

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE

Manual de restauración de humedales mediterráneos

Ficha técnica del proyecto

Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Proyecto cofinanciado por la Unión Europea. Programa LIFE de la Unión Europea, Dirección General de Medio Ambiente

Consejera de Medio Ambiente
Fuensanta Coves Botella

Viceconsejero de Medio Ambiente
Juan Espadas Cejas

Director General de Gestión del Medio Natural
José Guirado Romero

Dirección Facultativa
Manuel Rendón Martos y Fernando Ortega Alegre

Coordinador del Proyecto
Manuel Rendón Martos

Paraje Natural Marismas del Odiel
Juan Carlos Rubio García

Reserva Natural Lagunas del Sur de Córdoba
Baldomero Moreno Arroyo

Reserva Natural Laguna de Fuente de Piedra
Manuel Rendón Martos

Manual de restauración de humedales mediterráneos



Manual de restauración de humedales mediterráneos

Edita

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía
Consejera de Medio Ambiente: Fuensanta Coves Botella
Viceconsejero de Medio Ambiente: Juan Espadas Cejas
Director General de Gestión del Medio Natural: José Guirado Romero

Dirige

Manuel Rendón Martos

Autores

Carlos Montes del Olmo
Manuel Rendón Martos
Lorenzo Varela Báez
María José Cappa Linares

Asesoramiento científico

Carlos Montes del Olmo

Coordina la edición

Juan Manuel Salas Rojas

Fotografía de cubierta

© manutrillo

Ilustraciones

Bernardo Rodríguez Lara

Diseño y maquetación

JESUS SANCHEZ, Servicios Corporativos

Impresión

Escandón Impresores

Copyright © 2007 Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

Copyright © de los textos, ilustraciones y fotografías, de los autores

ISBN: 978-84-96776-17-3

Depósito legal: SE-XXXX-XX

Sugerencia para cómo debe citarse el libro:

Montes, C., Rendón-Martos, M., Varela L. y Cappa M. J. 2007.

Manual de restauración de humedales mediterráneos.

Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.

Presentación

La riqueza de ambientes acuáticos mediterráneos ha permitido desde la antigüedad, satisfacer las necesidades de las distintas civilizaciones que han sabido aprovechar sus recursos. Sin embargo, no siempre se ha valorado positivamente los beneficios que estos enclaves tan singulares ofrecían. Los humedales, en muchas regiones del mediterráneo, han sido desecados y transformados con fines agrícolas o urbanísticos, o bien como resultado de políticas encaminadas a mejorar las condiciones sanitarias eliminando focos de enfermedades, como el paludismo o la malaria.

En la actualidad, la importancia de salvaguardar estos frágiles ecosistemas es reconocida por la sociedad, y especialmente por los responsables de la adopción de decisiones y de la gestión de proyectos, lo que ha llevado consigo el establecimiento de políticas dirigidas a proteger, conservar y gestionar estos recursos. En el marco europeo, la Directiva Marco de Aguas, es el referente en el ámbito de la política de aguas. A partir de la recopilación de información y experiencias recogidas en toda Europa, y mediante el desarrollo de enfoques y metodologías comunes, la Directiva está fomentando la participación y la concienciación en todos los implicados.

En este sentido y conscientes de la responsabilidad de conservar uno de los patrimonios de humedales más ricos y variados del Estado español y la Unión Europea (Andalucía es la Comunidad Autónoma que posee mayor número y superficie de humedales protegidos de todo el Estado, así como de humedales Ramsar), la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, elaboró un documento marco para compatibilizar el uso sostenible de los humedales andaluces con el mantenimiento de su integridad ecológica: el Plan Andaluz de Humedales. Este documento, que define la política ambiental sobre humedales en el territorio andaluz, tiene como finalidad "Conservar la integridad ecológica de los humedales andaluces, fomentando su uso racional para mantener, ahora y en el futuro, sus funciones ecológicas, socioeconómicas e histórico-culturales". Conservación y restauración ecológica, son conceptos sinónimos y forman parte de la gestión de los ecosistemas. De ahí que recuperar la funcionalidad de humedales destruidos o degradados, sea un objetivo prioritario del Plan Andaluz de Humedales, y para ello, cuenta con un ambicioso Programa de Acción que se articula a través de objetivos generales, específicos y acciones, entre ellos, la restauración ecológica de los humedales degradados de Andalucía.

En esta misma línea la realización del Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055 ha supuesto un importante hito que ha permitido acometer una serie de acciones demostrativas de conservación en diferentes humedales andaluces. El Programa LIFE es un instrumento financiero de la Unión Europea cuyo objetivo general es contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política comunitaria y de la legislación de medio ambiente.

Este proyecto, iniciado en septiembre del 2003, ha tenido como objetivo acometer acciones de restauración en tres zonas húmedas representativas del conjunto de humedales andaluces, consideradas como Zonas de Especial Protección para las Aves ZEPAs y Lugar de Interés Comunitario pLIC e incluidas en el listado acogidos al convenio RAMSAR: la Reserva Natural Laguna de Fuente de Piedra, el Paraje Natural Marismas del Odiel y las Lagunas del Sur de Córdoba.

En consonancia con la filosofía de la Directiva Marco del Agua, en lo relativo a fomentar la divulgación de experiencias y a favorecer el intercambio a través de talleres, seminarios y proyectos como éste, se creyó conveniente difundir los conocimientos adquiridos con el fin de que pudieran ser de utilidad a otros proyectos de restauración. La mayor parte de las experiencias desarrolladas en el mundo sobre restauración de humedales se han centrado en ambientes costeros o interiores de la zona templada húmeda, por lo que existe un vacío de información conceptual y metodológico sobre estrategias de restauración ecológica en cuerpos de agua sometidos a marcadas fluctuaciones ambientales anuales e interanuales, como es el caso de los humedales de la cuenca mediterránea. Además la información técnica sobre restauración de humedales está muy dispersa y a menudo la información disponible se refiere a experiencias locales que no siempre son extrapolables. Por estas razones, entre las actuaciones contempladas en este proyecto Life se encontraba la elaboración de un Manual Técnico de Restauración de Humedales, que recopilara los proyectos financiados por la Unión Europea en el marco de la iniciativa Life.

Esta publicación ha partido de una exhaustiva revisión de la información científica y técnica disponible así como del intercambio de experiencias con los gestores de otros proyectos de restauración desarrollados en Francia, Italia, Grecia y España. En total se abordan 51 proyectos Life relacionados con la restauración de humedales, de los cuales 4 tienen su marco de actuación en 8 humedales andaluces. Además, se ha incorporado otros proyectos de restauración que, aunque no están vinculados al Programa Life, aportan un gran valor tanto por las experiencias obtenidas como por el valor ecológico de los humedales restaurados, es el caso de Doñana 2005 y del Corredor Verde del Guadiamar. Ambos proyectos, que pusieron en marcha conjuntamente las administraciones estatal y autonómica tras la rotura de la balsa minera de Aznalcóllar en abril de 1998, suponen el mayor proyecto europeo de restauración ecológica.

Este manual ha surgido de la recopilación y evaluación de datos e información sobre humedales mediterráneos, del estudio de guías de gestión y manuales de restauración y especialmente, de la incorporación de experiencias obtenidas de las sucesivas intervenciones que se han llevado a cabo en Andalucía sobre humedales y de otros proyectos LIFE. Por todo ello, esperamos sirva como marco de referencia para emprender acciones conjuntas y coordinadas con miras a la restauración de otros humedales.

José Guirado Romero
Director General de Gestión del Medio Natural

9	1.	Introducción
9	1.1	Antecedentes
9	1.2	Objetivos del manual
10	1.3	A quién va dirigido
10	1.4	Breve descripción de los contenidos
11	2.	Los humedales mediterráneos
11	2.1	Características generales, definición y tipología
14	2.2	Funciones y servicios ambientales de los humedales
16	2.3	La conservación de los humedales
18	3.	Restauración ecológica de humedales.
18	3.1	Conceptos y definiciones
20	3.2	Directiva marco del agua y restauración del estado ecológico de los humedales
23	3.3	Degradación de los humedales. Causas y efectos
26	3.4	La necesidad de restaurar. Los humedales conceptuados como un capital natural
27	4.	El proyecto de restauración: fases y experiencia en el ámbito mediterráneo
27	4.1	Etapas de la restauración
30	4.1.1	Planificación
35	4.1.2	Definiendo metas y objetivos
36	4.1.3	Preparación de etapas posteriores
37	4.1.3.1	Agentes implicados y participación pública
39	4.1.4	Implementación
40	4.1.4.1	Sensibilización medio ambiental
41	4.1.4.2	Técnicas de restauración de humedales
45	4.1.4.2.1	Régimen hidrológico
49	4.1.4.2.2	Calidad de las aguas
55	4.1.4.2.3	Geomorfología y suelos
65	4.1.4.2.4	Flora y fauna
84	4.1.5	Seguimiento de la restauración
85	4.1.5.1	Diseño de un programa de seguimiento
89	4.1.5.2	Valoración del éxito de la restauración
97	4.1.5.3	La gestión a medio y largo plazo
100	5	Proyectos de restauración de humedales mediterráneos
100	5.1	Casos de estudio
100		Marismas
102		<i>Marismas de la Laguna de Venecia</i>
104		<i>Parque de Maremma</i>
106		<i>Marismas de Rodia</i>
108		<i>Marismas del Odiel</i>
110		<i>Marisma halófila de la Pletera</i>
112		<i>Marisma de Entremuros del Corredor Verde del Guadiamar</i>
114		<i>Marismas de Doñana</i>
118		Lagunas costeras
120		<i>Laguna de Ter Vell</i>
122		<i>Laguna de Pylos</i>
124		<i>Lagunas Logarou, Tsoukalio y Rodia</i>

126		<i>Laguna de la Encanyssada</i>
128		<i>Humedal de Pujaire-Cabo de Gata</i>
130		<i>Stagno di Cagliari</i>
132		Deltas
134		<i>Delta del Ebro</i>
136		<i>Delta del Evrotas</i>
138		<i>Isla de Buda</i>
140		Albuferas
142		<i>Albuferas de Adra</i>
144		Llanuras de Inundación
146		<i>Humedales del río Sile</i>
148		<i>Valli del Mincio</i>
150		<i>Bosque de ribera de Isla de Buda</i>
152		<i>Llanura aluvial del Corredor Verde del Guadiamar</i>
154		Lagos
156		<i>Lago de Banyoles</i>
158		<i>Lago Nestos</i>
160		<i>Reserva Natural Tevere-Farfa</i>
162		Turberas
164		<i>Turbera cálcarea del lago Trichonis</i>
166		Humedales endorréicos y esteparios
168		<i>Laguna de Fuente de Piedra</i>
172		<i>Lagunas de la Nava y Boada</i>
174		<i>Laguna de Gallocanta</i>
176		<i>Proyecto Humedales Sostenibles</i>
178		<i>Lagunas de Villafáfila</i>
180		<i>Humedales de Villacañas</i>
182		<i>Lagunas del Sur de Córdoba</i>
186		<i>Estanques Temporales de Menorca</i>
188		<i>Lagunas Temporales Mediterráneas</i>
190		Manantiales
192		<i>Río Stella</i>
194		Humedales artificiales
196		<i>Humedal artificial de Tordera</i>
198		<i>Proyecto Macrófitas</i>
200		<i>Lago artificial de Tavropos</i>
202		<i>Antiguas graveras del Corredor Verde del Guadiamar</i>
204		Salinas
206		<i>Salinas de Cabo de Gata</i>
208		<i>Parque Natural Bahía de Cádiz</i>
210	5.2	Análisis comparativo
214	6.	Conclusiones
214	6.1	Lecciones aprendidas
215	6.2	Principios básicos para la realización de un proyecto de restauración ecológica de humedales
216		Bibliografía
224		Glosario
228		Páginas web
231		Acrónimos
232		Agradecimientos
233		Fotografías

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En las últimas décadas los humedales han adquirido gran relevancia en cuanto a su estudio, tras reconocerse, a parte de su importancia ecológica en el control de procesos biofísicos globales, su papel como fuente de servicios ambientales a la sociedad que afecta a su bienestar. Esto ha llevado consigo el establecimiento de políticas dirigidas a proteger, conservar y gestionar este flujo de servicios a la sociedad. El referente a nivel europeo lo constituye la Directiva Marco del Agua, por la que se establece un marco de actuación comunitario para la protección de las aguas continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas. Desde su aprobación se ha distinguido como un elemento legislativo innovador al ampliar el ámbito de la protección acuática a todas las aguas: ríos, lagos, aguas costeras y aguas freáticas, a la vez que ambicioso ya que, su principal objetivo es asegurar el “buen estado ecológico” de todas las aguas para el año 2015.

El cumplimiento de la directiva supone un complejo reto para los estados miembros de la Unión Europea que encuentran en el Programa LIFE, único instrumento financiero de la Unión Europea dedicado exclusivamente a contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política medioambiental comunitaria, una valiosa herramienta para lograr la implementación de la nueva política europea del agua.

En esta misma línea la realización del proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, ha permitido acometer una serie de acciones demostrativas de conservación en diferentes humedales de Andalucía. Concretamente, se ha logrado la restauración de tres ecosistemas representativos del variado conjunto de humedales andaluces considerados Zonas de Especial Protección para la Aves (ZEPAs) e incluidos en el listado de humedales andaluces acogidos al convenio de RAMSAR: la Reserva Natural Laguna de Fuente de Piedra, la Reserva Natural Lagunas del Sur de Córdoba y el Paraje Natural y Reserva de la Biosfera de las Marismas del Odiel.

Del análisis comparado de estas experiencias y de otros proyectos LIFE junto con ejemplos positivos desarrollados en otros humedales andaluces, surgió la elaboración de este Manual Técnico de Restauración de Humedales a cargo de este mismo proyecto Life Naturaleza. Este manual está basado en la información y experiencias recopiladas de distintos humedales mediterráneos con el fin de propiciar el intercambio de experiencias y proyectos como éste.

Andalucía, con una superficie que mantiene aproximadamente el 56% de la extensión total de las áreas inundables, es la comunidad autónoma del Estado español que más humedales ha protegido, tanto en número como en superficie, de modo que existen humedales incluidos o declarados bajo las figuras de Parque Natural, Parque Nacional, Paraje y Reserva Natural. Esta riqueza natural ha propiciado la elaboración de una normativa ambiental dirigida a lograr la protección legal y el uso sostenible de los humedales del territorio andaluz, además de la elaboración del Plan Andaluz de Humedales (PAH), que constituye desde su aprobación, un instrumento fundamental para garantizar la protección, conservación y restauración de los ecosistemas húmedos, la consideración pública de su importancia y la explotación sostenible de sus recursos.



1.2 Objetivos del Manual

Este manual recoge distintas actuaciones llevadas a cabo en humedales a través de proyectos Life y otras experiencias de restauración a nivel mediterráneo. El objetivo fundamental del mismo es aportar herramientas útiles sobre técnicas de restauración y actuaciones encaminadas a la recuperación de la integridad ecológica de los humedales mediterráneos. Debemos entender, en un sentido amplio, el término restauración, como el conjunto de actividades llevadas a cabo para restablecer cuando sea posible la funcionalidad de los ecosistemas o en su defecto para paliar la degradación sufrida, pero que nos permitirá, en todos los casos, mejorar la condición del estado ecológico de un humedal y/o prevenir su degradación.

La naturaleza propia de cada humedal, las condiciones por las que se ve afectado, el tipo de degradación existente y otros motivos, hacen inviable la creación de un protocolo único de aplicación estándar, obligando a que cada proyecto de restauración sea diferente y, particular para el humedal objeto de estudio. Sin embargo, frente a esta especificidad de cada proyecto de restauración, existe un número de aspectos comunes, y al mismo tiempo esenciales, que forman la base para obtener un resultado satisfactorio. El manual recoge estos principios y metas, objetivos y normas generales, así como la orientación necesaria para planificar un proyecto de restauración.

Los objetivos particulares del manual son:

- Desarrollar una serie de directrices para la restauración ecológica de humedales mediterráneos que, facilite la toma de decisiones al personal técnico interesado en el desarrollo de programas de este tipo.
- Aportar técnicas, actuaciones y elementos para la recuperación de la funcionalidad de estos ecosistemas.
- Divulgar y evaluar los resultados de proyectos de restauración llevados a cabo en distintos humedales de la cuenca mediterránea.
- Familiarizar a personas no iniciadas con cuestiones básicas de restauración de humedales, en los procesos de planificación, implementación y seguimiento que implican los programas de restauración.

1.3 A quién va dirigido

Este manual pretende divulgar las experiencias de restauración realizadas en diferentes humedales mediterráneos con el fin de que puedan servir como ejemplo a personal especializado, representantes de diferentes colectivos o responsables de la gestión de los humedales para emprender acciones conjuntas y coordinadas con miras a la restauración de dichos sistemas.

En él se describe los contenidos y fases que componen un proyecto de restauración, basado en la ecología de estos ecosistemas de humedales:

- Definición, funciones y valores de los humedales en general y los mediterráneos en particular
- Principios de restauración, conceptos y definiciones
- Criterios de valoración de los humedales
- Análisis de la problemática de conservación de los humedales
- Identificación y caracterización de las causas de su degradación ambiental
- Diagnóstico de la situación actual

El conocimiento de la variedad de los humedales mediterráneos, de sus valores ecológicos, socioeconómicos e históricos culturales, así como de la necesidad de su conservación y restauración, es el primer paso para lograr la concienciación de la población y aumentar el interés para conservar estos frágiles y valiosos ecosistemas.

1.4 Breve descripción de los contenidos

Para la realización de este manual ha sido necesaria la recopilación y evaluación de datos e información sobre humedales mediterráneos, el estudio de guías de gestión y manuales de restauración, la incorporación de experiencias obtenidas de las sucesivas intervenciones que se han llevado a cabo en Andalucía sobre humedales y la inclusión de ejemplos prácticos derivados de otros proyectos LIFE.

La estructura del manual se refleja en la figura 1, en forma de diagrama. Este muestra los aspectos principales que se desarrollan en el manual. Los contenidos aportan información sobre humedales, los inicios en la práctica de la restauración y rehabilitación de zonas degradadas, los procesos involucrados y las fases que componen un proyecto de restauración de humedales, actuaciones concretas, líneas de trabajo, etc.

Los anexos recogen referencias, páginas web, experiencias y otros recursos que permitirán encontrar información adicional o consejos para acometer satisfactoriamente proyectos de restauración, recuperación y rehabilitación de humedales.

Podemos diferenciar, a groso modo, tres secciones dentro del manual. La primera de ellas, encaminada a asentar conceptos relativos a la ecología de humedales y restauración ecológica. La segunda, desarrolla de forma detallada, el diseño de un proyecto de restauración, con todas las etapas que lo componen y técnicas aplicables, así como ejemplos prácticos y experiencias, que refuercen desde su aspecto práctico, los conocimientos teóricos. Finalmente, y a partir de las experiencias y de la información recavada en los capítulos anteriores, se abarcará los aspectos a considerar en la formulación del proyecto de restauración. Contrastar la información procedente de otras experiencias de restauración realizadas en situaciones similares, nos permitirá la creación de un plan detallado que establezca los métodos y líneas de trabajo a realizar para lograr una restauración exitosa.

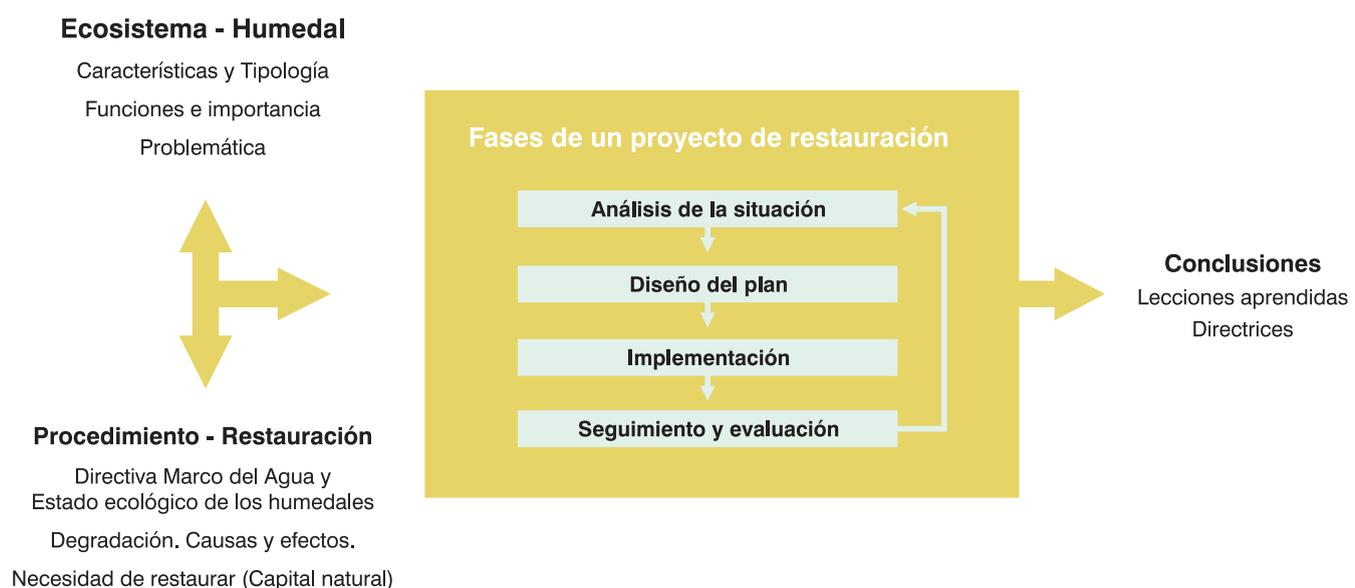


Figura 1. Estructura del Manual

cualitativa del estado de los humedales mediterráneos’.

La evaluación se diseñó para complementar el inventario cuantitativo de los humedales y, la labor de evaluación, se llevó a cabo utilizando las metodologías de inventario de MedWet, que no habían estado disponibles hasta entonces para el análisis a nivel de la cuenca Mediterránea.

Las conclusiones derivadas del estudio indican que los humedales mediterráneos siguen sufriendo un proceso de degradación, como consecuencia del desarrollo de actividades antropogénicas. Este proceso es más acusado en los humedales costeros que en los continentales. También se reconoce el valor de los programas de conservación y la concienciación de las comunidades locales para evitar la pérdida de humedales.

Estas son las conclusiones extraídas de la evaluación:

- Aunque el estado de algunos humedales del Mediterráneo ha mejorado en los últimos 13 años, muchos otros se han deteriorado.
- Se considera que hay en la actualidad más humedales mediterráneos que se están deteriorando que durante los últimos 13 años.
- Las acciones de manejo de la conservación (entre las que se incluye la designación de sitios Ramsar), la concienciación de las comunidades locales y el reconocimiento de los valores culturales están ayudando a conservar la situación de los humedales, especialmente en la parte septentrional de la cuenca.
- Continúan existiendo muchos generadores importantes de distinto tipo que deterioran la situación de los humedales, principalmente el desarrollo de infraestructura urbana, la contaminación urbana/industrial, el turismo (aunque también puede contribuir positivamente a conservar la situación, particularmente en los humedales continentales), la extracción de agua, el aumento de la agricultura intensiva, los desagües agrícolas y la caza.
- Los humedales costeros se han deteriorado más que los humedales continentales, y en la actualidad están en una situación peor, debido particularmente a los desarrollos urbanos, industriales y de infraestructura, entre los que figuran el turismo, la contaminación urbana e industrial, la agricultura intensiva y los desagües, todos ellos generadores que se están intensificando.
- Aunque actualmente los humedales continentales en su conjunto están en mejores condiciones que los humedales costeros, las presiones derivadas de la extracción de agua, los desarrollos urbanos y de infraestructura, la contaminación urbana e industrial, la caza y la agricultura intensiva continúan, aunque la tasa está disminuyendo en algunos lugares. Esas presiones continúan siendo más altas en la parte septentrional que en la parte meridional de la cuenca.

Ante esta situación, se deduce la necesidad de seguir desarrollando programas de conservación como medida de protección de los humedales. Por otro lado, los planes de restauración son métodos complementarios a la gestión, y siempre que se realicen adecuadamente, permitirán la mejora de las condiciones de los humedales.



Laguna de Orbetello, Cerdeña

3. Restauración ecológica de humedales

3.1 Conceptos y definiciones

Las primeras acciones de restauración ecológica reportadas en la literatura, fueron realizadas en las praderas de Wisconsin (25 hectáreas) por Aldo Leopold en 1935, quien es reconocido como uno de los pioneros en la materia (Jordan III *et al.* 1987).

Desde final del siglo pasado, debido al cambio de sensibilidad en la sociedad, se ha comenzado a valorar estos ecosistemas surgiendo un creciente interés por su conservación y recuperación. Una función muy importante de los programas de conservación, rehabilitación y/o restauración es restringir futuras pérdidas ecológicas, mantener los humedales que existen y paralelamente reparar los sistemas naturales afectados. La conservación y restauración son dos herramientas para cumplir estos objetivos.

La Convención de Ramsar sobre Humedales, a través de su Grupo de Examen Científico y Técnico (STRP), ha elaborado un glosario de términos relacionados con la restauración de humedales (puede consultarse en http://www.ramsar.org/strp/strp_rest_glossary.htm), con la finalidad de promover la reflexión sobre los significados de los diferentes términos relacionados con la restauración de humedales a la vez que facilite el entendimiento entre los profesionales dedicados a este campo.

El término “restauración”, se ha dado a todo aquel proceso ecológico cuya finalidad es recuperar las condiciones ambientales que prevalecieron en un sitio dado, y que por alguna causa se vieron afectados negativamente (Sol Sánchez *et al.*, 2002).

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER siglas en Inglés) define restauración ecológica como el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER, 2004).

En particular, la restauración ecológica se refiere al proceso de recuperar integralmente un ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado, en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente (Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan III *et al.* 1987, Meffé y Carroll 1996), sin dejar de considerar que se trata de sistemas dinámicos que se encuentran influenciados por factores externos que provocan que las características anteriores varíen dentro de un rango a lo largo del tiempo (Parker y Pickett, 1997).



Restauración ecológica del Laguneto del Pueblo



Rehabilitación de dique salinero como territorio de reproducción de los flamencos

El Plan Andaluz de Humedales recalca la importancia de distinguir entre Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recreación. Recogemos la definición de cada uno de estos términos (CMAJA, 2002):

- La restauración ecológica se refiere a un programa coordinado de actuaciones a corto, medio y largo plazo, que intenta reestablecer la organización y funcionamiento de un ecosistema degradado o destruido, tomando como referencia las condiciones dinámicas más parecidas a las que le corresponderían si no hubiera sido afectado por perturbaciones de origen antrópico.
- La rehabilitación se refiere a los proyectos de restauración que no pretenden recuperar las funciones alteradas del sistema ecológico, sino uno o varios elementos singulares de su estructura que, en general, suelen coincidir con poblaciones o comunidades de organismos incluidos en leyes y convenios nacionales e internacionales de conservación.
- La recreación se refiere a proyectos cuyas actuaciones incluyen total o parcialmente la creación de ecosistemas o elementos de estos que no existían antes de la perturbación de origen antrópico.

En la figura 2 se esquematiza estas opciones de recuperación de un humedal degradado.

Figura 2. Diferentes vías que puede seguir un humedal degradado en un proceso de restauración según los objetivos que se persigan (modificado de Bradshaw, 1987).

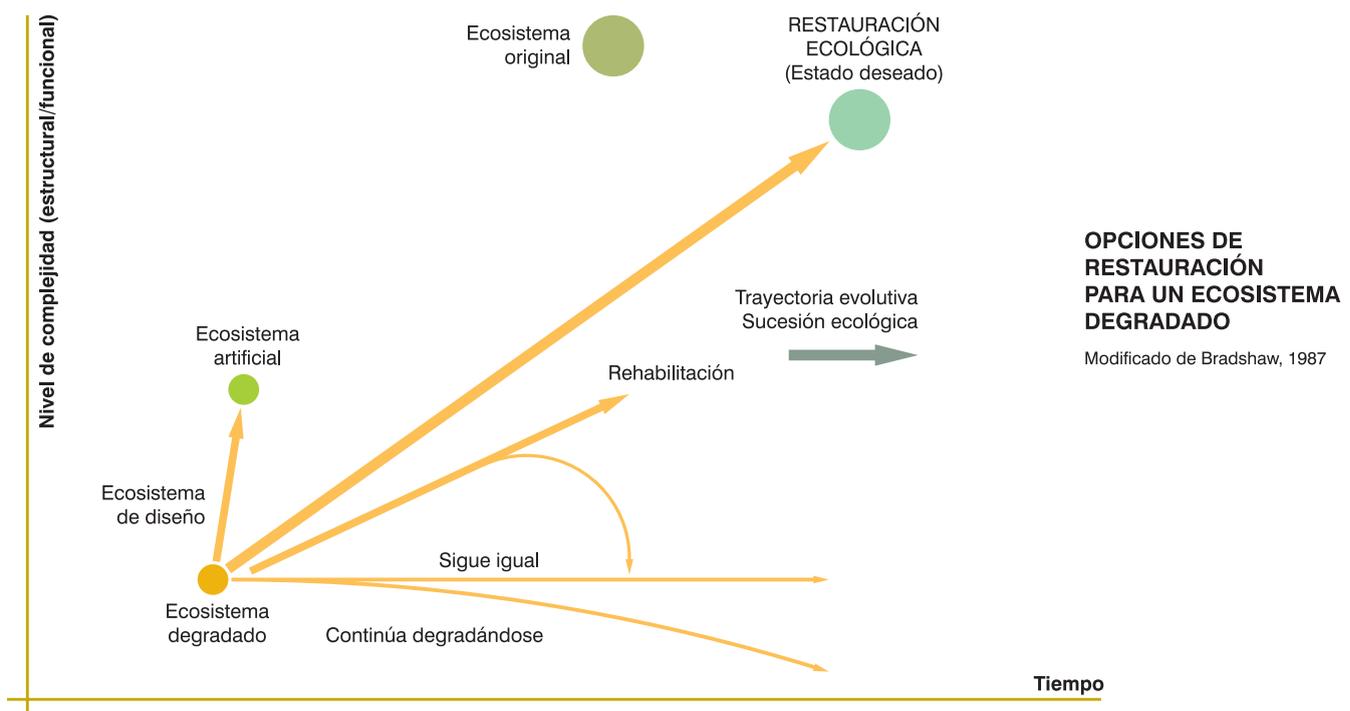


Figura 2. Diferentes vías que puede seguir un humedal degradado en un proceso de restauración según los objetivos que se persigan

Bajo este planteamiento, el Plan Andaluz de Humedales promueve los proyectos de restauración ecológica de humedales, como estrategia ideal para la recuperación de su integridad ecológica, sin embargo, toda una serie de condicionantes técnicos, econó-

micos o socio políticos puede determinar que sólo sea posible recuperar una de sus funciones, por lo que optaremos por una estrategia de rehabilitación. Siempre se debe tratar de rechazar acciones de recreación sobre cubetas de humedales naturales.

Voluntarios para la restauración de habitats de nidificación. ZEPA/LIC Fuente de Piedra



3.2 Directiva marco del agua y restauración del estado ecológico de los humedales

El progresivo deterioro al que se ven expuestos los ecosistemas acuáticos como consecuencia del desarrollo de la sociedad actual, unido a una creciente preocupación de la población por revertir esta situación, ha llevado a la Unión Europea a redactar la Directiva Marco del agua (Directiva Europea 2000/60/EC). El propósito de esta normativa, es establecer un marco comunitario para la protección de las aguas superficiales continentales, de transición, costeras y subterráneas, para prevenir su deterioro ambiental, promover su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar el estado de estos ecosistemas y atenuar los efectos de las inundaciones y las sequías.

La Directiva Marco del Agua basa la gestión del agua en la capacidad que los distintos medios tienen para soportar diferentes tipos de presiones e impactos, para lograr así la explotación y el uso de los recursos de manera sostenible. Por otro lado, considera imprescindible tener en cuenta los factores biológicos e hidromorfológicos para, junto a los tradicionales indicadores físico-químicos, poder determinar la calidad de las aguas desde una perspectiva integral.

El nuevo planteamiento aportado por la Directiva Marco de Agua insta a rehabilitar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos, como medida para alcanzar el buen estado ecológico y químico de las aguas superficiales, y el estado químico y cuantitativo para las subterráneas. El estado ecológico se define en el artículo 2.21 de la Directiva, como: “una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales, que se clasifica con arreglo al Anexo V”. En el Anexo V, se proponen una serie de indicadores

necesarios para realizar la valoración del estado ecológico de las aguas. Estos son:

- Indicadores físico-químicos: transparencia (lagos y embalses), temperatura, oxigenación, conductividad, pH, nutrientes (fosfatos, nitratos, amonio) y contaminantes específicos.
- Indicadores biológicos: Fitoplancton (lagos y embalses), flora acuática (macrófitos y fitobentos), fauna bentónica de invertebrados, fauna ictiológica.
- Indicadores hidromorfológicos: régimen hidrológico, continuidad del río, condiciones morfológicas.

La determinación del estado ecológico debe hacerse teniendo en cuenta la Cuenca Hidrográfica como unidad. La DMA introduce la “Demarcación Hidrográfica” como unidad principal a efectos de gestión, que integra tanto las aguas subterráneas, las superficiales epicontinentales y las costeras influidas por las aguas continentales. En cada cuenca, es necesario definir unas condiciones de referencia, que servirán para comparar los datos de otros ecosistemas acuáticos de la cuenca de características similares (ríos, lagos, embalses, etc). En el caso de los humedales mediterráneos, sometidos durante siglos a intensas explotaciones y manipulaciones antrópicas, es muy difícil, sino imposible, describir las condiciones de estos ambientes para posteriormente definir su estado ecológico (Barnes, 1999). Para localizar un sistema que sea representativo y comparable, es necesario realizar estudios que permitan conocer detalladamente sus características. De esta manera, podremos determinar qué características de la cuenca pueden ser consideradas uniformes y, por lo tanto, ser empleadas como criterio de estado ecológico.

Si no es posible establecer ambientes de referencia a priori, Boix *et al.* (2004) proponen la identificación a posteriori, una vez hecho el estudio exhaustivo de la calidad de los humedales mediterráneos. Para ello, han definido dos índices (uno sobre la calidad del agua y otro sobre el estado ecológico del conjunto del ecosistema) que permiten realizar una aproximación sencilla para determinar el estado ecológico de los sistemas leníticos de aguas someras. Estos índices se emplean de manera independiente. Combinarlos para lograr un método integrador de evaluación, es posible si se tiene en cuenta los diferentes aspectos de valoración de calidad ecológica, de manera similar a los propuestos en otros ecosistemas acuáticos (Prat *et al.* 2000). A nivel europeo existen aproximaciones más recientes para determinar el estado ecológico de los ambientes leníticos (Fano *et al.* 2003, Moss *et al.* 2003). En ambientes lóticos, se han desarrollado varios índices para determinar la calidad del agua (por ejemplo: Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega 1988, Benito & Puig 1999, Prat *et al.* 1999). El principal inconveniente de estos índices es que no tienen en cuenta la tipología del ecosistema en que se aplican y por lo tanto, aplican los mismos criterios de calidad a sistemas muy diferentes.

Un concepto similar al de estado ecológico es el de integridad ecológica, que se define como la capacidad de un ecosistema para mantener su estructura, funcionamiento y dinámica además de su capacidad para absorber el estrés generado por las perturbaciones de origen natural y/o humano (Montes *et al.*, 1998; Westra *et al.*, 2000). En el Plan Andaluz de Humedales se realiza una primera aproximación a la creación de un sistema de valoración integrada de los humedales andaluces, a partir de ocho criterios científicos básicos para la gestión de la integridad ecológica. (Tabla 5)

Para establecer el nivel de integridad ecológica se requiere de un gran conocimiento del sistema. El propósito fundamental del Plan Andaluz de Humedales es “*conservar la integridad ecológica de los humedales andaluces, fomentando su uso racional para mantener, sus funciones ecológicas, socioeconómicas e histórico-culturales*”.

El concepto de “uso racional”, acuñado en la década de los 70 por la Convención de Ramsar, sigue siendo hoy la clave para mantener las características ecológicas de los humedales y su compatibilidad con los objetivos del desarrollo sostenible. Así ha sido señalado en el reciente informe titulado Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM), emitido por la Organización de las Naciones Unidas en marzo de 2005. En el trabajo de la EEM sobre el Marco Conceptual para los Ecosistemas y el Bienestar Humano (Millennium Ecosystem Assessment, 2003), el “uso racional” equivale al mantenimiento de los beneficios/servicios de los ecosistemas a fin de asegurar el mantenimiento a largo plazo de la biodiversidad, el bienestar humano y la mitigación de la pobreza.

El Informe de síntesis de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio está dirigido preferentemente a las autoridades y encargados de tomar decisiones, en él se presenta un diagnóstico del estado de los ecosistemas y fomenta el desarrollo de acciones destinadas a mejorar la conservación y el uso sostenible de éstos. Se trata de un programa de trabajo internacional que aglutina los cuatro convenios sobre el medio ambiente a nivel global: el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención de Ramsar sobre los Humedales, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, y la Convención sobre Especies Migratorias.

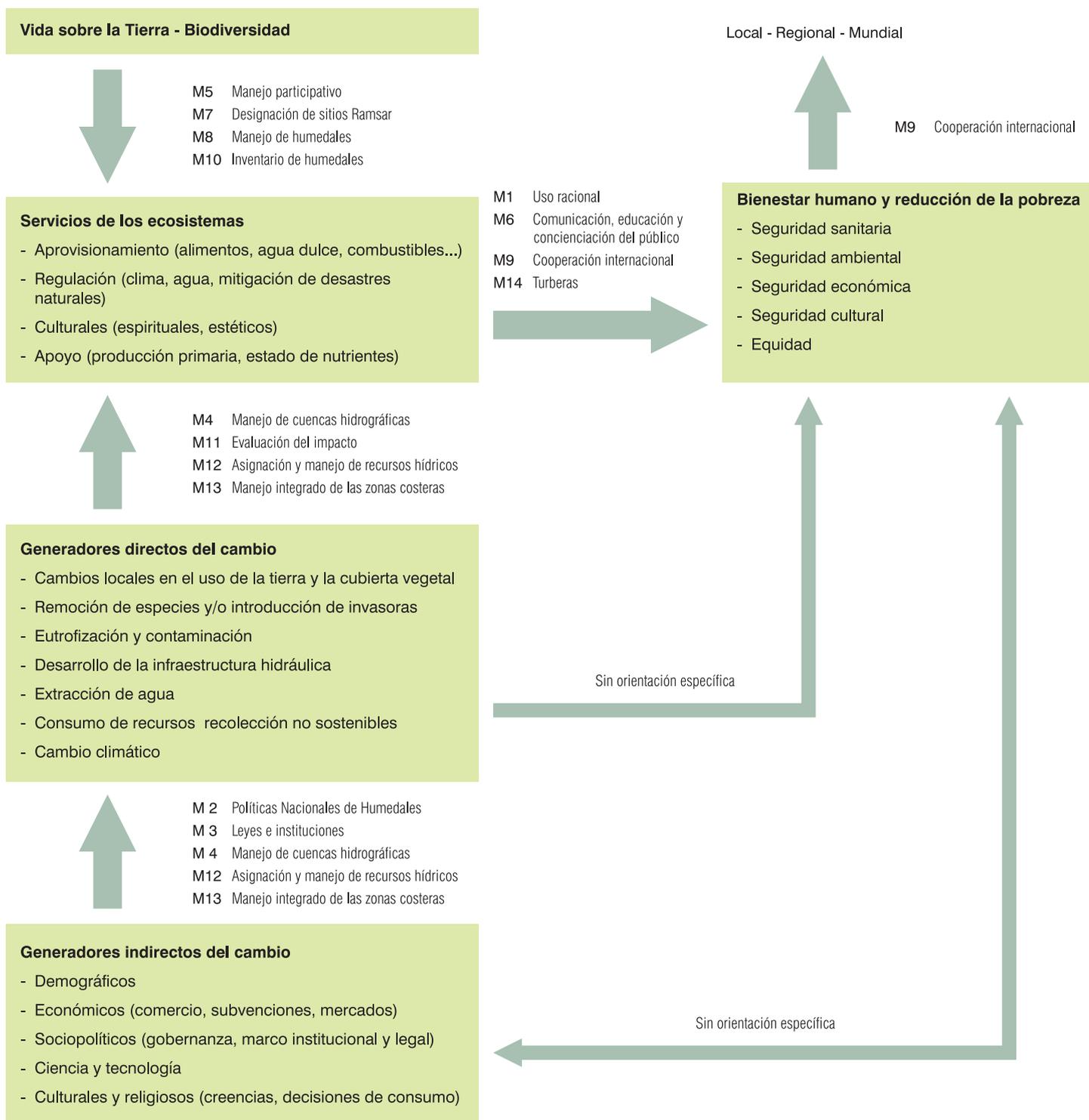
Tabla 5. Criterios científicos básicos para la gestión de la integridad ecológica de los humedales andaluces en el Plan Andaluz de Humedales

Criterio	Breve explicación
Hidrología como aspecto principal en la gestión humedales andaluces.	Para conservar o restaurar la integridad ecológica de un humedal, es necesario conocer y gestionar adecuadamente su funcionamiento hidrológico natural.
Modelo de gestión condicionado por dinamismo humedales.	Variabilidad, especialmente hidrológica, como seña identidad de los humedales. Necesidad de gestionarlos para conservar o restaurar su funcionamiento hidrológico natural.
Necesidad de conservar el régimen perturbaciones naturales.	Las perturbaciones naturales son necesarias para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de su integridad ecológica.
Conservación del modelado y las formaciones superficiales como uno de los objetivos fundamentales.	Es importante la precaución en la gestión de las cubetas para el mantenimiento de un flujo de energía y un colchón amortiguador frente a perturbaciones anómalas.
Reconocimiento del papel de la biodiversidad funcional.	La contribución de la biodiversidad a los ecosistemas no sólo deriva del número de especies sino del papel ecológico que desempeñan.
La gestión de los humedales debe estar relacionada con la de sus cuencas hidrográficas y acuíferos asociados.	La cuenca del humedal, superficial y subterránea, como unidad mínima de análisis y gestión.
Restauración humedales dirigida a la recuperación de su integridad ecológica.	Diferenciación entre restauración ecológica, rehabilitación y recreación. Se busca la recuperación de integridad ecológica frente a la de elementos singulares de la estructura.
Gestión a distintas escalas espacio-temporales.	Dada la complejidad, necesidad de gestionarlos a varias escalas espacio-temporales: red palustre, complejo palustre, cuenca, humedal, y especie-hábitat.

Según: Montes y Lomas, 2003

Los resultados de la Evaluación del Milenio sobre el agua y los humedales señalan la amplia diversidad de servicios fundamentales que estos ecosistemas prestan, al tiempo que advierten, de la repercusión que acarreará sobre el bienestar de la humanidad, la continua pérdida y degradación de los humedales.

Para garantizar su conservación y lograr así que continúen brindando servicios, el Informe de Síntesis preparado por la EEM para la Convención de Ramsar (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), indica cómo y cuándo se pueden realizar intervenciones y tomar decisiones en cuanto a políticas y manejo (Figura 3).



Según Ecosystem Services and Human Well-Being: Wetlands & Water: Synthesis. 2005.

Figura 3. Marco conceptual para el uso racional de los humedales y el mantenimiento de sus características ecológicas, y aplicación de las directrices contenidas en el "juego de herramientas" de Ramsar de los Manuales de Uso Racional, 2ª edición (2004).

3.3 Degradación de los humedales.

Causas y efectos

La agricultura, el desarrollo urbanístico e industrial, el turismo, la pesca, la acuicultura y la caza, son las principales causas de la pérdida y degradación en los humedales mediterráneos (Hollis and Finlayson, 1996). (Tabla 6).

Estas causas no actúan de manera independiente, por ejemplo, la contaminación de un humedal puede deberse a prácticas agrícolas e industriales, pero también al desarrollo del turismo y la acuicultura. La relación existente entre los factores que afectan a los humedales, debe tenerse muy en cuenta en el diseño de planes de restauración, especialmente a la hora de identificar las causas generadoras de la degradación.

La intensificación de la agricultura ha sido la causa primaria de la pérdida de los humedales en el Mediterráneo. El drenaje o la desviación de aguas de zonas húmedas con fines agrícolas, produce efectos sobre la calidad del agua, el drenaje de la tierra, la erosión de los suelos, y conlleva junto al empleo de fertilizantes y biocidas, a la destrucción, degradación y fragmentación del hábitat (Hoffmann, 2000). La agricultura intensiva a menudo conduce también a la eutrofización de los hábitat de agua dulce, lo cual provoca la desoxigenación del agua, la producción de toxinas y la disminución general del estado de conservación de la fauna y flora silvestre (EEA 2001).

El crecimiento de la población y su concentración en la franja costera junto con la industrialización de las ciudades, produce una fuerte presión ambiental sobre los humedales. La contaminación por vertidos urbanos e industriales, la acumulación de desechos y la sobreexplotación de los recursos hídricos son los principales efectos derivados de la urbanización y presión industrial.

El turismo ha influido drásticamente en la degradación y pérdida de los humedales mediterráneos. Los principales impactos provocados por esta actividad implican, desarrollo de infraestructuras, extracción de caudales, descarga de vertidos incontrolados, molestias para la fauna, introducción de especies invasoras, etc. Sin embargo, el turismo bien gestionado, puede ser compatible con la conservación del buen estado de los humedales, además de proporcionar beneficios para las comunidades locales. El logro de un turismo sostenible necesita del desarrollo de herramientas que permitan compatibilizar la conservación de los recursos, del humedal, con las actividades recreativas.



Tabla 6. Principales causas de la desaparición y degradación de los humedales andaluces.

Alteraciones en las cubetas	
Desecación	Colmatación
Dragado	Acuicultura intensiva
Construcciones	Agricultura
Alteraciones en el régimen hidrológico e hidroperiodo	
Extracciones de agua	Modificaciones red hidrográfica
Embalsamiento de sus cubetas	Construcción carreteras
Explotación intensiva de los acuíferos	
Alteraciones en la calidad de las aguas	
Residuos sólidos (industriales y urbanos)	
Residuos líquidos	
Alteraciones en la estructura de las comunidades	
Introducción especies exóticas	Presión turístico-recreativa
Sobreexplotación de especies	Sobrecarga ganadera
Cambios en comunidades vegetales litorales	

Según: Plan Andaluz de Humedales, 2004

La pesca ha dejado de ser una de las actividades desarrolladas de forma habitual en los humedales, en parte debido a la degradación de los hábitats, la contaminación y eutrofización de las aguas, la sobreexplotación y la introducción de especies foráneas (Crivelli, 1992). Como en el caso del turismo, el uso racional de esta actividad es compatible con la conservación de la biodiversidad y la integridad de los humedales mediterráneos. Por otro lado, el empleo de piscifactorías ha aumentado notablemente en determinadas zonas del mediterráneos como por ejemplo, Grecia. Entre los peligros asociados, se encuentran el riesgo de eutrofización, vertido de pesticidas u otros productos y fuga de especies alóctonas.

La caza no puede considerarse una causa directa que afecte a la pérdida de humedales. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en muchos humedales mediterráneos, la práctica de esta actividad es tan intensa que influye en su degradación mediante molestias, contaminación por la munición de plomo (hoy en día prohibida en los humedales), y otros efectos directos sobre las poblaciones de aves acuáticas (Tamisier 1987). Para lograr un uso sostenible, la actividad de la caza debe desarrollarse mediante la aplicación de medidas, como por ejemplo, establecer un calendario de caza (especies susceptibles de caza, temporada, cupos y áreas permitidas), emisión de permisos, multas, penalizaciones, etc.

El desarrollo de las actividades anteriormente descritas, tiene como consecuencia, cambios en las características ecológicas de los humedales. Los cambios ecológicos se manifiestan a través de alteraciones sufridas en las características del humedal. El Plan Andaluz de Humedales diferencia cuatro tipos de alteraciones, en función de que se produzcan: en la estructura del humedal, en el régimen hidrológico, en la calidad del agua y/o en la estructura de las poblaciones y comunidades biológicas.

La estructura de un humedal puede sufrir cambios debido a numerosos procesos. Por ejemplo en el Mediterráneo, los humedales costeros, son especialmente susceptibles de ser transformados con fines turísticos. En otras ocasiones, la visión de los humedales como lugares insalubres, ha llevado al aterramiento de muchas zonas húmedas hasta lograr su total desecación, para conseguir terrenos cultivables o urbanizables. Es el caso de La Laguna de La Nava en Palencia, la Laguna de La Janda en Cádiz, numerosas lagunas de Castilla-La Mancha, de Aragón, etc. La acumulación de escombros y residuos sólidos, ha propiciado la conversión de muchos humedales en vertederos.

Por otro lado, la sobreexplotación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, el encauzamiento desproporcionado de cauces fluviales o la derivación de caudales alóctonos hacia los humedales, provocan variaciones en los niveles hídricos y pueden alterar sus características naturales.

No sólo las actividades desarrolladas directamente sobre el humedal (canalización, construcción de diques, extracciones para regadío, industrias, consumo humano, etc.) pueden alterar el régimen hídrico, también aquellas acciones llevadas a cabo sobre la cuenca hidrográfica, pueden tener serias repercusiones sobre las condiciones ecológicas de los humedales. La extracción de aguas fluviales y la sobreexplotación de acuíferos para regadío se considera, de entre todas las actividades que puedan causar cambios en la cantidad de agua del humedal, la empleada con mayor frecuencia en el Mediterráneo.

La alteración de la calidad del agua puede deberse a la salinización de aguas superficiales y subterráneas (por ejemplo Marismas de Almonte o costas de Levante) o más frecuentemente, por la contaminación debido a vertidos de distinta naturaleza (industriales, urbanos, agrícolas, ganaderos...). La eutrofización (enriquecimiento de las aguas con nutrientes) es el principal problema de los humedales del Mediterráneo (Golterman 1992), entre ellos, el delta del Po, que recibe toneladas de nitrógeno y fósforo (Viaroli 1992). La industria petroquímica, el transporte y refinado del petróleo, la extracción minera, la industria del plástico, el empleo de pesticidas, fertilizantes... también contribuyen a la alteración de la calidad del agua.

Los humedales se caracterizan por la gran diversidad de especies que viven en ellos. Presentan una gran importancia tanto para la biodiversidad nativa como para las especies migratorias dependientes de zonas húmedas. La alteración de las comunidades biológicas existentes en los humedales tiene dos causas principales: la sobreexplotación de los recursos (caza, pesca, acuicultura, sobrecarga ganadera, exceso de uso público recreativo o turístico, extracción mecánica de recursos minerales...) o la introducción de especies exóticas.

Aunque el cambio en las características ecológicas de un sitio implica un cambio negativo (dentro del contexto del Artículo 3.2 de la Convención y de la Recomendación 4.8 que estableció el Registro de Montreux), la convención de Ramsar también reconoce que, *“los programas de recuperación y/o rehabilitación de humedales, pueden dar lugar a cambios favorables en las características ecológicas originados en la actividad humana.”*

Cada vez son más frecuentes las actuaciones de restauración llevadas a cabo en el Mediterráneo puesto que, cuando se implementan de forma efectiva, mediante una adecuada planificación y medidas de seguimiento y evaluación, se consigue restablecer las funciones perdidas o al menos mejorar, la situación de degradación en que se encuentra el humedal. (Tabla 7).



Tabla 7. Procesos que conllevan algún tipo de cambio ecológico en humedales mediterráneos.

Cambio ecológico	Causa del cambio ecológico	Ejemplo de humedales mediterráneos
Alteración de la estructura física	Dragado y/o relleno: <ul style="list-style-type: none"> • Urbanización • Industria Construcción de carreteras Transformación para agricultura Vertido de residuos sólidos	Lago de Tunis, Túnez Este de Camargue, Puerto de Saint Louis, Francia Santoña, España Delta del Po, Italia Messolonghi, Grecia
Alteración del régimen hidrológico de la cuenca hidrográfica	Embalses: <ul style="list-style-type: none"> • Transvases de agua entre cuencas • Hidroelectricidad • Regadío <ul style="list-style-type: none"> • Evaporación del embalse • Retención de sedimento Extracción de aguas fluviales Sobreexplotación de acuíferos	Garaet El Ichkeul, Túnez Delta del Ebro, España y Río Tajo, Portugal La Vera, Doñana, España y Llanuras de inundación de Mondego, Portugal Delta de Archelooos, Grecia Delta del Rhône y Camargue, Francia Delta Axios, Grecia Tablas de Daimiel, España
Alteración del régimen hidrológico en el humedal	Drenaje Canalización Saneamiento Diques Extracción de agua Regadío Dragado de canales de navegación	Lago Karla, Grecia Delta del Kizilirmak, Turquía Camargue, Francia, Ría de Aveiro, Portugal Lago Vistonis, Grecia Lac Oubeira, Algeria Laguna Akgol, delta de Gökxu, Turquía Lac de Bizerte, Túnez
Cambios en la calidad del agua	Vertido de aguas residuales urbanas Vertidos industriales Vertidos de acuicultura Escorrentía de nutrientes de la agricultura Escorrentía de pesticidas y herbicidas Salinización de aguas superficiales Salinización de aguas subterráneas Cambios en los usos del suelo de la cuenca: <ul style="list-style-type: none"> • Deforestación • Erosión y Colmatación Modificación de las conexiones con el mar: <ul style="list-style-type: none"> • Presas anti-sal • Apertura de la desembocadura de lagunas 	Sebkhet Sedjoumi, Túnez Stagno di Cagliari, Sardinia, Italia Golfo de Amvrakikos, Grecia Valle Santa, Italia Estuario Sado, Portugal Doñana, España Embalse Sidi Salem, Túnez Cap Bon y Garaet El Haouaria, Túnez Marismas Mezkhada, Algeria Merja Zerga, Marruecos Lago Mitricou, Grecia Laguna de Salses-Leucate, Roussillon, Francia
Sobre-explotación de los productos	Pesca Caza Pastoreo Extracción excesiva de recursos minerales	Lago Burullus, Egipto Laguna Sto. André, Portugal Laguna Biguglia, Corsica, Francia Biviere di Gela, Italia Río Göksu, Turquía
Introducción de especies invasoras	Plantas Peces Aves	<i>Eucalyptus</i> , marismas del Odiel, España <i>Carassius auratus</i> , Mikri Prespa, Grecia <i>Oxyura jamaicensis</i> , España
Actuaciones de gestión y restauración	Restauración de aguas abiertas, control de la vegetación: <ul style="list-style-type: none"> • Quemadas • Pastoreo • Dragado Gestión de la caza Gestión de la pesca Restauración de la sucesión de la vegetación	Albufera de Mallorca, España Aiguamolls de l'Empordà, España Albufera de Mallorca, España Camargue, Francia Étang de l'Or, Francia Marismas halófilas del estuario del Tajo, Portugal

Fuente: MedWet 1996

3.4 La necesidad de restaurar. Los humedales conceptuados como un capital natural

La necesidad de parar y de hacer retroceder la degradación de los humedales, además del reconocimiento de los beneficios asociados a su restauración, ha dado lugar a la puesta en marcha de numerosos proyectos de restauración en todo el mundo. (Convenio Ramsar, 2002).

La restauración y la rehabilitación de los humedales figuran de forma notable en los programas de los países del Mediterráneo, y ello es debido tanto al aumento del conocimiento y sensibilización del público y las instituciones hacia los problemas derivados de la alteración de los ecosistemas, como al interés por el desarrollo de políticas encaminadas a gestionar los ecosistemas funcionales conceptuados como un capital natural ya que generan a la sociedad un rico y variado flujo de servicios ambientales que repercute directamente en el bienestar de la sociedad.

Las políticas relacionadas con la gestión del capital natural reconocen la contribución de los servicios de los ecosistemas no sólo a la economía, sino también a la salud, seguridad, relaciones sociales y al bienestar humano en general. El Plan Andaluz de Humedales considera que un humedal con un buen nivel de integridad ecológica constituye un capital natural, ya que de sus funciones ecológicas se generan servicios, y de los elementos de su estructura biótica y abiótica bienes; que a su vez, producen beneficios indispensables para la sociedad.

Cada vez que se daña, degrada o destruye un ecosistema se reduce el capital natural y como consecuencia, disminuyen los bienes y servicios de él derivados. La restauración ecológica ayuda a incrementar el capital natural y la producción de bienes y servicios ecosistémicos.

Los humedales constituyen una parte importante del capital natural. En un estudio realizado sobre el valor económico asociado a los ecosistemas (Costanza *et al.*, 1997), se estimaba que los humedales equivalían al 45% del total, es decir, 14,9 billones de dólares EE.UU. (Tabla 8). Aunque dicho estudio no es más que una aproximación a la valoración de los servicios de los ecosistemas y representa una estimación mínima, demuestra los enormes beneficios que el capital natural aporta para la economía y la sociedad, convirtiéndose en un sólido argumento económico para convencer de la necesidad de proteger estos ecosistemas.

La existencia de cada vez más experiencias de restauración llevadas a cabo en distintos ecosistemas con éxito, ha despertado un creciente interés en el empleo de proyectos de restauración para recuperar componentes y funciones de zonas degradadas. Esto ha llamado la atención de los gobiernos que ven como hasta ahora su política de subvenciones fomentaba la desaparición de los ecosistemas, en vez de subvencionar la restauración y la protección del capital natural como garantía de económica y ecológica de sostenibilidad. La inversión en restauración ecológica de los ecosistemas dañados debe estar en consonancia con los esfuerzos por reducir o detener la conversión de áreas naturales.

En la actualidad, se considera una herramienta de gestión de los sistemas naturales y una estrategia en el ámbito de la conservación. Así es reconocida entre los sectores implicados en el estudio, gestión y conservación de espacios naturales: Normativa Marco de Agua, Convenio Ramsar, Society for Ecological Restoration, Global Nature, Society of Wetland Scientists, etc.

La restauración ecológica tiene una amplia aplicación, para la recuperación de áreas afectadas por causas antropogénicas (contaminación, tala, desecación, etc.) y para especies que se encuentren en algún grado de vulnerabilidad.

Distintos ecosistemas han sido recuperados en diferentes aspectos (ver capítulo: "Casos de estudio") mediante la aplicación de técnicas de restauración, algunos ejemplos son: lagunas costeras de Aiguamolls de l'Empordà, laguna de La Nava, laguna de Gallocanta, Albufera de Adra, etc.

Sin embargo, debemos ser cautos a la hora de planificar una estrategia de restauración, ya que en muchas ocasiones el desconocimiento, planteamientos erróneos o cierta ligereza a la hora de abordar esta labor, han desembocado en experiencias fracasadas, resultados insatisfactorios o lejos de los objetivos que se habían previsto.

Los complejos procesos e interacciones que forman parte natural de los ecosistemas, concretamente de los humedales, aún más cuando se encuentran dañados o deteriorados, deben forzarnos a acometer cualquier proyecto de restauración con suma precaución a enfocarlo **siempre**, desde una perspectiva de gestión integral del ecosistema.

Tabla 8. Valor económico asignado a cada tipo de humedal.

Valoración de los humedales	Valor total por hectárea (dólares EE.UU. por año)	Valor total del flujo global (dólares EE.UU. por año)
Estuarios	22.382	4.100.000.000.000
Praderas de pastos marinos / algas	19.004	3.801.000.000.000
Arrecifes de coral	6.075	375.000.000.000
Marismas de mareas / manglares	9.990	1.648.000.000.000
Pantanos / llanuras inundables	19.580	3.231.000.000.000
Lagos / ríos	8.498	1.700.000.000.000

Según Constanza *et al.*, 1997



También hemos de tener en cuenta que, el hecho de que un método de restauración funcione adecuadamente en un ecosistema no es garantía de que lo haga en otro donde las condiciones bióticas y abióticas difieren (Clewel y Rieger 1997). Es por esto, que es necesario realizar una descripción detallada de cada intento de restauración, exitoso o no, que se realice en cada uno de los diferentes ecosistemas sometidos a perturbaciones de diferente intensidad y de su trascendencia a corto, mediano y largo plazo, para que apoyados en la teoría ecológica marquen los principios generales y así poder definir las estrategias más adecuadas en cada situación (Márquez-Huitzil 1999).

En general, existen algunas consideraciones y actividades que pueden tomarse en cuenta en la restauración ecológica de cada ecosistema, como veremos más adelante.

Así, debe tenerse en cuenta, al menos, información general sobre principios de conservación y restauración, como la variación de técnicas a aplicar según el tipo del humedal o región (Kusler & Kentula, 1990).

4. El proyecto de restauración: fases y experiencia en el ámbito mediterráneo

4.1 Etapas de la restauración

La restauración de un sistema debería realizarse en aquellos casos en que la alteración ha llegado a tal punto que el ecosistema no puede continuar su proceso natural de autoorganización. Desafortunadamente muchos proyectos de restauración actúan sin determinar previamente las causas que impiden la recuperación natural.

La restauración aborda un amplio rango de disciplinas como ecología, hidrobiología, hidrología e hidráulica, geomorfología, ingeniería... y es muy importante que en la planificación e implementación del proyecto participen personas con experiencia en dichas disciplinas. Es necesario por tanto, que los proyectos de restauración ecológica sean desarrollados por equipos interdisciplinarios. Las universidades, centros públicos de investigación y organizaciones privadas pueden proveer información muy útil y experta que permitirá basar el proyecto de restauración en un estudio minucioso y profundo de las características del sistema. Puesto que cada ecosistema tiene unas características propias, los proyectos de restauración deben contemplar cada uno de los aspectos que intervienen en su funcionamiento y dinámica natural. Las medidas tomadas sin recavar información general sobre principios de conservación y restauración, como la variación de técnicas a aplicar según el tipo del humedal o región (Kusler & Kentula, 1990), representan un factor adicional de incertidumbre para el ecosistema y su biota. En la tabla 9 se compara la dificultad que entraña la realización de un proyecto de restauración con la probabilidad de éxito en función del tipo de humedal del que se trate (Kusler y Kentula, 1990; Lockwood y Pimm, 1999).



También hemos de tener en cuenta que, el hecho de que un método de restauración funcione adecuadamente en un ecosistema no es garantía de que lo haga en otro donde las condiciones bióticas y abióticas difieren (Clewell y Rieger 1997). Es por esto, que es necesario realizar una descripción detallada de cada intento de restauración, exitoso o no, que se realice en cada uno de los diferentes ecosistemas sometidos a perturbaciones de diferente intensidad y de su trascendencia a corto, mediano y largo plazo, para que apoyados en la teoría ecológica marquen los principios generales y así poder definir las estrategias más adecuadas en cada situación (Márquez-Huitzil 1999).

En general, existen algunas consideraciones y actividades que pueden tomarse en cuenta en la restauración ecológica de cada ecosistema, como veremos más adelante.

Así, debe tenerse en cuenta, al menos, información general sobre principios de conservación y restauración, como la variación de técnicas a aplicar según el tipo del humedal o región (Kusler & Kentula, 1990).

4. El proyecto de restauración: fases y experiencia en el ámbito mediterráneo

4.1 Etapas de la restauración

La restauración de un sistema debería realizarse en aquellos casos en que la alteración ha llegado a tal punto que el ecosistema no puede continuar su proceso natural de autoorganización. Desafortunadamente muchos proyectos de restauración actúan sin determinar previamente las causas que impiden la recuperación natural.

La restauración aborda un amplio rango de disciplinas como ecología, hidrobiología, hidrología e hidráulica, geomorfología, ingeniería... y es muy importante que en la planificación e implementación del proyecto participen personas con experiencia en dichas disciplinas. Es necesario por tanto, que los proyectos de restauración ecológica sean desarrollados por equipos interdisciplinarios. Las universidades, centros públicos de investigación y organizaciones privadas pueden proveer información muy útil y experta que permitirá basar el proyecto de restauración en un estudio minucioso y profundo de las características del sistema. Puesto que cada ecosistema tiene unas características propias, los proyectos de restauración deben contemplar cada uno de los aspectos que intervienen en su funcionamiento y dinámica natural. Las medidas tomadas sin recavar información general sobre principios de conservación y restauración, como la variación de técnicas a aplicar según el tipo del humedal o región (Kusler & Kentula, 1990), representan un factor adicional de incertidumbre para el ecosistema y su biota. En la tabla 9 se compara la dificultad que entraña la realización de un proyecto de restauración con la probabilidad de éxito en función del tipo de humedal del que se trate (Kusler y Kentula, 1990; Lockwood y Pimm, 1999).

Tabla 9. Comparación de las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de restauración en función del tipo de humedal

Tipo de humedal	Razón de éxito	Probabilidad de éxito (máximo=6)	Dificultades asociadas a la restauración
Marismas de estuario	Estudio hidrológico sencillo. Experiencia y bibliografía sobre restauración disponible. Escasa diversidad vegetal. Amplia disponibilidad de semillas y plantas. Facilidad para establecer muchas de las características de las especies vegetales.	6	Estrechos rangos de marea. Condiciones locales únicas. Intolerancia a la salinidad.
Marismas costeras	Las razones son similares al caso anterior.	5	La fuerza del oleaje y los amplios rangos de mareas, reducen la probabilidad de éxito de este tipo de
Marismas de aguadulce adyacentes a ríos, arroyos y lagos	Medidas de la profundidad de la columna de agua en el lago y de los caudales en los arroyos. Amplia experiencia y bibliografía sobre restauración.	4	Complejidad de la vegetación. Dificultades con especies poco frecuentes. Hidrología compleja. Modificaciones del régimen hidrológico, debido a actividades como extracción de agua.
Humedales aislados abastecidos con agua superficial	Teniendo los mecanismos para gestionar los aportes de aguas, la determinación y restauración de la hidrología es posible.	3	La experiencia y bibliografía disponible sobre restauración de estos humedales es limitada. Hidrología compleja.
Humedales forestales (forest wetlands)	El régimen hídrico evaluado en zonas húmedas adyacentes puede ser usado en casos en los que los aportes sean desconocidos en estos sistemas. Esta alternativa, no siempre resulta lo suficientemente sensible.	2	Estrechos rangos de tolerancia. Bibliografía y experiencia limitada, Restauración muy compleja. Se requiere de mucho tiempo para desarrollar ecosistemas maduros.
Humedales aislados de agua dulce con aportes de aguas subterráneas (varían desde las marismas hasta los humedales forestales)		1	Hidrología muy compleja. Experiencia y bibliografía limitada.

Kusler y Kentula, 1990

En resumen, el conocimiento básico necesario para alcanzar una restauración exitosa consiste en:

- Entender la biología y ecología de las especies ecológicamente esenciales (claves de ecosistemas) del humedal, en particular los patrones de reproducción, factores que controlan su abundancia y distribución, requerimientos de hábitat, etc...
- Entender los patrones hidrogeomorfológicos que controlan el hidroperiodo y el régimen hídrico, de los que depende la integridad ecológica del humedal.
- Caracterizar la magnitud de las alteraciones generadas en las estructuras o procesos biofísicos esenciales del humedal.

El primer paso en la elaboración de un proyecto de restauración consiste en realizar una planificación adecuada. La planificación debe ser cuidadosamente elaborada, ya que de ello va a

depender en gran medida, el desarrollo con éxito de nuestro proyecto de restauración. Una parte fundamental de esta etapa consiste en recopilar información mediante: descripción del área, evaluación, definición de objetivos y argumentación de éstos, identificación de factores limitadores o modificadores que pueden impedir el logro de los objetivos (incluir una valoración de riesgos), desarrollo de objetivos operacionales, identificación de prioridades de acción, seguimiento de las actuaciones y de la evolución del sistema y revisión de los progresos realizados.

Del análisis de la información recopilada, se desarrollan unos objetivos que son llevados a cabo mediante la fase de implementación. Esta consiste en la aplicación de los cambios que hemos determinado como necesarios para revertir la situación del sistema mediante la aplicación de técnicas respetuosas con el medioambiente. La aplicación de estas técnicas surge de un meticuloso estudio del medio, de su situación y de todas las variables que afectan su funcionamiento (hidrología, edafología,

parámetros físico-químicos, biológicos...).

Durante la implementación, es necesario realizar un seguimiento para constatar que las medidas llevadas a cabo están teniendo los efectos pronosticados en la fase de planificación y, para actuar en caso de desviación de los objetivos marcados, según requiera la situación. Este seguimiento se prolonga una vez finalizada las actuaciones previstas, ya que puede haber cambios no deseados a más largo plazo. El seguimiento va a permitir evaluar el grado de consecución de los objetivos propuestos.

Pasos a seguir en un proyecto de restauración:

- Estudios preliminares
- Identificación de las causas de la degradación
- Definición de las condiciones de referencia
- Evaluación de las funciones del humedal
- Desarrollo de objetivos
- Selección de técnicas y alternativas para revertir los problemas identificados
- Plan de monitorización de las actuaciones realizadas
- Seguimiento a largo plazo

La importancia de un planteamiento integrado

Para abordar un proyecto de restauración desde un planteamiento integrado, es necesario que en su elaboración se haya adoptado el concepto de gestión adaptativa. Al igual que un proyecto de restauración, la gestión adaptativa, es un programa de diseño, implementación, seguimiento, aprendizaje y ajuste periódico de las formas de intervención en función de los objetivos definidos. Tanto los objetivos como las formas de manejo pueden cambiar en el tiempo.

Los humedales son sistemas complejos y, aún cuando se disponga de información detallada del lugar, la respuesta de éste a los cambios introducidos puede ser impredecible. Esta técnica incorpora nueva información en cada paso del proyecto de restauración, permitiendo evaluar el proceso continuamente, reaccionar ante cambios inesperados o eventos no previstos y tomar decisiones para dirigir los resultados a buen término. Se trata de un proceso repetitivo que debe ser aplicado durante todo el proyecto, ya que en función de su evolución, podemos determinar la mejor opción para continuar en el siguiente paso del proyecto.

La gestión adaptativa es un acercamiento formal, sistemático y riguroso al aprendizaje posible de los resultados de las acciones de manejo, en el cual se acomodan cambios y se mejora el manejo. Involucra la síntesis de conocimientos existentes, la exploración de acciones alternativas y la construcción de previsiones sobre los resultados de estas acciones. (Nyberg, 1999).

Para que la gestión (o la restauración) de un ecosistema sea adaptativo se requiere que las prescripciones de manejo: a) se basen en el mejor conocimiento científico disponible al momento de

realizar la intervención, b) constituyan proposiciones nuevas, que ofrezcan mejores expectativas para alcanzar la sustentabilidad, c) sean aplicadas con cautela y entendimiento de la complejidad de los sistemas ecológicos intervenidos, y d) puedan ser modificadas a través de un proceso sistemático de seguimiento y experimentación (Franklin 1995, Arroyo 1995a, b).



Acequia invadida por vegetación



Acequia tras las labores de limpieza de matorrales

Durante la etapa de diseño o planteamiento, el manejo adaptable debe ser usado para depurar las metas y objetivos y para prever cambios o posibles alternativas a los planes de implementación. A su vez, durante la implementación, se empleará para evaluar la necesidad de incorporar alternativas a los planes originales, por ejemplo, el número y tipo de plantas, la configuración de canales o gradientes... En la etapa de seguimiento y gestión a largo plazo, nos permitirá mantener el desarrollo del proyecto hacia un resultado positivo.



El principio de manejo adaptable (véase Nuevos lineamientos para la planificación del manejo de sitios Ramsar y otros humedales, aprobados en la Resolución VIII.14) debiera aplicarse a los proyectos de restauración. Conforme el proyecto se lleve adelante quizá sea preciso tomar en consideración hechos imprevistos y aprovechar conocimientos o recursos de reciente adquisición. Toda modificación debiera concebirse teniendo en cuenta la evaluación del proyecto en función de sus metas, objetivos y criterios de rendimiento. (Resolución VIII.16)

4.1.1 Planificación

El diseño inicial del proyecto, es sin lugar a dudas, la etapa más importante y decisiva, ya que de su buen planteamiento, va a depender el lograr con éxito la restauración de cualquier ecosistema.

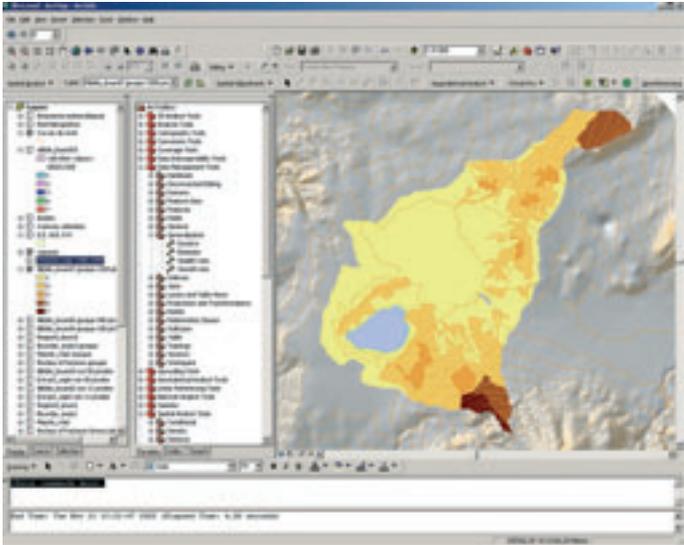
Una planificación detallada requiere de un perfecto conocimiento del medio (factores físicos, biológicos, químicos, sociales, usos de la tierra...), de su funcionamiento e interacción con los ecosistemas adyacentes y de las condiciones reinantes (tendencias históricas, actividades desarrolladas, identificación de impactos, gestión tradicional de los recursos que contribuyó a la configuración del paisaje...).

Una planificación detenida reducirá las posibilidades de que sobrevengan efectos secundarios indeseados. Por ejemplo, puede hacer posible que los proyectos de restauración eviten problemas como el aumento de las poblaciones de mosquitos, crecidas indeseadas o la intrusión de agua salada en las fuentes de abastecimiento de agua potable.

Fases de la planificación (Perennou, 1996):

1. **Contexto general:** consiste en enmarcar el lugar de trabajo, es decir, delimitar y definir el área de actuación. Es conveniente diferenciar entre la zona central (el humedal) y la zona de influencia (aportes de aguas superficiales y subterráneas, entradas de contaminantes, de sedimentos, hábitat de la fauna, etc.) La zona de influencia se corresponde con el área cercana al humedal, directamente relacionada con éste y cuyos vínculos funcionales, pueden tener influencias directas, fuertes y rápidas sobre el hábitat.
2. **Descripción y análisis:** para ello es necesario recopilar la información existente y la adquisición de nuevos datos para su posterior examen. Las fotos aéreas y las imágenes de satélite representan una fuente de información muy valiosa sobre los rasgos de las cuencas hidrográficas, tales como topografía, patrones de drenaje y estancamiento, usos de la tierra, comunidades de vegetación y cobertura, y fragmentación y pérdida de hábitat. Otros recursos de información son informes de inventarios de humedales, mapas topográficos y de la cuenca hidrográfica, estudios de impacto ambiental, documentos, estudios técnicos y bibliografía existentes.
3. **Evaluación de los valores naturales, culturales y socioeconómicos:** la existencia de hábitats especies animales o vegetales protegidos o de especial interés, las actividades desarrolladas, normativa legal, la estructura administrativa con sus responsabilidades y la influencia de esta sobre la gestión, son aspectos que hay que considerar para realizar una evaluación objetiva y exhaustiva del estado actual de la zona.





4. **Objetivos a largo plazo:** la evaluación ambiental realizada proporciona una base para definir unos objetivos que marcarán las líneas de actuación para la restauración de unas condiciones ecológicas e hidrogeomorfológica óptimas.
5. **Factores de influencia e indicadores:** la descripción y análisis de la información recopilada ha de servir para identificar los factores que puedan tener efectos sobre los valores naturales o sobre su funcionamiento. Una vez definidos dichos factores, conviene evaluar la magnitud de sus efectos mediante el uso de indicadores. Los indicadores de impacto, evalúan el estado de las poblaciones y comunidades y, los indicadores de funcionamiento el estado del medioambiente físico que a su vez informan sobre las posibles causas y mecanismos de la disfunción.
6. **Objetivos operacionales:** es la aplicación de los objetivos marcados una vez que se han tenido en cuenta los factores de influencia. Algunos objetivos se centran en temas relacionados con la conservación de la diversidad, otros en actividades y usos del humedal y terrenos adyacentes, y otros en la integración del lugar en el sistema socioeconómico y sociocultural.
7. **Proyectos/programas operaciones y tareas:** engloba implementación, planes de trabajo y organización. Pueden implicar desde un sencillo seguimiento de las características ecológicas del lugar (especialmente de la hidrología y geomorfología de la cubeta), hasta una gestión ecológica detallada o una restauración, actuaciones sobre la cuenca hidrológica, concienciación pública, educación ambiental, actividades específicas sobre una especie, y/o la adquisición del lugar y el establecimiento de un plan de gestión.
8. **Seguimiento y evaluación, síntesis anuales de tareas llevadas a cabo y objetivos logrados.** Consiste en la revisión del proyecto y de evaluar si es efectivo y beneficioso para el ecosistema.

Tabla 10. Información para la planificación de un proyecto de restauración

Hidrología	<ul style="list-style-type: none"> - Características hidrológicas regionales actuales y datos históricos incluyendo eventos de inundación típicos y extremos - Localizar lugares de referencia dentro de la cuenca o los alrededores - Parámetros a medir en el humedal y en la zona de referencia, frecuencia de seguimiento y duración. - Fuentes primarias de agua para el humedal (aguas subterráneas y superficiales) - Identificar las causas de los cambios en las características hidrológicas - Efectos potenciales sobre áreas corriente abajo al actuar sobre la hidrología - Relación entre elevación de la superficie del suelo y las fuentes primarias de agua - Cómo reestablecer la hidrología y la relación apropiada entre los niveles del suelo y agua - Métodos naturales o de bioingeniería aplicables - Factores que pudieran limitar la restauración y problemas que pudieran surgir
Calidad de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Indicios de contaminación y fuentes probables - Tipo de contaminación (puntual o difusa), naturaleza de contaminantes - Parámetros a medir en el humedal y en la zona de referencia, frecuencia de seguimiento y duración - Parámetros para evaluar la calidad del agua - Métodos disponibles para mejorar la calidad del agua
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Información de referencia sobre suelos locales (usos, edafología, topografía, etc.) - Características del sustrato, niveles de materia orgánica, nutrientes, humedad, granulometría y estructura del suelo - Existencias de capas impermeables que contribuyan a la dinámica del humedal - Parámetros a medir en el humedal y en la zona de referencia, frecuencia de seguimiento y duración - Elevaciones típicas del sustrato y rasgos micro-topográficos de este tipo de humedal (canales, islas, montículos...) - Presencia de contaminación o tóxicos - Métodos naturales o de bioingeniería aplicables
Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> - Especies dominantes y raras, vegetación típica en el tipo de humedal a restaurar, tanto en sus etapas iniciales como estados maduros - Especies con estado de protección o de especial importancia, especies invasoras no nativas y especies nativas del humedal - Perturbaciones naturales típicas de este tipo de humedal - Condiciones del suelo e hidrológicas que pudieran restringir el establecimiento de la vegetación y si el cambio de dichas condiciones resultará beneficioso - Preparación del suelo necesaria para favorecer el establecimiento de la vegetación (agregando aditivos al suelo, eliminando especies no nativas, etc.) - Métodos disponibles para erradicar las especies invasoras - Amenazas para las plantas una vez establecidas (herbívoros, inundación, luz intensa, etc.) y cómo combatirlas - Parámetros de la vegetación a medir, frecuencia de seguimiento y duración
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> - Especies nativas habituales en el estado pionero y maduro del humedal, especies dominantes y raras - Especies con estado de protección o de especial importancia, especies invasoras no nativas y especies nativas del humedal - Perturbaciones naturales que afectan a las especies animales - Condiciones del suelo, hidrología y de la vegetación que pudieran limitar el establecimiento de la comunidad nativa - Condiciones del hábitat que atraen a las especies de animales típicas y qué rasgos específicos del hábitat pueden ser agregados para atraer especies especialmente valiosas y/o raras - Métodos disponibles para eliminar las especies no nativas dañinas - Cómo favorecer una colonización rápida por parte de las especies nativas - Amenazas para las poblaciones animales recién establecidas (depredadores, inundación, contaminación, impactos humanos, etc.) y cómo combatirlas - Parámetros a medir, frecuencia de seguimiento y duración

Modificado de IWWR, 2003

Los humedales están influidos por los rasgos naturales de las cuencas hidrográficas, tales como la hidrología, la topografía (elevación, aspecto y pendiente), el clima, los patrones de precipitación, los tipos de suelo, el agua subterránea, las aguas superficiales, la zona de drenaje y las comunidades vegetales y animales. Cuanto más precisa sea la información de que dispongamos sobre la hidrología, suelos y comunidades de flora y fauna que caracterizan el humedal, más acertada será la planificación del proyecto de restauración. Además de la información sobre las condiciones actuales, es necesario conocer la historia de la cuenca hidrográfica para llegar a un mejor entendimiento de los ecosistemas que se encontraban en el lugar y de los factores que causaron la degradación y pérdida de los humedales en el área. La identificación de influencias humanas, usos de la tierra (presentes y futuros), estructuras construidas y proyectos sobre humedales, nos permitirá conocer los posibles impactos existentes. En la tabla 10 se muestra la información que se debe recopilar para planificar un buen proyecto de restauración.

