

AGUAS SUBTERRÁNEAS Y MEDIO AMBIENTE

Serie C, N.º 1

**EL PLAN ESTRATÉGICO ESPAÑOL
PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO
RACIONAL DE LOS HUMEDALES, EN EL
MARCO DE LOS ECOSISTEMAS
ACUÁTICOS DE QUE DEPENDEN**

Magdalena Bernués

Toa Torán

AGUAS SUBTERRÁNEAS Y HUMEDALES

Emilio Custodio

**VISIÓN GENERAL DE LOS CONFLICTOS
EXISTENTES EN LOS HUMEDALES
MEDITERRÁNEOS**

María José Viñals

PAPELES DEL PROYECTO AGUAS SUBTERRÁNEAS

Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas

M. Ramón Llamas, Director

Edita: Fundación Marcelino Botín. Pedrueca, 1 (Santander)

ISBN: 84-95516-01-2 (obra completa)

ISBN: 84-95516-36-5 (Serie C, N° 1)

Depósito legal: M. 43.085-2001

Impreso en REALIGRAF, S.A. Madrid, octubre de 2001

Magdalena Bernués

Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid (1990) y Master en Política y Gestión Medioambiental por la Universidad Carlos III de Madrid (1994). Desde 1991 se encuentra adscrita a la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente como técnico especializado en Biología de la Conservación, con dedicación específica a los temas relacionados con la gestión y conservación de humedales, tanto en el nivel nacional como internacional, objeto general de los diversos libros y artículos en cuya publicación ha colaborado. Es Secretaria del Comité Español de Humedales, en el que se enmarcan administrativamente las relaciones técnicas con las Comunidades Autónomas en este ámbito, la aplicación y desarrollo del Convenio de Ramsar en nuestro país y la elaboración del *Plan estratégico español para la conservación y uso racional de los humedales* y su posterior desarrollo, en aspectos de tanta importancia como la preparación del Inventario Nacional de Zonas Húmedas, actualmente en pleno proceso de ejecución. También se encarga de los proyectos internacionales relativos a la conservación de las zonas húmedas en los que participa el Ministerio de Medio Ambiente (proyecto MedWet, etc.).

Emilio Custodio

Doctor Ingeniero Industrial. Ha sido Profesor numerario de Tecnología Nuclear en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en Barcelona. Es Catedrático de Ingeniería del Terreno, especialidad en Hidrología Subterránea, en el Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Minera (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos) de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Actualmente es Director General del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, Organismo Público de Investigación encuadrado en el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Es Académico Correspondiente

de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Durante 20 años compaginó la docencia y la investigación con el desarrollo profesional en la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental, Barcelona, del Ministerio de Obras Públicas, dedicándose posteriormente a la docencia, investigación y gestión científica. En 1966 colaboró en la fundación y luego fue director del Curso Internacional de Hidrología Subterránea, y posteriormente de la Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea. Es autor de 15 libros y de 360 artículos y comunicaciones publicadas. Ha dirigido una veintena de tesis doctorales. Es miembro de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, y actualmente es Presidente de la misma; ha sido presidente del Grupo Español. Ha colaborado y colabora con UNESCO en publicaciones y grupos de trabajo, así como con diversas universidades, centros de investigación y entidades de Iberoamérica y Europa. Es Doctor Honoris Causa por la Universidad de Tucumán, Argentina, y posee la Medalla Narcís Monturiol por méritos en investigación.

Toa Torán

Ingeniera Agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha realizado varios cursos de postgrado sobre Evaluación de Impacto Ambiental y Restauración de Zonas Degradadas. Actualmente se encuentra redactando la Tesis Doctoral sobre metodologías de evaluación de impacto en zonas húmedas. Es consultora y como tal su actividad profesional se ha centrado en el desarrollo rural y la conservación de la Naturaleza. En 1997 entró a formar parte, como coordinadora, del equipo de expertos encargados de redactar el *Plan estratégico español para la conservación y uso racional de los humedales*. Desde entonces, ha realizado varios trabajos con la Dirección General de Conservación de la Naturaleza relacionados con los humedales: actualización de fichas Ramsar; Informe Nacional de humedales del trienio 1998-2000; dossier técnico para la propuesta de albergar la Conferencia de Ramsar de 2002 en España, y el Desarrollo del Plan Estratégico de Humedales, fase 1.

María José Viñals

Doctora en Geografía y profesora de la Universidad Politécnica de Valencia. Colabora, además, en diversos masters y cursos de postgrado sobre temas de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, tanto en España como en América Latina. Sus temas de investigación son la Geomorfología y los Recursos Naturales, contemplados tanto desde su perspectiva de ciencia base, como en sus aplicaciones: la evolución paisajística, los impactos ambientales, la planificación del territorio, etc. Los ambientes costeros, y en especial los humedales, son el ámbito sobre el que ha centrado sus trabajos, siendo autora de varios libros y numerosos artículos científicos sobre los humedales valencianos, los mallorquines y también los del Alto Adriático. En esta misma línea de trabajo, destaca su participación en el Comité de Humedales Mediterráneos de la Convención Internacional sobre Humedales (o de Ramsar) para la que actúa como asesora.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	9
EL PLAN ESTRATÉGICO ESPAÑOL PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO RACIONAL DE LOS HUMEDALES, EN EL MARCO DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE QUE DEPENDEN (por M. Bernués y T. Torán)	
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
Los humedales en España	16
El Convenio de Ramsar y los compromisos españoles	17
Proceso de elaboración del Plan Estratégico.....	19
CONTENIDO DEL DOCUMENTO	20
Parte I	22
Marco de referencia.....	22
Definición, clasificación y valores de los humedales.....	23
Análisis del estado de conservación de los humedales...	24
Principios orientadores e instrumentos para la conservación de los humedales.....	24
Parte II (Plan Estratégico).....	27
Parte III (Planes de acción plurianual)	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30
AGUAS SUBTERRÁNEAS Y HUMEDALES (por E. Custodio)	
RESUMEN	33
LOS HUMEDALES	33

HUMEDALES QUE DEPENDEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	37
CONDICIONES EN HUMEDALES QUE DEPENDEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.....	40
EFFECTOS DE LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.	51
MÉTODOS DE ESTUDIO DE LAS RELACIONES AGUA SUBTERRÁNEA-HUMEDAL.....	57
TEMAS POR RESOLVER EN EL CONOCIMIENTO DE HU- MEDALES QUE DEPENDEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA...	60
CONCLUSIONES.....	64
AGRADECIMIENTOS	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
 VISIÓN GENERAL DE LOS CONFLICTOS EXISTEN- TES EN LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS (por M.J. Viñals)	
RESUMEN.....	73
INTRODUCCIÓN.....	73
TIPOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS	76
Las zonas húmedas ligadas a morfologías fluviales princi- palmente de cuenca baja	76
Las zonas húmedas ligadas a llanos costeros	78
Las zonas húmedas ligadas a depresiones endorreicas.....	80
Las zonas húmedas ligadas a cubetas kársticas	81
Las zonas húmedas artificializadas y las artificiales.....	81
CONFLICTOS: CAUSAS Y CONSECUENCIAS.....	82
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	97

PRESENTACIÓN

por

M.R. Llamas y J.M. Fornés

EL PROYECTO AGUAS SUBTERRÁNEAS (FASE I)

El Proyecto Aguas Subterráneas (PAS) que inició la Fundación Marcelino Botín en diciembre de 1998, tuvo una primera fase que finalizó en mayo de 2001. El objetivo principal de esa etapa ha sido contribuir a un mejor conocimiento de la gestión de las aguas subterráneas en España, poniendo énfasis en los aspectos legales, económicos, ecológicos e institucionales.

El método de trabajo ha consistido en contar con un pequeño equipo propio: cuatro personas de distintas especialidades, que han constituido el pivote sobre el que se han apoyado todas las actividades del Proyecto. Esas cuatro personas son las que figuran como autores del libro de síntesis *Aguas subterráneas: retos y oportunidades* (Mundi-Prensa, 2001). El día 6 de julio de 2001 este libro fue presentado a la prensa en Madrid, por el Presidente de la Fundación Marcelino Botín (D. Emilio Botín), el Ministro de Medio Ambiente (D. Jaume Matas), el Director del Proyecto Aguas Subterráneas (D. M. Ramón Llamas), y el Subdirector General de Planificación de la Dirección General de Obras Hidráulicas (D. Francisco Cabezas).

Debido a que este pequeño equipo no podía abarcar todos los temas que integran el libro, tanto por falta de especialización en algunos de ellos como por falta de tiempo, se organizaron seis seminarios a puerta cerrada en los que participaron unos ciento veinte expertos, nacionales y extranjeros. Esas personas procedían de muy diferentes campos científicos y sociales: desde científicos de prestigio internacional, a representantes de la Administración hidráulica, regantes y directivos de grupos ecologistas.

Además de la publicación del libro referido, se han difundido diversos resultados del PAS en una veintena de publicaciones entre las que destaca, en primer lugar, el libro, publicado también por

Mundi-Prensa (2001), con el título *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*, que contiene cerca de veinte ponencias presentadas en dos seminarios. Hay que mencionar también un número monográfico especial de la Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, sobre aguas subterráneas y sequías; y una colección de diez Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas, conjunto de monografías que han tenido una notable aceptación. A esta misma colección pertenece la presente publicación, *Aguas subterráneas y humedales*, y también la titulada *Consideraciones sobre la legislación de aguas subterráneas*. Respecto a este segundo tema, el jurídico, se publicará en breve un libro que incluirá las ponencias presentadas en el seminario que tuvo lugar en Madrid los días 14 y 15 de junio de 2000. La publicación de este libro va a requerir algún tiempo. Dado el interés práctico y urgente que plantea la Disposición Transitoria segunda de la Ley del Plan Hidrológico Nacional, publicada en el BOE del 6 de julio de 2001, se vio oportuno publicar con cierta urgencia dos de las ponencias de dicho seminario, debidamente retocadas por sus autores para tener en cuenta dicha Disposición Transitoria segunda.

En este Papel del PAS se incluyen tres ponencias del seminario *Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de ecosistemas acuáticos*, que tuvo lugar en Madrid el 20 de julio de 2000: a) *El Plan estratégico español para la conservación y el uso racional de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen* (por Dña. Magdalena Bernués, de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza); b) *Aguas subterráneas y humedales* (por D. Emilio Custodio, del IGME y de la Universidad Politécnica de Cataluña); y c) *Visión general de los conflictos existentes en los humedales mediterráneos* (por Dña. María José Viñals, de la Universidad Politécnica de Valencia).

EL PROYECTO AGUAS SUBTERRÁNEAS (FASE II)

El Proyecto Aguas Subterráneas de la Fundación Marcelino Botín ha iniciado una segunda fase que se va a prolongar hasta finales del

año 2002. El estudio se va a centrar principalmente en dos temas que sólo se esbozaron en la primera fase del Proyecto: a) *Uso intensivo de las aguas subterráneas a escala mundial*; y b) *Conflictos entre el aprovechamiento de las aguas subterráneas y la conservación de humedales en España*.

En el caso del *uso intensivo de las aguas subterráneas a escala mundial*, está previsto tener un seminario a puerta cerrada en diciembre del presente año, con participación de unos veinticinco expertos procedentes de todo el mundo, y un Simposio Internacional en Las Palmas de Gran Canaria en noviembre de 2002. Las ponencias del seminario se recogerán en un libro en inglés publicado a mediados del 2002 por una editorial de carácter internacional.

El interés del segundo tema de investigación es manifiesto si se tiene en cuenta que se estima que aproximadamente el 60% de la superficie de los humedales españoles ha desaparecido durante los últimos 40 o 50 años. En no pocos casos esta desaparición parece deberse al aprovechamiento de las aguas subterráneas. La desaparición o degradación de humedales no es un hecho exclusivo de España, pues se ha producido en casi todos los países desarrollados del mundo. Esta situación ha despertado el interés de importantes instituciones internacionales como la UNESCO, que en la fase VI de su Programa Hidrológico Internacional (PHI), para el periodo 2002-2007, centra una de sus actividades prioritarias en el *Desarrollo de una gestión y de una política de aguas subterráneas para la protección de humedales y la conservación de la biodiversidad (Área 3.2.1. del Tema 3: Hidrología de los hábitats terrestres)*.

Destaca también el *Convenio Ramsar relativo a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas*. Este Convenio es el primero de los modernos tratados internacionales sobre conservación y uso racional de los recursos naturales que se refiere a un ecosistema específico: los humedales. España ratificó el Convenio Ramsar en 1982 y desde entonces ha incluido 38 espacios en su Lista de Humedales, que ocupan una superficie aproximada de 160.000 ha. Además, un buen número de humedales españoles está incluido en las correspondientes listas de otros convenios internacionales (MAR, Reserva de la Biosfera, ZE-

PIM, Red Natura 2000, etc.) Por ello, el Gobierno español tiene contraídas obligaciones bastante concretas enfocadas a garantizar la conservación de estos ecosistemas.

Por su parte, la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, *por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas* (Directiva Marco del Agua), establece en su art. 1: «El objeto de la presente Directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que: a) prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos (...)».

En cuanto a la legislación española, la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, presenta como objetivos de la Ley en el art. 2: «a) alcanzar el buen estado del dominio público hidráulico, y en particular de las masas de agua; (...) d) reequilibrar las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad y economizando sus usos, en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales». Asimismo, en el art. 31 se especifica: «1) el Ministerio de Medio Ambiente, en coordinación con las Comunidades Autónomas, establecerá un sistema de investigación y control para determinar los requerimientos hídricos necesarios que garanticen la conservación de los humedales existentes que estén inventariados en las cuencas intercomunitarias; 2) asimismo, el Ministerio de Medio Ambiente y las Comunidades Autónomas promoverán la recuperación de humedales, regenerando sus ecosistemas y asegurando su pervivencia futura».

Por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. En el Capítulo V (*De las zonas húmedas*) del Título V (*De la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas continentales*), se especifican el concepto y características de los humedales (art. 111).

Además de las obligaciones derivadas de la pertenencia de España a los convenios internacionales anteriormente citados, exis-

ten otros futuros compromisos establecidos en la *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica*. Esta estrategia fue aprobada en 1998 por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, Órgano de coordinación presidido entonces por la anterior Ministra de Medio Ambiente y constituido por los Consejeros de Medio Ambiente de las diferentes Comunidades Autónomas, pero que todavía está pendiente de aprobación por el Gobierno. Uno de los objetivos de esta Estrategia es el diseño de un Plan de Acción Sectorial de Humedales. En cumplimiento de estos compromisos, la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza aprobó en 1999 el *Plan estratégico español para la conservación y el uso racional de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen*, que M. Bernués presenta en este Papel del PAS. Ahora bien, como en el texto de Bernués se indica, ese Plan no es todavía eficazmente operativo. Se espera que este proyecto de la Fundación Marcelino Botín pueda ser una ayuda para conocer mejor algunos de los problemas que plantea la puesta en marcha de ese Plan Estratégico de Humedales y a encontrar soluciones adecuadas para resolver esos problemas.

Los seminarios que en esta segunda fase del Proyecto se van a organizar serán de dos tipos: unos de carácter específico sobre los aspectos legales, económicos e institucionales de los humedales españoles; y otros sobre los problemas y posibles soluciones de algunos humedales más representativos en los que hay conflicto entre la extracción de las aguas subterráneas y su conservación. En este segundo tipo, los seminarios se realizarán en conexión con aquellas Comunidades Autónomas interesadas en estos conflictos. En una primera estimación, las zonas más interesantes podrían ser las dos Castillas, Aragón, Andalucía y las regiones levantinas junto con Cataluña.

En estos seminarios se espera contar con la participación y colaboración de representantes cualificados de las Consejerías de Medio Ambiente de las Comunidades Autónomas que estén interesadas, de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, del Instituto Geológico y Minero de España, así como de profesores de Universidad, representantes de agricultores y de grupos con-

servacionistas, y directivos de Fundaciones que aborden estos temas. El fruto final de estos seminarios será un libro de síntesis que resumirá los resultados obtenidos, así como, en su caso, la propuesta de soluciones para facilitar la conservación de los humedales amenazados por la extracción de las aguas subterráneas. Es probable que antes de la terminación de este libro de síntesis, se publiquen algunos de los trabajos presentados en los seminarios, en forma de Papeles PAS, tal como se hizo en la primera fase de este Proyecto.

El Proyecto estará prácticamente terminado antes de la VIII Conferencia de las Partes Contratantes del Convenio Ramsar, que tendrá lugar en Valencia en noviembre del año 2002. Se presenta, pues, una buena oportunidad para dar a conocer, ante la comunidad científica internacional, el papel de las aguas subterráneas en relación con la conservación de muchos humedales de los países áridos y semiáridos. Como consecuencia de este mayor conocimiento, se espera proponer las medidas necesarias para conseguir que el desarrollo económico y social, debido al aprovechamiento de las aguas subterráneas, no suponga un deterioro de estos ecosistemas.

EL PLAN ESTRATÉGICO ESPAÑOL PARA LA CONSERVACIÓN Y EL USO RACIONAL DE LOS HUMEDALES, EN EL MARCO DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE QUE DEPENDEN

**por Magdalena Bernués
y Toa Torán**

RESUMEN

Se presenta el *Plan estratégico español para la conservación y el uso racional de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen*, que nace como uno de los Planes de Acción Sectoriales de la *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica*. Es la aplicación en nuestro país, en lo referente a humedales, de las premisas de los convenios globales de protección de la naturaleza (Ramsar, Convenio de Diversidad Biológica, etc.) y de otras iniciativas regionales (la Comunicación de la Unión Europea sobre humedales, la Estrategia sobre Humedales Mediterráneos, etc.). Se comenta, así mismo, el proceso de elaboración de dicho documento.

El documento se estructura en tres partes: en la primera se establece el marco de referencia, internacional, estatal y regional, se repasan las definiciones de humedal, su clasificación y sus valores, se analiza el estado de conservación de los humedales españoles y se dan los principios orientadores y los instrumentos para la conservación de los mismos. En esta primera parte se establece, también, el ámbito de aplicación del Plan.

La parte segunda es el propio Plan Estratégico, en el que se establecen 10 objetivos generales que forman un marco integrado de-

sarrollado mediante objetivos operativos. Estos objetivos pueden alcanzarse a través de acciones estructuradas en distintos niveles de actuación: general, cuenca o humedal concreto.

Por último, en la parte tercera se establece el marco para el desarrollo de la Estrategia: los planes de acción plurianuales estatales y autonómicos, así como el seguimiento y evaluación del Plan Estratégico.

INTRODUCCIÓN

Los humedales en España

El territorio español presenta una gran variedad de ambientes acuáticos naturales y seminaturales, algunos de ellos únicos en cuanto a su funcionamiento hidrológico, conformación geomorfológica, integración social, presencia de numerosas especies animales y plantas raras, endémicos o amenazados, o como lugares clave dentro de las rutas migratorias de numerosas aves. Además, al igual que en toda la cuenca mediterránea, la interacción entre el hombre y los ambientes acuáticos se remonta a varios milenios, lo que ha ocasionado un continuo dinamismo en la formación y modificación de interesantes y diversos paisajes del agua: lagunas, estanques, charcas, bodones, marismas, albuferas, marjales, salinas, arrozales, barrancos, ramblas, etc. De hecho, se considera que España es el país con mayor diversidad de tipos ecológicos de humedales en el ámbito de la Unión Europea, incluyendo algunos únicos en este contexto (Casado & Montes, 1995).

Esta riqueza de ecosistemas de aguas poco profundas también se traduce en una gran variedad de usos tradicionales que han explotado sus recursos y en un rico léxico sobre los paisajes españoles del agua (González Bernáldez, 1992).

El valor, o valores, de estos humedales se relaciona con las funciones que desempeñan como sistemas naturales. Por un lado por sus implicaciones en el ciclo global del agua y, por otro, por su fundamental papel en los procesos generales de la biosfera, es decir,

en la producción de materia orgánica, el reciclado de nutrientes o el mantenimiento de redes tróficas, entre otros. Además, gracias a la posición de la Península Ibérica entre dos continentes y a su variabilidad geográfica, los humedales españoles mantienen una concentración espectacular de vida silvestre.

