



EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO DE ESPAÑA

CONSERVACIÓN DE LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS
Y LA BIODIVERSIDAD PARA EL BIENESTAR HUMANO

INFORME FINAL

Abril 2011



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO



Fundación Biodiversidad

Sección III

Evaluación de los tipos operativos de ecosistemas

Capítulo 11

Lagos y humedales de interior



Universidad de Sevilla, Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional



Universidad de Castilla la Mancha, Sección de Humedales, Centro Regional de Estudios del Agua



Universidad de Valencia, Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva

Autores: César Borja Barrera, Máximo Florín Beltrán y Antonio Camacho

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA SOCIOECOLÓGICO DE LAGOS Y HUMEDALES	13
2.1. DEFINICIÓN DEL TIPO DE ECOSISTEMA	13
2.2. DOMINIO GEOGRÁFICO.....	16
2.3. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	18
3. ESTADO DE CONSERVACIÓN GENERAL DE LOS ECOSISTEMAS DE LAGOS Y HUMEDALES ...	21
4. SERVICIOS SUMINISTRADOS. MÉTODOS DE EVALUACIÓN Y FUENTES DE DATOS.....	29
5. CONDICIONES Y TENDENCIAS DE LOS SERVICIOS EVALUADOS.....	36
5.1. SERVICIOS DE ABASTECIMIENTO	36
5.1.1. Alimentos.....	36
5.1.2. Agua para consumo	40
5.1.3. Materias primas de origen biológico	41
5.1.4. Materias primas de origen geótico.....	41
5.1.5. Energías renovables	42
5.1.6. Acervo genético	42
5.1.7. Medicinas naturales y principios activos	44
5.2. SERVICIOS DE REGULACIÓN	44
5.2.1. Regulación climática	44
5.2.2. Regulación de la calidad del aire	44
5.2.3. Regulación hídrica.....	45
5.2.4. Regulación morfosedimentaria.....	46
5.2.5. Formación y fertilidad del suelo	46
5.2.6. Regulación perturbaciones naturales.....	46
5.2.7. Control biológico.....	47
5.3. SERVICIOS CULTURALES	48
5.3.1. Conocimiento científico.....	48
5.3.2. Conocimiento ecológico local.....	49
5.3.3. Identidad cultural y sentido de pertenencia	50
5.3.4. Valor espiritual y religioso.....	50
5.3.5. Paisaje y disfrute estético.....	50
5.3.6. Actividades recreativas y ecoturismo	50
5.3.7. Educación ambiental	51
5.4. TENDENCIAS GENERALES.....	51
6. IMPULSORES DIRECTOS DEL CAMBIO DE LOS ECOSISTEMAS DE LAGOS Y HUMEDALES ESPAÑOLES	53
7. ANÁLISIS DE COMPROMISOS (<i>TRADE-OFFS</i>) Y SINERGIAS	55

8. RESPUESTAS E INTERVENCIONES DE GESTIÓN	56
9. LA CONSERVACIÓN DE LOS LAGOS Y HUMEDALES Y EL BIENESTAR HUMANO.....	58
9.1. A MODO DE CONCLUSIÓN	58
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 11.1. Principales características diferenciales, salvo excepciones, de los distintos tipos ecológicos de ecosistemas leníticos (de aguas remansadas) definidos por Camacho <i>et al.</i> (2009).....	14
Tabla 11.2. Aspectos básicos para la caracterización del tipo operativo de ecosistema	16
Tabla 11.3. Evolución de la superficie de humedales en España desde inicios del siglo XIX hasta 1990 (Casado <i>et al.</i> , 1992), agrupados por grandes tipos.	24
Tabla 11.4. Principales servicios suministrados por los lagos y humedales españoles.....	29
Tabla 11.5. Principales indicadores utilizados en la caracterización de lo servicios suministrados por los lagos y humedales españoles.....	32
Tabla 11.6. Principales áreas de producción de arroz en España.....	36
Tabla 11.7. Evaluación del estado y tendencias de los servicios de los lagos y humedales españoles, agrupados por tipos de servicios.	52
Tabla 11.8. Impulsores de cambio directo para los lagos y humedales españoles. La gama de colores indica la intensidad del impulsor en la alteración de los servicios que proporcionan.....	53
Tabla 11.9. Algunos ejemplos del sistema de interrelaciones entre los distintos tipos operativos de ecosistemas contemplados en EME.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 11.1. Humedales incluidos hasta abril de 2011 en el Inventario Español de Zonas Húmedas. (Fuente: web MARM, 2011).	17
Figura 11.2. Distribución espacial de las masas de agua tipo lagos y de transición identificadas a partir de la información proporcionada por algunas confederaciones hidrográficas.....	18
Figura 11.3. Distribución espacial de los 184 humedales integrantes del Inventario Abierto de Humedales de Andalucía (actualizado a 2009).....	19
Figura 11.4. Evolución de la destrucción de las marismas de Doñana durante el último siglo consecuencia del avance de la puesta en cultivo especialmente de arroz (Lomas <i>et al.</i> , 2007).....	23
Figura 11.5. Estado de conservación de los grandes tipos de humedales españoles, expresados en número de enclaves conservados (verde), alterados (naranja) y desaparecidos (rojo), desde inicios del siglo XIX a 1990. Los dígitos indican el número de humedales por tipo y estado. Modificado de Casado <i>et al.</i> (1992).	25
Figura 11.6. Datos recogidos en el Plan Andaluz de humedales con referencia al número de perdidos (51%) y de la superficie desaparecida (67%).....	28
Figura 11.7. Relación de humedales continentales y litorales perdidos y superficie desaparecida igualmente por tipo de humedal.....	28
Figura 11.8. Evolución de la producción acuícola española para el período 1984 a 2001 según la FAO. La producción de peces experimenta un incremento a finales del periodo considerado situándose por encima de las 300.000 toneladas.	38
Figura 11.9. Distribución de las instalaciones de acuicultura activas en España en 2008, muchas piscifactorías de interior están más bien vinculadas a ríos y no a humedales. Por su parte las ubicadas en el litoral los están a humedales.....	39
Figura 11.10. Aumento de la superficie de regadío en España en las últimas décadas (Tamames, 2008)....	40
Figura 11.11. Porcentaje de agua consumida en España por tipo de usos según datos del Plan Hidrológico Nacional (Pizarro, 1996).....	40
Figura 11.12. Estado de las especies animales y vegetales amenazadas según el Catálogo español de especies amenazadas.	

<i>(http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas/catalogo_especies/acceso_catalogo.htm)</i>	43
Figura 11.13. Distribución cronológica por tipo de publicación relacionada con el medio físico de los humedales andaluces hasta el año 2000 (Borja <i>et al.</i> 2002).	48
Figura 11.14. Distribución de vías pecuarias y cañadas y su relación con la red fluvial y los humedales en la Comunidad de Castilla-La Mancha.	49
Figura 11.15. Distribución de las visitas a la comarca de Doñana con indicación de los ámbitos más frecuentados.	51
Figura 11.16. Esquema sintético de la influencia de los principales impulsores directos del cambio en los servicios de los lagos y humedales españoles. Se han considerado los impulsores con impacto moderado, alto o muy alto y tendencia al alza o rápidamente al alza, los principales aspectos afectados del capital natural de este tipo operativo de ecosistemas, su repercusión en mejoras y pérdidas de servicios (representadas con signos + y –, sus implicaciones con el bienestar humano, y las interacciones entre éste y los impulsores directos del cambio.	58

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 11.1. Proceso de urbanización del litoral de Huelva. En la parte superior la laguna de El Portil en el año 1956 en la que se observa el cierre de la laguna por las dunas y la playa. En la parte inferior estado actual (2011) en el que las construcciones llegan hasta el mismo borde la laguna.	20
Imagen 11.2. Aspecto de la laguna Primera de Palos en el litoral onubense en las inmediaciones del polo químico ubicado en la zona portuaria.	21
Imagen 11.3. Laguna de Tirez (Toledo) en la que se observa en primer término las antiguas cubetas utilizadas para la explotación salinera (Fotografía de Juan Rueda, Universidad de Valencia).	21
Imagen 11.4. Transformación salinera de la marisma de Sancti Petri en Cádiz, actualmente protegida bajo la figura de paraje natural.	22
Imagen 11.5. Fotografía aérea de L'Albufera de Valencia en la que se observa el lago en la parte central, y una superficie mucho mayor correspondiente a la marjal constituida fundamentalmente por arrozales sobre terrenos ganados al lago en los siglos XVIII y XIX, actualmente incluida en el Parque Natural de L'Albufera.	22
Imagen 11.6. Fotografía aérea de la Laguna del Tobar (Cuenca). Obsérvese la distinta tonalidad de las aguas, de distintas características a las del lago, en la parte inferior izquierda, como consecuencia de la entrada de aguas procedentes del Embalse de la Tosca a través del canal que se puede observar en la parte central inferior de la fotografía.	25
Imagen 11.7. Tubería de vertido en una laguna manchega. Fotografía de Juan Rueda (Universidad de Valencia).	26
Imagen 11.8. Proceso de avance de los cultivos intensivos en el entorno de la Albufera de Adra en la provincia de Almería. Arriba imagen correspondiente al año 1956 en la que se observa algunas parcelas cultivadas en las proximidades del humedal. Abajo estado actual con ocupación total del entorno del humedal por invernaderos e infraestructuras lineales.	27
Imagen 11.9. Fotografía del Estany de Cullera (Valencia), una laguna costera meromíctica situada en la desembocadura de un pequeño río, después de las obras de eliminación de la barrera arenosa para mejorar el drenaje. Los cambios morfológicos realizados suprimieron las características meromícticas de la laguna y alteraron totalmente su funcionamiento hidrológico (fotografía de Rafael Oltra, Universidad de Valencia).	27
Imagen 11.10. Aspecto de los cultivos de arroz en la Albufera de Valencia en el entorno del Ullal de Baldoví.	37
Imagen 11.11. Tareas de extracción de peces en una de las piscinas de la piscifactoría ubicada en el estero del Carbón en el río Piedras (Cartaya, Huelva).	39
Imagen 11.12. Acumulación de sal en las instalaciones de procesado ubicadas en las Salinas de Cabo de Gata (Almería).	41

Imagen 11.13. Salinas de Añana (Álava), uno de los enclaves salineros históricamente más importantes de la Península Ibérica.	41
Imagen 11.14. Vista parcial de la turbera de Padul (Granada) en invierno de 2010. La lámina de agua ubicada en la parte central de la foto corresponde con el área explotada.	42
Imagen 11.15. El caballo de la Retuerta en el Parque Nacional de Doñana.	43
Imagen 11.16. Ejemplar macho de vaca <i>mostrenca</i> en la laguna de Charco del Toro (Parque Nacional de Doñana).....	44
Imagen 11.17. Aspecto de la marisma de Doñana durante el verano de 2009 completamente seca.	47
Imagen 11.18. Ejemplar de cangrejo rojo (<i>Procambarus clarkii</i>) muy abundante en la mayoría de los humedales no salinos de España.	47

MENSAJES CLAVE

El 67,8% de los servicios de los ecosistemas de lagos y humedales evaluados en el presente trabajo se están degradando o se están utilizando de una manera no sostenible. Los servicios que presentan una situación peor son los de regulación, principalmente los de regulación hídrica, climática, morfosedimentaria..., que son además los menos visibles a la sociedad, junto con algunos otros del grupo abastecimiento como son la producción de alimentos, la provisión de agua para consumo, materiales de origen biológico y mineral, o el acervo genético. Los que presentan una mejor situación, por el contrario, son los de tipo cultural como el disfrute estético y paisajístico, las actividades recreativas o el conocimiento científico, entre otros. (*muy cierto*)

Durante el siglo pasado y, especialmente en la segunda mitad del mismo, se ha producido la desaparición de aproximadamente el 60% de la superficie ocupada por lagos y humedales. El desarrollo de una legislación que amparaba e, incluso, potenciaba la desecación de humedales, el avance de la frontera agraria, la escasa conciencia medioambiental, el progreso imparable de la tecnología, el desarrollismo urbanístico en los litorales, etc., son algunos de los elementos que se han combinado a largo del último siglo y, especialmente en sus últimas décadas, originando la pérdida de más de la mitad de los ámbitos palustres y lacustres españoles. Especialmente afectados por este proceso de destrucción son los humedales litorales (70%), los interiores (60%), así como los ubicados en las llanuras aluviales de los ríos (62%). La desaparición y/o transformación de los humedales compromete a medio/largo plazo el suministro de servicios que prestan a la sociedad. (*muy cierto*)

La información disponible a nivel estatal en relación con los humedales españoles es prácticamente inexistente. La única fuente de datos de carácter nacional en relación con los lagos y humedales españoles la constituye el Inventario Nacional de Zonas Húmedas que se llevó cabo entre los años 1988 y 1991. Desde entonces no se ha generado información global con carácter estatal, no se ha actualizado dicho inventario, ni se ha puesto a disposición de investigadores ni del público en general, e, igualmente, no se ha generado una cartografía a nivel nacional en la que se localicen detalladamente dichos ecosistemas. Esta situación constituye una enorme limitación a la hora de analizar y estudiar cualquier aspecto relacionado con este tipo de ecosistemas, desde su tipificación y clasificación, a la caracterización de su estado de conservación, entre otros muchos aspectos, aunque en la implementación de la Directiva Marco del Agua y de la Directiva Hábitats se está comenzando a generar información de carácter sintético sobre los lagos y humedales españoles. (*muy cierto*)

La diversidad de tipos de humedales presentes en España es muy elevada. La tipología de humedales españoles es enormemente diversa desde cualquier punto de vista desde el que se aborde su clasificación: genético-funcional, dinámica hídrica, caracterización físico-química, tamaño, estructura, comunidades biológicas, funcionamiento ecológico, etc. La importancia de este enorme patrimonio natural ha sido tradicionalmente infravalorada y poco percibida por la sociedad. En España se reconoce la presencia de tipos ecológicos casi únicos en el continente europeo como son las lagunas interiores salinas o lagunas cársticas en yesos entre otras. (*certeza alta*)

Los lagos y humedales españoles suministran un gran número de servicios que contribuyen al bienestar del ser humano. Los servicios prestados son de muy diversa índole (abastecimiento, regulación y culturales) y se manifiestan a escalas espacio-temporales igualmente diversas. Los beneficios que obtiene la sociedad de los servicios que proveen los ecosistemas húmedos van desde el abastecimiento de agua, la regulación climática, la mitigación del cambio climático, la potabilización y depuración de agua, la reserva de material genético, la protección frente a inundaciones, etc., a la provisión de alimentos, fibras, o al disfrute estético, paisajístico y espiritual, entre otros muchos. (*muy cierto*)

El mantenimiento de la integridad ecológica de los humedales es la base para garantizar sus funciones y por tanto su capacidad de generar servicios que contribuyan al bienestar de la sociedad. Dicho de otro modo, la sobreexplotación de los servicios que proporcionan los humedales, es decir, sobrepasar las tasas de renovación natural y la resiliencia del ecosistema lago o humedal, provocará alteraciones en sus

funciones y por tanto pérdida de su capacidad de generar beneficios presentes y para las futuras generaciones. (*muy cierto*)

Los servicios de abastecimiento que suministran los humedales españoles son muy diversos. Los más importantes son el suministro de agua potable (para consumo, riego...), alimento (arroz, acuicultura, pesca, marisqueo...), productos bioactivos, materias primas de origen biológico (fibra, madera...) y de origen geótico (sal, áridos...), fuente de energía (hidroeléctrica, mareomotriz, turba...), genéticos y ecológicos (reservorio de biodiversidad en los diferentes niveles de organización, hábitats de interés comunitario) y, finalmente, los relacionados con medicina natural, cosmética, termalismo... (*muy cierto*)

Los humedales españoles proporcionan un importante catálogo de servicios de regulación. Especial importancia reviste el papel de los humedales en la regulación de ciclos biogeoquímicos, como los relacionados con la reducción del contenido de materia orgánica y de nitrógeno y fósforo en el agua, así como en el mantenimiento del balance de carbono en las masas de agua. Ejercen también una importante labor en la regulación hídrica mitigando el efecto de inundaciones y sequías, o proporcionando humedad al suelo, al tiempo que amortiguan el efecto de perturbaciones especialmente en los ámbitos costeros. Son igualmente esenciales en el mantenimiento de la biodiversidad constituyendo en ocasiones refugio de especies vegetales y animales. (*muy cierto*)

Los servicios culturales de los humedales constituyen una de sus principales señas de identidad. Los paisajes del agua son reivindicados y solicitados cada vez más por la sociedad, desarrollándose en ellos gran cantidad de actividades recreativas (pesca, caza, baño, actividades deportivas...), al tiempo que se ha producido un importante aumento de un turismo de naturaleza que visita cada vez más estos ámbitos. También se ha incrementado en las últimas décadas el conocimiento científico de este tipo de ecosistemas, según indica el sustancial aumento de las publicaciones, de la inversión pública para el desarrollo de proyectos de investigación y el de programas de educación ambiental entre otros aspectos. El disfrute estético y espiritual de este tipo de ecosistemas ha experimentado igualmente un importante repunte en las últimas décadas, que contrasta con la pérdida de identidad cultural y de sentido de pertenencia asociados al envejecimiento de la población y despoblamiento de los ámbitos circundantes. (*certeza alta*)

La tendencia en el estado de los servicios de los humedales españoles es hacia una degradación generalizada. Este tipo de ecosistema es muy sensible a la acción de impulsores directos de cambio como los derivados de la transformación de los usos tradicionales del suelo. El cambio de una agricultura tradicional a una totalmente mecanizada ha provocado el desarrollo de altas tasas de erosión y de puesta en circulación de importantes volúmenes de sedimentos, que terminan por colmar las cubetas lagunares. El aumento de la contaminación por pesticidas, fertilizantes, etc., es otra gran amenaza para los humedales españoles, así como los cambios en el balance de los ciclos biogeoquímicos. La proliferación de especies invasoras que desplazan a las poblaciones autóctonas es otro problema relevante. Otros impulsores directos de cambio con un horizonte a corto/medio plazo están relacionados con el cambio climático, en la medida en que se produzca una reducción de las precipitaciones, que son el principal motor del funcionamiento de este tipo de ecosistemas. (*certeza alta*)

La evaluación global del estado de los servicios proporcionados por los humedales españoles es preocupante. La pérdida de integridad ecológica generalizada que sufre la mayor parte de los humedales españoles indica una tendencia a la baja en el estado global de los servicios que de ellos obtiene la sociedad. La alteración de las funciones que soportan los servicios que suministran los humedales, acompañado del aumento en las tasas de afección provocadas por los impulsores directos e indirectos de cambio, han desembocado en una situación actual preocupante que debe hacer reflexionar sobre la validez de las políticas actuales aplicadas a la conservación de este valioso capital natural. (*certeza alta*)

1. Introducción

Los lagos son ecosistemas de aguas retenidas caracterizados por la presencia temporal o permanente de una lámina de aguas abiertas (Reynolds y O'Sullivan, 2003), mientras que los humedales constituyen ámbitos de transición entre los medios terrestres y acuáticos en los que se entrelazan y mezclan rasgos definitorios que caracterizan a esos dos términos extremos (Mitsch y Gosselink, 2000). En especial los humedales, situados en una zona de frontera (ecotono), presentan una alta heterogeneidad siendo muy variables en sus manifestaciones espacio-temporales y muy dinámicos en cuanto su funcionamiento.

Los lagos y humedales suministran un amplio y variado catálogo de servicios a la sociedad (Camacho, 2006; De Groot *et al.*, 2006) contribuyendo a su bienestar. Estos servicios son muy diversos (abastecimiento de agua, regulación climática, mitigación del cambio climático, purificación y detoxificación del agua, reserva de material genético, protección frente a inundaciones, provisión de alimentos y fibras, disfrute estético, paisajístico y espiritual, etc.), y se manifiestan a distintas escalas espacio-temporales. Sin embargo, la importancia de un flujo de servicios tan importante como el de los lagos y humedales españoles hacia la sociedad no es percibida por ésta en su justa medida.

El modelo socioeconómico vigente en la actualidad se basa en un uso abusivo del agua de los ecosistemas acuáticos, sin tener en cuenta las tasas de renovación natural de los procesos hidrológicos que sostienen el servicio de abastecimiento de agua de calidad. Así, utilizamos más de la mitad del agua para consumo (potable, riego, etc...) disponible en el planeta, devolviéndola después a la naturaleza con una alta carga de contaminantes que, a su vez, generan importantes perjuicios biogeofísicos en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Montes, 2007). Esta dinámica se ha acentuado notablemente en las últimas décadas, alcanzándose niveles insostenibles que están provocando un ritmo de deterioro sin precedentes del servicio de abastecimiento de agua, incluso, su agotamiento.

Debido a ello, los humedales están entre los ecosistemas del planeta más amenazados, siendo la situación de los lagos y humedales españoles en particular bastante preocupante (Casado y Montes, 1995; Camacho, 2008). La desaparición física de un importante número de ellos durante el último siglo, en especial en las décadas de los años cincuenta a los ochenta, ha supuesto una pérdida irreparable desde el punto de vista ecológico, mientras que un porcentaje bastante alto de los que han sobrevivido (un 45% según datos del MIMAM, 1998) presenta un estado de degradación variable.

