



*por un planeta vivo*<sup>®</sup>

# Caudales ecológicos en la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia

Documento de síntesis  
Junio 2009

## **Caudales ecológicos de la marisma del Parque Nacional de Doñana y su área de influencia**

*Documento de síntesis  
Junio 2009*

© WWF España  
Gran Vía de San Francisco, 8-D  
28005 Madrid  
Tel.: 91 354 05 78  
Fax: 91 365 63 36  
[Info@wwf.es](mailto:Info@wwf.es)  
[www.wwf.es](http://www.wwf.es)

**Textos:** Rafael Sánchez Navarro  
**Coordinación:** Alberto F. Lop y Eva Hernández  
**Contribuciones:** Lourdes Hernández, Celsa Peiteado, Guido Schmidt y Enrique Segovia  
**Foto portada:** @ Jorge Sierra / WWF

Editado en junio de 2009 por WWF España (Madrid, España).  
WWF España agradece la reproducción de los contenidos del presente documento en cualquier tipo de medio siempre y cuando se cite expresamente la fuente (título y propietario del copyright). @ Texo: 2009, WWF España. Todos los derechos reservados.

# - INDICE -

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
<b>2. DINAMICA DE LA MARISMA DE DOÑANA .....</b>	<b>4</b>
2.1. DINAMICA EN CONDICIONES NATURALES.....	4
2.2. CAMBIOS EN LA DINAMICA NATURAL DE LA MARISMA.....	6
2.3. LA RESTAURACION HIDROLOGICA DE DOÑANA.....	8
<b>3. EL ESTUDIO DE LOS CAUDALES ECOLOGICOS.....</b>	<b>9</b>
3.1. CAUDALES ECOLOGICOS EN DOÑANA: UN CASO PARTICULAR .....	9
3.2. APLICACIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL .....	9
3.2.1. Relación hidrología-ecología .....	9
3.2.1.1. Hidrología vs conservación: modelo general .....	9
3.2.1.2. Hidrología vs vegetación.....	10
3.2.2. Marco legal de los caudales ecológicos en Doñana .....	12
3.2.3. Formulación de la propuesta de caudales ecológicos en Doñana.....	13
3.3. PROPUESTA DE CAUDALES ECOLOGICOS EN EL AMBITO DE DOÑANA .....	14
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>5. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS .....</b>	<b>16</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>20</b>

## 1. INTRODUCCION

Durante la segunda mitad del siglo XX se han ido elaborando estadísticas alarmantes sobre la destrucción de humedales. Una larga lista de actividades y acciones (deseccación, transformación agrícola, etc.) modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas acuáticos, afectando en última instancia tanto a sus hábitats y especies como a los bienes y servicios que nos proporcionan. En la cuenca del Guadalquivir se pueden observar la mayoría de estas presiones sobre los ecosistemas, con un ejemplo paradigmático en el Espacio Natural de Doñana. Durante décadas esta región estuvo sometida a una intensa intervención pública para mejorar el desarrollo socioeconómico de los habitantes de la zona. Más allá de las expectativas y los logros obtenidos, este modelo de desarrollo dio lugar a cambios hidrológicos y ecológicos a gran escala que hoy día amenazan gravemente el patrimonio natural y cultural de Doñana.

Como se refleja en las conclusiones de la Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración del Agua de Doñana (MMA, 1999), la restauración ecológica de la marisma de Doñana sólo se logrará en el mediano y largo plazo cuando sus aportes de agua están garantizados. En este contexto, la determinación de caudales ambientales significa cuantificar los volúmenes de agua para la conservación del medio ambiente (ríos, arroyos y la marisma de Doñana).

La legislación española establece que las necesidades hídricas de los humedales se deben fijar en los respectivos Planes de cuenca. Dentro del calendario previsto por la Directiva Marco del Agua, el *Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir* debe estar concluido en diciembre de 2009, es decir, faltan escasos meses para la discusión y aprobación de esta importante cuestión. Ahora es el momento de arrancar este debate.

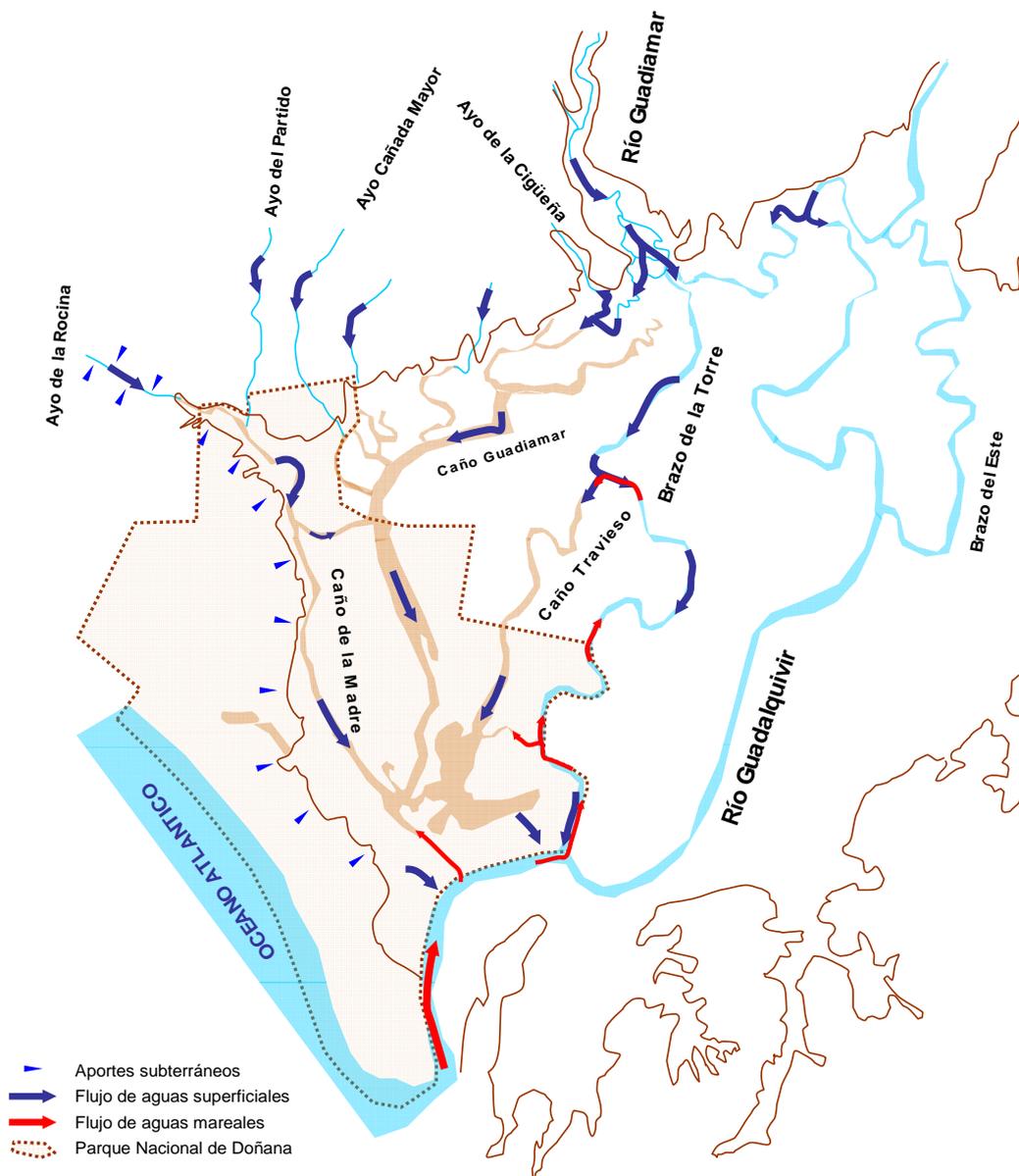
La realización de este trabajo tiene por objeto recopilar y sintetizar los conocimientos existentes sobre el papel del agua en Doñana, con el fin de definir las necesidades hídricas de las marismas de Doñana y su área de influencia.