El efecto diversificador que, desde el punto de vista ecológico, ejercen los medios palustres en el conjunto de ecosistema terrestres o acuáticos en los que se integran, no se refiere tan sólo a las especies, sino también a aspectos microclimáticos, hídricos, geoquímicos, edáficos, geomorfológicos, paisajísticos y culturales.

Durante siglos los humedales han sido considerados como eriales y zonas insalubres, por lo que fueron objeto de políticas y programas de desecación y saneamiento. En los dos últimos siglos la conversión de humedales en tierras agrícolas fue generalizada en toda España y, ya en el siglo XX, las mayores transformaciones se han debido también al desarrollo industrial, de infraestructuras y urbanístico para explotación turística. Los cálculos indican que, en nuestro país, el 60% de la superficie de humedales y lagos naturales ha desaparecido, principalmente en los últimos 40 años (Casado & Montes, 1995).

Este estado de cosas ha hecho que la elaboración y aplicación de un Plan Estratégico de conservación de humedales sea una acción ineludible en España.

El Convenio de Ramsar y los compromisos españoles

El Convenio de Ramsar relativo a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas fue adoptado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, entrando en vigor durante 1975 (Davis et al., 1996).

Este Convenio es el primero y único de los modernos tratados internacionales mundiales sobre conservación y uso racional de los recursos naturales que se refiere a un ecosistema específico, los humedales (Bernués, 1997). Nació como consecuencia del reconocimiento del valor de los humedales para todas las formas de vida

y de la constatación de la velocidad a la que estaban desapareciendo en el mundo entero. Se había hecho también patente ya entonces que la gestión y conservación de estos ecosistemas requería cooperación internacional.

El nombre oficial del *Convenio relativo a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas*, expresa su énfasis inicial en la conservación y el uso racional de los humedales sobre todo en función de su consideración como hábitats indispensables para numerosas especies de aves. Sin embargo, con los años, el Convenio ha ampliado su alcance a fin de abarcar todos los aspectos de la conservación y el uso racional de los humedales, reconociendo que éstos son ecosistemas extremadamente importantes para la conservación de la diversidad biológica, el bienestar de comunidades humanas y las fases del ciclo del agua.

Los países que se adhieren al Convenio de Ramsar se suman a un esfuerzo internacional encaminado a garantizar la conservación y el uso racional de los humedales, participando en un proceso destinado a identificar los lugares de su territorio que pueden ser clasificados como de Importancia Internacional y a incluirlos en la Lista Ramsar.

España ratificó el Convenio de Ramsar en 1982 (Instrumento de Ratificación de 18 de marzo de 1982, BOE nº 199 de 20 de agosto 1982), y desde entonces ha incluido 38 espacios en la Lista de Humedales de Importancia Internacional, lo que significa una superficie de casi 160.000 Has.

La Secretaría del Convenio elaboró un *Plan Estratégico Ramsar 1997-2002* (Secretaría del Convenio de Ramsar, 1996), que fue adoptado por la Conferencia de las Partes Contratantes en Brisbane (Australia) en marzo de 1996. En dicho Plan se demanda a los países miembros que establezcan políticas nacionales de humedales, bien de forma independiente o bien como elementos claramente identificables de otras iniciativas nacionales de planificación de la conservación, es decir, que elaboren y desarrollen sus propios Planes Estratégicos nacionales.

Además de estas obligaciones derivadas de nuestra pertenencia al Convenio de Ramsar, están las derivadas de la *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad bio-*

lógica, elaborada y aprobada por el propio Ministerio de Medio Ambiente (MIMAM, 1999), uno de cuyos objetivos es la elaboración de un Plan de Acción Sectorial de Zonas Húmedas. En cumplimiento de estos compromisos, el Ministerio de Medio Ambiente, en el marco del Comité Humedales y en colaboración con todas las CCAA y sectores sociales implicados, promovió la elaboración de este *Plan estratégico español para la conservación de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen* (MIMAM, 2000a), que fue aprobado por la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza en su reunión de 19 de octubre de 1999. Es destacable el hecho de que España fuera el primer país en elaborar un Plan de estas características en el ámbito mundial.

Proceso de elaboración del Plan Estratégico

El Comité Humedales, adscrito a la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza (R.D. 2488/1994 de 23 de diciembre. B.O.E. nº 15 de 18 de enero de 1995), ha sido el encargado de coordinar la elaboración de este *Plan estratégico español para la conservación y el uso racional de los humedales* (MIMAM, 2000a). Ha seguido para ello una metodología de aproximaciones sucesivas mediante borradores. Estos borradores (8 en total) han sido sometidos a consulta, entre los miembros del Comité¹ y otras Administraciones públicas² y agentes sociales³ interesados. Las alegaciones aportadas por unos y otros fueron incorporadas previa discusión en el seno del Comité. Por último, el documento fue adaptado, en sus aspectos formales, a las Resoluciones y Recomendaciones emanadas de la última Conferencia de las Partes Contratantes del Convenio de Ramsar (Secretaría del Convenio de

¹ El Comité Humedales está formado por técnicos especialistas en humedales del MIMAM y de todas las Comunidades Autónomas.

² Direcciones Generales de Obras Hidráulicas y de Costas, Ministerio de Industria, Instituto Tecnológico y Geominero de España, etc.

³ ONGs de carácter conservacionista, organizaciones de agricultores, Federación de Municipios y Provincias, universidades e institutos de investigación, etc.

Ramsar, 1999), que tuvo lugar en Costa Rica en mayo de 1999, y fue presentado a la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza, que lo aprobó con fecha 19 de octubre de 1999.

En resumen, se puede afirmar que el proceso de elaboración de este Plan Estratégico se ha caracterizado por:

- La planificación inicial de obtener un documento que cumplimentara tanto nuestros compromisos internacionales como la variedad de criterios y puntos de vista de nuestra pluralidad autonómica y social.
- Su integración en el desarrollo de la *Estrategia española de conservación de la biodiversidad*, siendo una parte fundamental de ésta que, por sus circunstancias especiales, merece un desarrollo pormenorizado.
- Su inicial concepción como herramienta de consenso entre todas las Administraciones públicas y sectores sociales implicados para, en definitiva, constituir el instrumento marco de integración de todas las políticas sectoriales que permita coordinar y controlar una multiplicidad de actuaciones de forma compatible con la conservación de estos ecosistemas, lo que asegura su efectividad.

CONTENIDO DEL DOCUMENTO

Este *Plan estratégico español para la conservación y uso racional de los humedales*, resulta en gran medida de la aplicación específica en nuestro país, en lo referente a humedales y ecosistemas acuáticos, de las premisas de los convenios globales de protección de la naturaleza (Ramsar, *Convenio de diversidad biológica*), y de iniciativas regionales como la *Estrategia Pan-Europea para la diversidad biológica y paisajística*, la *Comunicación de la Unión Europea sobre Humedales*, la *Estrategia sobre biodiversidad de la Comunidad Europea*, el *Protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo* y la *Estrategia sobre humedales mediterráneos*.

Se inspira en la filosofía de *detener e invertir la pérdida y degradación de los humedales mediterráneos* y sus contenidos están basados en el *Plan Estratégico Ramsar 1997-2002* (Secretaría del Convenio de Ramsar, 1996) y en la *Estrategia sobre humedales mediterráneos de 1996* también llamada *Estrategia de Venecia* (MedWet & Ramsar, 1998). Sigue también todas las Recomendaciones y Resoluciones de las distintas Conferencias de las Partes del Convenio de Ramsar, en particular las referentes a las directrices para elaborar y aplicar políticas nacionales de humedales, para examinar leyes e instituciones a fin de promover la conservación y uso racional de los humedales y para integrar su conservación y uso racional en la gestión de las cuencas hidrográficas, adoptadas en la última Conferencia de las Partes Contratantes de mayo de 1999 (Secretaría del Convenio de Ramsar, 1999).

El documento se estructura en tres partes. En la primera se establece el marco de referencia, internacional, estatal y regional, se repasan las definiciones de humedal (Convenio de Ramsar, Ley de Aguas, Ley de Costas e Inventario de Humedales de la Dirección General de Obras Hidráulicas), su clasificación y sus valores, se analiza el estado de conservación de los humedales españoles y se dan los principios orientadores y los instrumentos para la conservación de los mismos. En esta primera parte se establece, así mismo, el ámbito de aplicación del Plan Estratégico.

La parte segunda es el propio Plan Estratégico, en el que se establecen 10 objetivos generales que forman un marco integrado desarrollado mediante objetivos operativos. Estos objetivos pueden alcanzarse a través de acciones estructuradas en distintos niveles de actuación: general, cuenca o humedal concreto.

Por último en la parte tercera se establece el marco para el desarrollo de la Estrategia: los llamados Planes de Acción Plurianuales estatales y autonómicos así como el seguimiento y evaluación de la aplicación del propio Plan Estratégico.

Parte I

1. Marco de referencia

Marco internacional

Repasa los distintos referentes y antecedentes internacionales que constituyen el marco de referencia del Plan:

- *Convenio de Ramsar relativo a los humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas.*
- *Convenio sobre diversidad biológica.*
- *Estrategia Pan-europea para la diversidad biológica y paisajística.*
- *Directivas europeas de aves y hábitats: Red Natura 2000.*
- *Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo sobre Uso prudente y conservación de los humedales.*
- *Propuesta de Directiva del Consejo Europeo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de Aguas.*
- *Comunicación al Consejo y al Parlamento Europeo sobre una Estrategia de biodiversidad de la Comunidad Europea.*
- *Protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo.*
- *Resolución de Barcelona para el Medio Ambiente y el desarrollo sostenible en la cuenca mediterránea.*
- *Declaración de Venecia (MedWet).*
- *Estrategia sobre humedales mediterráneos o Estrategia de Venecia.*

Marco estatal

Repasa los distintos instrumentos legales y estratégicos que establecen la importancia de los humedales y la necesidad de su conservación en el ámbito estatal:

- Ley 4/1989 de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres
- Ley 29/1985 de Aguas
- Ley 22/1988 de Costas
- Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica (MIMAM, 1999)
- Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 2000b)

Fines del Plan estratégico

Derivados del marco en que se encuadra el Plan Estratégico, sus fines son:

- Garantizar la conservación y uso racional de los humedales, incluyendo la restauración o rehabilitación de aquellos que hayan sido destruidos o degradados.
- Integrar la conservación y el uso racional de los humedales en las políticas sectoriales, especialmente de aguas, costas, ordenación del territorio, forestal, agraria, pesquera, minera, industrial y de transportes.
- Contribuir al cumplimiento de los compromisos del Estado español en relación a los convenios, directivas, políticas y acuerdos europeos e internacionales relacionados con los humedales, así como a la aplicación de la *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica* y de la *Estrategia de humedales mediterráneos*.

2. Definición, clasificación y valores de los humedales

Se analizan distintas definiciones de humedal y distintos criterios de clasificación de los mismos. A partir de estas definiciones se establece el ámbito de aplicación del propio Plan Estratégico. Finalmente se optó por una definición que, aunque basada en lo incluido al respecto en la Ley de Aguas y la Ley de Costas, es abier-

ta en cuanto a su interpretación. Hay que destacar que este fue uno de los puntos más discutidos en el proceso de elaboración del Plan, sobre todo desde la perspectiva de las Comunidades Autónomas.

En este apartado también se analizan las funciones, productos y atributos que hacen que los humedales tengan un elevado valor social y económico, además del puramente ecológico.

3. Análisis del estado de conservación de los humedales

Con los datos del Inventario de Humedales de la Dirección General de Obras Hidráulicas (1995), se realiza un análisis del estado de los humedales españoles, las causas más frecuentes de alteración y su grado de conservación.

4. Principios orientadores e instrumentos para la conservación de los humedales

Los mismos principios básicos que orientan las acciones a llevar a cabo para conseguir los objetivos en la *Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica*, sirven de base para este Plan Estratégico:

- Participación y coordinación
- Conservación
- Uso sostenible
- Educación e investigación
- Desarrollo normativo y aspectos económicos

Participación y coordinación

- La aplicación del Plan Estratégico se debe realizar con la participación de todas las Administraciones públicas con competencias sobre los humedales (especialmente las autoridades

responsables de la conservación de la biodiversidad, aguas, costas, ordenación del territorio y calidad ambiental), tanto centrales como autonómicas y locales, y debe existir una fuerte coordinación entre ellas. Esta coordinación debe ser tanto de carácter político como, especialmente, técnico.

- Se debe fomentar la participación social mediante la implicación de organizaciones, entidades y asociaciones no gubernamentales y científicas, así como de propietarios, profesionales y empresas privadas relacionadas con los humedales. La coordinación con todos estos agentes sociales se realiza a través del Consejo Asesor de Medio Ambiente, aunque se deberían establecer otros mecanismos de coordinación más directos y ágiles en este ámbito concreto e intentar su instauración también en el nivel autonómico.
- Se debe fomentar la coordinación integral entre todos los agentes públicos y privados citados en los puntos anteriores.
- El principio de subsidiariedad debe ser el sustrato de todas las actuaciones, responsabilizando a todos y cada uno de los actores, tanto públicos como privados.

Conservación

- La única manera de invertir la actual tendencia regresiva de los humedales es actuar abordando las causas en su origen, sin que esto signifique abandonar la recuperación de los ambientes ya degradados.
- Fomentar la aplicación del principio de *no pérdida neta*, referido tanto a la superficie como a los valores de los humedales, que debe ser adoptado de forma general por todas las Administraciones con competencias en humedales.
- Favorecer la aplicación de una óptica integradora, sobre todo en las actividades de planificación y gestión de las cuencas hidrográficas.
- Los humedales, estén legalmente protegidos o no, deben ser objeto de inventariación y reconocimiento, y debe evitarse su

degradación, de acuerdo con los preceptos del Convenio de Ramsar.

- Se deben tener siempre en cuenta los compromisos internacionales u obligaciones contraídas por el Estado español a través de los convenios, directivas y políticas europeas e internacionales relacionados con este ámbito.

Uso sostenible

- Se promoverá la participación de las poblaciones y los agentes socioeconómicos locales que desarrollen actividades en el medio rural, favoreciendo el mantenimiento de los aprovechamientos productivos y las técnicas tradicionales respetuosos con el medio. Las comunidades locales deben participar de los beneficios obtenidos por el uso de los recursos de los humedales que ellas ayudan a conservar. Se fomentará además la participación de la iniciativa privada.
- Fomento del *uso racional* (uso sostenible). El aprovechamiento de los recursos naturales debe ser compatible con el mantenimiento de los ecosistemas de los que forman parte, manteniéndose siempre por debajo de la tasa de renovación de dichos recursos.
- El principio de precaución debe prevalecer en el proceso de toma de decisiones sobre actividades susceptibles de causar algún impacto sobre un humedal.

Educación e investigación

- Es imprescindible sensibilizar a la sociedad sobre la necesidad de la conservación de los humedales, informando y divulgando los valores y riqueza de los mismos.
- Impulsar decididamente la investigación multidisciplinar sobre humedales, incluyendo aspectos como la inventariación, indicadores de estado de conservación y evaluación económica de sus valores (funciones, productos, atributos).

- Debe fomentarse la transmisión de conocimientos mediante la formación y la divulgación de los resultados de la investigación científica, dirigidos a todos los ámbitos de la sociedad.

Desarrollo normativo y aspectos económicos

- Revisión y actualización de la legislación y la normativa. Además es imprescindible generar los mecanismos adecuados para asegurar el cumplimiento de la normativa.
- Es necesario poner en valor los componentes de los humedales, destacando tanto los valores económicos como los que carecen de valor de mercado y que, sin embargo, ofrecen un servicio básico a la sociedad.
- Debe haber una distribución equitativa y transparente entre todos los agentes implicados tanto de los costes y responsabilidades como de los beneficios generados por el uso de los recursos de los humedales.

Por último, el Plan Estratégico señala también los instrumentos que la sociedad puede utilizar para materializar la conservación de las zonas húmedas, que son:

- Instrumentos sociales
- Instrumentos científicos
- Instrumentos institucionales y legislativos
- Instrumentos económicos

Parte II

Plan Estratégico

El Plan Estratégico tiene como finalidad principal fijar las líneas directrices en las que se enmarcarán los sistemas de gestión de los ecosistemas de humedal. Se estructura mediante 10 objetivos generales que forman un marco integrado desarrollado mediante objetivos operativos.

Objetivos generales

1. Incrementar el conocimiento a todos los niveles acerca de los humedales.
2. Concienciar a toda la sociedad sobre los valores y funciones de los humedales.
3. Conceder protección legal a todos los humedales y reforzar los marcos legales relevantes.
4. Reforzar la capacidad de las instituciones, organizaciones y entidades con el fin de conseguir la conservación y el uso racional de los humedales.
5. Garantizar que todos los humedales sean gestionados de forma efectiva e integrada, en particular aquellos que resulten legalmente protegidos.
6. Reforzar la cooperación entre instituciones, organismos y entidades, tanto gubernamentales como no gubernamentales, incluyendo las entidades locales y el sector privado.
7. Movilizar asistencia financiera dedicada a la conservación y el uso racional de los humedales, siempre que las actuaciones concuerden con los objetivos del Plan Estratégico.
8. Garantizar el cumplimiento efectivo de los compromisos internacionales del Estado español en relación con los Convenios, Acuerdos, Directivas y Políticas europeas e internacionales relacionados con los humedales, y fomentar la colaboración internacional.
9. Difundir y conseguir la adhesión a este Plan Estratégico del máximo número de instituciones, organismos y entidades, tanto públicos como privados, así como su compromiso para su efectiva aplicación.
10. Garantizar el desarrollo, la aplicación, el seguimiento y la evaluación del Plan Estratégico.

Parte III

Planes de acción plurianual

Se establece la elaboración de Planes de Acción Plurianuales como instrumento para el desarrollo y aplicación del propio Plan Estratégico. Estos contendrán al menos:

- Las acciones concretas a llevar a cabo, enmarcadas dentro de los objetivos del Plan Estratégico.
- El calendario de ejecución, especificando las prioridades y los plazos para llevar a cabo las acciones.
- Los agentes responsables o implicados en cada acción.
- Los presupuestos necesarios estimados para cada acción y las líneas de financiación propuestas.
- Los mecanismos de seguimiento y evaluación de la aplicación del Plan Estratégico y de los propios Planes de Acción Plurianual.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNUÉS, M. (1997). «El Convenio de Ramsar. Aplicación y desarrollo en España». En: Actas de la Conferencia Internacional La conservación de las zonas húmedas en una perspectiva norte-sur: la ruta migratoria atlántico oriental: 295-308. Sevilla, 26-29 noviembre 1995. FAT, Madrid.
- CASADO, S. & MONTES, C. (1995). «Guía de los lagos y humedales de España». J.M. Reyero Editor, Madrid.
- DAVIS, T.J.; BLASCO, D. & CARBONELL, M. (1996). «Manual de la Convención de Ramsar. Una guía a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional». Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1992). «Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales». J. M. Reyero Editor, Madrid.
- MEDWET & RAMSAR (1998). «A Strategy for Mediterranean Wetlands». MedWet Secretariat Unit (EKBY) & Ramsar Bureau. Thessaloniki, Greece.
- MIMAM (1999). «Estrategia española para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica». Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- MIMAM (2000a) «Plan estratégico español para la conservación de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen». OOAA Parques Nacionales, Madrid.
- MIMAM (2000b). «Libro Blanco del Agua en España». Dirección General de Obras Hidráulicas, Madrid.
- MOPTMA (1995). «Actualización del Inventario de Zonas Húmedas». Dirección General de Obras Hidráulicas, Madrid (no publicado).

SECRETARÍA DEL CONVENIO DE RAMSAR (1996). «Plan Estratégico Ramsar 1997-2002». En: Actas de la 6ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes, Vol.5/12 Brisbane, Australia, 19-27 de marzo de 1996. Gland, Suiza.

SECRETARÍA DEL CONVENIO DE RAMSAR (1999). Actas de la 7ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes. San José de Costa Rica, 10-18 de mayo de 1999. Gland, Suiza.