A pesar de ser tradicionalmente un tipo de ecosistemas muy estudiado, evaluar su estado y tendencias a nivel nacional no es tarea fácil. En la actualidad no existe información sistematizada ni actualizada, ya que la única fuente de información a escala nacional es el *Inventario Español de Zonas Húmedas* (IEZH) llevado a cabo en los años 90 (DGOH, 1991; INIMA, 1995) que, a pesar de haberse basado en un exhaustivo trabajo de campo, presenta notables deficiencias ya que los datos recogidos no están disponibles al público, no están actualizados ni están asociados a ningún sistema de información geográfica que facilite su localización y manejo. Según reza en la página web del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM, 2011), “en aplicación de la Ley de Aguas, la Dirección General de Obras Hidráulicas elaboró en 1990 el primer trabajo moderno de inventario de humedales en España (*Estudio de las Zonas Húmedas de la España Peninsular. Tipificación e Inventario*), que fue actualizado en 1996 (*Actualización del Inventario de Zonas Húmedas. Banco de Datos*), que fue la base para la realización del *Plan Estratégico Español para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales, en el marco de los Ecosistemas Acuáticos de que dependen* (MIMAM, 1998)”. Los resultados de estos trabajos previos de inventario indicaban la existencia de más de 2.500 humedales de cierta entidad en España, de muy distintos tamaños, tipologías y estados de conservación. En 2004 se aprobó la figura legal destinada a servir como marco legal a la catalogación de las zonas húmedas españolas, el Real Decreto 435/2004, de 12 de marzo, por el que se regula el *Inventario Español de Zonas Húmedas* (BOE nº 73 de 25 de marzo de 2004). Sin embargo, en abril de 2011 (MARM, 2011) tan solo cuatro comunidades autónomas, Andalucía, la Comunidad de Madrid, la Comunidad Valenciana y La Rioja, habían incorporado oficialmente humedales a dicho catálogo, un total de 237 que abarcaban más de 164.000 ha., de las cuales casi la mitad de los lugares y dos terceras partes de la superficie se

encontraban en la primera, aunque la contribución en superficie de los humedales de la Comunidad Valenciana es también notable. En cualquier caso, si bien en los últimos diez o quince años han aparecido algunos inventarios autonómicos, estos se han llevado a cabo sin excesiva coordinación entre las distintas Comunidades Autónomas y con criterios dispares. El resultado es la existencia de porciones del territorio nacional sobre las que se tiene un nivel de conocimiento y disponibilidad de información adecuada en relación con los lagos y humedales y la existencia otros ámbitos sobre los que existe escasa o nula información. Este es uno de los principales problemas que hemos encontrado a la hora de abordar este trabajo.

No obstante lo anterior, el objetivo principal de la presente investigación se cifra en la caracterización de los servicios que los lagos y humedales españoles suministran a la sociedad, y, especialmente, en el análisis de la tendencia que éstos van a experimentar en el corto y medio plazo como respuesta a la influencia de distintos impulsores directos e indirectos de cambio.

2. Caracterización del sistema socioecológico de lagos y humedales

2.1. Definición del tipo de ecosistema

Los lagos y humedales se suelen ubicar en depresiones del terreno más o menos definidas, y/o en lugares donde el nivel freático está cerca de la superficie del terreno; en todos ellos, la presencia de agua constituye un factor determinante en el desarrollo de unos suelos, una vegetación y un paisaje característicos. En el caso de los primeros sus límites están por lo general bien definidos desde el punto de vista hidrogeomorfológico. En el caso de los humedales su identificación, caracterización y delimitación no son tareas fáciles al constituir en muchas ocasiones ámbitos de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres. Además, su definición se ve complicada por la gran variabilidad espacial y temporal que presentan, sobre todo en aspectos tan sustantivos como la extensión, profundidad y permanencia de la lámina de agua, la distribución de las formaciones vegetales, y su amplia distribución geográfica (hay humedales en todos los ámbitos terrestres: desde el trópico a la tundra, pasando por las zonas áridas) y posición geomorfológica (desde la alta montaña al litoral).

Esta multiplicidad del fenómeno humedal ha determinado la aparición de una gran variedad terminológica. El número de voces populares que aluden a zonas húmedas, encharcadizas, pantanosas, etc., es muy abundante en castellano (González Bernáldez, 1992). Esto se pone de manifiesto, incluso, a hora de utilizar una expresión genérica con la que referirse a estos ecosistemas. La expresión *zona húmeda* procedente de la traducción literal del vocablo anglosajón *wetland*, o de la expresión francesa *zone humide*, ha sido utilizada con profusión tanto en ámbitos científicos como en el lenguaje común. Sin embargo, su uso es objeto de polémica, por lo ambiguo de su significado (Díaz del Olmo, 1984). Es por ello que en las últimas décadas se ha sustituido por el de humedal, que como se verá en apartados posteriores, recoge mejor la compleja realidad que supone este tipo de fenómenos.

Las manifestaciones paisajísticas de las aguas remansadas son muy numerosas. Tradicionalmente se han clasificado en lagos, lagunas y charcas, siendo el tamaño el principal factor discriminante entre ellos. Los lagos son masas de aguas estratificadas y/o de gran volumen, profundidad y permanencia del agua; las charcas son láminas de agua efímeras y de dimensiones reducidas, mientras que las lagunas son sistemas intermedios entre los dos anteriores, pero no se estratifican nunca (CMAJA, 2002). La utilización exclusiva del tamaño para definir los diferentes tipos de ambientes leníticos es insuficiente, porque hay, por ejemplo, lagunas esteparias someras y temporales que tienen centenares de hectáreas de superficie, a la vez que lagos de menos de 0,5 hectáreas. Por ello, la profundidad es también un criterio muy importante, dejando en los extremos a los lagos como ecosistemas de aguas profundas y a los humedales como ecosistemas de aguas someras.

Pero los humedales incluyen también sistemas sin lámina de agua superficial, por efímera y ocasional que sea, pero en los que al menos el nivel freático está lo suficientemente próximo a la superficie del terreno como para condicionar la aparición de unos suelos y una vegetación diferenciados de los ecosistemas terrestres y/o acuáticos eventualmente adyacentes, y que dan lugar a un cambio cualitativo de paisaje. Estos sistemas se denominan criptohumedales (González Bernáldez y Montes, 1989). Si existe lámina de agua en la superficie topográfica durante un período de tiempo suficiente como para que se desarrollen organismos estrictamente acuáticos (vegetales y animales), se habla de formaciones palustres.

En cualquier caso, los humedales se caracterizan básicamente por tres hechos fundamentales: la presencia de *agua* en la superficie del terreno o cerca de ésta con una permanencia y recurrencia determinadas; la presencia de unos suelos característicos formados a partir de esas condiciones de exceso de humedad (suelos hidromorfos); y la presencia de unas comunidades vegetales y/o animales características adaptadas a las condiciones de saturación y/o permanencia de una lámina de agua. Estas condiciones pueden concurrir las tres al mismo tiempo o estar presente una o dos de ellas. Como resultado de lo anterior se genera una unidad de paisaje diferenciada de los ecosistemas acuáticos o terrestres eventualmente adyacentes.

Como se ha descrito, los lagos y humedales constituyen un variado y diverso grupo de ecosistemas húmedos, caracterizados por la multiplicidad de factores geo-biofísicos responsables de su génesis y dinamismo (Borja, 2011), por una parte, y por la diversidad biológica que albergan, por otro (Camacho *et al.*, 2009). Por ello, su clasificación no es una tarea fácil como lo pone de manifiesto la diversidad de clasificaciones desarrolladas a partir de la utilización de criterios diversos (genético-funcionales, hidrológicos, físico-químicos...). En términos generales se puede afirmar que existen dos grandes tipos de clasificaciones de humedales según se fundamenten o no en el carácter genético de este tipo de ecosistemas (Manzano *et al.*, 2002). Las primeras tienen en cuenta el origen (la génesis) de los factores que explican la diversidad natural de los humedales de una determinada región ecológica. Por otro lado, las propuestas *no genéticas* entienden que resulta más interesante una tipificación basada directamente en la diversidad “actual” de estos sistemas naturales. Un ejemplo de este último tipo es la tipificación desarrollada por el Convenio Ramsar, que es la que mayor aceptación tiene a nivel internacional. Sin embargo, es una propuesta poco útil para el desarrollo de programas de identificación, delimitación, valoración integral y, por supuesto, de restauración de humedales, frente a una clasificación basada en una definición científica de los humedales como *ecosistemas*, que incorpore los componentes básicos de los humedales, los criterios de identificación y los indicadores para su delimitación.

A pesar de lo anterior y de cara a ganar en operatividad y claridad expositiva, en el presente trabajo se ha optado por establecer una distinción básica en dos grandes conjuntos operativos conceptualizados de modo genérico como humedales y que agrupan, por un lado, a formaciones lacustres (lagos) y formaciones palustres interiores, y, por otro, a formaciones palustres litorales.

a) Lagos y humedales interiores. En el presente trabajo la sistematización del subtipo de humedales interiores se ha basado en la clasificación definida por Camacho *et al.* (2009) en la Ficha 31 del documento *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*, promovido por el MARM, que constituye una tipología básica que desde el punto de vista ecológico responde bien a la diversidad de ecosistemas húmedos interiores presentes en España.

- Tipo 1. Lagunas y humedales fluviales: a) llanuras de inundación, b) meandros abandonados, en cursos medio-bajos, y, c) de represamiento en cursos altos.
- Tipo 2. Lagos y lagunas de alta montaña (morfogénesis glaciar o periglacial): a) génesis glaciar y b) génesis glacio-kárstica.
- Tipo 3. Lagos y lagunas profundos kársticos (exokársticos) calcáreos.
- Tipo 4. Lagos y lagunas profundos kársticos (exokársticos) sobre yesos.
- Tipo 5. Lagunas someras salinas (origen kárstico inducido, karst no funcional, u otros orígenes).
- Tipo 6. Lagunas y humedales someros no salinos (origen kárstico inducido) de aguas alcalinas tanto permanentes como temporales.
- Tipo 7. Lagunas y humedales someros no salinos (origen morfoestructural) de aguas ácidas y/o de baja alcalinidad permanentes o temporales.
- Tipo 8. Lagunas volcánicas.

En la tabla 11.1 se recogen algunas de las características diferenciales entre estos tipos, si bien su caracterización detallada puede consultarse en Camacho *et al.* (2009):

Tabla 11.1. Principales características diferenciales, salvo excepciones, de los distintos tipos ecológicos de ecosistemas leníticos (de aguas remansadas) definidos por Camacho *et al.* (2009).

Tipo ecológico	Localización	Origen	Profundidad	Litología	Mineralización (Cond. ms/cm)
1	Continental	Fluvial	Somero	Indistinta	< 3
2	Continental	Glaciar	Profundo (sólo lagos)	Indistinta	< 0,5
3	Continental	Kárstico	Profundo	Calcárea	< 1

4	Continental	Kárstico	Profundo	Evaporitas	1 - 5
5	Continental	Kárstico y/o procesos varios	Somero	Evaporitas	> 5
6	Continental	Kárstico y/o procesos varios	Somero	Calcárea	< 3
7	Continental	Morfo-estructural	Somero	Silicea	< 0,5
8	Continental	Volcánico	Somero	Diversas	Difiere entre los subtipos

b) Humedales litorales. El litoral constituye un ámbito de transición entre el continente y el océano, entre lo terrestre y lo acuático, siendo este contacto el que determina la aparición de un determinado conjunto de acciones que responden a lo que se denomina *morfogénesis litoral* (INIMA, 1995). Dentro del ámbito litoral se reconoce, además, un sector específico en el que se identifican una serie de procesos (oleaje, mareas, deriva litoral...) y modelados (flechas litorales, islas barrera, barras arenosas...) litorales exclusivamente asociados a la existencia de la línea de costa y que conformarían lo que conocemos como *morfogénesis costera* (CMAJA, 2002). La línea de costa (gobernada por la morfogénesis costera) es el resultado de un complejo sistema de interrelaciones en el espacio y en el tiempo entre procesos litorales, pero también, continentales y atmosféricos, que se concreta bajo la expresión del *sistema playa-duna-humedal* (Fernández y Borja, 2006; Costas, 2008). Dentro de este complejo sistema, el desarrollo de playas y dunas puede llegar a generar barreras arenosas que propicien la aparición de humedales como puede ser el caso de las ensenadas con barrera, depresiones de frente de delta o ganchos de flecha litoral. De igual modo, cuando se combinan los procesos costeros con los fluviales se desarrolla una morfogénesis *fluvio-costera* que da lugar a la aparición modelados de valles con barrera, estuarios con barrera o sistemas de estuario-*lagoon*; mientras que si se combinan procesos fluviales con los mareales estaríamos en presencia de una morfogénesis *fluvio-mareal* que es la responsable, por ejemplo, del desarrollo de llanuras y marismas mareales que constituirían uno de los ejemplos más genuinos de humedal costero. Podríamos incluir, finalmente en este repaso aquellos otros humedales condicionados en su génesis (*tecto-costera*) por procesos tectónicos presentes en los ámbitos costeros y que darían lugar a la aparición de ambientes de tipo ría (CMAJA, 2002).

Simplificando el catálogo de situaciones y a propuesta de EME en el presente trabajo se establecen tres grandes categorías de humedales litorales:

- Lagunas costeras (*sensu stricto*)
- Deltas.
- Marismas y llanuras mareales.

Los ecosistemas analizados en el presente trabajo presentan una enorme complejidad estructural y funcional que hace que la tarea de simplificación y de sustantivación de lo esencial en cada uno de los casos analizados no esté exenta de dificultades. Por su parte, el análisis de los componentes estructurales y funcionales de cada una de las distintas categorías establecidas requiere una aproximación escalar espacio-temporal muy diferente según cada uno de los casos (local, regional). Su gran diversidad en cuanto génesis, funcionamiento, dimensiones, etc., hace que, incluso, dentro de las categorías consideradas, pudiera ser necesario establecer diferentes niveles de aproximación escalares espacio-temporales.

La integridad ecológica de estos ecosistemas es función directa del mantenimiento de los componentes estructurales y funcionales mencionados en este documento. El deterioro, modificación o eliminación de alguno de ellos por cualquier causa, ya sea de origen natural o antrópica, supondrá un cambio en las condiciones ambientales del mismo que repercutirá en su capacidad de generar servicios a la sociedad. La caracterización y cuantificación de la resiliencia de este tipo de ecosistemas se convierte, pues, en la medida de su vulnerabilidad.

2.2. Dominio geográfico

Los humedales constituyen elementos conspicuos que pueden estar presentes en cualquier parte del planeta, reconociéndose su presencia en todos los sistemas morfoclimáticos y morfogenéticos que modelan la superficie terrestre. En el caso de España encontramos humedales en todos los grandes ámbitos geomorfológicos reconocidos, desde la alta montaña al litoral, a las riberas de los ríos, a los ámbitos kársticos o a las campiñas, entre otros.

Los principales rasgos que los definen así como la identificación de límites para su cartografía se relacionan en la Tabla 11.2.

Tabla 11.2. Aspectos básicos para la caracterización del tipo operativo de ecosistema.

Ecosistema	Rasgos esenciales que lo definen	Límites para la cartografía
Lagos y humedales	Ámbitos deprimidos en los que se produce una inundación recurrente que genera unos suelos adaptados condicionados por la presencia de agua, una vegetación igualmente adaptada a condiciones de saturación hídrica y un paisaje característico.	Modelado de la cubeta. Orlas de Vegetación. Lámina de agua.

La localización y distribución de los humedales españoles así como la cuantificación de la superficie que éstos ocupan fue objeto de interés para las administraciones encargadas de su gestión y conservación especialmente durante finales de los años 80 y primeros 90 del siglo pasado. Por estos años se iniciaron los trabajos que dieron lugar al *Catálogo Nacional de Zonas Húmedas* con el que se consiguió catalogar un considerable número de lagos y humedales para el conjunto del estado español, recogiendo en el mismo información referente a su localización (coordenadas), dimensiones y características físico-químicas básicas.

Sin embargo, la mayor parte de esta información sigue sin digitalizar y las bases de datos sin actualizar, por lo que, a día de hoy, no se cuenta con una cartografía de zonas húmedas para todo el territorio nacional, por lo que cuantificar la superficie ocupada por este tipo de ecosistemas con respecto al total del territorio nacional y, especialmente, establecer su evolución en cuanto a pérdida o aumento de la misma, es una tarea prácticamente imposible de llevar a la práctica. Las únicas comunidades que actualmente tienen incluidos sus humedales en el *Inventario Español de Zonas Húmedas* son Andalucía, La Rioja, Madrid y Valencia (Fig. 11.1).

Otras fuentes cartográficas que pudieran ofrecer información sobre la localización y distribución de los humedales y evolución de la superficie ocupada por estos ecosistemas, como podrían ser las proporcionadas por la Directiva Hábitats o *Corine Land Cover*, presentan infinidad de problemas derivados fundamentalmente de los criterios establecidos en la delimitación de estos ecosistemas, así como en los niveles escalares de aproximación utilizados en las mismas (Camacho *et al.*, 2009).

Igualmente ocurre con la delimitación de las masas de agua establecidas por las diferentes Confederaciones Hidrográficas que en cumplimiento de la Directiva Marco del Agua (DMA) (DOCE, 2000) han llevado a cabo esta tarea. La propia indefinición de los humedales en la clasificación establecida en la DMA considerándolos, en el caso de los humedales litorales, como aguas de transición y, especialmente, en cuanto a las dimensiones mínimas establecidas para poder ser considerados como masas de agua, han hecho que muchos de los humedales españoles, caracterizados la mayor parte de ellos por sus modestas dimensiones, hayan quedado fuera de este proceso, a pesar del notable esfuerzo llevado a cabo en España para integrarlos en el ámbito de aplicación de la citada Directiva (ACA, 2006; CEDEX, 2008, 2010; Martínez *et al.*, 2010).



Figura 11.1. Humedales incluidos hasta abril de 2011 en el Inventario Español de Zonas Húmedas. (Fuente: web MARM, 2011).

Otro inconveniente derivado de la consideración de masas de agua en las distintas demarcaciones hidrográficas es la inclusión, en algunos casos, de los embalses como masas de agua en la categoría “lago” junto con los de origen natural, lo que, en términos espaciales, puede arrojar un notable aumento de la superficie ocupada por esta categoría, que no se corresponde con la realidad.

Utilizando la información disponible en algunas de las confederaciones hidrográficas españolas el Equipo de SIGs de EME en colaboración con los autores de este informe ha conseguido generar un mapa aunque incompleto de las distintas masas de agua presentes en España (Fig. 11.2). Sin embargo este mapa presenta graves deficiencias. En primer lugar, como se puede observar en el mismo aparece un importante sector del territorio nacional sin información. Corresponde este sector con las cuencas hidrográficas de Galicia Costa, Miño-Sil, Duero, Cantábrico, Cuencas Internas del País Vasco, Cuenca Atlántica y Mediterránea Andaluza, Cuencas Internas de Cataluña y Baleares. En segundo lugar, la información consignada en el mapa son las denominadas masas de agua (definidas según la DMA) que corresponden tanto a humedales y lagos naturales, como embalses artificiales.

Esta situación es la que nos encontramos a nivel nacional, en la que la escasez de información es la tónica general. Sin embargo, a nivel regional algunas comunidades autónomas han desarrollado en los últimos años diversas iniciativas en relación con el inventario y clasificación de los humedales presentes en sus territorios, que en algún caso se ha plasmado en un documento de carácter legal, como es el caso del *Plan Andaluz de Humedales* (2002), y en las que se ha primado la identificación, localización y cartografía de lagos y humedales naturales presentes en dichos ámbitos regionales. Un buen ejemplo de ello es el caso del Inventario Abierto de Humedales Andaluces, el cual constituye un subsistema de información específico dentro de la estructura general de la Red de Información Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Toda la información cartográfica de los humedales andaluces, así como, su caracterización físico-química de referencia para la última década, está disponible en la red constituyendo una información de fácil acceso (Fig. 11.3).

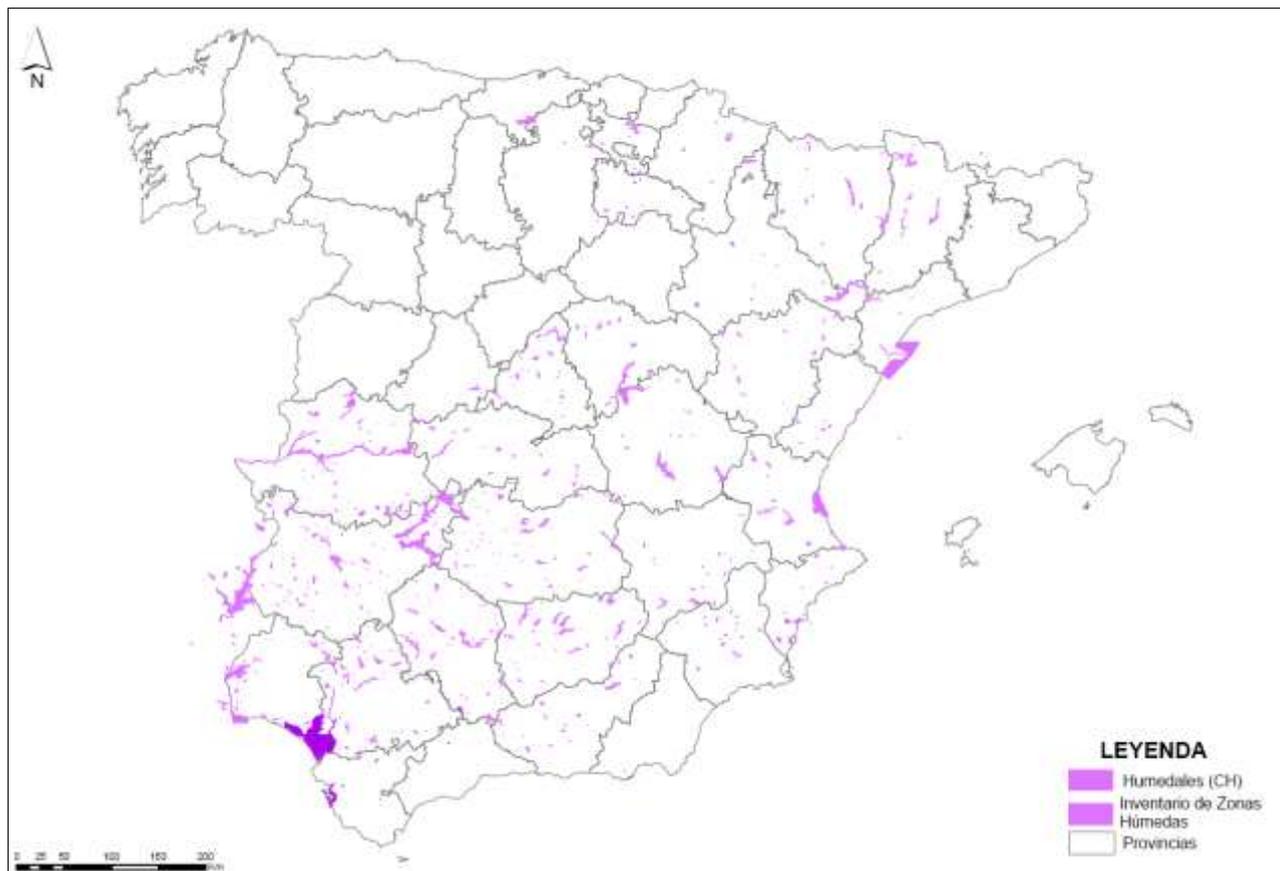


Figura 11.2. Distribución espacial de las masas de agua tipo lagos y de transición identificadas a partir de la información proporcionada por algunas confederaciones hidrográficas.

