"RESTAURACIÓN DE LAS ZONAS HÚMEDAS MARGINALES DEL CANAL DE CASTILLA"

Proyecto de Fin de Máster



NURIA CHACÓN MARTÍNEZ

Tutores:

José M. Rey Benayas (Universidad de Alcalá)

Fernando Jubete Tazo (Fundación Global Nature, Palencia)



Máster Oficial en Restauración de Ecosistemas. 1ª edición.

Univ. de Alcalá, Univ. Complutense de Madrid, Univ. Politécnica de Madrid y Univ. Rey Juan Carlos

Proyecto de Fin de Máster Máster Oficial en Restauración de Ecosistemas

"Trabajos de restauración en las Zonas Húmedas Marginales del Canal de Castilla"

V°B° José M. Rey Benayas DAD

FUNDACIÓN
GLOBAL NATURE
Corro del Positigo 1
Corro del Positigo 1
VºBº Fernando Jubete Tazo

Alumna: Nuria Chacón Martínez

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Máster se ha desarrollado a partir del convenio firmado por la Universidad de Alcalá y la Fundación Global Nature, para el desarrollo de un *Practicum* en materia de restauración de humedales. Las actividades desarrolladas durante el período de prácticas, se centraron en actuaciones contempladas en el Proyecto LIFE: "*Restauración y gestión de lagunas: ZEPA Canal de Castilla*". Su objetivo principal es garantizar la conservación de más de una treintena de humedales asociados al Canal de Castilla, que han otorgado al paisaje agrario de Tierra de Campos, un oasis de diversidad en medio de un mar de tierras de cultivo. Los humedales originados son endorreicos y sufren fuertes fluctuaciones estacionales, llegando incluso a secarse en el periodo estival. Esta circunstancia condiciona la funcionalidad de los humedales y la composición de las comunidades vegetales palustres que los colonizan.

Estos enclaves presentan hábitats y especies de interés comunitario, que han hecho formen parte, en su gran mayoría, de la Red Natura 2000. Pese al grado de protección del que disfrutan, carecen de unas medidas de gestión adecuadas y presenta diferentes niveles de degradación (alteración del régimen hidrológico, modificación de la morfología y descenso de la calidad del agua) debido a actuaciones de drenaje y desecación, quemas de vegetación palustre, caza y pesca ilegal y vertidos de basuras o escombros, entre otros.

El objeto del presente Trabajo Fin de Máster fue diseñar y planificar los trabajos de restauración de las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla. Primero se realizó una aproximación teórica de procesos ecológicos clave y un diagnóstico de los humedales objeto de estudio, para caracterizar su futura recuperación. Posteriormente, se detallaron las técnicas empleadas para llevar a cabo la rehabilitación y seguimiento. Las técnicas de restauración contempladas fueron la recuperación de la cubierta vegetal en el camino de sirga del Canal de Castilla y acondicionamiento geomorfológico e hidrológico de los humedales con mayor grado de alteración del régimen hidrológico. Asimismo, se contemplaron acciones orientadas al seguimiento de los trabajos de restauración en los humedales, con el fin de evaluar tanto el el éxito de estas actuaciones como testar la recuperación de los ecosistemas.

La principal conclusión del estudio es que a pesar de las políticas de conservación puestas en marcha por las distintas instituciones públicas, éstas deben hacer un esfuerzo por impulsar y apoyar iniciativas innovadores en materia de restauración ecológica, flexibilizando el proceso administrativo y consiguiendo así ejecutar proyectos con capacidad de mejora continua.

ÍNDICE

| · INTRODUCCION | ••••• | •••• |
|--|----------------------------------|-----------|
| I.1. Presentación | 3 | |
| I.2. Contexto | 6 | |
| I.2.1.Definición de humedal | 6 | |
| I.2.2.Valor de los humedales | 7 | |
| I.2.3.Principales amenazas y oportunidades | 9 | |
| I.2.4.Marco normativo | 10 | |
| I.3. Antecedentes | 12 | |
| I.3.1. Importancia del Canal de Castilla y sus humedales asociad | los12 | |
| I.3.2. Objetivo del trabajo Fin de Master | 14 | |
| I. ACTIVIDADES REALIZADAS | | •••• |
| II.1. Diagnóstico de la situación actual de los humedales | 16 | |
| II.1.A Procesos ecológicos clave para la restauración | 16 | |
| II.1.B Identificación de factores de degradación | 19 | |
| II.1.C. Conclusiones del diagnóstico | 22 | |
| II.2 Trabajos de reforestación y acondicionamiento hidrológico | 22 | |
| II.2.A. Recuperación del régimen hidrológico | 24 | |
| II.2.B. Trabajos de reforestación | 27 | |
| II.3 Estudio sobre composición y abundancia de vegetación helo | ofítica en la laguna de la Venta | •••• |
| II.3.A. Presentación del caso de estudio | 32 | |
| II.3. B. Objeto y objetivo del estudio | 34 | |
| II.3.C. Hipótesis de partida | 34 | |
| II.3.D. Diseño del experimento-muestreo | 34 | |
| II.3.E. Resultados | 36 | |
| II.3.D. Conclusiones | 38 | |
| III.4 Diseño de un plan de seguimiento del proyecto de restaura | ación39 | |
| II.4. A. Presentación | 39 | |
| II.4. B. Resultados | 40 | |
| II VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADA | S | • • • • • |
| III.1 Técnicas aplicadas en la restauración hidrológica | 50 | |
| | | |
| III.2 Técnicas aplicadas en la reforestación | 52 | |

I. INTRODUCCIÓN.

I.1. Presentación.

El presente Trabajo Fin de Máster se ha desarrollado a partir del convenio firmado por la Universidad de Alcalá y la Fundación Global Nature, para el desarrollo de un *Practicum* en materia de restauración de humedales, durante los meses de julio a noviembre de 2007.

La Fundación Global Nature es una entidad privada de ámbito nacional y de carácter benéfico docente, sin ánimo de lucro, constituida en el año 1993. Sus fines fundacionales son la conservación, protección y ordenación del medio ambiente. Los proyectos que desarrolla contribuyen al mantenimiento y la recuperación de hábitats y de especies amenazadas, a la de innovación tecnológica y a la recuperación de actividades agropecuarias tradicionales. Cuenta con gran experiencia en la realización de proyectos de recuperación de humedales, entre los que se encuentran la laguna de La Nava, Boada y Pedraza (Palencia), lagunas de Villacañas (Toledo), laguna de Louro (La Coruña) o las turberas de Roñanza (Asturias). La Fundación ha sido además beneficiaria o socia de numerosos proyectos LIFE, no solamente relacionados con la recuperación o gestión de humedales, sino también de otras temáticas como la restauración de vías pecuarias, la conservación de dehesas, o la conservación de especies amenazadas como el lince ibérico (*Lynx pardinus*), el águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*)o el carricerín cejudo (*Acrocephalus paludicola*)

En el año 2005, la Fundación Global Nature presentó a la Comisión Europea, el proyecto "Restauración y gestión de lagunas: ZEPA Canal de Castilla". Su objetivo principal es garantizar la restauración y conservación de más de una treintena de humedales asociados al Canal de Castilla, con excepcionales valores culturales y naturales. Estos enclaves presentan hábitats y especies de interés comunitario, que han hecho formen parte, en su gran mayoría, de la Red Natura 2000.

Las actividades desarrolladas durante el período de prácticas, se centraron en actuaciones contempladas en el mencionado Proyecto LIFE, y fueron realizadas con el asesoramiento continuo del equipo de trabajo existente en la Fundación y el tutor académico (director de Área de la Fundación). Los productos resultantes fueron un proyecto de obra donde se detallan los trabajos de restauración de las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla y dos propuestas metodológicas de seguimiento. Una de las propuestas se centra en el seguimiento de la restauración en el total de zonas húmedas y la otra está orientada exclusivamente al estudio de la

comunidad florística en una laguna (Venta de Valdemudo) como monitoreo de la recuperación de la lámina de agua y la calidad del hábitat para la avifauna.

El proyecto LIFE - Naturaleza, tiene una duración de cinco años (2006-2010) y cuenta con un presupuesto total de 1.532.488 euros, financiado en un 40% por la Comisión Europea. Cuenta con numerosos participantes: la Fundación Global Nature como beneficiaria directa y el resto de sus socios: Confederación Hidrográfica del Duero, Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León y la Diputación de Palencia. Las principales actuaciones que engloba son:

- Creación de un comité de seguimiento de las actuaciones del proyecto, donde estarán representados todos los agentes sociales implicados.
- Elaboración de un proyecto de obra con los trabajos de restauración previstos en los humedales.
- Elaboración de un Plan de Manejo y Gestión para los humedales.
- Adquisición de terrenos de cultivos que actualmente se inundan, anejos a la laguna de la Venta.
- Realización de trabajos de restauración hidrológica en humedales que se encuentran secos o tienen serios problemas para la captación de aguas.
- Actuaciones protectoras en el entorno de los humedales: creación de franjas arbustivas.
- Manejo de la vegetación helofítica que permitirá la retirada periódica de biomasa en los humedales.
 algunos de los cuales se encuentran en un grave proceso de colmatación.
- Control de especies invasoras como el visón americano o el jabalí que están suponiendo graves daños a algunas especies amenazadas como las garzas o los aguiluchos laguneros.
- Señalización de todos los humedales y creación de tres rutas interpretativas.
- Diseño y elaboración de material divulgativo.
- Actuaciones de seguimiento y control del proyecto.

Por tanto, las actuaciones contempladas en el proyecto, responden a los principios establecidos por la Red Natura 2000 y el Plan Estratégico Español para la Conservación y Uso Racional de los Humedales:

- Asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa.
- Garantizar la conservación y uso racional de los humedales, incluyendo la restauración o rehabilitación de aquellos que hayan sido destruidos o degradados.
- Integrar la conservación y el uso racional de los humedales en las políticas sectoriales.
- Contribuir al cumplimiento de los compromisos del Estado Español en relación a los convenios, directivas, políticas y acuerdos europeos e internacionales relacionados con los humedales.

Asimismo, el proyecto asume el enfoque de gestión integrada del agua siguiendo la filosofía de la Directiva Marco del Agua, en la que se establece como objetivo central (artículo 1º, apartado a) la recuperación y conservación del buen estado ecológico de ríos, lagos, lagunas y humedales.

La zona de actuación se localiza en la comarca de Tierra de Campos (figura 1), al Sureste de la provincia de Palencia, concretamente en el Ramal Norte y Ramal de Campos del Canal de Castilla. Discurre por la cuenca hidrográfica del río Duero, en su tramo medio.

Se caracteriza por presentar un clima mediterráneo con una marcada continentalidad y un paisaje de páramos calcáreos y paisaje de campiña. La comarca tiene un destacado carácter agrícola y en menor medida, ganadero. La agricultura de secano es la que más influencia tiene sobre el humedal por establecerse dentro de la cuenca vertiente del mismo. Las zonas adyacentes al humedal son usadas por la población local y turistas como espacios de ocio y deporte al aire libre.

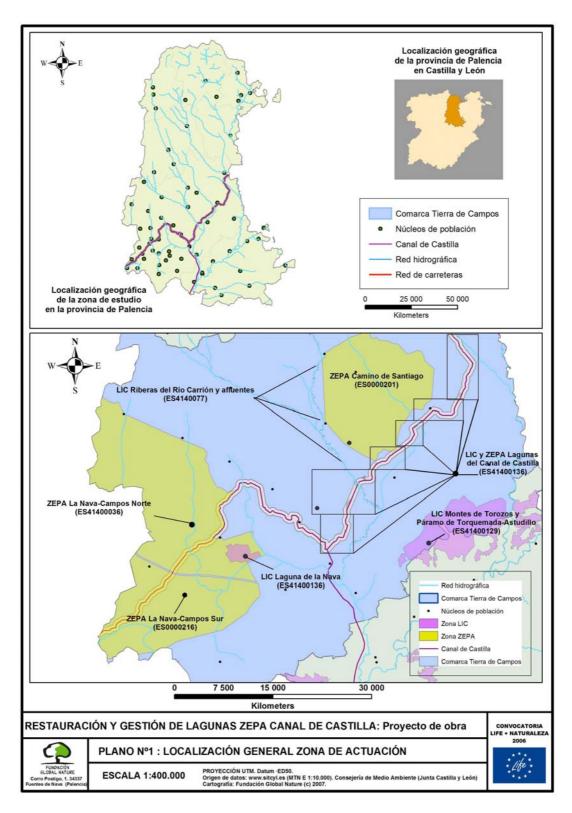


Figura 1: Localización geográfica del área de estudio. Fuente: Fundación Global Nature y elaboración propia.

El presente documento comienza por una revisión conceptual del término humedal, sus principales amenazas y oportunidades así como el marco normativo a nivel nacional existente en materia de conservación, para continuar con una exposición de los antecedentes del proyecto fin de master. Posteriormente, se describen detalladamente las actividades realizadas durante el período de prácticas, complementado cada actividad realizada con un anexo que ofrece información más exhaustiva. A continuación, se realiza un análisis y una evaluación crítica de las soluciones técnicas propuestas o aplicadas, apoyando el discurso con material facilitado en el master así como otra literatura científica adicional consultada, orientada la restauración ecológica de humedales. Por último, se extraen una serie de conclusiones referentes tanto del proceso de ejecución de actividades como del proceso de evaluación crítico.

I.2. Contexto.

I.2.1.Definición de humedal.

Los humedales constituyen un ecosistema difícil de definir por tratarse de un sistema muy abierto, con fuerte interrelación entre el medio terrestre y el medio acuático y donde existen multitud de procesos entre ambos medios. Por otra parte, la pluralidad de criterios y opiniones sobre qué debe ser considerado humedal, dificulta la existencia de una única definición (Bécares et al, 2004). Misth y Gosselink (1986) llegan a considerar que su estudio constituye una verdadera ciencia "la ciencia de los humedales o la ecología de los humedales" ya que al encontrarse en la interfase entre el medio terrestre y el acuático, poseen características específicas exclusivas de ellos.

Inicialmente el concepto de "wetland" se restringía desde un punto de vista espacial y ecológico a las "tierras húmedas", es decir, a la porción del ecosistema terrestre cuya superficie se encuentra saturada de agua, excluyéndose del concepto de humedal los ecosistemas marinos, así como los sistemas hídricos continentales de aguas corrientes o estancadas. El National Wetlands Inventory (NWI) de los Estados Unidos define humedal como "ecosistemas de transición entre terrestres y acuáticos, donde el nivel freático está cercano a la superficie o existe una lámina de agua libre poco profunda". Para dicho inventario, asumen los siguientes atributos (Cowardin et al., 1979): 1) Aparecen plantas hidrófilas en el lugar, al menos periódicamente; 2) Los substratos son suelos hidromorfos¹ no drenados; 3) el substrato no forma

_

¹ Se reconoce por hidromorfía a un estado permanente o temporal de saturación de agua en el suelo que lleva asociado la existencia de condiciones reductoras.

suelo y 4) Está saturado en agua o cubierto por una lámina de agua somera al menos durante una parte del periodo vegetativo.

Una de las definiciones más internacionales del término de humedal ("wetland"), fue desarrollada por el Convenio RAMSAR (1971), que considera humedales a todos los tipos de ecosistemas hídricos continentales, parte de los marinos y ecosistemas o medios no hídricos pero que contribuyen al mantenimiento de la integridad del humedal o son fundamentales para preservar las comunidades y poblaciones de flora y fauna características (como los sistemas dunares o acantilados costeros)

En la Ley de Aguas de 2 de agosto de 1985, se incorpora la definición RAMSAR y se amplía en el Reglamento del Dominio Público Hidraúlico "Las marismas, turberas o aguas rasas, ya sean permanentes o temporales, estén integradas por aguas remansadas o corrientes y ya se trate de aguas dulces, salobres o salinas, naturales o artificiales". Gónzalez Bernáldez y Montes (1989) consideran "los humedales son cualquier unidad funcional del paisaje que no siendo un río ni un lago, constituye una anomalía hídrica positiva en relación con un territorio adyacente más seco"

Existen distintas clasificaciones de los humedales y dependen de la fuente de agua que los alimenta, de su posición en el paisaje y de otros factores. Se definen estacionales o permanentes en función de la permanencia de lámina de agua y de la presencia de un período seco. Desde el punto de vista estructural y funcional, se puede distinguir dos grandes grupos de humedales. Uno es en los que la vegetación helofítica (plantas emergentes) domina la superficie del sistema. El otro es en los que por una mayor profundidad del agua, los helófitos ocupan menos superficie, siendo la vegetación sumergida (hidrófitos) la parte más significativa. A estos últimos se les denomina lagos someros o lagunas, ya que pueden perder la vegetación sumergida y pasar a un estado turbio normalmente dominado por fitoplancton (Casado y Montes, 1995; Bécares et al; 2004)

I.2.2. Valor de los humedales.

Los ecosistemas de humedal, proporcionan una diversidad de servicios vitales para el bienestar humano y la mitigación de la pobreza. La provisión de servicios de los humedales, como alimentos y fibras son esenciales para el bienestar humano. El apoyo y la regulación de los ciclos naturales (tales como el ciclo de nutrientes) son fundamentales para el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas, siendo el agua un elemento clave en todo el sistema. Además,

los humedales tienen importantes valores estéticos, educativos, culturales y espirituales, que proporcionan oportunidades para la recreación y el turismo.

Tabla 1: Servicios que provienen o derivan de los humedales. Fuente: Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Zedler y Kercher, 2005; Davies y Claridge, 1993.