AGUAS SUBTERRÁNEAS Y HUMEDALES

por Emilio Custodio

Palabras clave: humedales, agua subterránea, explotación, calidad, efectos diferidos, Doñana

RESUMEN

De una época en que los humedales eran terrenos malditos a rellenar y a ocupar se ha pasado a una época en que empieza a reconocerse su papel clave en la ecología y producción de materia orgánica. Aunque en el pasado se ha destruido mucha superficie de humedales aún queda una buena cantidad para proteger y restaurarlos en lo posible. Las circunstancias de los humedales son muy variadas y diversas, y existen en casi cualquier lugar del mundo. Muchas de ellas dependen parcial o totalmente de aportes de agua subterránea, lo cual es algo que no ha sido reconocido y estudiado hasta épocas recientes. La explotación de los acuíferos interfiere con estos humedales y esto requiere un compromiso para combinar los notables beneficios sociales de la explotación del agua subterránea con la conservación de la Naturaleza. Esto no sólo es una cuestión científica y técnica que necesita mejorar el conocimiento, sino que también y en especial es un asunto económico, social y político que requiere experiencia, aceptación pública y decisiones de gestión, en un marco legal y normativo adecuado. Estos aspectos se ilustran con alusiones a algunos humedales españoles, entre los que se hace especial referencia a Doñana.

LOS HUMEDALES

Los humedales son rasgos de la superficie de la Tierra que responden a algunas de las siguientes condiciones: a) Áreas con agua es-

tancada o que fluye muy lentamente que no son lagos, o sea, con una lámina de agua somera. Para algunos autores es lo que permite que las aves acuáticas se puedan alimentar en ellas; b) Áreas con una superficie freática poco profunda de modo que la franja capilar sea asequible a las raíces de plantas permanentes (freatofitas), las que pueden incluir árboles de porte medio y grande; c) Áreas en que la evapotranspiración es mayor que la precipitación, y que por lo tanto reciben aportes hídricos de otras áreas, superficial o subterráneamente.

No hay acuerdo claro para diferenciar un humedal de otras formas de acumulación o disponibilidad más o menos permanente de agua, tales como áreas lacustres y franjas fluviales ribereñas. En muchos casos los científicos y gestores tienden a llamar humedal a situaciones que responden a un amplio aspecto de circunstancias. En las áreas costeras se les llama marismas, sobre todo si el agua tiene cierta salinidad. Otras designaciones comunes son desde áreas palustres y pantanales, y en catalán aiguamolls.

Los humedales pueden pasar gradualmente a lagos y ríos. Pueden ser más o menos permanentes o bien ser estacionales, o incluso ser algo que sólo se desarrolla completamente durante y después de años húmedos. El grado de fluctuación es algo importante para las características de los humedales, y puede variar dentro del mismo humedal. Con frecuencia el agua es dulce, pero en áreas costeras y en determinadas situaciones continentales áridas o con influencia litológica de sales evaporíticas o de acuíferos salinos el agua puede ir pasando a salobre y salina, e incluso a salmuera con sales precipitadas asociadas.

Se encuentran humedales en casi todas las regiones de la Tierra, desde las húmedas a las áridas, desde las interiores a las costeras, desde las altas a las litorales e incluso depresiones. Su extensión puede ser muy variable, desde menos de una hectárea a muchos km², incluso miles de km². Son más frecuentes en áreas de escaso relieve con difícil drenaje y formaciones de moderada a baja permeabilidad, pero también se encuentran en áreas con relieve agreste, en interfluvios, y en áreas cerradas por depósitos morrénicos, deslizamientos o aportes volcánicos. Pueden ser un rasgo habitual

en áreas llanas húmedas y más raro pero muy importante en áreas áridas.

Pueden encontrarse humedales en una gran variedad de circunstancias: a lo largo de valles fluviales, en el centro de depresiones tectónicas, en áreas deltaicas, y allí donde los piedemontes pasan a llanuras de baja permeabilidad. Algunas tentativas de clasificación se pueden encontrar en González-Bernáldez (1988), Brinson (1993) y Cowardin et al. (1979). La Convención Ramsar clasifica los humedales en marinos, de estuario, lacustres, ribereños, palustres o artificiales.

En el pasado, y a veces aún hoy en día, los humedales se han considerado como terrenos baldíos e insalubres, como una causa de malaria y otras enfermedades hídricas, un obstáculo al desarrollo humano y algo a conquistar para la agricultura y ocupación humana. Han sido y aún son numerosos los intentos de relleno y desecación. En Europa y otras regiones desarrolladas del mundo una gran proporción de los humedales han sido destruidos e irreversiblemente transformados, quizás hasta el 80% según algunas valoraciones. En ciertos países aún persisten leyes y normas que favorecen esta actitud, en especial en países en vías de desarrollo y en zonas tropicales, donde la preocupación sanitaria es aún real por falta de controles y de adecuada gestión del territorio. Es frecuente que el ciudadano medio tenga aún cierta predisposición contra los humedales, en parte por recibir información sesgada y en parte por persistir leyendas y mitos, que en realidad sólo reflejan un pobre conocimiento del medio ambiente.

Afortunadamente esta situación está cambiando, en especial en países desarrollados, donde las preocupaciones medioambientales son ya habituales y en los que el valor intrínseco de los humedales ya va siendo reconocido (Barbier et al., 1997; Llamas et al., 1992). El estudio, evaluación, catalogación y normas de protección de humedales es ya común en muchos países de América del Norte (Adams et al., 1991) y también de la Unión Europea, donde ésto se refleja en las Directivas vigentes o en preparación, tal como en la Directiva Marco sobre Política del Agua.

En España los humedales están hoy protegidos por disposiciones en la Ley de Aguas, por lo menos potencialmente. La aplicación

de las disposiciones legales compete y es obligación de las Confederaciones Hidrográficas y organismos equivalentes, que son los responsables de la gestión del agua, y los que deben inventariar, observar y proteger dichos humedales, con los objetivos que deben figurar —y figuran— en los Planes Hidrológicos de Cuenca, aunque su contenido y desarrollo es a veces incompleto e impreciso.

Los humedales son áreas de especial importancia por los beneficios que producen, tanto desde el punto de vista naturalista, como económico y estético, lo que se basa en: i) muy alta producción de materia orgánica; ii) gran diversidad de especies animales y vegetales; iii) efectos beneficiosos sobre el ciclo del agua, ya que favorecen la disminución de la irregularidad de las aportaciones (por ejemplo suavizando las crecidas), la retención de nutrientes, la mejora y regularización de la calidad del agua y la conformación y mitigación de la fluctuación del clima local; iv) elevado interés económico para los habitantes locales y para la población aguas abajo y costera, y también como creciente fuente de ingresos por turismo.

Muchos humedales dependen de la lluvia local y de la contribución del agua que escurre de un área a veces mucho mayor. Tales son las contribuciones fluviales y las inundaciones de crecidas sobre el llano aluvial y otras áreas llanas, o las contribuciones de afluentes que quedan retenidos y separados tras los diques naturales del río principal.

Los humedales costeros pueden recibir aguas continentales, pero también pueden estar asociados a la marea marina. Han sido y son objeto de numerosos estudios por su ubicación favorable y porque muchos de ellos están en áreas templadas y frías de países desarrollados.

Además de estos humedales mantenidos por aguas superficiales, hay otros que dependen del agua subterránea y que son igualmente importantes, aunque con características que los hacen diferentes. En muchos casos son mixtos o con áreas en que domina uno u otro origen del agua.

Los humedales que dependen del agua subterránea manifiestan una gran diversidad de formas, circunstancias, salinidades (desde agua dulce a salmueras saturadas) y habitats. Pero ésto no ha sido

reconocido hasta épocas recientes. Su papel suele haber pasado desapercibido cuando éstos son una parte de humedales mayores, en los que las partes del humedal que dependen del agua subterránea suelen presentar los aspectos más permanentes.

Son escasas las publicaciones dedicadas a humedales que dependen del agua subterránea, así como las que se centran en sus características y funcionamiento. Una de las publicaciones básicas fue editada por Winter y Llamas (1993).

La mayoría de ejemplos y resultados que se presentan más adelante proceden de lo que se conoce en España, que es el país de Europa Occidental con más humedales que dependen del agua subterránea, en un contexto climático, geomorfológico y geológico muy diverso. Un primer intento de síntesis es el de Llamas (1987). Las líneas maestras para su restauración han sido compiladas por Montes et al. (1995). Sin embargo el conocimiento hidrogeológico es aún parcial.

Los dos humedales más emblemáticos españoles, que combinan aguas superficiales y subterráneas, son el Parque Nacional y Natural de Doñana en el SW, y el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel y otros humedales próximos en España Central. Ambos han sido objeto de estudios y discusiones a causa del impacto de las explotaciones de agua subterránea para riego agrícola, poco controladas pero más o menos exitosas en sus resultados económicos, pero con notables problemas y costes ecológicos asociados. En ellos se han realizado intentos de restauración, aunque en ciertos aspectos los resultados son científicamente dudosos. Se pueden encontrar datos de referencia sobre Doñana en Llamas (1990), Suso y Llamas (1991; 1993), IGME (1989), Custodio et al. (1999); Custodio (1995a) y Custodio y Palancar (1995) y sobre las Tablas de Daimiel en Llamas (1988; 1989; 1992).

HUMEDALES QUE DEPENDEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Los humedales que dependen del agua subterránea son aquellos en que el origen del agua es parcial, dominante o únicamente agua sub-

terránea. Las diferentes contribuciones hídricas incrementan la diversidad areal y las formas de fluctuación, tales como profundidad del agua, extensión, salinidad y características químicas, lo cual es importante para la biodiversidad. El agua subterránea es la contribución menos variable y asegura la existencia de hábitats permanentes, que son esenciales para un amplio conjunto de plantas y animales no migratorios. Estos hábitats pueden ser menos espectaculares para ciertos visitantes, cazadores y turistas de Naturaleza al no incluir grandes poblaciones de aves acuáticas. Quizá por eso son menos conocidos y protegidos, a pesar de su papel ecológico y económico de primer orden. Sin embargo ya se va reconociendo el amplio conjunto de aspectos interesantes involucrados. Además, para el amante de la Naturaleza, y desde luego bajo el punto de vista de producción biológica, son de gran valor.

Los humedales que dependen del agua subterránea incluyen humedales típicos, en los que se encuentra agua en superficie, y que pueden pasar gradualmente a lagunas, lagos y áreas fluviales. También incluyen rasgos importantes tales como praderas húmedas y áreas en las que no hay una superficie de agua continua. En tales humedales la vegetación sobrevive a partir del agua subterránea ya que el nivel freático y la franja capilar están a poca profundidad, de modo que pueden ser alcanzados por las raíces de las plantas de carácter freatófito. Esta vegetación a menudo incluye árboles de porte medio o grande. En Doñana a estas masas de vegetación se les llama de *monte negro* (Muñoz Reinoso, 2001), en contraste con las áreas en que dominan las xerofitas de menor tamaño, llamadas de *monte blanco*. Cuando el agua subterránea no aflora en superficie pero mantiene la vegetación se tiene un humedal profundo o criptohumedal.

Hay casos en que la intensa evaporación y transpiración incrementa la salinidad local del agua, en especial en climas áridos y semiáridos. Esto es más llamativo cuando no hay descarga de agua superficial y la aportación de agua subterránea es ya rica en sales disueltas a causa de las condiciones geológicas. Tales son la existencia de sales solubles en el terreno, la concentración del aporte salino atmosférico y la escasa recarga del acuífero en áreas áridas, especialmente cuando

están cerca de la costa, y la mezcla de agua marina actual o relicta que está en el terreno (Bayó et al., 1996). Los humedales salinos y de salmueras son en muchos casos muy interesantes y de gran valor, como sucede en el de Fuente de Piedra, en el SE de España, que es un área de descanso para los flamencos (ITGE, 1998), o en los llanos áridos de los Monegros, en el NE de España (García-Vera, 1994).

Los humedales que dependen del agua subterránea son áreas de descarga de agua subterránea que corresponden a sistemas de flujo locales, intermedios o regionales (Tóth, 1971; 1972; 1999; Custodio y Llamas, 1976, Sec. 24). Un primer intento de clasificación bajo el punto de vista ecológico es el de González-Bernáldez (1992). Una clasificación hidrológica y morfológica ha sido preparada por un grupo de especialistas bajo la dirección del Dr. C. Montes para el Ministerio de Medio Ambiente de España. Aunque aún está inédita, está siendo aplicada por la Administración General del Estado y la de algunas Comunidades Autónomas. Estos humedales aparecen en una gran variedad de circunstancias, tales como cerca de fondos valles, en interfluvios, en áreas bajas, en áreas costeras y a lo largo de la orilla de grandes lagos.

Las áreas de descarga normalmente son una pequeña parte de un acuífero y tienden a estar localizadas puntualmente o a lo largo de franjas continuas o discontinuas, e incluso en el fondo de depresiones pequeñas o grandes. La mayor parte de la descarga y áreas en que el agua subterránea está disponible para las plantas se sitúan a lo largo de franjas en que hay una zona vadosa, ya que las áreas centrales están a menudo ocupadas por sedimentos poco permeables, con humedad casi a saturación, y que pueden tener agua salobre o salina. Pero la filtración vertical ascendente de agua subterránea a través de estos sedimentos poco permeables puede jugar el papel de mantener los humedales, o de retrasar su secado estacional, o de crear flujos de descarga locales allí donde los sedimentos son discontinuos o más permeables, formando manantiales (*ojos* en castellano, *ullals* en catalán), y a menudo lodazales y arenas movedizas.

En lo que respecta a la cuenca hidrográfica y al sistema acuífero, la mayoría de humedales que dependen del agua subterránea co-

rresponden a algunas de las áreas más bajas, pero no necesariamente. Cuando la permeabilidad es relativamente pequeña y la recarga es relativamente importante, el nivel freático está en general cerca de la superficie del terreno excepto en las áreas de mayor elevación. Así, incluso en interfluvios y áreas de cabecera, las llanuras y depresiones locales pueden convertirse en humedales. En este caso las fluctuaciones pueden ser mayores que en áreas deprimidas regionales. En esas áreas deprimidas regionales la contribución de agua subterránea puede ser casi constante, independiente de la fluctuación estacional e interanual de la precipitación, y por tanto de la recarga, a causa del gran tiempo de renovación del agua en el sistema, que puede ser desde muchos años a milénios.

Las fluctuaciones estacionales en humedales que dependen del agua subterránea a veces parece importante. Incluso hay manantiales que llegan a secarse y ríos en que el caudal de base puede desaparecer temporalmente. Esta situación puede que no refleje una fluctuación paralela de la contribución de agua subterránea sino el efecto de cambios estacionales de la evapotranspiración de plantas que usan el agua subterránea. La cantidad total de agua descargada puede ser constante pero su reparto entre descarga y transpiración puede ser variable. Este es el caso de la cuenca del Arroyo de La Rocina, en Doñana (Trick, 1998).

CONDICIONES EN HUMEDALES QUE DEPENDEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Las condiciones hidrogeológicas en humedales que dependen del agua subterránea pueden variar mucho de un lugar a otro según sea el área de recarga, el caudal de descarga, la distribución regional y local de la permeabilidad y los rasgos topográficos y locales alrededor de las áreas de descarga. Todos ellos tienen en común una distribución del potencial hidráulico del agua subterránea y de las características fisicoquímicas e isotópicas ambientales que suelen ser complejas, además de ser esencialmente tridimensionales alrededor y cerca del humedal, y cambiantes. Para explicar el compor-

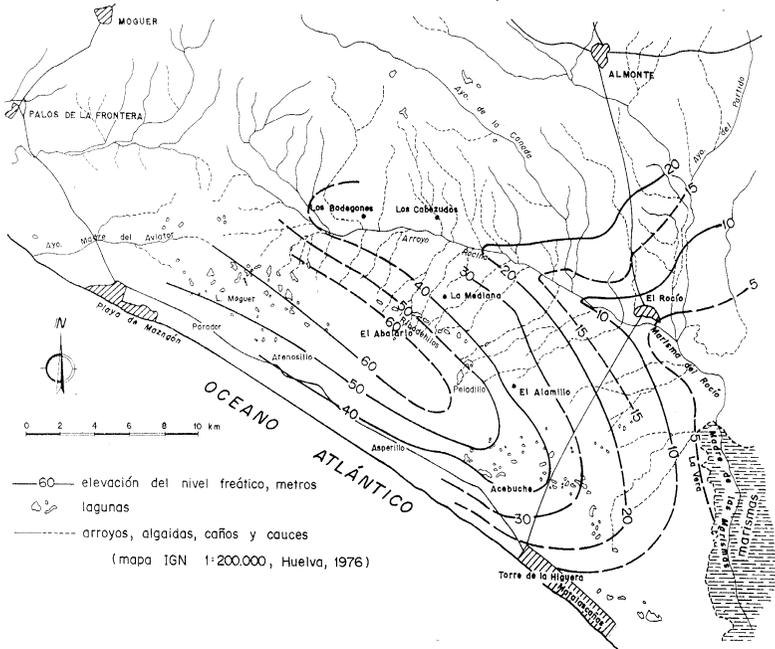


FIGURA 1. Representación de la superficie freática media en el área de El Abalarío, comarca de Doñana, entre Mazagón-Moguer y las Marismas del Guadalquivir, y entre el arroyo de la Rocina y el Mar, con indicación de las lagunas temporales (modificado de Custodio y Palancar, 1995).

tamiento y funcionamiento del agua subterránea se necesita su buena comprensión del modelo conceptual de flujo y del papel de las heterogeneidades locales. Las figuras 1 y 2 muestran un ejemplo.

Estas circunstancias no suelen ser tenidas en cuenta en las simplificaciones que comunmente se realizan y que a veces es difícil evitar, y que se reducen a esquemas bidimensionales horizontales. Ello puede ser suficiente para reproducir el comportamiento regional pero no las características del humedal. No es raro que la información proceda de datos sobre la superficie freática y de pozos someros, mezclados con datos piezométricos de sondeos profun-

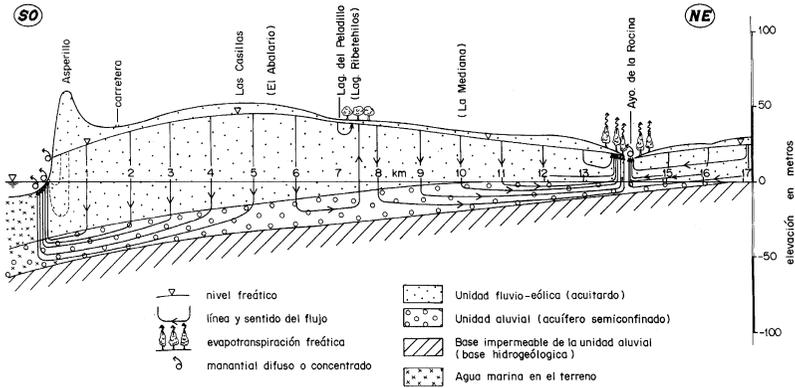


FIGURA 2. Esquema del flujo del agua subterránea en la sección vertical indicada en la figura 1, entre el arroyo de La Rocina y el mar. La existencia de un grueso nivel de arenas medias-finas sobre el nivel fluviodeltaico profundo, más permeable aunque menos continuo, da origen a un flujo tridimensional con notables componentes verticales. Las superficies equipotenciales son casi horizontales en las arenas (líneas de flujo casi verticales) mientras que son casi verticales en la unidad fluviodeltaica (líneas de flujo casi horizontales). Además de la descarga de agua subterránea en la costa y al arroyo, el agua subterránea mantiene el bosque en galería ribereño y un área intermedia con bosque y lagunas fluctuantes (Custodio, Palancar, 1995; Trick et al., 1995; Trick, 1998; Iglesias, 1999).

dos. A veces solo se conoce el nivel piezométrico de formaciones acuíferas profundas y más productivas, en general de pozos de explotación. En este caso la posición del nivel freático puede diferir de la superficie piezométrica profunda, y así las relaciones entre el agua subterránea y el humedal pueden quedar muy distorsionadas. En las figuras 3 y 4 se dan algunos detalles.

Estos tipos de problemas son aún más importantes cuando se trata de interpretar datos químicos e isotópicos ambientales. Cabe esperar rápidos cambios de la composición, en especial en profundidad. La distribución de isótopos ambientales radioactivos puede mostrar cambios bruscos de un lugar a otro. Si no se considera la distribución tridimensional la información puede ser desorientadora e incluso puede aparecer caótica y variable estacionalmente.

