

Mantenimiento hídrico de cursos fluviales y uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Aplicación al sistema de explotación Quiebrajano-Víboras (Jaén)

Murillo Díaz, J. M.¹; Rodríguez Medina, I. C.²; Rubio Campos, J. C.³; Navarro Iañez, J. A.⁴

¹ Instituto Geológico y Minero de España (IGME) c/ Ríos Rosas 23. 28003. Madrid. E-mail: jm.murillo@igme.es

² Secretaría General de Aguas. Instituto del Agua de Andalucía. Av. Carlos III s/n Edificio de La Prensa (Isla de La Cartuja) 41092. Sevilla. E-mail: iclara.rodriguez@juntadeandalucia.es

³ Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Urbanización Alcázar Genil 4 18006. Granada. E-mail: jc.rubio@igme.es

⁴ Universidad Politécnica de Madrid. ETSI de Minas-Departamento Ingeniería Geológica c/ Ríos Rosas 21. 28003. Madrid. E-mail: juanantonio.navarro@upm.es

RESUMEN

Se muestran las conclusiones y resultados obtenidos en el estudio de uso conjunto llevado a cabo por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) y la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía con objeto de analizar las posibilidades de mejorar la gestión de los recursos hídricos del Sistema de explotación Quiebrajano-Víboras mediante la integración en dicho sistema de la explotación de los acuíferos que forman parte del mismo. El estudio realizado presenta como aspecto novedoso que el tratamiento dado al sistema se ha efectuado priorizando criterios ecológicos. Así, se ha intentado conjugar la satisfacción de la demanda, para abastecimiento urbano y regadío, con el mantenimiento ecológico de los cursos fluviales asociados a la cabecera del río Víboras (río Grande), los cañones de Mingo (río Frío) y el Nacimiento del río San Juan. Este nuevo enfoque en los análisis de gestión conjunta permitirá abordar las exigencias derivadas de la aplicación de la Directiva Marco del Agua (DMA) en cuanto a la consecución del buen estado cuantitativo y cualitativo de las aguas continentales.

Palabras clave: uso conjunto, caudal ecológico, gestión integral, abastecimiento

INTRODUCCIÓN

El sistema Quiebrajano-Víboras (Figura 1) está constituido por dos embalses (Quiebrajano y Víboras) y 15 acuíferos que suministran agua potable a una población que se aproxima a las 221.000 personas y permite el riego de unas 4.100 ha.

La metodología que se ha utilizado para construir el modelo de utilización conjunta ha seguido la línea clásica que recomiendan emplear Sahuquillo y Sánchez-González (1983) para este tipo de proyectos. Esta

metodología exige llevar a cabo una serie de acciones concatenadas que pueden concretarse en los siguientes apartados:

- Cálculo de las aportaciones (superficiales y subterráneas) en régimen natural que registra el sistema.
- Caracterización de las infraestructuras hidráulicas referidas tanto al almacenamiento superficial (embalses) como al subterráneo (acuíferos) y a las infraestructuras de conexión entre elementos.
- Análisis de las posibilidades de utilización de recursos no convencionales (aguas desaladas o aguas depuradas).
- Cuantificación de las demandas consuntivas y no consuntivas.
- Simulación de las alternativas de gestión y cálculo de los índices de garantía.