SERVICIOS COMENTARIOS Y EJEMPLOS De aprovisionamiento Alimento Producción de pescado, caza, frutas y granos Agua dulce Almacenamiento y retención de agua para uso doméstico, industrial y agrícola Fibra y combustible Producción de troncos, leña, turba, forraje Bioquímicos Extracción de medicinas y otros materiales desde la biota Genes para la resistencia a patógenos de plantas, especies ornamentales, etc. Materiales genéticos De Regulación Regulación del clima Fuente y sumidero de gases de efecto de invernadero; en los niveles local y regional. Influye sobre la temperatura, precipitación y otros procesos climáticos Regulación del agua (flujos) Recarga y descarga de agua subterráneas Retención, recuperación y eliminación del exceso de nutrientes y otros contaminantes Purificación del aqua Regulación de la erosión Retención de suelos y sedimentos Control de inundaciones, protección contra las tormentas Regulación desastres naturales Polinización Hábitat para polinizadores. Dispersión de semillas Conservación de especies y paisajes Hábitats Culturales Espirituales y de inspiración Fuente de inspiración; muchas religiones vinculan valores espirituales y religiosos a aspectos de los ecosistemas de los humedales Recreativos Oportunidades para actividades recreativas Muchas personas encuentran belleza y valores estéticos en los humedales Estéticos Oportunidades para la educación formal y no formal y para capacitación Educativos De apoyo Retención de sedimentos y acumulación de materia orgánica Formación de suelos Ciclo de los nutrientes Almacenaje, reciclaje, procesamiento y adquisición de nutrientes Cambio climático Secuestro de CO2

De la tabla anterior se diferencian aquellos servicios con "valor de no uso", asociados a procesos naturales que en muchas ocasiones no son estimados por la sociedad debido a la dificultad de percepción y el desconocimiento, como por ejemplo la función de regulación del clima. Los servicios "con valor de uso" englobarían una serie de prestaciones más vinculadas con el aprovechamiento directo que hace el ser humano de los recursos de los humedales, como por ejemplo, de combustible (Lass y Reusswig, 2000)

Zedler y Kercher (2005), realizaron un estudio donde calculaban la valoración monetaria anual de los servicios que prestan los ecosistemas de humedal y las conclusiones fueron que son desproporcionados con respecto a la superficie que ocupa: Aunque cubren menos del 3% de la superficie de la Tierra, contribuyen en un 40% a la renovación anual de los servicios ecosistémicos renovables. Los ecosistemas de humedal prestan un servicio a la sociedad valorado en 13 trillones de dólares por hectárea y año y supone un 39,7% del total global prestado por otros ecosistemas (Tabla 2). Estudios realizados por Schuyt y Brander (2004) revelan las funciones con mayor valor monetario que suministran los humedales: recreativo, control de avenidas y amortiguación de tormentas, pesca recreativa, filtro verde, soporte de

biodiversidad, hábitat para la fauna, caza recreativa, suministro de agua, provisión de materiales y combustibles.

La consideración tan sólo de los valores de uso de los humedales, especialmente los productivos, ha perdurado con el paso del tiempo. Todavía no se valora en términos contables y de forma generalizada los servicios ambientales, recreativos, culturales y educativos que albergan los humedales, siendo una de las causas fundamentales que provoca su degradación y desaparición. Sin embargo, existe una incipiente necesidad de disponer de una valoración económica completa de todos los servicios y bienes que prestan, ya que puede ser relevante a la hora gestionar el territorio y los espacios naturales protegidos (Barbier et al., 1997)

I.2.3. Principales amenazas y oportunidades.

Según la Convención Ramsar, el rápido crecimiento de la población humana ha traído consigo una pérdida o degradación de las funciones y valores de los humedales. El desarrollo agrícola, ganadero e industrial junto con la demanda de agua y de espacios para asentamientos urbanos, ha llevado a estos sistemas ecológicos a encontrarse entre los más amenazados de la biosfera.

La asociación IWRB (*International Waterfowl and Wetlands Research Bureau*, 1993) considera que son cuatro las categorías en que pueden agruparse los impactos hacia estos espacios: la desaparición total, cambios en el régimen de agua y de su calidad, sobreexplotación de sus recursos e introducción de especies nuevas. Entre las amenazas que aun existen se encuentran: la extracción de aguas, la alteración de su flujo natural, la desertificación, el movimiento de tierras para obras civiles, agricultura y minería (*Millennium Ecosystem Assessment*, 2005)

La desaparición de humedales españoles tuvo sus comienzos en el siglo XVIII debido al paludismo. A ello vino a sumársele los problemas relacionados con el aumento de la superficie dedicada al cultivo de arroz. La falta de avances y la escasez de medidas higiénicas, dificultó la lucha contra esta enfermedad siendo el camino más sencillo el de la desecación. Esta perspectiva será la responsable de que a partir de la mitad del siglo XIX, época de la desamortización, se disparan las tareas y trabajos conducentes al drenaje y desecación de estos terrenos.

El Inventario Nacional de los Humedales Españoles (INITEC, 1991) estima que España tiene aproximadamente unos 1600 lagos y humedales mayores de 0,5 Ha, de los cuales 637 son esteparios dulces, 99 esteparios salinos y 14 llanuras de inundación.

Según Casado y Montes (1991), en España los humedales constituyen menos del 1% del territorio, lo cual los convierte en un ecosistema muy escaso (Casado & Montes, 1991). Se estima que en los últimos 200 años se ha perdido en España un 70% de la superficie de humedales. La mayor proporción de pérdida corresponde a las llanuras de inundación (80%), seguidas de los humedales interiores de agua dulce (68%) y los humedales costeros (59%). La mayoría de masas de agua, son de pequeño tamaño y están fuertemente presionadas por alteración en sus cubetas, alteración en su ciclo hidrológico, cambios en la calidad de las aguas o en la estructura de sus comunidades.

Los humedales españoles han sido un laboratorio de experimentación de la política de conservación de la naturaleza en España en los últimos 20 años. Los criterios para su protección han sido diversos (actualmente casi 200 de ellos están bajo una u otra figura de protección) y los éxitos y fracasos han sido también notorios así como los intentos de regeneración. En la mayor parte de los casos, la protección se ha basado en criterios cinegético-paisajísticos que han tenido la virtud en muchos casos de impedir su destrucción, pero no han establecido unas buenas bases ecosistémicas para su gestión (Montes et al., 1995 en Prat, 2002). El grado de artificialización de muchos de los humedales españoles es elevado y sus características hidrológicas y geomorfológicas han sido muy alteradas. Por ello, su estado ecológico de referencia es difícil de conocer en muchos casos (Prat, 2002)

I.2.4.Marco normativo.

En respuesta a las pérdidas y a la degradación de los humedales, su restauración es una prioridad para muchos países (Streever, 1999; SER, 2002). Pese a ello, existe un vacío de información conceptual y metodológica sobre estrategias de restauración ecológica en cuerpos de agua sometidos a marcadas fluctuaciones ambientales. Este sería el caso de los humedales de la cuenca Mediterránea, caracterizados por un ritmo climático peculiar (Dueñas, 2000). Recientemente, se han puesto en marcha iniciativas para potenciar el estudio de este tipo de humedales, como por ejemplo, el programa MEDWET (*Mediterranean Wetlands Iniciative*). Es una estructura funcional, en el ámbito de la convención Ramsar, creada para implementar la estrategia de conservación de los humedales mediterráneos. MetWet ha concentrado su trabajo en siete áreas de acción, entre las que destacan el inventario y la gestión de humedales.

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, supone una reorientación de la política de aguas en el territorio de la Unión Europea.

La Directiva pretende establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas, de modo que se prevenga el deterioro y se mejore el estado de los ecosistemas acuáticos, se promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles, se garantice la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea, se evite nuevas contaminaciones y se contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y las sequías.

En ámbito nacional, la Ley de Patrimonio Natural y la Ley de Responsabilidad Ambiental suponen un nuevo avance en términos de conservación y recuperación de humedales.

Ley de Responsabilidad Medioambiental, responde a lo establecido por la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales. Esta ley regula la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales, de conformidad con el artículo 45 de la Constitución y con los principios de prevención y de «quien contamina paga», al trasladar los costes derivados de la reparación de los daños medioambientales desde la sociedad hasta los operadores económicos beneficiarios de la explotación de los recursos naturales.

La Ley de Patrimonio Natural y Biodiversidad, deroga la Ley 4/89 de Conservación de los Espacios Naturales y la Flora y Fauna Silvestres e incorpora las dos directivas europeas fundamentales para la conservación de la naturaleza, las denominadas de Aves y de Hábitats. Hasta el momento no estaban completamente integradas en la legislación española, especialmente las áreas protegidas como Red Natura 2000, que abarca aproximadamente un 22,21% del territorio español (Ministerio de Medio Ambiente, 2007). Establece el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad española. Los principios que inspiran esta Ley se centran en el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales básicos, en la preservación de la diversidad biológica, genética, de poblaciones y de especies, y en la preservación de la variedad, singularidad y belleza de los ecosistemas naturales, de la diversidad geológica y del paisaje.

I.3. Antecedentes.

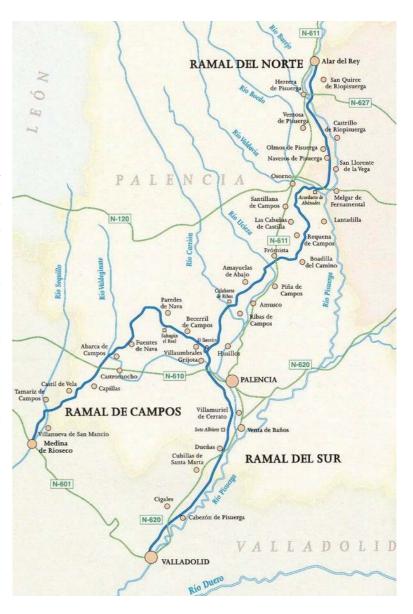
I.3.1. Importancia del Canal de Castilla y sus humedales asociados.

El Canal de Castilla constituye una de las obras de ingeniería hidráulica más emblemáticas llevadas a cabo en España durante el siglo S. XVIII y S. XIX. Su construcción supuso la realización de un sueño de los Ilustrados, que pretendían la construcción de canales de navegación interiores que permitieran el fácil y barato transporte de mercancías y diera salida a la producción de cereal de Castilla. También fue objetivo del Canal la navegación, el riego, la producción de energía y el abastecimiento de agua.

Figura 2: Localización geográfica del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Discurre entre las provincias de Burgos, Palencia y Valladolid, con una longitud total de 207 km. Transcurre en gran parte por la provincia de Palencia, adoptando una forma de "Y" invertida y está constituido por tres ramales principales: Ramal Norte (comprendido desde Alar del Rey hasta Calahorra de Ribas), Ramal de Campos (comprendido desde Calahorra de Ribas hasta Medina del Río Seco) y Ramal Sur (comprendido desde el Serrón hasta Valladolid)

Los biotopos fundamentales asociados al Canal son tres: fluvial, ripario y palustre. A estos tres se suman los que lo rodean, siendo mayoritario el agrario.



La construcción del Canal supuso grandes movimientos de tierra, ya que su profundidad oscila entre 1.8 y 3 m y su anchura está comprendida entre 11 y 22 m. Esto ocasionó, en muchos casos, la formación de terraplenes a ambos lados del Canal, que favorecieron la acumulación del agua en las depresiones del terreno junto a las márgenes del Canal y además se facilitó el

estancamiento del agua por la presencia de un sustrato arcilloso impermeable, originando el desarrollo de bandas de vegetación ribereña además de un complejo de algo más de 40 humedales de importancia botánica y faunística (Santiago, 2002)

La vegetación palustre característica de estas zonas húmedas representa un oasis de biodiversidad en las llanuras cerealistas ampliamente deforestadas de Tierra de Campos, donde se ubican. Los carrizales, juncales, espadañales, etc., conforman el particular aspecto de estos ecosistemas lagunares acompañados por toda una serie de plantas sumergidas, flotantes y anfibias. Miles de aves de numerosas especies utilizan los sotos y humedales del Canal como refugio durante sus pasos migratorios, estando amenazadas muchas de estas especies (Jubete, 2001)

Actualmente, los usos a los que se destina el Canal han quedado relegados a riego y abastecimiento. Sin embargo, y a pesar de su escasa rentabilidad y antigüedad, constituye un preciado bien patrimonial, tanto desde el punto de vista histórico-cultural como ambiental:

- Fue declarado Bien de Interés cultural en 1991 y años después se redactó un Plan Regional para fomentar su conservación y valoración.
- Entre los años 1991 y 2001, la Junta de Castilla y León incluye los humedales más representativos del Canal de Castilla en el Catálogo de Zonas Húmedas de Castilla y León.
- Posteriormente, en los años 2000 y 2003, la Junta de Castilla y León, incluye parte de sus zonas húmedas y riberas asociadas como Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)

Pese al grado de protección del que disfrutan, carecen de unas medidas de gestión adecuadas y presenta diferentes niveles de degradación: actuaciones de drenaje y desecación, quemas de vegetación palustre, caza y pesca ilegal y vertidos de basuras o escombros entre otros.

Con estos antecedentes, en agosto de 2005, la delegación de Palencia de la Fundación Global Nature presentó a la convocatoria de proyectos LIFE de la Comisión Europea el proyecto titulado "*Restauración y gestión de lagunas: ZEPA Canal de Castilla*".

I.3.2. Objetivo y Justificación.

El objeto del presente Trabajo Fin de Máster fue el diseño y planificación de los trabajos de restauración y conservación de las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla. En dichos trabajos, se contemplan actuaciones de reforestación, acondicionamiento geomorfológico e hidrológico, siendo su objetivo principal la recuperación de los ecosistemas de humedal

degradados. Asimismo, se contemplan acciones orientadas al seguimiento de los trabajos de restauración, con el fin de evaluar tanto el grado de éxito de estas actuaciones como testar la recuperación de los ecosistemas.

Entre sus objetivos específicos cabe señalar:

- Lograr un equilibrio en el régimen hidrológico y geomorfológico, similar al que tuvo en su estado natural.
- Proteger los márgenes de las Zonas Húmedas Marginales y la estructura del cauce del Canal.
- Mejorar la calidad de los hábitats, de modo que permitan recuperar y potenciar una mayor biodiversidad y un equilibrio natural del entorno.
- Aumentar el valor paisajístico y estético del lugar.
- Emplear la recuperación natural del lugar para promover el desarrollo económico.

La recuperación y conservación de las zonas húmedas marginales del Canal, constituye una actuación clave para recuperar los valores naturales del propio Canal, y paralelamente para promover el desarrollo económico para la comarca. Asimismo, los humedales constituyen unos de los ecosistemas más amenazadas en el planeta y, por tanto, son hábitats prioritarios para llevar a cabo programas de restauración y conservación.

II. ACTIVIDADES REALIZADAS.

Las actividades desarrolladas durante el período de prácticas, se centraron en la ejecución de las siguientes actuaciones contempladas en el Proyecto LIFE - Naturaleza:

- Actuaciones preparatorias previas a la ejecución y desarrollo del proyecto (A.3.) Redacción de un proyecto de obra para la ejecución de los trabajos de restauración previstos en los humedales.
- Actuaciones de gestión puntual durante la ejecución del proyecto (C.1. y C.2.) Gestión del hábitat, mediante trabajos de restauración hidrológica y manejo de vegetación helofítica para favorecer y mejorar el hábitat de las distintas especies prioritarias, contemplado en la Directiva Hábitats.
- Actuaciones de seguimiento (F.2 y F.8). Trabajos de seguimiento científico del proyecto

A continuación se exponen una serie de consideraciones previas para entender la naturaleza de las actuaciones:

Tanto el Proyecto LIFE citado como el presente trabajo sustentan el desarrollo de sus actuaciones bajo el principio básico de recrear la identidad ecológica original de los humedales alterados, entendida ésta como un conjunto de procesos biofísicos básicos que caracterizan, en término de intercambios de materia y flujo de energía, su organización y dinamismo (Montes et al., 1995)

La actuación tiene una elevada complejidad, debido a los numerosos humedales englobados en el proyecto, con una evolución histórica particular y, generalmente de características estructurales y funcionales antes de su desaparición no bien documentadas o conocidas. Por ello, se empleó como ecosistemas de referencia¹, humedales de similares características y en mejor estado de conservación, donde la Fundación ha realizado anteriormente otras actuaciones de recuperación y conservación.

En relación a la terminología empleada, existe cierta discrepancia conceptual en función de los autores y las áreas geográficas donde estos trabajos han sido acometidos. En general, cuando se habla de restauración la meta es lograr un humedal con la misma composición de especies y función que el original o que un humedal de referencia, y se limita a aquellos casos en los que se trabaja en un sitio en donde existía tal ecosistema. En el caso de la

_

¹ Es un ecosistema verdadero o su modelo conceptual que se usa para establecer metas y planear un proyecto de restauración, y más adelante, para evaluarla. En su forma más sencilla, el ecosistema de referencia es un sitio verdadero, su descripción escrita u oral o ambos. En otras situaciones, el ecosistema de referencia se recopila usando varios sitios y otras fuentes. En partes del mundo donde faltan los verdaderos ecosistemas de referencia, o en situaciones donde no está claro qué ecosistema servirá de referencia adecuada a través del tiempo, se requerirá un enfoque más conceptual. Debe notarse que el concepto de la referencia es que sea dinámica y que típicamente, la referencia represente un punto de desarrollo avanzado que se encuentra en algún punto de la trayectoria ecológica deseada del ecosistema que se restaurará. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration. Internacional Science & Policy Working Group. 2004. www.ser.org

rehabilitación, lo que se busca es crear las condiciones adecuadas para que el humedal tenga funciones específicas; en cierto sentido, se le puede considerar como una restauración parcial o incompleta (NCR, 1992; RAMSAR, 2002; SER, 2004)

Por tanto, el presente trabajo adopta el término restauración en su más amplio sentido y como sinónimo del término genérico de recuperación, aunque siguiendo los criterios citados, es más apropiado emplear el concepto de rehabilitación, pues debido a la degradación existente y al contexto social y administrativo, no es posible recuperar la funcionalidad de estos sistemas de manera autosostenida en el tiempo.

A continuación, se realiza una descripción detallada de cada actividad desarrollada. Siguiendo una secuencia metodológica, primero se realizó una aproximación teórica de procesos ecológicos clave y un diagnóstico de los humedales objeto de estudio, para caracterizar su futura recuperación. Posteriormente, se detallaron las técnicas empleadas para llevar a cabo la rehabilitación y el seguimiento.

II.1. Diagnóstico de la situación actual de los humedales: Factores de degradación y procesos ecosistémicos clave.

Para realizar el diagnóstico, primero se hizo un trabajo de revisión de bibliografía científica referente al funcionamiento de un ecosistema de humedal, para posteriormente emplearlo en el diagnóstico de las disfunciones existentes en las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla.