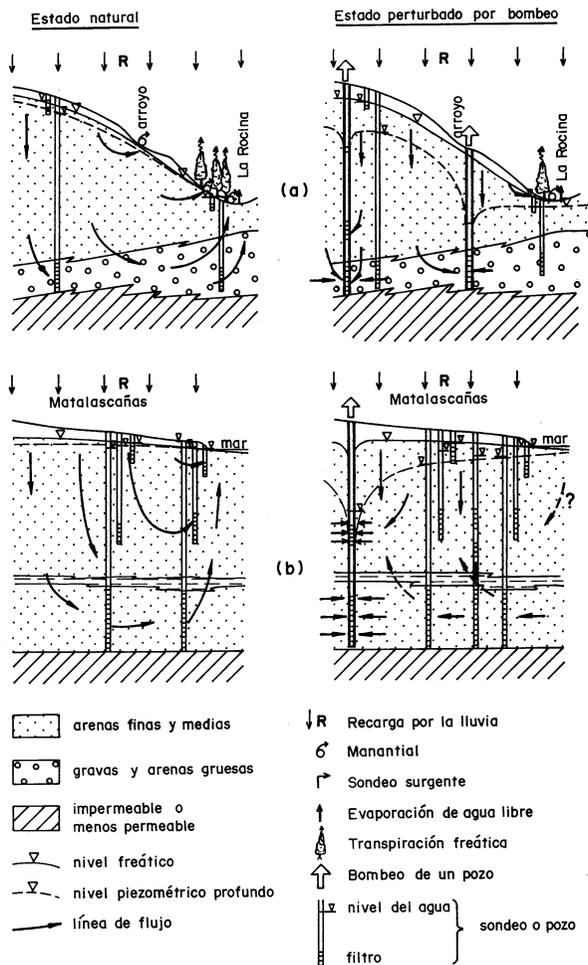


FIGURA 3. Secciones idealizadas inspiradas en la situación al final del arroyo de La Rocina, cerca de El Rocío (parte superior), y en la urbanización costera de Matalascañas (parte inferior), ambos en la comarca de Doñana. Muestran la diferencia entre el nivel freático y el nivel piezométrico correspondiente al acuífero fluvio deltaico profundo, más permeable que las arenas que lo recubren, en condiciones naturales y como consecuencia de las extracciones del acuífero profundo semiconfinado.

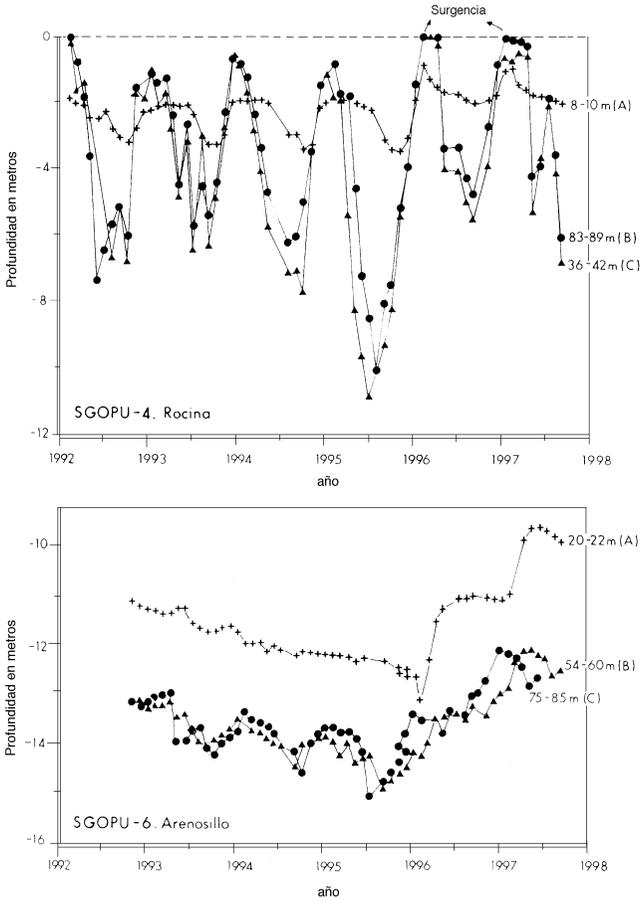


FIGURA 4. Hidrogramas de niveles del agua subterránea a diferentes profundidades en el área de El Abalarío, Comarca de Doñana, el superior próximo al tramo final del arroyo de La Rocina, cerca de El Rocío, y el inferior a cerca de la costa, en lado interior del cordón dunar litoral (ver fig. 1). El piezómetro A representa la posición aproximada del nivel freático y los B y C los niveles piezométricos de los niveles más profundos. En el hidrograma superior se ve claramente el efecto de las extracciones estacionales en el nivel profundo, que llegan a invertir el flujo ascensional. El hidrograma inferior representa una situación de flujo descendente, incrementado por las extracciones profundas en Mazagón.

La salinidad del agua del humedal depende de la del agua subterránea que se descarga, de la contribución de agua superficial, de la evaporación y transpiración local, y del aporte salino litológico o de la deposición seca. Dicho aporte salino es un importante término del balance de sales, y se puede separar en varios términos: a) Salida de agua superficial, perenne o estacional, que en general se puede observar directamente, aunque su medición puede que sea difícil; b) Descarga de agua subterránea, perenne o estacional, en función del nivel del agua en el humedal y de las condiciones piezométricas del agua subterránea (Sacks et al. 1992; Novitzki, 1982), que no se ve y que debe medirse mediante una red de observación especialmente diseñada, y realizando algunos estudios de descarga en el humedal (Lee, 1977; Lewis, 1977; Carrera, 1997; Hunt et al., 1996); c) Precipitación de algunos solutos cuando se supera el producto de solubilidad a causa de concentración por evaporación, coprecipitación con otros sólidos o cambios del pH y/o de las condiciones redox, considerando que algunos precipitados se pueden redissolver total o parcialmente en épocas lluviosas posteriores, directamente o tras su oxidación, o quedar atrapados en los sedimentos que se acumulan, y que en algunos casos además existe transferencia de masa a la atmósfera, tal como sucede con el nitrógeno que procede de la reducción de nitratos, o con el dióxido de carbono que escapa del agua subterránea; d) Deflación eólica, que en general sólo es importante en algunos humedales de tipo salar, y *playa* teniendo en cuenta que parte de las sales arrastradas por el viento pueden ser recicladas al humedal tras su incorporación por la lluvia a la recarga al acuífero.

La figura 5 es un esquema que muestra diversas condiciones simplificadas de humedales y lagunas que dependen del agua subterránea, en las que salidas de agua superficial y agua subterránea tienen un papel importante en el balance de solutos. La figura 6 hace referencia a un cordón de humedales y lagunas en los que las entradas y salidas de agua cambian de un periodo húmedo a otro seco.

Aún cuando el terreno en general no aporte directamente sales solubles, la salinidad del agua subterránea es en general mayor que la de la escorrentía local. Es debido a la concentración por evapo-

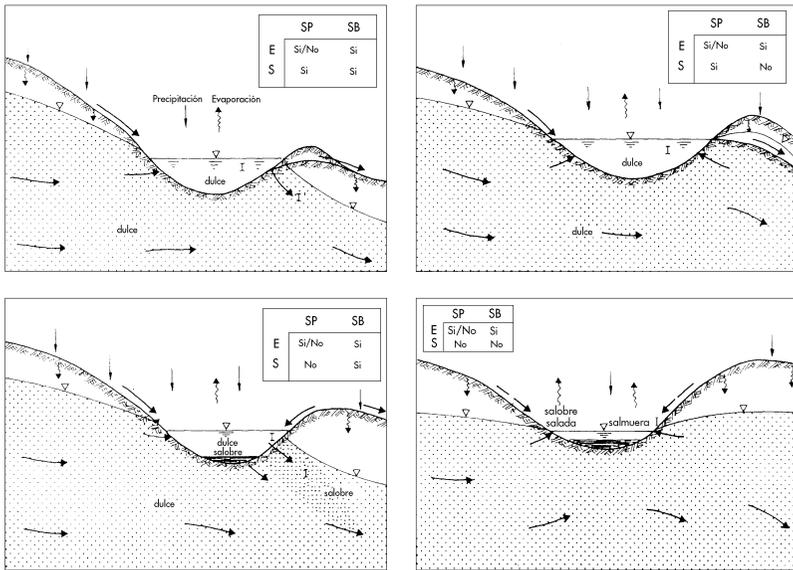


FIGURA 5. Esquemas de los aportes de agua y salidas a un humedal/laguna, y efecto sobre el balance salino, suponiendo que esos aportes son de agua dulce. SP= agua superficial; SB= agua subterránea; E= entrada; S= salida. El humedal o la laguna tienen sedimentos de fondo de baja permeabilidad que restringen el intercambio de agua entre la superficie y el terreno a los bordes, aunque las heterogeneidades sedimentarias y fosilización de grietas de retracción pueden dejar una apreciable permeabilidad vertical en el conjunto. «I» indica que el agua es isotópicamente más pesada. La parte no punteada bajo la superficie del terreno corresponde a la zona no saturada.

ración, a la incorporación de minerales hidrolizables por el CO_2 disuelto que se incorpora después del paso por el suelo, y hasta cierto punto a la capacidad oxidante del oxígeno disuelto sobre la materia orgánica, sulfuros y compuestos nitrogenados. Los carbonatos son fácilmente hidrolizables, y también lo son algunos silicatos si la acción dura un tiempo suficiente. La sílice (por ejemplo en arenas silíceas de playa o de duna) no contribuye aniones y su solubilidad es baja a temperaturas ambientales.

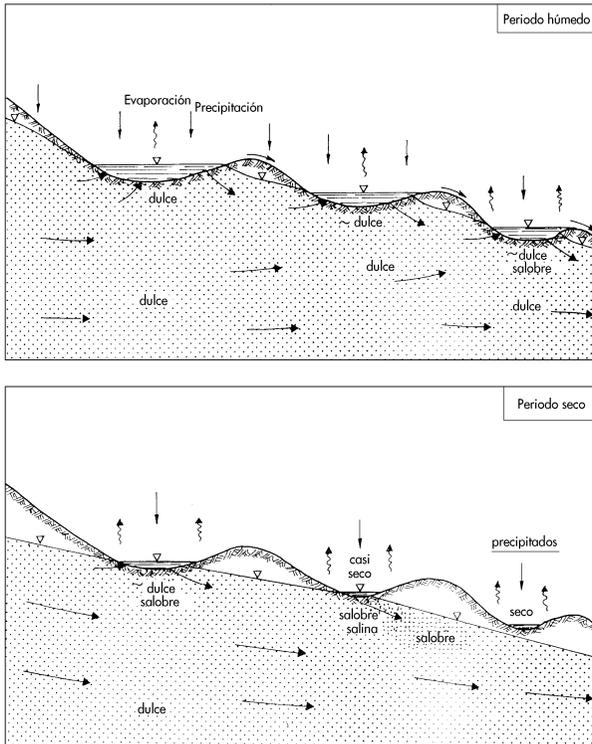


FIGURA 6. Esquema de un conjunto seleccionado de humedales y lagunas a lo largo de una línea de corriente del medio acuífero, en un periodo húmedo y en un periodo seco.

En algunas áreas la disolución de carbonatos (y también de yeso) puede producir hundimientos del terreno, que a veces son depresiones que alcanzan al nivel freático. Así se originan ciertos humedales y lagos. En aquellos en que descarga agua subterránea rica en iones bicarbonato y en calcio, el escape de CO_2 a la atmósfera y los cambios de pH pueden favorecer la precipitación de carbonato cálcico. En condiciones favorables en cuanto al tiempo de renovación y condiciones bioquímicas del agua en la laguna, la precipitación de carbonato cálcico se puede producir preferentemente en el área de descarga superficial del agua, donde se forman travertinos que

pueden obstruir parcialmente la salida y elevar el nivel del agua en el humedal, laguna o lago. Este es el caso de las Lagunas de Ruidera, entre Albacete y Ciudad Real. Esta situación es diferente del efecto de retención que se produce por movimientos tectónicos o por la obstrucción de flujos volcánicos o deslizamientos de ladera, como sucede en Canarias, en especial en el árido sur de Gran Canaria, en forma de oasis en el fondo de los profundos barrancos.

La salinidad del agua subterránea en ambientes semiáridos puede cambiar si se modifica la cubierta vegetal. Esto tiene un efecto diferido, pero a menudo importante sobre los humedales y el caudal de base de los ríos. Un clásico ejemplo es el de la cuenca del río Murray, en Australia del Sur (Barnet, 1984; Simpson y Herczeg, 1991) después de talar el bosque de eucaliptos, que es capaz de usar con gran eficiencia el aporte de la lluvia. Puede que haya sucedido esto mismo en los Monegros (NE de España) hace algunos siglos, cuando se taló la cubierta arbustiva que probablemente era similarmente eficaz para la captación de la precipitación atmosférica al terreno.

Tal como se ha mencionado antes, los humedales que dependen del agua subterránea se pueden encontrar en: a) Áreas cercanas a ríos y arroyos, en llanuras y llanos fluviales, en áreas asociadas a obstrucciones por deslizamientos o sedimentos volcánicos, y como descargas laterales de aguas subterráneas de terrazas fluviales antiguas a mayor elevación; b) Depresiones y llanos al pie de cambios de pendiente de laderas, en bordes de duna o en posiciones interdunares, como los «corrales» de Doñana; c) Depresiones formadas por disolución del terreno, tales como salinas, poljes y estructuras de colapso, en rocas carbonatadas y también en formaciones yesíferas y de halita. En estos rasgos kársticos la evolución normal es hacia una superficie freática cada vez más profunda. Esto implica que las depresiones en general no alcancen el nivel freático, excepto si el área está afectada por una subida del nivel de base de descarga regional a causa de la tectónica, elevación del nivel del mar en el Holoceno, obstrucción del curso fluvial u otros efectos; las formaciones que se disuelven pueden ser tanto someras como profundas; en este último caso pueden constituir un acuífero confinado; d)

Áreas en las que la descarga de manantiales, barrancos o ríos quedan separadas por barrancos formados por agua subterránea rica en iones bicarbonato y en calcio, tras obstruir y represar el canal de descarga por precipitados del carbonato cálcico en forma de travertino; e) Áreas en las que se produce la descarga forzada de un acuífero cautivo a través de los niveles confinantes por fallas tectónicas o discontinuidades sedimentarias, en cuyo caso el humedal puede aparecer incluso en áreas altas que están rodeadas por elevaciones donde se produce la recarga (fig. 7); f) Lugares donde el flujo del acuífero es forzado a salir a causa de una disminución de la transmisividad lateral por razones sedimentarias o por sedimentación costera, como sucede en el caso de los acuíferos que están limitados lateralmente o que se confinan por sedimentos marinos deltaicos recientes de baja permeabilidad.

No es raro que en algunas áreas el agua que se descarga sea salobre a causa del flujo subterráneo a lo largo de la zona de mezcla del agua dulce y del agua salada (fig. 8).

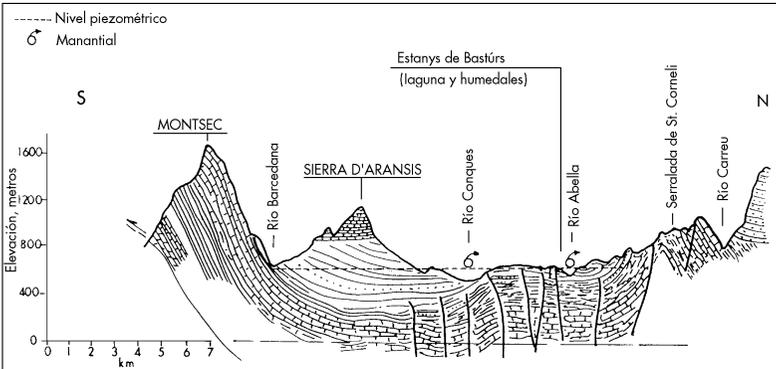


FIGURA 7. Estany (laguna) de Basturs y humedales vecinos, en la cuenca de Tremp, Cataluña (según Pascual, 1992). La sección muestra que es debido a salidas de un acuífero profundo que se recarga en las elevaciones próximas, y que además descarga en otros ríos y en un embalse. La descarga de agua subterránea se hace por discontinuidades tectónicas, que conectan las calizas y areniscas profundas con la superficie, a través de formaciones de margas.

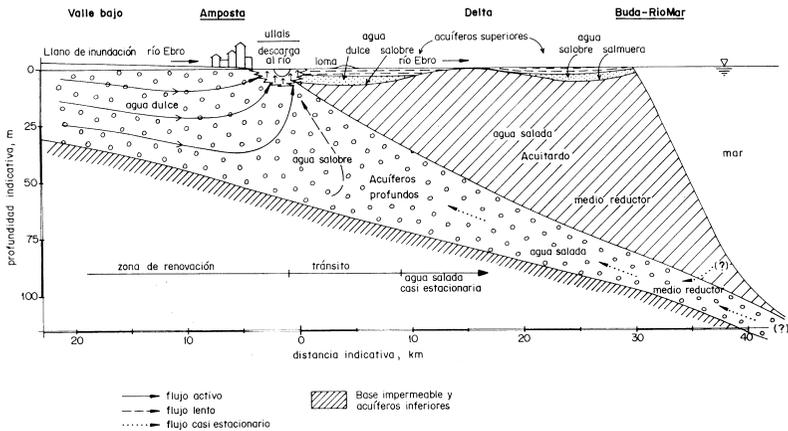


FIGURA 8. Representación esquemática de las condiciones del flujo del agua subterránea en el valle inferior y delta del Ebro, Cataluña (según Bayó et al., 1996). El agua subterránea que se recarga en las terrazas fluviales y elevaciones carbonatadas próximas es forzado a descargar en el vértice del delta a causa de la pequeña permeabilidad de los sedimentos Holocenos que confinan el Pleistoceno. La mayor densidad del agua marina origina un potencial de agua dulce en el afloramiento submarino del acuífero Pleistoceno que es mayor que la altitud en el vértice del delta. Como consecuencia se produce un flujo lento de agua salada que se mueve hacia los lugares de descarga en los humedales, que contienen surgencias (*ullals*). El resultado es la descarga de agua salobre por mezcla de agua dulce y salada. Además el flujo de agua salada está en parte favorecida por la compactación progresiva de los sedimentos deltaicos.

Cuando el humedal está situado al final de un sistema acuífero sus características tienden a ser permanentes, tanto más cuanto mayor sea el sistema. Pero hay humedales que reciben sólo una parte del flujo subterráneo, a modo de aliviadero, mientras el resto continúa su flujo por el acuífero. Estos son los humedales que dependen del agua subterránea que resultan más fluctuantes y cuyo funcionamiento puede modificarse de forma muy acusada tras cambios hidrológicos naturales o artificiales, tales como cambios climáticos, modificación de la cubierta vegetal o explotación del agua subterránea.

EFFECTOS DE LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Los acuíferos que alimentan los humedales también pueden proporcionar recursos hídricos de interés, y en realidad muchos de ellos están explotados intensivamente. El desarrollo de aguas subterráneas reúne un conjunto de claras ventajas tales como su fiabilidad, las notables reservas de aguas asociadas, la generalmente buena calidad química y biológica, la posibilidad de su uso directo para bebida, la gran extensión que permite su acceso directo desde muchos lugares (ahorrando así extensas redes de transporte), la relativa seguridad ante riesgos naturales, fallos humanos y acciones criminales, y cierta resiliencia contra una polución accidental. Los recursos de agua subterránea y las características del sistema acuífero son relativamente fáciles de evaluar. Además el grado de conocimiento mejora a medida que la explotación avanza si se dispone de una adecuada red de observación bien operada, y se van adicionando estudios complementarios. El comportamiento futuro se puede predecir con cierta credibilidad cuando se usan escenarios razonables.

Pero la explotación de acuíferos tiene también consecuencias negativas, la mayoría de las cuales se pueden prever cuando el desarrollo se hace racionalmente. En consecuencia resultan corregibles e internalizables desde el punto de vista económico. A esas consecuencias negativas se las suele llamar problemas o sobreexplotación, pero en realidad se trata de efectos que no se han considerado previamente; suelen responder a una explotación sin suficiente conocimiento del comportamiento del acuífero (Custodio, 1992; 2000), y las condiciones para su utilización sustentable.