## 2. DINAMICA DE LA MARISMA

### 2.1. DINAMICA EN CONDICIONES NATURALES

En el funcionamiento hidrológico de la marisma de Doñana intervienen un variado entramado de ríos, arroyos y lagunas, donde confluyen además aguas de diferente procedencia (incluida la inundación mareal y las aguas subterráneas del acuífero subyacente). Conocer este funcionamiento es un primer paso indispensable para abordar el estudio de las necesidades hídricas de la marisma de Doñana.

En condiciones naturales (figura 1), las aguas que confluían a la marisma estaban constituidas fundamentalmente por los aportes de origen superficial (ICONA, 1994; MMA, 2001; García Novo y Marín, 2005; García Viñas *et al*, 2005), incluyendo a diversos ríos y arroyos (Guadalquivir, Guadiamar, Arroyo de La Rocina, Arroyo del Partido, etc.).



**Figura 1.** Esquema del funcionamiento natural de las marismas de Doñana. FUENTE: Original en ICONA, 1994. Modificado por el autor.

Dentro de las aportaciones superficiales también se deben incluir las entradas periódicas que recibía la marisma por el régimen de mareas a través del estuario del Guadalquivir.

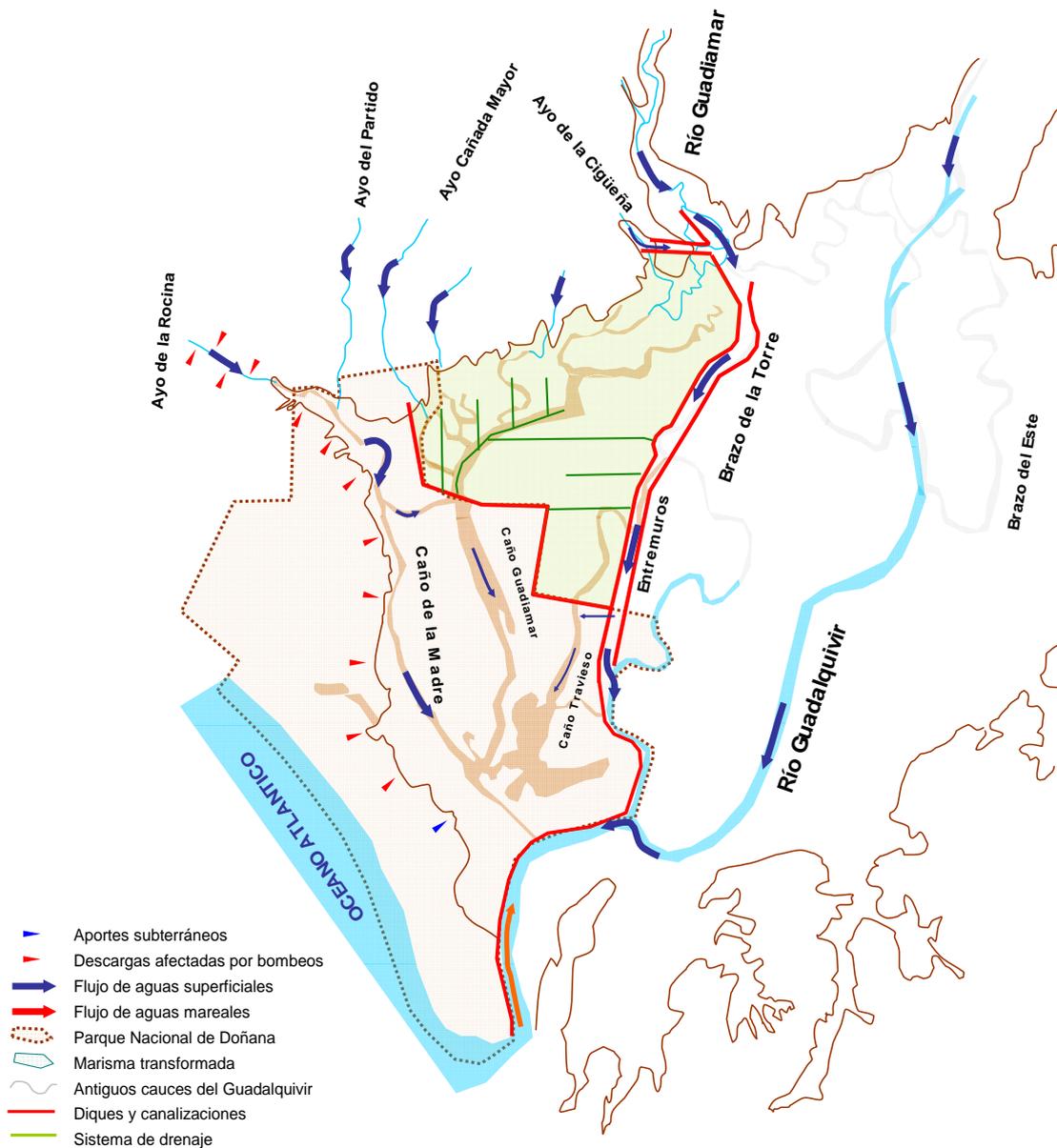
Las aguas subterráneas, aún siendo cuantitativamente menos importantes, eran capitales para el mantenimiento de ríos y humedales en Doñana. El sistema acuífero Almonte-Marismas descarga sus aguas en diversos puntos en la periferia de la marisma, permitiendo la formación de lagunas temporales características de estos ambientes (Hondón y Sopotón), así como charcos y surgencias desde donde fluyen algunos caños que desaguan en las marismas (García Novo y Marín, 2005).

La marisma de Doñana presentaba un ciclo anual característico. Según el Plan de Aguas del Parque Nacional (Casas y Urdiales, 1995), el conjunto de las aguas acumuladas suponía la progresiva inundación de la marisma a partir de los meses de octubre-noviembre, hasta alcanzar su máximo en los meses de enero o febrero.

Cuando la cubeta llega a su máxima capacidad (aproximadamente 135 hm<sup>3</sup>), el excedente de las aguas mezcladas se evacuaba al río Guadalquivir a través de los caños naturales propiciados por las escotaduras presentes en el levé de comunicación entre el río Guadalquivir y los caños interiores de la marisma (Montaña del Río). A partir de primavera, las pérdidas por evaporación no eran compensadas por los aportes fluviales, llegando a desecarse la marisma bien entrado el verano.

