

Santos Cirujano Bracamonte

Los humedales españoles

Paisaje vegetal y gestión



Los humedales españoles

Paisaje vegetal y gestión

Los humedales españoles

Paisaje vegetal y gestión

Santos Cirujano Bracamonte



Laguna de El Taray (Quero, Toledo)

2024

Cirujano Bracamonte, S. 2024. *Los humedales españoles. Paisaje vegetal y gestión*. Fundación Global Nature.

© Derechos de edición reservados: Fundación Global Nature.

© Cirujano Bracamonte, S. (editor)

© de las fotografías y dibujos: sus respectivos autores

Fotografías: Salvo que se indique lo contrario el autor del libro. Agradecemos a los autores la cesión altruista de sus fotografías, especialmente a Juan Ignacio Rozas.

Fotografías electrónicas: Yolanda Ruiz León

Diseño y maquetación: Miguel Naranjo

ISBN: 978-84-09-62711-0

Depósito legal: M-15478-2024

Imprime: Ulzama



Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.



*Los humedales son
excelentes indicadores
de la calidad ambiental
de un territorio*

Índice

Introducción	9
¿Qué es un humedal?	10
Tipos de humedales	19
Humedales con baja mineralización sobre suelos pobres en bases	21
Humedales sobre suelos básicos	26
Humedales salinos	30
Humedales hipersalinos	37
La alimentación de los humedales	41
Humedales anuales	41
Humedales habituales	41
Humedales ocasionales	41
El paisaje de los humedales	42
Cómo funcionan los humedales	51
La vegetación de los humedales	55
Los bancos de semillas y esporas	57
Problemas relacionados con la conservación de los humedales	62
Desecaciones	63
Contaminación y eutrofización	71
Modificación de las cubetas	77
Colmatación de las cubetas	78
Eliminación de la vegetación periférica	88
Colonización por especies invasoras	91
Alteración de los equilibrios hídricos	95
Aumento descontrolado de especies protegidas	97

Gestión y recuperación de humedales	100
Restauración y recuperación de humedales. Una tarea compleja	104
Aspectos fundamentales a considerar en la recuperación o creación de humedales	105
El nuevo ciclo del agua y la recuperación de los humedales.....	108
Utilización de las aguas procedentes de las depuradoras (EDAR) para recuperar la inundación de los humedales	108
Decapado de las cubetas y control de la vegetación emergente ..	112
Humedales naturales y humedales artificiales	120
Conclusiones	125
Bibliografía	127

Introducción

España es un país con abundantes zonas húmedas que tienen una extensión y profundidad muy variables, desde menos de 0,5 hectáreas hasta las aproximadamente 27.000 hectáreas de la marisma de Doñana, y desde aguas muy someras y estacionales hasta los 62,5 metros de profundidad del lago de Bañolas. Pero también tienen unas características ambientales y ecológicas muy diversas. Podemos encontrar charcas efímeras, pequeñas lagunas de montaña con aguas poco mineralizadas y permanentes, lagunas cársticas permanentes, lagos y lagunas con aguas dulces, llanuras de inundación asociadas a ríos, marjales y albuferas litorales, zonas húmedas endorreicas someras con agua desde dulce hasta hipersalina, navajos y charcones que se utilizan como abrevaderos de ganado, etc. (Casado & Montes, 1995). En el año 2024, de los miles de zonas húmedas españolas, setenta y seis (313.089 ha) están inscritas en la lista del Convenio de Ramsar^{1,2}. En este manual vamos a ocuparnos exclusivamente de las zonas húmedas someras, por lo general estacionales, que se incluyen dentro del término “humedal”. No incluimos algunos tipos peculiares como son las turberas, las rías y los denominados “criptohumedales”, que pueden individualizarse y separarse claramente del concepto de humedal que aquí empleamos.

El primer catálogo de lagos, lagunas y humedales publicado en España fue realizado por Luís Pardo en el año 1948 (Pardo, 1948; Figura 1). Este *Catálogo de los lagos de España* incluye unas 1.500 masas de agua con una superficie superior a 0,5 hectáreas. El siguiente intento de sistematizar nuestras zonas húmedas se realizó en el periodo 1988-1991, revisado en el año 1996, pero como el anterior también se refiere al conjunto de lagos y humedales (INITEC, 1991a; 1991b). Los resultados de estos inventarios indicaban la existencia de más de 2.500 zonas húmedas en España, de muy distintos tamaños, tipologías y estados de conservación.

En el año 2024 la Fundación Global Nature ha creado un nuevo catálogo con un total de 6.169 zonas húmedas. Este catálogo se ha integrado en un mapa interactivo diseñado con el propósito de ser ampliado posteriormente con información sobre los estados de conservación actuales y las principales amenazas (<https://fundacionglobalnature.org>).

¹ El Convenio sobre los Humedales de Importancia Internacional es un tratado relativo a la conservación y uso racional de los humedales. Fue aprobado en el año 1971 en la ciudad iraní de Ramsar (de ahí su nombre) y entró en vigor en 1975. A este tratado están adheridos como estados miembros 164 países aunque esta cifra varía al alza de manera continuada (Web del Convenio de Ramsar). Su sede administrativa se encuentra en Gland, Suiza. España es parte contratante de este Convenio desde 1982.

² [miteco.gob.es \(https://www.miteco.gob.es/ch_hum_convenio_rams\)](https://www.miteco.gob.es/ch_hum_convenio_rams).



Figura 1. Luis Pardo García (1897–1958) publicó en el año 1948 el primer catálogo de lagos de España, donde se incluyen lagos, lagunas y humedales. Una obra ingente de obligada consulta para los que trabajan en este tipo de ecosistemas (fotografías: Francisco Muñoz Hidalgo y La Vida Fácil).

¿Qué es un humedal?

Hasta no hace mucho la palabra humedal se asimilaba al término inglés *wetland*, basado en la definición de Ramsar, que incluía todo tipo de cuerpos de agua: permanentes, estacionales, naturales o artificiales, etc.³ Existen más de 50 definiciones de humedal, unas más específicas y otras más generales.

En nuestra opinión el término *wetland* se debería hacer sinónimo de “Zona Húmeda”, para acotar el término “Humedal” al de las zonas húmedas poco profundas, por lo general estacionales, que son especialmente

³ Se consideran humedales las extensiones de marismas, pantanos, turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.

abundantes en la región mediterránea, y que tienen unas características limnológicas muy diferentes a las de los lagos y lagunas, aunque en España los términos lagos y lagunas se han asignado de forma muy laxa. En este sentido, sirva como ejemplo la asignación del término laguna a la denominada laguna del Rey de Ruidera (Ciudad Real) con sus 20 metros de profundidad, y la misma categoría a la laguna Grande de Malagón (Ciudad Real), que puede permanecer completamente seca en años poco lluviosos (Figuras 4 a 6). Un humedal es un cuerpo de agua poco profundo, por lo general temporal o más raramente permanente, regulado por factores climáticos, edáficos, geológicos, antrópicos, etc., en el que se desarrollan determinadas comunidades biológicas que solo viven en ambientes acuáticos, ya sean plantas o animales y, por tanto, diferentes a las de los ambientes terrestres. Una definición algo más compleja es la siguiente:

Los humedales son cualquier unidad funcional del paisaje que, no siendo un río, ni un lago, ni el medio marino, constituye tanto espacial como temporalmente, una anomalía hídrica positiva en relación con un territorio adyacente más seco. El exceso de humedad debe ser lo suficientemente importante como para afectar los procesos físico-químicos y biológicos. Estos componentes del paisaje se caracterizan básicamente por contener suelos hídricos y comunidades vegetales hidrófilas y/o higrófilas además de poseer una fauna, microorganismos y unos usos humanos diferentes a los de los espacios adyacentes (MITECO, 2023).

Por tanto, los lagos y lagunas de aguas profundas y permanentes serán “zonas húmedas permanentes”, y los humedales serán “zonas húmedas por lo general estacionales y someras”. En las primeras, la profundidad y permanencia del agua son las características esenciales; pero en los segundos, los humedales, la superficie y la estacionalidad son sus caracteres distintivos (Figuras 2 a 13).

Como siempre, en la naturaleza podemos encontrar situaciones intermedias, en este caso de cuerpos de agua que no siendo profundos son permanentes, pero que pueden llegar a desecarse en algunos años. Los consideramos como humedales permanentes o semipermanentes, pero que cada cual decida.

Dentro de la definición amplia de “Zona Húmeda” se pueden hacer distinciones más específicas para incluir otros tipos como son las turberas, las rías y los criptohumedales, que poseen características ambientales hidrológicas y biológicas que los diferencian claramente del concepto de humedal que aquí tratamos (Figuras 14 a 16).



Figura 2. El lago de Bañolas (Gerona) con una profundidad máxima 62,5 metros es una Zona Húmeda permanente (fotografía: Wikipedia).



Figura 3. El lago de Sanabria (Zamora), con una profundidad máxima de 53 metros es en la terminología más estricta otra Zona Húmeda permanente.



Figura 4. La laguna del Rey (Ruidera, Ciudad Real) tiene una profundidad de 22 metros que permanece prácticamente constante desde hace muchos años.



Figura 5. La laguna Grande de Malagón (Ciudad Real) es un típico humedal. Aspecto general en una primavera lluviosa en mayo del 2011.



Figura 6. Aspecto general de la laguna de Malagón (Ciudad Real) en agosto del 2008.



Figura 7. La laguna de Sotillos Bajeros del complejo lagunar de Cantalejo (Segovia) es otro ejemplo de humedal. El color blanco se debe a los miles de flores de la manzanilla de agua, *Ranunculus peltatus* subsp. *peltatus*. Mayo del 2017.



Figura 8. La laguna de Sotillos Bajeros (Cantalejo, Segovia) en setiembre del 2019.



Figura 9. La marisma de Doñana en el año 2007. Las manzanillas de agua, *Ranunculus peltatus* subsp. *fucoides*, y el bayunco, *Schoenoplectus litoralis*, cubrían parte de sus aproximadamente 27.000 hectáreas.



Figura 10. La marisma de Doñana (Huelva) completamente seca en octubre del año 2006.



Figura 11. Las charcas de pequeño tamaño también son humedales, pequeños, pero humedales. Suelen ser importantes para la conservación de anfibios, como la ranita meridional, *Hyla meridionalis*, e invertebrados acuáticos, como el branquiópodo *Triops cancrivormis*, pero también para la flora acuática asociada a estos humedales efímeros. En la imagen una de las charcas de Marina de Curniola (Menorca) en abril del 2007.



Figura 12. Los abrevaderos artificiales también tienen interés desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad. En la imagen una charca-abrevadero en el Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real) en la que se desarrollan poblaciones del macrófito acuático *Callitriche brutia*.



Figura 13. Zacallón Regianes (Doñana), año 2005. Los zacallones son charcas-abrevaderos artificiales, que juegan un papel importante en la conservación de la flora y fauna acuática. En este caso para una lenteja de agua, *Wolffia arhiza*, la planta con flores más pequeña que existe (1 mm), que cubre la superficie del agua. A la izquierda *Wolffia arhiza*, y *Lemna minor*.



Figura 14. Las rías son un tipo de accidente geográfico costero que se forma cuando el mar invade un valle fluvial debido al aumento del nivel del mar o al hundimiento del terreno. Las rías suelen tener formas alargadas y estrechas, con aguas tranquilas, y son características de algunas regiones costeras como Galicia, Cantabria, Asturias o el País Vasco. Estas formaciones pueden ser importantes desde el punto de vista ecológico y económico, ya que a menudo son hábitats naturales diversos y proporcionan refugio y alimento para muchas especies marinas. Aspecto general de la ría de San Vicente de la Barquera (fotografía: J.J. Hernández Rodríguez).



Figura 15. Las turberas son ecosistemas caracterizados por la acumulación de materia orgánica en condiciones de humedad y falta de oxígeno, lo que conduce a la formación de turba. Son frecuentes los briófitos, entre ellos diversas especies del género *Sphagnum*, un buen número de ciperáceas de los géneros, *Carex*, *Eleocharis*, *Eriophorum*, *Rynchospora*, entre otros, y los macrófitos acuáticos *Potamogeton polygonifolius* y *Utricularia minor*. En las zonas turbosas de carácter ácido se incluyen los denominados “mires de transición”, caracterizados por la acumulación de materia orgánica que origina un sustrato inestable u oscilante (tremedales). Aspecto general de Badén de Bustarviejo (Madrid) un ejemplo de este tipo de zona turbosa con una interesante población de *Eriophorum latifolium* (fotografía detalle: Ignacio Fernández Villar).



Figura 16. Los criptohumedales son zonas de terreno donde el nivel freático está muy cerca de la superficie, aunque solo ocasionalmente suele emerger. La humedad del suelo permite el asentamiento de diversas especies de juncos, gramíneas, y pastizales que contribuyen a diferenciar estas zonas del entorno más seco. En este tipo de zona húmeda no suelen desarrollarse hidrófitos.

Tipos de humedales

España es un país que cuenta con una diversidad enorme de ecosistemas acuáticos. La mayoría de los inventarios realizados se refieren a zonas húmedas en general, ya que la distinción entre lagos, lagunas y humedales puede resultar algo conflictiva. En este sentido podemos decir, como ejemplo, que las colas de algunos embalses pueden comportarse desde el punto de vista de su funcionamiento como un humedal. Por nuestra parte no tenemos inconveniente en aceptarlo, aunque no todo el mundo estará de acuerdo.

En el año 2008 se publicó la *Ampliación y actualización de la tipología lagos*, en la que se reconocen 30 tipos diferentes de lagos, lagunas y humedales, como en los casos anteriores no hay una clasificación específica para estos últimos (CEDEX, 2008; Tabla 1).

No es nuestro objetivo realizar una clasificación exhaustiva de los diferentes tipos de humedales que podemos encontrar en España, pero sí podemos distinguir de forma general algunos muy representativos y que se diferencian por su localización, características de sus aguas, alimentación y vegetación. Como siempre, hay que indicar que entre unos

Tabla 1. Tipos de zonas húmedas españolas (CEDEX, 2008). Puede observarse que todos los cuerpos de agua están definidos como lagos o lagunas, aunque algunos de estos tipos se refieren claramente a humedales.

1. Lagos de alta montaña septentrional, profundos y de aguas ácidas
2. Lagos de alta montaña septentrional, profundos y de aguas alcalinas
3. Lagos de alta montaña septentrional, poco profundos y de aguas ácidas
4. Lagos de alta montaña septentrional, poco profundos y de aguas alcalinas
5. Lagos de alta montaña septentrional, temporales
6. Lagos de media montaña, profundos y de aguas ácidas
7. Lagos de media montaña, profundos y de aguas alcalinas
8. Lagos de media montaña, poco profundos y de aguas alcalinas
9. Lagos de alta montaña meridional
10. Lagos cársticos, calcáreos, permanentes, hipogénicos
11. Lagos cársticos, calcáreos, permanentes, surgencia
12. Lagos cársticos, calcáreos, permanentes, cierre travertínico
13. Lagos cársticos, calcáreos temporales
14. Lagos cársticos, evaporitas, hipogénicos o mixtos, grandes
15. Lagos cársticos, evaporitas, hipogénicos o mixtos, pequeños
16. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, mineralización baja, permanentes
17. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, mineralización baja, temporales
18. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, mineralización media, permanentes
19. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, mineralización media, temporales
20. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, permanentes
21. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, mineralización alta o muy alta, temporales
22. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, hipersalinos, permanentes
23. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, hipersalinos, temporales
24. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización baja o media
25. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo llanura de inundación, mineralización alta o muy alta
26. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, de origen fluvial, tipo meandro abandonado
27. Lagos interiores en cuenca de sedimentación, asociado a turberas alcalinas
28. Lagunas litorales sin influencia marina
29. Lagunas litorales en complejos dunares, permanentes
30. Lagunas litorales en complejos dunares, temporales

y otros podemos encontrar humedales con características intermedias. En un buen número de casos, especialmente en los humedales salinos e hipersalinos, las variaciones en la salinidad que se producen a lo largo del año, o interanualmente, se deben a los cambios en el volumen de agua embalsada, porque la mayor parte de estos humedales están alimentados por agua de lluvia y escorrentía. La flora acuática y emergente que los coloniza nos ayuda a ubicarlos en los diferentes tipos que describimos a continuación.

Dentro de cada uno de los tipos generales que describimos, es posible definir diversos subtipos que consideren, por ejemplo, el tipo de alimentación, ya sea mediante aguas superficiales de lluvia y escorrentía, aguas subterráneas o una combinación de ambas. Además, se pueden tener en cuenta otras características como la composición iónica del agua o el sustrato, entre otras. La diversidad de los humedales en España es amplia; sin embargo, en los últimos tiempos, muchos de estos ecosistemas han desaparecido.

Humedales con baja mineralización sobre suelos pobres en bases

Incluimos en este apartado los humedales cuyas cubetas se localizan sobre sustratos pobres en bases, generalmente sobre suelos silíceos, cuarcíticos, graníticos, arenosos, etc., con baja mineralización, y unas salinidades que no suelen superar los 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad (entre 300 y 400 mg sales/l aproximadamente). Son especialmente abundantes en la mitad occidental de la Península Ibérica, y constituyen un hábitat de interés prioritario de conservación en la Unión Europea, denominado 3170* *Lagunas y charcas temporales mediterráneas* (Camacho & al., 2009; Figuras 17 a 23).

Las zonas donde se localizan estos humedales suelen ser deficitarias de agua en verano, por lo que son utilizados como abrevaderos por el ganado durante las épocas secas. En el caso del ganado ovino los impactos que produce sobre estos ecosistemas acuáticos suelen reducirse a la vegetación litoral, pero en el caso del ganado bovino las afecciones suelen extenderse a toda la cubeta, ya sea por pisoteo o por la acumulación de deyecciones. El uso ganadero y agrícola excesivo de los terrenos en los que se encuentran estos humedales contribuye a su eutrofización y deterioro, aunque los dueños suelen limpiarlos y ahondarlos cada cierto tiempo.

Son plantas características de este tipo de humedal los macrófitos acuáticos: *Chara fragilis* (*Chara globularis*), *Nitella flexilis*, *Nitella translucida*.

ens, *Isoetes hystrix*, *Isoetes velatum*, *Isoetes setaceum*, *Marsilea strigosa*, *Apium inundatum*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Potamogeton trichoides*, *Ranunculus peltatus* subsp. *saniculifolius*, a las que acompañan una flora marginal muy diversa donde se localizan, *Eryngium corniculatum*, *Eryngium galioides*, *Elatine macropoda*, *Isolepis fluitans*, *Isolepis pseudo-setacea*, *Eleocharis palustris*, entre otras, pero suelen estar ausentes los grandes helófitos como el carrizo, *Phragmites australis* o las espadañas, *Typha domingensis* y *Typha latifolia*.



Figura 17. Vista general de la charca de Toril situada en la Reserva de la Biosfera de Monfragüe (Cáceres), con los bordes colonizados por manzanillas de agua, *Ranunculus* sp. y *Eleocharis palustris* (fotografía: A. Fernández).



Figura 18. Aspecto de una de las charcas de Los Lavajos (Guadarrama, Madrid) en la primavera del año 2021. Su aspecto circular denota su uso como abrevadero para el ganado bovino durante el verano.



Figura 19. Detalle de una de las charcas de Los Lavajos (Guadarrama, Madrid) en la primavera del año 2021. En primer término vegetación con *Myriophyllum alterniflorum*, *Potamogeton trichoides*, *Glyceria declinata*, *Carum verticillatum*, entre otras.



Figura 20. La laguna Grande de La Albuera (Badajoz) es otro humedal de aguas poco mineralizadas (conductividad $273 \mu\text{S}/\text{cm}$), aunque bastante eutrofizado. En primer término *Cyperus longus* y *Eryngium corniculatum*.



Figura 21. La cubeta de la laguna Calderón (Moral de Calatrava, Ciudad Real), suele permanecer seca y cultivada. Aspecto de la laguna en el 2011, un año de lluvias excepcionales (fotografía: Un paseo Manchego).



Figura 22. Laguna de Las Verdes, situada en la zona peridunar de Doñana. Año 2006 (fotografía: Carmen Díaz Paniagua).



Figura 23. Aspecto general de la Basa Verda d'Algaiarens en Ciutadella (Menorca). Año 2007 (fotografía: Menorca Blue, Vanessa Jeny).

Humedales sobre suelos básicos

Incluimos en este tipo un amplio grupo de humedales situados sobre suelos ricos en bases, con unas salinidades comprendidas aproximadamente entre 700 y 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad (entre 500 y 2.600 mg sales/l). También suelen ser utilizados como abrevaderos en los territorios en los que escasea el agua durante el verano. En cuanto a las dimensiones podemos encontrar desde pequeñas charcas hasta cubetas de dimensiones notables, como la laguna de El Cañizar, o la llanura de inundación de Las Tablas de Daimiel. Entre las plantas acuáticas más características se encuentran: *Chara aspera*, *Chara canescens*, *Chara hispida*, *Chara vulgaris*, *Tolypella glomerata*, *Polygonum amphibium*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*, entre otras. En los bordes suelen crecer los helófitos *Phragmites australis*, *Typha domingensis*, *Typha latifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Bolboschoenus maritimus*, etc. (Figuras 24 a 31).



Figura 24. La laguna de Fuentillejos o de la Posadilla es un *maar*, una laguna situada en un cráter de explosión hidromagmática (Valverde, Ciudad Real). Año 2011.



Figura 25. Poblaciones de *Ranunculus peltatus* subsp. *peltatus*, *Eleocharis palustris* y *Bolboschoenus maritimus* en la laguna de La Nava (Fuentes de Nava, Palencia) en el año 2005.



Figura 26. Vista general de la laguna de Boada de Campos (Palencia) rodeada de cultivos (fotografía: Fundación Global Nature).



Figura 27. Las Tablas de Daimiel, que son una llanura de inundación cuando tienen agua, pueden incluirse dentro de los humedales situados sobre sustratos ricos en bases. Aspecto general de la zona central del Parque Nacional en mayo de 2023 con el fondo colonizado por praderas de *Chara hispida* var. *major* y *Chara vulgaris*.



Figura 28. Laguna de El Cañizar (Villarquemado, Teruel). Junio del 2019.



Figura 29. La balsa de Arcaute forma parte del denominado Anillo Verde de Vitoria. Aspecto parcial en el año 2009 con formaciones de *Polygonum amphibium*.



Figura 30. El marjal de Cabanes-Torreblanca (Castellón) es un ecosistema mixto en el que se localizan zonas de aguas permanentes y profundas (4-5 m) originadas por la extracción de turba, con otras someras que se desecan en verano. La flora acuática refleja esta dualidad con la presencia de especies características de aguas poco mineralizadas y otras que lo son de aguas salinas.



Figura 31. Els Aiguamolls de L'Empurdà (Gerona) se caracterizan por estar alimentados por un complejo sistema hídrico en el que conjugan aportes de agua salada de forma directa o subterránea y otros de agua dulce procedentes de diversos cursos fluviales, canales, acequias y aguas subterráneas, que sostienen un mosaico de humedales con distintas características ambientales (fotografía: Oficina de Turismo de Castelló d'Empúries).

Humedales salinos

Humedales caracterizados por embalsar aguas salinas y someras con unas conductividades comprendidas entre 4.000 y 80.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (entre 2,5 y 5,5 g sales/l). A lo largo del año al evaporarse las aguas aumenta la concentración salina y la proporción de las sales disueltas. En las primeras fases se depositan los carbonatos y posteriormente los sulfatos y cloruros por este orden. Por tanto, cuando los volúmenes de agua embalsadas son elevados habrá mayor porcentaje de carbonatos, pero los aniones dominantes son los sulfatos y cloruros, y los cationes magnesio y sodio, y en menor proporción el calcio. Finalmente, cuando quedan secos durante el verano, los suelos quedan cubiertos de eflorescencias y depósitos salinos. En algunos humedales salinos se han registrado valores de pH muy elevados, como ocurre en la laguna de El Hito (Cuenca), con un valor de pH de 9,2; en la laguna del Bodón Blanco de Bocigas (Valladolid) con pH de 10,7; en las lagunas del Altillo (Lillo, Toledo) con pH de 9,3; o en la laguna de Carralagroño (Laguardia, Vitoria) con pH de 9,2 (Figuras 32 a 44).