Los efectos negativos sobre el agua subterránea se refieren al descenso de los niveles del agua que van asociados a la extracción del agua mediante pozos. Este descenso es hidráulicamente necesario para crear las condiciones piezométricas que permiten que la descarga natural del acuífero en unos lugares se cambie en producción mediante pozos situados en otros lugares. El uso de reservas de agua a medida que el nivel del agua desciende hace que el efecto resulte diferido, desde meses a cientos de años, según sean

el tamaño y características del acuífero. Pero el resultado es la progresiva reducción del caudal de manantiales y del caudal de base de los ríos, y en general una disminución del caudal en los puntos y áreas de descarga natural, además de un incremento de los costes de extracción.

En relación con los cambios en la forma de flujo del agua subterránea pueden ocurrir algunas modificaciones lentas de la calidad del agua subterránea, en general a causa de cambios en la forma en que se producen las mezclas de agua. Esto sucede cuando se explotan al mismo tiempo diferentes acuíferos y subacuíferos (caso de pozos con rejillas largas o con múltiples rejillas), cuando diferentes masas de agua subterránea se desplazan (sobre todo cuando algunas son de mala calidad), como es el caso de la intrusión de agua marina actual o relicta en áreas costeras, y cuando se incrementa o induce la infiltración de aguas superficiales.

Otro tipo de consecuencias negativas hace referencia a la subsidencia del terreno a causa de la compactación de los sedimentos al disminuir la presión del agua en los poros, así como la mayor frecuencia de colapsos en áreas kársticas (carbonatos y yesos), en general a profundidades someras, pero no exclusivamente.

A esas consecuencias negativas de carácter técnico hay que añadir las económicas, sociales y políticas que se derivan de las mismas. El impacto en los humedales se considerará más adelante. Sin embargo hay que comparar estas consecuencias negativas con las positivas de la explotación del agua subterránea. En realidad, parte de los beneficios obtenidos (económicos y sociales) se deberían aplicar a compensar física, económica y socialmente los perjuicios. Si el desarrollo del acuífero se lleva a cabo racionalmente normalmente se obtiene un beneficio neto económico y social, incluso si se afectan en cierto grado a los valores ambientales, y esta afección se valora como una externalidad. Así hay un compromiso entre la satisfacción de las necesidades humanas y la conservación de la Naturaleza. Esto requiere no solo evaluaciones técnicas y económicas, sino también aceptación social y decisiones políticas. Esto es algo que no está específicamente ligado al desarrollo del agua subterránea, como algunos aducen para tratar de desacreditarlas en

beneficio de otros proyectos de desarrollo de recursos hídricos, generalmente de mayor aprovechamiento de aguas superficiales, que con frecuencia son más costosos, suponen una pesada carga económica sobre la población y pueden ser menos respetuosos con el medio ambiente.

De lo que se ha expuesto anteriormente se deduce que el impacto primario de la explotación del agua subterránea sobre los humedales es la disminución de la descarga de agua subterránea, y el descenso del nivel freático. Esto reduce la entrada de agua al humedal. En algunas áreas el nivel freático y la franja capilar pueden quedar por debajo de la profundidad de las raíces de las plantas que son incapaces de seguir la profundización de su fuente hídrica. El resultado es la reducción del humedal y de la superficie de freatofitas. En casos extremos pueden desaparecer completamente (fig. 9). Todos estos procesos son lentos y diferidos. La escala de tiempo se mide en unidades de L^2/D , siendo L la dimensión lineal del acuífero afectado y D la difusividad hidráulica, la cual es el cociente entre la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento. Cuando la explotación es menor que la recarga la evolución se estabiliza después de 0,5 a 2,5 veces el valor indicado (Custodio, 1992).

Los valores reales de L y D dependen de la estructura y heterogeneidad del sistema acuífero, y pueden modificarse a lo largo del tiempo a medida que se afecta una mayor parte del sistema acuífero y que el comportamiento confinado de algunas capas evoluciona hacia el de un acuífero freático a medida que el flujo a través de los acuitardos extiende la influencia de la explotación.

El impacto real de la explotación del agua subterránea a menudo resulta enmascarado por las fluctuaciones naturales y los cambios en la forma y distribución de la extracción, además de la evolución lenta y a largo plazo. Los cambios pueden pasar desapercibidos a corto plazo, incluso para explotaciones intensivas. Esto hace que sea importante prever la evolución futura a partir de observaciones al poco del inicio de la explotación, pero es posible hacerlo mediante cálculo, si se toman ciertas precauciones para considerar la incertidumbre inherente a las simplificaciones que hay

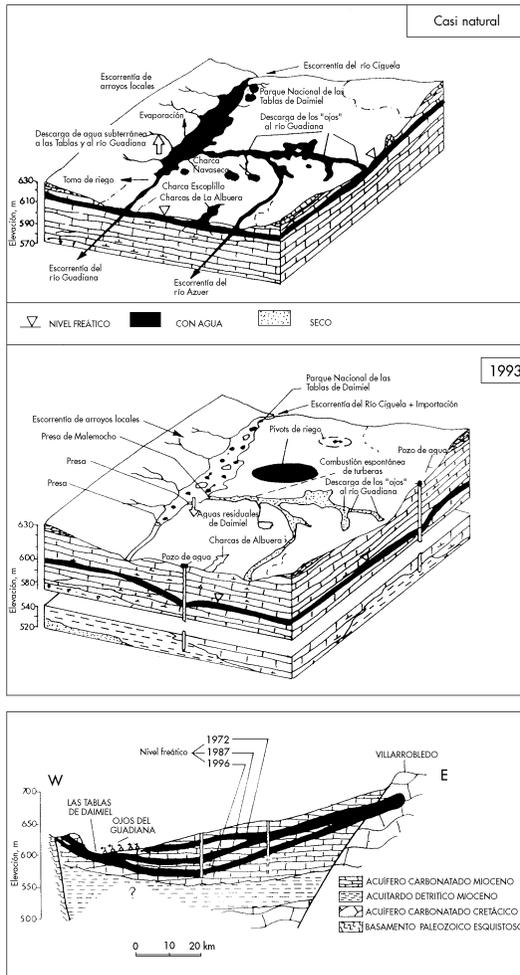


FIGURA 9. Disminución de la contribución de agua subterránea a los humedales del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, en Ciudad Real, como consecuencia de las grandes extracciones de agua subterránea para riego. Los humedales están actualmente alimentados por agua superficial y agua importada de otras cuencas fluviales. La parte inferior del río Guadiana y los principales *ojos* que lo alimentaban están actualmente secos excepto en momentos ocasionales. Algunas turberas desecadas pueden entrar en combustión espontánea (modificado de Llamas, 1988; 1989; 1992).

que realizar. Incluso unos pocos años húmedos en la secuencia pluviométrica pueden cambiar una tendencia general negativa y convertirla en favorable cuando las observaciones son inadecuadas y la interpretación se lleva a cabo sin un profundo conocimiento del comportamiento hidrogeológico.

Sólo es posible deducir impactos a partir del comportamiento conocido de otros humedales que dependen del agua subterránea si hay semejanza real, pero ésta sólo se puede establecer si existe un buen conocimiento hidrogeológico, que debe ir mucho más allá que la mera semejanza climática, de extensión o geológica. Es necesario efectuar cálculos, los que con frecuencia se han de apoyar en modelación numérica. Estos cálculos deben actualizarse y mejorarse a medida que avanza la explotación y se van obteniendo nuevos datos, en situaciones diferentes.

Además de los cambios hidráulicos, los cambios de calidad son también importantes, tanto desde el punto de vista hidrológico como ecológico. En general los cambios de calidad del agua se manifiestan con un retraso mayor que los hidráulicos. Algunos efectos pueden desarrollarse después de un tiempo relativamente largo, a medida que los frentes se desplazan por ciertas capas. Algunos de estos cambios son debidos a:

- a) Cambios en los balances salinos del humedal a causa de modificaciones en las aportaciones y de la superficie evaporante, incluyendo en ella a las freatofitas. Esto afecta a la salinidad y a la composición química, con frecuencia de una forma compleja ya que la descarga puede también cambiar.
- b) Mineralización de los sedimentos de las áreas desecadas mediante reacciones bioquímicas mantenidas por la penetración de oxígeno, bien por difusión natural desde la atmósfera o bien favorecida por el roturado del suelo al establecer prácticas agrícolas. Esta mineralización puede incorporar nitratos, sulfatos y dureza del agua de recarga. Los procesos redox pueden afectar no sólo a los suelos ricos en materia orgánica sino también a partes más profundas. Cuando los

sedimentos incorporan sales de precipitación, parte de las mismas puede luego redisolverse.

- c) Incorporación de contaminantes producidos por actividades humanas en los alrededores, tales como cultivos, ganadería y urbanización, además de la contribución con la recarga de agua superficial. Los productos agroquímicos pueden ser preocupantes, especialmente al nitrato y probablemente los plaguicidas y sus metabolitos. Este último aspecto es aún poco conocido, y la degradación y sorción pueden tener un papel dominante en el transporte de masa. Hay un retraso en el transporte de compuestos de fósforo en cuencas fluviales (Weiskel y Howes, 1992), pero en principio no parecen una amenaza importante cuando se hace a través del terreno, ya que tienden a ser fijados por el mismo. Pero aún hay insuficiente experiencia ya que esa fijación puede ser sólo aparente al estar asociada a un movimiento muy retrasado. La fijación parece importante en sedimentos ricos en carbonatos, pero no tanto en arenas silíceas puras, aunque en ellas los efectos de superficie son aún notables y los revestimientos de oxihidróxido de hierro de los granos de arenas, que son frecuentes en sedimento eólicos y fluvioeólicos, pueden ayudar a la retención de los compuestos de fósforo. Incluso para contaminantes conservativos, como el cloruro y el nitrato en condiciones ambientales oxidantes, el transporte hacia el humedal puede ser parcial o totalmente muy diferido a causa de la advección, cuando se producen líneas de flujo largas. Este es el caso de Doñana (Custodio, 1994, Iglesias, 1999).

Los cambios químicos en un humedal, y en especial el aumento de la disponibilidad de nutrientes, puede tener efectos importantes sobre la vegetación y la fauna. Los nutrientes se acumulan lentamente, lo que se suma al retraso que produce el transporte subterráneo. Cuando el nitrato es el único nutriente que llega al humedal, no necesariamente provoca el crecimiento de las algas típicas de lagos eutróficos. Así, en las Lagunas de Ruidera (Cuenca Alta del

Guadiana, Albacete-Ciudad Real), a pesar de la relativamente alta concentración de nitratos, el agua conserva su transparencia, y los microorganismos asociados al carbonato pueden producir un espectacular color azul turquesa cuando domina el aporte de agua subterránea. La eliminación del nitrato aportado por el agua subterránea se produce por ciertas especies vegetales palustres, e incluso puede ser efectivo en marismas costeras (Barón et al., 1997; Portnoy et al., 1998; Slater and Capone, 1987).

La respuesta de las plantas a la disminución de la disponibilidad de agua subterránea puede también retrasarse ya que pueden resistir la falta de agua durante ciertos periodos si se trata de la fluctuación natural a la que están aclimatadas. Pero una tendencia al descenso del nivel freático supone que los periodos de falta de agua se hagan progresivamente más largos, incluso si la planta es capaz de extender sus raíces hacia abajo. El estrés hídrico puede hacer que la planta sea menos resistente a enfermedades y ataques externos, hasta que finalmente perezca. Esto equivale al efecto de una pluviometría decreciente.

MÉTODOS DE ESTUDIO DE LAS RELACIONES AGUA SUBTERRÁNEA-HUMEDAL

Los métodos para conocer, medir, observar y controlar las relaciones entre el agua subterránea y el humedal bajo condiciones naturales, y para evaluar y predecir el impacto de las actividades humanas, no son diferentes de los métodos usuales en hidrología subterránea. Sin embargo existen algunos aspectos específicos que deben tenerse en cuenta, además de los estudios regionales que siempre han de realizarse: a) Las características locales juegan un papel dominante y es preciso considerar en detalle la naturaleza de los sedimentos, en y alrededor del humedal; b) Incluso si el humedal está sobre el acuífero, la mayoría del intercambio de agua se puede realizar sólo en áreas limitadas; c) La cuenca de agua subterránea que aporta, y las áreas de entrada y salida del agua pueden cambiar al fluctuar los niveles freáticos y modificarse la forma y

disposición de las extracciones; d) El transporte de solutos puede estar controlado por heterogeneidades locales; e) El flujo del agua subterránea tiene carácter tridimensional, por lo menos en áreas próximas al humedal; f) Las redes de vigilancia y muestreo se han de diseñar conforme a la naturaleza tridimensional del flujo, a la composición química del agua subterránea, y a las características locales del intercambio entre la superficie y el terreno; g) El conocimiento detallado del nivel freático y de la elevación capilar en el humedal y su entorno es muy importante; h) Para definir el transporte de solutos puede ser necesario disponer de los valores de la capacidad de intercambio iónico y las características sortivas de los suelos y sedimentos; i) Para anticipar y prever los problemas de contaminación hace falta estudiar y vigilar la zona no saturada en zonas seleccionadas, así como considerar procesos locales tales como la repelencia al agua de la arena seca, que pueden afectar a la forma y tasa de recarga.

El conocimiento de la geometría del acuífero puede requerir de algunas perforaciones, acompañadas de testificación geofísica, además del apoyo de prospecciones geofísicas de superficie. Los métodos deberán ser adecuados a los objetivos y profundidades pretendidos. Como ello suele resultar costoso, está restringido por motivos presupuestarios. Así hace falta un cuidadoso plan para tratar de conseguir tanta información útil como sea posible con recursos económicos limitados. Hace falta combinar reconocimientos y prospección con planes de vigilancia y el trabajo de campo que hace falta para obtener muestras que sean química e isotópicamente representativas. Para poder conseguir muestras representativas lo antes posible hay que restringir el uso de fluidos y aditivos en la perforación de sondeos que hayan de proporcionar muestras del agua subterránea. De otro modo la perturbación que crearían podría ser difícil o muy cara de eliminar.

Con frecuencia la vigilancia del nivel piezométrico y de la calidad requiere tubos perforados a diferentes profundidades. Es posible diseñar haces de tubos colocados en una misma perforación, pero cuando no es posible garantizar los aislamientos de las rejillas es recomendable perforar sondeos separados. Para conseguir mues-

tras representativas las rejillas deben estar bien separadas, los tubos han de ser resistentes a la fisuración y corrosión, y las uniones han de ser estancas. Los registros de conductividad eléctrica y temperatura son herramientas muy útiles para conocer el origen del agua y de cómo ésta se renueva en el interior de un sondeo (Custodio, 1995b; 1999).

El mejor conocimiento se obtiene cuando se combinan estudios hidráulicos y geoquímicos. La evaporación del agua superficial de un humedal produce cambios isotópicos en el agua, que en las primeras etapas son más acusados que la concentración de los iones, y así, en muchos casos se pueden utilizar como trazadores de fugas de agua por el terreno. A pesar del tiempo transcurrido desde las pruebas termonucleares atmosféricas, el tritio es aún útil como trazador ambiental para definir el flujo del agua subterránea para tiempos de renovación moderados (hasta algunas decenas de años). Su utilidad se puede extender mediante el método del helio-tritio. La relación isotópica del estroncio también es una herramienta prometedora (Hunt et al., 1998) si se emplea (interpreta) en condiciones adecuadas.

Los códigos de computador son útiles para conocer el comportamiento y cambios del agua subterránea, tales como el intercambio iónico, la precipitación y disolución, y otras reacciones, pero los valores de las concentraciones y las relaciones iónicas son también herramientas útiles y muy asequibles si se usan con conocimiento.

Se debe cuantificar el comportamiento actual, la previsión de la evolución y el análisis de escenarios para actuaciones futuras, tales como explotación del agua subterránea, cambios de uso del terreno y de la cubierta vegetal, y proyectos de restauración. Esto se puede llevar a cabo mediante métodos conocidos de hidráulica subterránea, incluso mediante formulaciones sencillas, pero la complejidad y fluctuaciones favorecen el uso de modelos numéricos de flujo y transporte de masa. Existe una larga serie de modelos disponibles, pero la consideración de las tres dimensiones puede ser un inconveniente importante ya que no suelen estar preparados para ello, o no se pueden procesar en computadoras comunes a cau-

sa de problemas de capacidad de memoria y de falta de herramientas para representar y analizar los resultados de forma fácil. No obstante esta limitación se está superando rápidamente. Se pueden utilizar modelos en sección vertical siempre y cuando se tenga en cuenta la convergencia o divergencia de las líneas de corriente. Se puede incorporar el efecto radial que producen los pozos de bombeo, bajo ciertas condiciones, mediante la introducción de correcciones que se basan en soluciones de la hidráulica de pozos (Trick, 1998). Las figuras 10 y 11 presentan el resultado de algunas simulaciones para el área arenosa de El Abalario, en el Parque Natural de Doñana, en el SW de España.

Los modelos representativos, aunque sean groseros, resultan muy útiles para llevar a cabo análisis de sensibilidad y así poder dirigir los esfuerzos de estudio y observación hacia los factores y aspectos que tienen mayor influencia. Hace falta el análisis de escenarios futuros para llevar a cabo evaluaciones del riesgo que suponen las actividades humanas y futuras nuevas condiciones, incluyendo el cambio climático.

TEMAS POR RESOLVER EN EL CONOCIMIENTO DE HUMEDALES QUE DEPENDEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El funcionamiento hidrológico de los humedales que dependen del agua subterránea aún no es suficientemente conocido, la experiencia es escasa y faltan estudios completos de casos reales. Esto es común en hidrología cuando se trata de situaciones específicas, que generalmente involucran un amplio abanico de aspectos científicos, técnicos, económicos, sociales y políticos. Los aspectos científicos y técnicos son en general los mejor conocidos y los más fáciles de tratar. Este escrito se centra parcialmente en ellos. Los otros son más especulativos e incluyen un amplio conjunto de variables difíciles de medir o no cuantificables, que además dependen de la percepción social, regulaciones y leyes, y de un complejo entramado de presiones y objetivos sociales y políticos. Estos son mayormente lícitos, aunque en algunos casos pueden

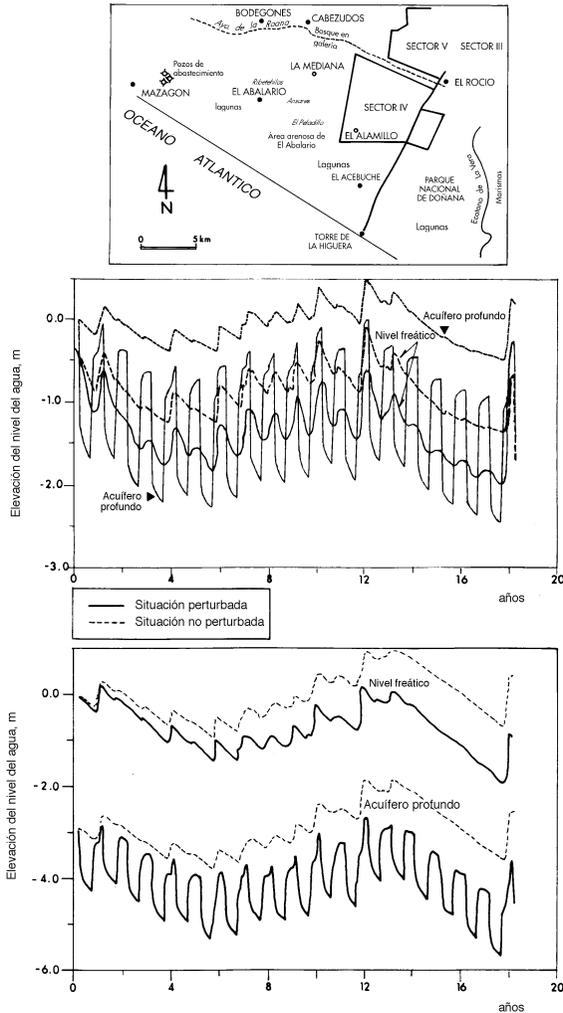


FIGURA 10. Efecto simulado del efecto de la extracción de agua subterránea del acuífero profundo del área de El Abalarío, Doñana, sobre el nivel freático y el nivel piezométrico profundo (según Trick, 1998). Se compara la situación no perturbada con la resultante de las extracciones agrícolas con el sector IV, que se inician en el año 0. La recarga se ha calibrado a partir de una serie de 18 años. Se supone que las otras extracciones de agua subterránea no cambian.