2.3. Características socioeconómicas

La caracterización desde el punto de vista socioeconómico de los humedales es una tarea difícil tal como se ha planteado en este trabajo. En primer lugar porque la población no vive en los humedales, sino alrededor de ellos, y, en segundo término, porque estos ecosistemas presentan una distribución geográfica muy dispersa y una implantación territorial pequeña, especialmente en el caso de los humedales interiores, niveles que suben algo más en el caso de los litorales.

Se puede hacer una correlación entre la tendencia registrada por la población española en las últimas décadas y el grado de presión ejercida por ésta sobre los humedales. Algunos de los rasgos más significativos de la dinámica poblacional en España en el último siglo son, por un lado, el crecimiento ininterrumpido del número de habitantes, y, por otro, la progresiva concentración de la población en las ciudades y en las zonas litorales (*litoralización*), con el consiguiente despoblamiento del campo y zonas rurales. Los municipios litorales españoles aunque en términos de superficie significan tan sólo el 7% del territorio aglutinan al 35% de la población. Otra cuestión significativa ha sido, especialmente en las últimas décadas, el crecimiento desaforado de la superficie urbanizada, con una notable incidencia en el ámbito litoral. En la franja litoral de 0 a 10 km hacia el interior, la superficie construida o urbanizada constituye el 7% del total según datos del año 2000 (Villar, 2011).

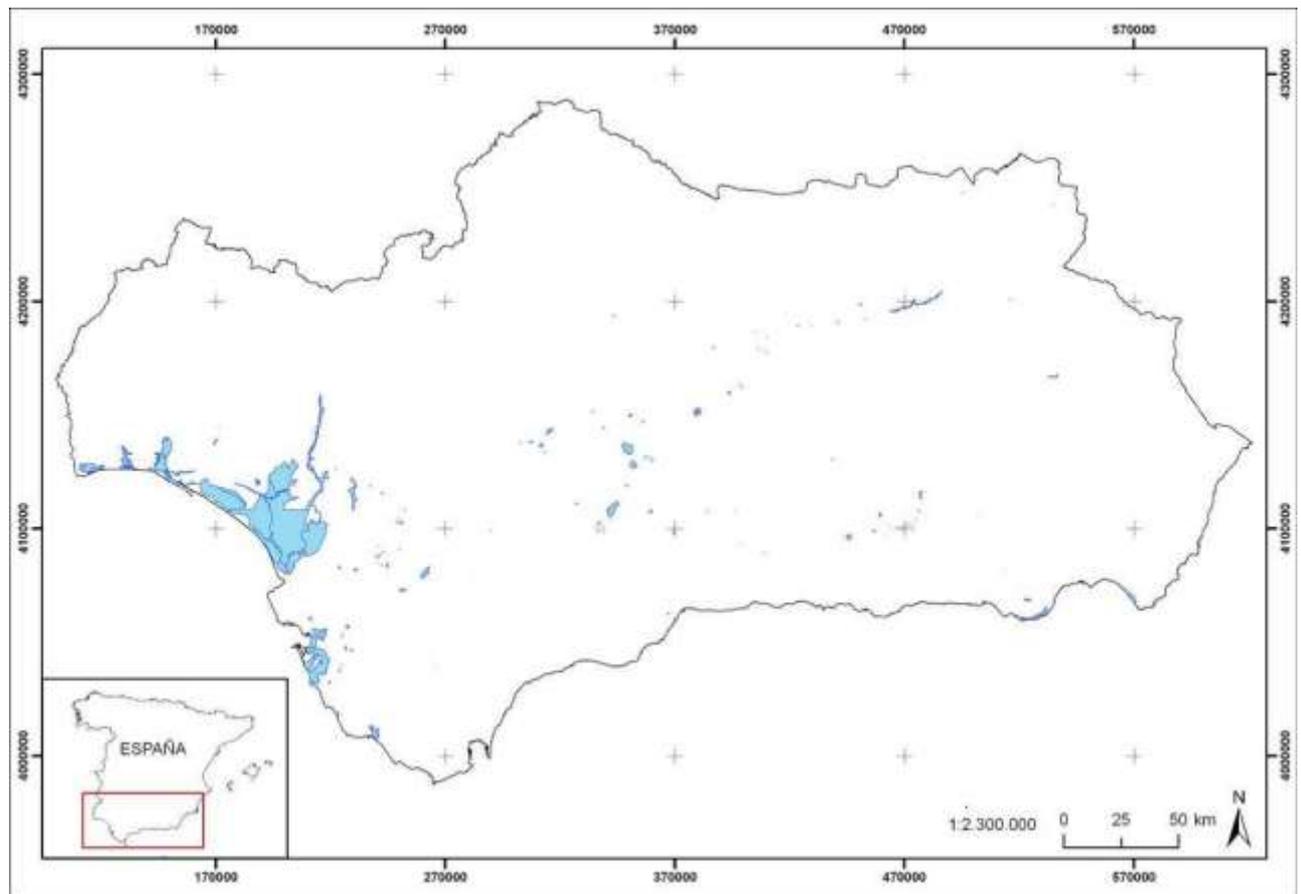


Figura 11.3. Distribución espacial de los 184 humedales integrantes del Inventario Abierto de Humedales de Andalucía (actualizado a 2009).

Con estas premisas, y desde el punto de vista de la presión antrópica sobre los humedales, se pueden establecer algunas consideraciones. En primer lugar, los humedales interiores se han visto sometidos a un descenso en la presión poblacional que han de soportar, aunque esto no ha supuesto una mejoría en sus condiciones de funcionamiento, pues otros factores de tensión han venido a sustituir dicha presión en forma de avance de la frontera agrícola, intensificación y tecnificación de la agricultura, necesidades hídricas para los cultivos, contaminación por aguas sobrantes de riegos, ocupación de las llanuras aluviales, proliferación de núcleos turísticos de montaña, recrecimientos para aprovechamientos hidroeléctricos, etc.

En segundo lugar, los humedales litorales se han visto muy impactados, cuando no directamente eliminados, por un desaforado crecimiento de la urbanización del litoral, la transformación en cultivos de arroz de gran parte de los ámbitos marismeros, la implantación de instalaciones de acuicultura, etc., así como, por un aumento notable de la población residente con sus necesidades de abastecimiento a todos los niveles y el incremento de la presión contaminante. El caso de la transformación de suelo no urbanizable en urbanizable en el caso del litoral andaluz es significativo. En el año 1950 la franja del litoral andaluz comprendida entre 0 y 5 km hacia el interior registraba una tasa de urbanización del 1,91%, mientras que en 2006 se alcanzaba el 16,57%. Por su parte, en la franja comprendida entre 0 y 500 m, en 1959 la tasa de urbanización era del 5,35% mientras que en 2006 dicha tasa se eleva hasta el 29,40% de la superficie construida (Villar 2011) (Imagen 11.1). Por lo que respecta a la contaminación, existen casos llamativos en los que los aportes de aguas residuales han llevado a algunos humedales, incluyendo uno de los más importantes en el contexto nacional como la Albufera de Valencia, a un extremo estado de degradación de la calidad de sus aguas y con ello de su funcionalidad ecológica, de muy difícil reversibilidad.

Finalmente, desde una perspectiva económica los humedales, especialmente los litorales, presentan un alto valor, en relación por ejemplo con la producción de arroz. Las marismas del Guadalquivir, la Albufera de Valencia y el delta del Ebro constituyen centros de importancia mundial en la producción de este producto, generando amplias zonas de influencia económica. Del mismo modo, algunas otras actividades como la extracción de sal y, en los últimos tiempos, el desarrollo de la acuicultura está generando empleos y beneficios a determinados sectores de la población local próxima a los humedales.



Imagen 11.1. Proceso de urbanización del litoral de Huelva. En la parte superior la laguna de El Portil en el año 1956 en la que se observa el cierre de la laguna por las dunas y la playa. En la parte inferior estado actual (2011) en el que las construcciones llegan hasta el mismo borde la laguna.

3. Estado de conservación general de los ecosistemas de lagos y humedales

Si bien es cierto que cada vez es más general el reconocimiento del valor de los humedales españoles y de la necesidad de su conservación, la aplicación efectiva de esta convicción en las políticas de los gobiernos y en la práctica cotidiana de los usuarios y gestores dista mucho de haberse alcanzado. La destrucción de estos ámbitos ha sido un proceso secular que ha ido muy de la mano de los avances técnicos y que se acentuó notablemente en el último siglo y especialmente, en su segunda mitad (Casado y Montes, 1995; Camacho, 2008). Los aprovechamientos tradicionales de los recursos que brindan los sistemas palustres han sido sustituidos por drenajes y desecaciones, transformando los humedales en sistemas agrícolas más simplificados y explotables u ocupando su lugar con urbanizaciones, instalaciones industriales... (Imagen 11.2).



Imagen 11.2. Aspecto de la laguna Primera de Palos en el litoral onubense en las inmediaciones del polo químico ubicado en la zona portuaria.

Tradicionalmente han existido transformaciones de los humedales hechas con fines productivos, pero basadas en alguno o varios de sus aspectos funcionales, en las que, por tanto, cabe hablar de una interacción entre naturaleza y cultura más que de una destrucción de la primera por la segunda. A este tipo pertenecen las transformaciones en salinas de lagunas interiores y costeras (Imágenes 11.3 y 11.4). También los arrozales han sustituido en muchos casos a humedales naturales preexistentes o han proporcionado hábitats acuáticos alternativos (Imagen 11.5).



Imagen 11.3. Laguna de Tirez (Toledo) en la que se observa en primer término las antiguas cubetas utilizadas para la explotación salinera (Fotografía de Juan Rueda, Universidad de Valencia).



Imagen 11.4. Transformación salinera de la marisma de Sancti Petri en Cádiz, actualmente protegida bajo la figura de paraje natural.



Imagen 11.5. Fotografía aérea de L'Albufera de Valencia en la que se observa el lago en la parte central, y una superficie mucho mayor correspondiente a la marjal constituida fundamentalmente por arrozales sobre terrenos ganados al lago en los siglos XVIII y XIX, actualmente incluida en el Parque Natural de L'Albufera.

Tras algunos proyectos de cierta entidad realizados con apoyo estatal a finales del siglo XVIII, como la desecación de la laguna de Villena, en Alicante, el impulso desecador aumentó, favorecido por la tecnología de la revolución industrial, durante el siglo XIX. Los objetivos principales eran la obtención de beneficios económicos a través de la puesta en cultivo de nuevas tierras y la lucha contra el paludismo, asociado a las aguas estancadas. La mentalidad desecadora estuvo presente durante todo el siglo XIX y se mantuvo durante la primera mitad del XX, con continuos proyectos de rentabilidad no siempre asegurada, en algunos casos aun a pesar de la oposición de las poblaciones locales, que obtenían importantes recursos de los humedales, como ocurrió en la laguna de La Nava en Palencia (Jubete, 2004), que junto con la gallega Laguna de Antela, constituyen casos paradigmáticos de desecación de algunos de nuestros grandes humedales de interior, alguno de los cuales se está tratando de revertir actualmente con importantes esfuerzos de todo tipo. A tal situación contribuyeron la legislación de aguas decimonónica y, especialmente, la llamada ley Cambó de 1918, que, aunque también se relaciona con los aspectos más positivos de la política hidráulica de los regeneracionistas de principios de siglo, tenía como uno de sus objetivos favorecer con toda clase de incentivos y subvenciones las iniciativas para la "desecación de lagunas, marismas y terrenos pantanosos o encharcadizos".

Sin embargo, fue la política desarrollista de las décadas de 1950, 1960 y 1970 la que más rápidamente y con más gravedad ha transformado las antiguas superficies lacustres y palustres. Con nuevas técnicas y

maquinaria más potente se abordaron proyectos oficiales de desecación de enormes extensiones de marismas y llanuras inundables, mientras muchos humedales de menor entidad eran drenados por particulares, empresas y ayuntamientos (Florín, 1996). A esta época corresponden los más graves episodios de destrucción de humedales, como los de las lagunas de Antela, La Nava (Macau, 1960) y La Janda, o el de las marismas del Guadalquivir (Lomas *et al.*, 2007) (Fig. 11.4). El desarrollo turístico costero afectó a su vez a algunos de los más valiosos sistemas litorales, como el mar Menor, así como otros grandes humedales españoles que, como la Albufera de Valencia, experimentaron una degradación extrema debida a la eutrofización provocada por los vertidos de aguas residuales de zonas circundantes densamente pobladas.



Figura 11.4. Evolución de la destrucción de las marismas de Doñana durante el último siglo consecuencia del avance de la puesta en cultivo especialmente de arroz (Lomas *et al.*, 2007).

Por fortuna, las leyes que favorecían las desecaciones han sido derogadas y la actual Ley de Aguas incluso contempla de manera específica la protección de los humedales (MIMAM, 2007), por lo que han disminuido los casos de drenajes o aterramientos directos de lagunas y marismas, al menos de cierta entidad. Pero han aparecido otros problemas nuevos, a veces más difíciles de atajar por ser sus efectos indirectos y, por tanto, menos evidentes, como el desarrollo de nuevos regadíos, que cuando utilizan aguas subterráneas implican a menudo el agotamiento de los acuíferos y la destrucción indirecta de los humedales asociados a su descarga. Los que utilizan aguas superficiales alteran también, mediante los grandes canales de riego y el vertido de sobrantes, los sistemas de flujos hídricos de los que dependen los humedales (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2007). En este sentido, el Plan Hidrológico Nacional de 1993 generó una gran inquietud, entre otros motivos, por el impacto de proyectos de creación y ampliación de regadíos sobre diferentes núcleos de humedales. En lagos de montaña, una problemática bastante generalizada reside en su recrecimiento y utilización a modo de embalses de almacenamiento para aprovechamientos hidroeléctricos, con variaciones bruscas de nivel que alteran sus características naturales. Otro impacto relativamente reciente es el de las modernas técnicas de acuicultura marina, impulsadas hace unos años con ayudas oficiales y causantes de graves alteraciones en humedales costeros hasta ahora bien conservados.

Casado *et al.* (1992) realizaron la primera evaluación de la evolución de la superficie de humedales en el ámbito nacional, a partir de información de campo y de las fuentes cartográficas y de ortofotografía aérea disponibles para distintas épocas. De acuerdo con estos autores, la superficie de humedales hacia el año 1800 era de al menos 280.000 ha. De ellas se conservaban en 1990 sólo 114.000 ha de sistemas palustres y lacustres, lo que significa que en los dos últimos siglos se habría perdido un 60% de los lagos y humedales, en términos de extensión (Tabla 11.3). Esta cifra es una estima muy conservadora porque, con toda probabilidad, la superficie natural inicial era seguramente aun mayor. Probablemente muchos humedales que fueron destruidos hace largo tiempo o cuyas cubetas han sido intensamente transformadas hasta hacerlas irreconocibles no pudieron ser detectados en las fuentes de información utilizadas.

Tabla 11.3. Evolución de la superficie de humedales en España desde inicios del siglo XIX hasta 1990 (Casado *et al.*, 1992), agrupados por grandes tipos.

Tipo	Superficie (ha)		Variación (%)
	Hacia 1800	En 1990	
Montaña	2.314	2.386	+ 3,11
Kársticos	874	784	- 10,30
Interiores no salinos	14.802	4.805	- 67,54
Interiores salinos	6.743	5.212	- 22,70
Llanuras inundación	15.867	3.234	- 79,62
Costeros	239.628	97.629	- 59,24
Total	280.228	114.100	- 59,28

Tanto los sistemas de montaña como los kársticos se encuentran en un estado de conservación menos grave que el resto (Fig. 11.5), lo que se explica por su situación topográfica, en terrenos de media y alta montaña de difícil acceso. Ocupan una extensión superficial pequeña en relación con algunos otros tipos que sin embargo no ha experimentado grandes cambios. Los principales vectores de tensión que experimentan estos humedales están ligados al aprovechamiento hidroeléctrico y, especialmente, a la presión turística relacionada la mayor parte de las veces con la existencia de estaciones de esquí. Algunos ejemplos de esta situación se reconocen en la laguna menor del complejo de Peñalara, en Madrid, o en el Ibón de los Asnos, en Huesca. Por lo que respecta al aprovechamiento hidroeléctrico, son fundamentalmente los recrecimientos de lagos de montaña para dichos usos los que explican el ligero incremento de superficie de estos ecosistemas, si bien en este caso dicho aumento de superficie ocupada va acompañado de una importante merma de la calidad ecológica de estos lagos que se ven sometidos a importantes variaciones de nivel que alteran sus características naturales. Pero el uso de los lagos naturales como embalses de regulación para aprovechamiento hidroeléctrico no se ciñe exclusivamente a los lagos de montaña, ni impacta únicamente por lo que refiere a los cambios de nivel, ya que existen también casos de lagos de extraordinario valor ecológico, como la Laguna del Tobar (Cuenca) que se han conectado con otras subcuencas (Imagen 11.6) y, a pesar de experimentar variaciones de nivel muy pequeñas, reciben aguas de características distintas a las propias del lago, lo que puede suponer alteraciones de su integridad ecológica. Afortunadamente, en este caso la situación está próxima a revertirse, después de un proceso de diálogo de años entre los diversos actores implicados, que puede servir como ejemplo de que los intereses de la conservación y la obtención de bienes y servicios de la naturaleza no son, ni mucho menos, contrapuestos, sino más bien diversas facetas de una misma realidad.

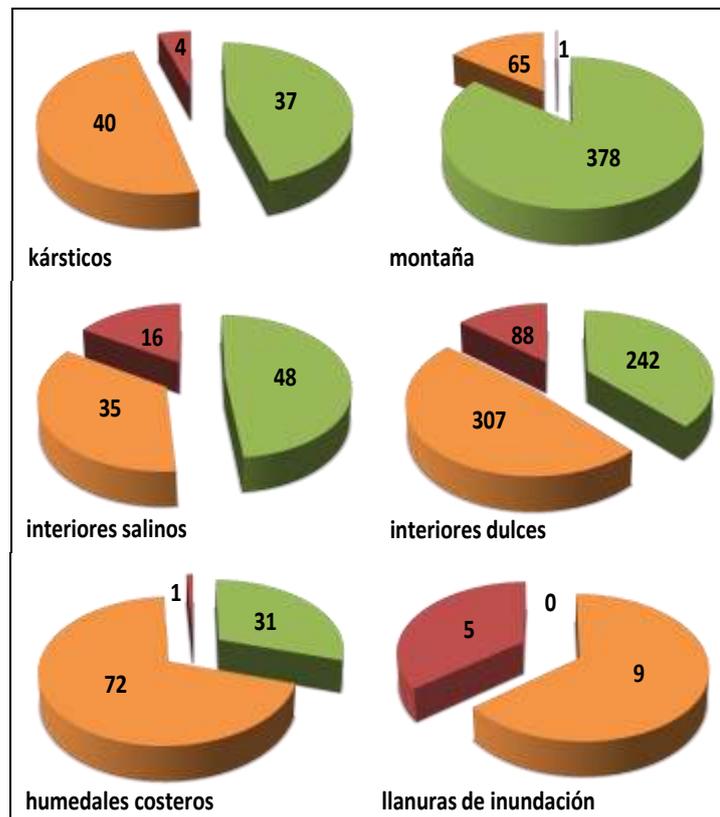


Figura 11.5. Estado de conservación de los grandes tipos de humedales españoles, expresados en número de enclaves conservados (verde), alterados (naranja) y desaparecidos (rojo), desde inicios del siglo XIX a 1990. Los dígitos indican el número de humedales por tipo y estado. Modificado de Casado *et al.* (1992).



Imagen 11.6. Fotografía aérea de la Laguna del Tobar (Cuenca). Obsérvese la distinta tonalidad de las aguas, de distintas características a las del lago, en la parte inferior izquierda, como consecuencia de la entrada de aguas procedentes del Embalse de la Tosca a través del canal que se puede observar en la parte central inferior de la fotografía.

En cuanto a los sistemas ligados al modelado en calizas y a los acuíferos kársticos, su íntima relación con las aguas subterráneas los hace especialmente vulnerables a las extracciones para riego de los acuíferos. También sufren, por su atractivo paisajístico, el impacto de los usos turísticos. Ambos tipos de impactos coinciden, por ejemplo, en las Lagunas de Ruidera.

Los humedales interiores de terrenos más llanos, que hemos diferenciado en no salinos y salinos, se distribuyen fundamentalmente por las cuencas sedimentarias de ambas Castillas, la depresión del Ebro y Andalucía, y su situación ambiental es muy grave, ya que su ubicación entre tierras cultivadas y su propia morfología de cubetas poco profundas han propiciado su destrucción y transformación. La pérdida de

superficie es especialmente crítica en el caso de los sistemas de aguas no salinas, que han sido sistemáticamente desecados para poner en cultivo los terrenos que ocupaban, mientras que las lagunas salinas, de poca aptitud agrícola, sufren otros impactos, como alteración de su régimen hídrico, explotación salinera o vertido de residuos (Imagen 11.7) Además hay que tener en cuenta que la mayor parte de la superficie conservada corresponde a las dos grandes lagunas salinas ibéricas, Gallocanta y Fuentedepiedra, mientras que varios de los enclaves salinos de menor extensión han desaparecido. Algunos de los núcleos más interesantes, como los aragoneses de Monegros y Alcañiz, están actualmente en grave peligro por planes de regadío, que son susceptibles de alterar sus características tanto por la modificación de los ritmos de llenado como por los aportes de aguas de baja salinidad procedentes de sobrantes de riego o vertidos urbanos que alteran las peculiares características salinas de sus aguas.