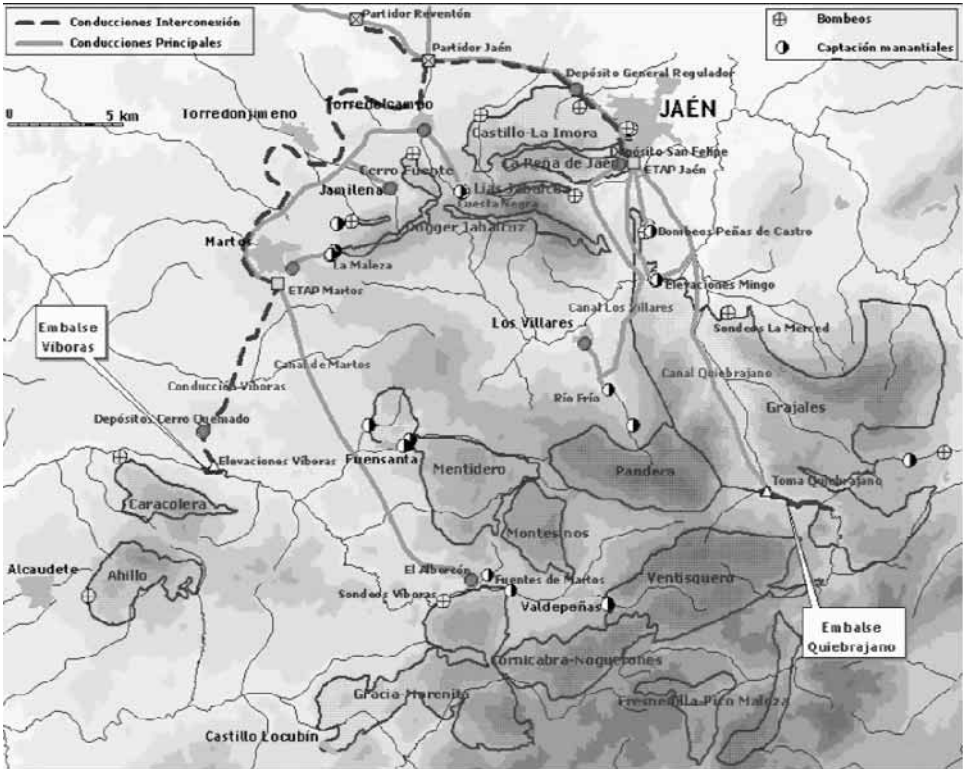


Figura 1 Localización de los principales elementos que conforman el sistema de explotación Quiebrajano-Víboras

La metodología de trabajo anteriormente descrita ha sido usualmente utilizada con un objetivo esencialmente garante, esto es, coordinar la utilización de los recursos convencionales y no convencionales de un sistema de explotación con el objetivo de obtener unos índices de garantía, en la satisfacción de las demandas del sistema hídrico, superiores a los que se obtendrían si en este se operan los recursos disponibles de forma no coordinada.

Aunque entre las demandas que se pueden considerar en un sistema de recursos hídricos se suelen incluir los caudales ecológicos como un tipo de demanda no consuntiva, ésta, en lo que respecta a los caudales

ecológicos, no suele considerarse como prioritaria y, por tanto, no ha constituido uno de los objetivos principales de los modelos de uso conjunto que se han realizado hasta la fecha. Más aún, los modelos de gestión conjunta, que se utilizan en estos momentos, sólo atienden a parámetros cuantitativos, que optimizan el reparto de los recursos hídricos con el único objeto de satisfacer unos determinados volúmenes de demanda, obviando criterios de calidad de las aguas tanto en lo relativo a las exigencias que se precisan según los usos del agua, como en la consecución de los objetivos de calidad que se precisan en el dominio público hidráulico. Este último aspecto es primordial en cuanto al mantenimiento de las condiciones ecológicas de los cursos fluviales.

Así, aunque la herramienta de simulación de la gestión conjunta aplicada al Sistema Quiebrajano-Víboras ha sido SIMGES, código que sólo atiende a criterios cuantitativos para la simulación de la gestión conjunta de recursos hídricos, se ha estimado conveniente definir distintos escenarios de gestión hidroecológica en el sistema. Estos se han establecido respetando diferentes cuantías de caudales ecológicos en las zonas más sensibles del sistema y verificando como esta "reserva de caudales ecológicos" influye sobre los índices de garantía del sistema en la satisfacción de las demandas consuntivas.

ZONAS DE INTERÉS HIDROECOLÓGICO

El establecimiento del caudal ecológico debe atender a criterios de diferente índole: hidrológico (cantidad y calidad del agua), geomorfológico (morfología del cauce) y biológico (comunidades acuáticas).

La utilización de modelos de simulación de la gestión conjunta permiten establecer varios escenarios de mantenimiento de caudales circulantes en zonas hidroecológicamente sensibles. Esta operación se considera totalmente necesaria para determinar la cuantía de los caudales ecológicos especialmente cuando esta se basa en la resiliencia ecológica de las comunidades acuáticas presentes.

Por tanto, los modelos de uso conjunto constituyen herramientas de decisión en el establecimiento de los caudales ecológicos, tanto si se utilizan métodos basados en el análisis de los caudales de estiaje, como si se emplean métodos que, en función de los caudales circulantes, fijan las pautas de variación de las comunidades acuáticas.