II.1.A.- Funcionamiento de los humedales: procesos ecológicos clave para la restauración.

Las funciones normales de un humedal incluyen la recarga y descarga de agua, la variación de caudales, la retención o renovación de nutrientes, la acumulación de sedimentos y el apoyo en las redes tróficas (Gerakis y Koutrakis, 1996; Hughes y Heathwaite, 1995 en Zalidis, 2001)

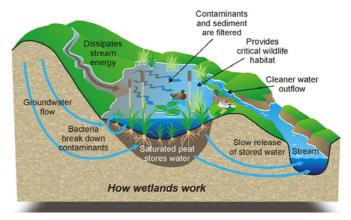


Figura 3: Funcionamiento general de un ecosistema de humedal. Fuente: Ducks Unlimited Canada.

Desde el punto de vista limnológico, en los humedales mediterráneos no existe estratificación, y la masa de agua tiende a estar completamente mezclada como consecuencia del efecto del viento. Esta mezcla constante (*polimixis*) puede estar amortiguada en función de la cobertura, tipo de vegetación del humedal o protección frente al viento. El estrecho contacto entre el sedimento y el agua, provoca un rápido reciclaje de nutrientes y una mayor productividad (Jeppesen et al. 1997b en Bécares, et al., 2004)

La hidrología de un humedal viene determinada por el balance hídrico, que expresa el movimiento de agua que se introduce, sale o fluye a través de él. Las salidas de agua incluyen la evapotranspiración así como los caudales superficiales y subterráneos, mientras que las principales entradas de agua son la precipitación, las crecidas de los ríos y las aguas subterráneas. Estas vías hidrológicas transportan energía y nutrientes desde y hacia los humedales. La profundidad, los patrones de inundación, la duración y frecuencia de la inundación son el resultado de todas las entradas y salidas del agua (Zalidis, 2001)

La hidrología modifica y determina las propiedades químicas del humedal como, por ejemplo, la disponibilidad de nutrientes, la salinidad del suelo y del agua, el ph y las propiedades de los sedimentos; que en su conjunto ejerce el control de la biota del ecosistema (Hollis, 1998 en Zalidis, 2001)

Existe una relación recíproca entre la estabilidad de la vegetación de un humedal y la estabilidad hidrológica. Pequeños cambios en el nivel de agua pueden conducir a cambios y pérdidas significativas de especies de flora y fauna del humedal y de la productividad del ecosistema. Por tanto, la interacción entre la estructura del humedal y los procesos químicos, físicos y biológicos, determina el grado de las funciones del humedal y sus posibles transformaciones (Álvarez-Cobelas et al., 2001; Gerakis y Koutrakis, 1996; Hughes y Heathwaite, 1995 en Zalidis, 2001)

Se pueden diferenciar dos grandes grupos de hidrófitos presenten en los humedales: aquellos con hojas sumergidas o limnófitos (*Myriophyllum* spp. y *Ceratophyllum* spp., entre otros) y con límite de profundidad máxima entre 10 y 15 metros, y aquellos con hojas flotantes sobre la superficie o anfífitos (*Potamogeton* spp. y *Nuphar* spp., entre otros), con unos 3 m de límite de profundidad entre lagos someros y profundos (Figura 4). Varios autores han puesto de manifiesto que algunas especies de humedales son especialmente sensibles a cambios en el régimen de agua, la altura que presente el nivel del agua y la duración de la inundación, lo que determina la localización exacta de las especies en la comunidad del humedal (Fernández-Aláez et al., 1999; Ibarlucea, 2000; Bécares et al., 2004)

En muchos casos, el daño causado en la vegetación se vincula con la alteración del régimen hidrológico, ya sea directamente o indirectamente, lo que tiene como consecuencia la afección de la composición florística de los humedales y su calidad como hábitat para especies animales.

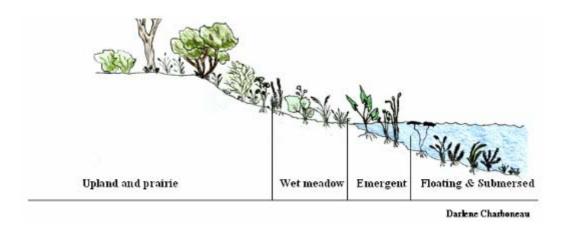


Figura 4. Disposición ideal de la vegetación acuática en los humedales, según el grado de inundación. Fuente. Universidad de Minesota, Sustainable Urban Landscape Information Series, 2006.

En el caso de estudio, los humedales originados son de carácter temporal y sufren fuertes fluctuaciones estacionales, llegando incluso a secarse en el periodo estival. Son de tipo endorreico, reciben sus aportes de principalmente de precipitaciones directas y de agua de escorrentía de pequeños arroyos que han sido interceptados por los taludes del Canal. Secundariamente recibe aportes de las filtraciones desde el cauce del propio Canal (Santiago et al., 2005) Esta circunstancia condiciona la composición de las comunidades vegetales palustres que los colonizan, experimentando diferentes grados de adaptación al medio (Cirujano, 2000; Cirujano et al., 2000)

II.1.B.- Funcionamiento de los humedales: Identificación de factores de degradación.

Las zonas húmedas marginales objeto de estudio presentan un alto grado de degradación, debido a la modificación de la morfología y el régimen hidrológico en su mayor parte. Esta situación, condiciona pérdida de calidad del hábitat para numerosas especies de flora y fauna.

En la siguiente tabla, se identifica la relación causa-efecto de los cambios que acontecen, de forma general, en los humedales estudiados:

Tabla 3: Tipo de cambios en los ecosistemas y alteraciones en sus funciones en las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla. Fuente: Elaboración propia.

| Tipo de cambio (negativos) | Proceso que conlleva el cambio | Consecuencia | |
|---|--|---|--|
| Cambios en la superficie del humedal | n la superficie del humedal Cambio en los usos del suelo. Construcción de infraestructuras | | |
| | Urbanizaciones | Cambio en los flujos migratorios. | |
| | Eliminación de contaminantes | Efecto barrera | |
| Cambios en el régimen de aportes en el | Represamientos, trasvases, | Alteración en el régimen de caudales | |
| área de captación | aprovechamiento energético, irrigación, | Alteración transporte de sedimentos | |
| | Extracciones superficiales y subterráneas | Alteración del hábitat | |
| Cambios en el régimen de aportes en el | Drenaje | Alteración régimen hidrológico. | |
| humedal | Canalización | Alteración transporte de sedimentos | |
| | Terraplenes | Colmatación | |
| | Movimiento de tierras | Alteración procesos físico-químicas del | |
| | Irrigación | agua y del suelo | |
| Cambios en la calidad del agua | Descarga de aguas residuales | Pérdida de hábitat | |
| | Residuos de agricultura | Cambio en los flujos migratorios | |
| | Pesticidas y herbicidas | Invasiones biológicas | |
| | Cambios en los usos del suelo | Alteración ciclo de nutrientes | |
| Explotación insostenible de los productos Pesca, caza, pasto, extracción mineral y Alteración | | Alteración ciclo de nutrientes | |
| que genera el humedal | vegetal para uso industrial. | Pérdida de especies y del hábitat | |
| Introducción de especies invasoras | Plantas y animales. | Desplazamiento y desaparición de especies | |
| | | nativas | |
| Gestión: conservación y restauración | Planes de caza y pesca, pastoreo, quemas | Alteración del ciclo de nutrientes | |
| | controladas, construcción de | Alteración procesos físico-químicas del | |
| | infraestructuras "duras" | agua y del suelo | |
| | | Pérdida de especies y del hábitat. | |

De la tabla anterior, caben destacar los siguientes procesos de cambio:

1) Desecación y destrucción de la topografía de los humedales

Aunque legalmente no está permitida la desecación de los humedales, continúan las actividades de roturación e intento de desecación. En ocasiones, el agua extraída es empleada durante las campañas de riego, provocando alteraciones en el nivel hídrico. Las malas prácticas ganaderas implican la quema periódica de vegetación acuática para obtener mayor superficie de pasto. Existen otras actividades ilegales que provocan la contaminación de las aguas, como el vertido de purines, productos fitosanitarios y escombros. La alteración de la topografía, la calidad de las aguas y la vegetación, provocan que especies de invertebrados o colonias de aves nidificantes, no encuentren lugares apropiados de cría, como es el caso de la garza imperial.

2) Desviación de los aportes naturales

Los arroyos son elementos clave en el régimen de aportes superficiales a las zonas húmedas. La actividad agrícola ha favorecido el encauzamiento y canalización de los principales arroyos para el riego de cultivos y como medida de seguridad ante inundaciones de los mismos. Estas infraestructuras hidráulicas, alteran el régimen de aportes superficiales y subterráneos en el propio humedal y, paralelamente, pueden ocasionar pérdidas en los cultivos

circundantes por inundación, debido a que los arroyos han perdido su capacidad de respuesta ante estos períodos.

3) Impermeabilización del Canal y ampliación del camino de sirga

El recrecimiento del camino de sirga incide en la disminución de la superficie húmeda, debido al aporte de áridos a la cubeta lagunar. Asimismo, la mejora de los caminos de sirga constituye una amenaza, pues facilitan el acceso a los mismos, aumentando su vulnerabilidad. Esta circunstancia hace disminuir la capacidad de acogida de estos ambientes a numerosas especies animales, principalmente para la reproducción de diversas especies acuáticas, restando en gran medida sus valores de conservación. También provoca que el humedal sea más vulnerable ante posibles incendios, lo que empeoraría aun más el estado de conservación.

4) <u>Impacto de la depredación de jabalí (Sus scrofa) y visón americano (Mustela vison)</u> sobre las comunidades de aves palustres

Los recientes cambios en la Política Agraria Común han fomentado la aparición de nuevos cultivos como el maíz o el girasol. Esto provocado el crecimiento y la expansión de poblaciones de ungulados como el jabalí. Durante los meses de primavera y principios de verano, cuando los cultivos todavía no disponen de altura suficiente, los jabalís encuentran en los humedales un refugio perfecto, causando durante su estancia grandes daños sobre la vegetación (al abrir calles y consumir gran cantidad de bulbos y rizomas) y, especialmente, sobre las aves, ya que predan una enorme cantidad de nidos con huevos y pollos.

En el caso del visón americano se han asentado poblaciones procedentes de escapes de granjas peleteras, que han colonizado buena parte de los ríos, arroyos y zonas húmedas de la provincia de Palencia. Su presencia supone una dura competencia para otras especies de mustélidos como el armiño (*Mustela erminea*), turón (*Mustela putorius*) y comadreja (*Mustela nivalis*), la diezma o desaparición de otras especies de mamíferos acuáticos como la rata de agua (*Arvicola sapidus*), el desmán de los Pirineos (*Galemys pyrenaicus*) o el musgaño de Cabrera (*Neomys anomalus*). Además, el visón americano supone una grave amenaza para muchas especies de aves sobre las que preda, especialmente los nidos y huevos, este es el caso de la garza imperial, aguilucho lagunero, fochas y patos.

5) Falta de información y de valoración de los humedales

No existe un catálogo detallado de las especies de flora y fauna presentes en el Canal. Si bien existen algunos trabajos de inventario, no se realizado hasta el momento un estudio exhaustivo de la diversidad biológica y las tendencias poblaciones. La población local, dedicada a la agricultura, todavía tiene recientes los proyectos de desecación realizados por la propia administración, para destinarlos a usos agrícolas. También tienen reciente, por su edad media y contexto cultural, la asociación de humedales y zonas insalubres.

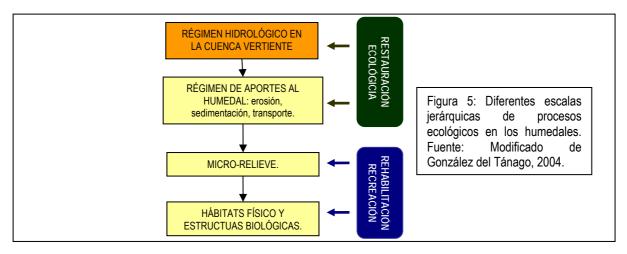
Para el presente diagnóstico, se elaboró un estudio de caracterización del medio físico y social (Anexo II: Documento 1) así como un de caracterización de cada humedal mediante la realización de fichas descriptivas (Anexo II. Documento 1. Anexo II). En ellas, se recogen los aspectos más relevantes del estado ambiental (Tabla 4): medio social y medio natural, así como propuestas concretas para su restauración, elaboradas según criterios RAMSAR (Fintayson, 2001)

Tabla 4: Ficha diagnóstico por humedal. Fuente: Elaboración propia

| С | ATEGORÍA DE INFORMACIÓN | DESCRIPTORES |
|---|---------------------------------|---|
| A | ADMINISTRATIVA | Término municipal Datos catastrales: Localización y propiedad |
| В | GEOGRÁFICA Y MORFOMÉTRICA | Localización: Coordenadas UTM Dimensiones: Superficie, Perímetro, Profundidad Anchura. Longitud máxima Índice de forma. Delimitación |
| С | HIDROLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA | Estacionalidad y Aportes superficiales / subterráneos Superficie de lámina de agua libre. Calidad de aguas. Obras hidráulicas existentes. |
| E | COMUNIDADES BIOLÓGICAS | Estructura y Composición.Dominancia.Amenazas y oportunidades. |
| F | ESTADO DE PROTECCIÓN | Tipologías de protección.Principales acciones de conservación. |

II.1.C. Conclusiones del diagnóstico.

Los humedales objeto de estudio poseen gran variabilidad anual e interanual de las precipitaciones, tanto en localización como en intensidad. Al tratarse de humedales endorreicos, las sequías y perturbaciones en el régimen superficial de aportes, constituyen las perturbaciones naturales y antrópicas más importantes que explican su organización y su funcionamiento (Montes et al., 1995). El micro-relieve a nivel topográfico, juega también un papel relevante, pues dota al humedal de gran heterogeneidad y regula los procesos de acumulación de sedimentos, erosión, caída de árboles, crecimiento de semillas y flujo de animales (Aronson y Richarson, 2005)



Para el conjunto de zonas húmedas del Canal de Castilla (figura 6), pueden realizarse intervenciones relativas a los procesos hidrológicos (se hablaría de restauración ecológica) o se puede actuar a nivel de estructuras físicas, para recuperar ciertos procesos o elementos del ecosistema, cuyo sostenimiento en el tiempo y espacio se debe a los procesos hidrológicos a nivel de humedal y de cuenca (rehabilitación o recreación)

Las técnicas concretas de restauración que han sido empleadas tratarán, en primera instancia, de regular el régimen hidrológico a escala de humedal. Y paralelamente, como actuación de apoyo, se emplearán técnicas de reforestación y acondicionamiento topográfico.

II.2.- Redacción del proyecto de restauración de las lagunas del Canal: trabajos de reforestación y acondicionamiento hidrológico (Anexo I: Proyecto de obra)

En esta fase, el *Practicum* se centro en el estudio del medio físico, el diagnóstico de los humedales, y la propuesta de reforestación. Asimismo, se apoyó en la propuesta de acondicionamiento hidrológico (trabajo de campo y cartografía)

El objeto del proyecto de obra fue la planificación de las actuaciones de reforestación y acondicionamiento hidrológico en las Zonas Húmedas Marginales del Canal de Castilla, siendo su objetivo general la mejora ambiental y paisajística de la zona de actuación. Entre sus objetivos específicos, se encuentra:

- Proteger los márgenes de las Zonas Húmedas Marginales y la estructura del cauce del Canal.
- Mejorar y crear hábitats que permitan potenciar una mayor biodiversidad y equilibrio natural del entorno.
- Aumentar el valor paisajístico y estético del enclave.

El proyecto se redactó teniendo los criterios técnicos y científicos que establece la restauración ecológica como disciplina. Si bien, y debido al contexto socio-económico de la zona de actuación y condicionantes del promotor y co-financiadores (Diputación de Palencia, Confederación Hidrográfica del Duero y Fundación Global Nature) existen actuaciones con criterios más sociales que ecológicos. En la siguiente tabla, se sintetizan las diferentes actuaciones por humedal (Anexo I: Proyecto de Obra. Documento 1 y 2)

Tabla 5: Listado general de actuaciones. Codificación: A: Trabajos de forestación; B: Manejo de vegetación helofítica; C: Eliminación de drenajes; D: Conexión hidráulica con el Canal; E: Mejora de la calidad de las aguas

| | ontica, o. Eliminación de dienajes, | SUPERFICIE | PERÍMETRO | Α | В | С | D | E |
|----|---------------------------------------|------------|-----------|---|---|---|---|---|
| 1 | Laguna de Cabañas | 1,53 | 751 | Χ | Χ | - | Χ | - |
| 2 | Charca del Juncal | 0,66 | 331 | Χ | - | - | Χ | - |
| 3 | Charca del Rosillo | 0,76 | 486 | Χ | - | Χ | - | - |
| 4 | Charca del Valdemorco | 7,54 | 2025 | Χ | Χ | Χ | Χ | Χ |
| 5 | Charca de Boadilla | 3,08 | 1134 | Χ | - | - | - | - |
| 6 | Laguna de Ontanillas | 1,01 | 581 | Χ | - | - | - | - |
| 7 | Laguna de Ucieza | 1,60 | 1300 | Χ | - | - | - | - |
| 8 | Laguna de Valdichivita | 1,69 | 824 | Χ | - | - | Χ | - |
| 9 | Charca de los Corrales | 5,36 | 2475 | Χ | Χ | - | Χ | - |
| 10 | Charca de los Arroyales | 1,14 | 666 | Χ | - | - | - | - |
| 11 | Charca de Rueda | 2,03 | 811 | Χ | Χ | - | Χ | - |
| 12 | Charca de Besana | 4,63 | 1118 | Χ | Χ | - | Χ | - |
| 13 | Laguna del Lomo | 1,06 | 619 | Χ | Χ | - | Χ | - |
| 14 | Charca de Fuentemimbre | 1,31 | 855 | X | - | - | - | - |
| 15 | · · | 11,07 | 2916 | - | Χ | - | - | Χ |
| 16 | Charca del Tencario | 1,23 | 593 | Χ | - | - | - | - |
| 17 | Charca de Valdemundo | 30,43 | 3255 | Χ | Χ | Χ | Χ | - |
| 18 | Charca del Paramillo | 2,23 | 1291 | Χ | Χ | - | - | - |
| 19 | Charca del Hoyo de San Andrés | 1,83 | 745 | Χ | - | - | - | - |
| 20 | Charca de Reyerta | 1,22 | 475 | Χ | Χ | - | Χ | - |
| 21 | Charca de Casablanca | | | Χ | - | - | Χ | |
| 22 | • | 4,29 | 1972 | X | Χ | - | Χ | |
| 23 | , | 0,49 | 277 | Χ | - | - | - | |
| 25 | Toja del Pescador | 0,90 | 381 | Χ | - | - | - | |
| 24 | 3 | 2,59 | 1200 | - | Χ | - | - | - |
| 26 | Laguna de Abarca | 2,31 | 835 | Χ | Χ | - | - | |
| 27 | Charca del Cruce | 2,20 | 1233 | Χ | - | - | - | - |
| 28 | | 0,34 | 336 | Χ | - | - | - | 1 |
| 29 | · · · · · · · · · · · · · · · · · · · | 0,33 | 439 | Χ | - | - | - | 1 |
| 30 | ' ' | 0,29 | 390 | Χ | - | - | - | - |
| 31 | | 0,47 | 292 | Χ | - | - | - | - |
| 32 | | 0,086 | 200 | Χ | - | - | - | - |
| 33 | Laguna de Belmonte | 2,70 | 1629 | X | X | X | Χ | - |

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de valor a la hora de ejecutar el proyecto:

- Emplear mano de obra de zonas próximas para favorecer el desarrollo de la comarca, aprovechando las infraestructuras existentes en la zona.
- Evitar la utilización de técnicas de preparación del terreno que supongan fuertes inversiones económicas.
- Seleccionar especies autóctonas para las posibles repoblaciones.
- Mejorar el aspecto del entorno pero sin modificar la naturalidad del paisaje.