Figura 32. Aspecto general de El Bodón Blanco de Bocigas (Valladolid), en una época de máxima inundación (fotografía: Droneptic).

Este tipo de humedales suele tener cubetas amplias, someras, con bordes suaves y una fisonomía muy peculiar. Entre las plantas acuáticas son frecuentes: *Chara galioides*, *Lamprothamnium papulosum*, *Tolypella hispanica*, *Tolypella salina*, *Riella helicophylla*, *Althenia orientalis*, *Ruppia drepanensis*, *Ruppia maritima*, entre otras. En los bordes se localizan helófitos de tamaño medio, *Bolboschoenus maritimus*, o incluso el resistente carrizo, *Phragmites australis*; diversas plantas crasas tanto anuales, *Salicornia ramosissima*, *Salsola soda*, como pequeñas matas, *Suaeda vera*, *Spergularia media*, o incluso *Sarcocornia perennis*; y diversas gramíneas halófilas entre las que dominan distintas especies del género *Puccinellia* (Vicente Pedrós & Miracle, 1998; Cirujano & *al.*, 2013; Soriano Hernando & Álvarez Cobelas, 2016).



Figura 33. Aspecto del fondo de la cubeta de El Bodón Blanco de Bocigas (Valladolid) en marzo del 2012. Desde el punto de vista hidrogeológico se considera que los elevados valores de pH de este humedal se deben a que se alimenta de aguas subterráneas que realizan un largo recorrido desde el Sistema Central hasta el centro de la Cuenca del Duero. Detalle de un pie masculino de *Chara canescens*.



Figura 34. Laguna de Carralagroño (Laguardia, Álava). Febrero del 2004.



Figura 35. Laguna de El Salicor (Campo de Criptana, Ciudad Real) en junio del 1989.



Figura 36. Laguna de El Salicor (Campo de Criptana, Ciudad Real) en septiembre del 2013. Al fondo la motilla del Montón de Trigo, asentamiento de la edad del Bronce.



Figura 37. El Hondo de Elche-Crevillente (Alicante), balsa de Levante. Año 2001.



Figura 38. Una de las lagunas de El Altillo (Lillo, Toledo). Mayo del 2013.



Figura 39. Aspecto general de la laguna de El Hito (Cuenca). Sus aguas alcanzan valores de pH de 9,2. Año 2024.



Figura 40. Charcones salinos de Doñana (Casa Bomba). En primer término formaciones de *Ranunculus peltatus* subsp. *fucooides*. Marzo del 2004.



Figura 41. En la laguna salada de Gallocanta (Zaragoza), cuando tiene suficiente agua, se desarrolla abundante *Ruppia drepanensis*. Detalle de las flores y frutos (fotografía: Wikipedia).



Figura 42. Tres de las lagunas del complejo de Sástago-Bujaraloz (Zaragoza). Conjunto de unos 26 humedales y depresiones endorreicas, temporales y salinas, único por sus particularidades en el contexto de Europa occidental. Actualmente se encuentran bastante degradadas debido a las ampliaciones de cultivos que llegan hasta sus bordes, y por las roturaciones, dragados y arrastre de fertilizantes y pesticidas hacia las cubetas. Están incluidas en la Lista Ramsar de humedales con importancia internacional (Cirujano & *al.*, 1988; Castañeda Álamo, 2004). Detalles de un pie masculino (izquierda), un pie femenino, y espora de la hepática *Riella helicopilla* que vive en estos humedales (fotografía: Visor SigPac).



Figura 43. Laguna de La Playa, el humedal salino más extenso del complejo de Sástago (fotografía: Visor SigPac).



Figura 44. Paisaje vegetal asociado a la laguna de La Playa.

Humedales hipersalinos

Caracterizados por embalsar aguas muy salinas, prácticamente salmueras, con unas conductividades comprendidas entre 80.000 y hasta más de 300.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (entre 52 y 195 g/l), que suelen superar en varias veces la salinidad del mar. En este tipo de humedales no prosperan los macrófitos acuáticos. Lo más interesante son las poblaciones bacterianas que viven en los sedimentos y los procesos de sedimentación salina que se originan cuando quedan secos. Entonces, las cubetas quedan cubiertas por costras de sal, crestas de sal o abombamientos poligonales denominados “tepees” por su semejanza con las tiendas de los indios americanos (De la Peña & Marfil, 1986). Por estos motivos es interesante conservar las cubetas sin degradarlas. En los bordes se sitúan algunas de las plantas ya comentadas, *Salicornia ramosissima*, *Suaeda vera*, los almajos salados, *Sarcocornia perennis* y *Arthrocnemum macrostachyum*, así como praderas de acelgas saladas, *Limonium* spp. (Figuras 45 a 50).



Figura 45. Laguna hipersalina de Tirez (Villacañas, Toledo). Este tipo de humedales se conocen como "lagunas tipo playa" Año 2013.



Figura 46. Laguna hipersalina de Alcahozo (Pedro Muñoz, Ciudad Real). Año 2011.



Figura 47. Laguna de Las Esteras (Colmenar de Oreja, Madrid). En primer plano una mata y detalle del almajo salado, *Arthrocnemum macrostachyum*, que se adentra en la cubeta salina. Año 2017.



Figura 48. Crestas de sal en la laguna hipersalina de Peña Hueca (Villacañas, Toledo). Año 2013.



Figura 49. Detalle de las crestas de sal de la laguna hipersalina de Peña Hueca (Villacañas, Toledo).



Figura 50. Abombamientos de sal, "tepees", en la laguna de Tirez (Villacañas, Toledo).

La alimentación de los humedales

No todos los tipos de inundación–desección se repiten de igual forma en los humedales. Podríamos definir, en lo que se refiere a los ritmos de inundación, tres grandes grupos de humedales (Cirujano, 1995):

Humedales anuales

Son aquellos cuyas fases de inundación–desección se repiten generalmente todos los años, bien porque la pluviosidad del territorio en el que se encuentran lo permite, o bien porque en su alimentación además de las aguas de lluvia están implicados otros tipos de aportes como aguas subterráneas, arroyos, efluentes de depuradoras, etc.

Humedales habituales

Sus fases de inundación efectiva están más distanciadas. Son humedales que se recargan con una periodicidad que puede fluctuar entre tres o cinco años, aunque ocasionalmente puedan inundarse en años sucesivos, o permanezcan secos durante periodos algo más extensos. En cualquier caso, sus cubetas son reconocible tanto paisajísticamente como por los restos de vegetación.

Humedales ocasionales

Son humedales que solo ocasionalmente tienen inundaciones efectivas, y que se recargas cada ocho, diez o incluso más años. Estos humedales suelen estar alterados, porque sus cubetas están roturadas total o parcialmente para ampliar los cultivos que los rodean. En algunos casos en su alimentación intervenían acuíferos que en la actualidad se encuentran sobreexplotados, y ahora su recarga está ligada a precipitaciones puntuales anormalmente elevadas.

Los diferentes tipos de alimentación descritos han cambiado en los últimos años debido a la extracción descontrolada de aguas subterráneas y a los cambios en las precipitaciones, que se manifiestan en la mayor duración de los periodos de sequía. Por estos motivos, algunos humedales que eran anuales están pasando a ser habituales o incluso ocasionales. Estos cambios son especialmente notorios, por ejemplo, en numerosos humedales de la zona peridunar de Doñana, o en un buen número de humedales del interior peninsular.

El paisaje de los humedales

El paisaje de los humedales es un compendio de su forma o estructura, su flora y su fauna, a los que hay que unir el agua, los sonidos y los olores propios de cada enclave. Todos estos elementos están relacionados, y son diferentes en cada humedal.

Cuando nos acercamos a un humedal observamos inicialmente una lámina de agua más o menos extensa y los diferentes tipos de plantas, de vegetación y fauna palustre que lo colonizan, que nos informan del tipo de humedal que tenemos delante. Un paisaje que cambia radicalmente según la época en la que los visitemos (Figuras 51 a 58).

Este aspecto, que podríamos definir como “a nivel del suelo” es el que generalmente contemplamos, pero hay otros paisajes que también son peculiares de este tipo de zonas húmedas.



Figura 51. Aspecto general de la charca de Betoño (Vitoria) en junio del 2009.



Figura 52. Laguna de Navahornos (Cantalejo, Segovia) en junio del 2009.



Figura 53. Aspecto del lavajo de Las Lavanderas (Carpio, Valladolid) en junio del 2011 colonizado por castañuelas, *Bolboschoenus maritimus*. El lavajo debe su nombre, al parecer, a las lavanderas que hace bastantes años se acercaban con ropa sucia desde algún despoblado cercano o desde Carpio. Un lavajo es una depresión del suelo o zona baja que se encharca o inunda con las lluvias y mantiene una lámina de agua poco profunda.



Figura 54. Laguna de El Cañizar (Cella, Teruel) en junio del 2019, un humedal con gran potencial desde el punto de vista de la diversidad paisajística y biológica.



Figura 55. Laguna de Los Cuatro Morros (Parque Nacional de Cabañeros, Ciudad Real). Abril del 2011.



Figura 56. Laguna de Zarracatín (Utrera, Sevilla) (fotografía: María Guerra).



Figura 57. Charcas en el término de Colmenarejo (Madrid). Mayo del 2006.



Figura 58. Paisaje invernal de la laguna de Navalsoto (Cantalejo, Segovia).

Los humedales también tienen su paisaje característico debajo del agua, aunque es más difícil de observar, por lo que generalmente tenemos que conformarnos con una representación gráfica idealizada de las plantas que crecen en ellos (Figuras 59 a 62). Pero sin duda son las fotografías aéreas la que nos ofrecen los aspectos más integradores de cada zona húmeda y nos dan una visión más completa de su morfología y los cambios que a lo largo del tiempo han influido en su aspecto actual (Figuras 63 a 68).

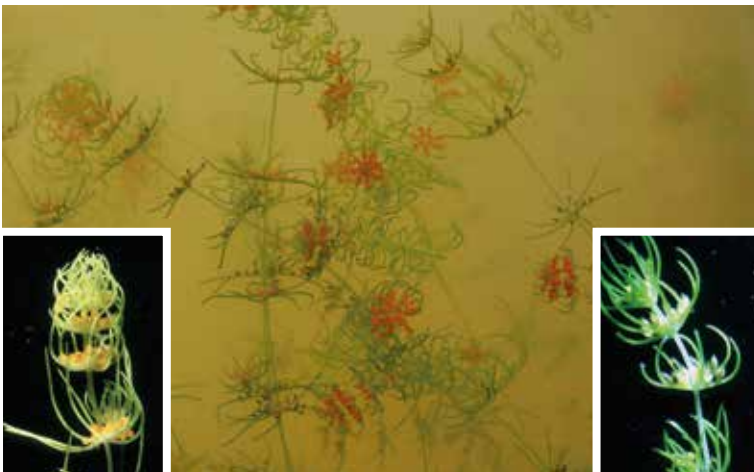


Figura 59. Aspecto del fondo de un humedal ligeramente eutrofizado colonizado por *Chara connivens*, alga carófito asociada a ambientes nitrificados. Pueden observarse pies masculinos, con los anteridios esféricos de color rojizo-anaranjado, y pies femeninos con oogonios que tienen forma de botellita.

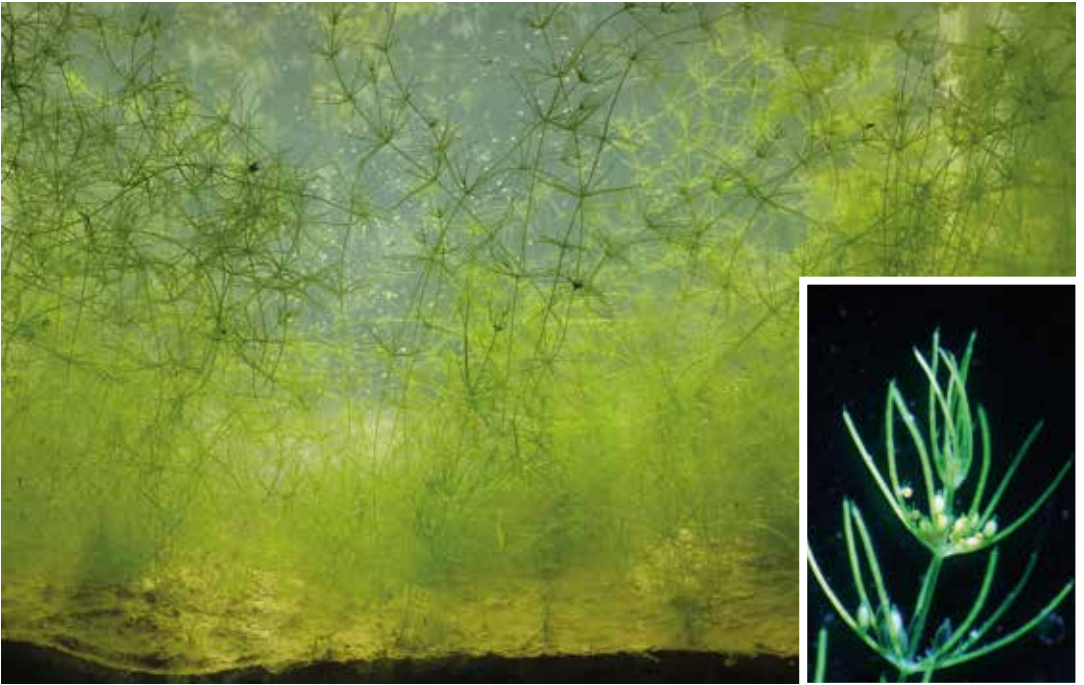


Figura 60. Detalle del fondo de una charca de agua dulce con algas filamentosas y poblaciones de *Chara fragilis* (*Chara globularis*).

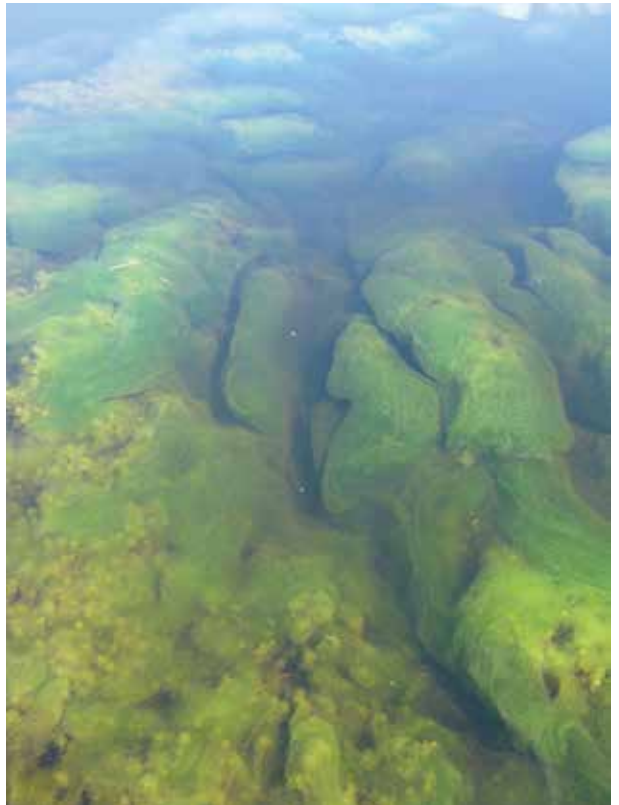


Figura 61. Pradera de carófitos cubierta por algas filamentosas en un humedal eutrofizado.

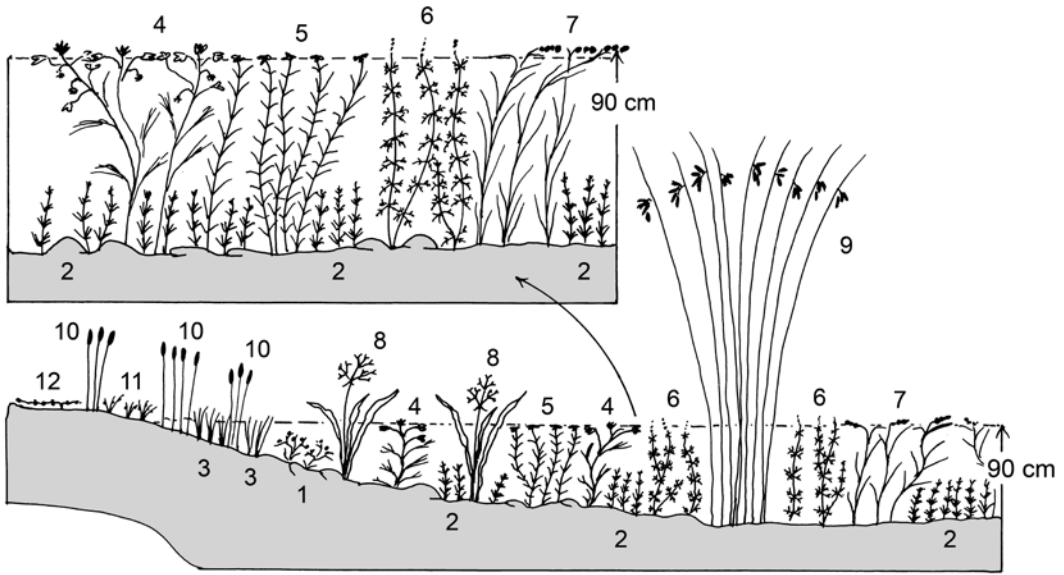


Figura 62. Esquema de la distribución de la vegetación acuática en un humedal estacional con aguas poco mineralizadas. 1, *Tolypella glomerata*; 2, *Chara fragilis*; 3, *Isoetes velatum*; 4, *Ranunculus peltatus*; 5, *Callitriche brutia*; 6, *Myriophyllum alterniflorum*; 7, *Potamogeton trichoides*; 8, *Eryngium corniculatum*; 9, *Schoenoplectus lacustris*; 10, *Eleocharis palustris*; 11, *Eleocharis acicularis* y *Elatine hexandra*; 12, *Illecebrum verticillatum* (Cirujano & al., 2002).



Figura 63. Fotografía aérea de la laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo, Cuenca) en el año 2010. El color verde denota el carácter hipertrófico de las aguas (fotografía: © SAF J.I. Rozas).



Figura 64. Vista aérea de las lagunas de Cucharas (primer término) y de Los Almeros, situadas en el Campo de Calatrava (Villamayor de Calatrava, Ciudad Real) en una época de lluvias excepcionales en la que las lagunas recuperaron sus antiguas cubetas: Año 2008 (fotografía: © SAF J.I. Rozas).



Figura 65. En primer término la laguna hipersalina de Alcahozo (Pedro Muñoz, Ciudad Real). En la parte superior izquierda la laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo, Cuenca). Bordes sinuosos característicos de este tipo de humedal. (fotografía: © SAF J.I. Rozas).



Figura 66. Aspecto general de El Hondo de Elche-Crevillente (Alicante). Caminos, parcelas y bordes lineares característicos de humedales "artificializados". Año 2000.



Figura 67. Aspecto general del Marjal del Moro (Puzol-Sagunto, Valencia). Parcelaciones que denotan los intentos de cultivar el marjal, ahora colonizado por compactas formaciones de carrizo (*Phragmites australis*). Año 2021 (fotografía: Fundación Global Nature).



Figura 68. La vista aérea de la laguna de La Nava pone de manifiesto los distintos tipos de gestión de la vegetación emergente que se han realizado y su influencia sobre el aspecto integral del humedal. Año 2022 (fotografía: Visor SigPac).

Cómo funcionan los humedales

Los humedales son algo más que una cubeta llena de agua. Son entes complejos, cambiantes, dinámicos, en los que se establecen múltiples relaciones entre los diferentes elementos que los constituyen. Estas relaciones son esenciales para mantener su diversidad de acuerdo con sus peculiares características ambientales.

No existen dos humedales iguales. Cada uno tiene sus características propias que los diferencian, que se refieren a su alimentación, características de sus aguas, morfometría, biocenosis acuáticas, aprovechamientos, entre otras. (Figura 69).

Sabemos bastantes cosas de los humedales, no tantas como algunos piensan. En los humedales se dan múltiples relaciones entre los elementos que los integran, pero también entre los diversos humedales presentes en un determinado territorio o incluso entre humedales muy alejados.

Conocemos algo sobre su alimentación, sobre sus características ambientales, tipos de alimentación, naturaleza de sus aguas, procesos de sedimentación, ritmos de inundación, etc., y de sus características biológicas, flora, fauna, lechos bacterianos, etc., pero quedan muchas cuestiones que no conocemos y que son indispensables para poder afirmar que sabemos cómo funciona un humedal. Uno de los problemas actuales es que muchos están desapareciendo antes de que logremos entenderlos y conocerlos.

Características propias de los humedales (CP)

Geográficas

Situación

Climáticas

Pluviosidad
Temperatura
Evaporación
Evapotranspiración

Geológicas-Edafológicas

Sustrato
Sedimentos

Morfológicas y Topográficas

Cubeta

Hidrológicas-Alimentación

Aguas superficiales
Aguas subterráneas

Físico-Química del agua

Salinidad
Tipología iónica
Nutrientes
Turbiedad

Biológicas. Biocenosis acuáticas

Flora y vegetación
Fauna
Fitoplancton
Zooplancton
Comunidades microbianas

Sociológicas-Históricas

Aprovechamientos
Gestión

Figura 69. Peculiaridades más importantes de los humedales que contribuyen a su caracterización e individualización (Características Propias).

Los distintos elementos que integran los humedales proporcionan información sobre su estado de conservación y sus peculiaridades. Si concebimos los humedales como organismos vivos en constante evolución podemos equiparar su funcionamiento, de manera general, con las funciones fisiológicas de un ser humano. (Figura 70).

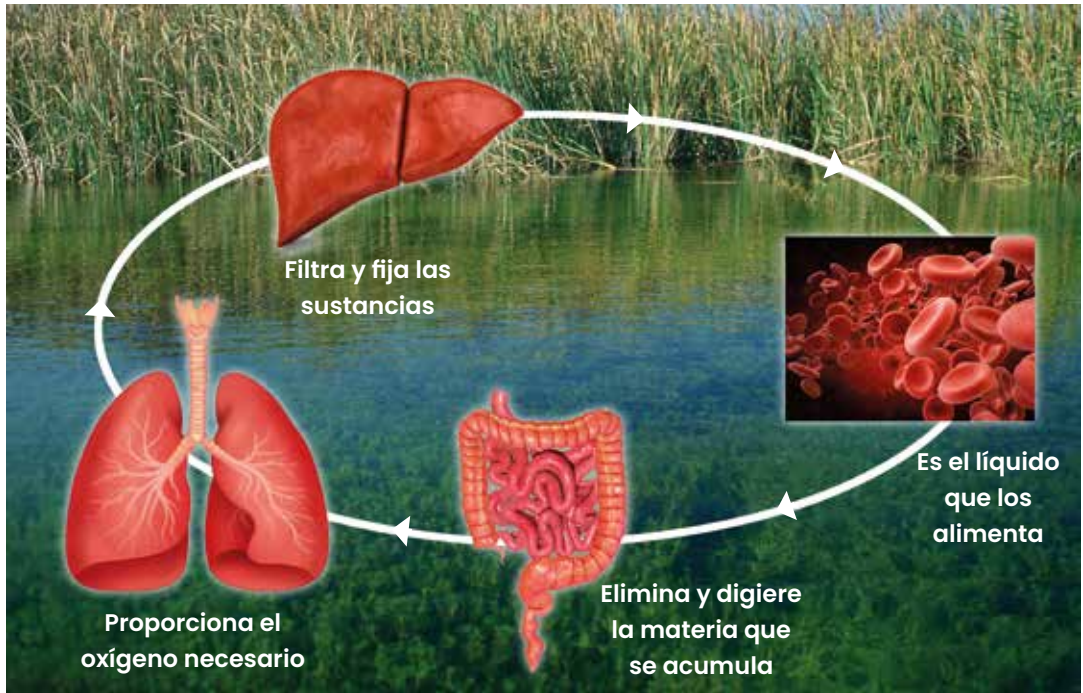


Figura 70. Elementos esenciales de los humedales. El agua es la sangre de los humedales, el fluido que los alimenta; la vegetación sumergida son los pulmones de los humedales, difunden el oxígeno al agua; la vegetación emergente es el hígado de los humedales que filtra y fija las sustancias; las bacterias de los sedimentos son los intestinos del humedal que digieren y eliminan la materia que se acumula en las cubetas.