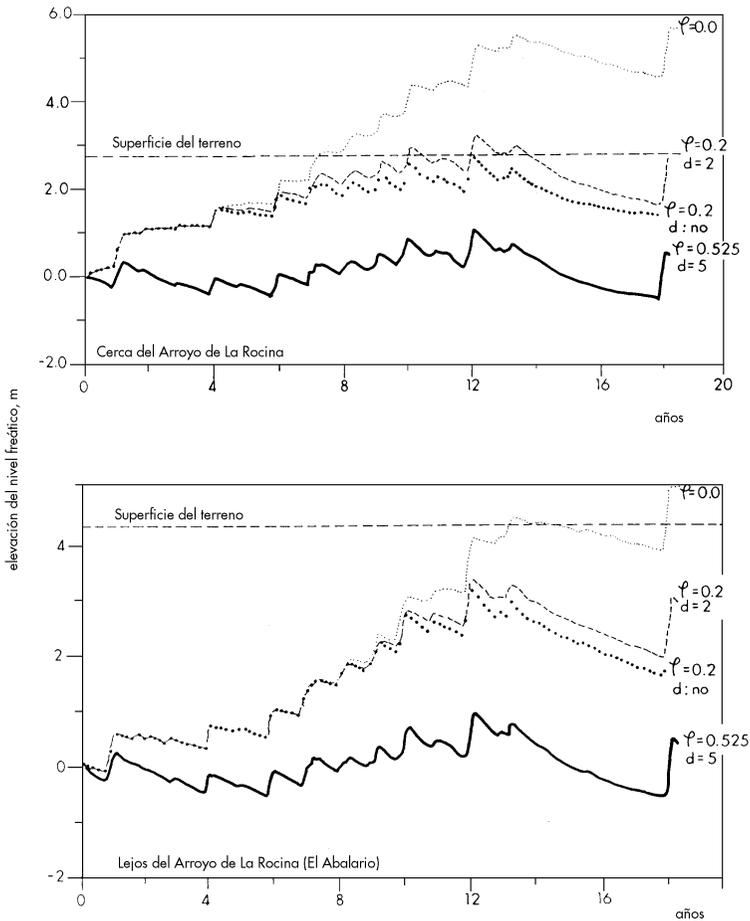


FIGURA 11. Simulación del efecto sobre el nivel freático de las opciones de gestión territorial en el área de El Abalarío, Comarca de Doñana (según Trick, 1998). φ es la evaporación freática máxima (m a^{-1}); 0,525 es la situación calibrada para plantaciones de eucaliptus; 0,2 es el valor que se supone representativo de la vegetación de bosque nativo que se reinstala; 0,0 es lo que resulta de la erradicación de plantaciones de eucaliptus, sin nuevo recubrimiento vegetal; d es la profundidad máxima de evaporación freática (m); 5 es el valor para eucaliptus; 2 es el valor supuesto para el *monte negro*; «no» significa que la vegetación es capaz de seguir cualquier variación de profundidad del nivel freático.

incluir intereses ocultos que guardan poca relación con los humedales a los que pretenden hacer referencia.

Los asuntos científicos y técnicos, tal como se ha comentado antes, además de extender las bases del conocimiento, no presentan nuevas dificultades específicas que no se puedan tratar con las herramientas disponibles. Pero alguna de las herramientas son demasiado gravosas o demasiado sofisticadas. Cómo seleccionar y usar las que son adecuadas, según los objetivos deseados, es un reto que requiere no sólo experiencia sino sabiduría. La tendencia a usar las herramientas más complejas, que requieren gran cantidad de datos que normalmente no se tienen, y que son caros, lentos y de difícil manejo, no es la forma apropiada para tomar decisiones en el momento oportuno y por aquellos que las pueden tomar. No obstante hay ciertas presiones ultraconservacionistas y paracientíficas que incitan a buscar estas herramientas excesivas.

Otro tema relacionado es como transformar aquellos cálculos significativos respecto a los problemas que se deben considerar, en evaluaciones, predicciones y análisis de escenarios que sean útiles, para la toma de decisiones y para facilitar acuerdos entre los interesados en el tema.

Todo esto se relaciona con qué nivel de conocimiento y vigilancia es suficiente para definir los problemas que hay que resolver, y luego proceder a tomar las decisiones adecuadas. La lista que sigue presenta un conjunto de aspectos económicos y sociales, que tienen implicaciones políticas y que requieren investigación, acuerdos y experiencia adicionales: i) ¿Se quiere tener realmente una situación puramente natural?; ii) ¿Qué nivel de interferencia a causa de la explotación del agua subterránea y uso del territorio se puede considerar adecuado y soportable, teniendo en cuenta los beneficios y necesidades sociales?; iii) ¿Es posible y recomendable intervenir para mantener un humedal que depende del agua subterránea tal como está hoy o estuvo en épocas pasadas, o es mejor dejar que la Naturaleza siga su curso?; iv) ¿Quién paga la pérdida de beneficios económicos y sociales por no explotar las aguas subterráneas, por las limitaciones impuestas por la protección de la calidad del agua o por las restricciones territoriales a causa de la protección

del humedal?; v) ¿Cómo se pueden aplicar limitaciones equitativas y razonables al desarrollo del agua subterránea y de uso del territorio a unos pocos cuando los vecinos justo al otro lado del límite del área no las tienen?; vi) Respecto a una determinada solución, ¿quién y cuándo debe ser establecida y llevada a cabo?; vii) ¿Quién paga los efectos no considerados (indirectos) de la explotación del agua subterránea a causa de cambios en la calidad del agua y disminución o deterioro del valor humedal?; viii) ¿Qué nivel de protección y prevención es adecuado y suficiente?; ix) ¿Cómo se puede producir información no sesgada para expertos, gestores, población afectada, público en general y medios de comunicación?

CONCLUSIONES

Los humedales que dependen del agua subterránea, con o sin aportes de agua superficial, son ecosistemas importantes y productivos que se caracterizan por ser menos fluctuantes que los que sólo dependen del agua superficial. Con frecuencia son complementarios, aportando así más diversidad y productividad al humedal. Existe una gran diversidad de humedales que dependen del agua subterránea, desde pequeñas manchas a relativamente grandes áreas alargadas, desde los de agua dulce a los que contienen salmueras y sus depósitos salinos asociados. La descarga subterránea de muchos humedales es también un tipo de situación que depende del agua subterránea y que tiene una gran influencia en los balances de agua y de sales. Este es un rasgo poco conocido.

La explotación de acuíferos cambia las condiciones hidrodinámicas y afecta a la distribución de la calidad del agua subterránea que llega a los humedales. En general la superficie del humedal decrece e incluso puede llegar a desaparecer. El humedal y el agua subterránea que fluye agua abajo se pueden volver más salinos, aunque ésto es con frecuencia el resultado de numerosos y variados factores. Todos estos procesos son lentos y diferidos.

Un aspecto importante es como combinar la protección del humedal y la explotación del agua subterránea. Hay un compromiso

entre tolerar un daño ambiental moderado y los beneficios que se obtienen al explotar el agua subterránea. Esto no es sólo un aspecto científico y técnico sino también económico, social y político, donde hay que considerar no sólo los costes y beneficios directos e indirectos sino también muchos otros aspectos que son difíciles de expresar con cifras o sobre los que no es fácil llegar a acuerdo de valoración. Estos son los temas que necesitan más investigación y experiencia, puesto que los aspectos científicos y técnicos se pueden abordar con las herramientas hidrogeológicas existentes, siempre y cuando se tenga en cuenta la tridimensionalidad del comportamiento del flujo y la calidad del agua subterránea, en especial cerca de los humedales, donde las heterogeneidades locales y rasgos sedimentarios pueden jugar un papel dominante. En cualquier caso es preciso lograr un suficiente grado de conocimiento y observación.

AGRADECIMIENTOS

La mayor parte de las ideas expresadas en este trabajo proceden de estudios llevados a cabo en el Departamento de Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Minera de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, y más recientemente en trabajos coordinados con el Instituto Tecnológico Geominero de España. Han sido apoyados en buena manera por los proyectos de investigación AMB.92.636, AMB.95.0372, HID.97.0321 e HID.99.205 de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y el proyecto ENV 4.CT 95.0156 de la Comisión de la Unión Europea. Muchas de las ideas contenidas en el texto son el resultado de largos años de comentarios y cooperación con el Dr. M. R. Llamas y más recientemente con el Dr. C. Montes, y han tenido el apoyo de muchos otros científicos, entre los que cabe destacar la continuada labor de investigación y toma de datos de la Dra. M. Manzano. Una parte importante de los trabajos han sido realizados por doctorandos que han trabajado en diversas zonas de España y de otros países. Este trabajo es en buena medida la transcripción al castellano del titu-

lado «Groundwater-dependent wetlands» (Custodio 2000b), el cual a su vez es una extensión, ampliación y actualización de otro trabajo inédito presentado a un seminario sobre humedales en la Universidad de Cambridge, Messachusets, organizado en 1989 por el Dr. M.R. Llamas bajo el auspicio del Colegio Complutense de Boston. Una versión preliminar de este trabajo, que ahora tiene adiciones y aclaraciones, ha sido publicada en el volumen XXIV de *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos* con ocasión del VII Simposio de Hidrogeología, Murcia, 2001:1-30.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, P.R. et al. (1991). «Wetland evaluation technique: vol 1: literature review and evaluation rationale». U.S. Army Corps of Engineers. Washington D.C. (WES TR WRP-DE-2. Oct. 1991).
- BARBIER, E.B.; ACREMAN, M. y KNOWLER, D. (1997). «Economic evaluation of wetlands: a guide for policy makers and planners». Ramsar Convention Bureau. Gland, Switzerland: 1-27.
- BARNETT, S.R. (1984). «The management of groundwater induced river salinity due to land clearing in the Murray Basin, southeastern Australia». Groundwater Management: Quantity and Quality. Intern. Assoc. Hydrological Sciences, Publ. 199: 101-109.
- BARÓN, A.; CALAHORRA, P.; CUSTODIO, E.; FAYAS, J.A. y GONZÁLEZ, C. (1997). «Saltwater conditions in Sa Pobla area and S'Albufera Natural Park, NE Mallorca Island, Spain». Proc. XII Salt Water Intrusion Meeting, 1994. University of Cagliari: 243-257.
- BAYÓ, A.; CUSTODIO, E. y LOASO, C. (1996). «Las aguas subterráneas en el Delta del Ebro». Revista de Obras Públicas. Madrid. 3368: 47-65.
- BRINSON, M.M. (1993). «A hydromorphic classification of wetlands». U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, Rep WRP-DE-4.
- CARRERA, J. (1997). «Observación y medidas de la recarga (descarga) a partir de aguas superficiales y conducciones, transferencias y fugas». La Evaluación de la Recarga a los Acuíferos en la Planificación Hidrológica. Asoc. Intern. Hidrogeólogos-Grupo Español / Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid: 229-245.
- COWARDIN, L.M.; CARTER, V.; GOLET, F.C. y LA ROE, E.T. (1979). «Classification of wetlands and deepwater habitats of the United

- States». U.S. Fish and Wildlife Science, Washington D.C.; Publ. FWS/OBS-79/31.
- CUSTODIO, E. (1992). «Hydrogeological and hydrochemical aspects of aquifer overexploitation». Selected Papers on Aquifer Overexploitation. Intern. Assoc. of Hydrogeologists. Heise, Hannover, 3: 3-27.
- CUSTODIO, E. (1994). «Posibles procesos de contaminación agrícola de aguas subterráneas en el área de Doñana, Huelva». Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas en España. Alcalá de Henares. Asoc. Intern. Hidrogeol-Grupo Español, II: 283-308.
- CUSTODIO, E. (1995a). «El papel de la hidrología en los programas de restauración de humedales en ambientes fluctuantes». Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales en la Cuenca Mediterránea. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla: 43-60.
- CUSTODIO, E. (1995b). «The impact of vertical water flow in boreholes: influence on monitoring operations». Hydrogéologie. Orléans, 3: 3-12.
- CUSTODIO, E. (1999). «Alteraciones en los registros térmicos por flujo vertical de agua a lo largo de perforaciones». Boletín Geológico y Minero. Madrid, 110 (4): 371-380.
- CUSTODIO, E. (2000a). «The complex concept of overexploited aquifer». Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas, Serie A: Uso Intensivo de las Aguas Subterráneas. Fundación Marcelino Botín. Madrid 2:1-62.
- CUSTODIO, E. (2000b). «Groundwater-dependent wetlands». Acta Geologica Hungarica, 43 (2): 173-202.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1976;1983). «Hidrología Subterránea». Ediciones Omega, Barcelona, 2 vols: 1-2450.
- CUSTODIO, E.; MANZANO, M.; IGLESIAS, M. y TRICK, TH. (1999). «Las aguas». Planificación Territorial y Gestión de la Integridad

- Ecológica del Complejo Palustre del Abalarío (Parque Natural del Entorno de Doñana, Huelva). (C. Montes, J. Oliver, F. Molina y J. Cobos, Eds.). Agencia del Medio Ambiente. Sevilla. Chap. 6.4. (en prensa).
- CUSTODIO, E. y PALANCAR, M. (1995). «Las aguas subterráneas en Doñana». Revista de Obras Públicas. Madrid, 3440: 31-53.
- GARCÍA-VERA, M.A. (1994). «Hidrogeología de zonas endorreicas en climas semiáridos: aplicación a los Monegros, Zaragoza». Dep. Ing. del Terreno, Univ. Politécnica de Cataluña, Barcelona. Tesis Doctoral.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. (1988). «Typology of wetlands and evaluation of the resources they represent». Hydrology of Wetlands in Semiarid and Arid Regions. Agencia del Medio Ambiente. Sevilla: 7-36.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. (1992). «Ecological aspects of wetland/groundwater relationships in Spain». Limnética. Madrid. 8: 11-26.
- HUNT, R.J.; BULLEN, TH.D.; KRABBENHOFT, D.P. y KENDALL, C. (1998). «Using stable isotopes of water and strontium to investigate the hydrology of a natural and a constructed wetland». Ground Water, 36 (3): 434-443.
- HUNT, R.J.; KRABBENHOFT, D.P. y ANDERSON, M.P. (1996). «Groundwater inflow measurements in wetlands systems». Water Res. Research, 32 (3): 495-507.
- IGLESIAS, M. (1999). «Caracterización hidrogeoquímica del flujo del agua subterránea en El Abalarío, Doñana, Huelva». Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, Tesis Doctoral.
- IGME (1984). «Hidrogeología del Parque Nacional de Doñana y su entorno». Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- ITGE (1998). «Hidrogeología de la reserva natural de la Laguna de Fuente de Piedra, Málaga». Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.

- LEE, D.R. (1977). «A device for measuring seepage flux in lakes and estuaries». *Limnol. Oceanography*, 22:140-147.
- LEWIS, J.B. (1987). «Measurements of groundwater seepage flux onto a coral reef: spatial and temporal variations». *Limnol. Oceanography*, 32: 1165-1169.
- LLAMAS, MR. (1987). «Bases científicas para la protección de los humedales en España». Real Academia de Ciencias, Madrid: 1-360.
- LLAMAS, M.R. (1988). «Conflicts between wetland conservation and groundwater exploitation: two case histories in Spain». *Environmental Geology*. 11 (3): 241-251.
- LLAMAS, M.R. (1989). «Groundwater and wetlands: new constraints in groundwater management». *Groundwater Management: Quantity and Quality*. Intern. Assoc. Hydrol. Sciences. Publ. 188: 295-304.
- LLAMAS, M.R. (1990). «Geohydrology of the eolian sands of the Doñana National Park (Spain)». *Catena Supplement*. 18: 145-154.
- LLAMAS, M.R. (1992). «Wetlands: an important issue in hydrogeology». *Selected Papers on Aquifer Overexploitation*. Intern. Assoc. Hydrogeologists, Heise, Hannover. 3: 69-86.
- LLAMAS, M.R.; BACK, J. y MARGAT, J. (1992). «Groundwater use: equilibrium between social benefits and potential environmental cost». *Applied Hydrogeology*, Heise, Hannover, 1(2): 3-14.
- MONTES, C.; OLIVER, J.; MEDINA, F. y COBOS, J. (1995). «Bases ecológicas para la restauración de los humedales en la cuenca mediterránea». Agencia del Medio Ambiente. Sevilla: 1-348.
- MUÑOZ REINOSO, J.C. (2001). «Vegetation changes and groundwater abstraction in SW Doñana, Spain». *J. Hydrology*, 242: 197-209.
- NOVITZKI, R.P. (1982). «Hydrology of Wisconsin wetlands». U.S. Geological Survey/University of Wisconsin – Extension Geological and Natural History Survey, Madison. Info. Circ 40: 1-22.

- PASCUAL, M. (1992). «Hidrogeología básica de las sierras marginales prepirenaicas de la Provincia de Lleida». *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, Madrid. XV: 115-129.
- PORTNOY, J.W.; NOWICKI, B.L.; ROMAN, C.T. y URISH, D.W. (1998). «The discharge of nitrate-contaminated groundwater from developed shoreline to marsh-fringed estuary». *Water Res. Research*, 34 (11): 3095-3104.
- SACKS, L.A.; HERMAN, J.S.; KONIKOW, L.F. y VELA, A.L. (1992). «Seasonal dynamics of groundwater-lake interactions at Doñana National Park, Spain». *J. of Hydrology*, 136:123-154.
- SHEDLOCK, R.J.; WILCOX, D.A.; THOMPSON, T.A. y COHEN, D.A. (1993). «Interaction between groundwater and wetlands, southern shore of Lake Michigan, USA». *J. of Hydrology*, 141 (1-4): 127-155.
- SIMPSON, H.J. y HERCZEG, A.L. (1991). «Salinity and evaporation in the river Murray basin, Australia». *J. of Hydrology*, 124: 1-27.
- SLATER, J.M. y CAPONE, D.G. (1987). «Denitrification in aquifer soil and nearshore marine sediments influenced by groundwater nitrate». *Appl. Environ. Microbiology*, 53: 1292-1297.
- SUSO, J. y LLAMAS, M.R. (1991). «Estudio hidrogeológico de la influencia de los bombeos en la zona de El Rocío». *Estudios Geológicos*, Madrid. 46: 317-345.
- SUSO, J. y LLAMAS, M.R. (1993). «Influence of groundwater development of the Doñana National Park ecosystems (Spain)». *J. of Hydrology*. 141 (1-4): 239-270.
- TÓTH, J. (1971). «Groundwater discharge: a common generator of diverse geologic and morphologic phenomena». *Bull. Intern. Assoc. Scientific Hydrology*, XVI (1-31): 7-24.
- TÓTH, J. (1972). «Properties and manifestations of regional groundwater movement». *Proc. 24th Geological Congress. Montreal*, Sect. 11: 153-163.

- TÓTH, J. (1999). «Groundwater as a geologic agent: an overview of the causes, processes, and manifestations». *Hydrogeology Journal*, Springer-Verlag: 7(1): 1-14.
- TRICK, TH. (1998). «Impacto de las extracciones de agua subterránea en Doñana: aplicación de un modelo numérico con consideración de la variabilidad de la recarga». Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. Tesis Doctoral.
- TRICK, TH.; CUSTODIO, E. y MANZANO, M. (1995). «Actualización del modelo hidrogeológico de la zona de El Abalarío, Huelva». *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*. Madrid XIX: 661-677.
- WEISKEL, P.K. y HOWES, B.L. (1992). «Differential transport of sewage-derived nitrogen and phosphorous through a coastal watershed». *Environ. Sci. Technology*, 26: 352-360.
- WINTER, T.C. y LLAMAS, M.R. (Ed.) (1993). «Hydrogeology of wetlands». *J. of Hydrology*, 141 (1-4): 1-271.