II.2.A. Recuperación del régimen hidrológico (Anexo I: Proyecto de obra)

Existen dos factores de alteración que han condicionado la desconexión hidráulica de los humedales con el Canal:

- Descensos en el nivel del agua del Canal e impermeabilización del mismo, debido a actuaciones de acondicionamiento geotécnico del mismo.
- Modificación de la red hidrográfica mediante desviaciones y canalizaciones de cursos fluviales de poca entidad (arroyos)

Esta actuación tiene como finalidad compensar el déficit de aportaciones hídricas que sufren en la actualidad las zonas húmedas y mantener el nivel de lámina de agua mínima que tendrían las zonas húmedas en su estado natural, de modo que se amortigüe los períodos de potenciales desecaciones provocadas por la acción antrópica. Con esta actuación se conseguirá a largo plazo la recuperación de la topografía inicial, mediante procesos naturales de transporte y sedimentación de materia orgánica e inerte.

La Universidad de Valladolid (Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría) colaboró en el proyecto y realizó un levantamiento topográfico y caracterización hidrológica de diversos humedales. En el estudio, se incluyeron variables morfométricas (superficie, perímetro, altura máxima de la lámina de agua e índice de forma), variables hidrogeológicas (presencia de acuíferos y tipo de suelo) y variables hidrográficas (principales cursos fluviales influyentes en cada zona de estudio). Las recomendaciones para llevar a cabo las diferentes actuaciones hidrológicas fueron:

- Mantener la conexión entre los humedales y el/los tributarios (ríos y/o arroyos) Se trata de facilitar la llegada de los flujos a través de los cauces que conforman los humedales. Estos cauces pueden estar bastante degradados y cerrados por vegetación macrófita o sedimentos. Proporcionar una llegada del flujo más ligera y limpia, repercutiría, probablemente, en una mayor permanencia de la lámina de agua y un mejor estado de la calidad hídrica.
- Cerrar drenajes si existieran. Algunos humedales se hallan drenadas para evitar que encharquen los terrenos colindantes. En estos casos sería conveniente construir unas compuertas con vertederos libres que de forma autónoma cerraran los drenajes y permitan retener en la laguna los niveles óptimos para su buen

- estado ecológico, a la vez que faciliten la salida de flujos extraordinarios, sin perjudicar a las tierras perilagunares.
- Evitar la llegada de sedimentos de los terrenos de cultivo colindantes. Esta medida incrementará la vida de la laguna, retrasando la colmatación de la misma. Algunas medidas ideales serían promover cordones de vegetación (preferente), bermas o zanjas de contorno.
- Limitar el uso de fitocidas, pesticidas o fertilizantes a los umbrales necesarios para un adecuado cultivo agrícola y controlar el exceso de estos productos que a través de las escorrentías superficiales y subterráneas pueden alcanzar las masas de agua generando problemas de distinta índole (incremento de la eutrofización, desaparición de parte de la fauna y flora acuática propia de las lagunas, etc.). También se deberían limitar las quemas de rastrojo, dentro de una franja de protección, y así evitar el aumento de cenizas, carbonatos, etc., que pueden afectar a la calidad del agua, cambios bruscos de pH, etc.

Debido a la dificultad administrativa, social e histórica existente para llevar a cabo estas recomendaciones (restauración de los cursos fluviales, limitar quema de rastrojos, usos de fitocidas, etc.), se optó por realizar una serie de actuaciones de ingeniería hidráulica que aseguren la aportación similar a la que tenían los humedales en su estado natural mediante:

- Acondicionamiento y preparación de accesos, hasta la zona donde se realizará las obras de conexión.
- Conexión con el canal. Construcción de una obra de toma, una arqueta de aforos y otra de alimentación, según modelo de la Confederación Hidrográfica del Duero. La arqueta de alimentación dispondrá de un mecanismo de regulación del nivel de cada laguna. Se realizará mediante una válvula de cierre por flotador y tapa de chapa metálica estriada con mecanismos de cierre.
- La comunicación entre la obra de toma y la arqueta de aforos, así como la conexión entre arquetas. Se realizará mediante la excavación en zanjas para la colocación de tubería de polietileno homologado, según modelo de la Confederación Hidrográfica del Duero.
- Con el objeto de proteger la arqueta alimentación y reducir el impacto visual, se prevé la ejecución de una escollera de bloques de piedra caliza. Asimismo, se

- rellenará y compactarán las zanjas de conexión con material de la misma obra y de zonas préstamo.
- Para minimizar la dimensión de las obras, se aprovecharán tomas y arquetas existentes, así como arroyos o canales que conecten humedales. En estos casos se realizarán actuaciones complementarias de acondicionamiento de infraestructuras existentes y limpieza de cauces y arroyos.

Las anteriores actuaciones se realizarán en los siguientes humedales y con las siguientes características (Tabla 6):

Tabla 6: Listado de actuaciones hidrológicas por humedal. Fuente. Fundación Global Nature.

| ID | Nombre | ACTUACIONES |
|-------|--------------------------|---|
| 1 | Laguna de Cabañas | Acondicionamiento de accesos. |
| 2 | Charca del Juncal | Obra de toma y arquetas, según modelo de la CHD. |
| 4 | Charca de Valdemorco | Apertura de zanjas para la conexión |
| 8 | Laguna de Valchivita | Conexiones obra de toma con arquetas, según modelo de la CHD |
| 21 | Charca de la Raya | Relleno y compactación de zanjas. |
| | | Escollera de bloques de piedra (en arqueta de alimentación) |
| 3 | Charca del Rosillo | Actuaciones anteriores (humedales 1, 2, 4 y 8) más aprovechamiento de una |
| | | toma de agua y arqueta de aforo existente. |
| 11-12 | Charca de Rueda - Besana | Actuaciones anteriores (humedales 1, 2, 4 y 8) más acondicionamiento de un canal de riego paralelo que presentan dos vertientes, hacia cada una de las dos lagunas (limpieza) |
| 17 | Charca de Valdemudo | Remodelación del desagüe de la laguna, con limpieza de cauce e instalación de compuesta. De forma que pueda regularse el vaciado de la mismo. |
| 26 | Laguna de Abarca | Aprovechamiento de una toma de agua existente y arqueta de aforo más actuaciones anteriores (humedales 1, 2, 4 y 8) más |

Se hará a modo de experimentación, las recomendaciones del estudio hidrológico propuesto por la Universidad de Valladolid. Por ejemplo, el taponamiento de los canales de drenaje existentes en algunos humedales, aprovechando la maquinaria y mano de obra destinada a realizar la conexión con el Canal o la instalación de compuertas en la charca de Valdemudo sobre los canales de drenajes, para regular la salida de agua por encima de la compuerta cuando se ha conseguido el nivel preestablecido.

En esta tipología de actuaciones de experimentación, se consideró igualmente eliminar los canales de drenaje existentes en algunos humedales, sin embargo, se desestimó por hacer peligrar algunas especies acuáticas singulares y presentes en ellos, como *Hippuris vulgaris* especie rara en la región mediterránea.

II.2.B. Trabajos de reforestación

El objeto de la reforestación a lo largo del Canal fue recrear una orla arbustiva densa en el camino de sirga (y de forma puntual en los bordes de la cubeta lagunar), con la finalidad de proteger los humedales existentes ante amenazas antrópicas (vertidos, pesca ilegal, eliminación de vegetación, etc.) y mejorar el hábitat existente (alimento, refugio y cría). Se pretende que esta actuación mantenga paralelamente la permeabilidad de la orla arbustiva para el flujo de fauna hacia y desde los humedales.

Se priorizó el estrato arbustivo y espinoso, debido a la finalidad protectora establecida. Sin embargo, también se incluyeron numerosas especies potenciales con respecto al ecosistema de referencia, como por ejemplo, el álamo cribero (*Populus canescens*) y especies agroforestales con alto valor cultural en regresión por su desuso, como por ejemplo, el nogal (*Juglans regia*)

El denominado ecosistema de referencia, es el bosque de ribera propio de la cuenca del río Pisuerga y afluentes. Las comunidades características son alisedas mesótrofas continentales, saucedas mixtas, fresnedas hidrófilas mediterráneas y saucedas blancas. Acompañan otras comunidades como alisedas mesótrofas submediterráneas, alamedas hidrófilas y mimbreras calcófilas mediterráneas (Ministerio de Medio Ambiente, 2006). Aunque el Canal no presenta la misma estructura de vegetación que un curso fluvial natural, si ha conseguido en un largo proceso de naturalización, una composición similar en los tramos con mayor desarrollo de la vegetación (Anexo II. Proyecto de obra. Documento 1. Apdo 3)

II.2.b.1.Selección de especies a plantar

La selección de las especies se realizó según el objetivo protector de la plantación, el grado de adecuación de las especies en el entorno, el papel de las especies en el ecosistema, la disponibilidad en el mercado y la facilidad de desarrollo y propagación. Debido al carácter protector, la plantación se centró en especies de porte medio alto, incluyendo de manera marginal, algunas especies de tipo lianoides y labiadas que actúan como precursoras a medio plazo de la colonización de especies similares.

Los lugares de procedencia de las plantas, son análogos a los de plantación definitiva, en lo que se refiere a clima y altitud sobre el nivel del mar. Las plantas proceden de viveros especializados en producción de planta forestal autóctona (Vivero IMAVE y Villamalea). Se utilizarán tres tipos de producción de planta (Anexo I. Proyecto de obra. Documento 3):

- En cepellón. Envase no recuperable, con forma tronco-piramidal de 150 cm3 de capacidad y 17 cm. de longitud, con sistema antiespiralizante y antirepicado. Envase no apilable y con una estimación de roturas y pérdidas previas de un 5%.
- A raíz desnuda de una o dos savias, dependiendo de la zona a implantar, las cuales serán transportadas con el cepellón del vivero para facilitar su arraigo en el terreno.
- Estaquillado. Esta técnica de reproducción vegetativa se realizará para las especies del género Salix. Se recogerá material vegetal en zonas próximas donde existan formaciones, en varillas de 20 cm., realizando cortes en bisel y usando hormonas enraizantes.

Las zonas de plantación siguientes, se establecieron tendiendo en cuenta las características y finalidad de la plantación y las condiciones edafo-climáticas del lugar, descritas en el apartado de caracterización del medio (Anexo I: Proyecto de obra. Documento 1.Memoria. Apartado 2.2.) Para la selección, se contó con el asesoramiento del botánico Juan Andrés Oria de Rueda, profesor de botánica forestal en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIA) de Palencia.

a) Ramal Norte. Sector Septentrional (Laguna de Cabañas - la laguna de Ontanillas)

La precipitación media en el Ramal es de 400-600 mm/anuales, siendo más elevada al norte del Ramal objeto de estudio (489 mm/anuales) y descendiendo gradualmente con la altura hasta 456 mm/anuales. En cuanto al régimen de humedad, el sector corresponde al mediterráneo húmedo, por influencia del río Pisuerga. La litología dominante de este sector son las gravas, arenas, limos y arcillas en el área de influencia del curso fluvial del río Pisuerga y la Paramera detrítica (Noroeste). El desarrollo de los suelos son de tipo inceptisol (según la clasificación del USDA, United States Department of Agriculture), caracterizados por presentar un débil desarrollo de horizontes. Este tipo de suelos son recientes en ambientes de tundra, zonas volcánicas recientes y zonas recientemente deglaciadas. Presenta tanto orlas de vegetación bien conservadas y algunas tramos puntuales algo más abandonados y erosionadas. La selección para este sector fue la siguiente:

Tabla 7: Selección de especies para la reforestación del Ramal Norte, sector septentrional. Fuente: Elaboración propia

| ARBOREAS | | ARBUSTIVAS | | |
|-----------------------|--------------|--|----------------|--|
| Nombre científico | Familia | Nombre científico | Familia | |
| Populus canescens | SALICACEAE | Salix spp. (S. fragilis, S. purpurea, S. salviifolia, S. triandra) | SALICACEAE | |
| Populus nigra | | Sambucus nigra | CAPRIFOLIACEAE | |
| Populus tremula | | Cornus sanguínea | CORNACEAE | |
| Ulmus minor | ULMACEAE | Rosa spp. (R. canina, R. micrantha, R. pouzinii) | ROSACEAE | |
| Fraxinus angustifolia | OLEACEAE | Crataegus spp. (C. monogyna y C. azarolus) | | |
| Tamarix gallica | TAMARACACEAE | Frangula alnus | RAMNACEAE | |
| Alnus glutinosa | BETULACEAE | Ligustrum vulgare | OLEACEAE | |
| Prunus avium | ROSACEACE | Euonymus europaeus | CELASTRACEAE | |
| Pyrus pyraster | | Lonicera periclymenum | CAPRIFOLIACEAE | |
| Sorbus domestica | | Clematis vitalba | RANUNCULACEAE | |
| Juglans regia | JUGLANDACEAE | | | |

b) Ramal Norte. Sector Meridional (Ucieza-La Raya,-Casablanca)

La precipitación media en el Ramal es de 400-600 mm/anuales, siendo más elevada al norte del Ramal objeto de estudio (472 mm/anuales) y descendiendo gradualmente con la altura hasta 416 mm/anuales. En cuanto al régimen de humedad, el sector corresponde al mediterráneo seco-semiárido y, de forma puntual, al mediterráneo húmedo por influencia del río Carrión.

La litología dominante de este sector son los limos y arenas ocres, con niveles de conglomerados y costras (Facie Tierra de Campos, Serna, Villalpando-Sahagún). La litología dominante de este sector se compone de gravas, arenas, limos y arcillas. El desarrollo de los suelos son de tipo entisol (según la clasificación del USDA, *United States Department of Agriculture*), suelos con casi nula diferenciación de horizontes; distinciones no climáticas como los aluviones.

La vegetación en este sector está, de forma general, muy desarrollada con presencia de regeneración natural. Incluso en algunos tramos, la vegetación ha invadido el camino de sirga. Existen, de forma puntual, tramos con erosión y vegetación más rala y. La selección para este sector fue la siguiente:

Tabla 8: Selección de especies para la reforestación del Ramal Norte, sector meridional. Fuente: Elaboración propia.

| ARBÓR | EAS | ARBUSTIVAS | | |
|-----------------------|--------------|--|----------------|--|
| Nombre científico | Familia | Nombre científico | Familia | |
| Populus nigra | SALICACEAE | Salix spp. (S. fragilis, S. purpurea, S. salviifolia, S. triandra) | SALICACEAE | |
| Populus canescens | 1 | Sambucus nigra | CAPRIFOLIACEAE | |
| Populus tremula | | Cornus sanguínea | CORNACEAE | |
| Ulmus minor | ULMACEAE | Rosa spp. (R. canina, R. micrantha, R. pouzinii) | ROSACEAE | |
| Fraxinus angustifolia | OLEACEAE | Crataegus spp. (C. monogyna y C. azarolus) | | |
| Tamarix gallica | TAMARACACEAE | Frangula alnus | RAMNACEAE | |
| Alnus glutinosa | BETULACEAE | Rhamnus catharticus | | |
| Prunus avium | ROSACEACE | Ligustrum vulgare | OLEACEAE | |
| Pyrus pyraster | | Euonymus europaeus | CELASTRACEAE | |
| Sorbus domestica | | Lonicera periclymenum | CAPRIFOLIACEAE | |
| Juglans regia | JUGLANDACEAE | Clematis vitalba | RANUNCULACEAE | |

c) Ramal de Campos (Casas del Rey-Belmonte)

Tramo comprendido entre el término municipal de Paredes de Nava y Belmonte. Con gran influencia por la unidad geomorfológica de Tierra de Campos Palentina, presente unas precipitaciones medias, en su mayor parte, entre 300-400 mm/anuales. En cuanto al régimen de humedad, el sector corresponde al principalmente al mediterráneo seco-semiárido.

La litología dominante de este sector son las gravas, arenas, limos y arcillas en el área de influencia del curso fluvial del río Carrión y la Paramera (suelos detríticos). El desarrollo de los suelos son de tipo inceptisol (según la clasificación del USDA, *United States Department of Agriculture*), suelos con débil desarrollo de horizontes.

La vegetación en este sector está, de forma general, poco desarrollada y tiene mayor estrés hídrico. Por todo ello, tiene más cabida en esta zona especies estrictamente riparias ligadas a los sotos del Canal, pero en menor proporción que en resto de sectores zonificados y especies de influencia mediterránea más propias de ambientes xéricos.

