



DESARROLLO SOSTENIBLE, USO CONJUNTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Estudios y actuaciones realizadas
en la provincia de Alicante



DIPUTACIÓN
DE ALICANTE

DESARROLLO SOSTENIBLE, USO CONJUNTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS

Estudios y actuaciones realizadas
en la provincia de Alicante



DESARROLLO SOSTENIBLE, USO CONJUNTO
Y GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS.
ESTUDIOS Y ACTUACIONES REALIZADAS
EN LA PROVINCIA DE ALICANTE.

Dirección

Diputación Provincial de Alicante.
Departamento de Ciclo Hídrico.
www.ciclohidrico.com

Instituto Geológico y Minero de España.
Departamento de Investigación y Prospectiva
Geocientífica. Área de Investigación en Procesos
Activos y Calidad Ambiental.
www.igme.es

Editores

José Manuel Murillo Díaz
Juan Antonio López Geta
Luís Rodríguez Hernández

Revisión y coordinación de la edición

Miguel Fernández Mejuto
Luis Rodríguez Hernández
Juan Antonio Hernández Bravo

Dirección de Arte

Juan González Cué. Tecnología de la Naturaleza S.L.

Fotografía de portada

Embalse de Amadorio. Juan González Cué
Tecnología de la Naturaleza S.L.

Imprime: Torreangulo

ISBN: 978-84-96979-40-6

Depósito Legal: M-3546-2010

Autores

I CONCEPTOS GENERALES

José Manuel Murillo Díaz
Juan Antonio Navarro Iáñez

II CONCEPTOS LEGALES Y ECONÓMICOS

José Antonio de la Orden Gómez
José Manuel Murillo Díaz

III ACTUACIONES DE USO CONJUNTO REALIZADAS EN LA PROVINCIA DE ALICANTE

José Manuel Murillo Díaz

LA MARINA BAJA
Silvino Castaño Castaño
José Manuel Murillo Díaz

ALTO VINALOPÓ
Silvino Castaño Castaño
José Manuel Murillo Díaz

MEDIO VINALOPÓ
Juan de Dios Gómez Gómez
José Manuel Murillo Díaz

SOBREEXPLOTACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ACUÍFEROS DE SOLANA, PEÑARRUBIA, JUMILLA-VILLENA Y SERRAL-SALINAS
José Manuel Murillo Díaz
José Antonio de la Orden Gómez
Héctor Aguilera Alonso
Javier Roncero
María del Mar Corral Lledó
María Pool
Gema Ortiz Villalobos

CABO ROIG
Paola Leonor Romero Crespo
Francisco Javier Elorza Tenreiro
José Manuel Murillo Díaz

VEGA MEDIA Y BAJA DEL SEGURA
Javier Lamban Jiménez

Los editores del libro desean resaltar la especial colaboración prestada por JUAN ANTONIO LÓPEZ GETA, tanto en lo que se refiere a la concepción y desarrollo de la idea que ha dado lugar al documento que se presenta, como al constante apoyo, asesoramiento, sugerencias y revisión que ha prestado a lo largo de los trabajos realizados.

Todas las fotografías que se reproducen en el presente libro han sido realizadas por JOSÉ MANUEL MURILLO DÍAZ con excepción de las correspondientes a las páginas 268, 302, 304-305, 321 y 351 que pertenecen al archivo documental del Departamento de Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante, y han sido realizadas por Juan José Rodes. Las fotografías de las páginas 4 y 380-381 pertenecen al archivo documental de Tecnología de la Naturaleza S.L. y han sido realizadas por Juan González Cué. Los autores han cedido el uso de dichas fotografías única y exclusivamente para su impresión en la presente obra, por lo que cualquier otra utilización que se haga de las mismas se considerará sujeta a las disposiciones de la Ley.