El agua que embalsan y los mantiene es equiparable a la sangre que nutre el cuerpo humano. Si la sangre-agua está en mal estado comienzan los problemas. Es necesario que el fluido que los alimenta tenga una calidad adecuada para mantener su diversidad y el buen funcionamiento del conjunto del sistema.

La vegetación sumergida, especialmente los carófitos, son los pulmones de los humedales. Estas algas evolucionadas producen oxígeno que se difunde en el agua y contribuye a aumentar el potencial biótico de las zonas húmedas (Figura 71). Un humedal sin oxígeno es un humedal en claro deterioro, el ecosistema se empobrece, y los elementos más sensibles desaparecen.

La vegetación emergente y acuática son el “higadillo” de los humedales. Fijan los nutrientes y los transforman en materia vegetal. Cuando estos tipos de vegetación se hipertrofian nos están indicando que algo funciona mal, que la cantidad de nutrientes es desproporcionada. El aumento de la biomasa que se produce, especialmente la vegetal, es un síntoma inequívoco de este problema.

Los lechos bacterianos que colonizan los fondos de las cubetas son los “intestinos” del sistema. Son los descomponedores que metabolizan y digieren los restos biológicos y los degradan utilizando el oxígeno disuelto en el agua.

Cuando estos elementos fundamentales de los humedales están equilibrados alcanzan su mayor diversidad en consonancia con las características propias de cada uno.

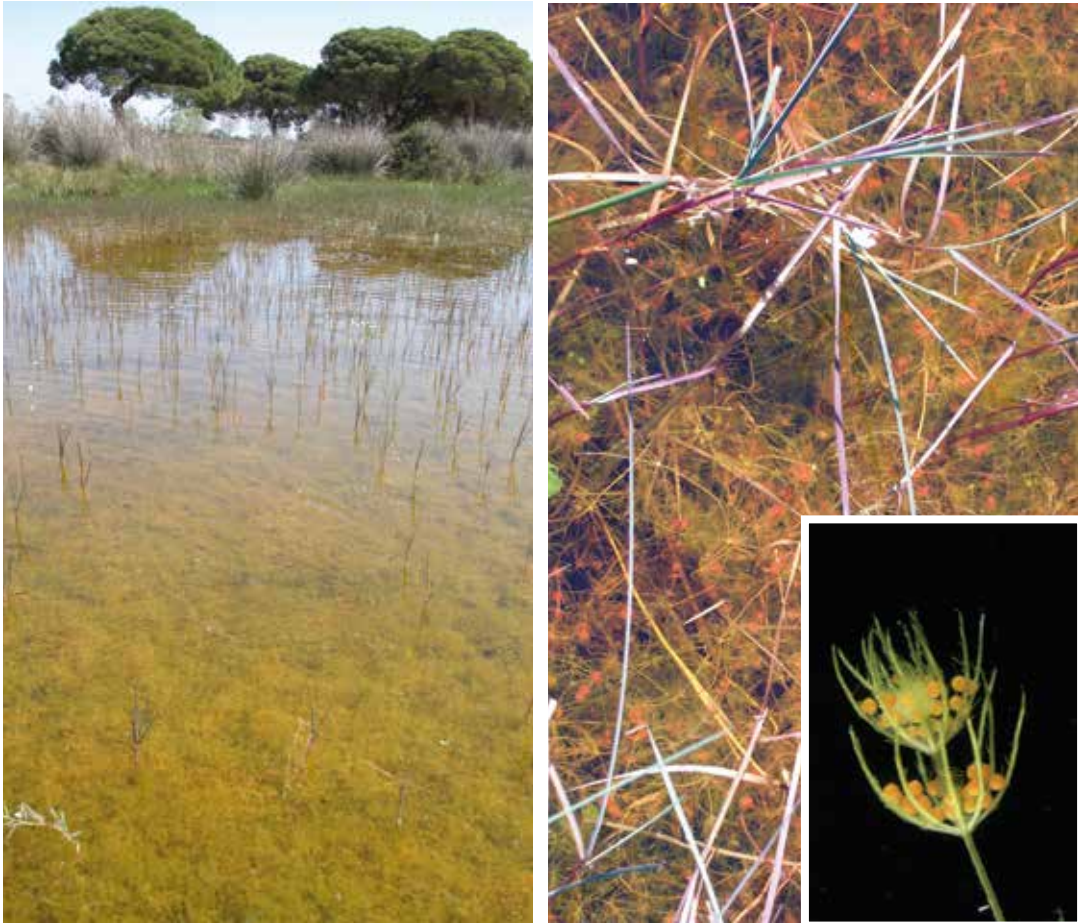


Figura 71. Aspecto general y detalles de la vegetación sumergida (pie masculino de *Chara aspera*) del humedal conocido como Rincón de Guerrero, que forma parte del complejo de lagunas periduranas, un lugar emblemático de Doñana. Primavera del año 2004.

La vegetación de los humedales

La flora y la vegetación acuáticas son componentes dinámicos del ecosistema, cambian, se modifican, y reflejan lo que ocurre en los ambientes que colonizan. Si no entendemos lo que pasa con la vegetación acuática difícilmente comprenderemos el dinamismo de los humedales (Figuras 72 y 73).

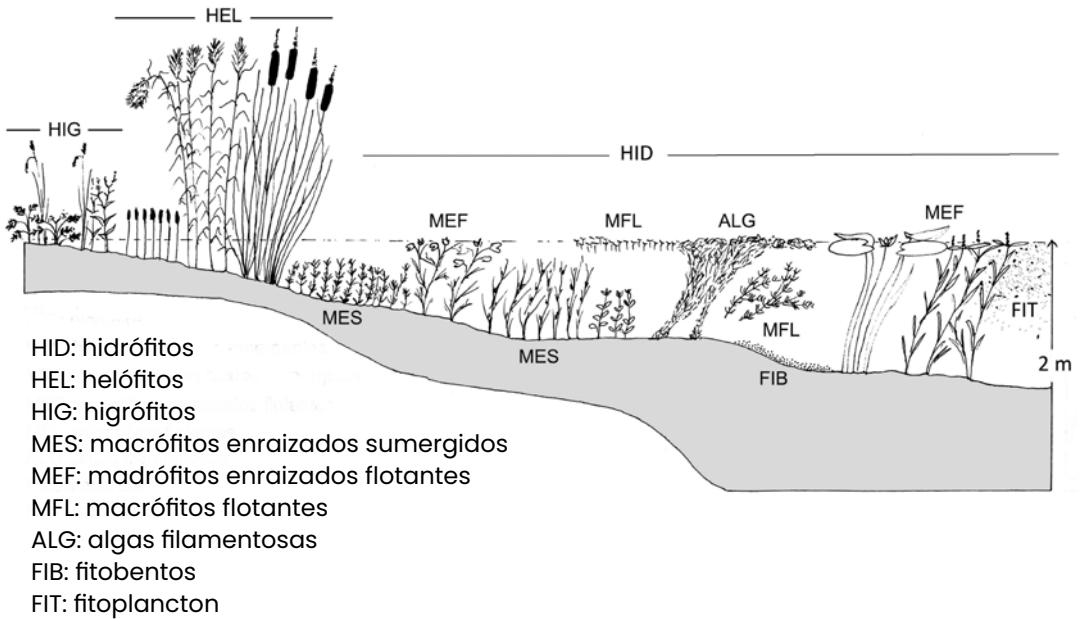


Figura 72. Tipos de plantas acuáticas.

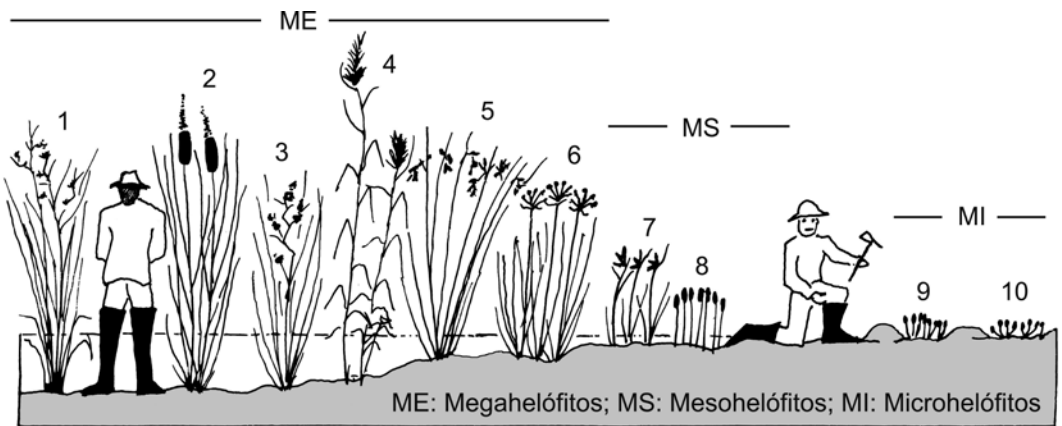


Figura 73. Tipos de helófitos o plantas emergentes (Cirujano & *al.*, 2020).

El grado de desarrollo de la vegetación acuática, que comprende tanto los macrófitos acuáticos o hidrófitos (vegetación acuática en sentido estricto) como las plantas emergentes o helófitos, se encuentra directamente influenciado por tres factores clave que regulan la dinámica de los humedales: la cantidad, la calidad y las características del agua (Figura 74).

La cantidad de agua que los alimenta, que influye en la profundidad y permanencia, selecciona los tipos de vegetación acuática y emergente que podemos encontrar. En los humedales con encharcamiento efímero los grandes helófitos, como las eneas, *Typha domingensis*, *Typha latifolia*, o los juncos de laguna, *Schoenoplectus lacustris*, no logran prosperar. En su lugar encontraremos plantas emergentes de menor tamaño, como el junquillo de laguna, *Eleocharis palustris*, o la castañuela, *Bolboschoenus maritimus*, entre otras. En algunos casos incluso no se desarrollan estos últimos helófitos de tamaño medio (mesohelófitos) (Figura 73).

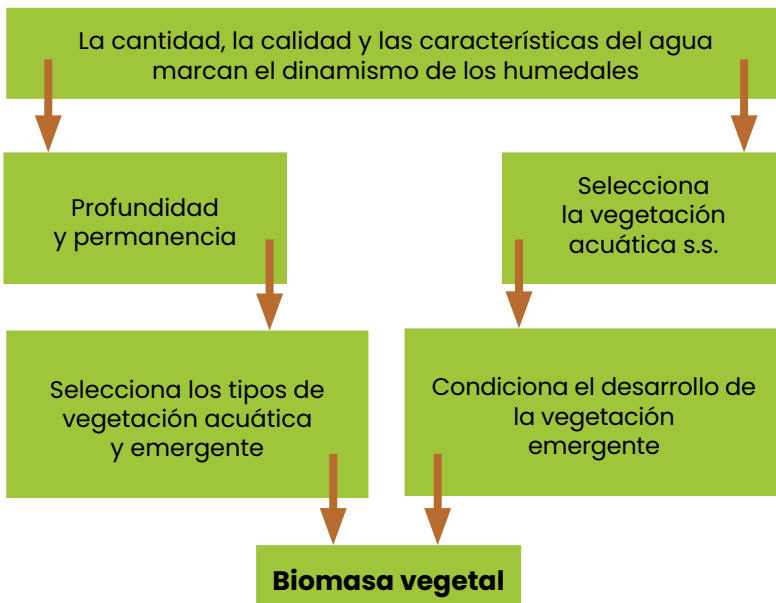


Figura 74. La cantidad, la calidad, y las características del agua, marcan el dinamismo de los humedales.

Por otro lado, la calidad y las características del agua seleccionan la vegetación acuática y condicionan el desarrollo de la vegetación emergente, tanto en lo que se refiere a su composición específica como a la biomasa vegetal que se produce año tras año. El contenido en nutrientes, esencialmente de fósforo y el nitrógeno, es el factor que va a condicionar el desarrollo de la vegetación y, por tanto, la evolución de los humedales a corto, medio y largo plazo.

Los bancos de semillas y esporas

Los bancos de propágulos de plantas y de invertebrados que están en los sedimentos de los humedales no son un departamento cerrado que surge en el tiempo y se autoabastece. Los aportes externos de propágulos constituyen una fuente importante de diversidad o de cambio para los depósitos que se encuentran en los vasos lagunares. El transporte por el viento (anemocoria) o por los animales (zoocoria), especialmente por las aves palustres que visitan las zonas húmedas, contribuyen a la instalación de especies diferentes de las que inicialmente se encontraban en un enclave determinado, cuando las condiciones ambientales son las adecuadas para su desarrollo. Estos aportes son fundamentales en la colonización vegetal de los humedales de reciente creación, en los que los fondos se encuentran inicialmente desnudos de vegetación acuática (Cirujano, 1995; Figura 75).

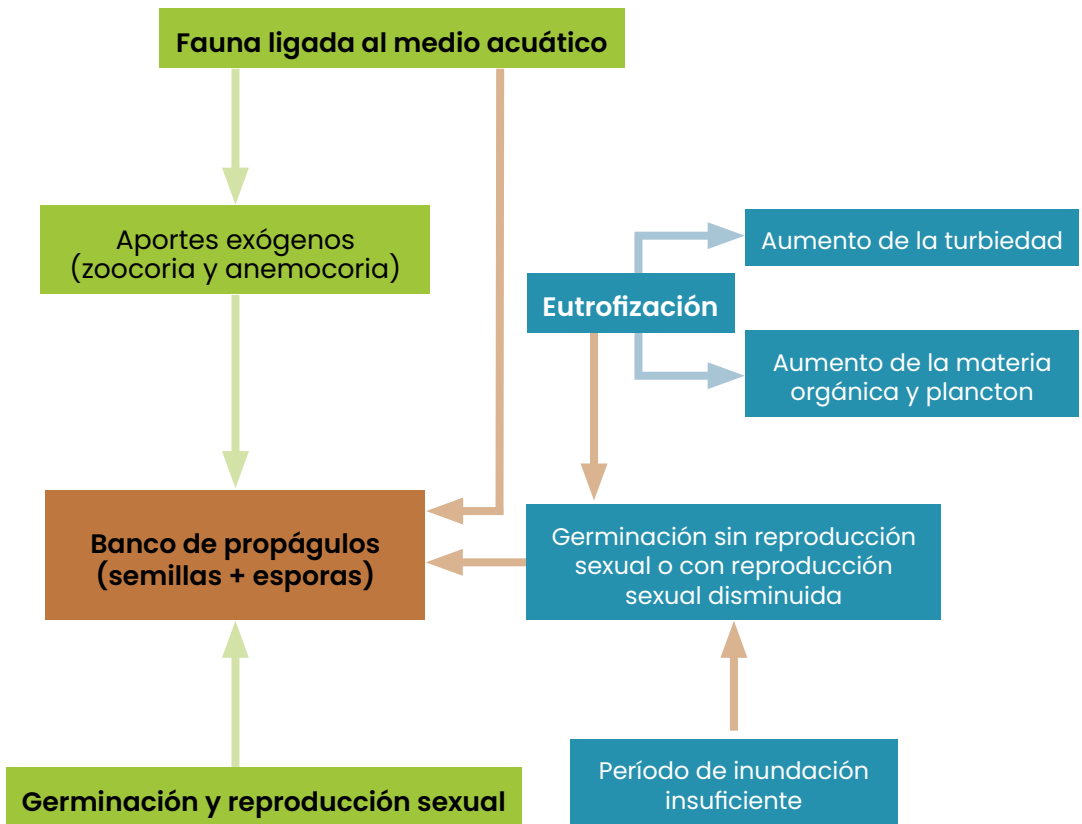


Figura 75. Esquema general de los factores implicados en la consolidación, enriquecimiento o empobrecimiento de los bancos de propágulos que existen en los sedimentos de los humedales (Cirujano, 1995).

La zoocoria no se limita a una única especie ni a los propágulos que resisten el paso a través del tracto intestinal de las aves palustres sin que se vea afectada su capacidad de germinación. En muchos casos el transporte de esporas y semillas ocurre externamente, porque permanecen adheridas al barro en las patas o plumas de las aves, lo que facilita su dispersión entre enclaves que pueden encontrarse a gran distancia.

La fauna ligada al medio acuático puede contribuir a que los bancos de semillas se empobrezcan. En el caso de las plantas acuáticas esto ocurre cuando la vegetación sumergida no es suficientemente abundante para mantener las poblaciones de la fauna palustre que se alimenta de los macrófitos acuáticos (Cirujano, 1955). Pero el principal problema suele ser la contaminación y la insuficiente duración de los periodos de inundación, que impide la maduración y reproducción de las plantas que colonizan los humedales.

No todas las esporas y semillas que se encuentran en los sedimentos son viables. Además, los porcentajes de viabilidad respecto a su número total varía con el tiempo. Los bancos de semillas y esporas son un mundo que, si sabemos interpretarlo, nos aporta información sobre las características actuales y pasadas de los humedales (Figura 76 a 80).



Figura 76. Las esporas y girogonitos (esporas con las paredes calcificadas por la incrustación de sales) de los carófitos pueden permanecer en los sedimentos durante largos periodos de tiempo sin perder su viabilidad. Aspecto de los girogonitos recogidos en los sedimentos de un humedal con aguas bicarbonatadas (Cirujano & *al.*, 2007).

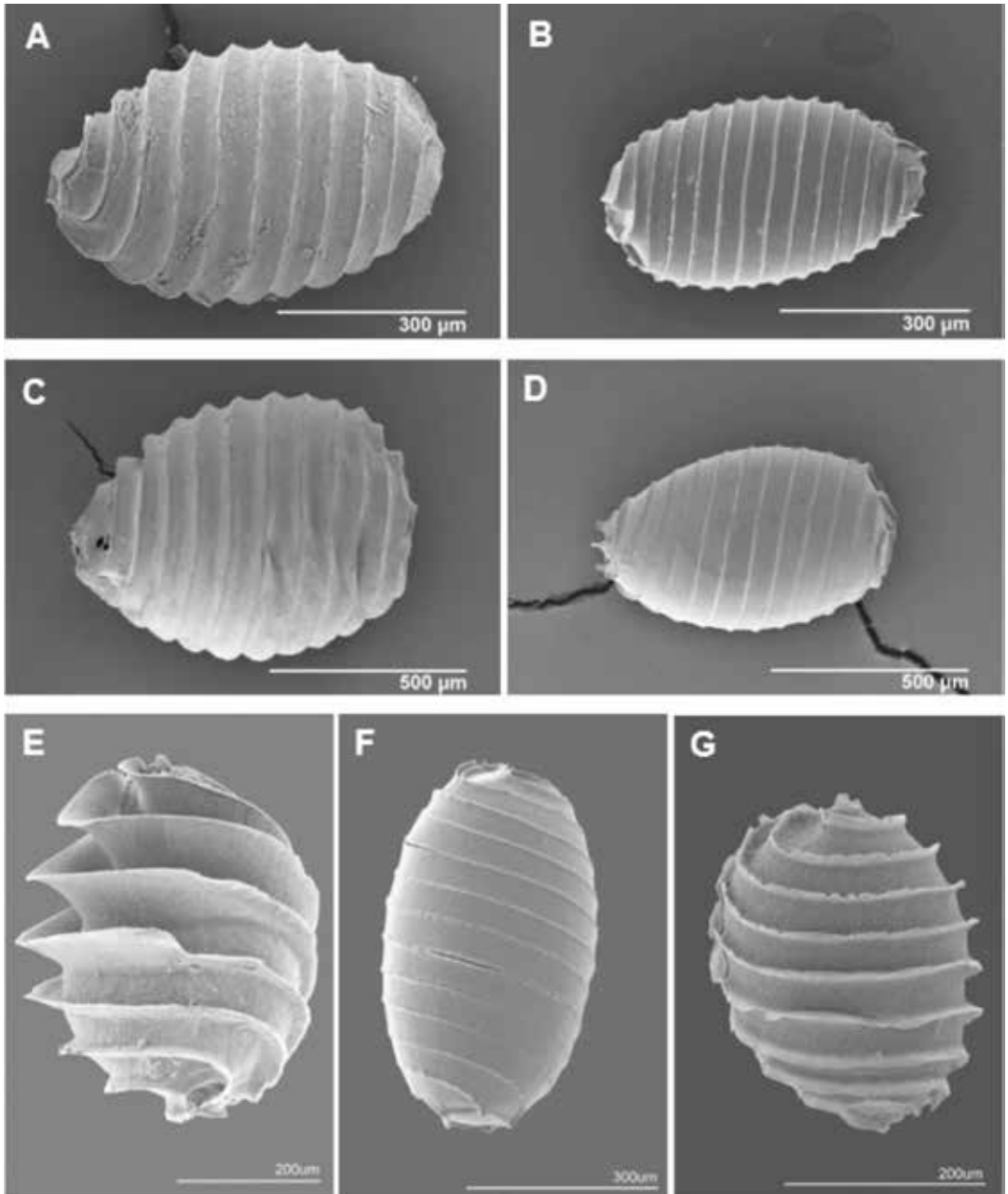


Figura 77. Detalle de algunos girogonitos y esporas de carófitos. A, girogonito de *Chara aspera*; B, espora de *Chara aspera*; C, girogonito de *Chara hispida* var. *major*; D, espora de *Chara hispida* var. *major*; E, esporas de *Nitella flexilis*; F, espora de *Lamprothamnium papulosum*; G, espora de *Tolypella glomerata* (Cirujano & al., 2007).

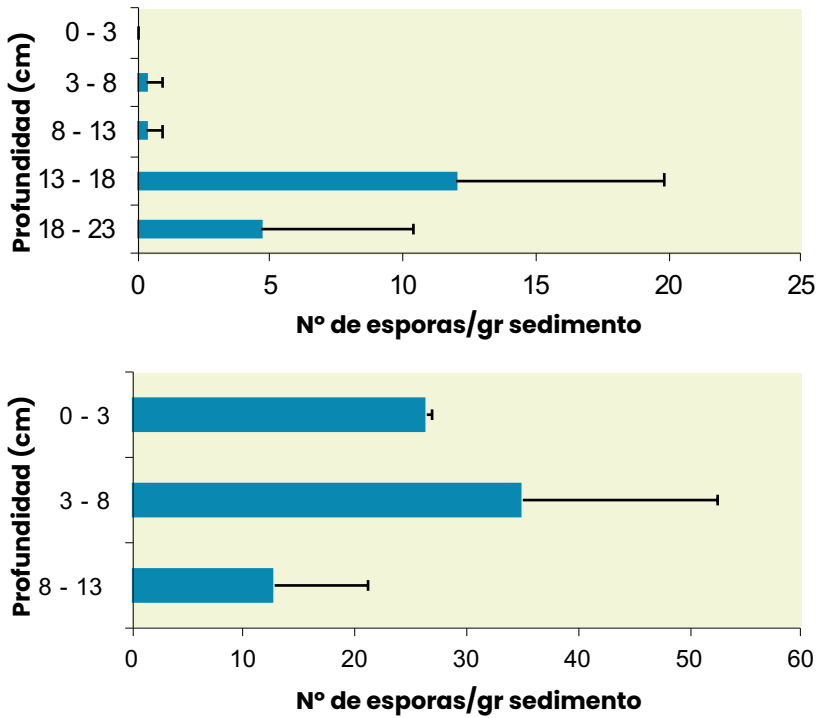


Figura 78. Recuento de esporas-girogonitos en los sedimentos de dos lagunas de Cantalejo (Segovia). En la parte superior la laguna de Sotillos Bajeros, donde se comprueba una reducción del número de esporas/gr de sedimento en los horizontes superiores, lo que indica un menor desarrollo de las praderas de carófitos. En la parte inferior la laguna de Navalayegua donde las praderas de carófitos han tenido un buen desarrollo hasta fechas recientes. La datación de los sedimentos puede aportar más información sobre la historia de los sedimentos y su evolución (VV.AA., 2015a).