Tabla 9: Selección de especies para la reforestación del Ramal de Campos. Fuente: Elaboración propia.

| ARBÓREAS | | ARBUSTIVAS | |
|-------------------|--------------|--|--------------|
| Nombre científico | Familia | Nombre científico | Familia |
| Populus nigra | SALICACEAE | Salix spp. (S. fragilis, S. purpurea, S. salviifolia, S. triandra) | SALICACEAE |
| Populus canescens | | Cornus sanguinea | CORNACEAE |
| Ulmus minor | ULMACEAE | Rosa spp. (R.canina, R. micrantha) | ROSACEACE |
| Salix alba | OLEACEAE | Crataegus spp. (C. monogyna, C. azarolus) | |
| Tamarix gallica | TAMARACACEAE | Prunus spinosa | |
| Alnus glutinosa | BETULACEAE | Rubus spp. (R. ulmifolius, R. caesius) | |
| Prunus avium | ROSACEACE | Euonymus europaeus | CELASTRACEAE |
| Prunus cerasus | | Thymus zygis | LABIATACEAE |
| Pyrus pyraster | | Salvia lavandulifolia | |
| Juglans regia | JUGLANDACEAE | Lavandula latifolia | |

Se prestó especial atención al empleo de especies autóctonas de la zona o representativas, como puede ser el caso del álamo cribelo. Es una notable variedad local de gran interés en reforestaciones por su xerifolia y resistencia. Sus rodales caracterizan a muchas zonas húmedas de la comarca de Tierra de Campos y configuran uno de los paisajes vegetales más atractivos y en declive de la comarca.

II.2.b.2 .Proporción de especies a plantar

La proporción de especies en la plantación se estableció en función de los siguientes criterios:

- a) <u>Tamaño de los humedales</u>: Evitar crear una barrera vegetal impenetrable para la fauna y alterar de ese modo el hábitat de especies propias de medias más abiertos (Tabla 10):
 - Humedales con superficie mayor de 3 ha (Proporción: 60% arbustivas; 40% arbóreas).

- Humedales con superficie entre 1 y 3 ha. (Proporción: 80% arbustivas; 20% arbóreas).
- Humedales con superficie menor de 1 ha. (Proporción: 100% arbustivas).

Tabla 10: Agrupación de los humedales asociados al Canal de Castilla en función de la superficie que presentan. Elaboración propia

| SUPERFICIE | LAGUNAS/CHARCAS |
|------------|--|
| >3 Has | Valdemorco, Ribas de Campos, Valdemudo Boadilla, Besana, la Raya-Casablanca y Corrales. |
| 1-3 Has | Ontanillas, El Lomo, Arroyales, La Reyerta, El Tenquero, Fuentedemimbre, Ucieza, Valdichivita, Hoyo de San Andrés, Rueda, Cabañas, El Cruce, Deseo, Paramillo, Abarca, Toja del Pescador y Belmonte. |
| < 1 Has | El Juncal, El Rosillo, Casas del Rey, Esclusa 4º, Parpoquero I y II, La Membrilla. |

- b) Presencia de vegetación arbórea con regeneración natural: Existen muchos humedales con una línea de árboles (chopo negro) continua y con presencia de regeneración vegetal. En estos casos, se opta por reforestar únicamente con arbustos (0% especies arbóreas y 100% especies arbustivas). En caso contrario, se aumenta en un 10% más las especies arbóreas.
- c) **Zona de amortiguación**: Se considera que en algunos humedales es recomendable aumentar la zona de plantación a lo largo del camino de sirga.

(Véase para más detalle Anexo I. Proyecto de obra. Documento 1. Apartado 3)

II.2.b.3. Preparación del terreno, técnicas de plantación y cuidados posteriores

La preparación del terreno se encaminó hacia técnicas puntuales. Primeramente se retirarán de la zona de plantación, la vegetación competidora mediante el uso de azada. Posteriormente, se ejecutarán los hoyos de plantación, con dimensiones aproximadas de 60 x 60 cm y densidad de ahoyado de 1.100 hoyos/ha. Se emplearán dos técnicas en función del grado de pedregosidad.

La plantación se realizará a savia parada, es decir entre noviembre y mediados de marzo. En el caso de especies frondosas, desarrollan mejor su sistema radical en invierno, siendo recomendable su plantación antes de esta época, por lo que el período más adecuado es el mes de noviembre-diciembre. La distribución de las especies será al tresbolillo, para crear una mayor heterogeneidad en la disposición de las especies. El marco de plantación será de 3 x 3 m para todas las frondosas arbóreas y arbustivas que se van a utilizar en este proyecto, obteniendo una densidad de plantación de 1.100 pies/ha.

Para facilitar el arraigo de las plantas, se realizará un riego de plantación y un riego de refuerzo en la época estival, principalmente en aquellas especies con mayores necesidades hídricas. Se considera recomendable realizar algún riego más de refuerzo durante el año siguiente de la plantación.

Se irá trabajando por humedales de forma progresiva de modo que se irá comprobando el grado de éxito de la plantación y las necesidades específicas de protección de cada humedal. De este modo se irán mejorando los criterios de selección de especies, proporciones y técnicas de plantación.

II.3.- Diseño del estudio sobre composición y abundancia de vegetación helofítica en la laguna de la Venta (Anexo II)

II.3.A. Presentación del caso de estudio.

La charca de La Venta, es una de las lagunas de mayor interés faunístico y florístico de las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla y un importante punto donde todos los años recalan miles de aves durante la migración postnupcial. Algunas de estas especies se encuentran amenazadas estando consideradas como prioritarias de conservación por la Unión Europea, este es el caso del carricerín cejudo (*Acrocephalus paludicola*), cuya presencia se constata todos los años de forma regular en la laguna de La Venta durante los meses de julio a septiembre. Actualmente y debido a un histórico proceso de desecación, el desequilibrio hidrológico ha condicionado la disminución y regresión del uso de este hábitat para numerosas especies de aves migratorias.

Enmarcado en el Proyecto LIFE-Medio Ambiente 2006 "Restauración y Gestión de lagunas – ZEPA Canal de Castilla", se contempla la realización de una campaña de anillamiento como actuación de monitorización de las comunidades faunísticas (avifauna) que emplean estas lagunas como hábitat (nidificación, reproducción o alimentación). Entre los objetivos se encuentra la investigación de los requerimientos y uso de hábitat de las aves, especialmente migratorias y el desarrollo de estudios de seguimiento.

El área objeto de estudio se localiza en la parte central de la laguna, entre los canales de drenaje transversales tercero y cuarto (Norte-Sur), donde se ubica un equipamiento lineal (red japonesa) destinado a la captura de avifauna para su posterior anillamiento científico. La red tiene una longitud de 210 m y, para su instalación, se aprovechó un camino existente que comunica las infraestructuras de drenaje.

La superficie desbrozada es de aproximadamente 1,5m., y dispone de unas cunetas para el drenaje del propio camino. Limita al norte con el tercer canal de drenaje perpendicular al Canal, al sur con una masa densa de vegetación helofítica, al oeste con una chopera de repoblación y al este con el talud del Canal de Castilla (Figura 6)



Figura 6: Localización área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte del transecto (red de captura) se encuentra rodeado de carrrizales y espadañales integrados por una importante variedad de helófitos como *Phragmites australis*, *Thypa* spp., *o Carex* spp. La vegetación emergente tiene a colonizar la superficie que progresivamente se va secando en épocas estivales (*Lythrum tribracteratum* o *Juncus bufonius*) Las zonas de aguas libres están colonizadas por macrófitos acuáticos (p.e.:*Chara* spp., *Tolypella* spp. *Potamogeton* spp.), distinguiéndose la distribución por la profundidad de las aguas (superficie de aguas libre natural, canal central de drenaje y canales perpendiculares)

II.3. B. Objeto y objetivo del estudio.

El objeto de estudio fue la analizar la estructura, dinámica y distribución de comunidades vegetales emergentes (helófitos²) en la zona de captura y anillamiento, siendo el objetivo principal comprobar el efecto que tiene las acciones de restauración de la laguna sobre la calidad del hábitat para la avifauna.

II.3.C. Hipótesis de partida.

La presencia de lámina de agua temporal y/o permanente así como superficie de lámina de agua libre de vegetación, condiciona la distribución, abundancia y diversidad de vegetación palustre en torno al área de captura de avifauna. Una mayor permanencia de lámina de agua y superficie libre de vegetación emergente contribuiría a la mejora de calidad de hábitat para la fauna y, asimismo, contribuiría al descenso de procesos predativos por grandes mamíferos como el jabalí.

Estudios previos afirman la hipótesis planteada (Cirujano, 2000; Cirujano et al., 2000; Santiago et al., 2005; Bécares et al., 2004, Fernández-Aláez et al., 2004): la permanencia y profundidad del agua son factores determinantes el la distribución y el crecimiento de la vegetación. De hecho, varios autores han comprobado la sensibilidad de algunas especies acuáticas a cambios en el régimen del agua, lo que determina su distribución en el hábitat (Fernández-Aláez, 1999, Denny, 1992)

II.3.D. Diseño del experimento-muestreo.

Para comprobar esta hipótesis se realizó un estudio de tipo observacional que permitirá detectar, a lo largo de una serie temporal, relaciones, procesos y patrones así como posibilitar estudios a múltiples escalas espaciales.

Se delimitaron dos transectos a ambos lados de la red de captura de aves, a una distancia de 4,5 metros (Figura 7). En estos pasillos, se ubicaron cuadrados de muestreo de 50 x 50 cm, resultando un total de 22. Se grabó su locación a través de un Sistema de Posicionamiento Global y quedó marcado físicamente su emplazamiento mediante una estaca/tocón de madera.

-

² Los helófitos, son plantas acuáticas que se instalan en el margen de las zonas húmedas y tienen su parte basal sumergida, aunque una porción considerable de sus estructuras vegetativas y las partes reproductoras se encuentran fuera del agua, son los helófitos o plantas palustres, también llamado por Font Quer (1975): higrófitos.

En cada transecto se dispusieron las unidades de muestreo de manera sistemática cada 11 metros desde el inicio de la red. Debido a las distintas mediciones requeridas (biomasa, densidad, etc.), el cuadrado de muestreo se dividió en cuatro sub-cuadrados de 25 x25 cm. Cada año de muestreo, se tomará un sub-cuadrado, para evitar el efecto de la siega en las condiciones de muestreo en una serie temporal de cuatro años.

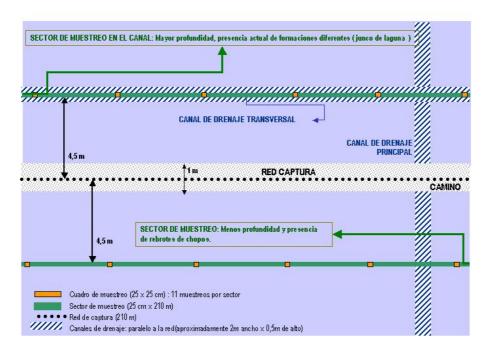


Figura 7: Croquis diseño del muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Los muestreos se realizaran coincidiendo con las épocas de anillamiento y coincidiendo paralelamente con la etapa de mayor desarrollo vegetativo de la vegetación palustre (verano), y de este modo, evaluar los cambios de las condiciones hidrológicas en la vegetación y fauna.

Las variables de estudio fueron las siguientes:

- Independiente. Condiciones hidrológicas. Variable cualitativa con tres estados diferenciados:
 - 1. Presencia de lámina de agua;
 - 2. Presencia de humedad edáfica;
 - 3. Suelo seco (en superficie)
- Dependiente. Cualitativas y cuantitativas.
 - Riqueza de especies: nº de especies totales, emergentes y no emergentes.
 - Cobertura superficial del cuadrado de muestreo. Unidad: porcentaje.
 - Nº pies/cuadrado muestreo: pies de planta presentes en el cuadrado.
 - Altura de especies vivas presentes. Unidad: milímetros (mm.)
 - Perímetro de especies vivas presentes. Unidad: milímetros (mm.)

- Biomasa, peso de la materia viva presente en el cuadrado. Unidad: gramos (gr.)
- Necromasa, peso de la materia seca presente. Unidad: gramos (gr.)
- Catálogo de especies, especie dominante y observaciones.

La densidad de los tallos se determinó mediante el conteo de todos los pies dentro del sub-cuadrado de muestreo (dimensiones: 25 x 25 cm.). Las especies encontradas se dividieron en emergentes y terrestres estrictas. La altura y el diámetro de los tallos de cada especie presente se calculó de forma estimativa eligiendo al azar una muestra dentro de cada cuadrado que suponga el 20% del número total de pies.

Para la estimación de la biomasa se realizó la corta de todos los pies del cuadrado de muestreo, para su posterior medición de biomasa y necromasa. Para ello, se tomó como referencia un cuadrado de mayor dimensión (50 x 50 cm.) dividido en cuatro cuadrados de 25 x 25 cm. Cada año de muestreo se tomará un cuadrado de 25 x 25 cm. para evitar el efecto de la siega en las condiciones de muestreo.

II.3.E. Resultados.

A continuación, los resultados expuestos proceden del primer muestreo realizado en septiembre de 2007. Debido a que no se dispone de una serie temporal, únicamente se puede realizar una caracterización de la estructura y composición de la vegetación.

Resultado 1: Estructura y composición de las comunidades dominantes.

El transecto sur (figura 8) está compuesto por una vegetación emergente variada y de escaso desarrollo, propio de suelos habitualmente no inundados, de juncales y praderas gramíneas halófilas. Es destacable la presencia de sub-cuadros de muestreo sin vegetación emergente, más propias de prados y pastizales. El carrizo (*Phragmites australis*) también aparece de manera frecuente, debido a su capacidad colonizadora más que por la idoneidad del hábitat.

Paralelamente, se detectó una elevado desarrollo de chopo negro (*Populus nigra*). Como se comentó en la delimitación de la zona de estudio, en el margen oeste de la red de captura existe una plantación de chopos con fines industriales y puede estar propagándose a estas zonas del humedal que sufren desecaciones prolongadas.

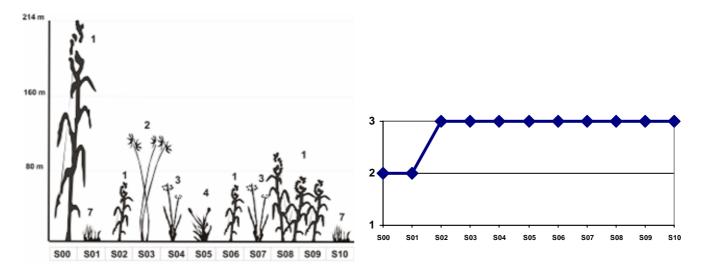


Figura 8: Croquis especies emergentes dominantes en el transecto sur. 1: *Phragmites australis*, 2: *Scirpus lacustris* Subs.. *lacustris*, 3: *Scirpus holoschoenus*, 4: *Eleocharis palustris*, 7: Especies no emergentes.

Gráfico 1: Condiciones hidrológicas en el transecto sur: 1) Presencia de lámina de agua; 2) Presencia de humedad edáfica; 3) Suelo seco. Fuente: Elaboración propia.

El transecto norte (Figura 9) coincide con el tercer canal de drenaje perpendicular al Canal, por lo tanto la vegetación se desarrolla sobre suelo más profundo y con mayor grado de humedad (Gráfico 2). Está compuesto por una comunidad de gran altura (2 m) formada por helófitos con dominancia del carrizo (*Phragmites australis*), la espadaña (*Typha* spp.) y el junco de laguna (*Scirpus lacustris* subsp. *lacustris*). Generalmente relacionado con la asociación *Scirpo lacustris-Phragmitetum* R. Tx. & Preising 1942 (Santos Cirujano, 2000)

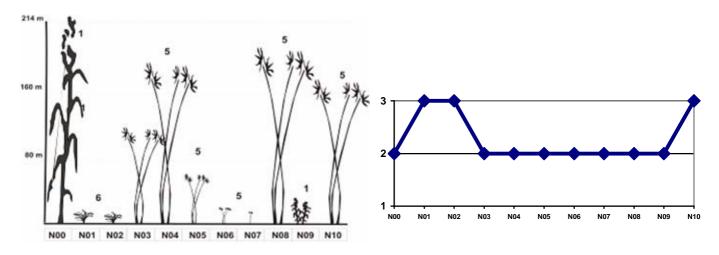


Figura 9: Croquis especies emergentes dominantes en el transecto sur. 1: *Phragmites australis*, 5: *Scirpus lacustris* shbsp. *lacustris*, 7: Carex. Gráfico 2: Condiciones hidrológicas en el transecto norte: 1) Presencia de lámina de agua; 2) Presencia de humedad edáfica; 3) Suelo seco. Fuente: Elaboración propia.

Resultado 2: La lámina de agua determina la riqueza de especies no emergentes.

Se realizó la prueba de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) para comprobar el supuesto de normalidad de las variables que se comparaban. Debido a la presencia de variables con distribución no normal, se seleccionó la alternativa no paramétrica para el contraste de muestras independientes, esto es, la prueba U de Mann-Whitney (Tabla 11):

Tabla 11: Resultados del test U de Mann-Whitney para la variable lámina de agua. Los test señalados en rojo son significativos a p <0.05. Fuente: Elaboración propia.

| | U | p-level |
|-----------------------|------|----------|
| Cobertura | 52 | 0.552842 |
| Riqueza de emergentes | 22 | 0.009674 |
| Necromasa | 41 | 0.209885 |
| Nº de pies totales | 52,5 | 0.620632 |
| Nº de pies vivos | 33 | 0.133814 |
| Altura | 40 | 0.470449 |
| Perímetro | 28 | 0.154608 |
| Biomasa | 42 | 0.568666 |

Como aparece en la tabla anterior, de todas las variables seleccionadas para el estudio, en este primer año de muestreo únicamente aparece una relación estadísticamente significativa entre la condición hidrológica (lámina de agua) y la riqueza de especies emergentes: Cuanto más constante es la presencia de agua en el suelo, menor es la riqueza de especies emergentes. Los transectos de vegetación dominante confirman esta afirmación, ya que el transecto sur dispone de mayor diversidad florística de helófitos y paralelamente el suelo se caracteriza por estar seco, mientras que el transecto norte, con mayor humedad edáfica (aunque sin llegar a presentar lámina de agua constante) presenta menor diversidad de especies helofíticas.

