

**ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL ESTUDIO DE PROPUESTAS  
DE MEJORA DE LA CONECTIVIDAD PARA LOS PECES  
EN LA PARTE BAJA DEL RÍO EBRO**



**Consulores:**

CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis

LINKit consult & Wanningen Water Consult

**Peticionario:**

Confederación Hidrográfica del Ebro

Fecha: 24 de Julio 2009

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes	3
1.2 Objetivos del proyecto	3
1.3 Equipo del proyecto	4
1.4 Método de trabajo	4
<b>2. Situación y problemas</b>	<b>5</b>
2.1 Funcionamiento general del sistema hídrico de la parte baja del Ebro	5
2.2 Áreas protegidas	6
2.3 Usos del agua	7
2.4 Especies de peces del Bajo Ebro	8
2.5 Problemas relacionados con la migración de peces	11
<b>3. Visión y estrategias a seguir</b>	<b>12</b>
3.1 Visión	12
3.2 Estrategias	13
3.3 Especies bandera del Bajo Ebro	13
3.4 Posibles soluciones para restaurar o rehabilitar la conectividad para los peces en el río Ebro	15
3.5 Aspectos destacables en el diseño y la gestión de dispositivos de paso para peces	20
<b>4. Soluciones propuestas para el Bajo Ebro</b>	<b>21</b>
4.1 Presa de Flix	22
4.2 Azud de Seròs, Lleida	29
4.3 Presa de Riba-roja	32
4.4 Presa de Mequinenza	35
4.5 Otras localidades	37
<b>5. Conclusiones</b>	<b>39</b>
Bibliografía	42
Datos básicos	44
Anexo: Soluciones para la migración de los peces río abajo	45
An. 1 Barreras mecánicas	
An. 2. Barreras comportamentales	
An. 3. Sistemas de desvío (bypass)	
An. 4. Gestión ajustada o alternativa/otros métodos	

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

El Ebro es uno de los mayores ríos de la cuenca mediterránea y su delta, el Delta del Ebro, uno de los espacios naturales más importantes del sur de Europa. El agua del río Ebro ha sido esencial para la agricultura junto con otros usos (energéticos, domésticos, industriales, navegación, etc.), por este motivo se construyeron en su cuenca grandes infraestructuras hidráulicas en las décadas de 1960 y 1970.

Aunque estos elementos han sido realmente útiles para la agricultura y la producción hidroeléctrica, así como el control de avenidas, también es cierto que han configurado un río mucho menos natural que el preexistente pocos siglos antes, con grandes dificultades para la supervivencia de la mayoría de los peces autóctonos.

La conservación de los hábitat fluviales es imprescindible para el desarrollo correcto de los estadios larvarios de algunos peces, como es el caso de la anguila europea (*Anguilla anguilla*), o para realizar la freza, en el caso de la alosa (*Alosa fallax*), el pez fraile o blenio de río (*Salaria fluviatilis*) y el esturión (*Acipenser studio*). Las poblaciones de muchos de estos peces o se han extinguido o han disminuido notablemente a lo largo del siglo XX, especialmente los que dependen de la realización de migraciones entre las aguas dulces del río y las salobres de las partes bajas, los estanques litorales y el mar.

Es un buen ejemplo de todo ello la situación de la anguila europea en el bajo Ebro, donde esta especie, antaño con una extensión generalizada y motivo de pesca tradicional e intensiva, aquí y en prácticamente todo el continente, ahora está al borde de la extinción. En la cuenca del Ebro, como en las otras cuencas, ha sufrido un gran declive desde 1950.

Resolver la mala conectividad ecológica en los sistemas fluviales es imprescindible para el conjunto de la Unión Europea, en especial para cumplir con los requerimientos de la *Directiva Marco de Agua* (DMA) y el *Eel Recovery Plan*. La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) ya está aplicando las directrices de la DMA en la cuenca del río Ebro. Este estudio justamente forma parte del proyecto de implementación de la DMA en relación con el desarrollo de soluciones para mejorar la conectividad para los peces en el río Ebro.

## 1.2 Objetivos del proyecto

Los objetivos de este proyecto son esencialmente:

- *Integrar toda la información existente sobre la migración de peces en la parte baja del río Ebro, incluyendo el estado de las especies potencialmente presentes y tipologías de posibles medidas a implementar.*

- *Proponer soluciones para los 4 mayores obstáculos presentes en la parte baja del río Ebro en relación con la mejora de las posibilidades de migración de los peces (tanto aguas arriba como aguas abajo), que son:*
  - Presa de Flix, en el río Ebro;
  - Presa de Riba-roja, en el río Ebro;
  - Presa de Mequinenza, en el río Ebro;
  - Azud del canal de Seròs, en el río Segre

### **1.3 Equipo del proyecto**

El proyecto fue dirigido por Cristina Pintor, de la Confederación Hidrográfico del Ebro (CHE), y ejecutado por un equipo compuesto por las personas siguientes:

- Marc Ordeix, CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu Industrial del Ter, con sede en Manlleu (NE Cataluña); experto en limnología y conectividad para los peces en ríos mediterráneos;
- Jeroen van Herk, LINKit consult, con sede en Amsterdam (Holanda); experto en gestión de aguas y conectividad para los peces en ríos;
- Herman Wanningen, Wanningen Water Consult, con sede en Gröningen (NE Holanda); experto en gestión de aguas y migración de peces en ríos centroeuropeos.

### **1.4 Método de trabajo**

El equipo se propuso desarrollar, en un período breve, propuestas de soluciones para los problemas relacionados con la conectividad para los peces en la parte baja del río Ebro. Se basó en:

- Entrevistas con expertos;
- Análisis del funcionamiento de las diversas presas;
- Análisis de efectividad de soluciones existentes en grandes presas a escala mundial;
- Visitas del campo.

El equipo entrevistó a las siguientes personas:

- Javier San Román Saldaña, CHE;
- Concha Durán, CHE;
- Rogelio Galván Plaza, CHE;
- Cristina Pintor, CHE;
- Técnico 1 de ENDESA;
- Técnico 2 de ENDESA;
- Pere Josep Jiménez, Grup de Natura Freixe, Flix, la Ribera d'Ebre;
- Carlos Loaso, Agència Catalana de l'Aigua.

## 2. Situación y problemas

### 2.1 Funcionamiento general del sistema hídrico de la parte baja del Ebro

La parte baja del río Ebro, uno de los ríos más importantes de Europa, está definida por el tramo que va desde la desembocadura del río Martín hasta la propia desembocadura del Ebro en el mar Mediterráneo. Se trata de una superficie de algo más de 3.800 km<sup>2</sup> y una aportación de unos 215 Hm<sup>3</sup> anuales.

El Delta del Ebro, situado en la desembocadura de este río, posee una superficie de 330 km<sup>2</sup> y una longitud de 31 km. Constituye el hábitat acuático más importante del Mediterráneo occidental, después de la Camarga (Parque Natural del sur del Estado Francés) y el Parque Nacional de Doñana (Andalucía). Presenta hábitats de gran interés ecológico dentro del ámbito mediterráneo, entre los que se encuentran, por ejemplo, bahías someras, playas arenosas y dunas, lagunas litorales salobres, salinas, marismas de agua dulce y surgencias de agua dulce denominadas ullals.

En este último tramo del río Ebro desembocan los siguientes afluentes:

- El río Cana (21 km de recorrido);
- El río Ciurana (51 km de recorrido del río principal);
- El barranco de la Riera de Comte (14 km);
- El Sec (32 km);
- El Canaleta (37 km).

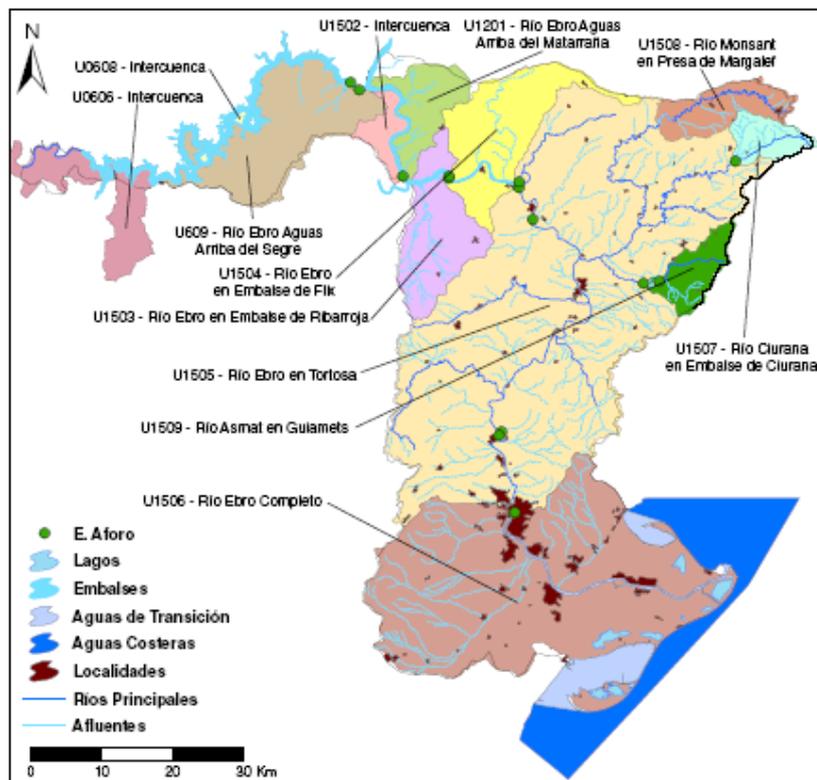


Figura 1: Subdivisiones hidrográficas del Bajo Ebro. Fuente: confederación Hidrográfica del Ebro.

El Bajo Ebro esta controlado en gran parte por el azud de Xerta y las 3 presas siguientes:

- Presa de Mequinenza;
- Presa de Riba-roja;
- Presa de Flix.

## 2.2 Áreas protegidas

Algunas áreas naturales están protegidas por 2 modalidades:

- Lugares de interés comunitario (LIC);
- Zonas de especial protección para las aves (ZEPA).

La mayoría de estas zonas están localizadas en las montañas. En relación directa con el río Ebro se encuentran:

- Zonas de bosque de ribera protegidos, como la Reserva Natural de Sebes, en Flix;
- Humedales y otras zonas protegidas del Delta del Ebro.

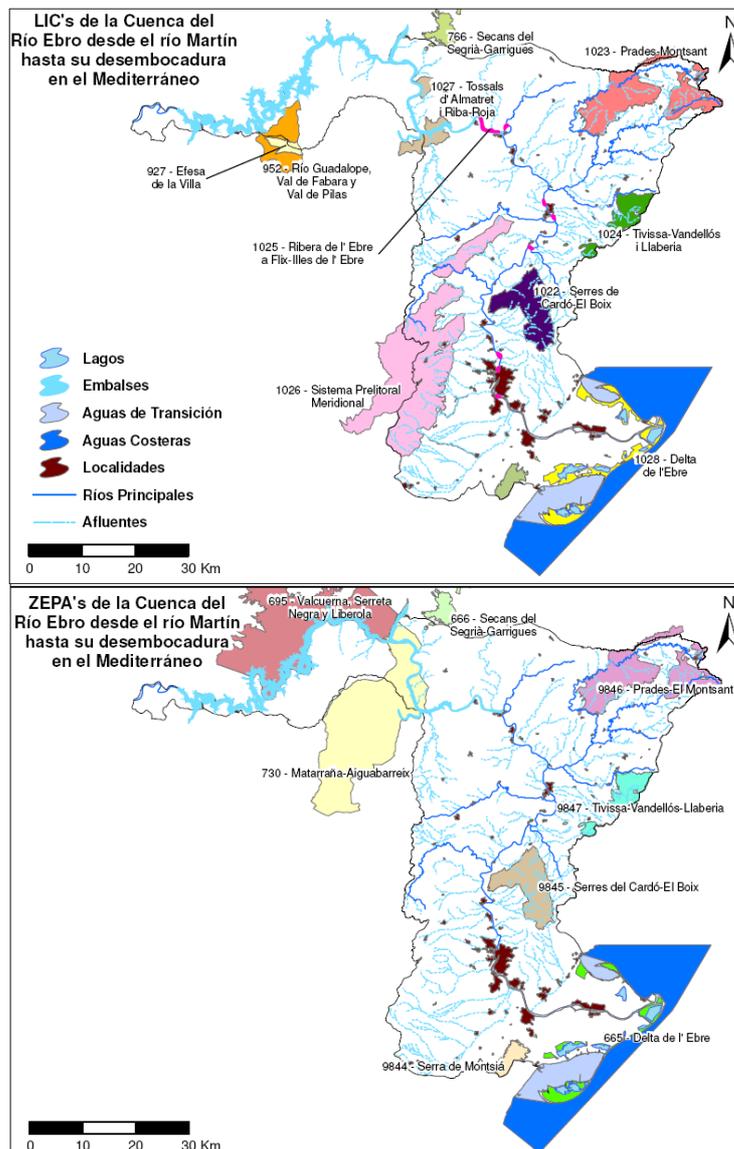


Figura 2: LIC y ZEPA en el Bajo Ebro. Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

### 2.3 Usos del agua

Los usos principales del agua del río Ebro son regadíos, agua potable y generación de energía hidroeléctrica. Las centrales hidroeléctricas presentes en el Bajo Ebro son:

- Mequinenza;
- Riba-roja;
- Flix;
- Xerta.