A partir del examen de la información recopilada, debemos plantear unas metas y objetivos que expliciten claramente el fin que se quiere alcanzar. Los objetivos deben ser claros, factibles y responder a las necesidades de restauración identificadas.

Es posible restaurar algunas de las funciones de un ecosistema aún cuando algunos parámetros como: el tipo de suelo y las condiciones ambientales hayan sido alteradas y la flora y fauna hayan cambiado (Lewis 1990, 1992). Sin embargo, la probabilidad de error se incrementa si la meta de la restauración es retornar un área a las condiciones prístinas. Esto quiere decir que la restauración de determinadas condiciones seleccionadas del ecosistema y la replicación de las funciones naturales, tiene mayor oportunidad de éxito que la restauración a condiciones prístinas (Lewis, Kluster y Erwin 1995). Esta realidad debe ser considerada durante la planificación del proyecto.

Un análisis preliminar de la situación, nos permitirá comprobar que nuestro proyecto va a suponer una mejora ambiental para el sistema. Las siguientes cuestiones, permiten evaluar la utilidad y viabilidad de un proyecto de restauración de humedales (adaptación del anexo de la Resolución VII.17):

- a. ¿Se conseguirán beneficios ambientales (por ejemplo, mejoramiento del suministro y la calidad del agua, descenso de la eutrofización, conservación de recursos de agua dulce, conservación de la biodiversidad, control de crecidas)?
- b. ¿Cuál es el potencial ecológico del proyecto? ¿Cuál es la situación actual de la zona desde el punto de vista de los valores biológicos y de hábitat, y, en particular, desaparecerán o sufrirán menoscabo cualesquiera de sus rasgos que revisiten importancia para la conservación de los humedales o de la biodiversidad? ¿Cómo se prevé el desarrollo de la zona con respecto a la hidrología, la geomorfología, la calidad del agua, las comunidades de flora y fauna, etc.?
- c. ¿Qué opciones, ventajas o desventajas traerá consigo la zona restaurada para la población local y la región? Esto puede abarcar las condiciones sanitarias, los recursos alimentarios e hídricos esenciales, más posibilidades de desarrollar actividades recreativas y de ecoturismo, el mejoramiento de los valores paisajísticos, posibilidades educativas, la conservación del patrimonio cultural (sitios de interés histórico o religioso), etc.
- d. ¿Cuál es la situación actual de la zona con respecto al uso de la tierra? La situación será muy diferente según se trate de países en desarrollo, países con economías de transición y países desarrollados, y dentro de ellos en función de las circunstancias locales, con respecto a los objetivos de restauración y rehabilitación. Concretamente, muchas veces es posible introducir mejoras en las tierras marginales cuyo rendimiento es bajo en la situación actual.
- e. ¿Cuáles son las principales limitaciones socioeconómicas? ¿Existe un interés real a nivel regional y local en realizar el proyecto?
- f. ¿Cuál es la eficacia del proyecto propuesto en función de los costos? Las inversiones y los cambios deben ser sostenibles a largo plazo y sus resultados no han de ser sólo temporales. Debe procurarse que los costos sean adecuados en la etapa de construcción y que, posteriormente los costos corrientes de mantenimiento sean adecuados.
- g. ¿Cuáles son las principales limitaciones técnicas?

Este análisis preliminar nos permite reformular nuestro proyecto o adaptar los objetivos propuestos (la revisión de los objetivos y de las metas, es un aspecto necesario del proceso de restauración).

Los objetivos y las metas, reflejan los resultados que se quieren alcanzar con la realización del proyecto de restauración. Proporcionan un marco de trabajo general y dan a conocer la finalidad del proyecto a los sectores implicados (agricultores, comunidades locales...)

Muestreo de zooplancton





4.1.2 Definiendo metas y objetivos

Las metas son definiciones generales sobre los resultados que se prevé alcanzar con el proyecto. Por ejemplo, mejorar la calidad del agua en una laguna costera de agua dulce (proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter”, LIFE 99 NAT/E/006386). Por su parte, los objetivos son aseveraciones específicas enfocadas en la hidrología, suelos, topografía y/o factores biológicos que deben ser cambiados en el humedal para su restauración.

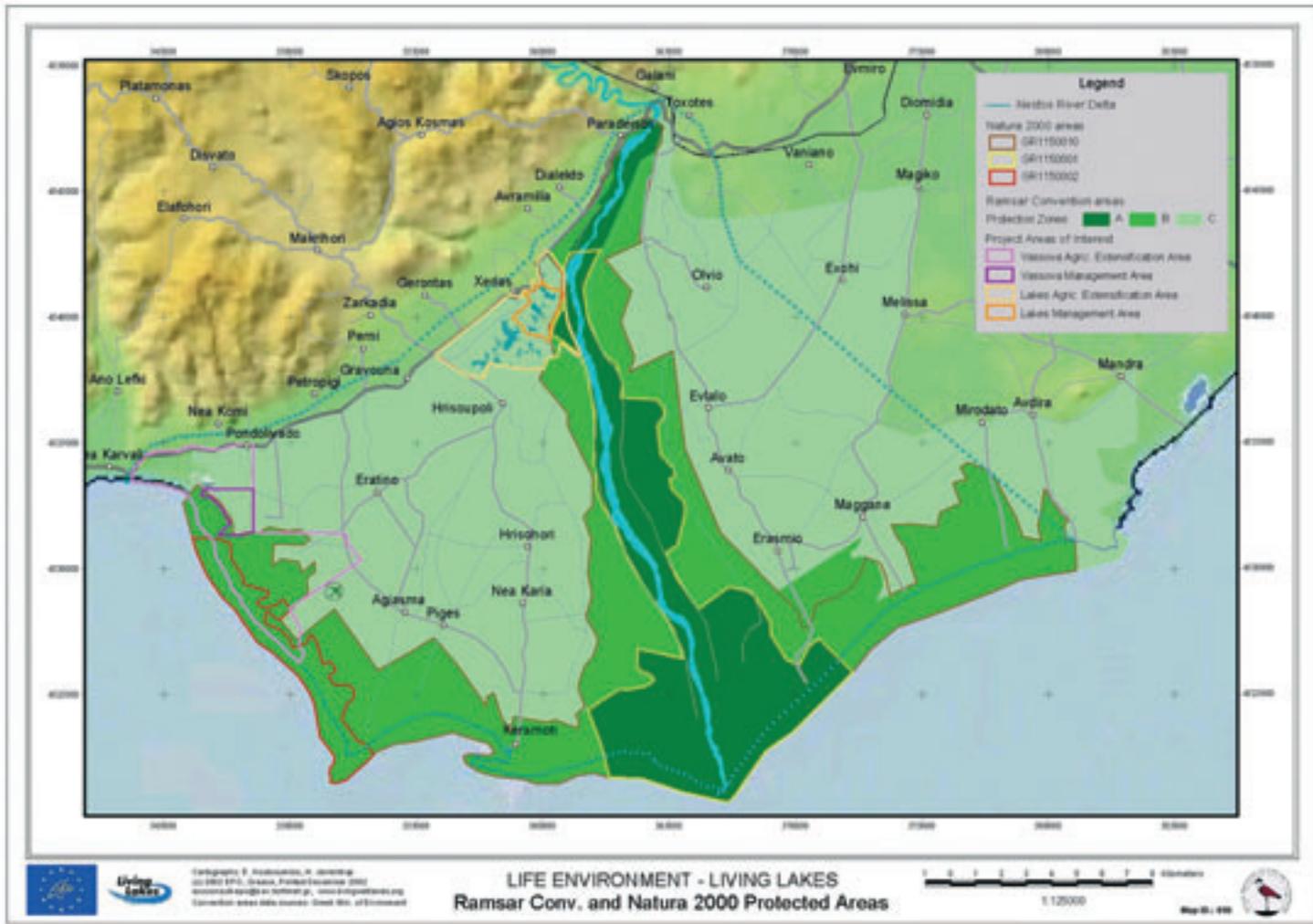
Continuando con el ejemplo anterior, los objetivos son: construcción de unos humedales de depuración para reducir la carga de nutrientes que entra a la laguna y, dragado del sedimento en los puntos con mayor contenido orgánico. La consecución de estos objetivos, se determina mediante los denominados criterios de rendimiento o de eficacia. Son atributos mensurables definidos para cada objetivo del proyecto. Deben ser medidos con métodos simples que generen datos comparables y cuyos resultados sean repetibles. Un criterio de rendimiento asociado a los objetivos anteriores podría especificar un valor de la concentración de nutrientes que no debe superarse una vez ultimada la restauración. La elaboración de criterios de rendimiento da lugar a la revisión de las metas y los objetivos.

A la hora de establecer los objetivos de nuestro proyecto debemos basarnos en la información recopilada. La información de

las condiciones preexistentes del humedal o en su defecto de las condiciones ecológicas existentes en sitios de referencia (humedales del mismo tipo y que se encuentren menos alterados), nos marcará la dirección hacia la que debemos orientar nuestros objetivos. Otros proyectos de restauración realizados con éxito, deben servir de ejemplo para la formulación de nuevos proyectos y para determinar si los objetivos marcados son apropiados. La observación de humedales de referencia, nos permitirá comprender el rango natural de variación del humedal, factor muy importante que no debemos obviar al establecer los objetivos.

El diseño de proyectos de restauración requiere de conocimientos técnicos y de la participación de expertos básicamente sobre hidrología, geomorfología y ecología.

Los métodos para la implementación del proyecto son muy diversos y deben desarrollarse con el mayor conocimiento ecológico, hidrológico y geomorfológico posible. Adoptar el método más sencillo y considerar planes alternativos, es el mejor sistema para alcanzar los objetivos del proyecto. La planificación debe abarcar los costos estimativos aproximados, las probabilidades de que cada plan permita alcanzar los objetivos del proyecto y las opiniones de todos los interesados directos.



Zonas de protección del Delta del Nestos. Proyecto LIFE "Lagos Vivos".

4.1.3 Preparación de etapas posteriores



El plan seleccionado debe ampliarse hasta convertirse en un plan detallado de formulación que pueda orientar la etapa de implementación. Los planes de restauración deben comprender programas de capacitación para garantizar que la implementación se lleve a cabo con los medios menos destructivos y con soluciones ecológicas responsables. En primer lugar cabe elaborar y ejecutar un proyecto piloto y refinar los métodos de restauración. El diseño de protocolos de campo, planes para prevenir impactos de construcción, especificaciones/diagramas de las estructuras que vayan a ser instaladas, planos de construcción, estudios de impacto ambiental, estudios geotécnicos, de las condiciones hidrológicas, etc. deben ser recopilados durante la fase de planteamiento con el fin de dirigir la implementación. En la medida de lo posible, se deben emplear métodos pasivos antes que usar intervenciones activas. Como alternativa, se debe optar por aplicar principios de bioingeniería o medidas naturales (por ejemplo, para evitar la erosión: plantar vegetación nativa, emplear troncos o materiales biodegradables, emplear materiales que no se descomponen pero que permiten el crecimiento de vegetación, etc.), en lugar de emplear métodos que requieran estructuras duras o grandes excavaciones.

La restauración requiere un seguimiento a largo plazo, lo que implica gestión y seguimiento continuos. En el proceso de planificación debe definirse un método de seguimiento que sirva para evaluar los criterios de rendimiento. Hay dos factores que debemos tener en cuenta para la elaboración de un programa de seguimiento:

- Distintos métodos de seguimiento pueden proporcionar valores diferentes. Por ejemplo, un criterio de rendimiento exige mantener una cubierta vegetal compuesta en un 70% de una especie vegetal determinada, pero distintos métodos de estimación del porcentaje de cubierta devuelven valores diferentes para el mismo sitio. Para evitar esto, es necesario que el criterio de rendimiento especifique el método por el que debe ser medido.
- La variabilidad natural a la que están sujetos todos los ecosistemas; debemos tener presente que todos los ecosistemas están sujetos a cambio y desarrollo continuos e incorporar las variaciones temporales y espaciales, en el programa de seguimiento para que éste sea eficaz.

Las metas, los objetivos, los criterios de rendimiento y los métodos de seguimiento deben consignarse por escrito y ser objeto de amplia difusión, así como de revisiones frecuentes para que los proyectos no se aparten del camino trazado.



Estudiantes durante las jornadas de educación ambiental desarrolladas dentro del proyecto Life "Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia"

4.1.3.1 Agentes implicados y participación pública

La restauración de humedales debe ser un proceso abierto que involucre a todos los sectores que vayan a resultar afectados por el proyecto (comunidades locales, intereses sectoriales, autoridades competentes...) Debe fomentarse la participación plena en el proyecto de restauración, desde sus primeras etapas hasta su custodia a largo plazo, comprendida la etapa de implementación. En muchos casos, contar con el apoyo de la comunidad local puede suponer un factor clave que determine el éxito o fracaso del proyecto de restauración. La colaboración con los implicados directos y con las organizaciones potencialmente afectadas por el proyecto pueden ayudar a conseguir el apoyo necesario para promover la restauración y la protección del área restaurada a largo plazo (USEPA, 2000).

Por todas estas razones, el proyecto de restauración no estará completo si no se contemplan en su planificación, medidas para promover la concienciación e influir en los comportamientos y prácticas que provocaron la degradación del ecosistema. Realizar campañas de concienciación para reducir al mínimo el impacto de las actividades que redundan en la degradación de los sistemas acuáticos (como el uso excesivo e incorrecto de pesticidas y fertilizantes inapropiados, la falta de saneamiento, la desecación de humedales y la tala excesiva de bosques en las cuencas de captación...) constituyen un mecanismo adicional para hacer partícipes del proyecto de restauración a propietarios de tierras, usuarios de los recursos y comunidades circundantes y lograr así, que tengan en cuenta las causas y los efectos de la degradación.

La divulgación (en foros científicos y técnicos y por medio de información dirigida al público en general) del desarrollo de un proyecto de restauración y de los resultados y logros obtenidos, debe ser contemplado como un aspecto muy importante en la planificación del proyecto. De este modo, la divulgación de proyectos de restauración realizados con éxito, pueden servir de ejemplo y aliento para la participación continua de los interesados directos y la formulación de nuevos proyectos y programas.

La convención de Ramsar, mediante la Resolución VII.8, sobre Comunidades Locales y Pueblos Indígenas, reconoce el papel fundamental de los interesados locales en la aplicación de los principios de uso racional y en el manejo/gestión de los humedales, a la vez que insta a promover su participación activa e informada. Destacamos los aspectos de mayor relevancia por su aplicación a la restauración de humedales:

Lineamientos para establecer y fortalecer la participación de las comunidades locales y de los pueblos indígenas en el manejo de los humedales (Resolución VII.8).

- En el contexto de los presentes lineamientos, se considera que son interesados directos ("stakeholders") quienes representan distintos intereses y/o aportan contribuciones al manejo/gestión de un humedal, atribuyéndose especial importancia a los grupos de interés en el seno de las comunidades locales y pueblos indígenas y a los organismos gubernamentales responsables del manejo/gestión de los humedales.
- El fomento de la confianza de los interesados directos requiere tiempo y exige esfuerzos y atención. Entre los elementos que contribuyen a crear confianza figuran los siguientes:

la buena disposición para procurar objetivos conjuntos de manera cooperativa; los esfuerzos compartidos; el respeto mutuo; una comunicación abierta y permanente; expectativas claras y realistas acerca de los resultados del proceso; la terminación satisfactoria y puntual de las tareas convenidas; el cumplimiento de los compromisos y la participación de todos los sectores de la comunidad.

- La intervención de los interesados directos locales en la vigilancia/seguimiento de los sitios y en la evaluación del proceso aporta una contribución valiosa e importante al logro de los objetivos de conservación participativa. Otros beneficios que se obtienen son:
 - El mejoramiento de la viabilidad del ecosistema.
 - La reducción de los costos del manejo/gestión.
 - La asistencia en materia de vigilancia/seguimiento y supervisión.
 - La disminución de las infracciones.
 - El mejoramiento de la sostenibilidad social y de la calidad de vida de las comunidades que dependen de los humedales.
- Los mecanismos de creación de redes, tales como reuniones periódicas, boletines y programas de radio, cumplen propósitos educativos y de intercambio de información.



Ponencias impartidas por diversos expertos a los agricultores de la Zona Periférica de Protección en las 1^{as} y 2^{as} Jornadas de Formación Agrícola



Actividades de didáctica y sensibilización con profesorado de primaria en el Programa de Educación Ambiental Divulgación y Conservación en las Albuferas de Adra.



Actividades de didáctica y sensibilización con alumnado de escolar en el Programa de Educación Ambiental Divulgación y Conservación en las Albuferas de Adra

2. Los humedales mediterráneos

La cuenca mediterránea alberga una gran diversidad de ambientes acuáticos, muchos de ellos, producto de la interacción con el hombre a lo largo de la historia, que ha dado lugar a una extensa variedad de paisajes: lagunas, estanques, charcas, deltas, marismas, albuferas, marjales, salinas, arrozales, barrancos, ramblas, etc.

Los humedales se constituyen en agentes diversificadores del paisaje, en reservas inestimables de agua y en cobijo de una fauna que, si no existieran, sería muy difícil contemplar (Cardelús y otros, 1996).

Sin embargo, no siempre se ha valorado positivamente los beneficios que estos enclaves tan singulares ofrecían. Los humedales, en muchas regiones del mediterráneo han sufrido importantes mermas en su superficie, al ser desecados y transformados, con el fin de destinar estas zonas al cultivo agrícola, expansión urbanística, o bien como resultado de políticas encaminadas a mejorar las condiciones sanitarias eliminando focos de enfermedades, como el paludismo o la malaria.

El desconocimiento de la importancia de los humedales en todos los estratos de la sociedad, y especialmente entre los responsables de la adopción de decisiones y de la gestión de proyectos, ha contribuido enormemente a la pérdida de humedales. (Ramsar Convention Bureau, 1998).

En las últimas décadas los humedales han adquirido gran relevancia en cuanto a su estudio, tras establecerse claramente su importancia ecológica como fuente de riqueza sostenible. Esto ha llevado consigo el establecimiento de políticas dirigidas a proteger, conservar y gestionar estos recursos.



2.1 Características generales, definición y tipología

La cuenca mediterránea destaca por poseer una elevada variedad de zonas húmedas. Entre los humedales que componen su morfología se encuentran estuarios, deltas, marismas, lagos, oasis, llanuras de inundación, salinas naturales y artificiales y embalses (Pearce & Crivelli, 1994).

Estos ecosistemas, muestran una enorme diversidad de acuerdo a su origen, localización geográfica, su régimen acuático y químico, características del suelo o sedimento y vegetación dominante (Hauenstein *et al.* 1999).

A pesar de esta heterogeneidad, los humedales mediterráneos comparten una serie de características comunes, como por ejemplo, la temporalidad del régimen hidrológico: muchos humedales sufren grandes fluctuaciones en los aportes de agua llegando a secarse durante la época estival. Este carácter estacional está influido por el clima mediterráneo: estaciones muy marcadas, veranos secos, régimen pluviométrico irregular, etc. Otras características son: topografía muy plana o ligeramente deprimida y cercanía a la superficie del nivel freático.

El Plan Andaluz de Humedales define el término humedal como: “Un humedal es un ecosistema o unidad funcional de carácter predominantemente acuático, que no siendo un río, ni un lago ni el medio marino, constituye, en el espacio en el tiempo, una anomalía hídrica positiva respecto a un entorno más seco. La confluencia jerárquica de factores climáticos e hidrogeomorfológicos, hace que se generen condiciones recurrentes de inundación con aguas someras, permanentes, estacionales o erráticas y/o condiciones de saturación cerca o en la superficie del terreno por la presencia de aguas subterráneas, lo suficientemente importantes como para afectar a los procesos biogeofisicoquímicos del área en cuestión.”

El carácter mediterráneo de los humedales andaluces hace extensible esta definición al resto de humedales mediterráneos, además esta definición recoge dos aspectos claves del concepto de humedal, por un lado es un sistema ecológico, en el que se considera la complejidad de interacciones biofísicas que tienen lugar en estos sistemas y por otro, es un ecosistema con unos límites geográficos definidos.

Los intentos de clasificación y de descripción de los humedales mediterráneos son muy numerosos. El proyecto de la Unión Europea “Acción Coordinada a favor de los Humedales Mediterráneos MEDHUM”, proyecto MedWet (1996) (subproyecto MEDHUM-GESTIÓN), a través de su ejecución por el antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (actual Ministerio de Medio Ambiente), emplea un criterio de clasificación de tipo funcional, diferenciando entre otros ambientes: marismas, lagos, lagunas costeras, llanuras de inundación fluvial, complejos endorreicos y esteparios, deltas, oasis, chotts & sebkas, mananciales y surgencias, ramblas/wadis, arrozales, graveras, salinas y turberas.

Este sistema junto con una anterior clasificación de la UICN (1992), ha servido de base para la realización de una clasificación por parte del Plan Estratégico Español para la Conservación y Uso Racional de los Humedales (1997-2000). La clasificación adoptada por este Plan Estratégico, es la siguiente:

Tipos de humedales modificados a partir de la UICN (1992) y de MedWet (1996)

- Estuarios
- Lechos acuáticos y praderas sumergidas
- Deltas
- Albuferas y estanques costeros
- Llanuras de inundación
- Lagos
- Humedales estacionales de agua dulce
- Marismas halófilas
- Manantiales
- Embalses
- Salinas
- Otros humedales artificiales (arrozales, estanques de acuicultura, graveras, etc..)

La clasificación de los humedales mediterráneos MedWet es una lista jerárquica de hábitat de humedales basada en el sistema de clasificación de humedales de los EE.UU. (Cowardin *et al* 1979) con modificaciones introducidas para reflejar la variedad de hábitat de humedales del Mediterráneo. Esta clasificación considera cinco sistemas (marino, estuarino, fluvial, lacustre y palustre) que se subdividen en subsistemas (mareal, limnético, litoral), a su vez los subsistemas se dividen en clases (acuíferos, surgencias, lechos acuáticos), y subclases (persistente o no persistente dentro de la clase emergente).

El sistema de clasificación de tipos de humedales de la Convención de Ramsar, al igual que la anterior, está basada en la clasificación nacional de humedales de los EE.UU. Ha sido modificada en varias ocasiones desde su introducción en 1989, para acomodar otros hábitat de interés para las Partes Contratantes en la Convención de Ramsar. Las categorías enumeradas en dicha clasificación, sólo tienen por objeto aportar un marco muy amplio que facilite la identificación rápida de los principales hábitat de humedales representados en cada sitio.

El método de clasificación hidrológica de los humedales andaluces (Plan Andaluz de Humedales; CMAJA, 2002) consiste en describir la hidrología del humedal mediante cuatro factores principales (origen del agua, modo de vaciado, hidroperiodo y tasa de renovación) y dos factores complementarios (hidroquímica e hidrodinámica) (Manzano *et al*, 2002). Se trata de una clasificación de carácter genético-funcional, basada en componentes geomorfológicos e hidrológicos pero sin obviar la composición y estructura de las comunidades biológicas, siendo coherente con el concepto y la definición de humedal adoptados. Es una clasificación novedosa, ya que tiene en cuenta el origen de sus cubetas y las formas en que se abastecen de agua; permitiendo que pueda actuarse sobre las causas de degradación y no sólo sobre sus efectos, a la hora de llevar a cabo un programa sobre conservación o restauración. Además considera la cuenca como la unidad fundamental para garantizar una gestión eficaz de estos ecosistemas.

Los distintos casos de estudio contemplados en el presente manual, han sido clasificados siguiendo como modelo la propuesta del Plan Andaluz de Humedales, si bien se ha optado por una clasificación simplificada, de tipo funcional, basada en la utilizada en el Plan Estratégico Español para la Conservación y Uso Racional de los Humedales (1997-2000) y modificada a partir de la UICN (1992) y de MedWet (1996). (Tabla 1).



Laguna salina en Cabo de Gata



Laguna Amarga



Laguna seca durante la época estival. Forma parte de su ciclo hidrológico natural. Fuente de Piedra

Tabla 1. Clasificación genético-funcional de humedales

Humedales del litoral mediterráneo				
Tipo de humedal	Proceso morfodinámico	Modelo de alimentación	Hidroperiodo	Ejemplo de humedal
Lagunas litorales	Dunares, freato-eólicos y aluvio-eólicos	Hipogénico, epigénico o mixto	Permanente o temporal	Laguna de Pylos. Grecia
Deltas	Deltaicos, aluviales y mareales	Hipogénico o mixto	Permanente o temporal	Delta del Ebro. España
Marismas	Aluviales, mareales y de playas-dunas	Aguas marinas, continentales o mixtas	Permanente o temporal	Marismas del Odiel. España
Albuferas	Deltaicos, aluviales y mareales	Hipogénico o mixto	Permanente	Albufera de Adra. España

Humedales continentales del mediterráneo				
Tipo de humedal	Proceso morfodinámico	Modelo de alimentación	Hidroperiodo	Ejemplo de humedal
Llanuras inundación	Aluviales	Mixto	Permanente o temporal	Humedales del río Sile. Italia
Lagos	Kársticos o pseudokársticos y aluviales	Hipogénico o mixto	Permanente	Lago Nestos. Grecia
Lagunas esteparias	Kársticos o pseudokársticos y aluviales	Hipogénico, epigénico o mixto	Permanente o temporal	Fuente de Piedra. España
Manantiales	Kársticos y aluviales	Hipogénico o mixto	Permanente o temporal	Manantiales del río Stella. Italia
Turberas	Tectónicos y turberización	Hipogénico o mixto	Permanente o temporal	Turberas calcáreas del lago Trichonis. Grecia

Humedales continentales del mediterráneo				
Tipo de humedal	Proceso morfodinámico	Modelo de alimentación	Hidroperiodo	Ejemplo de humedal
Embalses	Antrópicos	Epigénico de drenaje abierto	Permanente o temporal	Embalse del lago Tavropos. Grecia
Graveras	Antrópicos	Hipogénico o mixto de drenaje abierto	Permanente o temporal	Graveras del corredor verde del Guadiamar. España

Humedales culturales	
Salinas tradicionales	Ejemplo de humedal
Geomorfológicamente pueden corresponderse o no con antiguas humedales, tanto continentales como litorales; hidrológicamente los continentales son epigénicos o mixtos, de drenaje abierto o mixto; y los litorales de aportes marinos, drenaje cerrado y permanentes.	Salinas de Cabo de Gata. España

Adaptado de MedWet (1996) y Plan Andaluz de Humedales (2004).

2.2 Funciones y servicios ambientales de los humedales

Los humedales de la cuenca mediterránea destacan por su gran valor ecológico, social y económico.

Ecológicamente, los humedales mediterráneos cumplen una función especial, por su posición estratégica, como refugio para las aves durante sus rutas migratorias. También brindan cobijo a animales que utilizan sus ambientes para reproducirse o alimentarse. De igual forma, se ha documentado su relevancia en el mantenimiento del microclima y su contribución en la captación y emisión de carbono.

Desde el punto de vista social, a lo largo de la historia y aún hoy, los humedales han estado asociados a una gran diversidad de culturas y pueblos que dependen de ellos para subsistir. Actualmente, la belleza de sus paisajes y la diversidad de sus ambientes, suponen un excelente recurso para la recreación y el turismo.

Son muchas las actividades económicas ligadas a los humedales: pesca, caza, producción de sal, cultivo de arroz... lo que implica beneficios para los habitantes locales y para la población aguas abajo y costera.

La UICN (1992) ha realizado una clasificación de los beneficios que se extraen de las complejas interacciones que ocurren entre los componentes de los humedales, diferenciándolos en productos (aquellos beneficios directamente explotables por el hombre y de los que se obtiene un beneficio económico), funciones (los derivados de forma indirecta, a partir de las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos del humedal) y atributos (aquellos componentes que tienen una importancia intrínseca y no cuantificable, es decir, que poseen valor en sí mismos, aunque puedan conducir a ciertos usos o a la obtención de productos particulares).

La tabla 2 resume los principales funciones, productos y atributos, de los humedales mediterráneos. En algunos casos, se han perdido o se encuentran gravemente dañados, al verse afectada la integridad del humedal.

En la actualidad, a pesar de todas las cualidades positivas que caracterizan a estos ecosistemas, como una alta biodiversidad y productividad, y sus funciones, productos y atributos, también destacan por ser uno de los ecosistemas mayormente impactados (Kusler *et al.* 1994, Möller & Muñoz 1998). Un reciente estudio titulado Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM), emitido por la Organización de las Naciones Unidas, advierte sobre los peligros derivados de la pérdida de estos ecosistemas sobre el bienestar de la humanidad, si no se ponen en marcha actuaciones encaminadas a detener su progresivo deterioro.



Depuradora verde creada en el proyecto LIFE "Acuífero de Tordera"



Salinas de Santa Gilia, Cerdeña

Tabla 2. Valores de los sistemas acuáticos según el tipo.

Tipo de humedales	Estuarios	Lechos acuáticos y praderas sumergidas	Deltas	Albuferas y estanques costeros	Llanuras de inundación	Lagos	Humedales estacionales de agua dulce	Marismas halófilas	Manantiales	Embalses	Salinas	Otros humedales artificiales (arrozales, graveras, estanques acuicultura)
Valores												
Funciones												
Recarga de acuíferos	A	A	P	A	I	I	P	A	A	P	A	P
Descarga de acuíferos	P	A	P	P	P	P	P	P	I	A	A	P
Control de inundaciones	A	A	P	A	I	I	I	P	A	I	A	P
Estabilización de la línea costera y control de la erosión	I	P	I	I	P	A	A	A	A	A	P	A
Retención de sedimentos y/o sustancias tóxicas	I	A	I	P	I	I	I	P	A	I	A	P
Retención de nutrientes	I	A	I	P	I	I	I	A	A	I	A	A
Exportación de biomasa	P	A	I	I	I	P	P	A	A	A	A	P
Protección contra las tormentas	I	A	I	I	A	A	A	A	A	A	P	A
Estabilización de microclimas	A	A	P	P	P	P	P	A	A	P	A	A
Transporte de agua	I	A	P	I	P	P	A	A	A	A	A	A
Actividades recreativas y turismo	I	I	I	I	P	I	I	P	P	P	A	P
Productos												
Recursos vegetales y forestales	A	P	P	P	I	A	I	A	A	A	A	A
Flora y fauna silvestres	I	I	I	I	I	I	I	P	P	P	P	P
Pesquerías	I	I	I	I	I	I	I	A	A	P	A	P
Pastos y recursos forrajeros	I	A	I	A	I	A	I	P	P	A	A	P
Recursos agrícolas	P	A	I	A	I	A	I	A	P	I	A	I
Recursos minerales	A	A	A	P	P	A	A	A	P	A	I	P
Abastecimiento de agua	A	A	I	A	I	I	P	A	I	I	A	P
Atributos												
Diversidad biológica	I	I	I	P	I	P	I	I	P	P	P	P
Patrimonio cultural	I	P	I	I	P	P	I	I	I	A	P	A

Leyenda: A = Ausente P = Presente I = Importante

Modificado a partir de la UICN (1992) y MedWet (1996) (fuente: MIMAM, 2000).

Este novedoso estudio considera a los ecosistemas como el complejo de comunidades vivas (incluidas las comunidades humanas) y del medio ambiente no vivo (Componentes de los Ecosistemas) que interactúan (a través de Procesos Ecológicos) como una unidad funcional que proporciona, entre otras cosas, una variedad de beneficios a los seres humanos (Servicios de los Ecosistemas). Entre estos servicios de los ecosistemas se incluyen los de aprovisionamiento, regulación y servicios culturales, que afectan directamente a las personas, y los servicios de apoyo, que son necesarios para mantener a los anteriores servicios. En el Informe de Síntesis preparado por la EEM para la Convención de Ramsar se describen los servicios de los ecosistemas de humedales y sus valores que, en el contexto de la Convención de Ramsar se refiere a los productos, funciones y atributos, ampliados mediante la inclusión de los valores culturales. Tabla 3.

2.3 La conservación de los humedales

Durante siglos, los humedales mediterráneos han sufrido el efecto de las actividades desarrolladas por el hombre.

En Bélgica, Francia, Grecia, Italia, Países Bajos y España se han perdido más del 50% de los humedales originales, llegando hasta un 90% en algunas zonas, como por ejemplo en la región de Flandes (Bélgica). Algunos tipos específicos de humedales, incluidos las llanuras de inundación y las zonas pantanosas de agua dulce, muestran índices de pérdida incluso más elevados.

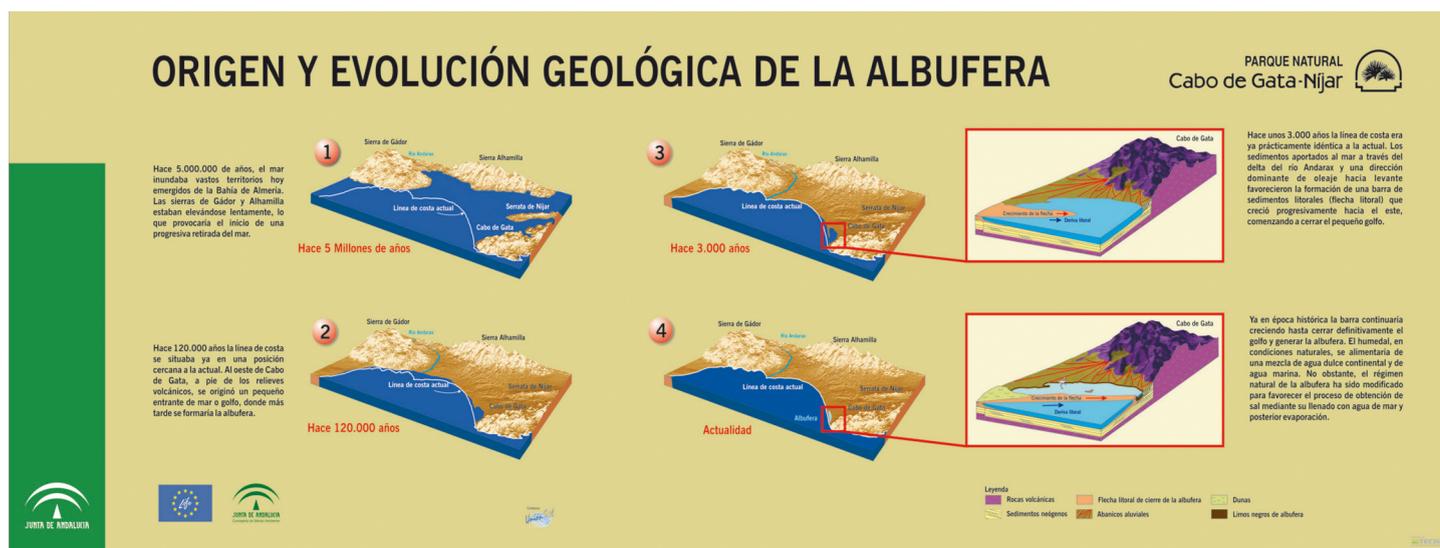
La desaparición y degradación de los humedales es debida a presiones económicas, a la actividad humana, a la falta de coordinación de las intervenciones administrativas y legislativas, y al desconocimiento de la opinión pública y de las autoridades en lo que respecta a la función e importancia de los humedales.

Las alteraciones introducidas en los sistemas acuáticos como consecuencia de las actividades antropogénicas, perjudican seriamente la salud de los humedales y, como consecuencia, se reducen los beneficios económicos y ambientales que de ellos se extraen. (Tabla 4).

Tabla 3. Relación de los beneficios que brindan las cuatro categorías de Servicios de los Ecosistemas aplicados a los ecosistemas de humedales.

Servicios de aprovisionamiento	Servicios de regulación	Servicios culturales	Servicios de apoyo
Productos que se obtienen de los ecosistemas de humedales: Alimentos - Agua dulce - Fibras y combustibles - Recursos genéticos - Productos bioquímicos	Beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas de humedales: - Regulación del clima - Regímenes hidrológicos - Protección contra la erosión - Reducción del riesgo de desastres naturales - Control de la contaminación y procesos de eliminación de la toxicidad	Beneficios materiales y no materiales que se obtienen de los ecosistemas de humedales: - Espirituales y de inspiración - Recreativos - Estéticos - Educativos - Artefactos históricos - Medios de subsistencia y conocimiento tradicionales	Servicios necesarios para la generación de todos los demás servicios de los ecosistemas: - Formación de suelo - Ciclo de los nutrientes - Producción primaria

Modificado de Millennium Ecosystem Assessment, 2003.



La educación sobre la fragilidad de los ecosistemas es vital para evitar la pérdida de humedales

Tabla 4. Humedales Mediterráneos y estado de conservación de sus funciones.

Función del humedal	Conservada	Perdida o seriamente dañada
Recarga de acuífero	Sebkhet, Kelbia, Túnez Megali, Prespa, Grecia	Garaet el Haouaria, Túnez Llanura de inundación del Río Acheloos, Grecia
Descarga de acuífero	Merja Zerga, Marruecos Delta Göksu, Turquía	Tablas de Daimiel, España Marismas Phasouri, Chipre Partes de La Vera, Doñana, España Oasis Azraq, Jordania
Control de las Inundaciones	Lac Fetzara, Argelia Lagos Volvi y Langada, Grecia Reserva Sidi Saad, Túnez	Llanura de inundación y Delta del Po, Italia Llanura de inundación Río Strymon, Grecia Garaet Mabtuha, Túnez Valle del Bajo Mondego, Portugal
Retención de sedimentos / sustancias tóxicas	Lago Hula, Israel Lago Kerkini, Grecia	Delta del Kizilimak, Turquía Río Júcar, Valencia, España
Retención de nutrientes	Marisma Mekhada, Annaba, Argelia Albufera de Mallorca, España	Delta del Axios, Grecia
Estabilización de la línea de costa	Lagos Languedoc-Roussillon, Francia	Delta del Nilo, Egipto
Transporte de agua	Lago Grado-Marano, Italia Río Rhöne, Francia Lac de Bizerte, Túnez	Utique, Túnez
Soporte de la cadena alimentaria	Islas Kneiss Mudflats, Túnez Lago Akgol, Turquía	Estanque de Molentargius, Sardinia, Italia
Hábitat de vida salvaje	Lac Tonga, Argelia Mikri Prespa, Grecia Estuario del Río Tejo, Portugal	Ichkeul, Túnez Lago Bardawil, Egipto
Actividad recreativa	Camarga, Francia Lago Skadar, Montenegro	Estanque de Santa Gila, Sardinia, Italia

Fuente: MedWet 1996.

En la actualidad, la preocupación por salvaguardar dichas funciones se manifiesta en la creciente ejecución de proyectos de restauración en todas las regiones del planeta. Entre los proyectos de restauración realizados, para restablecer las funciones y beneficios de los humedales, se encuentran (Skotte, 1999):

- Restauración de zonas de pesca y pastoreo: llanura aluvial de Waza Logone, Camerún.
- Restauración para controlar inundaciones: bajo Rin en los Países Bajos y Alemania y Lago Fetzaraire en Argelia.
- Almacenamiento de agua: Oasis de Azraq, Jordania.
- Estabilización de la costa, protección contra tormentas y pesca: restauración de manglares en Malasia, Tailandia, Bangladesh, Australia, Filipinas, Indonesia, India, Vietnam y China.
- Retención y eliminación de nutrientes: programa global de restauración de humedales en Dinamarca para eliminar nitratos a fin de reducir la eutrofización de zonas marinas; laguna costera Etang de l'Or, Francia; Lago Hula, Israel.
- Protección de aguas dulces, aguas subterráneas y recursos desuelos contra la salinización: restauración de la Laguna Katarapko y otros humedales en Australia y de humedales costeros en Dinamarca para prevenir la intrusión de agua salada; Lago Karla, Greece.
- Restauración o rehabilitación de humedales para fomentar la conservación de la biodiversidad y/o promover la recreación/el turismo: Lago Hornborga y Lago Draven, Suecia; restauración de llanuras aluviales en Austria; pantanos de los Everglades de Florida, EE.UU.; complejo de humedales de Molentargius, Italia; y muchos otros.
- Restauración de importantes deltas de ríos cuya extensión está disminuyendo progresivamente: delta del Río Louisiana (EE.UU.)

Desde la Conferencia de Grado, en 1991, que dio lugar al establecimiento de la Iniciativa MedWet, no se había realizado una evaluación de los humedales mediterráneos partiendo del conjunto de la cuenca. Esto llevó a la realización en el año 2004, con la contribución del Equipo MedWet, de una 'Evaluación

cualitativa del estado de los humedales mediterráneos’.

La evaluación se diseñó para complementar el inventario cuantitativo de los humedales y, la labor de evaluación, se llevó a cabo utilizando las metodologías de inventario de MedWet, que no habían estado disponibles hasta entonces para el análisis a nivel de la cuenca Mediterránea.

Las conclusiones derivadas del estudio indican que los humedales mediterráneos siguen sufriendo un proceso de degradación, como consecuencia del desarrollo de actividades antropogénicas. Este proceso es más acusado en los humedales costeros que en los continentales. También se reconoce el valor de los programas de conservación y la concienciación de las comunidades locales para evitar la pérdida de humedales.

Estas son las conclusiones extraídas de la evaluación:

- Aunque el estado de algunos humedales del Mediterráneo ha mejorado en los últimos 13 años, muchos otros se han deteriorado.
- Se considera que hay en la actualidad más humedales mediterráneos que se están deteriorando que durante los últimos 13 años.
- Las acciones de manejo de la conservación (entre las que se incluye la designación de sitios Ramsar), la concienciación de las comunidades locales y el reconocimiento de los valores culturales están ayudando a conservar la situación de los humedales, especialmente en la parte septentrional de la cuenca.
- Continúan existiendo muchos generadores importantes de distinto tipo que deterioran la situación de los humedales, principalmente el desarrollo de infraestructura urbana, la contaminación urbana/industrial, el turismo (aunque también puede contribuir positivamente a conservar la situación, particularmente en los humedales continentales), la extracción de agua, el aumento de la agricultura intensiva, los desagües agrícolas y la caza.
- Los humedales costeros se han deteriorado más que los humedales continentales, y en la actualidad están en una situación peor, debido particularmente a los desarrollos urbanos, industriales y de infraestructura, entre los que figuran el turismo, la contaminación urbana e industrial, la agricultura intensiva y los desagües, todos ellos generadores que se están intensificando.
- Aunque actualmente los humedales continentales en su conjunto están en mejores condiciones que los humedales costeros, las presiones derivadas de la extracción de agua, los desarrollos urbanos y de infraestructura, la contaminación urbana e industrial, la caza y la agricultura intensiva continúan, aunque la tasa está disminuyendo en algunos lugares. Esas presiones continúan siendo más altas en la parte septentrional que en la parte meridional de la cuenca.

Ante esta situación, se deduce la necesidad de seguir desarrollando programas de conservación como medida de protección de los humedales. Por otro lado, los planes de restauración son métodos complementarios a la gestión, y siempre que se realicen adecuadamente, permitirán la mejora de las condiciones de los humedales.



Laguna de Orbetello, Cerdeña

3. Restauración ecológica de humedales

3.1 Conceptos y definiciones

Las primeras acciones de restauración ecológica reportadas en la literatura, fueron realizadas en las praderas de Wisconsin (25 hectáreas) por Aldo Leopold en 1935, quien es reconocido como uno de los pioneros en la materia (Jordan III *et al.* 1987).

Desde final del siglo pasado, debido al cambio de sensibilidad en la sociedad, se ha comenzado a valorar estos ecosistemas surgiendo un creciente interés por su conservación y recuperación. Una función muy importante de los programas de conservación, rehabilitación y/o restauración es restringir futuras pérdidas ecológicas, mantener los humedales que existen y paralelamente reparar los sistemas naturales afectados. La conservación y restauración son dos herramientas para cumplir estos objetivos.

La Convención de Ramsar sobre Humedales, a través de su Grupo de Examen Científico y Técnico (STRP), ha elaborado un glosario de términos relacionados con la restauración de humedales (puede consultarse en http://www.ramsar.org/strp/strp_rest_glossary.htm), con la finalidad de promover la reflexión sobre los significados de los diferentes términos relacionados con la restauración de humedales a la vez que facilite el entendimiento entre los profesionales dedicados a este campo.

El término “restauración”, se ha dado a todo aquel proceso ecológico cuya finalidad es recuperar las condiciones ambientales que prevalecieron en un sitio dado, y que por alguna causa se vieron afectados negativamente (Sol Sánchez *et al.*, 2002).

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER siglas en Inglés) define restauración ecológica como el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido (SER, 2004).

En particular, la restauración ecológica se refiere al proceso de recuperar integralmente un ecosistema que se encuentra parcial o totalmente degradado, en cuanto a su estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia, hasta llevarlo a condiciones semejantes a las presentadas originalmente (Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan III *et al.* 1987, Meffé y Carroll 1996), sin dejar de considerar que se trata de sistemas dinámicos que se encuentran influenciados por factores externos que provocan que las características anteriores varíen dentro de un rango a lo largo del tiempo (Parker y Pickett, 1997).



Cartel de fases de realización del filtro de macrófitos en el Parque Natural Regional Molentargius Saline



Plantación de carrizos en un canal para mejorar la calidad de las aguas



Filtro verde en Laguna de Orbetello, Cerdeña

Otras posibilidades para mejorar la calidad del agua consisten en cambiar la ruta del agua por medio de pozas u otras estructuras construidas para permitir que el exceso de nutrientes, sedimentos o contaminantes se depositen o lleguen a ser absorbidos o convertidos a una forma menos dañina por medio de procesos naturales. Las siguientes técnicas emplean estos sistemas:

Zonas de amortiguación

Son franjas de terreno cubiertas con vegetación permanente para atrapar y controlar los contaminantes antes de llegar a zonas sensibles y causar otros problemas ambientales. El uso de zonas amortiguadoras es una forma excelente de asegurar la calidad de agua y el habitat para los peces y la vida silvestre, así como para otros beneficios ambientales. Estos son más eficientes en combinación con otras medidas de conservación. La creación de estas zonas entre los humedales y las zonas de cultivo permite reducir la contaminación difusa provenientes de nutrientes agrícolas o de sedimentos procedentes de áreas adyacentes. En las lagunas costeras del Delta del Nestos (Grecia) se creó una franja vegetal de amortiguación y filtración de unas 6 ha, que redujeron en un 60% las cargas de nitrógeno y de fósforo de los efluentes concentrados en los canales de drenaje. Estas zonas fueron densamente plantadas con diferentes especies para controlar la erosión y evitar la entrada de efluentes agrícolas, a la vez que fueron valladas para evitar la entrada de rebaños de herbívoros. Estas zonas cumplen una doble función al actuar, además, como “biotopos puentes” para que las especies silvestres reconecten los distintos lagos con los hábitats naturales. (Proyecto LIFE “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351).

Adecuación de zonas de amortiguación

La Fundación Global Nature, en el ámbito de un proyecto LIFE, ha desarrollado trabajos de adecuación del entorno de las lagunas de la Nava y Boada que han implicado la plantación de 10.500 árboles y arbustos de especies autóctonas de la zona: sauces, álamo negro, álamo blanco, taraje, espino albar, bonetero, zarzamora, corneja, endrino y sauco.

Como complemento a estos trabajos han sido plantadas 2 hectáreas de cardo en parcelas colindantes con la laguna de La Nava. Los cardos tienen una intensa actividad fotosintética en invierno y se adaptan perfectamente a las condiciones del clima seco de España. Por otro lado, la presencia de estas especies contribuye a la producción de biomasa de tal forma que se favorezca el resguardo y alimentación de distintas especies de aves. La vegetación plantada en el entorno de las lagunas permite disminuir los aportes de nutrientes provenientes de las parcelas agrícolas perilagunares. Además, su sistema radicular permite retener el suelo y por lo tanto evitar los procesos erosivos.

Estas medidas han contribuido a mejorar los hábitats naturales de estos humedales y las zonas de uso público colindantes con las mismas.

Biorremediación

La Biorremediación o remediación biológica, es un método de saneamiento ambiental que emplea organismos vivos, para degradar y transformar contaminantes en compuestos menos nocivos, tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos.

La eliminación de metales pesados en humedales es el resultado de diferentes procesos biogeoquímicos, que incluyen procesos aeróbicos y anaeróbicos en la columna de agua, en la superficie de plantas vivas y en descomposición y en el sustrato (A. Sobolewski, 1999). Además, esta eliminación se debe principalmente a procesos microbiológicos (V.I. Groudeva, S.N. Groudev, A.S. Doycheva; 2000).

Bio-manipulación

Se trata de una técnica de restauración basada en la manipulación de la cadena trófica. Consiste en la utilización de comunidades clave (generalmente peces, ciprínidos) y/o de sus hábitats para aumentar la actividad de los organismos filtradores, principalmente del zooplancton por ejemplo *Daphnia sp.*, y conseguir así, reducir la cantidad de fitoplancton (Shapiro et al., 1975). La mayor supervivencia del zooplancton de gran tamaño puede conducir a un aumento de la presión de herbivoría sobre el fitoplancton (algas microscópicas que provocan la turbidez del agua). La reducción de la biomasa algal aumenta la transparencia del agua y favorece el crecimiento de macrófitas (Meijer et al. 1999). Este conjunto de medidas se basa en el principio ecológico del control por consumo en la cadena trófica. La bio-manipulación se ha realizado en lagos del norte de Europa, (Romo et al. 1996, Meijer et al. 1999) pero su aplicabilidad a la cuenca mediterránea no está demostrada aún. Una experiencia de bio-manipulación fue realizada en la albufera de Adra, en el marco del proyecto "Control de la eutrofización en las lagunas de las Albuferas de Adra. Diagnóstico, evaluación y propuesta de recuperación" (UE - LIFE B4-3200/98/458) durante los años 1999 y 2000.



Labores de siembra para la construcción de la zona de amortiguación en Nestos. Proyecto LIFE "Lagos Vivos"





Delta del Ebro

Delta del Ebro y Albuferas de Adra: Experiencias de biomanipulación

La eutrofización de la laguna costera de l'Encanyssada (Delta del Ebro), está relacionada con los pesticidas y abonos inorgánicos procedentes de los cultivos de arroz. Para lograr la regeneración de la laguna, se limitó la entrada de agua procedente de los arrozales mediante compuertas que se abrían únicamente cuando la calidad de la misma era suficiente, al tiempo que se permitió una pequeña aportación de agua dulce procedente del río Ebro. Al mejorar la calidad del agua se benefició el crecimiento de *Potamogeton pectinatus* y *Rupia cirrosa*. El éxito del proyecto se manifiesta en la cobertura de macrófitos, próxima al 100%.

Paralelamente la laguna del Clot, de menor tamaño, fue desecada, permitiéndose la aireación del sedimento durante un año, para ser posteriormente inundada con agua procedente del río Ebro. Esta experiencia permitió recuperar la vegetación sumergida que servía de sustento a aves acuáticas y peces, a la vez que demostró una relación directa entre aportes de nitrógeno en forma de amonio y la proliferación de macroalgas. Proyecto LIFE: "Mejora de la gestión de la ZEPA del delta del Ebro" (LIFE96 NAT/E/003133)

En las albuferas de Adra, enclave afectado por procesos de eutrofización, se aplicaron técnicas de biomanipulación para examinar el efecto que la disminución de aportes de nutrientes unido a la depredación del zooplancton sobre el fitoplancton, tendría sobre la eutrofización del sistema. De los ensayos realizados por Cruz-Pizarro *et al.*, (2002), se deduce que los resultados de la aplicación de biomanipulación a la laguna Honda en particular y a las Albuferas de Adra en general sería más satisfactoria si la comunidad zooplanctónica estuviera representada en su mayoría por especies filtradoras de gran tamaño, como Cladóceros. Según Pizarro *et al.* (2002) si bien, esta "ecotecnología" se encuentra aún en fase experimental, es aconsejable medio-ambientalmente, ya que no requiere de tratamientos químicos ni de tecnologías mecánicas agresivas. Proyecto LIFE: "Conservación de las Albuferas de Adra", (LIFE98 NAT/E/5323).

Filtros verdes

Esta técnica se basa en los procesos de depuración natural que ejercen las plantas acuáticas. Consisten en cultivos de una o varias especies de macrófitos (plantas superiores) dispuestas en lagunas, tanques o canales de poca profundidad. Las plantas degradan, absorben y asimilan los contaminantes, al tiempo que proporcionan una extensa superficie donde se posibilita el crecimiento bacteriano y se filtran elementos sólidos en suspensión. La capacidad de depuración es tal, que se emplean como tratamientos terciarios de aguas procedentes de depuradoras.

En el proyecto LIFE: "Macrophytes", se ha llevado a cabo un novedoso método de depuración mediante humedales artificiales capaz de eliminar los elementos eutrofizantes, particularmente el fósforo y el nitrógeno, así como metales pesados y fenoles. Este sistema emplea macrófitos emergentes (*Typha*, *Scirpus*, *Iris*, *Sparganium*, *etc*) que son transformadas artificialmente en flotantes. De este modo, se consigue el crecimiento de raíces y rizomas hasta ocupar todo el volumen disponible, aumentando la filtración del agua a través del entramado formado y la degradación de la materia orgánica por parte de los microorganismos en ella contenida. Se crearon siete prototipos de Filtros de Macrófitos en Flotación, con el objetivo de reducir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, derivada de las filtraciones y vertidos de aguas residuales de las poblaciones del municipio de Lorca (Murcia). Los filtros previstos, adaptados a las condiciones de los efluentes: purines ganaderos o vertidos urbanos, han sido construidos y se encuentran en funcionamiento. Programa LIFE-Medio ambiente: "Nuevos Filtros Verdes con Macrófitos en Flotación para la Región Mediterránea" (LIFE02 ENV/E/000182).

Son muchos los proyectos en los que se ha instalado un filtro verde como sistema para mejorar la calidad del agua que llega a los humedales. Por ejemplo, la calidad de las aguas de la Laguna Larga, estaba afectada por las aguas procedentes de la depuradora de Villacañas (Toledo). En el canal de filtración (525 m. de largo y 6,5 m. de ancho de media) se plantaron eneas (*Typha latifolia*) y otras especies de los géneros *Scirpus*, *Phragmites* y *Sparganium*, lográndose un sistema de filtración natural. En los últimos años, numerosas especies han recolonizado la laguna o han aumentado sus poblaciones, en parte debido a la mejora de la calidad del agua. (Proyecto LIFE Humedales de Villacañas, LIFE99NAT/E/006339). Otros proyectos que emplean filtros verdes son: lagunas de Gallocanta, isla de Buda, laguna de Fuente de Piedra y marismas de Doñana.

Existen distintos tipos de filtros, en función del tipo de macrófitos empleados, de todos ellos, los sistemas de filtración por macrófitos flotantes son particularmente apropiados para su instalación en las zonas templadas y calurosas de las costas mediterráneas septentrionales y meridionales, por diversas razones:

- El clima, los inviernos templados permiten no utilizar plásticos para proteger a las plantas, abaratando los costes, y por otro lado, estos filtros son más activos en verano, coincidiendo con la mayor afluencia de turismo a la costa.
- Permite la reutilización del agua, al realizar un tratamiento terciario de los efluentes.
- Pueden emplearse en núcleos de población pequeños y aislados.

Existen distintos tipos de sistemas de depuración que emplean macrófitos, estos son:

Filtros flotantes, emplean especies de macrófitas con capacidad de flotación, como por ejemplo, las lentejas de agua (*Lemna*, *Wolffia*, *Spirodella*), helechos (*Azolla sp.*), jacintos de agua (*Eichornia crassipes*), o nenúfares (*Victoria regia*). En estos sistemas el contacto entre las raíces y el agua residual es total, presentando una gran superficie para la absorción de grandes cantidades de nitrógeno y fósforo, sin embargo, estas especies no alcanzan un gran tamaño y su producción de biomasa es limitada, lo cual reduce su valor depurativo absoluto. Su empleo es aconsejable en sistemas que reciban aportes con bajos contenidos en materia orgánica y sólidos disueltos.

Filtros de macrófitos emergentes. Este sistema emplea plantas enraizadas y tolerantes al encharcamiento, como por ejemplo, los carrizos (*Phragmites sp.*), juncos (*Scirpus sp.*) o eneas (*Typha sp.*). Estas plantas pierden sus hojas en invierno, rebrotando en primavera a partir de rizomas. Algunas especies de plantas emergentes tienen capacidad de absorber cantidades importantes de metales pesados o descomponer fenoles, por lo que el sistema es también válido para tratar vertidos industriales. En función de cómo se produzca el flujo de agua, se distingue entre: sistemas de flujo superficial y sistemas de flujo subsuperficial. En el primero, la eliminación de contaminantes se produce por reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior de contacto, ya que por las raíces circula una escasa cantidad de agua residual, por lo que su potencial de depuración es muy restringido. En el sistema de flujo subsuperficial, se utiliza una capa de grava o de suelo por donde circula el agua por gravedad. Al atravesar el agua las raíces se aumenta enormemente el rendimiento depurativo. El mayor inconveniente, es la rápida colmatación del terreno, ya sea por las propias raíces o rizomas o por los sólidos sedimentados. Cuando esto ocurre, no es posible retirar los contaminantes sin destruir el sistema.

Filtros de macrófitos flotantes (FMF). Este método combina las ventajas de los sistemas flotantes y los de macrófitas emergentes. Se basa en el empleo de macrófitas de tipo emergente enraizadas en el terreno de forma natural, que son transformadas artificialmente en flotantes. Al crecer flotando, estas especies forman un

tapiz de vegetación que ocupa toda la superficie de la laguna o del canal (cuya profundidad puede variar de 25 a 75 cm.), en el que las hojas bombean oxígeno a las raíces, favoreciendo el proceso de degradación de los contaminantes. Al mismo tiempo las raíces y rizomas, forman un denso entramado ocupando todo el volumen del espacio lagunar y obligando, a que todo el agua atraviese esta maraña de vegetación, a la vez que sirven de soporte de los microorganismos que degradan la materia orgánica. Las plantas deben ser en lo posible autóctonas de la región. Hasta la fecha se han empleado carrizos (*Phragmites sp.*), esparganios (*Sparganium sp.*), juncos (*Scirpus*, *Schoenus*), lirios de agua (*Iris pseudocorus*) y espadañas o eneas (*Typha sp.*), consiguiéndose los mejores resultados (alto rendimiento de crecimiento y depuración), con las últimas. Frente a los otros sistemas de filtros verdes, los filtros de macrófitos flotantes tienen una serie de ventajas, como por ejemplo, fácil instalación y bajos costes, requiere poca energía para su funcionamiento y son más efectivos (al circular el agua por la matriz de raíces la filtración es mayor), produce grandes cantidades de biomasa que puede ser empleada como compost, forraje, producción de energía, etc. y la cosecha de este material vegetal es fácil y no destruye el sistema.

Humedales artificiales

Se trata de humedales construidos por el hombre o creados a partir de la rehabilitación de antiguas charcas ganaderas, canteiras abandonadas, etc. Además de aportar los mismos beneficios que un humedal natural y actuar como reservas de biodiversidad, son empleados con fines didácticos, recreativos y educativos. En el Paraje Natural Marismas del Odiel, entre las actuaciones realizadas para recuperar la zona de antiguas salinas de las Marismas del Astur, se incluyó la creación de una laguna de agua dulce. De este modo, se lograba reducir los vertidos de la depuradora de Punta Umbría y regular la entrada directa de agua a la marisma. La construcción de este humedal artificial, se logró mediante la elevación de un murete perimetral existente y la colocación de compuertas. Posteriormente, se procedió a la revegetación de la franja adyacente a la vegetación mediterránea. (Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055).

Obras para la creación del humedal artificial de Tordena. Proyecto LIFE "Acuífero Tordena"



Humedal artificial acondicionado en antigua cantera para la extracción de áridos



Tordera: filtro verde y humedal artificial

El proyecto Acuífero Tordera, “Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales”, ha logrado la creación de un ciclo cerrado de uso y gestión del agua, mediante la implantación de un proceso que utiliza energías renovables y sistemas blandos de bajo mantenimiento. Entre los objetivos desarrollados se encuentran:

- Construcción de una depuradora verde que complete la depuración del agua urbana de Tordera.
- Canalización del agua depurada río arriba hasta un humedal que permite la recarga del acuífero.
- Recreación y diseño de este humedal para que actúe como zona de recarga del acuífero y como zona de ocio respetuoso y de educación ambiental para la población de Tordera y visitantes.

La población de Tordera capta el agua para el consumo doméstico en pozos situados aguas arriba del casco urbano. Para mejorar la gestión del ciclo del agua, se diseñó un ciclo cerrado de uso y gestión del agua, mediante la construcción de un filtro verde y un humedal artificial, utilizándose en el proceso energías renovables y sistemas blandos de bajo mantenimiento.

El agua procedente de la EDAR, se desvía por gravedad hasta un sistema de balsas de decantación (filtro verde), donde experimentan una segunda depuración por lagunaje. La vegetación helofítica, los macrófitos y los micro-organismos adheridos a estos vegetales, absorben los nutrientes, reduciéndose considerablemente el nivel de eutrofización del agua. Esta “depuradora verde” ocupa 6 hectáreas y se localiza justo al lado de la EDAR existente y en el margen derecho del río.

Tras esta segunda depuración, el agua es transportada 3 km. río arriba, a través de unas tuberías enterradas, cuyo trazado sigue un camino de servicios que discurre en paralelo al cauce del río, mediante tres bombas alimentadas por energía solar. Entre la EDAR y la depuradora verde se han instalado los 200 m² de paneles solares que suministran toda la energía necesaria.

El agua, finalmente, llega a una isla fluvial donde se ha recreado un humedal de recepción del agua depurada, de casi 1,5 hectáreas, que facilita la infiltración y recarga del acuífero. Este humedal se encuentra muy cerca del casco urbano de Tordera y está diseñado también para convertirse en un nuevo espacio para el ocio racional y respetuoso y para la educación ambiental de vecinos, escolares y visitantes en general.

Proyecto Life-Medio Ambiente 00/ENV/E/00539 “Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales”.

Depuradora verde del proyecto LIFE “Acuífero de Tordera”



4.1.4.2.3 Geomorfología y suelos

Los sedimentos (y el suelo) son la memoria del sistema, desde un punto de vista geótico y biótico, e influyen en la dinámica del humedal. (Zalidis *et al.*, 2002). Antes de iniciar cualquier actuación, deben realizarse estudios apoyados en investigaciones paleolimnológicas previas y actuales de la zona.

Debemos considerar la preparación del terreno, como la primera de las actuaciones que deben realizarse para poder efectuar satisfactoriamente el resto de acciones previstas, encaminadas a atajar las causas de la degradación del humedal. Entre las actuaciones de preparación del terreno se encuentran: retirada de escombros o basuras (ya sea de forma manual o mediante el empleo de maquinaria especializada), vallado perimetral de la zona (para proteger el suelo de visitas incontroladas o del ganado), desecado artificial (se utiliza en cubetas de pequeño tamaño, cuando la eutrofización de la columna de agua ha provocado la anoxia del sedimento, para reoxigenar el sedimento)...

Podemos diferenciar las siguientes situaciones relacionadas con actuaciones sobre el terreno.

Procesos erosivos

El cultivo inadecuado puede conducir a la erosión. En la región mediterránea, una de las principales causas de la pérdida de suelos, y por tanto de desertificación, es el laboreo tradicional, realizado generalmente a favor de pendiente, que desestructura el terreno agrícola y promueve la pérdida de materia orgánica.

El exceso de carga ganadera puede erosionar el terreno y provocar, posteriormente, deterioro de los pastos. Las bajas cargas ganaderas en determinadas comarcas, por el contrario, son causa de embastecimiento de pastos y de proliferación de incendios forestales. El uso inadecuado de deyecciones líquidas, especialmente purines, puede deteriorar las tierras y la atmósfera.

Entre las medidas recomendadas para prevenir los impactos negativos derivados de la agricultura se encuentran: prácticas agrarias orgánicas, uso de riego y drenaje adecuado, extensificación agraria, cultivos alternativos, mejora del barbecho tradicional, implementación de nuevos sistemas de laboreo menos agresivos con el medioambiente, etc.

A través de los Programas Agroambientales se han puesto en marcha distintas prácticas de cultivos (extensificación, rotación, racionalización en el uso de fertilizantes, etc.) que van en la línea de conseguir una agricultura más respetuosa con el medio ambiente. En esta línea, destaca el proyecto Life “Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia comunitaria”, proyecto Humedales Sostenibles, cuyo propósito general es la búsqueda de fórmulas que permitan una mayor compatibilidad entre Agricultura y Medio Ambiente. Durante los dos años que lleva desarrollándose, se han realizado múltiples acciones tendentes a la información y participación activa de los agricultores y principales administraciones presentes en la zona de ejecución del proyecto, logrando un gran apoyo por parte de entidades públicas y privadas relacionadas con la Agricultura y el Medio Ambiente y, el deseo de todas estas administraciones locales en participar en el proyecto. Actualmente, el proyecto sigue en ejecución, desarrollando las siguientes acciones: implantación de parcelas demostrativas, formación y divulgación de técnicas óptimas de gestión del suelo y de producción sostenible, asesoramiento para la implantación de estas técnicas y seguimiento agronómico y medioambiental.



Labores de colocación del nuevo cerramiento



Estado de la Acequia Real en muchos de sus tramos antes de proceder a su restauración. (Proyecto Life "Conservación de las Albuferas de Adra")

Proyecto LIFE Humedales Sostenibles

Este proyecto tiene como finalidad el desarrollo de una agricultura sostenible y compatible con la conservación medioambiental de los humedales, al tiempo que contribuya a evitar la degradación de los suelos agrícolas y redunde positivamente en el futuro de su actividad y en el bienestar de la sociedad. El ámbito de actuación se desarrolla en el entorno de los siguientes humedales endorreicos de la provincia de Sevilla: Complejo Endorreico de Lebrija – Las Cabezas, Complejo Endorreico de Utrera, Complejo Endorreico de Osuna – Lantejuela y Laguna del Gosque (Martín de la Jara). Estos humedales han sido designados como Lugares de Importancia Comunitaria y propuestos para su inclusión en la red de espacios naturales protegidos de la Unión Europea, la Red Natura 2000.

Sus objetivos específicos son los siguientes:

- Reducir las pérdidas de suelo por erosión en comparación con técnicas convencionales de manejo de suelo agrícola.
- Reducir la colmatación de humedales por sedimentos.
- Incremento de la productividad primaria y secundaria de los humedales como consecuencia del incremento de la transparencia de las aguas.
- Sensibilizar a los agricultores del ámbito del proyecto acerca de técnicas de agricultura sostenible y sobre Red Natura 2000.
- Información a todas las organizaciones sectoriales del ámbito de actuación del proyecto:
 - Recuperación no cuantificada de los niveles freáticos.
 - Investigación la posibilidad de aplicación de una agricultura ecológica.

"Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria (LIFE04 ENV/E/000269)"

Medidas agroambientales en Villacañas

Villacañas pertenece al LIC denominado "Humedales de la Mancha" que alberga al menos 28 lagunas importantes. A través del Programa LIFE, la UE cofinanció el proyecto de la Fundación Global Nature para la restauración de los humedales de Villacañas, un grupo de tres lagunas estacionales, afectadas por: la erosión de parcelas agrícolas con acumulación de sedimentos en las cubetas lagunares, el uso de fertilizantes y plaguicidas, la sobrecarga ganadera y la destrucción de flora y de hábitats de fauna.

Uno de los principales objetivos del proyecto fue la implementación de medidas agroambientales para conseguir la restauración del complejo lagunar. Para ello, se elaboró un programa de zona, basado en el Programa Agroambiental Español (Real Decreto 4/2001, de 12 de enero), para implementar las medidas más efectivas aplicables en el entorno de Villacañas y, que pudieran ser extrapolables a otras zonas similares. Estas consistieron en: mejora del barbecho tradicional, extensificación agraria, retirada de tierras, lucha contra la erosión en cultivos leñosos y herbáceos y gestión integrada de la producción ganadera. La Administración Regional decidió proponer la retirada de tierras como medida única para restaurar los hábitats de humedales.

El proyecto ha servido, mediante la elaboración de un programa agroambiental que la propia Junta de Castilla-La Mancha ha asumido, para mejorar la protección de extensas manchas de flora amenazada y hábitats importantes para la fauna, en buena parte de los humedales manchegos.

Jornadas sobre agricultura en el entorno de humedales de la Red Natura 2000
(Proyecto LIFE Humedales Sostenibles: Gestión Integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria)



Para evitar la erosión, se emplean estructuras que actúan de barrera, realizados con materiales naturales como por ejemplo: pajas de trigo (más larga y estable que el pasto/heno); material agregado para proteger la superficie del suelo (ejemplo: pedazos de madera o pacas de heno); cubiertas de fibra; vegetación; cercas plásticas para sedimento con pacas de heno (con el tiempo son eliminadas, pero cumplen su función como protección contra la erosión).

El proyecto LIFE: Marismas (Marismas - Protección y rehabilitación con técnicas de bioingeniería, LIFE99 NAT/IT/006246) es un ejemplo de cómo emplear materiales naturales para reforzar márgenes o dar consistencia al terreno, y así controlar la erosión. Los materiales empleados se describen a continuación.

Rulos de fibra: Su función es la de actuar como barrera protectora y dar consistencia a los márgenes degradados de la marisma. Estos rulos son de fibra de coco, de 40 cm de diámetro y 2 m. de largo, protegidos por una malla de polipropileno degradable. También pueden estar rellenos de tallos de juncos, piedras pequeñas y arena. Sobre ellos se insertan plantas, que ayudan a repoblar rápidamente la vegetación del ecosistema.

En el caso de las marismas de la laguna de Venecia, se insertaron plantas de *Spartina maritima* y *Puccinellia maritima* cultivadas en invernadero, en la superficie de los rulos, junto con los pequeños tapices de fibra de coco, sobre la que habían crecido. El resultado fue que estas plantas poblaron los márgenes degradados de la marisma, iniciándose la sucesión vegetal y la restauración del biotopo.

Rulos rompeolas: Están rellenos de pequeñas piedras o de sedimento, y tienen una forma similar a los anteriores. Se sitúan a unos pocos metros delante de los bordes de la marisma para absorber la energía de las olas. Cuando dejan de ser necesarios, son retirados.

Tapices de fibra vegetal: Son tapices realizados con fibra de coco, cuyas dimensiones son: 1 m de ancho, 4 m. de largo y 10 cm. de espesor. Las plantas halófitas, se siembran en estos tapices y son cultivadas en invernadero hasta que se replantan en la zona donde se quiere repoblar. El lugar idóneo para su ubicación es tras los rulos de fibra y los rompeolas, en zonas fangosas erosionadas.

Tapices de semilla: Se diferencian de los anteriores en el grosor, estos son de 2 cm y en que están cubiertos por semillas de halófitas.

Lechos de plantas: Consisten en pequeñas piezas de fibra de coco, de 4 cm. de diámetro y 10 cm. de alto, se usan para monocultivos de halófitas.

Estructuras de sedimentación: Estas estructuras están formadas por pequeños rulos con estacas clavadas, de un diámetro de 30 cm. y 3 m. de largo. Actúan como un escudo contra el rompeolas, y crean un área de calma, en el que se facilita la sedimentación. Se emplean principalmente en suelos de fango, en la zona alta de la marisma donde la profundidad es somera, en lugar de en los bordes de los canales de entrada donde la erosión es mayor. Este sistema se ha empleado durante siglos en el mar de Wadden como método de defensa costera contra la erosión.



Algas artificiales: Son estructuras de plástico ancladas en el fondo, provistas de un haz de cintas que flotan imitando a las plantas acuáticas, logrando la sedimentación de las partículas en suspensión. Se emplean en aguas calmadas, en la zona posterior de las marismas para reforzar la deposición de partículas. Son fáciles de quitar y pueden ser usadas en otras áreas. En la medida de lo posible, el emplazamiento de los materiales se llevo a cabo de forma manual, para reducir los impactos que pudiera causar el uso de maquinaria.



Vegetación

En numerosas comunidades de plantas se ha reconocido la importancia del banco de semillas en la regeneración y mantenimiento de la vegetación (Fenner 1985, Leck 1989, Thompson 1992), y específicamente en ambientes lacustrinos (Keddy y Reznicek 1982, Nilsson y Grelsson 1990), pantanos de agua dulce semipermanentes (Poiani y Johnson 1989); ecosistemas de agua dulce, donde el sustrato queda expuesto durante cierto tiempo en forma natural, o producido por actividades humanas como práctica de manejo (Van der Valk y Davis 1978, 1979, Smith y Kadlec 1983). De ahí que el conocimiento de las relaciones entre las semillas almacenadas en el suelo, la vegetación y el ambiente es importante para predecir los cambios que se operan en la vegetación (Baldwin *et al.* 1996), y consecuentemente en la vegetación potencial de los humedales (Poiani y Johnson 1989).

Previamente al inicio de los trabajos para recuperar la zona denominada como “Los Juncares” (un terreno que se inundaba frecuentemente formando parte de los humedales del entorno de la Laguna de Fuente de Piedra), y que con motivo de las labores agrícolas tradicionales se había colmatado, se acopiaron los primeros centímetros de tierra para conservar el banco de semillas y extenderlo superficialmente una vez terminados los trabajos de adecuación de tierras. Para recuperar la morfología original del terreno y disminuir la cota de la zona, se realizó un importante movimiento de tierras, aumentándose así la superficie susceptible de inundación en 1,5 ha aproximadamente. Parte de estos terrenos han servido para la formación de un pequeño muro en el lateral del camino que da entrada al centro de visitantes, protegiendo sus márgenes del agua. Una compuerta permite el paso del agua al otro lado del camino de entrada. (Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055).

En sitios altamente degradados, la reintroducción de especies nativas, es un método de restauración que permite generar una cubierta vegetal favoreciendo el establecimiento de especies tardías que, requieren condiciones microambientales específicas. Para ello, es necesario adecuar el terreno antes de proceder a la siembra o plantación de especies vegetales. Acondicionar márgenes, rebajar taludes, formar terrazas, etc. son algunas de las tareas realizadas previamente a la recolonización con vegetación propia del hábitat, desarrolladas en el proyecto LIFE ReCoGeSAL, para restaurar humedales.

Otro factor a tener en cuenta es la concentración de componentes orgánicos e inorgánicos del suelo, por ejemplo, los suelos mediterráneos suelen contener un bajo nivel de materia orgánica. Si los suelos están degradados o les falta nutrientes, materia orgánica u otro componente, podemos emplear suelos de otros humedales que estén siendo destruidos, para aportar material natural. También podemos emplear materiales creados, como es el caso de los rulos de fibra, sobre los que se planta vegetación, o los tapices de semilla.



Máquina retirando sedimentos de la Laguna de los Juncares, Fuente de Piedra



Eliminación de eucaliptos en el Lago Tonga, Argelia



Laguna de la Balletera

Restauración de prados salinos en la Pardina

Los prados salinos, se caracterizan por suelos húmedos, ocasionalmente encharcados y algo salinos, que suelen ocupar el espacio intermedio entre la orilla de las lagunas saladas y los suelos con agua dulce. La Pardina es un paraje situado en la orilla oeste de la Laguna de Gallocanta. El intenso cultivo de esta zona favoreció la pérdida de materia orgánica del suelo y su erosión. Para la recuperación del prado salino, se realizaron una serie de ensayos con distintos tratamientos de suelo, distribuidos en fajas. En las proximidades de la zona de ensayo, se aportó materia orgánica proveniente de la restauración de la zona sur de la Reguera. Se mezcló con la parte superior del suelo con pala y cultivador. Los primeros resultados mostraron una eficiencia notable de la recolonización espontánea de *Puccinellia* y con baja intensidad de tratamiento (nivelación y descompactación del terreno) frente a intensidades mayores (aumento de material fino y de materia orgánica). El tratamiento general de descompactación y nivelación del terreno también ha mejorado la colonización vegetal del terreno.

Proyecto LIFE ReCoGeSAL "Restauración, Conservación y Gestión de la Laguna de Gallocanta"

Estepa salina mediterránea restaurada en la Laguna de Fuente de Piedra



Acondicionamiento del terreno

Las tareas relacionadas con la nivelación del terreno, requieren en la mayoría de los casos, de la utilización de maquinaria pesada: pases de cultivador para romper y disgregar caballones, pases de rulo para compactar y nivelar la superficie del suelo, etc. Esto conlleva en algunos casos, a la necesidad de adecuar caminos para la entrada de la maquinaria. Controlar la entrada de ganado o de visitantes, también requiere de la habilitación de senderos y carriles especiales para evitar daños en la estructura del suelo y en la vegetación.

Si necesitamos elevar el terreno, siempre que sea posible, aprovecharemos la sedimentación natural, si esta medida no basta para aumentar la elevación del terreno, podemos emplear materiales de dragados. Por ejemplo, la creación de una isla arenosa en la laguna del “Calaix de Mar” (Delta del Ebro), permitió la adecuación de hábitats para albergar aves laro-limícolas (cigüeñuela, avoceta, chorlitejo patinegro, charrán común, charrancito). Se introdujo una excavadora en una isla preexistente y de fácil acceso, con la que se generó un canal anular un par de metros detrás de su perímetro. Con la tierra extraída se procedió a cubrir todo el espacio central, obteniéndose una superficie de arena elevada, rodeada por un profundo canal inundado y con una orla emergida y vegetada exterior. (Proyecto LIFE: Proyecto de restauración y gestión integrada de la isla de Buda).

Control de la sedimentación

El aporte de sedimentos forma parte de la dinámica natural de los humedales, aunque en algunos casos, puede incrementarse como consecuencia de alteraciones inducidas en el medio. Las consecuencias de la sedimentación implican un incremento de la profundidad del sedimento y de su contenido en agua, menor profundidad de la columna de agua, enterramiento del banco de semillas e imposibilidad de crecimiento de éstas. La creación de una barrera de vegetación en los márgenes, permite atrapar el sedimento mientras que se permite la entrada de agua. La extracción del exceso de sedimento puede realizarse de forma mecánica o manual. Las principales dificultades asociadas a esta medida consisten en, determinar el nivel que debe alcanzarse al extraer capas de sedimento y en segundo lugar, la existencia de un banco de semillas. La extracción del terreno debe ir acompañada de un estudio cartográfico del sustrato y de un análisis de los horizontes edáficos, localizar el banco de semillas y de ser posible, emplearlo para restaurar la vegetación.

Restauración del Laguneto del Pueblo

La retirada de lodos en el Laguneto del Pueblo, situado al noroeste de la laguna de Fuente de Piedra, permitió la germinación de un banco de semillas de castañuela que había sobrevivido todos estos años bajo los lodos. Esto confirma la importancia de realizar catas para evaluar la potencia y la posible presencia de semillas o esporas. No profundizar más de lo estrictamente necesario es vital para evitar dañar la capa que conserva el banco de semillas de vegetación de la laguna, lo que facilita en gran medida, su recuperación ecológica.

A continuación se detalla las actuaciones realizadas para lograr la restauración de este humedal.

El Laguneto del Pueblo, recibía vertidos procedentes de aguas residuales urbanas y de la estación depuradora EDAR II de Fuente



Pasarela de acceso. Proyecto LIFE “Conservación de hábitats litorales en la provincia de Cádiz”



Creación de islas en el interior de la salina del Consulado



Limpieza del canal del Laguneto a la Laguna



Foto aérea del Laguneto del Pueblo



Desagüe del Laguneto del Pueblo



Compuerta en el Laguneto del Pueblo

de Piedra. Estos vertidos habían provocado la acumulación de una capa de materia orgánica en la cubeta que había afectado al estado de conservación de este humedal, deteriorando sensiblemente la calidad de sus aguas embalsadas, impidiendo el crecimiento de vegetación palustre dentro de la laguna y, alterado profundamente el funcionamiento natural de este ecosistema. Además desde el Laguneto, las aguas se canalizaban directamente hasta la Laguna de Fuente de Piedra por medio de un pequeño desagüe, sin posibilidad de controlar los consiguientes problemas de contaminación provocados por fallos en los sistemas de depuración.