II.3.F. Conclusiones.

Actualmente, la charca de Valdemudo presenta alteración tanto en su microtopografía como en el régimen hidrológico. Ello condiciona la azonal distribución de las comunidades acuáticas. La composición florística, muy variable por transectos, depende de numerosos factores como la constancia del nivel del agua, la textura del suelo, etc. que combinadas dan lugar a facies diversas caracterizadas por la dominancia o presencia de ciertas especies, tales como *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*, etc.

La localización estratégica de la red de captura, y por tanto, los transectos objeto de estudio, permite realizar un seguimiento de zonas con diferente grado de humedad y persistencia de la lámina de agua, debido al canal de drenaje existente. Por consiguiente, el primer año de muestreo ha permitido establecer especies dominantes en estas comunidades vegetales y relacionarlo tanto con el estado de la lámina de agua o humedad edáfica como la riqueza de las especies no emergentes.

Con los resultados de la primera serie de datos, podemos hipotetizar que cuanto mayor y más constante es la lámina de agua disminuye la riqueza de especies emergentes, y colonizarán estas superficies del humedal especies con gran capacidad de competición y desplazamiento como las especies pertenecientes al género *Scirpus*, *Phragmites* y *Typha*.

En estudios posteriores, una vez realizado la primera serie temporal de cuatro años, se podrán comprobar y analizar los cambios en las comunidades helofíticas una vez ejecutadas las actuaciones de restauración hidrológica, en términos tanto de composición y estructura, respecto a las condiciones de referencia establecida en este estudio.

II.4.- Diseño de un plan de seguimiento del proyecto de restauración (Anexo III)

II.4. A. Presentación.

El objeto de la presente propuesta fue, diseñar un plan de seguimiento³ que permita verificar la recuperación funcional de los humedales restaurados. Este plan permitirá identificar actuaciones exitosas o frustradas en el proceso de restauración y, adaptarlo consecuentemente, a la gestión conservacionista de la Fundación. Se presenta como un protocolo que describe los pasos necesarios para planificar un programa de seguimiento e incluye recomendaciones para seleccionar indicadores apropiados para monitorear problemas específicos.

El seguimiento, es un proceso temporal que permite obtener información midiendo e identificando cambios de ciertos parámetros a lo largo del tiempo y a través de una metodología adecuada, para conseguir los objetivos de detección y causalidad (Aparicio et al., 1993 en 2ª Reunión de Expertos sobre Regeneración Hídrica de Doñana, 2000)

_

³ Como plan, se hace referencia al documento en el que se define y articula el conjunto de indicadores necesarios para el seguimiento del ecosistema, los protocolos para su adquisición y la incorporación de los resultados a la gestión (EUROPARC-España, 2005)

La evaluación del éxito de la restauración, mediante técnicas de monitorización, constituye una actuación clave para recuperar y conservar las zonas húmedas marginales del Canal. Paralelamente servirá para integrar el proyecto en el contexto social y promover así un mayor respeto y conocimiento de los beneficios que reporta la conservación de los humedales palentinos.

Para la gestión y conservación de humedales, se propone un enfoque de "gestión adaptable", bajo el principio de "incertidumbre" del conocimiento y la limitación de predecir la respuesta de un sistema de humedal. Esta incertidumbre es mayor que en otros sistemas naturales, debido a la complejidad de su respuesta. Ante cualquier intervención o modificación del sistema hidrológico, el humedal reacciona adaptando todas sus variables a la nueva situación, buscando un nuevo equilibrio; y en esta respuesta, el humedal presenta un número de incógnitas muy elevado (Montes, 1995; González del Tánago, 2004)

II.4. B. Resultados.

El plan de seguimiento propuesto ha tomando como referencias las experiencias internacionales aplicadas a la gestión específica de humedales, concretamente estudio de casos ya realizadas en Estados Unidos y en Nueva Zelanda (Keddy, 2000; Myers et al., 1987). Asimismo, se han seleccionado aquellas experiencias prácticas orientadas a ser aplicadas por entidades o instituciones sin poseer necesariamente un perfil estrictamente investigador, que permitan una aplicación y comprensión intuitiva tanto para los gestores del territorio como para la población. Consta de las siguientes fases:

- 1.- Clasificación del humedal.
- 2.- Establecimiento de parcelas control.
- 2.- Cálculo de índices de estado y presión.
- 3.- Análisis de cambio.

El índice de estado ecológico expresa las presiones internas existentes en el humedal y se desarrolla a través un proceso en el que se incluye reconocimiento de campo, la selección parcelas control y medición de parámetros en las parcelas control.

Estos son pasos necesarios para la evaluación y valoración de los indicadores a escala de humedal, que permitan estimar la condición del humedal, tanto de referencia como a lo largo del tiempo. El índice de presión expresa el número y magnitud de amenazas externas que pueden afectar potencialmente a la salud del humedal.

II.4.c.1.Clasificación del humedal.

El primer paso implica una fase de caracterización de humedales y delimitación de los tipos de vegetación o hábitats presentes. La caracterización de humedales se establece siguiente el sistema de clasificación canadiense (sistema, clases, formas y tipos):

- Se establecen 4 hidrosistemas para los humedales: estuario, fluvial, lacustre y palustre, tomando el escenario hidrológico y la salinidad como factores discriminantes.
- Posteriormente son reconocidas cinco clases de humedales en base al origen genético de los ecosistemas de humedales y de la naturaleza físico-química de los humedales.
- De cada clase de humedal, se establecen diferentes formas, basadas en la morfología de la superficie, el tipo de agua y la edafología.
- Por último, se pueden determinar los tipos de humedal en función de la composición y estructura de la vegetación.

II.4.c.2.Establecimiento de parcelas de control.

Una vez clasificado cada humedal, se seleccionan parcelas de control permanentes, representantes de los tipos vegetación existentes (un mínimo de parcela por tipo de vegetación mayoritaria presente) Estas parcelas proporcionan datos cuantitativos, que se utilizan para evaluar y puntuar la caracterización ecológica dentro de la parcela, y proporcionar una base de referencia para la detección de los cambios futuros en parámetros físicos, químicos y biológicos.

II.4.c.3.Índice de estado del humedal

En la siguiente figura se muestra el proceso lógico para calcular estado o condición de partida de cada humedal (denominado índice de condición) Dicho proceso se estructura en diferentes escalas de indicadores: parcela, componentes y de humedal (Figura 10):

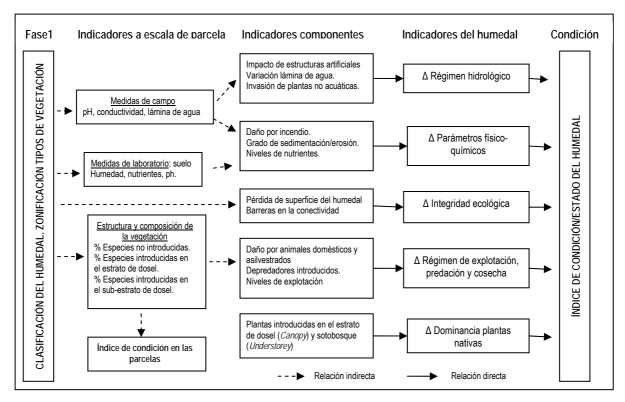


Figura 10: Fases para alcanzar el índice de condición del humedal. Fuente: modificado de CLARKSON, 2004.

Caracterizados los humedales objeto de seguimiento (fase 1) y, tras un reconocimiento de campo, se establecen las parcelas control, donde se medirán una serie de parámetros referentes al suelo, agua y la composición de la vegetación. Los indicadores a escala de parcela, servirán de base para el cálculo de los indicadores componentes a escala de humedal

El estado o condición del humedal responde a la revisión de indicadores a diferentes escalas de organización ecosistémica y presiones internas. Los indicadores a escala de humedal valoran los cambios en el régimen hidrológico, en los parámetros fisico-químicos, en la integridad del ecosistema, en el régimen de explotación y en la dominancia de plantas nativas, empleando para su cálculo los componentes del indicador. Éstos se evalúan y puntúan en una escala 0-5, donde 5 representa la condición ideal y 0 representa el estado con mayor degradación. Para su cálculo, se consideran los datos de las parcelas control, referencias históricas y la interpretación de los datos cuantitativos (Tabla 12)

Tabla 12: Cálculo índice de condición. Fuente: modificado de CLARKSON. 2004.

| Indicador | Componentes | Comentarios | Puntuación 0-5 ⁴ | Media |
|----------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------------|-------|
| Cambio en el régimen | Impacto de estructuras humanas | | | |
| hidrológico | Lámina de agua | | | |
| marologico | Invasiones de plantas de secano | | | |
| Cambio en los | Daño por incendios | | | |
| parámetros físico- | Grado de sedimentación/erosión | | | |
| químicos | Niveles de nutrientes | | | |

⁴ Grados de modificación: 5: muy baja/ninguna; 4: baja; 3: medio; 2: alta; 1: muy alta; 0: extrema.

| Cambio en la integridad del | Pérdida del área original del humedal | | |
|--------------------------------------|---|--|--|
| ecosistema | Barreras en la conectividad | | |
| Cambios en los regímenes de cosecha, | Daños por animales domésticos o asilvestrados | | |
| depredación y | Daños por depedadores introducidos | | |
| explotación | Nivel de explotación | | |
| Cambios en la dominancia de | Cobertura de plantas introducidas (dosel) | | |
| especies nativas | Cobertura de plantas introducidas (bajo el dosel) | | |
| | | Total índice de condición del humedal/25 | |

Por último, para calcular el índice de condición, se emplea una técnica semicuantitativo que permite evaluar el grado de modificación que se ha producido. Los resultados de los componentes de indicador se promedian para obtener un sub-índice resultado, y sumado representa el índice global de estado. Para un ecosistema intacto, el total de puntuación sería de 25.

II.4.c.4.Descripción y criterios de valoración de los indicadores a escala de humedal.

Los cinco indicadores a escala de humedal reflejan diferentes dimensiones a considerar para conocer el estado de referencia del humedal y las principales amenazas y factores de estrés. Hay inevitablemente superposiciones e interdependencia de los componentes del indicador. Esto no es necesariamente una desventaja para el sistema de puntuación, ya que hace hincapié en las cuestiones que son las amenazas más graves en los humedales.

En el Anexo III, aparece una justificación detallada de cada indicador seleccionado y su relación con las funciones de los humedales.

a) Cambio en el régimen hidrológico.

La hidrología es probablemente el factor más importante para el establecimiento y mantenimiento de los tipologías de humedales y de sus procesos ecológicos asociados (Mitsch y Gosselink, 2000) Aunque existen numerosos parámetros hidrológicos que pueden ser medidos, para el caso de los humedales palustres puede ser desarrollado de forma sencilla y económica mediante mediciones continuas del nivel del agua (Tabla 13). Con esta serie de medidas, todo el resto de parámetros hidrológicos pueden ser determinados: hidroperiodos, frecuencia y duración de inundaciones. Las series temporales de esta medida pueden detectar en el futuro si están cambiando los patrones hidrológicos.

| | rabia 13: Justificación del in | idicador. Cambio en el regimen nidrologico |
|---|---|--|
| Funciones afectadas | Componentes | Justificación y pistas visuales |
| Recreación. Relaciones hidrogeológicas. | H1: Impacto de estructuras artificiales que alteran el régimen hidrológico. | El agua sin duda determinante primordial de humedales. Las estructuras el régimen de entras y salidas de agua. Pistas visuales: Descripción de la estructura (número, extensión, profundidad, etc. |
| | H2: Cambio en la lámina de agua. | Drenajes que causan la disminución de la lámina de agua. Pistas visuales: Evolución de niveles de agua y de especies con requerimientos específicos. |
| | H3: Invasión de plantas no acuáticas. | Especies de las tierras secas, por ejemplo, la escoba, indican una disminución de la capa freática. |

Table 12: Justificación del indicador: Cambio en el régimen hidrológico

La presencia de estructuras artificiales en los humedales es un buen indicador de modificaciones en el régimen hidrológico, pero también hay que considerar presiones externas al humedal, que se describirán en al apartado siguiente.

La reducción del nivel del agua y la frecuencia de las inundaciones en humedales afectan a los procesos biogeoquímicos asociados al suelo, incrementando la penetración del oxígeno y aumentado la descomposición de la materia orgánica. El estado aerobio en los suelos facilita las invasiones de plantas no acuáticas, incluyendo plantas leñosas.

Para cambios en la composición de las comunidades vegetales pueden ser usados como un indicador sencillo presencia de drenajes (Wilcox, 1995) La presencia de especies no acuáticas en los humedales puede ser un indicador muy útil del efecto de las estructuras de drenaje, porque integran el régimen hidrológico en largos períodos de tiempo y por tanto, su extensión es menor para realizar el seguimiento.

Incrementos en la lámina de agua, pueden causar un alto grado de estrés a la vegetación del humedal, porque la mayor parte de las especies necesitan mantener brotes aéreos para su actividad fotosintética, y a menudo, no pueden sobrevivir pasado un corto periodo de tiempo sumergido. Este estrés es responsable del aumento del crecimiento de las plantas para hacer frente a posibles períodos de inundación, siempre y cuando la fluctuación no sea demasiado rápida. Especies como el junquillo de laguna (*Eleocharis palustris*) pueden perderse cuando existen fluctuaciones rápidas y son reemplazados por especies con mayor grado de tolerancia a estas fluctuaciones como *Glyceria fluitans*.

b) Cambio en los parámetros físico-químicos.

Los parámetros físico-químicos englobados bajo este indicador (sedimentación, eutrofización y fuego) son los que más comúnmente afectan a los humedales a una escala regional (Tabla 14):

Tabla 14: Justificación del indicador: Cambio en los parámetros físico-químicos

| Funciones afectadas | Componentes | Justificación y pistas visuales |
|--|------------------------------------|--|
| Crecimiento de la vegetación, Calidad del agua. | P1: Daño por incendios | El fuego destruye vegetación y fauna. Dependiendo de la duración y agresividad del suceso puede afectar a las propiedades del suelo. |
| Nivel de nutrientes. | P2: Grado de sedimentación/erosión | Altos niveles reducen la calidad de las aguas, como por ejemplo la capacidad de penetración de la luz. Pistas: Recientes movimientos de tierra o drenajes recientes. Abrupto cambio en la coloración del suelo. Plantas parcialmente enterradas por sedimentos. Sedimentos en suspensión. |
| | P3: Niveles de nutrientes | Altos niveles causan cambios en el hábitat de la vegetación y la fauna. Por ejemplo, la salinidad. Pistas visuales: cambio en la composición de fitoplancton o el declive de una especie adaptada a condiciones oligotróficas. |

Los sólidos en suspensión en humedales pueden causar directamente la desaparición de plantas y la reducción de la penetración de la luz en aguas estancadas. En ambos casos, la sedimentación está asociada al incremento de la materia orgánica, creando condiciones más anaeróbicas. El aumento de nutrientes puede producirse por descarga subterránea y superficial de humedales endorreicos y emplazados en territorios agrícolas. El efecto puede ser el desplazamiento de especies más adaptadas a bajas concentraciones de nutrientes por otras especies alóctonas mejor adaptadas al aumento de la fertilidad.

El fuego es un factor de alteración común en los humedales, principalmente como resultado de la acción humana y en áreas de actividad agraria, es aún más común para aumentar áreas de pastoreo. En humedales con especies como las eneas (*Typha*) que producen grandes cantidades de biomasa, son susceptibles de ser quemadas. Dependiendo de la intensidad puede afectar tanto a la vegetación en superficie, como a su parte subterránea, el sistema radicular y rizomatoso.

c) Cambio en la integridad del ecosistema.

Un ecosistema intacto se caracteriza porque sus procesos funcionales son capaces de resistir directa e indirectamente efectos humanos. Igualmente servirá en un futuro de enlaces a otros ecosistemas y especies, como por ejemplo, corredor biológico para otras áreas húmedas como ríos. Los humedales que han sido reducidos en su extensión y forma, modificarán la capacidad de respuesta ante perturbaciones, la recuperación de ciclos de la materia y sus hábitats pueden reducir su extensión de amortiguación. Poblaciones pequeñas y fragmentadas son vulnerables a la extinción (Tabla 15):

Tabla 15: Justificación del indicador: Cambio en la integridad del ecosistema

| Funciones afectadas | Componentes | Justificación y pistas visuales |
|---|---|---|
| Diversidad de fauna y flora Abundancia. Migración. Cría. | E1: Pérdida del área original del humedal | Zona muy relacionado con el tamaño de la población y, a menudo, a la diversidad de las especies, debido a los fragmentos más pequeños tienen menor diversidad de los hábitats, el efecto barrera, la falta de recursos mínimos como por ejemplo en zonas de anidación. Pistas visuales: Por lo general, se controlan en el tiempo con bases de datos, cartografía, series de fotografías aéreas o información histórica. También se pueden observar resto de la antigua vegetación de los humedales en zonas de humedales, la topografía o la evidente recuperación. |
| | E2: Barreras en la conectividad | Previene migraciones, especialmente en el caso de la fauna, pero también la dispersión de las semillas, gradientes de salinidad y el suministro de nutrientes. Pistas. Pérdida de vegetación de amortización de los humedales a zonas de conexión con bosque y ríos. |

La extensión original del humedal puede ser evaluada y cartografiada usando una combinación de información histórica de suelos, de fósiles, fotografía aérea y datos actuales de los humedales, todo ello dependiendo del grado de detalle y posibilidades técnicas que se deseen.

d) Cambio en el régimen de explotación, depredación y producción.