PRESENTACIÓN

La publicación que se presenta se enmarca en la política de la Diputación Provincial de Alicante en cuanto a la difusión de las tecnologías desarrolladas como resultado del trabajo en la gestión del ciclo hídrico local. En este caso, fruto de la colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España, Organismo con el que la Institución Provincial trabaja estrechamente desde hace veintisiete años, en todo lo relativo al ciclo hídrico.

Aunque las tecnologías del uso conjunto pueden parecer exclusivamente enmarcadas en la planificación y gestión de grandes cuencas hidrológicas y, por tanto, alejadas de la esfera local, la evolución, tanto tecnológica y legislativa, como en las demandas de agua en relación con la oferta de recursos, ha convertido el concepto en un instrumento de primer orden en cuanto a la gestión del agua en la Provincia. El crecimiento en la disponibilidad de agua desalada, de agua regenerada para su reutilización, de recursos

externos de otros territorios, la existencia de numerosos embalses subterráneos con aguas de distinta calidad, además de los embalses superficiales operativos y de numerosas infraestructuras de almacenamiento de carácter supramunicipal e intercomarcal, junto con la implantación de técnicas de recarga artificial y la tendencia creciente a la formación de comunidades de usuarios del agua, que refuerzan la labor realizada por las Mancomunidades y Consorcios promovidos por la Institución Provincial, convierten en imprescindible la asunción de los conceptos y tecnologías presentadas en la publicación para la adecuada gestión del ciclo hídrico, incluso en el ámbito municipal.

Espero que la publicación contribuya a una cada vez mejor gestión del agua y del territorio, lo que debe traducirse en una mayor disponibilidad de recursos renovables y por consiguiente, en una garantía para el desarrollo sostenible de las actividades humanas en la Provincia.



José Joaquín Ripoll Serrano
Presidente de la Diputación Provincial de Alicante

PRESENTACIÓN

Durante gran parte del pasado siglo XX, la falta de una legislación de aguas acorde con los retos planteados por la sociedad generó una serie de problemas que incidieron especialmente en la limitación de su disponibilidad, en unos casos por su falta y, en otros, por el mal estado de su composición natural, lo que limitaba su aprovechamiento para ciertos usos. Hubo que esperar al año 1985 para resolver esta situación mediante la entrada en vigor de la que en su momento se denominó nueva Ley de Aguas.

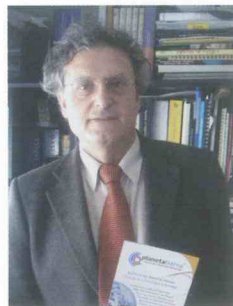
Desde esa fecha de 1985, hasta la actualidad, se ha ido introduciendo una serie de modificaciones que han ido adaptando esta legislación a las nuevas líneas estratégicas marcadas por la Directiva (2000/60/CE), en la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Es en estos textos legales donde se plantean, como una de las soluciones a la no siempre adecuada gestión de los acuíferos, el uso conjunto o uso integrado de las aguas superficiales y subterráneas, así como las aguas regeneradas y desaladas.

La aplicación de esta técnica de uso conjunto requiere, por su complejidad, el conocimiento de los diferentes elementos que configuran el sistema de explotación de los recursos. Es el caso de los acuíferos, pieza fundamental en este esquema de regulación, cuyo conocimiento necesita de estudios de detalle que definan con precisión los parámetros geométricos e hidráulicos que constituyen los componentes intrínsecos de estos embalses subterráneos.

El conocimiento de los acuíferos y la actualización periódica de este conocimiento ha sido uno de los objetivos perseguidos por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) a lo largo de sus 160 años de existencia. La consecución de este objetivo ha sido llevada a cabo, en ocasiones, por iniciativa propia del Organismo y, en otros casos, a sugerencia de otras instituciones que necesitan de esta información para desarrollar sus funciones.