Imagen 11.7. Tubería de vertido en una laguna manchega. Fotografía de Juan Rueda (Universidad de Valencia).

El tipo que muestra el peor estado de conservación es el de las llanuras de inundación de carácter palustre. Estos sistemas, que antaño ocuparon considerables extensiones en La Mancha y comarcas próximas, asociados a los ríos y acuíferos aluviales, han sido destruidos en el último medio siglo por drenajes, canalizaciones y sobreexplotación hídrica para regadíos. Es más, del apenas 20% que se conserva de su primitiva extensión, la mayor parte corresponde a las Tablas de Daimiel, que actualmente están abastecidas artificialmente con aportes hídricos externos, por lo que puede considerarse que las llanuras de inundación de carácter palustre son un tipo de ecosistema prácticamente extinto desde el punto de vista funcional en el territorio peninsular.

En términos absolutos las mayores pérdidas de superficie se han producido en los humedales costeros, que han sufrido la presión agrícola, urbana, turística e industrial, perdiendo más de 140.000 hectáreas en épocas relativamente recientes. Además, han aparecido nuevas causas de degradación, como algunas instalaciones de acuicultura marina en el Cantábrico y el litoral atlántico andaluz, sin que se hayan solucionado los problemas anteriores.

En general, los principales impulsores directos del cambio experimentado por los humedales españoles entre inicios del siglo XIX y la actualidad están relacionados especialmente con los cambios de los usos del suelo generados por la presión agrícola (Imagen 11.8), la urbanización, etc., por la alteración de su régimen hídrico especialmente por sobreexplotación de los acuíferos y por la contaminación de sus aguas y sedimentos (Imagen 9).



Imagen 11.8. Proceso de avance de los cultivos intensivos en el entorno de la Albufera de Adra en la provincia de Almería. Arriba imagen correspondiente al año 1956 en la que se observa algunas parcelas cultivadas en las proximidades del humedal. Abajo estado actual con ocupación total del entorno del humedal por invernaderos e infraestructuras lineales.



Imagen 11.9. Fotografía del Estany de Cullera (Valencia), una laguna costera meromítica situada en la desembocadura de un pequeño río, después de las obras de eliminación de la barrera arenosa para mejorar el drenaje. Los cambios morfológicos realizados suprimieron las características meromíticas de la laguna y alteraron totalmente su funcionamiento hidrológico (fotografía de Rafael Oltra, Universidad de Valencia).

En el caso de los humedales litorales, la acuicultura ha originado la tercera variación porcentual con respecto al total de este tipo de humedales, lo que es especialmente significativo, considerando que la superficie total de humedales costeros era y es entre 4 y 8 veces superior a la suma de todos los demás tipos juntos (Tabla 11.3). Otros impulsores de cambio que han alterado la estructura y funcionamiento de los lagos y humedales, especialmente en las últimas décadas, son la alteración de su morfología y la proliferación de especies invasoras.

Los datos recogidos en el Plan Andaluz de Humedales son ilustrativos de lo mostrado en este apartado (Fig. 11.6 y 11.7).

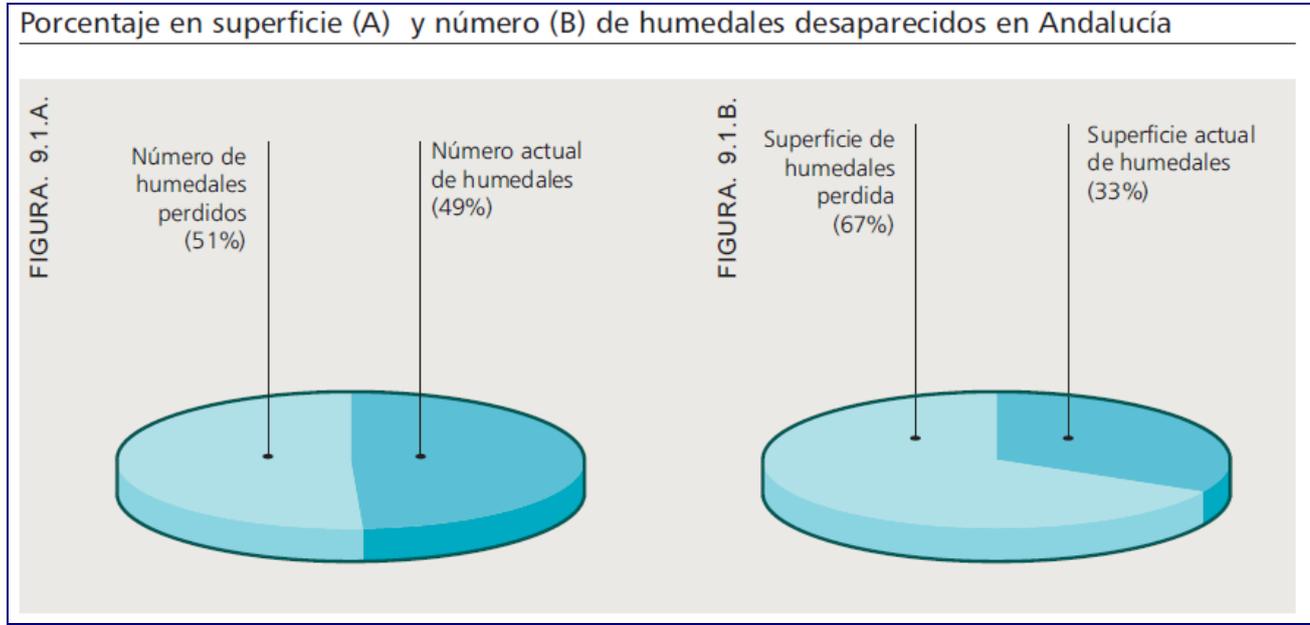


Figura 11.6. Datos recogidos en el Plan Andaluz de humedales con referencia al número de perdidos (51%) y de la superficie desaparecida (67%).

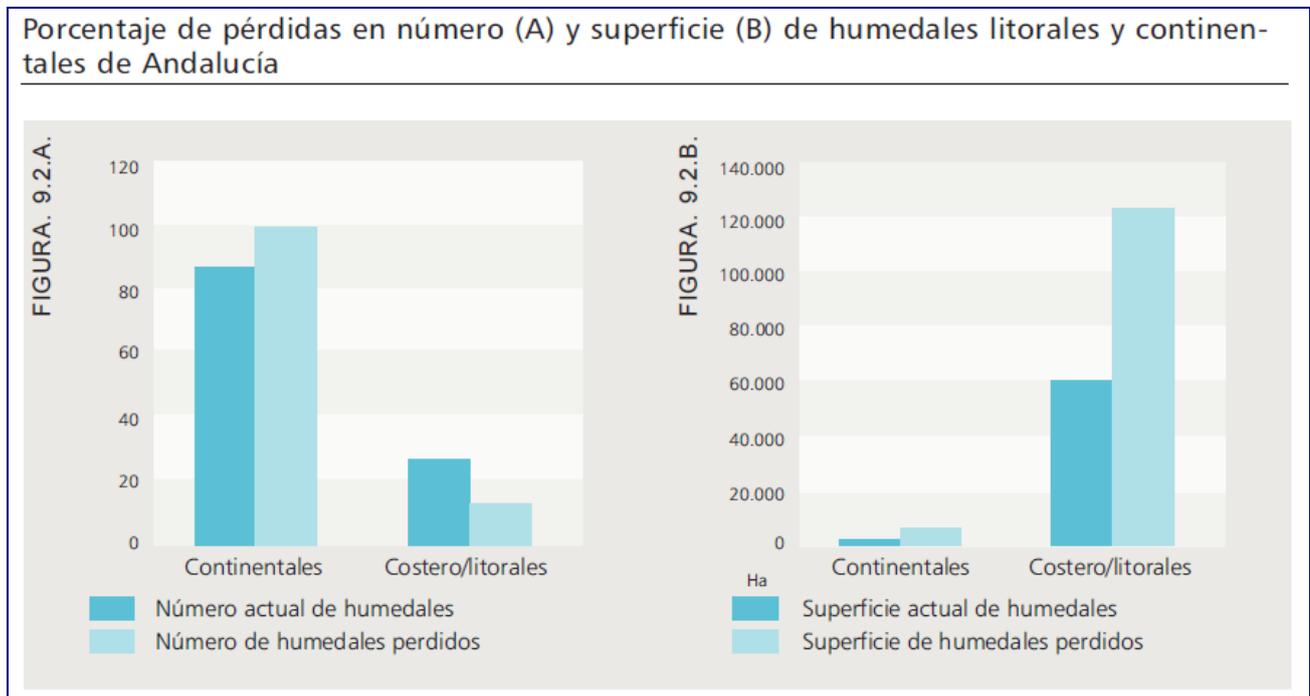


Figura 11.7. Relación de humedales continentales y litorales perdidos y superficie desaparecida igualmente por tipo de humedal.

4. Servicios suministrados. Métodos de evaluación y fuentes de datos

Los principales servicios que los lagos y humedales ofrecen a la sociedad española considerados en el presente trabajo se relacionan en la Tabla 11.4. Se establecen varias columnas en las que se identifican el tipo y la categoría de los servicios por grupos, al tiempo que se relacionan las principales características de cada uno de ellos y se selecciona un ejemplo. Se le ha asignado un color para poner de manifiesto el estado que presenta en la actualidad.

Tabla 11.4. Principales servicios suministrados por los lagos y humedales españoles.

Tipo	Servicios	Categoría	Definición	Ejemplos e importancia
Abastecimiento	Alimentación	Producción agrícola	Productos derivados de los ecosistemas y la biodiversidad que son consumidas por los seres humanos para obtener principios nutritivos, que les proveen materia y energía	Arroz, algodón
		Ganado		Pasto
		Pesca / marisqueo		Pescado, bivalvos, crustáceos, otros
		Acuicultura		Pescado, crustáceos
		Alimentos vegetales silvestres		Forraje, pasto
		Caza para la alimentación		Aves
	Agua		Agua de calidad	Agua para consumo humano, limpieza, recreo, producción de cosechas, procesos industriales
	Materias primas de origen biológico		Materiales extraídos de los seres vivos y que se transforman para elaborar bienes de consumo	Fibra textil, caña, mimbre, madera
	Materias primas de origen mineral		Materiales de origen mineral extraídos del subsuelo que se transforman para elaborar bienes de consumo	Sal, turba, rocas ornamentales
	Energías renovables		Energía derivada de la hidrodinámica propia de los humedales	Energía hidroeléctrica y mareomotriz
Acervo genético		Diversidad genética de una especie o población Variedad de genes entre y dentro de las poblaciones	Especies autóctonas, genes o información genética usada en biotecnología	
Medicinas naturales y principios activos		Productos biológicos utilizados con fines terapéuticos	Plantas medicinales, homeopatía	

Tipo	Servicios	Categoría	Definición	Ejemplos e importancia
Regulación	Regulación climática local y regional. Almacenamiento de carbono	Global	Influencia de los ecosistemas y biodiversidad sobre el clima a escala global y local emitiendo o absorbiendo gases invernadero e interviniendo en la generación de flujos de calor e hidriscos	Captura y almacena-miento de carbono, arrozales emitiendo metano
		Regional y Local	Influencia de los cambios de usos del suelo en el régimen de temperatura y precipitación	Regulación de la amplitud térmica, regulación de la humedad relativa del aire, liberación de dimetisulfuros
	Regulación de la calidad del aire		Los ecosistemas tienen un efecto sobre la calidad del aire extrayendo contaminantes	Desnitrificación, producción y consumo de oxígeno y de anhídrido carbónico
	Regulación hídrica (cantidad y calidad)		Los cambios en los usos de suelo tienen gran impacto en la regulación del ciclo del agua en el contexto de las cuencas hidrográficas afectando al hidroperiodo, la escorrentía, y el almacenamiento de agua en general, así como a la calidad del agua	Reducción del contenido en materia orgánica, sólidos en suspensión y metales en el agua, eliminación de N en forma de biomasa, almacenamiento de N y P en sedimentos acumulación de agua interacción con los acuíferos
	Regulación morfo-sedimentaria		Balance morfogénesis-edaforogénesis	Sumidero de sedimentos, amortiguación perturbaciones
	Formación y fertilidad del suelo		La fertilidad del suelo es esencial para el crecimiento de la vegetación silvestre y la agricultura	Mantenimiento de suelos con nutrientes para el crecimiento de las plantas y las cosechas
	Regulación de las perturbaciones naturales		Los ecosistemas amortiguan los efectos de las perturbaciones naturales fundamentalmente las ligadas al clima	Los ecosistemas litorales reducen el efecto de los grandes temporales, las llanuras de inundación y otros humedales reducen los picos de crecida haciendo menos necesarias las infraestructuras de control, disponibilidad hídrica en momentos de sequía
	Control biológico		Los ecosistemas regulan plagas y vectores de enfermedades para humanos, cosechas y ganado	
	Polinización		Las especies polinizadoras son esenciales para la producción de frutos, vegetales, semillas	

Tipo	Servicios	Categoría	Definición	Ejemplos e importancia
Culturales	Conocimiento científico		Generación de acervo científico en su estudio	Publicaciones científicas, proyectos de investigación, inversión pública en investigación
	Conocimiento ecológico local		Cultura local que se asocia a la relación sostenible ser humano-naturaleza	Usos tradicionales, aprovechamiento de variedades o razas locales de plantas y animales, aprovechamiento sostenible
	Identidad cultural y sentido de pertenencia		Identificación con lugares naturales y sus usos tradicionales	Lugares míticos y legendarios, tradiciones artesanales, romerías
	Valor espiritual y religioso		Intangibles que forman parte de los valores de las personas	Lugares de culto, amor por la naturaleza
	Paisaje-disfrute estético		Calidad paisajística que genera bienestar	Disfrute estético, calidad visual
	Actividades recreativas y ecoturismo		Ocio y salud derivado del disfrute de los valores naturales	Turismo de naturaleza, baño recreativo, termalismo, Salinoterapia
	Educación ambiental		Generación de valores éticos de aprecio por la naturaleza	Centros de visitantes, infraestructuras de uso público, programas de educación ambiental

La importancia de los servicios se ha evidenciado con los siguientes colores:

	Alta
	Alta-media
	Media-baja
	Baja
	No aplicable

En la Tabla 11.5 se han incluido tanto páginas *webs* como algunos trabajos específicos en los que se recoge algún tipo de información que justifica la utilización del indicador considerado. La información disponible a nivel nacional para el conjunto de los indicadores seleccionados para el tipo operativo de ecosistema de lagos y humedales es en general muy escasa, al tiempo que aparece bastante dispersa y poco accesible, no existiendo un organismo que, como las confederaciones hidrográficas en el caso de los ríos, genere, centralice y distribuya series de datos.

De igual modo, la información disponible en la página *web* del Inventario Español de Zonas Húmedas (IEZH) es muy escasa, así como, la distribuida por los diferentes links de la *web* del MARM. Algunas comunidades autónomas han empezado en los últimos años a generar sus propios sistemas de información en relación con este tipo de ecosistemas lo que ha dado lugar a la aparición de un importante contraste entre aquellas comunidades que cuentan un volumen de información razonable sobre el funcionamiento de sus lagos y humedales y aquellas otras en las que no existe prácticamente nada. Hay que sumar a esta desigual situación el que los datos generados por las distintas comunidades autónomas se han obtenido con criterios y objetivos muy dispares por lo que la homogenización de la misma es una tarea compleja.

Tabla 11.5. Principales indicadores utilizados en la caracterización de los servicios suministrados por los lagos y humedales españoles.

Tipo	Subtipo	Indicador	Fuentes	Unid.
Abastecimiento	Agua	Desaparición de superficie ocupada por humedales en el último siglo	-	% sobre la superficie actual
		Recuperación de superficie ocupada por humedales en el último siglo	-	% sobre la superficie actual
		Abastecimiento de agua potable	http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2008/pdf/2_2Agua.pdf	hm ³ / año
		Abastecimiento de agua para riego	-	hm ³ / año
		Abastecimiento de agua a la industria	-	hm ³ / año
		Cumplimiento objetivos DMA	-	% de masas de agua en buen estado ecológico
	Alimentos	Producción de arroz	INE, 2010 http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/03182.pdf http://www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/11.htm http://www.mapa.es/agricultura/pags/cultivos_herbaceos/arroz/balances_arroz/arroz_total.pdf	t / año
		Productividad de la tierra en humedales		t / ha por cultivo
		Otros productos agrícolas asociados a los humedales	http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/servicios/estadisticas/estadisticas/agrarias/resumen-anual.html	t / año por cultivo
		Forraje, pasto y abrevadero de ganado	-	t / ha de ganado en zonas de humedal
		Capturas de caza licenciadas	INE, 2010 Estadísticas de caza en Andalucía http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.a5664a214f73c3df81d8899661525ea0/?vgnextoid=f40b66ad0c378010VgnVCM1000000624e50aRCRDlr=lang_es	nº / año
		Pesca y marisqueo		t / año por cada especie
		Acuicultura	http://www.sustainaqua.org/index.php?lang=es http://www.fundacionoesa.es/sociedad/que-sabes-de-acuicultura/acuicultura-en-espana Anuario estadística 2009 MMARM. Capítulo 19 "acuicultura continental" http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/2009/indice.asp http://www.mapa.es/app/jacumar/recursos_informacion/Documentos/Publicaciones/203_manual_acuicultura_sostenible.pdf Acuicultura en Andalucía http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem.ccc46797faf13cc393dcd7a5510e1ca/?vgnextoid=1b59185968f04010VgnVCM1000001625e50aRCRDlr=lang_es	t / año por cada especie
	Productos biológicos	Productos bioactivos	-	-

Tipo	Subtipo	Indicador	Fuentes	Unid.
	Materias primas de origen biótico (tejido, fibra, madera, etc.)	Producción de algodón en humedales desaparecidos	-	t / ha
		Actividad económica asociada a la fibra vegetal producida en humedales	-	nº de explotaciones y proyectos
		Producción de madera en humedales desaparecidos	-	m3 / ha
	Materias primas de origen abiótico	Extracción de áridos	-	t / año
		Producción de sal común para uso en alimentación	Instituto de la sal (ISAL) http://www.institutodelasal.com/index.php?page=main#z0	t / año
		Producción de sales y salmueras para uso industrial	Instituto de la sal (ISAL) http://www.institutodelasal.com/index.php?page=main#z0	t / año
	Fuentes de energía	Producción de turba por humedal	http://www.tourbehorticole.com/es/turba/index.php	t / año
		Producción de energía eléctrica en centrales asociadas a lagos	-	MWh
		Energía mareomotriz	Atlas del potencial del recurso de la energía de las olas en el litoral español, incluida la península, archipiélago canario y balear. http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.513/recategoria.3742/re/menu.165	MWh
	Recursos genéticos	Hábitats de Interés Comunitario	http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/rednatura2000/documentos_rednatura/acceso_fichas.htm	hábitats presentes según Directiva Hábitats de la UE
		Provisión de micro- y mesohábitats	-	± ha
		Abundancia o diversidad de especies	-	nº / humedal (por taxón)
	Paisaje	Contraste paisajístico	-	± nº / km2 ha / km2
	Medicina, farmacia y cosmética naturales	Salinoterapia, barroterapia y termalismo naturales	-	nº plazas
	Regulación	Regulación de ciclos biogeoquímicos	Reducción de materia orgánica en el agua	http://www.wwf.es
Reducción de nitrógeno en el agua			http://www.wwf.es	% Δ N / ha de humedal
Reducción de fósforo en el agua			http://www.wwf.es	% Δ P / ha de humedal

Tipo	Subtipo	Indicador	Fuentes	Unid.	
	Almacenamiento de Carbono	Balance de carbono en las masas de agua	-	-	
	Regulación hídrica	Recurrencia de inundaciones	http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/pdf/DESSequia.pdf	nº de riadas / décadas	
		Recurrencia de sequías	http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/banco_publico_ia/pdf/DESSequia.pdf	nº de sequías / décadas	
		Humedad en suelo		-	
	Amortiguación perturbaciones	Recurrencia de fenómenos tormentosos fuera de lo normal	http://www.conorseguros.es/c/document_library/get_file?uuid=548d4f59-b6c5-40dd-b06b-98dbcefd790fygroupId=10124	nº	
		Costes asociados a las grandes inundaciones	http://www.conorseguros.es/c/document_library/get_file?uuid=548d4f59-b6c5-40dd-b06b-98dbcefd790fygroupId=10124	€/ año	
		Costes asociados a las grandes sequías	-	€/ año	
	Mantenimiento de la biodiversidad	Presencia de ecoclinas sucesionales	-	±	
		Riqueza (nº total y por grupos de especies)	http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2008/pdf/2_4NaturalezaYBiodiversidad.pdf	nº	
		Endemismos (nº de especies endémicas)	Por CCAA: http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2008/pdf/3CCAA.pdf	nº	
		Amenaza (nº de especies amenazadas)	Por CCAA: http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2008/pdf/3CCAA.pdf	nº	
		Especies invasoras	-	nº	
	Culturales	Contribución de los humedales a aumento del conocimiento	Nº de publicaciones científicas editadas sobre humedales	http://www.limnologia.eu/	nº / año
			Nº de autores/investigadores que publican trabajos sobre humedales	http://www.limnologia.eu/	nº / año
Nº Proyectos de Investigación			http://hispagua.cedex.es/investigacion.php?c=proyectosypg=0ylocalizacion=Proyectos%20de%20I%2BD http://www.mma.es/portal/secciones/el_ministerio/organismos/oapn/oapn_inv_proy10.htm http://www.micinn.es/portal/site/MICINN/menuitem.7eeac5cd345b4f34f09dfd1001432ea0/?vgnextoid=abf192b9036c2210VgnVCM1000001d04140aRCRD	nº / año	
Inversión Pública			-	€/ año	
OPIs			http://www.csic.es/web/guest/home.jsessionid=B6958FEF2CE87AA67ED06F74CCF653CD http://www.ciemat.es/ http://www.igme.es/internet/default.asp http://www.inia.es/inia/	€/ año	
Actividades		Baño recreativo	-	nº	

Tipo	Subtipo	Indicador	Fuentes	Unid.
	recreativas	Caza y Pesca recreativa	-	nº
		Turismo de Naturaleza	http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2008/pdf/2_10Turismo.pdf	nº
		Nº Visitantes	http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/indicadores_ambientales/perfil_ambiental_2008/pdf/2_10Turismo.pdf	nº / año
		Centros de visitantes e interpretación	-	nº
		Infraestructuras de uso público	-	km nº
		Aulas de la Naturaleza	http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-home/main/ramsar/1_4000_2__	nº
	Educación	Programas de Educación Ambiental	--	nº
		Materiales didácticos y divulgativos	-	nº / año
		Asociaciones Culturales/ONGs	http://www.ecologistasenaccion.org/ http://www.wwf.es/ http://www.greenpeace.org/espana/es/ http://www.seo.org/ http://www.humedalesvivos.es/ http://asociacionmedioambiental-pangea.blogspot.com/2011/01/celebramos-el-dia-mundial-de-los.html http://www.asociacionanse.org/tag/humedales	nº
	Conocimiento tradicional	Usos tradicionales	http://www.culturapollensa.com/es/humedales-personas-historia-reserva/ http://www.fundacionglobalnature.org/proyectos/humedales/grupo_antigua.htm	Nº
		Especies vegetales singulares	-	Nº
		Especies animales autóctonas	-	Nº
	Disfrute estético y espiritual	Lugares míticos o legendarios	-	Nº
		Figuras de protección de ENPs	http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/banco_datos/info_disponible/index_espacios_protegidos.htm	Nº
		Relajación	-	-
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	Calidad visual	-	-
		Edad media de la población del entorno del humedal	INE, 2010	nº habitantes
		Nº de artesanos tradicionales	INE, 2010	-

5. Condiciones y tendencias de los servicios evaluados

Existe un importante problema a la hora de abordar la caracterización del volumen y del ritmo del suministro de los servicios que los lagos y humedales proporcionan a la sociedad española, como es la falta de fuentes de información oficial al respecto. Los pocos datos que existen están muy dispersos, tienen escaso desarrollo temporal y proceden en la mayor parte de las ocasiones de fuentes no oficiales, por lo que es aconsejable su utilización de un modo prudente. Aún con estas limitaciones, en las páginas siguientes se intenta esclarecer, en la medida de lo posible, el estado en que se encuentran los principales tipos de servicios suministrados por dichos ecosistemas.