El régimen de predación ha cambiado notablemente con la presencia del ser humano. El balance se ha desestabilizado con la llegada de animales domésticos predadores y ramoneadores. Estos animales pueden causar daños tales como cambios en la estructura de la comunidad, composición y abundancia de especies. (Tabla 16):

Tabla 16: Justificación del cambio del régimen de explotación, depredación y producción

| Funciones afectadas | Componentes | Justificación y pistas visuales |
|--|--|--|
| Estructura y composición de la vegetación, diversidad, abundancia, cría. | B1: Daños por animales domésticos o asilvestrados | Daños en la estructura y química del suelo, desestabilización del suelo, incremento de la turbidez, daños en la vegetación nativa. Invasión de plantas leñosas y movimiento de mamíferos predadores. Pérdida de habitat. Pistas visuales: Datos en el follaje. Reducción de especies palatables, en altura y número. Huellas visibles en humedales. |
| | B2: Daños por depredadores introducidos en las especies salvajes | Reducción de la diversidad y abundancia de especies salvajes, así como valores recreativos. Pistas visual: directas evidencias de datos tomados en campo como trampeo de predadores. Indirectas evidencias procedentes de huellas de predadores. Presencia de especies sensibles, como el avetoro. |
| | B3: Nivel de explotación de la biota | Reducción de la diversidad de especies y abundancia. Explotación de las especies dominantes destruye el valor del hábitat, también puede conducir a la erosión y las exportaciones de nutrientes. |

Las animales domésticos, debido a su gran tamaño, pueden causar daños severos en el suelo por su pastoreo y pisoteo. Sin embargo, es relativamente sencillo evitarlo mediante el vallado perimetral. Por otro lado, los animales asilvestrados, también causan daños en la flora (ramoneo y perturbación del suelo) y en la fauna (predación y desplazamiento) Son menos visibles que los animales domésticos y normalmente son de pequeño tamaño y hábitos nocturnos, por lo que su control es más complejo. El grado de modificación puede ser medido

a través de señales tales como seguimiento de poblaciones presas, información histórica, trampeo, análisis de heces, etc.

e) Cambio en la dominancia de especies nativas.

La dominancia de las especies nativas, es un indicador que evalúa el grado de desplazamiento que han sufrido las especies nativas, que a su vez, pueden modificar las estructuras biológicas y físicas del humedal (Tabla 17)

Tabla 17: Justificación del indicador cambio en la integridad del ecosistema.

| Funciones afectadas | Componentes | Justificación y pistas visuales |
|---|---|---|
| Hábitat para la fauna; composición y estructura de la vegetación, recreación, carácter natural. | D1: Cobertura de plantas introducidas (dosel) | Las plantas introducidas pueden cambiar la estructura y función del humedal y puede disminuir su valor para la fauna nativa. También puede incrementar la sedimentación. Pistas visuales: cubierta de plantas introducidas en las parcelas control y evolución temporal. Alcance de la invasión de plantas introducidas, determinado a partir de fotografías aéreas o visión en perspectiva. |
| _ | D2: Cobertura de plantas introducidas (bajo el dosel) | Refleja grados de degradación y restauración de humedales. Por ejemplo, las plantas introducidas (dosel) pueden tener especies nativas específicas para ubicarse bajo el dosel, lo que indica altos niveles de modificación. Pistas visuales: Composición del dosel e información histórica. |

Los humedales palustres con fertilidad relativamente alta, son particularmente vulnerables a la invasión por el rápido crecimiento de especies leñosas que explotan "un nicho vacío". La invasión de especies leñosas ocasiona altos niveles de alteración bajo su dosel, desplazando especies con altos requerimientos de luz. Asimismo, las especies invasoras de gran porte, causan alteración en los pulsos de adquisición de nutrientes. Como consecuencia, la flora nativa y fauna, adaptada al sistema, puede reducir su abundancia.

II.4.c.5. Índice de presión.

Comentado en anteriores apartados, se consideró en el diseño del Plan de Seguimiento, la importancia de incluir una valoración de las presiones externas al humedal, como factor de riego para su conservación futura. Estas presiones son:

- Modificaciones en la zona de captación
- Calidad del agua en la zona de captación
- Acceso a animales
- Especies clave no deseables
- Porcentaje de vegetación introducida en la zona de captación
- Otras presiones

La valoración de las presiones es realizada en una escala del 0 a 5 (Anexo III). El índice de presión del humedal es la suma de las seis puntuaciones correspondientes de cada presión, con un máximo total de 30 puntos. Cuanto mayor sea el valor, indicará elevadas presiones y estrés en las condiciones ambientales del humedal. El desglose de presiones es relevante para identificar qué factor de presión tiene mayor peso, y de este modo, poder realizar actividades de mitigación.

II.4.c.6. Análisis del cambio

Los cambios en los ecosistemas de humedal se estiman a partir de una serie temporal con índices de condición y presión. Pueden ser analizados a diferentes escalas territoriales (límites administrativos, zonas bioclimáticas, tipos de vegetación, etc.) y a diferentes tipos de clasificación de los humedales (hidrosistema, clases, formas, etc.) Asimismo, pueden compararse los indicadores a escala de parcela, de componentes y de humedal, en función de los objetivos del plan de monitoreo.

En la figura 11, t =1 representa la situación inicial del humedal y t = 2, la situación final de la serie temporal. El pentágono sería la figura que representaría el estado ideal del humedal, con un valor total en su índice de condición de 25. En este caso, habría sufrido una regresión debido principalmente a cambios negativos en el régimen de explotación.

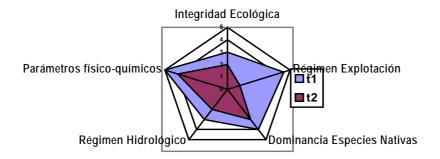


Figura 11: representación hipotética del cambio de condición de un humedal en dos períodos de tiempo. Fuente: modificado de CLARKSON, 2004.

Los índices de condición y presión pueden ser empleados de manera conjunta para identificar prioridades en la gestión del humedal. Humedales con altos valores en los índices de estados y con altas presiones externas pueden indicar una necesidad de redistribuir los recursos en la gestión y ampliar o completar el monitoreo (Figura 12)

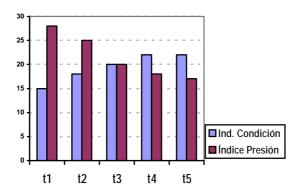


Figura 12: representación hipotética del cambio de condición de un humedal en dos períodos de tiempo. Fuente: modificado de CLARKSON, 2004.

En este caso teórico (Figura 12), se puede observar gráficamente e intuitivamente, una progresión positiva del índice de condición del humedal desde el nivel inicial (t=1) con valores cercanos a 15, que han ido aumentando hasta valores en torno a 23, próximos a su nivel ideal de condición (25) Paralelamente, ha experimentado una disminución de sus presiones externas, medidas a través de su índice de presión, con valores en descenso desde 28 hasta 18.

A escala regional, como en el caso de estudio, puede ser muy interesante resumir la tendencia de estado de los humedales y para ello se puede mostrar qué proporción de humedales se están deteriorando, mejorando o permanecen estables (Figura 13)

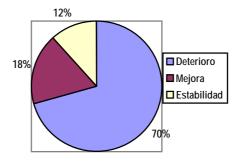


Figura 13: representación hipotética del cambio de condición de humedales a escala regional en dos períodos de tiempo.

Fuente: modificado de CLARKSON, 2004

La figura 13 muestra, a escala regional una posible evolución en el estado de los humedales, calculando los porcentajes de cambio en ellos, en función de la variación en el índice de condición para dos tiempos.

III.- VALORACIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

En este apartado se realizara un análisis y evaluación crítica de las soluciones técnicas.

III.1.- Técnicas aplicadas en la restauración hidrológica.

La restauración de los humedales debe estar basada en un conocimiento detallado de su génesis y funcionamiento, teniendo como principal objetivo el restablecimiento de la funcionalidad completa del ecosistema. Con ese objetivo, la Fundación plantea la necesidad de recuperar, de forma integral, el ecosistema de humedal y no se deja llevar por fines que persiguen el restablecimiento de alguna especie concreta. Por ello, determina como proceso clave el restablecimiento de recuperación del régimen hidrológico y se establece como meta, el mantenimiento artificial de la lámina de agua.

Para conseguir esto, se acude a la ingeniería hidráulica y se emplean técnicas y materiales de construcción impuestos como condicionantes por la Confederación Hidrográfica del Duero. En este caso, las técnicas de ingeniería suponen movimientos de tierra considerables (conexión hidráulica con el Canal de Castilla) y empleo de materiales homologados (como en el caso de las tuberías de conexión) que desestiman las condiciones hidrológicas particulares de cada humedal.

El Canal de Castilla es una infraestructura hidráulica del Estado español cuya administración compete a la Confederación Hidrográfica del Duero. Cualquier actuación que se lleve a cabo en el mismo o en sus zonas de afección debe ser autorizada por la Confederación Hidrográfica del Duero. Así mismo, cualquier aprovechamiento de sus aguas debe obtener la preceptiva concesión de aguas otorgada por el mismo. Paralelamente, la Confederación tiene gran interés en proteger y realzar los notables valores naturales y medioambientales asociados al Canal de Castilla, en consonancia con la doble competencia que asume el Ministerio de Medio Ambiente de garantizar un uso racional del agua y la conservación de la biodiversidad.

Esta situación indica que existe cierta controversia entre las políticas de conservación promovidas a nivel institucional y la ejecución de proyectos de restauración. A pesar de las políticas de conservación puestas en marcha por las instituciones públicas, deben hacer un esfuerzo por impulsar y apoyar iniciativas, que desde el mundo de la investigación y el conservacionismo, se proponen para recuperar los espacios degradados. Este apoyo supone ser receptivos y flexibles en las técnicas innovadoras propuestas en este tipo de proyectos.

Como carencia en el diseño de la restauración, se debería haber invertido mayores partidas presupuestarias en el estudio hidrológico de los humedales, para conocer al máximo detalle, las posibles fluctuaciones de la lámina de agua en cada uno de los humedales objeto de recuperación. Por otro lado, destaca la escasez de presupuesto (con respecto al total) destinado a ejecutar las recomendaciones de restauración propuestas en los estudios preliminares. La Universidad de Valladolid (Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría) hizo una caracterización hidrológica y calcularon variables morfométricas, hidrogeológicas e hidrográficas para caracterizar algunos humedales. Las recomendaciones aportadas por el estudio, se desestiman de forma mayoritaria, por factores políticos, económicos y sociales.

En este sentido, se podría haber considerado el empleo herramientas innovadoras como los modelos ecohidrológicos. En los últimos años, se ha introducido cada vez con mayor éxito y se presentan como una herramienta complementaria para evaluar las perspectivas de la restauración. Pueden ayudar a reducir costes y a disminuir los errores en las predicciones, utilizándolos en los proyectos prácticos de restauración. Ayudan igualmente a comprobar y mejorar los conocimientos sobre los procesos fundamentales hidrológicos y ecológicos de los humedales.

Por último, señalar que la restauración de humedales requiere un enfoque integral de la cuenca hidrográfica, con el fin de eliminar, o al menos minimizar, las fuentes de degradación y establecer las funciones deseables. Las modificaciones apropiadas en los usos del sueloy una buena gestión de los recursos hídricos existentes, podrían facilitar la restauración de estos humedales.

III.2.- Técnicas aplicadas en la reforestación.

Se ha realizado un esfuerzo por realizar una plantación que se integre y naturalice al máximo con las comunidades existentes a lo largo del Canal, estudiando las condiciones físicas del territorio y el tipo de comunidades biológicas existentes y potenciales.

Las características de las plantas forestales son correctas en cuanto a su edad y a la forma de producción. Se suele recomendar para plantaciones forestales plantones de una o dos savias, producidos en contenedor para el caso de las especies frondosas y a raíz desnuda para el caso de especies de crecimiento rápido como los fresnos. Según establece su pliego de prescripciones técnicas, combina la producción propia de planta (mediante estaquillado) y el

encargo a viveros especializados en producción de planta autóctona. Es relevante el grado de atención que se presta a la producción y calidad de la planta para reforestación.

Con un mayor plazo para la ejecución de la reforestación, se podría haber considerado técnicas de producción y de plantación complementarias. Se consideró la posibilidad de recoger material vegetal de un mayor número de especies (no sólo del género *Salix*) mediante estaquillas (por ejemplo, *Populus* spp.) y recogida de semillas (*Rosa* spp. y *Rubus* spp.) para su posterior producción *in situ* o en un vivero comercial especializado.

La selección de las especies tuvo en cuenta la vegetación potencial y real de la zona. En la zona de estudio, el ecosistema de referencia, es el bosque de ribera propio de la cuenca del río Pisuerga y afluentes. Paralelamente, se realizó un diagnóstico de las condiciones edafoclimáticas la zona de reforestación y se establecieron tres sectores de plantación con algunas diferenciaciones en la selección de especies.

Sin embargo, a la hora de plantear la selección y proporción de especies, no se han priorizado las necesidades ecológicas y los componentes del ecosistema a restaurar, ya que se ha primado una finalidad protectora. Esta actividad puede conllevar al desequilibrio de las comunidades biológicas existentes, por el aumento y/o establecimiento de un estrato principalmente arbóreo y un hábitat diferente (forestal)

III.3.- Análisis del diseño de la restauración.

Las técnicas de rehabilitación no pretenden recuperar las funciones alteradas del sistema ecológico sino uno o varios de los elementos singulares de sus estructuras. En general, suelen coincidir con poblaciones o comunidades de organismos incluidos en leyes y convenios nacionales e internacionales de conservación. Este tipo de proyectos es promovido desde modelos de gestión biocéntricos que conceptúan los sistemas naturales de forma compartimentada con el fin de mantener la viabilidad de las poblaciones.

La rehabilitación, suele implicar que grandes aportes de energía complementaria. Su diseño se realiza a través de técnicas de la ingeniería ambiental, que proyecta las obras sin necesidad de entender como funcionan los ecosistemas a restaurar ni actuar sobre las causas que genera la degradación del sistema.

En el caso de estudio, la propuesta de rehabilitación puede venir justificadas desde una perspectiva ecológica pues no es posible actuar sobre las causas antrópicas que desvían sensiblemente el sistema natural de referencia que le correspondería si no hubiera sido alterado. En este caso, el proyecto se centra en recuperar al máximo los procesos biofísicos claves y las especies ecológicamente esenciales del sistema ecológico degradado.

Si se hubiera planteado un proyecto de restauración ecológica, se podría haber diferenciado dos fases de restauración (como en el caso del Proyecto El Corredor Verde del Guadiamar):

- Una primera fase de restauración activa en la que los objetivos fundamentales de las actuaciones se centran, por un lado, en eliminar los impactos que desviaban al sistema de referencia (canalizaciones, drenajes, caminos, etc.) y, por otro, en realizar una reconstrucción de los elementos hidro-geomorfológicos (cubeta lagunar) que habrían sido destruidos por las transformaciones.
- Posteriormente, contempla una fase de restauración pasiva, la cual se orienta alrededor de un modelo de Gestión Adaptable (figura 14) o estrategia para disminuir incertidumbres y situaciones no esperables.

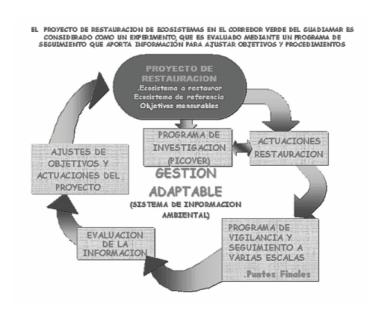


Figura 14. Modelo conceptual de Gestión Adaptable seguido en la línea de actuación sobre restauración de ecosistemas del Proyecto El Corredor Verde del Guadiamar. Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2005.

El proyecto tiene como limitación la capacidad para redefinir los objetivos y las técnicas de restauración. Ello es debido a la propia estructura de los proyectos y los procedimientos administrativos, donde se tienen que destinar una serie de recursos económicos y humanos

para realizar un conjunto de actuaciones dentro de un cronograma cerrado y no es posible modificar estas partidas si se estima conveniente realizar mejoras continuas (enfoque de gestión adaptable).

Es frecuente, dentro de los sistemas administrativos estatales, que los proyectos de restauración ambiental se entiendan, y se contraten, como de obras corrientes. Aunque incluyan un periodo de garantía, éste suele ser corto con respecto al tiempo que requiere una restauración ecológica. La solución, que ya se da en algunos casos, es establecer varias fases a modo de proyectos concatenados que abarquen los distintos aspectos de la figura 15.

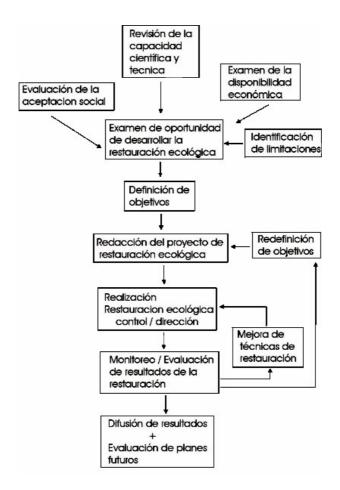


Figura 15. Modelo que puede servir de guía para la realización de una restauración ecológica. Fuente: Comín, 2002

Grillas et al (2001) proponen que los programas de restauración han de basarse en un conocimiento científico profundo del humedal y proceder a realizar un análisis comparativo con otros humedales cercanos y de desaparecida tipología. También indican la necesidad de recuperar todas sus funciones así como realizar un seguimiento de diferentes fases a corto y largo plazo. En este sentido, existen otras iniciativas piloto en materia de restauración de humedales realizado por la misma Fundación.

El mismo proyecto LIFE, es un proyecto piloto, donde se van a realizar las actuaciones de manera progresiva, diferenciando humedales con diferentes dimensiones y en diferentes localizaciones geográficas a lo largo del Canal de Castilla.

Desde antes de iniciarse el proyecto de restauración es prioritario tener el diseño y los fondos económicos necesarios para hacer un seguimiento y una evaluación de los aciertos y errores de las actuaciones de restauración para realizar, de ser necesario, un reajuste de objetivos y procedimientos particulares de la restauración. Para el proyecto LIFE sí existe una partida presupuestaria destinada al seguimiento europeo y, por ello, se realizó una propuesta metodológica antes de ejecutar el proyecto.

Es necesario matizar que el seguimiento propuesto en el Trabajo Fin de Máster carece de vertiente social y no valora la aceptación del proyecto como tal, sólo el grado de éxito de la actuación sobre el ecosistema. El proyecto LIFE, cuenta con un gran apoyo de los municipios que integran el Canal en su territorio. Aunque años antes del proyecto, los propios habitantes de los municipios eran los principales factores de degradación de la laguna (por diversas actividades) Ahora, debido al contexto económico y social de la zona, lo perciben como una oportunidad de desarrollo y arraigo de la población joven emigrante. Actualmente, aunque existe una sintonía favorable para ejecutar con éxito el proyecto, existen conflictos de intereses entre diversos sectores económicos (caza y agricultura) que deben tratarse cuidadosamente para evitar acciones desleales entre dichos sectores.