A este respecto, resulta interesante resaltar que la metodología empleada en la presente comunicación implica la restitución al régimen natural de los caudales circulantes para el periodo 1951-2002, por lo que se parte de una información básica para fijar los caudales ecológicos no influenciada por acciones externas.

Para la restitución al régimen natural ha sido necesario llevar a cabo una exhaustiva recopilación de datos hidrometeorológicos, hidrológicos e hidrogeológicos. Se han restituido las series temporales para el periodo 1951-2002 (51 años), correspondientes a 7 estaciones meteorológicas, para las variables precipitación mensual acumulada y temperatura media mensual. A partir de dichas series temporales y de los datos básicos sobre las cuencas hidrológicas se han calculado las series de aportación en régimen natural utilizando el modelo de aportación-escurrentía de Temez (Temez, 1977).

Para calibrar las series de aportación obtenidas, mediante la aplicación del método de Temez modificado, se han utilizado las series foronómicas y de aportaciones a embalses de que dispone el organismo de

cuenca (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir) y los datos de las redes de control de manantiales de que dispone el IGME, considerando los efectos de regulación ejercidos por embalses y las captaciones de aguas subterráneas. Una vez restituidas al régimen natural las series foronómicas se ha procedido a la calibración de los parámetros del modelo de Temez, habiéndose conseguido coeficiente de correlación entre las serie reales restituidas al régimen natural y las series generadas por el modelo precipitación- aportación de entre 0,793 y 0,909.

Los cálculos hidrológicos han permitido fijar la aportación media anual del sistema en 125,86 hm³, de los que 56,77 hm³/a corresponden al subsistema del río Jaén (sistema del Quiebrajano) y 47,84 hm³ al río Víboras (sistema del Víboras), además de 21,25 hm³/a correspondientes a descargas de acuíferos periféricos.

Considerando las características hidrológicas del sistema Quiebrajano-Víboras se han fijado como zonas de interés hidroecológico las recogidas en la figura 2.

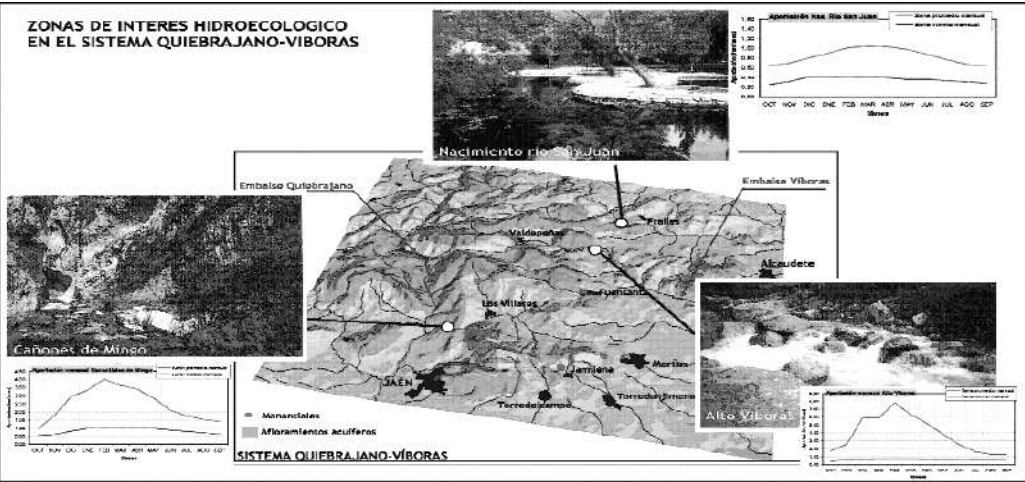


Figura 2. Zonas de interés hidroecológico del sistema Quiebrajano-Víboras

Los Cañones de Mingo en el tramo que se presentan asociados al cauce del río Frío antes de su confluencia con el río Quiebrajano. Esta zona recibe la descarga subterráneas del acuífero Grajales-Pandera y la escorrentía superficial asociada al río Frío. En régimen natural la aportación media anual es de 29,79 hm³ y la mínima 10,03 hm³, con la distribución mensual que se muestra en la figura 3. Si se considera la recarga artificial que constituyen las pérdidas en el vaso del embalse del Quiebrajano, la aportación media anual es de 30,83 hm³ y la mínima 11,25 hm³.