## 2.2. CAMBIOS EN LA DINAMICA NATURAL DE LA MARISMA

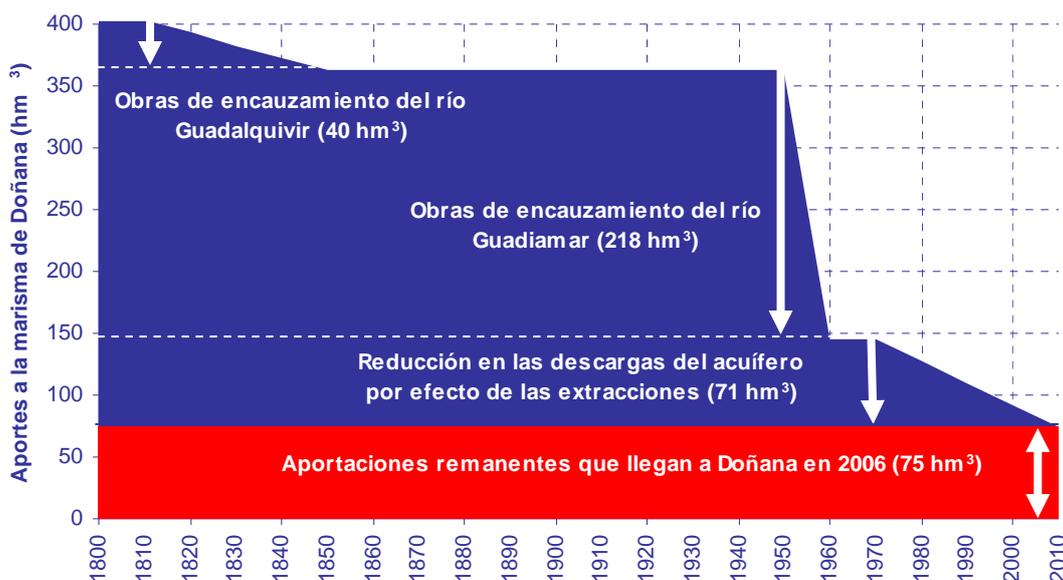
Los cambios más profundos en Doñana han tenido lugar a partir de las intervenciones humanas de la segunda mitad del Siglo XX. En su conjunto, las transformaciones redujeron su superficie de 150.000 has hasta las 30.000 has actuales (Casas y Urdiales, 1995; MMA, 2001; García Novo y Marín, 2005)



**Figura 2 .** Esquema del funcionamiento hidrológico de la marisma de la margen derecha del Guadalquivir hacia el año 2000. FUENTE: Original en ICONA, 1994. Modificado por el autor.

Como consecuencia de las diferentes actuaciones (modificaciones en cauces, construcción de diques, nivelaciones, drenajes, etc.) se produjo una alteración drástica en la hidrodinámica de la marisma (figura 2). Las aguas del río Guadimar (junto con el Arroyo de la Cigüeña) fueron dirigidas hacia el encauzamiento de Entremuros, para verter directamente (sin inundar la marisma) en el Brazo de la Torre en un punto próximo a la desembocadura del Guadalquivir.

Una de las consecuencias principales ha sido la drástica reducción de los aportes de agua a la marisma. A pesar de las muchas matizaciones que se pueden hacer en referencia a los valores presentados, la figura 3 recoge a grandes rasgos la cronología de las intervenciones más importantes y una cuantificación aproximada de las mismas.



**Figura 3.** Cronología de la reducción de aportes fluviales a la marisma con indicación de los principales intervenciones. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos SACRAMENTO (CHG, 1998) y de la ROEA

La tabla 1 muestra los valores comparativos de los aportes en condiciones naturales frente a las condiciones actuales. Teniendo en cuenta las aportaciones fluviales y subterráneas, se puede decir que en términos globales, la marisma de Doñana recibe actualmente menos del 20% de los aportes que recibía de forma natural.

**Tabla 1.** Comparación de los aportes a la marisma en condiciones naturales frente a las condiciones actuales. FUENTE: Elaboración propia a partir de datos SACRAMENTO (CHG, 1998) y de la ROEA

	APORTES (hm <sup>3</sup> )		REDUCCION (%)
	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES ACTUALES	
Río Guadalquivir	40	0	100,0
Río Guadimar	218	0	100,0
Otros aportes <sup>1</sup>	145	74	49,0
	<b>403</b>	<b>74</b>	<b>81,6</b>

<sup>1</sup> Entre estos aportes se consideran los diferentes arroyos que aportan a la marisma (la Rocina, el Partido, etc.) y los aportes desde los ecotonos (Vera-Retuerta y Norte)

### 2.3. LA RESTAURACION HIDROLOGICA DE DOÑANA

En 1981 se presentó por primera vez el *Plan de Regeneración Hídrica de Doñana* Con el objetivo central de recuperar los aportes tradicionales a la marisma del río Guadamar (MMA, 2001). El Plan pretendía restaurar la funcionalidad de los caños Guadamar y Travieso gracias a los caudales aportados por el río Guadamar desde Entremuros (Solución Centro-Norte y Solución Sur) Además se abordaba la restauración de la Montaña del Río como elemento regulador del flujo de agua desde la marisma al río Guadalquivir.

A pesar de las diferentes iniciativas acometidas en los años 80 y 90, por diferentes razones las marismas de Doñana no recuperaron sus aportes característicos. En estas circunstancias surge el ambicioso proyecto de la restauración hidroecológica de la marisma denominado "Doñana 2005" (figura 4). Este proyecto se concibe como un catálogo abierto de actuaciones para frenar las tendencias degradativas de la marisma observadas en las décadas anteriores, restaurar sus pautas de dinámica hidrológica natural propia de la marisma y permeabilizar la marisma con el estuario del río Guadalquivir.



**Figura 4.** Aspecto del Caño Guadamar al Norte del Parque Nacional después de la restauración realizada en el marco de las actuaciones del proyecto "Doñana 2005".

## 3. EL ESTUDIO DE LOS CAUDALES ECOLOGICOS

### 3.1. CAUDALES ECOLOGICOS EN DOÑANA: UN CASO PARTICULAR

La principal aportación de agua a la marisma proviene del conjunto de cauces que vierten a la misma (en condiciones naturales el río Guadiamar, La Rocina, El Partido, etc.). Abordar íntegramente el estudio de las necesidades hídricas de la marisma obliga a considerar la contribución de estos aportes fluviales (garantizados a través de los caudales ecológicos), y viceversa: los estudios de caudales ecológicos de los ríos que vierten a la marisma deben considerar la importancia que tienen estos caudales en el balance hídrico de la marisma y por ende, en la conservación de la misma.

Para abordar el estudio de los caudales ecológicos se recurre habitualmente a métodos de cálculo más o menos estandarizados. El trabajo de científicos y expertos en este campo se ha incrementado notablemente en las últimas décadas, presentando hoy día una extraordinaria evolución en sus conceptos y técnicas de análisis.

A pesar de estos avances, aún falta un gran consenso entre científicos y gestores para adoptar una aproximación metodológica plenamente satisfactoria (Arthington et al, 2006). Recientemente han crecido las críticas dentro de la comunidad científica por la aplicación de métodos excesivamente simplistas, especialmente en lo que se refiere a la escasez de resultados experimentales, sus excesivas simplificaciones, arbitrariedades, alcances limitados, etc. (Arthington et al, 2006; Parasiewicz et al, 2008; Souchon *et al*, 2008). Más allá de la discusión de los métodos, la decisión de adoptar un régimen de caudales ecológicos es una elección entre alternativas donde se estiman los beneficios ecológicos de cada una de esas alternativas.

Por estas razones, para formular la propuesta de necesidades hídricas de Doñana se ha empleado un marco de decisión, aproximación conceptual equivalente al marco ELOHA (Ecological Limits of Hydrologic Alteration). Se trata de un marco científicamente robusto y flexible diseñado para evaluar y gestionar los caudales ecológicos, donde el conocimiento se organiza sistemáticamente en torno al binomio alteración hidrológica vs. respuesta ecológica, dentro de un contexto más amplio de toma de decisión (Arthington et al, 2006; Poff et al, 2009).