La concesión de cada central hidroeléctrica del Bajo Ebro se muestra en la tabla.

Central	Cauce	Caudal concesional (m <sup>3</sup> /s)	Potencia (kw)
CH Mequinenza	Ebro	760,0	324.000
CH Ribarroja	Ebro	940,0	262.800
CH Flix	Ebro	400,0	42.500
CH Xerta	Ebro	5,4	18.000

Figura 3: Datos básicos de las centrales hidroeléctricas existentes en la parte baja del río Ebro

La central hidroeléctrica de Xerta, en explotación desde el 2001, aprovecha la infraestructura de un azud preexistente.

Además de los usos hidroeléctricos, dentro del mismo sector energético hay que destacar la refrigeración de la central nuclear de Ascó, que demanda unos 105,89 m<sup>3</sup>/s de agua del Ebro, que suponen un total de 3.339 Hm<sup>3</sup>/año.

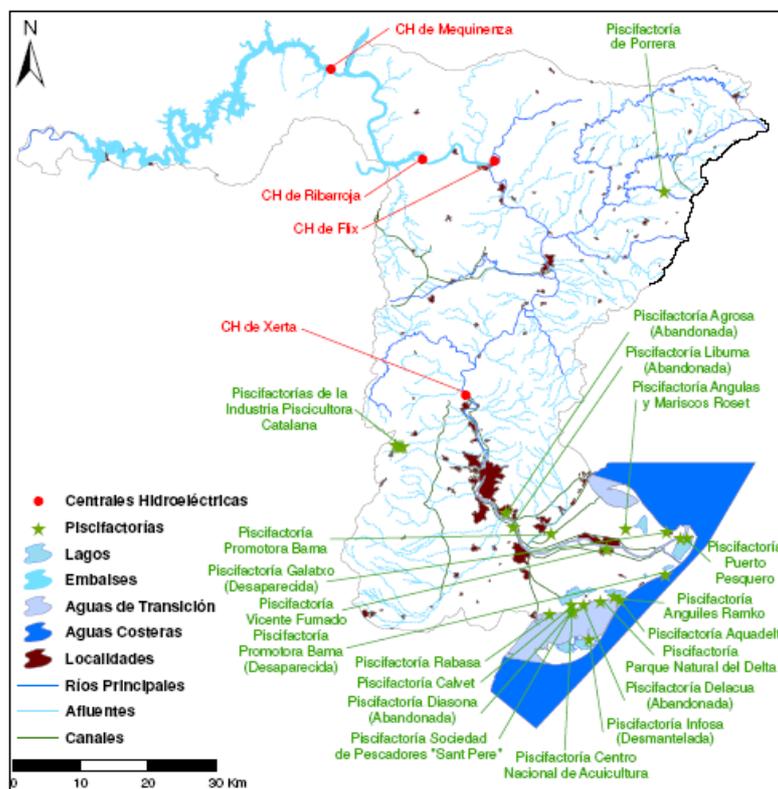


Figura 4: Centrales hidroeléctricas (y piscifactorías) en funcionamiento en el Bajo Ebro. Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

## 2.4 Especies de peces del Bajo Ebro

En la cuenca del Ebro se tiene constancia de la presencia de al menos 45 especies, de las cuales 21 corresponden a peces autóctonos (DOADRÍO, 2001), si se excluyen las especies de penetración marina que colonizan las aguas salobres de la desembocadura pero que algunas pueden subir decenas de kilómetros río arriba, que suponen como mínimo otras 9 especies más. Entre estas últimas destacan varias especies de mugilidos o lisas (Mugilidae, principalmente *Liza ramada*, *Chelon labrosus* y *Mugil cephalus*), la lubina (Moronidae, *Dicentrarchus labrax*), etc.

Esta riqueza ictiológica original es relativamente baja, como es propio de los ríos mediterráneos en comparación con otras cuencas, por ejemplo, del centro de Europa (SOSTOA, 1990). Además, muchas de estas especies suelen tener áreas de distribuciones reducidas e incluso exclusivas de una sola cuenca (endémicas).

Las especies autóctonas del Bajo Ebro, sin tener en cuenta las especies de penetración marina, corresponden a las familias siguientes:

- Petromyzontidae, representada por la lamprea de mar (*Petromyzon marinus*);
- Acipenseridae, representada por el esturión (*Acipenser sturio*);
- Anguillidae, representada por la anguila (*Anguilla anguilla*);
- Clupeidae, representada por el sáballo (*Alosa alosa*) y la saboga (*Alosa fallax*);
- Cyprinidae, que es la que acoge más representantes, 7 especies autóctonas: el barbo de Graells o del Ebro (*Luciobarbus graellsii*), el barbo colirojo (*Barbus haasi*), la madrilla (*Parachondrostoma miegi*), la bermejuela (*Achondrostoma arcasii*), el piscardo (*Phoxinus phoxinus*), el gobio (*Gobio lozanoi*) y el bagre (*Squalius laietanus*);
- Cobitidae, representada por la lamprehuela (*Cobitis calderoni*), la colmilleja (*Cobitis paludica*) y el lobo de río (*Barbatula barbatula*);
- Atherinidae, representada por el pejerrey (*Atherina boyeri*);
- Cyprinodontidae, representada por el fartet (*Aphanius iberus*) y el samaruc (*Valencia hispanica*);
- Gasterosteidae, representada por el espinoso (*Gasterosteus gymnotus*);
- Blenniidae, representada por el pez fraile o blenio de río (*Salaria fluviatilis*).

Algunas de estas especies se encuentran en un estado muy crítico o en peligro de extinción, como el esturión (*Acipenser sturio*), el sáballo (*Alosa alosa*) y la lamprea de mar (*Petromyzon marinus*). En general, las otras especies autóctonas de peces constituyen poblaciones reproductivas pero muy poco vigorosas.

Las causas del mal estado de conservación de las poblaciones de especies autóctonas son la pérdida o la degradación de los hábitat acuáticos, la falta de una buena conectividad ecológica -la fragmentación del río por la presencia de barreras artificiales, que restringen o imposibilitan el alcance de sus migraciones o movimientos dispersivos-, la alteración del régimen natural de caudales, caudales, la contaminación y la presencia de especies exóticas.

Las especies de peces autóctonas se ven afectadas, pues, en un nivel u otro, por las infraestructuras hidráulicas, especialmente por las transversales (azudes, bases de puentes, etc.) y también, aunque posiblemente en menor grado, por las infraestructuras longitudinales (canales, etc.). Ya se ha citado el caso de la distribución de la anguila, que antiguamente ocupaba prácticamente toda la cuenca y actualmente se ha reducido al Bajo Ebro y con densidades poblacionales bajas y en regresión año tras año. Su distribución reciente se muestra en los mapas de la figura 6.

Desgraciadamente, y en especial durante la segunda mitad del siglo XX, las comunidades de peces de agua dulce se han visto alteradas notablemente en todo el mundo, también en el Bajo Ebro, entre otros factores, por las introducciones de especies exóticas (alóctonas). De momento, en la cuenca del Ebro se conoce la presencia de al menos 24 especies exóticas de peces, que mantienen poblaciones reproductoras extendidas por la cuenca. Así pues, hoy el número de especies exóticas en la cuenca del Ebro ya supera el de especies autóctonas. Aún así, en algunas áreas, como la cuenca alta del Segre, la presencia de especies exóticas es, por ahora, meramente testimonial. Por lo tanto, aunque ha aumentado notablemente la riqueza ictiológica total, este enriquecimiento se ha producido en detrimento de la población original porque la mayor parte de las especies autóctonas han sufrido regresiones en mayor o menor grado.



Anguila (*Anguilla anguilla*)



Bagre (*Squalius laietanus*)



Barbo colirojo (*Barbus haasi*)



Barbo de Graells o del Ebro (*Luciobarbus graellsii*)



Madrilla (*Parachondrostoma miegii*)



Pez fraile o blenio de río (*Salaria fluviatilis*)



Lisa de cabeza plana o capitón (*Liza ramada*)

**Figura 5:** Imágenes de algunas de las especies autóctonas de peces presentes en el bajo Ebro (Fuente: Quim Pou/CERM y Marc Ordeix/CERM)

## 2.5 Problemas relacionados con la migración de peces

La mayor parte de los peces de aguas continentales de la cuenca del Ebro efectúan –o necesitan efectuar- movimientos a lo largo del río, sean o no auténticas migraciones direccionales, de manera que la conservación de sus poblaciones requiere en gran medida que todos estos movimientos se puedan continuar realizando. La conectividad fluvial es necesaria para los peces para:

- Permitir las migraciones reproductivas, movimientos estacionales, etc.
- Favorecer la recolonización de áreas afectadas por perturbaciones (por ejemplo, después de riadas).
- Contribuir a la conservación de las especies autóctonas, favoreciendo su dispersión y evitando su fragmentación.

En el Bajo Ebro existe una mala calidad de las poblaciones de peces claramente migratorios, como la anguila (figura 6), la lamprea marina, la saboga, el esturión, etc. Los embalses y azudes en el río Ebro y sus afluentes juegan un papel negativo importante en este sentido, de manera que los peces no pueden completar su ciclo biológico por la existencia de estas infraestructuras difícilmente superables por ellos.

Por otro lado, el problema de la mala calidad de la población de peces en el río Ebro no termina aquí. También es un síntoma de que el sistema fluvial no está equilibrado y eso afecta a otros aspectos:

- Los peces son depredadores importantes de muchos insectos acuáticos. Una baja densidad de peces provoca un alto riesgo de plagas y/o dominancia de alguna especie en concreto.
- Los peces son importantes para la alimentación de muchas especies protegidas de aves del Bajo Ebro y, en concreto, el Delta del Ebro.
- Tanto los pescadores profesionales como los deportivos dependen de la existencia de buenas poblaciones de peces. Un mal crecimiento de los peces supone un grave problema para el futuro de las pesquerías.

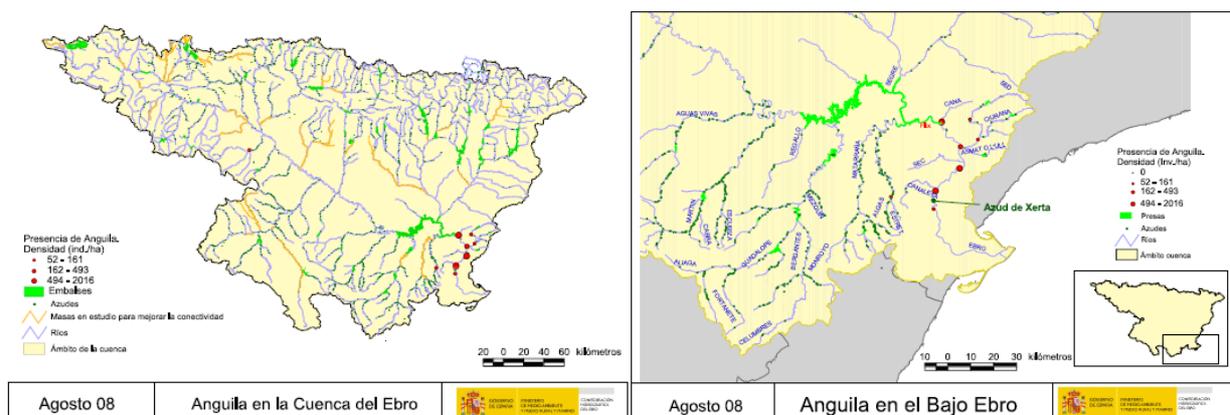


Figura 6: Distribución de la anguila en la cuenca del Ebro y en el Bajo Ebro. Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

## 3. Visión y estrategias a seguir

### 3.1 Visión

El punto de partida para una visión genérica sobre la conectividad para los peces en el Bajo Ebro es que esté en la línea de los objetivos de las normativas europeas como la *Directiva Marco del Agua*, la *Directiva Hábitats*, *Natura 2000* y el *Plan Europeo de Gestión de la Anguila*. En estas normativas, el objetivo principal para el río Ebro es el desarrollo de las poblaciones autóctonas y una cantidad considerable de peces reproductores y sanos. En la actualidad, todas las especies, sean pescables, protegidas o en peligro de extinción, requieren mayor espacio ecológico y una buena conectividad para poder desarrollar poblaciones ictícolas perdurables.