La retirada de lodos y la adecuación de una serie de canales y compuertas para controlar los flujos de agua en el entorno del Laguneto, permitieron corregir esta situación. Para limpiar los lodos del fondo de la cubeta del Laguneto, fue necesario desecarlo y desviar el agua procedente de la EDAR II de Fuente de Piedra. Para ello, en primer lugar se limpió de vegetación y residuos los canales que facilitaban la salida del agua hacia la Laguna de Fuente de Piedra. Una vez limpio el canal del Laguneto, el agua fue fluyendo hacia el canal perimetral de la Laguna de Fuente de Piedra hasta quedar el Laguneto prácticamente seco.

Para acabar de desecarlo, se excavó un pequeño canal en su interior que sirvió para recoger el agua que había quedado retenida encharcando las partes más profundas del mismo. Una vez realizado este canal, los lodos del Laguneto se fueron desecando.

Previamente a la retirada de lodos, se hicieron algunas catas para ver las profundidades en las diferentes partes del Laguneto y se tomaron muestras para ser analizadas con el fin de conocer su composición. Los resultados mostraron que se trataba de una capa de materia orgánica muy concentrada, sin trazas de metales pesados u otros tipos de contaminantes, producto de la sedimentación en el vaso lagunar de las aguas vertidas por la población.

También se realizaron catas para evaluar la potencia y la posible presencia de semillas o esporas, con el fin de determinar con exactitud la profundidad de extracción necesaria para no dañar el banco de semillas, ya que, la densa capa de materia orgánica concentrada no permitía el crecimiento de vegetación alguna y favorecía procesos de eutrofización de las aguas. Hay que destacar en este sentido que, al tratarse de un enclave de agua salobre en un entorno de aguas predominante salinas, esta laguna tiene un enorme potencial para incrementar la biodiversidad de la zona.

Los lodos se retiraron y se acumularon fuera del Laguneto para una vez completamente secos ser retirados de la Laguna. Parte de estos materiales, al no presentar sustancias contaminantes, sirvieron para mejorar los suelos en la restauración de la vegetación de la zona, y otra parte fue empleada como abono en fincas de olivar de la zona.

Al poco tiempo de haber retirado los lodos se pudo observar los primeros resultados positivos de la restauración. Así a los pocos días de comenzar los trabajos, germinaron algunas plantas de castañuela (*Scirpus maritimus*) que habían sobrevivido todos estos años bajo los lodos en forma de semilla.

Paralelamente a estas actuaciones, se llevó a cabo una experiencia de simulación en laboratorio (detallada en el apartado "La

gestión a medio y largo plazo”), con la finalidad de contrastar los factores internos y externos que podrían influir en la recuperación del Laguneto. Esta experiencia unida al seguimiento “in situ” de la evolución ecológica del humedal, permitió verificar la existencia de una gran cantidad de esporas y huevos de resistencia en los sedimentos originales, que no fueron retirados. Los trabajos ejecutados favorecieron el desarrollo de estas esporas y huevos, devolviendo el aspecto y funcionalidad ecológica original a esta laguna.

Además de estas actividades, se abrieron nuevos canales de comunicación entre el Laguneto y la Laguna de Fuente de Piedra. Uno de ellos enlaza con unas pequeñas áreas que se formaron como consecuencia de la actividad extractiva que soportó la zona, hoy día bastante naturalizadas. Finalmente, se procedió a la repoblación del perímetro del Laguneto del Pueblo y de los canales restaurados de las inmediaciones, siempre ajustándonos a la propiedad pública de los terrenos. En las zonas más lejanas al laguneto se plantó *Quercus rotundifolia* y *Pistacea lentiscus*. En las márgenes de los canales, caminos y marcando el límite de la propiedad pública se plantó linealmente al *Populus alba*, *Ulmus minor* y *Tamarix africana*. En cuanto a la distribución de estas especies, se promovió su mezcla aleatoria, colocándose alrededor de las especies plantadas una malla rígida de plástico para impedir el acercamiento de conejos u otras especies a la repoblación. (Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055).

Un ejemplo de restauración mediante excavación del sedimento: la laguna de Peguère (Francia).

La laguna estaba afectada por un proceso de colmatación derivada de la erosión, que con motivo del exceso de tráfico se producía en la cuenca. El tránsito de vehículos también era causante de la degradación de la vegetación. Mediante la regulación del tráfico, se consiguió la recuperación de la vegetación y la disminución del proceso erosivo. Para restaurar el régimen hidrológico, se realizaron las siguientes medidas: evaluación del régimen hídrico de la laguna, excavación del terreno, comprobación del restablecimiento de condiciones hidrológicas favorables, observación de la aparición de especies deseables, introducción de semillas para restaurar la vegetación en caso de que la recolonización natural no se haya producido tras la restauración de las condiciones hidrológicas.

Se extrajo una capa superficial del sedimento de la zona este de la laguna. El grosor de la capa se determinó disminuyendo la superficie del suelo bajo el nivel freático, medida con anterioridad y reteniendo una delgada capa de sedimento sobre el sustrato rocoso. Se decidió llevar el material extraído cerca de un punto de entrada de un riachuelo para facilitar la entrada de agua, y sobre una pequeña parte de la laguna para abaratar los costes de transporte del sedimento y verificar que se han logrado los objetivos de restauración hídrica. Una vez comprobada que no se requería de más sedimento como banco de semillas, para restaurar la vegetación, puesto que se produjo la colonización de forma natural, se depositó en una zona cercana. Los gradientes definidos son someros, para evitar la erosión y fomentar un rango más amplio de condiciones. El área modificada abarca 530 m² y el volumen de sedimento eliminado es 115 m³. (Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de lagunas temporales mediterráneas”, LIFE99 NAT/F/006304).



Laguneto del Pueblo (Fuente de Piedra) tras la restauración



Acopio de lodos del fondo del Laguneto



Capa de lodos una vez desecado el Laguneto



Capa de materia orgánica acumulada en el fondo del Laguneto



Jornadas sobre LIFE Humedales



Colocación de panel divulgativo en LIFE "Mejora de la gestión del LIC y la ZEPA de Cabo de Gata-Níjar"



Participación escolar, Proyecto Life lago Trichonis



4.1.4 Implementación

Una vez determinados los cambios que son necesarios realizar en el medio, y decidido que métodos emplear para rectificar los daños, pasamos a una nueva etapa dentro del proyecto de restauración: la implementación de las medidas previstas.

La implementación consiste en el proceso físico de llevar a cabo el proyecto de restauración, de acuerdo al diseño desarrollado en las etapas previas. No hemos de olvidar, que en la etapa de implementación ponemos en práctica las actuaciones que tras un laborioso proceso de estudio del medio y de los factores que le afectan, hemos decidido adoptar para paliar la degradación existente. Estas actuaciones deberán proceder de un examen cuidadoso de la situación y de un conocimiento perfecto de las necesidades que demanda el humedal. Sólo así conseguiremos que las actuaciones llevadas a cabo sirvan para mejorar las condiciones del sistema, en vez de repercutir en su contra.

Durante la implementación conseguimos un doble objetivo: por un lado, iniciar las labores de restauración y, por otro, potenciar la divulgación y concienciación medioambiental de la población, fomentando la colaboración y el interés de la ciudadanía en las labores realizadas, algunas de las cuales pueden ser desarrolladas por voluntarios.

Esta etapa del proceso es la fase más popular, por ser la más visible. Contar con la participación del público es el mayor avance para lograr la conservación del entorno, especialmente, una vez finalizado el proyecto de restauración.

En este capítulo vamos a abordar muchas de las técnicas empleadas sobre el suelo, el agua o la biota del humedal, y además veremos, a través de las experiencias LIFE y otros proyectos de restauración recopilados, que los esfuerzos destinados a las actuaciones de sensibilización, educación y concienciación ambiental, son igualmente importantes para lograr con éxito la restauración del humedal.



Formación "in situ" a voluntarios que participan en el acondicionamiento del territorio de nidificación para flamencos. Proyecto LIFE: "Conservación y restauración de humedales andaluces"

Voluntarios participando en repoblación con matorral halófilo en una isla en Fuente de Piedra (Proyecto LIFE: "Conservación y restauración de humedales andaluces")

4.1.4.1 Sensibilización medio ambiental

La educación ambiental es una actuación imprescindible en todo proyecto de restauración, que debe acometerse desde las primeras etapas del proyecto. Del conocimiento de los objetivos marcados en el proyecto por parte de la comunidad y de la aceptación por parte de todos los sectores implicados, de la importancia de la conservación del medio, va a depender en muchas ocasiones, el éxito de la restauración.

Con motivo de la realización del proyecto LIFE “Conservación y Restauración de Humedales andaluces” se celebró una jornada en la Laguna de Fuente de Piedra en la que se invitó a las personas mayores del pueblo que quisieran participar. El objetivo de esta jornada era doble. Por un lado dar a conocer a la población local, en este caso al segmento de mayor edad, las actuaciones que se están llevando a cabo mediante este proyecto. Por otro lado, se pretendía además recuperar a partir de los recuerdos y experiencias de la población local lo que ha sido la evolución de la laguna, hasta donde alcanza la memoria, para poder así comprobar que las actuaciones proyectadas están en consonancia con la configuración original de la laguna y los terrenos del entorno. La experiencia fue muy gratificante y enriquecedora. Además se pudo comprobar como la mayor parte de los terrenos que se iban a restaurar, formaban parte del conjunto de humedales de la Laguna de Fuente de Piedra antes de que fueran ocupados y transformados para su aprovechamiento agrícola.

Una forma de mejorar la calidad del agua, consiste en educar a la población sobre los efectos de los contaminantes en los humedales y pedirles que reduzcan el uso de fertilizantes y pesticidas. En las albuferas de Adra, existía cierto rechazo por parte de los agricultores del entorno, a conocer los problemas ambientales asociados al uso agrícola en la zona. Esto dificultaba en su conjunto las tareas de gestión del humedal, a la vez que hacía imprescindible la etapa de sensibilización del público.

Previamente a la puesta en marcha de los planes de gestión, se realizó un estudio sobre Técnicas Agrícolas Alternativas en el Entorno de las Albuferas de Adra para conocer la viabilidad económica de otros tipos de cultivos distintos al del invernadero convencional. Los estudios demostraron, que para la mayoría de los productos cultivados en la zona, los beneficios obtenidos eran mayores empleando técnicas de cultivo ecológico, a la vez que permitían una minimización de los costes ambientales.

Para dar a conocer estas técnicas, se celebraron dos jornadas (al inicio y al final del proyecto) destinadas a los habitantes del entorno en general y los agricultores en particular. Los contenidos de estos seminarios, aportaron información útil, con el fin de que las actividades agrícolas del entorno pudieran disponer de técnicas de manejo y gestión alternativas a las convencionales, a la vez que se recogían los impactos ambientales derivados del uso agrícola tradicional.

Medidas como la extensificación, retirada de tierras, el aumento de barbechos, o nuevos sistemas de laboreo permiten reducir la utilización de productos agroquímicos.

El proyecto de restauración realizado en las lagunas del Nestos, es un ejemplo de cómo los resultados obtenidos unido a una exhaustiva campaña de educación ambiental, aumentan la motivación pública en materia de conservación. Actividades llevadas a cabo como, la construcción de zonas de amortiguación



Jornadas de sensibilización ambiental



Jornada participativa para personas mayores de Fuente de Piedra



Educación ambiental en el Delta Nestos, Grecia. Proyecto LIFE “Lagos vivos”



Turberas calcáreas. Área de vallado (Proyecto "Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis")



Señalización con carteles. (Proyecto "Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis")

y franjas de filtros de vegetación en las lagunas, despertaron la atención de la población local y especialmente la de los pescadores de las cooperativas, que se mostraron muy interesados en la aplicación de estas técnicas en otras lagunas del delta con problemas parecidos. En las lagunas, las tierras de ganadería intensiva fueron propuestas para ser involucradas en las medidas de extensificación agroambiental con los incentivos financieros para agricultores.

Las lagunas del río Sile albergan una gran diversidad de especies animales y vegetales. Desde su declaración como Parque Natural en 1991, la gestión del entorno tuvo que afrontar numerosos conflictos con los propietarios de granjas. Mediante el proyecto Life "Conservación de humedales del río Sile", se lograron acuerdos entre los sectores implicados y muchos granjeros se comprometieron a emplear técnicas compatibles con la protección del área, especialmente de la vegetación autóctona. Entre las medidas adoptadas se encuentran: la creación de un punto de información ofrecido por el Plan de Desarrollo Rural sobre oportunidades agroambientales, incentivos económicos para promover medidas de agricultura ecológica y la publicación de un manual de gestión de humedales ubicados en áreas privadas.

4.1.4.2 Técnicas de restauración de humedales

Antes de iniciar las actuaciones previstas, es necesario realizar una adecuación del sitio, ya sea para permitir la operación de procesos naturales o para prepararlo para las acciones que posteriormente realizaremos. Estas acciones consisten generalmente en: retirada de basuras o escombros, vallado o restricción de entrada en la zona en la que se va a actuar, compra de terrenos, etc.



Restauración de un antiguo vertedero de residuos sólidos urbanos

El primer método a considerar para recuperar las funciones de un humedal es limitarnos a eliminar los factores causantes de la degradación. Como ya hemos comentado, debido a la complejidad de estos ecosistemas, una actuación destinada a mejorar un aspecto negativo, puede conllevar efectos no previstos. Después de todo, cualquier actuación, es una alteración en sí misma. En ocasiones, basta con identificar y atajar la causa que origina la perturbación, para que una vez eliminada, el propio sistema se recupere. Este método es a menudo conocido como estrategia pasiva.

Por ejemplo, si la vegetación y la calidad del agua de un humedal se ven afectados principalmente por el pastoreo, puede ser suficiente evitar la entrada del ganado en la zona para restaurar el sistema. El éxito de los métodos pasivos va a depender de: que la fuente de la degradación pueda ser detenida, que sea puntual y que afecte a un único componente del humedal, además de que éste, no se encuentre muy degradado. Los beneficios de los métodos pasivos incluyen el bajo costo y el alto grado de certeza de que el humedal resultante será compatible con el paisaje circundante.

El vallado de las turberas calcáreas y la señalización con carteles prohibiendo arrojar basuras y sobre la importancia de cuidar el habitat, son ejemplos de métodos pasivos empleados para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis. Esta sencilla actuación permitió por un lado, restringir el acceso a la zona limitándolo a peatones y vehículos ligeros, por otro evitar el vertido de basuras y, finalmente, paralizar la expansión de las tierras de cultivos. Además, tanto en el vallado como en los carteles, se empleó madera o bien materiales ecológicos y totalmente compatibles con la estética del medio. (Proyecto Life99 NAT/GR/006499 "Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis").

Protección de islote con tablas para evitar la erosión en Laguna de Fuente de Piedra

Sin embargo, no siempre los métodos pasivos son suficientes para dirigir el sistema hacia una evolución positiva, requiriéndose entonces, el empleo de métodos activos. La actuación antrópica directa sobre distintos componentes del medio (sedimento, hidrología, biota) se denomina, estrategia activa, y se emplea, cuando un humedal está severamente degradado o cuando los objetivos no pueden ser alcanzados de ninguna otra manera. Los métodos activos implican actuaciones más drásticas: transformación del contorno de un sitio para obtener la topografía deseada, modificación del flujo de agua utilizando estructuras de control (por ejemplo, presas o drenajes), plantación y siembra intensiva, etc. Como consecuencia, el diseño, la infraestructura y los costos para dichos trabajos son más elevados que en la estrategia pasiva.



Acondicionamiento del islote de nidificación de los flamencos en Fuente de Piedra



Las estrategias pasivas permiten la regeneración natural de las comunidades de plantas, la recolonización natural de animales y el reestablecimiento de la hidrología y suelos de los humedales.

Restauración de hábitats de nidificación en la laguna de Fuente de Piedra

Las tierras emergidas de la laguna de Fuente de Piedra tienen su origen en los diques de la industria salinera, implantada en esta laguna a finales del siglo XIX. Con el transcurso de los años, estas infraestructuras se han ido erosionando desconectándose de las orillas, lo que ha permitido que aves coloniales (flamencos y larolimícolas) las utilicen como territorio de reproducción. Tradicionalmente los flamencos nidifican en un sector del dique central denominado Isla de Senra. Los larolimícolas establecen sus principales colonias en la Isla de San Luis y en los Espigones del Noreste.

La intensa acción erosiva del agua y del viento sobre estos islotes provoca la continua reducción de su superficie y de su cota, con lo que buena parte de ellos se encontraban inundados habitualmente durante la primavera. Como consecuencia, las colonias de pagazas piconegras y gaviotas se desplazaron a los diques de unas antiguas balsas salineras, próximos a la orilla, donde tradicionalmente nidifica el chorlitejo patinegro y otros limícolas. Esto provocó la depredación de las pagazas sobre los pollos de chorlitejo, descendiendo su éxito reproductor a mínimos. Por la proximidad a la orilla, el acceso de mamíferos predadores era frecuente por lo que también fracasaban las colonias de pagazas, gaviotas reidoras y gaviotas picofinas. Respecto a la colonia de flamencos, procede indicar que, la erosión de la Isla de Senra determinaba que la colonia de reproducción se dispersara en distintos núcleos sobre el Dique Central, incrementándose la depredación por perros y zorros.

Con el fin de recuperar estos hábitats de nidificación, dentro del Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055 se ha contemplado para la Laguna de Fuente de Piedra una actuación de carácter activo, dirigida a la restauración de tres islotes que tradicionalmente albergan colonias de nidificación de especies protegidas de aves acuáticas coloniales, entre ellas el Flamenco (*Phoenicopterus ruber roseus*), la Pagaza piconegra (*Gelochelidon nilotica*) y la Gaviota picofina (*Larus genei*).

Los trabajos de restauración han consistido en la elevación de la cota de los islotes y la protección de orillas frente a la erosión y de diversificación del hábitat.

Para la planificación de los trabajos se tuvo en cuenta que los materiales para elevar los islotes se extrajesen de las zonas inmediatas, donde existen antiguos canales de las salinas, con el fin de no afectar a las zonas de sedimentos no alterados de la laguna. Para la protección de las orillas y con el fin de no introducir en el vaso lagunar materiales que pudiesen afectar de alguna manera a la microsedimentación del sistema, se decidió emplear madera para la protección de las orillas de los islotes.

La maquinaria utilizada fue una retro excavadora giratoria de tamaño pequeño que se desplazó sobre unas plataformas de madera que la misma máquina movía. El acceso a las zonas de actuación se realizó siguiendo el trazado de antiguos diques. Los movimientos de tierras han ido enfocados a elevar la cota de coronación de los islotes y, en algunos casos (islotes del Noreste y de San Luis), se realizaron con planta circular y anular para proporcionarles una mayor resistencia a la erosión.

Finalmente, se realizaron trabajos para acondicionar los territorios de cría teniendo como referencia que las gaviotas ocupan, preferentemente, las zonas con mayor cobertura vegetal, mientras que las pagazas piconegras localizan sus nidos en áreas de menor cobertura aunque protegidos del viento.

Para favorecer el asentamiento de colonias de pagazas piconegras, se colocaron troncos de madera, que habían aflorado en los trabajos de excavación, para crear zonas de resguardo ante el viento. Además se depositaron pequeños acúmulos de gravilla para que fuesen utilizados como material para construir sus nidos. En la Isla de los Espigones del Noreste, además de los anteriores manejos, se implantó matorral halófito para favorecer su colonización.

La Isla de Senra tras su elevación tenía un sustrato muy duro. Para permitir su ocupación por los flamencos se excavaron pequeñas depresiones en su superficie y se construyeron nidos de barro en algunas zonas. Las pequeñas depresiones permiten que se formen charcas sobre el islote donde las aves puedan extraer sedimentos para construir sus nidos (Rendon-Martos y Johnson 1996).

Tras la remodelación de los islotes, se ha procedido a la protección de sus márgenes mediante la construcción de empalizadas de tablas siguiendo un modelo utilizado tradicionalmente en las salinas de Marismas del Odiel para evitar la erosión de los muros. Las obras se realizaron en el verano de 2005, aprovechando un año de sequía que los flamencos no nidificaron en la laguna. En la primavera de 2006 se dieron las condiciones suficientes, de precipitación y nivel de agua en la laguna, para que los flamencos pudieran nidificar en la Isla de Senra y las pagazas en la de San Luis.

Para evitar cualquier agresión sobre el medio derivada de la implementación de métodos activos, se emplean técnicas de bioingeniería o soluciones naturales. Estas técnicas, tratan de producir el mínimo impacto posible mediante el empleo de materiales que sean rápidamente integrados en el medio ambiente, la utilización de especies nativas y, el empleo de materiales que imiten o se asemejen a formas naturales. Ejemplos de soluciones naturales usadas para controlar la erosión son:

- Plantar vegetación nativa, especialmente especies de crecimiento rápido tales como los sauces. En la laguna Amarga (Lagunas del Sur de Córdoba) se realizó una repoblación con diferentes especies características de la zona como encina (*Quercus ilex ssp. Ballota*), majuelo (*Crataegus monogyna*), espino negro (*Rhamnus lyciodes ssp oleoides*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), coscoja (*Quercus coccifera*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), etc. También se aprovechó un olivar original existente en la zona, ya que las raíces del olivo, al ser de tipo superficial y amplia cobertura, resultan muy efectivas como fijadoras del suelo.
- Cubrir los bancos con troncos que se van a descomponer con el tiempo; o estabilizar los bancos con “materiales geotextiles” que no se descomponen, pero son cubiertos con suelo y permiten el crecimiento de raíces a través del material.

Ecotecnología o ingeniería ecológica, es la aplicación de enfoques ecológicamente apropiados en obras de ingeniería. Estas técnicas, tratan de impulsar procesos naturales para que las restauraciones sean autosostenibles.

El propósito es restablecer el equilibrio natural del sistema (por ejemplo, balance entre sedimentación y erosión en las zonas de marismas) y que este se mantenga, requiriendo un mantenimiento mínimo en el futuro. Además de ser preferido ecológicamente, los métodos de bioingeniería suelen ser más económicos que las técnicas tradicionales.

Proyecto LIFE “Marismas”: aplicación de técnicas de ingeniería ecológica.

Este proyecto emplea técnicas de ingeniería ecológica para proteger y restaurar las marismas de la laguna de Venecia. Se trata de un proyecto pionero en la aplicación de técnicas de bioingeniería a ecosistemas salinos. Por el contrario, en sistemas dulceacuícolas llevan desarrollándose desde hace tiempo, por ejemplo, existe una amplia experiencia en el cultivo de vegetación de agua dulce que contrasta con la escasa experiencia en el cultivo de especies halófitas. El proyecto LIFE-Marismas, adapta técnicas de agua dulce, aplicándolas exitosamente a plantas de marismas.

Los materiales empleados son: material vegetal vivo, como semillas, partes de plantas (rizomas), plantas enteras o grupos de plantas; materiales orgánicos, como ramas y fibras obtenidas de plantas; y materiales inertes, como por ejemplo, piedras. Cuando es inevitable el empleo de materiales sintéticos o de plásticos, se utilizan materiales degradables.

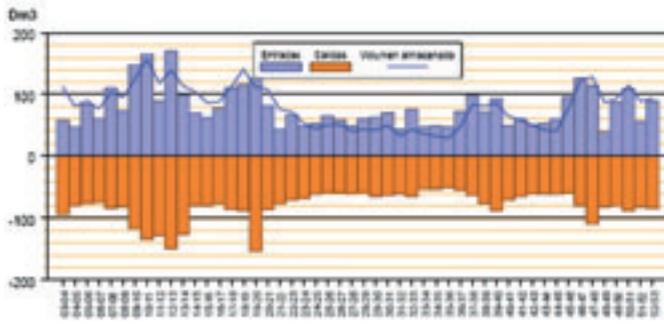
A continuación pasamos a describir las técnicas empleadas dentro de los métodos activos, clasificadas en cuatro grupos en función de que actúen sobre: el régimen hidrológico, la calidad del agua, el sedimento o la biota.



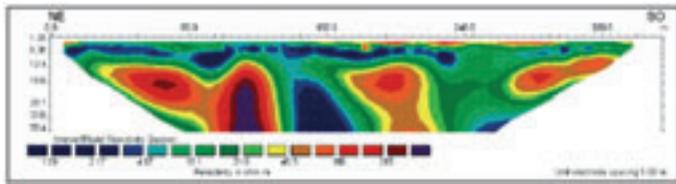
Encina de gran porte empleada en la repoblación por bosquetes realizada en la laguna Amarga (Proyecto Life: “Conservación y restauración de humedales andaluces”)



Balance hídrico de la laguna Amarga. Entradas, salidas y volumen medio anual de agua almacenada



Perfil de resistividades reales obtenidas en la interpretación del PTE realizado en la laguna Amarga



Compuertas de forma trapezoidal para sustituir antiguas arquetas en un canal perimetral de la Laguna de Fuente de Piedra. Las compuertas constan de una serie de tablas horizontales de madera encajadas entre sí. Este diseño ha sido pensado con el fin de que las tablas puedan ser separadas individualmente permitiendo que el agua circule por la parte superior de la compuerta y evitando el paso de sólidos (depositados en el fondo), consiguiéndose además un mejor control de los flujos de agua. Proyecto LIFE "Conservación restauración de humedales andaluces".

4.1.4.2.1 Régimen hidrológico

Antes de iniciar cualquier actuación destinada a restablecer la hidrología de un sistema, se necesita realizar una evaluación de las condiciones existentes, de las características de la cuenca y del régimen local de perturbación para determinar qué cambios son necesarios para recuperar el régimen hidrológico natural del humedal. La restauración hídrica de humedales implica la evolución del sistema acorde con la variabilidad natural del lugar, para lo cual, es esencial una buena comprensión del balance hídrico. Muchos ambientes acuáticos continentales (sobre todo, ríos, lagos y humedales) dependen de las aguas subterráneas. El contraejemplo más evidente es el del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, que se desconectó del acuífero subterráneo en 1986 por sobreexplotación del mismo y desde entonces, ha de recibir agua de otra cuenca hidrográfica para subsistir.

Las actuaciones que se proponen en este apartado son genéricas y referidas a actividades típicamente empleadas para cambiar las características hídricas de un humedal. Estas actuaciones proceden de proyectos de restauración llevados a cabo tras un exhaustivo estudio del medio y, de las consecuencias que dichas acciones puedan acarrear.

Elaboración de estudios hidrogeológicos en el LIC ZEPa "Lagunas del Sur de Córdoba"

Previamente al inicio de las actuaciones comprendidas en el proyecto "Restauración de humedales en el LIC/ZEPa Lagunas del Sur de Córdoba", se procedió a la realización de los estudios hidrogeológicos de las lagunas del Rincón, Santiago, Amarga y Dulce. En estos estudios se incluyeron aspectos como inventarios de puntos de agua, fotogeología, geología de detalle, geofísica (realización de sondeos eléctricos verticales y tomas de resistividad en pozos o sondeos en explotación), sondeos de investigación y balance hidrogeológico.

En primer lugar se procedió a la recopilación de información y antecedentes, tanto de las lagunas como de las zonas próximas. Posteriormente se tomó contacto con la zona de estudio mediante su reconocimiento en campo con el objetivo de fijar los criterios para el levantamiento de la información y definir geográficamente el área de estudio.

A continuación se inició el inventario de puntos de agua y medidas in situ (se localizaron un total de 58 puntos de agua), recogiendo información correspondiente a su ubicación y características hidrológicas. Posteriormente, esta información se volcó en una base de datos que fue completándose a medida que se obtenía la información pendiente de inventariar. La elaboración del inventario, ha permitido conocer los materiales acuíferos o acuitardos, la situación de los niveles piezométricos, los volúmenes extraídos y los usos principales del agua subterránea en esta zona. En algunos casos se han obtenido datos de interés geológico e hidrogeológico, tales como columnas litológicas, comportamiento frente a las extracciones, oscilaciones de nivel, etc. lográndose el objetivo fundamental que se perseguía: establecer una red de piezometría representativa de los acuíferos presentes en la zona de estudio para poder definir los límites del sistema hidrogeológico del entorno de las lagunas.

Se seleccionaron 17 estaciones meteorológicas lo que permitió trazar la distribución temporal y espacial de las precipitaciones. Conjuntamente, se realizó un análisis de las cuencas hidrográficas mediante los planos topográficos, las fotografías aéreas disponibles y las observaciones realizadas sobre el terreno, habiéndose estudiado con detalle las cuencas vertientes hacia las lagunas, el análisis de la forma, el análisis de la red hidrográfica, el análisis del relieve y la elaboración de mapas hidrológicos que recogen las cuencas definidas junto con la red de drenaje.

Por último, se realizó un estudio geológico (mediante reconocimientos de campo y análisis fotogeológico) que permitió realizar el análisis y las cartografías geológicas de las zonas objeto del estudio. Para ello se ha analizado el encuadre geológico regional, las unidades y conjuntos litoestratigráficos del entorno de las lagunas así como la tectónica y geomorfología de toda la zona.

Con la idea de estudiar en detalle la distribución en profundidad de los materiales y su comportamiento en profundidad, en el marco de este estudio se ha realizado una prospección geofísica consistente en un total de 9 Sondeos Eléctricos Verticales y 3 Perfiles de Tomografía Eléctrica.

En lo que se refiere a los SEV, se han realizado dos interpretaciones eléctricas. La primera corresponde a las resistividades aparentes tal y como se han medido en el campo y la segunda la realizada después de una depuración de los datos de campo y de la eliminación de aquellos que se han considerado anómalos.

Por otro lado en cuanto a los Perfiles de Tomografía Eléctrica estos han consistido en medir la resistividad aparente sobre el terreno mediante un conjunto de electrodos equidistantes sobre un perfil lineal. La separación de electrodos empleada en los PTE realizados ha sido de 5 metros.

Según los datos de balance hídrico, la circulación subterránea tiene una influencia primordial en la conservación de las lagunas del Rincón y Amarga, por lo que, la descarga de los acuíferos a las lagunas es importante a pesar de que los materiales no puedan ser considerados como acuíferos de gran entidad.

Estos estudios han sido una importante herramienta para la gestión y conservación de estas lagunas. (Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055.)

Las técnicas empleadas para recuperar las características hidrológicas de un humedal incluyen: eliminar represas u otras estructuras de control de agua, rellenar o tapar zanjas o desagües y quitar rellenos que hayan elevado la superficie de la tierra. **El resultado no debe incluir la inundación o drenaje excesivos.**

Para controlar los niveles de agua, se emplean estructuras que permitan la entrada o salida de agua como por ejemplo: esclusas, alcantarillas, compuertas manuales o automáticas, presas, diques de control... El empleo de estas estructuras, dependerá de diversos factores, como por ejemplo: de la precisión del control de agua requerido, de la variación en los flujos estacionales, de la posibilidad de obstrucción por detritos y vegetación, etc. y así, garantizar el volumen de agua previsto a la zona.

Las propuestas de manejo concretas e integrales no sólo deben considerar el mantenimiento del nivel del agua en las lagunas, sino también la calidad del agua, el mantenimiento de las fluctuaciones en el ciclo hidrológico, la variedad de ambientes, que



Comprobación de la cota del canal de desagüe del Laguneto en Fuente de Piedra



Retirada de sedimentos en la laguna de Cantarranas, Fuente de Piedra



Realización de estudios del terreno en Fuente de Piedra



Clausura del canal de drenaje de la laguna de Cantarranas



Compactación del terreno

permitan una oferta adecuada de lugares para nidificación, alimentación y refugio de la fauna.

Cuando el problema radica en que el abastecimiento de agua es insuficiente, se pueden utilizar bombas de agua, excavar canales o instalar tuberías que traigan el agua adicional. Las estructuras de contención como barreras, diques o presas, no suelen utilizarse para elevar el nivel de los humedales salvo que dispongan de aliviaderos en el diseño. El incremento de los niveles de agua favorece el establecimiento de vegetación helofítica, al mismo tiempo puede conllevar efectos negativos, por ejemplo en áreas cercanas al mar, puede conllevar la entrada de agua salina a sistemas de aguas subterráneas y humedales, con la consiguiente salinización del sistema.

El escaso conocimiento de la dinámica de los humedales implica que, cualquier intervención que se realice, aunque bien intencionada, podría fallar o tener -a mediano y largo plazo- consecuencias no deseadas.

Es aconsejable que las estructuras empleadas, requieran el menor mantenimiento posible, que permitan flexibilidad de uso y que sean capaces de soportar eventos hidrológicos y climáticos extremos (ej. hielo durante el invierno). Así como el empleo de materiales naturales o ecológicos, por un lado porque provocan menor impacto ambiental y, por otro porque, facilita el crecimiento de la vegetación y la repoblación de especies animales.

Otra medida para conseguir el nivel del agua adecuado, es actuar sobre la topografía en lugar de emplear estructuras de control de agua. Por ejemplo, podemos aumentar la elevación del sustrato, importando sedimento o un tipo de suelo apropiado. En ocasiones, puede ser suficiente la propia sedimentación natural. Por el contrario, si lo que necesitamos es aumentar la profundidad, deberemos excavar hasta obtener el nivel, prestando especial atención a la existencia de semillas viables en el suelo, ya que las poblaciones de muchas especies de plantas emergentes y efímeras se regeneran a partir de semillas presentes en el banco de semillas (van der Valk y Davis 1978, van der Valk 1981).

Las propuestas de manejo concretas e integrales no sólo deben considerar el mantenimiento del nivel del agua en las lagunas, sino también la calidad del agua, el mantenimiento de las fluctuaciones en el ciclo hidrológico, la variedad de ambientes, que permitan una oferta adecuada de lugares para nidificación, alimentación y refugio de la fauna.

El escaso conocimiento de la dinámica de los humedales implica que, cualquier intervención que se realice, aunque bien intencionada, podría fallar o tener -a mediano y largo plazo- consecuencias no deseadas.

Recuperación de la laguna de Cantarranas

A mediados del siglo XX, con la intención de desecar la Laguna de Cantarranas, se modificó el trazado del Arroyo de los Arenales y se construyó un canal de drenaje para capturar sus aguas y verterlas a la laguna de Fuente de Piedra. Aunque algunos años la laguna embalsaba agua, en verano el vaso lagunar era arado, favoreciendo la extensión de los carrizales por el vaso lagunar. Por otro lado, en época de lluvia el arrastre de sedimentos se incrementaba colmatando la laguna, especialmente en la zona oeste debido a la existencia de un olivar en una parcela con pendientes pronunciadas.

Una vez adquiridos los terrenos con el Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055, se realizó un levantamiento topográfico de la zona, con el fin de establecer la cota máxima de inundación de la laguna y así determinar en detalle las actuaciones a realizar.

La primera actuación consistió en retirar los aportes de sedimentos procedentes del olivar próximo para así, rebajar la cota de los terrenos de la Laguna de Cantarranas y aumentar la superficie susceptible de inundación. Para ello, hubo que desbrozar previamente la densa vegetación de carrizo que cubría esta zona. Los terrenos retirados se trasladaron hacia el límite oeste de la propiedad pública, creando un muro en la zona próxima al camino de acceso, con el objetivo de retener el arrastre de sedimentos del olivar y al mismo tiempo servir de sustento para un observatorio de aves.

Por otro lado, un pozo existente en el vaso lagunar fue sellado con los materiales extraídos para su excavación y, una balsa de propiedad privada se aisló de la zona inundable mediante acopio de tierras alrededor de la misma.

En la desembocadura del arroyo Arenales se retiraron parte de los muros del canal existente, acopiándose estos terrenos junto con los procedentes de otros trabajos en el límite este de la propiedad pública. Con estos terrenos se construyó un murete para impedir que el agua invadiera los terrenos colindantes y que la laguna desagüase por el Arroyo de los Arenales. Para cerrar el canal de drenaje de la laguna a la altura de su conexión con el arroyo de los Arenales se procedió a colocar una compuerta con doble entablado de madera y tierra en su interior.

Al término de las actuaciones y, coincidiendo con la época de lluvias, se realizó la revegetación de los terrenos más elevados de las inmediaciones de la laguna mediante plantación de especies como *Pistacea lentiscus*, *Quercus rotundifolia* y *Tamarix africana*.

Este tipo de actuaciones implican modificar el contorno y la forma de la cubeta para restablecer la relación correcta entre la hidrología del humedal y su topografía. **Estas medidas, deben llevarse a cabo con suma cautela y tras haber realizados estrictos estudios sobre geomorfología y topografía del terreno.** Especial atención requieren, aquellos humedales en los que la fuente principal de agua es mareal o subterránea, en estos casos la nivelación debe ser muy precisa, ya que pequeñas desviaciones pueden alterar el hábitat de la vegetación.

Regeneración hídrica del vaso lagunar: La Nava

Las actuaciones realizadas en el municipio de Fuentes de Nava, bajo el marco del proyecto LIFE “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias” (LIFE00/ENV/D/000351), permitieron la recuperación e inundación de 150 ha que han funcionado hasta la actualidad como una laguna. Se ha pretendido conseguir para la zona restaurada, dentro de lo posible, el régimen hídrico que poseía en condiciones naturales, es decir, con alternancia de periodos de inundación y sequía de intensidad y duración variables. De acuerdo con este objetivo, las entradas a la laguna tuvieron lugar durante el periodo invierno-primavera, dejándola secar a principios de verano y permaneciendo en tal estado hasta la llegada de las lluvias otoñales.

Las obras en el interior del vaso lagunar afectaron exclusivamente a la zona a inundar y consistieron en el cierre de zanjas de drenaje con la excepción de las necesarias para la gestión del agua, y la construcción de un muro para la retención del agua dentro de los límites previstos. El muro de tierra construido tiene una sección trapezoidal, con aproximadamente 7 m de base, 1 m de altura y 1.000 m de longitud. La excavación o extracción de la tierra se llevó a cabo con una pala cargadora, que realizó varias decenas de sacatierras en forma de pequeñas lagunas de 15-50 cm de profundidad en el interior de la superficie de actuación. El aporte de taludes se realizó con un motoniveladora. La compactación se originó con el paso de la maquinaria que, con la diferencia de peso en cada eje, crea una compactación suficiente. La planta del muro es irregular hacia el interior de forma que presenta la máxima interfase agua/tierra. A la superficie recuperada, se unen otras 150 ha. que son inundadas temporalmente (se mantiene inundado el vaso lagunar para potenciar la regeneración de la vegetación acuática, durante el máximo periodo de menor demanda de agua para otros fines). De este modo, se favorece el crecimiento de pastos y su posterior aprovechamiento por los ganaderos de Fuentes de Nava, compatibilizando las actuaciones de restauración con las del mantenimiento de una importante actividad económica en el municipio.

El volumen de agua necesario para mantener el régimen hídrico propuesto se estimó en 0'5 Hm³/año. Con el fin de asegurar que en ningún caso el agua sobrepase los límites previstos, la descarga no se realiza en una sola vez, sino de forma paulatina. En su forma más simplificada, las entradas de agua a la laguna tienen lugar en dos momentos del año. La primera se hace coincidir con el comienzo del otoño meteorológico, para facilitar la migración de las aves y asegurar el encharcamiento invernal necesario para las especies invernantes. La segunda se realiza a finales del invierno, coincidiendo con la migración invernal hacia el norte y el comienzo de la nidificación. La fecha y volumen de esta segunda entrada se hace en función de las precipitaciones registradas cada año.



Acondicionamiento de la desembocadura del Arroyo Santillán en la Laguna de Fuente de Piedra



Desembocadura del Arroyo Santillán antes del inicio de los trabajos de restauración



Enea (*Typha* sp)

4.1.4.2.2 Calidad de las aguas

La restauración requiere un diseño basado en las características de la cuenca, no sólo del humedal degradado. Las actividades encaminadas a recuperar la calidad del agua de un humedal, deben proceder de una buena caracterización de las relaciones existentes entre el humedal y su cuenca de drenaje.

Son muchas las causas que producen una pérdida de calidad del agua de los humedales: eutrofización, mala gestión de las entradas de agua (pérdida de niveles, salinización, colmatación, confinamiento...), contaminación, ya sea por vertidos urbanos, agrícolas, industriales... de cualquier modo, identificar la causa es la primera de las acciones que deben acometerse.

Si el humedal recibe aportes de sustancias contaminantes, deberemos localizar la fuente de la contaminación. Esta puede deberse a usos y descargas corriente arriba o zonas adyacentes, salidas de aguas de desecho, otras tuberías de descarga, cunetas drenando áreas industriales o de agricultura, vertederos o áreas donde la basura esté siendo depositada ilegalmente...

Una vez localizada la fuente, siempre que sea posible, deberemos evitar la entrada de contaminantes al medio. Por ejemplo, los arroyos de Santillán y Mari Fernández vertían aguas cargadas de sedimento y residuos producto de diversos tratamientos agrícolas en el entorno directamente a la Laguna de Fuente de Piedra. Con el fin de controlar estos residuos se actuó directamente sobre los terrenos perilagunares, mediante la limpieza y la eliminación de los muros laterales existentes en estos cauces. De este modo, se consiguió el encharcamiento de los terrenos circundantes, adquiridos por la Consejería de Medio Ambiente mediante el proyecto LIFE "Conservación y restauración de humedales andaluces", y un filtrado natural de las aguas previamente a su desembocadura en la laguna.

Por otra parte, la retención del agua antes de la entrada en la laguna favoreció la sedimentación de las partículas más finas, incrementándose la recarga del acuífero y aumentando la superficie de zonas húmedas que se habían reducido por usos agrícolas. Para ello se retiraron con retroexcavadora los muros de tierra que encauzaban por ambos lados a estos arroyos, siendo esta tierra empleada para realizar parte de un sendero que servirá para facilitar la visita y las actividades de uso público en esta zona.

Otra de las actuaciones llevadas a cabo es la retirada del cerramiento que existía, el cual se encontraba muy deteriorado, para a continuación colocar uno nuevo en el límite de la propiedad pública adquirida. El nuevo cerramiento está constituido por una base de postes de madera tratada, guarnecidos con malla ganadera. En las inmediaciones del centro de visitantes donde la afluencia de público es mayor, este cerramiento cinérgico fue sustituido por una valla tejana compuesta por rollizos de madera.

Cuando el humedal contiene contaminantes en cantidades tóxicas para los organismos que lo habitan, los materiales tóxicos deben extraerse. Un ejemplo, lo encontramos en el accidente minero ocurrido en Aznalcóllar, donde se retiraron 7 millones de metros cúbicos de materiales contaminados entre mayo y noviembre de 1998.

Calidad de las aguas en Aznalcóllar

Tras el vertido tóxico producido por la rotura de una presa minera de pirita en Aznalcóllar, se iniciaron las labores encaminadas a detener la contaminación. El tratamiento físico-químico de las aguas retenidas en Entremuros se realizó mediante equipos móviles para la dosificación y mezcla de reactivos (carbonato sódico, hidróxido cálcico y sosa), precipitando los metales pesados en balsas de decantación construidas al efecto. La capacidad diaria de tratamiento mediante este sistema fue aproximadamente de 50.000 m³. Por otra parte, el volumen de agua procedente de las aguas retenidas en los tramos desde el comienzo de Entremuros hasta el Puente de Los Vaqueros con calidad aceptable para permitir el vertido directo, se bombeaba y conducía por tubería aguas abajo del muro de retención a un ritmo diario de aproximadamente 80.000 m³.

Posteriormente, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir comenzó la puesta en marcha de una instalación depuradora convencional de tratamiento físico-químico a través de un decantador-espesador rectangular de tipo lamelar, en Entremuros. La capacidad de esta depuradora, en torno a los 50.000 m³/día, contribuyó a aumentar el caudal diario de agua desembalsada. El 21 de agosto se decidió finalizar con el tratamiento físico-químico a cielo abierto, tratándose únicamente las aguas remanentes en la instalación depuradora hasta septiembre.

Los resultados obtenidos permiten asegurar que el agua vertida se mantuvo por debajo de los límites legales establecidos, tanto en metales disueltos como en metales totales, no detectándose ningún incidente en la desembocadura del Guadalquivir, ni mortandad de peces o moluscos que pudiera ser achacable al desembalse de Entremuros.

En la mayoría de los casos, la fuente de contaminación no puede eliminarse. En su lugar debemos optar por medidas que nos permitan atenuar su impacto. Son las denominadas “Mejores Prácticas de Manejo”, entre las que se incluyen actividades tales como etiquetar los desagües de tormentas, instalar pozas de asentamiento, construcción de depuradoras, tratamiento físico-químico del agua...

Mejores Prácticas de Manejo

A menudo llamada simplemente BMP (por sus siglas en inglés), es una práctica o la combinación de prácticas, consideradas como la manera más efectiva, más práctica, más económica, y tecnológicamente más sofisticada para prevenir o reducir los impactos negativos sobre el medioambiente.



Análisis de agua de uno de los arroyos que vertían aguas contaminadas a la laguna de Boada. Proyecto LIFE “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”



Filtro de macrófitos recién plantado en la pedanía de Avilés. Proyecto LIFE “Macrófitas”



Comprobación de la profundidad de extracción para que el banco de semillas no resulte dañado.



Planta de castañuela (*Scirpus maritimus*) aparecida tras la retirada de lodos



Apertura de nuevos canales para los aportes de la EDAR II de Fuente de Piedra



Retirada de lodos del Laguneto

Retirada de sedimento de la laguna de Ter Vell

Para mejorar la calidad del agua de Ter Vell hacía falta eliminar una parte del sedimento acumulado durante los años anteriores. El dragado se realizó en aquellos puntos donde la materia orgánica se había acumulado en exceso en el sedimento. Al mismo tiempo, con esta actuación se consiguió aumentar la superficie de agua libre lo que permite una mayor presencia de aves acuáticas. En total, se ha dragado una superficie de 2.174 m² aprovechando aquellos sectores donde la vegetación presentaba un menor interés y/o peor estado de conservación. Se ha evitado fragmentar excesivamente la superficie ocupada por el carrizo con la finalidad de no perjudicar la fauna asociada a estos ambientes palustres.

Paralelamente, en aquellos puntos de la laguna donde el dragado resultaba inviable o implicaba una fuerte alteración del medio, se retiró la capa más superficial de fango. Se realizó por aspiración y exclusivamente en aquellos puntos de Ter Vell que presentaban una sedimentación más activa y habían llegado a acumular capas de hasta 60 cm de fango por encima del substrato arenoso original. Proyecto LIFE "Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Baix Ter" (LIFE99 NAT/E/006386).

Retirada de contaminación

Se trata de un método extremo que se realiza en casos de emergencia, por ejemplo la extracción de lodos en Aznalcóllar. En algunas ocasiones se ha usado para casos graves de depósitos gruesos en la superficie de la marisma que provocaban asfíxia, o de penetraciones importantes de hidrocarburo en el sustrato. Supone la eliminación de los sedimentos y, por tanto, la eliminación de la vegetación. En estos casos, se hace necesario la rehabilitación (siembra o transplante) con el objeto de reducir al mínimo la erosión y la pérdida del hábitat. La técnica se ha usado con éxito en experimentos a escala relativamente pequeña (Krebs y Tañer, 1981). Sin embargo, todas las opciones de limpieza deben juzgarse frente a la 'limpieza natural', que a menudo es el mejor procedimiento.

Restauración de una marisma tras un episodio de contaminación: Aznalcóllar Restauración ambiental del río Guadiamar

Para la retirada de lodos del cauce, tras el accidente de Aznalcóllar, hubo que proceder a la tala y desarbustado de las márgenes del río Guadiamar. La recogida de lodos se inició, 8 días después del accidente y finalizaron 7 meses después. Abarcó más de 60 km de cauce y en total se extrajeron unos 7 millones de metros cúbicos de lodos y tierras contaminadas, que fueron depositados en la antigua corta de la mina de Aznalcóllar.

Las actuaciones de restauración ambiental del río Guadiamar fueron de dos tipos:

Por un lado, se trataba de evitar la erosión y retención de aportes sólidos mediante la creación de filtros verdes para la regeneración medio ambiental y recuperación de la cubierta vegetal. Se realizaron 77 pequeñas barreras transversales al cauce con pilotes de eucalipto sobresaliendo 40 cm. que abarcaban una extensión de 1.355 m.

Por otro lado, se procedió a la eliminación de productos contaminados que pudieran quedar en los terrenos afectados. Para ello, se realizaron 459.000 m² de hidrosiembra en los taludes del cauce y se plantaron 82.000 plantas de tapiz arbustivo y arbóreo. Además, en las franjas de 30 m de anchura y paralelas al cauce que se habían utilizado como vías para el transporte de lodos, se aplicó un tratamiento con cal (160 has) y se sembraron gramíneas, leguminosas (120 has) y se plantaron 99.775 unidades de álamo blanco, fresnos, sauces, tarajes, adelfas y retamas. La Comunidad Autónoma adquirió 1.246 has de las que 1.162 fueron afectadas por lodos, este espacio constituye actualmente el corredor verde del Guadamar.



4.1.4.2.4 Flora y fauna

Vegetación



Arthrocnemum glaucum



Isoetes setaceum

La restauración de la vegetación de los humedales es un campo relativamente nuevo, a pesar de las numerosas técnicas que se han desarrollado en los últimos años para controlar y mejorar la vegetación asociada a estos ecosistemas. Muchas de esas técnicas requieren de más estudio para lograr mayor efectividad e identificar situaciones en las que deben ser aplicadas. Para determinados casos, las técnicas de restauración existentes son poco apropiadas. La clave es considerar los factores abióticos y los requerimientos ecológicos de la vegetación, seleccionar las funciones prioritarias que la plantas deben desarrollar y evaluar las interacciones positivas y negativas en el humedal.

En función de si la vegetación (proliferación de especies invasoras, introducción de especies exóticas...) forma parte del problema o de la solución (regeneración para favorecer la fauna asociada a estos hábitats, recuperación de especies nativas desplazadas por competencia, empleo de filtros verdes para mejorar la calidad del agua...), hemos clasificado las actuaciones a realizar, en dos grupos: de control o de regeneración. En cualquier caso, se requiere de una evaluación previa y de un exhaustivo conocimiento de la zona, con el fin de obtener los resultados esperados.

Actuaciones de regeneración

La vegetación aporta múltiples beneficios que contribuyen al buen funcionamiento de los humedales: aportan transparencia al agua al actuar de barrera física reduciendo la velocidad del influente y favorecer la sedimentación de partículas en suspensión, mejoran la calidad del agua al ejercer una depuración directa por la absorción de contaminantes, tanto metales pesados como nutrientes eutrofizantes (nitratos y fosfatos principalmente), aportan estabilidad al sustrato, oxigenan el medio, tienen un cierto efecto amortiguador de las temperaturas extremas y otros fenómenos atmosféricos, ya que aísla la superficie del agua, intercepta lluvia y nieve, y reduce las pérdidas de calor que eventualmente se producen por el viento.

Por todas estas razones, conseguir el desarrollo de la vegetación en los humedales es parte de las actuaciones que se realizan para contribuir al objetivo final de restaurar el sistema. A continuación se describen los procedimientos más habituales para lograr la recuperación de la vegetación en humedales.

Para restablecer la vegetación nativa del humedal, puede bastar con recuperar las condiciones apropiadas para que el banco de semillas que se encuentra de forma natural en los suelos (si no han sido extraídos o rellenados), germine. Por ejemplo, en muchos casos, cuando las características hidrológicas del humedal se han restituido, la vegetación suele surgir de manera natural.

Regeneración de la vegetación natural: Laguna de l'Encanyissada

Con la entrada de agua en la laguna litoral de l'Encanyissada, se consiguió una rápida regeneración de la vegetación natural. La inundación con agua dulce permitió la colonización de la vegetación palustre como *Scirpus maritimus*, *Typha angustifolia* y *Phragmites australis*, así como de la vegetación sumergida: *Najas minor*, *Najas marina*, *Chara vulgaris* *Zannichellia palustris*. El Plan de Gestión de la reserva propone el mantenimiento de unas ciertas entradas de agua dulce y hacer un reperfilamiento del terreno con el fin de obtener una pequeña laguna litoral rodeada de vegetación helofítica. Proyecto Life "Mejora de La gestión de La ZEPA del Delta del Ebro". LIFE96 NAT/E/003133.

Laguna Amarga

En otras ocasiones, es necesario recurrir a plantaciones de especies vegetales. Es el caso de la Laguna Amarga, cuya situación era especialmente grave debido a las características físicas del terreno: las elevadas pendientes habían favorecido en gran medida el arrastre de los sedimentos al vaso de la laguna acelerando su colmatación y aterramiento. Para corregir esta situación, se procedió a la repoblación de la zona con la finalidad de crear una cubierta protectora del suelo frente a la erosión, mediante el aumento de su capacidad de retención de agua e infiltración y a la consecuente disminución de las escorrentías.

Los trabajos de restauración se iniciaron con la adquisición de una finca cuyas laderas vierten a la Laguna Amarga. El olivar original existente en la finca fue respetado en su totalidad debido a que esta masa complementa a la repoblación en su función protectora, ya que las raíces del olivo al ser de tipo superficial y amplia cobertura resultan muy efectivas como fijadoras del suelo.

Para la preparación del terreno se realizó una labor profunda con el fin de dejar el suelo lo suficientemente mullido alrededor de la planta, ya que como consecuencia de las labores agrícolas realizadas anteriormente, los suelos estaban muy compactados por debajo de las primeras capas.

La repoblación se realizó por bosquetes circulares de 10 m de diámetro, rodeados con una malla protectora de acero galvanizado contra roedores doblada en su extremo inferior para impedir la entrada de los conejos aunque intenten excavar a su alrededor. La repoblación, consistió en la plantación de diferentes especies características de la zona como encinas (*Quercus ilex ssp. Ballota*), majuelos (*Crataegus monogyna*), espinos negros (*Rhamnus lyciodes ssp. oleoides*), aladiernos (*Rhamnus alaternus*), coscojas (*Quercus coccifera*), lentiscos (*Pistacia lentiscus*), etc. Además de estas especies, en el centro de cada uno de los bosquetes se plantó una encina de gran porte. Para el control de la erosión, además de estos trabajos de repoblación, se realizó una siembra en toda la superficie de la finca con pratenses fijadoras del suelo.

Por último una vez realizada la repoblación se llevaron a cabo una serie de labores de mantenimiento para asegurar la supervivencia de la plantación, entre las que caben destacar riegos periódicos (la extrema sequía acontecida ponía en riesgo gran parte de la plantación) y el tratamiento de la cárcava principal que atraviesa la finca mediante el levantamiento de dos pequeños diques de mampostería gavionada. (Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055).

Además de la técnica anteriormente comentada, la recuperación de la vegetación se puede lograr empleando semillas, plantas jóvenes de semillero 'sin raíces' o plantas de semillero más viejas en maceta que se plantan en los sedimentos en macetas biodegradables, evitando así el daño a las raíces. Las plantas más viejas cultivadas en macetas son comparativamente caras pero más resistentes a la erosión que las semillas y las plantas jóvenes de semillero, también son más vigorosas y tienen una tasa de supervivencia más alta. El uso de plantas de vivero evita el daño que se causaría excavando directamente plantas sanas del entorno.



Laguna de Fuente de Piedra



Marismas del Odiel



Plantación en Fuente de Piedra



Cárcava producto de la erosión en el entorno de la Laguna Amarga



Bosquete de repoblación en Laguna Amarga



Protector individual empleado en las labores de restauración de la laguna de Santiago

De todos modos, el material original de propagación debe ser local en la medida de lo posible, ya que hay una amplia variabilidad geográfica en la mayoría de las especies vegetales. Dependiendo de las condiciones locales de nutrición, la aplicación de fertilizantes de liberación lenta al sitio de la plantación, puede ser ventajosa. Otro factor a tener en cuenta, especialmente en humedales afectados por la marea, como por ejemplo las marismas, es que los sedimentos sobre los que se va a replantar estén a la altura idónea en relación con la marea. En ocasiones los procesos erosivos o de limpieza previos a la siembra, pueden haber rebajado la superficie de la marisma hasta el extremo de hacer imposible el crecimiento de las plantas. En estos casos, el relleno con sedimentos adecuados es un método apropiado para lograr este fin.

Consejos para restaurar la cubierta vegetal:

- Plantar especies nativas. Evitando la introducción de especies foráneas o especies invasoras.
- Adecuar el suelo: controlar la erosión, eliminar especies no nativas, agregar o eliminar nutrientes, en definitiva, establecer las condiciones adecuadas para favorecer el ciclo de vida de las plantas.
- Densidad de la plantación. Por ejemplo, una cuadrícula de plantación de un metro puede ser útil para una marisma resguardada, pero en los casos en que la marisma esté más expuesta a la acción de las olas o a las corrientes de marea, es preferible un patrón más denso.
- La restauración debe incluir el control del rendimiento de la plantación.
- Los materiales naturales como rulos de fibra, tapices de fibra vegetal, tapices de semilla, lechos de plantas, etc. favorecen el rápido crecimiento de las plantas.
- Proteger la zona de siembra, mediante cercados o vallas para evitar la entrada de herbívoros.

Ya hemos visto en los apartados anteriores, la utilización de la vegetación para mejorar la calidad de las aguas o reforzar márgenes para evitar la erosión. Es imprescindible conocer las características de los diversos tipos de vegetación asociada a los humedales para poder aprovechar al máximo su empleo en la consecución de los objetivos marcados en nuestro proyecto de restauración. En la tabla 11 se recogen las principales especies vegetales utilizadas en distintos proyectos LIFE, junto con la función que desempeñan.

La vegetación se distribuye en franjas, o zonas, en función de su adaptabilidad a gradientes físicos o químicos, es lo que se denomina zonación. En el documento técnico "Hábitats de humedales del Mediterráneo basado en la clasificación CORINE" incluido en el anexo, puede consultarse la vegetación asociada a los tipos de hábitats naturales más importantes de los humedales mediterráneos, según la clasificación de humedales CORINE basada en la Directiva 92/43/EEC. Esta clasificación es aceptada por los países mediterráneos de la Unión Europea y los países candidatos (Comisión de las Comunidades Europeas, 1991).

De forma muy resumida, podemos diferenciar los siguientes tipos de plantas:

Plantas acuáticas sumergidas: Son aquellas que se desarrollan en la columna de agua, manteniendo todos sus órganos vegetativos por debajo de la lámina de agua. Favorecen la oxigenación de la columna de agua, por lo que algunas como *Potamogeton spp.* y *Elodea spp.* son empleadas en sistemas acuáticos artificiales de depuración, con el fin de oxigenar el agua en profundidad y proporcionar soporte a la flora microbiana. En este grupo se encuadran especies como *Ranunculus aquatilis* (ranúnculo de agua), *Potamogeton spp.*, *Ceratophyllum demersum* o *Myriophyllum verticillatum*.

Plantas anfibias (emergentes): Son aquellas plantas arraigadas en el suelo sumergido (fango) o suelo encharcado, y que asoman parte de su cuerpo vegetativo por encima de la lámina del agua. Son empleadas en los humedales artificiales para actuar de filtro ya que favorecen, los procesos de floculación y sedimentación. Otras funciones son la de servir de soporte de microorganismos –por desarrollo de una gran superficie de órganos sumergidos–, oxigenar el agua circundante en la rizosfera, extraer nutrientes –que redundan en la disminución de la carga contaminante–, sombrear el agua –que evita el crecimiento de las algas–, actuar de barrera cortaviento –que facilita la estabilización del agua– y aislar térmicamente el agua. En este grupo se encuentran importantes especies de interés en los humedales, como las espadañas y aneas *Typha domingensis*, *T. angustifolia*, *T. Latifolia*; los carrizos (*Phragmites spp.*) como la caña común *Phragmites australis*; y el esparganio, *Sparganium erectum*. Los carrizos, son plantas muy resistentes, de rápido crecimiento y no son una fuente alimenticia para aves o la vida silvestre, sin embargo, es una planta de crecimiento agresivo y requiere de técnicas de manejo para evitar su proliferación en humedales naturales.

Plantas flotantes: Son plantas en las que sus órganos asimiladores están flotando en la superficie del agua. Este grupo comprende plantas de libre flotación, que son aquellas que presentan raíces suspendidas en el agua (por ejemplo, la lenteja de agua), como plantas flotantes enraizadas, que son aquellas en las que sus raíces están ancladas en el fango del humedal, pero sus hojas están flotando en la lámina de agua (por ejemplo, los nenúfares). Entre las plantas flotantes de aplicación a los sistemas acuáticos de tratamiento de aguas, hay que mencionar la lenteja de agua (*Lemna minor*), que tiene muy pequeño tamaño, pero es muy prolífica por multiplicarse vegetativamente, y el jacinto de agua, (*Eichhornia crassipes*), de muy alta productividad. La función principal de estas plantas es la de proporcionar sombreado para dificultar el crecimiento de las algas, además de actuar extrayendo nutrientes. Sin embargo, en algunas circunstancias estas especies pueden llegar a ser invasivas, perjudicando el funcionamiento del humedal cuando están en grandes colonias, por limitar la difusión de oxígeno desde la atmósfera, y bloquear el paso de la luz para las plantas sumergidas.

Higrófitos terrestres. Son plantas que, sin ser acuáticas, se desarrollan sobre suelos saturados de agua, pueden soportar condiciones de humedad inferior a saturación por espacios de tiempo no prolongados, pero no sobreviven en ambientes secos. Algunas de estas especies, son tolerantes a la contaminación del agua, y por ello pueden emplearse en los humedales artificiales, como los juncos (*Scirpus holoschoenus*, *Scirpus spp.*). Su principal función es la de contribuir a los procesos físicos de separación del agua, actuando a modo de filtro.

Carrizo (*Phragmites australis*)



Phragmites australis

Tabla 11: Principales especies vegetales empleadas en fitodepuración en distintos proyectos LIFE

Proyecto	Especie	Función	Observaciones
Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter.	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha angustifolia</i> <i>Typha latifolia</i> <i>Scirpus maritimus</i> <i>Scirpus litoralis</i>	Ralentizar el flujo del agua, sedimentar las partículas en suspensión y captar los nutrientes disueltos. Filtro de macrófitas emergentes.	Se construyó un sistema de humedales de depuración diseñado como conjunto de plataformas de inundación laminar de cotas progresivamente descendentes cubiertas de vegetación helofítica. La mayor parte de la colonización vegetal se ha producido de forma natural, sólo una mínima plantación en algunas zonas para aumentar la diversidad.
Humedales de Villacañas.	<i>Typha latifolia</i> <i>Typha domingensis</i> <i>Phragmites spp.</i> <i>Scirpus spp.</i> <i>Sparganium erectum</i> <i>Sparganium emersum</i>	Filtración y realización de tratamiento terciario de las aguas procedentes de la depuradora de Villacañas antes de su llegada al humedal.	Filtro de Macrófitas Flotantes, combina ventajas de los sistemas flotantes y los de macrófitas emergentes. Primera experiencia en restauración de humedal. Se debe segar una o dos veces al año la parte aérea de las eneas y el carrizo para eliminar los nutrientes.
Conservación y restauración de humedales andaluces.	Laguna de Fuente de Piedra : <i>Phragmites australis</i> Vegetación halófila	Filtración del agua antes de su entrada en la laguna, retención de nutrientes y fitosanitarios, sedimentación de las partículas más finas aumentando así la superficie de zonas húmedas.	La plantación y regeneración de esta vegetación se realizará en los arroyos que desembocan en la laguna y en dos lagunas más pequeñas situadas en sus cercanías, el Laguneto del pueblo y la laguna de Cantarranas. La mayor parte de la revegetación, se produjo de forma natural.
	Marismas del Odiel: <i>Phragmites australis</i>	Reducción de los vertidos procedentes de la depuradora de Punta Umbría y regulación de la entrada directa de agua a la marisma.	Creación de una laguna artificial de agua dulce a la entrada de la marisma.
Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda.	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha spp.</i>	Depuración de aguas de drenaje de arrozales. Disminución de la eutrofización y del arrastre de sustancias tóxicas hacia los sistemas naturales.	Transformación de arrozales abandonados en filtros verdes, revegetación natural. Creación de red de canales: el agua de riego se filtra a través del cinturón de vegetación natural antes de su entrada en el sistema de lagunas litorales.
Doñana 2005. Actuación de depuración de las aguas de El Rocío.	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha spp.</i> <i>Tamarix africana</i>	Completar depuración de las aguas residuales de El Rocío con un tratamiento terciario.	Construcción del filtro verde a lo largo del cauce del arroyo Caño de Marín. Además se ha recuperado el bosque de galería.
GILIA, hagiopónimo de la alta Edad Media utilizado para identificar el conjunto de los humedales del Stagno di Cagliari", LIFE96	<i>Phragmites spp.</i> <i>Thypha spp.</i> <i>Lemna spp.</i> <i>Scirpus spp.</i>	Fitodepuración natural de las aguas, reducción de la cantidad de fósforo y de la carga bacteriológica.	Revegetación natural de las macrófitas tras realizarse las labores de limpieza y retirada de sedimentos.
Lagos vivos: manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias. 2000.Life.	Lago Nestos: <i>Phragmites spp.</i> <i>Thypha spp.</i> <i>Lemna spp.</i> <i>Scirpus spp.</i>	Eliminación de nitrógeno y fósforo de los efluentes más cargados de canales desagüe.	Actúan como zonas de amortiguación para disminuir la entrada de agua contaminada.
	Lagunas de La Nava y Boada: <i>Typha spp.</i> <i>Scirpus spp.</i> <i>Phragmites spp.</i> <i>Cynara cardunculus*</i>	Control de la calidad de las aguas de entrada, depuración de aguas procedentes de núcleos urbanos. * Plantada en la zona de amortiguación, para atrapar grandes cantidades de nutrientes.	Creación de Filtros de macrófitas Flotantes. Principal plantación de varias especies de <i>Thypha</i> y mucho más escasa de <i>Scirpus</i> y <i>Phragmites</i> . El empleo de cardos (<i>Cynara cardunculus</i>) en la zona de amortiguación es novedoso. Se adaptan perfectamente a las condiciones del clima seco de España y tienen una intensa actividad fotosintética en invierno.
Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales.	<i>Typha latifolia</i> <i>T. Angustifolia</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Iris pseudacorus</i>	Fitodepuración natural de las aguas, reducción de la cantidad de fósforo y de la carga bacteriológica.	Revegetación natural de las macrófitas tras realizarse las labores de limpieza y retirada de sedimentos.
Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia. 1999. Life.	<i>Typha spp.</i>	Disminución de la contaminación y de la colmatación y mejora de la calidad del agua.	Creación de un humedal para su uso como depuradora de aguas residuales.

Actuaciones de control de la vegetación

Entre la vegetación acuática que componen los humedales mediterráneos, se encuentran especies como el carrizo (*Phragmites australis*), aneas (*Typha domingensis*, *T. latifolia*), juncos (*Scirpus lacustris*, *S. litoralis*, *S. maritimus*) y cárices (*Carex divisa*), que producen grandes cantidades de biomasa pudiendo llegar a colmar el humedal en pocos años o conllevar problemas de proliferación. Establecer tratamientos de cosecha: prácticas que permitan remover los excedentes de producción vegetal del humedal, es un buen método para controlar la vegetación y a su vez, aprovechar el exceso para compostaje, recuperación de suelos degradados, combustible, papel, etc.

La expansión no deseada de la vegetación puede interferir en la restauración de la biodiversidad. Las medidas para su control, tienen que ser escogidas según las características del humedal. Entre las actuaciones que se emplean para controlar la vegetación helofítica se encuentran:

- Siega. La siega, tanto mecánica como manual, debe tener en cuenta la época del año en que se realiza para evitar daños a la fauna asociada al hábitat, y para que su eficacia sea máxima. Por lo general, debe realizarse dos veces al año, y en el caso de las especies vegetales que producen grandes cantidades de biomasa como por ejemplo, el carrizo, juncos, cárices, etc., debe retirarse del humedal, para evitar que pueda producirse eutrofización.
- Fuego. Se trata de una técnica tradicionalmente empleada para la gestión de carrizales, también es empleada en zonas de vegetación mixta de junco y carrizo. Suele emplearse cuando la siega no es recomendable. Debe ser utilizada con cautela, ya que las quemas en superficies secas suponen una drástica reducción de la comunidad de invertebrados. Existen experiencias positivas de quemas controladas en superficies inundadas o heladas. Sin embargo, la quema de carrizo en el Mediterráneo puede provocar graves problemas y no es recomendable como instrumento de gestión de la vegetación. Si se tienen que realizar en sustrato seco, conviene alternar franjas de pocos metros sin quemar como reservorio de fauna.
- Pastoreo. Consiste en el uso de herbívoros, tanto domésticos como salvajes. Se trata de una herramienta eficaz de control de la vegetación. Sin embargo, su uso y carga ganadera debe ser estudiada para cada especie y en cada localidad concreta. La titularidad de los herbívoros por parte del órgano gestor así como la disponibilidad de terrenos alternativos para los animales se consideran elementos facilitadores del correcto uso de esta medida. El empleo de caballos en la laguna de La Nava y de búfalos en el lago Amvravikos, son dos casos prácticos que pasamos a detallar.
- Uso de biocidas. Consiste en el uso de tratamientos químicos, como por ejemplo los herbicidas. Su uso es desaconsejable, especialmente en espacios protegidos, reservándose el empleo de esta técnica a casos muy particulares (como podría ser la presencia de una especie exótica invasora) y con extremo cuidado, dado que pueden dañar severamente la vegetación emergente. En el proyecto LIFE "Modelo de Restauración de Hábitats Dunares en la albufera de Valencia", se realizó un estudio sobre la conveniencia de utilizar el herbicida glifosato en la recuperación de las plantas propias de los ecosistemas dunares del litoral. Este herbicida había sido empleado para



Siega mecánica



Caballos en Delta del Ebro

controlar la especie invasora *Carpobrotus edulis* en la Devesa l'Albufera, dos años antes, demostrando una gran eficacia de eliminación. Tras estudiar la evolución del herbicida en suelos y plantas de la Devesa, se desaconsejó el empleo de este tratamiento químico, por lo que se procedió a la extracción mecánica. Otro ejemplo lo encontramos, en la Bahía de San Francisco: *Spartina alterniflora*, una especie de la costa este de los Estados Unidos, está reemplazando a la especie nativa *Spartina foliosa*. *S. alterniflora* es tolerante a un mayor rango de condiciones que *Spartina foliosa* y ha resistido todos los esfuerzos por eliminarla (excavación, herbicidas...) Ninguna de estas medidas han logrado detener su extensión. La búsqueda de alternativas se centra en encontrar un agente de control biológico que pueda ser usado específicamente contra *S. alterniflora* y la destruya. Proyecto "San Francisco Estuary Invasive Spartina".

Las técnicas empleadas para la eliminación de especies invasoras, se tratarán más detenidamente en el siguiente apartado, puesto que afecta tanto a la vegetación como a la fauna. La tabla 12a, muestra determinadas especies de la flora presentes en humedales del Mediterráneo que bien, son exóticas o bien, se encuentran amenazadas.

Tabla 12a. Especies vegetales exóticas, en peligro o amenazadas en humedales del Mediterráneo

Especies exóticas	
<i>Azolla ficiculoides</i>	Especie neotropical introducida como alimento en acuicultura. Se ha expandido muy rápidamente a través de pequeños ríos y estanques y es un importante antagonista de las especies del género Lemna.
<i>Lythrum salicaria</i>	Introducida desde América Central y hoy en día distribuida por toda Europa.
<i>Paspalum paspalodes</i> <i>Paspalum distichum</i>	Especies herbáceas introducidas desde América Central hasta Mediterráneo con las semillas de arroz.
<i>Ludwigia grandiflora</i> <i>Ludwigia peploides</i>	Introducidas desde América sub-tropical. Han colonizado Francia desde el siglo XIX.
<i>Eichornia grassipes</i>	Introducida en Europa procedente de regiones tropicales.
<i>Amorpha fruticosa</i>	Introducida desde Bulgaria en el Norte de Grecia (a través del río Strymon).
Especies amenazadas y en peligro de extinción	
<i>Damasonium stellatum</i>	Una de las especies más raras y amenazadas de las marismas temporales.
<i>Marsilea quadrifolia</i>	Presente sólo en unos pocos lugares del Mediterráneo.
<i>Trapa natans</i>	Amenazada.
<i>Salvinia natans</i>	Amenazada.
<i>Riccia fluitans</i>	Amenazada.
<i>Ricciocarpus natans</i>	Amenazada.
<i>Nuphar lutea</i>	Amenazada.
<i>Cladium mariscus</i>	En peligro de extinción.
<i>Cyperus papyrus</i>	Amenazada.

Papastergiadou, E. et. al., 2002

Gestión de la vegetación mediante búfalos en Amvrakikos Grecia

El pantano salobre de Rodia en Amvrakikos, alberga el carrizal más grande de Grecia, cubriendo un total de 25 Km². A través del proyecto LIFE-Naturaleza “Gestión de la conservación de los humedales de Amvrakikos”, se realizó una experiencia de pastoreo con búfalos de agua como método de gestión de la vegetación en los humedales. Cinco búfalos pastaban en un área cercada cubierta principalmente por castañuela (*Scirpus maritimus*) y tarajes (*Tamarix sp.*). El pisoteo impedía la regeneración de plantas jóvenes y, la reducción de la cobertura de tarajes (hasta un 70%), estuvo principalmente causado por el rozamiento de los animales sobre los arbustos. Esta técnica resultó ser muy eficaz para el control de plantas leñosas, de herbáceas helófitas de porte alto y para el mantenimiento en general, de la vegetación típica de praderas húmedas. Como consecuencia, se observó una rápida afluencia de peces y distintas especies de aves acuáticas a la zona. Riddell (2000) concluyó que las zonas cercadas de pastoreo, eran más favorables para la alimentación de las aves, que las que no eran pastadas. Al finalizar el proyecto, la Agencia de desarrollo Amvarakikos (ADA), continuó la actividad del pastoreo, reuniendo un rebaño de 25 búfalos. Proyecto LIFE-Naturaleza: Gestión de la conservación de los humedales de Amvrakikos (LIFE99 NAT/GR/006475)

Manejo de la vegetación helofítica mediante siega, pastoreo controlado, decapado y quemas controladas en La Nava.

La producción de biomasa estimada en la laguna de La Nava, sobrepasa las diez toneladas por hectárea y año. Por otro lado, la desaparición de prácticas agrarias como el pastoreo y siega de vegetación helofítica, contribuyen a la acumulación de restos vegetales y expansión de las praderas de ciperáceas. Alrededor del complejo lagunar de La Nava, las plantas palustres muertas como *Carex divisa*, *Juncus gerardi*, *Eleocharis palustris*, *Scirpus maritimus* or *Thypa domingensis* ocupan la laguna causando la eutrofización de sus aguas. Mediante el proyecto LIFE para la protección del Carricerín Cejudo, se está desarrollando un plan de gestión de la vegetación en el que se emplean cuatro medidas de manejo combinadas.

La siega manual, la retirada mecánica y la quema controlada, se realizan una vez al año a finales de verano cuando la laguna esteparia está completamente seca. El pastoreo conlleva el mantenimiento de una pequeña cabaña de ganado equino compuesto por una manada de 12 caballos procedentes del Parque Nacional de Doñana. Estos caballos están perfectamente adaptados a las condiciones particulares de los humedales y a los cambios del clima. Los caballos viven al aire libre durante todas las épocas del año, se alimentan de vegetación acuática y están adaptados a vivir en semilibertad, por lo que, necesitan pocos cuidados. Los resultados del pastoreo de los caballos se analiza regularmente en periodos de tres años, así como el desarrollo de las áreas segadas a mano, con maquinaria y quemadas.

El método o la combinación de métodos más satisfactorio, será adoptado finalmente en La Nava y recomendado para ecosistemas con características similares. Proyecto LIFE: Conservación del carricerín cejudo en la ZEPA “La Nava-Campos” LIFE02 NAT/E/008616



Marismas de Rodia. Parcela destinada a la reintroducción de búfalos



Empleo de búfalos como medida de gestión de la vegetación en Amvrakikos



Retirada de la vegetación del canal primetal de la Laguna de Fuente de Piedra



Labores de siega



Eliminación de matorral en acequia

- Retirada mecánica. Consiste en la eliminación combinada de la vegetación y los sedimentos. Los ensayos preliminares con este método resultan excesivamente caros y tienen unos efectos muy agresivos en el medio. No se descarta su uso en actuaciones puntuales en zonas restringidas para objetivos concretos por ejemplo, la retirada de sedimentos en humedales ricos en nutrientes, puede eliminar la mayor parte de nitratos y fosfatos. Sin embargo, es una medida drástica, ya que junto con la capa de suelo, se retira toda la biomasa incluyendo la mayor parte de las semillas y esporas.
- Control del agua. El mantenimiento de niveles de inundación adecuados a lo largo de las distintas épocas del año, así como la calidad del agua utilizada, es fundamental para la correcta gestión de la vegetación. Las sucesivas inundaciones llevadas a cabo en las lagunas de La Nava y l'Encanyissada, tras un periodo de desecación, permitieron el desarrollo de la vegetación de forma natural. En la laguna de La Nava, después de la primera inundación se desarrollaron amplias poblaciones de *Carex divisa* que llegaron a cubrir la laguna. Conforme las inundaciones se sucedían, otras plantas acuáticas como *Typha latifolia*, *T. domingensis* y *Eleocharis palustris* comenzaron a desarrollarse. Las superficies abiertas de agua fueron ocupadas por *Chara vulgaris* y otras plantas acuáticas como *Ranunculus peltatus*, *Zannichellia pedunculata*, *Potamogeton pusillus*. En la laguna de l'Encanyissada, se ha recuperado las poblaciones de macrófitos (*Potamogeton pectinatus*, *Najas marina* y *Ruppia marítima*) que fueron eliminadas, en favor de una extraordinaria proliferación de fitoplancton, como consecuencia del proceso de eutrofización sufrido por los aportes procedentes de los arrozales ricos en pesticidas, herbicidas y abonos inorgánicos. Mediante el control del agua procedente de los arrozales y suministrando agua directamente del río Ebro, se consiguió mejorar la calidad del agua, lo que favoreció la proliferación de *Potamogeton pectinatus* y *Ruppia cirrosa*. Esta proliferación continuó, consiguiéndose la total recuperación de la cobertura de macrófitos.



Estado de la vegetación palustre de carrizal y eneal tras su siega y recogida.

Fauna

Los humedales son hábitats de decisivo valor para la alimentación y reproducción de aves migratorias (Weller, 1998), así como de miles de especies en el mundo (Grall, 1999). Actúan como nexo entre distintos ecosistemas adyacentes, favoreciendo los flujos migratorios y el intercambio de materia y energía. Cualquier alteración de las características de los humedales, tiene implicaciones sobre la fauna. De igual modo, la aplicación de estrategias o tratamientos para lograr la recuperación de un determinado componente del humedal (mejorar la calidad del agua, restaurar el régimen hídrico, etc.) debe tener en cuenta la época, zonas y forma de aplicación, de modo que cause el menor impacto posible sobre la fauna del humedal, con especial atención a la endémica.

Las conclusiones obtenidas en el proyecto “Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Baix Ter” (LIFE99 NAT/E/006386), sobre las actuaciones realizadas, muestran que no sólo no repercutieron negativamente en las comunidades de aves de la zona sino que, tendieron a favorecerlas. De las acciones realizadas, la ampliación y el drenaje de la laguna de Ter Vell constituyó la actuación más significativa para la avifauna, permitiendo el incremento de la población del ánade real *Anas platyrhynchos*. También se registró una mayor diversidad de aves migratorias probablemente vinculada a las lagunas de nueva creación de la Pletera, donde también nidifica el chorlitejo patinegro *Charadrius alexandrinus*, en fuerte declive en Europa. Asimismo se logró la ocupación satisfactoria por parte de las aves de los nuevos humedales de depuración. LIFE99 NAT/E/006386

Colonia de flamencos



Actividades de censo y seguimiento de la avifauna acuática en Adra

Muchos proyectos de restauración tienen entre sus objetivos la recuperación del hábitat de una determinada especie animal (o vegetal), que como consecuencia del deterioro sufrido, ha desaparecido o mermado su población. La reintroducción de una especie es un caso específico de restauración donde, en general, solamente dicha especie ha desaparecido. El primer paso en estos proyectos debe ser identificar las causas que provocaron la degradación o la desaparición de esa especie, con el fin de establecer una serie de objetivos, cuyo logro conllevarán a la recuperación de la especie. La tabla 12b recoge diferentes programas LIFE relacionados con la restauración de hábitats.

Gaviota de Audouin



Tabla 12b. Programas LIFE sobre restauración de hábitats de especies**Conservación de la Gavina corsa (*Larus audouinii*) en Cataluña, LIFE02 NAT/E/8612**

El ámbito de actuación de este proyecto se centra en el Delta del Ebro y el Delta del Llobregat. Las acciones contempladas comprenden: cierre y delimitación de zonas concretas, renovación anual, vigilancia de sectores de nidificación, muda y descanso, instalación de un jaulón y de señuelos para favorecer la nidificación, inundación de terrenos y trabajo de las tierras, estudio de la depredación del zorro (*vulpes vulpes*), actuaciones para controlar la población reproductora de gaviota patiamarilla que está desplazando a la gavina corsa.

