveles mínimos de rentabilidad en la extracción, funcionando con una alternancia de 1 año en extracción, 3 años en recarga sin extracción, tal y como se puede apreciar en la Figura 5.

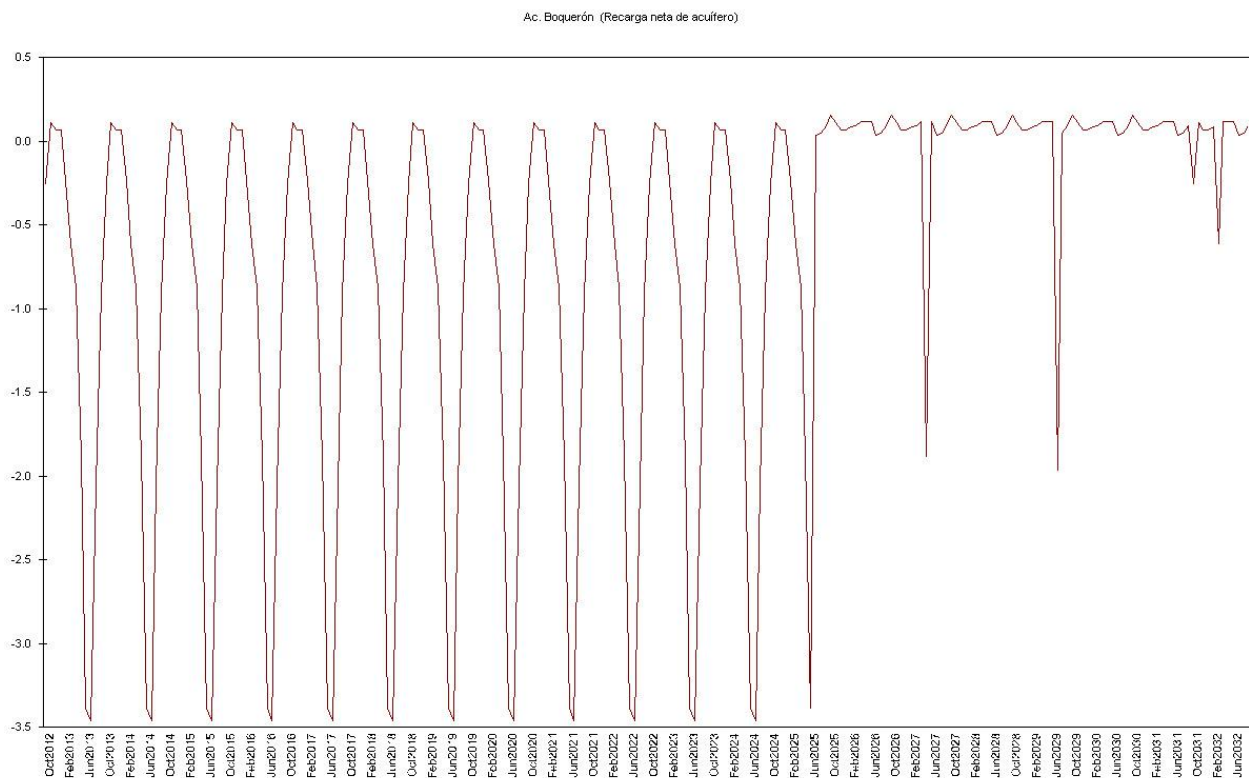


Figura 5. Explotación del Acuífero del Boquerón con gestión actual.

Con la incorporación del acuífero del Boquerón como depósito de regulación al sistema estudiado, el descenso en los niveles piezométricos se sigue manteniendo a corto y medio plazo, pero se suavizan debido a la recarga artificial que se realiza con los excedentes de las aguas superficiales procedentes del canal de Hellín que no son utilizados para los regadíos de la zona. En este sentido, la explotación del acuífero se podría realizar, como mínimo, para los 20 años de período contemplado en el estudio realizado siguiendo el esquema descrito.