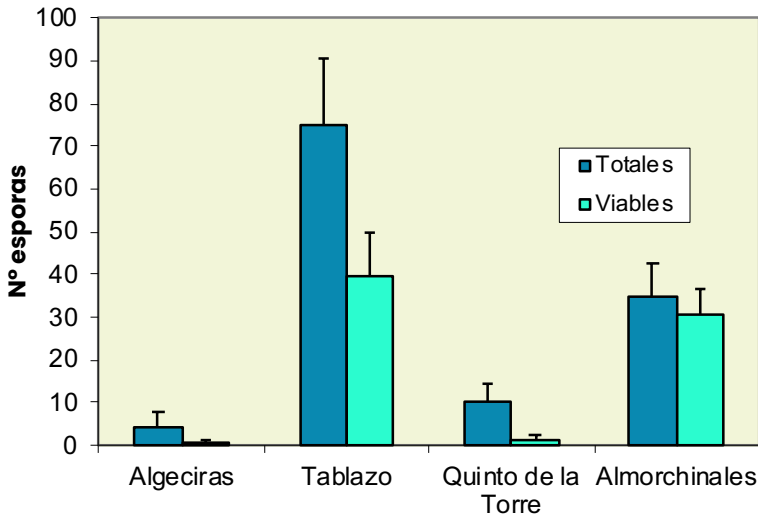


Figura 79. Número de esporas totales y viables por gramo de sedimento registradas en cuatro enclaves del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel en el año 2012.

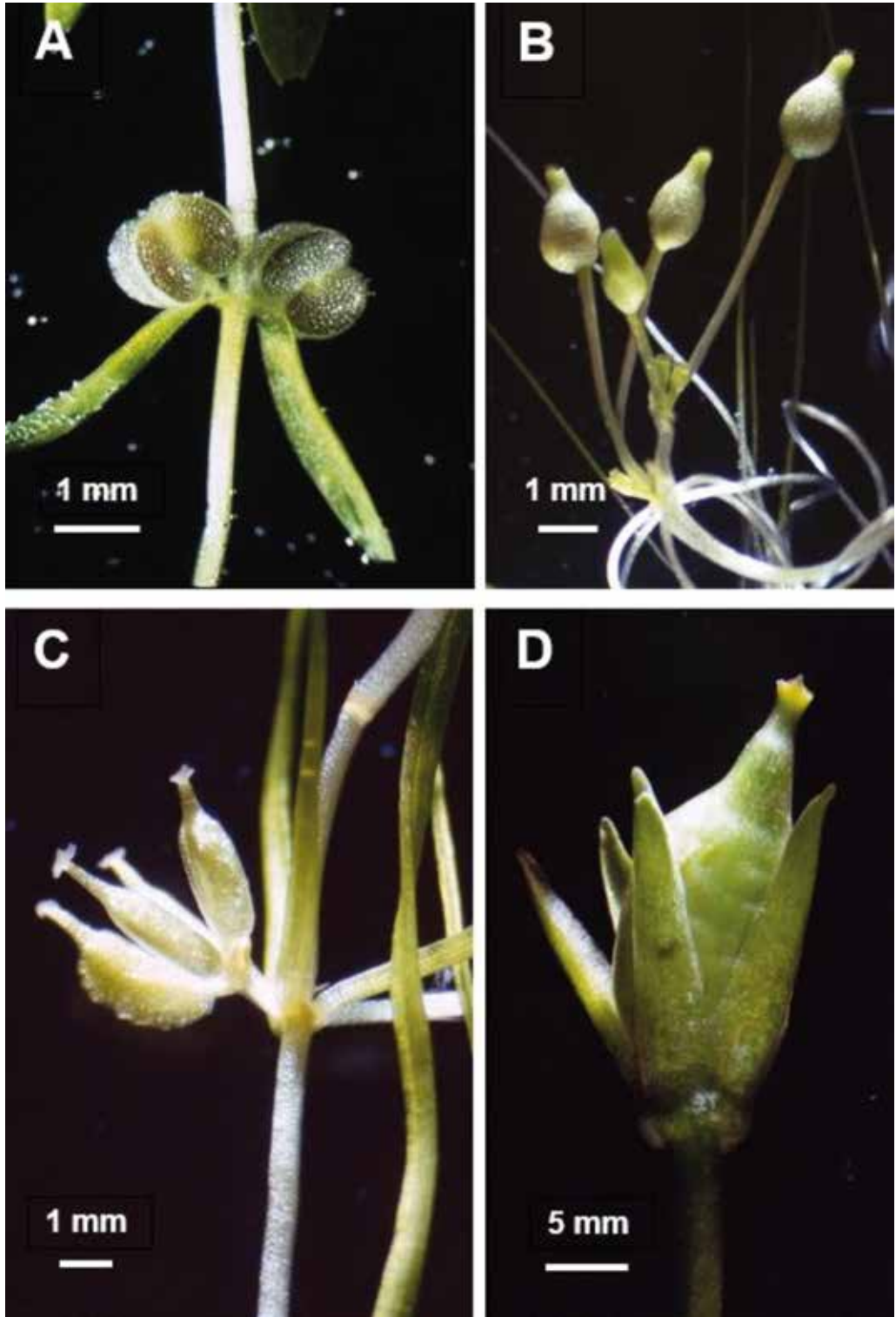


Figura 80. Algunos frutos de plantas acuáticas. A, *Callitriche truncata*; B, *Ruppia drepanensis*; C, *Zannichellia pedunculata*; D, *Nymphoides peltata*.

Problemas relacionados con la conservación de los humedales

En el entorno mediterráneo la existencia de los humedales está fuertemente condicionada por la disponibilidad de agua y por su calidad, parámetros que finalmente controlan su dinamismo. En la actualidad, la gestión de los humedales españoles tiene que ir dirigida a resolver o mitigar, al menos, ocho tipos de problemas comunes: desecaciones, contaminación y eutrofización, modificación o alteración de las cubetas, colmatación o relleno de las cubetas, eliminación de la vegetación periférica, colonización por especies invasoras, alteración de los equilibrios hídricos, y aumento descontrolado de especies protegidas. En muchos enclaves estos problemas coexisten y contribuyen a la pérdida de los valores que motivan su conservación (Figura 81).



Figura 81. Principales problemas relacionados con la conservación de los humedales españoles.

Desecaciones

Hasta finales de los años 1960 los humedales eran considerados zonas insalubres y poco productivas que había que eliminar y si era posible cultivar. El caso más claro de la legislación erradicadora de los humedales en nuestro país fue la ley de 27 de julio de 1918 de desecación y saneamiento de lagunas, marismas y terrenos pantanosos promovida por el entonces Ministro de Fomento, Francisco Cambó. Esta ley surgió en un momento de desarrollo económico después de la Primera Guerra Mundial, que propició una intervención del estado en la economía nacional tratando de desarrollar una política regeneracionista en el sector primario que consistía en la transformación de terrenos improductivos. Además, este texto utilizaba definiciones de las zonas húmedas lo suficientemente amplias para incluir todas las tipologías. Lo único que establecía era el límite mínimo para abordar la desecación, 100 hectáreas. Lo novedoso de la Ley Cambó fue la generalización de apoyos financieros y beneficios tributarios a los interesados en concurrir en la obra desecadora de humedales, tanto públicos como privados, junto con la controvertida posibilidad de que el concesionario se convertía en dueño de los terrenos públicos saneados (Ceballos Moreno, 2001).

Cuando se deseca un humedal deja de existir, quizá para siempre. Al no disponer de un catálogo de humedales en sentido estricto, los datos de desaparición de ecosistemas acuáticos se refieren a lo que en este libro hemos definido como zonas húmedas, es decir, lagos, lagunas, turberas y humedales en su conjunto. A este respecto, podemos asumir que en los últimos dos siglos han desaparecido aproximadamente el 85% de nuestras zonas húmedas (MITECO, 2023). Si aquilatamos un poco más las fechas parece que en las últimas décadas han desaparecido aproximadamente el 60% (Casado & Montes, 1995; Álvarez & *al.*, 2017; INITEC, 1991a, 1991b) ¿Cuántas de estas zonas húmedas eran humedales? No lo sabemos. Algunos ejemplos pueden ayudarnos a entender la magnitud de las desecaciones emprendidas para poner en cultivo las hectáreas ganadas a los humedales. En numerosas ocasiones, las desecaciones están estrechamente ligadas, ya sea de forma directa o indirecta, a la sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos y superficiales, tal como sucede en áreas emblemáticas como los parques nacionales Las Tablas de Daimiel y los diversos humedales de Doñana (Sánchez Carrillo & Angeler, 2010; Díaz-Paniagua & Aragonés, 2015; Díaz-Paniagua, 2015a).

La laguna de La Janda situada en la provincia de Cádiz llegó a tener una superficie máxima de inundación de unas 4.000 hectáreas (Pardo, 1948). Los planes para su desecación se iniciaron en el periodo 1825-1838, para continuar en una segunda fase en el periodo 1929-1954, y concluir en una tercera fase entre los años 1954-1965 (Figuras 82 y 83).



Figura 82. Vista general de la antigua laguna de La Janda situada en los términos municipales de Vejer de la Frontera, Benalup-Casas Viejas y Tarifa (Cádiz), y uno de los canales de desecación (fotografía Horse-Press).



Figura 83. La laguna de La Janda se resiste a desaparecer. En los años lluviosos una lámina de agua remansada en medio de campos de arroz es testigo de lo que fue su territorio (fotografía Horse Press).

La laguna palentina de La Nava de Campos tenía una extensión aproximada de 2.200 hectáreas y unos bordes poco definidos (Macau, 1960). Al oeste de esta laguna principal existía otra lagunilla más pequeña de unas 500 hectáreas, denominada laguna de Nava de Fuentes o de los Cabritones. En los años muy lluviosos ambas depresiones se unían dando lugar a un inmenso humedal situado en los términos de Becerril de Campos, Grijo-ta, Villamartín de Campos, Mazariegos y Fuentes de Nava, que en el año 1912 llegó a cubrir 3.551 hectáreas (Plans, 1970; Cirujano & *al.*, 1994; Figura 84).

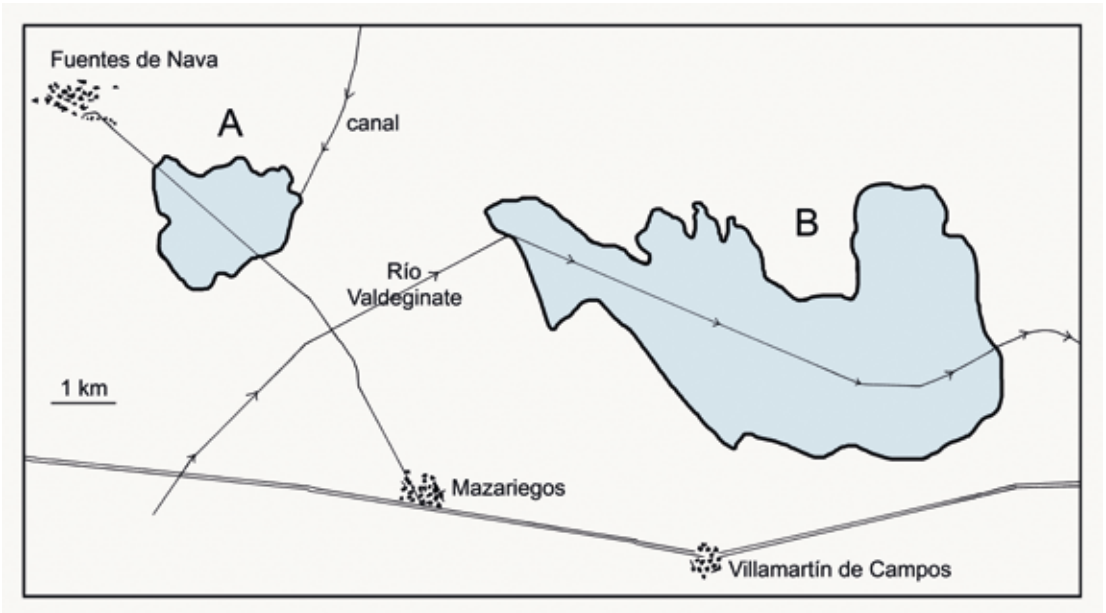


Figura 84. En los años muy lluviosos las lagunas de Fuentes de Nava (A) y Nava de Campos (B) se unían dando lugar a un inmenso humedal que en el año 1912 llegó a cubrir 3.551 hectáreas.

Los intentos de desecación de este humedal se iniciaron en el siglo XV, pero el "saneamiento" integral se acentuó después de la Guerra Civil para concluir en el año 1966 (Alario Trigueros, 1989). En el año 1994 se iniciaron las actuaciones para su recuperación, y la Fundación Global Nature en colaboración con la Junta de Castilla y León diseñaron una serie de actuaciones para inundar las aproximadamente 320 hectáreas que corresponden en la actualidad a la Nava de Fuentes. Hoy es un humedal consolidado, importante como zona de paso para el carricerín cejudo, *Acrocephalus paludicola*, y para miles de aves, especialmente gansos, procedentes de África, Centro Europa y de los países nórdicos, que permanecen durante algún tiempo en el humedal palentino y en las vecinas lagunas de Boada y Pedraza (Figuras 85 y 86).



Figura 85. Aspecto de la laguna de La Nava de Fuentes al comenzar su recuperación en la década de 1990. Al fondo se divisa la torre de la iglesia de Fuentes de Nava.



Figura 86. Aspecto parcial de la laguna de La Nava de Fuentes en el año 2021.

La laguna de Antela es otro de los grandes humedales que han desaparecido por la acción humana. Situada entre los concellos de Vilar do Barrio, Sarreaus, Xinzo de Limia, Vilar do Santo, Sandiás y Xunqueira de Ambía, provincia de Orense, tenía una superficie máxima de unas 3.600 hectáreas. Los intentos realizados para su desecación parece que se iniciaron en el siglo II, durante el mandato del emperador Adriano. En el año 1827 se realizó otro intento para poner en cultivo las tierras anegadas, pero fue en el periodo 1958-1963 cuando se diseñaron una serie de actuaciones faraónicas, canales y ramales, para su desecación final. Un auténtico desastre ambiental y económico (Martínez Carneiro, 1997; Fernández Soto & *al.*, 2011; González-Prieto & Romero-Estonllo, 2022). La inmensa biodiversidad que atesoraba este enclave ha sido cambiada por las célebres patatas Kennebec, que se distribuyen bajo la Denominación de Origen "Pataca de Galicia" (Figuras 87 a 89).



Figura 87. La laguna de Antela antes de su desecación (fotografía: Archivo Histórico Provincial de Ourense).

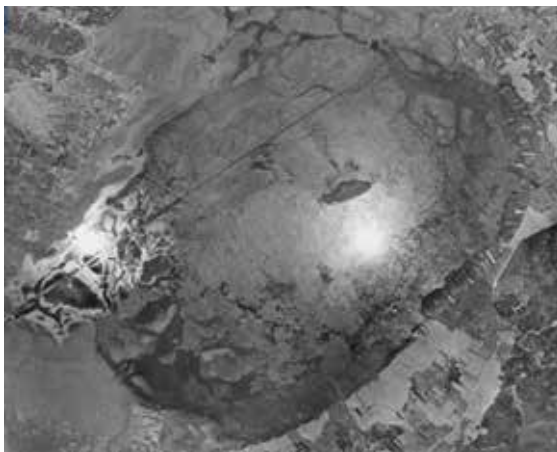


Figura 88. Ortofotografía de la laguna de Antela en el año 1957 (fotografía: Archivo Topográfico del IGN).



Figura 89. Ortofotografía de la laguna de Antela en la actualidad (fotografía: Archivo Topográfico del IGN).

Numerosos humedales, de variadas dimensiones, han sido objeto de drenajes y desecaciones, e incluso algunos han sido convertidos en terrenos de cultivo. Sin embargo, durante los años lluviosos tienden a encharcarse, como sucede en la laguna de Conquezuela en Miño de Medinaceli (Soria), humedal desecado con fines agrícolas en 1959, debido a las políticas de concentración parcelaria que tuvieron lugar entre los años 1958 y 1961; o el denominado Pantano de Los Muleteros (Socuéllamos, Ciudad Real) (Figuras 90 a 93). La lista es demasiado amplia: laguna de Navaluenga (Mota del Cuervo, Cuenca), laguna de Navazuela y del Huevero (Las Mesas, Cuenca), laguna del Chinche (Alcaudete, Jaén); lagunas Jandilla y Espartinas (Vejer de la Frontera, Cádiz); laguna de Hinojosa de la Sierra (Soria); laguna de San Benito (Almansa-Ayora, Albacete-Valencia); laguna de La Zaida (Used, Zaragoza); entre otros muchos. Es posible que algunos de estos humedales puedan recuperarse, si se tiene en cuenta la escasa rentabilidad actual de los usos agrícolas que motivaron su desecación.



Figura 90. Laguna de Conquezuela (Miño de Medinaceli, Soria) en el año 1956 (fotografía: Archivo Topográfico del IGN).



Figura 91. Laguna de Conquezuela (Miño de Medinaceli, Soria) en la actualidad (fotografía: Archivo Topográfico del IGN).



Figura 92. El denominado Pantano de Los Muleteros (Socuéllamos, Ciudad Real), inundado por los aportes de los ríos Zánacara y Saona en el año 1956 (fotografía: Archivo Topográfico del IGN).



Figura 93. Ortofotografía del pantano de Los Muleteros (Socuéllamos, Ciudad Real) en la actualidad, en la que se aprecia la canalización del río Zánacara (fotografía: Archivo Topográfico del IGN).

Contaminación y eutrofización

La contaminación y la eutrofización representan una amenaza muy importante y actual para la salud de los humedales. Son la “peste” que compromete la calidad del agua y afecta negativamente a la biodiversidad de estos ecosistemas acuáticos y a su equilibrio ecológico. La eutrofización es un aspecto particular de la contaminación, inducido por el incremento de nutrientes en los ecosistemas acuáticos. Podemos distinguir dos tipos generales de contaminación (Figuras 94 y 95):

Contaminación difusa. Se refiere a la liberación de contaminantes al medio ambiente de manera dispersa y no puntual, es decir, proviene de múltiples fuentes distribuidas en un área extensa en lugar de originarse en un punto específico. En el caso de los humedales se refiere tanto a los contaminantes vertidos en la cuenca de recepción de las cubetas como aquellos originados en puntos más distantes pero que llegan a los humedales por ríos, arroyos o por las aguas subterráneas. A diferencia de la contaminación puntual, que se puede rastrear hasta una fuente identificable, la contaminación difusa es más difícil de atribuir a una única fuente o emisor. Ejemplos comunes de contaminación difusa incluyen la escorrentía de aguas pluviales que transporta productos químicos agrícolas desde campos cultivados, la escorrentía de carreteras que lleva aceites y metales de los vehículos, etc.

Algunos tipos de contaminación difusa son difíciles de evaluar, como la contaminación por partículas suspendidas en el aire, conocidas como aerosoles, que pueden tener un impacto negativo en la calidad del aire y, en algunos casos, en la salud humana y el medio ambiente. Estos aerosoles pueden consistir en partículas sólidas, líquidas o una combinación de ambas, y varían en tamaño desde partículas muy pequeñas hasta partículas más grandes. Sus fuentes suelen incluir actividades industriales, emisiones vehiculares, la quema de biomasa, así como las operaciones relacionadas con la construcción, entre otras. Estas partículas pueden depositarse directamente en las cubetas o en las cuencas hidrográficas y llegar a ellas disueltas en las aguas de escorrentía.

Contaminación puntual. Se refiere a la liberación de contaminantes desde una fuente específica y localizada. Se origina en un punto identificable, como una tubería de desagüe industrial, los vertidos de una instalación ganadera, o los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales que no funciona correctamente.



Figura 94. El ganado puede ser una fuente de contaminación difusa. En Doñana hay actualmente unas 2.670 cabezas de ganado (vacas y caballos). Su contribución a la eutrofización de la marisma es muy elevada y solo puede minimizarse con el lavado derivado de grandes aportes de agua. Entorno de la marisma de Doñana. Año 2006.



Figura 95. Ejemplo de contaminación puntual. Salida de aguas residuales procedentes de cultivos en el entorno de El Rocío. Año 2007.

En el origen de ambos tipos de contaminación, puntual y difusa, reside en los cambios en el uso del territorio en el que se sitúa un humedal determinado. El desarrollo agrícola e industrial, el aumento de la población, y la imposibilidad de eliminar la cantidad de nutrientes y contaminantes que se originan, no solo en la cuenca de recepción de las cubetas, inciden finalmente en la calidad del agua que llega a los humedales. Este proceso de contaminación-eutrofización es un aspecto más del denominado Cambio Global que desemboca en una simplificación de la pirámide trófica de los humedales que pasa a estar dominada por las especies que mejor se adaptan a la contaminación. A esto hay que añadir la pérdida de diversidad y, en la mayoría de los casos, el aumento de la biomasa generada. El resultado final de este proceso es la transformación de los humedales originales en ecosistemas menos complejos y diversos, en los que las especies banales sustituyen a las más sensibles e interesantes (Figuras 96 a 101).



Figura 96. La abundante presencia de algunas plantas claramente nitrófilas en la marisma de Doñana, como *Salsola soda* (izquierda) y *Suaeda splendens* es un claro indicado de la eutrofización del sistema. Aspecto de la zona conocida como Buentiro-Rinconcillo colonizada por una extensa formación de ambas especies.