Modelo de restauración de hábitats dunares en la Albufera de Valencia, LIFE00 NAT/E/007339

Las medidas incluyen eliminación de estructuras abandonadas, restauración y revegetación de las cadenas dunares y la reintroducción de dos especies amenazadas de peces: fartet (*Aphanius iberus*) y samaruc (Valencia hispanica)

Primera fase de un programa de acción para la conservación de dos humedales y la creación de una Red de Reserva para Valencia hispanica. LIFE92 NAT/E/014400

Creación de una red compuesta por 7 reservas estrictamente protegidas, en aquellas zonas donde existían o aún existen poblaciones de samaruc. Una vez establecida la red, el proceso de recuperación continuará mediante un programa de cría en cautividad y con la creación de un centro especializado.

II Fase de un programa para la conservación de humedales valencianos y creación de un área de reserva para Valencia hispanica LIFE95 NAT/E/000577

La creación de una Red de Reserva se realizará mediante la protección de las principales áreas de asentamiento de Valencia hispanica, la

Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Baix Ter, LIFE99 NAT/E/006386

Las actuaciones propuestas: protección de la población de fartet (*Aphanius iberus*) mediante la introducción de ejemplares en lagunas permanentes de nueva creación, plan de cría para incrementar las poblaciones, mejora del estado de conservación de la vegetación de dunas (*psammófila*) y de marisma (*halófila*) mediante la reducción del impacto del tráfico rodado y de la frecuentación humana, con la creación y delimitación de unos itinerarios de visita.

"Recuperación del hábitat de anfibios y réptiles acuáticos en los pantanos del Baix Ter" LIFE04 NAT/ES/000059

Restauración del bosque de ribera y terrenos inundables. Creación de un reservorio de agua para reducir el riesgo de inundación, y favorecer así las poblaciones de anfibios. Recuperar las poblaciones de tortugas, mediante la reintroducción de individuos (*Emys orbicularis*) y la liberación de tortugas acuáticas reproducidas en el centro de reproducción.

Conservación de las Albuferas de Adra, LIFE98 NAT/E/5323

Las medidas tomadas para minimizar la contaminación y plagas en el entorno terrestre del humedal (estudio de viabilidad de cultivos alternativos de bajo impacto, eliminación de invernaderos, limpieza de residuos agrícolas, control de roedores, vigilancia del entorno, campañas de concienciación ciudadana), han contribuido a la recuperación de las especies y tipo de hábitats del entorno; animales: Fartet, Ranita meridional, Galápagos leproso, Malvasía cabeciblanca, Calamón común; vegetales: carrizales, tarayales, masegares, juncales, praderas sumergidas.

Conservación de especies prioritarias en humedales mediterráneos (*Aphanius iberus*, Valencia hispanica, *Botaurus stellaris*, *Larus audouinii*), LIFE96 NAT/E/003118

Las medidas están encaminadas a lograr la restauración de los humedales, como medio para proteger las especies amenazadas. Estas medidas comprenden construcción de canales, diques y barreras para crear zonas de inundación periódica y zonas de vegetación de humedales para aumentar el espacio destinado a la nidificación y descanso de las aves. Mejora de la calidad del agua, manejo de la vegetación, cría en cautividad y posterior devolución al medio de las especies de peces. Establecimiento de reservas para refugio de la gaviota de Audouin y del avetoro común.

Conservación del Carricerín cejudo en la ZEPA Nava-Campos, LIFE02 NAT/E/8616.

La laguna de la Nava, es uno de los lugares más importantes de paso postnupcial del carricerín cejudo (*Acrocephalus paludicola*) en Europa. Las medidas tomadas para evitar la destrucción y la disminución de su hábitat tanto en las zonas de reproducción como en las de paso e invernada han consistido en: ampliación del humedal mediante inundación de nuevas lagunas, ampliación de la orla de vegetación perilagunar, aplicación de técnicas de control de la vegetación helofítica, eliminación de vertidos a la laguna, modificación del sistema de Uso Público del humedal y mejora del sistema de vigilancia, mejora del conocimiento de la fenología de migración de *Acrocephalus paludicola*, abundancia y otros aspectos relacionados con la especie, mediante la instalación de una Estación de Esfuerzo Constante.

Las principales causas que implican un deterioro faunístico, y las técnicas de restauración aplicadas en la cuenca del Mediterráneo, son (Perenneou, 2002):

1. Pérdida del humedal. Si se logra la recuperación de los procesos biofísicos esenciales de estos ecosistemas, las comunidades de organismos incluyendo la fauna, son uno de los elementos que se restauran parcialmente de forma espontánea.
2. Uno o varios factores de carácter antropogénico actúan sobre el humedal, afectando al hábitat y a las especies presentes. La primera actuación que debemos realizar, es eliminar el factor causante de la degradación.
3. Contaminación. Restaurar la calidad del ecosistema (por ejemplo, la calidad del agua). Biomanipulación, en caso de existir eutrofización.
4. Sobreexplotación de especies y/o molestias. Entre las medidas adoptadas se encuentran: limitar el acceso, protección más estricta (a nivel local/nacional), uso sostenible de las especies capturadas (restricciones).
5. Competición/depredación por especies alóctonas, o especies nativas invasoras que han experimentado una explosión demográfica, por cuestiones antrópicas. La solución consiste en erradicar o controlar las especies nocivas o alóctonas.
6. Determinadas zonas imprescindibles para la puesta, alimentación, etc. se encuentran degradados o son insuficientes. Adecuación de este hábitat específico: construcción de nidos, islotes artificiales, disposición de vallas...
7. Legislación insuficiente/inapropiada, débil apoyo por parte de los grupos locales, o falta de conocimiento sobre la especie amenazada y sobre sus necesidades de hábitat. Adaptar la legislación, despertar la concienciación medioambiental y gestión orientada a la investigación antes de la actuación, son respectivamente, los métodos adoptados.
8. Existe un factor limitante e inherente a las especies claves o al área circundante (por ejemplo, aislamiento de potenciales poblaciones originales), de carácter natural o antrópico, que actúa dificultando la expansión natural o la recolonización. Las opciones tomadas son: reintroducción, desplazamiento, refuerzo/suplemento.

A continuación pasamos a detallar, las actividades encaminadas a favorecer la recuperación y restitución de especies que han sido degradados, dañados o destruidos de manera directa o indirecta.

Mejoras del hábitat

Las poblaciones de animales pueden disminuir o desaparecer de un determinado hábitat debido a que este, ha dejado de ser apropiado para su ciclo de vida. En estos casos la restauración de estos elementos, permiten el regreso de dichas poblaciones.

La creación de nidos, o estructuras artificiales que favorezcan la nidificación, es una de las actuaciones más comúnmente empleadas. Por ejemplo, en la laguna Larga de Villacañas, se



Protección de una isla contra la erosión con piedras en el Laguneto



Botaurus stellaris



Actividades de colocación de trampas para roedores en las orillas de las lagunas de Adra

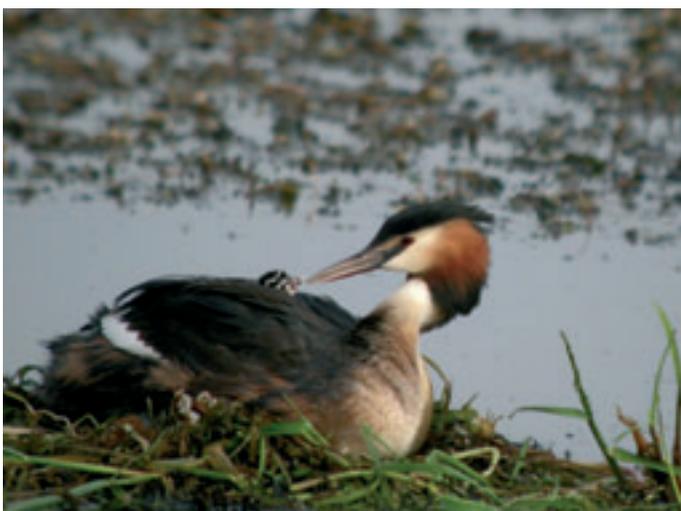


Voluntarios construyendo nidos para flamencos en Fuente de Piedra



Islotes flotantes en Fuente de Piedra

Colonia de pelícanos en Amvrakikos



crearon 4 islas de nidificación flotantes, con objeto de asegurar la nidificación de las pagazas piconegras (*Geochelidon nilotica*). Las isletas tienen unas dimensiones de 3x3 metros, están construidas con madera y se montan sobre flotadores de bloques de poliestireno, con protector de polluelos de 15 cm. Debido a que las pagazas piconegras anidan en terrenos carentes de vegetación, las isletas se han recubierto de material arcilloso para hacerlas aptas para la reproducción de esta especie. En 2001, las islas fueron paulatinamente ocupadas por las pagazas, contabilizándose un total de 26 parejas entre las dos primeras plataformas, sacando adelante un total de 30-35 pollos. Se han instalado también dos pastores eléctricos, para lograr el alejamiento de predadores de los nidos, uno de ellos en la mejor zona de nidificación de los flamencos y otro en la zona de nidificación de la pagaza piconegra. Cada uno de ellos cierra una superficie de 2 hectáreas aproximadamente. Proyecto LIFE: "Humedales de Villacañas", (LIFE99 NAT/E/006339).

Otros proyectos que emplearon estructuras similares con el mismo propósito fueron:

- Gestión de la conservación de los humedales de Amvrakikos, (LIFE99 NAT/GR/006475): Los islotes artificiales creados en la laguna de Tsoukalio (Grecia) atrajeron a poblaciones de pelícanos, aunque en un principio fueron creados con el objetivo de frenar la erosión que había destruido las islas (único refugio y lugar de cría del pelícano ceñudo, *Pelecanus crispus*). La creación de dos islotes y la recuperación de otro ya existente, permitió a los pelícanos disponer de más espacio, favoreciéndose el éxito de cría en el área. La población de pelícanos en Amvrakikos ha aumentado de 32 parejas en 1998 a 92 en 2003.
- Parque de Maremma: Gestión de los hábitats palustres y de dunas, (LIFE98 NAT/IT/005117): se amplió una zona húmeda de 1,9 ha a 2,3 ha. donde se estableció una plataforma de nidificación en el centro de la laguna.
- Conservación de la laguna de Cagliari, el mayor humedal costero de Cerdeña, (LIFE96 NAT/IT/003106): en la laguna de Cagliari (Italia) se construyeron 4 islotes artificiales (1912 m²) y se restauraron 26 islotes existentes (2380 m²) previa eliminación de especies invasoras en la zona. La cual se cercó utilizándose para ello vallas metálicas (196 m.) y de madera (5.218 m.) En esta ocasión, los islotes se cubrieron con conchas para imitar los nidos naturales.

En otras ocasiones la recuperación de la vegetación es el reclamo que atrae a determinadas especies animales. Por ejemplo, en los humedales de Amvrakikos, la intensificación de la agricultura y el pastoreo, había disminuido las poblaciones de árboles, privando a determinadas especies de la avifauna de un lugar para el descanso y la cría. El proyecto llevó a cabo la reforestación de sitios estratégicos, con el fin de mejorar el hábitat de las siguientes especies: Cormorán Pigmeo (*Phalacrocorax pygmeus*), Águila Pomerana (*Aquila pomarina*), y Águila Moteada (*Aquila clanga*). Para la reforestación se recurrió a los alrededores de la marisma de Rodia, donde existen rodales de forma natural, los cuales aunque han disminuido durante las últimas décadas no se encuentra en régimen de explotación intensiva. Se realizaron estudios de reforestación en el área y se plantaron pequeñas parcelas (cada una de unos cientos de metros cuadrados) con especies nativas como el fresno (*Fraxinus angustifolia* F. *Oxycarpa*), álamo blanco (*Populus alba*) y sauces (*Salix* sp.). Estas parcelas no

obstaculizaban el pastoreo ni el paso de la ganadería. La regeneración natural de estas plantaciones han provisto a la avifauna de lugares donde posarse. (Gestión de la conservación de los humedales de Amvrakikos, LIFE99 NAT/GR/006475).

Además de la avifauna, otros animales se ven beneficiados de las acciones empleadas para mejorar el hábitat, los siguientes proyectos ejemplifican actuaciones para conseguir la protección de reptiles y anfibios.

En la laguna de Pylos (Grecia) se descubrió durante el desarrollo del proyecto LIFE “Ejecución de un plan de gestión para la laguna de Pylos y el delta del Evrotas, Espacios de Natura 2000 en Grecia” (LIFE97 NAT/GR/004247), la presencia del camaleón de la especie *Chameleo africanus*, cuyo hábitat en Europa se limita a esta laguna. Las mejoras del hábitat consistieron en la restauración con vegetación autóctona y creación de corredores para proteger y ampliar el hábitat disponible de los camaleones. Se construyeron pequeñas dunas para albergar los nidos en determinados sitios que garantizaban su seguridad. Para asegurar la protección de esta especie, se llevaron a cabo las siguientes actuaciones:

Protección de hembras preñadas y de los nidos mediante vigilancia, seguimiento de las hembras, recogida de nidos y cubierta de estos con redes de alambres. Se mantuvo la vigilancia durante el periodo de puesta y los juveniles fueron recogidos y trasladados fuera del alcance de los depredadores. El traslado de los nidos se hizo, exclusivamente, en aquellos casos en que se localizaban en zonas muy expuestas al peligro. Para reducir la mortalidad a causa de los atropellos, se impusieron límites de velocidad en la zona y se informó a los visitantes de la existencia de esta especie. Los gatos asilvestrados eran atrapados y puestos en libertad en una zona alejada, donde no supusieran peligro para los camaleones y los perros, eran capturados y regalados a la gente. Con la ayuda de voluntarios se evita la recolección de ejemplares, acampada ilegal, quema de arbustos, destrucción de nidos, etc.

Durante el mismo proyecto se llevaron actuaciones para proteger las poblaciones de la tortuga boba (*Caretta caretta*), que junto con la tortuga verde (*Chelonia mydas*) se encuentra gravemente amenazada por la flota pesquera del puerto de Gytheion, al quedar muchos ejemplares atrapados en las redes o muertos a manos de pescadores. Las acciones consistieron en: vigilancia, traslado de nidos, colocación de estos en lugares de mayor protección y seguimiento. En el delta del Evrotas, los resultados fueron muy positivos: 10.000 personas fueron informadas sobre las amenazas que afectan a *Caretta caretta*, 77 tortugas fueron liberadas por pescadores, se protegieron 248 nidos y los esfuerzos de concienciación pública alcanzaron a la totalidad de la flota de Gytheion.

Reubicación

La reubicación es una herramienta que ha sido desarrollada para conservar y/o manejar fauna silvestre cuyas poblaciones han declinado o desaparecido, producto de acciones antrópicas llevadas a cabo en su hábitat (Parada *et al.*, 2005). Consiste en el traslado, hecho por el hombre, de animales o poblaciones de animales de una localidad a otra. Experiencias de este tipo se han desarrollado en Francia, España e Italia. Estos proyectos deben realizarse de forma muy controlada y con sumo cuidado a fin de garantizar el éxito a largo plazo.

Dado que la restauración de una sola especie de plantas y animales es cada vez más común, el Grupo Especialista en Reintroducción de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, ha desarrollado una serie de Guías, basadas en una extensa revisión de casos de estudio y amplias consultas a través de una variedad de disciplinas, destinadas a conseguir que las reintroducciones sean justificables y se lleven a cabo con las mayores posibilidades de éxito (UICN, 1995). En estas guías se definen los siguientes términos:

“Reintroducción”: un intento para establecer una especie en un área que fue en algún momento parte de su distribución histórica, pero de la cual ha sido extirpada o de la cual se extinguió. (“Restablecimiento” es un sinónimo, pero significa que la reintroducción fue exitosa). En los humedales mediterráneos, se llevan a cabo muchas reintroducciones de especies. Principalmente en España, donde se realizan 9 de cada 14 proyectos LIFE de reintroducción de especies (Perenneou, 2002).

“Desplazamiento”: movimiento, deliberado y provocado, de individuos silvestres a una población existente de la misma especie. Se realiza cuando el hábitat natural va a ser destruido (por ejemplo, desarrollo urbanístico), la población no puede recuperarse, o cuando el riesgo de extinción de la especie demanda un incremento en la densidad de población. Este método se emplea cuando la causa que produce el decrecimiento de la especie ya ha sido eliminada.

“Refuerzo/Suplemento”: adición de individuos a una población existente de la misma especie. Este sistema es adecuado para mantener las poblaciones cuyo número de individuos no es suficiente para garantizar la supervivencia de la especie. Los resultados dependen de varios factores, como: el número de individuos trasladados y las características del área al que se incorporan.

“Conservación/Introducciones Benignas”: un intento para establecer una especie, con el propósito de conservación, fuera de su área de distribución registrada pero dentro de un hábitat y área ecogeográfica apropiada. Esta es una herramienta de conservación factible sólo cuando no existen remanentes de áreas dentro de la distribución histórica de la especie.

Cualquier actuación de este tipo debe estar basada en estudios realizados sobre: las características medioambientales de la zona, la presencia de otros humedales en el entorno y en el conocimiento de los requerimientos naturales de las especies claves. En el marco del proyecto LIFE-NATURA “Restauración y ordenación de las lagunas y sistemas costeros del Baix Ter”, se han realizado varias actuaciones destinadas a mejorar la situación del fartet (*Aphanius iberus*), especie endémica de la Península Ibérica, en la comarca del Baix Empordà. Antes de la ejecución del proyecto, esta especie estaba confinada a una única laguna (balsa de Fra Ramon), cuyo aislamiento ponía en peligro la conservación del fartet en la zona.

Las actuaciones han consistido en la creación de un complejo de nuevas lagunas en la zona de la Pletera, con un régimen hídrico similar al de Fra Ramon y, su posterior repoblación mediante la introducción de ejemplares procedentes de la balsa. La introducción se realizó en noviembre del 2002, antes de que las cubetas se conectasen, y únicamente en la cubeta donde se había desarrollado de forma natural, un pequeño prado subacuático de *Ruppia cirrhosa*, (hábitat idóneo para el desarrollo de esta especie).

Se introdujeron un total de 464 individuos, de los cuales 233 procedían de la cría en cautividad realizada a partir de ejemplares capturados en Fra Ramon, mientras que el resto fueron trasplantados directamente desde esta misma laguna. Censos realizados en las nuevas lagunas un año después de la introducción muestran que la nueva población se ha expandido demográficamente desde la repoblación inicial (noviembre 2002), alcanzando la población total un incremento del 73% respecto al stock repoblado menos de un año antes.

El seguimiento realizado en las poblaciones de peces tras la repoblación, constataron que la población introducida se había asentado con éxito y que la extracción de individuos no había afectado negativamente a la población origen.

Este éxito es atribuible tanto al correcto diseño de las nuevas lagunas, como a la rápida aparición en éstas de una densa pradera de la fanerógama *Ruppia cirrhosa*, que constituye un excelente hábitat para la especie.

Control de especies invasoras

La introducción de especies exóticas es un problema que afecta tanto a especies animales como vegetales. Las especies invasoras son organismos (plantas, animales y microorganismos) que han sido introducidos intencional o accidentalmente fuera de su ámbito natural. Los humedales son especialmente vulnerables a

la invasión por nuevas especies debido a su posición como ecótonos o interfaces entre entornos terrestres y acuáticos, lo que los hace susceptibles a la invasión desde ambos medios. Además de la introducción de especies alóctonas, cualquier actuación que implique la alteración del medio (salinización, aumento de nutrientes, cambios en el régimen hídrico...) pueden tener como consecuencia que una especie nativa se convierta en especie invasora. Por ejemplo, el cese de la actividad agrícola y especialmente el pastoreo del ganado, favorece la colonización de praderas y prados por plantas leñosas. Un leve incremento en la densidad de la cubierta herbácea, constituye una amenaza para plantas anuales menos competitivas y, para la fauna asociada a estos hábitats. La tabla 13 muestra aquellos organismos que pueden convertirse en invasores en los humedales.

La colonización de las lagunas por especies exóticas puede provocar el desplazamiento o extinción de especies características de esa zona. Muchos proyectos LIFE, incluyen medidas de erradicación de especies exóticas para lograr la restauración de hábitats. Entre 1992 y 2002, de los 715 proyectos financiados por el programa LIFE Nature, 100 incluían actuaciones para evitar la expansión de especies exóticas. En algunos casos, el medioambiente se recupera de forma natural una vez eliminada las especies introducidas. En otros casos, se hace necesaria la intervención humana. En la tabla 14, se citan proyectos LIFE desarrollados en humedales mediterráneos relacionados con el control de especies alóctonas.

*Detalle de *Carpobrotus edulis*, planta originaria de sudáfrica, convertida en invasora en muchos parajes costeros gaditanos*



Tabla 13. Organismos de los humedales que pueden convertirse en invasores

Plantas inferiores
Cianofíceas: algas azulverdosas, tales como <i>Anabaena</i> , <i>Microcystis</i> .
Clorofíceas: algas verdes; Spirogyra y afines, aguas rojo "sangre" y naranja de la serie <i>Volvox</i> , <i>Chara</i> y <i>Nitella</i> .
Algas hepáticas (flotantes) tales como <i>Ricciocarpus</i> .
Traqueófitas
Helechos (flotantes): Salvinia, Azolla
Helechos (emergentes) de gran número de especies propias de humedales de agua dulce o salobre.
Plantas herbáceas (emergentes y enraizadas en las orillas): <i>Vossia</i> y muchísimas otras.
Juncias: ciperáceas en todas sus formas.
Tifáceas: espadañas y carrizos.
Aráceas: especialmente <i>Pistia</i> .
Pontederiáceas: <i>Eichhornia</i> , <i>Pontederia</i> , etc.
Limnocaritáceas: <i>Hydrocleys</i> .
Hidrocaritáceas: <i>Elodea</i> , <i>Lagarosiphon</i> , <i>Stratiotes</i> , etc.
Lemnáceas: las diferentes "lentejas de agua"
Otras (pequeñas) familias de plantas fanerógamas de humedal, especialmente monocotiledóneas, y algunas dicotiledóneas tales como las litráceas: <i>Lythrum salicaria</i>
Muchas "grandes" familias tales como leguminosas, umbelíferas y poligonáceas.
Invertebrados
Moluscos: especialmente bivalvos y caracoles de agua dulce (o salobre), sin olvidar los portadores de enfermedades.
Crustáceos: langostas y cangrejos de río, gambas escapadas de piscifactorías.
Insectos: especialmente moscas y mosquitos, sin olvidar los portadores de enfermedades.
Vertebrados
Peces: introducciones deliberadas en lagos, ríos y embalses, especies exóticas y especies nativas de la región pero no de la masa acuática o el humedal afectado: <ul style="list-style-type: none"> - escapes accidentales de centros de acuicultura o acuarios - desplazamientos a partir de introducciones - escapes no accidentales de tiendas de animales domésticos, estanques, acuarios - escapes de centros de acuicultura marina
Anfibios: tales como el célebre sapo de cañaveral.
Reptiles: serpientes y lagartos en situaciones de insularidad.
Aves: tales como las minas exóticas, los cuervos que desplazan aves acuáticas.
Mamíferos: tales como el coipo (<i>Myocastor coypus</i>), pequeño roedor semiacuático procedente de sudamérica.

Howard, 1999.

Tabla 14. Proyectos LIFE de humedales mediterráneos relacionados con especies alóctonas.

Título	Código	Especie alóctona
Plan de conservación de la malvasía cabeciblanca en la comunidad de Valencia	LIFE00 NAT/E/7311	<i>A Oxyura jamaicensis</i>
Conservación del lago Grand-lieu	LIFE94 NAT/F/0841	<i>A Myocastor coypus</i>
Programa de protección de los lagos costeros de Languedoc-Roussillon	LIFE94 NAT/F/0860	<i>A Myocastor coypus</i>
Reintroducción de <i>Oxyura leucocephala</i> en el estanque de Biguglia	LIFE97 NAT/F/4226	<i>A Oxyura jamaicensis</i>
Programa de restauración y gestión del hábitat del avetoro común en Francia	LIFE00 NAT/F/7269	<i>A Myocastor coypus</i>
Restauración y gestión integrada de la isla de Buda	LIFE96 NAT/E/3180	<i>P Eucalyptus sp., Populus hybrida, Phoenix sp. and Washingtonia sp.</i>
Programa de conservación del área geográfica del Delta del Po (segunda fase)	LIFE94 NAT/IT/0538	<i>A Miocastor coypus, Silurus glanis, Carassius carassius</i>
Conservación de habitats dulceacuícolas de Siena Province	LIFE95 NAT/IT/0657	<i>P Pinus sp.</i>
Conservación de la Reserva Natural de Valli del Mincio	LIFE96 NAT/IT/3073	<i>P Nelumbo nucifera</i>
Medidas urgentes de conservación del sapo de espuelas pardo (<i>Pelobates fuscus insubricus</i>)	LIFE98 NAT/IT/5095	<i>A Rana catesbeiana, Procamburus clarkii, Myocastor coypus</i>
Biodiversidad de las turberas del Iseo: conservación y gestión	LIFE99 NAT/IT/6212	<i>A Silurus glanis</i> <i>P Amorpha fruticosa, Ailanthus altissima, Phtolacca Americana, Solidago canadensis</i>
Medidas de saneamiento ambiental del lago Alserio	LIFE99 NAT/IT/6235	<i>P Populus x canadensis, Platanus hybrida</i>
Conservación y gestión del biotopo "Humedal de S. Genuario"	LIFE00 NAT/IT/7209	<i>A Myocastor coypus, Trachemys scrita, Ctenopharynodon idella</i> <i>P Robinia pseudoacacia, Solidago gigantean.</i>
Acciones urgentes para salvaguardar los parajes de interés comunitario de Orbetello Lagoon	LIFE00 NAT/IT/7208	<i>P Eucaliptus sp.</i>
Conservación de <i>Austroptamoius pallipe</i> in dos parajes de interés comunitario de Lombardía	LIFE00 NAT/IT/7159	<i>Procamburus clarkii</i>
Restauración del balance ecológico a fin de preservar hábitats y especies de interés comunitario	LIFE02 NT/IT/8526	<i>A Myocastor coypus, Silurus glanis, Procamburus clarkii</i> <i>P Populus hybrida</i>
Restauración y gestión de los "Estanys de Sils"	LIFE98 NAT/F/5348	<i>P Phytolacca Americana, Arundo donax</i>
Restauración de una reserva integral en la ZEPA "Riberas de Castronuño"	LIFE99 NAT/E/6343	<i>P Populus hybrida</i>

La prevención, es el método más recomendable para evitar la introducción de especies invasoras. El seguimiento, como medida para identificar nuevas especies introducidas en una determinada región, es fundamental para garantizar, mediante un eficiente sistema de alerta, la prevención. Por ejemplo, el cultivo en piscifactorías de la rana toro (*Rana catesbeiana*), especie originaria de norte América, fue prohibida en España por las autoridades por los problemas medioambientales que causaba en caso de escape de ejemplares al exterior. (Perennou, 2002).

Si se ha detectado a tiempo la presencia de las especies introducidas, la erradicación es la mejor opción de gestión para conseguir su eliminación. Actuar con rapidez es muy importante, ya que, en el caso de especies exóticas, de no lograrse su eliminación inmediatamente después de su introducción, conseguirlo una vez que se ha extendido, es muy difícil. El tipo de

intervención que se realice depende de diversos factores: biológicos, sociales y económicos. Esto no quiere decir sin embargo, que deba actuarse sin pensar, al contrario, **toda acción debe estar cuidadosamente evaluada y estudiada para evitar que el daño ocasionado sea mayor que la amenaza existente**. Es necesaria la elaboración de planes de erradicación y contingencia específica, que doten a las autoridades competentes de unas herramientas básicas para proporcionar una rápida respuesta ante las introducciones de organismos. Organismos como UICN, FAO, IPPC, etc, han elaborado guías específicas para el manejo de especies invasoras. El propósito de estas guías es evitar en lo posible la pérdida de diversidad biológica ocasionadas por los efectos perjudiciales de las especies invasoras.

La especie asiática de loto, *Nelumbo nucifera*, fue introducida en 1921 en el lago Superior (Valli del Mincio) y desde entonces inició una invasión descontrolada que ha afectado a todo el valle. Es ésta una especie exótica de rápido crecimiento y muy agresiva que elimina toda vegetación sumergida o flotante que exista en la zona y forma un tapete de un metro de profundidad, monoespecífico e impenetrable para la fauna. En espectacular expansión, obstaculiza la circulación de los flujos de agua, inhibe la fotosíntesis y provoca una fuerte eutrofización. Su proliferación fue tal, que llegó a unirse con las cañas de las orillas del humedal, afectando prácticamente, a la totalidad de la superficie de agua. Además, la acción conjunta del loto, el carrizo y la canalización aguas arriba del río, provocó un importante fenómeno de terrestrealización.

Para el control y erradicación de esta especie invasora, el proyecto LIFE “Conservación de la Reserva Natural de Valli del Mincio” (LIFE96 NAT/IT/3073) experimentó con una técnica nueva y de bajo impacto ecológico consistente:

- En las zonas donde la profundidad del agua es superior a 1m se realizaron repetidas cortas anuales en el periodo vegetativo, mediante embarcaciones dotadas de barras cortadoras; este corte repetido de las hojas emergidas impide el transporte de oxígeno al rizoma e inhibe la fotosíntesis, provocando la muerte de la planta.
- Donde la profundidad del agua no es suficiente para realizar esta operación se extrajo el rizoma mediante excavación con embarcaciones y la retirada parcial del material.

Esta técnica ha demostrado ser muy eficaz produciéndose una reducción drástica del número de hectáreas invadidas por el loto, lo que ha provocado un incremento de la biodiversidad, una mejor circulación del agua y el reestablecimiento y expansión de la flora autóctona con el consiguiente beneficio para la fauna.

El Proyecto LIFE “Restauración de ambientes acuáticos de Porqueres y Banyoles” (LIFE03 NAT/E/000067) tiene entre sus objetivos la eliminación de las especies exóticas *Populus x deltoides* y *Pyracantha coccinea*. Estas plantaciones de árboles de crecimiento rápido son una forma de cultivo que ha ido sustituyendo los hábitats característicos de la cuenca lacustre, como son los bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* y el bosque en galería de *Salix alba* y *Populus alba* en la ribera del lago.

Las acciones para su eliminación, se ejecutarán repetitivamente durante los 3 años de duración del proyecto LIFE (finaliza en abril de 2007), en función del desarrollo de la vegetación que se pretende eliminar. El área de actuación abarca 9,1 ha. La eliminación de *Populus x deltoides* y *Pyracantha coccinea*, se realiza mediante la tala completa de sus plantaciones, consistiendo en un corte único en la base o, el desramado y troceado del árbol en pie. El sistema de extracción de los pies cortados se realiza mediante arrastre por cable, con los protectores pertinentes para no dañar al resto de la vegetación, y tiene lugar durante el invierno para disminuir el impacto sobre la vegetación acompañante.

Debido a la alta capacidad de rebrote de las especies exóticas que se pretenden eliminar, es necesario emplear 2 métodos, en función del riesgo de impacto que se precise, tras su tala:

- a. Cubrimiento del tocón, alrededor de 20 cm, con tierra vegetal desinfectada que se aportará después de la corta del tronco a nivel del suelo.
- b. Aplicación de un herbicida. Esta actuación es realizada por personal especializado empleándose para ello, un herbicida de contacto, de aplicación directa y localizada mediante el pintado del cámbium. El producto herbicida utilizado es el menos agresivo para la fauna acuática y la vegetación del entorno (de categoría AAA) como por ejemplo un herbicida de materia activa de sólo el 36% de Glifosato.



Cuando la erradicación no es posible, las actuaciones deben estar dirigidas a limitar la propagación de la especie, mediante la delimitación de un área y el control a largo plazo, reduciendo la densidad de población hasta unos niveles aceptables. Medidas de contención se llevaron a cabo en el proyecto “Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda”, (LIFE96 NAT/E/003180).

Dos especies de palmera, *Phoenix sp.* y *Washington sp.*, fueron retiradas de un sitio Natura 2000 y plantadas en un jardín público de un área urbana próxima a la isla de Buda. Con el consiguiente apoyo de la comunidad local. Las medidas de control incluyen técnicas mecánicas, químicas y biológicas. Los métodos a aplicar deben ser cuidadosamente seleccionados para conseguir la mayor eficiencia y el menor impacto a fin de evitar efectos no deseados.

Un buen ejemplo de control de poblaciones de peces introducidos es el proyecto LIFE Nature “Conservación de *Salmo marmoratus* y *Rutilus pigus* en el río Ticino” (LIFE00 NAT/IT/7268), realizado en Italia. El objetivo del proyecto era proteger las poblaciones de *Salmo marmoratus* y *Rutilus pigus*, gravemente amenazadas tras la introducción del siluro *Silurus glanis*, mediante un programa de cría en cautividad y reintroducción en el río Ticino. El siluro, es un voraz depredador nocturno muy competitivo en la obtención de alimento y refugio, debido a su gran tamaño y su capacidad para adaptarse a todo tipo de ambientes, estaba desplazando a las poblaciones autóctonas.

Antes de iniciar el programa de reintroducción, era necesario reducir la densidad de población de la especie invasora. Para ello, se realizaron eliminaciones periódicas mediante pesca eléctrica y pesca subacuática, especialmente en los tramos del río donde se observaban las densidades poblacionales más elevadas. Las operaciones de control dieron resultado: se capturaron 2,7 toneladas de siluros que fueron empleadas para estudiar la biología de las especies adaptadas a Italia. Mediante el empleo de técnicas de bioingeniería en albercas naturales, se cultivó de forma extensiva (las fases larvares y el alimento que consumen las especies cultivadas proceden del medio natural sin intervención humana) ejemplares adultos de trucha silvestre. El programa para la producción de alevines incluía la fertilización artificial de estos reproductores, la incubación de los huevos y el crecimiento de los alevines en el medio natural sin intervención antrópica, con el fin de maximizar las tallas y repoblar el río Ticino con especímenes autóctonos. Los resultados de esta actuación se manifiestan en la producción y reintroducción en el río Ticino de 20.000 *Salmo marmoratus* y 3.000.000 *Rutilus pigus*.

Finalmente, para reestablecer el libre paso de las poblaciones piscícolas interrumpido por la existencia de presas en el río, está prevista la construcción de canales para peces, cuya ejecución comenzará próximamente. (Cesare Puzzi, comunicación personal).

Si ninguna de las medidas son factibles, la última opción consiste en mitigar el impacto sobre las especies nativas y el ecosistema. Sea cual sea la estrategia que adoptemos, no debemos olvidar que el manejo de las especies invasoras es sólo una fase del proceso, cuyo objetivo es la conservación de las especies y hábitats nativos.

Métodos de control de especies invasoras (Ramsar COP7 DOC. 24)

Prevención y control, mediante la imposición de cuarentenas y la regulación de las exportaciones e importaciones y de los mercados. Esto requiere el reconocimiento de los invasores y un acuerdo entre Estados, así como mecanismos que garanticen la vigilancia y la acción para detener el movimiento de las especies objeto de control.

Métodos mecánicos: retirada, destrucción, caza con trampa o captura; todos ellos exigen encontrar y manipular los organismos invasores y retirarlos físicamente del ecosistema. Esto puede ser eficaz, pero raras veces da como resultado un control duradero, pues requiere un esfuerzo continuado y, por lo general, no consigue eliminar todos los individuos de una población invasora; es decir, la erradicación no suele ser casi nunca una opción válida, por lo que esta forma de lucha ha de mantenerse, normalmente, tanto tiempo como duren las actividades nocivas de los invasores.

Métodos químicos: mediante plaguicidas, herbicidas y venenos (pocos de los cuales son específicos). Este método comporta muchos problemas de aplicación y efectos sobre especies distintas de las atacadas, pero en ciertos casos puede ser la única solución. Son preferibles las sustancias químicas de corta vida media o que dejan unos residuos mínimos, pero los más valiosos son aquellos que resultan más específicos para los invasores atacados.

Métodos biológicos: especialmente para especies exóticas, y por lo general con agentes exóticos de biocontrol. Este método se basa en la creencia de que la mayoría de los invasores “se mantienen bajo control” (y, por tanto, no son invasores) en su hábitat nativo gracias a la acción de toda una serie de parásitos, agentes patógenos y depredadores: aquellos agentes que mantienen a cada especie en armonía con su entorno y equilibran su crecimiento y expansión. Cuando un invasor se establece en un nuevo hábitat o ecosistema, muchas veces en una parte del mundo muy alejada de su ámbito original, lo hace sin la presencia de aquellos parásitos, agentes patógenos y depredadores capaces de controlarlo, por lo que puede crecer y proliferar libremente. El control biológico exige encontrar alguno de esos organismos controladores que forman parte del ámbito original del invasor, cultivarlo y liberarlo para que controle a la especie exótica en su nuevo hábitat, reduciendo así su crecimiento y expansión y el impacto sobre su “nuevo hogar”.

Manipulación (gestión) de ecosistemas, v.gr.: gestión de cuencas, gestión de aguas, control de la contaminación, competencia con cultivos o especies locales. Estas técnicas eliminan otras ventajas que puede tener un invasor en su “nuevo hogar”, reduciendo así su crecimiento y expansión y sus efectos.

Gestión integrada y estrategias del mismo tipo que usan algunas o todas las técnicas anteriores en combinaciones estratégicas.



El río Ticino a su paso por la provincia de Milán



Captura de siluros mediante electropesca. LIFE "Conservación de Salmo marmoratus y Rutilus pigus en el río Ticino"



Estanques naturales en los que se ha realizado el cultivo de truchas con técnicas de bio-ingeniería. LIFE "Conservación de Salmo marmoratus y Rutilus pigus en el río Ticino"

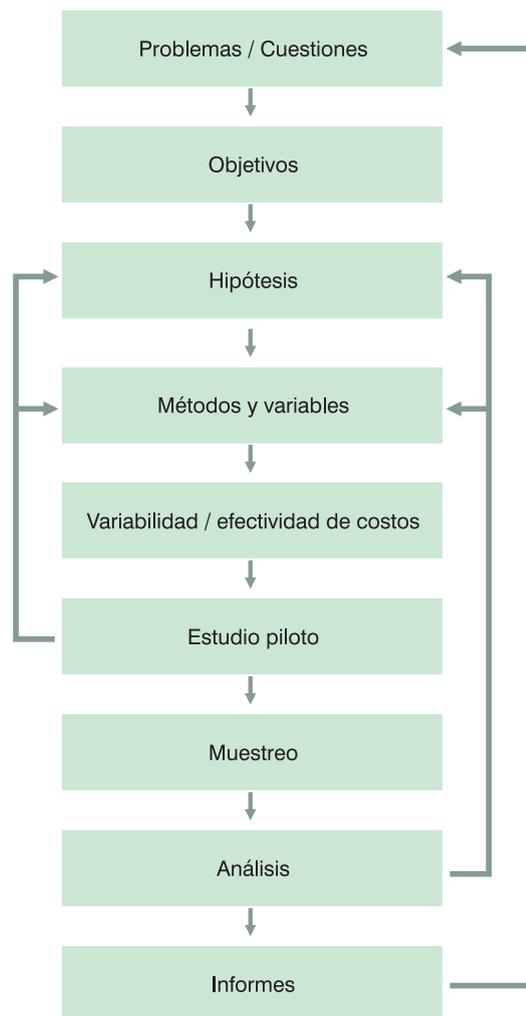
4.1.5 Seguimiento de la restauración

El seguimiento consiste en la identificación de cambios que puedan indicarnos el progreso del sistema para alcanzar los objetivos del proyecto. Es un error considerar finalizada la restauración una vez concluida la etapa de implementación. Muchos proyectos de restauración requieren de acciones correctivas durante el transcurso de éstas, por ejemplo: durante el transcurso del proyecto LIFE "Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda" fue necesaria la reconstrucción de uno de los muros de contención de los arrozales transformados en marisma dulce, debido a la inesperada acción perforadora del cangrejo rojo americano. El seguimiento proporciona un mantenimiento rutinario de la zona (rotura de vallas, crecimiento de malezas, obstrucción de canales...) e identifica las actuaciones que hay que aplicar para rectificar desviaciones de las metas ecológicas establecidas.

4.1.5.1 Diseño de un programa de seguimiento

El seguimiento de la evolución del sistema hasta alcanzar los objetivos propuestos, permite verificar la eficacia de las actuaciones llevadas a cabo durante la fase de implementación. Un seguimiento eficaz debe incorporar los parámetros capaces de detectar la adecuación de las actuaciones realizadas antes de que se registren daños ambientales de consideración. La elección de las variables que deben ser medidas en el proceso de seguimiento es crítica. Se basan en los objetivos del proyecto y las metas específicas marcadas. Por ejemplo, una técnica útil para el seguimiento de efectos adversos en humedales es el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ya que permite evaluar cambios en las características ecológicas de los humedales. Las variables monitorizadas deben ser medidas al inicio y tras la realización de las actuaciones, para poder documentar los cambios ocurridos.

Una característica fundamental del seguimiento es la implementación y desarrollo de programas de seguimiento periódicos que permitan evaluar críticamente el cumplimiento de los objetivos predefinidos. El siguiente diagrama (figura 4) describe como establecer un programa de seguimiento de un humedal. Las flechas señalan la retroalimentación que hace posible la evaluación de la efectividad del programa de seguimiento para el logro de sus objetivos.



Fuente: Manual de Ramsar para el Uso Racional Nº 8, 2004

Figura 4. Etapas de un programa de seguimiento en humedales

La tabla 15 describe las fases que debe contemplar un programa de seguimiento para humedales.

Tabla 15. Fases de un programa de seguimiento en humedales

Problemas / Cuestiones	<ul style="list-style-type: none"> - Indicar claramente y sin ambigüedades problemas/cuestiones - Indicar el alcance conocido del problema/cuestión y su causa más probable - Identificar la situación básica original o de referencia
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> - Sirve de base para la recopilación de la información - Debe ser posible lograrlo en un plazo razonable
Hipótesis	<ul style="list-style-type: none"> - Supuesto que permite comprobar la validez de los objetivos - Sirve de fundamento para el objetivo propuesto y puede ser comprobada
Métodos y variables	<ul style="list-style-type: none"> - Son específicos, según el problema que se plantee y proporcionan la información que permite comprobar la hipótesis - Permiten detectar la presencia de cambios y evaluar su importancia - Permiten identificar o aclarar la causa del cambio
Variabilidad / efectividad de costos	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer si el seguimiento puede realizarse, o no, de forma periódica y continua - Evaluar los factores que influyen en la labor de muestreo: disponibilidad de personal capacitado; acceso a los lugares de muestreo; disponibilidad y fiabilidad de equipo especializado; medios para analizar e interpretar los datos; utilidad de los datos y la información; medios para informar a tiempo - Establecer si los costos para la compilación y análisis de datos pueden ser cubiertos por el presupuesto establecido
Estudio piloto	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo necesario para comprobar y afinar el método y el equipo especializado - Evaluar las necesidades de capacitación del personal - Confirmar los medios de análisis e interpretación de los datos
Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> - El personal debe conocer todas las técnicas de muestreo - Todas las muestras deben estar documentadas, fecha y localización, nombre del personal, métodos de muestreo, equipo utilizado, medios de almacenamiento o transporte, y cualquier cambio en los métodos - El muestreo y el análisis de los datos deben realizarse con métodos rigurosos y comprobados científicamente
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Los análisis deben estar documentados: fecha y lugar (o límites del área de muestreo), nombres del personal que realizó el análisis, métodos utilizados, equipo utilizado, métodos de almacenamiento de datos
Informes	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretar y dar a conocer todos los resultados en un tiempo y con un costo adecuados - El informe debe ser conciso e indicar si los resultados apoyan la hipótesis o no - El informe debe contener recomendaciones sobre medidas para el manejo, incluyendo nuevo seguimiento

Ramsar, 2004

La monitorización puede realizarse a partir de la recopilación de información cualitativa (de observación y general), lo que aporta una idea general sobre si se están produciendo cambios. Sin embargo, debido a que los métodos cualitativos generalmente, no proporcionan suficiente información para determinar con exactitud la situación del sistema con respecto a las metas específicas, suelen apoyarse en datos cuantitativos (numéricos y específicos). Los métodos para recopilar información cualitativa incluyen: fotografías aéreas para mostrar la hidrología, evidencias de canalización, la distribución de la vegetación; fotografías a nivel del suelo para identificar determinadas especies de plantas y su crecimiento, los niveles del sustrato y del agua; y, observaciones generales de la transparencia del agua, presencia de basura, uso humano, presencia de aves, condición de la vegetación (estresada, en floración, saludable), presencia de especies invasoras, erosión e integridad de las estructuras, muestreo cualitativo de macroinvertebrados o del plancton, etc.

Los métodos cuantitativos precisan, por lo general, de personal especializado en hidrología, suelos o biota, aunque con entrenamiento, protocolos específicos y supervisión adecuada, la recogida de datos también puede ser realizada por voluntarios. Estos métodos proporcionan información detallada sobre el desarrollo del humedal con respecto a los objetivos marcados y para la investigación del humedal a largo plazo. Los métodos cuantitativos incluyen: mediciones del nivel de agua, recogida de muestras de agua y sedimento para su análisis, características del suelo y topografía, registro de especies de plantas y su cobertura a lo largo de transectos, trampas para determinar la diversidad y abundancia de especies animales, etc.

La tabla 16 recoge los parámetros medidos en humedales y los métodos de seguimiento empleados:

**Tabla 16.1 Parámetros y métodos de seguimiento aplicables a humedales.
GENERAL**

Parámetro	Método cualitativo	Método cuantitativo
Ubicación	Recopilación y/o creación de mapas con los límites de la propiedad, escala, puntos de referencia, etc.	
Tipo de humedal	Caracterización según clasificaciones existentes (CORINE, Ramsar, MedWet...)	
Área de drenaje		GIS y mapas de base apropiados
Uso de la tierra circundante	Estimación del porcentaje de uso de la tierra circundante	Estimación del porcentaje de uso de la tierra circundante
Área del humedal		GIS, delimitar el humedal y usar técnicas de medición básicas para crear mapas
Pendiente		Medir elevaciones y la pendiente a intervalos a lo largo de un transecto
Microtopografía		Medir elevaciones a cada metro en transectos cruzando el humedal

Modificado a partir de IWWR, 2001

**Tabla 16.2 Parámetros y métodos de seguimiento aplicables a humedales.
HIDROLOGÍA**

Parámetro	Método cualitativo	Método cuantitativo
Profundidad del agua		En superficie: sondas, indicador de nivel de agua Subterránea: piezómetros
Patrones de flujo	Observación directa para indicar los trayectos principales y los canales en el mapa	Fotografía aérea para indicar los trayectos principales/canales en el mapa
Tasas de flujo	Estimación del flujo basado en tasas típicas para el área y el tamaño estimado del humedal	Medir entradas o salidas (si están presentes) usando canales o presas, medidas del flujo interno con medidores de corrientes, metodología de flujos incrementales (BoVee y Cochnaur, 1977)
Observaciones indirectas	Observaciones de las marcas altas de agua, líneas de flujo, etc.	

Modificado a partir de IWWR, 2001

**Tabla 16.3 Parámetros y métodos de seguimiento aplicables a humedales.
CALIDAD DEL AGUA**

Parámetro	Método cualitativo	Método cuantitativo
Muestras de agua (pH, salinidad, nutrientes, contaminantes, metales pesados, etc.)	Mediciones regulares de los atributos apropiados basados en los objetivos del proyecto usando equipos de campo y/o medidores de campo	Establecer un programa diseñado para mostrar diferencias estacionales, mediciones regulares de los atributos apropiados basados en los objetivos del proyecto usando medidores de campo y análisis de laboratorio
Niveles de sedimento	Observación de la transparencia y/o empleo de disco de secchi	Toma de muestras, mediciones de campo y análisis de laboratorio

Modificado a partir de IWWR, 2001

Tabla 16.4 Parámetros y métodos de seguimiento aplicables a humedales.**SUELO**

Parámetro	Método cualitativo	Método cuantitativo
Profundidad del suelo	Excavación hasta hallar suelo compacto o al menos 45 cm. observar cambios en el color y estructura del suelo	Toma de muestras de suelo (extractor de muestras "Auger" o "Pit", son los más empleados) y análisis de la composición y de los horizontes del suelo
Color del suelo		Determinación del color de la matriz (color dominante) mediante una tabla de coloración "Munsell", así como cualquier mancha o raya
Textura del suelo	Empleo del triángulo de textura de suelo para clasificar con base al tacto (Horner y Raedeke, 1989)	Toma de muestras de suelo y análisis en laboratorio del tamaño de partículas de los diferentes horizontes del suelo
Materia orgánica		Análisis de laboratorio del porcentaje de materia orgánica en la capa superior; incluya una medida de la humedad del suelo
Sedimentación	Determinación de cambios en la profundidad del suelo usando un medidor portátil	Topografía o batimetría anualmente, toma de muestras de suelo y posterior análisis anualmente.

Modificado a partir de IWWR, 2001

Tabla 16.5 Parámetros y métodos de seguimiento aplicables a humedales.**VEGETACIÓN**

Parámetro	Método cualitativo	Método cuantitativo
Diversidad de especies	Identificación de especies comunes y anote el número de especies no identificadas	Cuantificación de las especies nativas y no nativas
Cobertura	Estimación de la cobertura hasta un 10%, mapeo de las comunidades vegetales	Realización de transectos, cálculo de cobertura, mapeo de las comunidades vegetales
Sobrevivencia	Determinación visual del porcentaje de plantas vivas	Conteo de la vegetación y determinación del porcentaje de plantas vivas
Altura	Medida de la altura de plantas específicas regularmente	Medida de la altura de plantas escogidas al azar para hacer una comparación estadística válida
Estructura	Conteo de tallos y ramificación de plantas específicas regularmente	Conteo de tallos y ramificación de plantas escogidas al azar para hacer una comparación estadística válida
Reproducción	Determinación del número de plantas específicas en floración y en producción de semillas cada año	Porcentaje de plantas, escogidas al azar, que están en floración y en producción de semillas cada año; cuantificación de nuevas plántulas en parcelas escogidas al azar.

Modificado a partir de IWWR, 2001

Exclusión experimental del pasto de una zona de vegetación de una charca de la Plaine des Maure. LIFE "Conservación de humedales temporales mediterráneos"



Tabla 16.6 Parámetros y métodos de seguimiento aplicables a humedales. FAUNA

Parámetro	Método cualitativo	Método cuantitativo
Observaciones	Observaciones directas e indirectas de vida silvestre, peces e invertebrados	
Evaluaciones del hábitat		Procedimientos de evaluación de hábitat: HEP, (Devos y Mosby, 1971; Gysel y Lyon, 1980; Urich y Graham, 1983), Sistemas de Evaluación de Habitat (McConnell et al., 1982; Johnson y Carothers, 1982; Cummins y Mattingly, 1982); o métodos comparables para especies
Diversidad y abundancia de especies	Identificación de especies mediante observación sin que exista conteo	Cuantificación de especies en puntos específicos u otro método cuantitativo requerido para determinar la diversidad y abundancia de especies indicadoras
Supervivencia de especies		Estudio de marca y recaptura
Éxito reproductivo	Registro de especies en reproducción	Conteos puntuales, encuestas u otros protocolos para determinar el porcentaje de la población en reproducción y números de juveniles producidos
Especies poco frecuentes		Realización de estudios permitidos por las autoridades competentes

Modificado a partir de IWWR, 2001

La frecuencia con la que deben realizarse las mediciones y el tiempo que debe durar el seguimiento, depende de muchos factores incluyendo la variabilidad natural del atributo, la tasa de cambio del lugar y los objetivos del proyecto. Las características del atributo a medir van a determinar la conveniencia de realizar las mediciones en un determinado momento. La vegetación por ejemplo, debería ser medida al inicio y al término de la estación de crecimiento, la fauna durante la reproducción, anidamiento y/o estaciones de migración, la hidrología durante los periodos máximos y mínimos de niveles de agua... Una vez que el humedal se ha estabilizado, se puede disminuir la frecuencia de muestreo aunque siempre es conveniente mantener una periodicidad. El seguimiento es una actividad a largo plazo.



Actividades de formación y seminarios técnicos Life “Conservación de humedales temporales mediterráneos”



Seguimiento técnico de la Laguna de Gallocanta

El control y seguimiento de los trabajos de restauración realizados (recolonización con especies autóctonas, recuperación de balsas temporales y relleno parcial de una zanja de drenaje para mejorar las condiciones de humedad del suelo) permitió conocer la evolución del estado físico-químico del suelo y de la calidad del agua, el gradiente de salinidad y la sucesión de la colonización vegetal. Los trabajos consistieron en el análisis de muestras de suelo y de agua y en controles de la vegetación:

Recogida periódica de muestras de suelo: se realizaron análisis de los parámetros de textura, conductividad, pH, relación C/N, materia orgánica, nitrógeno total, caliza activa, carbonatos, fósforo asimilable, potasio intercambiable, magnesio intercambiable, sodio intercambiable y calcio intercambiable. Las muestras de suelo se recogieron tanto en parcelas del proyecto como en zonas bien conservadas de prado salino y humedal temporal de referencia para su comparación.

Recogida periódica de muestras de agua: recogida trimestral de muestras de agua en el prado de Las Cuerlas y semestral en la zona de la Pardina (Las Cuerlas) para el análisis del agua del freático (temperatura, pH, conductividad, potencial redox y contenido nutrientes).

Controles de vegetación (seguimiento de colonización de especies de prado salino y humedal temporal, medición de cobertura, etc...): muestreo semestral de las parcelas de proyecto, atendiendo, principalmente, a aquellas parcelas en las que ya se observa presencia de vegetación típica de hábitat de prado salino o humedal temporal. (Proyecto LIFE: Restauración, Conservación y Gestión de la Laguna de Gallocanta)

La información obtenida durante el seguimiento, debe analizarse y compararse con los estándares esperados para determinar si el humedal se está desarrollando como se había planeado. De no ser así, y en base a los resultados obtenidos, se adoptaran las medidas necesarias para mejorar el proyecto.

4.1.5.2 Valoración del éxito de la restauración

Los criterios de rendimiento corresponden a atributos mensurables que sirven para determinar si el proyecto alcanza sus objetivos. El mejor método para determinar si una restauración ha tenido éxito, consiste en ver si se cumplen los criterios de rendimiento definidos durante el proceso de planificación del proyecto. Los métodos de seguimiento deben servir para evaluar dichos criterios.

Las metas, los objetivos, los criterios de rendimiento y los métodos de seguimiento debieran consignarse por escrito y ser objeto de amplia difusión, así como de revisiones frecuentes para que los proyectos no se aparten del camino trazado. (Principios y lineamientos para la restauración de humedales. Resolución VIII.16 de la Convención de Ramsar.)

Un ejemplo de meta para un proyecto podría ser elevar la calidad del hábitat de la flora y fauna silvestres. Un objetivo conexo podría ser el de mejorar el valor del hábitat para determinadas especies, como las aves acuáticas migratorias. Los criterios de rendimiento asociados a este objetivo podrían especificar el número de parejas reproductoras de varias especies clave que se espera aprovechen el sitio una vez ultimada la restauración.

Si no se cumplen los criterios de rendimiento es necesario reexaminar el proyecto detenidamente. Si las metas, los objetivos y los criterios de rendimiento propuestos inicialmente son viables, se iniciarán medidas correctivas. En caso de no serlo, deberán ser reconsideradas, para determinar si es necesaria la reformulación global del proyecto o basta con la introducción de unas pocas modificaciones puntuales a los planes existentes. La revisión de las metas, los objetivos y los criterios de rendimiento originales, así como las medidas correctivas han de ser vistas como aspectos necesarios del proceso de restauración.

Por otro lado, si los interesados directos no están satisfechos con los resultados del proyecto aún cuando se hayan alcanzado los criterios de rendimiento especificados, es necesario examinar todo el proceso.



Medición del flujo de agua



Humedal de tratamiento de aguas residuales



Seguimiento de parámetros físico-químicos del agua. Proyecto LIFE "Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia"



Muestra de sedimento



Draga Eckman empleada para la toma de sedimento lacustre. Albufera de Adra



Análisis de agua en el lago Nestos. Proyecto LIFE "Lagos Vivos"

Seguimiento de la restauración en el lago Tavropos

El Proyecto LIFE "Aplicación de medidas de gestión en la zona del lago Tavropos", desarrollado en Grecia, llevó a cabo un completo seguimiento de las medidas implementadas, con el fin de evaluar su efectividad. Estas consistieron:

Control de la sedimentación: Tras la construcción de un dique de control de sedimentación, se implementó un programa de seguimiento para determinar la capacidad de transferencia de sedimento del río Keredan. La evolución del sedimento se determinó empleando el método del punto fijo. Las mediciones volumétricas del sedimento fueron realizadas mensualmente y durante situaciones climáticas extremas (rías), durante todo el proyecto. Se comprobó así, que el río Keredan contribuía con grandes cantidades de sedimento a la colmatación sufrida en el lago Tavropos, concluyéndose efectiva la construcción del dique de contención.

Seguimiento de la calidad del agua: se instalaron cuatro estaciones permanentes para evaluar la calidad del agua, distribuidas a lo largo de la cuenca vertiente, que recogían muestras cada 6 horas. Los resultados mostraron que la calidad del lago en relación con los parámetros medidos era excelente. Estas estaciones de muestreo permanecieron en funcionamiento durante el tiempo estipulado por el proyecto.

Seguimiento de la evolución de los humedales artificiales: durante dos años se evaluó el funcionamiento de los humedales y de la vegetación, como sistemas de tratamientos de residuos. Los muestreos semanales de los parámetros físico-químicos y biológicos medidos, mostraron en general, un buen funcionamiento del sistema. Los problemas que surgieron estaban relacionados con la dificultad para proporcionar residuos de forma regular, particularmente durante el invierno debido al difícil acceso (nieve y hielo) así como, a la frecuente dilución de aguas residuales en los lechos de tratamiento como consecuencia de la nieve y la lluvia.

Seguimiento de los ecosistemas de ribera: se muestreó, estacionalmente, distintas comunidades vegetales. Se instalaron tres superficies (400 m²) en tres arroyos que vierten al lago Tavropos, a la misma distancia (2.5 km del lago). Las plantas fueron recogidas mediante el método de Braun -Blanquet. Paralelamente al seguimiento en campo, se recogió información a partir de imágenes de satélite y fotos aéreas, para crear un mapa digital y tridimensional del área de referencia. La información fue clasificada y procesada a través de un sistema de información geográfica (GIS), lo que permitió añadir al área de estudio los usos del suelo, red hidrográfica y de carreteras, etc. Medidas de indicadores ambientales y de diversidad, cambios en la flora de las zonas muestreadas y otros datos georeferenciados fueron también aplicados al GIS, permitiendo la creación de un modelo medioambiental para la identificación de áreas con riesgo de erosión.

(Proyecto LIFE: Aplicación de medidas de gestión en la zona del lago Tavropos, Grecia. LIFE99 NAT/GR/006480)

Criterios para determinar el éxito de la restauración de un ecosistema.

Los criterios para comprobar si la restauración se ha completado con éxito son (Ewel, 1987):

1. Sustentabilidad de la comunidad reconstruida, se refiere a la capacidad de la comunidad para perpetuarse a sí misma y establecerse en el área restaurada a lo largo del tiempo, sin requerir de la intervención del hombre.
2. Susceptibilidad a la invasión de especies o invasibilidad, que involucra la resistencia del nuevo sistema a la llegada y propagación descontrolada de especies exóticas o provenientes de la misma comunidad.
3. Productividad, el sistema restaurado debe ser tan productivo como el original.
4. Retención de nutrientes, es decir, si una proporción adecuada de los nutrientes producidos por la comunidad es retenida dentro del sistema y éstos no se pierden a lo largo del tiempo. Si el flujo de nutrientes en el sistema final es inferior al existente en el original, la restauración no ha sido adecuada.
5. Interacciones biológicas, deben ser similares dentro de la comunidad restaurada respecto de la del ecosistema original. En la práctica, estas interacciones constituyen un buen indicador cuando faltan en el sistema.

Sin embargo, muchos de estos criterios no son fáciles de llevar a la práctica, debido en algunos casos a su coste, y en otros casos por la dificultad que su medición plantea en muchos ecosistemas, por ejemplo las interacciones biológicas, la productividad o producción neta. Tampoco existe un criterio general aplicable a diferentes tipos de ecosistemas que nos permita medir cuantitativamente hasta cuánto se ha restaurado.

Indicadores

Los criterios de rendimiento están basados en indicadores: *“Para evaluar la funcionalidad del ecosistema es necesario diseñar, evaluar y hacer operables indicadores de éxito en la restauración ecológica”* (Kovács et al. 1992; Nugteren et al. 1997). Algunos de estos indicadores de éxito son: superficie restaurada, flujo de agua, calidad del suelo, retención de humedad y nutrientes, ciclo de nutrientes, existencia y pérdida de nutrientes, almacenamiento de carbono, productividad (biomasa aérea), sucesión, meiofauna, reclutamiento de fauna, formación de corredores biológicos, disponibilidad de hábitat, reducción de la pérdida de hábitat, estructura y calidad de paisaje, y mantenimiento de la biodiversidad medida como diversidad específica.

Las características que debe tener un indicador para informar sobre el estado del ambiente son (Noss, 1990; Caro y O’doherly,1999):

1. Suficientemente sensibles para detectar un cambio en sus inicios.
2. Distribuidos a una escala geográfica amplia.
3. Capaces de proporcionar valores continuos sobre un rango amplio de perturbación.
4. Relativamente independientes del tamaño de muestra.
5. Fáciles y económicos de medir, coleccionar, probar, y/o calcular.
6. Capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y aquellos inducidos por perturbaciones antropogénicas.
7. Relevantes a fenómenos ecológicos significativos a diferentes niveles de organización.

Un único indicador no posee todas estas características, por lo que es necesario utilizar un conjunto de indicadores complementarios, que evalúe aspectos de composición (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética), estructura (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.) y función (incluye flujo genético, perturbaciones, interacciones, etc.), en los diversos niveles de organización (Noss 1990).

El empleo de indicadores biológicos y físico-químicos permite analizar las posibles causas de los cambios observados. Los indicadores físico-químicos proveen información sobre la acción implementada y sobre las causas de la perturbación (área del humedal, flujo hídrico, sedimento, contaminantes, etc.) además, son fácilmente medibles (nivel del agua, salinidad, sólidos en suspensión...). Tienen el inconveniente de no poder medir o detectar la acción de factores ocasionales o de corta duración, salvo que se muestree de manera muy continuada. En humedales, los indicadores físicos más importantes son los relacionados con el ciclo de nutrientes y la contaminación. Los indicadores biológicos, se basan en la sensibilidad que presentan algunas especies ante cambios en el sistema o ante la presencia de contaminantes. Son ampliamente empleados, ya que permiten identificar cambios a largo plazo. Dentro del conjunto de bioindicadores, las comunidades de macroinvertebrados bentónicos son tomadas como referencia para elaborar índices bióticos.

Bioindicadores y bioacumuladores

El empleo de determinados organismos como detectores de contaminación es muy conocido. Los bioindicadores, son organismos cuya presencia o ausencia en un hábitat implican la existencia de un foco de contaminación. Según su sensibilidad a la polución se clasifican como especies intolerantes, facultativas, o tolerantes. Las características de un bioindicador son (Hellawell 1986):

1. Identificación rápida, deben ser especies conocidas. Una equivocación de carácter taxonómico implicaría una interpretación de los datos errónea.
2. Fácilmente muestreables y mediante métodos cuantitativos, que no requiera de equipos demasiado sofisticados o caros para la obtención de la muestra.
3. Distribución amplia, que estén presentes en todos los puntos de muestreo, para poder comparar. Por otro lado, la ausencia de especies con unos requerimientos ecológicos muy particulares y de distribución limitada no puede asociarse con contaminación, etc.;
4. Conocimiento de su autoecología (relaciones recíprocas de las especies individuales con el resto de los organismos y el medio), es decir, que se disponga de una amplia información acerca del comportamiento del organismo, requerimientos para su desarrollo, etapas y tiempo de crecimiento, abundancia poblacional, etc.
5. Importancia económica, las especies que aportan riqueza económica (por ejemplo, los peces) o que son peligrosas para la economía (algunas algas producen toxicidad al acumularse en los moluscos) tienen un interés intrínseco.
6. Capacidad para acumular tóxicos rápidamente, especialmente si reflejan los niveles ambientales, ya que esto permite conocer la distribución de la especie en relación a la concentración de contaminantes.
7. Fácilmente cultivables en laboratorio, para que puedan ser empleados en experimentos que permitan estudiar su respuesta a los contaminantes.
8. Baja variabilidad, genética y en su nicho en la comunidad biológica.

Los bioacumuladores son organismos que pueden acumular sustancias contaminantes en sus tejidos indicando que dicha sustancia ha estado o esta presente en el medio. Son muy útiles en el seguimiento de contaminación por metales pesados y pesticidas, especialmente de insecticidas organoclorados. Los atributos de un indicador bio-acumulativo ideal son (Hellawell 1986):

1. Todos los individuos de la especie empleada como indicador debe mostrar la misma correlación entre su contenido residual y la concentración de contaminante media en el medio (agua, sedimento o alimento) en todos los lugares y bajo las mismas condiciones.
2. Capacidad para acumular la máxima concentración de contaminante encontrada en el medio, sin causarle la muerte.

Sedentarias, para asegurar que se encuentran en la zona de estudio.
3. Abundancia, debe ser abundante en la zona de estudio y, preferiblemente, que tenga una amplia distribución con el fin de facilitar la comparación entre áreas distintas.
4. Ciclo de vida largo, para poder muestrear varias clases de edades y evaluar los efectos a largo plazo.
5. Gran tamaño, para poder disponer de suficientes tejidos para el análisis.
6. Fáciles de muestrear y capaces de sobrevivir sometidas a las condiciones de laboratorio.

La selección de los indicadores debe estar relacionado con los procesos involucrados en el cambio de las características ecológicas del humedal y dirigidos a los factores ambientales claves que controlan la estructura y composición del hábitat. En los humedales mediterráneos, el nivel del agua, los nutrientes y la salinidad son los factores que controlan la composición de especies, la diversidad y la producción de la vegetación. Las causas de los cambios desfavorables en las características ecológicas de un humedal pueden agruparse en cinco grandes categorías, según Ramsar (Resolución VII.10): cambios en el régimen hídrico; contaminación de las aguas; modificación física; explotación de productos biológicos e introducción de especies exóticas. En función de estas categorías, podemos clasificar los indicadores más adecuados para evaluar el estado del humedal.

Cambios en el régimen hídrico

El **nivel de aguas superficiales y subterráneas** es un parámetro medioambiental básico, controla el habitat y la distribución de las especies. En diques y ríos, se hacen medidas a largo plazo diariamente, lo que facilita información sobre cambios ocurridos río arriba. Las medidas del **balance hídrico** (diferencia entre las entradas y salidas de agua que recibe un humedal) permiten comprender las causas de los cambios. Las precipitaciones, caudales de ríos, de canales o de aguas subterráneas, son variables fáciles de medir y de bajo coste. Las medidas de **salinidad** (o su equivalente: conductividad eléctrica del agua) constituyen un indicador de flujos de agua mediante los efectos de dilución o concentración. Por ejemplo en una marisma en retroceso, mediciones de la salinidad permiten estimar las pérdidas hídricas ocurridas por infiltración o evapotranspiración. De igual modo en lagunas, es un indicador del balance hídrico entre los distintos compartimentos (precipitaciones, mar, ríos, etc.), por ejemplo de los procesos hidrológicos. En determinados casos, la temperatura del agua es indicativa de cambios en el régimen del agua, por ejemplo en humedales que reciben aportes de arroyos con una temperatura muy diferente de la existente en el humedal. Aunque diversas especies de plantas, invertebrados y peces pueden actuar como bioindicadores, no es aconsejable su empleo ya que, sobre el régimen hídrico del humedal, los parámetros físicos aportan más información y son más fáciles de medir.

Contaminación de las aguas

La causa de contaminación más común en los humedales mediterráneos es la eutrofización, causada por los aportes de fósforo y nitrógeno, procedente de productos agrícolas, efluentes urbanos y estaciones depuradoras de aguas residuales. La medida del **balance de nutrientes**, es decir, las cantidades y flujos de fósforo y nitrógeno entre los distintos compartimentos (agua, sedimento, plantas, etc.), es el mejor sistema para determinar si existe eutrofización. En lagos profundos y ríos, la concentración de nutrientes en el agua es un buen indicador del nivel trófico, sin embargo en lagunas costeras, marismas y lagos someros, es más aconsejable determinar la concentración de nutrientes en el sedimento. Esto es debido a que en sistemas someros, los nutrientes tienden a sedimentar rápidamente y a las variaciones que la concentración de nutrientes sufre, por la absorción de productores primarios (plantas, fitoplancton...) y por el intercambio con el sedimento (por ejemplo, resuspensión del sedimento causada por el viento, decrecimiento del potencial redox del sedimento que causa fugas de fósforo hacia la columna de agua...).

Los **perfiles de nutrientes** en el sedimento permiten conocer la eutrofización a escala temporal y el **potencial redox**, es indicador de la cantidad de materia orgánica y de los procesos de degradación del sedimento. La **transparencia del agua**, la **concentración de oxígeno** y el **pH**, son indicadores físico-químicos del grado de eutrofización. Por su parte, el **fitoplancton**, el **perifiton** y las **algas bentónicas**, son indicadores biológicos muy útiles en estudios de eutrofización, siendo bioindicadores del estado trófico de lagos, lagunas y ríos. Suele emplearse la **densidad** (nº de células/ml), **biomasa** (a través de la clorofila), **producción**, **composición de especies** y **diversidad** (abundancia relativa de los distintos grupos) como indicadores sensibles a la concentración de nutrientes, circulación del agua, salinidad, etc. Los macrófitos y macro-invertebrados son bioindicadores empleados comúnmente en programas de seguimiento para evaluar la contaminación, mientras que los vertebrados son pobres indicadores del estado trófico de los humedales.

Modificación física

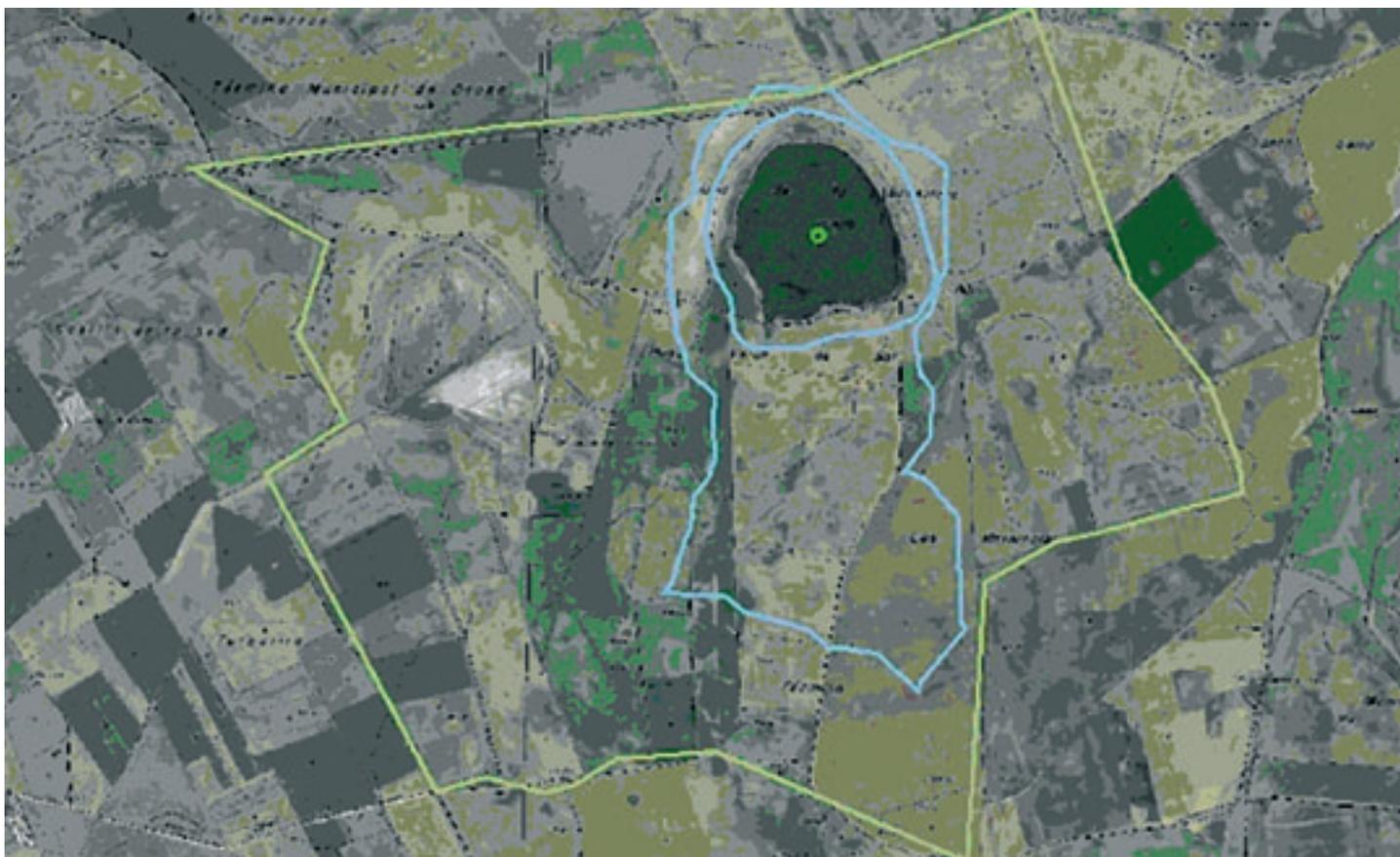
Las fotografías aéreas y las imágenes de satélite son las herramientas más empleadas para detectar modificaciones en el área de los humedales. Las imágenes de satélite son útiles en grandes áreas, cuando no se dispone de fotografías aéreas y/o cuando no se requiere de una delimitación muy precisa. El empleo de radar se encuentra todavía en desarrollo aunque, en un futuro próximo, en combinación con sensores ópticos, mejorarán los resultados obtenidos por satélite (Holmes 1992). Los inventarios existentes y los mapas permiten identificar los límites del humedal y la evolución seguida a lo largo del tiempo, revelando la relación pérdida-ganancia. Siempre que sea posible, es conveniente organizar la información a través de un Sistema de Información Geográfica, que es una herramienta de análisis de información. Esta técnica, integra datos espaciales georeferenciados con otros recursos, construyendo modelos o representaciones del mundo real a partir de bases de datos digitales. Los modelos de simulación permiten analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder establecer los diferentes factores influyentes.

El proyecto LIFE Humedales Sostenibles se apoya en sistemas de información geográfica (SIG) para desarrollar una gestión integrada de la actividad agrícola. El proyecto, cuyo objetivo es lograr una mayor compatibilidad entre agricultura y medio ambiente, se desarrolla en un conjunto de humedales endorreicos de importancia comunitaria de la provincia de Sevilla. La erosión natural de sus cuencas vertientes produce la colmatación de estos someros humedales, favorecida además, por la pérdida de la cobertura vegetal y un excesivo laboreo del suelo agrícola. La aplicación de SIG a las zonas de actuación permitirá clasificar los conocimientos existentes y caracterizar las cuencas vertientes de las lagunas, para posteriormente mediante una herramienta de ayuda a la toma de decisiones, identificar aquellas prácticas agrícolas que, de forma sostenible, conseguirán un menor impacto medioambiental. La información referente a este proyecto puede consultarse en la página web <http://www.humedales.org>.

El SIG implementado tiene como principales funcionalidades:

- Caracterizar territorialmente desde distintos puntos de vista la zona objeto del proyecto;
- Diagnosticar las sostenibilidad de las distintas prácticas agrícolas en función de la caracterización medioambiental del territorio;
- Apoyar en la toma de decisiones sobre el tipo de prácticas agrícolas preferentes en aras del fin del proyecto;
- Permitir y facilitar la difusión futura de los resultados del proyecto.

Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria (LIFE04 ENV/E/000269)



Ejemplo de aplicaciones Sistema de Información Geográfica (SIG) y Sistema Virtual de Decisión (SVD). Delimitación de la cuenca vertiente (línea azul) y zona de reserva (línea verde) del Humedal Hoya de la Balletera (Osuna) mediante utilización de SIG y ortofoto digital. Proyecto LIFE "Humedales Sostenibles"



Recogida de muestras de agua y sedimentos en la finca Las Turquillas (Osuna). Proyecto LIFE "Humedales Sostenibles"



Río Karitsiotis, en el que se han desarrollado las actuaciones para mejorar el hábitat de la nutria. Proyecto LIFE "Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia"

Explotación de productos biológicos

Los humedales mediterráneos están sujetos en mayor o menor grado, a la explotación directa y/o a la presión turística. Esta explotación se considera insostenible cuando afecta directa o indirectamente a la supervivencia de las poblaciones que están siendo explotadas y por tanto, a la explotación en sí misma. La pesca, la acuicultura, la caza y el turismo, son las actividades que influyen sobre las poblaciones biológicas. Los indicadores más importantes para medir la actividad pesquera son: número de pescadores, de instalaciones de pesca, de piscifactorías y área dedicada a la acuicultura, tipos de artes empleadas, longitud de las redes y luz de malla, calendarios de pesca, medición directa de la población o estructura de la comunidad...

La caza es una importante actividad desarrollada en los humedales mediterráneos, que tiene impactos directos e indirectos sobre las poblaciones como resultado de los disparos, molestias, envenenamiento por plomo y la gestión de la actividad en sí misma. El número de licencias, número de cazadores al día, temporadas de caza, número de individuos de cada especie cazados, etc. son algunos de los parámetros que nos permiten realizar un seguimiento de esta actividad.

El número de animales que integran el ganado junto con la distribución espacial de éste, nos permiten medir la presión que el pastoreo ejerce sobre la cobertura vegetal. El impacto del pastoreo puede evaluarse a partir de los siguientes indicadores (Crawley 1983) porcentaje de campo desnudo, abundancia de plantas de baja palatabilidad ("poco apetecibles"), invasión de matorrales y la abundancia de especies forrajeras. Otros indicadores son el cociente entre la abundancia de anuales/perennes y el cociente de la abundancia entre Leguminosas/Dicotiledóneas.

Finalmente, el turismo y otras actividades recreativas implican distintas amenazas (desarrollo de infraestructuras, contaminación, degradación de la cubierta vegetal por el tránsito continuado de personas, molestias a la avifauna...) que pueden poner en peligro la diversidad biológica de los humedales del Mediterráneo. El indicador más importante de presión turística es obviamente, el número de visitantes (por día, mes, año...) y la actividad antrópica desarrollada (por ejemplo, tipo de alteración: pescadores, barcos, actividades deportivas, ec, Tuite *et al.* 1984, Ahlund & Gotmark 1989, Kahlert 1994). El análisis del comportamiento de la fauna y la variación en el número de individuos de determinadas especies (principalmente aves) en función de la afluencia de turistas, puede emplearse para evaluar el impacto del turismo sobre la zona.



Carpobrotus edulis en zona de arenas junto al faro

Introducción de especies exóticas

Los humedales Mediterráneos están siendo afectados por la introducción de distintas especies exóticas, tanto vegetales como animales. La introducción de especies foráneas, puede provocar el desplazamiento de la fauna o flora nativa, o incluso conllevar a la extinción en los peores casos de determinadas especies autóctonas. El seguimiento de estas especies debe realizarse mediante indicadores y técnicas específicas para el grupo (plantas, invertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos) al que pertenece la especie introducida. Las características de cada una de ellas, en cuanto a su distribución, capacidad de expansión, incidencia negativa en el medio, posibilidad real de erradicación y el impacto ecológico que conlleva el esfuerzo y los medios empleados para su eliminación son variables. Estas técnicas pueden consistir en muestreos de la vegetación, censos de especies competidoras o de las especies remplazadas...

En España, la malvasía canela (*Oxyura jamaicensis*), especie procedente de Norte América, comenzó a criar con la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), especie autóctona amenazada, produciendo híbridos. Los ejemplares híbridos, al poseer características de ambas especies, provocaba una pérdida de los caracteres de la cabeciblanca. Para evitar la extinción de esta última en el Mediterráneo, desde el 2001 se ha establecido en España un dispositivo de seguimiento y control de la malvasía

canela e híbridos, que consiste en realizar, tres veces al año, una búsqueda sistemática por los humedales españoles y la erradicación (con escopeta y tiradores expertos) de las malvasías canelas e híbridos que se detectan (Calzada *et al.*, 2003). Esta campaña de exterminación unida a la aplicación de medidas conservacionistas y de un plan de recuperación de la malvasía cabeciblanca, ha permitido el aumento en número de esta especie. Por otro lado, el proyecto LIFE "Plan de conservación de la Malvasía cabeciblanca en la Comunidad Valenciana", llevó a cabo una serie de acciones con el fin de reducir las amenazas que ponen en peligro las poblaciones de Malvasía cabeciblanca en la Comunidad Valenciana. Entre ellas destacan: la realización de un control exhaustivo y eliminación de la Malvasía canela y sus híbridos y, la elaboración y puesta en marcha de un plan de recuperación de la especie que asegure su viabilidad a medio y largo plazo.