5.1. Servicios de abastecimiento

5.1.1. Alimentos

Dentro de los servicios de abastecimiento uno de los más importantes corresponde con la provisión de alimentos. Corresponde con productos derivados de los ecosistemas y la biodiversidad que son consumidos por los seres humanos para obtener principios nutritivos, que les proveen de materia y energía. Dicho servicio presenta un elevado nivel de transferencia aunque se reconoce una tendencia a la disminución como consecuencia de la alteración de la estructura y funcionamiento de dichos ecosistemas acuáticos. Los principales servicios son la producción agrícola, especialmente significativos en este sentido son la producción de arroz en los humedales costeros y llanuras aluviales de los ríos, así como la de algodón, sobre todo en antiguas zonas húmedas hoy día transformadas, el ganado que pastorea en estos ámbitos, la pesca y el marisqueo, la acuicultura y, finalmente, con una repercusión casi anecdótica, la recolección de vegetales silvestres y la caza para alimentación, principalmente de aves.

La producción de arroz en España alcanza unas 720.000 toneladas al año con un valor de negocio que ronda los 200 millones de euros según el INE. La producción se concentra casi exclusivamente, en las marismas del Guadalquivir, el delta del Ebro, el P. N. de L'Albufera de Valencia y en las vegas altas del Guadiana (Tabla 11.6). Los tres primeros ámbitos se ubican en humedales litorales habiendo sido su expansión el principal impulsor de cambio directo causante de la alteración y degradación de estos ecosistemas (Imagen 11.10), mientras que en el caso de los arrozales de la vegas altas del Guadiana se ubican en llanuras aluviales de este sistema fluvial, ocupando sectores igualmente inundables. La presión ejercida por este tipo de cultivos sobre los humedales es muy significativa tanto por la transformación definitiva de parte de su superficie como por las repercusiones sobre su funcionamiento hidrológico. En el caso de Doñana, dichas repercusiones se constatan en la bajada del nivel freático a niveles alarmantes por ejemplo en el sector de los Hatos en los que el riego de cultivos de arroz con agua de pozo ha generado un cono de desecación del acuífero de varias decenas de metros. En la Albufera de Valencia, todo el funcionamiento hídrico del lago y la marjal circundante viene regulado por los ritmos hídricos asociados al cultivo del arroz.

Tabla 11.6. Principales áreas de producción de arroz en España.

Área	Superficie (ha)	Toneladas
Marismas del Guadalquivir	40.000	300.000
Vegas Altas del Guadiana	30.000	75.000
Delta del Ebro	12.000	40.000
Albufera de Valencia	16.000	45.000



Imagen 11.10. Aspecto de los cultivos de arroz en la Albufera de Valencia en el entorno del Ullal de Baldoví.

El alto consumo de arroz en España (unos 7 kilos por persona y año) hace prever que el cultivo de este cereal sea un sector en alza pese a las cifras registradas en los últimos años. Más tecnología y mejoras en los regadíos, con menos pesticidas, hace aumentar el número de variedades y su calidad, que encuentra la certificación en las denominaciones de origen reguladas. (<http://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/39663-Situacion-actual-del-cultivo-del-arroz.html>). Resulta también relevante la recuperación de métodos tradicionales para la producción de arroz ecológico cuya demanda se va incrementando progresivamente.

El cultivo de algodón, y otras especies como el maíz que requieren importantes aportes hídricos al tiempo que soportan elevadas cantidades de sales, suelen ubicarse en muchas llanuras aluviales transformadas y ámbitos de marisma transformada. La mayor parte del cultivo se realiza en regadío, ubicándose las mayores extensiones en el centro y el sur peninsular. La puesta en regadío de decenas de miles de hectáreas en La Mancha, para cultivos muy exigentes hídricamente como el maíz (especialmente en zonas semiáridas como dicha región), es la principal razón que se esconde en la enorme degradación hídrica de humedales de extraordinario valor como suministradores de muchos tipos de servicios ecosistémicos, tales como los incluidos en la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda y el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Fornés y Llamas, 2001).

Los humedales y sus entornos inmediatos constituyen áreas de abrevadero y pastoreo para diversas especies de ganado. Este es el caso por ejemplo Doñana en el que existe una importante carga ganadera vacuna y caballar. Las cabezas estimadas de ganado caballar están algo por encima del millar repartidas por la marisma, los sotos o la vera principalmente. En el pasado año 2010 se consiguió reunir un total de 1.200 cabezas durante la conocida jornada de “Saca de las yeguas” que se celebra cada verano en la localidad onubense de Almonte. Las cabezas de ganado vacuno se concentran en algunas fincas como el Puntal.

Por su parte, la obtención de alimentos silvestres así como la caza para la alimentación, especialmente de aves, constituyen actividades con escasas repercusiones. Si es más significativo el aprovechamiento cinegético-deportivo de los humedales del que se deriva un importante volumen de capturas que alcanzan un valor cercano a los 2,5 millones de euros. Resultado de esta actividad es la acumulación de munición de plomo en los humedales que genera importantes problemas relacionados con el plumbismo. En algunos casos donde se ha estudiado este problema, como es el caso de las Salinas de Santa o la laguna de El Hondo (Alicante), se ha estimado una cantidad total de plomo acumulado en perdigones de 5 toneladas en la primera y de casi 5,3 toneladas en la segunda en el estrato superficial de 0-10 cm de profundidad (Viñals *et al.*, 2001; Terrones, 2006).

De igual modo, la pesca comercial constituye una actividad especialmente relevante en los humedales litorales en los que se acompaña además del marisqueo. No ocurre así con los lagos y humedales interiores en los que esta actividad es prácticamente inexistente. En el caso de los datos relacionados con la pesca y el marisqueo la información disponible hace alusión a actividades relacionadas con los

ámbitos marinos siendo difícil cuantificar datos para los humedales de forma específica. En determinadas comunidades autónomas el marisqueo ha experimentado un importante auge. Este es el caso de Galicia en el que esta actividad da empleo directo a 4.600 personas de las que 4.100 son mujeres, multiplicándose por cuatro del número de empleos relacionados con el proceso de preparación del producto, su transformación, su comercialización y, finalmente, su distribución. Según los datos de la Consellería del Mar de la Xunta de Galicia en 2008 se produjeron 11 millones de kilos de bivalvos con una facturación de 70 millones de euros. Los beneficios sociales de la explotación de este servicio son manifiestos, sin embargo, la presión ejercida sobre el ecosistema, y en especial sobre las especies mariscables, es cada vez mayor.

Igualmente en esta línea la acuicultura constituye una actividad en auge (Fig. 11.8). Los datos disponibles en relación con esta actividad en humedales son escasos, por no decir nulos, y en todo caso se entremezclan con los asociados a ríos. En cualquier caso es una actividad con una especial incidencia en este tipo de ecosistemas, especialmente sobre su estructura y funcionamiento hídrico. La transformación física necesaria para la puesta en funcionamiento de la explotación y el manejo del agua con recargas y desagües controlados, constituyen los impactos más significativos. En la figura 11.9 se muestra la distribución en España de estas instalaciones. En el caso de las instalaciones continentales se recoge información sobre las que se ubican en ríos y humedales interiores no suministrándose, sin embargo, el dato sobre la distribución entre cada una de ellas. En el caso de las instalaciones marinas la mayor parte de ellas se ubican en humedales litorales, estando presentes a lo largo de todo el litoral español con una especial concentración en la costa gallega, así como en Cádiz y Huelva (Imagen 11.11).

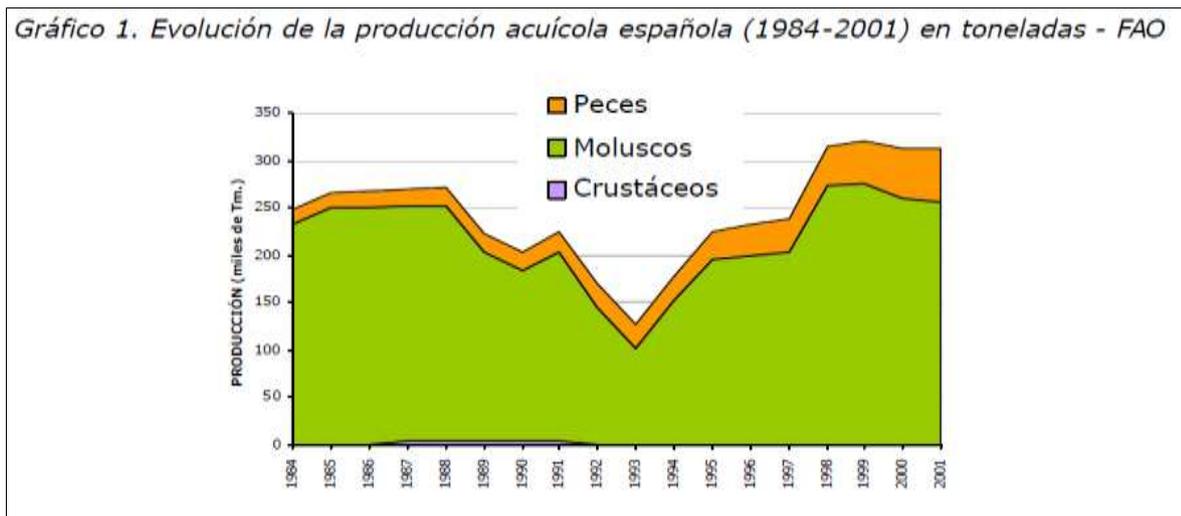


Figura 11.8. Evolución de la producción acuícola española para el período 1984 a 2001 según la FAO. La producción de peces experimenta un incremento a finales del período considerado situándose por encima de las 300.000 toneladas.

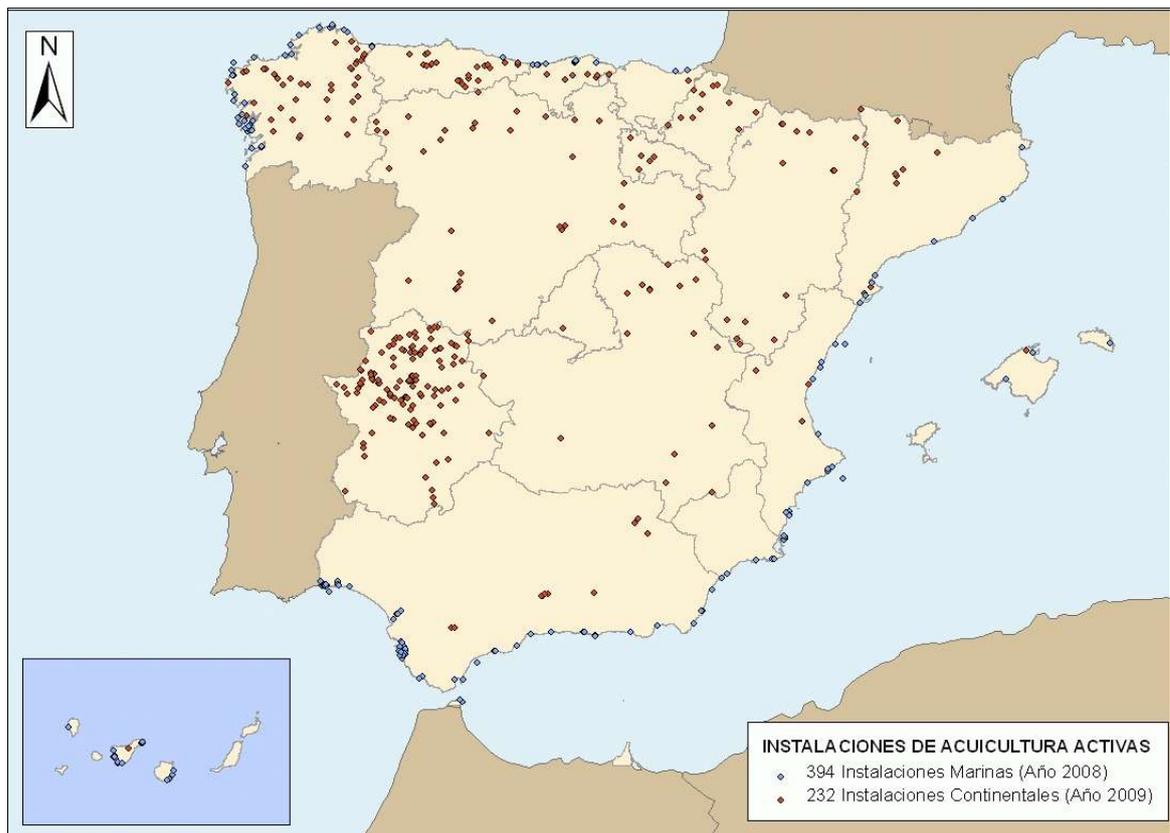


Figura 11.9. Distribución de las instalaciones de acuicultura activas en España en 2008, muchas piscifactorías de interior están más bien vinculadas a ríos y no a humedales. Por su parte las ubicadas en el litoral los están a humedales.



Imagen 11.11. Tareas de extracción de peces en una de las piscinas de la piscifactoría ubicada en el estero del Carbón en el río Piedras (Cartaya, Huelva).

5.1.2. Agua para consumo

El suministro de agua para consumo humano constituye un importante servicio que lagos y humedales proporcionan a la sociedad española. Aunque en este sentido existe una variada casuística, pues determinados tipos ecológicos de lagos y humedales no constituyen fuentes de aprovisionamiento adecuadas por sus características físico-químicas, como son las lagunas salinas e hipersalinas, o por su hidroperiodo, como aquellas otras que presenten un régimen estacional.

Sin embargo, el uso más importante al que se destina el agua proporcionada por los lagos y humedales lo constituye el riego agrícola. El aumento de los regadíos experimentado en España en las últimas décadas ha sido exponencial (Fig. 11.10). A pesar de ocupar tan sólo el 15% de la superficie cultivable los riegos agrícolas consumen el 80% de los recursos hídricos que se obtienen de los ríos, acuíferos y humedales (Fig. 11.11). Se estima, según WWF (www.wwf.es) que existen en nuestro país más de 500.000 pozos ilegales que explotan los acuíferos generando daños sobre los ecosistemas acuáticos que en ocasiones tienen carácter irreversible. El caso de las Tablas de Daimiel o Doñana son claros ejemplos de esta problemática.



Figura 11.10. Aumento de la superficie de regadío en España en las últimas décadas (Tamames, 2008).

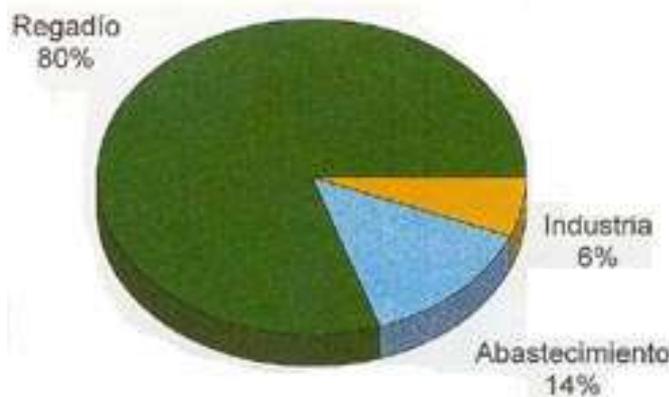


Figura 11.11. Porcentaje de agua consumida en España por tipo de usos según datos del Plan Hidrológico Nacional (Pizarro, 1996).

5.1.3. Materias primas de origen biológico

Los materiales de origen biológico suministrados por los humedales son los relacionados con la caña, junco, mimbre, fibra textil o madera. Los más abundantes y con una aplicación práctica son la caña, el junco y la mimbre muy utilizados en cesterías, especialmente en el siglo pasado, como menaje del hogar, aperos de campo, en molinos, etc. Actualmente los productos de cestería han adquirido un papel más ornamental y decorativo habiendo bajado ostensiblemente su producción.

5.1.4. Materias primas de origen geótico

La ubicación de salinas en los humedales litorales (Imagen 11.12) aunque también en algunos interiores (Imagen 11.13), constituye una actividad secular en nuestro país, rastreándose sus antecedentes en algunos casos en época romana y habiendo florecido especialmente en la época medieval.



Imagen 11.12. Acumulación de sal en las instalaciones de procesado ubicadas en las Salinas de Cabo de Gata (Almería).



Imagen 11.13. Salinas de Añana (Álava), uno de los enclaves salineros históricamente más importantes de la Península Ibérica.

La provisión de sales para consumo humano y salmueras de uso industrial constituye el principal aprovechamiento de origen geótico en los humedales. Según el Instituto Geológico y Minero de España, para el caso de la sal marina producida generalmente en zonas costeras en asociación con antiguos humedales, la producción ha oscilado de las 1.120.000 Tm en 1996 hasta las casi 1.300.000 Tm de 2008, generando un volumen de negocio que se sitúa en torno a los 35 millones de €/año. En el caso de las salinas interiores se ha pasado de 271 instalaciones censadas a principios del siglo XX a las 23 que existen en la actualidad y cuya producción supone tan sólo el 2,6% de la producción total.

Por su parte, la explotación de la turba ha experimentado un repunte en su utilización en los últimos tiempos debido a la demanda en los sectores agrícolas tecnificados (invernaderos) como mantillo y a su utilización como filtros en los sistemas de depuración de aguas, entre otros. La explotación de algunos humedales en los que su presencia era significativa ha generado importantes alteraciones en la estructura y el funcionamiento derivadas de la propia extracción del material del fondo de las cubetas lagunas, así como del manejo hídrico necesario para su extracción que impone la desecación de los sectores en los que se vaya a realizar la extracción. Ese es el caso de la laguna de las Madres en Huelva, actualmente inactiva o el de la Turbera de Padul, un humedal Ramsar, en la que dos empresas se reparten su explotación con una concesión administrativa en vigor hasta el año 2034 (Imagen 11.14).



Imagen 11.14. Vista parcial de la turbera de Padul (Granada) en invierno de 2010. La lámina de agua ubicada en la parte central de la foto corresponde con el área explotada.

Las turberas poseen importantes valores intrínsecos (Martínez Cortizas y García-Rodeja, 2009) que a veces no son suficientemente apreciados por la sociedad. Constituyen verdaderos archivos históricos en los que se guarda el registro de la evolución ambiental de los últimos miles de años. El estudio de los registros edafosedimentarios y polínicos permite la reconstrucción paleoecológica del área en el que se ubican.

5.1.5. Energías renovables

Los servicios prestados por los lagos y humedales españoles en relación con la producción de energías renovables son muy reducidos en términos de contribución global a la factura energética nacional, centrándose en la existencia de algunas minicentrales hidroeléctricas altamente impactantes asociadas a algunos lagos de montaña y el incipiente desarrollo de algunos proyectos de centrales de energía de tipo mareomotriz en humedales litorales en los que Galicia está a la cabeza.