El río Grande o Alto Víboras, aguas arriba del embalse del Víboras. Este cauce recibe la descarga de los acuíferos kársticos de Cornicabra-Noguerones, Ventisquero, Mentidero y Montesinos y la escorrentía superficial asociada a la cuenca vertiente al embalse del Víboras. En régimen natural la aportación media anual es de 46,15 hm³ y la mínima 7,73 hm³, con la distribución mensual que se muestra en la figura 4.

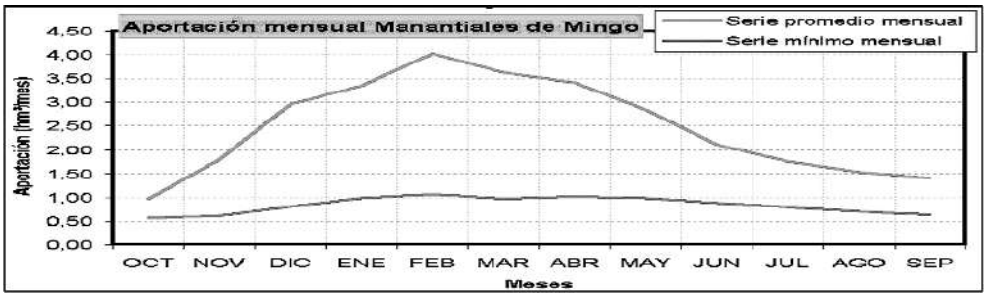


Figura 3 Distribución de la aportación mensual en los manantiales de Mingo

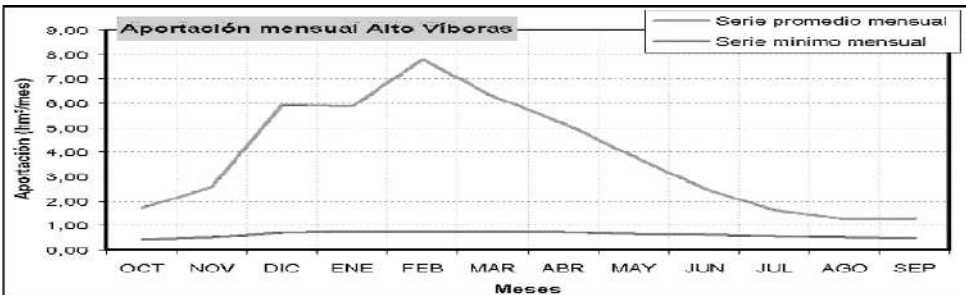


Figura 4 Distribución de la aportación mensual en el alto Víboras

El Nacimiento del río San Juan que, aunque se ubica fuera del Sistema Quebrajano-Víboras, corresponde al drenaje de un acuífero que está vinculado al sistema (acuífero Gracia-Morenita). En régimen natural la aportación media anual es de 10,01 hm³ y la mínima 4,21 hm³, con la distribución mensual que se muestra en la figura 5.

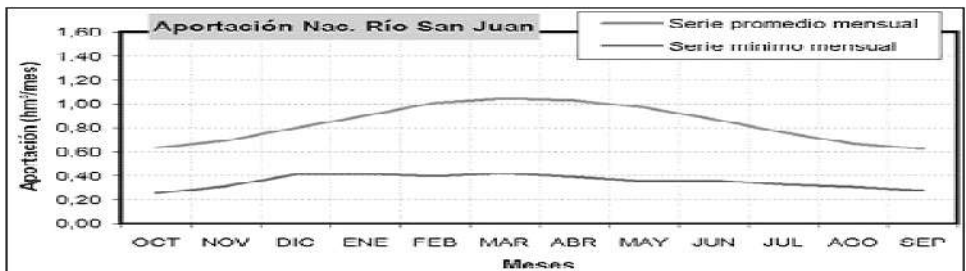


Figura 5 Distribución de la aportación mensual del nacimiento del río San Juan

En el estudio que se presenta no se han calculado los caudales ecológicos asociados a las zonas reseñadas, ya que este hecho quedaba fuera de los objetivos del estudio, lo que se han ejecutado son diversas simulaciones correspondientes a la conservación de diferentes rangos de variación del caudal ecológico tomando como tales un cierto porcentaje del caudal medio mensual correspondiente al régimen natural, sin descender el umbral de los caudales mínimos obtenidos mediante el modelo precipitación-aportación.