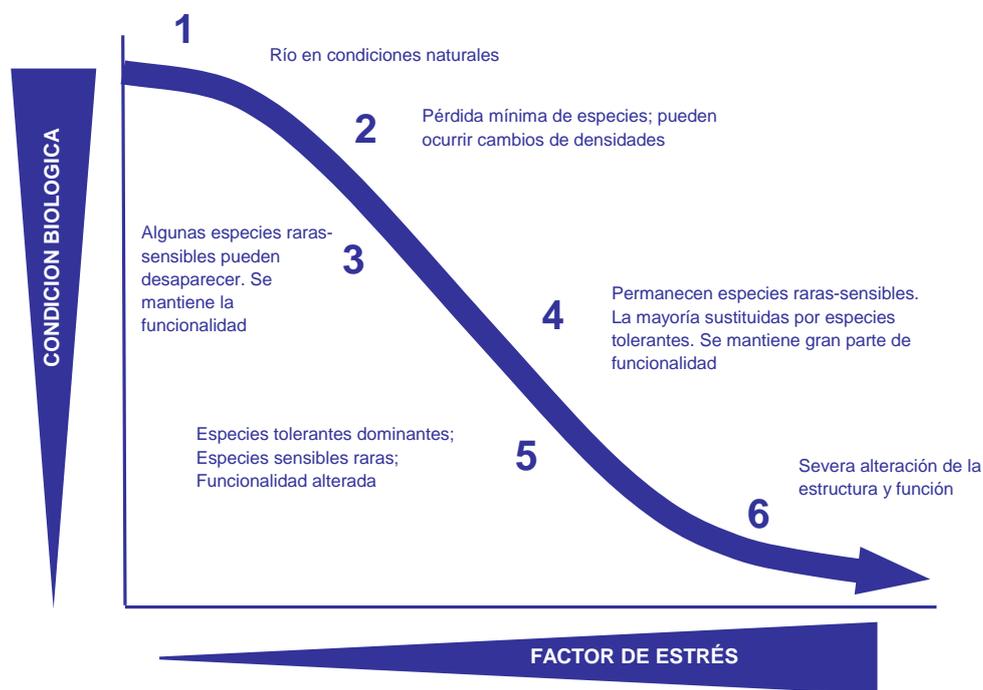
### 3.2. APLICACIÓN DEL MARCO CONCEPTUAL

#### 3.2.1. Relación Hidrología-Ecología

##### 3.2.1.1. Hidrología vs. conservación: modelo general

Los primeros estudios de caudales ecológicos se abordaban desde planteamientos deterministas, donde se definía una frontera que separaba ecológico y no ecológico, conservación y no conservación (normalmente el límite era un número resultado de aplicar un método de cálculo también determinista). Actualmente los caudales ecológicos se abordan desde un planteamiento más abierto y complejo, asumiendo que diferentes caudales ecológicos proporcionarán diferentes condiciones de conservación (King y Brown, 2006). El Gradiente de la Condición Biológica es un modelo científico que describe la respuesta biológica frente a niveles crecientes de presión, de tal forma que la condición biológica de un ecosistema se va deteriorando al incrementar un factor de estrés (por ejemplo la alteración hidrológica). De forma

general se cumple que “a mayor alteración hidrológica menor condición biológica” (figura 5).



**Figura 5.** Principio del “Gradiente de la Condición Biológica” según un factor de estrés. FUENTE: Original en Davies y Jackson. 2006. Modificado por el autor.

### 3.2.1.2. Hidrología vs. vegetación.

La elevada diversidad de las comunidades vegetales de Doñana presenta un valor natural intrínseco (García Murillo *et al*, 2007), doblemente incrementado por el papel determinante que desempeña la vegetación para otros grupos faunísticos (aves, anfibios, peces, etc.) y la dinámica ecológica de la marisma en diversos aspectos como el reciclaje de nutrientes, control sobre la fase de aguas turbias por efectos del viento, etc. (MMA, 2001).

Con la finalidad de conocer las variables hidráulicas que controlaban la distribución de la vegetación en la marisma de Doñana, desde 1998 hasta el año 2000 se llevó a cabo un extenso muestreo para recopilar información acerca de la localización y composición de las comunidades vegetales (García Viñas, *et al*. 2005).

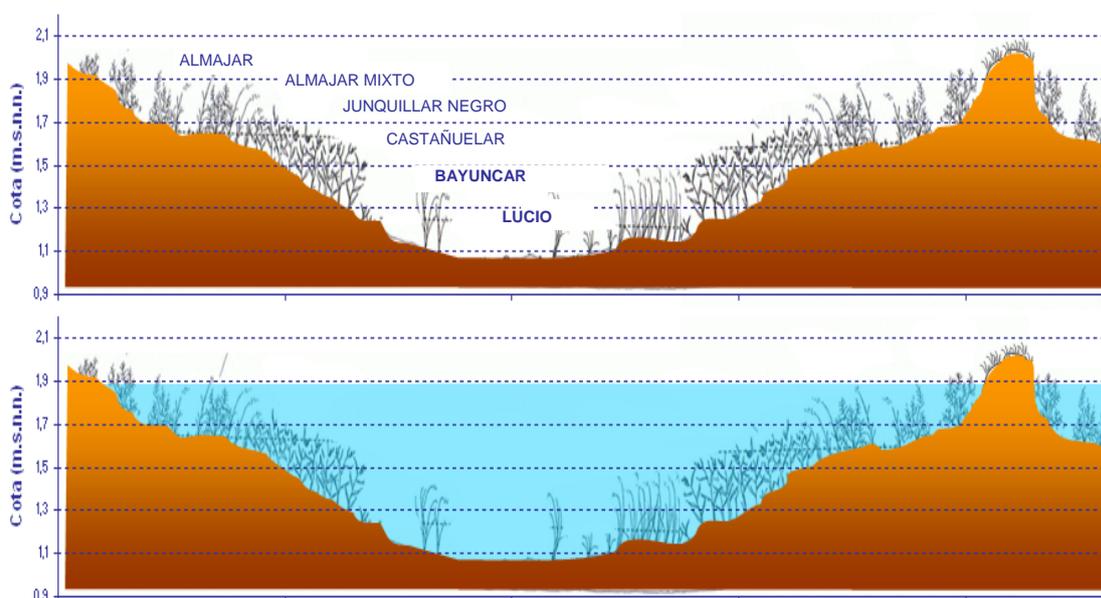
A partir de esta información y del estudio de los niveles de agua en las diferentes áreas de la marisma, se calcularon diversos parámetros hidráulicos para cada una de las parcelas de estudio (nº de días con agua, suma de los cm de agua-día, etc.). Los resultados obtenidos permitían agrupar las diferentes asociaciones vegetales según su régimen hidráulico (tabla 2 y figura 6).

De acuerdo con las características de las agrupaciones vegetales estudiadas, se analizaron las tendencias de la sucesión vegetal en relación a su régimen hidráulico. Los resultados han permitido desarrollar un modelo de vegetación que predice los

cambios en las comunidades vegetales en función del régimen de inundación de la marisma.