Una visión a largo plazo sobre conectividad ecológica para los peces en el Bajo Ebro debería incorporar los objetivos generales siguientes:

1. **El hogar de los peces, en buenas condiciones en 2015.** Existencia y accesibilidad de suficientes hábitat para la alimentación y la reproducción de las especies autóctonas de peces. Para el año 2015 (en el plazo establecido por la Directiva Marco del Agua) se prevé que los ríos de la cuenca del Ebro tendrán un agua limpia, un buen estado ecológico y un régimen de caudales ambientales suficientes.
2. **La “autopista ecológica” del río Ebro y sus principales afluentes, libre de obstáculos en 2027.** El río Ebro debe permitir la migración de todas las especies autóctonas de peces –y otra fauna acuática y anfibia- tanto aguas arriba como aguas abajo, priorizándose la permeabilización de los tramos del Bajo Ebro, por su elevada biodiversidad. En un término temporal admisible económica y técnicamente, se propone que para el año 2027 debería de haberse restaurado la conectividad ecológica entre el mar Mediterráneo, el delta del Ebro y el conjunto del río Ebro y sus afluentes. El año 2027 es el año en que se tiene que cumplir la Directiva Marco del Agua.
3. **Grandes reparaciones/renovaciones de infraestructuras.** Tanto las propias infraestructuras como su gestión asociada a la producción hidroeléctrica, agricultura, industria y abastecimiento de poblaciones requieren ser analizadas en detalle y transformadas en el conjunto de la cuenca del Ebro para compatibilizar y adaptar estos usos antes del año 2027 con el máximo respeto para las necesidades de migración de los peces, tanto aguas arriba como aguas abajo del río.
4. **No deterioro futuro del potencial de migración para los peces.** Principio de no deterioro: si en un futuro se introducen nuevos obstáculos en el río y sus afluentes, estos se realizarán con el máximo respeto hacia los aspectos medioambientales y estarán equipados con sistemas que permitan la migración de todas las especies autóctonas de peces y tanto aguas arriba como aguas abajo del río.

### 3.2 Estrategias

Las estrategias para implementar esta visión y los objetivos generales se describen en los puntos siguientes:

- **Desde el mar hasta el nacimiento del río** (“from sea to source”): para ir abordando las soluciones ante los diferentes obstáculos existentes, se debería trabajar primero en los tramos más bajos del río Ebro y continuar progresivamente hasta los tramos más altos del conjunto de la cuenca.
- **Desarrollo de innovación y conocimiento**: los temas asociados a la migración de peces son relativamente recientes a escala mundial y, además, pueden variar substancialmente según las tipologías y tramos de río y las especies de peces presentes. Por lo tanto, necesitan del desarrollo de conocimiento a nivel local y de cuenca, en este caso, relacionado con la Confederación Hidrográfica del Ebro; y también se requiere, a nivel general, del desarrollo de innovación sobre la migración de peces en grandes embalses.
- **Proyectos piloto**: es necesario llevar a cabo proyectos piloto para desarrollar conocimientos prácticos. Al mismo tiempo van a ser ejemplos inspiradores para futuros proyectos y para conseguir un cierto compromiso en temas de mejora de la migración de peces dentro y fuera de la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- **Comunicación**: trabajar permanentemente en comunicación sobre este tema dentro y fuera de la propia Confederación Hidrográfica del Ebro, y crear un debate intenso y proactivo con las compañías hidroeléctricas, especialmente con ENDESA, para avanzar constructivamente pero en el sentido de mejorar progresivamente la conectividad ecológica y las poblaciones de peces autóctonos en la cuenca del Ebro.

### 3.3 Especies bandera del Bajo Ebro

Cada especie de pez posee sus propias capacidades natatorias y su comportamiento característico. Las capacidades natatorias dependen de la morfología, condición física y longitud de cada especie de pez y de cada individuo, en función de su edad, sexo y período del año, ente otros parámetros como la temperatura del agua durante la migración. Además, el comportamiento de los peces varía estacionalmente y a lo largo del día, dependiendo de un amplio rango de factores, incluidos la orientación de las riberas fluviales o la profundidad del cauce, y su respuesta a parámetros hidráulicos y a la luz.

Así pues, la selección de especies bandera determinará el diseño (p.e. tipología, velocidad del agua y profundidad mínima) y la localización de la solución de paso para los peces.

Algunos criterios de selección de especies bandera en el río Ebro son:

- Que tengan una distribución originaria en la cuenca del río (que sean especies autóctonas);
- Que exista una posibilidad real de restauración de una población sostenible de estas especies de peces;

- Que sean exigentes con la calidad de los hábitat acuáticos y la conectividad ecológica;
- Que estén incluidas en la legislación conservacionista autonómica, estatal y de la Unión Europea;
- Que sean relevantes para los diferentes interlocutores sociales (pescadores profesionales y deportivos, grupos conservacionistas, visitantes naturalistas, interesados en cultura popular, etc.).

Siguiendo estos criterios, para el Bajo Ebro se han seleccionado las siguientes especies bandera:

- **Anguila** (*Anguilla anguilla*): su estatus actual es “Vulnerable” según la IUCN y es objeto de un ambicioso *Eel Recovery Plan* en la Unión Europea; no está catalogada en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (R. D. 439/90) –aunque se considera una especie pescable con restricciones-.
- **Saboga** (*Alosa fallax*): su estatus actual es “Vulnerable” según la IUCN, está incluida en los anejos II y IV de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y en el anejo III del Convenio de Berna; no está catalogada en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (R. D. 439/90) –donde se considera una especie pescable-.
- **Pez fraile o blenio de río** (*Salaria fluviatilis*): su estatus actual es “En Peligro” de extinción según la IUCN, está incluida en el anejo III del Convenio de Berna y está catalogada como de “Especial Interés” en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (R. D. 439/90).
- **Esturión** (*Acipenser sturio*): su estatus actual es “En Peligro Crítico” según la IUCN, está incluida en los anejos II y IV de la Directiva Hábitats (92/43/CEE) y en el anejo II del Convenio de Berna, y está catalogada como “En Peligro de Extinción” en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (R. D. 439/90).

Junto con la anguila, de alguna manera se incluyen los requerimientos ecológicos de otras especies como la lamprea de mar - por ejemplo, con capacidad reptante y natatoria similar-, pero se ha preferido escoger la anguila como especie bandera porque es mucho más popular y es un elemento esencial en la gastronomía tradicional del Bajo Ebro, aparte que conlleva un importante movimiento económico asociado a sus pesquerías, tanto en el Bajo Ebro como en otros países.

En relación con la saboga, una especie de gran capacidad natatoria, con ella se incorporan en cierta manera los requerimientos natatorios de otras especies más abundantes pero con importantes problemas de dispersión en el Bajo Ebro, como los mugílidos, la lubina y el barbo de Graells o del Ebro.

Junto con el pez fraile o blenio de río, se incluyen en gran manera los aspectos limitantes en la capacidad natatoria de otras especies de tamaño reducido, como el espinoso, o bentónicas –asociadas principalmente al fondo del lecho-, como la lamprehuela y la colmilleja, con estatus de conservación bastante parecidos.

Finalmente, el esturión se propone por su atractivo para el público en general, por sus dimensiones y porque no tienen un paralelismo con otras especies del Bajo. Si es así, que ahora mismo no hay esturión en el Ebro presente. La última fue

capturada en 1970. No obstante tiene que ser muy posible que se regenere una población de esturión en el Baja Ebro.

### 3.4 Posibles soluciones para restaurar o rehabilitar la conectividad para los peces en el río Ebro

En todo el mundo los gestores del agua trabajan en soluciones para mejorar la migración de los peces en los ríos. Durante las últimas décadas se ha ganado mucha experiencia. En este estudio mostramos las soluciones usadas más habitualmente, que pueden servir como ejemplos para mejorar la conectividad ecológica, especialmente para los peces, en la cuenca del río Ebro. Se proponen por orden de prioridad y efectividad:

1. **Eliminación del obstáculo:** esta solución, realmente de restauración, es preferible cuando el obstáculo (presa, azud, etc.) no tiene interés en relación con la gestión del agua ni ningún otro uso o función. En algunos países, como los Estados Unidos de América del norte, existen bastantes proyectos de eliminación de presas para mejora del hábitat fluviales y las pesquerías; en el Estado Español se han empezado a realizar, por ejemplo, en la comunidad de Madrid y en Cataluña. En algunos casos, se plantea la eliminación total del obstáculo pero también puede ser viable su eliminación parcial, como se ha comprobado en los Pirineos, concretamente en la Val d'Aran.
2. **Ríos laterales:** se trata de utilizar una solución de rehabilitación de la conectividad para los peces -prácticamente de restauración- muy próxima a la tipología propia de cada tramo de río. Consiste en la construcción de un verdadero río lateral, de un canal de tierra o rocoso, generalmente con una baja pendiente, que imita la estructura de los cursos fluviales naturales. Por eso se describen a menudo como "naturales". Este tipo de soluciones no sólo crean una ruta para la migración de los peces si no que también crean un hábitat para ellos y otros organismos fluviales. Dependiendo de su localización y la pendiente natural del río, la pendiente varía, por ejemplo, entre 1:30 en tramos medios y 1:50 en tramos bajos.

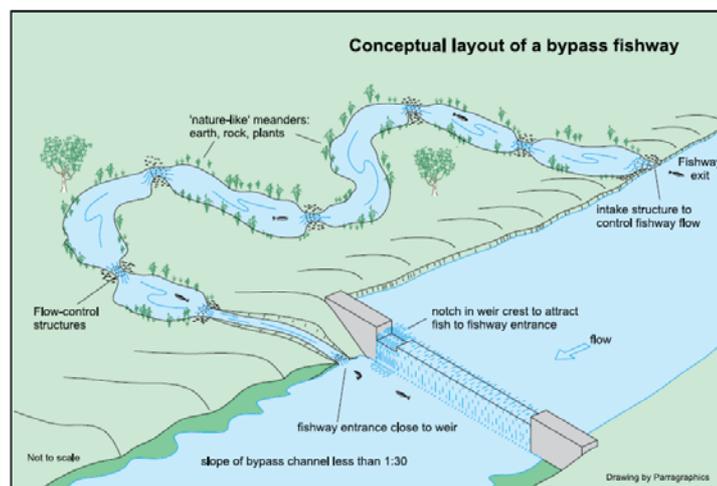


Figura 7: Diseño conceptual de un río lateral (Thorncraft G. and J.H. Harris, 2000)

**3. Dispositivos de paso técnicos:** cuando no se dispone de espacio suficiente en las laderas del río, se puede plantear una rehabilitación de la conectividad para los peces mediante soluciones técnicas, unas más que otras, que se muestran por orden de efectividad: rampas para peces y estanques sucesivos con escotaduras laterales, y ascensores y esclusas para peces.

**3.a. Rampas para peces y estanques sucesivos con escotaduras verticales:** una solución técnica muy eficaz, aunque por el momento no está muy generalizada en la península ibérica pero muy común en el resto de Europa, es la instalación de una rampa para peces. Se trata de una estructura con forma de rampa, rocosa o de hormigón, que puede ser de varios tipos: rampa para peces de máxima anchura, rampa para peces de anchura parcial y estanques sucesivos con escotaduras verticales.