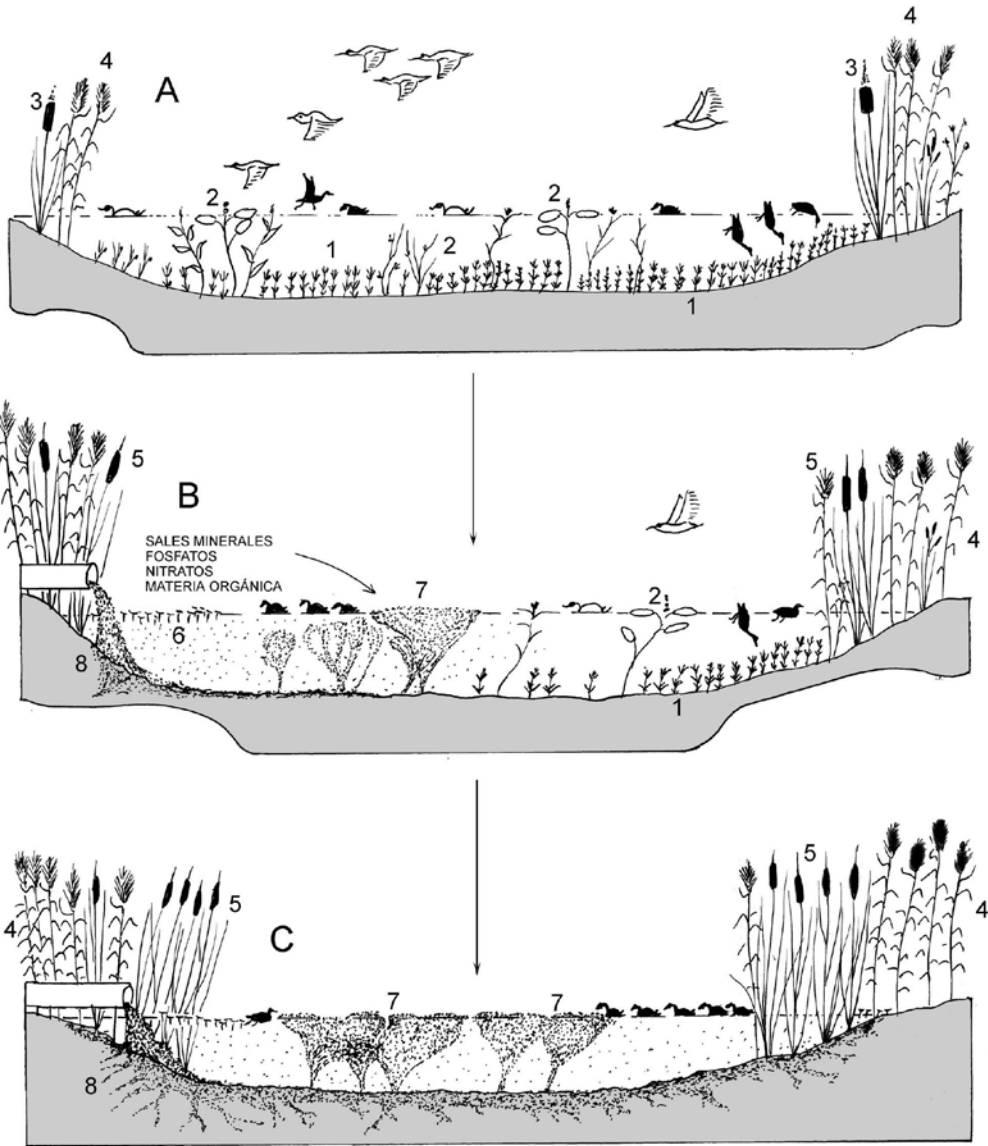


Figura 97. La eutrofización es un proceso natural o inducido por actividades humanas que se caracteriza por el enriquecimiento en nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, de los cuerpos de agua, como lagos, embalses, estuarios, ríos, etc. Fases de la eutrofización en un humedal. A, el sistema está equilibrado, hay gran diversidad biológica, las praderas de carófitos cubren el fondo de la cubeta y entre ellas surgen distintas plantas acuáticas. B, la entrada de vertidos contaminantes altera el ecosistema; disminuye la cobertura de los carófitos y algunas plantas acuáticas se extinguen; aparecen las algas filamentosas y las lentejas de agua; se producen sustituciones en la vegetación marginal; aumenta el contenido de materia orgánica en los sedimentos y la turbiedad del agua. C, el humedal es hipertrófico; han desaparecido las praderas de carófitos y abundan las algas filamentosas y las lentejas de agua; no hay plantas acuáticas y la vegetación marginal es poco diversa y tiene gran desarrollo; mucha materia orgánica en los sedimentos; las aguas están turbias, hay poco oxígeno disuelto en el agua y huele mal. 1, praderas de carófitos; 2, otras plantas acuáticas, *Zannichellia*; *Potamogeton*; 3, *Typha latifolia*; 4, *Phragmites australis*; 5, *Typha domingensis*; 6, *Lemna gibba*; 7, algas filamentosas; 8, materia orgánica y sedimentos (Cirujano & al., 2002).



Figura 98. La presencia de carófitos secos en el suelo de una cubeta nos indica que el humedal tiene una calidad de agua aceptable. Estos restos se reconocen por su color blanquecino derivado de las incrustaciones de sales en sus ejes y ramificaciones. Detalle de un ejemplar seco de *Chara aspera*.



Figura 99. La proliferación de algas filamentosas es un buen indicador de eutrofización. Las algas verdes secas quedan depositadas en la base de las plantas emergentes (helófitos) o sobre el suelo.

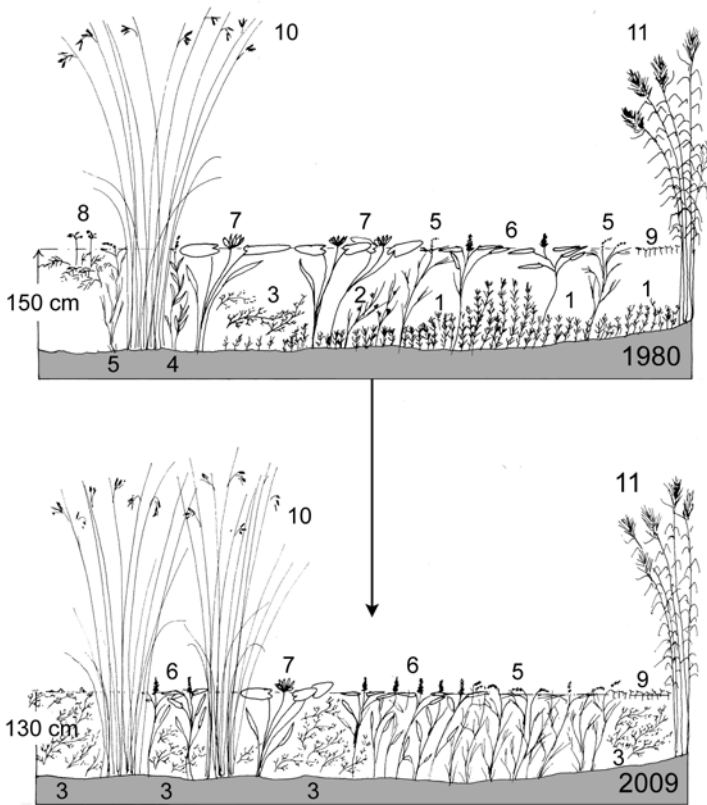


Figura 100. Cambios en la vegetación acuática en la laguna de Navahornos (Cantalejo, Segovia) ocurridos en el periodo 1980-2009 debidos a la eutrofización. 1, *Chara hispida*, *Chara aspera* y *Chara canescens*; 2, *Zannichellia peltata*; 3, *Ceratophyllum demersum* y *Ceratophyllum submersum*; 4, *Potamogeton gramineus*; 5, *Potamogeton pectinatus*; 6, *Polygonum amphibium*; 7, *Nymphaea alba*; 8, *Utricularia australis*; 9, *Lemna gibba* y *Lemna minor*; 10, *Schoenoplectus lacustris* subsp. *lacustris*; 11, *Phragmites australis* (VV.AA., 2015a).

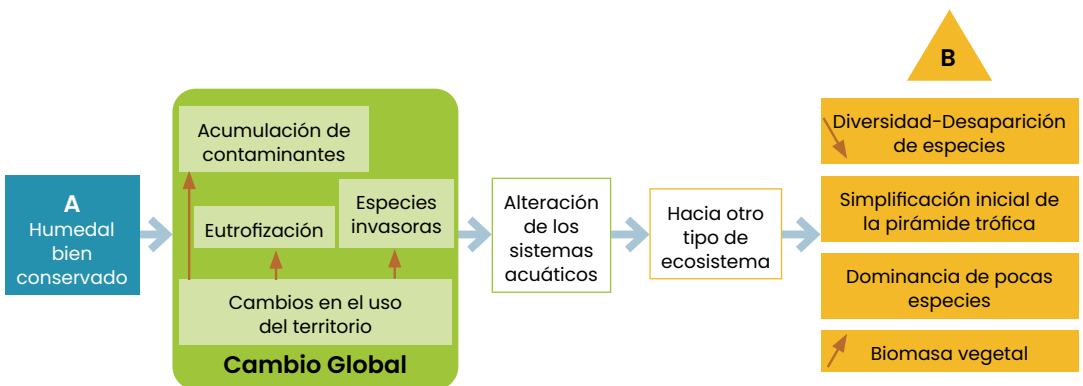


Figura 101. Los cambios en el uso del territorio, si no se controlan adecuadamente, suelen derivar hacia procesos de eutrofización de los humedales. El resultado final de este proceso es la transformación del humedal original en un ecosistema menos complejo y diverso.

Modificación de las cubetas

Las modificaciones que afectan a las cubetas de los humedales pueden ser de muy diversos tipos. Las más frecuentes son los canales para intentar desecarlos, la construcción de abrevaderos para el ganado, o la construcción de balsas o instalaciones de diversa índole para la extracción de salmueras en las lagunas hipersalinas. En el caso de las balsas, transcurridos unos años, suelen abandonarse y el daño producido en el vaso lagunar y en las orillas permanece durante bastantes años si no se toman las medidas de restauración adecuadas, que salvo casos puntuales no suelen abordarse (Figuras 102 a 104).



Figura 102. Motas para la extracción de sal y balsas construidas para la retención de vertidos en la laguna hipersalina de Quero (Toledo). Año 2009 (fotografía: © SAF J.I. Rozas).



Figura 103. Abrevadero en la laguna de Ciria (Soria) (fotografía: Google Maps).



Figura 104. Alteración de la cubeta de la laguna de Pétrola (Albacete) por la instalación de una salinera, abandonada en la actualidad. El color verde oscuro denota el carácter eutrófico de la laguna (fotografía: Visor SigPac).

Colmatación de las cubetas

Los humedales son depresiones en el terreno que van colmatándose hasta desaparecer. Este proceso de relleno, que suele tardar muchos años en producirse, puede verse acelerado por las actividades humanas de forma directa o indirecta. En general, puede decirse que las tierras que rodean a los humedales son arrastradas poco a poco por la escorrentía hacia las depresiones y terminan por cegarlas. Uno de los factores que contribuyen a acelerar este proceso es la eliminación de la vegetación periférica que los rodea; otro son las actividades agrícolas que propician el cultivo hasta el mismo borde. Al carecer de esta protección natural las lluvias arrastran las tierras y la profundidad de los humedales disminuye. Otro proceso de colmatación deriva de la elevada productividad de la vegetación que puede darse en algunas cubetas, con la consiguiente acumulación de biomasa vegetal (Figuras 105 a 109).



Figura 105. Laguna Tenca (Lastras de Cuellar, Segovia) completamente colmatada. Año 2009.

La eutrofización del agua, con el consiguiente aumento de nutrientes, favorece inicialmente el desarrollo de las plantas acuáticas, pero son los helófitos los que mayor biomasa vegetal producen, aérea y subterránea, que se acumula en las cubetas, contribuye a su relleno, y a simplificar el ambiente acuático por la pérdida de superficies libres de vegetación emergente.

Los helófitos con mayor poder colonizador son el carrizo y la enea, si bien su tolerancia hacia la sequía y sus formas de crecimiento son diferentes (Ribeiro Orge, 2004). El carrizo está representado en nuestro país por dos subespecies: *Phragmites australis* subsp. *australis*, que coloniza preferentemente los humedales continentales, y *Phragmites australis* subsp. *altissimus*, de mayor altura y más frecuente en las zonas litorales donde las heladas son raras. De las tres especies de eneas que se han citado en España, *Typha domingensis*, *Typha latifolia* y *Typha angustifolia*, solo la primera tiene gran poder colonizador, pero tolera peor la sequía que el carrizo (Cirujano & al., 2020).



Figura 106. Tallos postrados de carrizo. En cada nudo se producen raíces y se genera un vástago aéreo. Estos tallos, que se producen tanto en el agua como en terrenos no inundados, pueden alcanzar longitudes de más de 20 metros, por lo que su capacidad colonizadora es muy grande.



Figura 107. El paisaje de Las Islillas, un humedal de gravera situado cerca de la desembocadura del río Henares en el Jarama (Mejorada del Campo, Madrid), se caracteriza por la gradual expansión de las formaciones de carrizo (*Phragmites australis*) y en menor medida de eneas (*Typha domingensis*), que van ocupando progresivamente la cubeta. Año 2022.



Figura 108. Biomasa vegetal de carrizo, *Phragmites australis* subsp. *australis*, acumulada en Las Islillas (Mejorada del Campo, Madrid). La tasa de descomposición de la materia vegetal depositada cada año es aproximadamente la mitad de la materia vegetal producida (Ribeiro Orge & *al.*, 2004).



Figura 109. Carrizales de *Phragmites australis* subsp. *altissimus* en el Marjal del Moro (Puzol-Sagunto, Valencia). Año 2021.

Los cálculos aproximados de la biomasa aérea de los carrizales y eneaes que se acumula en un humedal no son sencillos. Dependen, entre otros factores, de la superficie cubierta por estas formaciones; del número de ejemplares desarrollados por unidad de superficie; y de su altura. En definitiva, de su desarrollo anual. Además, en el caso de las eneaes, es importante tener en cuenta el número de inflorescencias (puros) que se producen, ya que no todos los ejemplares florecen y fructifican. El peso seco de un puro es aproximadamente igual al 75% del peso de un ejemplar seco sin puro. El cálculo de las biomásas producidas debe realizarse a finales del otoño, cuando las inflorescencias, especialmente las de las eneaes, se han formado (Tabla 2).

Como es lógico, el cálculo de las biomásas es más fácil en humedales de poca extensión y homogéneos, como puede ser la gravera de Las Islillas (Figura 107), que en humedales con zonas que tienen diferentes profundidades, donde el desarrollo de los helófitos es más heterogéneo, como ocurre en Las Tablas de Daimiel (Figura 111).

También la estructura de los carrizales suele ser diferente. En Las Tablas de Daimiel, en la actualidad un humedal muy fluctuante, los carrizales son de menor talla y más compactos, con un número de ejemplares por metro cuadrado que suele variar entre 250 y más de 500. En el Parque Natural de El Hondo (Elche-Crevillente, Alicante) los ejemplares son de mayor altura, pueden superar los 6 m, sus tallos pueden ser bianuales, están provistos de ramificaciones, y su número por metro cuadrado suele variar entre 44 y 85. Estos factores complican la obtención de cálculos precisos sobre las biomásas que generan anualmente.

La evolución de los carrizales y eneaes depende fundamentalmente de la duración de la inundación y de la profundidad del agua. En algunos casos, como ocurre en el Hondo de Elche-Crevillente los carrizales no tienen un efecto colonizador manifiesto, más bien se mantienen en las áreas ocupadas, o incluso disminuye ligeramente la superficie colonizada (Figura 110). En Las Tablas de Daimiel los grandes helófitos cubren vastas extensiones en muy poco tiempo, y las eneaes y carrizos entran en competencia, ocupando las primeras las zonas que tienen una inundación más prolongada (Figura 111).

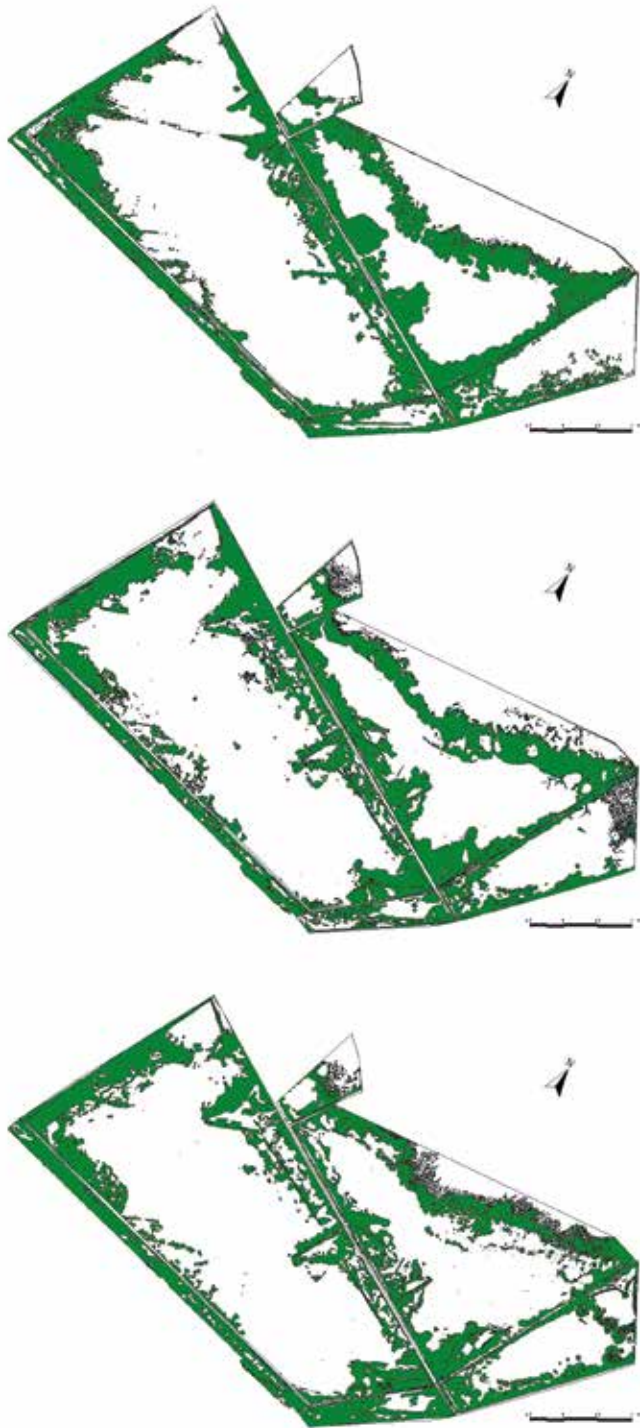


Figura 110. Superficies cubiertas por los carrizales en El Hondo (Elche-Crevillente, Alicante) en el periodo 1956 (mapa superior), 1977 y 2000 (mapa inferior). Los cambios son muy pequeños, con una ligera reducción de la superficie colonizada, y así parece que se mantienen hasta la actualidad.



Figura 111. Aspecto general de la zona final de Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real). En color negro la superficie libre de vegetación emergente; en verde oscuro las formaciones de eneas del año 2000; y en color más claro las formaciones del año 2001 que colonizaron las zonas de aguas libres del año anterior.

Tabla 2. Estimación de las biomásas anuales de materia seca producidas por el carrizo (*Phragmites australis*) y la enea (*Typha domingensis*) en diferentes humedales.

Punto de muestreo	Año	Especie	Nº medio tallos/m ²	Altura media (cm)	Superficie cubierta (ha)	Peso seco (Tm)
Las Islillas (Madrid)	2021	Carrizo	290	300	4,4	260
El Hondo (Alicante)	2002	Carrizo	79	208	435	7.353
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	2021	Carrizo	400	181	640	30.907
		Enea	75	204	450	11.872

Los mesohelófitos, como *Bolboschoenus maritimus* o *Eleocharis palustris*, tienen la capacidad de colonizar superficies notables, cuando las condiciones de inundación son propicias, como paso intermedio hacia las praderas encharcadas donde algunas especies de *Carex*, *Juncus* y gramíneas diversas pasan a dominar el paisaje vegetal, o hacia zonas donde la inundación es mayor y aparecen los grandes helófitos (Figuras 112 a 114).



Figura 112. Aspecto estival de parte de la cubeta de la laguna de La Nava de Fuentes (Palencia) cubierta por compactas formaciones de junquillo de laguna, *Eleocharis palustris*. Año 2005.



Figura 113. Colonización del lavajo de Las Lavanderas (Carpio, Valladolid) por la castañuela, *Bolboschoenus maritimus*. Año 2005.

La gestión adecuada de los humedales, especialmente aquellos alimentados con aguas ricas en nutrientes, es crucial para prevenir su colapso. En el caso específico de Las Tablas de Daimiel se originaron más de 42.000 toneladas de materia vegetal en el año 2022, de las cuales solo aproximadamente la mitad se descompuso. Este exceso de materia vegetal debe eliminarse de manera adecuada para evitar la colmatación del humedal (Tabla 3).

Tabla 3. Biomásas secas producidas por diferentes helófitos.

Localidad	Año	Especie	Altura media (cm)	Peso seco (kg/m ²)
Laguna de La Nava (Palencia)	2006	<i>Eleocharis palustris</i>	60	0,570
Laguna de La Nava (Palencia)	2006	<i>Eleocharis palustris</i>	60	0,792
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	1996	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	95	0,778
Laguna de La Nava (Palencia)	1996	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	130	1,605
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	1996	<i>Bolboschoenus maritimus</i>	110	3,324
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	1996	<i>Phragmites australis</i>	210	1,265
Laguna de La Nava (Palencia)	2006	<i>Phragmites australis</i>	240	2,816
Laguna de La Nava (Palencia)	260	<i>Phragmites australis</i>	260	3,520
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	1997	<i>Phragmites australis</i>	230	4,472
El Hondo (Alicante)	2001	<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>altissimus</i>	400	6,609
El Hondo (Alicante)	2001	<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>altissimus</i>	500	10,703
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	1997	<i>Typha domingensis</i>	245	5,323
Tablas de Daimiel (Ciudad Real)	2001	<i>Typha domingensis</i>	250	7,360



Figura 114. Las eneas, especialmente *Typha domingensis*, tienen un gran desarrollo vegetativo y colonizan rápidamente las cubetas poco profundas con inundación permanente o semipermanente. Aspecto de una de las charcas de Betoño, en el parque de Salburua (Vitoria) que comienza a colmarse por eneas. Obsérvese que no hay restos de años anteriores. Junio del 2009.

Es importante destacar que las condiciones de inundación repetidas en años sucesivos pueden dar lugar a nuevos aportes de biomasa vegetal, lo que agrava la situación y aumenta el riesgo de colapso del humedal. Además de la materia vegetal aérea, también se debe tener en cuenta la biomasa vegetal generada en forma de rizomas y raíces (Figura 115). Los estudios realizados en Las Tablas de Daimiel concluyen que la cantidad de biomasa subterránea producida anualmente es prácticamente igual que la de la biomasa aérea (Ribeiro Orge, 2004; Ribeiro Orge & *al.*, 2004; Sánchez Carrillo & Angeler, 2010).



Figura 115. Además de la materia vegetal aérea que se acumula en los humedales año tras año debe considerarse la generada en forma de rizomas y raíces. La profundidad a la que se encuentran rizomas y raíces es variable y depende, entre otros factores, de la naturaleza del sustrato.

Eliminación de la vegetación periférica

Otro de los problemas que afectan a la integridad de los humedales es la eliminación de la vegetación periférica con fines agrícolas. Este tipo de vegetación es tan esencial para los humedales como los bosques de ribera para los ríos. Los pastizales higrófilos, los juncales, y otros tipos de vegetación que rodea los humedales son hábitats de interés para la flora y la fauna y un elemento esencial que fija el sustrato y ralentiza los procesos de arrastre de terrígenos hacia las cubetas y, por tanto, su colmatación (Figuras 116 y 119).



Figura 116. Eliminación de los pastizales higrófilos en la laguna de Borobia (Soria). Este tipo de ambiente ligado a la humedad edáfica es interesante desde el punto de vista botánico y zoológico. Año 2021.



Figura 117. Eliminación de la vegetación periférica en la laguna de El Taray (Las Mesas, Cuenca). El color más oscuro del terreno define hasta donde llegaba en el pasado la vegetación periférica asociada a este humedal. Año 2017 (fotografía: © SAF J.I. Rozas).

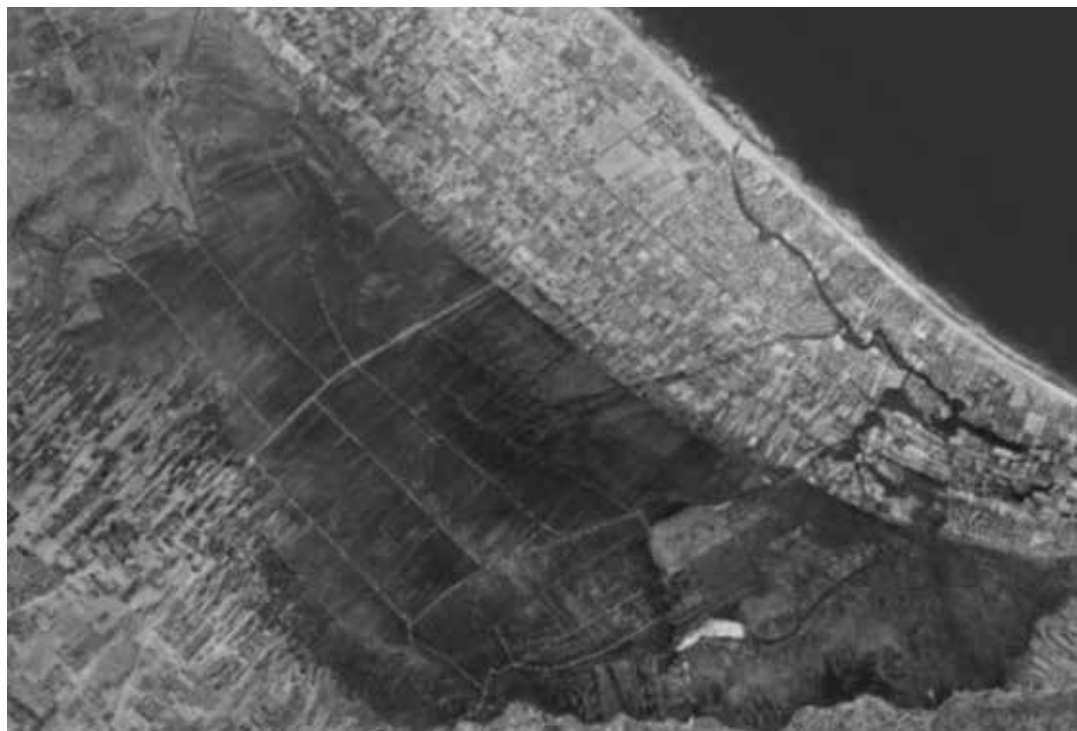


Figura 118. Eliminación de parte de la vegetación asociada al marjal de Pego-Oliva (Valencia) para cultivar arroz. En la parte superior aspecto general en el año 1956; en la parte inferior en la actualidad (fotografía: Visor SigPac y Archivo Topográfico del IGN).