Esta sistemática entronca con los métodos usualmente utilizados para fijar los regímenes de caudales ecológicos, que parten de fijar los caudales mínimos circulantes para proteger las comunidades acuáticas y, utilizando la curva de caudales promedio mensuales, establecen unos regímenes de caudales ecológicos.

ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Los escenarios de simulación que se han considerado en la presente comunicación corresponden a la nueva situación hidráulica que se está implantando en el sistema Quiebrajano-Víboras, como consecuencia de la construcción del embalse del Víboras, de su conexión con la nueva ETAP de Martos y de la conexión de los sistemas Quiebrajano y Víboras, además de otra serie de mejoras en las conducciones existentes.

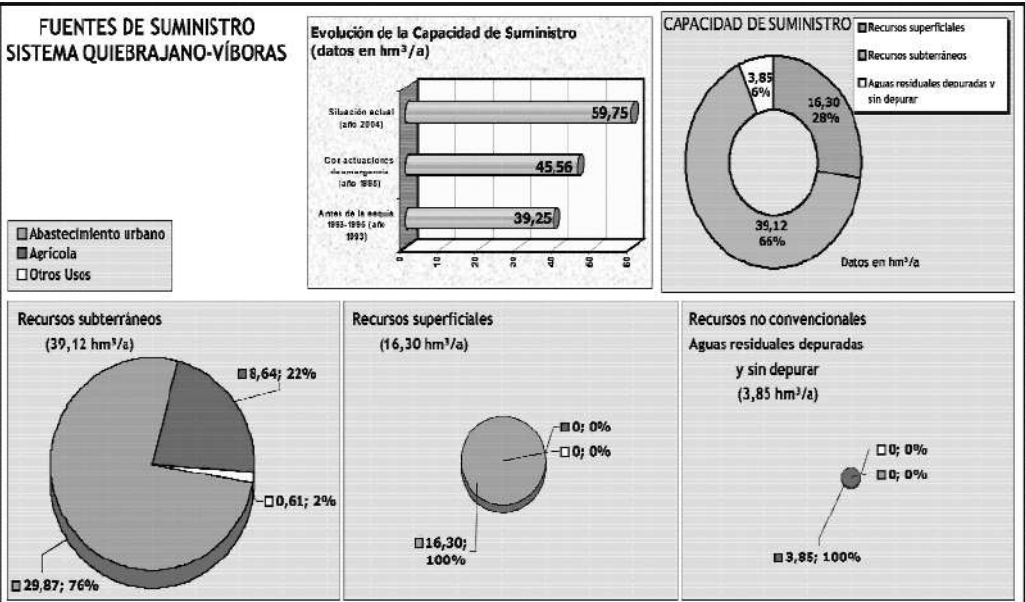


Figura 6 Fuentes de suministro del Sistema Quiebrajano-Víboras

La demanda consuntiva del Sistema Quiebrajano-Víboras asciende a un promedio anual de 40,20 hm³/a. Las demandas consuntivas máximas se han fijado en 46,87 hm³/a. No obstante, unos 3,85 hm³/a de las demandas son satisfechas con recursos alternativos procedentes de aguas residuales urbanas depuradas en la EDAR de Jaén y de las aguas residuales urbanas de Alcaudete y Martos. Por tanto, la demanda neta anual de recursos hídricos que debe de ser atendida a partir de los embalses y acuíferos del Sistema Quiebrajano-Víboras es de 36,35 hm³ (Figura 6).

Considerando las máximas demandas consuntivas previsibles para el sistema (Tabla 1), tanto en abastecimiento urbano como en regadío, se han realizado diversas simulaciones para la optimización de la gestión bajo diversas restricciones de caudal ecológico.

Tabla 1. Distribución de las demandas consultivas en el Sistema Quiebrajano-Víboras

SECTOR DE DEMANDA		DEMANDAS CONSUNTIVAS (hm ³ /año)	
		Promedio	Máximo
URBANA	Mancomunidad Quiebrajano (excepto Jaén)	3,45	4,02
	Jaén capital	14,67	19,03
	Comarca de Martos	5,66	6,95
	Resto de Municipios ^(a)	3,32	3,77
RIEGOS	Regadíos hortícolas	3,43	3,43
	Regadíos localizados de olivar	9,06	9,06
OTRAS DEMANDAS ^(b)		0,61	0,61
SISTEMA QUIEBRAJANO-VÍBORAS		40,20	46,87
a) Valdepeñas de Jaén, Los Villares, Fuensanta de Martos y Alcaudete			
b) Captaciones de aguas subterráneas para uso industrial y abastecimiento a urbanizaciones			