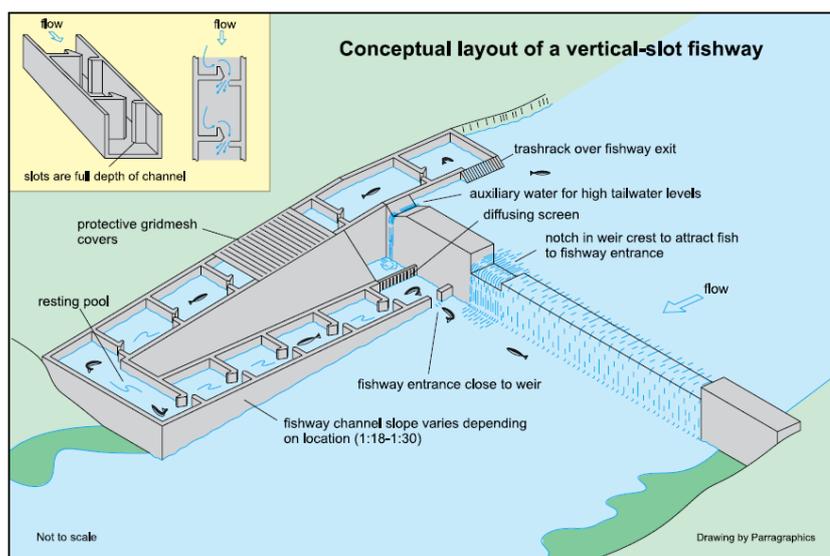
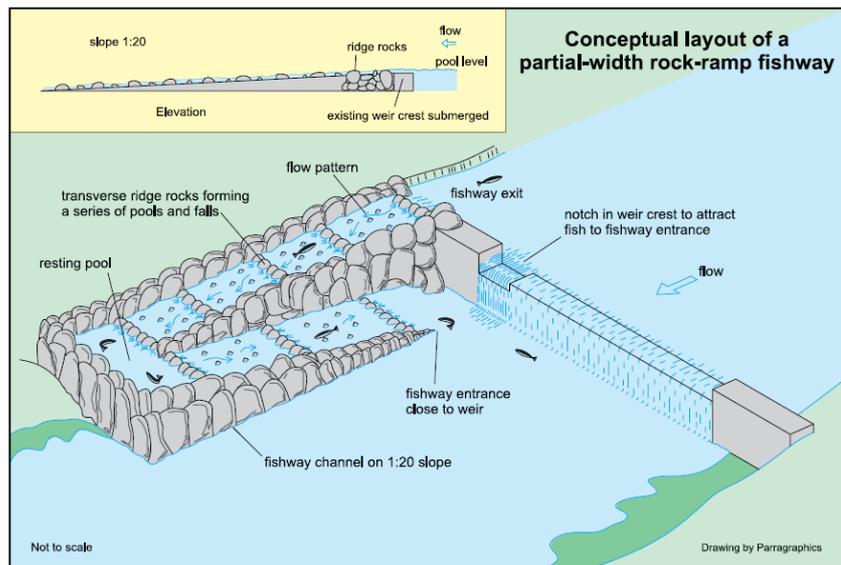
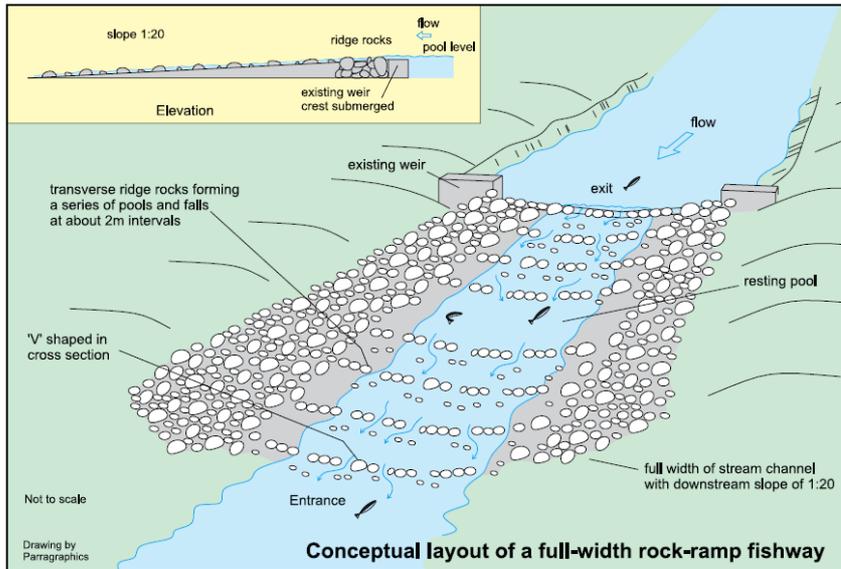
Los dispositivos de paso técnicos del tipo rampa para peces de máxima anchura suelen ser utilizados particularmente para superar obstáculos bajos y resultan relativamente baratos en comparación con otros dispositivos de tipo técnico; al mismo tiempo, sirven para controlar eficazmente fenómenos erosivos asociados al azud.

Las rampas para peces de anchura parcial y los estanques sucesivos con escotaduras laterales consisten en una serie de series estanques interconectados que permiten superar el obstáculo. Aunque todos permiten una alta variabilidad de caudales –aspecto especialmente interesante en los ríos mediterráneos-, las rampas para peces siempre suelen ser preferibles a los estanques sucesivos con escotaduras verticales; las rampas crean una gran variedad de refugios y velocidades, que facilitan el paso de especies e individuos con diferentes capacidades de franqueo de obstáculos.

En estos dispositivos de paso, la velocidad máxima se da cuando el agua cae a través de cada ranura o escotadura. La poza o estanque situado aguas abajo actúa disipando energía hidráulica al mismo tiempo que supone una zona de descanso para los peces que están ascendiendo. La pendiente del canal y los intervalos entre ranuras o escotaduras controlan la velocidad del agua; estos dispositivos de paso permiten, pues, ser diseñados en relación con las capacidades natatorias de las especies que se pretenda que puedan subir.

La rugosidad del fondo de la rampa es aumentada preferiblemente con la colocación de rocas o cantos rodados, para aumentar las posibilidades de movimiento y de descanso de los peces de fondo -bentónicas-.

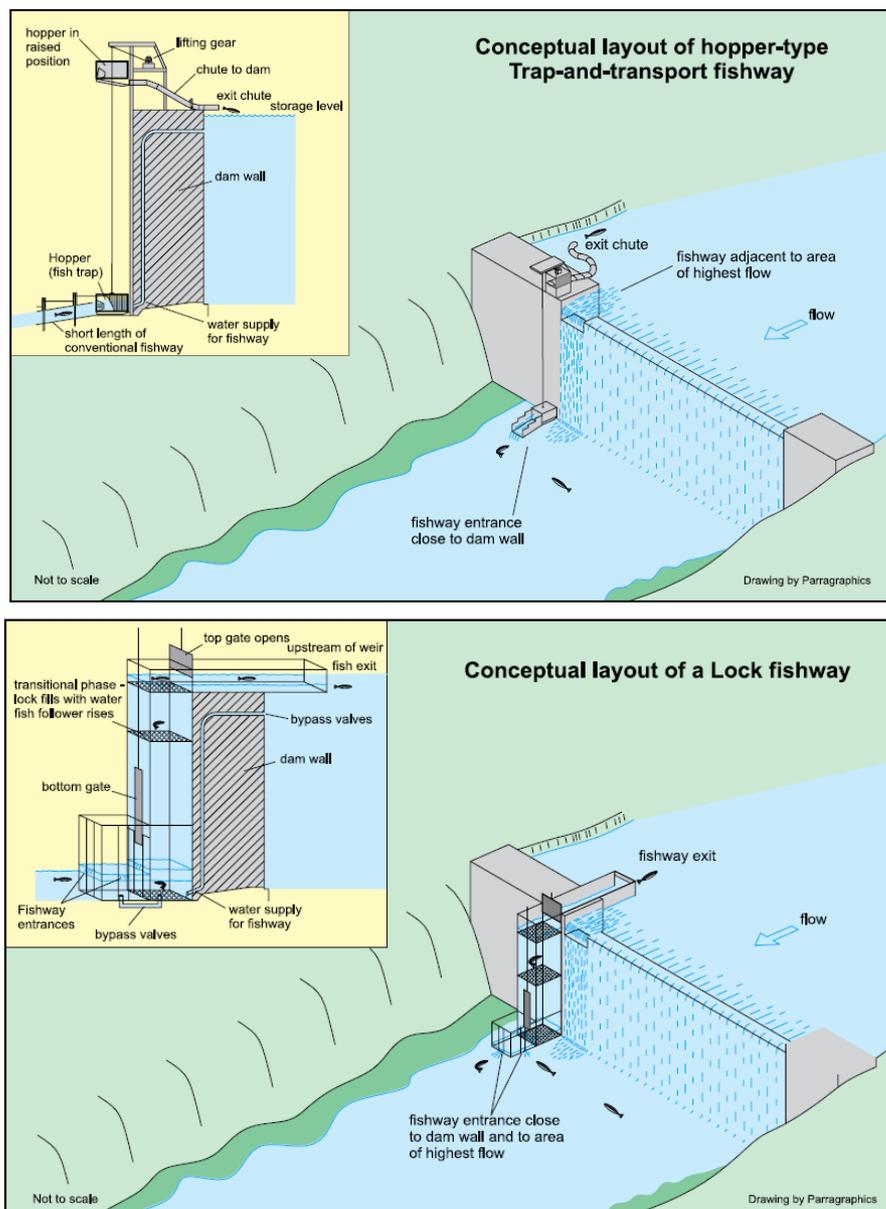
Dependiendo de su localización y de la pendiente natural del río, la pendiente de la rampa para peces o de los estanques sucesivos con escotaduras laterales suele variar entre 1:20 y 1:30, pero una pendiente de 1:30 garantiza una mayor eficiencia para las especies de pez más pequeñas.



**Figura 8:** Diseño conceptual de varios dispositivos de paso técnicos: rampa para peces de máxima anchura (arriba), rampa para peces de anchura parcial (en medio) y estanques sucesivos con escotaduras verticales (abajo) (Thorncraft G. and J.H. Harris, 2000).

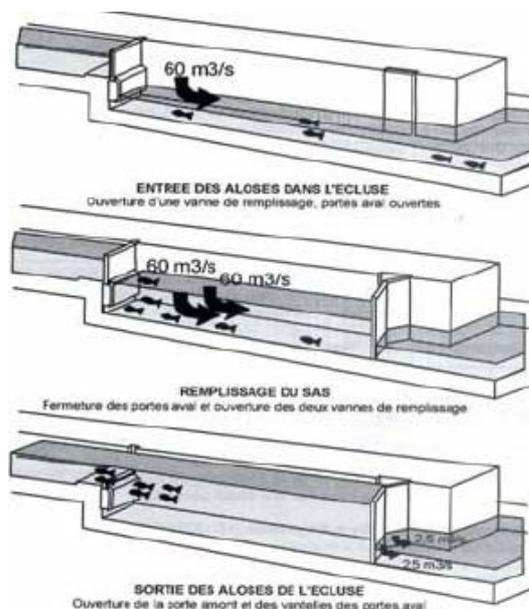
**3.b. Ascensores y esclusas para peces:** funcionan atrayendo los peces hasta un punto de entrada, de manera parecida a una rampa para peces, pero en vez de subir nadando un canal los peces son acumulados en un área en la base de cada obstáculo. Periódicamente los peces de esta área son trasladados en una cubeta con agua hasta un nivel superior, aguas arriba del obstáculo. Luego los peces deben de salir nadando fuera de la cubeta de la esclusa.

Para empujar a los peces hacia los puntos o fases de atracción y de salida del ciclo de las compuertas, se utiliza una combinación de caudales de atracción y tamices de acumulación. Este tipo de dispositivos de paso para peces son medidas especialmente interesantes por su bajo coste-efectividad para obstáculos elevados (>25m), la mayoría embalses para generación de energía hidroeléctrica.



**Figura 9:** Diseño conceptual de un ascensor para peces del tipo Hopper (arriba) y de una esclusa para peces (abajo) (Thorncraft G. and J.H. Harris, 2000).

**4. Adaptación de la gestión de compuertas o esclusas para navegación:** en algunos casos existen posibilidades alternativas de franqueo cerca del propio obstáculo, tales como la utilización de esclusas o esclusas para navegación. Estas estructuras se pueden utilizar como sistema de paso para los peces adaptando el sistema de gestión a los requerimientos de los peces. Un aspecto importante es crear un flujo de atracción suficiente para los peces a través de la esclusa de modo que encuentren fácilmente la entrada des de aguas abajo.



**Figura 10:** Visión esquemática de varias fases de funcionamiento en la gestión de una esclusa para navegación adaptada a las necesidades de migración de peces, en concreto, a la saboga (*Alosa fallax*) en el tramo inferior del río Ródano (sur de Francia). Fuente: Association Migrateurs du Rhône-Méditerranée (2007).

#### **En todos los casos: salvar la migración río abajo**

En todos los ejemplos mostrados en este apartado hace falta salvar al mismo tiempo la migración río abajo, que debe de ser incorporado desviando los peces de las turbinas, bombas, rejillas, vertederos u otras estructuras peligrosas, facilitando una ruta alternativa. Barreras físicas y comportamentales y barreras físicas –como tamicas de finos, luces, etc.- deben de ser instalados para crear esta ruta alternativa para el paso de los peces aguas abajo. Para una visión general de diferentes posibilidades, ver el anexo final.

Las soluciones para la migración en sentido descendente de los peces dependen mucho de cada caso y situación. Para facilitar su protección y una dirección correcta de los peces, se requiere información de las características hidrológicas y técnicas de la central eléctrica hidráulica: caudal diario que atraviesa la turbina, río y vertedero a través del año, el tipo de estructura del fondo, anchura y profundidad, tipos de vertedero y de turbina, luz y sonido debajo del agua, existencia de sedimento flotante o en suspensión, presencia de residuos, presencia de corrientes y patrones de velocidad debajo y sobre del vertedero o la turbina (también en situaciones extremas).

El tipo de turbina, las características hidráulicas y técnicas y las especies “bandera” elegidas, entre otros parámetros, deciden el daño y la tasa de mortalidad de los peces. En el Reino Unido, por ejemplo, se relacionan los sistemas de gestión de los peces en su migración con las licencias de pesca, con el objetivo de proteger salmónidos migratorios y otros peces, como la anguila y la lamprea.

### **3.5 Aspectos destacables en el diseño y la gestión de dispositivos de paso para peces**

Los dispositivos de paso para peces mitigan la existencia de barreras. Un dispositivo de paso efectivo está definido como:

- que transmite sucesivamente al menos el 95% de todas las especies de peces e individuos que se acercan al obstáculo, tanto en sentido río arriba como río abajo;
- que opera correctamente en al menos el 95% del rango de condiciones de caudal conocidas para cada emplazamiento.

Excepto en estructuras de alto nivel y diseños desarrollados especialmente como bombas para peces, se debe de mantener una superficie de agua libre a través del dispositivo de paso para peces, sin canchales, controles u otro tipo de estructuras sumergidas en la ruta de paso prevista para los peces.