Comunidad vegetal	Especies dominantes	Cota* (m.s.n.m.)	Días de inundación
Almajar	<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	1,58 - 1,83	57
Almajar mixto	<i>A. macrostachyum</i> / <i>Juncus subilatus</i>	1,60 - 1,36	95
Junquillar negro	<i>Eleocharis palustris</i>	1,54 - 1,34	166
Castañuelar	<i>Scirpus maritimus</i>	1,35 - 1,18	139
Bayuncar	<i>Scirpus litoralis</i>	1,21 - 1,00	184
Lucio	Sin helófitos	1,28 - 0,821	179

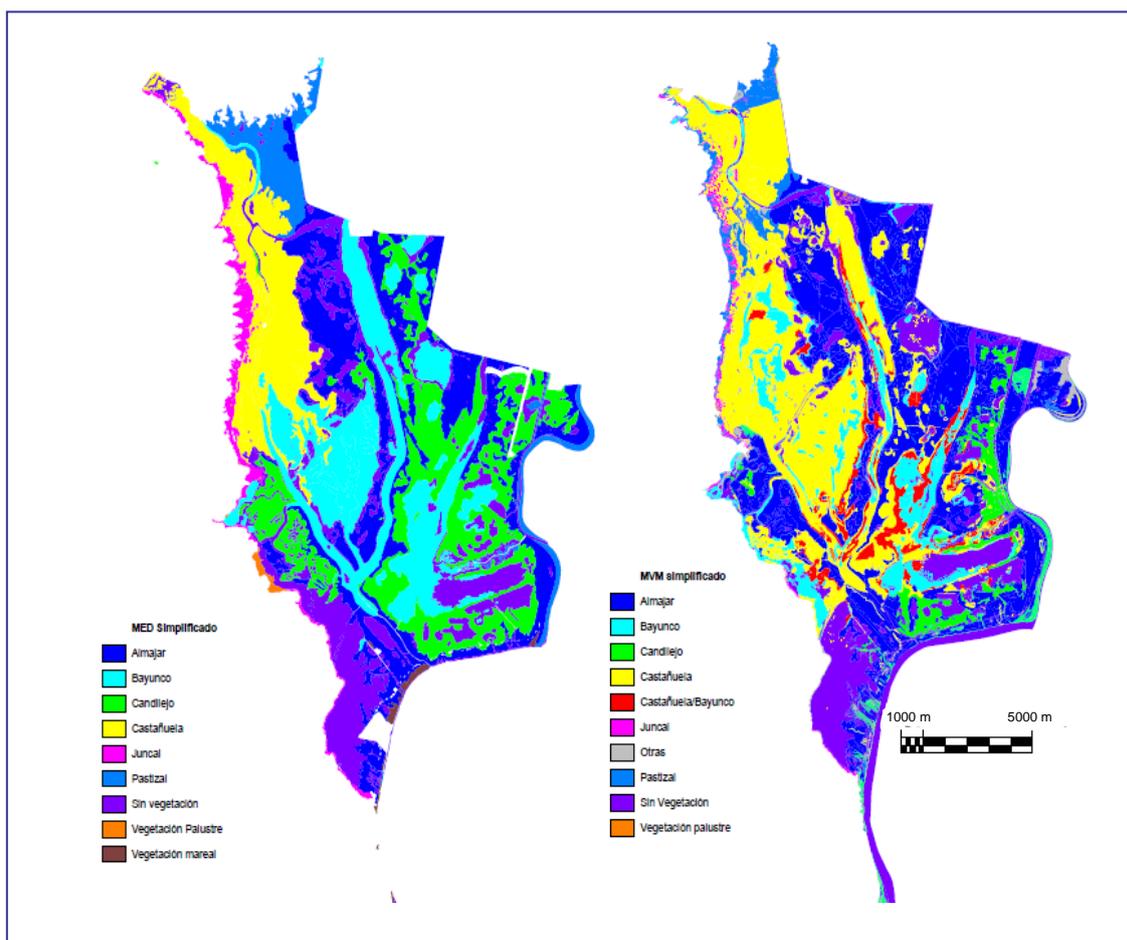
\*Localización del 80% de las parcelas muestreadas



**Tabla 2 y Figura 6.** Distribución de las comunidades vegetales de la marisma de Doñana según la cota y días de inundación y modelo idealizado de la distribución de la vegetación según la cota del terreno. FUENTE: Original en García Viñas *et al*, 2005. Modificado por el autor.

Dentro del Programa de Seguimiento de Procesos y Recursos Naturales en el Parque Nacional de Doñana (subprograma 2 relativo al Medio Biológico), la Estación Biológica de Doñana ha evaluado los cambios en la vegetación de la marisma para el periodo 1990-2004 comparando el Mapa Ecológico de Doñana (Bravo *et al*. 1998) con el Mapa de Vegetación de Marisma<sup>1</sup> (EBD-CSIC, 2009). Estos resultados (figura 7) son coherentes con el análisis hidrológico. Las series mensuales de inundación de la marisma del Parque Nacional de Doñana para el periodo 1975-2004 han mostrado valores de inundación muy reducidos (Aragónes *et al*, 2005).

<sup>1</sup> Trabajo inédito realizado por el Dto. de Biología Vegetal de la Universidad de Sevilla en 2004 por encargo de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.



**Figura 7.** Cambios en la vegetación de la marisma de Doñana para el periodo 1990-2004. FUENTE: Original en *EBD-CSIC, 2009*.

### 3.2.2. Marco legal de los caudales ecológicos en Doñana: objetivos y criterios

Además de las disposiciones generales sobre caudales ecológicos, la legislación básica se complementa con las características particulares de Doñana como zona protegida. Así, los objetivos de conservación del Parque Nacional de Doñana quedan recogidos en la Ley 91/1978 (régimen jurídico especial orientado a la protección de la integridad de la gea, fauna, flora, aguas y atmósfera). En este sentido, en cumplimiento del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de Doñana (aprobado por R.D. 1772/1991), fue aprobado en 1994 el “*Desarrollo Sectorial del Parque Nacional de Doñana en materia de manejo de los recursos hídricos*” (ICONA, 1994) donde se especificaban, entre otros aspectos, las condiciones de manejo del agua dentro del Parque Nacional y las medidas de actuación necesarias.

En este plan de manejo se establece como objetivo mantener los procesos ecológicos esenciales que permitan la conservación (y recuperación, en su caso) de la biodiversidad ligada a las zonas húmedas, para lo cual la gestión del agua dentro del Parque Nacional debería simular un funcionamiento hídrico lo más parecido posible a las condiciones naturales. Este planteamiento llevó a un modelo de gestión que se ha regido por los siguientes criterios de manejo (ICONA, 1994):

- Las aguas deberán fluir por sus cauces tradicionales, en cantidad y calidad similares a las del régimen histórico.
- Las aguas no deberán permanecer quietas en un punto determinado más tiempo del que lo estarían en condiciones naturales.
- Las aguas no deberán cubrir zonas que nunca serían inundadas en condiciones naturales
- Las aguas deberán poder mantener un flujo de intercambio periódico y libre con el estuario.
- Deberá asegurarse un mínimo de marisma inundada en años de sequía.

En el caso del Parque Natural de Doñana (declarado por la Ley 2/ 1989), sus objetivos ambientales quedan establecidos en el Plan de Ordenación de Recursos Naturales, destacando entre ellos la *“conservación y restauración de la dinámica hidrológica natural que permita la existencia de los sistemas de marisma y lagunares”*.

### **3.2.3. Formulación de la propuesta de caudales ecológicos en Doñana.**

Una vez completados los análisis en el ámbito hidrológico, ecológico y normativo, para Doñana y su área de influencia se adoptan las siguientes propuestas:

- 1. Para cada uno de los ríos y arroyos que vierten en la marisma, la propuesta de caudales ecológicos estará conformada por el conjunto de valores propios de su régimen hidrológico natural.**
- 2. En coherencia con las propuestas formuladas para los ríos y arroyos, la propuesta de las necesidades hídricas de la marisma estará configurada por un conjunto de volúmenes característicos que vertían a la misma en condiciones naturales.**

Entre los argumentos que apoyan estas propuestas destacan los siguientes:

- a) Los objetivos de conservación para el Espacio Natural de Doñana están establecidos en las diferentes disposiciones legales que le afectan.
- b) A tenor de los documentos analizados en este estudio, se puede afirmar que la recuperación de una dinámica hidrológica más natural de los ríos, arroyos y la marisma es una condición imprescindible para lograr los objetivos de conservación del Espacio Natural de Doñana.
- c) Reconociendo que existen limitaciones e incertidumbres en el conocimiento de los procesos hidrológicos y ecológicos en Doñana (en particular en lo relativo a la cuantificación del régimen hidrológico natural de los ríos y la marisma, la respuesta de las especies a los cambios ambientales, etc.), se parte de un nivel de conocimiento suficiente para adoptar una propuesta de caudales ambientales en el ámbito de Doñana
- d) Los caudales ecológicos de los ríos que vierten a Doñana quedan vinculados a la misma en virtud de la Orden ARM/2656/2008.