Asimismo, la garantía que ofrece frente a las demandas integrantes la consideración del acuífero como elemento regulador de los recursos en el sistema local planteado, produce una disminución en los déficits de las mimas, reduciéndolas a la mitad en el caso de los regadíos abastecidos con aguas superficiales y anulándolas completamente (garantía 100%) en el caso de los regadíos que se alimentan exclusivamente del acuífero del Boquerón, debido a que el recurso queda garantizado en cualquier momento del año, tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Déficits máximos en los regadíos.

	Regadíos Aguas superficiales		Regadíos Aguas subterráneas	
	Sin gestión conjunta	Con gestión conjunta	Sin gestión conjunta	Con gestión conjunta
Máximo déficit 1 año	35,26%	15,25%	100%	0%
Máximo déficit 2 años	70,53%	30,50%	200%	0%
Máximo déficit 10 años	305,95%	152,51%	684,89%	0%

Se justifica, por tanto, la consideración de la gestión conjunta de recursos hídricos a escala local en aquellos casos en los que se pueda establecer una interrelación entre aguas superficiales y subterráneas ya que, aparte de ayudar a recuperar, o al menos a reducir la progresión en los descensos en los niveles piezométricos, y contribuir por consiguiente en el mantenimiento de los ecosistemas asociados, económicamente, no solamente será más beneficioso para las localidades implicadas por el aumento en la capacidad del sistema frente a la regulación de recursos y garantía en el suministro, sino que además será absolutamente necesario para poder prolongar la vida de los regadíos de numerosas poblaciones, como es el caso de Hellín.

Referencias

- Andreu J, Solera A, Capilla J & Blanco L. 1997. AQUIVAL. Módulo para el preproceso y simulación de acuíferos. Manual de usuario. Disponible en: <http://www.upv.es/aquatool/> (accedido el 15 de febrero de 2013).
- Armayer JL, Murillo JM, Rodríguez L & Hernández-Bravo JA. 2001. Estimación de los consumos agrícola y urbano como elemento de análisis de la demanda en un modelo matemático de gestión conjunta. Aplicación al Alto Vinalopó. VII Simposio de Hidrogeología Murcia. IGME. pp. 685-694. Disponible en: http://aguas.igme.es/igme/publica/sim_hidro_Murcia/tomo%20XXIII/56.pdf (accedido el 5 de marzo de 2013).
- Biswas AK. 2004. Integrated Water Resources Management: A Reassessment. International Water Resources Association Water International 29 (2): 248–256.
- Biswas AK. (2008). Integrated Water Resources Management: Is It Working?. Water Resources Development 24 (1): 5–22.
- Burke JJ. 2003. Groundwater for irrigation: productivity gains and the need to manage hydro-environmental risk. En: M.R. Llamas and E. Custodio (eds.), Intensive Use of Groundwater Challenges and opportunities. Balkema Publishers. Lisse, the Netherlands, pp. 59-92.
- CHG. 2007. Plan Especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía de la Cuenca hidrográfica del Guadalquivir. <http://www.chguadalquivir.es/opencms/portalchg/laDemarcacion/guadalquivir/laGestionAgua/informacionHidrologica/politicaGestionSequias/planEspecialSequias/> (accedido el 28 de marzo de 2013).
- CHS. 2007. Plan especial ante situaciones de alerta y eventual sequía de la Cuenca Hidrográfica del Segura. Disponible en: <https://www.chsegura.es/chs/cuenca/sequias/pes/eeapes.html> (accedido el 29 de febrero de 2013).
- CHS. 2013. Confederación Hidrográfica del Segura [sitio web]. Disponible en: <http://www.chsegura.es/chs/index.html> (accedido el 2 de abril de 2013).