**1. Desplazamientos río arriba:** el primer requisito para un dispositivo de paso eficaz es que los peces que procuran emigrar encuentren la entrada al dispositivo de paso y entren sin ningún retraso. El punto crítico en el diseño de dispositivos de paso para peces aguas arriba suele ser la localización de la entrada del paso para los peces y del caudal de atracción o de llamada durante el período de migración de la especie “bandera” en relación con el caudal liberado en la base de la presa. La turbulencia en el dispositivo de paso debe ser evitada. Las pozas o piscinas de descanso se deben incorporar para permitir que los peces puedan permanecer allí durante algún tiempo. Estos requisitos necesitan ser resueltos en el conjunto de los ciclos diarios y estacionales.

**2. Desplazamientos río abajo:** cuando los peces emigran río abajo deben de ser apartados del obstáculo (turbinas, bombas, rejillas, etc.) hacia la salida aguas arriba del dispositivo de paso. Las barreras comportamentales y físicas (tamices, luces, etc.) se pueden instalar para forzar una ruta alternativa para la migración en sentido descendente.

**3. Mantenimiento:** sin un mantenimiento regular ningún dispositivo de paso para peces va a funcionar correctamente, se puede llenar de residuos y obstruir, y su eficiencia va a disminuir. Como prevención, los dispositivos de paso para peces deberían disponer de un protocolo de mantenimiento regular y ser inspeccionados al menos una vez al año. También se deberían de revisar después de cada gran inundación. Los dispositivos de paso que operan mecánicamente requieren protocolos de mantenimiento específicos.

## 4. Soluciones propuestas para el Bajo Ebro

### 4.1 Presa de Flix

#### 4.1.1 Información de la central hidroeléctrica

La presa de Flix mantiene un determinado nivel de agua en el embalse de Flix. Existen 2 canales que atraviesan el núcleo urbano de Flix, que dirigen el agua hacia la central hidroeléctrica:

- El canal Este va directamente a la central;
- El canal Oeste se dirige a un canal de navegación y, desde más o menos la mitad de su recorrido, se divide y desde ahí lleva también agua a la central.



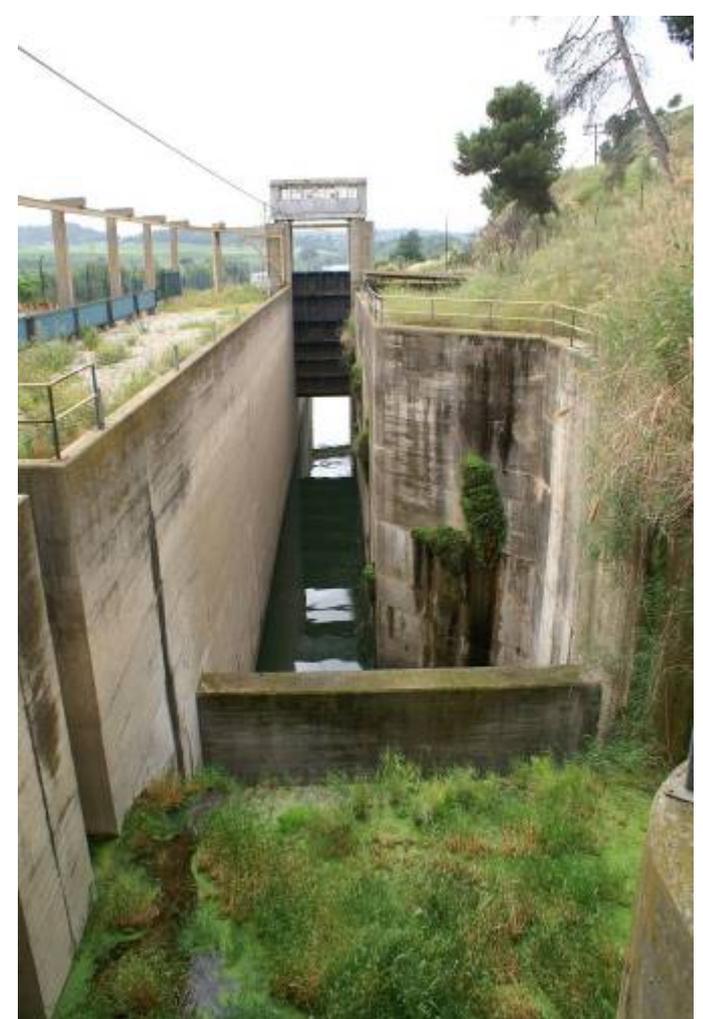
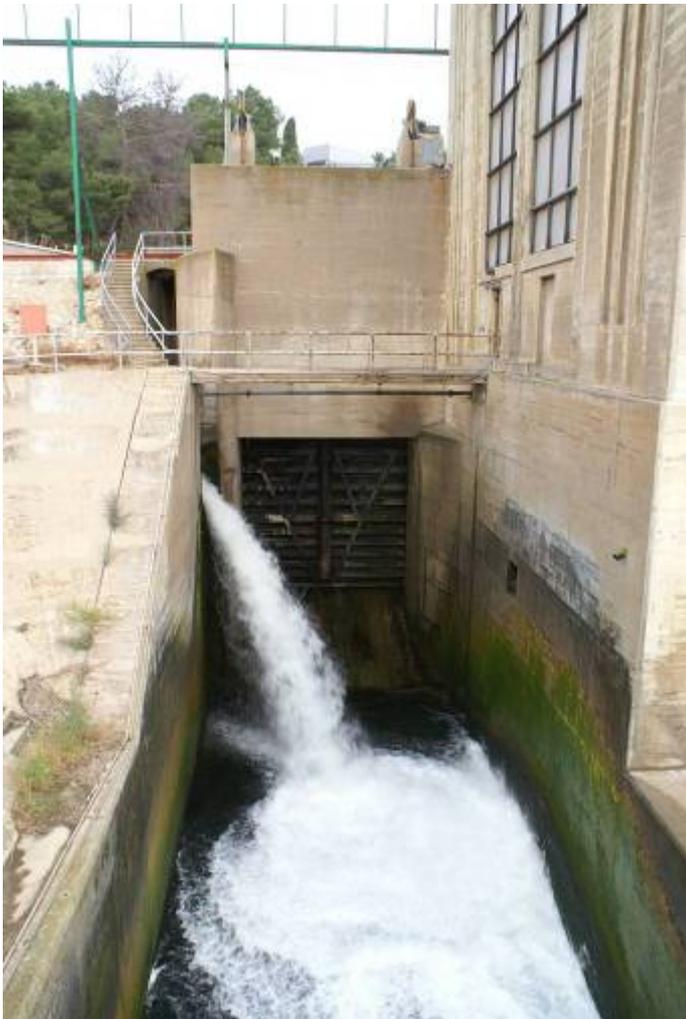
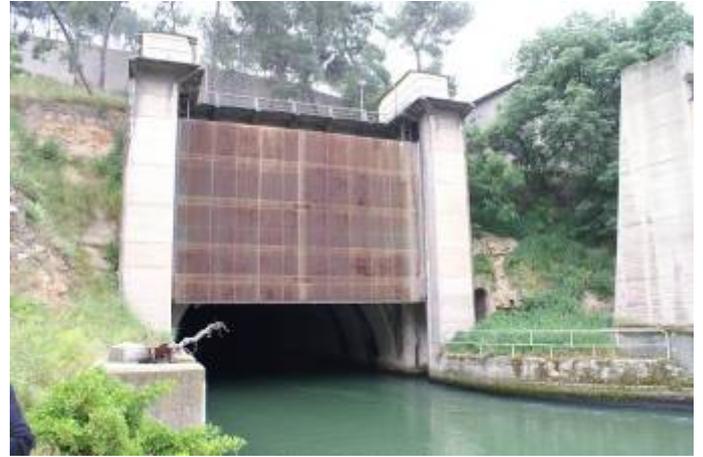
Figura 11: Central hidroeléctrica del río Ebro en Flix (Imagen de fondo: Google Earth 7/2009)

En general, se usa más el canal Este; si hay mucha agua también se utiliza el canal oeste. En la entrada desde el embalse de Flix hay esclusas grandes que se pueden cerrar (eléctricamente *in situ*).

Desde el canal Oeste de la central, por el ramal situado al este, se deja escapar agua y hay un dispositivo de paso para peces del tipo estanques sucesivos. Parece que este dispositivo de paso para peces se construyó con la central hidroeléctrica pero no está funcionando actualmente. El otro ramal del canal oeste es un canal de navegación que se sitúa al oeste de la central hidroeléctrica. Se trata de un canal preparado para subir barcazas pequeñas –los antiguos llaüts del río Ebro– aguas

arriba de la presa de Flix pero parece que no ha funcionado durante los últimos 30 o 40 años.

La central hidroeléctrica tiene relativamente pequeña capacidad, 42.500 kW. Su concesión es de 400 m<sup>3</sup>/seg.



**Figura 12:** Central hidroeléctrica del Ebro en Flix, con un dispositivo de paso para peces sin funcionar y un canal de navegación que tampoco está operativo des de hace varios decenios.

#### 4.1.2 Situación en la presa de Flix

La presa de Flix mantiene el nivel del embalse de Flix lo más alto posible para poder usar la máxima altura disponible. La presa posee 7 esclusas y una esclusa de seguridad (al lado del pueblo de Flix). Antiguamente se usaba esta esclusa de seguridad para aliviar agua cuando había alguna crecida. Ahora se pueden subir las otras esclusas y la esclusa de seguridad ya no se encuentra operativa. Para consultar los planos de la presa:

[http://servicios3.mma.es/gahla/rec\\_hid/inv\\_presas/consultas/planos.jsp?TPRESA=F LIX](http://servicios3.mma.es/gahla/rec_hid/inv_presas/consultas/planos.jsp?TPRESA=F LIX)



Figura 13: Imágenes del río Ebro en la presa de Flix

#### 4.1.3 Soluciones de mejora de la conectividad para los peces

Para resolver los problemas de migración de los peces podrían considerarse las siguientes opciones:

1. **Eliminación de la presa:** no se ve como una opción posible debido a otros intereses (productivos, etc.) existentes.
2. **Río lateral:** establecimiento de un río lateral por el margen izquierdo del río, junto a la presa, en combinación con la restauración, en curso, del meandro de Flix, con un caudal mínimo de 20-40 m<sup>3</sup>/seg. La existencia de varias infraestructuras complican en gran manera esta opción, a priori, la más ventajosa para mejorar la conectividad ecológica en este tramo de río.
3. **Soluciones técnicas:**
  - 3a. Construcción de una rampa para peces de anchura parcial en la presa de Flix, con el complemento de la circulación de un caudal significativo a través del meandro de Flix.
  - 3b. Otra posibilidad, complementaria, sería la construcción de una rampa para peces de anchura total en el canal de las esclusas de navegación, junto a la central hidroeléctrica, transformándolas exclusivamente en un dispositivo de paso para peces. Si se decide restaurar el canal de navegación para usos recreacionales, también se podría compatibilizar este uso con la existencia de la rampa para peces en la base del canal.
4. **Adaptación de la gestión de las esclusas para navegación:** una gestión del canal de navegación respetuosa con la migración de los peces. Si se decide

renovar el canal de navegación para usos recreacionales puede ser usado al mismo tiempo por embarcaciones y como dispositivo de paso para peces. La gestión asociada a la migración de los peces podría realizarse con un bajo coste económico.

Finalmente, pues, se describen tres posibles soluciones:

### **Solución 1. Rampa para peces en la presa de Flix y restauración del meandro de Flix mediante el paso de un caudal mínimo de 20-40 m<sup>3</sup>/seg**

Con esta solución de restauración mediante una rampa para peces de anchura parcial, al mismo tiempo se debería de restaurar la funcionalidad del conjunto del meandro de Flix, donde actualmente fluye muy poca agua. Ya existen algunos proyectos de restauración del meandro, del Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España y de la Agencia Catalana del Agua. Se considera muy importante que el río lleve un caudal significativo, un mínimo de 20-40 m<sup>3</sup>/seg por medio, y a lo largo de todo el año. Este caudal se distribuiría aproximadamente entre:

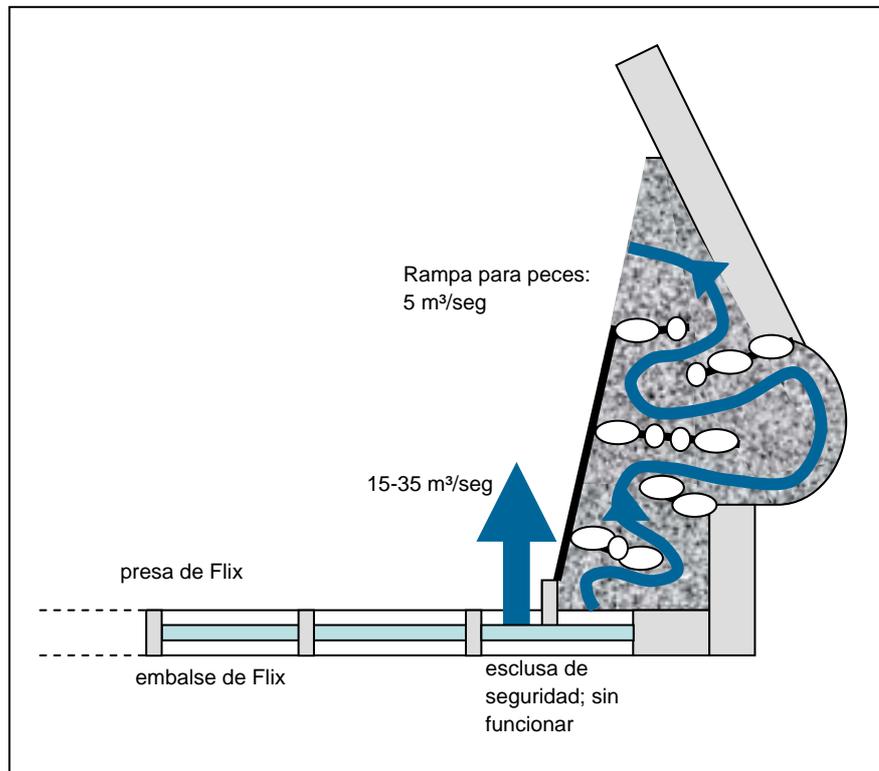
- la rampa para peces: 5 m<sup>3</sup>/seg por medio;
- vertido normal aguas abajo desde la presa del embalse, justo al lado de la rampa para peces: 15-35 m<sup>3</sup>/seg por medio.