### 3.3. PROPUESTA DE CAUDALES ECOLOGICOS EN EL AMBITO DE DOÑANA

En la figura 8 se muestran los puntos de cálculo de caudales ecológicos abordados en este estudio, además del balance hídrico general de la marisma.



Figura 8. Localización de los tramos de estudio de caudales ecológicos FUENTE: Elaboración propia

En total se han considerado 6 tramos de estudio en cursos fluviales (4 en la cuenca del río Guadamar) y las aportaciones características de la marisma asimiladas en este caso a las aportaciones acumuladas de sus tributarios.

Llegados a este punto, convendría diferenciar dos aspectos. A pesar de que las propuestas persiguen alcanzar el régimen hidrológico natural (objetivo general), a los efectos de gestión se deberían considerar unos “caudales objetivo” que se deben mantener en el río (objetivos operativos de gestión). En este sentido se han definido las propuestas que se muestran a continuación. Para cuantificar estos caudales se ha caracterizado el régimen hidrológico natural en dos situaciones hidrológicas: “año medio” y “año seco”, adaptación simplificada del método del Rango de la Variabilidad Natural<sup>2</sup> (Richter *et al*, 1997).

Las tablas 3 y 4 resumen las propuestas de caudales ambientales para los ríos que vierten a la marisma en años secos y medios en términos de condiciones hidrológicas.

Tabla 3. Propuestas de caudales ecológicos para ríos en años secos. Fuente: Datos de SACRAMENTO (CHG, 1998).

CAUDALES ECOLOGICOS PARA RIOS Y ARROYOS EN AÑOS SECOS												
m <sup>3</sup> /s	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
LA ROCINA	0,03	0,06	0,07	0,08	0,18	0,16	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05
EL PARTIDO	0,12	0,20	0,38	0,56	0,89	0,88	0,71	0,53	0,34	0,27	0,21	0,17
RIO AGRIO	0,05	0,07	0,19	0,24	0,33	0,34	0,33	0,19	0,14	0,11	0,08	0,06
EMBALSE DEL AGRIO	0,11	0,10	0,16	0,23	0,27	0,27	0,31	0,29	0,21	0,17	0,15	0,13
GUADAMAR EN LA E.A. 56	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07
GUADAMAR EN LA E.A.. 76	0,35	0,39	0,65	0,80	0,96	0,88	0,97	0,79	0,57	0,51	0,46	0,41
GUADAMAR EN B. TORRE	0,43	0,49	1,01	1,13	1,67	1,50	1,38	1,11	0,88	0,73	0,62	0,55

<sup>2</sup> Traducción del método Range of Variability Approach con sus siglas RVA

**Tabla 4.** Propuestas de caudales ecológicos para ríos en años medios. Fuente: Datos de SACRAMENTO (CHG, 1998).

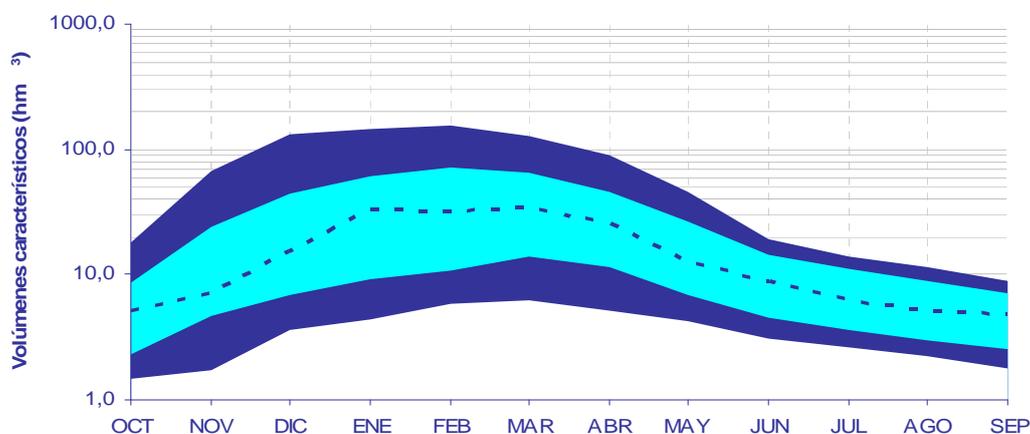
CAUDALES ECOLOGICOS PARA RIOS Y ARROYOS EN AÑOS MEDIOS												
m <sup>3</sup> /s	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
LA ROCINA	0,15	0,14	1,06	2,26	2,08	1,60	0,90	0,34	0,25	0,21	0,18	0,16
EL PARTIDO	0,67	0,93	2,54	5,78	6,76	5,64	3,43	2,05	1,44	1,14	0,90	0,71
RIO AGRIO	0,32	0,51	0,94	1,81	1,96	1,82	1,56	0,98	0,65	0,48	0,37	0,28
EMBALSE DEL AGRIO	0,35	0,51	0,68	1,33	1,48	1,57	0,99	0,69	0,47	0,40	0,36	0,36
GUADAMAR EN LA E.A. 56	0,11	0,13	0,15	0,34	0,52	0,49	0,31	0,19	0,13	0,12	0,12	0,11
GUADAMAR EN LA E.A. 76	1,02	1,44	2,86	5,03	5,06	5,59	3,33	2,20	1,33	1,13	0,97	0,88
GUADAMAR EN B. TORRE	1,49	2,12	4,54	7,49	9,24	8,91	5,19	3,33	2,14	1,75	1,46	1,35

Por su parte, la tabla 5 y figura 9 muestra las necesidades de agua en la marisma de Doñana en función de diferentes condiciones climáticas e hidrológicas. En este caso, la contribución mensual de agua de la marisma es la suma de los caudales ecológicos de sus afluentes.

### PATRON HIDROLOGICO Y VOLUMENES OBJETIVO\* PARA CUBRIR LAS NECESIDADES HIDRICAS DE LA MARISMA DE DOÑANA

CONDICIONES HIDROLOGICAS		hm <sup>3</sup> /año	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	TOTAL
CONDICIONES HIDROLOGICAS	Nuy seco	1,5	1,7	3,6	4,4	5,8	6,3	5,1	4,2	3,1	2,6	2,2	1,8	1,8	42,3
	Seco	2,3	4,6	6,9	9,1	10,9	14,1	11,5	6,9	4,5	3,6	3,0	2,6	2,6	80,1
	Medio	5,2	7,2	15,2	33,2	32,6	34,1	25,3	12,8	8,8	6,2	5,1	4,8	4,8	190,3
	Húmedo	8,5	24,1	44,3	61,1	71,5	64,2	45,3	26,6	14,5	11,1	9,0	7,1	7,1	387,2
	Muy húmedo	17,8	67,8	130,7	144,2	153,4	127,3	91,1	46,3	19,0	14,2	11,4	9,0	9,0	832,3

\*Los volúmenes objetivo han sido marcados en color rojo y representan los volúmenes mínimos que se deben garantizar a través de la gestión. La ausencia de grandes infraestructuras de regulación en las cuencas vertientes invalida la necesidad de establecer estos volúmenes objetivo en el caso de los años húmedos y muy húmedos, ya que se producen de forma natural.