En cuanto a la flora del mediterráneo, podemos citar el eucalipto como ejemplo de invasión más ubicua. Este árbol procedente de Australia, requiere una elevada cantidad de agua, siendo empleado en determinados casos para desecar humedales. En el Parque Natural de las marismas del Odiel en España está siendo erradicado un bosque de eucaliptos, por su origen alóctono. También en el Parque Natural de Doñana, el eucalipto es objeto de seguimiento y eliminación periódica, los trabajos de erradicación consisten en: eliminación de pies aislados, pequeños rodales y de grandes superficies de rebrotes procedentes de antiguos destocados.



Zona en la que se ha eliminado el *Carpobrotus*. Proyecto LIFE "Conservación de hábitats litorales de la provincia de Cádiz"

4.1.5.3 La gestión a medio y largo plazo

La gestión a medio y largo plazo permite minimizar el impacto humano, garantiza la perdurabilidad de los logros alcanzados y una adecuada evolución del sistema. Los humedales son sistemas dinámicos que cambian en respuesta al ambiente que los rodean. Aún cuando hayamos verificado el éxito de la restauración a través de los indicadores utilizados, harán falta una custodia y un seguimiento continuos para mantener este resultado. Por ejemplo, en el Laguneto del Pueblo (Fuente de Piedra, Málaga) se llevó a cabo una comparación de la evolución ecológica del humedal en condiciones naturales y experimentales. La experiencia sirvió para mostrar que la evolución natural difería de lo inicialmente esperado al tiempo que proporcionó las herramientas para asegurar su conservación. A continuación pasamos a detallar, dicha experiencia.

Mediante las actuaciones de restauración asociadas al Proyecto LIFE "Restauración de Humedales Andaluces", se consiguió que el Laguneto del Pueblo, humedal periférico a la laguna de Fuente de Piedra, acumulará agua de forma natural. Con la finalidad de evaluar su evolución y contrastar los factores internos y externos que podrían influir en la recuperación de este humedal, paralelamente al seguimiento "in situ" del laguneto, se llevó a cabo un experimento en laboratorio. Este consistió en traspasar sedimento seco del humedal a un acuario y seguir su evolución de forma paralela en el tiempo, a la del sistema acuático en el campo.

Los resultados obtenidos, indicaron que tras la inundación del humedal se producía, en laboratorio y en el campo, la liberación de nutrientes desde el sedimento, proceso que en la naturaleza se ve potenciado por la acción de remoción que ejerce el viento sobre la interfase sedimento-agua. Este proceso de eutrofización favoreció en ambos medios, una explosión de fitoplancton, producción primaria que va a estimular un fuerte desarrollo de zooplancton compuesto por cladóceros y anostráceos.

Sin embargo, a partir del verano y como consecuencia del periodo seco, se produce una diferenciación entre ambos sistemas (natural y laboratorio). En el humedal, el descenso de niveles

y el aumento de la salinidad produce la decadencia del zooplancton de aguas más dulces. A la vez, se da un proceso de resuspensión de sedimentos fomentado por la acción eólica y biológica (aves acuáticas). Todo ello conlleva una nueva liberación de nutrientes y a una fase de aguas turbias con producción primaria fitoplanctónica previa a la desecación. Sin embargo, en el acuario la proliferación de zooplancton va seguida de un marcado aclaramiento de las aguas y la germinación de esporas de charáceas (*Chara aspera*, *Chara connivens*), macrófitos acuáticos que mejoran la calidad de las aguas al asentar los sedimentos y fomentar la transparencia de las aguas. Su proliferación en el acuario tras la decadencia del fitoplancton y algas filamentosas, es máxima durante el verano, de forma que hacia septiembre, ocupan más de 70% del volumen de aguas libres del acuario.

Esta marcada diferencia en la evolución ecológica de ambos sistemas acuáticos, natural (fase de aguas turbias) y experimental (fase de aguas claras) muestra como en el campo la diferente actividad de los agentes climatológicos y la fauna, pueden conllevar modificaciones en la evolución esperada de los sistemas acuáticos en laboratorio, factores ecológicos y cambios asociados que una vez conocidos, pueden ser solventados mediante un adecuado manejo y una gestión activa del humedal.

Una gestión eficaz implica conocer, basándose en el aprendizaje durante la experiencia de restauración y la adaptación de las prácticas en función de los conocimientos adquiridos, aquellas medidas y acciones necesarias para que el medio sea sostenible. El mantenimiento de estructuras para asegurar el correcto funcionamiento de éstas, el control de la vegetación de forma periódica (siega, pastoreo...), el seguimiento estacional de parámetros físico-químicos apoyado por el estudio de componentes biológicos del sistema (macrófitos acuáticos, fitoplancton, zooplancton), retirada de acumulación excesiva de sedimentos, control de la contaminación (agricultura, vertidos urbanos, transporte y planificación territorial), seguimiento de especies invasoras, la vigilancia sistemática o la respuesta a problemas inesperados, son actuaciones realizadas como medidas de gestión. El objetivo de todas las acciones tiene que ser conservar el buen estado del ecosistema.



El Laguneto del Pueblo se restauró dentro de las actuaciones de mejora hidrológica y recuperación de hábitats del LIFE "Conservación y restauración de humedales andaluces"

Las medidas de gestión deben ir dirigidas a la regulación y control de los factores que inciden en la calidad ambiental de los humedales, tanto en relación con el medio físico como en relación con su funcionamiento hidrológico y su componente biológico.

La gestión a largo plazo de la zona restaurada permite actuar en caso de que se produzcan desviaciones respecto del progreso esperado o ante eventos inesperados (por ejemplo, la resiembra de plántulas lavadas tras una tormenta), que puedan perjudicar al medio. Las medidas de remediación consisten en la aplicación de una acción o conjunto de acciones dirigidas a corregir una desviación del sistema de los objetivos planteados. Antes de actuar, habrá que determinar la fuente del problema y evaluar las acciones de remediación más apropiadas y si, la aplicación de dichas actuaciones son estrictamente necesarias, puesto que la dinámica característica de estos sistemas puede hacer revertir el problema de forma natural. Entre los problemas que podemos encontrar, el establecimiento inapropiado de la hidrología, elevaciones inadecuadas entre el agua y el sustrato, eutrofización y la proliferación de especies no nativas, son los más comunes. Tras un estudio exhaustivo de las características de la zona (especialmente de la hidrodinámica, geomorfología, etc.) y de la génesis del problema, las medidas de remediación podrían consistir en: creación de canales o instalación de estructuras para redirigir el flujo del agua; re-nivelación del terreno hasta obtener una elevación adecuada del sustrato; adición o rediseño de las estructuras de control del agua; eliminación de plantas invasoras y siembra de especies nativas.

Muchos proyectos de restauración incorporan entre sus objetivos la elaboración de un plan de gestión de la zona. Un plan de gestión proporciona un marco general y una línea de trabajo a partir de los cuales se pueda valorar el estado del medio para diseñar y ejecutar estrategias para su conservación. El plan debe reflejar la situación del espacio, sus valores y cómo debe efectuarse la gestión, identificar a todas las personas con responsabilidades en los distintos ámbitos de la gestión, los aspectos más problemáticos para que los gestores trabajen en ellos, etc. En el proyecto LIFE desarrollado en los humedales del Baix Ter (LIFE99 NAT/E/006386: Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Baix Ter), la elaboración del plan de gestión surge, de la necesidad de proteger la zona de estudio del alto índice de turismo al que esta sometida. El plan de gestión elaborado describe y regula los accesos y, en general, todas aquellas actividades que se realizan en la zona del proyecto o en zonas adyacentes y que de alguna manera, pueden afectar a los ecosistemas objeto de restauración, además incluye la descripción de la zona y de sus valores ecológicos, las estrategias de gestión a aplicar y las propuestas de seguimiento y revisión.

“Un plan de gestión es un documento escrito, discutido y aprobado que describe un territorio o espacio y los problemas y oportunidades que presentará una gestión dirigida a preservar sus valores naturales, la geomorfología o los rasgos paisajísticos, de manera que los objetivos establecidos en función de esa información se puedan lograr trabajando de manera adecuada durante un período de tiempo determinado”. (Eurosites, 1999).

Los planes de gestión del proyecto LIFE BASSES

El propósito del proyecto LIFE Natura “Conservación y gestión de estanques temporales en Menorca”, que tiene por acrónimo LIFE BASSES, es la conservación a largo plazo de los hábitats prioritarios: estanques temporales mediterráneos presentes en la isla de Menorca. Para ello, y entre otras actuaciones de gestión y conservación, se ha definido un modelo integral de gestión para esta tipología de hábitats: los planes de gestión.

Estos planes pretenden ser un elemento de estudio y de planificación de los estanques. Previamente a su redacción, es necesario realizar un estudio en profundidad de las características naturales así como de la flora y la fauna que los habita, y de las interacciones que se dan entre los diferentes elementos del hábitat. Es importante también conocer el uso que el hombre ha hecho y hace de ese espacio, los impactos y las amenazas que sufren, y los medios que pueden hacer factible el uso óptimo del mismo y, por lo tanto, garantizar su conservación.

La realización de los planes de gestión, desarrollado por un equipo pluridisciplinar de investigadores, siguen como base el manual de planes de gestión de Eurosites. La Red Eurosites es conocida por su manera práctica de enfocar y resolver los problemas a los que se enfrentan los actuales gestores de espacios naturales. Se trata de una organización europea que reúne gestores de zonas naturales protegidas, algunas pertenecientes a la red NATURA 2000. La difusión de la información es uno de los ejes principales que lleva a cabo para que esta conservación sea factible y, el manual de planes de gestión de Eurosites, es uno de los más empleados en Europa. El formato Eurosites de planes de gestión contiene la siguiente estructura y contenido:

1. **Resumen ejecutivo.** Se trata de un resumen de una página, que se redacta una vez finalizado el plan y que debe resumir los aspectos más importantes del mismo, como: importancia del espacio y estado, objetivos de gestión y metodología de ejecución.
2. **Antecedentes.** Esta parte del proceso engloba y resume los programas que afectan el espacio, como y por qué ha sido seleccionado, por qué hace falta gestionarlo así como una descripción clara y concreta del espacio.
3. **Evaluación y objetivos.** Una vez descrito el espacio, hace falta evaluar toda la información disponible para determinar los objetivos ideales para su gestión. Estos nos llevarán a los objetivos operacionales.
4. **Ejecución.** El próximo paso es decidir cómo se llevarán a cabo los objetivos. Se debe describir uno o varios métodos para cada uno de los objetivos operacionales, junto con una o varias opciones alternativas para permitir una cierta flexibilidad. También se establecerá una periodicidad para lograrlos, las posibilidades de éxito y fracaso, así como una relación de recursos necesarios.
5. **Revisión.** Es importante revisar regularmente el plan para conocer si se están cumpliendo los objetivos de una manera eficaz y satisfactoria.

Para más información: <http://www.cime.es/lifebasses/es/index.php>

El Plan de Gestión de las lagunas de la Nava y Boada ha implicado la realización de un análisis de los recursos naturales y socioeconómicos existentes en la zona y un diagnóstico posterior de su estado actual. Mediante un proceso de consulta y participación con agentes sociales implicados, sobre los problemas, necesidades y potencialidades de la zona, se fijaron los objetivos a partir de los que se estructurarían las líneas directrices del plan de gestión. El Plan de Gestión será incorporado como una parte del Plan de Ordenación de Recursos Naturales que las administraciones regionales han acordado elaborar para la ZEPA Nava-Campos. Los objetivos marcados en el Plan han sido desarrollados a través de actuaciones concretas para la gestión de los distintos aspectos del espacio: restauración y conservación de las condiciones naturales, desarrollo de un turismo sostenible y establecimiento de un sistema de explotación agrícola que permita la sostenibilidad de los hábitat naturales de la zona. (Proyecto LIFE Medio Ambiente “Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”).

La protección legal del humedal permite restringir el tipo de actividades que puedan desarrollarse en la zona, siendo otra manera de asegurar la conservación de éste. Andalucía es la comunidad autónoma del Estado español que más humedales ha protegido, tanto en número como en superficie, de modo que existen humedales incluidos o declarados bajo las figuras de Parque Nacional, Parque Natural, Paraje Natural, Reserva Natural y Reserva Natural Concertada. La compra o arrendamiento de tierras (por ejemplo, compra de arrozales para restaurar zonas húmedas y su inclusión en la ZEPA, Parque Natural y Reserva de Caza de la Encanyissada, en el proyecto LIFE “Mejora de la gestión de la ZEPA del Delta del Ebro”), la creación de figuras de protección para estas zonas (creación de una Reserva Natural para el complejo lagunar de Villafáfila en el proyecto de recuperación de las lagunas de Villafáfila) o su inclusión dentro de los límites de zonas ya protegidas (por ejemplo, inclusión de las lagunas situadas al Norte de la Laguna Larga, en el área propuesta como LIC dentro del proyecto LIFE “Humedales de Villacañas”), son acciones realizadas previamente a la aplicación de las medidas destinadas a la restauración.



Estanque temporal sobre suelos arcillosos calcáreos al norte de Menorca. Proyecto LIFE BASSES

5.1 Casos de estudio

Marismas



Las marismas pueden cubrir amplias extensiones de tierras bajas inundadas periódicamente por agua de mar o bien estar contenidas en pequeñas áreas rodeadas de tierras más altas, pudiendo compartir espacios en las orillas de lagos o ríos, o bien ser terrenos pantanosos de aguas salobres, situados cerca de la costa (por lo general cerca de la desembocadura de un río) y no afectados por la inundación marina. Su principal característica radica en estar inundados con agua de forma frecuente o continuamente. Existen muchos tipos de marismas: costeras o fluvio-marinas de aguas salobres o fluviales de agua dulce. En una gran cantidad de casos las marismas interiores obtienen agua dulce directamente de lluvia, del deshielo o de la descarga de aguas subterráneas. Las marismas de influencia marina, en su evolución natural tienden a colmatarse, hasta que finalmente acaban independizándose de la marea. Posteriormente, el lavado con agua dulce provoca desalinización, originando marismas de agua más o menos salobre, que presentan un contraste estacional muy marcado debido a la fluctuación de las precipitaciones del clima Mediterráneo.

Son unos de los ecosistemas más fértiles del mundo y en ellos encontramos una amplia variedad de organismos adaptados al tipo de agua de la marisma y a las condiciones de suelo saturado. Las marismas costeras al ser un ecosistema frontera entre los medios continental y marino, desempeña una importante función como lugar de desove y alevinaje de muchos moluscos, crustáceos y peces, y como lugar de descanso de peces migradores: salmones y anguilas.

Por su cercanía a zonas costeras y a lugares habitados, han sido empleados como depósitos de residuos, y en ocasiones, han recibido vertidos procedentes de episodios contaminantes. Entre los problemas que afectan a las marismas cabe destacar:

- Erosión, un elevado número de los márgenes de sus canales son erosionados.
- Subida del nivel del mar debida al calentamiento global de la atmósfera.
- Transformación y explotación como salinas y piscifactorías.
- Contaminación de origen minero, urbano e industrial.
- Introducción de especies animales y vegetales exóticas invasoras.
- Construcción de grandes infraestructuras como diques y puertos.
- Ocupación y destrucción directa para la instalación de zonas industriales y sus residuos, núcleos residenciales y explotaciones agrarias.



Marismas de la Laguna de Venecia

Proyecto LIFE-Naturaleza “Marismas-Protección y rehabilitación con técnicas de bioingeniería” (LIFE99 NAT/IT/006246).

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1999-2002.

Localización: Italia.

Beneficiario: Magistrato alle Acque di Venecia

La laguna de Venecia es la laguna más grande de Italia y la única del Norte del Adriático que posee todas las características de un humedal salino. Su hábitat más característico son los bancos de arena, formados por la consolidación de los sedimentos y de su vegetación, que sustenta una importante diversidad biológica.

Sus problemas más destacados consistían en el gradual deterioro de su paisaje y la desaparición de los bancos de arena. Esta última causada por los depósitos insuficientes de sedimentos de los ríos y la erosión natural (más del 60% de la superficie de la marisma se perdió el siglo pasado), agravada por el movimiento de las lanchas a motor.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El objetivo del proyecto era estudiar las marismas de la laguna de Venecia y aplicar técnicas de ingeniería ecológica para su protección y restauración.

Para la reconstrucción de los márgenes erosionados de la marisma, se emplearon materiales naturales (descritos en el apartado “geomorfología y suelos”), junto con la plantación de especies halófitas recogidas en zonas de marismas cercanas (deterioradas por la erosión) y cultivadas en invernadero.



Salicornia veneta

SEGUIMIENTO

Las especies vegetales empleadas fueron:

Salicornia veneta, es importante por su capacidad de capturar sedimento aunque debido a sus raíces poco profundas, no ofrece gran resistencia a las olas producidas por embarcaciones.

Spartina marítima, es la halófito más resistente a la erosión debido sus potentes rizomas, los cuales se extienden por el subsuelo creando una retícula capaz de aminorar o suprimir la erosión. Además actúa disminuyendo la energía mareal, existiendo una lógica decantación de los materiales como consecuencia de la pérdida de energía del flujo. Para el proyecto, se recuperaron plantas de *Spartina* procedentes de zonas muy erosionadas. Se reprodujeron, en el invernadero, por fragmentación de rizomas y finalmente, se plantaron en sacos de fibra de coco para estabilizar los márgenes erosionados de la marisma.

Limonium serotinum, se reprodujo en invernadero mediante propagación vegetativa. Se empleó para probar la capacidad de colonizar y restaurar las zonas internas de la marisma. Sin embargo, su empleo con esta finalidad no es útil ya que no resistió el oleaje que causan las embarcaciones.

Puccinellia palustris, es una especie muy importante para aportar estabilidad en zonas previamente colonizadas por *Salicornia*. Se empleó en el proyecto, tras ser reproducida en el invernadero por propagación vegetativa, plantada sobre fibra de coco y demostró su eficacia estabilizando la zona media-alta de la marisma, al crecer y extender sus raíces rápidamente.

Juncus maritimus, normalmente forma céspedes, su inflorescencia es muy laxa y sus rizomas tienen forma de peine o rastrillo. Se recogieron matas de *Juncus maritimus* procedentes de zonas erosionadas para cultivarlas y reproducirlas en invernadero, pero sin resultados.

Sarcocornia fruticosa, crece en la parte alta de la marisma. Se plantó sobre lechos de fibra de coco para la reconstrucción de las zonas altas de la marisma, pero el crecimiento fue muy lento.

Aster tripolium, crece en suelos fangosos en los márgenes de la marisma. Las plantaciones realizadas sobre fibra de coco, y situadas en la zona a recuperar, dieron buenos resultados.

Halimione portulacoides, es una planta arbustiva decumbente de hasta 1,2 m, que crece en salinas y en la zona alta de la marisma. En el invernadero, se reprodujo por propagación vegetativa. Su cultivo en condiciones de salinidad controlada, sobre lechos de fibra, obtuvo resultados satisfactorios en la restauración de la marisma.

Phragmites australis, es muy empleada en ingeniería ecológica. Se trata de una planta de agua dulce, utilizada en restauración de humedales y para dotar de estabilidad los lechos de lagos y ríos. En la laguna de Venecia, presenta una adaptación genética para resistir aguas salobres. Fue localizada en la desembocadura de arroyos y canales de agua dulce.

Estas actuaciones permitieron crear las condiciones adecuadas para originar los procesos de sedimentación y sucesión ecológica vegetal necesaria, para restaurar los biotopos dañados en la marisma. Posteriormente, la colonización de la marisma con especies animales, finalizaría el proceso de restauración de este humedal.

Para más información: <http://www.tu-berlin.de/fb7/barene/>



Spartina marítima

Parque de Maremma

Proyecto LIFE-Naturaleza “Parque de Maremma: Gestión de los hábitats palustres y de dunas” (LIFE98 NAT/IT/005117).

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1998-2001.

Localización: Italia.

Beneficiario: Ente Parco Regionale della Maremma

A lo largo de la zona sur de la costa de la Toscana se extiende el Parque Regional de Maremma. Se compone de un mosaico de humedales, entre los que destacan las áreas de marismas que incluyen turberas calcáreas con *Cladium mariscus* y dunas costeras. Además es un importante refugio tanto para aves como para otras especies animales.

La erosión marina estaba provocando la pérdida de zonas de enebros y la desaparición de los humedales situados hacia el interior de las dunas, transformándolas en lagunas de agua salobre. Por otro lado, la afluencia masiva de visitantes causaba molestias a la avifauna y disminución de los espacios adecuados para su nidificación.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Para paliar la pérdida de vegetación y el retroceso de las dunas, se construyeron barreras (180 m.) con materiales naturales (*Phragmites australis* y castaños) y se apuntalaron las dunas para proteger de la erosión costera. Otra barrera (900 metros) se restauró para limitar el acceso al sistema dunar, se instalaron carteles informativos y vigilancia en las zonas más visitadas. También se tomaron medidas para la conservación *Limonium etruscum*.

SEGUIMIENTO

El proyecto ha alcanzado sólo una parte de los objetivos iniciales, debido a dificultades inesperadas surgidas durante la etapa de implantación. Entre los objetivos logrados se encuentran: iniciar los trámites para designar una nueva ZEPA en la zona y elaboración de guías sobre restauración de humedales, restauración del sistema dunar y sobre gestión del pastoreo.

En cuanto a la protección de la fauna, se limitó el acceso mediante vallas que impidieron la entrada de turistas y de predadores (el aumento de la población del gato montés estaba afectando a la reproducción del Alcaraván, *Burhinus oedipnemos*). Se amplió la extensión de la zona húmeda y se construyeron plataformas para la nidificación, todo lo cual contribuyó a aumentar el éxito reproductivo de las aves. También se procedió a la plantación de *Cladium mariscus* (50 especímenes traídos de un parque cercano).



Alcaraván (*Burhinus oedipnemos*)

Marismas de Rodia

Proyecto LIFE-Naturaleza “Gestión y conservación integrada de los humedales de Amvrakikos” (LIFE99NAT/GR/6475).

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1999-2003.

Localización: Grecia.

Beneficiario: ETANAM - Development Agency for Amvrakikos Gulf S.A.

La marisma de Rodia es la más grande de Grecia, y forma parte de los humedales de Amvrakikos. Un complejo ecosistema formado por los deltas de los ríos Louros y Arachthos; un sistema lagunar; el Golfo de Amvrakikos y la mencionada marisma. Es un ecosistema muy complejo, cuya heterogeneidad determina su elevada biodiversidad.

En los últimos años ha tenido lugar un importante deterioro de la zona como resultado del incremento de la salinidad e insuficiente circulación del agua. Otros factores que han influido son: la caza ilegal, tala de árboles, envenenamiento de fauna para controlar a depredadores y otras perturbaciones humanas como por ejemplo, la accidental o intencionada caza de tortugas (*Caretta caretta*) por parte de pescadores.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

La restauración de la marisma se centró por un lado, en la reducción y control de los carrizales para permitir el reestablecimiento de los prados húmedos, la mejora del hábitat para determinadas especies de aves y peces, y la concienciación de la población y los visitantes.



Marismas de Rodia



Compuertas para regular las entradas de agua dulce procedentes del río Louros

SEGUIMIENTO

Avetoro (*Botaurus stellaris*)*Scirpus maritimus*

Como método de gestión de la vegetación en el área cubierta principalmente por castañuela (*Scirpus maritimus*) y tarajes (*Tamarix* sp.), se realizó una experiencia de pastoreo con búfalos de agua que resultó ser muy eficaz para el control de plantas leñosas, de herbáceas helófitas de porte alto y para el mantenimiento en general, de la vegetación típica de praderas húmedas. El pisoteo y el rozamiento de los animales sobre los arbustos impedía la regeneración de plantas jóvenes reduciéndose la cobertura de tarajes hasta un 70%. Como consecuencia, se observó una rápida afluencia de peces y distintas especies de aves acuáticas a la zona. Riddell (2000) concluyó que las zonas cercadas de pastoreo, eran más favorables para la alimentación de las aves, que las que no eran pastadas. Al finalizar el proyecto, la Agencia de desarrollo Amvarakikos (ADA), continuó la actividad del pastoreo, reuniendo un rebaño de 25 búfalos. La restauración de la calidad del agua y de las condiciones abióticas adecuadas, se logró mediante la construcción de un sistema de canales y esclusas (este sistema reproduce las funciones del antiguo río Louros), que permitió la entrada de agua dulce en las lagunas Rodia y Tsukalio y en las marismas. Esta entrada favoreció el desarrollo de la vegetación (expansión de *Hydrocharis ramna-nasus*) y disminuyó la salinidad. Para controlar la calidad del agua se instalaron estaciones de medición de parámetros físico-químicos.

La mejora de los hábitats en tierras inundadas, praderas húmedas y bosques de ribera, permitió el asentamiento de nuevas especies y un importante incremento de la biodiversidad. La reforestación llevada a cabo en las riberas del río Louros y Mavrovouni, alcanzó una eficacia del 80%, además se desarrollaron trabajos de gestión, irrigación y creación de una reserva de agua para acciones de reforestación.

La conservación e incremento de la población de pelícanos (*Pelecanus crispus*) se logró mediante la creación de islotes artificiales en el lago Tsoukalio, lo que significó un importante incremento del espacio disponible para los pelícanos. Además, se inició un sistema de vigilancia para evitar la realización de prácticas ilegales y molestias a la avifauna. La concienciación ciudadana fue crucial para reducir tales actividades. El decrecimiento de la mortalidad de tortugas marinas, se produjo tras iniciarse medidas de concienciación de la población y mediante la realización de acuerdos con los pescadores de la zona.

Como resultado de las actuaciones llevadas a cabo, se produjo un incremento de la estima de la población local por el lugar, sus valores y sus potenciales beneficios económicos.

Para más información: <http://users.hol.gr/~etanam/life/english.htm>

Marismas del Odiel

Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 2003-2006.

Localización: Andalucía, España.

Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Las Marismas del Odiel son un importante sistema mareal situado al Sur de la provincia de Huelva, en las desembocaduras de los ríos Tinto y Odiel. Por su posición biogeográfica, se constituye como un lugar de paso fundamental en las principales rutas migratorias entre Europa y África, siendo catalogada como Zona de Especial Protección para las Aves, e incluida asimismo en el listado de humedales de importancia internacional (Convenio RAMSAR).

El **Paraje Natural Marismas del Odiel**, declarado de Interés Nacional y Reserva de la Biosfera por la UNESCO, posee una extensión aproximada de 7.200 ha, y una enorme riqueza y variedad de hábitats y paisajes. Esto se debe a sus especiales características al encontrarse en una zona de estuario con distintos estadios evolutivos. La vegetación característica la componen especies adaptadas a la presencia de sal en el medio y a la continua inundación a la que se ve sometida la marisma.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Los problemas más importantes de este espacio natural son la contaminación, tanto por vertidos urbanos como agrícolas, la deforestación y la desecación para su aprovechamiento agrícola y ganadero. Con el fin de mejorar las condiciones ecológicas de este espacio, se realizaron distintas actuaciones consistentes en: la restauración funcional de la marisma, la creación de una laguna de agua dulce, la revegetación de la zona, la construcción de un sendero y la instalación de un observatorio.

Vista aérea marismas odiel (Salinas del Astur)





Colonia de
espátula y garza
real isla de
Enmedio



Laguna litoral



Isla de la Liebre



Aguila pescadora

SEGUIMIENTO

Para mejorar la calidad del agua, en parte empobrecida por los vertidos procedentes de la depuradora de Punta Umbría, se procedió a la ampliación de ésta dotándola de depuración terciaria. Las aguas procedentes de la misma, se emplearon para crear una laguna de agua dulce que actúa, reduciendo los vertidos procedentes de la depuradora y regulando la entrada de agua directamente a la marisma. La construcción de este humedal artificial, se logró mediante la elevación de un murete perimetral existente y la colocación de compuertas. Posteriormente, se inició la revegetación de la zona. La creación de este nuevo humedal ha permitido diversificar los hábitats, al dejar de ser, el agua dulce, un factor limitante para muchas de las especies de la zona.

Para restaurar la funcionalidad de las marismas del Astur, desecadas a principios de siglo con fines agrícolas, se eliminaron las infraestructuras existentes que impedían la circulación original del agua y se regeneraron los antiguos caños. Por otro lado, se iniciaron labores de revegetación en los bordes de la marisma donde la vegetación se encontraba considerablemente deteriorada.

Finalmente, para promover un mejor conocimiento del funcionamiento natural de la marisma, se ha mejorado las condiciones de visita y observación del LIC/ZEPA Marismas del Odiel, mediante la habilitación de infraestructuras de uso público que permiten un acceso controlado de visitantes. Estos han consistido en la adecuación de un sendero aprovechando y reforzando los actuales muros de tierra existentes y en la construcción de un observatorio para uso público.

A parte de estas actuaciones se elaboró una campaña de concienciación para dar a conocer la variedad de los humedales andaluces, sus valores ecológicos, socioeconómicos e histórico culturales, así como la necesidad de su conservación y restauración. Esta acción se ha realizado en los tres humedales en los que se ha desarrollado este proyecto Life: Fuente de Piedra, Marismas del Odiel y Lagunas del Sur de Córdoba.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es



Isla de la Liebre

Marisma halófila de La Pletera

Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter”, LIFE99 NAT/E/006386.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1999-2003.

Localización: España.

Beneficiario: Ayuntamiento de Torroella de Montgrí

Este proyecto LIFE tiene como objetivo la recuperación y conservación de los sistemas costeros del Baix Ter, centrando sus actuaciones en la laguna del Ter Vell (laguna costera de agua dulce) y la marisma halófila de la Pletera. Ambos ecosistemas forman parte de l’Espai d’Interès Natural “Aiguamolls del Baix Empordà” y han sido propuestos como zona LIC (Lugar de Interés Comunitario) dentro de la red “natura 2000”.

La marisma halófila de La Pletera constituye una serie de ecosistemas litorales distribuidos a lo largo de la franja costera situada al norte de la desembocadura del río Ter. Presenta sistemas dunares, marismas y lagunas salobres.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Entre las muchas especies animales y vegetales que pueblan la zona, La Pletera destaca, por poseer una de las últimas poblaciones del litoral catalán de fartet (*Aphanius iberus*), especie endémica de la Península ibérica en peligro de extinción e incluido en el anexo II de la Directiva Hábitats europea.

En los años 80 un plan parcial de urbanización, que no llegó a completarse, provocó la progresiva desaparición de las distintas lagunas y humedales quedando, al comienzo del proyecto sólo dos lagunas permanentes, la balsa de Pi y la laguna del Fra Ramón. Además, la canalización del tramo final del Ter modificó el régimen hídrico de la marisma y originó cambios importantes en la distribución de materiales de las playas de la zona, lo que cambió la línea de costa.

Las actuaciones propuestas en La Pletera se centran en restaurar la población de fartet. Dicha población se encuentra en peligro por el elevado grado de aislamiento de la única laguna en que se encuentra: laguna del Fra Ramón.

Laguna donde se ha reintroducido el fartet



SEGUIMIENTO

Para mejorar la situación del fartet (*Aphanius iberus*), se creó un complejo de nuevas lagunas en la zona de la Pletera con un régimen hídrico similar al de Fra Ramon. Las obras se llevaron a cabo en aquellas zonas donde la vegetación de marisma presentaba un bajo interés botánico o un menor grado de madurez. El total de la superficie excavada suma unas 1.54 ha y consta de tres cubetas conectadas. Las tres cubetas se han excavado por debajo del nivel medio del mar en la zona para asegurar el afloramiento del freático y conseguir la inundación permanente de las zonas más profundas. De esta manera, se asegura la conexión entre las cubetas, únicamente, durante los períodos de cota máxima del agua (temporales y/o precipitaciones) y permitiendo el intercambio biológico entre ellas.

Posteriormente, se repoblaron las nuevas lagunas con fartets procedentes de la cría en cautividad realizada a partir de ejemplares capturados en Fra Ramon, y con ejemplares traspasados directamente desde esta misma laguna. Los censos realizados un año después de la introducción, mostraron una muy buena adaptación de los individuos introducidos y una exitosa evolución de la nueva población. La rápida aparición en las lagunas de una densa pradera de la fanerógama *Ruppia cirrossa*, que constituye un excelente hábitat para esta especie, contribuyó a la adaptación de los peces, así como el acertado diseño de las cubetas. Al término del proyecto, la especie ha pasado ya de encontrarse en un único refugio en la comarca a dos.

Para más información: <http://www.torroella.org/>

Fartet (*Aphanius iberus*)Fartet (*Aphanius iberus*)

Marisma de entremuros del Corredor verde del Guadiamar

Proyecto “Corredor Verde del Guadiamar”, Junta de Andalucía.

Ejecución: Desde 1999.
Localización: España.

Como consecuencia del vertido minero de Aznalcóllar, surgieron los proyectos de restauración Doñana 2005 y Corredor Verde del Guadiamar. Ambos programas de restauración, se complementan y suponen el mayor proyecto europeo de restauración ecológica, además de un claro ejemplo de saber actuar de forma conjunta frente a una situación de extrema adversidad. Promovidos por la Administración General del Estado y la Junta de Andalucía, respectivamente, se lanzaron en 1999 teniendo como principal objetivo la reparación de los daños provocados por los vertidos tóxicos del accidente de Aznalcóllar y la mejora de las condiciones ecológicas en la comarca de Doñana.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Desde febrero de 2005, los comités científicos de ambos proyectos se unieron para formar una única Comisión Científica, adscrita a la Agencia Andaluza del Agua de la Consejería de Medio Ambiente. Su objeto es asesorar y evaluar el proyecto de manera continuada, aportando ideas y proponiendo soluciones. Los proyectos de restauración incluidos en el proyecto del Corredor Verde del Guadiamar abarcan las áreas de la llanura aluvial y de la marisma afectada por el vertido minero (casi 5.000 ha). Antes de comenzar las actuaciones de restauración, se inició un intenso proceso de información dirigido a la población local para comunicar los objetivos y procedimientos, junto con programas de participación activa y directa en los trabajos de restauración.

También como paso previo, fue necesaria la delimitación precisa de los terrenos que lo integran (facilitado por el uso de tecnologías avanzadas: Sistemas de Información Geográfica, GPS, imágenes aéreas y de satélite, etc.) y la instalación de un cerramiento perimetral de separación de los terrenos agrícolas privados. De este modo, se protegía las nuevas plantaciones de la posible entrada de ganado desde las explotaciones limítrofes y se evitaba aprovechamientos no permitidos, como la siembra, el furtivismo o la recogida de productos de la zona afectada por el vertido, a la vez que permitía el paso de la fauna silvestre. La zona de las marismas de Entremuros, perteneciente al Parque Natural de Doñana, resultó afectada fundamentalmente por la retención durante varios meses de las aguas ácidas del vertido.



Marisma Gallega

SEGUIMIENTO



Martinete

Las actuaciones realizadas consistieron en la eliminación de impactos que desviarán el sistema de su funcionamiento natural (canalizaciones, caminos, drenajes, etc.) y en la reconstrucción del micromodelado de caños, vetas, bancos laterales, barras, etc., que habían sido destruidos, primero, por las transformaciones agrícolas y, después, por las tareas de limpieza tras el vertido minero.

La restauración del sistema hidrológico consistió básicamente en, la recuperación de antiguos cauces, el relleno de antiguos canales de riego y de drenaje de antiguas tablas de arroz, la eliminación de sistemas de bombeo y obras de derivación de aguas para riego y la permeabilización de los dos vados existentes.

La recuperación de la morfología original del terreno se logró mediante la realización de un levantamiento cartográfico de unidades hidrogeomorfológicas y áreas de actuación existentes en 1956. La diferenciación geomorfológico y topográfica resulta esencial en el funcionamiento de los sistemas marismos, donde desniveles de apenas un metro pueden suponer importantes diferencias funcionales y ecológicas.

En cuanto a la restauración vegetal, se optó por facilitar la recolonización natural de la vegetación palustre, ayudada por plantaciones de pequeñas parcelas con plantas de saladares características de la zona para que funcionen como áreas de dispersión.

Las obras de restauración realizadas han permitido que las marismas de Entremuros recuperen la funcionalidad y la diversidad de hábitats que tenía en los años 50. La fase actual corresponde a un proceso de restauración pasiva, que conlleva un adecuado programa de seguimiento.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es



Marismas de Doñana

“Doñana 2005. Restauración hidroecológica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana”

Ejecución: 1998-2005.

Localización: España.

El Parque Nacional de Doñana, situado entre las provincias de Huelva, Cádiz y Sevilla, se considera la mayor reserva ecológica de Europa. Está configurado por un enorme mosaico de ecosistemas diferentes como pinares, marismas, caños y arroyos... albergando una gran diversidad de especies animales y vegetales. “Doñana 2005”, es un proyecto de rehabilitación funcional que pretende recuperar el funcionamiento hidrológico de la marisma de Doñana, mediante la recuperación de las aguas del río Guadamar como una aportación hídrica imprescindible en periodos secos, a través de técnicas de ingeniería hidráulica y forestal. Los objetivos del proyecto contemplan recuperar las aportaciones hídricas asegurando su calidad y cantidad, frenar la degradación y evitar la afección de la marisma por aguas conaminadas, mantener la permeabilidad entre la marisma y el estuario del Guadalquivir, establecer un sistema de seguimiento y evaluación y promover la investigación y divulgación.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las actuaciones para lograr la regeneración hidroecológica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del parque nacional consisten en la restauración de antiguos arroyos, instalación de elementos de filtraje, descontaminación y trampas de sedimentos, eliminación de canales artificiales, construcción de una depuradora, restauración y recuperación ambiental del cauce y del dominio público hidráulico del río Guadamar.



Entrada del Arroyo del Partido en la marisma

SEGUIMIENTO

Concretamente, el proyecto incluye 11 actuaciones, que pasamos a describir:

Restauración de los arroyos de Soto Chico y Soto Grande y del arroyo de la Laguna de los Reyes

Los principales problemas que afectan a esta zona consisten en la alteración del régimen hidrológico por la red de drenaje artificial, sedimentación de arenas en la marisma, contaminación agrícola de las aguas e, impactos sobre la fauna y el paisaje.

Las soluciones adoptadas fueron: eliminación de la red de drenaje artificial, construcción de lagunas de decantación, regulación y depuración, construcción de trampas de sedimentos y restauración ambiental integral. Estas medidas, han permitido la restauración integral de los arroyos de Soto Grande y Soto Chico y del arroyo de la Laguna de los Reyes, así como del conjunto del sector Este de la finca de los Mimbrales, tanto en los aspectos hidrológicos, como ambientales y ecológicos.

Depuración de las aguas residuales de El Rocío

La marisma del Parque Nacional de Doñana, está afectada por el vertido directo de aguas residuales sin depurar procedente de la aldea de El Rocío, Almonte (Huelva).

Para mejorar la calidad de las aguas aportadas a la marisma y evitar la degradación ambiental del entorno, se construyó una estación depuradora y un área de filtro verde, para completar el tratamiento del agua y recuperar ambientalmente la zona. Tras la finalización de las obras, se iniciaron tareas de adecuación paisajística con plantaciones de distintas especies.

Con las obras de la presente actuación, se ha mejorado la calidad del agua del afluente de la depuradora. Hecho que quedó

ratificado por la presencia de alevines de peces a menos de un metro del afluente.

Restauración del arroyo del Partido.

La sedimentación de arenas en la marisma y alrededores y, las inundaciones en zonas próximas a El Rocío, son las causas de los efectos negativos sufridos por la fauna, vegetación y calidad del agua de la marisma.

Con el fin de controlar los procesos de erosión, transporte y sedimentación en la cuenca del arroyo del Partido, frenar el avance del cono de deyección sobre la marisma y evitar el riesgo de inundaciones en áreas habitadas, se realizaron las siguientes actuaciones: recuperación de la semillanura izquierda de inundación del arroyo Partido y de sus rebosaderas tradicionales, restauración hidrológico-ambiental del cauce del arroyo aguas arriba de esta llanura incluyendo lagunas de sedimentación, restauración hidrológico forestal y prácticas de conservación de suelos en toda la cuenca vertiente.

Restauración de la marisma Gallega

Este sector de la marisma se encuentra gravemente transformada por una red artificial de drenaje existente aunque no fue puesto en cultivo. Además se encuentra aislada de la marisma del Parque Nacional por un muro de la FAO, que impide la continuidad hidrológica entre los dos sectores de la marisma.

Para evitar dicha separación, se eliminaron los canales mediante relleno y compactación y se realizó una restauración topográfica del sector de la marisma, se restauró el perfil del Caño Guadamar mediante relleno parcial del canal existente y se permeabilizó el muro de la FAO mediante baterías de tubos en las intersecciones con caños adyacentes. Las obras de permeabilización han funcionado adecuadamente permitiendo la comunicación de la marisma a un lado y otro del muro de la FAO.



Zona de La Vera con las pajareras al fondo

La extracción de las tierras necesarias, para la recuperación del Caño del Guadiamar, se realizó mediante la creación de lucios naturalizados, con el fin de favorecer el proceso de revegetación y asentamiento de especies que resultan de gran interés ecológico para la creación de nuevos hábitats. La restauración ecológica y paisajística de la zona, se llevó a cabo mediante el acondicionamiento del terreno, mejora de suelos, siembras, plantaciones, eliminación de vallas, reparación de muros de defensa y caminos perimetrales.

Además de las actuaciones descritas, se realizaron estudios paralelos para el seguimiento y evaluación del proceso.

Recuperación del caño Guadiamar

Esta actuación, permitirá recuperar una importante entrada de aguas superficiales, que durante muchos años se han vertido directamente a la zona de Entremuros. La baja calidad del agua del río Guadiamar y arroyo de la Cigüeña, con una muy elevada carga orgánica (originada en la industria aceitunera), es el principal problema que afecta a esta zona.

Las soluciones adoptadas en las actuaciones anteriores y las que comentaremos a continuación, contribuyen a recuperar el régimen de las aportaciones hídricas del caño Guadiamar a la marisma del Parque Nacional y a mejorar la calidad de sus aguas.

Recuperación del caño Travieso

Con esta acción se prevé restaurar la funcionalidad del Caño Travieso y recuperar casi 2600 Ha de terrenos agrícolas para transformarlos nuevamente en marisma, incrementándose de forma notable la superficie actual de la misma, y por lo tanto, de los hábitats acuáticos y la capacidad de acogida para las aves.

Las acciones realizadas comprenden la eliminación de canales de drenaje y muros perimetrales, recuperación del perfil original de la marisma y restauración ambiental integral, eliminación del canal de aguas mínimas de Entremuros y transformación del Nuevo Travieso en un lucio y finalmente, adecuación para el uso público y la educación ambiental de la zona restaurada.

Recuperación del Brazo de la Torre

Los principales problemas que afectan a esta zona consisten en pérdida de la funcionalidad fluvial y mareal del brazo de la Torre, pérdida de aportaciones de agua salobre a la marisma y colmatación del brazo, con la consiguiente degradación ambiental de la zona.

Las soluciones adoptadas consistieron en: permeabilización del muro izquierdo de Entremuros para permitir la entrada en el brazo de los caudales mínimos y el paso de los flujos mareales, establecimiento de una sección de control que limite la entrada de caudales en avenidas y regule su reparto entre el brazo y el caño Travieso, construcción de protecciones laterales para proteger de inundaciones los cultivos colindantes, dragado parcial del brazo para permitir la subida de mareas y proveer de tierra para los diques laterales, reponer los servicios afectados (canales, accesos).

Control y permeabilización de la marisma frente al Río, al Brazo de la Torre y a Entremuros

La problemática existente en esta zona radica por un lado, en el riesgo de intrusión en la marisma de aguas contaminadas y cargadas de sedimentos, y por otro, en la alteración del funcionamiento hidrológico y en la pérdida de aportaciones hídricas.

Carex sp.



Carex sp.

Esta actuación, consecuencia del accidente de Aznalcóllar, por un lado sirvió para proteger a una parte de la marisma de la intrusión de las aguas ácidas presentes en el vertido tóxico. La construcción del dique cumplió su misión, ya que el vertido quedó fuera de los límites del Parque Nacional.

Para evitar la entrada de aguas contaminadas o con elevada carga de sedimentos, se prolongaron y reconstruyeron los diques existentes y se procedió a la instalación y sustitución de compuertas. La restauración de la situación hídrica y ambiental original, llevada a cabo en una segunda etapa consiste, en la retirada del muro, completando así con la permeabilización natural de la marisma a las avenidas del Guadiamar.

Esta actuación ha evitado una colmatación acelerada de la marisma del Parque Nacional de Doñana, por las aguas cargadas de sedimentos procedentes de las avenidas del Guadiamar. Otros proyectos de restauración realizados en la cuenca del río Guadiamar, como el del Corredor Verde, han reforzado los mecanismos de control y el seguimiento sistemático de los parámetros de calidad de las aguas y de los suelos afectados.

SEGUIMIENTO

Seguimiento y evaluación

Esta actuación contempla la elaboración de un Plan de seguimiento de cada actuación y de los efectos que estas tienen sobre el medio, con el objetivo de poder determinar los aciertos y errores de las acciones, y con el fin de introducir las correcciones necesarias a tiempo.

Los objetivos del Plan de seguimiento son:

- Establecer un sistema automatizado de seguimiento en tiempo real de parámetros hidrológicos.
- Diseñar y ejecutar un programa de seguimiento de la ejecución de las distintas actuaciones comprendidas en el proyecto Doñana 2005, incluyendo un análisis de coste/beneficio que permita asegurar la eficacia de las soluciones adoptadas.
- Diseñar y poner en marcha un plan integrado de evaluación ambiental y social que permita establecer los efectos de las distintas actuaciones

Investigación

Recoge proyectos de investigación asociados a la restauración ecológica de las marismas del Parque Nacional, particularmente de la respuesta de la vegetación, la fauna y los procesos naturales. El objetivo de esta actuación es permitir que las actuaciones del proyecto Doñana 2005 contribuyan a mejorar el conocimiento científico del Parque Nacional y posibilitar una evaluación científica de todo el plan.

Difusión y divulgación

Desde la puesta en marcha de Doñana 2005, se ha desarrollado una intensa labor de divulgación del proyecto y de sus actuaciones mediante la edición de publicaciones (revista Doñana 2005 y otras), CD rom, reuniones de expertos, foros internacionales y nacionales especializados en restauración ecológica así como, programas de divulgación a nivel local dirigidos a una población no necesariamente especializada y a los más jóvenes.

Para más información: www.mma.es/



Arthrocnemum glaucum

5.1 Casos de estudio

Lagunas costeras



Las lagunas costeras son ecosistemas de aguas someras, separadas del ambiente marino por una barrera de arena que, en su día, aislaron una porción de mar dentro del dominio terrestre. La salinidad de estas lagunas es variable, dependiendo del grado de comunicación de éstas con el mar, aportes de ríos y de la magnitud de los acuíferos vinculados a la laguna.

Esta variabilidad en la salinidad desempeña un papel definitivo en el tipo de comunidades vegetales que colonizarán cada laguna. Por ejemplo, en aguas poco salobres encontraremos comunidades de la Clase *Potametea* y algunas asociaciones de la Clase *Charetea* y, en aguas con importante contenido en sales marinas: Clase *Ruppiaetea maritima*, algunas asociaciones halófilas de la Clase *Charetea* y, puntualmente, también de la Clase *Zoosteretea*. Las hidrófitas actúan además, como refugio y alimento para importantes poblaciones de aves y mamíferos, así como de peces y crustáceos de relevancia comercial, que habitan en las lagunas. Se trata de uno de los ecosistemas más productivos de la naturaleza.

Los principales impactos asociados a estos sistemas son: alteración del régimen hídrico, residuos sólidos, presión recreativa, urbanizaciones, cultivos y drenaje. En los humedales litorales asociados a sistemas de drenaje, cobran mayor importancia aspectos relacionados con la alteración del régimen hidrológico y la pérdida de calidad del agua, debido a que recogen los residuos que se producen aguas arriba y a la repercusión directa de las regulaciones hídricas.

Los cambios naturales (inundaciones, intrusiones marinas, colmatación, etc.) característicos de estos sistemas, deben ser adecuadamente comprendidos antes de iniciar cualquier proyecto de restauración.



Laguna de Ter Vell

Proyecto LIFE-Naturaleza "Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter", LIFE99 NAT/E/006386.

Ejecución: 1999-2003.

Localización: España.

Beneficiario: Ayuntamiento de Torroella de Montgrí

Este proyecto LIFE tiene como objetivo la recuperación y conservación de los sistemas costeros del Baix Ter, centrandose sus actuaciones en la laguna del Ter Vell (laguna costera de agua dulce) y la marisma halófila de la Pletera. Ambos ecosistemas forman parte de l'Espai d'Interès Natural "Aiguamolls del Baix Empordà" y han sido propuestos como zona LIC (Lugar de Interés Comunitario) dentro de la red "natura 2000".

Ter Vell es una zona húmeda formada por un conjunto de humedales y lagunas de agua dulce alimentadas por el agua excedente del regadío de la llanura agrícola adyacente y por las aguas de precipitación. Constituye un hábitat natural de gran diversidad de aves, peces e invertebrados acuáticos y cuya vegetación la integran carrizales, espadañales y juncales, además de retales de vegetación halófila y poblamientos de tamarindos.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El desarrollo agrícola y turístico de la zona ha provocado un alto grado de eutrofia, y la colmatación del sistema a causa de los aportes de sedimentos y nutrientes procedentes de los excedentes de riego y del vertido de aguas residuales. A esta situación hay que añadir, la reducción de superficie de agua libre por expansión de la vegetación helofítica (carrizo) y la inversión del régimen hídrico de las lagunas: las sequías estivales propias de humedales mediterráneos han dado paso a inundaciones durante el verano por los aportes agrícolas.

Para disminuir el grado de eutrofia, se construyó un sistema artificial de humedales que permitiera depurar el agua dulce y eliminar la materia orgánica acumulada en el sistema. Los humedales artificiales construidos, tienen la capacidad de reducir el 95% de los sólidos en suspensión y el 65% de la carga de nitrógeno y fósforo que llega a la laguna, además actúa como zona de amortiguación que suaviza la elevada fluctuación del nivel del agua.

Al dejar de circular el agua excedente del regadío por el canal, el régimen hídrico de Ter Vell cambió. Las entradas superficiales de agua proceden, principalmente, de las precipitaciones y/o de la intrusión marina. Se ha observado un aumento de la salinidad en las zonas más próximas al mar. Este cambio del régimen hídrico parece haber afectado favorablemente a las comunidades de peces.

INTRODUCCIÓN



Humedales de depuración

SEGUIMIENTO



Laguna de Ter Vell

Con el dragado de las zonas donde se había acumulado en exceso la materia orgánica, se ha conseguido aumentar la superficie de agua libre, lo que favorece el incremento de la presencia de aves. La superficie dragada, 2.174 m², ha correspondido a aquellos sectores donde la vegetación presentaba menor interés y/o presentaba peor estado de conservación, de este modo se evita fragmentar excesivamente la superficie ocupada por el carrizo, y así no perjudicar la fauna asociada.

En aquellas zonas donde el dragado habría supuesto una fuerte alteración del medio, se optó por la retirada de los fangos de la capa más superficial. Esto se hizo por aspiración y en aquellos puntos donde la acumulación de fango había formado capas de 60cm. de espesor por encima del sustrato arenoso original.

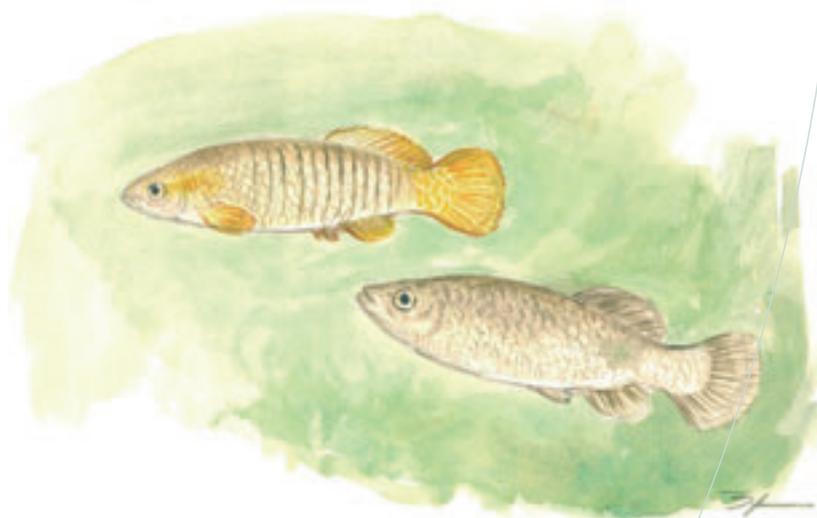
Una vez finalizadas las actuaciones de dragado, ampliación de lagunas y construcción del sistema de humedales de depuración, sólo se detectó la presencia espontánea de *Polygonum amphibium* y de algunos carófitos dentro de los canales del sistema de humedales de depuración. Por ello, se decidió reintroducir artificialmente algunas otras especies en algunos puntos de Ter Vell y del sistema de humedales con el objetivo de que actúen como áreas de expansión. La reintroducción de hidrófilos, se realizó a partir de fragmentos vegetativos obtenidos en zonas próximas de l'Empordà que fueron transportados y directamente depositados en los puntos de reintroducción.

Las especies seleccionadas fueron *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum* y *Potamogeton pectinatus*, por tratarse de hidrófitos subacuáticos perennes que en principio podrían tener más dificultad para la colonización espontánea. Las formaciones dunares han visto menguada su extensión, ya sea por destrucción directa por parte del hombre o por cambios de la línea de costa. Para regenerar el sistema dunar, se instalaron barreras fabricadas con entramados de cañas de un metro de altura. Se dispusieron en celdas cuadradas y en paralelo a la línea de playa, para facilitar la retención de arena. La restauración de la cubierta vegetal de las dunas, tuvo lugar mayoritariamente, por colonización espontánea. En aquellas zonas donde la colonización espontánea se preveía difícil se plantaron especies psammófilas procedentes de vivero y obtenidas a partir de material procedente de la zona.

En las zonas donde se han llevado a cabo las actuaciones enmarcadas dentro del proyecto y, al término de éstas, se realizó una cartografía vegetal con el fin de actualizar el mapa de vegetación de la zona, y de obtener un documento de partida para las futuras revisiones del estado de la vegetación en estos enclaves. También se realizó un seguimiento de la avifauna con el fin de confirmar la importancia que las lagunas y sistemas costeros del Baix Ter tienen para las aves, ofrecer un programa de monitoreo para la gestión futura del espacio y evaluar el efecto de las actuaciones del proyecto. Con este propósito, antes y después de las acciones de mejora, se realizó: un mapeo de territorios para las aves reproductoras, el anillamiento de aves migratorias y un itinerario de censo, que cubre todo el ciclo anual.

Para más información: <http://www.torroella.org>

Samaruc (Volusia Samaruc)



Samaruc

Laguna de Pylos

Proyecto LIFE-Naturaleza “Ejecución de un plan de gestión para la laguna de Pylos y el delta del Evrotas, Espacios de Natura 2000 en Grecia” (LIFE97 NAT/GR/004247).

Ejecución: 1997-2000.

Localización: Grecia.

Beneficiario: Hellenic Ornithological Society

La laguna de Pylos está situada en una amplia zona húmeda de 250 ha, en un entorno de marisma halófilas y cañaverales, y separada de la bahía de Ambarino por un estrecho cinturón de dunas de arena. Posee una importante avifauna, además de ser uno de los escasos hábitats disponibles para la tortuga marina (*Caretta caretta*) y el camaleón africano (*Chamaeleo africanus*) en Grecia.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

La desviación de dos arroyos que proporcionaban agua dulce al lago y la construcción de una conexión permanente con el mar habían provocado un importante aumento de la salinidad (llegando en ocasiones a ser el doble que la del mar), una bajada del nivel de oxígeno y frecuentes crisis distróficas. Además la zona sufre una importante presión turística y, la existencia de un importante puerto de reabastecimiento de petroleros a tan sólo 5 km. constituye una fuente de contaminación constante. La restauración del hábitat acuático de la laguna, la prevención de efectos nocivos ocasionados por el vertido de aceites, la restauración del ecosistema dunar y la conservación de la población de *Caretta caretta* eran los objetivos básicos del proyecto.

El restablecimiento de la calidad del agua, requería en primer lugar, del control del aumento de la salinidad que, como consecuencia del desvío de dos arroyos al mar se había producido en la laguna. Ante la imposibilidad de devolver estos arroyos a su cauce original, en parte por intereses sociales y en parte debido, a que podría no garantizar la buena calidad del agua al estar afectado por vertidos de aceites, se optó por la construcción de compuertas que controlaban las entradas de agua dulce en determinados puntos de la laguna. También se construyó una estación de seguimiento de la calidad del agua, que proporcionaba una evaluación de parámetros tanto abióticos como bióticos del sistema acuático. Los datos obtenidos eran procesados mediante un modelo numérico (ERSEM), que permitía predecir la respuesta de las comunidades del bentos a la disminución de la salinidad y a otros posibles cambios introducidos por el desarrollo del proyecto. Este modelo numérico es empleado como una herramienta de gestión en humedales costeros. Con estas actuaciones se logró mejorar la calidad del agua, decreció su salinidad y se incrementó la biodiversidad de la laguna.

El sistema dunar se protegió mediante el control de las actividades humanas, principalmente del turismo. La creación de barreras a lo largo de la carretera, instalación de corredores, señales y la adecuación de infraestructuras para visitantes, permitió trasladar a los turistas hacia áreas menos sensibles.

Para garantizar la protección de especies protegidas, como el camaleón de la especie *Chamaeleo africanus* cuyo hábitat en Europa se limita a esta laguna, y de la tortuga boba (*Caretta caretta*), que junto con la tortuga verde (*Chelonia mydas*) se encuentra gravemente amenazadas por la flota pesquera del puerto de Cytheion, se llevaron a cabo las siguientes actuaciones: protección de hembras preñadas y de los nidos mediante vigilancia, seguimiento de las hembras, recogida de nidos y trasladados fuera del alcance de depredadores (exclusivamente en aquellos casos en que se localizaban en zonas muy expuestas al peligro), control de depredadores. Para reducir la mortalidad a causa de los atropellos, se impusieron límites de velocidad en la zona y se informó a los visitantes de la existencia de esta especie. Con la ayuda de voluntarios se evita la recolección de ejemplares, acampada ilegal, quema de arbustos, destrucción de nidos, etc.

SEGUIMIENTO

Las mejoras del hábitat consistieron en la restauración con vegetación autóctona y creación de corredores para proteger y ampliar el hábitat disponible de los camaleones. Se construyeron pequeñas dunas para albergar los nidos en determinados sitios que garantizaban su seguridad.

Para más información: www.ornithologiki.gr/life/pylos-evrotas

Chamaeleo africanus



Chamaeleo africanus

Lagunas Logarou, Tsoukalio y Rodia

Proyecto LIFE-Naturaleza “Gestión y conservación integrada de los humedales de Amvrakikos”.
Ejecución: 1999-2003.

Localización: Grecia.

Beneficiario: ETANAM - Development Agency for Amvrakikos Gulf S.A.

Los humedales de Amvrakikos componen un complejo ecosistema integrado por los deltas de los ríos Louros y Arachtos, la marisma de Rodia, el Golfo de Amvrakikos y un sistema lagunar donde sus principales lagunas son Logarou (rica en peces), Tsoukalio, y Rodia (principal fuente de producción de anguilas de Grecia). Estas lagunas son un lugar de paso y de invernada para más de 250 especies de aves, 75 de las cuales se encuentran amenazadas o en vías de extinción. La característica principal de las lagunas de Amvrakikos la constituye la presencia de los cordones litorales o restingas. Son formaciones arenosas que separan las lagunas del mar. Los cordones litorales generan playas de arenas blancas compuestas por millones de minúsculas conchas, lo que es muy poco habitual en el mediterráneo.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

La extracción de agua dulce, los diques y la creación de barreras hidroeléctricas están causando cambios en la hidrología de estas lagunas. El área está afectada por la contaminación derivada de pequeñas industrias de productos agrícolas y por las aguas residuales, que a través de los ríos llegan a la zona. Otros problemas significativos son el incremento de la salinidad, la insuficiente circulación del agua de las lagunas, la caza ilegal y las perturbaciones humanas. Los objetivos del proyecto se centran en la restauración de las características abióticas y de la estructura de los hábitats de las tres lagunas.

La principal actuación consistió en el control y la regulación de la calidad del agua a través de la construcción de un sistema de esclusas y acequias. Este sistema de canales reproduce las funciones del antiguo cauce del río Louros, el cual suministraba agua dulce a las lagunas de Rodia y Tsoukalio. Terminado los trabajos, el aporte de agua dulce demostró tener efectos positivos en ambas lagunas así como en la marisma de Rodia: disminución de la salinidad, aumento de las poblaciones de peces y mejora de la estructura de la vegetación (expansión de *Hydrocharis ramna-nasus* y de turberas calcáreas de *Cladium mariscus*).

Aunque estas medidas no se llevaron a cabo en la laguna de Logarou, el plan de gestión del agua realizado para este proyecto, contempla varias medidas para garantizar la entrada de agua dulce a esta laguna. El plan de gestión del agua contempla además, la instalación de estaciones automáticas de muestreo con el fin de realizar un seguimiento continuo de la calidad del agua en las tres lagunas. Las estaciones estuvieron operativas durante el proyecto permitiendo evaluar el estado de la calidad de las aguas y, ayudar en el proceso de toma de decisiones sobre la gestión del agua.



En la zona superior de la fotografía se puede ver dos islotes naturales que han sido erosionados. En la parte inferior, tres islotes artificiales



Empalizada para detener la erosión en el islote “Imiselinos” del lago Tsoukalio

SEGUIMIENTO



Estación automática de toma de muestras de parámetros físico-químicos en la laguna de Tsoukalio. Provee información fundamental para determinar la calidad del agua de las lagunas y del río Louros



Pelicano

La rehabilitación del hábitat consistió en la gestión de la vegetación y en la creación de islotes artificiales en la laguna de Tsoukalio, que rápidamente fueron utilizadas por los pelícanos aunque no se produjo cría. De todos modos, esta acción ha dotado a la zona de mayor espacio para los pelícanos, aumentando las oportunidades de cría en el área. A pesar de que las poblaciones de pelícanos siguen afectadas por las molestias causadas por visitantes esporádicos, la población de reproductores en Amvrakikos ha aumentado de 32 parejas en 1998 a 92 en 2003.

Por último, se estableció un sistema de vigilancia para proteger las especies avícolas amenazadas, controlar las actividades ilegales y otras perturbaciones para la avifauna. Además se realizó numerosas actividades destinadas a aumentar la concienciación social acerca de los valores de la zona y de sus posibles beneficios económicos.

Para más información:
<http://users.hol.gr/~etanam/life/index.htm>

Cladium mariscus



Cladium mariscus

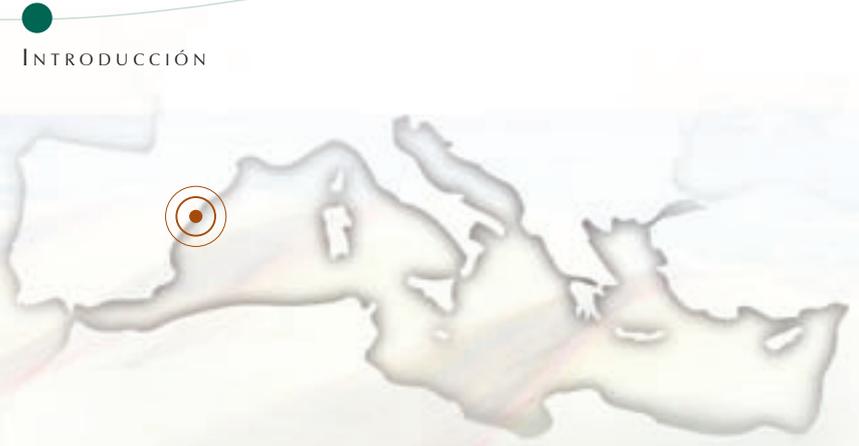
Laguna de La Encanyssada

Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión de la ZEPA del delta del Ebro” (LIFE96 NAT/E/003133).

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1997-2000
Localización: España
Beneficiario: SEO/Birdlife

La regeneración de la laguna costera de la Encanyssada es otra de las actuaciones que se llevó a cabo en el proyecto LIFE desarrollado en el Delta del Ebro. La laguna de la Encanyssada, con una superficie de 5,5 Km² y una profundidad media de 80 cm., es la laguna costera más grande del Delta.



METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Tradicionalmente, como el resto de las lagunas costeras de esta zona, ha recibido agua procedente de los arrozales, estando ésta fuertemente contaminada con pesticidas, herbicidas y abonos inorgánicos. Esto ha provocado un importante fenómeno de eutrofización y la consiguiente desaparición de macrófitas, el aumento de la turbidez y la disminución de peces y aves.

En este proyecto se han realizado diversas actuaciones con la finalidad de recuperar la vegetación sumergida que servía de sustento a aves acuáticas y peces. La desecación de una parte de la laguna durante un año, que permitió la aireación del sedimento, así como la entrada de agua procedente directamente del río Ebro en la cubeta más grande, fueron dos de las medidas tomadas para disminuir los aportes de nitrógeno en forma de amonio.

El clot, una de las lagunas de L'Encanyssada



SEGUIMIENTO



Panel de interpretación

La inundación con agua dulce permitió una rápida colonización de helófitos (vegetación palustre) como *Scirpus maritimus*, *Typha angustifolia* y *Phragmites australis*, y de vegetación sumergida (macrófitos) como *Najas minor*, *Najas marina*, *Chara vulgaris* y *Zannichellia palustris*. Hasta el momento se han descrito en la reserva un total de 45 especies vegetales.

El Plan de Gestión elaborado propone el mantenimiento de unas ciertas entradas de agua dulce y hacer un reperfilamiento del terreno, con el fin de obtener una pequeña laguna litoral con su vegetación helofítica circundante.

En la actualidad, el recubrimiento de los macrófitos en esta laguna es prácticamente del 100%, habiéndose recuperado la población de peces (destaca la notable colonización y reproducción del fartet, *Aphanius iberus*) y de aves acuáticas (38 especies).

Como contrapartida decir que, la especie piscícola más abundante fue *Gambusia holbrooki*, pequeño pez del Mississippi introducido en los años 40 para combatir el mosquito y que actualmente es una auténtica plaga, seguida de *Pomatoschistus microps* y *Cyprinus carpio*.



Carex sp

Humedal de Pujaire-Cabo de Gata

Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión del LIC y la ZEPA de Cabo de Gata-Níjar” LIFE00 NAT/E/007304.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 2001-2005

Localización: España

Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

Este humedal es un complejo de lagunas de agua dulce situadas en el extremo occidental del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Las Salinas de Cabo de Gata, incluyendo este humedal, pertenecen a la Unión Salinera de España S.A., con la que se han firmado distintos convenios de colaboración llegando a un modelo ejemplar de gestión compartida con la administración. Esta zona quedó desconectada hídricamente del resto de la albufera-salina por la carretera de Pujaire a San Miguel, provocando la pérdida de este hábitat tan escaso en la zona.



METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

La principal actuación para recuperarlas ha sido reconectar estas lagunas con el resto de la albufera-salina, mediante dos acciones: la unión de los dos lados del humedal mediante pasos de agua bajo la carretera y la construcción de un dique de separación en las lagunas de las Salinas, que evita que el agua dulce afecte a la producción de sal. Por otra parte, al lograrse el aislamiento del sistema artificial de agua salada del sistema natural de agua dulce, se potencia la presencia de especies de aves poco representadas en la actualidad por la falta de medios de agua dulce. Para evitar los efectos de los predadores (jabalí y zorro) sobre la reproducción y puesta de las aves se valló todo el perímetro del humedal recuperado y se instalaron compuertas antipredadores. Además del arreglo de los diques, se replantó la vegetación característica de estos lugares ya que, es la más idónea para la reproducción de las aves.



Sendero habilitado para turistas



Panel divulgativo y observatorio de aves



Vallado

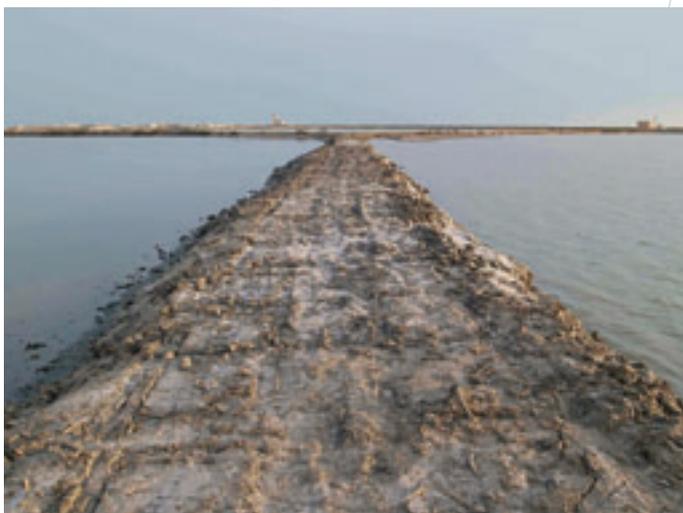
SEGUIMIENTO



Vista panorámica



Compuerta antidepredadores



Dique terminado

Con el fin de mejorar las condiciones de visita y la observación de las salinas de Cabo de Gata sin que suponga molestias para la avifauna, se construyó un sendero peatonal y un carril de cicloturismo, cuatro puntos de observación y paneles interpretativos a lo largo del circuito explicando las características más importantes del espacio. Durante los meses de primavera y verano, es necesaria la contratación de un vigilante ya que la afluencia de visitantes a la zona, y por tanto, de los problemas causados por estos, aumentan considerablemente.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es



Rehabilitación de antiguo dique

Stagno di Cagliari

Proyecto LIFE-Naturaleza “GILIA, hagiopónimo de la alta Edad Media utilizado para identificar el conjunto de los humedales del Stagno di Cagliari”, LIFE96 NAT/IT/003106.

Ejecución: 1997-2002

Localización: Italia

Beneficiario: Comune di Cagliari - Div. Urbanistica

El Stagno di Cagliari, con 4.000 ha de aguas abiertas, es el humedal costero más importante de la región de Cerdeña, en Italia. Es un complejo sistema formado por una extensa laguna, los estanques salinos de Santa Gilia, varios arroyos de montaña y una vasta extensión de prados salinos situados a lo largo de la orilla noroeste de la laguna. El área total de las salinas de Santa Gilia es de unas 2.500 ha.

Hasta el comienzo de este proyecto, en 1997, esta zona estaba perdiendo sus valores ecológicos como consecuencia de los vertidos industriales y urbanos, y de la intensa actividad portuaria y comercial. Lo que estaba provocando la pérdida de calidad del agua, la colmatación de la cubeta, la acumulación ilegal de basuras y la pérdida de hábitats para las aves.

INTRODUCCIÓN



Estanques salinos de Santa Gilia

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las medidas adoptadas consistieron: renaturalización de vertederos, eliminación de vertidos ilegales, fin de la entrada de aguas residuales urbanas no tratadas, inicio de un programa de monitorización de la dinámica del ecosistema lagunar, con especial atención sobre la calidad del agua y aves acuáticas vulnerables o en peligro de extinción como el flamenco (*Phoenicopterus ruber*) y de la gallina púrpura, tareas para involucrar al público en general y sectores privados. El seguimiento realizado sobre las poblaciones de flamencos confirmaron la importancia del área para las aves.

SEGUIMIENTO



Nidos de flamencos en Salinas de Santa Gilia

Flamenco rosa volando

Entre los resultados conseguidos hay que destacar, la firma de un convenio entre los municipios afectados, para la constitución de un cuerpo de gestión del LIC y la gestión y mantenimiento de las actuaciones iniciadas con el proyecto. Se retiraron los residuos acumulados, y se evitó el intento de abandono de basuras ilegales mediante la vigilancia permanente de dos guardias, dando parte a las autoridades. La presencia de perros callejeros se previno con la colaboración del servicio de veterinaria.

Para controlar la calidad del agua, se instalaron 8 estaciones de seguimiento que determinan parámetros físico-químicos, y se realizaron análisis bacteriológicos en laboratorio, además de nutrientes, metales pesados y pesticidas.

Para mejorar el hábitat de las aves, se cercó la zona y se construyó un observatorio de aves además de paneles y puntos de información. Se crearon 4 islotes artificiales (1912 m²) y se restauraron 26 islotes existentes (2380 m²) previa eliminación de especies invasoras en la zona. Todas se cubrieron con conchas para imitar los nidos creados por las aves.

Finalmente, la concienciación ambiental de la población se llevó a cabo mediante numerosas iniciativas, entre los que destacamos, anuncios publicitarios, artículos en prensa, una página web, conferencias, publicación de un periódico, álbum de fotos, organización de excursiones periódicas para escolares.

Para más información: www.gilia.net



5.1 Casos de estudio

Deltas



Los deltas se forman por la acumulación de sedimentos depositados en las desembocaduras de ríos tras haber sido arrastrados por la corriente. En ellos es habitual la presencia de marismas. Abundan en el litoral mediterráneo, como el delta del Ebro, donde tienen un bajo grado de naturalidad debido a las transformaciones agrarias. Por otro lado, algunos de los deltas más importantes del Mediterráneo como por ejemplo, el delta del Ebro, Po y Ródano, se encuentran en retroceso, como consecuencia de la alteración antrópica de la dinámica sedimentaria. La retención de sedimentos por la construcción de embalses, y la obstaculización del flujo costero de sedimentos por la construcción de espigones, puertos y otras infraestructuras, está provocando una modificación masiva de los flujos sedimentarios que intervienen en la extensión, forma y elevación del delta.

Los principales problemas que afectan a los deltas son: la contaminación de las aguas como consecuencia de los cultivos agrícolas, la erosión debido a la construcción de infraestructuras hidráulicas que limitan los aportes sedimentarios, cambios en el régimen hidrológico, la acumulación de residuos sólidos transportados por el río, etc. También hay que destacar la explotación intensiva de acuíferos costeros que generan importantes procesos de subsidencia.



Delta del Ebro

Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión de la ZEPA del delta del Ebro” (LIFE96 NAT/E/003133).

Ejecución: 1997-2000

Localización: España

Beneficiario: SEO/Birdlife

El delta del Ebro constituye el hábitat acuático más importante del Mediterráneo occidental, después de la Camarga (Parque Regional Francés), y el segundo de España, después del Parque Nacional de Doñana. De las 33.000 ha que ocupa la región del Delta del Ebro, una superficie de 7.736 ha, constituidas principalmente por áreas naturales a lo largo de la zona costera, ha sido declarado Sitio Ramsar y fue incluido en la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Esta zona, coincide con la superficie del Parque Natural del Delta del Ebro y de la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) del Delta del Ebro (Directiva 79/409/CEE).

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Los valores ecológicos del Delta del Ebro radican en su elevada biodiversidad y por el hecho de ser hábitat para especies de fauna acuática, esta importancia radica tanto en el hecho de ser área de cría (95 especies nidificantes) como de invernada, así como de descanso durante la migración. Se han citado en esta zona 330 especies de aves de las 600 existentes en Europa.

El 65% del total de la superficie del Delta del Ebro está destinado al cultivo, principalmente del arroz, y el 80% ocupado por zonas urbanas. El desarrollo de esta actividad, conlleva problemas para la conservación de los recursos naturales, al ocasionar eutrofización, cambios en el régimen hidrológico local y otros aspectos derivados del impacto agrícola. Otros sectores con importancia en el Delta son la pesca, la caza, la acuicultura y el turismo, este último experimenta un continuo crecimiento en los últimos años, a partir de la creación del Parque Natural.

El objetivo principal del proyecto es mejorar el estado de conservación de los arrozales, humedales y lagunas del Delta del Ebro. Para ello, se procedió a la compra de arrozales para restaurar zonas húmedas, al alquiler de arrozales para experimentar alternativas de cultivo y a organizar labores de divulgación y sensibilización.

Treinta y cinco hectáreas de arrozal fueron arrendadas, con el fin de comparar los parámetros ambientales derivados de la práctica de tres métodos de cultivo de arroz: cultivo de arroz ecológico (sin plaguicidas, ni abonos de síntesis), medidas agroambientales aprobadas por la comunidad europea y cultivo convencional (campos control). Las principales medidas aplicadas consistieron en el uso de métodos mecánicos para controlar la vegetación frente al empleo de herbicidas, sustitución de pesticidas organofosforados por pesticidas de baja toxicidad y feromonas para combatir una de las plagas más perjudiciales de los arrozales del Delta, el barrenador del arroz (*Chilo suppressalis*) y, la prolongación del periodo de inundación hasta otoño para favorecer la fauna acuática.

SEGUIMIENTO

De acuerdo, con los resultados obtenidos, el cultivo ecológico se demostró como la mejor alternativa en términos medioambientales, seguido de las medidas agroambientales y por último, de las técnicas convencionales. También demostró ser económicamente viable, siendo un método alternativo que debe ser consolidado y extendido en el Delta. Como aspecto negativo de este cultivo, se encuentra la proliferación desmesurada del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*), en detrimento de otras especies acuáticas (invertebrados, peces y anfibios), aunque no de aves, y que ha provocado una reducción aún mayor de la población de *Rana perezi*. Esto es debido, esencialmente, al no emplearse plaguicidas y a la sustitución de productos de categoría toxicológica B por productos de categoría A en el control de plagas.

A pesar de esto, el proyecto LIFE, se reveló como una herramienta útil para impulsar la aplicación de medidas agroambientales en los arrozales del Delta del Ebro. El éxito de estas medidas, lo constituye el hecho de que más del 90% de agricultores del Delta empleen una o más medidas agroambientales y, en la observación de mejoras medioambientales como por ejemplo, el incremento de caballitos del diablo y libélulas.



Arroz del Delta del Ebro



Siembra de arroz

Aves sobrevolando un arrozal del delta del Ebro



Delta del Evrotas

Proyecto LIFE-Naturaleza “Ejecución de un plan de gestión para la laguna de Pylos y el delta del Evrotas, Espacios de Natura 2000 en Grecia” (LIFE97 NAT/GR/004247).

Ejecución: 1997-2000.

Localización: Grecia.

Beneficiario: Hellenic Ornithological Society

El Delta del río Evrotas, formado a partir de la canalización del río, está constituido por una vasta llanura de inundación aluvial. Actualmente existen marismas halófilas en zonas marginales y un pequeño lago en el este. También existen algunas marismas dispersas de agua dulce, zonas inundadas de tamajares y campos abandonados de arroz. A lo largo de la playa existe el sistema de dunas más extenso del Sur del Peloponeso. El resto está formado por campos agrícolas y huertos.

En los últimos años la zona había sufrido importantes cambios ecológicos derivados de una gran cantidad de acciones humanas, entre las que hay que destacar: la presión turística y el acceso incontrolado (especialmente el acceso de vehículos está provocando una fuerte erosión del sistema de dunas), la transformación para agricultura (la zona se encuentra actualmente repleta de campos de arroz, huertos e invernaderos), la contaminación e reabastecen petroleros, la caza y pesca excesivas, la extracción continuada de arena que ha originado un considerable aumento de la erosión y la construcción de una carretera a lo largo de la playa.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las principales medidas adoptadas por el proyecto han estado encaminadas hacia la concienciación social, la lucha contra la erosión de los cordones dunares y el establecimiento de un plan para evitar episodios catastróficos de contaminación por hidrocarburos.

La estabilización de los cordones dunares supuso una actuación innovadora en Evrotas.



Tortuga verde

●
SEGUIMIENTO

El sistema, que demostró ser muy efectivo, consistió en la recreación y estabilización de las dunas utilizando una red protectora que actuaba acumulando y estabilizando los bancos de arena.

Durante el mismo proyecto se llevaron a cabo actuaciones para proteger las poblaciones de la tortuga boba (*Caretta caretta*), que junto con la tortuga verde (*Chelonia mydas*) se encuentra gravemente amenazada por la flota pesquera del puerto de Gytheion, al quedar muchos ejemplares atrapados en las redes o muertos a manos de pescadores. Las acciones consistieron en: vigilancia, traslado de nidos, colocación de estos en lugares de mayor protección y seguimiento. Los resultados fueron muy positivos: 10.000 personas fueron informadas sobre las amenazas que afectan a *Caretta caretta*, 77 tortugas fueron liberadas por pescadores, se protegieron 248 nidos y los esfuerzos de concienciación pública alcanzaron a la totalidad de la flota de Gytheion.