- CHT. 2007. Plan Especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía de la Cuenca hidrográfica del Tajo. Disponible en: <http://www.chtajo.es/DemarcaTajo/SequiasyAvenidas/Documents/Anejo%20VI.pdf> (accedido el 2 abril de 2013).
- Fernández E. 2008. Gestión de recarga artificial de acuíferos como práctica alternativa a la gestión hidráulica. El proyecto DINA-MAR. Congreso Nacional de Medio Ambiente 2008. Disponible en: http://www.conama8.org/modulodocumentos/documentos/JTs/JT6/JT-6_ponen_EFdezEscalante.pdf (accedido el 5 de enero de 2013).
- Fornés JM, de la Hera A & Llamas MR. 2005. The silent revolution in groundwater intensive use and its influence in Spain. *Water Policy* 7 (3): 253-268.
- Foster S & Ait-Kadi M. 2012. Integrated Water Resources Management (IWRM): How does groundwater fit in? *Hydrogeology Journal* 20: 415–418.
- Garduño H, Foster S, Nanni M, Kemper K, Tuinhof A & Koundouri P. 2006. Groundwater dimensions of national water resource and river basin planning. GW-MATE Briefing Note Series 10, World Bank, Washington, DC. Disponible en: <http://water.worldbank.org/publications/groundwater-dimensions-national-water-resource-and-river-basin-planning-promoting-integ> (accedido el 1 de febrero de 2013).
- Gonsalves J. 2000. Going to scale: can we bring more benefits to more people more quickly?. Workshop highlights presented by the CGIAR-NGO Committee and The Global Forum for Agricultural Research with BMZ (German Ministry of Development Corporation), MISEREOR (German Catholic Church Development Agency), Rockefeller Foundation, IRRI (International Rice Research Institute), and IIRR (International Institute of Rural Reconstruction). 10-14 Abril, IIRR, Philippines. Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/207909/gfar0086.PDF> (accedido el 21 de diciembre de 2012).
- GWP. 2000. Integrated Water Resources Management. GWP. TAC Back Groundpapers, N°. 4 Disponible en: http://www.gwp.org/Global/GWP-CACENA_Files/en/pdf/tec04.pdf (accedido el 12 de enero de 2013).
- Henche M, Murillo JM & Castaño S. 2002. Optimización del uso de los recursos hídricos del sector Sierra de Baza (Granada, cuenca del Guadalquivir, España) mediante el empleo de un modelo matemático de simulación conjunta. *Boletín Geológico y Minero* 113 (2): 185-198.
- INE. 2012, Instituto Nacional de Estadística [sitio web]. Disponible en: <http://www.ine.es> (accedido el 2 de abril de 2013).
- Llamas MR. 2005. La revolución silenciosa de uso intensivo del agua subterránea y los conflictos hídricos en España. En: Libro Homenaje al Profesor D. Rafael Fernández Rubio. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid pp. 79-86.
- Llamas MR. 2008. Aspectos éticos de los conflictos del agua en España. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)* 102 (1): 161-184.
- Llamas MR & Martínez-Santos P. 2005. Intensive groundwater use: silent revolution and potential source of social conflicts. *Journal Water Resources Planning and Management*. pp. 337-341.
- Mariño MA & Simonavic SP. 2001. Integrated Water Resources Management. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford.
- Moriarty P, Butterworth J & Batchelor C. 2004. Integrated Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector, Delft, the Netherlands, IRC Thematic Overview Paper. Disponible en: <http://www.irc.nl/page/10431> (accedido el 22 de diciembre de 2012).
- Murillo JM & Navarro JA. 2008. Empleo de modelos de análisis global de recursos hídricos como primera actuación a emprender en propuestas de gestión que contemplen operaciones de recarga artificial de acuíferos. *Boletín Geológico y Minero* 119 (2): 247-272.
- Senent M, Linares L & Barba-Romero J. 1975. El sistema hidrogeológico del Boquerón (Albacete); contribución a su estudio con un bombeo de ensayo de larga duración. *Boletín Geológico y Minero* 86 (3): 277-296.
- Singh A. 2012a. Tesis doctoral: Optimization and simulation modelling for managing waterlogging in semi-arid region of Haryana, India. Agricultural and Food Engineering Department, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India, 192 pp.
- Winter TC, Harvey JW, Franke OL & Alley WM. 1998. Ground water and surface water. A single resource: U.S. Geological Survey Circular 1139, 79 pp.