**Figura 9.** Patrón hidrológico natural de la marisma de Doñana. Fuente: Basado en los datos de la tabla 5.

## 5. CONCLUSIONES

1. Las grandes transformaciones acontecidas en el ámbito de Doñana, han producido una drástica reducción en los aportes de agua a la marisma. Actualmente la marisma recibe menos del 20% de sus aportes característicos en régimen natural.
2. En las últimas décadas se han observado claras tendencias de cambio en las comunidades biológicas que indican inequívocamente el efecto de la reducción de los aportes de agua. Así por ejemplo, para el periodo 1990-2004 algunas de las agrupaciones vegetales que necesitan más agua han reducido su superficie más del 60%, llegando en algún caso al 80% de reducción. Estos cambios en la vegetación han tenido consecuencias nefastas para algunas especies singulares como el avetoro común, la cerceta pardilla o la focha moruna.
3. En base al conocimiento actual se puede afirmar que difícilmente se lograrán alcanzar los objetivos globales de conservación para Doñana si no cambian las condiciones hidrológicas actuales. La recuperación efectiva de los aportes a la marisma se debe convertir en un objetivo operativo clave para la gestión del espacio natural. En este sentido cabe recordar la necesidad de completar el Proyecto “Doñana 2005” (en particular la recuperación de los aportes del río Guadiamar a la marisma) y reordenar los aprovechamientos del acuífero Almonte-Marismas para evitar los efectos negativos sobre los ríos y humedales asociados.
4. La propuesta de caudales ecológicos para recuperar la integridad ecológica de Doñana debe ser la propia de su régimen natural de caudales. Así está establecido en el marco legal y lo confirman los estudios hidrológicos y ecológicos realizados al efecto. En términos cuantitativos supone aportar a la marisma del orden de 200 hm<sup>3</sup> en años medios y 80 hm<sup>3</sup> en años secos.
5. Los caudales ecológicos de los ríos que vierten a Doñana están legalmente vinculados a la misma. La gestión sostenible de las cuencas vertientes será un elemento clave para alcanzar la gestión sostenible de Doñana.

## 6. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

### RECOMENDACION 1

Incorporar en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir una propuesta de caudales ecológicos que considere

**las características excepcionales de Doñana y sea plenamente coherente con el marco legal establecido. En ausencia de la misma, se recomienda incorporar la propuesta formulada en este informe.**

#### Propuesta de WWF

Para activar, enriquecer y consolidar el proceso de incorporación de las necesidades hídricas de Doñana en el Plan Hidrológico de la Demarcación del Guadalquivir, se recomienda incorporar la propuesta formulada en este informe, y más concretamente:

- Solicitar el pronunciamiento de los responsables de la gestión de los espacios naturales implicados (Espacio Natural Doñana, Paisaje Protegido del Corredor Verde del Guadiamar, etc.), acerca de los caudales ecológicos y necesidades hídricas de Doñana, revisando la congruencia de los mismos con sus objetivos y normas de gestión (PORN y PRUG respectivos).
- Integrar la presente propuesta dentro del futuro *Plan Sectorial de Manejo de Recursos Hídricos* del Parque Nacional de Doñana<sup>3</sup>, sin que esto vaya en detrimento de posibles revisiones y mejoras.
- Analizar la propuesta de caudales ecológicos del curso inferior del río Guadalquivir y su idoneidad en la conservación del conjunto de sistemas naturales funcional y estructuralmente conectados (en particular la relación río-marisma).
- Asegurar que se realice el necesario debate técnico-científico sobre las necesidades hídricas de Doñana y de su área de influencia, así como un seguimiento de la puesta en práctica de sus necesidades ecológicas (particularmente a través del Programa de Seguimiento de Procesos y Recursos Naturales en el Parque Nacional de Doñana).

#### **RECOMENDACION 2**

**Iniciar con urgencia un proceso de concertación entre las partes interesadas<sup>4</sup>, donde se analicen específicamente los usos y demandas de agua en el ámbito de Doñana, sus necesidades hídricas, las posibilidades de implantación de caudales ecológicos y las medidas necesarias para lograrlo.**

#### Propuestas de WWF

Para impulsar y asegurar este proceso de implantación de caudales ecológicos, se recomienda específicamente:

<sup>3</sup> El DECRETO 48/2004 por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión establece dentro de la Programación de Actividades de Gestión que en el plazo de dos años se elaborará “un nuevo Plan Sectorial de Manejo de Recursos Hídricos, teniendo en cuenta el modelo hidráulico de la marisma que incorporará nuevos patrones, cotas de inundación y criterios de manejo de agua y el modelo hidrogeológico del acuífero”.

<sup>4</sup> Según establece específicamente la Orden ARM/2656/2008

- Instar a todas las administraciones y partes interesadas (a través del Organismo de cuenca) a poner en marcha el proceso de concertación sobre la puesta en práctica de las necesidades hídricas de Doñana y su área de influencia.
- Fijar los plazos y programa de elaboración del futuro *Plan de implantación de los caudales ecológicos y su gestión adaptativa*, tal como establece la Instrucción de Planificación Hidrológica.

### RECOMENDACION 3

**Declarar en “Régimen de Protección Especial” las cuencas de los ríos y arroyos vertientes a Doñana, así como el sistema acuífero subyacente.**

#### Propuestas de WWF

Para mejorar la coherencia y gestión de las aguas en el ámbito de Doñana y su área de influencia, WWF propone:

- Instar a las administraciones competentes (Junta de Andalucía, Organismo de cuenca, etc.) a que declaren las cuencas de los ríos vertientes a Doñana y su sistema acuífero subyacente en “Régimen de Protección Especial” (según el Real Decreto 907/2007).
- En el ámbito de las aguas superficiales y dentro del *Plan de implantación de caudales ecológicos y su gestión adaptativa* referido en la recomendación 2, desarrollar una estrategia de gestión de las extracciones, donde se defina la sensibilidad a la extracción por tramos y los valores umbrales de caudal a partir de los cuales se debe producir el cese en la extracción.
- En el ámbito de las aguas subterráneas, declarar provisionalmente el sistema acuífero Almonte-Marismas *en riesgo de sobreexplotación y en proceso de salinización*, según establecen los artículos 171 y 244 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986 modificado por el Real Decreto 606/2003).
- Elaborar un Plan de Ordenación de Extracciones del sistema acuífero Almonte-Marismas, donde:
  - Se definan las descargas del acuífero necesarias para mantener el caudal ecológico de los ríos y arroyos asociados al mismo (en coherencia con el objetivo de alcanzar el Buen Estado Cuantitativo de las masas de agua subterránea en los términos que define la Directiva Marco del Agua). Estos volúmenes de descarga serían asimilables a los caudales ecológicos propuestos en el presente informe, y constituyen la única forma de proveer el caudal ecológico, por ejemplo, del Arroyo de la Rocina.