Para más información: www.ornithologiki.gr/life/pylos-evrotas



Tortuga boba (*Caretta caretta*) ●

Isla de Buda

Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda”, LIFE96 NAT/E/003180.

Ejecución: 1996-1998

Localización: España

Beneficiario: Generalitat de Catalunya, Dep. de Medio Ambiente, D.G. de Patrimonio Natural

La isla de Buda constituye en la actualidad uno de los parajes mejor conservados dentro del Parque Natural del Delta del Ebro. Isla de Buda era originalmente una isla fluvial situada en el ápice del delta, actualmente es una península unida a su vez a otra más pequeña, la isla de Sant Antoni. Dentro de ella destacan varios tipos de hábitats fundamentales: una gran laguna costera de aguas salobres, parcialmente subdividida en dos (Caláis Gran y Caláis de Mar); pequeñas lagunas del interior de la isla conocidas como “lluents” o “cremats”; marismas fluviales y salobres.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las causas más importantes de su deterioro son: la presión turística (las embarcaciones de recreo provocan un fuerte oleaje que aumenta muchísimo erosión de los márgenes fluviales), la agricultura intensiva, la construcción de pantanos (especialmente los de Ribarroja y Mequinenza) y otras infraestructuras y la expansión de especies exóticas.

El proyecto realizado ha implicado una restauración muy amplia de toda la zona que ha incluido entre otras medidas de restauración de la dinámica hídrica, mejora de la calidad del agua, creación o reconstrucción de hábitat adecuados para diversas especies y eliminación de flora exótica.

El avance de la superficie de cultivo en detrimento de los ambientes naturales, había provocado la transformación de grandes áreas de terreno. Para revertir la situación, se procedió a la retirada de cultivo de arrozales en unas 32 ha. que fueron reconvertidas en zonas de vegetación helofítica y utilizadas como depuradoras biológicas de las aguas de drenaje de los arrozales, tras la construcción de un sistema de infraestructuras hidráulicas que permitiera gestionar correctamente el agua a tratar.

En los arrozales que permanecen en explotación activa, la prioridad fue tratar de avanzar en lo que se conoce como producción “integrada”. Así se implantaron medidas de carácter extensivo, como sería la lucha biológica contra la plaga del barrenador del arroz (*Chilo suppressalis*) o un régimen de inundación invernal para favorecer a las aves acuáticas. A un nivel más puntual, se puso en marcha una parcela experimental en régimen de producción “ecológica”, donde se utilizaron abonos naturales de liberación lenta y se erradicó por completo el uso de biocidas. Esta técnica de cultivo ha planteado problemas importantes por la proliferación de malas hierbas que hizo peligrar la producción de arroz. Por lo que, se analiza el problema así como posibles vías para atajarlo, con el fin de aplicar la política más adecuada a adoptar a largo plazo.

Para evitar la eutrofización de las lagunas litorales o el arrastre de tóxicos hasta los sistemas naturales y las cadenas tróficas, se actuó sobre el perfil hidrológico de los sistemas naturales de Buda. Por un lado, la gestión del agua de riego procedente directamente del Ebro, supuso la creación de una vasta red de canalizaciones que permitirían distribuir ordenadamente el agua a través del cinturón de vegetación natural y hacerla llegar a las lagunas litorales. Por otro lado, se abordó el control de las aguas de drenaje de los arrozales, mediante la creación de sistemas de bloqueo eficientes (compuertas) y el desdoblamiento de los sistemas de bombeo. Una vez en funcionamiento el sistema de distribución de agua, la aportación de agua dulce a las lagunas costeras fue de gran calidad. Para comprobar la evolución general de los sistemas acuáticos, se aplicó un sistema de seguimiento de la calidad de las aguas, incluyéndose muestreos a la entrada y la salida de la actual parcela de depuración.

Las operaciones de mantenimiento del parque de infraestructuras hidráulicas: revisiones y reparaciones en las unidades de bombeo y en la dotación de compuertas, dragado de los lechos limosos de canales y reperfilado de sus paredes, siegas de la vegetación marginal en las conducciones y consolidación de diques, resulta imprescindible para asegurar el control de la circulación del agua a través de los sistemas naturales y antrópicos de Buda.

La transformación de arrozales en marjales de agua dulce, la mejora general de la calidad de las aguas, la recuperación del bosque de ribera o la eliminación de tendidos eléctricos, son actuaciones que de forma indirecta han permitido la adecuación del hábitat. El establecimiento de un pequeño núcleo reproductor de morito (primero en Cataluña), la cría de una pareja de garceta grande (primera en la península Ibérica), la consolidación de una nutrida población de calamón o incipientes recuperaciones del carricerín real y el pájaro moscón, son prueba de ello.



Isla de Buda



Arrozal transformado en marjal de agua dulce



Siega de vegetación



Canal para gestión del agua



Fumarel cariblanco

SEGUIMIENTO

Entre las actuaciones directamente relacionadas con la adaptación del hábitat a las necesidades de la fauna, destacar la creación de islas para laro-limícolas (cigüeñuela, avoceta, chorlito patinegro, charrán común, charrancito), la experiencia de gestión de la vegetación (aclaramos locales mediante chafado mecánico de la vegetación) en apoyo de los requerimientos del fumarel cariblanco (*Chlidonias hybridus*), la aceptación de cajas-nido por autillo, la instalación de una plataforma para el águila pescadora, eliminación de estructuras de caza abandonadas donde caían algunas aves y, la habilitación de un antiguo camino en desuso como espacio para la reproducción de *Glareola pratincola*.

Se conocía la existencia de una población de fartet (*Aphanius iberus*) y de samaruc (*Valencia hispanica*) en las lagunas litorales de Buda tiempo atrás. Dentro del proyecto Life, se estableció como objetivo la realización de una experiencia limitada de liberación de estos ciprinodóntidos, con el correspondiente monitoraje posterior. El lugar elegido fue una pequeña laguna del sur de la Isla, caracterizada por su aislamiento respecto a las aguas circundantes, por sufrir importantes variaciones en el nivel de inundación y la salinidad del agua y por mostrar una desarrollada vegetación subacuática. Tras los movimientos de tierras necesarios para acondicionar la zona (creación de pozas-refugio y barras de aislamiento) y el seguimiento de los parámetros físico-químicos del agua, se liberaron samarucs y fartets criados en cautividad en instalaciones del Parc Natural. Superado el período de aclimatación, la constatación de contingentes numerosos de ambas especies, así como de un reclutamiento de alevines satisfactorio ha supuesto un alentador punto de partida para afrontar nuevas introducciones. Especialmente teniendo en cuenta la cohabitación que se ha dado con la gambusia, un problemático competidor. Esta especie originaria de México septentrional y de los Estados Unidos, fue introducida en Europa para combatir la malaria en los años 20 alterando el equilibrio biológico de los lugares donde se ha aclimatado.

Otra especie introducida, el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*), fue el causante de la desecación de los arrozales transformados en marisma dulce, al producir numerosas perforaciones en la parte baja del malecón periférico que actuaba como dique de contención. La pared perforada fue restaurada duplicándose la anchura.

Respecto a la gestión de la vegetación helóftica, las acciones ejercidas han consistido en quemas, chafados y siegas. Las quemas se han realizado esporádicamente en las áreas naturales y más regularmente en los arrozales transformados de la parte sur de la Isla, con el fin de conseguir un rejuvenecimiento de la vegetación, eliminando la necromasa acumulada y abriendo claros. En los arrozales transformados se ha recurrido alternativamente al chafado de vegetación mediante maquinaria agrícola, persiguiéndose así la creación de mosaicos de microhábitats. Por último, las siegas se han restringido a márgenes de canales y caminos, donde la proliferación de los helófitos resulta inconveniente.

5.1 Casos de estudio

Albuferas



Son zonas húmedas formadas a partir de la evolución, por procesos de colmatación, de los estuarios. Representan ecosistemas de elevada productividad y diversidad biológica. En las costas mediterráneas, las albuferas mejor conocidas son las existentes en la desembocadura del Nilo, el sur de Francia y en las costas mediterráneas españolas.

La mayor parte de las albuferas presentan una mediatización antrópica muy elevada. La desecación de estos espacios húmedos para aprovecharlos agrícola y las ocupaciones urbanísticas, industriales y turísticas, son las causas de los principales problemas que afectan a estas zonas.

Las actuaciones humanas (drenaje, desecación y aterramiento) pueden provocar la colmatación total o parcial de las albuferas, por otro lado, el desarrollo de estructuras que interrumpen el transporte de sedimentos (diques, canalizaciones, etc.), contribuyen a su erosión.



Albuferas de Adra

Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de las Albuferas de Adra”, LIFE98 NAT/E/5323.

Ejecución: 1998-2001

Localización: España.

Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente - Junta de Andalucía

Las Albuferas de Adra forman un complejo palustre integrado por dos lagunas principales: la Albufera Nueva y la Albufera Honda. Se sitúan en la provincia de Almería y poseen una destacada importancia tanto nacional como internacional debido a la diversidad y singularidad de su flora y fauna.

El uso agrícola que tradicionalmente se ha desarrollado en los alrededores del humedal acentuado por la proliferación de cultivos intensivos bajo plástico en los últimos tiempos, muy contaminantes para el medio ambiente, ha producido un progresivo deterioro que ha desembocado en fenómenos de eutrofización de las aguas de las lagunas, abandono de residuos sólidos y líquidos, fragmentación del área húmeda y explosión demográfica de los roedores.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Con el fin de reducir estos impactos, se programaron una serie de medidas consistentes en: iniciar un plan de ampliación de la superficie húmeda del hábitat de las Albuferas de Adra, mejorar la calidad hídrica del sistema, eliminar de forma significativa la contaminación terrestre provocada por los residuos de los cultivos y restablecer los elementos componentes del ecosistema, especialmente de las comunidades y especies presentes e incluidas en los Apéndices I y II de la Directiva Hábitats y Apéndice I de la Directiva Aves.

Tras realizar un estudio de compra de terrenos agrícolas en el perímetro de las Albuferas de Adra, con objeto de adquirir superficie adecuada para su posterior restauración, se compraron 12.672 m². Aunque en un principio la ampliación de la superficie húmeda estaba prevista en 20.000 m², el encarecimiento del precio de la tierra impidió lograr este objetivo en su totalidad.

Las actuaciones encaminadas a mejorar la calidad hídrica del sistema, se iniciaron con la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas del medio acuático. Este estudio ha consistido en un exhaustivo seguimiento de las características hídricas, basado en la toma de datos iniciada en 1999 y mantenida a lo largo de todo el período que abarca el Proyecto Life. La toma de muestras se ha realizado usualmente de forma quincenal, analizándose los valores de parámetros físicos (temperatura, turbidez, profundidad, presión, transparencia y sólidos en suspensión), químicos (conductividad, salinidad, oxígeno disuelto, potencial redox, fósforo, nitrógeno, amonio, sílice, alcalinidad, carbonatos, bicarbonatos, demanda

INTRODUCCIÓN



Estado del área de vegetación palustre pocos días después de su siega y recogida

La albufera Nueva y la albufera Honda



bioquímica de oxígeno, bromuros, sulfatos, cloruros y sólidos disueltos) y biológicos (identificación y recuento de fitoplancton y zooplancton, así como determinación cuantitativa de pigmentos fotosintéticos). Por otro lado y mediante la instalación de piezómetros en las inmediaciones de las lagunas, se han evaluado bisemanalmente las características de las aguas subterráneas relacionadas con las albuferas. Además, mediante un tanque de evaporación que se ha revisado cada dos semanas, se ha evaluado la pérdida hídrica del sistema por evaporación. Con objeto de completar el análisis, a finales de 1998 se procedió a la compra de una estación meteorológica por parte de la Consejería de Medio Ambiente, con motivo de obtener otros valores atmosféricos aplicables al estudio hídrico, como son, dirección y fuerza eólica, precipitación, temperatura ambiental, humedad relativa y luminosidad. Dicha estación recoge los parámetros climáticos de forma continua y cada dos horas, desde el momento de su puesta en marcha inicial (junio de 1999). También cada quincena se ha evaluado el aporte hídrico al complejo y proveniente de la Acequia Real que conecta al mismo con el Río Adra.



Actividades de censo y seguimiento de la avifauna acuática

SEGUIMIENTO

De este completo estudio, se derivaron las siguientes actuaciones: facilitación forzada de agua procedente del Río Adra a las lagunas, restauración de la Acequia Real de conexión hídrica entre el Río Adra y las Albuferas de Adra y, firma del convenio entre la Comunidad de Regantes del Río Adra y la Consejería de Medio Ambiente para la gestión de canalización de aguas procedentes del río a las lagunas.

Con motivo de reducir la concentración de nutrientes en agua y evitar la eutrofización, se procedió a la corta y limpieza de carrizal en la totalidad de superficie de vegetación helófito periférica de la Reserva durante el período de desarrollo del proyecto.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de viabilidad de implantación de cultivos alternativos al invernadero convencional en el entorno del humedal, con la finalidad de disminuir de forma significativa la generación y vertido futuro de los residuos agrícolas que agravan el proceso de contaminación en el sistema acuático y terrestre de las albuferas. Los cultivos analizados han sido los invernaderos de producción integrada, los ecológicos y los hidropónicos recirculantes, siendo el procedimiento ecológico el de mayor rendimiento. Se espera utilizar estos resultados como herramienta para incentivar la reconversión de los invernaderos convencionales en ecológicos en la Zona Periférica de Protección de la Reserva Natural.

Para reducir la contaminación terrestre provocada por el vertido y acumulación de residuos agrícolas, se procedió a la compra y puesta en marcha de un Equipo Recolector de Residuos Agrícolas disminuyéndose considerablemente los niveles de contaminación del entorno.

Conjuntamente, para acabar con las plagas originadas por el vertido de residuos (proliferación de roedores en el humedal), se puso en marcha un programa de desratización. Dicho programa se inició con un seguimiento de los índices de predación de los roedores. Para ello se colocaron estructuras artificiales con falsos huevos de distintos tamaños, simulando nidos tanto de acuáticas como de paseriformes. Esto permitió realizar análisis diferenciales de predación sobre cada variable por separado. Posteriormente, con objeto de evaluar la incidencia del trapeo en la nidificación y tasas de predación por parte de este grupo de mamíferos, se instaló una batería de trampas para roedores en la Albufera Nueva, dejando la Albufera Honda como zona de control. Por último, se procedió a la caza sistemática de roedores en toda la Reserva Natural, teniendo en cuenta para la instalación y colocación de las trampas, las conclusiones obtenidas. Al mismo tiempo, se volvió a analizar las tasas de predación con el fin de evaluar la efectividad de la campaña realizada.

Para evaluar los efectos generados por el programa de actuación en la dinámica de las poblaciones faunísticas, se realizó un seguimiento de la avifauna durante los tres años de duración del presente proyecto Life, en el que se incluyeron otros humedales almerienses con el fin de no atribuir erróneamente cambios ocurridos en las comunidades avícolas con las actuaciones conservacionistas llevadas a cabo en las albuferas. El conjunto de todas estas actividades propició la disminución de los niveles de contaminación en el entorno, repercutiendo

favorablemente en las poblaciones animales y vegetales del sistema: la mejora hídrica del sistema favoreció la regeneración del masegar ubicado en su interior, el control de roedores conllevó una mejora del éxito reproductor de determinadas aves en el complejo palustre y la ampliación de la superficie terrestre periférica del humedal repercutirá en la extensión de ciertas formaciones vegetales como los tarayales, juncales o masegares (incluidas en el Anexo I de la Directiva Hábitats), así como en una mejora de las condiciones del medio para especies que se alimentan, descansan o se reproducen en su ámbito (como por ejemplo *M. leprosa*, *P. porphyrio* u *O. leucocephala*, incluidas en el Anexo II de la Directiva Hábitats o en el Anexo I de la Directiva Aves).

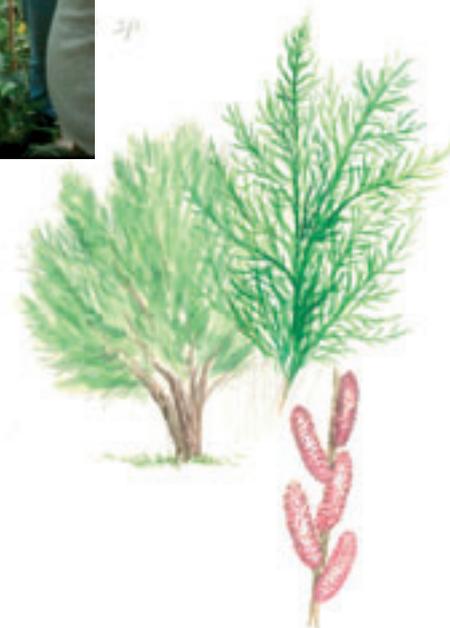
Por último, es de destacar, el enorme esfuerzo realizado en la divulgación y difusión de los objetivos del proyecto, destinadas estas labores, a crear una conciencia ambiental especialmente importante en este ámbito tan amenazado por los cultivos agrícolas. En este sentido, se realizó un programa de concienciación y educación ciudadana con el colectivo agrícola, y con el colectivo infantil-juvenil, con objeto de ayudar a su sensibilización ambiental y que pueda derivarse hacia formas de uso futuro del suelo agrícola con bajo impacto ecológico en el área acuática y terrestre del sistema.



Uso de los contenedores del Equipo Recolector de Residuos Agrícolas por parte de los agricultores de la Zona Periférica de Protección en las albuferas de Adra



Evaluación de cultivos de invernadero ecológico para el estudio de viabilidad de implantación en la periferia de las Albuferas de Adra



Tamarix sp

5.1 Casos de estudio

Llanuras de inundación



Las llanuras de inundación son áreas de superficies adyacentes a ríos o riachuelos, sujetas a inundaciones recurrentes. Constituyen por tanto, una zona sometida a periódicos episodios de sedimentación y lixiviado, por lo que tradicionalmente se han utilizado para instalar cultivos de regadío, y en las que no se ha edificado, en previsión del riesgo de avenidas.

En estos espacios de transición entre el medio hídrico y el terrestre, se producen dinámicas interactivas esenciales para los ecosistemas fluviales, siendo particularmente importante su labor de estabilización de los márgenes (sobre suelos que, desnudos, serían fácilmente erosionables), así como de regulación y acumulación lateral de los flujos de agua, de nutrientes y de sedimentos.

Son también importantes porque constituyen el biotopo sobre el que se desarrollan los bosques de ribera. Estos humedales, formados en terrazas fluviales ocupadas por árboles de ribera y vegetación acompañante, se caracterizan por poseer una alta productividad biológica y una estructuración horizontal en bandas paralelas al río. Los bosques de ribera se componen de especies de rápido crecimiento (álamos, chopos, fresnos, olmos y sauces) y cuyas copas sobrepasan los 20 metros de altura.

Históricamente, los principales impactos sobre el bosque de ribera estaban causados por la transformación agrícola y posteriormente urbanística y, la consolidación de las riberas mediante la creación de cauces artificiales con diques y escolleras (aún hoy los proyectos de consolidación de riberas suponen una amenaza para este tipo de humedal). Las actividades recreativas, los incendios, la introducción de especies exóticas de flora y fauna, la proliferación de escombreras y basuras, detración de agua para riego, infraestructuras que limitan la continuidad del corredor, grandes presas y minicentrales y la regulación del régimen hidrológico, son los principales tipos de impactos que actualmente, afectan a estos sistemas.



Humedales del río Sile

Proyecto LIFE-Naturaleza “Proyecto de conservación de los humedales del río Sile”, LIFE99 NAT/IT/006254.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1999-2002.

Localización: Italia.

Beneficiario: Ente Parco Regionale Naturale del fiume Sile

El Parque Regional del Río Sile se encuentra cerca de la laguna de Venecia. Incluye humedales de gran importancia para la nidificación de aves migratorias y no migratorias, también incluye las últimas turberas de la llanura de Veneto. La red de humedales de la zona del río Sile está conectada con la laguna de Venecia y con una serie de antiguas canteras transformadas en lagos.

Los problemas de conservación más acusados de esta zona son los causados por la actividad agrícola y ganadera y la desinformación y escasa valoración de los recursos de la zona por parte de la población. Esto último ha originado enfrentamientos con propietarios y agricultores ante los intentos de protección y restauración del humedal.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Los objetivos contemplados en el proyecto incluían, actuaciones de renaturalización del entorno de los humedales del parque y restablecer la conexión entre los biotopos afectados por las actividades antrópicas desarrolladas. Concretamente, el programa contemplaba establecer una red de seguimiento de la calidad de las aguas, protección de la flora y de la avifauna y, evaluación de la efectividad de las medidas llevadas a cabo en cuanto al cumplimiento de los objetivos.

SEGUIMIENTO

Otras actuaciones consistían en la elaboración de campañas de concienciación ambiental de la población y divulgación a agricultores de la importancia del empleo de técnicas agroambientales. Con este fin, se concedieron incentivos económicos, se publicó un manual sobre gestión de humedales en fincas privadas y se creó un punto de información basado en el Plan de desarrollo rural, destinado a agricultores interesados en conocer las oportunidades del cultivo agroambiental.

Finalmente, también se realizó la gestión y mantenimiento de la vegetación de determinadas áreas, mediante segado de la vegetación invasiva y de matorrales.



Sauce (*Salix sp.*)

Valli del Mincio

Proyecto LIFE-Natura “Conservación de la Reserva Natural de Valli del Mincio”, LIFE96 NAT/IT/003073.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1997-2000

Localización: Italia.

Beneficiario: Parco Naturale del Mincio

El Valli del Mincio se localiza en el centro de la cuenca del río Po y es un importante refugio para las aves migratorias. El humedal ocupa unas 1000 hectáreas y consiste en un cuerpo de agua rodeado de cañaverales y densos matorrales de sauces y alisos a lo largo de sus orillas.

Este humedal sufre la invasión de una especie de nenúfar exótico muy agresivo, el *Nelumbo nucifera*, lo que ha provocado un grave aumento de la eutrofización y de la terrestrealización del humedal y la expansión excesiva del carrizo, agravado por la canalización y desviación de las aguas río arriba.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El proyecto se ha centrado en la utilización de un método efectivo y poco agresivo para el medio de eliminar al nenúfar así como en la eliminación de sedimentos acumulados y la correcta gestión del carrizo.

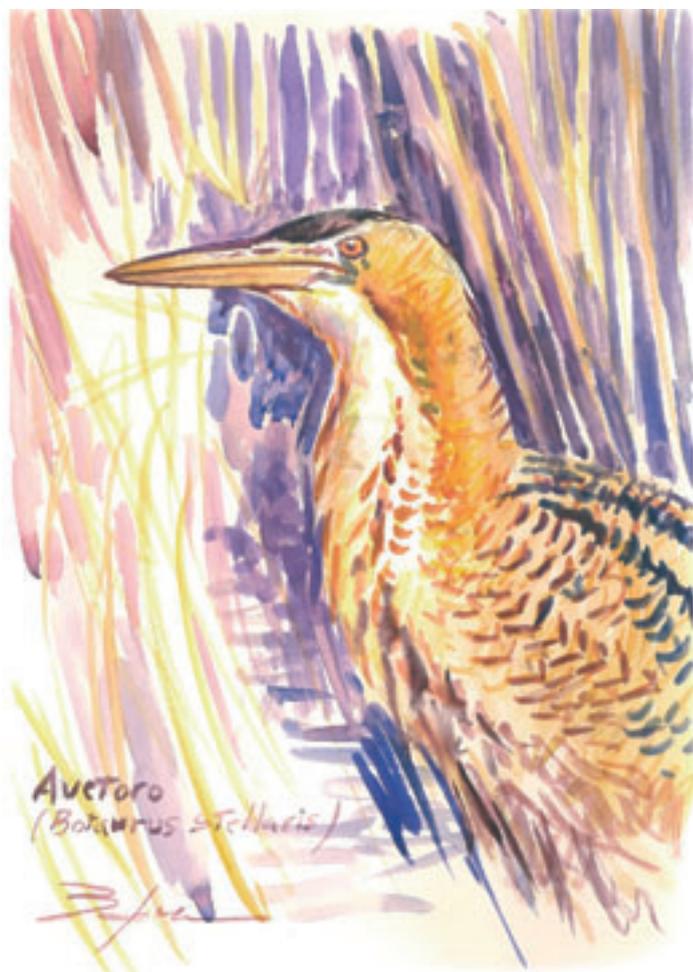
Para diversificar la estructura del paisaje y permitir que otras especies vegetales se restablecieran en la zona, se segó (mecánica y manualmente) la zona dominada por cañaverales (40 ha.). Siete antiguas entradas de agua se abrieron y limpiaron para mejorar el flujo de agua y restaurar las condiciones necesarias para la nidificación y reposo de las aves.

La erradicación del loto, que abarcaba una superficie de 30 ha., se logró mediante embarcaciones especiales, capaces de moverse por canales pequeños y cuerpos de aguas ocultos, provistos de herramientas necesarias para recoger y arrancar los rizomas.

SEGUIMIENTO

Los principales resultados obtenidos fueron:

- Identificación de 33 unidades vegetales, algunas particularmente importantes desde un punto de vista geo-botánico: *Stratiotetum aloidis*, *Potamo-Vallisnerietum*, *Nymphaea alba*, *Mentó acquaticae*, *Caricetum* y *Selino- Molinietum caeruleae*.
- 11 hectáreas de *Caricetum Molinietum* fueron compradas por el parque, con lo que se eliminará el uso de fertilizantes químicos y se realizará un mantenimiento regular del cañaveral.
- El loto fue eliminado, de un área de 34 ha., lo que favorece el crecimiento de especies autóctonas. La circulación y el intercambio del agua ha mejorado gracias a los trabajos de limpieza realizados en los canales. La vegetación autóctona recolonizó los lugares en los que se intervino, por dispersión natural y mediante la siembra.
- La erradicación del loto y las labores de siega de los cañaverales, atrajo especies de la avifauna como *Botaurus stellaris* y *Nycticorax nycticorax*. Las labores de siega, seguirán realizándose al término del proyecto, incluyendo parcelas propiedad de agricultores, aprovechando las posibilidades ofrecidas por la Regulación 2078/92.
- Las actuaciones de concienciación medioambiental, lograron la participación de sectores implicados como pescadores y productores de mimbre.



Auetoro (*Botaurus stellaris*)

Bosque de ribera de Isla de Buda

Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda”, LIFE96 NAT/E/003180.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1996-1998

Localización: España

Beneficiario: Generalitat de Catalunya, Dep. de Medio Ambiente, D.G. de Patrimonio Natural

El bosque de ribera autóctono ha sido uno de los hábitats más severamente castigados con la humanización del delta del Ebro. En la isla de Buda, donde se localizaba una de las poblaciones de tarajes más nutridas y mejor conservadas del propio Delta, los márgenes fluviales quedaron reducidos a tan sólo individuos aislados de algunas de las especies más características. Esta situación estuvo provocada, en gran medida, por el efecto de desplazamiento que ocasionó la expansión del arrozal y por la introducción masiva de especies arbóreas exóticas.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

En respuesta a esta situación se ha procedido a abandonar arrozales contiguos al río y a realizar en ellos plantaciones (álamo blanco, sauces, tarajes, el fresno de hoja pequeña y el aliso) incluyendo los márgenes de la red de canales de agua dulce.

En primer lugar se comenzó por erradicar el arbolado remanente, compuesto en su totalidad por especies y variedades exóticas, al tiempo que se eliminó un tendido eléctrico. La eliminación del tendido eléctrico respondía a cuestiones de protección de la comunidad ornítica residente y de calidad paisajística de la zona.

Los eucaliptos (*Eucalyptus sp.*) y álamos negros (*Populus nigra cv. italica*) fueron talados, mientras que las palmeras (*Phoenix sp.* y *Washingtonia sp.*) fueron transplantadas a jardines públicos de un municipio cercano, maximizando el beneficio global obtenible en la ejecución de la acción. En cuanto a plantas autóctonas de pequeño porte que forman parte de la flora de Buda, tan sólo dos especies se han considerado relevantes en cuanto a su necesidad de control: el bálsamo, poco extendido y para el que se adoptó una estrategia drástica y extensiva; y la caña, con la que se han iniciado experiencias puntuales de sustitución por carrizo de porte alto. En ningún caso se emplearon herbicidas.



Camino de acceso a Isla de Buda

A continuación, se procedió a aumentar el canal principal de abastecimiento, creándose un amplio malecón, apto para la plantación de arbolado autóctono, y generándose una pendiente en el talud lo más tendida posible. Esta inclinación del margen del canal ofrece más ventajas que el canal tradicional de paredes verticales: es más adecuado para la fauna residente, permite un mejor asentamiento de la vegetación anual y el mantenimiento necesario es menor. Como operación de mantenimiento a las plantaciones, se han realizado periódicamente aclarados de la vegetación espontánea. Ello reducía la competencia que aquella pudiera ejercer y propiciaba la introducción escalonada de nuevos individuos de refuerzo que reponían las bajas y densificaban los contingentes.

Para defender el margen fluvial del cauce principal del Ebro de la erosión causada por el tráfico de embarcaciones turísticas y por el desgaste del oleaje producido por éstas, se construyó una defensa antierosión, al efecto de proteger las plantaciones anexas. Una empalizada continua de aproximadamente un metro de altura se ha instalado a lo largo de varias decenas de metros de margen fluvial.

Una vez realizadas las acciones referidas, se procedió a la restauración del camino principal de acceso a la Isla, bastante deteriorado como consecuencia de los trabajos realizados y por la excavación practicada para soterrar los cables substitutorios del tendido eléctrico preexistente.

Entre las actuaciones directamente relacionadas con la adaptación del hábitat a las necesidades de la fauna, destacar la aceptación de cajas-nido por autillo, cajas-refugio para murciélagos, y la instalación de una plataforma para el águila pescadora.

SEGUIMIENTO

La recuperación del bosque de ribera ha permitido la colonización de algunas especies animales vinculadas en el Delta a este hábitat. Entre ellas estarían el pájaro moscón y el erizo europeo.



Vegetación arborea asociada a canal



Martín pescador



Cajas nido

Llanura aluvial del Corredor verde del Guadiamar

**Proyecto “Corredor Verde del Guadiamar”,
Junta de Andalucía.**

INTRODUCCIÓN

Ejecución: desde 1998.
Localización: España

El proyecto de gestión y restauración integral de la cuenca del Guadiamar, denominado el “Corredor Verde del Guadiamar”, tiene como objetivos fundamentales evitar la dispersión y remediar la contaminación producida por el vertido minero sobre el río Guadiamar y la marisma afectada, y crear un corredor ecológico que permita recuperar el flujo de especies y procesos naturales que existía entre los ecosistemas de Sierra Morena y de los arenales del litoral de Doñana.



METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Para acometer tales objetivos, se actuó desde cuatro grandes líneas de trabajo: Seguimiento, Control y Remediación de la contaminación, Diseño del Corredor Ecológico e Integración entre Sistemas Naturales y Humanos.

La restauración de los ecosistemas de la llanura aluvial, consistió en la recuperación del sistema hidrogeomorfológico y de los hábitats naturales y paisajes de ribera que sustenta el corredor fluvial del Guadiamar.

Las actuaciones relacionadas con la recuperación de los procesos de su dinámica fluvial (balance entre los procesos de erosión/transporte/sedimentación) consistieron en la eliminación de barreras físicas (muros de defensa, roturaciones de antiguos brazos de crecida, extracciones de gravas, trampas de sedimentos construidas tras el vertido, etc.) y de barreras químicas (producidas por los vertidos contaminantes). Las primeras, interrumpían la continuidad del cauce y provocaban la división del curso del río en diversos sectores estancos de encharcamiento artificial, alterando drásticamente el régimen del río e interrumpiendo el flujo de las especies acuáticas. Y las segundas, impedían la colonización y el desplazamiento de las comunidades acuáticas.



SEGUIMIENTO

Tras la realización de estas actuaciones, se pudo comprobar que el Guadiamar había recuperado su dinámica natural volviendo a funcionar muchos de los antiguos brazos de crecida que habían sido obstruidos o transformados por las actividades agrícolas.

La restauración vegetal se realizó mediante la eliminación de vegetación alóctona (casuarinas, acacias y sobre todo eucaliptos), preparación de los suelos, aporte de materia orgánica y plantación de los antiguos terrenos agrícolas con especies autóctonas, desde las propias de ribera (álamo, fresno, sauce, almez, etc.) hasta especies características del bosque mediterráneo (encina, alcornoque, acebuche, algarrobo y otras plantas arbustivas). Además, se reutilizó plantas de gran porte, transportadas con la técnica del escayolado, desde lugares en los que se realizaban diversas obras de infraestructuras. Con la reforestación se perseguía iniciar un proceso de recolonización y desarrollo de las comunidades vegetales naturales, además de frenar los fenómenos erosivos.

En las riberas inmediatas al cauce, donde no se actuó para que el río pueda recuperar su trazado en planta y favorecer el desarrollo espontáneo de la vegetación de ribera, se comprobó que la capacidad de regeneración natural de la vegetación riparia era más rápida que en las zonas de restauración inducida mediante plantación.

Los procesos de recolonización del espacio por parte de las comunidades faunísticas, se manifestaron al poco tiempo de realizarse las actuaciones mencionadas. Para compensar la falta de refugios naturales, se construyó a lo largo del Corredor una serie de refugios artificiales aprovechando para ello las raíces de los eucaliptos destonocados.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es



5.1 Casos de estudio

Lagos



Los lagos son ecosistemas acuáticos de aguas permanentes y con una profundidad suficiente (en el mediterráneo superior a los 10-15 m.) para que se produzca un proceso anual de estratificación térmica (Epilimnion-termoclina-Hipolimnion). Ocupan depresiones del relieve de extensión y profundidad muy variable, y cuyo origen puede estar asociado a diversos procesos: movimientos tectónicos, actividad volcánica, actividad glacial, acción del viento, fluctuaciones del nivel del mar, etc. Reciben aportes de agua a través de precipitaciones, afluentes y manantiales, y casi todos desaguan a través de ríos denominados emisarios, por lo que también forman parte de la red de drenaje de las cuencas donde se encuentran.

En regiones áridas, donde las precipitaciones son escasas y la evaporación intensa, el nivel de agua de los lagos varía según las estaciones y éstos llegan a secarse durante largos periodos de tiempo. Esto es común en los lagos mediterráneos, cuyas características propias dotan a estos sistemas de un funcionamiento significativamente diferente de los lagos del resto de Europa (Bécares et al., 2004). Estas características (menor tamaño, mayor aislamiento, fuertes oscilaciones de la lámina de agua, mayor productividad y ausencia de ciertos grupos tróficos, entre otras) influyen en la dinámica de sus poblaciones así como, en la estructura y funcionamiento de las comunidades.

Los lagos mejoran la calidad del agua que fluye de ellos a través de los ríos emisarios al actuar como sumideros de sedimentos; regulan las crecidas de los ríos impidiendo inundaciones y moderan el clima de la región (lagos de gran tamaño) debido a la evaporación de sus aguas.

Los lagos tienden a colmatarse de forma natural ya que, actúan acumulando los sedimentos procedentes de los ríos que vierten en su cuenca. En muchos casos, dicha colmatación está acentuada por la actividad humana: extracción de agua para riego o consumo, vertidos de basuras, aguas residuales, sobrantes de riego, contaminación, sobrepesca, actividades recreativas, construcción de hidroeléctricas, etc.



Lago de Banyoles

Proyecto LIFE-Naturaleza, “Recuperación de ambientes acuáticos de Porqueres y Banyoles”, LIFE03/NAT/E/000067.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 2003-2007

Localización: Cataluña, España.

Beneficiario: Ayuntamiento de Banyoles.

Con una superficie de 107 hectáreas, el lago de Banyoles, es el segundo más grande de la península ibérica. Tiene un origen tectónico-cárstico y es alimentado por manantiales subterráneos. Situado en la comarca de el Pla de l’Estany, en la provincia de Girona, el lago de Banyoles forma parte de un complejo lacustre que alberga una gran variedad de ambientes naturales, muchos de los cuales se encuentran catalogados como lugar de interés comunitario (LIC) por la Unión Europea.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las acciones previstas en el proyecto LIFE tienen como finalidad hacer compatible el desarrollo turístico con la conservación del hábitat, ya que debido a la proximidad del núcleo urbano de Banyoles (17.000 habitantes), esta zona lacustre se ve afectada por el desarrollo de actividades recreativas, turísticas y deportivas dentro del lago. Otros aspectos que influyen en su degradación se deben a la introducción de especies exóticas, la ocupación del litoral del lago por infraestructuras viarias y urbanización, artificialización de las acequias de salida y de los arroyos de entrada, ajardinamiento y artificialización del entorno y desecación de las zonas húmedas para la realización de actividades agrícolas.

Entre las acciones realizadas para garantizar la recuperación y conservación de los hábitats y especies, cabe destacar la creación y consolidación de un órgano intermunicipal de gestión de la zona lacustre formado por las administraciones locales y competentes, así como el despliegue de instrumentos jurídicos como la redacción y aprobación del Plan especial de protección del medio natural y del paisaje y la revisión del Reglamento de Actividades del Lago.

SEGUIMIENTO

Otras actuaciones han consistido en:

- Realización de estudios de topografía e hidrogeología, ha permitido la selección objetiva y adecuada de las fincas con mayor potencial de restauración y por tanto de interés para la compra de tierras.
- Inventario de pasos de fauna y detección de los principales puntos negros en la dispersión de anfibios. El objetivo de esta acción es detectar los principales puntos de atropellos de anfibios en las infraestructuras viarias del espacio natural.
- Redacción del proyecto de creación de dos pasos de fauna acuática: uno para anfibios y reptiles, y otro para peces. La redacción del proyecto de anfibios se realizó a partir de las conclusiones del primer año de muestreo de los puntos de reclutamiento y atropellos de anfibios de la zona. Sin embargo, tras varias visitas para valorar la viabilidad de la construcción de pasos de fauna piscícola para superar los saltos de agua, se observó que esto no era posible al encontrarse los saltos de agua, en el interior de propiedades privadas además de presentar algunos de ellos, un desnivel considerable y no existir espacio suficiente para la creación de escaleras para peces. La solución adoptada consistió en aprovechar la existencia de ramificaciones de las acequias que definen un trazado continuo y una conexión ecológica viable y aplicar una serie de mejoras, como por ejemplo: reparar puntos de pérdida de agua, reparar los márgenes para eliminar las pérdidas de agua, cerrar el paso de peces a algunas de las ramificaciones para impedir su muerte, superar pequeños desniveles, etc.; de esta manera se asegura un curso continuo y libre de obstáculos para la fauna íctica así como una mejora en la vegetación de los márgenes que actúa como refugio de especies.
- Redacción de un proyecto ejecutivo de los itinerarios para la ordenación y planificación de los visitantes, de esta manera se establece un trazado de la red de itinerarios peatonales, las zonas de acogida de visitantes, la localización de la señalización y los puntos de interés para el visitante.
- Creación y adecuación de itinerarios peatonales, construcción e instalación de pasarelas litorales, adecuación ambiental y naturalización del entorno. Este conjunto de acciones pretende la ordenación y regulación de la afluencia de visitantes en el sector y la adecuación de la zona para el descanso y una acogida suficientemente atractiva. La construcción de nuevos tramos de caminos y la mejora de los actuales y la instalación de pasarelas permiten llegar al litoral del lago a los visitantes y pescadores deportivos de forma ordenada para garantizar la recuperación de la vegetación
- Creación de lagunas temporales, esta acción tiene por objeto la recuperación de llanos agrícolas circundantes al lago de Banyoles en humedales y lagunas de escasa profundidad.
- Naturalización de los arroyos de Can Morgat y de Lió, consiste en la eliminación de masas arbustivas en los márgenes, para posteriormente replantar con especies autóctonas de márgenes de rieras y de bosques húmedos para mejorar estos ambientes.
- Construcción de nuevos canales, se realizará mediante la tala manual de árboles y arbustos para, posteriormente, excavar el canal. El objetivo de esta actuación es la protección eficaz y permanente de tramos del litoral del lago creando morfologías del terreno que impidan el paso de los visitantes.
- Tala y control de vegetación exótica, repoblación de vegetación autóctona y eliminación de la vegetación alóctona y mantenimiento de la autóctona.
- Realización de una campaña de sensibilización e identificación, edición de web y material divulgativo, diseño de un programa pedagógico para el Centre d'Interpretació de l'Estany y de una exposición itinerante y celebración de un simposio científico sobre lagunas temporales mediterráneas.

Para más información: <http://www.lestany.net/>



Nenúfar (*Nuphar luteum*)

Lago Nestos

Proyecto LIFE-Medio Ambiente, “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351.

Ejecución: 2001-2004.

Localización: Grecia.

Beneficiario: Global Nature Fund (GNF)

El Delta del Nestos se sitúa al Nordeste de Grecia y se extiende sobre una superficie de 500 Km². Este delta, considerado una de las diez zonas húmedas más importantes de Europa, está caracterizado por cuatro ecosistemas principales: el cauce del río y su ribera, la franja costera con campos de dunas, ocho lagunas de aguas someras con marjares salobres y praderas húmedas, y 18 pequeños lagos y estanques de agua dulce con carrizales e importantes comunidades de vegetación acuática.

Los problemas causantes de la degradación de estos humedales son muy variados e incluyen: la práctica de agricultura intensiva en las zonas circundantes (principal fuente de nitratos y fosfatos vertidos a lagos y lagunas), el drenaje y puesta en cultivo de gran parte de su superficie, la caza ilegal, el sobrepastoreo, talas ilegales de los bosques de ribera, la construcción de presas y otras infraestructuras así como la edificación ilegal en la costa, la sobreexplotación de los recursos pesqueros y la excavación de las lagunas para intensificar esta actividad, y por último los basureros ilegales y los vertidos de los pueblos cercanos.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El proyecto desarrolla planes de gestión adecuada y de restauración de estos lagos y lagunas. Estos planes de gestión incluyen las siguientes actividades:

- Desarrollo y aplicación de un plan integrado para la conservación de áreas representativas de los humedales del Delta del Nestos. Este plan abarca alrededor de 500 ha de zonas húmedas: cuatro de los lagos y una laguna.
- Un proyecto para la extensificación de 4.000 ha de tierras de uso agrícola alrededor de los humedales. Las áreas adyacentes al lago, de bajo valor agrícola se incluirán para la conservación, favoreciéndose la oportunidad de crear un biotopo natural -puentes entre los diferentes pequeños lagos-. En las lagunas, las tierras de ganadería intensiva son propuestas para ser involucradas en las medidas de extensificación con los incentivos financieros para agricultores.
- Elaboración de un plan de gestión de turismo sostenible. Fue debatido con los participantes locales y sus propuestas serán las bases para programas adicionales y medidas. Además se diseñó y debatió con representantes de las autoridades locales, una ruta natural en los Lagos del Nestos mostrando los diferentes biotopos y actividades fue como un intento por parte de la ciudad de crear facilidades de recreo cerca de algunos lagos. El observatorio proyectado fue construido durante un campo de trabajo internacional en Nestos.

INTRODUCCIÓN



Panorámica del Lago Nestos



Construcción de zonas de amortiguación

Entre las medidas de restauración desarrolladas, se encuentra la creación y plantación de zonas de amortiguación, entre los campos de cultivo y los humedales con el objeto de controlar la erosión y evitar la entrada de efluentes agrícolas. Al mismo tiempo, actúan como “biotopos puente” para que las especies silvestres reconecten los diferentes lagos con hábitats naturales. Estas zonas fueron valladas para prevenir daños generados por los rebaños de herbívoros.

También se plantó una franja vegetal de amortiguación de cerca de 6 ha para eliminar el nitrógeno y las cargas de fósforo de los efluentes más concentrados de los canales de desagüe. Más de 50.000 plantas acuáticas con especies como *Typha angustifolia*, *Typha latifolia* y *Phragmites sp.* fueron plantadas en tres cubetas adyacentes, y se emplearon los viejos canales de drenaje para garantizar el control del flujo del agua en las cubetas. Entre la última cuenca y la laguna se construyó una zona de inundación con un filtro adicional de arena y grava. La franja fue inundada y secada con agua dulce tres veces para lavar la sal de la superficie. Después de esto se llenó permanentemente.

SEGUIMIENTO



Avefría espolada



Cormorán pigmeo

La construcción de zonas de amortiguación y franjas de filtros de vegetación en las lagunas mostraron rápidamente resultados positivos, ya que en la primera primavera el nuevo humedal estaba poblado por cuatro especies diferentes de ranas y sapos y era usado por diversas especies de aves, algunas de ellas raras como moritos, garzas reales, cigüeñuelas y muchos otros limícolas.

Esta medida fue muy bien acogida por la población local y los pescadores de las cooperativas, responsables de la gestión de cinco grandes lagos, los cuales, solicitaron una colaboración intensa para conocer los programas adicionales para la instalación de las tiras de filtros, en otras lagunas del delta con problemas parecidos.

Se realiza un seguimiento de la calidad del agua tomando muestras regularmente en las áreas de los lagos y lagunas para verificar la calidad del agua antes y después de las medidas de gestión tomadas.

En dos de los lagos, fue necesario abrir un camino de acceso a través del carrizo de 80 m de largo, además de construir una plataforma flotante que permitió tomar medidas de estos lagos por primera vez en su historia.

Para más información: <http://www.nestos.gr/Life/eng/index.htm>



Reunión con participantes locales



Visita de escolares a observatorio dentro del programa de educación ambiental desarrollado



Toma de muestras para análisis de calidad de agua

Reserva Natural Tevere-Farfa

Proyecto LIFE-Naturaleza, “Recuperación y salvaguardia de los hábitats amenazados en la Reserva Natural de Tevere-Farfa”, LIFE97/NAT/IT/004132.

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 1997-1999

Localización: Italia.

Beneficiario: Riserva Naturale Tevere Farfa

La reserva natural de Tevere Farfa, designada en 1979 y localizada en las proximidades de Roma, es la única sección del principal río italiano, Tiber, protegida. En dicha reserva, se encuentra el lago Nazzano, formado por el embalse del Tiber y cuyos márgenes están poblados por sauces, álamos y juncos. Este lago ha atraído a numerosas especies que utilizan el área como zona de descanso y cría, convirtiéndose para las aves, en el punto de invernada más importante de Italia. También destaca por la presencia del hábitat tipo: “Ríos mediterráneos de caudal permanente con Paspalo-Agrostidion y cortinas vegetales ribereñas con *Salix* y *Populus alba*”, contemplado en la Directiva Hábitat (92/43/CEE), como tipos de hábitats naturales de interés comunitario, para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación.

Sin embargo, los procesos de colmatación en la confluencia de los ríos Farfa y Tiber, unido a la expansión de carrizos, está provocando la disminución de agua disponible y la desaparición de determinadas especies vegetales a la vez que proliferan las especies invasoras. Estos problemas afectan a las poblaciones de aves, que gradualmente abandonaron la zona como resultado de la degradación de su hábitat.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Con la realización de este proyecto, se pretendía por un lado, detener los procesos que estaban provocando la degradación de la zona y, por otro, mediante la reconstrucción de zonas de invernada y nidificación, evitar el abandono del lugar por parte de las aves.

Para evitar los procesos de colmatación, se reabrieron antiguos canales, se dragaron los sedimentos, se eliminó los carrizos y se aumentó la profundidad del fondo en la desembocadura del río Farfa. También se procedió a la eliminación de la vegetación invasiva (4900 m³ de *Phragmites australis* fueron retiradas). Estas actuaciones permitieron la restauración de 15 ha. de humedales.

SEGUIMIENTO

En la zona de Meana, afectada por la acumulación de sedimentos procedentes de la extracción de gravas y arenas, se restauraron 2 ha. de tierras inundadas mediante la excavación de un canal de unión con el río Tiber y la adecuación de los sedimentos acumulados. Un nuevo curso de agua de 290 m. de longitud, un pequeño lago con varias profundidades, tres humedales de 250, 1.100 y 1.650 m², muros arcillosos para *Merops sp.* y *Alcedo atthis*, arboledas de sauces y un camino para visitantes de 540 m. de longitud, han sido construidos durante el proyecto en Meana, además de realizarse una amplia campaña de concienciación y divulgación sobre la protección y los valores ambientales de la zona.



Álamo blanco (*Populus alba*)

5.1 Casos de estudio

Turberas



Las turberas son ecosistemas formados a partir de la lenta descomposición de la materia orgánica. Aproximadamente la mitad de los humedales de todo el mundo, son turberas, tales como turberas arbustivas o abiertas (“bog”), turberas de gramíneas o carrizo (“fen”), bosques inundados y turberas transformadas.

Las turberas calcáreas, están en la lista de hábitats naturales en degradación de la Directiva Hábitats 92/43/CEE del Consejo (de 2 de mayo de 1992), relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Estos ecosistemas son elevadamente frágiles, y mantienen a su vez numerosas especies silvestres gravemente amenazadas.

La flora de las turberas esta adaptada a las especiales condiciones de humedad y temperatura que caracterizan a estos sistemas. La extracción de la turba, lejos de rejuvenecer las turberas, destruye el hábitat en sí y crea problemas de oligotrofia que impiden que se puedan mantener o recuperar las especies que viven en ellas.

Las turberas son ecosistemas que contribuyen a la diversidad biológica, al ciclo hídrico mundial, al almacenamiento mundial de carbono - que guarda relación con el cambio climático - y otras funciones relativas a los humedales valiosas para las comunidades humanas. (Resolución VIII.17. de la Convención de Ramsar).



Turbera cálcarea del Lago Trichonis

Proyecto LIFE-Naturaleza “Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis”, LIFE99 NAT/GR/006499.

Ejecución: 1999-2003.

Localización: Grecia.

Beneficiario: National Center for Marine Research (NCRM)

El lago Trichonis es el más grande de Grecia, con 9.690 ha. Está situado en el centro-oeste del país a una altura de 16 metros sobre el nivel del mar y con una profundidad máxima de 57 metros. Alrededor de 20 arroyos estacionales descargan en él y está conectado mediante un canal artificial con el cercano lago Lysimachia. Las turberas calcáreas están localizadas en la parte sudeste del lago Trichonis y representan la mayor extensión de este tipo de ecosistemas de toda Grecia.

El lago está situado en medio de una importante área agrícola, esta circunstancia ha determinado los problemas más importantes de este ecosistema. El primero es que, al ser la cuenca de drenaje del lago relativamente pequeña, el nivel del agua presenta una importante variación estacional, circunstancia agravada por la fuerte demanda de agua para riego agrícola. El segundo problema es la disminución de la calidad del agua determinada por la contaminación con sustancias químicas procedentes de la actividad agrícola. Otros problemas secundarios son la destrucción de carrizales, la extensión de tierras de cultivo de manera ilegal, la erosión...

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El objetivo inmediato del proyecto es la restauración de las zonas más degradadas como consecuencia de los factores anteriormente descritos, y así, asegurar la conservación y protección de las turberas calcáreas. Para ello se llevaron a cabo actuaciones encaminadas a controlar los niveles hídricos, eliminación de basuras, control de carrizales y evitar la expansión ilegal de los campos agrícolas.

Para evitar la desecación del lago y conseguir la estabilización del nivel hídrico, se implantó un plan de gestión del agua en el que se tuvo en cuenta factores sociales y ecológicos. Tras su puesta en marcha, se logró que la fluctuación de los niveles hídricos disminuyera un 50% en tan sólo un año de aplicación. El compromiso de las autoridades pertinentes, ha sido crucial para conseguir los objetivos propuestos, principalmente los concernientes a la aplicación de un plan de gestión del agua.

La mejora de la calidad del agua, además del plan de gestión anteriormente comentado, se consiguió mediante la retirada de basuras y señales de prohibición, instalación de estaciones de control de calidad de agua y campaña de concienciación a los agricultores sobre el uso de agroquímicos.

INTRODUCCIÓN



Canal de irrigación



Estación meteorológica



Delimitación y señalización de la zona

SEGUIMIENTO

La protección del hábitat de las turberas calcáreas, se consiguió mediante la delimitación con vallas de la zona, a la vez, que se llevaron a cabo tareas de concienciación pública (principalmente a agricultores y granjeros). El proyecto organizó numerosos eventos destinados a difundir los beneficios de proteger el medio, la importancia de reducir el consumo de agua innecesaria, además de interesantes e innovadoras ideas para involucrar a los niños en la conservación de la naturaleza, como el proyecto denominado "adopta y aprende". Se creó un Centro Medioambiental con fines de investigación científica y para visitantes.

Para más información: <http://www.life-trichonis.gr/>



Indicador de nivel de agua



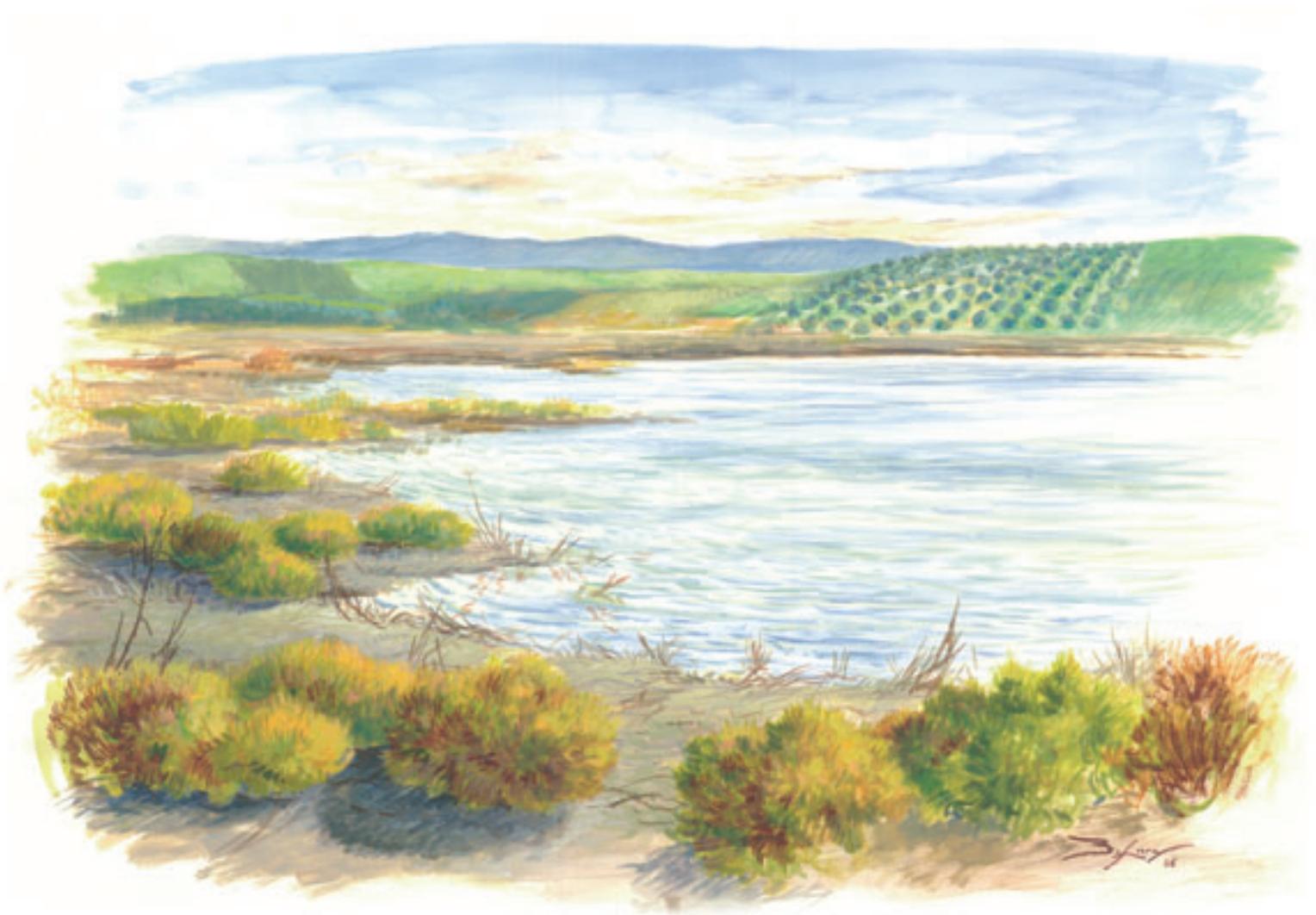
Panorámica del lago Trichonis



Mariposa (*Cynthia cardui*)

5.1 Casos de estudio

Humedales endorréicos y esteparios



Los humedales formados en cuencas endorreicas son depresiones en la corteza terrestre que no poseen salida hacia el mar. Los aportes de agua proceden de precipitaciones, aguas subterráneas o afluentes. Contienen aguas salinas, debido a la progresiva concentración de sales por efecto de la evaporación. Son característicos de paisajes esteparios, y constituyen un tipo de hábitat de extraordinario valor ecológico, poco frecuente en Europa occidental. Los humedales endorreicos experimentan fuertes oscilaciones de nivel, debido a las condiciones climáticas de su emplazamiento y al régimen de sus ríos afluentes. En muchos casos suelen desecarse en verano.

En estos humedales, se desarrollan plantas halófilas características de un gran valor natural, aunque también están presentes herbazales, pastizales, carrizales, juncales, etc.. Desde el punto de vista ornitológico, poseen un alto interés biológico, ya que en las proximidades de los humedales se refugian en los meses invernales un número importante de aves migratorias.

La desecación para puesta en cultivo procesos de colmatación, contaminación por vertidos, acumulación de escombros, basuras y aprovechamiento de pastos son los principales problemas que afectan a estas lagunas.



Laguna de Fuente de Piedra

Proyecto LIFE-Naturaleza "Conservación y restauración de humedales andaluces", LIFE03 NAT/E/000055.

Ejecución: 2003-2006.

Localización: Andalucía, España.

Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Fuente de Piedra se caracteriza por ser la laguna de mayor extensión de Andalucía y uno de los sistemas salinos más importantes y singulares de la Península Ibérica. Se encuentra al noroeste de la provincia de Málaga, a una altitud media de 400 m sobre el nivel mar y constituye el nivel de base y el desagüe natural de una cuenca endorreica de 15.350 ha. Es un humedal de aguas salobres, endorreico y temporal. La salinidad proviene de la disolución de sales del sustrato de la cuenca vertiente. Hasta 1951 la laguna albergó una importante explotación salinera.

La influencia de las variables climáticas determinan, cada año, el funcionamiento del sistema acuático y de las comunidades bióticas que alberga. La vegetación halófila ocupa la orla del vaso lacustre. Cuando la salinidad es más baja y el periodo de inundación más amplio, se desarrollan praderas de macrófitos sumergidos. La fauna de vertebrados más diversificada son las aves, entre las que destacan las acuáticas. Cuando las precipitaciones lo permiten, esta laguna alberga una de las colonias de reproducción de Flamenco común (*Phoenicopterus ruber roseus*) más importantes del Mediterráneo.

La Reserva Natural posee una extensión de 1.554 ha. y la Zona Periférica de Protección ocupa 6.689 ha. En 1983 fue incluida en el listado de humedales de importancia internacional (Convenio RAMSAR) y posteriormente declarada Zona de Especial Protección para las Aves (LIC-ZEPA).

Las actividades del entorno con incidencia sobre la laguna están relacionadas con la explotación de los recursos hídricos, la agricultura, el establecimiento de infraestructuras viales y los asentamientos urbanos.

Los principales problemas que afectan a esta laguna y que se abordan con este proyecto son: la contaminación por vertidos de aguas residuales urbanas; la desecación de áreas de inundación estacional de Fuente de Piedra y de las lagunas de su entorno (laguna de Cantarranas y Laguneto del Pueblo) con fines agrícolas y para el establecimiento de infraestructuras viales; la deforestación y la canalización de los arroyos, que favorecen la erosión y colmatación del vaso lagunar por arrastre de sedimentos. Por último, la erosión de los restos de diques salineros, que constituyen las principales áreas para el asentamiento de las colonias reproductoras de flamencos y larolimícolas.

INTRODUCCIÓN



Laguna de Fuente de Piedra



Vista panorámica de Fuente de Piedra

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las acciones del proyecto se han dirigido a la mejora de la calidad de las aguas que vierten las depuradoras de aguas residuales urbanas. Con este fin se han recuperado humedales y construido un sistema de canales que actúan como filtros verdes. Para disminuir la erosión y la entrada de sedimentos en la laguna se han realizado actuaciones en los cauces de los arroyos y sus desembocaduras, realizándose trabajos de restauración de las entradas de agua a la laguna y repoblaciones. En los territorios de reproducción de flamencos y larolimícolas se han realizado actuaciones de mejora. Para evaluar la efectividad de las medidas, se ha acometido un plan de seguimiento de todos los trabajos de restauración. Para favorecer el uso público en la zona, se han construido itinerarios, observatorios y un mirador. Se organizó una jornada sobre las actuaciones del Life para la población de Fuente de Piedra y se realizó una campaña para dar a conocer el Proyecto Life en la provincia de Málaga. Para favorecer la participación social de jóvenes de toda España en las actuaciones del Life se organizaron campos de Voluntariado Ambiental.

Con la compra de cinco fincas de titularidad privada dentro del Proyecto Life, que representan una superficie total de 59,11 hectáreas, y otros terrenos adquiridos por la Consejería de Medio Ambiente, se efectuaron las acciones de regeneración de zonas de inundación irregular asociadas a las desembocaduras de los arroyos de Santillán y María Fernández y las lagunas de Cantarranas, Laguneto del Pueblo y los Juncares, en total más de 120 ha. de terreno de la Laguna de Fuente de Piedra dedicadas a la agricultura que se han restaurado.

La Laguna de Fuente de Piedra recibe los efluentes de tres depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR), dos de la población de Fuente de Piedra y una de Humilladero. Para el manejo y mejora de la calidad de las aguas de las EDAR Fuente de Piedra I y Humilladero, se ha acondicionado el sector norte del canal perimetral de la laguna, entre los Arroyos del Charcón y Santillán, restaurándose el sistema de compuertas para la gestión de las aguas. Este canal está ocupado por *Phragmites australis*, por lo que actúa como filtro verde de las aguas antes de su entrada en la Laguna de Fuente de Piedra.

Para mejorar la calidad del agua que vierte la EDAR Fuente de Piedra II se ha restaurado el Laguneto del Pueblo, una laguna de unas 2,8 ha. de extensión que recibía los vertidos de esta depuradora, desde donde eran canalizados directamente hasta la Laguna de Fuente de Piedra sin posibilidad de controlar el caudal y con los consiguientes problemas de contaminación. Con el Proyecto Life se ha recuperado el Laguneto, la Laguna de los Juncares y las Albinas situadas entre el Cerro del Palo y la Laguna de Fuente de Piedra. Para la gestión del agua que vierte esta depuradora, se ha construido una red de canales, en la que se ha implantado *Phragmites australis*, y un sistema de compuertas que permiten inundar este complejo de lagunas, charcas, prados inundables y canales que mejoran además la calidad de las aguas antes de su entrada en la Laguna de Fuente de Piedra. Con estas actuaciones se incrementa la disponibilidad de agua dulce en este medio salino, sustituyendo los

aportes que realizaban los Arroyos de Santillán y Charcón a esta laguna antes de la sobre explotación de los acuíferos que los alimentan. El seguimiento del plan de restauración está poniendo de manifiesto un incremento en la biodiversidad de la zona. Por otro lado, se ha actuado sobre los arroyos (Santillán y María Fernández) que vierten aguas contaminadas y sedimentos directamente a la Laguna de Fuente de Piedra, mediante la clausura de canales para la evacuación de las aguas, la eliminación de los muros laterales de los cauces y del canal perimetral que conducían las aguas directamente al vaso lagunar. Con estas actuaciones se ha devuelto la vocación de zonas inundables a los terrenos situados entre el Cerro del Palo y la Curva de la Vicaría y la Carretera de Fuente de Piedra y Sierra de Yeguas. Este acondicionamiento de los arroyos permitirá que la vegetación de *Phragmites australis* pueda actuar como filtro verde; lo que favorecerá la sedimentación de las partículas más finas en las grandes avenidas, cuando se desborden los arroyos antes de entrar en la laguna. Además, con esta actuación se aumenta la superficie de inundación de Fuente de Piedra en 35 ha., que se había reducido por usos agrícolas.



Suaeda vera

La Laguna de Cantarranas se encontraba desecada mediante un canal de drenaje que aportaba sus aguas a la Laguna de Fuente de Piedra por el Arroyo de los Arenales. Con las actuaciones de restauración se han recuperado las 25 ha. que ocupan esta Laguna. Además se han realizado actuaciones de restauración hidrológica en el arroyo favoreciendo su desbordamiento hacia la Laguna de Cantarranas antes de desembocar en la de Fuente de Piedra. El sistema está regulado con una compuerta que permite la gestión de las aguas. Además se ha llevado a cabo la repoblación de los terrenos aledaños a esta laguna y la construcción de un muro para retener el sedimento de los olivares próximos. La regeneración de la vegetación y el encharcamiento de estos terrenos, hará disminuir la erosión en los mismos y el aporte de sedimentos del Arroyo de los Arenales hacia la Laguna de Fuente de Piedra, reduciéndose así considerablemente el riesgo de colmatación.

Las actuaciones realizadas para lograr la restauración de los hábitats de nidificación de flamencos y larolimícolas, han consistido en la reconstrucción de tres islotes utilizados asiduamente por las aves para su reproducción, mediante la elevación de su cota y su protección frente a los agentes erosivos y, por otro lado, en la creación de dos islotes flotantes que incrementen la superficie útil de nidificación y permiten la reproducción de Láridos en condiciones de niveles hídricos elevados. Una vez finalizadas las obras de restauración de hábitats, se han realizado repoblaciones con vegetación de palustre en las orlas del Laguneto del Pueblo, Laguna de Cantarranas, Laguna de los Juncares, Albinas de los Arroyos de Santillán y María Fernández y sistemas de canales. En esta repoblación se han utilizado tarajes (*Tamarix africana*) y olmos (*Ulmus minor*). En los terrenos no inundables la repoblación ha consistido en la plantación de especies características del bosque mediterráneo: encina (*Quercus ilex ssp. Ballota*), majuelo (*Crataegus monogyna*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), coscoja (*Quercus coccifera*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), etcétera. Para proteger las plantas de los conejos se instalaron protectores de plástico para cada planta.

Finalmente, se mejoró el acceso a la zona dotándolo de la infraestructura necesaria para que la afluencia de visitantes sea una actividad sostenible que permita adquirir un mayor conocimiento de los hábitats, la vegetación y avifauna existentes en la zona. Para ello, se han construido senderos, dos observatorios cerrados y otros tres abiertos, un mirador, paneles interpretativos y señales de uso público que faciliten tanto la orientación de los usuarios hacia los senderos y observatorios, como el conocimiento de la avifauna de la zona.



Restauración de islote



Laguna de los Juncares restaurada



Mirador y panel divulgativo

SEGUIMIENTO



Laguna de Cantarranas



Flamenco

Para la ejecución de todas las actuaciones de restauración de hábitats, de humedales, de mejora de la calidad de las aguas y de acondicionamiento de territorios de nidificación se ha puesto en marcha un plan de seguimiento que durante la fase de ejecución ha permitido evaluar la efectividad de las medidas proyectadas y corregir sobre la marcha las deficiencias que se detectaban (gestión adaptativa). Una vez finalizadas las actuaciones este programa de seguimiento se mantiene para evaluar en el tiempo la evolución de los distintos hábitats y poner a punto el sistema de manejo de los aportes de agua de la depuradoras.

La participación ciudadana ha sido otro de los aspectos tenidos en cuenta antes y durante, y se tendrá en cuenta después del desarrollo del proyecto Life. Para el diseño de las actuaciones se ha tenido en consideración la opinión de los vecinos de Fuente de Piedra, en particular de las personas mayores que cuentan con un conocimiento de la laguna y de las zonas que se pretendían restaurar. Con este fin se realizó una jornada con las personas mayores de Fuente de Piedra. También se ha contado con la participación de voluntarios, a través del Programa de Voluntariado Ambiental que han colaborado en trabajos complementarios de restauración, acondicionamiento de hábitats y uso público. Las acciones encaminadas a divulgar los valores de los humedales andaluces han sido desarrolladas en los tres humedales en que este proyecto Life ha tenido lugar: Lagunas del Sur de Córdoba, Fuente de Piedra y Marismas del Odiel.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es



Laguneto del Pueblo

Lagunas de La Nava y Boada

Proyecto LIFE-Medio Ambiente, “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351.

Ejecución: 1991-2004.

Localización: España.

Beneficiario: Global Nature Fund (GNF)

La laguna de la Nava formaba parte del llamado “Mar de Campos”, que hasta los años cuarenta era uno de los humedales más extensos de España, pero en esta época fue desecada para su puesta en cultivo y el aprovechamiento de sus pastos. Actualmente la laguna restaurada ocupa 300 ha y ha sido inmediatamente recolonizada por hasta 224 especies de aves.

Por su parte la laguna de Boada es un humedal con unas características ecológicas muy similares a la Nava y distante tan sólo 11 Km. de ésta. En estos momentos ya se encuentran inundadas más de 60 ha de humedal y se ha convertido en una de las zonas más importantes de nidificación de España para multitud de aves acuáticas.

La principal problemática que afectaba a la zona era la desecación para puesta en cultivo y el aprovechamiento de pastos, que ha tenido entre otros efectos, la pérdida de la calidad de las aguas, la degradación de la vegetación, la pérdida de hábitats y especies, el acceso incontrolado y la realización de actividades agrícolas incompatibles con la conservación de las lagunas.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Entre las actuaciones realizadas para mejorar la calidad del agua, se encuentran las obras hidráulicas realizadas en el arroyo “Lobera” que permitieron la inundación y mantenimiento de un nivel hídrico adecuado en el humedal de Boada, la creación de unas zonas tampón que actúan como “franjas de filtros vegetales” o “zonas de amortiguación” (36 hectáreas, 19 en la Laguna de Boada y 17 en la Nava), tanto en terrenos circundantes a las lagunas como en caminos y ribazos de arroyos. Para esta actuación se han utilizado especies que de forma natural viven en las proximidades de los humedales como los álamos blancos (*Populus alba*), chopos (*Populus nigra*), olmos (*Ulmus minor*) o arbustos de menor tamaño como espinos albares (*Crataegus monogyna*), rosales silvestres (*Rosa sp.*), etc.... En total se han plantado 16.460 árboles y arbustos pertenecientes a 23 especies vegetales.

Al término del proyecto LIFE, se construyó un by-pass para evitar la entrada de aguas residuales a la laguna de Boada, esta última obra fue financiada en su totalidad por la Confederación Hidrográfica del Duero.

Para garantizar la regeneración hídrica del vaso lagunar de La Nava fueron necesarios la realización de diferentes obras y trabajos de gestión que permitiesen la entrada de agua a la laguna proveniente del Canal de Castilla y del río Retortillo, estos consistieron en el cierre de zanjas de drenaje con la excepción de las necesarias para la gestión del agua, y la construcción de un

INTRODUCCIÓN



Construcción de by-pass para evitar la entrada de aguas residuales en la laguna de Boada. Actuación realizada a posteriori del Life Medio Ambiente y financiada en su totalidad por la Confederación Hidrográfica del Duero.

muro para la retención del agua dentro de los límites previstos. Estas actuaciones permitieron la recuperación e inundación de 150 ha que actúan como una laguna además de otras 150 ha que son inundadas temporalmente para favorecer el crecimiento de pastos y su posterior aprovechamiento por los ganaderos de Fuentes de Nava, compatibilizando de esta manera las actuaciones de restauración con las del mantenimiento de una importante actividad económica en el municipio.



Trabajos para la creación de franjas de arbustos que actúan como Buffer zone en La Nava

SEGUIMIENTO



Garza real

La compra y alquiler de terrenos y las indemnizaciones a los agricultores que han sufrido daños en sus fincas por la inundación del humedal, han permitido la adquisición de 10 ha. de terreno pertenecientes al vaso lagunar o inmediaciones del humedal de Boada. En los terrenos agrícolas adquiridos y otras zonas adyacentes a las lagunas, se ha optado por dejar sin cultivar ni reforestar el área, favoreciendo la aparición de vegetación natural. De forma experimental, se realizaron plantaciones con cardo (*Cynara cardunculus*) al tratarse de una especie que dispone de un sistema radicular pivotante profundo, que es capaz de absorber una parte importante de los nutrientes derivados de los cultivos agrícolas, a la vez que retiene los aportes de sedimentos provenientes de la escorrentía.

Los trabajos realizados, junto con las campañas de anillamiento y los censos de aves, han demostrado la importancia ornitológica de estas lagunas. El proyecto ha conseguido la restauración de 307 hectáreas de humedal, de las cuales aproximadamente la mitad se mantienen como una laguna esteparia y la otra mitad se dedica para el aprovechamiento de pastos por los ganaderos de la zona.

Finalmente, la creación de nuevas infraestructuras de uso público (observatorio de aves, centros de visitantes) está generando unos interesantes recursos económicos, derivados principalmente del turismo a la vez que compatibiliza esta actividad con la conservación ambiental de la zona.

Para más información: <http://www.globalnature.org/>



Franjas de arbustos que actúan como zona de amortiguación en La Nava

Laguna de Gallocanta

Proyecto LIFE-Naturaleza, “Restauración, conservación y gestión de la Laguna de Gallocanta-ReCoGeSAL”, LIFE99/NAT/E/006405.

Ejecución: 2000-2003.

Localización: España.

Beneficiario:

Asociación de Guías de la Laguna de Gallocanta-Agla

La laguna de Gallocanta situada a 1.000 m de altitud al SO de la provincia de Zaragoza, en una extensa cuenca endorreica originada por el hundimiento tectónico de un sector del Sistema Ibérico, está considerada como la laguna natural más grande de España.

La laguna ocupa 1.400 ha de las 53.600 ha de toda la cuenca. Sus aguas, someras, son salinas y el nivel de las mismas fluctúa periódicamente en ciclos de varios años, llegando a permanecer seca y cubierta por una costra de sal durante algunos veranos.

La laguna está declarada en Aragón como Refugio de Fauna Silvestre (Decreto 69/1995, de 4 de abril, de la Diputación General de Aragón), Zona de Especial Protección para las Aves -ZEPA- (Directiva 79/409/CEE) y está incluida en la Lista de Humedales de Importancia Internacional (Convenio Ramsar). La desecación (el Prado de las Cuerlas llegó a desecarse por completo) y su posterior utilización como tierras de cultivo intensivo, provocaron problemas de contaminación, erosión, y alteraciones esporádicas del área de ocupación de *Puccinellia pungens*, especie endémica amenazada.

Este proyecto se ha desarrollado en una serie de hábitats cercanos a la Laguna de Gallocanta, éstos son:

1. El humedal temporal del Prado de las Cuerlas. Posee un gradiente desde agua salada hasta agua dulce, desde la orilla de la laguna hacia fuera. Es la zona húmeda de mayor extensión de las orillas de la Laguna de Gallocanta.
2. Prados salinos en La Pardina. Es un paraje situado en la orilla oeste de la Laguna de Gallocanta y caracterizado por un suelo húmedo, ocasionalmente encharcado y algo salino, en el que se forma un manto de vegetación halófila. Se sitúa en la zona intermedia entre la laguna salada y el suelo con agua dulce. Con frecuencia se encharca o tiene alta humedad, pero debido a la aridez el agua se evapora rápidamente, precipitando las sales y formándose costras y eflorescencias salinas.
3. Humedales temporales. Constituyen un conjunto de áreas que reciben descargas de agua subterránea, o asociadas a flujos de agua superficial difusa o encauzada durante periodos de lluvias intensas.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Para poder llevar a cabo los objetivos de restauración y conservación, se procedió a la compra de terrenos (58,56 ha, 10 de las cuales fueron cedidas) de gran interés para la conservación a la vez que poco productivos desde el punto de vista agrícola.

Las tareas de restauración han consistido en la recolonización con especies autóctonas, la recuperación de balsas temporales que existían antiguamente y el relleno parcial de una zanja de drenaje, lo que permitió mejorar las condiciones de humedad del suelo. Concretamente, las actuaciones desarrolladas en cada uno de los hábitats anteriormente descritos fueron:
 Restauración del Prado de Las Cuerlas: disminución del drenaje, rebaje de terreno para aportar mayor grado de humedad y recuperación de antiguas balsas temporales.

Restauración de prados salinos: descompactación y nivelación del terreno. Para la recuperación de las poblaciones de *Puccinellia pungens* en terrenos agrícolas abandonados (La Pardina), el mejor tratamiento consistió en la evolución natural de esta especie, tras un pequeño tratamiento físico del terreno.
 Restauración de humedales temporales: tras la adecuación del terreno para lo cual fue necesario el empleo de un pase de cultivador para romper y disgregar caballones y dos pases de rulo para compactar y nivelar la superficie de suelo afectada, se procedió a la plantación de árboles y arbustos.



Laguna de Gallocanta



Laguna restaurada con agua



Obras de restauración de laguna desecada



Plantación de laguna restaurada



Relleno de drenaje

SEGUIMIENTO

El control y seguimiento de los trabajos de restauración realizados consistieron en recogida y análisis de muestras de suelo y de agua, controles de vegetación (seguimiento de colonización de especies de prado salino y humedal temporal, medición de cobertura, etc...) y muestreo de las parcelas de proyecto para conocer la sucesión de la colonización vegetal.

Las labores realizadas han servido para cumplir los objetivos marcados, prueba de ello es el incremento de determinadas poblaciones de aves (avutardas) que acuden a las zonas restauradas.

Para más información: <http://www.recogosal.org/>



Grulla

Proyecto humedales sostenibles

Proyecto LIFE-Medio ambiente “Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria” (Proyecto LIFE04 ENV/E/000269).

Ejecución: 2004-2007.

Localización: España.

Beneficiario: Asociación Agraria Jóvenes Agricultores de Sevilla (ASAJA-Sevilla).

La aplicación de una agricultura de conservación conlleva beneficios tanto agrícolas como ambientales, ya que contribuye a minimizar la alteración de la estructura del suelo, su composición y biodiversidad natural, la erosión y su degradación, así como la contaminación de las aguas. Esto repercute positivamente sobre los cultivos y en el futuro de la actividad agrícola.

El ámbito de aplicación del proyecto comprende el entorno de humedales endorreicos de importancia comunitaria de la provincia de Sevilla: el Complejo Endorreico de Lebrija–Las Cabezas, Complejo Endorreico de Utrera, Complejo Endorreico de Osuna–Lantejuela y Laguna del Gosque (Martín de la Jara). En ellos, se han desarrollado distintas fórmulas que permiten una mayor compatibilidad entre Agricultura y Medio Ambiente.

INTRODUCCIÓN



Siembra directa junto a la Laguna de la Cigarrera



Comparación de parcelas demostrativas en la Laguna de Zarracatín (Utrera)

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El desarrollo de estas técnicas permitirá alcanzar los siguientes objetivos: reducir las pérdidas de suelo por erosión en comparación con técnicas convencionales de manejo de suelo agrícola, reducir la colmatación de humedales por sedimentos, incrementar la productividad primaria y secundaria de los humedales como consecuencia del incremento de la transparencia de las aguas, recuperar los niveles freáticos y sensibilizar a los agricultores acerca de técnicas de agricultura sostenible y sobre Red Natura 2000.

Como paso previo para la consecución de los objetivos, se elaboró un Sistema de Decisión Virtual basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el que se caracterizó cada uno de los complejos endorreicos. Con este método, se determinaron para cada uno de ellos, aquellas prácticas agrícolas que, de forma sostenible, conseguirían un menor impacto medioambiental. Una vez elegidas las zonas óptimas para la ubicación de las parcelas, se estableció contacto con los agricultores propietarios de la zona en cuestión, que en algunos casos ya habían mostrado su interés en participar y en otros, hubo que dirigirse a ellos directamente. Todos los agricultores participantes en el proyecto han suscrito un compromiso de participación, que recogía tanto el interés que representa el proyecto para el agricultor, como su consentimiento para el acceso e implantación de técnicas en sus explotaciones.



Inauguración de Jornadas LIFE en Las Cabezas

SEGUIMIENTO



Siembra directa en la Laguna de Zarracatín

Los primeros resultados de producción obtenidos en las parcelas demostrativas del proyecto ponen de manifiesto la viabilidad económica de las técnicas desarrolladas. En concreto, se ha obtenido un rendimiento medio superior en la parcela demostrativa situada en la cuenca de la Laguna de la Alcaparrosa (Utrera) respecto a la parcela testigo en laboreo convencional.