Figura 119. Aspecto actual de la laguna de Pedraza rodeada de cultivos. Se trata de una antigua zona deprimida o nava que está siendo recuperada por la Fundación Global Nature (fotografía: Visor SigPac).

Colonización por especies invasoras

En primer lugar, hay que distinguir entre especies colonizadoras y especies invasoras. Se considera que son especies invasoras solo las introducidas que tienen gran poder colonizador y que suelen desplazar a las autóctonas. Hablar de especies introducidas invasoras es, por tanto, un poco redundante, ya que para ser consideradas invasoras tienen que ser introducidas.

El carrizo, *Phragmites australis*, o la enea, *Typha domingensis*, plantas propias de nuestra flora son, por tanto, especies colonizadoras, pero no invasoras. Percibimos la flora y la fauna que nos rodean como algo natural, y aceptamos que son autóctonas del lugar y que siempre han estado allí. Sin embargo, algunas de estas especies que hoy creemos propias fueron en su día introducidas y desalojaron a otras nativas.

Estas contradicciones obligan a considerar la cuestión del peligro y las alteraciones asociadas con las denominadas especies invasoras como otra faceta de la biodiversidad (Thompson, 2016). En el contexto de los humedales, la colonización por plantas invasoras suele estar unida a las

perturbaciones y alteraciones que sufren, especialmente a la mala calidad del agua y a la eutrofización.

Entre los animales introducidos que interactúan con la vegetación acuática destacan al cangrejo americano (*Procambarus clarkii*) y la carpa (*Cyprinus carpio*). Estos organismos son grandes consumidores de plantas sumergidas, en particular de carófitos. Su actividad incluye la remoción de los fondos acuáticos, lo que contribuye a enturbiar el agua. Su presencia puede obstaculizar la colonización vegetal, que es la base fundamental de la pirámide trófica acuática, y competir por el alimento con las aves palustres, especialmente con las anátidas.

Aunque el número de plantas acuáticas introducidas es mayor, entre las invasoras más importantes de los ecosistemas acuáticos hay que mencionarse el helecho mosquito, *Azolla filiculoides* (*Azolla caroliniana*), el jacinto de agua o camalote, *Eichhornia crassipes*, el nenúfar mexicano, *Nymphaea mexicana*, el luchecillo, *Egeria densa*, el jazmín acuático, *Ludwigia grandiflora*, o la lechuga de agua, *Limnobium laevigatum*. La mayor parte de estas plantas se localizan en cursos fluviales o canales, y solo algunas invaden los humedales. Uno de los episodios más importantes ocurridos en los últimos años ha sido la invasión de la marisma de Doñana por *Azolla filiculoides* (VV.AA., 2015).

El aumento de la eutrofización del agua es, sin duda, el factor que más ha contribuido a la expansión del helecho mosquito por las zonas húmedas de todo el mundo incluida la Península Ibérica. Todos los autores coinciden en que es la concentración de fósforo disuelto en el agua el factor que controla el crecimiento de *Azolla* y el responsable de que este macrófito acuático pase a considerarse como especie invasora (Carrapico & al., 1996; Wagner, 1997; Kar & al., 2001).

Su presencia fue detectada en el Parque Nacional Doñana en el año 2000, siendo el primer xenófito acuático que se localizaba en su marisma. En los años posteriores, salvo 2005 y 2006 en los que la marisma estuvo prácticamente seca, su propagación y abundancia se hicieron alarmantes, formando tapetes flotantes que alcanzaron los 10 cm de espesor (Cobo & al., 2004; García Murillo & al., 2006). En el año 2007, la extensión cubierta por *Azolla* alcanzó aproximadamente 4.363 hectáreas, que suponen el 15,7% de la superficie inundada a principios del mes de mayo.

Las variaciones en las áreas colonizadas se atribuyen a diversos factores, que incluyen la calidad del agua embalsada, la distribución y cantidad de los aportes hídricos, así como la duración de los períodos de inundación (Figuras 120 a 124).



Figura 120. Aspecto de una zona de la marisma de Doñana en abril del 2007.



Figura 121. Aspecto de una zona de la marisma de Doñana en mayo del 2007, y detalle de *Azolla filiculoides*.

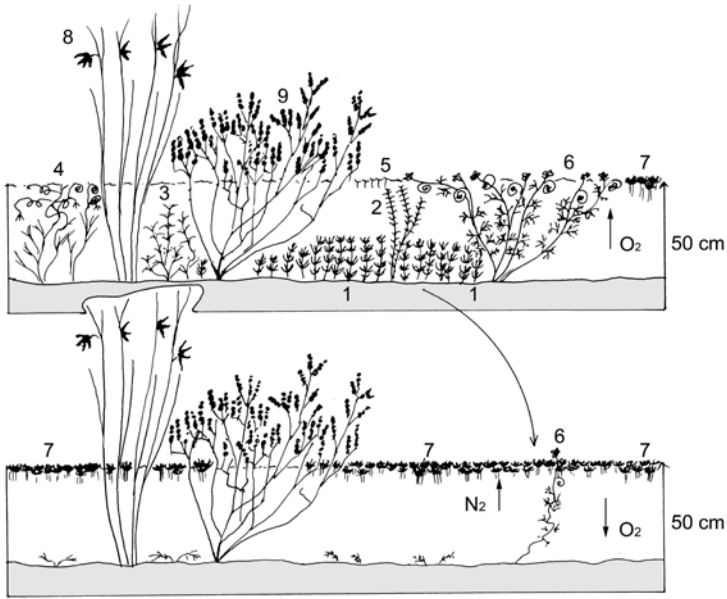


Figura 122. Esquema de la evolución de la vegetación acuática en la marisma de Doñana (lucio del Rey) desde marzo (esquema superior) y abril de 2007. Aunque las aguas son someras y el viento contribuye a su mezcla, puede medirse una diferencia de concentración de oxígeno disuelto entre las zonas donde se desarrolla la vegetación sumergida y donde las formaciones de *Azolla* la han extinguido. 1, Praderas de *Chara galioides*; 2, *Callitriche truncata*; 3, *Zannichellia obtusifolia*; 4, *Ruppia drepanensis*; 5, *Lemna minor*; 6, *Ranunculus peltatus* subsp. *fucoides*; 7, *Azolla filiculoides*; 8, *Bolboschoenus maritimus*; 9, *Arthrocnemum macrostachyum* (VV.AA., 2015).



Figura 123. Aspecto de la marisma en la zona próxima al palacio de Doñana a principios de abril del año 2007. Las manchas de color pardo-rojizo corresponden a las formaciones de *Azolla* (fotografía Juan Manuel Espinar).

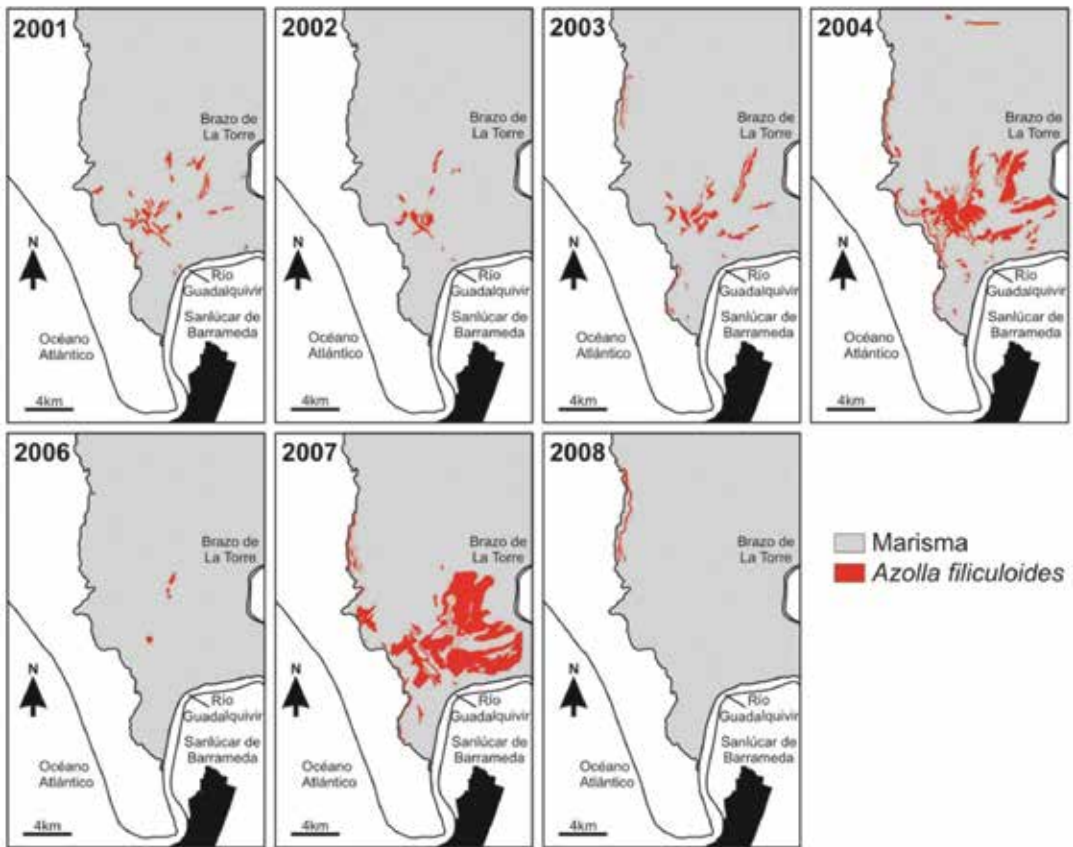


Figura 124. Cambios en las superficies cubiertas por el helecho mosquito, *Azolla filiculoides*, en el periodo 2001-2008. En el año 2005, debido a la sequía, la presencia de *Azolla* fue meramente testimonial, y algo parecido ocurrió en el 2006, año en el que la escasa inundación durante el periodo de desarrollo máximo de *Azolla* limitó su presencia, que quedó reducida a unos pocos enclaves donde la permanencia del agua fue algo mayor (VV.AA., 2015).

La presencia de macrófitos acuáticos invasores tiene importantes repercusiones en la biodiversidad, ya que alteran los hábitats naturales y desplazan a las especies autóctonas. Además, estas invasiones plantean desafíos para la gestión ambiental y la conservación de los ecosistemas, y hacen necesario implementar medidas efectivas para controlar y mitigar su impacto. No obstante, se hace necesario analizar el motivo de estas invasiones, revertir en lo posible las causas que las producen, y realizar seguimientos a corto y medio plazo.

Alteración de los equilibrios hídricos

La modificación de los aportes de agua a los humedales, ya sean superficiales o subterráneos, es un proceso que se ha acentuado en las

últimas décadas. Podemos decir que fue a finales de la década de 1960 cuando el desarrollo agrícola y las necesidades de riego comenzaron a afectar los equilibrios hídricos de los humedales.

Por otro lado, las canalizaciones de ríos y arroyos incidieron sobre un gran número de humedales asociados a los desbordamientos de los cursos de agua. En última instancia, la disminución del nivel de las aguas subterráneas y la falta de surgencias, en conjunto, fueron factores determinantes en la desecación o modificación de los patrones de inundación (Figura 125).

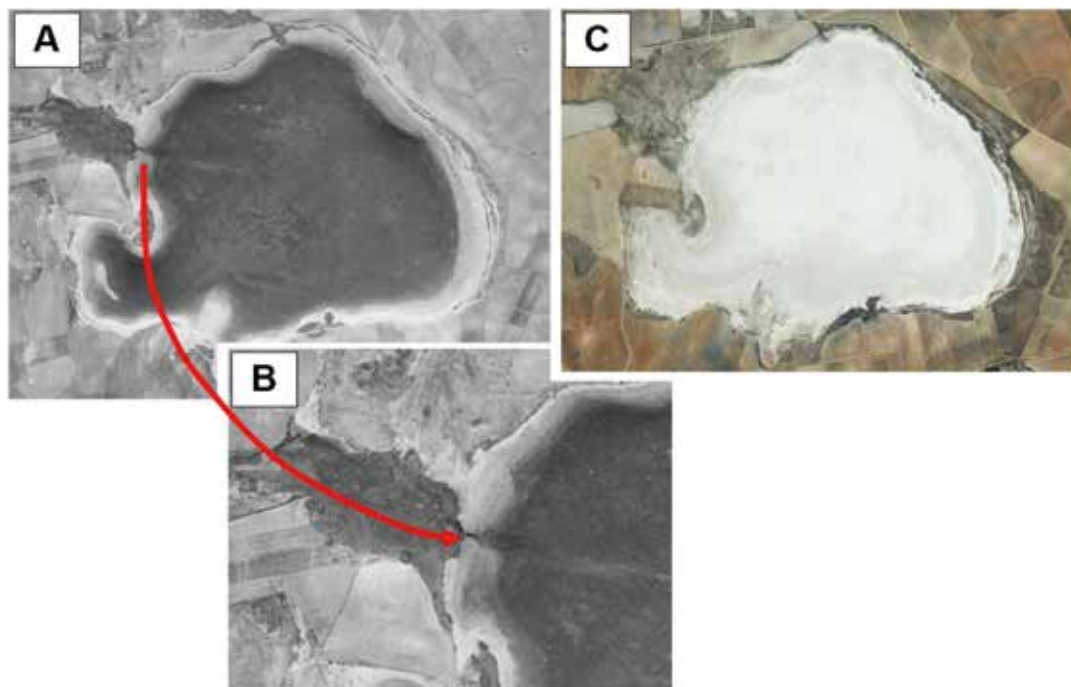


Figura 125. La sobreexplotación de las aguas subterráneas ha modificado el equilibrio hídrico de algunos humedales. A, La laguna de Alcahozo (Pedro Muñoz, Ciudad Real) en el año 1956; B, detalle de la zona de entrada de agua dulce que contribuían a mantener inundada la laguna que entonces era salina; C, aspecto general de la laguna que ahora es hipersalina y apenas embalsa agua en los años lluviosos (fotografías Visor SigPac y Archivo Topográfico del IGN).

En el caso de los humedales en los que ahora desembocan las aguas de los efluentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), hay que tener en cuenta que estos aportes suelen modificar las características iniciales del agua embalsada. Estos cambios están relacionados con los nuevos volúmenes de aguas retenidas y con las peculiaridades físico-químicas de los nuevos aportes (pH, conductividad, concentraciones iónicas, fósforo, nitratos, etc.).

Aumento descontrolado de especies protegidas

Aunque pueda resultar paradójico, ciertos proyectos orientados a la preservación de especies protegidas podrían tener efectos perjudiciales en la conservación integral de determinados humedales. Un ejemplo destacado es el caso del flamenco rosa (*Phoenicopterus roseus*). En los últimos 30 años, la laguna de Fuente de Piedra, ubicada en la comarca de Antequera (Málaga), ha adquirido una importancia primordial como hábitat prioritario para la reproducción de esta especie de ave zancuda (Figura 126).



Figura 126. Aspecto general de la laguna de Fuente de Piedra (arriba) y una imagen del anillamiento de flamencos en el año 2017.

La dieta de esta especie incluye algas verdeazuladas, también conocidas como cianobacterias, diatomeas, pequeños insectos, crustáceos, moluscos, larvas de moscas de salmuera y otros organismos que se encuentren en el agua y en los sedimentos. El aumento desproporcionado de sus poblaciones y la exploración de nuevos hábitats para alimentarse están provocando una pérdida de diversidad en los humedales donde su presencia solía ser anecdótica (Tabla 4).

Los flamencos, en su búsqueda de alimento, remueven los fondos de los humedales someros utilizando sus patas, y filtran el sedimento con sus picos curvados que poseen laminillas internas capaces de retener las sustancias alimenticias. En este proceso destruyen la vegetación subacuática, eliminan la fauna invertebrada y modifican las cubetas de los humedales que quedan cubiertas de los llamados "anillos de alimentación". El resultado final es la alteración de la pirámide trófica, un incremento de la eutrofización por las numerosas deyecciones que generan, y la extinción de algunas especies sensibles a estas alteraciones (Figuras 127 a 129).

Tabla 4. Algunos datos sobre el flamenco rosa (*Phoenicopterus roseus*) y su reproducción en la laguna de Fuente de Piedra (Málaga).

Esperanza media de vida en libertad		20-25 años			
Peso adultos		2,2-2,8 kg			
Ingesta diaria de comida adultos		250 g			
Años	2011	2013	2015	2019	2022
Nº crías	6.000	20.278	13.025	7.742	3.700

Gregorio López Sanz ya señalaba en el año 1996 los problemas derivados de gestionar la conservación de los humedales en base a determinadas especies: *Es un error potenciar las especies más abundantes, maximizando el tamaño de sus poblaciones, a pesar de que los humedales manchegos (y otros humedales parecidos) no son apropiadas para el desarrollo de comunidades de abundantes aves...El dominio de los criterios biólogos frente a los sistémicos ha favorecido la protección de los ambientes más degradados por la mala calidad de las aguas que contribuyen a aumentar los nutrientes y al desarrollo de poblaciones de gran tamaño de aves acuáticas...* (López Sanz, 1996).



Figura 127. Concentración de algo más de mil flamencos rosados en la isleta de la laguna de Manjavacas (Mota del Cuervo, Cuenca). Mayo del 2011 (fotografía Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha).

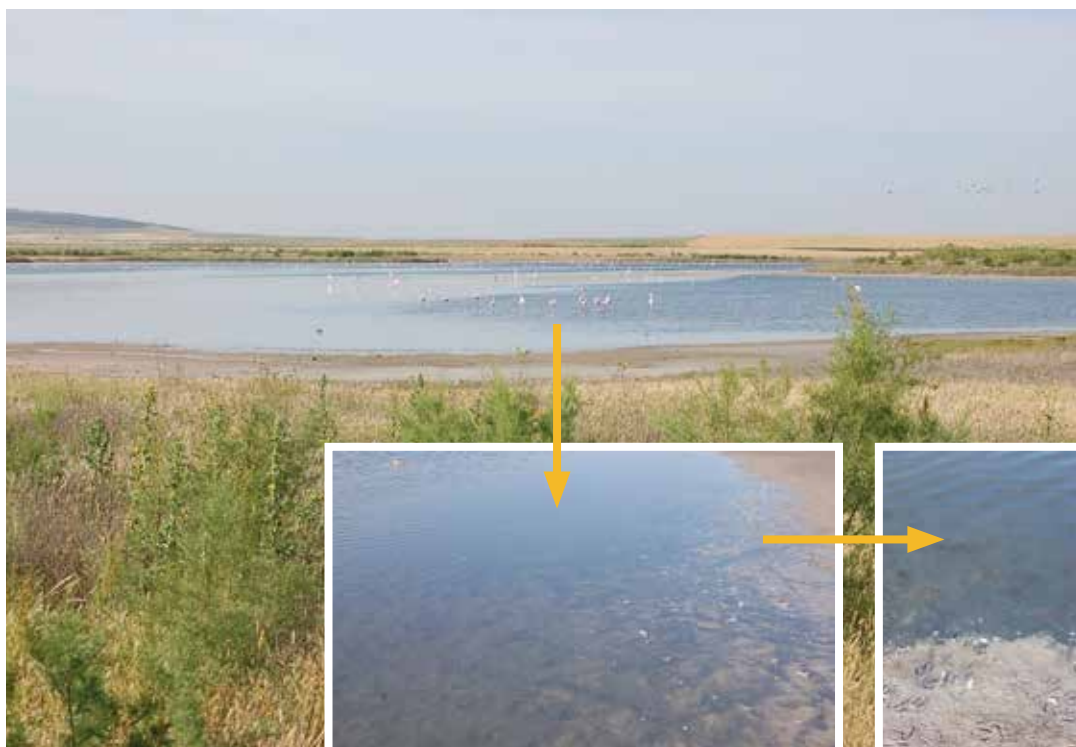


Figura 128. Aspecto del agua de la laguna de El Salicor (Campo de Criptana, Ciudad Real) tras el paso de una población de flamencos rosados. Año 2011.



Figura 129. Anillos de alimentación producidos por los flamencos tras su paso por la laguna de El Hito (Cuenca). Año 2021.

Gestión y recuperación de humedales

Hasta finales de los años sesenta del pasado siglo los humedales eran considerados zonas insalubres y poco productivas que había que eliminar y, si era posible, cultivar. Ante la pérdida creciente de los valores ambientales y la diversidad biológica fue cambiando esta actitud hacia las zonas húmedas, que empezaron a conceptuarse como ecosistemas de alto valor biológico y ambiental, y comenzaron a diseñarse proyectos de recuperación o conservación (Ceballos Moreno, 2001).

En la siguiente década se tenía una idea bastante contemplativa de la gestión de la naturaleza. Había que dejar que los espacios naturales evolucionaran de forma natural sin ningún tipo de intervención. Pronto se comprobó que las zonas húmedas necesitaban de algunas intervenciones si es que se querían conservar y poner en valor.

El dinamismo natural de los humedales es que se colmaten a lo largo del tiempo. Este proceso natural se ha acelerado por las actividades humanas que han alterado los factores ambientales que controlaban dicho dinamismo. La cuestión actual consiste en preguntarnos si queremos conservar o recuperar un humedal. Si la respuesta es positiva será necesario implementar una serie de actuaciones que permitan mantenerlos adecuadamente y proteger la diversidad que contienen.

La gestión y la recuperación de humedales en España es una actividad relativamente reciente. Aunque los primeros humedales catalogados como parques nacionales se remontan a 1969 (Doñana) y 1973 (Las Tablas de Daimiel), no es hasta la década de los ochenta cuando comienzan los primeros proyectos serios de recuperación y manejo de humedales con cierta entidad (Vallès, 1989). Esto no quiere decir que existiera una metodología específica para su conservación, que trató de abordarse en la primera reunión científica preocupada por este tipo de ecosistemas en el año 1987 (VV.AA., 1987).

En una primera fase los humedales eran gestionados como hábitat prioritario para las aves acuáticas. La gestión se dirigía fundamentalmente a aumentar la superficie inundada y acondicionar el humedal de acuerdo con las apetencias de las aves palustres más raras o amenazadas, sin tener en cuenta las características propias de cada humedal. Lo importante era que los censos detectaran un aumento de las poblaciones de aves y la presencia de alguna especie protegida. No se incidía sobre la calidad del agua, ni la dinámica de la vegetación, ni otros componentes esenciales de estos ecosistemas. Este modelo propició actuaciones poco aconsejables en lo que se refiere a la protección integral de los humedales, aunque en algunos casos favoreció la recuperación de especies de aves amenazadas como la malvasía europea, *Oxyura leucocephala*, la cerceta pardilla (AMBIENTAL, 1992), *Anas angustirostris*, o la pagaza piconegra, *Gelochelidon nilotica* (Matamala & al., 1994; 2003).

Pero con este modelo de gestión no se evitaba el aumento de la eutrofia de las aguas con la consiguiente pérdida de diversidad biológica, ni la disminución de los recursos alimentarios, ni la aparición de mortandades (botulismo), ni la proliferación de especies banales, etc., y conducía a una pérdida gradual de los valores ambientales e incluso de las poblaciones de aves que se intentaban proteger (Figura 130).