VISION GENERAL DE LOS CONFLICTOS EXISTENTES EN LOS HUMEDALES MEDITERRANEOS

por María José Viñals

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la situación de conflictividad a nivel social que presentan los humedales mediterráneos. Para llegar a un diagnóstico de la misma se ha estudiado la evolución socioeconómica de las áreas con humedales considerando los hitos de la historia reciente que de forma más significativa han marcado su presente. Así, además de las causas que han generado los problemas, se han analizado los conflictos en sí mismos y las consecuencias que han comportado, tanto de índole ambiental como socioeconómico.

Finalmente se ha realizado una valoración final y se han apuntado algunas ideas para su consideración en el futuro.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son uno de los ecosistemas más frecuentes y de mayor valor ecológico de la cuenca mediterránea. Se trata de biótupos de composición y estructura compleja y de delicado equilibrio ecológico en donde interactúan los ámbitos terrestre, atmosférico y acuático, siendo la variabilidad de la forma y de los procesos, tanto en el tiempo como en el espacio y a diversas escalas, una de sus características más notables (Margalef, 1987; Custodio, 1987).

La terminología que los envuelve es, en ocasiones, profusa (ver trabajo de González Benáldez, 1992) y, en ocasiones, confusa. La

definición legal y de mayor reconocimiento internacional (no por ello exenta de controversias apuntadas desde foros científicos) es la propuesta por el Bureau Ramsar que hace referencia a: «área cenagosa, pantanosa o turbosa, llanos de inundación o espejos de agua naturales o artificiales, permanentes o temporales, de aguas remansadas o corrientes, dulces, salobres o salinas, con inclusión de las aguas marinas cuya profundidad en marea baja no rebase los seis metros».

Hay varios aspectos que condicionan la problemática existente en los humedales mediterráneos. En primer lugar tiene que ver con las características diferenciadoras que presenta cada tipo de humedal, siendo los de agua dulce los que acaparan la mayor conflictividad.

Por otro lado, los humedales mediterráneos son ecosistemas muy transformados por el hombre desde antiguo. Existe una cultura, tradiciones, usos de los recursos y una gestión del territorio ligada a la evolución de estas áreas que las distingue de otros lugares del mundo.

La explotación tradicional de los recursos de los humedales con métodos tradicionales no ha supuesto ningún problema social ni tampoco ambiental, ya que hay que asumir que la presencia del hombre en los ecosistemas mediterráneos se remonta prácticamente al Holoceno Medio, momento en el que el hombre neolítico comienza a transformar los espacios naturales. Los problemas ambientales en los humedales mediterráneos aparecen en el momento en que las prácticas tradicionales son sustituidas por nuevas tecnologías que permiten explotar de forma desmedida los recursos tanto en el propio humedal como en su área de influencia, o cuando son implantados nuevos usos incompatibles con la preservación del ecosistema.

Los humedales que han escapado a esta dinámica presentan un relativo buen estado de conservación y el mantenimiento de los aprovechamientos tradicionales ha enriquecido su valor patrimonial plasmado en edificios e infraestructuras de gran valor etnológico, tradiciones, folklore, paisajes rurales de calidad, etc.

Sin embargo, la gran mayoría de los humedales ha sufrido una transformación auspiciada por las nuevas tecnologías, de forma que

se ha sobrepasado los límites impuestos por la naturaleza, encontrándose en la actualidad muy degradados (tanto por sobreexplotación de los recursos como por contaminación), algunos de ellos en estado de irreversibilidad. Esta situación parece perturbar más a los habitantes de las grandes ciudades que a la mayor parte de los propios residentes locales, inmersos en muchos casos en procesos de aculturación y pérdida de tradiciones. De cualquier modo, hay que señalar que existen ya grupos de opinión con bastante fuerza que abogan por las bondades de la vida en medios naturales y rurales de calidad y que parece que no se trata de una moda pasajera, sino de la aspiración de muchos ciudadanos a otro estilo de vida más sano.

La filosofía en torno al tratamiento que han merecido los humedales en la cuenca mediterránea y, en general, en el mundo entero, ha pasado desde su consideración tradicional como espacios perseguidos y denostados a detentar actualmente un estatuto de máxima protección ambiental. En el cuadro I se recogen los principales instrumentos legales internacionales y nacionales que se emplean para la protección de los humedales.

CUADRO I. Ordenamiento jurídico aplicable a los humedales

Directivas europeas

Directiva Aves de 1979 (mediante la cual se declararon las zonas *ZEPA*)
Directiva Hábitats de 1992 (Red *Natura 2000*)

Leyes estatales

Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985 y Reglamento del Dominio Público Hidráulico de 1986
Ley de Costas de 1988
Ley de 4/89 de 27 de marzo de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre
Ley del Suelo de 1992
Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación del Impacto Ambiental (E.I.A.) y Reglamento (Real Decreto 1131/1988 de 30 de septiembre)

Instrumentos internacionales

Convención sobre los Humedales o Ramsar (1971)
Estrategia de Venezia de MedWet (1996)

La implementación práctica de los principios conservacionistas en los humedales ha tenido como objetivo preservar lo que quedaba y restaurar, en la medida de lo posible, lo que aún era rescatable, basándonos en la valoración de los recursos de carácter ambiental y cultural que son tan valiosos o más para el hombre en estos momentos.

No obstante, esta nueva actitud ha chocado con la oposición de algunos grupos sociales, que ven en el proteccionismo una forma de limitación del desarrollo económico y un control por parte de la administración respecto al manejo de los recursos que con anterioridad no se producía, dando lugar a conflictos sociales de diversa índole.

TIPOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS

Los problemas ambientales que presentan los humedales mediterráneos varían en función del tipo de humedal de que se trate y, en consecuencia, los conflictos sociales cobran matices según las zonas.

Hay que señalar también que los impactos más graves tienen que ver con la alteración de los procesos, ya que las formas son relativamente sencillas de restaurar pero no así los procesos.

Los criterios que han primado a la hora de presentar esta clasificación de zonas húmedas han sido los morfológicos e hidrológicos (Viñals, 1999) ya que son dos de los elementos más afectados.

Las zonas húmedas ligadas a morfologías fluviales principalmente de cuenca baja

Llanos de inundación, deltas y estuarios y en algunas ocasiones los propios lechos de las zonas semiáridas, que están secos la mayor parte del año, (ramblas, canales *braided* que tienen el sustrato saturado de aguas subterráneas, etc.), o las zonas de desembocadura, se consideran como zonas húmedas ya que funcionan durante

largos periodos más como zona de remansamiento de las aguas que como colector del flujo.

Llanos aluviales

Los llanos aluviales propicios al desarrollo de humedales son, sobre todo, los de tipo convexo (cuando el canal circula a una cota más elevada que el llano). El anegamiento se produce en las partes más deprimidas del llano (entre la mota y los piedemontes). Evolucionan por agradación pero en consonancia con otros subambientes (como las motas) por lo que se sigue manteniendo la forma de la cubeta con el crecimiento sedimentario y, por tanto, el riesgo de colmatación se determinaría a largo plazo. Meandros abandonados y paleocanales no activos configuran humedales más pequeños en estos llanos de inundación y pueden evolucionar a una escala menor.

Deltas

Son, sin duda, uno de los ambientes mediterráneos más propicios para la formación de humedales (sobre todo aquellos que su dinámica está regida básicamente por el río) dado el exiguo rango de marea y la moderación de los oleajes del mar Mediterráneo. Así, podemos encontrar diversos subtipos de humedales que van desde los marjales temporales y pobremente drenados hasta los permanentes bien drenados situados en zonas de avenidas recurrentes. En los llanos interdistributarios se forman bahías donde las masas de agua están conectadas permanentemente con el mar a través del oleaje o canales mareales. Estas bahías se rellenan en fases de progradación y se forman marjales o ciénagas que crecen a partir de las orillas.

La evolución de los humedales en los deltas está controlada conjuntamente por los procesos fluviales y los marinos. Los deltas son ambientes de evolución geológica reciente ya que experimentan un

crecimiento veloz tanto en altura (agradación o acreción) como en superficie (progradación). Esto da lugar a una constante renovación de formas, de modo que los humedales más antiguos, situados en la parte más interior se van colmatando y desapareciendo, en favor de la creación de otros nuevos en el frente de avance deltaico. Los cambios más drásticos se producen con ocasión de las crecidas del río, que tienen carácter episódico.

Estuarios

Son poco frecuentes en el Mediterráneo a causa de la inexistencia de mareas importantes. Las zonas de principal desarrollo de humedales en estos ambientes se da en las llanuras mareales que están adaptadas a la sumersión temporal. Los casos más destacables en el Mediterráneo se ajustan al tipo de estuario-barrera (lagunas estuarinas), que se caracterizan por la presencia de estrechas entradas construidas a través de una barrera arenosa costera. Los flujos mareales están muy atenuados hacia el interior. Estos espacios evolucionan hacia lagunas costeras salinas cuando la barrera se hace muy hermética. Los mejores ejemplos de este tipo de humedal mediterráneo están en la costa de Huelva y Cádiz, donde las flechas litorales han bloqueado parcialmente las entradas de los estuarios, favoreciendo la colmatación del estuario y la formación de marismas o llanuras mareales como es el caso de las marismas de Doñana (estado senil del humedal).

Las zonas húmedas ligadas a llanos costeros

Lagunas, estanques litorales o albuferas, marjales de agua dulce, marismas salobres

Constituyen las principales formaciones en estos ambientes. Se trata de subsistemas similares entre si, pero en distinto estadio de su evolución y tienen un importante desarrollo en áreas subsidentes.

La génesis de estos humedales es común a todos ellos: evolucionan en amplios interfluvios deprimidos separados del mar gracias a los aportes detríticos fluviales que configuran las barreras o restingas y que se forman siguiendo la orientación que les imponen las corrientes de deriva litorales (y también las transversales).

Una característica de estos humedales que los diferencia ligeramente de los deltaicos es la mayor longevidad. A partir de registros de sondeos profundos se ha podido observar que, al menos desde el Pleistoceno Superior, en estas zonas se ha desarrollado sucesivamente distintos subtipos de humedales (Viñals, 1996) y el modelo actual se remonta, al menos al periodo flandriense. Los deltas son todos de época histórica.

Las lagunas son espejos de agua comunicados con el mar abierto a través de canales o bocanas cuya hidrodinámica está regida básicamente por las mareas. Este último elemento es el que controla los caracteres hidrológicos, morfológicos y ambientales de estos humedales. Las lagunas son morfológicamente los espacios húmedos más diversificados y uno de los sistemas de transición tierra-mar más difundido del mundo. Sin embargo, escasean en el Mediterráneo a causa de la falta de mareas de rango importante. Los mejores ejemplos se encuentran en la costa Altoadriática y en el Golfo de Gabés.

Las lagunas evolucionan por agradación y progradación, a partir de los aportes terrígenos de los cursos de agua menores que llegan directamente a la laguna. Con el tiempo, se van cerrando las bocanas hasta acabar aislando a la laguna del mar, llegando a ser un lago retrodunal.

Los estanques costeros o albuferas son el modelo morfológico de humedal costero más frecuente en el Mediterráneo. Se caracterizan, a diferencia de las lagunas, en que tienen una vida bastante autónoma del mar (aunque influyó bastante en su génesis) porque la barrera de cierre suele ser muy hermética. Pueden estar también conectados con él mediante pasos, golas o bocanas pero no son de tipo mareal y casi no son funcionales en el sentido mar-tierra.

En el caso de los estanques, la evolución es más fatídica porque tienden al enterramiento salvo que exista algún elemento de rejuvenecimiento como una fuerte tasa de ascenso marino o una elevada subsidencia.

Las ciénagas (marjales) y marismas son ambientes palustres que aparecen en las orillas de lagunas y estanques o constituyendo unidades paisajísticas propias como resultado de la evolución de antiguos espejos de agua (procesos de colmatación). Se caracterizan por la presencia de sedimentos finos, abundante vegetación, que contribuye de manera decisiva a atrapar sedimentos. La diferencia entre ambas es la calidad del agua que las alimenta: así, si se trata de aguas dulces se les conoce básicamente como *marjales* y cuando son aguas salobres, *marismas*.

Las zonas húmedas ligadas a depresiones endorreicas

Se trata de humedales que han evolucionado en zonas con dificultades topográficas para evacuar la escorrentía. La génesis de estas cubetas se debe a la interferencia de fenómenos diversos, entre los que destacan:

- los estructurales o tectónicos y los litológicos: fosas tectónicas o grabens, cuencas de hundimiento pliocuaternarias, áreas subsidentes, sinclinales, zonas de disolución de yesos, de halitas, de calizas (dolinas), etc.
- los geomorfológicos: superficies de erosión ligeramente combadas, etc.
- los climáticos: tienen lugar en zonas áridas con importantes vientos. Así, la deflación eólica es muy importante en la formación de Sebkas y Chotts (Maamouri, 1996; Perthuisot, 1996), donde el viento erosiona o excava incluso el fondo de una depresión, evacuando las arenas y llegando hasta sustratos arcillosos; o, en otros casos, da lugar a surcos de deflación interdunares, etc.

Zonas húmedas ligadas a cubetas kársticas

Se forman a partir de la disolución de las rocas carbonatadas. Entre los diversos subtipos, encontramos humedales en dolinas, en pequeñas cubetas o pozas de cierta profundidad (*gorgos*), alimentadas generalmente con caudal subterráneo y asociado a corrientes fluviales. En algunos casos, la acción combinada de la disolución que ahonda el cauce fluvial, y la precipitación de los carbonatos disueltos que forman diques (de travertinos) transversales a la corriente, cierran una cubeta donde el agua se remansa. La ríos en donde aparecen estos gorgos y remansos tienen fundamentalmente una alimentación subterránea.

Las zonas húmedas artificializadas y las artificiales

Este grupo lo constituyen salinas, arrozales, instalaciones de acuicultura, embalses de riego, oasis, canteras de arcilla abandonadas, etc.

Evolucionan en general poco porque el hombre se preocupa de mantener la forma y los procesos para que no pierdan su funcionalidad. Algunas de estas instalaciones tienen un gran valor paisajístico y cultural.

El régimen hidrológico de los humedales mediterráneos puede ser muy diverso a tenor de cuáles sean sus principales fuentes de alimentación y la climatología del lugar. Así, podemos tener desde aguas dulces hasta aguas hipersalinas. El aprovisionamiento de agua a un humedal puede darse a partir de: la precipitación, aportes fluviales (normales y de desbordamiento), del mar (a través de canales mareales, por percolación, por canales artificiales), aguas subterráneas y aportes artificiales.

El drenaje de los humedales se efectúa de diversas formas: efluentes (ríos que vehiculan el agua hacia el mar o fuera del sistema), evaporación, transpiración de las plantas, alimentación a acuíferos, desagües artificiales.

El régimen de inundación puede ser: permanente, periódico, estacional o episódico y los diversos subambientes de un mismo humedal pueden ser objeto de estos regímenes de inundación, en función del régimen del flujo que lo alimenta y de las condiciones climáticas, de la naturaleza del sustrato del humedal, la vegetación, etc.

De todos estos tipos, los que presentan mayores conflictos son los relacionados con llanos costeros, con morfologías fluviales de cuenca baja y, en general todos aquellos relacionados con un abastecimiento de aguas dulces. Especialmente problemáticos son los casos en donde confluyen ambas características, ya que se trata de zonas normalmente muy pobladas y con numerosas actividades. Tal es el caso, por ejemplo, de los humedales costeros valencianos.

CONFLICTOS: CAUSAS Y CONSECUENCIAS

Los conflictos socioeconómicos que tienen lugar en los territorios con zonas húmedas giran en torno al hecho de las limitaciones de uso que vienen impuestas por la legislación ambiental protectora y que se interpretan como un freno al desarrollo económico y por la pérdida de control del manejo de los recursos.

Un hecho significativo de este fenómeno es la rapidez con que se implantaron las estrategias proteccionistas lo cual implicó un cambio radical en las directrices para el manejo de los recursos. Se pasó en breves meses de una política de fomento de la desecación a la protección absoluta.

Además, la implantación de legislaciones protectoras y conservacionistas en nuestro país ha tenido un cariz más correctivo que preventivo, pues se vinieron a implantar cuando la situación para muchos humedales era ya crítica.

Las actividades que mayores conflictos generan en las zonas húmedas están ligadas al aprovechamiento agrícola y a la urbanización (con fines residenciales o turísticos), por la disputa de recursos como el espacio físico o el agua.

Durante la década de los años '50, muchos humedales de agua dulce estaban transformadas en arrozales, cultivo éste mediana-

mente compatible con las características ecológicas del humedal. Pero al entrar en crisis esta producción durante la década siguiente, se planteó una reorientación de su uso que, generalmente, acabó con una intervención más dura en el sentido de pasar a cultivos de regadío, coincidiendo con las políticas agrícolas desarrollísticas imperantes en nuestro país. Para ello, se llevaron a cabo importantes obras de acondicionamiento que implicaban un manejo del agua complejo y derrochador.

A este fenómeno se sumó la urbanización de los litorales para usos residenciales y turísticos. Este hecho estuvo favorecido por el bajo precio del suelo de los humedales, lo cual impulsó la especulación y, también, por la vigencia de una Ley de Aguas (Ley Cambó) que premiaba a los desecadores de las zonas húmedas.

Esta situación se alargó hasta la década de los años '80 en que tiene lugar varios acontecimientos de relevancia. En primer lugar, se da el hecho de la implantación de legislaciones con carácter ambiental; en segundo lugar se generaliza la protección de espacios naturales bajo criterios de corte ecológico, con lo cual muchos humedales comienzan a ser protegidos en base a sus valores de biodiversidad (Doñana, por ejemplo se protegió en 1978); en tercer lugar, se produce la transferencia de las competencias administrativas en materia de medio ambiente a muchas comunidades autónomas, con lo cual se expande rápidamente el fenómeno proteccionista.

No había pasado muchos años desde las primeras declaraciones cuando comenzaron los conflictos sociales.

Los humedales con actividades como la extracción de sal, la caza, la pesca, recolección de vegetales, etc. no fueron tan conflictivos ya que estos usos eran prácticamente residuales y estaban bien regulados.

Los impactos concretos que han sufrido los recursos naturales que forman parte de los ecosistemas húmedos han afectado tanto a la calidad (contaminación) como a la cantidad de los mismos (sobrexplotación). En el Cuadro II, se exponen en columnas los recursos afectados, las actividades concretas que generan los impactos, los efectos causados y algunas de las medidas correctoras o directrices que se deberían adoptar frente a dicha problemática.

CUADRO II. Principales impactos que afectan a los humedales

	ACTIVIDAD	EFFECTOS SOBRE EL HUMEDAL	MEDIDAS CORRECTORAS
AGUA	Bombes de los acuíferos	Disminución del suministro hídrico Salinización del acuífero costero por intrusión marina Subsistencia inducida	Explotación sostenible de las aguas subterráneas
	Embalse artificial de aguas	Formación de encharcamientos Incremento de la salinidad y Eutrofización del agua	Medidas de mantenimiento (dragados, etc.)
	Vertidos de aguas sobrantes de riego y residuales	Eutrofización Salinización Contaminación microbiológica	Aplicación de planes de depuración de aguas residuales Uso más eficiente de los fertilizantes: control de dosis y productos
	Vertidos de aguas industriales y procedentes de minas	Toxicidad (bioacumulación) Salinización Acidificación Destrucción de biocenosis acuáticas Inutilización del agua como recurso	Aplicación de sistemas de depuración de aguas en las industrias y minas Creación de colectores perimetrales de aguas residuales e industriales
	Vertederos	Toxicidad de las aguas superficiales y subterráneas debido a los lixiviados Destrucción de biocenosis Inutilización del agua como recurso	Prohibición de vertederos potencialmente peligrosos en áreas de captación de aguas subterráneas y en los propios humedales
	Desvío de caudales	Alteración del hidropereodo Desecación del humedal Alteraciones en las biocenosis	Prohibición de cualquier obra encaminada hacia el drenaje del humedal Medidas de restauración

CUADRO II. Principales impactos que afectan a los humedales (Cont.)