La producción obtenida, junto a los menores gastos de cultivo, confirman por tanto la sostenibilidad económica, además de medioambiental, de las técnicas de agricultura de conservación.

Las jornadas llevadas a cabo hasta el momento con la intención de fomentar el uso de técnicas de agricultura de conservación y agricultura ecológica, han gozado de una buena acogida por parte de agricultores, técnicos y responsables de administraciones y entidades públicas y privadas del sector agrario. Es de destacar el apoyo recibido y el deseo de las administraciones locales de participar en el proyecto y colaborar en la organización de las acciones de divulgación previstas.

Para más información: www.humedales.org/



Pato cuchara

Lagunas de Villafáfila

Proyecto de recuperación de las “Lagunas de Villafáfila”. Junta de Castilla y León.

Ejecución: Desde 1986.
Localización: España

La Reserva de las Lagunas de Villafáfila (Zamora), se encuentra situada al noroeste de España, ocupa 32.682 has, y engloba en su interior a dos ecosistemas bien diferenciados: el complejo lagunar, que ocupa unas 700 has y la pseudoestepa cerealista que ocuparía más de 30.000 has. Como consecuencia de su gran riqueza faunística, en el año 2000 pasa a formar parte de la Red Natura 2000, como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y como Lugar de Interés Comunitario (LIC).

Los problemas surgidos en este humedal pueden resumirse en: desecación de lagunas, procesos de colmatación, disminución de la vegetación palustre, vertidos, caza incontrolada y expolio de nidos, introducción de especies foráneas, escaso éxito reproductor de algunas especies, incremento de la presión turística y alteración de las características del agua.

INTRODUCCIÓN



Laguna Grande del complejo de lagunas de Villafáfila

METODOLOGÍA, PROCEDIMIENTO Y SEGUIMIENTO

Los problemas y las actuaciones acometidas consistieron:

Desecación de lagunas, la recuperación de las lagunas desecadas se consiguió mediante la creación de diques, dotados de compuertas que actúan como aliviadero. También se construyó una escala de ciprínidos para permitir el acceso de estos peces al complejo lagunar, así como construcción de islas y recuperación de la vegetación. Las lagunas asentadas sobre terrenos privados no se han logrado recuperar al no llegarse a un acuerdo con los propietarios.

Colmatación de lagunas, ante la imposibilidad de realizar el manejo de toda la cuenca hidrográfica del arroyo Salado, se adoptaron medidas parciales como la construcción de balsas de decantación, cuyo éxito ha sido escaso debido al régimen torrencial de la zona. Esta actuación se desarrolló junto a un programa de adquisición de tierras en las zonas perilagunares que pueda permitir a la Administración un adecuado manejo de éstas.

Caza incontrolada y expolio de nidos, la solución adoptada fue la prohibición de la caza e incremento de la vigilancia. Por otro lado para evitar la pérdida de nidos de determinadas especies que sufrían altos niveles de predación, se construyeron numerosas isletas de nidificación, que fueron recubiertas con una capa de tierra vegetal y sembradas con una mezcla de 4 especies de herbáceas resistentes a la salinidad. Aunque la salinidad y la mala calidad del terreno ha impedido la revegetación de las isletas, el éxito reproductor de determinadas especies, se ha incrementado notablemente desde la utilización de las isletas. Para incrementar el aislamiento se creó una isla circular de 1,5 ha en el interior de la Laguna Grande rodeada de un anillo protector de 30 m de anchura y 1 m de profundidad.



Palomar para observatorio de aves en el Centro de Interpretación



Palomar en la laguna grande



Avoceta

Quema de la vegetación palustre, se inició con quemas controladas, de forma que se logró salvar los nidos, contentar a la población local y disminuir el proceso de colmatación. Posteriormente se procedió a la siega y posterior quema de la vegetación de las lagunas, con el fin de favorecer la regeneración natural. Esta no se produjo, debido a una acusada sequía y a una masiva ocupación de las lagunas por los ánsares.

Desaparición de la vegetación palustre, para regenerar la Typha, se procedió a la creación de zonas ligeramente más profundas que las existentes. Creándose un sistema de lagunas-islas (aprovechando el cauce del antiguo drenaje) y un anillo protector de una colonia de limícolas. Debido a que la repoblación de la Typha, no se produjo de forma efectiva, se están realizando análisis de la cantidad de herbicidas y otros pesticidas que llegan a las lagunas, así como del efecto de la sal sobre la vegetación.

Vertidos urbanos, se construyó una depuradora en Villafáfila que recoge las aguas urbanas que podrían ir a la laguna Grande. Dicha depuradora se encuentra en funcionamiento. Por otro lado, para analizar los cambios de las características del agua, se iniciaron una serie de estudios para identificar las magnitudes de estos cambios y sus posibles repercusiones en el ecosistema lagunar.

Turismo incontrolado, se desarrolló un plan de uso social de la reserva que contempla la construcción de un centro de visitantes, un observatorio, señalización adecuada, creación de una pequeña laguna visible desde la carretera, cierre de caminos excepto para uso agrícola.

Colmatación con escombros, se procedió a la retirada de escombros, acumulándolos en uno de los extremos y recubriéndolos de tierra. Además se procedió al cercado de la misma mediante postes de madera, para evitar el paso de tractores con remolque.

Barreras para fauna, la existencia de un muro de tierra en los alrededores de la Laguna Grande impedía la existencia de poblaciones de aves. Con la compra del terreno, la eliminación de los muros, la conversión de la zona en una isla y la creación de una zona de profundidad, se consiguió la acogida de una importante población de acuáticas.

Introducción de especies foráneas. El pez gato (*Ictalurus melas*) y el pez sol (*Lepomis gibbosus*) fueron introducidos en 1986, para su eliminación se han empleado varios métodos incluyendo la pesca eléctrica, siempre en vano. Aunque ambas especies se han extendido por la provincia, la influencia causada sobre las lagunas ha sido escasa. El cangrejo rojo de las marismas (*Procambarus clarkii*), especie originaria de Louisiana (E.E.U.U.), ha sido localizado en la Laguna Grande, para detectar su posible expansión, se realizan muestreos sobre la especie de forma anual.

Humedales de Villacañas

Proyecto LIFE-Naturaleza "Humedales de Villacañas", LIFE99NAT/E/006339.

Ejecución: 1999-2002.

Localización: España.

Beneficiario: Fundación 2001 - Global Nature

Las lagunas de Villacañas son un conjunto de lagunas salinas estacionales, muy fluctuantes en cuanto a su nivel de agua, tanto intra como interanual. Los suelos que rodean a las lagunas son salinos, con una elevada riqueza de sulfato magnésico.

El proyecto se desarrolla en tres lagunas principales: Tirez, Peña Hueca y la Laguna Larga. Y dos más pequeñas, situadas en el entorno de ésta última: las lagunas de Los Santos o Redondilla y La Gramosa. El conjunto ocupa unas 300 ha en el término municipal de Villacañas, Toledo.

Sus principales valores ecológicos son su riqueza en avifauna, por constituir una zona de invernada, paso y reproducción para muchas especies en peligro de extinción, y la vegetación típica de terrenos salinos que las rodea. Dentro de ésta última destaca las formaciones del género *Limonium* y *Lepidium cardamines*, ambos amenazados.

Las causas de su degradación son muchas y variadas, destacando: transformación de la vegetación por la agricultura, aumento de la erosión, presión turística y acceso incontrolado, sobrepastoreo, caza y pesca excesivas, contaminación y acumulación de escombros, eutrofización y degradación de los márgenes de las lagunas por la extracción de sales.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Para restaurar la zona, se compraron la laguna de Peña Hueca y terrenos en el margen suroeste de la Laguna Larga. Posteriormente, se procedió a la retirada de escombros y basuras de la zona, plantaciones y revegetación de las orillas y las praderas salinas. También se delimitó una reserva botánica, cerrándose varios accesos a la laguna para evitar la destrucción de la flora.

Para asegurar la nidificación de las pagazas piconegras (*Geochelidon nilotica*), se instalaron 4 islas de nidificación flotantes y 2 pastores eléctricos, que cierran una superficie aproximada de 4 hectáreas.

Además de las medidas comentadas, se aseguró la vigilancia de las lagunas con la contratación de dos guardas. Los censos realizados revelaron que los trabajos realizados, mejoraron el éxito reproductivo de especies como la pagaza piconegra (*Geochelidon nilotica*) o parcialmente el de la canastera (*Glareola pranticola*).

INTRODUCCIÓN



Reserva botánica

Para evitar los problemas de eutrofización, se construyó un sistema FMF (Filtro de Macrófitas en Flotación), se trata de un sistema de filtración natural que permite realizar un tratamiento terciario de las aguas que recibe la Laguna Larga procedentes de la depuradora de Villacañas. Las macrófitas plantadas han sido enneas (*Typha latifolia*) y otras especies de los géneros *Scirpus*, *Phragmites* y *Sparganium*. A lo largo del proyecto, se ha venido muestreando mensualmente en cinco puntos de la Laguna Larga de Villacañas, analizando 20 parámetros sobre la calidad del agua, detectándose una ligera mejoría, reducción de la eutrofización y la ausencia de contaminantes tóxicos.

Otra medida relacionada con la mejoría de la calidad del agua es el by-pass realizado por la Confederación Hidrográfica del Guadiana que evita la evacuación del agua tratada a la laguna y la conexión del alcantarillado de un pequeño núcleo industrial a la red que vierte a la depuradora del pueblo.

SEGUIMIENTO



Colocación de isletas



Observatorio



Escombrera norte antes de las labores de recuperación

Panel divulgativo sobre aves nidificantes

Los acuerdos compensatorios que se han llevado a cabo con agricultores y ganaderos han sido muy diversos: cesión altruista de fincas, pago de compensaciones para evitar el laboreo de barbechos donde nidifica la canastera, redacción de un proyecto de forestación a uno de los particulares, etc. Sin embargo, la falta de acuerdo con uno de los propietarios ha impedido trabajar en la laguna de Tirez. No llevándose a cabo las actuaciones de cierre de zanjas de drenaje y la restauración de las orillas afectadas por la extracción de sal.

Tras realizarse un programa agroambiental de zona para solventar los problemas ambientales que afectan a los tres humedales de Villacañas, se concluyó que la medida agroambiental más beneficiosa es la relativa al abandono de cultivos, y así fue recogido en el Programa Agroambiental para Castilla-La Mancha.

Para más información: www.fundacionglobalnature.org/



Cigüeñuela

Aves invernantes

La Península Ibérica es un lugar de paso obligatorio para miles de aves acuáticas nidificantes en el Norte de Europa, y que todos los años deben surcarla en busca de sus zonas de invernada, en el sur de España y en los humedales costeros del vecino continente africano. Desde marzo a mayo tiene lugar el paso prenupcial. En este período se pueden observar limícolas, zampullines, patos o gaviotas. El paso postnupcial, de julio a septiembre, es menos intenso en los humedales de interior peninsular como la Laguna Larga.

Flamenco
Phoenicopterus ruber

Proyecto LIFE para la restauración de los humedales de Villacañas

Logos of partner organizations: LIFE, Espavet, LIFE+ (European Union), and the Government of Castilla-La Mancha.

Lagunas del sur de Córdoba

Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.

Ejecución: 2003-2006.

Localización: España.

Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Situadas en la campiña cordobesa y rodeados por terrenos dedicados al cultivo del olivo y la vid, este conjunto de humedales endorreicos cuya principal fuente de alimentación procede de las aguas subterráneas, forma parte de la ZEPA denominada Lagunas del sur de Córdoba. Las tierras que rodean a estas lagunas se encuentran destinadas a labores agrícolas, por lo que, las principales amenazas se derivan de su localización (contaminación por el empleo de fitosanitarios que llega a las lagunas a través de las cuencas vertientes, colmatación por desprotección de los suelos, erosión, etc.)

Dentro del proyecto LIFE “Conservación y Restauración de Humedales Andaluces” se han incluido distintas actuaciones en cuatro lagunas salobres; dos de ellas de régimen hídrico permanente: Laguna Amarga y Laguna del Rincón, y dos estacionales: Laguna Dulce y Laguna de Santiago. Estas últimas, desecadas con fines de cultivo, fueron adquiridas por la Administración Autonómica para su restauración.

Aunque en la actualidad la desecación no supone una amenaza, existen otros problemas que afectan a estos humedales. En el caso de la Laguna Amarga y su entorno (laguna Dulce) consisten en: la deforestación, la erosión y el arrastre de sedimentos provocados por la desprotección del suelo de olivar de las laderas vertientes de pronunciada pendiente.

En cuanto a las lagunas del Rincón y de Santiago, los problemas más graves son el drenaje, la extracción excesiva de agua subterránea, la deforestación y en menor medida la erosión y colmatación por arrastre de sedimentos.

A pesar de los numerosos estudios realizados sobre estas lagunas, existía falta de información sobre diversos aspectos de su hidrogeología. Para completar la información requerida, se ha determinado dentro de este proyecto LIFE la elaboración de un Estudio Hidrogeológico en las lagunas del Rincón, Santiago, Amarga y Dulce que proporcionará una importante herramienta para su gestión y conservación. Este estudio ha incluido aspectos como inventarios de punto de agua, fotogeología, geología de detalle, geofísica (realización de sondeos eléctricos verticales y tomas de resistividad en pozos o sondeos en explotación), sondeos de investigación y balance hidrogeológico, así como piezómetros y estaciones meteorológicas.

INTRODUCCIÓN



Elaboración de estudios hidrogeológicos



Laguna Amarga

METODOLOGÍA, PROCEDIMIENTO Y SEGUIMIENTO

En el marco del estudio hidrogeológico de las lagunas del Sur de Córdoba, se ha identificado, localizado y visitado todos aquellos lugares que permiten el acceso a las aguas subterráneas o que pueden proporcionar información hidrogeológica de la zona. Esto ha permitido conocer los materiales acuíferos o acuitardos, la situación de los niveles piezométricos, los volúmenes extraídos y los usos principales del agua subterránea en esta zona. En algunos casos se han obtenido datos de interés geológico e hidrogeológico, tales como columnas litológicas, comportamiento frente a las extracciones, oscilaciones de nivel, etc.

Para combatir los problemas causados por el arrastre de sedimentos en la **Laguna Amarga**, se procedió a la compra de 10,98 hectáreas de terreno de pendiente elevada. Se trataba de una zona de titularidad privada y destinada a uso agrícola que se situaba muy próximo a la lámina de agua. Posteriormente, se procedió a la repoblación del terreno agrícola con vegetación mediterránea autóctona con el fin de crear una cubierta protectora que facilite la defensa del suelo frente a la erosión a la vez que disminuya el riesgo de colmatación. La realización de los trabajos de repoblación por bosquetes permite aumentar la capacidad de retención de agua e infiltración con la consecuente disminución de las escorrentías superficiales. El diseño de estos ha consistido en la plantación de especies diferentes características de la zona como encina (*Quercus ilex ssp. Ballota*), majuelo (*Crataegus monogyna*), espino negro (*Rhamnus lyciodes ssp oleoides*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), coscoja (*Quercus coccifera*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), etcétera. Además de estas especies en el centro de cada uno de los bosquetes se ha plantado una encina de gran porte.



Protectores individuales de la repoblación en la laguna de Santiago



Acopio de tierras y creación de la isleta en la laguna de Santiago



Encina en el centro de uno de los bosquetes



Cárcava producto de la erosión en el entorno de la Laguna Amarga



Dique de mampostería gavionada para la corrección de cárcava en Laguna Amarga

Malvasía (Oxyria leucopetala)



Malvasía



Lonicera sp.

Lonicera sp

Para proteger estos bosquetes de los conejos se instaló una malla protectora de acero galvanizado contra roedores en forma de L en su extremo inferior.

Una vez realizada la plantación, se iniciaron una serie de labores de mantenimiento para asegurar la supervivencia de esta. Entre estas labores caben destacar los riegos periódicos que se han venido realizando ya que, por la sequía acontecida ese año, se corría el riesgo de que se perdiera gran parte de la plantación.

Por último se realizaron dos pequeños diques de mampostería gavionada en la cárcava principal que atraviesa la finca que servirán para el control de la erosión a lo largo de este arroyo. Las actuaciones realizadas en la **Laguna de Santiago** han tenido como objetivo restablecer la situación originaria existente en esta zona antes de que se drenase la misma con fines agrícolas. En primer lugar se realizó una excavación del vaso lagunar con distintas profundidades, acumulándose la tierra extraída en una zona del interior del vaso lagunar con el fin de crear una isleta que sirva de refugio para la avifauna nidificante de la zona. Tras recuperar el régimen hídrico, se realizó una repoblación de ribera a lo largo de todo el cinturón perilagunar que se encontraba totalmente desaparecido. En esta repoblación se han utilizado especies características de ribera habiéndose repartido las mismas en cinturones según sus exigencias hídricas. Las especies utilizadas han sido tarajes (*Tamarix africana*, *Tamarix canariensis* o *Tamarix gallica*), sauces (*Salix alba*, *Salix purpurea* o *Salix atrocinerea*) chopos (*Populus alba* o *Populus nigra*) y más al exterior de la laguna fresnos (*Fraxinus angustifolia*) y olmos (*Ulmus minor*).

Por otro lado, con el fin de favorecer el uso público en la zona, se ha construido una torreta observatorio que permitirá a los visitantes observar la avifauna acuática, a la vez que se garantiza la mínima interacción con la misma, mediante la instalación de una pantalla de rollizos rústicos de madera al borde de la laguna del Rincón. Además se construyó un sendero señalizado rodeando a la Laguna del Rincón y que permite el acceso a la pantalla y torreta observatorio complementado con la colocación de paneles interpretativos que aportan información sobre la avifauna de la zona y sobre los procesos de recuperación del humedal. Finalmente, la concienciación de la población a través de campañas de divulgación sobre los valores ecológicos, socioeconómicos e histórico culturales de los humedales andaluces, ha sido una acción común en los tres humedales de este proyecto Life: Fuente de Piedra, Marismas del Odiel y Lagunas del Sur de Córdoba.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es

Estanques temporales de Menorca

Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y Gestión de Estanques Temporales Mediterráneos en Menorca”, LIFE05 NAT/E/000058.

Ejecución: 2005-2008.

Localización: España.

Beneficiario: Consell Insular de Menorca

Los humedales temporales son frecuentes en el ámbito mediterráneo. Se trata de hábitats listados como prioritarios en la Directiva Hábitats y, su restauración y gestión adecuada es imprescindible para su conservación. El propósito de este proyecto es la conservación a largo plazo, de un total de 26 estanques temporales mediterráneos presentes en la isla de Menorca.

Las características de los estanques temporales (pequeñas dimensiones, poca profundidad y escasa distribución) hacen a estos ecosistemas especialmente vulnerables. Por otro lado, se ven afectados por actuaciones de origen antrópico que favorecen su degradación, tales como: prácticas agrícolas inadecuadas, exceso de pasto y vegetación, accesos rodados incontrolados, presencia de especies exóticas, deterioro del sistema de cercado, habitualmente pared seca, drenaje, caza, desarrollo urbanístico, relleno del espacio inundable y desconocimiento.

INTRODUCCIÓN



Ejemplo de estanque temporal sobre suelos silíceos paleozoicos

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Con el fin de controlar y erradicar estas amenazas, se planificaron las siguientes acciones:

- Definir un modelo integral de gestión para esta tipología de hábitats: mediante la elaboración de planes de gestión.
- Llevar a cabo un estudio a fondo sobre la dinámica y la evolución de estos hábitats para mejorar su conocimiento.
- Restaurar y recuperar los estanques temporales degradados y los desaparecidos.
- Informar y sensibilizar a la población de la importancia de conservar estos hábitats prioritarios.

La coordinación con los propietarios de los estanques, mantenida desde el principio del proyecto, es indispensable para garantizar unas condiciones favorables que permitan su buen estado de conservación.

Los planes de gestión pretenden ser un elemento de estudio y de planificación de los estanques. Como paso previo a la realización de estos, se ha realizado una clasificación de los estanques en función de la geología del suelo o de la geomorfología, identificándose 6 tipologías distintas (estanques sobre suelos arcillosos calcáreos, estanques en suelos profundos, estanques sobre rodano, pozas en substrato rocoso, estanques sobre esquistos y estanques someros del litoral). De este modo, es posible diseñar un plan de gestión para cada una de ellas.

Los contenidos mínimos de estos planes de gestión son:

- Delimitación del ámbito territorial objeto de ordenación.
- Descripción e interpretación de las características físicas y biológicas.
- Definición del estado de conservación de los recursos naturales, interacciones que se dan, usos que se hacen y elaboración de un diagnóstico y de una previsión de la evolución futura.
- Determinación de las limitaciones generales y específicas respecto de los usos que se pueden desarrollar garantizando la conservación.

SEGUIMIENTO

El exceso de vegetación arbustiva en los alrededores de un estanque temporal puede conllevar problemas de eutrofización de las aguas. En los casos en que este crecimiento excesivo de la vegetación estaba provocado por el abandono de la actividad ganadera, se optó por realizar actuaciones de despeje y desbrozamiento con métodos manuales y mecánicos.

Por el contrario, en aquellos casos en que el pasto continuado de ganado o bien la incidencia directa de prácticas agrícolas agresivas (roturación continuada, labrados profundos, etc.) provocaba una alteración del hábitat, se adaptaron sistemas de cierre y se procedió a la restauración de aquellas estructuras de cierre tradicional que se encontraban deterioradas.

El acceso no controlado y el exceso de afluencia de visitantes afectaba especialmente a los estanques temporales litorales. En estos casos, se ha optado por suprimir la presencia de estas amenazas en el interior del estanque o bien en su área de influencia, mediante la elaboración de una propuesta para su regularización.

Otra de las actuaciones propuestas, ha consistido en la eliminación del sistema de drenaje en aquellos casos en que suponía una amenaza para estos frágiles ecosistemas. El drenaje mediante acequias y canales excavados en el suelo ha sido uno de los métodos más utilizados para desecar los espacios inundados y aprovecharlos para el cultivo, con la consiguiente desaparición del hábitat.



Impacto del acceso rodado sobre un estanque temporal



Trabajos de muestreo en un estanque temporal sobre rodano

La proliferación de especies exóticas invasoras constituye otra amenaza para los estanques temporales, con efectos devastadores para su fauna y flora. Las acciones previstas en el proyecto son el control y eliminación de las especies exóticas invasoras, así como el desarrollo de las tareas de vigilancia adecuadas para realizar el seguimiento una vez erradicadas.

Por último, el desconocimiento por parte de la población de la importancia de estos hábitats en la preservación de la biodiversidad, así como de su funcionamiento y de las razones por las que se consideran ecosistemas vulnerables, hace que se desarrollen actividades que ponen en peligro su conservación. Por este motivo, resulta indispensable desarrollar una serie de actuaciones de sensibilización (exposiciones itinerantes, ciclos de conferencias, carteles de señalización e interpretación, aula didáctica, etc.) que, junto a las acciones directas de conservación de estos hábitats prioritarios, permitan dar a conocer sus valores e involucren a la población en su conservación.

Para más información:

<http://www.cime.es/lifebasses/es/index.php>

Lagunas temporales mediterráneas

Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de lagunas temporales mediterráneas”, LIFE99 NAT/F/006304.

Ejecución: 1999-2004.

Localización: Francia.

Beneficiario: Fondation Sansouire, Station Biologique de la Tour du Valat

Estos ecosistemas acuáticos se caracterizan por la fluctuación del régimen hídrico que alterna periodos de sequía con periodos de inundación, variabilidad de salinidad (desde agua dulce a salada), y la gran diversidad de comunidades vegetales y animales que albergan. La inundación de este tipo de lagunas viene condicionada por la acumulación de aguas superficiales o sub-superficiales que se acumulan en depresiones asentadas sobre sustratos impermeables.

El objetivo de este proyecto es conservar siete lagunas temporales mediterráneas ubicadas en tres regiones de Francia: Roque-Haute, Estanque de Valliguières, Notre Dame de l’Agenouillade, Padulu, Besse & Flassans, Colle du Rouet y Plaine des Maures, que se encuentran afectadas por diversos problemas: relleno o drenaje con fines agrícolas o urbanísticos, cambios hidrológicos, dinámica de la vegetación desfavorable debido al abandono de tierras de pastoreo, etc.

INTRODUCCIÓN



Inventario faunístico de las charcas de ND de l’Agenouillade, 2001

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las herramientas y métodos de gestión empleados en estos siete emplazamientos, sirvieron para alcanzar los objetivos propuestos, y son transferibles a otras lagunas temporales de la cuenca mediterránea. En el caso de Roque-Haute, se llegó a una situación de bloqueo entre el estado y los propietarios de terrenos, que requirió de medidas a más largo plazo, no obstante, el programa contribuyó a precisar las acciones de gestión necesarias, para resolver este conflicto con los propietarios.

Las acciones llevadas a cabo incluyen: adquisición de tierras, inventarios sobre la fauna y flora y sobre las actividades humanas que tienen lugar en las zonas de estudio, campañas de sensibilización de la población, seguimiento de especies amenazadas, estudios sobre el funcionamiento hidrológico de las lagunas, etc. Los trabajos relacionados con el desbroce y retirada de maleza, limpieza de las cubetas, eliminación de especies exóticas invasoras, restauración de una cubeta colmatada, etc., fueron objeto de un cuidadoso seguimiento a fin de evitar posibles impactos.



Seguimiento hidrogeológico de la charca temporal de Valliguières



Gestión experimental de la vegetación alrededor de una charca: antes/ después de recortar la vegetación

SEGUIMIENTO



Estudio topográfico previo a la restauración hidráulica (laguna de Péguières)

Entre los problemas que afectaban a las lagunas y las actuaciones realizadas, destacamos:

Control de la vegetación

La temporalidad en la inundación condiciona notablemente la colonización vegetal, limitada a aquellas especies capaces de sobrevivir a periodos de desecación. Esto hace que las comunidades vegetales presentes en los estanques temporales sean muy particulares y complejas.

Las medidas de desbroce llevadas a cabo, permitieron el restablecimiento de las poblaciones de *Isoetes setacea* en las lagunas de Roque-Haute.

La invasión por juncos en Plaine des Maures, fue tratada mediante decapado de los horizontes superficiales del suelo, esto contribuyó a la reaparición de una especie clave de las lagunas temporales (*Ranunculus rodiei*). También se empleó el pastoreo como medida para evitar la invasión de *Juncus conglomeratus* y *Paspalum dilatatum*, esto permitió comparar la dinámica interanual de la vegetación en zonas sometidas a pastoreo y zonas en las que se abandonó dicha práctica.

Colmatación de la cubeta

El exceso de tráfico, provocaba la erosión del terreno y la degradación de la vegetación, en los alrededores de la laguna de Peguère. Como consecuencia, dicha laguna estaba afectada por un proceso de colmatación. Mediante la regulación del tráfico, se consiguió la recuperación de la vegetación y, la disminución del proceso erosivo. El problema de la colmatación se solucionó, tras rigurosos estudios de hidrología, extrayendo una capa superficial del sedimento.

Para más información: <http://www.tourduvalat.org/>



Marsilea strigosa



Lagarto ocelado

5.1 Casos de estudio

Manantiales



Cuando el nivel freático llega a la superficie del terreno, se forma un manantial. Estos puntos de descarga del agua subterránea dependen de la situación geológica del lugar y producen varios tipos de manantiales. Se incluye bajo esta denominación, aquellos nacimientos de agua (y sus humedales asociados) que se encuentren en estado natural, o con un grado de intervención humana moderada. Con frecuencia, el tamaño del acuífero que alimenta el manantial es pequeño y además se encuentra afectado por variaciones cársticas y climáticas.

En las regiones mediterráneas, caracterizadas por una estación seca muy larga, los agricultores de oriente medio o del Magreb siempre han intentado utilizar las fuentes permanentes de agua, incluso las de pequeño caudal, para desarrollar una agricultura de regadío. Los manantiales son utilizados frecuentemente, como lugares de recreación y para riego agrícola. Las principales amenazas son la acumulación de residuos sólidos, la alteración del régimen hídrico y la presión recreativa.



Río Stella

Proyecto LIFE-Naturaleza “Proyecto: manantiales del río Stella”. LIFE98 NAT/IT/005066

Ejecución: 1998-2002.

Localización: Italia.

Beneficiario: Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale dei Parchi

El LIC “Risorgive dello Stella” alberga el mayor humedal de la región Friuli-Venezia Giulia. Situado entre 10 y 30 m. sobre el nivel del mar, destaca por la surgencia de manantiales en las turberas bajas alcalinas que, alimentan los arroyos que fluyen de estas fuentes.

El paisaje se caracteriza por numerosos hábitats naturales entre los que destaca por su inclusión en el anexo I de la Directiva 92/43/CEE, los bosques aluviales residuales (*Alnion glutinoso-incanae*) y las turberas calcáreas de *Cladium mariscus* y *Carex davalliana*.

Los cambios sufridos en la circulación y el nivel del agua superficial, han provocado la disminución del nivel freático y la reducción del tamaño del hábitat natural. Los fertilizantes y pesticidas empleados en la agricultura, han contribuido a la contaminación de las aguas y por otro lado, la fragmentación del hábitat está dificultando el intercambio genético entre las poblaciones.

INTRODUCCIÓN



METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Como primer paso para preservar los humedales y mejorar el hábitat de especies endémicas, se compraron 179 ha. y expropiaron 36,3 ha. por la autoridad competente, que fueron incorporadas al LIC “Risorgive dello Stella”.

Las actuaciones de siega y corte de la vegetación, restauración de terrenos previamente empleados en agricultura y reforestación de determinadas áreas naturales, contribuyó a mejorar la biodiversidad y la estructura de la vegetación.

SEGUIMIENTO

La restauración medioambiental, llevada a cabo en 20 ha. de tierra agrícola, consistió en la siembra de especies autóctonas típicas de prados acuáticos, control de especies invasoras y creación de un humedal. Esto ha permitido detener la invasión causada por arbustos, del hábitat de interés comunitario: prados con molinias sobre sustratos calcáreos y arcillosos (*Molinia caerulea*). Por otro lado, con la siembra de la vegetación se ha favorecido el incremento de especies autóctonas como por ejemplo, *Armeria helodes* y *Erucastrum palustre*.

Por último, la recreación del bosque natural, fue llevada a cabo en 14 ha. donde se procedió a la plantación de árboles, mejorándose así, la estructura biológica y la diversidad de especies de flora y de fauna.

Carex davalliana*Carex davalliana**Aliso (Fraxinus excelsior)*

Aliso

5.1 Casos de estudio

Humedales artificiales



Se consideran humedales artificiales aquellos hábitats que se han formado o han sido transformados, ya sea de manera directa o indirecta, por la actuación del hombre, por ejemplo: embalses, represas, antiguas graveras, charcas ganaderas, salinas, utilización de humedales artificiales para mejorar la calidad de aguas eutrofizadas o contaminadas, etc.

Estos humedales, además de cumplir la función para la que inicialmente fueron diseñados, actúan como hábitats de numerosas especies acuáticas, animales y vegetales, constituyendo importantes enclaves de biodiversidad.

Aunque las salinas también son un tipo de humedal artificial, no la hemos incluido en este apartado, siguiendo por un lado la clasificación de tipos de humedales de MedWet (*Characteristics of Mediterranean Wetlands*. Pearce & Crivelli, 1994) y por otro, por el papel insustituible, que desde hace al menos 1000 años, han desarrollado en el conjunto del patrimonio histórico-cultural de los países mediterráneos.

Los embalses son cuerpos de aguas generados por la interrupción de una red de drenaje, mediante un dique de obra (grandes diques de tierra se consideran análogos), con fines de retención de agua. Se incluye toda la masa de agua, colas y recodos con vegetación palustre.

Existen ciertos aspectos comunes que asemejan embalses y lagos, como por ejemplo las comunidades acuáticas que se desarrollan en sus aguas, los ciclos de mezcla y estratificación de las masas de agua estancadas, las relaciones ecológicas de cualquier ecosistema de las especies con el medio y las aves que los aprovechan para su alimentación, nidificación y descanso, entre otras.

Los embalses, al ser ecosistemas semiartificiales, están sometidos a determinadas tensiones como son las corrientes de agua longitudinales y la eutrofización (aproximadamente la mitad del volumen de agua embalsada se encuentra con exceso de nutrientes (DGOHCA 2000)).

Además de cumplir con el objetivo para el que fueron construidos (abastecimiento de núcleos urbanos, riego, salto eléctrico, desvío de una parte del caudal a un canal, refrigeración industrial, laminación de avenidas, regulación de otros embalses, etc.) los embalses, son utilizados con fines recreativos y para la práctica de deportes. Los principales impactos asociados son: acumulación de residuos sólidos, presión recreativa y carga ganadera.

La explotación de canteras y graveras pueden originar pequeñas lagunas de gran valor ecológico, que sirven de refugio para muchas especies acuáticas. Esto ocurre cuando con motivo de la actividad minera se alcanza el nivel freático, posteriormente en un lento proceso, son colonizadas por distintas especies vegetales y animales que van adaptándose al nuevo entorno. La vegetación más frecuente en las graveras es el carrizo (*Phragmites australis*), que crea densas coberturas de vegetación palustre. En muchos casos, estos humedales son rehabilitados con fines de conservación, educativos y didácticos.

El riesgo de salinización junto con el empleo de estos humedales como vertederos de residuos sólidos y líquidos que contribuyen a la eutrofización de sus aguas, son los principales problemas que afectan a este tipo de humedales.



Humedal artificial de Tordera

Proyecto LIFE-Medio Ambiente “Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales”, (LIFE00 ENV/E/00539).

Ejecución: 2001-2003.

Localización: España.

Beneficiario: Dirección General del Medio Natural del DMV del Gobierno Catalán.

La cuenca del río Tordera está situada en la vertiente suroriental de la sierra del Montseny, su comportamiento hídrico responde a la influencia del clima mediterráneo, caracterizado por fuertes variaciones estacionales que ocasionan un régimen hidrológico muy variable. Esta estacionalidad que provoca largos periodos de sequía, unido a una capacidad moderada de los acuíferos y la proximidad de dos importantes núcleos turísticos (la Costa Brava y la Costa del Maresme) en la desembocadura del río Tordera, han propiciado diferentes procesos de contaminación y sobreexplotación de sus aguas.

INTRODUCCIÓN



METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

El desarrollo del proyecto Life permitió por un lado, la recuperación de los niveles piezométricos del acuífero mediante la aportación de aguas residuales depuradas de gran calidad y por otro, la recuperación de dos grandes zonas de humedales, una que actúa como depuradora verde y otra, cuya función es la de permitir la infiltración de las aguas en el subsuelo.

SEGUIMIENTO



Tuberías para la conducción del agua



Paneles solares

Para conseguir este doble objetivo se creó un ciclo cerrado de gestión del agua. En un primer paso se construyó una depuradora verde que recoge las aguas ya previamente depuradas procedentes de la EDAR de Tordera, realizando un tratamiento terciario del agua. La construcción de esta depuradora se realizó a partir del acondicionamiento de un antiguo meandro afectado por extracciones de áridos. Para ello, se procedió a la limpieza de la zona de vertidos ilegales, se depositó una capa de materiales (40 cm de grava gruesa) para evitar que el agua ascendiera por capilaridad, seguida de una malla geotextil permeable, tierras aluviales (20 cm), capa de arcilla muy pura compactada (20 cm) y por último, una capa de 40 cm de arenas y gravas para facilitar el enraizamiento de las especies vegetales plantadas. Las especies utilizadas fueron las eneas (*Typha latifolia* y *Typha angustifolia*), el carrizo (*Phragmites australis*) y el lirio espadañal (*Iris pseudacorus*). Esta depuradora ha sido diseñada pensando en los 20.000 habitantes-equivalentes y tiene una capacidad de depuración de 2.000 m³/día.

En segundo lugar, el agua procedente de esta segunda depuración es transportada a lo largo de 3 km río arriba, a través de un sistema de 3 bombas alimentadas por la energía solar procedente de 204 paneles solares. Finalmente, el agua es canalizada hasta una isla fluvial donde se ha restaurado una zona afectada por actividades extractivas mediante, la creación de un humedal de recarga del acuífero. Este humedal cumple tres funciones: la recarga del acuífero por infiltración, ser un nuevo espacio natural de gran diversidad biológica y convertirse en un equipamiento de ocio respetuoso y de educación ambiental.

Entre los aspectos innovadores de este proyecto se encuentran el empleo de energías renovables (energía solar), de tecnologías blandas de depuración del agua (filtro verde) y la recirculación en circuito cerrado del agua. La creación de este circuito cerrado unido al funcionamiento desde 2.003 de la planta desaladora del municipio de Blanes han permitido ahorrar 26 Hm³ de agua al año que, de forma directa o indirecta repercuten en el acuífero y permiten iniciar su recuperación ambiental, tanto cualitativa como cuantitativa.

Junto a las actuaciones sobre el medio, se llevó a cabo un programa de difusión y divulgación que comprendió la creación de un opúsculo, paneles explicativos, edición de una página web y celebración de una jornada pública divulgativa, entre otros, con gran aceptación y participación.

Para más información: <http://aquifertordera.net/>

Proyecto Macrófitas

Proyecto LIFE - Medio ambiente “Nuevos Filtros Verdes con Macrófitas en Flotación para la Región Mediterránea” (LIFE02 ENV/E/000182).

Ejecución: 2002-2005.

Localización: España.

Beneficiario: Ayuntamiento de Lorca.

La escasez de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas unido a un funcionamiento defectuoso de las existentes, hace que la contaminación por vertidos sea uno de los principales problemas en las cuencas mediterráneas españolas. En la cuenca del río Segura, esta situación se agrava por la existencia de explotaciones porcinas, que no cuentan con un adecuado tratamiento de purines y, el aumento de la población turística durante el periodo estival.

Este proyecto surgió de la necesidad de mejorar la calidad de las aguas que son vertidas a la cuenca. Para ello se desarrollaron distintos prototipos de Filtros de Macrófitas en Flotación adaptados a diversas condiciones de efluentes (purines ganaderos y vertidos urbanos). La novedad de esta técnica radica en la transformación de macrófitas emergentes enraizadas (tales como eneas, esparganios o carrizos) a flotantes para así aumentar su capacidad depuradora. Combina las ventajas de los sistemas flotantes y los de macrófitas emergentes, a la vez que minimiza sus inconvenientes.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las dificultades que han surgido durante el proyecto han estado causadas por el desconocimiento de la situación real de las redes de alcantarillado y saneamiento, así como del tipo de vertidos que eventualmente pueden recibir estos filtros (residuos de pequeñas industrias agroalimentarias, vertidos en el ámbito doméstico, etc.), obligando a afrontar obras previas de acondicionamiento y generando retrasos en el calendario previsto. Por lo que se resalta la importancia de conocer a priori, la situación real de vertidos y el estado del saneamiento de la población o industria a tratar.

Paralelamente a la instalación de los prototipos se desarrolló un intenso seguimiento científico. Los resultados de los análisis revelaron la eficacia de los prototipos construidos. En el caso del tratamiento de las aguas residuales urbanas, se alcanzaron valores de un 90% de reducción de la contaminación orgánica biodegradable (reducción de la DBO5) y de entre el 30 y el 50% de reducción del contenido total en nitrógeno. En cuanto a la depuración de purines mediante este tipo de tecnología, se comprobó que era necesario aplicar un tratamiento previo de bajo coste (físico-químico o de otro tipo) para lograr la reducción de los parámetros de contaminación. A pesar de esto, el empleo de esta técnica es un gran avance en la aplicación de sistemas de depuración de vertidos de purines, ya que supone una alternativa a la implantación de técnicas de difícil manejo, con grandes inversiones económicas y de alto consumo energético.

INTRODUCCIÓN



Filtro para albergue en el Centro de la Fundación Global Nature

SEGUIMIENTO

Como consecuencia del seguimiento llevado a cabo, se ha podido constatar que el poder de filtración es superior al de filtros verdes que utilizan especies vegetales enraizadas o flotantes de forma natural y, por otro lado, se evita la colmatación ya que, al instalarse las plantas en flotación se facilita la retirada y recolección de lodos.

Conjuntamente se han realizado numerosas acciones encaminadas a la difusión de la técnica y a promocionar este nuevo sistema en otras regiones mediterráneas. El moderado clima de estas regiones propicia un mejor rendimiento de esta técnica. Por un lado, durante el invierno (más templado que en regiones del norte donde se requeriría de invernaderos o plásticos), las plantas no interrumpen su ciclo vegetativo. Y por otro lado, en verano se da el máximo de producción vegetal, aumentando la capacidad de depuración de los filtros y permitiendo responder a una mayor población debido a la afluencia de turistas a las costas.

El sistema ha demostrado su eficacia, siendo aplicable directamente a las aguas residuales urbanas y con un pretratamiento adecuado, a los efluentes de agroindustrias y explotaciones ganaderas.

Para más información: <http://www.macrophytes.info/>



Filtro en construcción para la cooperativa porcina Gamur



Vista panorámica del filtro de macrófitas de la cooperativa de Gamur

Lago artificial de Tavropos

Proyecto LIFE-Naturaleza “Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia”, (LIFE99 NAT/GR/006480).

Ejecución: 1999-2003.

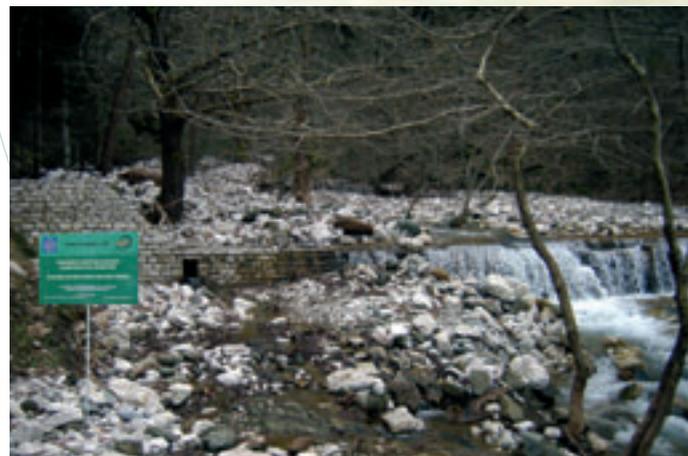
Localización: Grecia

Beneficiario: Development Agency of Karditsa (AN.KA. S.A.)

El lago artificial de Tavropos, se localiza en el área montañosa de Agrafa, al sur de Pindos. La característica principal radica en la variedad de paisajes y en los extensos hayedos helénicos con *Abies borisii-regis* (hábitats 9270 contemplado en el Anexo I de la Directiva 92/43/EEC “Tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación”).

La erosión y el transporte de sedimentos causado por el retroceso de las aguas, ha provocado la colmatación del lago. El sobrepastoreo que afecta especialmente a los rodales de pinos, la contaminación del agua junto con el insostenible desarrollo turístico y prácticas de la industria forestal, son los problemas que afectan a este entorno natural.

INTRODUCCIÓN



Dique para evitar la erosión



Vista panorámica



Nutria

METODOLOGÍA, PROCEDIMIENTO Y SEGUIMIENTO

Las medidas de gestión para reducir los niveles de sedimentación en el lago, consisten en la construcción de una serie de pequeñas terrazas a lo largo de los afluentes principales, el desarrollo de zonas de vegetación en zonas específicas y la gestión de la estructura de la vegetación en la zona forestal. Estas medidas se realizaron únicamente en uno de los arroyos más importantes, con lo que sirvió como experiencia piloto.

Un estudio realizado sobre la cuenca del lago Tavropos, demostró que uno de los ríos que vierte a dicha cuenca, se caracterizaba por generar significativos volúmenes de sedimento, siendo aconsejable interceptar dicho flujo de sedimentos para evitar un posible fenómeno de iluviación. De acuerdo con el estudio, se construyó un dique.

Para disminuir la contaminación del agua, se construyó un humedal artificial y se instaló una estación de control de calidad de agua. El humedal demostró ser un eficaz sistema para



Construcción de humedal artificial



Mejoras en el hábitat de la nutria

tratamiento de aguas residuales. Previamente a la implementación de estas medidas, se realizó un detallado estudio de: localización de puntos de contaminación e identificación de las causas de degradación del hábitat, se establecieron objetivos de gestión específicos, se determinó los métodos y variables de monitorización, la ubicación de las estaciones de muestreo así como el método a aplicar, etc.

Las intervenciones en los bosques de ribera y en el bosque artificial de *Pinus nigra*, realizadas, estaban encaminados a mejorar el hábitat de la fauna y flora, estas fueron: protección especialmente contra quemas y pastoreo, métodos de cultivo y en particular, podas de individuos de pinos elegidos por sus características para actuar en el futuro como rodal selecto, plantación de árboles frutales para incrementar a largo plazo, los recursos alimentarios de las poblaciones de osos.

Las actuaciones realizadas para mejorar el hábitat de la nutria, consistieron en la restauración de los lechos del río, limpieza de obstáculos, plantación de vegetación para reforzar el lecho del río y concerniente a la avifauna, se construyeron nidos artificiales.

Para más información:
<http://www.anka.gr/ellinika/life/index.htm>



Colocación de nidos en el bosque de *Pinus nigra*



Muestreo en el río para determinar la calidad ecológica del agua

Antiguas graveras del Corredor verde del Guadiamar

**Proyecto “Corredor Verde del Guadiamar”,
Junta de Andalucía.**

Ejecución: Desde 1998.
Localización: España.

Se trata de zonas de encharcamiento artificial procedentes de antiguas explotaciones de áridos. La rehabilitación de estos espacios, se enmarca dentro del plan de integración entre sistemas naturales y humanos desarrollado por el proyecto de gestión y restauración integral de la cuenca del Guadiamar.

Esta actuación permitió la adecuación de estas antiguas graveras, como humedales de origen artificial y, por su accesibilidad y cercanía a núcleos poblacionales, su empleo como equipamiento para uso público: itinerarios peatonales alrededor de las áreas de encharcamiento, pasarelas, áreas de pic-nic y aparcamientos.

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA, PROCEDIMIENTO Y SEGUIMIENTO

Las tareas de limpieza llevadas a cabo tras la retirada de lodos, consistieron en la compartimentación en sectores para depurar las aguas mediante la adición de sustancias alcalinas, finalmente se bombearon y se extrajeron en seco los sedimentos depositados en el vaso de las graveras.

La restauración ha consistido en trabajos de desescombro, reforzamiento del muro que separa las graveras del cauce del río, reperfilado de los taludes de las graveras, eliminación de brocales de pozos y otras infraestructuras en desuso, reforzamiento con empalizadas de madera de la base de los taludes para evitar la erosión por avenidas, adecuación de islotes internos, aporte de tierra vegetal y plantación de las riberas con vegetación autóctona.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es





Ánade real



5.1 Casos de estudio

Salinas



En el ámbito mediterráneo, ligado a los medios más áridos, son frecuentes humedales temporales salinos, donde alternan periodos de sequía, durante los cuales los aportes de aguas subterráneas son fundamentales, con periodos de inundación. La principal característica de este hábitat, es la alta concentración de minerales del suelo. Esto provoca una serie de adaptaciones en los órganos y el funcionamiento de las plantas que viven en estos ambientes, denominadas plantas halófilas, por su capacidad para tolerar elevadas concentraciones de sal. Las plantas halófilas acumulan gran cantidad de sales en su interior, aumentando así, su capacidad de absorción del agua exterior.

Estos sistemas funcionan como evaporadores o concentradores de sal, siendo aprovechadas de forma tradicional por las diversas civilizaciones que, a lo largo de la historia, se asentaron en la cuenca mediterránea. En la actualidad, la extracción de sal a partir de las salinas ha perdido parte de su interés económico, sin embargo, sus valores ecológicos (multitud de especies de aves acuáticas dependen de su existencia) y antropológicos (excepcional valor ecológico e histórico de estos ecosistemas) son suficientes para impedir su deterioro. Por estos motivos, debido al estado de degradación y abandono que en muchas ocasiones sufren, la recuperación y restauración de salinas abandonadas es un objetivo prioritario en muchos planes de ordenación del territorio.



Salinas de Cabo de Gata

Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión del LIC y la ZEPa de Cabo de Gata-Níjar” LIFE00 NAT/E/007304.

Ejecución: 2001-2005
 Localización: España
 Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

El lugar de la actuación, el LIC/ZEPa de Cabo de Gata-Níjar, se encuentra en el extremo suroriental de la provincia de Almería y abarca una superficie de 38.000 Ha terrestres y 11.624 marinas. Este espacio natural posee una extraordinaria complejidad estructural y biológica; están representados en él desde fondos marinos hasta sierra litorales de origen volcánico, pasando por zonas húmedas y ambientes costeros como las praderas de poseidonias. Esta multitud de espacios, junto con su peculiar climatología, hacen que este habitado por una enorme variedad de organismos adaptados a la sequía, entre los que existen numerosos endemismos y especies protegidas tanto animales como vegetales.

Las salinas son uno de los hábitats más importantes del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, presentan una importante riqueza tanto faunística (en especial las aves acuáticas) como vegetal (presencia de especies halófilas tan importantes como el género *Limonium*).

Las principales amenazas para su conservación son la presión urbanística, el incremento de la explotación agrícola de la zona, la desaparición de los ecosistemas de agua dulce por la existencia de una antigua carretera y otras infraestructuras, el acceso incontrolado de depredadores, personas y la falta de concienciación de la población. Las medidas de restauración desarrolladas incluyen: aumento de la vigilancia y vallado de la zona para dificultar el acceso a las zonas más sensibles, concienciación de la población y visitantes, arreglo de diques y revegetación con especies autóctonas.

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Las tareas de adecuación consistieron en labores de limpieza consistentes en retirada de basuras y escombros, instalación de filtros de rejilla en los canales para evitar la entrada de basuras flotantes, puntos batimétricos para conocer el nivel real del agua en las salinas y creación y mantenimiento de islotes.



Limonium sp



Artrocnemum fruticosum

INTRODUCCIÓN



Nido de charrancito



Dos de los islotes creados para la avifauna



Vista panorámica de las salinas de Cabo de Gata



Vallado, sendero y observatorio al fondo



Panel divulgativo sobre el proceso salinero



Mirador y panel divulgativo



Restauración de dique salinero



Islotes



Compuerta antidepredadores

SEGUIMIENTO

Para evitar la entrada de visitantes incontrolados y depredadores que perjudican el éxito reproductivo de las colonias de aves, se procedió al vallado de todo el perímetro de las Salinas y a la instalación de compuertas antidepredadores. El vallado consiste en un cerramiento resistente a las condiciones de salinidad y proximidad al mar, reforzado y anclado en el suelo para evitar el paso de depredadores, y de baja altura para permitir la observación del hábitat por los visitantes.

Además del arreglo de los diques respecto a sus dimensiones y estabilidad, se replantó con la vegetación característica de estos lugares. La extracción de esquejes y la plantación, se realizó de forma manual (basada en experiencias previas) y la especie seleccionada fue *Arthrocnemum fruticosum*, por ser la especie mayoritaria (prácticamente la única), en la totalidad de los diques, estando en buen estado vegetativo y bien adaptada. *Arthrocnemum* es la principal especie colonizadora de los diques de la salina, debido a su uso tradicional como estabilizadora de los mismos: antiguamente se mezclaban ramas podadas de estas plantas con material minero cercano, estabilizando este último.

Con el fin de mejorar las condiciones de visita y la observación de las salinas de Cabo de Gata sin que suponga molestias para la avifauna, se construyó un sendero peatonal y un carril de cicloturismo, cuatro puntos de observación y paneles interpretativos a lo largo del circuito explicando las características más importantes del espacio. Durante la primavera y en la época estival, se hace necesaria la contratación de un vigilante para las zonas de las salinas y áreas inmediatas, ya que se produce un inevitable aumento de los problemas causados por los visitantes.

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es

Parque Natural Bahía de Cádiz

Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de hábitats litorales de la provincia de Cádiz”, LIFE03 NAT/E/000054

INTRODUCCIÓN

Ejecución: 2003-2006

Localización: España.

Beneficiario: Consejería de Medio Ambiente

El Parque Natural Bahía de Cádiz se encuentra situado en la costa occidental gaditana. Comprende 10.452,7 hectáreas de superficie, constituidas principalmente por el sistema marismero al que ha dado lugar el gran estuario del río Guadalete, y cuyo hábitat más importante son las salinas. Constituyen el principal hábitat de un gran número de aves acuáticas como zona de reposo, alimentación, o bien como zonas apropiadas para la reproducción y han configurado históricamente el paisaje. Sin embargo, la mayoría se encuentran abandonadas o transformadas en explotaciones piscícolas. El proyecto pretende recuperarlas como hábitat fundamental para la avifauna.

El objetivo del proyecto es acometer una serie de acciones demostrativas de restauración, conservación y gestión en diferentes ecosistemas litorales (zonas húmedas, dunas, costa acantilada, etc.) por ejemplo, la restauración de vegetación dunar y medidas de ordenación del uso público en el LIC “Punta de Trafalgar” y la restauración de enebrales costeros en una zona de plataforma acantilada del LIC “Pinar de Roche”. Todas estas acciones quedan encuadradas en un “Programa de Gestión de Hábitats Litorales” que marcará las directrices de actuación en toda la Zona de Servidumbre de Protección de la franja litoral.



Salinas de la isla del Trocadero. ZEPA Bahía de Cádiz.



La salina “La Covacha”

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

Concretamente, las actuaciones definidas para el Parque Natural Bahía de Cádiz consistieron en la restauración de las estructuras reguladoras de los niveles de agua de antiguas salinas de la Isla del Trocadero, junto con la elaboración y puesta en marcha de un plan de gestión y seguimiento para las mismas en la ZEPA “Bahía de Cádiz”.

Con la compra de derechos de uso de las salinas del Paraje Natural Isla del Trocadero por parte de la Consejería de Medio Ambiente, se pretende garantizar la conservación de este hábitat fundamental para las aves. En el caso de la salina “La Covacha” con una superficie de 26,15 ha, la adquisición de estos derechos garantizará la adecuada gestión de este espacio donde se encuentra la única colonia nidificante de espátula (*Platalea leucorodia*) de todo el Parque Natural. En el caso de otra salina incluida en el Paraje Natural, “El Consulado” de 103,45 ha, está prevista la firma de un convenio de colaboración con los actuales concesionarios que permitirá por un lado acometer actuaciones de restauración de estos humedales de importancia internacional y por otro llevar a cabo una gestión integral de todo el Paraje Natural.



Compuerta restaurada en la salina del Consulado



Chorlitejo patinegro

SEGUIMIENTO

El abandono de las salinas y la implantación generalizada de explotaciones piscícolas, han puesto en peligro la conservación de buena parte de las poblaciones de aves. La restauración de antiguas salinas ha consistido en, reparar y proteger los muros exteriores (vueltas de fuera) con escollera del efecto del oleaje, remodelar algunos de los muros interiores de las antiguas salinas de la Isla del Trocadero y en la reconstrucción de compuertas mareales que permitan controlar los flujos dentro de las salinas así como, regular los niveles de agua adecuándolos a las necesidades de las especies de aves presentes en el paraje.

El Plan de gestión de hábitats elaborado para las salinas de la Isla del Trocadero, servirá para definir los niveles y flujos de agua más adecuados en el interior de las salinas. Para el seguimiento específico de las poblaciones de aves se tendrán en cuenta los siguientes aspectos: seguimiento del tamaño poblacional durante los periodos más importantes del año (invernada, nido y migración), seguimiento de las poblaciones reproductivas (éxito reproductor, supervivencia, selección de hábitats) y estudios durante el periodo de movimientos migratorios (tasa de ingestión, necesidades energéticas de las aves, etc.)

Para más información: www.cma.junta-andalucia.es



Colocación manual de escollera en la salina del Consulado



Rebaje de muros en el interior de la salina del Consulado



Barcaza utilizada en el transporte de materiales y maquinaria



Colocación de tablestacado y reparación de vuelta de fuera en "La Covacha"



Espátula

5.2 Análisis comparativo

Si observamos las causas de degradación de los humedales mediterráneos estudiados en el anterior apartado y las acciones empleadas para su restauración, podemos ver que son varios, en mayor o menor medida, los factores de tensión que sufren la mayoría de los humedales.

Estos factores de tensión o causas de degradación y/o desaparición de humedales han sido principalmente : aquellas que implican la alteración directa de las cubetas; las que suponen alteraciones en el régimen hidrológico e hidroperíodo del humedal; las que traen consigo alteraciones en la calidad del agua que abastecen a los humedales (ya sea superficial o subterránea), y las alteraciones sobre la estructura de las poblaciones y comunidades biológicas que forman parte del sistema de interrelaciones que constituyen un ecosistema de humedal.

Las alteraciones producidas sobre la cubeta se deben a procesos de colmatación por la recepción de sedimentos en áreas roturadas con procesos erosivos, desecación para puesta en cultivo, degradación del terreno debido y al abandono de residuos agrícolas o residuos sólidos urbanos en la proximidad de zonas habitadas, presión recreativa por acceso incontrolado de visitantes, etcétera.

Las actuaciones más comúnmente desarrolladas para revertir los daños sufridos en la cubeta han consistido en: la retirada de sedimentos, corrección de cárcavas, construcción de balsas de decantación y limpieza de cauces para evitar la colmatación, la eliminación de residuos orgánicos e inorgánicos acumulados, revegetación como medida para evitar la desecación y la erosión (por ejemplo, las labores a este fin desarrolladas en las Lagunas del Sur de Córdoba, Fuente de Piedra o en la laguna de Villafáfila). Paralelamente, se han llevado a cabo medidas de gestión que han ayudado a minimizar el impacto ambiental y propiciando la recuperación de los humedales. Estas han consistido en: protección legal de la zona, elaboración de planes de gestión y de propuestas agroambientales, reconversión de terrenos agrícolas, indemnizaciones a agricultores, etcétera.

El proyecto del corredor verde del Guadiamar recogió el conjunto de actuaciones comentadas. Los objetivos del proyecto fueron por un lado, remediar la contaminación producida por el vertido minero sobre el río Guadiamar, y por otro, crear un corredor ecológico que contribuyese a la restauración de los ecosistemas de su cuenca, junto con actuaciones para mejorar la calidad de las aguas, los niveles hídricos y la biota.

Otro aspecto muy importante es el gran esfuerzo destinado a desarrollar prácticas agrarias compatibles con el medio. Las actuaciones desarrolladas han consistido en campañas de concienciación a los agricultores, implementación de cultivos agrícolas de bajo impacto y jornadas de formación agrícola entre otras. En términos generales se considera que estas experiencias han tenido un balance positivo y en muchos casos, han servido para promover un mayor acercamiento entre la administración gestora y el colectivo agrícola. Muestra de esta creciente preocupación es el proyecto Life "Humedales Sostenibles", cuya metodología está basada en la puesta en marcha de un modelo de participación activa de los agricultores, para lograr la realización de una agricultura sostenible que incida favorablemente en la conservación y mejora medioambiental de los humedales.

La restauración del régimen hídrico y del hidroperíodo, es por su importancia y por su repercusión sobre los otros componentes del humedal (calidad del agua y comunidad biológica), el factor que entraña mayor dificultad. La irrigación junto con la construcción de infraestructuras viarias (las carreteras, diques... obstruyen los flujos naturales del agua hacia los humedales), el drenaje (construcción de canales para facilitar la desecación del suelo) son las principales causas de las alteraciones en el régimen hidrológico. El uso de métodos más eficientes en la irrigación, la concienciación para fomentar un uso responsable del agua, la gestión adecuada del agua por parte de las autoridades locales (por ejemplo, el Plan de gestión de Trichonis), son parte de las actuaciones realizadas que han ayudado a regular los niveles hídricos.

La construcción de infraestructuras (carreteras, canales, tendidos eléctricos, gasoductos...), propicia la disminución de la superficie de humedales por obras de ampliación o rectificación de trazado, o de forma indirecta, al interrumpir el drenaje natural. El proyecto desarrollado en P.N. Cabo de Gata-Níjar, es uno de los proyectos que han aportado soluciones para recuperar la conexión hídrica perdida, tras la construcción de una carretera, mediante la construcción de pasos de agua bajo la infraestructura creada. Por otro lado, la creación de un modelo de ciclo cerrado de gestión del agua "Extracción-Uso-Depuración-Recarga" desarrollado por el Proyecto Life Acuífero de Tordera, favorece la recuperación de la hidrodinámica del acuífero permitiendo iniciar su recuperación ambiental.

Sin embargo, el proyecto "Doñana 2005" es sin lugar a dudas, el más ambicioso en lo referido a la recuperación del régimen hídrico y del hidroperíodo, ya que consta de un conjunto de actuaciones que se desarrollan sobre las cuencas y cauces vertientes a la marisma del Parque Nacional de Doñana (cuencas del río Guadiamar y cuencas de los arroyos que drenan las arenas occidentales). La finalidad es restaurar el complejo sistema hidrológico de la marisma (lograr que las aportaciones de agua a la marisma sean en la cantidad y calidad necesaria para restaurar su hidroperíodo), permitiendo que el sistema evolucione con el mayor grado de naturalidad y libertad posible dentro de los condicionantes del entorno. La construcción de represas y canalizaciones, o la retirada de antiguos diques con el fin de restablecer los flujos de entrada y salida del humedal, la eliminación de canales, mediante relleno y compactación, y la restauración topográfica del sector de la marisma son actuaciones que requieren de un exhaustivo conocimiento de las condiciones hidrológicas originales y del funcionamiento natural de la cuenca. En cuanto a las alteraciones de la calidad del agua, el drenaje con fines agrícolas, el uso indiscriminado de fertilizantes y los vertidos urbanos e industriales, están directamente relacionados con fenómenos de eutrofización. Este proceso se acentúa en los humedales mediterráneos con motivo de la estacionalidad y por la densidad poblacional, concentrada principalmente en los humedales litorales. Todos los proyectos estudiados han coincidido en la importancia de fomentar la concienciación de agricultores sobre el uso de fertilizantes (especialmente el proyecto de Trichonis) así como promover la implantación de cultivos alternativos de bajo impacto (son destacables los proyectos de Adra y delta del Ebro).

La actuación más común para mejorar la calidad de las aguas, ha consistido básicamente, en una correcta gestión de la vegetación. Por un lado, siega y retirada de vegetación en las zonas donde la acumulación de materia vegetal en descomposición

repercute sobre la cobertura y calidad de la vegetación palustre y por otro, revegetación para crear filtros verdes y zonas de amortiguación (por ejemplo, en las lagunas de Nava y Boada o La laguna de Fuente de Piedra), de forma que se logra una fitodepuración natural. Los resultados han demostrado una mejora en la calidad del agua del sistema, lo que a su vez ha entrañado un óptimo desarrollo de macrófitos y de la fauna acuática, aproximándose en muchos casos al estado ecológico anterior a la existencia del impacto (ya sea asentamientos de cultivos, vertidos de aguas residuales urbanas o industriales, etc.) El proyecto Life "Macrófitas" es el mejor ejemplo para demostrar la eficacia de los filtros verdes como depuradoras naturales.

Para hacer frente a los problemas derivados del crecimiento urbano es necesario establecer mecanismos de conservación y explotación de los recursos naturales. La compra de tierras para destinarlas a la recuperación de humedales degradados y la redacción y aprobación de Planes especiales que permitan la protección del medio natural y del paisaje, son las medidas más comúnmente adoptada en los proyectos estudiados. Como por ejemplo, el Plan especial de protección del medio natural y del paisaje del Lago de Banyoles y el Plan de Prevención de Catástrofes originadas por derrames industriales del proyecto desarrollado en la laguna de Pylos y el delta del Evrotas.

Las alteraciones sobre las comunidades biológicas están producidas en muchas ocasiones, por un turismo incontrolado y por el desarrollo de actividades recreativas no compatibles con el medio. La mayoría de los casos de estudio señalan el desconocimiento por parte de la población de los recursos y valores de su entorno, como la causa de los efectos negativos que esta actividad produce sobre el humedal: molestias a la fauna, destrucción de la vegetación, acumulación de basuras, desarrollo de actividades deportivas no permitidas, etc. Los resultados obtenidos tras la realización de campañas de divulgación, demostraron el interés del público por el conocimiento de los humedales y sus recursos así como, por promover una conducta responsable con el entorno natural. Todos los proyectos han llevado a cabo un gran esfuerzo de divulgación con un alto grado de aceptación entre la población, en general (educación ambiental en Tavropos, campañas de concienciación ambiental en Amvrakikos). El interés fomentado es el primer paso para garantizar la preservación y el uso racional del humedal y sus recursos a través del apoyo local.

Junto a esta importante labor de concienciación, se han realizado actuaciones destinadas a lograr una correcta gestión del entorno y de las actividades en él desarrolladas. Entre ellas destacan: el desarrollo del Planes de uso social en Villafáfila, planes de gestión de estanques temporales de Menorca, la habilitación y adecuación de senderos y carriles peatonales, la creación de centros de visitantes, la señalización de la red de itinerarios, la regulación del acceso o la instalación de paneles interpretativos sobre características ambientales de la zona. En Fuente de Piedra, Marismas del Odiel y Lagunas del Sur de Córdoba, las infraestructuras de uso público creadas han permitido el acceso controlado de los visitantes a la vez que, promueve un mejor conocimiento del funcionamiento natural de los humedales.

En aquellos casos donde la caza y la pesca suponían un deterioro de los valores del humedal, se han tomado medidas para regular estas actividades de manera que, su práctica no represente un impacto negativo y pueda desarrollarse de forma compatible con el medio (Planes de gestión por pescadores de las cooperativas en Nestos).

Todo esto ha favorecido una mejor ordenación y control de la afluencia de visitantes y una mayor regulación de las actividades lúdico-deportivas desarrolladas.

La sobrecarga ganadera ocasiona el deterioro de la cobertura vegetal (el consumo de herbáceas antes de la producción de semillas, reduce las posibilidades de regeneración) favoreciendo la erosión del terreno incrementado por el intenso pisoteo del ganado, la concentración de heces conlleva procesos de nitrificación con el consiguiente aumento de especies vegetales nitrófilas disminuyendo la biodiversidad a la vez que, causa una pérdida de la calidad de las aguas y, por último, la elevada densidad de ganado provoca molestias a la fauna y tanto el pisoteo como la reducción de la cobertura vegetal afecta a la avifauna ya que se reduce el hábitat de nidificación.

La práctica de un pastoreo racional, limitando debidamente la carga ganadera, estableciendo sistemas de turnos rotativos de pastoreo (lagunas temporales de Francia, lagunas de Gallocanta y Villacañas), mediante el desarrollo de jornadas de divulgación destinadas a informar y concienciar al sector ganadero, la adecuada ordenación del territorio unido a medidas de protección y ampliación de las áreas de especies vegetales autóctonas, etc. son las principales medidas desarrolladas en los casos estudiados.

Finalmente, las actuaciones relacionadas con la mejora del hábitat han consistido en: la eliminación de especies exóticas mediante su retirada y control (proyecto del Valli del Mincio, estanques temporales de Menorca), talas y revegetación con especies autóctonas (Isla de Buda), re-introducción de especies autóctonas (cría en cautividad e introducción del fartet en las lagunas de Baix Ter), creación de hábitats de nidificación (proyectos de Maremma, Villacañas y Fuente de Piedra entre otros), vigilancia y, vallado perimetral de determinadas zonas para reducir la entrada de turistas o predadores.

En general el seguimiento de las actuaciones realizadas, de forma directa (por ejemplo mediante la instalación de medidores de niveles hídricos en Trichonis) o indirecta (medidas de la calidad de aguas o de la composición de las comunidades biológicas), es un factor común en los proyectos estudiados. Particularmente el seguimiento de los parámetros físico-químicos y la instalación de estaciones de muestreo de la calidad de agua, son medidas de seguimiento implantadas por la mayoría de los proyectos (son destacables los proyectos de Nestos, Tavropos, Nava y Boda y Fuente de Piedra...). Esto es un factor relevante dado la importancia de evaluar si las actuaciones realizadas cumplen su cometido y si realmente, permiten alcanzar los objetivos planteados.

Como hemos visto, son múltiples los factores que provocan la degradación de un humedal. Dicho de otro modo, el deterioro de un ecosistema no se produce por una causa única sino que viene provocado por distintas variables y sobre todo, por la interacción de éstas que, de forma directa o indirecta, actúan de forma sinérgica causando la pérdida de su estado ecológico. La tabla 17, muestra a modo de resumen, las principales causas de degradación de los humedales estudiados en el anterior apartado y las acciones empleadas para su restauración.

Tabla 17. Causas de deterioro y soluciones adoptadas en los casos estudiados

Componente afectado	Tipo de alteración	Causas	Soluciones adoptadas	Resultados obtenidos	Ejemplos
Alteración de la cubeta	Colmatación	Agricultura intensiva. Deforestación,	Retirada de sedimentos Corrección de cárcavas Prácticas de conservación de suelos Balsas de decantación Reconversión de terrenos agrícolas Revegetación de cuenca vertiente Eliminación de vegetación helófito (siega, quema controlada, pastoreo) invasiva	Mejora de la calidad del agua Recuperación de comunidades vegetales y animales Aumento de la capacidad de retención de agua e incremento del hidropereodo	Laguna de Fuente de Piedra Lagunas del Sur de Córdoba Valli del Mincio, Tevere-Farfa, lagunas de Villafáfila, Lagunas temporales del Sur de Francia, lago Tavropos
	Deterioro de márgenes	Erosión por acción de mareas, tránsito de embarcaciones, viento, etc.	Empleo de estructuras biodegradables Barreras de materiales naturales Revegetación de márgenes	Recuperación de márgenes Recolonización del biotopo	Laguna de Venecia, Laguna de Fuente de Piedra, Isla de Buda.
	Dragado	Extracción de áridos	Reperfilado de cubeta Revegetación	Creación de humedales artificiales	Graveras del Guadiamar
Régimen hidrológico	Deseccación	Agricultura intensiva	Eliminación de drenes Retirada de sedimentos Reconversión de terrenos agrícolas Rotura de muros	Recuperación de área inundable	Doñana 2005, Lagunas del Sur de Córdoba, Lagunas de la Nava y Boada, Marismas del Odiel, Lagunas de la Nava y Boada, Laguna de Gallocanta, Lagunas de Villafáfila, Laguna de Fuente de Piedra, Estanques temporales de Menorca
	Barreras estructurales	Infraestructuras	Eliminación de barreras	Recuperación de las conexiones hídricas	Marismas del Odiel, Bahía de Cádiz, lagunas de Cabo de Gata, Río Guadiamar
	Degradación de red hídrica	Colmatación de la red hídrica	Recuperación de canales, Revegetación de márgenes Rotura de muros o diques	Recuperación de flujos Regeneración de vegetación autóctona	Doñana 2005, Corredor Verde del Guadiamar, Marismas de Rodia, Laguna de Pylos, Isla de Buda, Valli del Mincio, Lagunas de la Nava y Boada, Bahía de Cádiz, Laguna de Fuente de Piedra
	Sobreexplotación del acuífero	Extracciones	Estudios hidrogeológicos Vigilancia	Recuperación de niveles piezométricos	Acuífero de Tordera, Doñana 2005

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Causas de deterioro y soluciones adoptadas en los casos estudiados (cont.)

Componente afectado	Tipo de alteración	Causas	Soluciones adoptadas	Resultados obtenidos	Ejemplos
Calidad de las aguas	Eutrofización	Aguas residuales urbanas, Agricultura intensiva	Depuración Lagunaje Filtros verdes Eliminación de MO Extensificación Mejora de técnicas de cultivo Eliminación de vegetación helofítica	Mejora de la calidad del agua Disminución de carga de nutrientes	Laguna de Fuente de Piedra, Doñana 2005, Marismas del Odiel, Laguna de Fuente de Piedra, Lagunas de Ter Vell y La Encanyada, Delta del Ebro Isla de Buda, Albufera de Adra, Lagos Nestos, Tavropos y Trichonis, Acuífero de Tordera Lagunas de la Nava y Boada, Estanques temporales de Menorca, lagunas de Villafáfila y Villacañas.
	Vertidos contaminantes	Vertidos mineros e industriales	Depuración Fitoremediación Eliminación de efluentes	Recuperación de la calidad del agua Recuperación de las comunidades vegetales y animales	Stagno di Cagliari, Corredor Verde del Guadiamar
	Salinización	Intrusión de agua de mar, pérdida de aportes de agua dulce	Aportes de agua dulce canalizada Compuertas de regulación Barreras al agua salobre	Decremento de salinidad Recuperación de poblaciones de peces Mejora de la vegetación	Laguna de Pylos, Parque de Maremma, Marismas de Rodia, lagunas de Logarou, Tsoukalio y Rodia, Río Sile
	Deterioro de hábitats	Urbanización, Presión turístico-recreativa, Sobrepastoreo	Vallado Mejora de hábitats para fauna silvestre Revegetación Reintroducción de especies Restauración pasiva	Mejora de la calidad del agua, Disminución de molestias a la fauna Recuperación de especies autóctonas	Corredor Verde del Guadiamar, Parque de Maremma, Marismas de Rodia, lagunas de La Pletera, Laguna de Tsoukalio, Stagno di Cagliari, Isla de Buda, ZEPA Cabo de Gata,
Comunidades biológicas	Despecies exóticas	Introducción de especies con fines lúdico-deportivos Expansión natural de especies invasoras Abandono de mascotas exóticas	Eliminación de especies exóticas	Recuperación de especie autóctonas	Isla de Buda, Valli del Mincio Lagunas de Villafáfila, Estanques temporales de Menorca.
	Acceso incontrolado	Turismo intensivo, Falta de sensibilización	Vigilancia Sensibilización Canalización de visitas por itinerarios señalizados Limitación de acceso a zonas de reserva	Ordenación del turismo Apreciación de los valores y recursos de la zona Conducta respetuosa con la fauna y vegetación	Laguna de Pylos, lago de Banyoles, lagunas de Villafáfila, y Villacañas, Laguna de Fuente de Piedra, Marismas del Odiel y Lagunas del Sur de Córdoba, Estanques temporales de Menorca.
	Caza y pesca incontrolado	Furtivismo, expolio	Vigilancia Recargas	Mejoras para la fauna (nidificación, cría..)	Marismas de Rodia, lagunas de Villafáfila.

Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

6.1 Lecciones aprendidas

Aunque no se cuenta con una metodología que nos indique paso a paso como resolver los problemas de restauración para cada ecosistema, si existen algunos aspectos básicos que considerar en una restauración ecológica (FISRWC 1998, Márquez-Huitzil 1999).

La primera cuestión que se debería plantear al abordar un proyecto de restauración es, si la situación en que se encuentra el humedal realmente demanda un plan de restauración. No hemos de olvidar la complejidad que caracteriza a estos sistemas y que, en ocasiones los intentos de recuperar un humedal han fracasado, siendo peor la intervención que la situación de partida. En la Recomendación 4.1 de la Convención de Ramsar se hace notar acertadamente que *“el mantenimiento y la conservación de los humedales existentes siempre es preferible y menos onerosa que su restauración ulterior”* y que *“los planes de restauración no deben debilitar los esfuerzos para conservar los sistemas naturales existentes”*.

A veces, cuando las perturbaciones de origen antrópico no han afectado las funciones esenciales (hidrogeomorfológicas) del ecosistema de humedal, permitir la regeneración natural de éste puede ser más beneficioso que aplicar un trabajo de restauración. No hemos de olvidar que la característica más importante de un humedal (de todos los ecosistemas), es su integridad ecológica, definida como la capacidad natural de los ecosistemas para perpetuar su funcionamiento en el tiempo y para poder recuperar su estructura, su composición y sus funciones tras una perturbación. Desde este punto de vista, la restauración debería tener como objetivo restablecer la integridad ecológica en aquellos casos, en que ésta haya sido alterada.

Para conseguirlo es necesario identificar los componentes claves en los que se basa dicha integridad ecológica. En los humedales estos factores son: la hidrología, la cubeta y los organismos. El Plan Andaluz de Humedales recoge unos criterios básicos a tener en cuenta para la gestión de humedales. Dado el carácter mediterráneo de los humedales andaluces, estos criterios son extensibles al resto de la cuenca mediterránea y, por tanto, consideramos que son factores imprescindibles que deben aplicarse a la hora de planificar un proyecto de restauración.

- **Hidrología:** En el caso concreto de los humedales, la hidrología es el aspecto principal a tener en cuenta. Este componente cobra especial relevancia en los ecosistemas mediterráneos, debido a la gran variabilidad hidrológica interanual que afecta a estos sistemas, produciendo importantes fluctuaciones en los patrones de vaciado y llenado de sus cubetas. La restauración debe respetar este dinamismo. Es necesario un profundo conocimiento de su dinámica hídrica, de modo que las actuaciones de restauración no repercutan en el dinamismo natural y, permitan respetar las fluctuaciones hídricas características de estos sistemas. Por otro lado, la restauración de los humedales debe estar relacionada con la de sus cuencas hidrográficas y la de los acuíferos asociados. Ya hemos comentado anteriormente, que la Directiva Marco del Agua considera el humedal, junto con su cuenca, superficial o subterránea, como la unidad básica de gestión. La inclusión de la cuenca hidrográfica en la restauración de los humedales asienta las bases para una gestión integrada de los procesos hidrogeomorfológicos.

- **Cubeta:** La estructura de las cubetas condicionan fuertemente el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en su interior. Por este motivo, es esencial que las actuaciones diseñadas en el proyecto de restauración respeten el modelado (morfología y morfometría) y las formaciones superficiales (sedimentos y suelos) al tiempo que actúen reforzando la capacidad natural de respuesta del sistema a perturbaciones.
- **Biota:** La restauración debe ir enfocada a potenciar las características funcionales de la diversidad de los seres vivos y de sus comunidades, así como al papel ecológico que juega cada una de ellas. La importancia de las comunidades biológicas en el estado ecológico de los humedales queda recogido en la Directiva Marco del Agua donde se incorpora la utilización de indicadores biológicos para evaluar la calidad de las aguas. Del análisis comparativos de los casos estudiados de proyectos sobre humedales mediterráneos, podemos extraer las siguientes lecciones aprendidas.

Lección 1. Es necesario que el conocimiento científico-técnico esté presente desde el principio y en todas las etapas del diseño y desarrollo de los proyectos o programas de restauración y, no como suele ser frecuente, incorporarlo como seguimiento una vez que han sido elaborado.

Lección 2. Dada la complejidad que conlleva la solución de los problemas ambientales es necesario abordarlos, la mayoría de las veces, desde un conocimiento científico interdisciplinar que incluya áreas de las ciencias de la naturaleza, sociales y tecnológicas.

Lección 3. Es fundamental contar con una trama conceptual de referencia para darles, significado, sentido y servir de hilo conductor a todas las actuaciones que incluya un proyecto. En este sentido hay que tratar de evitar los proyectos conformados como un catálogo o relación de actuaciones más o menos independientes y no suficientemente articuladas.

Lección 4. Es esencial traducir los resultados de proyectos de restauración en propuestas concretas de gestión con un lenguaje sencillo y directo que llegue al público general para poder contar con el apoyo y la apropiación del proyecto por la población local.

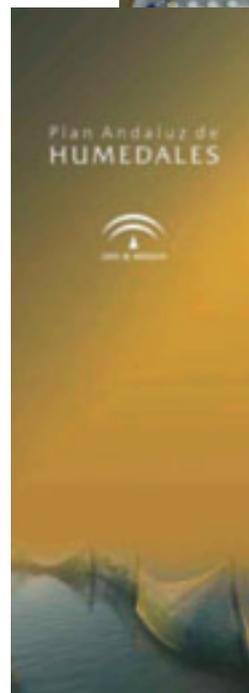
Lección 5. Es muy importante ajustar los tiempos de la investigación con la del desarrollo de los proyectos técnicos. Es decir, tratar de evitar el desfase desde lo que se pide con la urgencia de la gestión y, el conocimiento que se genera desde la investigación científica.

Lección 6. Dada las incertidumbres inherentes a los proyectos de restauración de ecosistemas y en especial, los relacionados con los humedales mediterráneos, es fundamental desarrollar modelos de gestión adaptativa por lo que es necesario poder contar con fondos que financien, un programa de seguimiento a largo plazo de las actuaciones realizadas.