Las simulaciones se han efectuado considerando las peculiaridades que presentan los caudales promedio circulantes por las tres zonas hidroecológicas consideradas. Los resultados que se obtienen son los siguientes:

Zona hidroecológica Cañones de Mingo: Esta zona recoge en régimen natural la descarga del acuífero más importante del sistema Quiebrajano-Víboras (Grajales-Pandera) y la escorrentía de la cuenca del río Frío. Estas aportaciones están sometidas a un régimen influenciado asociado a la captación de manantiales (Nacimiento de río Frío y Mingo), a los bombeos en sondeos (La Merced y Peñas de Castro) y a los vertidos de aguas residuales depuradas de Los Villares. La presencia de un gran sistema kárstico propicia un comportamiento dual:

- Una significativa diferencia entre los caudales promedio y los mínimos como consecuencia de la elevada difusividad del aparato kárstico.
- Una cierta regulación sobre las aportaciones que propicia un amortiguamiento de los caudales mínimos.

Bajo esta óptica, para fijar los caudales ecológicos en los escenarios de simulación, se han considerado como base de referencia los caudales mínimos, obteniendo cifras bastante superiores al 10% del caudal circulante promedio (Tabla 2).

Tabla 2. Caudales ecológicos en los escenarios de simulación. La primera tabla corresponde a la zona hidroecológica de los Cañones de Mingo. La segunda a la Zona hidroecológica del alto Víboras y la tercera a la Zona hidroecológica del nacimiento río San Juan

Caudales ecológicos mensuales	Caudales mínimo	10% del caudal promedio circulante	Caudales ecológicos mensuales	Caudales mínimo	10% del caudal promedio circulante	Caudales ecológicos mensuales	Caudales mínimo	10% del caudal promedio circulante
OCT	0,71	0,10	OCT	0,46	0,17	OCT	0,25	0,06
NOV	0,70	0,19	NOV	0,55	0,26	NOV	0,31	0,07
DIC	0,81	0,31	DIC	0,71	0,60	DIC	0,41	0,08
ENE	0,99	0,34	ENE	0,79	0,59	ENE	0,42	0,09
FEB	1,14	0,41	FEB	0,76	0,78	FEB	0,40	0,10
MAR	1,12	0,37	MAR	0,78	0,63	MAR	0,42	0,10
ABR	1,02	0,35	ABR	0,73	0,52	ABR	0,39	0,10
MAY	1,14	0,29	MAY	0,67	0,38	MAY	0,35	0,10
JUN	1,04	0,22	JUN	0,65	0,25	JUN	0,36	0,09
JUL	0,94	0,19	JUL	0,59	0,16	JUL	0,33	0,08
AGO	0,86	0,16	AGO	0,55	0,13	AGO	0,31	0,07
SEP	0,78	0,15	SEP	0,50	0,13	SEP	0,28	0,06
SUMA	11,25	3,08	SUMA	7,73	4,62	SUMA	4,21	1,00
% respecto caudal promedio	36%	10%	% respecto caudal promedio	17%	10%	% respecto caudal promedio	42%	10%

Zona hidroecológica Alto Víboras: Esta zona recoge en régimen natural la descarga de los acuíferos kársticos de Cornicabra-Noguerones, Ventisquero, Mentidero y Montesinos y la escorrentía superficial del río Grande y el arroyo de la Fuensanta. Estas aportaciones están sometidas a un régimen influenciado asociado a la captación de manantiales para abastecimiento a Valdepeñas de Jaén, Fuensanta y la Comarca de Martos, y para riegos tradicionales y de olivar y a los vertidos de aguas residuales depuradas de Valdepeñas de Jaén. Esta zona presenta un comportamiento hidrológico similar a los Cañones de Mingo, por tanto, para fijar los caudales ecológicos en los escenarios de simulación, se han considerado como base de referencia los caudales mínimos obteniendo cifras bastante superiores al 10% del caudal circulante promedio (Tabla 2).

Zona hidroecológica Nacimiento río San Juan: Esta zona recoge en régimen natural la descarga del acuífero kárstico de Gracia-Morenita. El hecho que la aportación sea exclusivamente subterránea implica una cierta modulación de los caudales, por lo que para fijar los caudales ecológicos en los escenarios de simulación, se han considerado como base de referencia los caudales mínimos, obteniendo cifras bastante superiores al 10% del caudal circulante promedio (Tabla 2).