Como toda técnica novedosa, el uso integrado de los recursos hídricos exige un periodo de tiempo de adaptación y especialmente de difusión de las metodologías disponibles para su implementación y, a su vez, de demostración de sus ventajas frente a otras herramientas de gestión. En esta publicación, realizada conjuntamente por el IGME y la Exma. Diputación de Alicante, dentro del Convenio de Colaboración entre ambas Instituciones, se persigue ese doble objetivo: por un lado, explicar conceptualmente en qué consiste el uso integrado de los recursos hídricos y definir cada uno de los elementos que intervienen y, por otro, presentar una serie de casos prácticos que evidencian las fortalezas de esta técnica como medio para mejorar la gestión hídrica.

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han intervenido en esta publicación, fruto del esfuerzo colectivo de los especialistas de ambas Instituciones, y aprovechar estas breves líneas para resaltar la voluntad del IGME, como Organismo Público de Investigación, en contribuir permanentemente a la mejora del conocimiento de que se dispone sobre los acuíferos, como soporte científico que permite llevar a cabo un uso sostenible de este recurso. La buena conjunción de la colaboración entre instituciones, el incremento de proyectos de investigación y desarrollo dirigidos a desarrollar nuevas metodologías de trabajo, y, en suma, la integración de todos estos aspectos en la problemática de los recursos hídricos en las diferentes áreas del territorio español quedan presentes en esta publicación.



José Pedro Calvo Sorando
Director General Instituto Geológico y Minero de España

PRÓLOGO

Esta fotografía, que forma parte de la colección titulada "La terra vue du ciel (La Tierra vista desde el cielo)", fue tomada en el patio del Ayuntamiento de Toulouse (Francia) en agosto de 2006 del original que realizó su autor, el fotógrafo Yann Arthuss-Bertrand, algunos años antes, desde un helicóptero en que sobrevoló el mar de Aral. La foto resume el resultado de una historia que nunca debió ocurrir y que se desarrolló, entre los años 1954 y 1960, en el área del Asia Central donde se encuentra el mar de Aral, que entonces era el cuarto lago más grande del mundo. Todo comenzó con la construcción por la antigua Unión Soviética de un canal de quinientos kilómetros de longitud, que tomaba un tercio del agua del río Amu Daria, principal fuente de alimentación del lago, junto al río Syr Darya, para regar una inmensa extensión de campos de algodón en Uzbekistán y Kazakstán. En aquella época el lago Aral tenía una superficie de sesenta y seis mil kilómetros cuadrados, un volumen de agua de mil kilómetros cúbicos, una superficie de tierras pantanosas superior al medio millón de hectáreas y un volumen de pesca de 40.000 toneladas al año. Inicialmente el proyecto funcionó, pero la ambición humana provocó que en poco más de veinte años la superficie cultivada pasara de cuatro a siete millones de hectáreas, la población creciera de 14 a 25 millones de habitantes y la aportación hídrica, que suministraban los ríos Amu Daria y Syr Darya al mar de Aral, disminuyera en un noventa por ciento. Esta menor llegada de agua al lago se tradujo en la desaparición del noventa y cinco por ciento de las tierras húmedas y pantanosas que conformaban el complejo lacustre, que pueblos de pescadores situados al borde del agua quedaran a 60 km de la orilla del nuevo lago, que la evaporación aumentara la salinidad hasta que las aguas fueron completamente saladas, que todas las especies naturales de peces desaparecieran, que se arruinara una industria pesquera que en otra época dio empleo a 60.000 personas, que el agua almacenada en el lago disminuyera en un volumen próximo al setenta por ciento, que esta menor cantidad de elemento líquido



Foto: Yann Arthus-Bertrand.