Este caudal es necesario para asegurar que los peces no se sientan atraídos sólo por la salida del agua de la central hidroeléctrica de Flix -que expulsa entorno a 400 m<sup>3</sup>/seg- y que se sientan atraídos por otro flujo mínimamente importante. Deben de desplazarse río arriba para encontrar la rampa para peces y poder subir a través suyo hasta la superficie de la presa.

Si el caudal a través del meandro fuera demasiado reducido, inferior al indicado, los peces no serán capaces de encontrarlo.

La rampa para peces se podría construir en frente de la compuerta de seguridad, que hoy en día está siempre cerrada. En un gradiente de pendiente suave, una rampa para peces puede construirse cerca del área ribereña recientemente creada. Localizar la rampa para peces cerca del núcleo urbano de Flix es interesante en relación con aspectos de educación ambiental, participación ciudadana e intereses turísticos.

En esta esquina hay espacio suficiente para establecer un sistema de paso para peces eficiente. La rampa para peces sería una construcción estable, con una pendiente de 1:30 o inferior, construida con hormigón y bloques y cantos rodados insertados. A priori, sería eficaz para todas las especies autóctonas del tramo.



**Figura 14:** Esquema de rampa para peces propuesta para la presa de Flix (río Ebro)

En relación con la migración de los peces río abajo, hacia el mar, deberían de instalarse barreras para peces en frente de la entrada del canal que capta el agua para la central hidroeléctrica, por ejemplo luces estroboscópicas y/o pantallas comportamentales (para más detalles, consultar el anexo final).

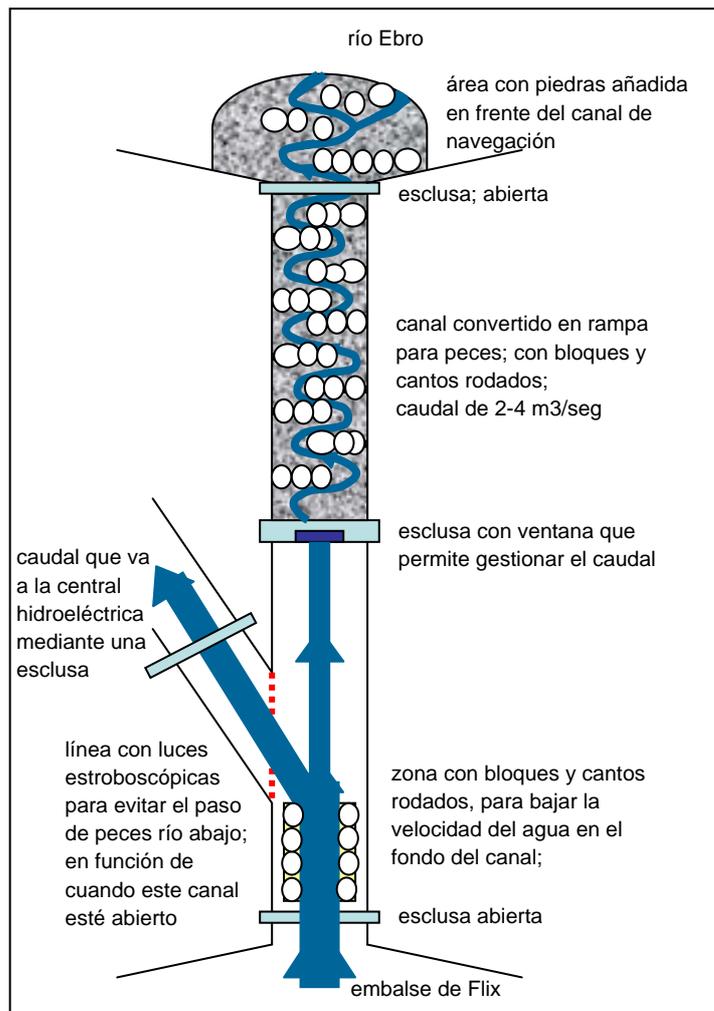
### **Solución 2. Rampa para peces de anchura total en el antiguo canal de navegación de Flix**

Esta opción propone la transformación del canal de navegación en una rampa para peces de anchura total, instalada en la base del mismo canal de navegación. Se propone reformar principalmente la parte inferior del canal insertando en su base una serie de bloques y cantos rodados. Para crear una pendiente suficientemente baja, la rampa para peces debería de continuar delante de la esclusa de navegación, adentrándose en el propio río Ebro.

Si el espacio no lo permitiera, se podría estudiar el emplazamiento en el mismo canal de un dispositivo de paso de estanques sucesivos con escotaduras verticales, aunque posiblemente resultase poco o menos eficiente que la rampa para las especies y los individuos de menor tamaño.

Sería de realización más simple si el canal de navegación no fuese a ser restaurado para la navegación recreativa, aunque posiblemente la rampa para peces también podría construirse de manera compatible con las esclusas de navegación.

Esta opción puede funcionar muy bien porque aparentemente existe el mayor punto de atracción para los peces en este tramo justo: la salida del agua de al central hidroeléctrica.



**Figura 15:** Esquema de rampa para peces de anchura total propuesta para el interior del canal de navegación de la central hidroeléctrica de Flix (río Ebro)

En relación con la migración de los peces río abajo, hacia el mar, deberían de instalarse barreras para peces en frente de la entrada del canal que capta el agua para la central hidroeléctrica, por ejemplo luces estroboscópicas y/o pantallas comportamentales (para más detalles, consultar el anexo final).

### Solución 3. Gestión del canal de navegación respetuosa para los peces

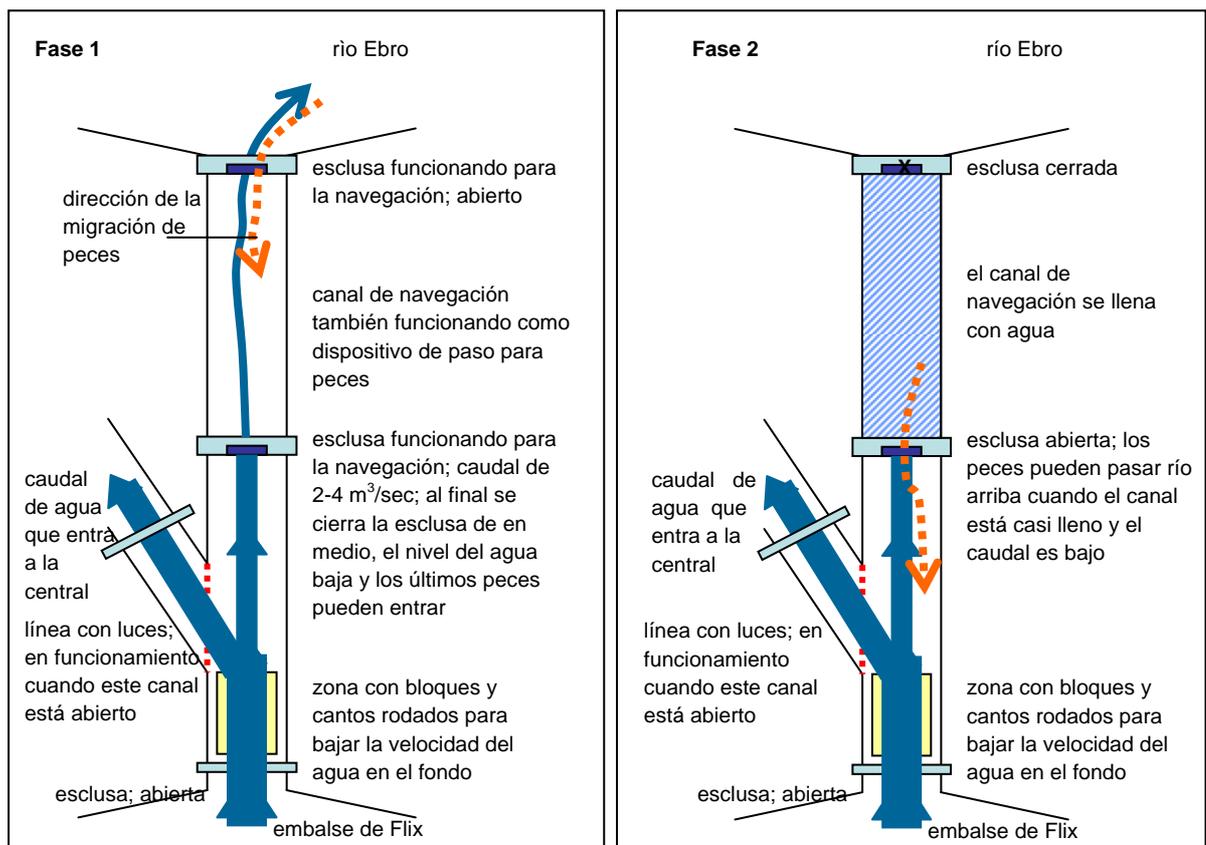
Esta opción debe de ser considerada si la esclusa para navegación va a ser reformada para uso recreacional, para el paso de pequeñas embarcaciones.

Para los peces es imprescindible que, aunque no haya embarcaciones, se active el módulo de gestión "dispositivo de paso para peces". Este módulo consiste en dos partes:

- Descarga de un cierto caudal en el río Ebro para atraer los peces;
- Cerrar la esclusa de aguas abajo, subir el nivel interior de agua, abrir la otra esclusa y dejar que los peces salgan hacia el embalse de Flix.

Esta opción puede funcionar muy bien porque aparentemente existe el mayor punto de atracción para los peces en este tramo justo: la salida del agua de al central hidroeléctrica.

La gestión de esclusas y canales de navegación de manera respetuosa para la migración los peces es un éxito en muchos sitios, como es el caso del curso principal del Ródano, en Francia, y de muchos canales de Holanda.



**Figura 16:** Esquema de propuesta de gestión del canal de navegación de Flix (río Ebro) respetuosa con la migración de los peces

En relación con la migración de los peces río abajo, hacia el mar, deberían de instalarse barreras para peces en frente de la entrada del canal que capta el agua para la central hidroeléctrica, por ejemplo luces estroboscópicas y/o pantallas comportamentales (para más detalles, consultar el anexo final).

## 4.2 Azud de Seròs, Lleida

### 4.2.1 Información del azud

El azud de Seròs está localizado en el río Segre en el centro de la ciudad de Lleida, en un área de recreo y paseo. Se trata del primer obstáculo en el río Segre desde su confluencia con el Ebro y evita, desafortunadamente, el acceso de los peces a tramos extensos con hábitats acuáticos de gran calidad.



Figura 17: Azud de Seròs, Lleida

En este azud hay dos complejos con compuertas. Son abiertas sólo ante grandes avenidas, que suceden pocas veces al año. En el pasado se construyeron 2 dispositivos de paso de estanques sucesivos con escotaduras laterales (ver la imagen derecha de al figura 17). Los dos no son funcionales porque no son accesibles por el nivel del agua existente río abajo, sus dimensiones son pequeñas, tienen demasiada pendiente y, además, no disponen de puntos de descanso para los peces.