IV.- CONCLUSIONES.

La restauración y conservación de las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla constituye una actuación clave para recuperar los valores naturales del propio Canal, y paralelamente, para promover el desarrollo económico de la comarca Tierra de Campos. Asimismo, los humedales constituyen unos de los ecosistemas más amenazados en el planeta y, por tanto, son hábitats prioritarios para llevar a cabo programas de restauración y conservación.

Los humedales objeto de estudio poseen gran variabilidad anual e interanual de las precipitaciones, tanto en localización como en intensidad. Al tratarse de humedales endorreicos, las sequías y perturbaciones en el régimen superficial de aportes, constituyen las perturbaciones naturales y antrópicas más importantes que explican su organización y su funcionamiento. El microrelieve a nivel topográfico, juega también un papel relevante, pues dota al humedal de gran heterogeneidad y regula diferentes procesos naturales.

Tanto el Proyecto LIFE del Canal de Castilla como el presente trabajo, sustentan el desarrollo de sus actuaciones bajo el principio básico de recrear la identidad ecológica original de los humedales alterados, en términos de intercambios de materia y flujo de energía, su organización y dinamismo. Para el conjunto de zonas húmedas del Canal, pueden realizarse intervenciones relativas a los procesos hidrológicos (restauración ecológica) y se puede actuar a nivel de estructuras físicas, para recuperar ciertos procesos o elementos del ecosistema (rehabilitación o recreación), cuyo sostenimiento en el tiempo y espacio se debe a los procesos hidrológicos a nivel de humedal y de cuenca.

Debido al contexto socio-económico de la zona de actuación y condicionantes del promotor y los co-financiadores (Fundación Global Nature, Confederación Hidrográfica del Duero y Diputación de Palencia), existen actuaciones con criterios más sociales que ecológicos. Por tanto, el presente trabajo tiene como meta la rehabilitación de las zonas húmedas marginales del Canal de Castilla, pues debido a la degradación existente y al contexto social y administrativo, no es posible recuperar la funcionalidad de estos sistemas de manera autosostenida en el tiempo. El manejo del agua, es un tema polémico en la conservación de las zonas húmedas del Canal de Castilla, tanto por su importancia ecológica como por los intereses económicos y sociales de este recurso.

La restauración debe estar basada en un conocimiento detallado de su génesis y funcionamiento, teniendo como principal objetivo el restablecimiento de la funcionalidad completa del ecosistema. Requiere un enfoque integral de la cuenca hidrográfica, con el fin de eliminar, o al menos minimizar, las fuentes de degradación directas e indirectas y establecer las funciones deseables.

Se ha realizado un esfuerzo por realizar actuaciones hidrológicas y forestales que se integren y naturalicen al máximo a lo largo del Canal, estudiando las condiciones físicas del territorio, el régimen hidrológico y el tipo de comunidades biológicas existentes y potenciales. Sin embargo, el proyecto tiene como limitación la capacidad para redefinir tanto los objetivos como las técnicas de restauración. Ello es debido a que los proyectos de restauración ambiental se entiendan, y se contraten, como de obras corrientes, donde se tienen que destinar una serie de recursos económicos y humanos para realizar un conjunto de actuaciones dentro de un cronograma cerrado y no es posible modificar estas partidas si se estima conveniente realizar mejoras continuas (enfoque de gestión adaptable)

La evaluación del éxito de la restauración, mediante técnicas de monitorización, representa una fase esencial en el proceso de planificación para recuperar y conservar las zonas húmedas marginales del Canal. La creación de un comité de seguimiento de las actuaciones del proyecto y disponer de una metodología y unos fondos económicos necesarios para hacer un seguimiento, podrá afianzar la evaluación de los aciertos y errores de la restauración, y realizar de ser necesario, un reajuste de objetivos y de actuaciones.

La restauración ecológica afecta a espacios, personas, expectativas, e intereses muy variados, y sin embargo, los sistemas ecológicos no están aislados y forman parte de un paisaje de más amplitud física y social que la zona de restauración. Por todo ello, debe recordarse que en una restauración ecológica deben colaborar tres partes (social, económica y ecológica) para asegurar la realización y éxito del proyecto. Cuanto mayor sea el grado de intersección y de participación equilibrada de las tres, más posibilidades de alcanzar los objetivos de la restauración ecológica.

En este sentido, el proyecto LIFE – Naturaleza "Restauración y gestión de lagunas: ZEPA Canal de Castilla", cuenta con un gran apoyo de los municipios por donde discurre el Canal. Aunque años antes del proyecto, los propios habitantes de los municipios eran los principales factores de degradación de los humedales, ahora, debido al contexto económico y social de la comarca, lo perciben como una oportunidad de desarrollo y arraigo de la población joven emigrante.

V.- BIBLIOGRAFÍA.

- □ 2ª Reunión Internacional de Expertos sobre Regeneración Hídrica de Doñana.

 Ponencias y Conclusiones. Ministerio de Medio Ambiente. 2001.
- □ ÁLVAREZ-COBELAS, M., S. CIRUJANO y S. SANCHEZ-CARRILLO. 2001.

 Hydrological and botanical man-made changes in the Spanish wetland of Las

 Tablas de Daimiel.Biological Conservation 97: 89-98.
- □ ARONSON, J & LE FLOCH E. 1996. Vital landscape attributes: Missing tools for restoration ecology. *Restoration Ecology* **4**: 377-387.
- □ ARONSON, J., CLEWELL, A. F., BLIGNAUT, J. N., y MILTON, S. J. (2006). Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. Journal for Nature Conservation.
- BARBIER, E., ACREMAN, M., y KNOWLER D. 1997. Economic valuation of wetlands: a guide for policy makers and planners Ramsar Bureau, University of York, Institute of Hydrology, IUCN The World Conservation Union.
- □ BÉCARES, E., CONTY, A., RODRIGUEZ-VILLAFAÑE, C. Y BLANCO, S. 2004. Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *Ecosistemas* 2004/2.
- □ BERNARD T. BORMANN et al., 1995. Adaptive management: Common Ground Where Managers, Scientists, and Citizens Can Accelerate Learning to Achieve Ecosystem Sustainability. Preparado para el Ecological Stewardship Workshop, realizado en Estados Unidos en diciembre de 1995.
- □ BRULAND, G. L., RICHARDSON, C.J. 2005. Hydrologic, Edaphic, and Vegetative Responses to Microtopographic Reestablishment in a Restored Wetland. Bruland & Richarson. Restoration Ecology 13 (3) 515-523.
- □ CASADO, S. Y MONTES, C. 1995. Guía de los lagos y humedales de España. J.M. Reyero Editor.
- CIRUJANO, S. & SANTIAGO N.F., 2000. Caracterización botánica de la laguna de Valdemudo (Becerril de Campos, Palencia). Anales Jard. Bot. Madrid, 57: 441:444.
- □ CIRUJANO, S. 2000. Flora acuática de las lagunas y zonas húmedas españolas. Quercus, 171:38-44.
- □ CLARKSON, B. R., SORRELL B. K., REEVES P. N., CHAMPION, P. D., PARTRIDGE, T. R. y CLARKSON. B. D. 2004. Handbook for monitoring wetland

- condition. Coordinated Monitoring of New Zealand Wetlands A Ministry for the Environment Sustainable Management Fund Project (5105)
- □ COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBERK, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTONKK, P. & VAN DEN BELT, M. 1999. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387, 253-260.
- COWARDIN, L.M., CARTER., V., GOLET., F.C. Y LAROE, E.T. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- □ DAVIDSSON, T., KIEHL, K. & HOFFMANN, C.CH., 2000. Guidelines for monitoring of wetland functioning. EcoSys Bd. 8, 2000: 5-50.
- DAVIES, J. & CLARIDGE, G.F. (EDS). 1993. Wetland Benefits: The potential for wetlands to support and maintain development. AWB publication 87, IWRB Publication 27, WA publication 11.
- □ DENNY, P. 1992. Water management strategies for the conservation of wetlands. Annual *Symposium on the Management of Scarce Water Resources*. Brighton.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- DOWNS, P.W., Y KONDOLF, G.M. 2002. Post-project appraisal adaptive management of river channel restoration. Environmental Management. 29:477-496.
- DUEÑAS, M.A. y RECIO, J.M., 2000. Bases ecológicas para la restauración de los humedales de la Janda (Cádiz, España). Ed. Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.
- EUROPARC-ESPAÑA. 2005. Diseño de planes de seguimiento en espacios naturales protegidos. Manual para gestores y técnicos Ed. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid. 176 páginas.
- □ FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C., 2006. Los humedales de la cuenca del Duero. Ponencia en Congreso de Homenaje al Duero y su Ríos: Memoria, Cultura y Porvenir.
- □ FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C., FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M. & BÉCARES, E. 1999. Influence of water level fluctuation on the structure and composition of macrophyte

- vegetation in two small temporary lakes in the northwest of Spain. *Hydrobiologia*; 415:155-162.
- □ FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M., C. GARCÍA, F., FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C., TRIGAL, C.,2004. La influencia del régimen hídrico sobre las comunidades de macrófitos de lagunas someras de la Depresión del Duero. Ecosistemas 2004/2.
- □ FINTAYSON, M. 2001. Restauración y carácter ecológico de los humedales de importancia internacional. 2ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana. Ministerio de Medio Ambiente.
- □ FOLKE, C., CARPENTER, S., WALKER, B., SCHEFFER, M., ELMQVIST, T., GUNDERSON, L., et al. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 35, 557–581.
- □ FONT QUER, P. (1975) Diccionario de Botánica. Labor. Barcelona.
- □ GONZÁLES BERNÁLDEZ, F y MONTES, C. 1989. Conservación de especies = conservación de ecosistemas. El caso de los humedales. Options Méditerranéennes Série Séminaires n° 3 1989: 249-252.
- □ GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F., 1992. Los Paisajes del agua: terminología popular de los humedales. Editor: J.M. Reyero, Madrid.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, M., 2004. Restauración de los ríos: conceptos, Objetivos y criterios de actuación en J. Cachón & T. López-Piñeiro (eds.). 2004. Congreso de Restauración de Ríos y Humedales: 15-32. Publ. CEDEX, Serie Congresos, Madrid.
- □ GRILLAS, P., CHARPENTIER, A., MAUCHAMP, A. 2001. ¿Es necesaria la restauración ecológica para la restauración de humedales?. Aportaciones científicas a la restauración de humedales. 2ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana. Ministerio de Medio Ambiente.
- □ HALBERT, C.L. Y K.N. LEE. 1991. Implementing adaptive management. *The Northwest Environmental Journal*, 7: 136-150.
- □ HEDERÁ, A.1997. Botánica ambiental aplicada: las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra. Ed. Eunsa (Ediciones Universidad de Navarra, S.A.)

- □ HERRICKA, J. E., SCHUMANB, G. E. y RANGOA A. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. Journal for Nature Conservation. Volume 14, Issues 3-4, 20 September 2006, Pages 161-171
- □ INITEC, 1991. Estudio de las zonas húmedas de la España Peninsular. Inventario y Tipificación. Dirección General de Obras Públicas. MOPU.
- □ IWRB. 1993. Conclusions of a workshop on measuring ecological change in wetlands. In Moser, Prentice, & van Vessem. 1992.
- JONES, T. A. & HUGHES, J. M. R. 1993. Wetland inventories and wetland loss studies: a European perspective. pp. 164–170. In: Moser, M., Prentice, R. C. & van Vessem, J. (eds), Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s. IWRB Special Publication No. 26 IWRB, Slimbridge, UK.
- □ JUBETE TAZO, F. 2001. Congreso sobre conservación y desarrollo de los recursos del Canal de Castilla. Volumen 1 "El Canal de Castilla: Un Plan Regional", Capítulo Flora y Fauna vertebrada del Canal de Castilla. Junta de Castilla y León.
- □ KEDDY, P. A. 2000. Wetland ecology principles and conservation. University Press, Cambridge.
- □ LASS, W.; REUSSWIG, F. (eds). 2002. Social Monitoring: Concepto y métodos para una gestión integrada en Biosphere Reserves. Informe de un seminario internacional. Roma, 2-3 de septiembre de 2001. Reserva de la Biosfera Integrado de Seguimiento (BRIM) Serie N° 1. UNESCO, París.
- LEY 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. http://www.boe.es/boe/dias/2007/10/24/pdfs/A43229-43250.pdf
- □ Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio natural y de Biodiversidad. http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/14/pdfs/A51275-51275.pdf
- MACHADO, A. 2000. Jornadas sobre la Restauración ecológica. Ponencia del presidente del Centro europeo de conservación de la naturaleza (ECNC) Cabildo de Tenerife.
- □ MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystem and human wellbeing: Wetlands & Water. Island Press. Washington. D.C.
- □ MITSCH, W.J. (ed.). 1994. Global Wetlands: Old World and New. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Co. 967+ xxiv pp.

- MONTES, C. (Coord.) 1991. Estudios de las Zonas Húmedas continentales de España. Inventario, tipificación, relación con el régimen hídrico general y medidas de protección. INITEC. Dirección de Recursos Hidráulicos. MOPU. Madrid.
- □ MONTES, C. 1995. La gestión de los humedales españoles protegidos: Conservación vs confusión. El Campo, 132: 101-128.
- MONTES, C; OLIVER, G.; MOLINA, F. & COBOS, J. (eds.) 1995. Bases ecológicas para la restauración de humedales en la Cuenca Mediterránea. Junta de Andalucía. 348 págs.
- □ MYERS, S. C., G. N. PARK, AND F. B. OVERMARS. 1987. The New Zealand Protected Natural Areas Programme: a guidebook for the rapid ecological survey of natural areas. *New Zealand Biological Resources Centre publication no.6*. Wellington, Department of Conservation.
- □ National Research Council (NCR). 1992. Restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy. National Academy Press, Washington, D.C., EE.UU.
- National Wetlands Working Group, The Canadian Wetland Classification System, Second Edition, 1997.
- □ OECD/IUCN. 1996. Guidelines for aid agencies for improved conservation and sustainable use of tropical and sub-tropical wetlands. OECD, Paris.
- PRAT, N. 2002. Estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en España. III CONGRESO IBÉRICO SOBRE GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DE AGUAS: La Directiva Marco del agua: realidades y futuros. Sevilla 13-17 de noviembre de 2002.
- Proyecto LIFE-Naturaleza 2006. Restauración y Gestión de Lagunas: ZEPAs Canal de Castilla. Fundación Global Nature.
- □ RAMSAR CONVENTION BUREAU. 2000. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands. Ramsar convention Bureau. Gland. Swuitzerland.
- SANTIAGO IBARLUCEA, M. N-F., 2002. Estudio de la vegetación macrófita y de factores físico-químicos del agua en las lagunas marginales del canal de castilla (Palencia). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. E.T.S. Ingenierías Agrarias de Palencia. Área Botánica.

- SANTIAGO, M. N-F., 2002. Estudio de la vegetación macrófita y de factores físicoquímicos del agua en las lagunas marginales del canal de castilla (Palencia). Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. E.T.S. Ingenierías Agrarias de Palencia. Área Botánica.
- □ SANTIAGO, N.F., FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M Y FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C. 2005. Clasificación de las lagunas asociadas al Canal de Castilla (Palencia) basadas en la presencia de macrófitos acuáticos y emergentes. Limmetica 24(1-2): 145-154.
- □ SCHUYT, K. y BRANDER, L.M. (2004). Economic values of global wetlands. WWF-International, Gland, Switzerland.
- □ STREEVER, B. 2001. SWS. Ramsar. Principles and guidelines for restoration. Society of Wetland Scientist Bulletin. N° 18, 10-15.
- □ The SER International Primer on Ecological Restoration Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (Version 2, October, 2004). http://www.ser.org
- TOMÀS VIVES P. (ed.) 1996. Monitoring Mediterranean Wetlands: A Methodological Guide. MedWet Publication: Wetlands Internacional. Slimbridge, UK and ICN, Lisbon. 150 pp.
- □ TONGWAY et al. 2003. Indicators of Ecosystem Rehabilitation Success: Ecosystem and Landscape Function Analysis.
- □ UNIVERSITY OF MINESOTA. Sustainable Urban Landscape Information Series.

 www.sustland.umn.edu/design/water4.html
- □ VELEZ, F., 1979: Impactos sobre zonas húmedas naturales. Monografías ICONA, vol. 20, No 29.
- VIVES, T. P. (ed.) 1996. Monitoring Mediterranean Wetlands: A Methodological Guide. MedWet Publication; Wetlands International, Slimbridge, UK y UICN, Lisboa. 150 pp.
- □ Wetlands: Values and Functions. The Ramsar Bureu. http://www.ramsar.org/info/values_intro_e.htm
- ZALIDIS, G. 2001. Restauración hidrológica de los humedales mediterráneos. 2ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana. Ministerio de Medio Ambiente.

□ ZEDLER, J.B. y KERCHER, S. 2005. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services and Restorability. Annu. Rev. Environ. Resour. 2005. 30:39–74

CARTOGRAFÍA:

- Sistema de Información Geográfica aplicado a la Directiva Marco del Agua.
 Confederación Hidrográfica del Duero.
 http://www.chduero.es/Webcorp/plan/plangis.htm
- □ Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE). Consejo Superior Geográfico. Ministerio de Fomento. http://www.idee.es/
- Sistema de Información Territorial de Castilla y León. Junta de Castilla y León.
 http://www.sitcyl.jcyl.es/sitcyl/home.sit
- □ **Sistema de Información de Parcelas Agrícolas (SIGPAC).** Ministerio de Agricultura, Pesca, y Alimentación. http://sigpac.mapa.es/fega/visor/
- Oficina Virtual del Catastro. Dirección General del Catastro. Ministerio de Economía y Hacienda. http://ovc.catastro.meh.es/
- □ **Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. http://www.mapa.es/es/sig/pags/siga/intro.htm
- □ Sistema Español de Información de Suelos (SEISnet). Ministerio de Medio Ambiente, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Comisión Europea y FAO. http://www.irnase.csic.es/users/microleis/mimam/seisnet.htm