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN CONJUNTA

Mediante la utilización del modelo SIMGES se ha procedido a la simulación de escenarios de gestión, para el sistema Quiberajano-Víboras, que permitan satisfacer la horquilla de variación fijada para los caudales ecológicos, considerando estos como una demanda prioritaria, al objeto de determinar los índices de garantía en cada supuesto (Tabla 3 y Tabla 4) para las series de demandas consuntivas máximas fijadas para el sistema (Tabla 1).

El escenario de simulación correspondería, por tanto, a la siguiente situación hidráulica:

- Mejora de la conducción hasta la ETAP de Jaén mediante la instalación de una tubería de 700 mm de fundición, con capacidad de 580 l/s, que permitirá transportar el caudal procedente del canal proveniente del embalse del Quiebrajano (400 l/s), de los sondeos de La Merced (200 l/s) y de las elevaciones de Mingo (360 l/s). La limitación en el sistema sigue estando asociada a la capacidad de la ETAP de Jaén (450 l/s), aunque está en proyecto su ampliación hasta los 695 l/s.
- Conexión del embalse del Víboras con la ETAP de Martos mediante una instalación con capacidad para 300 l/s. Esto implica la entrada en funcionamiento del embalse del Víboras. Esta conexión se restringe a los meses de junio a septiembre y se *penaliza* en la simulación por la peor calidad de las aguas del embalse.
- Remodelación de la ETAP de Martos dotándola de una capacidad de potabilización de 363 l/s.
- Mejora de las conducciones en la comarca de Martos y conexión entre el sistema Víboras y el sistema Quiebrajano permitiendo el aporte de 39 l/s para abastecimiento a Jaén y de 107 l/s para el abastecimiento a los pueblos de la Campiña de Jaén-Córdoba a partir del Depósito General Regulador del sistema Quiebrajano. Asimismo, la conducción que comunica el sistema Víboras con el Depósito General Regulador del sistema Quiebrajano será de funcionamiento reversible, por lo que el sistema Quiebrajano podrá aportar un caudal de 107 l/s al sistema Víboras.
- Establecimiento de bombeos (sondeos del Víboras) y de una instalación de recarga artificial en el acuífero de Gracia-Morenita para minimizar el impacto que se puede producir en el nacimiento del río San Juan.

Partiendo de estos condicionantes se han efectuado dos simulaciones, considerando como demanda prioritaria el caudal ecológico:

Escenario 1: Se respetan los caudales mínimos mensuales circulantes en las tres zonas hidroecológicas referidas. Esto supone 11,25 hm³/a en los Cañones de Mingo, 7,73 hm³/a en el Alto Víboras y 4,21 hm³/a en el Nacimiento del río San Juan, en total, una demanda no consuntiva de 23,19 hm³/a, un 22% de la aportación natural del sistema.

Tabla 3. Índices de garantía para las series de demandas consuntivas máximas fijadas para el sistema y los caudales mínimos mensuales circulantes en las tres zonas hidroecológicas que se han definido

Escenario 1 Caudales mínimos circulantes		Demandas			
		Abastecimientos		Regadíos	Caudales Ecológicos
Criterios de Garantía		Mancomunidad Quiebrajano	Comarca de Martos		
Garantía mensual	Nº fallos	53	50	241	31
	G _m	91,3%	91,8%	60,6%	94,9%
Garantía Volumétrica (G _v)		99,4%	97,8%	65,9%	99,3%
Máximo Déficit Mensual (hm³)	1 mes	0,334	0,365	1,756	0,916
	2 meses	0,558	0,637	3,486	1,324
Plan Hidrológico	Nº fallos	6	9	51	8
	G _{CPH}	88,2%	82,4%	0,0%	84,3%
DEF15					NO CUMPLE
DEF25		NO CUMPLE	NO CUMPLE		
DEF50				NO CUMPLE	

Escenario 2: Se respetan unos caudales ecológicos que constituyen el 10% del caudal promedio circulante. Lo que implica 3,08 hm³/a en los Cañones de Mingo, 4,62 hm³/a en el Alto Víboras y 1,00 hm³/a en el Nacimiento del río San Juan, en total, una demanda no consuntiva de 8,70 hm³/a, un 8,3% de la aportación natural del sistema.