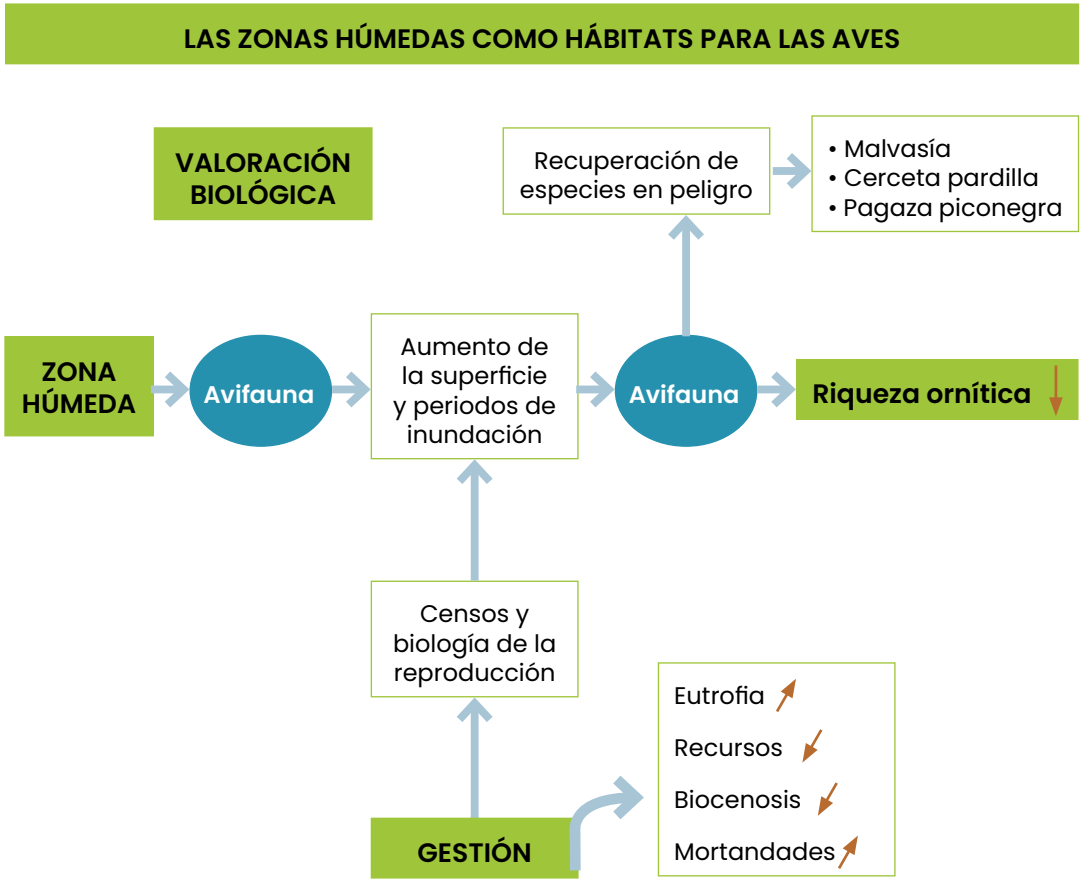


Figura 130. Esquema del modelo de gestión basado en la avifauna palustre.

Un segundo tipo de gestión, que se va imponiendo muy lentamente, contempla los humedales como ecosistemas dinámicos en los que interaccionan especies y procesos. La gestión debe realizarse basándose en estudios globales del ecosistema (físico-química y calidad del agua, estudios hidrológicos, faunísticos, florísticos, estudios históricos, etc.). Lo que importa es recuperar la fisonomía del humedal y conseguir la máxima diversidad biológica respetando las características propias de cada enclave. No obstante, son contados los diseños de recuperación que tienen en cuenta, o conozcan, algunas premisas básicas iniciales que se refieren al balance hídrico (disponibilidad de agua, hidrología del sistema, volumen embalsado, evapotranspiración, tasas de renovación, etc.), las características del agua embalsada o la productividad vegetal estimada, entre otros. Por estos motivos, algunos ecosistemas acuáticos suelen evolucionar de forma diferente a la imaginada por los gestores o conservadores (Figura 131).



Figura 131. Esquema del modelo de gestión basado en el ecosistema.

Ambos modelos coexisten en la actualidad, pero no son suficientes cuando se aborda la gestión y recuperación de humedales importantes situados en territorios modificados por las actividades humanas. En estos casos, todos los procesos o actuaciones que tienen lugar en la cuenca en la que están situados les afecta de forma directa o indirecta (sobreexplotación de los acuíferos, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, deforestación, agricultura intensiva, etc.). En este modelo de gestión para el futuro se contempla a los humedales como ecosistemas situados en un territorio que hay que gestionar adecuadamente para que puedan conservar sus valores naturales. La gestión está basada en estudios específicos sobre el ecosistema y en estudios globales sobre el territorio, comarca o cuenca en la que se encuentran situadas las zonas húmedas. Por el momento no creemos que exista ningún humedal ibérico cuya gestión se ajuste a estos requerimientos globales (Figura 132).

La falta de gestión puede tener consecuencias negativas para la biodiversidad de los humedales, así como para los servicios ecosistémicos que proporcionan. La información disponible destaca la importancia de implementar medidas efectivas para preservar la salud y la funcionalidad de los humedales, asegurando que no se vean afectados por el exceso de nutrientes y materia vegetal.

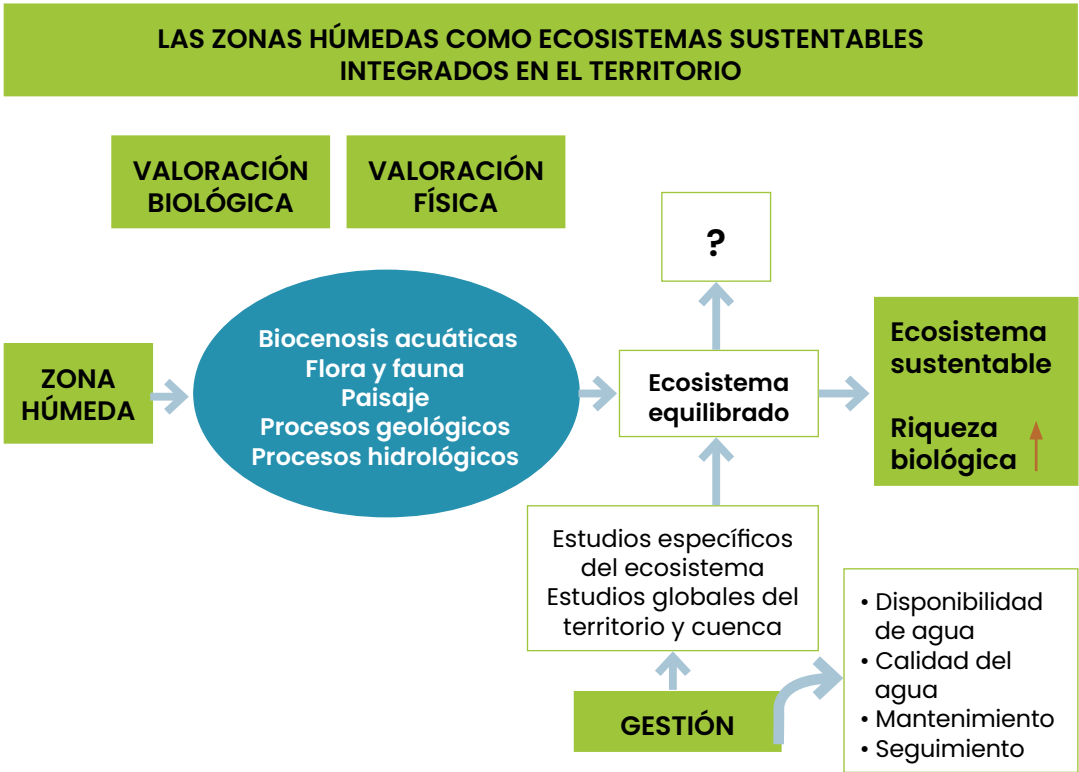


Figura 132. Esquema del modelo de gestión basado en estudios específicos sobre el ecosistema y en estudios globales sobre el territorio, comarca o cuenca en la que se encuentra situado un humedal.

Restauración y recuperación de humedales. Una tarea compleja

Restaurar, lo que se dice restaurar en sentido estricto - volver a poner los humedales en el estado que antes tenían -, es prácticamente imposible. Por otro lado ¿Cuál es el estado que estimaremos como original, el que nosotros hemos conocido, o el que tenían hace cien o más años?

En la mayor parte de los casos la restauración de los humedales, entendiendo como tal la recuperación de sus características originales cuando no estaban alterados, es prácticamente imposible porque los impactos y alteraciones de todo tipo que han sufrido y sufren son en muchos casos irreversible, y se refieren a todos los aspectos relacionados con sus características propias: tipo de alimentación, características de sus aguas y sus cubetas, biocenosis, etc. Pero también hay que tener en cuenta los cambios en el uso del territorio, en definitiva, el cambio global que se ha producido en la cuenca o en el territorio en el que se ubica cada humedal.

Por tanto, cuando se trabaja en un humedal debe intentarse, dentro de las posibilidades reales que existan, recuperar su funcionalidad como ecosistema acuático de acuerdo con las nuevas características propias que tenga después de la alteraciones o modificaciones que haya experimentado. Las biocenosis acuáticas se irán adaptando a las nuevas condiciones ecológicas y se establecerán poco a poco las interacciones entre los distintos elementos del sistema.

Aspectos fundamentales a considerar en la recuperación o creación de humedales

La falta de diseños previos que contemplen las características ambientales actuales de los humedales a conservar, no las que tuvieron en épocas pasadas, y los factores principales que condicionan el dinamismo de estos ecosistemas, especialmente de la vegetación emergente y subacuática, han conducido a restauraciones alejadas de los objetivos planteados por los gestores. La idea de “abundancia” sea de especies o de poblaciones, suele primar sobre la idea de “equilibrio” en la mente de algunos responsables de la gestión del territorio.

Cuando se intenta recuperar un humedal se deben tener unos conocimientos básicos que se refieren al agua, sobre todo a la disponibilidad, a su calidad y a sus características físico-químicas. Sin agua no hay humedales, y si es de mala calidad tendremos un humedal que siempre dará problemas. Para conocer cómo evolucionará el humedal, además de estos parámetros tendríamos que tener una idea aproximada de la forma de la cubeta, su profundidad, sustrato, etc., y que tipo de vegetación seguramente lo colonizará (Figura 133).

Comenzar un proyecto de recuperación sin tener un conocimiento aproximado de estos factores suele acarrear problemas en su mantenimiento posterior, que es indispensable para consolidar la eficacia de las actuaciones realizadas ¿Y lo demás, las bacterias, los insectos, las aves, los otros animalillos?... Eso viene después.

En los humedales alterados, los tiempos de recuperación están relacionados de forma directa con las afecciones padecidas. En algunos casos son décadas las que se precisan para alcanzar un cierto equilibrio con las nuevas condiciones ecológicas, que a su vez irán cambiando. En otros casos podemos hablar de unos pocos años. Así es la Naturaleza, cambiante.

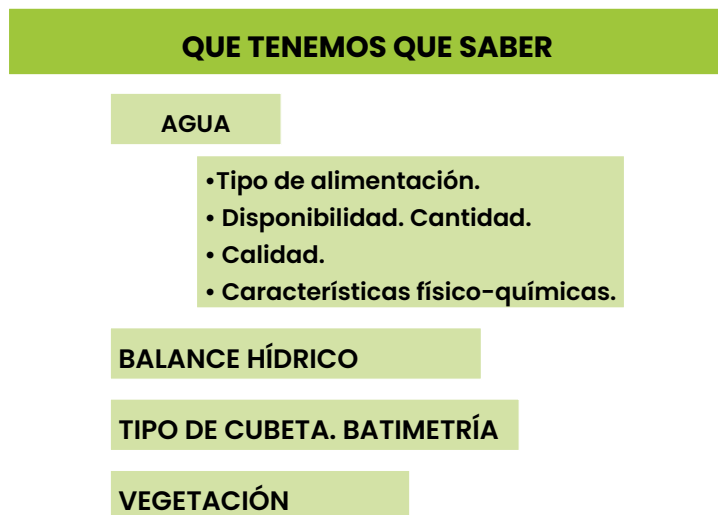


Figura 133. Aspectos básicos que hay que tener en cuenta cuando se quiere recuperar o crear un humedal.

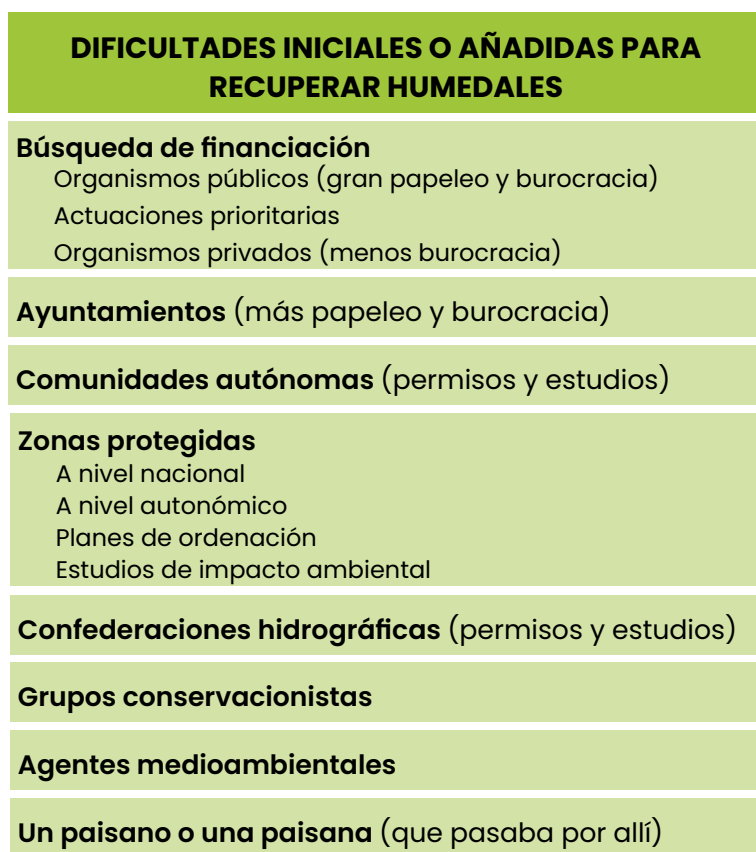


Figura 134. Aspectos y entidades prioritarias relacionadas con la tramitación de permisos, documentos y consensos que hay que tener en cuenta cuando se quieren recuperar o crear humedales.

Sin embargo, este conocimiento básico inicial no abarca todo el proceso. Existe una fase complementaria en la que resulta esencial llevar a cabo equilibrios de diversa índole, con el fin de garantizar que el proyecto de recuperación o creación de un humedal no fracase. Estos equilibrios son esenciales, pero por lo general tienden a ser complejos y laboriosos.

En el inicio del proceso, se debe asegurar la obtención de la financiación requerida, ya sea proveniente de fuentes públicas o privadas. Posteriormente, se hace necesario cumplir con una serie de normativas, prescripciones, obtener permisos y consensos.

En definitiva, un largo proceso burocrático establecido por las diferentes administraciones y entidades locales (Figura 134).

Por último, después de transcurrir períodos de tiempo que pueden dilatarse años, queda esperar a que los cargos políticos responsables de autorizar el proyecto sigan siendo los mismos que dieron su aprobación. De no ser así, es posible que los nuevos responsables consideren que el proyecto no es prioritario o no les resulte convincente. En este caso los esfuerzos previos se verán frustrados, y la documentación elaborada quedará archivada a la espera de una oportunidad más propicia (Figura 135).

Hay que concluir que la aprobación de un proyecto de recuperación o gestión de humedales es un logro importante que merece ser celebrado. Es obligado también reconocer el arduo trabajo, compromiso y dedicación de los técnicos y funcionarios involucrados en este proceso.



Figura 135. La última fase para realizar un proyecto de restauración o creación de un humedal puede estar sujeta a cambios imprevistos.

El nuevo ciclo del agua y la recuperación de los humedales

Los humedales son uno de los ecosistemas más amenazados por el denominado Cambio Global. Tras las actuaciones de desecación iniciadas en España en la década de los sesenta, contemplamos ahora una demanda creciente de aguas superficiales y subterráneas que de forma directa o indirecta afectan a la conservación de los ecosistemas acuáticos (Figura 136).

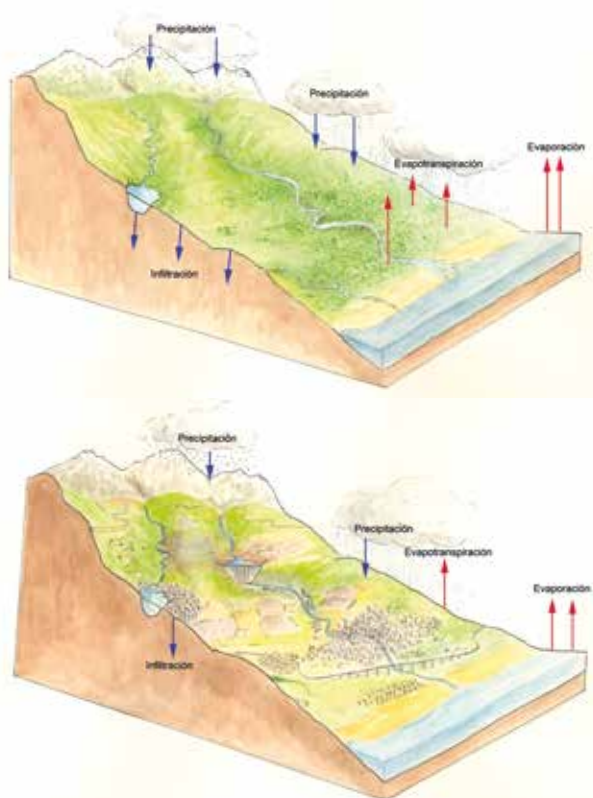


Figura 136. Esquemas de los cambios que se han producido en el ciclo hidrológico del agua, sin intervención humana (esquema superior) y con intervención humana. El impacto de las actividades humanas se traduce en una pérdida de cobertura vegetal, disminución de la evapotranspiración, aumento de las escorrentías y descenso de la infiltración, regulación de los cauces, sobreexplotación de los acuíferos, y contaminación de las aguas subterráneas y superficiales (Martín Fernández & *al.*, 2010).

Utilización de las aguas procedentes de las depuradoras (EDAR) para recuperar la inundación de los humedales

La utilización de aguas depuradas para la recuperación de humedales es un recurso que puede contemplarse siempre que la calidad del agua que sale por los efluentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) sea adecuada.

Las EDARs cumplen una misión esencial, pero en la mayoría de los casos las concentraciones de nutrientes en el agua de los efluentes, especialmente el fósforo total y el nitrógeno total, son demasiado elevadas para que aseguren la recuperación integral de los humedales. Permiten su inundación, pero no la recuperación de las biocenosis específicas de cada humedal, y un humedal es mucho más que una cubeta con agua.

A pesar de que las EDARs puedan cumplir con la normativa vigente, lo cual no siempre ocurre debido a diversos factores que incluyen la ocasional falta de operatividad por averías diversas, se observa que con frecuencia estas instalaciones se encuentran muy cerca o incluso sobrepasan las concentraciones máximas permitidas de fósforo total y nitrógeno total, establecidas en 2 mg/l y 15 mg/l respectivamente. Además, es poco común que las concentraciones mínimas estén por debajo de los 0,2 mg/l para el fósforo y los 2,5 mg/l para el nitrógeno.

Si tomamos como ejemplo los datos del agua que sale por el efluente de la remozada EDAR de Mota del Cuervo (Cuenca), cuyas aguas llegan a la laguna de Manjavacas, las concentraciones medias de fósforo total en los años 2020 y 2021 fueron de 0,97 mg/l y 0,98 mg/l respectivamente con unas variaciones comprendidas entre 0,30 y 1,74 mg/l. En el caso del nitrógeno total los valores medios fueron de 5,5 y 4,9 mg/l para los años mencionados, con unas variaciones comprendidas entre 14,48 y 3,05 mg/l.

En cualquier caso, aunque se cumpla la normativa, las aguas que salen de los efluentes son claramente hipertróficas y deben someterse a un tratamiento terciario que elimine este exceso de nutrientes antes de llegar a los humedales (Tabla 5; Figuras 137 a 140).

Tabla 5. Valores de referencia de las concentraciones de fósforo total y del nitrógeno total para definir el estado eutrófico del agua.

Tipo de agua	Fósforo total (mg/l)	Nitrógeno total (mg/l)
Oligotrofas	< 0,01	< 0,35
Mesotrofas	0,01 – 0,03	0,35 – 0,65
Eutrofas	0,03 – 0,10	0,65 – 1,20
Hipereutrofas	> 0,10	> 1,20



Figura 137. La laguna de Navaseca (Daimiel, Ciudad Real) embalsa las aguas del efluente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Daimiel. Hay muchas aves, pero la mala calidad del agua retenida favorece los repetidos episodios de botulismo que afecta a las aves y que, a su vez, lo exportan a otros humedales próximos. Los humedales necesitan agua para funcionar, pero agua de calidad. Aspecto del humedal en el año 2010 y detalle del agua embalsada con abundante presencia de lentejas de agua (*Lemna gibba*), planta flotante indicadora de elevadas concentraciones de fósforo en agua.



Figura 138. Aspecto general de las orillas de la laguna Sotillos Bajeros (Cantalejo, Segovia) en la primavera de 1987, cubiertas por las poblaciones de *Ranunculus peltatus*, y la ausencia de algas filamentosas.



Figura 139. Laguna de Sotillos Bajeros en abril de 2009, donde llegaban una parte de las aguas de la EDAR sin estar sometidas a un tratamiento terciario para reducir la carga de nutrientes. La proliferación de algas filamentosas pone de manifiesto su elevado nivel de eutrofia.



Figura 140. Laguna de Sotillos Bajeros en abril de 2017, después del tratamiento terciario de las aguas procedentes del EDAR mediante una balsa inundada con vegetación acuática. Se han recuperado las formaciones de manzanilla de agua, *Ranunculus peltatus*, que eran características de esta laguna en el año 1987.

Decapado de las cubetas y control de la vegetación emergente

Uno de los problemas más frecuentes en los humedales es la colmatación de las cubetas, originada por el aporte de materiales arrastrados de las orillas y por la acumulación de biomasa vegetal.

El decapado de las cubetas tiene como objetivos prioritarios aumentar o recuperar el volumen de agua que puede retener un determinado humedal y, al mismo tiempo en el caso de los humedales eutrofizados, eliminar el horizonte superior de los sedimentos donde la concentración de nutrientes suele ser mayor (Figura 141). Podríamos describir el decapado de las cubetas, si se realiza adecuadamente, como un tratamiento de rejuvenecimiento. Es indispensable realizar un estudio edafológico inicial antes de llevar a cabo estas acciones, con el fin de conocer las características del sustrato en el que se asientan los humedales.

La potencia del decapado es variable, y depende esencialmente de la naturaleza de los sedimentos, del sustrato de la cubeta, y de si en el mismo proceso interesa eliminar las raíces y rizomas de las plantas emergentes colonizadoras. En este caso es necesario evaluar hasta que profundidad se extienden los sistemas radiculares de los helófitos. En el decapado, como es lógico suponer, se elimina toda la vegetación emergente y la biomasa acumulada (Figuras 142 a 147).