5.1.6. Acervo genético

España presenta el nivel de biodiversidad más alto de Europa contando con un importante número de endemismos tanto del reino animal como vegetal (Fig. 11.12). Pocas áreas, incluidas las terrestres, reúnen tanta diversidad de especies y procesos como las zonas estuáricas e intermareales. Sin embargo, según la UICN en España más del 73% de los peces continentales, el 35% de los anfibios, el 54% de los reptiles y el 12% de los mamíferos, se encuentran en peligro crítico o de extinción. Mucha de esa biodiversidad se asocia a los ecosistemas acuáticos por lo que son los peces y los anfibios, vinculados especialmente a los humedales, los grupos más amenazados en la actualidad principalmente por la destrucción, sobreexplotación y contaminación de dichos ecosistemas.

Catálogo español de especies amenazadas					
Número de taxones (especies y subespecies) por categoría de amenaza					
Grupos taxonómicos	Categorías de amenaza				Totales
	En peligro de extinción	Sensible a la alteración de su hábitat	Vulnerable	De interés especial	
FLORA	112*	7*	9*	11	139* 137 taxones
INVERTEBRADOS	16	7	9	10	42 42 taxones
No artrópodos	4	1	4	1	10 taxones
Artrópodos	12	6	5	9	32 taxones
VERTEBRADOS	38*	7*	43*	342*	430* 424 taxones
Peces	4	0	6	1	11 11 taxones
Anfibios	1	0	1	20	22 22 taxones
Reptiles	5	3	1	42	51 51 taxones
Aves	21*	3	12*	251*	287* 284 taxones
Mamíferos	7	1*	23*	28*	59* 56 taxones
TOTAL	166*	21*	61*	363*	611* 603 taxones

* Contiene taxones con poblaciones en diferentes categorías de amenaza
Fuente: DGMNPF, MARM.

Figura 11.12. Estado de las especies animales y vegetales amenazadas según el Catálogo español de especies amenazadas.

(http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas/catalogo_especies/acceso_catalogo.htm).

Al igual que las especies salvajes en España existe una importante diversidad de especies de ganado que constituyen variedades únicas y que se encuentran igualmente amenazadas por la alteración o destrucción de sus hábitats. Este es el caso tanto de la *vaca mostrenca* como del *caballo de la retuerta* presentes en Doñana y que constituyen dos especies autóctonas con un importante valor ecológico. Son especies con una larga trayectoria evolutiva constituyendo en el caso del caballo de la Retuerta el ancestro de los *mustang* americanos (Imagen 11.15). Por su parte, la población de vaca mostrenca es la única en toda Europa de este tipo de ganado que se gestiona en un régimen de libertad completa (García Novo, *et al.*, 2007) (Imagen 11.16).



Imagen 11.15. El caballo de la Retuerta en el Parque Nacional de Doñana.



Imagen 11.16. Ejemplar macho de vaca *mostrenca* en la laguna de Charco del Toro (Parque Nacional de Doñana).

5.1.7. Medicinas naturales y principios activos

Se trata de materiales de origen biológico con cualidades terapéuticas que se suelen obtener especialmente de plantas propias de ambientes acuáticos. La demanda y utilización de este tipo de elementos por parte de la industria farmacéutica o cosmética ha avanzado notablemente en las últimas décadas de la mano de la investigación y los avances tecnológicos.

5.2. Servicios de regulación

5.2.1. Regulación climática

De forma genérica se conoce el importante papel que juegan los ecosistemas acuáticos en la regulación climática a nivel global. Las cantidades de vapor de agua proporcionadas a la atmósfera a partir de la evaporación directa y, especialmente, a través de la evapotranspiración contribuyen al mantenimiento de la humedad ambiental. En determinados enclaves este efecto puede generar condiciones locales específicas. El efecto de la evapotranspiración efectuada por la vegetación acuática también contribuye a moderar la amplitud térmica de su entorno suavizándola, siendo especialmente significativa esta acción en los ámbitos mediterráneos.

5.2.2. Regulación de la calidad del aire

Los humedales contienen entre el 10 y el 20% del carbono terrestre del mundo, desempeñando pues una función importante en el ciclo global del carbono (IPCC, 2001). Se estima que el carbono acumulado en los humedales en el mundo se eleva a un total de 230 gigatoneladas (Gt) sobre un total de unas 1.943 Gt. En el caso de los suelos hidromorfos el ritmo de descomposición de la materia orgánica es lento debido a las condiciones anaerobias presentes, por lo que el potencial de almacenamiento de C es alto.

En uno de los escasos proyectos de investigación desarrollados en España sobre este particular Álvarez Cobelas y colaboradores estudiaron la aptitud de las Tablas de Daimiel como sumidero de carbono obteniendo como resultado que dicho humedal funcionó como sumidero neto de carbono durante el periodo de estudio, hasta el extremo de almacenar alrededor de una $Tm\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$. Esta cifra resulta superior a las de humedales de zonas templadas frías ($0,08-0,6\ Tm\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$) e incluso a los de la Amazonia ($0,5\ Tm\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$).

Por el contrario, la destrucción de humedales ejerce el efecto contrario liberando a la atmósfera importantes volúmenes de C, por lo que contribuirían a aumentar el efecto invernadero. A nivel mundial, más del 8% de todas las emisiones globales de CO_2 se originan solamente por la destrucción de los humedales del sudeste asiático. En esta región se drena una enorme área de turberas. Como consecuencia de este proceso la turba orgánica se oxida provocando enormes cantidades de emisiones de CO_2 (www.wetlands.org/peat-co2).

5.2.3. Regulación hídrica

De los servicios de regulación hídrica que proporcionan los lagos y humedales españoles los que se encuentran en peores condiciones son los de depuración del agua. La contaminación del agua es, por orden de importancia, el quinto impulsor directo del cambio experimentado por los lagos y humedales de España, y el tercero, si agrupamos los directamente relacionados con alteraciones del régimen hídrico, habiendo afectado a más de un 11% de los humedales en el último siglo según Casado *et al.* (1992).

En este sentido la agricultura se ha convertido en España en el principal foco de contaminación difusa. Según WWF (www.wwf.es) la mayor fuente de contaminación de las aguas subterráneas de las que dependen un buen número de lagos y humedales en nuestro país procede de la infiltración de fertilizantes agrícolas, principalmente nitratos, que se utilizan en cantidades muy elevadas que rondan las 1.700 toneladas/año, con una media de 121 kg por hectárea. Igualmente, la utilización de pesticidas en la agricultura genera importantes alteraciones en la calidad de las aguas de este tipo ecosistemas. En España el uso de fitosanitarios agrícolas ha aumentado entre 1995 y 2005 el 70% según WWF, alcanzando un total de casi 50.000 toneladas y una media de 3 kg por hectárea. Pero no sólo ha aumentado el consumo de pesticidas, sino también su toxicidad. Los lixiviados de estos productos terminan por incorporarse a las distintas masas de agua, a los sedimentos o a los seres vivos (vegetales y animales), y finalmente, al hombre.

Los vertidos directos procedentes de aguas residuales así como industriales constituyen el otro gran foco de contaminación de los ecosistemas acuáticos, y quizás el que provoca un impacto mayor. Ciertamente tanto unos como otros han experimentado un importante descenso debido, en el caso de los primeros, a la aplicación de la Directiva Europea 91/271/CEE sobre el tratamiento de aguas residuales que impone la depuración de este tipo de aguas antes de ser vertidas a municipios con una población superior a los 2.000 habitantes (MIMAM, 2006). Sin embargo, en 2005 según WWF (www.wwf.es) todavía un 10% de las aguas residuales en España no se depuraba, existiendo 800 núcleos urbanos en esta situación entre ellos ciudades como Vigo, Burgos, Ourense, Oviedo, Algeciras, Úbeda, Badajoz, Ciudad Real e Ibiza.

En el caso de los vertidos industriales se ha avanzado igualmente en el control de aquellos constituidos en gran parte por productos químicos, muchos de ellos tóxicos, como fenoles, dioxinas, metales pesados, además de hidrocarburos, sustancias radiactivas, etc., más difíciles de degradar que los contenidos en las aguas residuales urbanas. A pesar de ello, siguen existiendo enclaves especialmente sensibles como puede ser el polo químico de Huelva ubicado en la desembocadura de los ríos Tinto y Odiel o algunos enclaves portuarios como el de Bilbao en la ría del Nervión.

5.2.4. Regulación morfosedimentaria

Los lagos y humedales ejercen un importante papel de regulación morfosedimentaria que se concreta especialmente en su capacidad de absorber y redistribuir sedimentos. Esta labor es especialmente importante en los humedales litorales, sobre todo, los vinculados con sistemas fluviales, cuya carga sedimentaria constituye un elemento esencial en el mantenimiento de su estructura y funcionamiento. Sin embargo, este funcionamiento se ha visto alterado en especial desde la segunda mitad del siglo pasado hasta la actualidad como resultados de la falta de llegada de material sedimentario a estos ecosistemas. Efectivamente, la mayor parte de la carga sedimentaria que antes llegaba al litoral a través de los ríos en la actualidad queda retenida en los más de 1.200 embalses que existen en nuestro país.

Un ejemplo de esta situación se observa en el Delta del Ebro en el que la falta de carga sedimentaria está generando problemas de retrocesos de la línea de costa, así como, problemas de subsidencia y ascensos locales del nivel del mar. Actualmente llegan al Delta del Ebro unas 200.000 Tm de sedimentos al año lo que supone 10 veces menos de lo que se necesitaría y 100 veces menos de los que llegaba al delta a principios del siglo XX. Sólo los embalses de Mequinenza y Ribarroja situados en uno de sus afluentes retienen el 96,4% de los sedimentos que reciben.

5.2.5. Formación y fertilidad del suelo

La formación de un suelo es un proceso lento que requiere de lapsos temporales que pueden ir de varias centenas a varios miles de años. Su destrucción sin embargo puede llevarse a cabo en cuestión de horas. El mantenimiento de suelos sanos es un seguro de vida pues constituyen la base del mantenimiento de la vegetación silvestre y la agricultura. En el caso de la primera es en el suelo donde se encuentra su banco de semillas necesario para el mantenimiento de sus ciclos vitales.

Los suelos hidromorfos correspondientes a antiguas zonas húmedas hoy día desaparecidas (Janda, Ruiz Sánchez, etc.), o transformadas (marismas del Guadalquivir, Albufera, Delta del Ebro...), constituyen importantes núcleos de producción agrícola. Igualmente ocurre con los fluviosoles característicos de las llanuras aluviales que abarcan el 6% de la superficie de España (según *Corine Europe Soil database version 2. European Environment Agency*) y que constituyen los suelos más ricos y con mayores niveles de productividad agrícola.

5.2.6. Regulación perturbaciones naturales

El mundo mediterráneo se caracteriza por su notable variabilidad climática intraanual e interanual en la que se alternan períodos húmedos con otros secos (Imagen 11.17). Tanto unos como otros constituyen elementos necesarios en el funcionamiento normal del mundo mediterráneo. Los ciclos húmedos pueden acarrear crecidas de los sistemas fluviales que los humedales ubicados en las llanuras aluviales ayudan a laminar y mitigar sus efectos. La enorme pérdida registrada por este tipo de humedales en España, como se ha visto en otros apartados de este trabajo, ha dado lugar a que las crecidas sean cada vez más desastrosas y tengan en nuestro país mayores consecuencias negativas desde el punto de vista material e, incluso, personal. De igual modo, los humedales costeros constituyen ámbitos de amortiguamiento frente a perturbaciones de origen climático diluyendo y minorando lo efectos de los temporales. Por el contrario, durante los ciclos de sequía los humedales se convierten en focos de humedad en un entorno más seco proporcionando agua, humedad ambiental, sombra por la vegetación, etc.



Imagen 11.17. Aspecto de la marisma de Doñana durante el verano de 2009 completamente seca.

Los costes derivados de la falta de capacidad de regulación natural de estas perturbaciones alcanzan niveles alarmantes. En el período comprendido entre 2004 a 2010 se destinaron a paliar los efectos de la sequía 818 millones de euros (MMA), mientras que para el caso de las crecidas se destinaron 190 millones de euros. En el caso concreto del año 2009 la inversión para paliar los efectos negativos de inundaciones y sequías consumió el 11% del total de las inversiones del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino.

5.2.7. Control biológico

La introducción accidental o de la mano el hombre de especies exóticas animales y vegetales tiene notables repercusiones negativas sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, especialmente, de los humedales. Su erradicación las más de las veces supone un coste bastante elevado en términos económicos y ecológicos en aquellos casos en los que se consigue.

En el caso de los humedales los mayores problemas se han derivado de la introducción de especies de peces destinados a favorecer la pesca deportiva. Ha sido la carpa la especie más utilizada. En el caso de los invertebrados destaca el cangrejo rojo americano (Imagen 11.18), que se ha extendido en buena parte de nuestros ríos y humedales, donde actúa como vector de una enfermedad mortal para el cangrejo autóctono, al que ha llevado prácticamente a la extinción. Finalmente, dentro de los anfibios destaca el caso de la rana toro y en el de los reptiles la introducción del galápagos de Florida.



Imagen 11.18. Ejemplar de cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*) muy abundante en la mayoría de los humedales no salinos de España.

5.3. Servicios culturales

El deterioro de los servicios culturales que proporcionan los lagos y humedales españoles ha ido en paralelo a la desaparición de estos ecosistemas. Sin embargo, se da la paradoja que son los servicios que más fácilmente percibe la sociedad y a través de los cuales se ha ido concienciando a la misma de la necesidad de preservar dicho ámbitos.

5.3.1. Conocimiento científico

El conocimiento científico a cerca del funcionamiento de los humedales es cada vez mayor, como cada es más elevado el número de publicaciones científicas relacionados con ellos. En el caso de Andalucía el número de trabajos científicos relacionados con el conocimiento del medio físico ha experimentado un notable crecimiento en la década de los 90 del siglo pasado (Borja *et al.*, 2002) (Fig. 11.13).

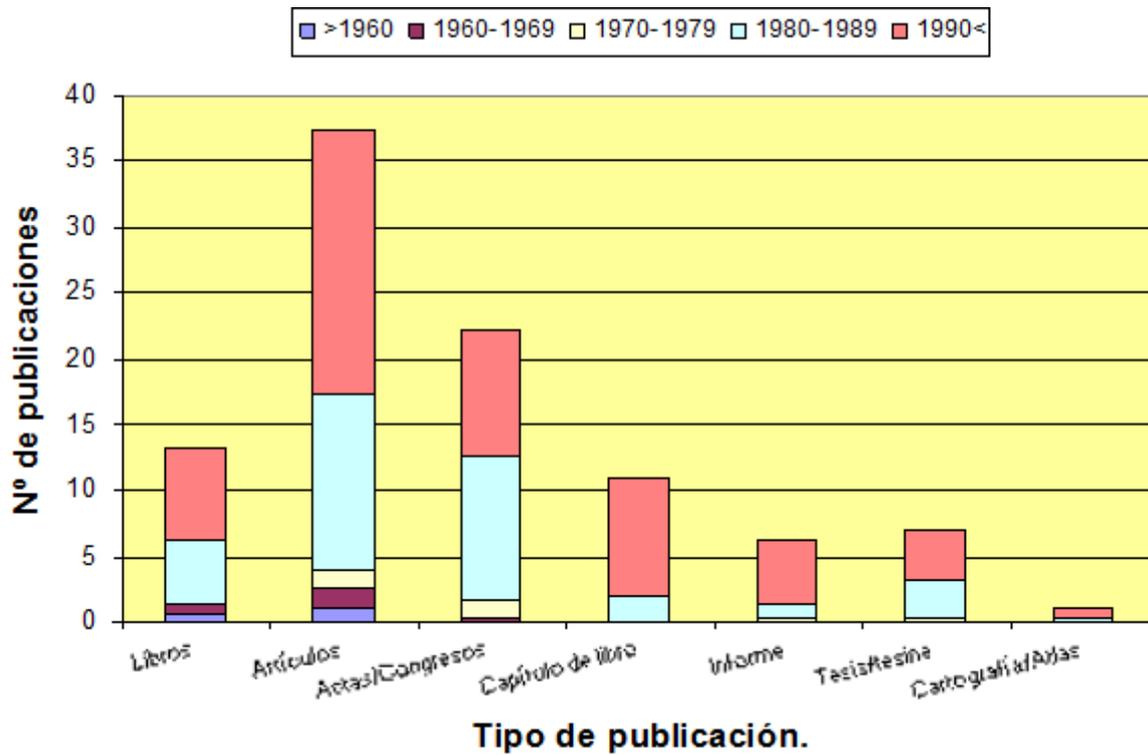


Figura 11.13. Distribución cronológica por tipo de publicación relacionada con el medio físico de los humedales andaluces hasta el año 2000 (Borja *et al.* 2002).

Una importante colección de artículos científicos en relación con los humedales españoles se puede encontrar en la revista *Limnetica* publicada por la Asociación Ibérica de Limnología, entidad que reúne a los científicos y profesionales que se ocupan del estudio de los ecosistemas acuáticos epicontinentales. Así mismo los congresos organizados por esta asociación cada dos años constituyen un magnífico foro de discusión sobre los avances en el conocimiento. En las últimas ediciones se ronda la cifra de 400 trabajos presentados a debate en cada congreso.

Sin embargo, el mayor conocimiento sobre el funcionamiento de este tipo de ecosistemas no se traduce de forma automática en mejores políticas de gestión y conservación. Las decisiones políticas, la dotación de recursos financieros, los medios materiales, etc., condicionan en última instancia la aplicación práctica del bagaje científico.

5.3.2. Conocimiento ecológico local

El proceso creciente de despoblamiento del campo al que se ha asistido en España en las últimas décadas, sumado al envejecimiento de la población rural, han provocado una progresiva e imparable pérdida de conocimientos y saberes tradicionales acerca de la flora y fauna local, así como de los aprovechamientos de estos ecosistemas acuáticos (Florín, 2006).

La desaparición, por ejemplo, de la trashumancia y los cambios en las explotaciones ganaderas han privado de funcionalidad a la extensa red de cañadas en Castilla-La Mancha. Éstas servían de corredores ecológicos entre islas húmedas en un paisaje seco, que constituyen los humedales, en los que a menudo aparecen pastos naturales y afloramientos de agua subterránea que servían de abrevadero al ganado. En la figura 11.14 puede observarse cómo la red de vías pecuarias de Castilla-La Mancha enlaza entre sí los complejos de lagos y humedales de las áreas de montaña (Serranía de Cuenca, Montes de Toledo y Sierra Morena), corriendo paralelamente a las vegas y llanuras de inundación fluviales, e incluso enlazando también con los humedales de las partes bajas de la cuenca. Por esta red de cañadas no sólo se transportaban propágulos de plantas y animales adheridos al pelaje del ganado, sino también el conocimiento recogido durante milenios por los pastores, que constituían verdaderas enciclopedias errantes.

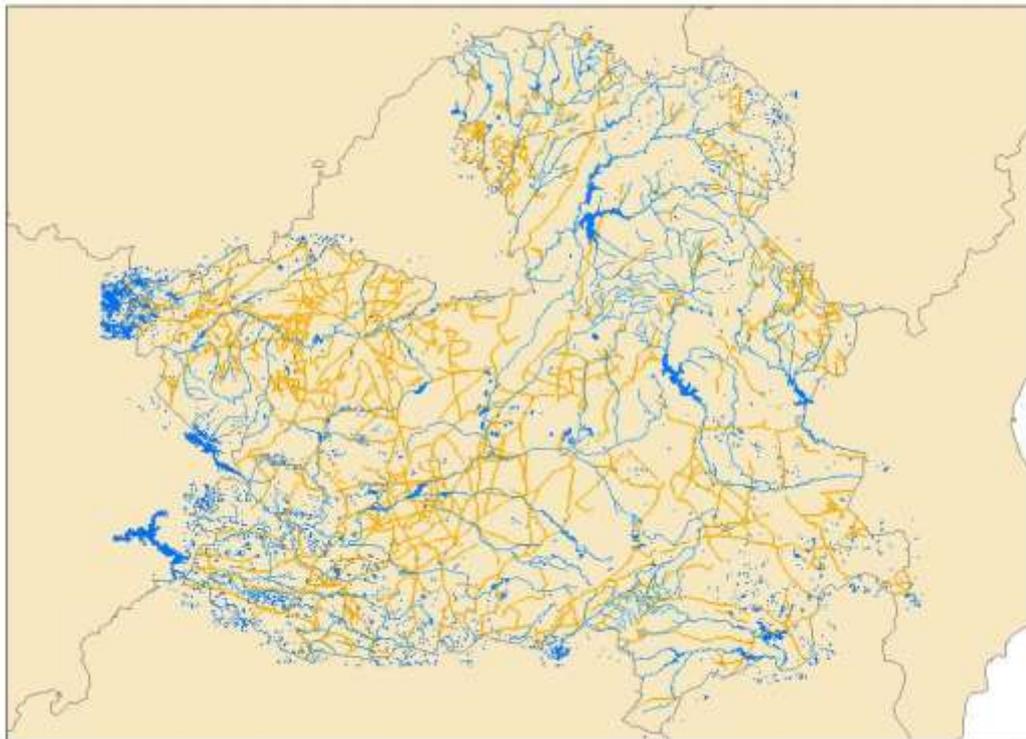


Figura 11.14. Distribución de vías pecuarias y cañadas y su relación con la red fluvial y los humedales en la Comunidad de Castilla-La Mancha.

Este oficio era el depositario de un saber empírico que abarcaba desde el funcionamiento hidrológico de los humedales hasta su patrimonio botánico y farmacológico, de los que dependían animales y seres humanos para su propia supervivencia en las solitarias travesías en busca de pastos y agua. A ellos recurrían los limnólogos en busca de explicación de fenómenos insólitos, o para corroborar hipótesis, como observadores perpetuos del medio natural que complementan la siempre fragmentaria visión del científico. Sin embargo, la transformación de la ganadería y el fugaz hiperdesarrollo socioeconómico de principios del siglo XXI han supuesto la práctica desaparición de esta fuente de conocimientos. Hoy en día resulta hasta difícil comunicarse con el menguado número de pastores que, cada vez menos y con menor intensidad, frecuentan el campo, originarios, en el mejor de los casos, de algún país de Europa del Este, cuando no del Norte de África y, en cualquier caso, apenas conocedores de lo acontecido durante unos pocos meses en el espacio de unas pocas hectáreas.