Tabla 4. Índices de garantía para las series de demandas consuntivas máximas fijadas para el sistema y unos caudales ecológicos que constituyen el 10% del caudal promedio circulante en las tres zonas hidroecológicas que se han definido

Escenario 2 10% de los caudales promedio circulante		Demandas			
		Abastecimientos		Regadíos	Caudales Ecológicos
Criterios de Garantía		Mancomunidad Quiebrajano	Comarca de Martos		
Garantía mensual	Nº fallos	5	8	240	4
	G _m	99,2%	98,7%	60,8%	99,3%
Garantía Volumétrica (G _v)		100,0%	99,9%	72,2%	99,9%
Máximo Déficit Mensual (hm³)	1 mes	0,166	0,168	1,745	0,196
	2 meses	0,166	0,223	3,455	0,232
Plan Hidrológico	Nº fallos	1	2	51	2
	G _{CPH}	98,0%	96,1%	0,0%	96,1%
DEF15					CUMPLE
DEF25		NO CUMPLE	CUMPLE		
DEF50				NO CUMPLE	

En ambos escenarios de simulación se considera la fluctuación mensual que sufren los caudales en las zonas consideradas, si bien, en el escenario 1 se consideran como caudales ecológicos los caudales mínimos mensuales mientras que, en el escenario 2, se considera un caudal ecológico similar al que se suele fijar en los Planes de Cuenca.

CONCLUSIONES

La concreción de los caudales ecológicos de una sección de un cauce debe fijarse no sólo atendiendo a criterios hidrológicos (como una porción del caudal medio mensual circulante), sino que también es necesario incluir factores morfológicos y biológicos.

Los modelos de gestión para la simulación conjunta de aguas superficiales y subterráneas constituye una herramienta, para la optimización de la gestión hídrica de un sistema, que permite incluir los caudales ecológicos como demandas no consuntivas y simular diferentes escenarios.

El modelo de uso conjunto, realizado mediante el código SIMGES, para el sistema Quiebrajano-Víboras, ha sido utilizado en la presente comunicación para simular dos escenarios diferentes respecto a los caudales ecológicos que deben ser respetados en aquellas zonas de los cauces que presentan un cierto interés hidroecológico, en una situación futura de gestión conjunta de este sistema hídrico, donde se han construido infraestructuras de regulación, conducción y potabilización que han permitido conectar el sistema de abastecimiento a la Mancomunidad del Quiebrajano y el sistema de abastecimiento de la Comarca de Martos. Esta operación supondrá una sustancial mejora de los índices de garantía en la satisfacción de demandas urbanas.

La importancia que presenta la componente subterránea del ciclo hídrico en este sistema, donde más del 42% de la aportación procede de la descarga de los acuíferos, condiciona claramente los caudales ecológicos que deben ser fijados antes de proceder a la gestión hidráulica del sistema, ya que los acuíferos ejercen una cierta regulación natural de la aportación que redundará en la necesidad de considerar unos caudales ecológicos más elevados.

Considerando esta circunstancia se han simulado dos escenarios de gestión para la situación futura del sistema (conexión entre los sistemas del Quiebrajano y el Víboras), uno que implica unos regímenes de caudales ecológicos que supongan el 10% de la aportación promedio mensual y otro que suponga el caudal mínimo mensual, muy condicionado, como se ha comentado antes, por la modulación natural de la aportación que ejercen los grandes sistemas acuíferos de tipo kársticos que existente en el sistema Quiebrajano-Víboras.

Aunque no han sido fijados convenientemente los regímenes de caudales ecológicos necesarios en las zonas consideradas (Cañones de Mingo, Alto Víboras y Nacimiento del río San Juan), los resultados de las simulaciones implican que la consideración de unos regímenes de caudales ecológicos equivalentes a los caudales mínimos mensuales supondría una rebaja en los índices de garantía en el abastecimiento urbano, que se podría calificar como de poco significativa y, por tanto, perfectamente asumible bajo una hipótesis de gestión sostenible de los recursos hídricos del sistema.

REFERENCIAS

- Temez, J.R. 1977. *Modelo matemático de transformación precipitación-aportación*. Asociación de Investigación Industrial Eléctrica-ASINEL.
- 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*. Madrid (43) 1-95.