6.2 Principios básicos para la realización de un proyecto de restauración ecológica de humedales

A partir de los distintos documentos consultados y de las experiencias observadas en los proyectos recopilados, podemos establecer unos principios básicos útiles para emprender un proyecto de restauración ecológica. A modo de resumen, estos principios básicos son:

- La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, ha puesto de manifiesto la importancia económica de los servicios de los humedales así como, el declive de la mayor parte de estos servicios. Invertir esta tendencia es posible a través de políticas y prácticas dirigidas a conservar y restaurar el capital natural.
- Un proyecto de restauración debe constar de cuatro fases: planificación, implantación, seguimiento y evaluación. Todas las fases son igualmente importantes y requieren de la misma dedicación. Un programa de restauración ecológica requiere de un gran compromiso de quienes lo realizan, tanto en el detalle de los trabajos como en su seguimiento.
- Análisis de las condiciones en que se encuentra el humedal. Antes de iniciar un proyecto de restauración, es necesario realizar una detenida investigación preliminar que permita evaluar el estado en que se encuentra el humedal, así como los factores que afectan a su integridad ecológica. Es muy positivo detectar ecosistemas del mismo tipo ecológico del que se pretende restaurar bien conservados, y así poder determinar unas condiciones de referencia.
- Establecer en el proyecto, metas y objetivos compatibles con el humedal. Los objetivos deben ser claros, patentes y operativos. Deben dar solidez a cada una de las actuaciones propuestas y estar dirigidos hacia la restauración y conservación de los procesos biofísicos claves que determinan la integridad ecológica de los ecosistemas, ya que se entiende que ésta es la única fórmula de asegurar un flujo sostenible de bienes y servicios hacia la sociedad.
- Aplicación de unas técnicas correctivas. Consisten en una serie de actuaciones encaminadas a eliminar el factor causante de la perturbación del ecosistema. Se aplican durante la fase de implementación y deben formularse de forma que sean cuantificables y mensurables mediante un sistema de indicadores, de tal forma que los programas de actuación puedan ser medidos y seguidos fácilmente para evaluar su grado de cumplimiento.
- Evaluación de la eficacia de estas técnicas. Es imprescindible identificar distintos aspectos de la estructura del sistema que estén relacionados con el funcionamiento del mismo y que, sean cuantificables, de modo que puedan medirse para comprobar la buena evolución de las técnicas aplicadas.
- Mantenimiento o empleo de técnicas alternativas. En caso de que las actuaciones planteadas no estén garantizando la consecución de los objetivos, es necesario aplicar técnicas alternativas que permitan restaurar la integridad ecológica del humedal. Estas técnicas deben contemplarse durante la primera etapa del proyecto (la planificación), aunque su implementación no siempre es requerida.
- Aplicación de un programa de seguimiento. Desde antes de iniciarse el proyecto de restauración, es prioritario tener el diseño y los fondos económicos necesarios, para hacer un seguimiento y evaluación de los aciertos y errores de las actuaciones y realizar un reajuste de objetivos y procedimientos particulares de la restauración.
- La difusión de los proyectos de restauración es beneficiosa. La información general sobre los resultados alcanzados en proyectos de restauración, tanto si han sido ejecutados con éxito como de los inconvenientes y problemas encontrados durante su ejecución, permite ampliar el conocimiento de la restauración ecológica a la vez que pueden resultar inspiradores y alentar la elaboración de nuevos proyectos y programas de restauración.
- Lograr la participación de todos los grupos sociales implicados en cada una de las etapas que integran el proyecto. La ejecución de un proyecto depende de la cooperación de distintos colectivos: autoridades públicas, distintos sectores de la población, consultores técnicos y científicos y organizaciones no gubernamentales.
- Los objetivos marcados han de ser sostenibles a largo plazo, en vez de dar resultados temporales únicamente.
- Es preciso procurar que los gastos corrientes de mantenimiento de las zonas en el futuro sean bajos o nulos. En muchos casos será posible también que las zonas generen ingresos/reporten beneficios.



Plan Andaluz de Humedales

Bibliografía

- ALBA-TERCEDOR, J. & SÁNCHEZ-ORTEGA, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica* 4: 51-56.
- ALONSO GARCÍA, E. (1999). Política del agua y gestión de humedales: la experiencia española. *SEHUMED* nº 12. 1999.
- AHLUND, M. y GOTMARK, F. (1989) Gull predation on Eider ducklings *Somateria mollissima*: effects of human disturbance. *Biological Conservation* 48: 115-127.
- ANDREU MOLINER, E. y CAMACHO GONZÁLEZ, A. (2002). Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, Spain. 226 pp.
- ANDREWS, J. & D. KINSMAN (1990). Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual. RSPB. 184 pp.
- Aplicación de la Directiva Marco del Agua de la UE: Serie de Seminarios sobre el Agua Organizados por el WWF con el apoyo de la Comisión Europea y TAIEX Nota de Síntesis Seminario 2: Papel de los humedales en la gestión de cuencas hidrográficas. Bruselas, 9 y 10 de noviembre de 2000
- ARROYO, M.T.K., C. DONOSO, R. MURÚA, E. PISANO, R. SCHLATTER & I. SEREY (1995a) Toward an Ecologically Sustainable Forestry Project: Concepts, analysis and recommendations. Report made by the Independent Scientific Commission of the Río Cóndor Project to Bayside Ltd., USA. Santiago, Chile.
- ARROYO, M.T.K., J.J. ARMESTO, C. DONOSO, R. MURÚA, E. PISANO, R. SCHLATTER & I. SEREY. (1995b) Hacia un proyecto forestal ecológicamente sustentable: resumen ejecutivo. *Revista Chilena de Historia Natural* 68:529-538.
- ARROYO, P., ANSOLA, G. Y DE LUIS CALABUIG, E. (2005) La biorremediación como medida correctora en los impactos ambientales de agua contaminada con metales pesados. *ENCUENTRO INTERNACIONAL EN FITODEPURACIÓN* (Julio del 2005, Lorca)
- BALAGUER, L. y BORRELL, J. (2004) Informe técnico final: Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río tordera mediante la reutilización de aguas residuales.
- BALDWIN, A. H., et al. 1996. The influence of vegetation, salinity, and inundation on seed banks of oligohaline coastal marshes. *Ame. J. Bot.* 83: 470 - 479.
- BARBIER, E. B., ACREMAN, M. & KNOWLER, D. (1997) Valoración económica de los humedales. Guía para decisiones y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. 127 pp.
- BARNES, R.S.K. 1999. The conservation of brackish-water systems: priorities for the 21st century. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 9: 523-527.
- BÉCARES, E., CONTY, A., RODRÍGUEZ-VILLAFañe, C. Y BLANCO S., (2004). Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Ecosistemas* 2004/2.
- BENITO, G. & PUIG, M.A. 1999. BMWPC un índice biológico para la calidad de las aguas adaptado a las características de los ríos catalanes. *Tecnología del Agua* 191: 43-49.
- BESTMANN GREEN SYSTEMS IBERICA S. L. Adaptación de las Técnicas de Bioingeniería en Ambientes Mediterráneos.
- BLANCO, D.E.; J. BELTRÁN & V. DE LA BALZE (Eds.). 2002. Primer Taller sobre la Caza de Aves Acuáticas: Hacia una estrategia para el uso sustentable de los recursos de los humedales. *Wetlands International*, Buenos Aires, Argentina. 152 pp.
- BOIX, D.; GASCON, S.; GIFRE, J.; MORENO-AMICH, R.; QUINTANA, X.; MARTINOY, M. & SALA, J. (2004). Caracterizació, regionalització i elaboració d'eines d'establiment de l'estat ecològic de les zones humides de Catalunya. Informe de l'Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 85 pp.
- BOVEE, K.D.; COCHNAUR, T. (1977): Development and evaluation of weighted criteria, probability-of use curves for instream flow assessments. *Instream Flow Information Paper* 3. United States Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado. 38 p.
- BRADSHAW, A. D. (1987). Restoration: An acid test for ecology. En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D Aber (eds). *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological*. Cambridge University Press. New York, N. Y.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume
- BROWN, S. Y A. E. LUGO. (1994). Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restoration Ecology* 2 (2): 97-111
- CALZADA J., et al. (2003). Control de la Malvasía Canela en España. En: Capdevila-Argüelles L, B.Zilletti i Perez Hidalgo (coords.): *Contribuciones al conocimiento de las Especies Exóticas Invasoras*. Grupo Especies Invasoras Ed., G.E.I. Serie Técnica, 1: 236-237.
- CAMPOS I LLACH, M. (2006). Informes de actividad y propuesta del proyecto Restauración de Ambientes Acuáticos de Porqueres y Banyoles (Proyecto Nº Life03 NAT/E/000067)
- CARDELÚS, B., CASADO, S. Y ORTEGA, A., (1996). Un año en la vida de la España salvaje. Editorial Planeta, Barcelona. España, 1996.
- CARO, M. T. y G. O'DOHERTY. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*, 13: 805-814.
- CCBA. (2005). *Climate, Community and Biodiversity Project Design Standards (First Edition)*. CCBA, Washington DC. May 2005. At: www.climate-standards.org.
- CLEWELL, A. Y J. P. RIEGER. (1997). What practitioners need from restoration ecologists. *Restoration Ecology* 5 (4): 350-354.
- CLUIS, D. (1992). Des nouvelles technologies pour une gestion intégrée à l'échelle du bassin versant. Association Québécoise des techniques de l'eau, Assises annuelles, 8-10 avril 1992, Montréal, Canada.

- Consejería de Medio Ambiente, Dirección General de Planificación. Red de Seguimiento y Evaluación de Humedales de Andalucía. Procedimientos metodológicos y principales resultados.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (1999). Delimitación de regiones ecológicas en la Cuenca del Ebro. Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona.
- COSTA LT, FARINHA JC, HECKER N & TOMÀS VIVES P (EDITORS) 1996 Mediterranean Wetland Inventory, Volume 1: A Reference Manual
- COSTANZA ET AL., 1997. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* 387, 253-260.
- COWARDIN, L.M., CARTER, V., GOLET, F.C. & LAROE, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. US Fish and Wildlife Service FWS/OBS-79/31. Washington D.C.
- Crawley, M. J. (1983). *Herbivory, the dynamics of animal-plant interactions*. Berkeley: University of California Press, pp. 437.
- CRIVELLI, A. J., 1992. Fisheries of the Mediterranean wetlands. Will they survive beyond the year 2000? *Fisheries in the year 2000*, K.T.O. O'Grady, A.J.B. Butterworth, P.B. Spillett and J.C.J. Domaniewski (Eds). Proceedings of the 21st anniversary conference of the Institute of Fisheries Management, England, pp. 237-252
- CRUZ-PIZARRO, L. et. al. (2002) Eutrofización de técnicas de biomanipulación para la gestión de la eutrofización en las Albuferas de Adra. Primeros resultados. *Ecología, Manejo y Conservación de los humedales*.
- CUMMINS, K. AND R. MATTINGLY. (1982). Assessment and Prediction of Effects of Environmental Impacts on Fish and Wildlife Habitat: Overview. Págs. 58-77. En: *Research on Fish and Wildlife Habitat* (W. T. Mason y S. Iker, Comp.) Office of Research and Development. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- CUSTODIO, E. Aspectos hidrológicos de los humedales que dependen del agua subterránea. 1ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana.
- DE MIGUEL, E., DE MIGUEL, J. Y CURT, M. (2005) Manual de Fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación.
- DEVOS, A., AND H. S. MOSBY. (1971). Habitat analysis and evaluation in wildlife management techniques. R.H. Giles Jr., ed. *The Wildlife Society*, Washington, D.C.
- DIRECTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas DO L 327 de 22.12.2000, p. 1/73.
- DGCN. 2000. Subproyecto MEDHUM-GESTION. Gestión de Humedales Mediterráneos. Dirección Gral. Para la Conservación de la Naturaleza. Min. Medio Ambiente.
- DUGAN P.J. (ed.), (1992) Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN, Gland, Suiza.
- EEA, 2001. Sustainable water use in Europe- Part 3: Extreme hydrological events: floods and droughts. Environmental Assessment report Nº 21. European Environment Agency. Copenhagen, 2001.
- El libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural. Tomo 1. Análisis Horizontales. LEADER I (1989-1993). pág.628 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ELABORACIÓN DE LÍNEAS DE MANEJO DE LA VEGETACIÓN PALUSTRE PARA LA CONSERVACIÓN DEL CARRICERÍN CEJUDO Reunión de expertos en manejo de vegetación helofítica. Su aplicación en la conservación del carricerín cejudo. Palencia, 22 al 24 de agosto de 2003 proyecto Life Naturaleza "Conservación del carricerín cejudo en la ZEPA Nava-Campos".
- EUROPEAN UNION (2003) Horizontal Guidance Document on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive. European Union.
- EUROSITE (1999) Manual de Planes de Gestión. Fundació Territori i Paisatge Caixa Catalunya.
- EWEL, J. J. (1987). Restoration is the ultimate test of ecological theory. En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin y J. D Aber, editores. *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological*. Cambridge University Press. New York, N. Y.
- FANO, E.A., MISTRI, M. & ROSSI, R. 2003. The ecofunctional quality index (EQI) : a new tool for assessing lagoonal ecosystem impairment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 709-716.
- FENNER, M. (1985). *Seed Ecology*. Chapman & Hall. Londres. 149 p.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS CARMONA, J. M. , (2004). Andalucía, naturaleza viva : la gestión activa del medio natural andaluz. Consejería de Medio Ambiente. 412p.
- FISRWG. 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG) 15 Federal agencies of the US government.
- FORES E., ESPANYA, A. and MORALES, F. (2002) Regeneración de la laguna costera de La Encanyssada (Delta del Ebro). Una experiencia de biomanipulación. *Ecosistemas XI/2*.
- FOUCES, V. (1998) Proyecto de restauración y gestión integrada de la Isla de Buda (Cataluña, España) Informe de seguimiento correspondiente al ejercicio de 1998. Direcció General de Patrimoni Natural i del Medi Físic. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya
- FOUCES, V. (2000) Restauración y Gestión Integrada de la Isla de Buda (Parc Natural del Delta DE L'EBRE) Direcció General de Patrimoni Natural i del Medi Físic. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya

- FRANKLIN, J.F. (1995) Sustainability of managed temperate forest ecosystems. En: *Defining and Measuring Sustainability. The Biogeophysical Foundations* (M. Munasinghe & W. Shearer, eds.), pp. 355-385. The United Nations University and The World Bank, Washington, D.C.
- GATTENLÖHNER, U., HAMMERL-RESCH, M. y JANTSCHKE, S. Eds. (2004). *Restauración de Humedales – Manejo Sostenible de Humedales y Lagos Someros*.
- GIELEN E. (1998). Los SIG en el estudio de los humedales. *Humedales Mediterráneos*, (1998) 123-130 SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755.
- GOLTERMAN, H. (1992) Wetland pollution: an emphasis on eutrophication. In: C. M. Finlayson, G. E. Hollis and T. J. Davis (eds.). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. IWRB Special Publication 20, Slimbridge, UK. Pp 154-158.
- GONZÁLEZ, G. (1993) Los humedales. *Ambientes amenazados y olvidados*. Chile Forestal 208: 34-35.
- GONZÁLEZ MIRAS, E., VALERO, J., NEVADO, J.C. Estado de conservación de enclaves acuáticos en la Sierra de los Filabres (Almería): implicaciones para los anfibios. P. 151-161.
- GORDON, E. Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Rev. biol. trop*, mar. 2000, vol.48, no.1, p.25-42. ISSN 0034-7744.
- GRALL, G. (1999). The pools of springs. In: *National Geographic*. 195 (4): 123-135, April 1999.
- GROUDEVA V.I., GROUDEV S.N., DOYCHEVA A.S., (2000) Bioremediation of waters contaminated with crude oil and toxic heavy metals, Elsevier, *Ecological Engineering*, pp 293-299.
- GRILLAS, P. et al. *Mediterranean temporary pools*. Arles: Station biologique de la Tour du Valat, 2004, 2 v.
- GUIPART, R. et al 1994. Lead Poisoning in Waterfowl from the Ebro Delta, Spain: Calculation of Lead exposure Thresholds for Mallards. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 27: 289-293.
- GYSEL, L.W. y LYON, L.J. (1980). Habitat analysis and evaluation. Pp. 305-327. In: *Wildlife management techniques manual*. SD Schemnitz (ed). The Wildlife Society. Bethesda, MD.
- HAUENSTEIN, E., GONZALEZ, M., LEIVA, L. & FALCON, L. (1999) Flora de macrófitos y bioindicadores del lago Budi (IX Región, Chile). *Gayana Botánica* 56(1): 53-62.
- HAYES, D. F., OLIN, T. J., FISCHENICH, J. C., AND PALERMO, M. R. (2000) "Wetlands Engineering Handbook," ERDC/EL TR-WRP-RE-21, U. S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg.
- HECKER N. AND P. TOMÀS VIVES (1995), *The status of wetland inventories in the Mediterranean Region*, MedWet / Wetlands International / ICN, Lisbon, Portugal, 150 pp.
- HELLAWELL, J.M. (1986) *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier Applied Science.
- HOFFMANN, O. (2000). "La movilización identitaria y el recurso de la memoria (Nariño, Pacífico Colombiano)". In C. Gnecco y M. Zambrano (eds.), *Memorias hegemónicas, memorias disidentes*. ICANH-Universidad del Cauca, pp. 97-120.
- HOLLIS GE & FINLAYSON CM (1996). Ecological change in Mediterranean wetlands. In *Methodological guide to monitoring Mediterranean wetlands*, eds P Tomas-Vines, CM Finlayson, B Goldsmith, R Rufino & P Grillas, MedWet, Slimbridge, UK, 5-24.
- HOLMES, M. G. (1992). Monitoring vegetation in the future: radar. *Botanical Journal of the Linnean Society* 108:93-109.
- HORNER, R. R. AND RAEDEKE, K. J. (1989). *Guide for wetland mitigation projects monitoring*. Washington State Department of Transportation, Seattle, WA, USA. Report Number WA-RD 195.1.
- HOWARD, G. (1999) *Especies invasoras y humedales*. Ramsar COP7 DOC. 24.
- IGME (2001). *Guía de restauración de graveras*. Instituto Geológico y Minero de España. 208 p.
- Interagency Workgroup on Wetland restoration (IWWR) (2001). *An introduction to wetland restoration, creation, and enhancement: A guide for the public*. USEPA, NOAA, USCEC, USF&WS, and NRCS.
- Interagency Workgroup on Wetland Restoration (IWWR): National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Protection Agency, Army Corps of Engineers, Fish and Wildlife Service, and Natural Resources Conservation Service. *An Introduction and User's Guide to Wetland Restoration, Creation, and Enhancement*. NOAA/EPA/NRCS/ACE/FWS, (2003).
- INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION (IPIECA). (1994). *The IPIECA Oil Spill Report Series: Biological impacts of oil pollution: salt-marshes*. 1994. 20 p., vol. 6. Londres
- IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species.
- IUCN. (1995). *Guía para reintroducciones*. IUCN\SSC Re-introduction Specialist Group. IUCN, Gland (Switzerland).
- JOHNSON, R.R. & S. W. CAROTHERS. (1982). *Riparian Habitats and Recreation: Interrelationships and Impacts in the Southwest and Rocky Mountain Region*. Eisenhower Consortium Bulletin 12.
- JORDAN III, W. R., M. E. GILPIN, AND J. D. ABER, eds. (1987). *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge University Press, New York.
- JUNTA DE ANDALUCÍA. (2002). *Plan Andaluz de Humedales*. Consejería de Medio Ambiente. 253 pp.
- KAHLERT, J. (1994) Effects of human disturbance on broods of Red-breasted Mergansers *Mergus serrator*. *Wildfowl* 45: 222-231.

- KEDDY, P.A. & A. A. REZNICEK. (1982). The role of seed banks in the persistence of Ontario's Coastal Plain Flora. *Amer. J. Bot.* 69: 13 - 22.
- KOVACS, M., P. JANOS, T. ZLTAN, T. GABOR, C. ZSOLT AND L. D. M. JAN (1992). Biological Indicators in Environmental Protection. Ellis Horwood series in Environmental Management, Science and Technology. 236 p.
- KREBS, C. T. Y TANNER, C. E. (1981). Restoration of oiled saltmarshes through sediment stripping and *Spartina* propagation. Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference 375-385. Nº Publicación API 4334, American Petroleum Institute, Washington D.C.
- KUSLER, J.A. & M.E. KENTULA. (1990). Wetlands creation and restoration. The status of the science. Island Press, Washington, D.C. USA.
- KUSLER J.A., MITSCH, W & LARSON, J. (1994) Humedales. Investigación y Ciencia 210: 6-13.
- LAMBERT ALAIN (asesor principal de la Convención de Ramsar). (Mayo de 2003). Valoración económica de los humedales: un componente importante de las estrategias de gestión de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Convención de Humedales Ramsar.
- LECK, M. A. (1989). Wetland seed banks. p. 257 - 280. In: Leck, M. A., V.T Parker & R. L Simpson (Eds). *Ecology of Soil Banks*. Academic Press, Nueva York.
- LEWIS, R. R. III. (1990). Wetlands restoration/creation/enhancement terminology: Suggestions for standardization. Pages 417-422 in J. A. Kusler and M. E. Kentula (eds.), *Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science*. Island Press, Washington, D.C.
- LEWIS, R. R. (1990). "Creation and restoration of coastal plain wetlands in Florida." *Wetland creation and restoration: Status of the science*. J. A. Kusler y M. E. Kentula, eds., Island Press, Washington, DC, 73-101.
- LEWIS, R. R. (1992). "Coastal habitat restoration as a fishery management tool." *Stemming the tide of coastal fishhabitat loss*. Proceedings of a Symposium on Conservation of Coastal Fish Habitat, Baltimore, MD, 7-9 March 1991. R. H. Stroud, ed., National Coalition for Marine Conservation, Inc., Savannah, GA, 169-173.
- LEWIS, R. R., KUSLER, J. A. Y ERWIN, K. L. (1995). "Lessons learned from five decades of wetland restoration and creation in North America." *Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales en la Cuenca Mediterránea*.
- LOCKWOOD, JL AND PIMM, SL. (1999). When does restoration succeed? In: Weiher E and Keddy P (Eds). *Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LÓPEZ, A. & CORREAS, E. (2003). Gestión de Áreas Protegidas Mediterráneas. Análisis y posibilidades de las redes y los planes de acción. IUCN. 151 páginas.
- MACHADO, A. (2001) Restauración ecológica: una introducción al concepto (I) y (II). En: Medio Ambiente Canarias. Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente de Canarias.
- MANZANO, M. ET AL. 2002. Metodología de tipificación hidrológica de los humedales españoles con vistas a su valoración funcional y a su gestión. Aplicación a los humedales de Doñana. *Boletín geológico y minero*, 113 (3): 313-330
- MÁRQUEZ-HUITZIL, R. (1999). Regeneración de la vegetación en distintos ensayos de restauración de minas de roca caliza a cielo abierto en una industria cementera, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. México.
- MÁRQUEZ-HUITZIL, R., B. JUÁREZ Y S. GUTIÉRREZ. (1998). Informe final del Programa de Evaluación de la Restauración ecológica (1998). Convenio Apasco- Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver. México
- MÁRQUEZ-HUITZIL, R. Y C. CHIAPPY. (2003). Contribución a la Restauración ecológica en las canteras de APASCO-Orizaba.
- MATEO, R. et al (1997). An Epizootic of Lead Poisoning in Greater Flamingos (*Phoenicopterus ruber roseus*) in Spain. *Journal of Wildlife Diseases*, 33(1): 131-134.
- MATEO, R. et al (1997). Lead Poisoning in Free Ranging Griffon Vulture (*Gyps Fulvus*). *The Veterinary record*. 140: 47-48.
- MATEO, R. et al (1997). Lead Shot Pellets in the Ebro Delta, Spain: Densities in Sediments and Prevalence of Exposure in Waterfowl. *Environmental Pollution*. Vol. 96, No. 3, 335-341.
- MCCONNELL, W.J., E.P. BERGENSEN & K.L. WILLIAMSON. (1982). Habitat Suitability Index Models: a Low Effort System for Planned Coolwater and Coldwater Reservoirs. *Fish & Wildlife Services. Fws/Obs-82/10.3*. Wash., D.C.
- MEFFE, G. K., C. R. CARROLL. (1996). *Principles of conservation biology*. Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, MA.
- MEJÍA ZERMEÑO, R. Diseño, rehabilitación y rehabilitación de cauces con materiales naturales. VI Jornadas de Conaphi-Chile.
- MEMBERS OF THE SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP (2004) *Natural Capital and Ecological Restoration, An Occasional Paper of the SER Science and Policy Working Group*, April 2004
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, D.C.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005). *Ecosystem Services and Human Well-Being: Wetlands & Water: Synthesis*. World Resources Institute, Washington D.C.
- MONTES, C. y LOMAS, P. L. (2003) Dimensión científica del Plan Andaluz de Humedales *Revista Medio Ambiente* Nº 42.
- MONTES, C.; BORJA, F.; BRAVO, M. A. Y MOREIRA, J. M. (1998). Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: Una Aproximación Ecosistémica; CMA. Junta de Andalucía; Sevilla.

MOSS, B. et al. (2003). The determination of ecological status in shallow lakes a tested system (ECOFAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 507-549.

PÉREZ, M., MANUEL Y ANTONIO FAJARDO DE LA FUENTE. Oportunidades de Recuperación de Humedales Endorreicos en la Baja de Andalucía: en el área de la Lantejuela (Sevilla). Dirección General de Ordenación del Territorio.

MEFFE, G. K. Y C. R. CARROLL. (eds.). (1994). *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.

MEIJER ET AL. (1999). Biomanipulation in shallow lakes in the Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hidrobiología* 408/409:13-30.

MICHAEL MOSER, CRAWFORD PRENTICE, AND SCOTT FRAIZER. (1996). "A Global Overview of Wetland Loss and Degradation". *Wetlands international (Wetland Inventory and Monitoring Specialist Group)*. Conference Proceedings Ramsar, Vol. 10.

MIMAM (2000). Plan Estratégico Español para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales. Dirección General de conservación de la Naturaleza-Ministerio de Medio Ambiente; Madrid.

MIMAM Las aguas continentales en los países mediterráneos de la unión europea. (2000).

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, (2003). Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural. Secretaría General Técnica, Madrid.

Ministerio de Medio Ambiente. (2003). Informe sobre la eliminación de especies exóticas introducidas en el Parque Nacional de Doñana. Año 2002.

MÖLLER, P. & MUÑOZ, A. (1998) Humedales y Educación Ambiental. Guía Práctica para Padres, Profesores y Apoderados. CEA Ediciones. Valdivia. Chile. 99 pp.

MONTES, C. (1996). Conservación de humedales: problemas y soluciones. *ECOLOGÍA*. Verano 1996. págs 30-35.

MONTES, C. Una aproximación Ecosistémica a la Gestión y Restauración de Humedales. Departamento interuniversitario de Ecología. Universidad autónoma de Madrid.

NAVASCUÉS, R. (2005) Documento de Informe Preliminar del Proyecto Life Humedales Sostenibles. (ASAJA) Asociación de Jóvenes Agricultores de Sevilla y Guadalquivir (Ingeniería de Sistemas)

NILSSON, C. & G. GRELSSON. (1990). The effects of litter displacement on riverbank vegetation. *Can. J. Bot.* 68:735- 741.

NUGTEREN A. A., M. J. MORRIS., T. C. BROOKS., J. W. OLSON., M. V. MILLER. (1997). *Illinois Wetland Restoration and Creation Guide*. Edited. Illinois Natural History Survey. USA. 188 p.

NOSS, R. (1990) Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. En *Conservation Biology*. Vol. 4. No 4. Corvallis, USA. 355-364 pp.

NYBERG, (1999). An Introductory Guide to Adaptive Management for Project Leaders and Participants. BC Forest Services Branch.

OFICINA DE LA CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES. El papel de los humedales en la búsqueda de soluciones a la crisis mundial del agua. Conferencia Internacional del Agua y el Desarrollo Sostenible. Paris, 1998

PAPASTERGIADOU, E., AGAMI, M. & WAISEL, Y. (2002). Restoration of aquatic vegetation in Mediterranean wetlands. In: *Restoration of Mediterranean Wetlands*. (G. C. Zalidis, T. L. Crisman, P. A. Gerakis, Editors), A MedWet Publication. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Center, Themi, Greece, (pp. 47-69).

PAPAYANNIS, TH. (2002), Regional action for wetlands: The Mediterranean experience 1991-2002, a MedWet/ Tour Valat Publication, Le Sambuc, Arles, France, 100pp.

Paracuellos, M. y Nevado, J.C. (2002). Conservación de las albuferas de Adra. *Life-Naturaleza 1998*. Informe final. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

PARADA, ESPERANZA Y PEREDO, SANTIAGO (2005). La relocalización como una herramienta de conservación y manejo de la biodiversidad: lecciones aprendidas con *Diplodon chilensis* (Gray 1828) (Bivalvia, Hyriidae). *Gayana (Concepc.)*, 2005, vol. 69, no.1, p.41-47. ISSN 0717-6538.

PARKER, T.V. Y S.T. PICKETT. (1997). Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. En: Urbanska, K.M., N.R. Wobb y P.J. Edwards. *Restoratio Ecology and Sustainable development*. Cambridge University Press. U.K.

PEARCE, F, CRIVELLI, A. J. (1994). Characteristics of Mediterranean wetlands A J Crivelli, J Jalbert (eds) *Conservation of Mediterranean wetlands no1*, Station Biologique de la Tour du Valat, Arles (France)

PERENNOU, C. (2002) Restoration of wetland fauna. In: *Restoration of Mediterranean Wetlands*. (G. C. Zalidis, T. L. Crisman, P. A. Gerakis, Editors), A MedWet Publication. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Center, Themi, Greece.

PERENNOU, C. et al. (1996). Module de formation "Plan de Gestion d'une zone humide méditerranéenne MedWet/Tour du Valat".

PÉREZ-OLMEDILLA, M., SANCHEZ-CARRILLO, S. (Centro Ciencias Medioambientales (CSIC))Carmen Rojo (Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva (Universitat de València)). Función depuradora de los humedales II: una revisión bibliográfica sobre el papel del sedimento. *Humedales Mediterráneos*, (2000) 123-130 SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755.

- POAINI, K. A. & C. JONHSON. (1989). Effect of hydroperiod on seed bank composition in semipermanent prairie wetlands. *Can. J. Bot.* 67: 856 - 864.
- PRAT, N., MUNNE, A., RIERADEWALL, M., SOLA, C. & BONADA, N. 2000. ECOSTRIMED. Protocol per determinar l'estat ecològic dels rius mediterranis. Estudis de la qualitat ecològica dels rius, 8. Diputació de Barcelona. 94p.
- Protocolo Distrital de Restauración Ecológica (PDRE), (2000). Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Bogotá. FUNDACIÓN BACHAQUEROS – DAMA
- RAMSAR (2000): Notas informativas sobre los valores y las funciones de los humedales. mitigación del cambio climático. Hoja informativa Nº 5 2000. www.ramsar.org/values_climat_s.htm.
- RAMSAR CONVENTION BUREAU (2002) Resolución VIII.16: Principios y lineamientos para la restauración de humedales. 8ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales "Humedales: agua, vida y cultura" Valencia, España, 2002.
- RAMSAR CONVENTION BUREAU (1998) El papel de los humedales en la búsqueda de soluciones a la crisis mundial del agua. Conferencia internacional del agua y el desarrollo sostenible. París, 1998
- RAMSAR COP7 DOC. 16.3 (1999) Política del agua y gestión de humedales: la experiencia española.
- RAMSAR COP7 DOC. 17.4 (1999) La restauración como elemento de la planificación para la conservación y el uso racional de los humedales.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1996. Diccionario de la lengua española. 1992. Tomo II. h-z. Editorial Espasa Calpe S.A., Madrid, España, 1079-2133.
- RENDON MARTOS M. y JOHNSON A.R. (1996) Management of nesting sites for Greater Flamingos. *Colon Waterbird* 19 NSP1 p167-183
- REQUES R. (2003). Conservación de la Biodiversidad en los Humedales de Andalucía. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, 280 pp.
- RIDDELL, E.S. (2002). The effects of water buffalo (*Bubalus bubalis*) on wetland bird habitat: Implications for habitat management in the Amvrakikos wetlands, Greece. A dissertation presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Magister in Scientia in Ecology of the University of Wales. School of Biological Sciences, University of Wales, Bangor.
- ROBLES, J.F. (2005) Gestión Integrada de la Agricultura en el Entorno de Humedales de Importancia Comunitaria. Informe de Actividad Núm. 1. Asociación de Jóvenes Agricultores de Sevilla (ASAJA)
- RODRÍGUEZ DE LOS SANTOS, M. (2004) El Plan Andaluz de Humedales. Jornadas de trabajo: "Implementación de Planes de Manejo en Áreas Naturales" La Nava y Boada, España.
- RODRÍGUEZ, M. y PALACIOS, J. (1995) "Actuaciones en las Lagunas de la Reserva Nacional de Caza "Las Lagunas de Villafáfila" (Zamora). Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales Mediterráneos. Montes, C.; Oliva, G.; Molina, F. & Cobos, J. (Eds.) Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. 229-238.
- RODRÍGUEZ, M. y PALACIOS, J. (2004) "Actuaciones de manejo y gestión de la reserva de las lagunas de Villafáfila (Zamora-España). Jornadas de trabajo: "Implementación de Planes de Manejo en Áreas Naturales" Fundación Global Nature. Proyecto LIFE-Medio ambiente "Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias". 29 y 30 de Enero de 2004. La Nava y Boada, España
- ROMO et al. (1996) A multivariate analysis of phytoplankton and food web changes in a shallow biomanipulated lake. *Freshwater Biology* 36: 683-696.
- RUBIO GARCÍA, J.C. (2003) Aportaciones del Plan Andaluz de Humedales a la conservación Revista Medio Ambiente nº 42.
- RUBIO GARCÍA, J. C. Conservación y Gestión de Humedales Litorales (II). Las Marismas del Odiel y Espacios Litorales de Huelva.
- RUBIO GARCÍA, J.C. (1995). "Gestión y Conservación de las Marismas del Odiel (Huelva) en la última década (1983-1993)". Bases Ecológicas para la Restauración de Humedales Mediterráneos. Montes, C.; Oliva, G.; Molina, F. & Cobos, J. (Eds.) Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. 155-163.
- SARGATAL VICENS, J. (1996). Restauración y Gestión de Humedales y su Avifauna en el Parque Natural de los Aiguamolls de L'emporda.
- SCALERA. R. & D. ZAGHI. (2004). Alien Species and Nature Conservation in the EU: The Role of the LIFE Programme. European Commission, Brussels.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2004. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 2ª edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- SEHUMED (1997) Las salinas mediterráneas a debate en la Unesco: conclusiones y recomendaciones Boletín SEHUMED (1997) Año 1. Número 2. Junio 1997 ISSN 1137 – 7747
- Séminaire international Marais Vernier. (2-5 November 1992). Restauration et Gestion des Zones Humides. Office National de la Chasse.
- SHAPIRO, J., LAMARRA, V. Y LYNCH, M. (1975). Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. En *Water quality management through biological control* (eds. Brozonik, P.L. y Fox, J.F.), pp. 85-96, Gainesville, Florida, USA.
- SHINE ET AL. (2000). A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species.
- SKINNER, J. AND ZALEWSKI, S. (1995), Functions and Values of Mediterranean wetlands, MedWet - Tour du Valat Publications: Arles, France

SKOTTE MOLLER, H. (1999). La restauración como elemento de la planificación para la conservación y el uso racional de los humedales. Ramsar COP7 DOC.17.4, San José (Costa Rica), 10 al 18 de mayo de 1999.

SMITH, L. M. & J. KADLEC. (1983). Seed banks and their role during draw-down of a North American marsh. *J. Applied. Ecol.* 20: 673 - 684.

SOBOLEWSKI A, 1999. A review of processes responsible for metal removal in wetlands treating contaminated mine drainage, *International Journal of Phytoremediation*: Vol. 1, nº 1, pp. 19-51.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SOL SÁNCHEZ et al. (2002). Modelo para la restauración ecológica de áreas alteradas. *Kuxulkab' Revista de Divulgación*. Vol. VII, Número14: 48-60.

SUÁREZ, C. y URIOS, V. (1999) La contaminación por saturnismo en las aves acuáticas del Parque Natural de El Hondo y su relación con los hábitos alimenticios. Sede para el estudio de los Humedales Mediterráneos. *SEHUMED 1*: 83-90.

Stark, M., Davidson, N. & Kouvelis, S. (2004) A Qualitative Assessment of the Status of Mediterranean Wetlands. Report of the MedWet/Com6 Technical Session. 6th Meeting of the Mediterranean Wetlands Committee (MedWet/Com6), Tipasa, Algeria, 2004

TAMISIER, A. (1987). Camargue: quartier d'hiver et de transit pour les oiseaux d'eau. *Le Courier de la Nature* 109: 30-37.

TAMISIER, A. (1992). The Camargue: a model of environmental decline. In: C.M. Finlayson, G. E. Hollis and T. J. Davis (eds.). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. IWRB Special Publication 20, Slimbridge, UK. pp 106-108.

Texas park and wildlife. Wetlands assistance guide for landowners.

The Chesapeake Bay Program's Living Resources Subcommittee and The Scientifics and Technical Advisory Committee. (2002). *The Optimization of Benefits from Wetlands Restoration: A Workshop*. Chesapeake Research Consortium, Inc.

The National Academy of Sciences. (1992). *Restoration of aquatic ecosystems: Science, technology and public policy*.

The Nature Conservancy by the Florida Department of Environmental Protection. (1998). *Restoration Procedures Manual for Public Lands in Florida*.

The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. (2001). *Stream corridor restoration. Principles, processes, and practices*.

THOMPSON ALICE L. AND CHARLES S. LUTHIN. (2º ed). (2004). *Wetland Restoration Handbook for Wisconsin Landowners*. Bureau Integrated Science Services Wisconsin Department of Natural Resources.

THOMPSON, K. (1992). The functional ecology of seed banks. p. 231 - 258. In M. Fenner (Ed.). *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. C. A. B. I, Inglaterra.

TOMÁS VIVES, P. Acciones coordinadas para la conservación de humedales: la iniciativa MedWet de Conservación de los Humedales Mediterráneos, una iniciativa regional dentro del Convenio Ramsar.

TOMAS VIVES, P. (ed) (1996) *Monitoring Mediterranean Wetlands: A methodological guide* MedWet Publication Wetlands International, Slimbridge U.K. & ICN, Lisboa, Portugal.

TOMÁS VIVES, P. Políticas de conservación y protección de humedales. Marco institucional, administrativo y legal de ámbito nacional e internacional.

TUITE, C.H., HANSON, P.R. y OWEN, M. (1984) Some ecological factors affecting winter wildfowl distribution on inland waters in England and Wales and the influence of waterbased recreation. *Journal of Applied Ecology* 21: 41-62.

UICN. (1992). *Conservación de Humedales, un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Suiza. 99 pp.

UICN. (1995). *Guías para Reintroducciones*. Preparado por el Grupo de Especialistas en Reintroducciones de la Comisión de Supervivencia de Especies (UICN/SSC). Documento aprobado por la 41ª Reunión del Consejo de la UICN. Mayo de 1995.

URICH, DAVID AND J. P. GRAHAM. (1983). Applying Habitat Evaluation Procedures (Hep) To Wildlife Area Planning in Missouri. *Wildl. Soc. Bull.*, 11(3): 215-222.

USEPA, (2000). *Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources*. EPA841-F-00-003. Office of Water (4501F), United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. 4 pp.

USGS. (2002). *Natural restoration basics for wetlands*. Beth Middleton U.S. Geological Survey National Wetlands Research Center.

VAN DER VALK, A. G. (1981). Succession in wetlands: A Gleasonian approach. *Ecology* 62 (3): 688 - 696.

VAN DER VALK, A. G. & C. B. DAVIS. (1978). The role of seed banks in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes. *Ecology* 59(2): 322 - 335.

VAN DER VALK, A. G. & C. B. DAVIS. (1979). A reconstruction of the recent vegetational history of a prairie marsh, Eagle Lake, Iowa, from its seed bank. *Aquat. Bot.* 6: 29 - 51.

VIAROLI, P. (1992). Eutrophication of the Po Delta lagoons: evaluation and prospects for restoration. In: C.M. Finlayson, G.E. Hollis and T.J. Davis (eds.). *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*, IWRB Special Publication 20, Slimbridge, UK. Pp 159-164.

VIÑALS, M. J. (coord.) (2002): *El patrimonio cultural de los humedales*. Ministerio de Medio Ambiente, pp.

VIÑALS, M. J. La variabilidad de las cubetas de los humedales mediterráneos: formas y procesos geomórficos. *Humedales Mediterráneos*, (1999) 91-98 SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755.

WELLER, M.W. (1998). Issues and approaches in assessing cumulative impacts on waterbird habitat in wetlands. *Environmental Management* 12: 695-701.

WESTRA, L. et al. (2000).- Ecological integrity and the aims of the global integrity project. En: D. Pimentel, L.Westra & R.F. Noss (eds). *Ecological Integrity. Integrating Environment, Conservation and Health*:19-44; Island Press. Washington, D.C. (USA)

ZALIDIS, G.C., ET AL. (2002). General guidelines for wetland restoration. p. 123-134. In: G.C. Zalidis, T.L. Crisman, and P.A. Gerakis (editors). *Restoration of Mediterranean wetlands. A Med-Wet Publication*. Hellenic Ministry of the Environment, Physical Planning and Public Works, Athens and Greek Biotope/Wetland Centre, Themi, Greece.

Glosario

Abiótico: Componentes del ecosistema que carecen de vida. Este término normalmente se usa para referirse a las influencias químicas y físicas sobre los organismos.

Acuífero: Cuerpo permeable de roca capaz de almacenar cantidades importantes de agua subterránea. Zona subsuperficial que cede cantidades económicamente importantes de agua a los pozos.

Agua remansada: Área de agua relativamente quieta, donde el drenaje está impedido por una obstrucción como una barra de sedimentos a través de un lago o una barra de arena a través de la salida de una laguna costera.

Aluvial: Formado por los procesos del flujo de un río, ejemplo: llanura aluvial.

Anaerobiosis: Procesos bioquímicos que no requieren la presencia de oxígeno libre para desarrollarse.

Anoxia: Ausencia de oxígeno molecular.

Arroyo: Curso de agua pequeño y poco profundo, por lo general de flujo permanente y en cierto modo turbulento.

Asociación vegetal: Comunidad vegetal de composición florística característica y con especies dominantes que le dan nombre. Las asociaciones vegetales se relacionan con condiciones ecológicas y geográficas características.

Autótrofo: Organismo que obtiene el carbono directamente a partir del dióxido de carbono y utiliza fuentes inorgánicas de nitrógeno y otros elementos para biosíntesis.

Balance hídrico: Balance entre las entradas y salidas de agua en un sistema.

Barra o banco: Sumergidos o parcialmente sumergidos montones de arena, grava o cualquier otro sedimento no consolidado, contruidos por olas o corrientes dentro de canales, en bocas de estuarios o a lo largo de la costa.

Biocenosis: Agrupación natural de seres vivos.

Biodiversidad: Según la definición de E. O. Wilson, es la variedad de organismos considerada a todos los niveles, desde variantes genéticas pertenecientes a la misma especie a conjuntos de especies, pasando por conjuntos de géneros, familias e incluso niveles taxonómicos superiores; incluye la variedad de ecosistemas, que comprende tanto las comunidades de organismos que habitan en determinados hábitats como las condiciones físicas bajo las que viven.

Biota acuática: Conjunto de organismos que viven o dependen de un ambiente acuático.

Biotopo: Puede definirse como la parte de un territorio en el que se dan las condiciones ambientales necesarias para que se desarrolle un grupo determinado de organismos. Por ejemplo, pueden constituir biotopos diferentes las dehesas, las praderas, los bosques, etc.

Bocanas: Canal o paso de mar hacia una bahía o una albufera que mantiene en contacto el humedal y el mar.

Canal: Curso artificial de agua en el que se controla el nivel del agua, se usa entre otras cosas para la navegación o el transporte de agua.

Canalización: Encauzamiento y profundización de las corrientes de agua en un sistema fluvial para crear vías más navegables, prevenir inundaciones, etc.

Canal de drenaje: Canal artificial para eliminar el exceso de agua.

Carga crítica: Cantidad máxima de contaminante que puede absorber un ecosistema sin sufrir cambios significativos.

Carófitos: Comprende unas 200 especies de algas verdes de la clase (*Charophyceae*). De entre las algas verdes, los carófitos son los únicos taxones que se ajustan a la definición de macrófitos acuáticos al ser de mayor tamaño que el resto de las algas verdes y tener un aspecto similar al de las plantas superiores, con un rizoide a modo de raíz y ramificaciones a modo de hojas. El resto de las algas verdes forman parte del plancton y del microbentos.

Cauce: Lecho o lugar por donde corren las aguas de un río o arroyo.

Caudal: Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

Ciclo hidrológico: Sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la tierra y en su retorno a la misma: evaporación del agua del suelo, mar y aguas continentales, condensación del agua en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación.

Condiciones de saturación: Una condición del suelo en la cual todo el espacio vacío entre las partículas está lleno de agua.

Cono aluvial o de deyección: Depósito aluvial formado por un curso de agua con fuerte pendiente en el lugar donde éste alcanza una llanura.

Costa: Zona de tierra cercana al mar o a un lago.

Creación de un humedal artificial: Simulación de las características y propiedades de un humedal natural en una zona no húmeda. Objetivos típicos de la creación de humedales artificiales son el reemplazo de ecosistemas o la gestión de agua torrencial.

Cuenca hidrográfica: Es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. Sus parámetros morfológicos, como el área, la pendiente, el perímetro o la permeabilidad del suelo, pueden explicar las variaciones existentes en los fenómenos hidrográficos y servir para elaborar ecuaciones proféticas.

Cuenca vertiente: Área de drenaje superficial que aporta agua a un sistema acuático.

Ecodominio: Orden escalar en la clasificación jerárquica de ecosistemas adoptada y en la que se consideran tanto los factores de control como los rangos escalares a los que se manifiestan los diferentes ecosistemas. A escala de Ecodominio la clasificación de ecosistemas se establece por grandes áreas del clima, conjuntos morfoestructurales y litologías. En la propuesta de clasificación de ecosistemas de Andalucía se diferencian cuatro ecosistemas a escala de Ecodominio: Cordilleras Béticas, Depresión del Guadalquivir, Sierra Morena y Litoral Bético.

Delta: Depósito aluvial en la desembocadura de un río constituido por una acumulación transitoria de sedimentos alimentada por un río y distribuida por olas y corrientes de un lago o del mar, que se produce cuando el suministro excede a la capacidad de dispersión de olas y corrientes. Es un ambiente de transición y mixto.

Depósito aluvial: Acumulación de arcillas, limos, arenas, gravas o cualquier otro material transportado en suspensión por el río y depositado cuando la velocidad del flujo del agua es insuficiente para mantenerlos en suspensión.

Drenaje: Extracción de agua subterránea o superficial por gravedad o bombeo.

Ecosistema: Es un sistema de interacciones entre los organismos vivos y su ambiente físico.

Ecotono: Zona donde se solapan dos ecosistemas como pueden ser el terrestre y el acuático y en la que se encuentran especies propias de cada uno de los dos ecosistemas o especies exclusivas de esa zona.

Edáfico: Referente o perteneciente al suelo.

Embancamiento: La deposición de material mineral y/o orgánico.

Endorreico: Drenaje en cuencas cerradas, sin salida por flujo superficial o subsuperficial, el aporte de agua sólo se pierde por evaporación.

Endorreísmo: En sentido estricto es la influencia de las aguas de un territorio hacia el interior de este, sin desagüe al mar.

Erosión: Desgaste y transporte de elementos del suelo por el paso de corrientes de agua, glaciares, vientos y olas.

Especie indicadora: Aquella cuya presencia o ausencia proporciona información sobre alguna o algunas características del medio o de la biocenosis de que forma parte.

Estanque o charca: Pequeño embalse de almacenamiento o pequeña extensión de agua.

Estuario: Desembocadura ensanchada de un río en el mar, donde se realiza la mezcla de aguas dulces y marinas y que está sometido a la acción de las mareas. Estas características, permiten que se presente una gran diversidad de ambientes o hábitats y que sean uno de los ecosistemas más productivos biológicamente de la naturaleza.

Eutrofización: Se dice que un cuerpo de agua está eutrofizado cuando posee un enriquecimiento en nutrientes que provoca un crecimiento excesivo de organismos, ocasionando la disminución de la concentración de oxígeno hasta niveles mínimos o hasta su agotamiento. La eutrofización de las aguas provoca un deterioro de la calidad del medio acuático para determinados usos o aprovechamientos.

Evapotranspiración: Descarga de agua de la superficie de la tierra a la atmósfera por efecto de la radiación solar, por evaporación de las aguas libres, de la superficie del suelo y por transpiración de las plantas.

Exorreico: Drenaje en cuencas con salida al mar.

Factores limitantes: Son aquellos que condicionan la presencia o la abundancia de las poblaciones vegetales y animales en un determinado lugar y tiempo.

Fitobentos: Comunidad vegetal que vive en el fondo de una corriente, un lago o el mar.

Forestación: Establecimiento de nueva vegetación mediante regeneración natural o plantación en un territorio deforestado.

Freático: Perteneciente o relativo a la zona saturada por aguas en el subsuelo.

Halófito: Planta capaz de vivir en suelos salinos.

Helófitos: Plantas perennes que mantienen el contacto con zonas saturadas de aguas y que suelen ocupar las áreas de transición entre el medio acuático y el terrestre. La enea (*Thypha domingensis*) es un ejemplo de helófito típico de los humedales andaluces.

Hidrófito: Plantas acuáticas que tienen sus órganos asimiladores sumergidos o flotantes. Requieren el medio acuático para completar su ciclo vital.

Hidroperiodo: Describe la disponibilidad de agua de un humedal al caracterizar su patrón estacional e interanual de inundación. Se define por la duración y la frecuencia de inundación del humedal. Se consideran tres tipos básicos: permanente, temporal y mareal.

Higrófitas: Plantas y comunidades propias de medios muy húmedos. Se instalan con preferencia en las márgenes de las zonas húmedas, enraizadas bajo el agua o en suelos húmedos, con un abundante abastecimiento de agua. En esta definición se incluyen las especies de áreas palustres que se conocen con el nombre de helófitos, que mantienen su parte basal sumergida durante largos periodos de tiempo pero cuyas hojas e inflorescencias son emergentes.

Iluviación: Acumulación a poca profundidad (generalmente en el horizonte B), algunas veces formando una capa dura de material separado del horizonte superior del suelo por lavado. incluyendo coloides, sales y partículas minerales (F. J. Monkhouse.).

Indicadores ecológicos: Organismo, comunidad ecológica, o característica estructural tan estrictamente asociada a una condición ambiental particular que su presencia señala la existencia de tal condición.

Inundación: Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río, o inundación por agua procedente de drenajes, en zonas que normalmente no se encuentran anegadas. Encharcamiento controlado para riego.

Lacustre: Relativo a lago.

Lago: Masa aislada y permanente de agua, de considerable volumen con comunicación al mar o sin ella.

Laguna: Masa de agua de volumen pequeño, muchas veces de carácter temporal.

Léntico: Sistema constituido por las aguas cuya característica principal es la confinación entre límites determinados de tierra como son: lagos, lagunas, ...

Línea costera: Línea de intersección del mar o de un lago con la tierra. La región inmediatamente tierra adentro de la línea costera se denomina costa y la zona hacia el mar orilla.

Lótico: Curso de agua corriente unidireccional que corre de un terreno de mayor altura a otro de menor altura.

Llanura aluvial: Llanura formada por la deposición de materiales aluviales, generalmente situada adyacente al río y con inundaciones periódicas.

Llanura de inundación: Áreas periódicamente inundadas, situadas cerca de las orillas de ríos o lagos o bajo la superficie de agua. Estos periodos de inundación provocan unas adaptaciones especiales que les otorgan unas características determinadas que a su vez determinan la existencia de comunidades biológicas particulares.

Macrófita: Planta de tamaño relativamente grande; se refiere, por lo general, a las formas acuáticas.

Marisma: Zona húmeda abierta con vegetación de juncos, hierbas y cañas y con pequeñas lagunas y canales intercalados. Es un área de transición entre ecosistemas terrestre y acuáticos, generalmente cubierta de agua o saturada en agua subterránea muy cerca de la superficie. Asociadas a ríos, lagos o terrazas marinas.

Meandro: Curva formada en el curso de un río.

Mitigación: Acción de atenuación o disminución del impacto ambiental negativo producido por diferentes actividades a fin de reducirlo a límites tolerables o admitidos por la normativa vigente.

Nicho: Parte de un ecosistema que ocupa una determinada especie.

Oligotrófico: Medio con escasez en elementos nutritivos.

Palustre: Relativo a pantanos, marismas y turberas.

Paisaje: Porción de espacio visto desde una escala de actividades humanas. Esta definición por una heterogeneidad u homogeneidad espacial y temporal, por los usos y ocupaciones que el hombre hace de ese espacio y por el ambiente natural o modificado.

Pantano: Tipo de terreno húmedo con agua estancada permanentemente o por un periodo de tiempo considerable y que tiene una cubierta densa de vegetación nativa. Los pantanos pueden ser de agua dulce o de agua salada y de marea o sin ella.

Pastor eléctrico: (Selv. & Pasc.) Valla metálica electrificada, generalmente con energía solar, que se utiliza para evitar que el ganado o la fauna silvestre entre o salga de algún terreno.

Pastoreo: El uso de herbívoros, tanto domésticos como salvajes, como herramienta de control de la vegetación.

Percolación: Movimiento descendente de agua a través del perfil del suelo, a causa de la influencia de la gravedad.

Perifiton: Conjunto de organismos de pequeño tamaño (animales o plantas) que viven adheridos sobre materiales o plantas sumergidas, formando, junto con sus detritos, una capa o película superficial.

Permeabilidad: Propiedad de un material que permite el paso del agua a través de él.

Plancton: Conjunto de organismos de tamaño microscópico (animales, vegetales y bacterias) que viven en suspensión en las aguas. Se mantienen en una masa de agua flotando de forma pasiva, por el movimiento del agua, o de forma activa si disponen de estructuras que permiten su movilidad (Ej. cilios, flagelos, vacuolas de gas, etc.). Se denomina Fitoplancton al conjunto de organismos planctónicos fotosintéticos, mientras que las especies planctónicas animales forman el Zooplancton.

Playa: Cinturón o zona de material sin consolidar, arena suelta o materiales arrastrados por las corrientes marítimas, que se extiende a lo largo de la línea del agua. La playa se extiende desde dicha línea de agua hasta un lugar en el que existe un marcado cambio de material o forma fisiográfica o hasta la línea de vegetación permanente.

Población: Conjunto de individuos de una misma especie que constituyen una unidad demográfica funcional.

Presa o dique: Obra construida para retener el flujo del agua dentro de un área determinada a lo largo de su cauce o para prevenir inundaciones debidas a mareas u ondas.

Procesos Morfodinámicos: Combinaciones de mecanismos naturales predominantes que pueden reconocerse dentro de un sistema morfogenético concreto y que determinan la existencia de diferentes sistemas morfodinámicos, a los que igualmente se asocian modelados particulares y características formaciones superficiales.

Ramblas: Cauces propios de zonas áridas en las que las precipitaciones anuales son escasas y con un fuerte componente errático en su distribución temporal, por lo que tales cauces permanecen secos durante largos periodos, pero pueden experimentar avenidas de agua intensas y de corta duración con motivo de lluvias torrenciales.

Represa: Presa artificial que aumenta la profundidad del cauce del río o curso de agua, o lo desvía en un canal para la navegación o el riego.

Restauración de humedales: Reestablecimiento de las condiciones y funciones perdidas de humedales destruidos o degradados.

Restinga: Lengua o punta formada por sedimentos aportados por los fondos marinos o por los ríos en su desembocadura y que pueden constituir una barrera litoral.

Ribera u orilla: Franja de tierra situada junto a masas de agua como un río o un lago.

Ripario: Que frecuente, crece o vive en las márgenes de los ríos.

Salina: Área con elevada concentración de depósitos de sales cristalinas. Cuerpo de agua con altas concentraciones de sal.

Salobre: Agua con un valor de salinidad aproximado de 0,50 a 17,00 partes por mil.

Sedimentación: Proceso de depósito y asentamiento por gravedad de la materia en suspensión en el agua.

Sedimento: Material sólido de naturaleza orgánica o mineral (se origina sobre todo de rocas desintegradas) y que es transportado, suspendido o depositado por el agua.

Sequía hidrológica: Período de clima anormalmente seco lo suficientemente prolongado para ocasionar una disminución apreciable en el caudal de los ríos, nivel de los lagos y/o un agotamiento de la humedad del suelo y un descenso en los niveles de aguas subterráneas por debajo de sus valores normales.

Sistemas Morfogénéticos: Expresión del conjunto de procesos geomorfológicos plurizonales que se superponen a la influencia directa del clima sobre el relieve terrestre, los cuales condicionan la génesis y el desarrollo de un modelado y unas formaciones superficiales particulares.

Soto: Áreas de ribera o vegas donde abunda la vegetación arbórea o arbustiva.

Suelos alcalinos: Llanura cubierta con sales alcalinas originadas por la evaporación del agua acumulada en una depresión.

Sucesión: Suplantación gradual de una comunidad dentro de un ecosistema a lo largo del tiempo. Estos cambios son la consecuencia de las interacciones entre los organismos y los factores abióticos del ecosistema. Cuando se habla específicamente de sucesión en comunidades vegetales, a la secuencia de comunidades se le denomina serie de vegetación y cada etapa es un estado de la misma.

Torrente: Curso de agua de pendiente empinada, y que fluye generalmente con gran velocidad y turbulencia.

Turbera: Zona húmeda llana, desarrollada sobre turbas ácidas y cubiertas por una formación palustre con acúmulo de material vegetal. La carencia de oxígeno hace que la descomposición de la materia orgánica produzca turba, que contiene un 60% de carbono y es utilizable como combustible.

Unidad Hidrogeológica: Se entiende como Unidad Hidrogeológica uno o varios acuíferos que se agrupan a efectos de conseguir una administración del agua racional y eficaz.

Definiciones extraídas o modificadas del Plan Andaluz de Humedales (Ed. Consejería de Medio Ambiente, 2002) y del Diccionario de la Naturaleza (Ed. Espasa Calpe, 1987); glosario de términos existente en la web de la Iniciativa para los humedales mediterráneos MedWet (www.medwet.org); "Diccionario del Agua" elaborado por la Convención Ramsar (www.aguamarket.com); Diccionario de Términos Piscícolas (elaborado para el Diccionario de Terminología Forestal de la Sociedad Española de Ciencias Forestales y posteriormente corregido y ampliado).

Páginas Web

Proyectos Recogidos En El Manual:

España

www.cma.junta-andalucia.es/ www.cma.junta-andalucia.es/ www.cma.junta-andalucia.es/ www.mma.es	Conservación y restauración de humedales andaluces, LIFE03 NAT/E/000055. Mejora de la gestión del LIC y la ZEPa de Cabo de Gata-Níjar, LIFE00 NAT/E/007304. Conservación de hábitats litorales de la provincia de Cádiz, LIFE03 NAT/E/000054. Doñana 2005. Regeneración hídrica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana
www.cma.junta-andalucia.es/ www.globalnature.org/ www.recogesal.org/	Proyecto "Corredor Verde del Guadiamar", Junta de Andalucía. Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias, LIFE00/ENV/D/000351. Restauración, conservación y gestión de la Laguna de Gallocanta-ReCoGeSAL, LIFE99/NAT/E/006405.
www.globalnature.org/ aquifertordera.net/ reutilización www.torroella.org/	Humedales de Villacañas, LIFE99NAT/E/006339. Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la de aguas residuales, LIFE00/ENV/E/00539. Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter, LIFE99 NAT/E/006386.
www.cime.es/lifebasses/es/index.php	Conservación y gestión de estanques temporales en Menorca, LIFE05 NAT/E/000058.

Francia

www.tourduvalat.org/	Conservación de lagunas temporales mediterráneas, LIFE99 NAT/F/006304.
----------------------	--

Grecia

www.life-trichonis.gr	Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis, LIFE99 NAT/GR/006499.
users.hol.gr/~etanam/life/english.htm	Gestión y conservación integrada de los humedales de Amvrakikos, LIFE99NAT/GR/6475.
www.anka.gr/ellinika/life/	Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia, LIFE99 NAT/GR/006480.

Italia

www.tu-berlin.de/fb7/barene www.gilia.net/	Marismas: protección y rehabilitación con técnicas de bioingeniería, LIFE99 NAT/IT/006246. GILIA, hagiopónimo de la alta Edad Media utilizado para identificar el conjunto de los humedales del Stagno di Cagliari, LIFE96 NAT/IT/003106. Programas LIFE sobre restauración de hábitats de especies
www.carricerincejudo.org/principal.htm www.lifeduna.com/	Conservación del Carricerín Cejudo en la ZEPa "La Nava-Campos", LIFE02 NAT/E/008616. Modelo de restauración de hábitats dunares en la albufera de Valencia, LIFE00 NAT/E/007339.
www.lifeduna.com/	Restauración de dunas litorales con Juniperus spp en Valencia, LIFE04 NAT/ES/000044. Programas LIFE de humedales mediterráneos relacionados con especies alóctonas
www.lpo.fr/etudes/life_nature/ life_butor/index.shtml	Programa de restauración y gestión del hábitat del avetoro común en Francia, LIFE00 NAT/F/7269
www.comune.rodigo.mn.it/ amicidelmincio/Riserva/ Gestione.htm#ProgettoLife www.torbiere.it/eng/index.htm	Conservación de la Reserva Natural de Valli del Mincio, LIFE96 NAT/IT/3073 Biodiversidad de las turberas del Iseo: conservación y gestión, LIFE99 NAT/IT/6212

Iniciativa humedales mediterráneos medwet:

Miembros

www.medwet.org.
 www.tourduvalat.org.
 www.ekby.gr.
 www.sehumed.uv.es.
 www.icn.pt.
 www.arpat.toscana.

Proyectos

www.icn.pt/medwet.
 www.medwet.org/nawn.
 www.medwet.coast.
 www.medwet.org/prespa/

Iniciativa MedWet de los Humedales Mediterráneos.
 Estación biológica de la Tour du Valat.
 Centro Griego de Biotopos y Humedales. (EKBY).
 Sede para el Estudio de los Humedales Mediterráneos.
 Instituto de Conservación de la Naturaleza Portugal.
 Agencia Regional para la Protección Ambiental de la Toscana.

Proyecto MedWet SUDOE.
 Protección y desarrollo de los humedales del Norte de África.
 Proyecto MedWetCoast.
 Parque de Prespa.

Organizaciones Mediterráneas:

www.unep.map.org.

www.gwpmed.org.
 www.emwis.org
 www.medies.net.
 www.uicnmed.org
 www.medforum.org.
 www.medhycos.org.
 www.mio-ecsde.org

www.enbi.info
 www.eucc.nl.
 www.ecnc.org

Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente Plan de Acción para el Mediterráneo.

Global Water Partnership Mediterranean.
 Sistema Euro-Mediterráneo de Información del Agua.
 Iniciativa Mediterránea de Educación para el Desarrollo y la Sostenibilidad.
 UICN Centro de Cooperación del Mediterráneo.
 Red de ONGs del Mediterráneo para la Ecología y el Desarrollo sostenible.
 MED-HYCOS Sistema Mediterráneo de Observación del Ciclo Hidrológico.
 Oficina Mediterránea de Información sobre Medio Ambiente, Cultura y Desarrollo Sostenible.

Red Europea de Información Ambiental.
 EUCC Unión Litoral.
 Centro Europeo para la Conservación de la Naturaleza.

Organizaciones españolas:

www.inbio.ac.cr.
 www.aeet.org
 www.fundacionglobalnature.org

INBio Instituto Nacional de Biodiversidad.
 Asociación Española de Ecología Terrestre.
 Fundación Global Nature.

Organizaciones relacionadas con restauración de humedales:

www.estuaries.org.
 www.ser.org
 www.user.erols.com/wetlandg/
 www.conservation-resources.com.
 www.wetlandsbank.com
 www.ine.gob.mx/dgoece/

Restore American 's Estuaries.
 Society for Ecological Restoration.
 National Wetlands Conservation Alliance.
 Conservation Resources, LLC.
 Wetlandsbank, Inc.
 Instituto Nacional de Ecología

Organizaciones internacionales:

www.unep.org.
 www.unep-wcmc.org
 www.wetlands.org.
 www.wetlands.ca.
 www.wetlands.fws.gov.
 www.ifen.fr/pages/4onzh.htm
 www.uicn.org.
 www.wwf.org.
 www.birdlife.org.
 www.panda.org.
 www.ewaonline.de.
 www.also.org.

Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente.
 UNEP World Conservation Monitoring Centre.
 Wetlands International.
 WetNet- The Wetlands Network Homepage.
 National Wetlands Inventory Homepage.
 Observatorio Nacional de Zonas Húmedas (Francia).
 Unión Mundial para la Naturaleza.
 Fondo Mundial Para la Naturaleza.
 Birdlife International.
 WWF International.
 European Water Association (EWA).
 Sociedad Americana de Limnología y Oceanología.

www.limnology.org .	Sociedad Internacional de Limnología.
www.conservation.org	Conservación Internacional.
www.fws.gov/birdhabitat .	Consejo Norteamericano para la Conservación de Humedales.
www.nwrc.usgs.gov .	National Wetlands Research Centre.
www.cfw.ufl.edu .	Centro para Humedales de la Universidad de Florida.
www.earthtrends.wri.org .	Earth Trends El Portal de Información ambiental.
www.ivmi.cgiar.org .	Instituto Internacional de Gestión del Agua.
www.irn.org .	International Rivers Network.
www.imo.org .	International Maritime Organization.
www.livinglakes.org	Living Lakes.
www.birdsandwetlands.com .	Migratory Birds and Wetlands Newslink.
www.sws.org .	Society of Wetlands Scientists.
www.nature.org .	The Nature Conservancy.
www.riverbasin.org .	River Basin Initiative.
www.wetkit.net .	Wetkit Herramientas para trabajar con humedales en Canadá.
www.wri.org	Words Resources Institute.
www.worldwatercouncil.org .	Consejo Mundial del Agua.
www.ine.gov.mex .	Instituto Nacional de Ecología (Méjico).

Organismos oficiales:

www.mma.es .	Ministerio de Medio Ambiente.
www.nature.coe.int .	Consejo de Europa.
www.org.eea.eu.int .	Agencia Ambiental Europea (EEA).
www.europa.eu.int .	Comisión Europea.
www.europa.eu.int/comm/environment/life/funding/index.htm	Comisión Europea Proyectos LIFE.
www.eurosite-nature.org	Eurosite.
www.ims.wcmc.org.uk/IPIECA2/regions.htm	Servicio de información medioambiental WCMC.
www.wwfreshwater.org .	WWF-Programa Europeo de Aguas dulces.
www.biodiversity.eunet.eu.int	Centro Temático Europeo de Diversidad Biológica.
www.epa.gov	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA).
www.nwrc.usgs.gov	National Wetlands Research Center.
www.usda.gov .	Departamento de Agricultura de EEUU.
www.wes.army.mil/el/westlands/	Laboratorio ambiental WES-Humedales (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos).

Convenciones internacionales:

www.ramsar.org .	Convención Ramsar sobre humedales.
www.cites.org .	Convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre.
www.cms.int	Convenio de Bonn sobre especies migratorias de fauna silvestre.
www.biodiv.org	Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica.
www.coe.int/T/E/Cultural_Co-operation/Environment/Nature_and_biological_diversity/Nature_protection .	Convenio de Berna sobre Conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa.
www.whc.unesco.org .	Convenio para la protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Convención de París.
www.unesco.org/mab/	Programa Hombre y Biosfera de la UNESCO.
www.unep-aewa.org .	Acuerdo sobre la Conservación de las Aves Acuáticas Migratorias Afroeuroasiáticas.

Acrónimos

ASAJA	Asociación de Jóvenes Agricultores de Sevilla
CBD	Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica.
CEZH	Centro de Zonas Húmedas en Portugal.
CITES	Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre.
DGCONA	Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
EEA	Agencia Europea medioambiental.
ECNEC	Centro Europeo para la Conservación de la Naturaleza.
EKBY	Centro Griego de Biotopos y Humedales.
EMWIS	Sistema Euro-Mediterráneo de Información del Sector del Agua.
IAH	Inventario Andaluz de Humedales.
IME	Instituto Mediterráneo del Agua.
IWMI	Instituto Internacional de Gestión del Agua.
IWRB	Oficina Internacional de Investigación de Aves Acuáticas y Humedales
MedCom	Comité de Humedales Mediterráneos.
MedWet	Iniciativa para la Conservación de los Humedales Mediterráneos.
MIMAM	Ministerio de Medio Ambiente.
PAH	Plan Andaluz de Humedales.
PHN	Plan Hidrológico Nacional.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
SEHUMED	Sede para el Estudio de Humedales Mediterráneos.
SER	Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica.
SIG	Sistemas de Información Geográfica
UNEP/MAP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Plan de Acción para el Mediterráneo.
UICN	Unión Mundial para la Naturaleza.
UNESCO	Convenio para la protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
WWC	Consejo Mundial del Agua.
WWF	Fondo Mundial para la Vida Silvestre.
WWI	Instituto Mundial de Recursos.
ZEC	Zonas de Especial Conservación.
ZEPAS	Zonas de Especial Protección para las Aves.
ZEPIM	Zonas Especialmente Protegidas De Importancia Mediterránea.

Agradecimientos

Afrodity, Tsekreka (Development Agency of Karditsa S.A.) Proyecto LIFE-Naturaleza “Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia”, (LIFE99 NAT/GR/006480).

Balaguer, Lluís (Generalitat de Catalunya) Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda”, LIFE96 NAT/E/003180 y Proyecto LIFE-Medio Ambiente “Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales”, (LIFE00 ENV/E/00539).

Bellani, Adriano (Parco Ticino) y Puzzi, Cesare (GRAIA srl) Proyecto LIFE-Naturaleza, “Recuperación y salvaguardia de los hábitats amenazados en la Reserva Natural de Tevere-Farfa”, LIFE97/NAT/IT/004132.

Comín, Francisco (Director Instituto Pirenaico de Ecología (IPE) y Sorando, Ricardo (Asociación de Guías de la Laguna de Gallocanta) Proyecto LIFE-Naturaleza, “Restauración, conservación y gestión de la Laguna de Gallocanta-ReCoGeSAL”, LIFE99/NAT/E/006405.

de Miguel, Eduardo (Fundación Global Nature). Programa LIFE-Medio ambiente: “Nuevos Filtros Verdes con Macrófitas en Flotación para la Región Mediterránea” (LIFE02 ENV/E/000182) y Proyecto LIFE-Naturaleza “Humedales de Villacañas”, LIFE99NAT/E/006339.

Dimitriou, Elias (Hellenic Centre for Marine Research) Proyecto LIFE-Naturaleza “Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis”, LIFE99 NAT/GR/006499.

Gattenlöhner, Udo (Global Nature Fund) Proyecto LIFE-Medio Ambiente, “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351.

Huesa, Ramón. (Consejería de Medio Ambiente) Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión del LIC y la ZEPa de Cabo de Gata-Níjar” LIFE00 NAT/E/007304.

Jubete, Fernando (Fundación Global Nature). Proyecto LIFE “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351”.



**Junta de
Castilla y León**

Junta de Castilla y León. Proyecto de recuperación de las “Lagunas de Villafáfila”.

Loi, Irini (ETANAM) y Vrettou, Effie (OIKOS-Nature Management Ltd.) Proyecto LIFE-Naturaleza “Gestión y conservación integrada de los humedales de Amvrakikos” (LIFE99NAT/GR/6475).

Moreno Arroyo, Baldomero. Director-Conservador de la Reserva Natural Lagunas del Sur de Córdoba. Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.

Paracuellos Rodriguez, Mariano. Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de las Albuferas de Adra”, LIFE98 NAT/E/5323.

Perennou, Christian (Station biologique Tour du valat) Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de lagunas temporales mediterráneas”, LIFE99 NAT/F/006304.

Quintana, Xavier (Universitat Girona/Ayuntamiento de Torroella de Montgrí) Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter”, LIFE99 NAT/E/006386.

Robles, José Fernando (ASAJA-Sevilla) Proyecto LIFE-Medio Ambiente “Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria” LIFE04 ENV/E/000269.

Rubio García, Juan Carlos. Director Conservador del Paraje Natural de las Marismas del Odiel Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.

Sánchez, Alejandro; Barrio, Fernando y Ripio, Ignasi (SEO/BirdLife) Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión de la ZEPa del delta del Ebro” (LIFE96 NAT/E/003133).

Fotografías

Alcalá-Zamora Barrón, Armando. Plan Andaluz de aves acuáticas.

Balaguer, Lluís (Generalitat de Catalunya) Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y gestión integrada de la Isla de Buda”, LIFE96 NAT/E/003180 y Proyecto LIFE-Medio Ambiente “Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales”, (LIFE00 ENV/E/00539).

Borrell, Joan (EGAM SL). Proyecto LIFE-Medio Ambiente “Gestión sostenible, a escala local, del acuífero aluvial del río Tordera, mediante la reutilización de aguas residuales”, (LIFE00 ENV/E/00539).

Brouziotis, Theofilos. Proyecto LIFE-Naturaleza “Implementación de medidas de gestión en el lago Tavropos de Grecia”, (LIFE99 NAT/GR/006480).

de le Court, Claudine. Plan Regional de Conservación de la Espátula en Andalucía.

de Miguel, Eduardo (Fundación Global Nature). Programa LIFE-Medio ambiente: “Nuevos Filtros Verdes con Macrófitas en Flotación para la Región Mediterránea” (LIFE02 ENV/E/000182) y Proyecto LIFE-Naturaleza “Humedales de Villacañas”, LIFE99NAT/E/006339.

Dimitriou, Elias (Hellenic Centre for Marine Research) Proyecto LIFE-Naturaleza “Actuaciones para la protección de la turbera calcárea del lago Trichonis”, LIFE99 NAT/GR/006499.

Gattenlöhner, Udo – GNF. Proyecto LIFE-Medio Ambiente, “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351.

Gerada, Miguel Ángel. Fotógrafo de la Naturaleza. Fotografías de la laguna de Fuente de Piedra para el Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.

Huesa, Ramón. (Consejería de Medio Ambiente) Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión del LIC y la ZEPa de Cabo de Gata-Níjar” LIFE00 NAT/E/007304.

Jerrentrup, Hans – EPO. Proyecto LIFE-Medio Ambiente, “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, LIFE00/ENV/D/000351.

Jubete, Fernando (Fundación Global Nature). Proyecto LIFE “Lagos vivos: Manejo sostenible de humedales y lagunas esteparias”, (LIFE00/ENV/D/000351)”

Junta de Castilla y León. Proyecto de recuperación de las “Lagunas de Villafáfila”.

Loi, Iriñi (ETANAM) y Vrettou, Effie (OIKOS-Nature Management Ltd.) Proyecto LIFE-Naturaleza “Gestión y conservación integrada de los humedales de Amvrakikos” (LIFE99NAT/GR/6475).

Lorenzo, Miguel. Dirección Xeral de Conservación da Natureza. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia.

Ortega González, Fernando. Seguimiento y evaluación del Plan Andaluz de Humedales. consejería de Medio Ambiente. Dirección General de la RENPA.

Paracuellos, Mariano. Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de las Albuferas de Adra”, LIFE98 NAT/E/5323.

Pérez Ortigosa, Antonio Miguel. Obras de restauración del Paraje Natural de la desembocadura del Guadalhorce.

Puzzi, Cesare (GRAIA srl) Proyecto LIFE-Naturaleza, “Recuperación y salvaguardia de los hábitats amenazados en la Reserva Natural de Tevere-Farfa”, LIFE97/NAT/IT/004132.

Quintana, Xavier. (Universitat Girona/Ayuntamiento de Torroella de Montgrí) Proyecto LIFE-Naturaleza “Restauración y ordenación de las lagunas y los sistemas costeros del Bajo Ter”, LIFE99 NAT/E/006386.

Rendón Martos, Manuel. Director-conservador de la Reserva Natural de la laguna de Fuente de Piedra y Miguel Ángel Gerada. Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.

Robles, José Fernando (ASAJA-Sevilla) Proyecto LIFE-Medio Ambiente “Gestión integrada de la Agricultura en el entorno de Humedales de Importancia Comunitaria” LIFE04 ENV/E/000269.

Roché, Jean y Fuselier, J. Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación de lagunas temporales mediterráneas”, LIFE99 NAT/F/006304.

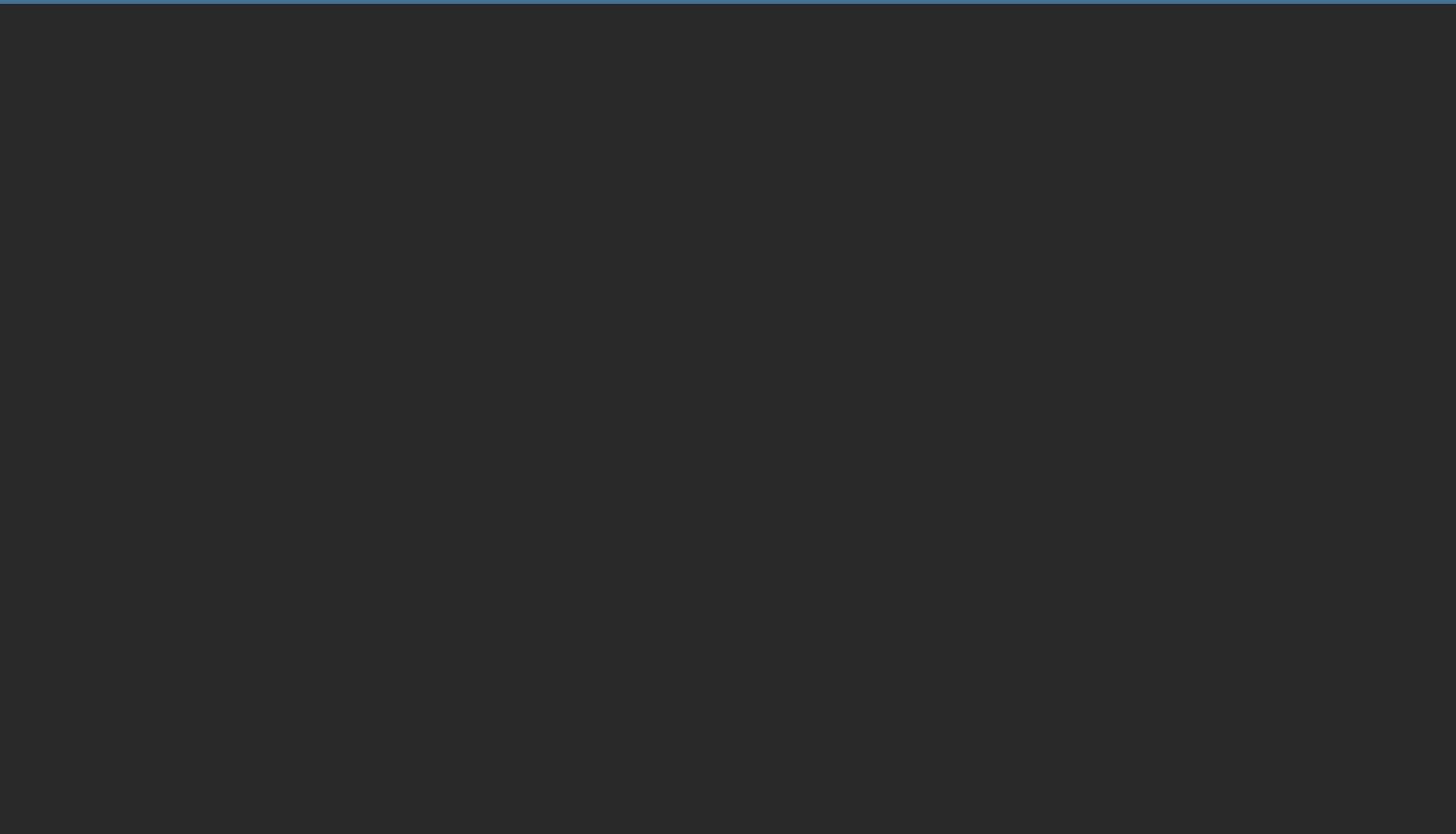
Rodríguez Olivares, Rubén. Plan Regional de Conservación de la Espátula en Andalucía.

Sánchez, Alejandro; Barrio, Fernando y Ripio, Ignasi (SEO/BirdLife) Proyecto LIFE-Naturaleza “Mejora de la gestión de la ZEPa del delta del Ebro” (LIFE96 NAT/E/003133).

Serveto Aguiló, Patxi. Para el “Proyecto de Corredor Verde del Guadiamar”.

Sorando, Ricardo. (Asociación de Guías de la Laguna de Gallocanta) Proyecto LIFE-Naturaleza, “Restauración, conservación y gestión de la Laguna de Gallocanta-ReCoGeSAL”, LIFE99/NAT/E/006405.

Varela Báez, Lorenzo. Proyecto LIFE-Naturaleza “Conservación y restauración de humedales andaluces”, LIFE03 NAT/E/000055.





JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



Manual de restauración de humedales mediterráneos