Procesos de este tipo están detrás de la alienación cultural, desconocimiento ecológico local y desarraigo con respecto a nuestros humedales. Con el cambio de usos, la deslocalización de la población y la rarefacción de oficios, se ha perdido la consciencia de la profunda impronta del uso humano que ha modelado directa o indirectamente comunidades, ciclos biogeoquímicos, suelos, hidrología y hasta los genotipos de muchos organismos que consideramos salvajes. No sorprende, pues, la ingenuidad demostrada por administraciones, científicos y particulares en la gestión, conservación y restauración de humedales, cuando interpretan la pretendida naturalidad del funcionamiento de estos ecosistemas (González Bernáldez, 1992).

5.3.3. Identidad cultural y sentido de pertenencia

El proceso de globalización al que asistimos en la actualidad ha llegado también al campo dando como resultado una homogenización cultural cada vez mayor, que hace que se implanten patrones de comportamiento *urbanitas* en los ámbitos rurales en detrimento de las tradiciones y costumbres propias de cada región. Este hecho ha desembocado en un proceso generalizado de pérdida de identificación con las costumbres y tradiciones locales, al tiempo que ha hecho disminuir el sentido de pertenencia a un lugar o región concreta.

5.3.4. Valor espiritual y religioso

En algunos humedales el carácter religioso-espiritual que se le ha asignado por lo general por las poblaciones locales ha sido la garantía de su conservación. En algunos casos se organizan romerías o actos religioso-festivos que vinculan a dichas poblaciones con el lugar de culto. En ocasiones este fenómeno se magnifica como es el caso de la Romería de El Rocío en Doñana que congrega cada año a más de un millón de personas en el entorno del Parque Nacional durante una semana.

5.3.5. Paisaje y disfrute estético

Los paisajes asociados a los lagos y humedales españoles son enormemente variados. Dicha variedad responde a la distinta génesis que presentan, desde lagos de montaña, a marismas, desde lagunas salinas a torcas, etc. Este servicio es cada vez más demandado por la sociedad y así se refleja en el número de visitas que reciben estos ámbitos.

5.3.6. Actividades recreativas y ecoturismo

El número de visitantes que acuden a espacios naturales protegidos que incluyen humedales ha experimentado un crecimiento notable en las últimas décadas. Por ejemplo, las Tablas de Daimiel recibió 100.666 visitantes en 2006, pero en un año húmedo como 2010 recibió 216.715 visitantes sólo hasta el mes abril, de los cuales unos 80.000 se recibieron en tan sólo una semana (EUROPARC, 2008).

El caso de Doñana quizá sea uno de los lugares más estudiados desde este punto de vista. En el trabajo de Gómez-Limón *et al.* (2002) se analiza pormenorizadamente el perfil del visitantes de Doñana, el número, sus preferencias, etc. En la figura 11.15 se muestra el número total de visitas registradas en la comarca de Doñana durante el año 2001 y la distribución por lugares de interés.

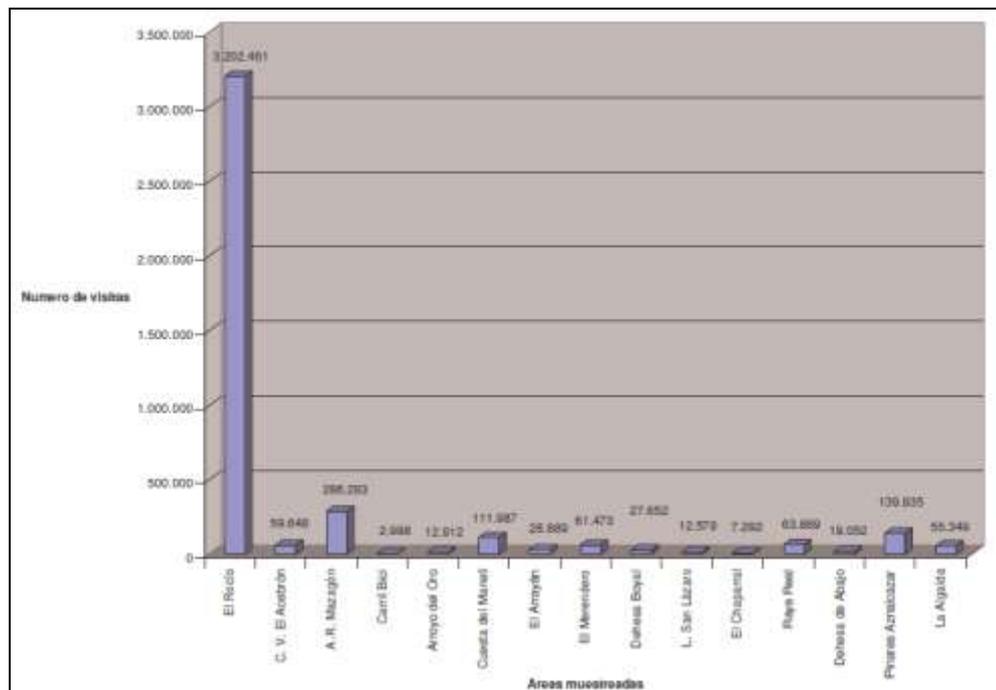


Figura 11.15. Distribución de las visitas a la comarca de Doñana con indicación de los ámbitos más frecuentados.

5.3.7. Educación ambiental

Algunas instituciones y organismos tienen entre sus objetivos principales el fomento de la educación ambiental aplicada a los humedales. Este es el caso del CEHUM (Centro Español de Humedales) adscrito a la Fundación Biodiversidad (MARM) que entre sus líneas de actuación contempla el desarrollo de un Programa de Formación dirigido a realizar cursos de especialización profesional, formación de formadores, jornadas y seminarios universitarios, etc., orientados a la conservación y gestión del patrimonio ecológico y cultural de los humedales. Igualmente existen diversas organizaciones conservacionistas que fomentan el voluntariado ambiental en el ámbito de las zonas húmedas, tales como SEO-Birdlife, WWF, la Fundación Limne, la Fundación Global Nature, Agró, Ecologistas en Acción, y un largo etcétera de asociaciones mediante las cuales la sociedad civil participa en la conservación de nuestro capital natural.

5.4. Tendencias generales

El estado de los servicios que proporcionan a la sociedad los lagos y humedales españoles es malo, siendo su tendencia general de carácter negativo.

En el caso de los servicios de abastecimiento las tendencias observadas desde de un punto de vista global muestran un proceso de degradación, especialmente en el caso de los servicios más significativos, como la provisión de alimentos (excepto la acuicultura), el suministro de agua para cualquier uso, el abastecimiento de materiales de origen biológico y animal o el mantenimiento del acervo genético. Escapan a esta tendencia, sin embargo, servicios como la obtención de medicinas naturales y principios activos que cada vez son más solicitados por la sociedad y el suministro de energías renovables que se mantiene en una situación estacionaria (Tabla 11.7).

Por su parte, las previsiones para los servicios de regulación desempeñados por los lagos y humedales españoles son, igualmente, de malas a muy malas. Todos los indicadores considerados en la Tabla 11.7 muestran una tendencia al empeoramiento, siendo especialmente preocupante la pérdida de capacidad de estos ecosistemas para desarrollar sus funciones de regulación hídrica, climática, morfosedimentaria, biológica, etc.

Finalmente, las tendencias de los servicios culturales son mejores en términos generales que las anteriores, evidenciándose un creciente interés por parte de la sociedad española hacia los lagos y humedales en relación especialmente con los servicios de disfrute paisajístico y estético, recreativo, educación ambiental y valor espiritual. Igualmente, desde el punto de vista científico se ha avanzado notablemente en el conocimiento del funcionamiento de este tipo de ecosistemas. Esta tendencia al alza se rompe únicamente en el caso de la identidad cultural y el sentimiento de arraigo que está en franco retroceso debido al aumento de la despoblación de las áreas rurales y, especialmente, al envejecimiento de su población depositaria de estos valores.

Se puede afirmar, pues, que el aumento de las tasas de explotación de los servicios de abastecimiento, especialmente por lo que se refiere a los usos del agua, sustento básico de los humedales, está teniendo consecuencias nefastas para el mantenimiento de los servicios de regulación, que son los que en peores circunstancias se encuentran en la actualidad y cuyo futuro inmediato no es nada alentador. Esta situación contrasta, sin embargo, con el deseo de la sociedad de disfrutar cada vez más de unos ecosistemas acuáticos sanos y bien conservados.

Tabla 11.7. Evaluación del estado y tendencias de los servicios de los lagos y humedales españoles, agrupados por tipos de servicios.

Tipo	Servicio	Situación	
Abastecimiento	Alimentos	Producción agrícola	↓
		Ganado	↓
		Pesca y marisqueo	↓
		Acuicultura	↗
		Alimentos vegetales silvestres	↓
		Caza para la alimentación	↓
	Agua para usos diversos	↓	
	Materias primas de origen biológico	↓	
	Materias primas de origen mineral	↗	
	Energías renovables	↔	
	Acervo genético	↓	
Medicinas naturales y principios activos	↗		
Regulación	Regulación climática		↓
			↓
	Regulación de la calidad del aire	↓	
	Regulación hídrica (cantidad y calidad)	↓	
	Regulación morfosedimentaria	↓	
	Formación y fertilidad del suelo	↓	
	Regulación de las perturbaciones naturales	↓	
Control biológico	↓		
Culturales	Conocimiento científico	↗	
	Conocimiento ecológico local	↘	
	Identidad cultural y sentido de pertenencia	↓	
	Valor espiritual y religioso	↗	
	Paisaje - disfrute estético	↑	
	Actividades recreativas y ecoturismo	↑	
	Educación ambiental	↑	

Alto
 Medio-Alto
 Medio-Bajo
 Bajo

↑ Mejora del servicio
↗ Tendencia a mejorar
↔ Tendencia mixta
↘ Tendencia a empeorar
↓ Empeora el servicio

6. Impulsores directos del cambio de los ecosistemas de lagos y humedales españoles

Los impulsores de cambio directo considerados en el presente trabajo que afectan a los lagos y humedales de España son los relacionados con los cambios en los usos del suelo, el cambio climático, la contaminación, la proliferación de especies invasoras, los cambios en los ciclos biogeoquímicos y la sobreexplotación hídrica (especialmente de los acuíferos) (Tabla 11.8).

El nivel de impacto para los impulsores directos de cambio relacionados con los cambios en los usos del suelo presenta una intensidad muy alta así como una tendencia muy rápida en el impacto. Por su parte la sobreexplotación de los acuíferos muestra una intensidad igualmente muy alta y una tendencia hacia el aumento. Impulsores directos de cambio como el cambio climático y la contaminación muestran mismo nivel de intensidad aunque el primero mantiene una tendencia continua mientras que el segundo muestra una tendencia al alza. Finalmente, tanto especies invasoras como cambios en los ciclos biogeoquímicos presentan una intensidad moderada manteniendo el primero de ellos una rápida tendencia a aumentar, mientras que el segundo muestra una tendencia de aumento moderado. De forma genérica, puede considerarse que estas tendencias conllevan una pérdida o degradación de los servicios globales que los humedales españoles proporcionan a la sociedad.

Tabla 11.8. Impulsores de cambio directo para los lagos y humedales españoles. La gama de colores indica la intensidad del impulsor en la alteración de los servicios que proporcionan.

ECOSISTEMA	Cambios de usos del suelo	Cambio climático	Contaminación	Especies invasoras	Cambio en los ciclos biogeoquímicos	Sobreexplotación hídrica
Lagos y humedales	↑	→	↗	↑	↗	↗

Intensidad de los impulsores directos del cambio

Bajo	
Moderado	
Alto	
Muy alto	

Tendencias actuales de los impulsores directos del cambio

Disminuye el impacto	↘
Continúa el impacto	→
Aumenta el impacto	↗
Aumenta muy rápido el impacto	↑

Los cambios en los usos del suelo se revelan como uno de los impulsores directos de cambio más significativos en relación con la pérdida y deterioro de los lagos y humedales, especialmente los interiores. El avance de la frontera agrícola de la mano de la mecanización y la intensificación de la agricultura durante la última centuria, y de la alta tecnificación durante las últimas décadas, ha conllevado la pérdida y alteración de un gran porcentaje de los ecosistemas acuáticos existentes en nuestro país. Del mismo modo, la intensificación de las transformaciones agrarias a regadíos ha esquilado algunos de los acuíferos asociados a muchos humedales, dejando a estos en una grave situación de penuria hídrica que les merma enormemente de capacidad para mantener su integridad ecológica y, por tanto, de poder suministrar servicios. En el caso de los humedales litorales, el desafortunado avance de la urbanización, la transformación en cultivos o la instalación de piscifactorías, han sido los principales cambios registrados. Este impulsor presenta una tendencia de cambio muy rápida y una intensidad muy alta.

Las repercusiones del cambio climático constituyen una amenaza para el funcionamiento de muchos humedales, especialmente centrada en el cambio del régimen hídrico lo que va a tener consecuencias notables en la alteración de los patrones de funcionamiento hidrogeomorfológico de muchos de ellos. Constituye un impulsor de cambio directo con impacto alto y tendencia continua que sin duda irá incrementando su intensidad en las próximas décadas. Según Ayala-Carcedo (2002) los efectos sobre los

sistemas acuáticos del cambio climático se cifran en una reducción generalizada de la precipitación, un aumento de la temperatura y una reducción de la humedad relativa del aire que van a determinar desde el punto de vista hidrológico un descenso de los aportes y un aumento de la evapotranspiración que van, finalmente, a condicionar el aumento de la frecuencia y severidad de las desecaciones, especialmente en los ambientes fluctuantes como el ámbito mediterráneo, la disminución del período anual biológicamente activo y, por último, un aumento de la salinidad. En esta misma línea Álvarez-Cobelas *et al.* (2005) en un reciente informe científico sobre los posibles efectos del cambio climático en España (Moreno, 2005) afirma que en lo que respecta a los ecosistemas leníticos, aunque todavía no pueden cuantificarse, se vislumbran importantes cambios especialmente en los patrones hídricos especialmente en ambientes endorreicos, lagunas, humedales costeros y ambientes dependientes de las aguas subterráneas. En este trabajo se señalan una serie de carencias que impiden establecer una estrategia de adaptación de la gestión de estos ecosistemas y los sistemas hídricos asociados, como son la falta de series de datos fiables a largo plazo, la aún escasa información sobre su estado ecológico y la biología de las especies más importantes, el desconocimiento de los procesos de histéresis, y el desconocimiento de los efectos que sobre estos ecosistemas pueden tener los cambios abruptos o graduales de las comunidades vegetales terrestres y de la geología de las cuencas hidrográficas en que se enclavan.

La contaminación por el aporte de elementos químicos procedentes de abonos, pesticidas, plaguicidas, etc., arrastrados por las aguas sobrantes de riego procedentes de la agricultura o, en algunos otros casos, de efluentes de origen urbano o industrial generan un importante deterioro en la calidad de las aguas, alterando el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos propios de este tipo de ecosistemas. Este impacto ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas de la mano de la intensificación y tecnificación de la agricultura y la expansión demográfica y actualmente mantiene una intensidad alta y una tendencia al alza.

Las especies invasoras tanto vegetales como animales se han convertido en los últimos tiempos en una importante lacra para los humedales ya que los desequilibrios que introducen terminan por cambiar el cuadro ecológico de estos ecosistemas. Se trata de un impulsor de cambio directo que presenta una intensidad moderada pero con una tendencia de aumento muy rápida. Un ejemplo lo tenemos en Doñana con el cangrejo rojo (*Procambarus clarkii*). Muy significativo ha sido igualmente la introducción de especies exóticas de peces (por ejemplo carpas) en numerosos humedales para favorecer la pesca deportiva.

En el caso de los cambios en los ciclos biogeoquímicos las alteraciones se cifran especialmente en el menoscabo de la capacidad de estos ecosistemas para depurar el agua, fijar el carbono, reducir las tasas de materia orgánica o nitrógeno, etc. De este modo el desarrollo de ciclos esenciales para el buen funcionamiento del ecosistema y el suministro de servicios esenciales a la sociedad se ven alterados. Es un impulsor de cambio directo intensidad moderada y con una tendencia al alza.

La sobreexplotación de carácter hídrico tiene su máxima expresión en el uso abusivo de los acuíferos y en la regulación hídrica superficial. Ambos elementos constituyen unos impactos de primer orden en el mantenimiento de la funcionalidad de estos ecosistemas al ser el agua su componente esencial. La utilización del agua subterránea para la agricultura y el abastecimiento humano ha supuesto en las últimas décadas un importante impacto en el régimen de funcionamiento de muchos humedales especialmente interiores, en los que los aportes de aguas subterráneas constituyen el origen principal de su alimentación (Tablas de Daimiel). En un importante número de casos el impacto hídrico ha supuesto la desecación y la pérdida definitiva del humedal (Ruiz Sánchez, La Janda). Igualmente, la regulación de la red hídrica superficial a través de la artificialización de su desarrollo mediante la construcción de embalses, canales, trasvases, etc., ha supuesto un enorme perjuicio para el buen funcionamiento de estos ecosistemas, principalmente, aquellos vinculados a las riberas fluviales y aquellos otros ubicados en el litoral pero sujetos a una dinámica fluvial (humedales fluvio-litorales). Presentan en la actualidad una intensidad muy alta y una tendencia al alza.

7. Análisis de compromisos (*trade-offs*) y sinergias

En la naturaleza los distintos ecosistemas identificados de forma artificial por el hombre conforman parte de un todo en el que se establece un complejo sistema de interrelaciones entre las partes a distintos niveles escalares espacio-temporales. Las relaciones de interdependencia existentes entre cada una de ellas determinan que cualquier modificación que tenga lugar en alguno de sus elementos tendrá repercusiones en el resto. Es necesario, por tanto, desarrollar una aproximación integral en la consideración de los diferentes elementos que componen el medio natural, en la que se prime la importancia del conjunto de relaciones de interdependencias establecidas entre ellos, a diferentes niveles escalares espacio-temporales, frente a la primacía de uno de ellos sobre el resto (Borja y Borja, 2002).

En la tabla 11.9 se muestran algunos ejemplos de este sistema de relaciones aplicado al caso concreto de los humedales.

Tabla 11.9. Algunos ejemplos del sistema de interrelaciones entre los distintos tipos operativos de ecosistemas contemplados en EME.

DECISIÓN	OBJETIVO	GANADOR/ES	ECOSERVICIO QUE DECRECE	PERDEDORES
Desecación de humedal para agricultura.	Incrementar el servicio de alimentación.	Agricultores, consumidores.	Servicios de regulación hídrica, control de perturbaciones naturales, etc. servicios culturales como conocimiento ecológico local, paisaje-disfrute estético.	Pérdida de capital natural Pérdida de biodiversidad Población local afectada por la pérdida de servicios de regulación y culturales.
Desarrollo urbanístico en el litoral (litoralización).	Incremento del PIB, incremento de puestos de trabajo y renta <i>per capita</i>	Empresarios Economía local.	Servicio alimentación pesca, regulación control erosión, etc.	Dstrucción de hábitats Comunidades locales, pesquerías locales .
Sobreexplotación acuíferos que alimentan humedales.	Aporte de agua para consumo, agricultura, industria...	Consumo humano, agricultores, etc.	Servicios de regulación hídrica, control de perturbaciones naturales, etc. servicios culturales como conocimiento ecológico local, paisaje-disfrute estético.	Pérdida de capital natural Pérdida de biodiversidad Población local afectada por la pérdida de servicios de regulación y culturales.

8. Respuestas e intervenciones de gestión

Como se ha comentado en apartados anteriores de este trabajo, se ha avanzado ostensiblemente en las últimas décadas en el reconocimiento del valor de los humedales y de la importancia de su conservación, aunque todavía se está bastante lejos de conseguir una verdadera integración de esta concepción en la sociedad. Si bien es cierto que desde los años ochenta del siglo pasado se ha producido una inflexión en el ritmo de destrucción y alteración de humedales en España, aún hoy las amenazas que se ciernen sobre este tipo de ecosistemas son enormemente variadas y peligrosas. En esta línea se puede afirmar que el impacto de los impulsores de cambio directo sobre estos ecosistemas se ha amortiguado en los últimos tiempos, debido especialmente al proceso de incorporación de los mismos a las distintas redes de espacios protegidos desarrolladas en España, mientras que en el caso de las afecciones derivadas de los impulsores indirectos de cambio se observa una tendencia al alza significativa.

De este escenario resulta que el estado de conservación actual de los humedales españoles es malo o muy malo, estando el suministro de los servicios que proporcionan a la sociedad española comprometido a medio/largo plazo de mantenerse las actuales tendencias de su uso y explotación. Esta situación, sin embargo, no es suficientemente percibida por la sociedad en general, y los gestores en particular, que siguen pensando, los primeros, que con establecer una figura de protección y delimitar un ámbito alrededor del humedal es suficiente para garantizar su conservación, y los segundos, que continúan aplicando medidas de gestión que no tienen en consideración el nivel de interdependencia e interacción de estos sistemas con otros a distintas escalas espacio-temporales, necesarias, por lo demás, para el mantenimiento de su integridad ecológica.

Revertir esta situación requiere en primer lugar la adopción de un nuevo marco de referencia conceptual y la implementación de medidas de gestión acordes con el mismo. En esta línea, el desarrollo en las últimas décadas de la *aproximación ecosistémica* ha supuesto un cambio sustancial en la consideración de los elementos que componen el medio natural desde un punto de vista integral, en el que se da importancia al conjunto de relaciones de interdependencia establecidas entre ellos, a diferentes niveles escalares espacio-temporal, frente a la primacía de uno ellos sobre el resto.