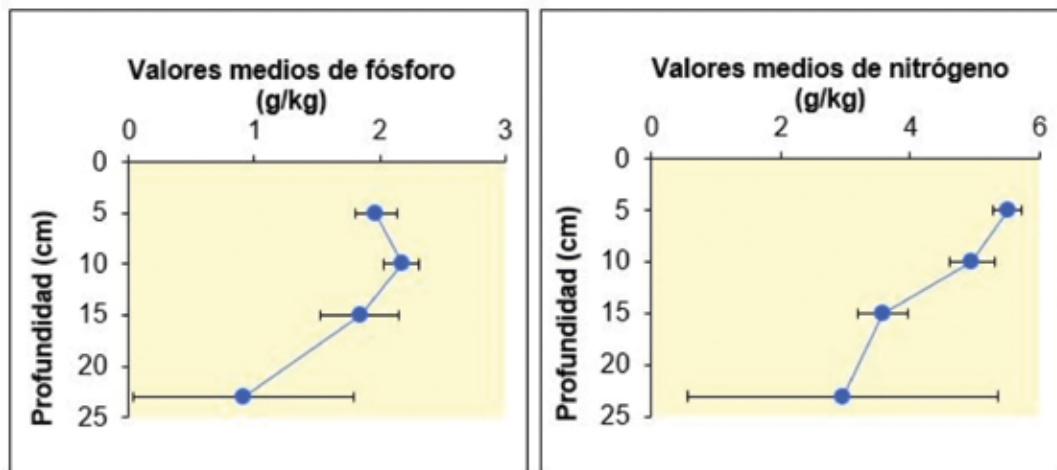


Figura 141. Concentraciones de fósforo y nitrógeno en los sedimentos de la laguna de Sotillos Bajeros eutrofizada por aguas procedentes de la EDAR de Cantalejo, año 2010 (VV.AA., 2015a).



Figura 142. Aspecto general de la cubeta de la laguna Navacornales (Cantalejo, Segovia), antes de la retirada de la arena que la había colmatado. Año 2017.



Figura 143. Laguna Navacornales (Cantalejo, Segovia), decapado y retirada de arena. Año 2017.



Figura 144. Laguna Navacornales tras la retirada de tierras. En primer término plantas de junquillo florido, *Butomus umbellatus*, incluida en el Catálogo de Flora Protegida de Castilla y León. Año 2018.



Figura 145. Aspecto de una antigua “tabla” (zona libre de vegetación emergente) del Parque Nacional Las Tablas de Daimiel colmatada por la proliferación de carrizos y eneas. Decapado y eliminación de la vegetación emergente en agosto del año 2022.



Figura 146. Aspecto general de la zona decapada con el suelo cubierto de extensas y compactas formaciones de ovas (*Chara hispida* var. *major* y *Chara vulgaris*) en mayo de 2023.

Unas de las cuestiones que se han planteado al decapar humedales es si este proceso puede afectar a los bancos de propágulos de plantas y animales. Realmente, en el decapado no se eliminan todas las semillas y esporas, quedan muchísimas en los sedimentos. Este problema puede abordarse en situaciones específicas al reservar los 3 o 4 centímetros superiores del suelo de la cubeta, y luego depositarlos nuevamente una vez que los sedimentos hayan sido retirados.

El equilibrio entre zonas libres de vegetación emergente y zonas colonizadas por los helófitos, diversifica el paisaje vegetal de los humedales y contribuye a aumentar su riqueza biológica, al coexistir diversos tipos de hábitats acuáticos. Este equilibrio se ve alterado cuando la vegetación emergente coloniza por completo las cubetas y origina un paisaje homogéneo. A esto hay que añadir la comentada acumulación de materia vegetal que contribuye finalmente a colapsar los humedales. La retirada del exceso de vegetación emergente es, además, un método útil para eliminar nutrientes.



Figura 147. El equilibrio entre zonas de aguas libres desprovistas de vegetación emergente y zonas cubiertas por los helófitos favorece la presencia de diferentes hábitats y la diversidad biológica. Una buena proporción puede ser un 20-25% de aguas libres, que es lo que se daba en Las Tablas de Daimiel en su época de mayor esplendor. Pero cada humedal es diferente.

Otros métodos para el manejo o la erradicación de la vegetación emergente cuando constituye un problema para la conservación de los humedales han sido la quema, la siega, y el empleo de grandes herbívoros, esencialmente caballos y vacas. La elección de uno u otro método de control depende del tipo de vegetación a controlar o eliminar y, en última instancia, de la decisión de los responsables de la gestión. No obstante, merecen hacerse unas consideraciones generales.

La quema de vegetación ha sido un método muy utilizado en el pasado, porque es barato y fácil de realizar. No obstante, es demasiado drástico porque también destruye la fauna asociada, especialmente los invertebrados, y libera CO_2 a la atmósfera. Por estos motivos no suele emplearse en la actualidad.

La siega elimina la parte aérea de los helófitos, pero no la subterránea, por lo que al año siguiente se producirá un nuevo desarrollo de vástagos aéreos. El método elegido para la siega es importante y depende, entre otros aspectos, de la rigidez de las plantas secas a eliminar (Figuras 148 a 150).



Figura 148. Control de la vegetación emergente mediante siega. En el caso de la laguna de La Nava este método eliminó aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal originada debido a la escasa rigidez de la vegetación, constituida esencialmente por el junquillo de laguna, *Eleocharis palustris* y *Carex divisa*.



Figura 149. La siega manual de la parte aérea de la vegetación colonizadora es una práctica recomendable en superficies reducidas o cuando se requiere una selección precisa de qué vegetación eliminar. Este tipo de actuación es especialmente efectiva en áreas donde se desea preservar ciertas especies vegetales o minimizar el impacto ambiental.



Figura 150. La extracción de biomasa vegetal utilizando una máquina anfibia equipada con un peine cortador es un método eficiente y versátil, especialmente adecuado para áreas extensas donde la lámina de agua posee una profundidad suficiente para permitir los movimientos de la máquina. Este método combina la capacidad de maniobra sobre el agua con la habilidad de cortar y recolectar la vegetación de manera efectiva (fotografía Carlos Ruiz de la Hermosa).

El control de la vegetación mediante pastoreo tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Una ventaja puede ser la implicación de los ganaderos en la conservación de los humedales. El inconveniente más notorio es el aporte de las deyecciones del ganado que se acumulan en las zonas pastoreadas, lo que contribuye a la eutrofización del sistema, y reduce la eliminación de nutrientes.

En la laguna de La Nava (Fuentes de Nava, Palencia) se ensayaron varios métodos para el control de la biomasa vegetal acumulada, constituida esencialmente por praderas secas de junquillo de laguna, *Eleocharis palustris*, y *Carex divisa*, que podríamos incluir entre los helófitos de talla media. En la Tabla 6 se resumen los resultados obtenidos que se refieren tanto a la eliminación de la biomasa como a la de los nutrientes principales, carbono, fósforo y nitrógeno.

En todos los casos hay que evaluar los costes derivados de la extracción y transporte de los restos vegetales a la zona elegida para su acumulación. Los volúmenes almacenados pueden suponer en algunos casos miles de toneladas (Tabla 2; Figura 151).



Figura 151. En los humedales extensos la acumulación de la biomasa extraída es un factor a considerar tanto en lo que se refiere a su transporte como a su acumulación final. En la fotografía aspecto general de una parte de los miles de toneladas de materia seca extraídos de Las Tablas de Daimiel en el año 2009.

Tabla 6. Valores medios de eliminación de biomasa vegetal y nutrientes con diversos tipos de control realizados en la laguna de La Nava (Fuentes de Nava, Palencia) en el año 2006 (Cirujano & *al.*, 2006).

Método	Eliminación biomasa (%)	Eliminación de nutrientes (%)		
		Carbono	Nitrógeno	Fósforo
Decapado	100	100	100	100
Quema	80-90	80-90	90-95	30-35
Siega	50-55	50-55	50-55	50-55
Pastoreo	25-70	30-75	25-60	25-70

Humedales naturales y humedales artificiales

En un territorio tan profundamente modificado por las actividades humanas, distinguir de manera categórica entre humedales naturales y artificiales puede resultar complicado, no tanto en lo que respecta a su origen, sino más bien a su funcionamiento.

Los humedales naturales se han formado a lo largo de periodos de tiempo geológicos, la mayoría en el periodo Cuaternario, generalmente debido a diversos factores entre los que destacan la topografía y la hidrología, y en ellos se han establecido múltiples relaciones entre sus componentes, interacciones que han ido cambiando a lo largo del tiempo. Los humedales artificiales son de reciente creación, se suelen localizar en zonas donde la inundación esté asegurada, y en ellos las relaciones e interacciones entre los elementos que los componen están estableciéndose de manera gradual.

Muchos humedales naturales se han modificado por las actividades humanas, han cambiado sus características ambientales y, en muchos casos, se gestionan para que puedan seguir existiendo y conserven sus valores originales, o al menos una parte esencial de los mismos. Podemos afirmar que en nuestro país, los humedales de mayor extensión, que cuentan con algún nivel de protección, como parques nacionales, parques naturales o zonas Ramsar, tienden a estar artificializados. Este término implica que fueron alterados o modificados en cierta medida y están sujetos a diversos tipos de gestión o mantenimiento para conservar su funcionamiento como ecosistemas acuáticos.

Algunos ejemplos de recuperación de antiguos humedales desaparecidos se mueven en un equilibrio entre humedales recuperados, artificializados o simplemente artificiales. Podemos incluir una larga lista, entre ellos se encuentran la laguna de La Nava, La Junta de los Ríos en Alcázar de San Juan, Las Tablas de Daimiel, o incluso Doñana, por citar algunos ¿Hay algo más artificial que la cría en cautividad de algunas especies de aves, y su posterior suelta al medio natural?, o ¿la inseminación de las hembras de lince para conseguir ampliar su población y que no desaparezca? Es indiscutible la relevancia de estas medidas, claramente “artificiales”, en el sentido de que son intervenciones realizadas por los humanos. Sin embargo, es crucial comprender que somos una parte integral de la naturaleza y que nuestras actividades también forman parte de los procesos naturales. En este sentido, nuestras acciones están intrínsecamente ligadas al funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas. Por lo tanto, aunque puedan considerarse “artificiales” en comparación con los

procesos naturales no modificados, nuestras intervenciones son una manifestación de nuestra relación con el medio ambiente. Reconocer esta interconexión entre la actividad humana y la naturaleza es fundamental para desarrollar enfoques sostenibles y equilibrados en la gestión de los recursos y la conservación de los humedales.

Las charcas artificiales, graveras, salinas, y los humedales recuperados mediante la construcción de diques, entre otros, son ecosistemas dinámicos que proporcionan un refugio seguro para la supervivencia de la flora y la fauna propias de estos medios. Con el transcurso del tiempo su dinámica ambiental se consolida y se establecen tipos de relaciones similares a las que encontramos en los humedales naturales (Figuras 152 a 158).

Ya no se trata simplemente de elegir entre humedales naturales o artificiales. Ahora, debido a los cambios y presiones de todo tipo que sufre el medio ambiente la pregunta sería otra: ¿queremos tener o no tener humedales que conserven la diversidad biológica y ambiental que contienen?



Figura 152. Las charcas artificiales son un buen refugio para la flora y la fauna acuáticas, especialmente para los maltratados anfibios.



Figura 153. Charca abrevadero de la Raña del Pocito en el Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real). Año 2011.



Figura 154. Las salinas continentales son humedales artificiales que tienen unas características especiales. En sus albercas, recocederos y praderas con inundación estacional, se encuentra una flora y una fauna peculiar semejante a la que coloniza los humedales salinos naturales. Aspecto general de la salina de Saelices de la Sal (Guadalajara), donde encontramos entre otras plantas las hepáticas acuáticas *Riella helicophylla* y *Riella cosoniana*, el carófito *Tolypella glomerata*, la fanerógama *Ruppia drepanensis*, y el raro crustáceo (Anostráceo) *Artemia sinica*, oriundo del Este de Asia (Carrasco Vayá & Hueso Kortekaas, 2008; Hueso Kortekaas & Carrasco Vayá, 2008; Hueso Kortekaas, 2015; Sainz-Escudero & *al.*, 2022).



Figura 155. Aspecto de las salinas abandonadas de San Isidoro (Doñana) en el año 2005. En ellas viven dos de los macrófitos más interesantes y amenazados de nuestra flora acuática, el carófito *Tolypella salina* (izquierda), y la fanerógama *Althenia orientalis*.



Figura 156. Aspecto general, en el año 2023, de la gravera La Chanta situada en el término municipal de Corpa, recuperada tras las actuaciones emprendidas por la ONG Brinzal y la empresa minera LafargeHolcim, y catalogada como Humedal Protegido en la Comunidad de Madrid. (Sánchez & al., 2023; fotografía: Raquel Sánchez/Brinzal).



Figura 157. Control de la superficie inundada en la laguna de El Cañizar (Cella, Teruel). Año 2019.



Figura 158. Una de las compuertas situada en la denominada Montaña del Río, en la zona de Casa Brenes, que controla la inundación de la marisma de Doñana y la separa del río Guadalquivir. Año 2006.

Conclusiones

Todos los humedales son diferentes y, además, son excelentes indicadores de la calidad ambiental de un territorio. Sin agua no existen, como la mayor parte de los seres vivos entre los que se encuentran los humanos. Son entes cambiantes, dinámicos, con una gran diversidad biológica, muy agradecidos, ya que se recuperan fácilmente cuando tienen suficiente agua.

Pero las actividades humanas, el Cambio Climático y el Cambio Global están incidiendo sobre sus características ecológicas, en un país que presume de ser el territorio con más biodiversidad de Europa. Se ha pasado de una época en la que eran considerados zonas insalubres que había que desecar para eliminar los focos de infección y hacerlos rentables como tierras de cultivo, a estimarlos y valorarlos como paisajes singulares que se encuentran en peligro por una inadecuada gestión del agua disponible y por la creciente contaminación (Figura 159).

Su conservación depende del interés de una sociedad que empieza a darse cuenta de que la calidad de vida está asociada a la calidad ambiental del entorno en el que viven los ciudadanos, y que los humedales son un tipo de ecosistema que bien conservados contribuyen a poner en valor un territorio, una comarca o un municipio. Desde hace unos años, la recuperación y creación de humedales es una actividad que trata de contrarrestar la pérdida de diversidad asociada a la destrucción gradual de la naturaleza, pero sin una adecuada calidad del agua es imposible que alcancen un buen estado ecológico.

Desde el punto de vista de la gestión, es innegable que la recuperación y conservación de los humedales naturales debe ser una prioridad indiscutible. Sin embargo, es fundamental reconocer que los humedales artificiales o aquellos que han sido artificialmente modificados desempeñan un papel crucial como refugios para la flora y la fauna acuáticas.

Es muy fácil destruir, pero cuesta mucho recuperar...



Figura 159. Laguna de El Sopotón (Doñana) cubierta de margaritas de agua, *Ranunculus peltatus*, en el año 2004. En el 2023 se secó por completo (fotografía Gerardo Stübing).

Bibliografía

- Alario Trigueros, M.E. 1989. La desecación de la laguna de La Nava: historia de una ambición. *Tabanque* 5: 83–90.
- Álvarez, M., González, J.L., Yu, Y. & González, A. 2017. *Recopilación e identificación de acciones de restauración ecológica en humedales españoles*. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico–Terra Naturalis, Madrid.
- AMBIENTAL, S.L. 1992. *Plan de recuperación de la cerceta pardilla (Marmaronetta angustirostris) en la Comunidad Valenciana*. Consejería de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana (Inéd.).
- Camacho, A., Borja, C., Valero–Garcés, B., Sahuquillo, M., Cirujano, S., Soria, J. M., Rico, E., De La Hera, A., Santamans, A. C., García De Domingo, A., Chicote, A. & Gosálvez, R.U. 2009. 3170* Lagunas y charcas temporales mediterráneas (*). En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Carrapico, F., Costa, M.H., Texeira, G., Frazao, M., Santos, C., Baioa, M. 1996. The Uncontrolled Growth of Azolla in the Guadiana River. *Aquaphyte* 16(2): 11.
- Carrasco Vayá, J.F. & Hueso Kortekaas, K. 2008. *Los paisajes ibéricos de la sal. 1. Las salinas de interior*. Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, Guadalajara.
- Casado, S. & Montes, C. 1995. *Guía de los lagos y humedales de España*. J. M. Reyero, Ed.
- Castañeda Álamo, C. 2004. *Las saladas del sur de Monegros: facies, régimen hídrico y estado actual*. Tesis Doctoral. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Universidad de Zaragoza.
- Ceballos Moreno, M. 2001. La problemática jurídico–administrativa de las zonas húmedas. *Humedales Mediterráneos (SEHUMED)* 1: 155–162.
- CEDEX, 2008. *Ampliación y actualización de la tipología de lagos*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid.
- Cirujano, S. 1995. *Flora y vegetación de las lagunas y humedales de la provincia de Cuenca*. Junta de Comunidades de Castilla–La Mancha – CSIC, Toledo.

- Cirujano, S., Montes, C., Martino, P., Enríquez, S. & García Murillo, P. 1988. Contribución al estudio del género *Riella* Mont. (Sphaerocarpaceae, Riellaceae) en España. *Limnetica* 4: 41-50.
- Cirujano, S., Álvarez Cobelas, M., Camargo Benjumeda, J.A., Rubio Olmo, A., Verdugo Althöfer, M. & Chicote Díaz, A. 1994. *Recuperación de la laguna de La Nava (Fuentes de Nava, Palencia). Estudio botánico y limnológico*. Fundación Global Nature.
- Cirujano, S., Medina Domingo, L. & Chirino Argenta, M. 2002. *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo.
- Cirujano, S., Manrique Cobián, M., Moreno Pérez, M. & Gómez Crespo, E. 2006. *Gestión de la vegetación emergente en la laguna de La Nava (Fuentes de Nava, Palencia)*. Junta de Castilla y León.
- Cirujano, S., Cambra, J., Sánchez Castillo, P.M., Meco, A. & Flor Arnau, N. 2007. *Algas continentales. Carófitos (Characeae)*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Cirujano S., Guerrero Maldonado, N. & García Murillo, P. 2013. The genus *Tolypella* (A. Braun) A. Braun in the Iberian Peninsula. *Acta Botanica Gallica* 160: 121-129 (DOI:10.1080/12538078.2013. 801321).
- Cirujano, S., Guerrero Maldonado, N., García Murillo, P. & Chirino Argenta, M. 2020. *Flora acuática española. Helófitos*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Cobo, M.D., García Murillo, P., Sánchez-Gullón, E. & Garrido, H. 2004. Plantas exóticas e invasoras del Parque Nacional de Doñana. *Medio Ambiente (Junta de Andalucía)* 46: 46-53.
- De la Peña, J.A. & Marfil, R. 1986. La sedimentación salina actual en las lagunas de La Mancha. *Cuadernos de Geología Ibérica* 10: 235-270.
- Díaz-Paniagua, C. & Aragonés, D. 2015. Permanent and temporary ponds in Doñana National Park (SW Spain) are threatened by desiccation. *Limnetica* 34(2): 407-424.
- Díaz-Paniagua, C. (coord.). 2015a. *El Sistema de Lagunas Temporales de Doñana, una red de hábitats acuáticos singulares*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Fernández Soto, M., Fernández García, A., Fernández Cuesta, G. & Fernández Prieto, J.R. 2011. La desecación de la laguna de Antela. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 57: 295-312.

- García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano, S. & Sousa, A. 2006. Aquatic macrophytes in Doñana protected area (SW Spain): An overview. *Limnetica* 25(1-2): 71-80.
- González-Prieto, S. & Romero-Estonillo, M. 2022. Soil physico-chemical changes half a century after drainage and cultivation of the former Antela lake (Galicia, NW Spain). *Catena* 217. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106522>.
- Hueso Kortekaas, K. & Carrasco Vayá, J.F. 2008. *Las salinas de los espacios naturales protegidos de la provincia de Guadalajara*. Asociación de Amigos de las Salinas de Interior, Guadalajara.
- Hueso Kortekaas, K. 2015. *Gente salada: Las salinas de interior, ¿un patrimonio vivo?* IPAISAL.
- INITEC. 1991a. *Estudio de las Zonas Húmedas Continentales de España. Inventario, tipificación, relación con el régimen hídrico general y medidas de protección*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.
- INITEC. 1991b. *Estudio de las Zonas Húmedas de la España Peninsular. Inventario y Tipificación. Documento de Síntesis*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.
- Kar, P., Mishra, M. & Singh, P. 2001. Influence of different phosphorus management strategies on the sporulation and grow of Azolla. *Experimental Agriculture* 37: 53-64.
- López Sanz, G. 1996. *La economía de los humedales en La Mancha: el fracaso de los enfoques parciales en el tratamiento de realidades ecosistémicas*. V Jornadas de Economía Crítica. Santiago de Compostela.
- Macau Vilar, F. 1960. *Assechement et mise en irrigation de "La Nava de Campos". 5000 Ha*. International Commission on Irrigation and Drainage. IV Congress on Irrigation and Drainage, Madrid: 11305-11332.
- Martín Fernández, J.M., Moreno Pérez, M., Cirujano, S. & Álvarez Cobelas, M. 2010. *El agua en Las Rozas de Madrid*. Ayuntamiento de Las Rozas de Madrid-Real Jardín Botánico de Madrid.
- Martínez Carneiro, X.L. (ed.). 1997. *Antela: a memoria asolagada*. Ed. Xerais, Vigo.
- Matamala, J.J., Aguilar, F.J., Ayala, J.M. & López, J.M. 1994. Distribución actual de la malvasía (*Oxyura leucocephala*) en España. Importancia

de los humedales almerienses para la recuperación de una especie amenazada. En VV.AA. *La malvasía común. Especies singulares almerienses*. Consejería de Cultura y Medio Ambiente, Junta de Andalucía: 35-84.

Matamala J.J. & Aguilar, F.J. 2003. Humedales almerienses. En Paracuellos, M. (ed.). *Ecología, manejo y conservación de los humedales*. Instituto de Estudios Almerienses: 221-244.

MITECO. 2023. *Plan Estratégico de Humedales a 2030*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.

Pardo, L. 1948. *Catálogo de los lagos de España*. Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.

Plans, P. 1970. *La Tierra de Campos*. Instituto de Geografía Aplicada del Patronato Alonso de Herera, C.S.I.C., Madrid.

Ribeiro Orge, M.D. 2004. *Biología de los macrófitos emergentes en un humedal semiárido ibérico: Las Tablas de Daimiel*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Ribeiro Orge, M.D., Álvarez Cobelas, M., Riolobos, P. & Cirujano, S. 2004. Descomposición de helófitos en un humedal semiárido hipertrófico. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 61: 53-61.

Ruiz de Clavijo, E., Muñoz, J. & Salvo, A.E. 1984. Sobre la presencia de *Azolla filiculoides* Lam. en España. *Acta Botanica Malacitana* 9: 129-132.

Sainz-Escudero, L., López-Estrada, E.K., Rodríguez-Flores, P.C. & García-Paris, M. 2022. Brine shrimps adrift: historical species turnover in Western Mediterranean *Artemia* (Anostraca). *Biological Invasions*. <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02779-6>.

Sánchez, R., Alonso, R. & García, I. 2023. La Chanta mucho más que una antigua cantera restaurada. *Quercus* 451: 52-53.

Sánchez Carrillo, S. & Angeler, D.G. (eds.) 2010. *Ecology of Threatened Semi-Arid Wetlands. Long-Term Research in Las Tablas de Daimiel*. Ed. Springer.

Soriano Hernando, O. & Álvarez Cobelas, M. (eds.). 2016. *Limnología de las lagunas de la cuenca del Guadiana*. Grupo de Investigación del Agua Serie Limnoiberia nº 10, Madrid.

Thompson, K.L. 2016. *De dónde son los camellos*. Alianza Editorial.

- Vallés, C. (ed.). 1989. Els Aiguamolls de l'Empordà. Aspectos ecològics, històric i socials del Parc Natural. *Quaderns dels Indiketes* 3.
- Vicente Pedrós, E. & Miracle, M.R. 1998. *Estudio limnológico de 28 humedales de Castilla-La Mancha como base para la elaboración del Plan de Ordenación de Recursos Naturales*. Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- VV.AA. 1987. *Bases Científicas para la protección de los Humedales Españoles*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid.
- VV.AA. 2015. *La invasión del helecho acuático Azolla filiculoides en la marisma de Doñana*. Serie Limnoiberia nº 6. Grupo de Investigación del Agua, Madrid.
- VV.AA. 2015a. *Caracterización limnológica de las lagunas de Cantalejo (Segovia)*. Serie Limnoiberia nº 9. Grupo de Investigación del Agua, Madrid.
- Wagner Gregory, M. 1997. Azolla: A Review of its biology and utilization. *The Botanical Review* 63(1): 2-26.