	ACTIVIDAD	EFFECTOS SOBRE EL HUMEDAL	MEDIDAS CORRECTORAS
AGUA	Construcción de infraestructuras hidráulicas para la regulación y retención de caudales en ríos de la cuenca-vertiente	Disminución del aporte de sedimentos y agua que llega a los humedales Erosión y desaparición de algunos humedales ligados a morfologías fluviales (en deltas, sobre todo)	Consensuación de los caudales ecológicos
	Infraestructuras hidráulicas, de comunicación, etc.	Disminución de la tasa de infiltración de agua en el acuífero Incremento de la velocidad de drenaje del humedal Incremento de la escorrentía superficial y por tanto de la erosión	Mantenimiento de canales tradicionales con fondos y márgenes naturales Proyección de infraestructuras de comunicación que eviten los humedales
FORMACIONES GEOMORFOLÓGICAS	Aterramientos (para acondicionar el terreno para cultivar, para urbanizar, para instalar servicios o para desarrollar actividades de ocio y turismo)	Destrucción de la morfología, de la vegetación y de los hábitats Reducción de la función de recarga de acuíferos Incremento indiscriminado de la accesibilidad al humedal Disminución de la humedad ambiental y de la precipitación Desaparición del humedal en casos extremos	Prohibición absoluta de prácticas que conduzcan al aterramiento de zonas húmedas
	Excavación de álveos (extracción turbas, áridos, embalses, etc.) Incremento ocasional de la erosión	Alteración de la morfología (profundización de la depresión), de la hidrología y de los hábitats	Control de actividades extractivas y realización de embalses (sometimiento de las obras a EIA) Medidas de restauración en su caso

CUADRO II. Principales impactos que afectan a los humedales (Cont.)

	ACTIVIDAD	EFFECTOS SOBRE EL HUMEDAL	MEDIDAS CORRECTORAS
FOR. GEOMORFOLOGICAS	Infraestructuras hidráulicas, de comunicación, etc.	Fragmentación del territorio	Proyección de infraestructuras evitando los humedales
	Rellenos con escombros u otros residuos sólidos	Desaparición de surgencias y láminas de agua Incremento del riesgo de contaminación de los sedimentos y suelos (por lixiviados)	Recogida de inertes y limpieza de vertederos Control de vertederos ilegales Prohibición de verter
SUELO	Bombeo de acuíferos	Salinización Acidificación Subsistencia	Uso sostenible de los acuíferos
	Desvío de caudales	Oxidación y compactación Cambios de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo	Prohibición de cualquier obra encaminada hacia el drenaje del humedal Medidas de restauración
FAUNA	Excesiva presión cinegética	Detrimento general de la avifauna Alteración de la distribución natural de las especies Contaminación por plomo (munición)	Implementación de planes de regulación y aprovechamiento cinegético
	Excesiva presión pesquera o uso de métodos inadecuados	Detrimento de la ictiofauna en general y en particular la de valor comercial	Implementación de planes de regulación y aprovechamiento piscícola Explotación con métodos adecuados
	Acuicultura	Destrucción de habitats naturales Detrimento de las especies autóctonas no comerciales Alteraciones en los intercambios de agua con el mar (limitación)	Determinación de perímetros de protección a las explotaciones Instalación de plantas de tratamiento de las aguas residuales

CUADRO II. Principales impactos que afectan a los humedales (Cont.)

	ACTIVIDAD	EFFECTOS SOBRE EL HUMEDAL	MEDIDAS CORRECTORAS
FAUNA		de las golas) Contaminación de las aguas (restos de alimentación, excretas y productos sanitarios, etc.)	
	Infraestructuras hidráulicas, de comunicaciones, etc. en el humedal	Aislamiento de las biocenosis	Proyectación de las infraestructuras evitando los humedales
	Introducción de especies exóticas	Detrimento de las especies autóctonas y pérdida de biodiversidad	
VEGETACION	Deforestación de las cuencas-vertientes (incremento de la erosión)	Incremento de la tasa de sedimentación en los humedales y por tanto del riesgo de aluvionamiento (pérdida de la capacidad del álveo)	Reforestación de las cuencas-vertientes Plantación de vegetación riparia
	Puesta en cultivo	Detrimento de las especies autóctonas Pérdida de biodiversidad	Abandono paulatino de los cultivos no compatibles con la conservación
	Introducción de especies exóticas	Detrimento de las especies autóctonas y pérdida de biodiversidad	
	Incendios (fortuitos e intencionados) incontrolados en el humedal	Pérdida indiscriminada de masa vegetal, hábitats y biocenosis Disminución de las precipitaciones Incremento de la erosión	Promoción de la regeneración natural Restauración vegetal
	Infraestructuras hidráulicas, de comunicación, etc.	Pérdida puntual de masa vegetal	Proyectación de las infraestructuras evitando los humedales

CUADRO II. Principales impactos que afectan a los humedales (Cont.)

	ACTIVIDAD	EFFECTOS SOBRE EL HUMEDAL	MEDIDAS CORRECTORAS
PAISAJE	Aterramientos y puesta en cultivo	Banalización del paisaje	Abandono paulatino de los cultivos no compatibles con la conservación Medidas de restauración
	Urbanización	Pérdida de calidad paisajística	En urbanizaciones ya existentes: medidas de restauración en lo posible
	Vertederos y escombreras	Pérdida de calidad paisajística Incremento del riesgo sanitario (ratas, etc.)	Recogida de inertes y limpieza Control de vertederos ilegales Prohibición de verter

De cualquier forma, la degradación de la mayoría de zonas húmedas tiene orígenes más profundos, que se deben, en último extremo, a un conjunto de causas complejas de índole económico, legal, administrativo y social.

Entre las causas económicas destacan:

- El fomento por parte de la Administración de estrategias de desarrollo productivistas.
- La explotación insostenible de los recursos, con miras a la obtención de beneficios inmediatos.
- La aplicación de baremos exclusivamente economicistas en la valoración de los recursos.
- La insuficiencia de inversiones económicas para la conservación de las zonas húmedas.

De entre todos los recursos disputados de los humedales, destacan el agua y el espacio físico, debido a la mayor consideración que habitualmente se tiene de las funciones productivistas de los hume-

dales, que cifran su valor en la producción de bienes con contenido económico. Los demás recursos como la fauna, la flora, el paisaje, etc. han sufrido daños indirectos, que no por ello son menos lesivos.

Esta consideración de la valoración tan sólo de las funciones tangibles de estos ecosistemas ha perdurado con el paso del tiempo e incluso se ha acentuado, encontrando cabida perfecta en una sociedad que todo lo cifra en la rentabilidad económica y, en donde todavía, no se valora en términos contables los servicios ambientales, recreativos y educativos que albergan los humedales. Este hecho tiene una explicación muchas veces en el desconocimiento de las mismas y en que los beneficios de estas funciones intangibles se inscriben en el medio y largo plazo, cuya consideración queda relegada en muchos planes y proyectos.

Desde el punto de vista legal se considera que:

- No existe una definición legal clara de lo que se considera un humedal, lo cual deja un margen de discrecionalidad muy amplio a la hora de aplicar las normativas.
- Se detecta una dispersión de normativas en cuanto a la protección de los humedales se refiere (Ley de Espacios Naturales, Ley de Aguas, Ley de Costas, Ley del Suelo, etc.) que complica la adscripción de competencias en cada caso, sobre todo, en los humedales que no tienen estatuto específico de protección.
- Los instrumentos de protección resultan, muchas veces, ineficientes.

Para facilitar la implementación práctica de los principios conservacionistas en nuestros humedales la Administración estatal ha aprobado el *Plan estratégico español para la conservación y el uso racional de los humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen* (1999) que recoge los instrumentos básicos de conservación tal y como recomiendan el *Plan Estratégico de la Convención de Ramsar 1997-2002* (1996) y la *Estrategia de*

Venezia del Comité de Humedales Mediterráneos (MEDWET, 1996).

A nivel regional se funciona con los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) que son instrumentos de planificación de gran validez si se aplican bien. También se ha redactado algún Catálogo de Zonas Húmedas (por ejemplo en la Comunidad Valenciana). A nivel local no existe ningún instrumento específico y para la protección de las zonas húmedas se usa la figura de suelo no urbanizable contenida en la Ley del Suelo o la de Paraje municipal.

Según Alonso (1996), una de las principales dificultades con la que se encuentra la aplicación de políticas de protección es la de la propiedad de las zonas húmedas. Por lo que respecta a las aguas continentales (y en ellas se incluyen las de los humedales) la ley establece claramente que son de dominio público, por lo que cualquier actividad o concesión debe estar sometida a autorización administrativa. Los costeros que quedan dentro de la zona marítimo terrestre (límite interior de la marea alta) son también de dominio público y no pueden inscribirse en el Registro de la Propiedad.

Sin embargo, el suelo que contiene un humedal (álveo) si que puede ser registrado como propiedad privada y con ello, muchas veces, los derechos de aprovechamiento de las aguas (derechos adquiridos).

Derivado de este derecho de la propiedad, se plantea la cuestión de las compensaciones que deberían considerarse en caso de aplicación de restricciones o limitaciones de uso a causa de la implementación de políticas conservacionistas. Las distintas leyes consideran que existen limitaciones constitucionales a los derechos de propiedad privada (que están sujetos al interés público) sin derecho a compensación y, de hecho, hay sentencias a favor de la no compensación. La conservación de humedales podría ser considerada como de interés público y por tanto, proceder a una expropiación sin derecho a compensaciones.

Por otra parte, la posibilidad de obtener compensaciones se considera cuando hay unas actividades de hecho (aprovechamientos de aguas, etc.), pero nunca las expectativas de desarrollo aunque las autoridades ambientales consideran cada vez con más interés la ver-

tebración de programas de desarrollo sostenible en la zona afectada por la declaración como alternativa al mantenimiento de las rentas locales.

Entre las causas de índole administrativo se pueden señalar:

- La visión sectorial de la planificación de los recursos (incluso la ambiental, que en algunas ocasiones se ha centrado en un único recurso como la fauna o la flora).
- Dispersión, descoordinación y, en ocasiones, discordancias de las competencias administrativas.
- Gestión del agua desagregada en diversos Organismos (Confederaciones Hidrográficas y, en el peor de los casos, en concesionarios, organismos ambientales, etc.).
- La Planificación y gestión ha sido escasa (en temas referidos sobre todo a las poblaciones locales) y centrada en muchas ocasiones, más en los equipamientos que en los programas.
- Visión geográfica muy reducida del ámbito de aplicación de los planes.
- Falta de propuestas de alternativas claras y bien definidas (programas de desarrollo local) para compensar las limitaciones por el uso conservacionista o a las actividades tradicionales.
- Desatención a los procesos de participación pública.

Desde el punto de vista social, se aprecia:

- Pérdida de los valores tradicionales frente a un progresivo efecto de imitación de los estilos de vida urbanos.
- Falta de valoración del patrimonio natural y cultural, desde el punto de vista de su consideración como un activo para la dinamización del territorio.
- Percepción de marginalidad, por parte de las poblaciones locales en la planificación y gestión del territorio (diseño e implantación de planes de protección de los espacios naturales) por la falta de información adecuada, de formación y de fomento de la participación pública.

Los conflictos se han materializado en:

- Malas relaciones entre la Administración y los administrados que, en algunos casos (no siempre se ha ido por la vía pacífica de las alegaciones) han ido acompañadas de actos violentos y de atentados contra la naturaleza (incendios, desecaciones, etc.) que no han conseguido más que recrudecer la situación y tener que mediar la justicia en base a denuncias por la transgresión de las leyes ambientales y la comisión de delitos ecológicos.
- Enfrentamientos sociales entre grupos con intereses contrapuestos (grupos ecologistas, agricultores, cazadores, especuladores del suelo, etc.) en el seno de una misma comunidad local.
- Guerras del agua entre poblaciones vecinas debidas al no avenimiento a la hora de compartir el recurso hídrico con poblaciones no sujetas a régimen de protección y con carencias de agua.
- Malas relaciones entre administraciones de jerarquía diferente por la defensa de criterios distintos.

Estas situaciones generalmente han comportado:

- Desgaste físico y económico tanto de la Administración como de las poblaciones locales, que resulta muy dañino a la hora de tomar las decisiones justas.
- Desmotivación por los temas de conservación de los residentes. Muchas veces los patronatos de los parques, más que a un ente gestor, se parecen a una junta de afectados.
- Utilización política de la conservación de los humedales.

Las consecuencias derivadas de estos procesos (recogidas en parte también en el cuadro II) son, entre otras:

Ambientales:

- Pérdida neta de superficie húmeda
- Sobreexplotación de los acuíferos
- Alteración del hidropериодо

- Alteración patrón de inundabilidad
- Alteración ciclo hidrológico local
- Pérdida de biodiversidad y de especies raras o endémicas
- Pérdida de funciones ecológicas y ambientales (depuración de aguas, mantenimiento de microclima, laminación de avenidas, etc.)
- Contaminación aguas superficiales y subterráneas
- Contaminación suelos
- Aridificación
- Pérdida de calidad paisajística

Socioeconómicas:

- Pérdida de valor de los recursos con contenido económico reconocido (productores de bienes), a medio y largo plazo: suelos, fauna (caza, pesca), vegetación (fármacos, etc.), sal, turbas, etc. Además hay que tener presente que se está investigando en estos momentos acerca de la obtención de nuevos productos de los humedales (por ejemplo: fármacos a partir de algas para la curación del cáncer, etc.) con interesantes potencialidades que se malograrían de no preservar estos ecosistemas.
- Pérdidas económicas ocasionadas al tener que sufragar los servicios que se derivan de la eliminación de determinadas funciones de los humedales: indemnizaciones por inundación, descontaminación de acuíferos (desalinización, etc.), importar agua potable de otras zonas, tratamientos extraordinarios de potabilización a aguas con excesivos nutrientes, etc.
- Pérdida de oportunidades para la educación e investigación. Los humedales son excelentes laboratorios vivos donde tienen lugar multitud de procesos.
- Pérdida de oportunidades para la recreación. Las zonas húmedas albergan fauna y flora y un patrimonio cultural muy diverso que puede constituir un atractivo importante para las modalidades de turismo interpretativo (ecoturismo, turismo cultural, etc.).

- Pérdida de calidad de vida a medio y largo plazo de las poblaciones de residentes. La presencia de láminas de agua en ambientes áridos suaviza el microclima de la zona y aportando indudables valores paisajísticos.
- Banalización del territorio. La pérdida de paisajes de valor disminuye la calidad estética del territorio.
- Pérdida de patrimonio cultural y de las señas de identidad de los pueblos. En los humedales españoles son ya muy pocos los residentes que conocieron otra forma de explotación anterior a la tecnológica. Hay que buscar a personas con, al menos más de 65 años, para conocer las tradiciones ya que lamentablemente no se encuentran en su mayoría escritas y que las nuevas formas de vida se han encargado de ir borrando paulatinamente.

A este respecto hay que añadir que las políticas de compensación no han sido ni imaginativas ni lo suficientemente eficaces. Ha sido escasa la financiación de programas de desarrollo local en donde se valorizara el patrimonio cultural y que derivado de ello se pudiera extraer un beneficio económico que, a su vez, se reinvirtiera en los aspectos de conservación. Las compensaciones habidas han ido básicamente por la vía de las subvenciones a personas físicas, con lo cual se ha potenciado un asistencialismo que incita poco a poner en marcha iniciativas nuevas.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

De lo anteriormente expuesto se puede deducir que las causas de la degradación y destrucción de los humedales son muchas y muy variadas. El sector de la economía que tradicionalmente ha ocasionado más y mayores modificaciones ha sido la agricultura y más recientemente la urbanización.

A nivel de los recursos naturales afectados destaca, sobre todos, el agua dulce, ya que es un bien muy disputado para usos diversos.

Hay que recalcar también el tratamiento diferenciado que la sociedad hace de los valores y funciones tangibles e intangibles.

Estando los segundos absolutamente desvalorizados, cuando, posiblemente, en estos momentos son los más valiosos. Se impone por tanto otro tipo de contabilidad a la hora de valorar estos ecosistemas, en donde conceptos como los recursos genéticos, reservorios de agua dulce, calidad paisajística, la vida silvestre, el propio espacio geográfico libre de actuaciones, etc., cobren valor.

Por lo que respecta a la legislación, parece que, en líneas generales, existe un cuerpo legal suficiente pero que encuentra problemas a la hora de su aplicación. Su eficacia, en la práctica, ha sido muy variable. Las leyes básicas nacionales, deberían en general incorporar conceptos más claros sobre conservación de humedales y no dejar a la discrecionalidad de los jueces algunas interpretaciones. Además, se le debería dar la consideración que merecen los PORNs y los PRUGs que fueron gestados como instrumentos de planificación territorial de primera magnitud, cuya filosofía y principios es muy válida; pero, en muchas ocasiones sólo ha servido como trámite burocrático previo a la declaración de un espacio natural protegido. La realidad es que pocos se llevan a la práctica real por los problemas que conlleva la formulación de programas de desarrollo alternativos para las áreas afectadas.

Respecto a la propiedad del suelo y los derechos adquiridos sobre las aguas, una de las soluciones más frecuentemente utilizadas ha sido la de la compra de terrenos. Sin embargo, se debería fomentar la implementación de programas de desarrollo sostenible como alternativa, en donde la población se sintiera más implicada.

La aplicación de estrategias de conservación debe sintonizarse con las estrategias globales de ordenación del territorio, considerando las especificidades que presentan estos ambientes y las dificultades de índole socioeconómico que se han generado hasta el momento tanto en áreas rurales marginales como en zonas costeras con fuertes intereses económicos. Por tanto, la implantación de estrategias de conservación debería contemplar:

- Distinguir entre cuenca vertiente y zona de intervención o de ordenación directa. Así, en la cuenca vertiente se debería regular básicamente el funcionamiento de las actividades, para garanti-

zar el respeto por las tasas de renovación de los recursos naturales renovables, sobre todo los hídricos; y controlar la capacidad de asimilación de los vectores agua y suelo. En el propio humedal, se deberá respetar la capacidad de acogida del territorio en todos los sentidos (ecológica, física, paisajística, perceptual, social y económica) y se deberá garantizar el desarrollo de la dinámica ecológica normal de la zona húmeda.

Desde el punto de vista de la planificación de la zona húmeda, habrá que considerar que los planes se redacten:

- Desde una perspectiva global: es decir, que debe afectar a todos los subsistemas que forman la realidad territorial.
- Con una visión local y de abajo hacia arriba: lo que significa que debe iniciarse desde las comunidades locales y no venir impuesto desde instancias superiores.
- Desde postulados sostenibles y endógenos: es decir, considerar los propios recursos naturales, construidos y humanos de cada comunidad.
- Con carácter integrado, interdisciplinar y sistémico: de tal manera que, relacionando unos aspectos con otros, consiga sinergias positivas
- De forma flexible: susceptible de ser reconducido, una vez puesto en marcha, sin graves quebrantos económicos, sociales o territoriales.
- Deben de ser planes participativos y concertados: contando con la aceptación de la población afectada y habiendo negociado entre los diversos agentes socioeconómicos de tal manera que se repartan correctamente las responsabilidades entre ellos.
- Deben incorporar incentivos financieros, subsidios y ayudas orientadas a poner en marcha actividades que complementen las rentas, desgravaciones fiscales, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, E. (Coordinador) (1996). «Legal and Administrative framework for mediterranean wetlands». En: Management of Mediterranean Wetlands. Morillo, C. y González, J.L. (editores): Ed. Ministerio de Medio Ambiente, D.G. Conservación de la Naturaleza, vol. I, pp.13-172.
- CONVENCION DE RAMSAR (1996). «Plan Estratégico. Objetivos y acciones 1997-2002». En: Actas 6^a Reunión de la Conferencia de las partes Contratantes, Brisbane (Australia).
- CUSTODIO, E. (1987). «Peculiaridades de la Hidrología de los complejos palustres españoles». En: Bases científicas para la protección de los Humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 43-64.
- GONZALEZ BERNALDEZ, F. (1992). «Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales». J.M. Reyero Editor, Madrid, 257 pp.
- MARGALEF, R. (1987). «Teoría y modelado de los sistemas fluctuantes». En: Bases científicas para la protección de los Humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, pp. 31-42.
- MEDWET (1996). «Stratégie relative aux zones humides méditerranéennes». Venezia.
- VIÑALS, M.J. (1996). «El Marjal de Pego-Oliva. Evolución geomorfológica». Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura y Medio Ambiente, 352 pp.
- VIÑALS, M.J. (1999). «La variabilidad de las cubetas de los humedales mediterráneos: formas y procesos geomórficos». En: Humedales mediterráneos, 1, pp.91-98.