La aproximación ecosistémica constituye, según Montes *et al.* (1998) una línea de pensamiento y estrategia metodológica que permite analizar y modelar el complejo sistema de interrelaciones biofísicas, entre las que se incluye el ser humano, que definen la ecosfera. Toma al ecosistema como unidad de estudio y busca, a través del conocimiento que se tiene sobre los principios unificadores que explican su organización y dinamismo, entender el funcionamiento del medio natural y las relaciones causa-efecto que se establecen cuando se le aplican, por parte de los sistemas humanos, diferentes modelos de explotación.

Un buen ejemplo de aplicación de la teoría de aproximación ecosistémica al caso concreto de los ecosistemas acuáticos lo constituye el *Plan Andaluz de Humedales* (CMAJA, 2002). Desde esta perspectiva un *humedal es considerado como un sistema ecológico o ecosistema (...) es decir, una unidad funcional de la superficie terrestre de cualquier magnitud, que procesa e intercambia energía y materiales, que se autoorganiza en el tiempo, y que está compuesto por elementos vivos y no vivos, ligados por una trama de relaciones biofísicas de interdependencia.*

La aplicación de estas consideraciones pasa por la implementación de estrategias de gestión que, manteniendo las consideraciones referidas en los párrafos anteriores, intente conciliar la conservación de estos ecosistemas a largo plazo con la explotación de los recursos que éstos generan a la sociedad española. En este sentido, se aboga desde estas páginas por el desarrollo, en su acepción más amplia, del concepto propuesto por la Convención Ramsar de *uso racional* de los humedales. Esta afirmación requiere el surgimiento de un nuevo marco de relaciones en el que se potencie la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones (implicados directos), se mejore la coordinación entre las distintas administraciones implicadas en el manejo de estos ecosistemas a nivel supraestatal, nacional, regional y

local, y, se armonicen las directrices definidas por los diferentes acuerdos internacionales vigentes (Ramsar, Biodiversidad...), entre otras medidas.

En este sentido, la consideración de los humedales conceptuados como *capital natural*, es decir, como un patrimonio que tiene un valor de mercado definido, es una línea estratégica que puede ayudar a acelerar el proceso de adopción de esta nueva propuesta. La idea de que cada vez que destruimos un humedal o alteramos su funcionamiento estamos perdiendo mucho dinero es un argumento que es entendido rápidamente por la sociedad y los gestores. En esta línea es importante transmitir a la sociedad la idea de la importancia de no perder más capital e, igualmente, la de invertir en recuperar el que se ha perdido en los últimos tiempos.

Es vital para una sociedad avanzada como la nuestra mantener unos lagos y humedales bien conservados, con altos niveles de integridad ecológica, así como, restaurar aquellos otros que se han visto alterados o parcialmente destruidos (EM, 2005). La restauración de lagos y humedales debe constituir, igualmente, una estrategia principal dentro de las políticas de gestión de estos ecosistemas a todos los niveles, fundamentada en una serie de principios básicos. La restauración de humedales, como la de cualquier otro ecosistema, debe enfocarse desde una perspectiva integral y estar orientada a la recuperación de la funcionalidad del sistema a distintos niveles escalares espacio-temporales. En este sentido, es fundamental la consideración del papel del humedal en el marco de la cuenca hidrográfica en la que se ubica, así como, el establecimiento de un plan de seguimiento de las actuaciones y los resultados obtenidos.

Finalmente, es necesario tener en consideración a la hora de implementar medidas de gestión el marco actual en el que nos encontramos inmersos, caracterizado por un mundo cambiante y globalizado y condicionado por los efectos del cambio global que, especialmente en la faceta relacionada con el cambio climático, tendrá importantes repercusiones sobre el funcionamiento de los lagos y humedales españoles a medio plazo.

9. La conservación de los lagos y humedales y el bienestar humano

En la figura 11.16 se muestra de forma sintética la relación entre los principales servicios suministrados por los humedales y el bienestar humano y el control que sobre éstos ejercen los distintos impulsores de cambio directo e indirectos identificados en este trabajo.

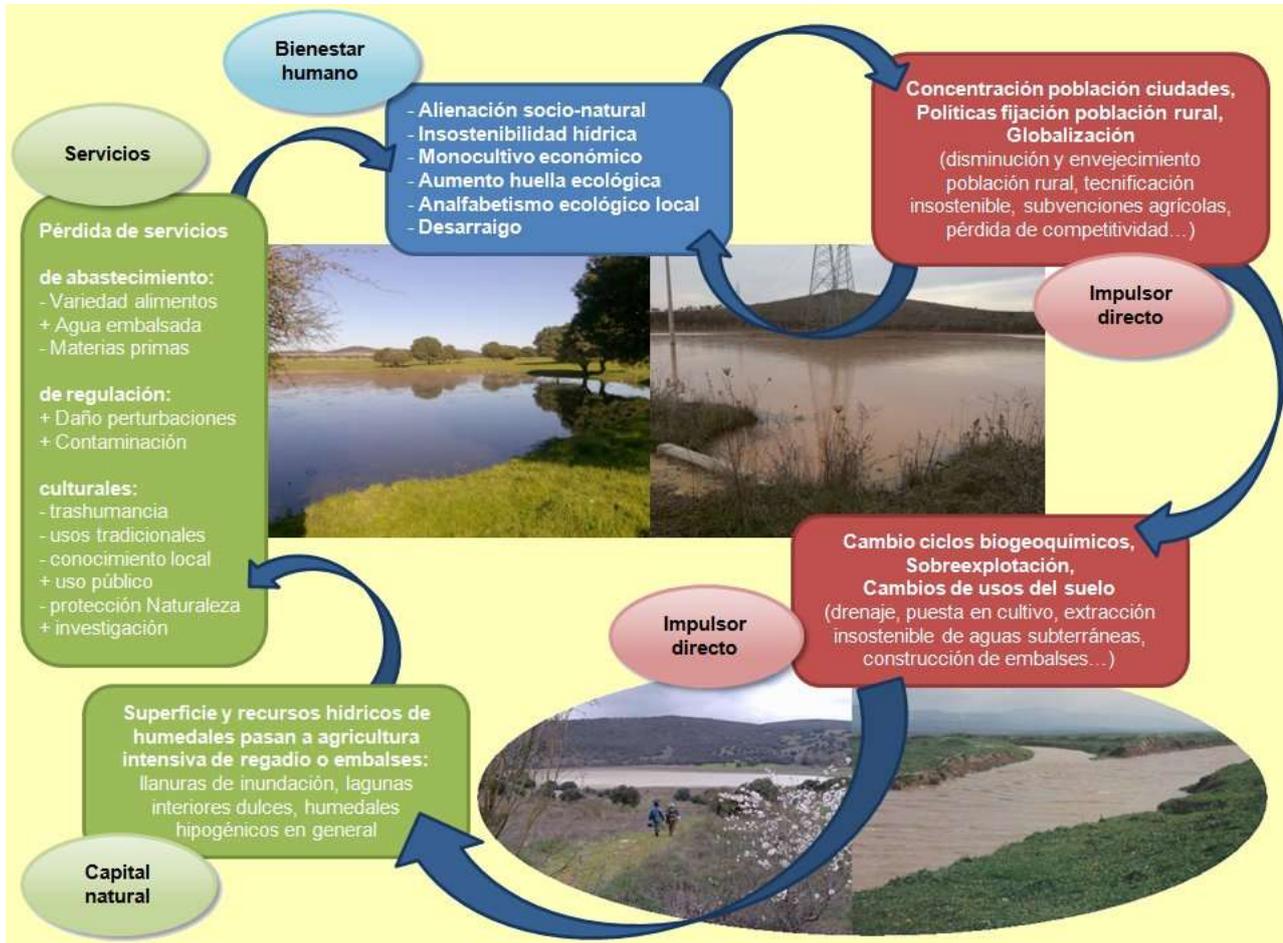


Figura 11.16. Esquema sintético de la influencia de los principales impulsores directos del cambio en los servicios de los lagos y humedales españoles. Se han considerado los impulsores con impacto moderado, alto o muy alto y tendencia al alza o rápidamente al alza, los principales aspectos afectados del capital natural de este tipo operativo de ecosistemas, su repercusión en mejoras y pérdidas de servicios (representadas con signos + y -, sus implicaciones con el bienestar humano, y las interacciones entre éste y los impulsores directos del cambio.

9.1.A modo de conclusión

Históricamente los lagos y, especialmente, los humedales han sido considerados por el ser humano como ámbitos insalubres e inhóspitos que debían ser eliminados, siendo así, que en España se ha favorecido secularmente su destrucción con leyes que han estado vigentes hasta los años ochenta del siglo pasado. A partir de esos años se inicia un cambio radical en la consideración de la sociedad con respecto a estos espacios generándose todo un aparato legal de protección que perdura hasta nuestros días y que en el caso de Andalucía, por ejemplo, ampara a más del 75% de los humedales existentes en la Comunidad Autónoma bajo diversas figuras de protección, contando además con un marco legal de referencia específico como es el *Plan Andaluz de Humedales* en vigor desde el año 2002.

En la actualidad la visión que la sociedad percibe de los humedales es muy diferente a la de hace 50 años. Se reconoce (aunque todavía queda mucho camino que recorrer en este sentido) la importancia de estos ecosistemas como productores de suministros esenciales para la sociedad española que van desde

la provisión de agua para consumo y riego, fibra y combustible, recursos genéticos, bioquímicos, etc., a la regulación hídrica (recarga/descarga de acuíferos) y climática, control de la erosión, formación de suelo, reducción de eventos extremos, sumidero de nutrientes y sedimentos, control de ciclos biogeoquímicos, mantenimiento de la biodiversidad, etc. Del mismo modo, los servicios estéticos, recreativos y espirituales que ofrecen estos ecosistemas han sido quizás, los aspectos que más han contribuido a transmitir al gran público el valor de estos ecosistemas.

A pesar del cambio de mentalidad experimentado por la sociedad y el desarrollo de un importante elenco de leyes y normativas encaminadas a su salvaguarda a distintos niveles (comunitario, nacional, autonómico), los lagos y humedales españoles constituyen uno de los ecosistemas más amenazados. En el caso de los humedales interiores se ha visto en otros apartados de este trabajo como el sistema agrícola imperante en la actualidad constituye una de las principales amenazas para estos ecosistemas al competir con ellos por los recursos hídricos tanto superficiales como, especialmente, los subterráneos (caso de los regadíos próximos a las Tablas de Daimiel), por el desarrollo de cultivos intensivos y cada vez más tecnificados (cultivos bajo plásticos en el manto eólico litoral de El Abalarío-Doñana), la masiva utilización de abonos, pesticidas, plaguicidas..., que terminan incorporándose a los sistemas acuáticos a través de los excedentes de aguas de riego, etc. En el caso de los humedales litorales el denominado proceso de *litoralización* constituye una de las principales amenazas. La urbanización de la franja litoral, el desarrollo de infraestructuras (puertos, espigones, etc.), el cultivo de arroz, o el auge de las instalaciones acuícolas han tenido como resultado la alteración o, en algunos casos, la desaparición física de muchos de estos ecosistemas en las últimas décadas. En cualquier caso, la solidaridad real entre los humanos y el resto de la naturaleza parece, a medio plazo, la única perspectiva viable para el bienestar de la especie humana, insostenible sin los servicios que nos proporciona nuestro capital natural.

10. Referencias bibliográficas

- ACA (2006). “Protocol d'avaluació de l'estat ecològic de les zones humides”. Agència Catalana de l'Aigua, Barcelona.
- Álvarez Cobelas, M.; Catalán J. y García de Jalón D. (2005). “Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales”. En: Moreno, J. M. (coord.), Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de España, Madrid.
- Ayala-Carcedo, F. (2002). “Notas sobre impactos previsibles del cambio climático sobre los lagos y humedales españoles”. III Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del agua. Sevilla, pp. 360-364.
- Borja, C. (2011). Lagunas de Doñana (Huelva): génesis, dinámica y modelos hidrogeomorfológicos. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Inédito, 531 págs.
- Borja, C. y Borja, F. (2002). “Contribución a la clasificación genética de humedales de Andalucía: tipos genéticos y complejos palustres”. En: Aportaciones de la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio. A. Pérez González, J. Vegas y M.J. Machado (Eds.). SEG-IGME, Serie Geológica nº 1. Madrid, pp. 25-30.
- Borja, C.; Borja, F. y Lama, A. (2004). “Revisión y análisis de la producción científica relacionada con el medio físico de los humedales andaluces”. En: Fronteras en Movimiento. J.A. Márquez y M. Gordo (Eds.). Universidad de Huelva Publicaciones. Huelva, pp. 297-306.
- Camacho, A. (2006). “El valor de los humedales”. En: Jornades d'Educació Ambiental de la Ribera). Ajuntament d'Alzira, Alzira (Valencia), pp. 83-92.
- Camacho, A. (2008). “La gestión y protección de humedales en la política de aguas en España”. En: del Moral, L. y N. Hernández (eds). Panel Científico-Técnico de Seguimiento de la Política de Aguas. Universidad de Sevilla, pp. 63-98.
- Camacho, A.; Borja, C.; Valero-Garcés, B.; Sahuquillo, M.; Soria, J.M.; Rico, E.; de la Hera, A.; Santamans, A.C.; García de Domingo, A.; Chicote, A. y Gosálvez, R. U. (2009). “31 Aguas continentales retenidas. Ecosistemas leníticos”. En: VV.AA. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 412 pp. 10.000 pp la obra completa. Edición en formato DVD. Disponible *on line* en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/rednaturaleza2000/documentos_rednaturaleza/bases_ecologicas_habitats/agua_dulce.htm
- Casado, S.; Florín, M.; Mollá, S. y Montes, C. (1992). “Current status of Spanish wetlands”. En: Managing Mediterranean Wetlands and their Birds. IWRB Special Publication nº 20. Grado, Italia. pp 56-58.
- Casado, S. y Montes, C. (1992). “A short history of eighty years of limnology in Spain”. *Limnetica*, 8: 1-9.
- Casado, S. y Montes, C. (1995). Guía de los lagos y humedales de España. J.M. Reyero Ed. Madrid, 225 págs.
- CEDEX (2008). Ampliación y actualización de la tipología de lagos. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid.
- CEDEX (2010). “Establecimiento de condiciones de referencia y valores frontera entre clases de estado ecológico en masas de agua de la categoría “lagos” para los elementos de calidad “Composición, abundancia y biomasa de fitoplancton” y “Composición y abundancia de otro tipo de flora acuática” en aplicación de la Directiva Marco del Agua. Martínez, G.; Camacho, A. y Toro M. (Eds.). Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, 54 págs.

- Cirujano, S.; Velayos, M.; Castilla, F. y Gil, M. (1992). Criterios Botánicos para la Valoración de las Lagunas y Humedales Españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares). Publicaciones del Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Madrid, 456 págs.
- CMAJA (2002). Plan Andaluz de Humedales. Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía. Sevilla, 263 págs.
- Costas, S. (2008). Origen y evolución del conjunto playa-duna-lagoon de Cíes (Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia). OAPN. Madrid, 191 págs.
- De Groot, R.S.; Stuij M.A.M.; Finlayson C.M. y Davidson, N. (2006). "Valuing wetlands: guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services". Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland & Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada.
- DGOH (1991). Estudio de las Zonas Húmedas Continentales de España. Inventario, tipificación, relación con el régimen hídrico general y medidas de protección. INITEC. Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.
- Díaz del Olmo, F. (1985). "Zona húmeda: apuntes para la discusión de un concepto ecológico". Oxyura, vol. II, nº 1:95-97.
- DOCE (2000). 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. DOCE nº L 327: 1-73, de 22 de diciembre de 2000. Bruselas.
- EM (2005). Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua. Informe de síntesis. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Washington, D.C., 68 págs.
- EUROPARC-España (2008). Anuario EUROPARC-España del estado de los espacios naturales protegidos 2007. Ed. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid, 224 págs.
- Fernández, M. y Borja, F. (2006). Doñana y cambio climático. Propuestas para la mitigación de los efectos. WWW-Adena. Madrid, 67 págs.
- Fornés, J. M. y M. R. Llamas, (2001). "Conflicts between groundwater abstraction for irrigation and wetland conservation: Achieving sustainable development in the La Mancha Húmeda Biosphere Reserve (Spain)". En: Griebler, C., D. Danielopol, J. Gibert, H. P. Nachtnebel, y J. Notenboom. Groundwater ecology. A tool for management of water resources. European Commission. Environment and Climate Programme – Austrian Academy of Sciences (Institute of Limnology), pp. 263-275.
- Florín, M. (1996). Manual de Valoración de los Lagos y Humedales Españoles. INI Medio Ambiente y Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Florín, M. (2006). "6. Análisis de los cambios de ocupación del suelo en España 1987-2000. 6.5. Zonas húmedas y superficies de agua". En: Observatorio de la Sostenibilidad en España (Ed.), Cambios de ocupación del suelo en España. Implicaciones para la sostenibilidad. Mundiprensa Libros, S.A. Madrid, pp. 218-236.
- García Novo, F.; Martín, V. y Toja, J. (2008). La frontera de Doñana. Servicio de Publicaciones. Universidad de Sevilla. Sevilla, 317 págs.
- Gómez-Limón, J.; Medina, L.; Atance, I. y Garrido, A. (2002). Los visitantes de Doñana. Fund. F. González Bernáldez – EUROPARC. Madrid, 113 págs.
- González Bernáldez, F. (1992). Los paisajes del agua: Terminología popular de los humedales. J.M. Reyero Editor, Madrid, 258 págs.
- González Bernáldez, F. y Montes, C. (Coords) (1989). Los humedales del acuífero de Madrid. Canal de Isabel II. Madrid.
- INIMA (1995). Tipificación y Clasificación de Humedales: Bases para la elaboración de modelos de actuación y gestión prioritarias. Dirección General de Obras Hidráulicas (MOPTMA). Madrid, inédito.

- IPCC (2001). The third assessment report, climate change (2001). Cambridge University. Press, Cambridge, UK.
- Jubete, F. (2004). “El proyecto de recuperación de la laguna de La Nava: una iniciativa de éxito”. Revista Ecosistemas, Volumen sobre Ecología de lagunas y humedales. *On line* en <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/16.pdf>.
- Lomas, P.; Gómez-Baggethun, E.; Martín-López, B.; Zorrilla, P.; Sastre, S.; García-Llorente, M.; Borja, F. y Montes, C. (2007). Hacia la elaboración de un modelo de gestión sostenible en la comarca de Doñana. Laboratorio de Socio-ecosistemas. Madrid. Informe inédito, 350 págs.
- Macau, F. (1960). “Assechement et mise en irrigation de 'La Nava de Campos'. 5000 Ha. International Commission on Irrigation and Drainage”. Fourth Congress on Irrigation and Drainage. Madrid 1960. Reports for Discussion. Question II. Part I. R. 1, pp. 11305-11332. New Delhi.
- Manzano, M.; Borja, F. y Montes, C. (2002). “Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana”. Boletín Geológico y Minero 113: 313 - 330.
- MARM (2011). Inventario Español de Zonas Húmedas. <http://www.marm.es/fr/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-nacional-de-zonas-humedas/>
- Martínez, G.; Camacho, A. y Toro, M. (2010). “Evaluation of the ecological status of natural lakes in Spain: overview of the works performed by the CEDEX for the implementation of the Water Framework Directive”. *Ambientalia* sp, 1: 1-21.
- Martínez Cortizas, A. y García-Rodeja Gayoso, E. (2009). “Grupo 7. Turberas, turberas bajas y áreas pantanosas”. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 9 p. 10.000 pp. la obra completa. Edición en formato DVD. Disponible on line en : http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/rednatura2000/documentos_rednatura/bases_ecologicas_habitats/
- MIMAM (1998). Plan Estratégico Español para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 95 págs.
- MIMAM (2006). El plan nacional de calidad de las aguas, saneamiento y depuración 2007-2015. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- MIMAM (2007). Texto refundido de la Ley de Aguas (1/2001), incluyendo modificaciones 11/2005; Directiva Marco de la Unión Europea (2000/60/CE) y propuestas de modificación legislativa. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. http://www.mma.es/secciones/medios_comunicacion/prensa/notas_pre/2007/03/BorradordeLaReformadelaLeydeAguas.pdf.
- Mitsch, W. J. y J. C. Gosselink (2000). Wetlands. John Wiley and Sons. New York.
- Montes, C. (2007). “Hacia una hidrosolidaridad entre humanos y ecosistemas”. *Compluteca*, 53: 99-107.
- Montes, C.; Borja, F.; Bravo, M.A. y Moreira, J.M. (1998). Reconocimiento biofísico de espacios naturales protegidos. Doñana. Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía). Sevilla, 311 págs.
- Moreno, J. L. (coord.) (2005) ECCE -Efectos del Cambio Climático en España. Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Pizarro Cabello, F. (1996). “El uso del agua en los regadíos”. Revista del Colegio de Ingenieros de Canales, Caminos y Puertos. España y el Agua III, nº 37.

- Reynolds, C.S. y O'Sullivan, P. E. (2003). *The Lakes Handbook*. Blackwell Scientific Publications – Wiley Interscience, Oxford, UK.
- Secretaría de la Convención de Ramsar (2007). *Asignación y manejo de los recursos hídricos: Lineamientos para la asignación y el manejo de los recursos hídricos a fin de mantener las funciones ecológicas de los humedales*. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 3ª edición, vol. 8. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Tamames, R. (2008). *Nueva estructura económica de España*. Alianza Editorial. Madrid, 944 págs.
- Terrones, B. (2006). *Restauración ecológica de los humedales alicantinos. Diagnóstico en espacios naturales afectados por actividades cinegéticas*. Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert. Alicante, 100 págs.
- Villar, A. (2011). *Territorio, turismo y paisaje: El proceso de urbanización en el litoral de Andalucía. El papel de los campos de golf*. Tesis Doctoral. Departamento de Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla. Documento inédito, 507 págs.
- Viñals, M. J.; Colom, W.; Rodrigo, M. A.; Dasi, M. J.; Armengol, X.; Oltra, R. y Miracle, M.R. (2001). “*Rasgos característicos de un humedal mediterráneo artificializado y su problemática ambiental: El Hondo de Elche (Alicante, España)*”. *Humedales Mediterráneos* 1: 147-154