- Se definan las descargas necesarias para mantener en Buen Estado Ecológico los humedales<sup>5</sup> asociados al acuífero (de nuevo en coherencia con el objetivo de alcanzar el Buen Estado Cuantitativo).
  - En función de los valores anteriores, definir las máximas extracciones para el sistema acuífero<sup>6</sup> y las zonas de ubicación de las mismas.
  - Las normas que definen el Plan permitan regular las extracciones según diferentes situaciones de gestión (sequía prolongada, años secos, años húmedos, etc.), que permitan aproximar la flexibilidad en la gestión con la variabilidad natural.
- En la medida que corresponda, vincular el futuro “*Plan Especial de Ordenación Territorial de las zonas de cultivos en regadío para la zona comprendida al norte de la corona forestal*” a las zonas y volúmenes de extracción designadas por el Plan de Ordenación de Extracciones del sistema acuífero Almonte-Marismas.

#### RECOMENDACION 4

**Impulsar y proseguir con las iniciativas destinadas a conseguir la recuperación óptima de la conectividad fluvial y mareal de la marisma.**

#### Propuestas WWF

Entendiendo que la recuperación óptima de la conectividad fluvial y mareal es un elemento clave para la recuperación ecológica de la marisma, sin la cual, los caudales ecológicos no podrán intervenir en dicha recuperación (particularmente el río Guadiamar), se solicita:

- Concluir el conjunto de actuaciones inacabadas del Proyecto “Doñana 2005”, particularmente la conexión permeable de la marisma con el estuario, río Guadalquivir y Brazo de la Torre (actuación ya diseñada y aprobada en reiteradas reuniones del Patronato de Doñana) y las actuaciones referidas a restauración del Brazo de la Torre o la recuperación del Caño Guadiamar.
- Más allá de la Actuación 5 del Proyecto “Doñana 2005” relativa a la recuperación de la funcionalidad hidrológica del Caño Guadiamar (actualmente aplazada sin fecha), se insta a las partes interesadas a abrir un amplio debate técnico y social acerca de la “Solución Norte” (para más detalles ver apartado

<sup>5</sup> Según el anexo V de la DMA, se deberán *mantener unas variaciones de nivel y tiempo de permanencia de las aguas de los humedales, de tal forma que los indicadores de calidad biológicos se desvíen sólo ligeramente de los valores propios en condiciones inalteradas.*

<sup>6</sup> Según la Orden ARM/2656/2008, en el cálculo del recurso disponible de las masas de agua subterráneas se deducirá el flujo requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica de las masas de agua superficial asociadas, de tal forma que se evite cualquier disminución en el estado ecológico en las mismas y/o cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

3.3.1.). Según se indica en el Documento Marco para el Desarrollo del Proyecto Doñana 2005 (MMA, 2001), en ese futuro debate WWF propone:

- Retirada por completo los muros del encauzamiento de la Cigüeña
  - Retirada del muro derecho del encauzamiento del Guadiamar desde su comienzo hasta el puente de Don Simón.
  - Retirada de la zona regable del Sector III de Almonte-Marisma por ser incompatible con las avenidas que llegarían al caño Guadiamar procedentes del río Guadiamar y del arroyo de la Cigüeña.
- Complementar las actuaciones de mejora en la conectividad fluvial con las mejoras en la funcionalidad natural (restauración de riberas, espacio de libertad fluvial, ordenación de usos en el espacio fluvial, etc.), particularmente en el conjunto de arroyos que vierten a la marisma (la Rocina, Algive-Cigüeña-Pilas, El Partido, etc.).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aragonés. D., R. Díaz-Delgado y J. Bustamante. 2005. "Tratamiento de una serie temporal larga de imágenes Landsat para la cartografía de la inundación histórica de las marismas de Doñana". *Actas del XI Congreso Nacional de Teledetección*. Tenerife.

Arthington, A.H., S.E. Bunn, N.L. Poff y R.J. Naiman. 2006. "The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems". *Ecological Applications* 16:1311-1318.

Casas, J. y C. Urdiales. 1995. "Introducción a la Gestión Hidráulica de las Marismas del Parque Nacional de Doñana" en *Bases ecológicas para la restauración de humedales en la cuenca Mediterránea*. Montes, C. (ed.) Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Sevilla.

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG), 1998. "Estudio de Recursos Hidráulicos de la cuenca del Guadalquivir". Informe Técnico.

Davies S. P. y Jackson S.K. 2006. "The Biological Condition Gradient: A Descriptive Model for Interpreting Change in Aquatic Ecosystems". *Ecological Applications*: Vol. 16, No. 4 pp. 1251–1266

EBD\_CSIC, 2009. "Protocolo de seguimiento de la vegetación en la marisma". [www.rbd.ebd.csic.es/Seguimiento/mediobiologico/formacionesvegetales/dinamicamarisma/ProtocoloVegetacionMarisma.pdf](http://www.rbd.ebd.csic.es/Seguimiento/mediobiologico/formacionesvegetales/dinamicamarisma/ProtocoloVegetacionMarisma.pdf). (Consulta en mayo de 2009).

García Murillo, P., J. R. Fernández, S. Cirujano, A. Sousa. 2006. "Aquatic Macrophytes in Doñana Protected Area (SW Spain): an Overview". *Limnetica*. Vol. 25. Núm. 1-2. Pag. 71-80

García Novo, F. y C. Marín. 2005. "Doñana: Agua y Biosfera". Ed. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Madrid. ISBN: 84-609-6326-8.

García Viñas, J. I., Mintegui, J.A. y J. C. Robredo. 2005. "La vegetación en la marisma del Parque Nacional de Doñana en relación a su régimen hidráulico". Serie Técnica Naturaleza y Parques Nacionales. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales.

ICONA. 1994. "Desarrollo Sectorial del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional de Doñana en Materia de Manejo de los Recursos Hídricos". Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

King, J., C. Brown. 2006. "Environmental Flows: Striking the Balance between Development and Resource Protection". *Ecology and Society* 11(2): 26

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 1999. "1ª Reunión Internacional de Expertos sobre la Regeneración Hídrica de Doñana". Ponencias y conclusiones. Huelva.

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2001. "Documento Marco para el Desarrollo del Proyecto Doñana 2005". Regeneración hídrica de las cuencas y cauces vertientes a las marismas del Parque Nacional de Doñana. Informe técnico. Madrid.

Parasiewicz, P., J. Nestler, N. L. Poff y R. A. Goodwin. 2008. "Virtual reference river: a model for scientific discovery and reconciliation". Pages 189-206 in M. S. Alonso and I. M. Rubio, editors, *Ecological Management: New Research*. Editors, Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY (ISBN: 978-1-60456-786-1)

Poff N.L., Richter B., Arthington A.H., Bunn S.E., Naiman R.J., Kendy E., Acreman M., Apse C., Bledsoe B.P., Freeman M., Henriksen J., Jacobson R.B., Kennen J., Merritt D.M., O'Keeffe J., Olden J.D., Rogers K., Tharme R.E. y Warner A. 2009. "The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards". *Freshwater Biology*, (In Press).

Richter B. D., J.V. Baumgartner, R. Wigington y D.P. Braun. 1997. "How much water does a river need?" *Freshwater Biology* 37: 231-249.

Souchon, Y., C. Sabaton, R. Deibel, D. Reiser, J. Kershner, M. Gard, C. Katopodis, P. Leonard, N.L. Poff, W.J. Miller, and B.L. Lamb. 2008. "Detecting biological responses to flow management: missed opportunities, future directions". *River Research & Applications* 24:506-518

USEPA, 2005. "Use of Biological Information to Better Define Designated Aquatic Life Uses in State and Tribal Water Quality Standards: Tiered Aquatic Life Uses".



WWF trabaja por un planeta vivo y su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:

- Conservando la diversidad biológica mundial.
- Asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible.
- Promoviendo la reducción de la contaminación y del consumo desmedido.



*por un planeta vivo*<sup>®</sup>