no fuera capaz de amortiguar las grandes oscilaciones térmicas que tienen lugar en la región, que disminuyeran las lluvias, que se produjera un proceso de cambio climático local, que la desecación de casi treinta mil kilómetros cuadrados de lo que fue fondo lacustre fuera ahora un extenso desierto, que campos fértiles se convirtieran en arenas salinizadas, que el viento trasportara millones de toneladas de estas estériles tierras hasta distancias superiores a los doscientos kilómetros, que la poca eficiencia del riego realizado derrochara billones de litros de agua, que los malos sistemas de drenaje y una deficiente construcción de los canales de transporte dieran lugar a una subida del nivel freático que anegó miles de hectáreas, que los recursos hídricos del lago se contaminaran por insecticidas y fertilizantes, que la zona perimetral al lago viva desde entonces una importante crisis social y económica. Lo ocurrido en el mar de Aral constituye uno de los mayores desastres medioambientales de todos los tiempos y un nefasto ejemplo

de planificación hídrica, debido, en parte, a que las autoridades del país ocultaron y no reconocieron que existía un grave problema hasta que éste no fue una de las mayores catástrofes hídricas y ecológicas de la historia de la humanidad. El fracaso del proyecto y su dramático resultado no es fruto directo de la construcción de una determinada obra, que en este caso fue un canal, sino consecuencia de no haber previsto mediante la realización de los estudios pertinentes los efectos que ésta podía provocar. A este respecto, la nueva gestión del agua aboga y se decanta por intensificar y mejorar el conocimiento que se tiene de una determinada zona, realizando cuantos estudios sea necesario acometer, para asegurar un desarrollo sostenible, antes de proceder a efectuar cualquier actuación. Asimismo recomienda diversificar las fuentes de agua, que han de atender una determinada demanda, y gestionar de forma racional la misma, disminuyendo el consumo. Este libro es una muestra de esta forma de proceder.

José Manuel Murillo Díaz
Director de la edición

ÍNDICE

I. CONCEPTOS GENERALES..... 16

⊗ Estructura y contenido de la presente publicación.....	19
⊗ Concepto de uso conjunto. Antecedentes y perspectiva futura de aplicación.....	27
⊗ El agua en la corteza terrestre. Concepto y tipos de aportaciones.....	37
⊗ Usos, demandas, consumos, recursos, presiones e impactos.....	49
⊗ Elementos de almacenamiento: embalses superficiales y embalses subterráneos. Masas de agua.....	61
⊗ Recursos no naturales: desalinización y reutilización.....	77
Desalinización	78
Reutilización.....	84
⊗ Caudal ecológico y medioambiente.....	97
⊗ Regulación.....	109
⊗ Garantía.....	119
⊗ Estrategias para la integración de las aguas subterráneas en los sistemas de recursos hídricos.....	131
• Utilización alternativa de aguas superficiales y subterráneas	131
• Regulación de manantiales.....	131
• Recarga artificial de acuíferos.....	133
• La recarga artificial como un sistema de depuración natural en la obtención de agua potable	135
• Utilización del acuífero como elemento de almacenamiento	139
• Utilización del acuífero mediante la interrelación que existe entre éste y el mar.....	139
• Utilización del acuífero como elemento de transporte y distribución de agua	144
• Utilización del acuífero mediante la interrelación que existe entre éste y las aguas superficiales	144

- Utilización del acuífero, suelo y zona no saturada como elemento de filtración y tratamiento..... 144
- Sobreexplotación temporal de un acuífero y uso esporádico de reservas 146 |- Almacenamiento subterráneo con recuperación 146 |- Gestión y almacenamiento subterráneo de aguas pluviales..... 147 |

⊗ Objetivos y estructura de un proyecto de uso conjunto.....	153
--------------------------------------------------------------	-----

⊗ Modelos matemáticos de uso conjunto.....	161
--------------------------------------------	-----

⊗ Gestión integral y desarrollo sostenible	171
--------------------------------------------------	-----

II. CONCEPTOS LEGALES Y ECONÓMICOS..... 184

⊗ Bases legales y administrativas.....	187
----------------------------------------	-----