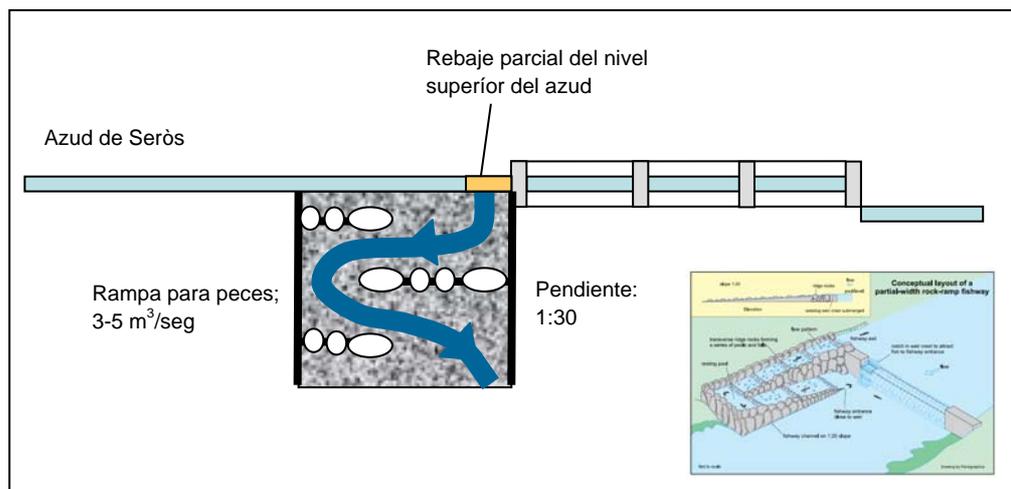
### 4.2.2 Soluciones de mejora de la conectividad para los peces

Para resolver los problemas de migración de los peces podrían considerarse las siguientes opciones:

1. **Eliminación de la presa:** no se ve como una opción posible debido a la existencia de otros intereses asociados a la gestión del agua para la irrigación y la generación de energía.
2. **Río lateral:** establecimiento de un río lateral por el margen izquierdo del río. No se considera seriamente puesto que no hay espacio disponible.
3. **Soluciones técnicas:** construcción de una rampa para peces de anchura parcial cerca de las compuertas;
4. **Adaptación de la gestión de las esclusas para navegación:** no tiene sentido en este caso.

La mejor solución en esta localidad es el desarrollo de una rampa para peces que pueda funcionar continuamente, accesible para todas las especies “bandera” y el conjunto de las autóctonas. Además existe espacio suficiente para ello.

La rampa para peces debería de situarse al lado del complejo central de compuertas, por el hecho que probablemente este posee el caudal más constante. La mejor posibilidad sería si también la rampa para peces incorporase la totalidad del caudal ambiental descrito para este tramo de río. Si esto no fuera posible, la rampa para peces debería llevara al menos unos 3-5 m<sup>3</sup>/seg.



**Figura 18:** Rampa para peces propuesta para el azud de Seròs, en el río Segre en Lleida

Otros criterios de diseño:

- La rampa para peces debe ser construida con una morfología y aspecto lo más natural posible, parecidos a los hábitat propios de este tramo de río;
- Necesita estar localizada al lado de la compuerta que abra más días a lo largo del año;
- La rampa para peces puede ser construida con bloques y cantos rodados disponibles a lo largo de este tramo fluvial; estos deben de ser fijados convenientemente;
- El pendiente de la rampa para peces debería de ser como mínimo de 1:20 y preferiblemente de 1:30 para permitir el paso de los individuos y las especies con menor capacidad natatoria.
- La entrada a la rampa para peces desde aguas abajo debería de localizarse en una poza u otro punto donde haya una cierta profundidad;



**Figura 19:** Ejemplo de rampa para peces de Austria

En relación con la migración de los peces río abajo, se deberían instalar barreras para peces en frente de la entrada del canal de Seròs, por ejemplo luces estroboscópicas y/o pantallas comportamentales (para más detalles, consultar el anexo final).

### 4.3 Presa de Riba-roja

#### 4.3.1 Información

El embalse de Riba-roja es el segundo gran obstáculo presente en la parte baja del río Ebro subiendo desde el mar. Fue construido en el año 1969 y pertenece a la compañía eléctrica ENDESA. Este embalse es una gran infraestructura que ha cambiado completamente el funcionamiento natural del río en este tramo y también del conjunto del río hasta el mar.

El embalse de Riba-roja tiene una longitud máxima de 35 km; la altura de la presa es de 70 m. Su agua se utiliza para generar energía, abastecimiento de poblaciones y riego agrícola. La central hidroeléctrica tiene una gran capacidad, 262.800 Kw, de gran importancia para el suministro energético del noreste del Estado Español. Tiene una concesión de 940 m<sup>3</sup>/seg.

Para consultar los planos de la presa:

[http://servicios3.mma.es/gahla/rec\\_hid/inv\\_presas/consultas/planos.jsp?TPRESA=RIBARROJA](http://servicios3.mma.es/gahla/rec_hid/inv_presas/consultas/planos.jsp?TPRESA=RIBARROJA)



**Figura 20:** Presa de Riba-roja (río Ebro)

Justo encima de la presa, el río Segre entra en el embalse de Riba-roja. El Segre es un afluente importante del Ebro que además contiene una gran cantidad de hábitats fluviales de gran calidad. Especies migratorias como la anguila eran muy abundantes en el conjunto de la subcuenca del Segre hasta la construcción del embalse de Riba-roja.

#### 4.3.2 Soluciones de mejora de la conectividad para los peces

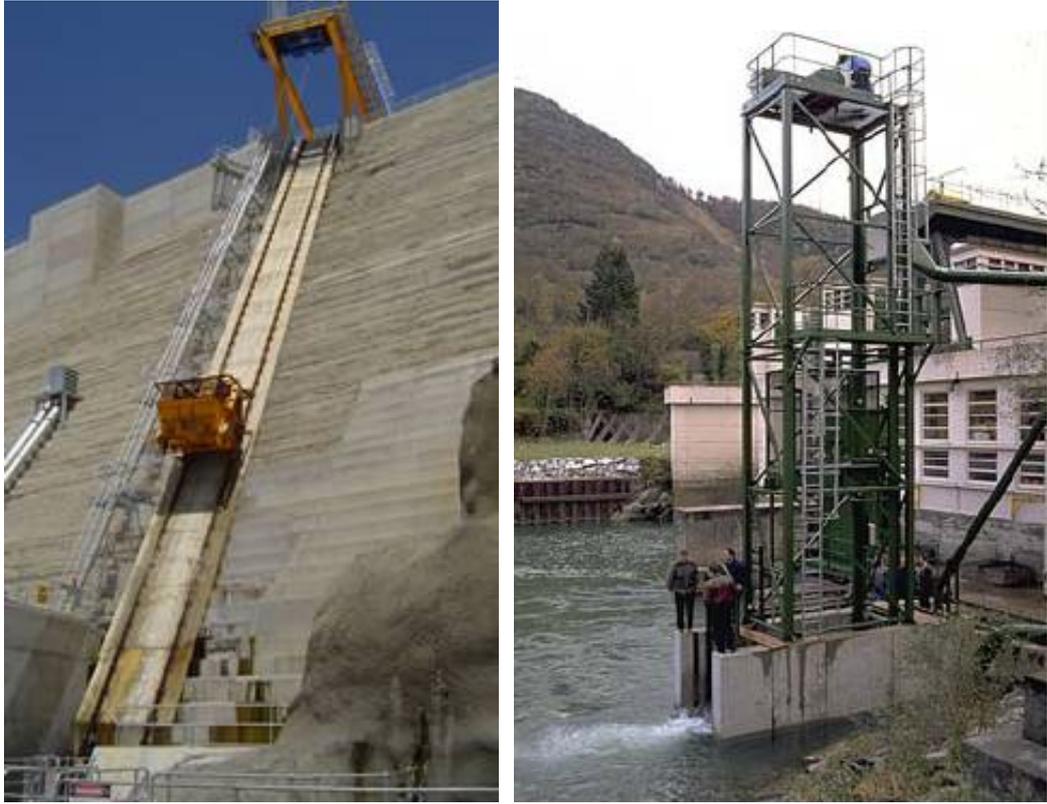
Para resolver los problemas de migración de los peces podrían considerarse las siguientes opciones:

1. **Eliminación de la presa:** no se ve como una opción posible debido a la existencia de otros intereses asociados a la gestión del agua para la generación de energía, la irrigación y el abastecimiento a poblaciones.
2. **Río lateral:** el establecimiento de un río lateral alrededor de la presa. Podría ser una buena opción plantear la construcción de un río lateral que trascurriera por el lado norte de la presa pero requeriría un caudal permanente substancial y técnicamente es un proyecto muy complejo. Por esta razón esta opción no se desarrolló demasiado durante este estudio.
3. **Soluciones técnicas:** establecimiento de esclusas para peces o ascensores para peces.
4. **Adaptación de la gestión de las esclusas para navegación:** no tiene sentido en este caso.

La mejor solución en esta localidad es el desarrollo de un ascensor para peces que funcione a lo largo de todo el año, accesible para todas las especies “bandera”. En Francia, Australia y América del Sur se ha comprobado que son los más efectivos y también coste-efectivos entre todas las soluciones posibles conocidas para mejorar la migración de peces en grandes presas. Por otro lado, cuando la altura de la presa es menor, las esclusas para peces también pueden ser una opción.

La entrada al ascensor para peces tiene que estar localizada cerca de la salida del agua de las turbinas. Probablemente es donde hay el caudal más constante y actúan como caudal de atracción o de llamada para los peces.

En relación con la migración de los peces río abajo, se deberían instalar mecanismos para, por un lado, evitar la entrada de los peces que emigran río abajo en las turbinas –cosa que les produciría la muerte inmediata o graves daños- y, por otro lado, conducir los peces hacia la entrada superior del ascensor para peces, por ejemplo luces estroboscópicas y/o otras barreras o pantallas comportamentales (para más detalles, consultar el anexo final).



**Figura 21:** Ejemplos de ascensores para peces en funcionamiento en Francia.

## 4.4 Presa de Mequinenza

### 4.4.1 Información

El embalse de Mequinenza es el tercer gran obstáculo presente en la parte baja del río Ebro subiendo desde el mar. Fue construido en el año 1966 y está gestionado por la compañía eléctrica ENDESA. Este embalse es, por supuesto, una gran infraestructura que ha cambiado el funcionamiento natural del río.

El embalse de Mequinenza tiene una longitud máxima de 100 Km.; la altura de la presa es de 121 m. Su agua se utiliza para generar energía y para el abastecimiento de poblaciones. La central hidroeléctrica es la mayor de la Cuenca del Ebro y una pieza clave para el suministro energético del noreste del Estado Español. Tiene una capacidad de 324.000 Kw y una concesión de 760 m<sup>3</sup>/seg.

Para consultar los planos de la presa:

[http://servicios3.mma.es/gahla/rec\\_hid/inv\\_presas/consultas/planos.jsp?TPRESA=MEQUINENZA](http://servicios3.mma.es/gahla/rec_hid/inv_presas/consultas/planos.jsp?TPRESA=MEQUINENZA)



**Figura 22:** Presa de Mequinenza (río Ebro)

### 4.4.2 Soluciones de mejora de la conectividad para los peces

La situación de la presa de Mequinenza es muy similar a la de Riba-roja, sólo que más alta. Por lo tanto, en esta situación también el ascensor para peces parece ser la opción preferible para mejorar la migración de los peces.

De todas maneras, cabe evaluar en una primera fase la eficiencia de las medidas implementadas aguas abajo de la presa de Mequinenza, especialmente en la de Riba-roja. Si se demuestra que permiten correctamente la migración de los peces, se propone entrar en una segunda fase para resolver la conectividad para los

peces en esta presa. Así, progresivamente, se irá permeabilizando el resto de obstáculos existentes río arriba.

O sea, primero se desarrolla el conocimiento en una localización o estructura, en este caso el embalse de Riba-roja, y así todo tipo de riesgos detectados se podrán gestionar mucho mejor.

## 4.5 Otras localidades

### 4.5.1 Azud de la central nuclear de Ascó

El azud existente para captación de agua de refrigeración de la central nuclear de Ascó, cerca de Flix, parece ser un obstáculo para la migración de los peces durante al menos algunos meses del año. Necesita ser analizado con mayor detalle aunque ya se considera que hace falta introducir algunas medidas correctoras estructurales y de gestión para mejorar su situación.

Posiblemente se podría adaptar al azud una rampa para peces de anchura parcial, que mejoraría substancialmente la franqueabilidad de este obstáculo a lo largo de todo el año.

### 4.5.2 Azud de Xerta

Es un punto muy importante en cuanto a conectividad ecológica: se trata del primer obstáculo a la migración de peces desde el mar en el Bajo Ebro. La central hidroeléctrica –de instalación reciente- está localizada al sur del azud, en el margen derecho del río; el azud continúa hacia el norte. Aunque existe una antigua escalera para peces en la parte central, que se considera infranqueable para los peces, recientemente –asociado a la nueva central- en el azud de Xerta se ha instalado un nuevo dispositivo de paso para peces. El dispositivo de paso para peces está situado en una esquina contigua de un antiguo molino. Consiste en una estructura de hormigón de unos 2 m de anchura con algunos bloques fijados (figura 23).

El CHE se ha puesto en marcha un estudio para evaluar el funcionamiento de la escala. Se evalúan si los peces llegan a usar este dispositivo de paso: qué especies, proporción de individuos de diferentes tallas y sexos y en qué períodos. En resumen, conocer la eficiencia de este dispositivo en relación a los requerimientos de la población piscícola del Bajo Ebro.

Además, como el mayor caudal de atracción para los peces está localizado en frente de la central hidroeléctrica, deberían de monitorizarse para poder comparar:

- los peces presentes en frente de las salidas de agua de las turbinas de la central hidroeléctrica y localizar los puntos exactos de concentraciones de peces;
- los peces que utilizan el dispositivo de paso actual.