⊗ Aspectos económicos.....	203
----------------------------	-----

III. ACTUACIONES DE USO CONJUNTO REALIZADAS EN LA PROVINCIA DE ALICANTE ...210

⊗ Introducción.....	213
---------------------	-----

- Marina Baja..... 216 |- Alto y Medio Vinalopó 216 |- Sur de la provincia de Alicante 219 |- Marina Alta 223 |

⊗ La Marina Baja	231
------------------------	-----

- Problemática existente y objetivos planteados 231 |- Almacenamiento superficial: embalses 231 |- Almacenamiento subterráneo: acuíferos..... 232 |- Destino del agua: demandas..... 235 |- Conexión entre elementos: conducciones..... 238 |- Recursos no naturales: agua residual urbana depurada..... 239 |- Simulación de la gestión de los recursos hídricos en la Marina Baja 239 |- Objetivos 239 |- Metodología..... 240 |- Escenarios planteados..... 240 |- Resultados obtenidos 241 |

④ Alto Vinalopó	251	Definición geométrica, discretización y condiciones de contorno.....	329
• Problemática existente	251	Recarga	333
• Objetivo y metodología del estudio	258	Parámetros hidráulicos.....	333
• Alternativas de uso conjunto planteadas.....	258	Explotación por bombeo	334
• Resultados obtenidos.....	259	• Ajuste y calibración del modelo numérico.....	334
④ Medio Vinalopó.....	267	Régimen estacionario.....	336
• Problemática existente y objetivos planteados	267	Régimen transitorio.....	338
• El sistema hídrico del Medio Vinalopó.....	268	• Simulación numérica de diversos escenarios de explotación de las aguas subterráneas de la Vega Baja del Segura.....	342
• Aguas superficiales y aguas residuales depuradas.....	271	Escenario 1	344
• Demandas del sistema.....	274	Escenario 2.....	344
• Los recursos subterráneos	276	Escenario 3.....	347
• Simulación de la gestión conjunta.....	277	Escenario 4.....	348
• Alternativas de gestión.....	278	• Resultados y conclusiones.....	348
• Propuestas de actuación.....	283		
④ Sobreexplotación y cambio climático. Aplicación a los acuíferos de Solana, Peñarrubia, Jumilla-Villena y Serral-Salinas.....	287	④ La Marina Alta.....	355
• Objetivo y metodología aplicada.....	287	• Características generales y problemática existente.....	355
• Ámbito geográfico de actuación.....	293	• El medio físico, condicionantes climáticos y geomorfológicos.....	356
• Sobreexplotación, sostenibilidad y recuperación del nivel piezométrico inicial	294	• Demandas del sistema y aprovechamientos actuales.....	356
• Cambio climático y generación de series históricas.....	300	• Recursos hídricos naturales. Acuíferos.....	357
④ Cabo Roig.....	307	• Recursos hídricos no naturales: desalación y reutilización.....	360
• Introducción y planteamiento de la problemática existente	307	• El uso conjunto en la Marina Alta. La recarga artificial de acuíferos	362
• Objetivos generales y específicos.....	308	Actuaciones de recarga artificial realizadas en la Marina Alta	363
• Modelo hidrogeológico conceptual del acuífero de Cabo Roig.....	308	Propuesta de actuaciones de recarga artificial.....	369
• Simulación numérica de la intrusión marina	309	• Análisis del sistema de recursos y alternativas de gestión.....	373
• Resultados de la calibración del modelo....	313		
• Resultados de la simulación para 2001.....	315	ANEXOS.....	380
• Resultados de la simulación de los escenarios propuestos.....	318	• Bibliografía.....	382
• Conclusiones y recomendaciones.....	320	• Glosario de términos	394
④ Vega del Segura.....	325	• Índice de cuadros.....	395
• Introducción y objetivos	325	• Índice de figuras.....	396
• Modelo conceptual y modelo numérico.....	325	• Índice de tablas.....	397
• Definición y descripción del modelo numérico	329		
Límites del modelo numérico.....	329		