Como resultado de la evaluación en marcha, se dirá para que especies de peces sirve el actual paso de peces. Tal vez hay especies que no lo encuentren, porque es pequeño, o que no pueden subir, porque es demasiado la velocidad del agua es alto.

No se descarta a priori la necesidad de mejora, ampliación y/o complementación del dispositivo actual, si se considera necesario a partir del estudio de evaluación de su eficiencia. Si el funcionamiento del dispositivo de paso actual se demuestra insuficiente, se podría instalar:

- En el azud, una rampa para peces de anchura parcial pero suficiente amplia y con un caudal significativo; y
- Algún dispositivo técnico de paso para peces cerca de la salida del agua de las turbinas.



**Figura 23:** Dispositivo de paso para peces construido recientemente en el Azud de Xerta

## 5. Conclusiones

Las principales conclusiones de este estudio de propuestas de mejora de la conectividad para los peces en la parte baja del río Ebro serían:

- **La restauración de las rutas migratorias de los peces en el Bajo Ebro es posible.** La rehabilitación de las poblaciones de peces autóctonos es realmente factible aplicando una serie de mejoras ambientales esencialmente asociadas a una mejora de la conectividad ecológica: el establecimiento de soluciones de paso para peces -que funcionen correctamente- en sólo 6 localidades.
- **La restauración de la conectividad para los peces debería de empezar con la permeabilización de los obstáculos más cercanos al mar y continuar hasta el nacimiento del río,** priorizando las actuaciones desde aguas abajo hacia aguas arriba de la cuenca del Ebro.
- **Las 6 localidades de actuación prioritaria** son, desde el tramo más cercano al mar hasta el situado más río arriba: el azud de Xerta, el azud de la Central Nuclear de Ascó, la presa de Flix, la presa de Riba-roja, el azud de Seròs y la presa Mequinenza.
- **Las especies bandera** propuestas para las acciones de restauración de la conectividad para los peces son: **anguila, saboga, blenio de río y esturión.**
- **Las soluciones preferentes para cada una de las seis localidades** son:
  - Azud de Xerta: Mejora, ampliación y/o complementación del actual dispositivo de paso para peces de estanques sucesivos con saltos, si se considera necesario, en función de los resultados del estudio de evaluación de su eficiencia.
  - Azud de la Central Nuclear de Ascó: Rampa para peces de anchura parcial, si se considera necesario a partir de la evaluación de la franqueabilidad de este obstáculo.
  - Presa de Flix:  
Dos soluciones complementarias:
    - 1a. rampa para peces de anchura parcial y restauración del meandro mediante el paso de un caudal de mínimo de 20-40 m<sup>3</sup>/seg -en caso contrario, los peces no se sentirían atraídos y no se desplazarían más allá del entorno de la salida del agua de la central hidroeléctrica de Flix;
    - 2a. rampa para peces de anchura total en el canal de navegación, que podría ser compatible con las esclusas de navegación, si se decide renovar para usos recreacionales.
  - Presa Riba-roja: Ascensor para peces.

- Azud de Seròs: Rampa para peces.
- Presa de Mequinenza:
  - Ascensor para peces. Cabe evaluar en una primera fase la eficiencia de las medidas implementadas aguas abajo de la presa de Mequinenza, especialmente en Riba-roja, y si se demuestra que permiten la migración de los peces correctamente, en una segunda fase se entraría a resolver la conectividad para los peces en esta presa, y progresivamente el resto de obstáculos presentes río arriba.

Se añaden, además, las siguientes recomendaciones:

- **Azud de Xerta: monitorizar la utilización del actual dispositivo de paso para peces y, en paralelo, localizar las concentraciones de peces en frente de la salida del agua de las turbinas.** Si el funcionamiento del dispositivo de paso actual se demuestra insuficiente, se podría instalar:
  - En el azud, una rampa para peces de anchura parcial pero suficiente amplia y con un caudal significativo; o
  - Algún dispositivo técnico de paso para peces cerca de las turbinas, donde está localizado el principal punto de atracción, por la salida del agua, que actúa de caudal de llamada.
- **Presa de Flix: evaluar los movimientos de los peces en frente de la salida del agua de las turbinas** para decidir correctamente la localización de la entrada a la rampa para peces de anchura total propuesta.
- **Meandro de Flix: desarrollar un plan integral para la restauración del meandro de Flix.** Este plan integral, que debería integrar los proyectos de restauración del meandro ya iniciados por varias administraciones, incorporaría, en paralelo con las propuestas de mejora de la conectividad para los peces, vías para la mejora de la calidad y la cantidad de agua, gestión sostenible de la pesca deportiva, la generación de energía hidroeléctrica y el desarrollo económico. El meandro de Flix se convertiría en un área interesante para el desarrollo de actividades recreativas y de turismo ecológico en la región.
- **Investigar/ evaluar regularmente las soluciones adoptadas:** es necesario investigar y evaluar si los peces llegan a usar los dispositivos de paso para peces: que especies, proporción de individuos de diferentes tallas y sexos y en que períodos. Existen varios mecanismos: conteo en continuo (sistema Vaki), discontinuo, trampeo, marcaje y recaptura, etc. En función de los resultados, se puede conocer la evolución de los stocks de peces presentes en la cuenca y capaces de emigrar río arriba y río abajo, corregir aspectos constructivos y de gestión de los dispositivos de paso para peces e incrementar progresivamente su eficiencia, a parte de obtenerse una información valiosísima para sensibilización ambiental.

## Bibliografía

*Borrador del plan hidrológico del eje del río Ebro desde el río Martín hasta su desembocadura, Versión V.1.* CHE, Noviembre de 2008.

*Consultoría y asistencia técnica para la realización del estudio de la fauna ictiológica en las aguas del Bajo Ebro.* CHE, 2005.

*Diagnóstico y gestión ambiental de embalses en el ámbito de la cuenca hidrográfica del Ebro,* CHE 1996.

*Evaluación de la efectividad de la escala de peces del azud del río Ebro en Xerta* (Tarragona), CHE. En fase de elaboración.

*Caracterización y propuestas de estudio para embalses Catalanes según la Directiva Marco del Agua;* ACA, 2003

Amstrong, G. S.; M. W. Aphrahamian, G. A. Fewings, P. J. Gough, N. A. Reader & P. V. Varallo. 2005. *Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes on the Legislation, Selection and Approval of Fish Passes in England and Wales.* Environment Agency.

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). 1998. *Sistemas de paso para peces en presas.* Ministerio de Fomento.

Doadrio, I. (Ed.). 2003. *Atlas y libro rojo de los peces de España.* ICONA y Museo de Ciencias Naturales. Madrid.

Elvira, B.; Nicola, G. G. & A. Almodóvar. 1998. *Impacto de las obras hidráulicas en la ictiofauna. Dispositivos de paso para peces en las presas de España.* Colección técnica. Organismo Autónomo de Parques Naturales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 208 pág.

Marmulla, G., & Welcome, R. (eds.). 2002. *Fish passes. Design, dimensions and monitoring.* Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) i Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturvau (DVWK). Roma. 118 pág.

Gosset, C.; M. Larinier, J. P. Porcher & F. Travade. 1993. *Passes à poissons. Expertise et conception des ouvrages de franchissement.* Conseil Supérieur de la Pêche. París. 336 pág.

Kroes, M. J.; Gough, P.; Wanningen, H.; Schollema, P. P.; Ordeix, M., & D. Veselý. 2006. *From sea to source. Practical guidance for the restoration of fish migration in European Rivers.* Projecte Interreg IIIC "Community Rivers". Hunze en Aa's Water Board. Groningen (Holanda).

Ordeix, M.; Pou, J. & Sellarès, N.. 2006. *Avaluació dels dispositius de pas per a peixos per a l'anàlisi de la connectivitat als rius de Catalunya*. Treballs preliminars a la redacció del Pla de Millora de la Connectivitat Fluvial a Catalunya. Memòria inèdita del treball realitzat en conveni entre l'Agència Catalana de l'Aigua i el CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis - Museu Industrial del Ter (Manlleu). 289 pàgs.

Roni, P. (Ed.) 2005. *Monitoring Stream and Watershed Restoration*. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, EUA. 350 pág.

Santo, M. 2005. *Dispositivos de passagem para peixes em Portugal*. Direcção-Geral dos Recursos Florestais. Editideias – Edição e Produção, Lda. Lisboa. 137 pág.

Sostoa, A. de. 1990. *Peixos*. Història Natural dels Països Catalans, 12. Enciclopèdia Catalana, SA. Barcelona. 487 pág.

Thorncraft G. & J.H. Harris. 2000. *Fish Passage and Fishways in New South Wales: a Status Report*. Centre for Fresh Water Ecology, Australia.

## Datos básicos

**Título:** *Estudio de propuestas de mejora de la conectividad para los peces en la parte baja del río Ebro*

**Fecha:** Julio de 2009

**Peticionario:** Confederación Hidrográfica del Ebro  
Paseo Sagasta, 24-28, 50071 Zaragoza  
España

Personas de contacto:

Cristina Pintor, [cpintor@chebro.es](mailto:cpintor@chebro.es)

Concha Duran, [cduran@chebro.es](mailto:cduran@chebro.es)

**Realizado por:** **CERM, Centre d'Estudis dels Rius Mediterranis – Museu Industrial del Ter**, Marc Ordeix, [marc.ordeix@mitmanlleu.org](mailto:marc.ordeix@mitmanlleu.org)

**LINKit consult**, Jeroen van Herk, [jeroen@linkitconsult.nl](mailto:jeroen@linkitconsult.nl)

**Wanningen Water Consult**, Herman Wanningen,  
[herman@wanningenwaterconsult.nl](mailto:herman@wanningenwaterconsult.nl)

## Anexo: Soluciones para la migración de los peces río abajo

Facilities for downstream migration prevent fish from entrainment in the turbine intakes, and guide them to a bypass that transports the fish downstream (Larinier *et al.*, 2002). The principle is to guide fish towards the bypass by hydraulic flow patterns, because fish tend to move with the current during downstream migrations. Different types of facilities exist. In general they concern physical or behavioral barriers. All measures can be categorized into:

1. Mechanical barriers (that exclude fish from the turbine by a mechanical barrier, e.g. wedge wire screens);
2. Behavioral barriers (that guide fish downstream using some sort of stimulus e.g. sound, light);
3. Bypasses (offer an alternative route downstream);
4. Adjusted or alternative management /other methods.

## An. 1 Barreras mecánicas

Different mechanical barriers are available (Turnpenny *et al.*, 1998a; Turnpenny & O' Keefe, 2005). Passive Wedge Wire Cylindrical screens are considered to be best method for exclusion of fish (up to 100% effectiveness). Their usage for middle European rivers is limited to 10 m<sup>3</sup>/s.

Type of screen	Application	Species
Passive mesh screen	Difficult at large abstractions	Salmonids and larger fish
Vertical/inclined bar racks	All	Salmonids and larger fish
Rotary disc screen	Rivers with a strong sweeping flow. Not for large intakes due to high surface for desired flow velocities	Salmonids and larger fish
Coanda screen	Spillway screen for new –build small upland hydro intakes (or replacement of existing spill way screens)	Salmonids and larger fish
Smolt safe™ screen	Spillway screen for new –build small upland hydro intakes (or replacement of existing spill way screens). Other types of application where sufficient head of water exists, e.g. fish farms on upland rivers.	Salmonids and larger fish
Band or drum screen	Estuarine and coastal power stations	Robust epibenthic species (e.g. flatfishes). Less suitable for pelagic species and salmon fry.
Econoscreen	Small water abstractions	-
Passive wedge wire cylinder screen (PWWC)	Wide range of smaller abstractions (few m <sup>3</sup> /s) in fresh and marine water. Not suitable for low head hydro-electric power stations.	All species and sizes of fish given suitable wire spacing.
Small aperture wedge wire panel screens	Difficult at large abstractions	All juvenile and adult of salmonids, lampreys, eel and cyprinids species.
Sub gravel intakes and wells	Small abstractions in fast flowing, eroding substrate rivers and is suitable for potable water or fish farm supply.	All species and sizes of given. May have a negative effect on the fish habitat.
Marine Life Exclusion System (MLES™)	Industrial and power plant abstractions where the flow rate is in the range of 0,04-0,1 m <sup>3</sup> /s. Maximum 50 mm head differential	Provides protection of early stages of fish.
Barrier nets	Mainly suited for large water bodies with low bio fouling and debris levels, and where fish risk is seasonal.	Salmonid smolts and adults of most species.
Modular inclined screen	Application in upland areas. Negative is the large size and high costs relative to flow.	All juvenile and adult of salmonids, lampreys, eel and cyprinids species.
Self cleaning Belt screens	Wide range of applications where a self cleaning fine mesh screen is required. The screen has been used widely in the USA for irrigation water intake.	All juvenile and adult of salmonids, lampreys, eel and cyprinids species.
Labyrinth screen	At large intakes or where space is premium and a compact screening arrangement is required.	All juvenile and adult of salmonids, lampreys, eel and cyprinids species.

## An. 2. Barreras comportamentales

Protection of fish and ability to find the location of the bypass with a behavioral barrier can only be partly ensured. The function of behavioral barriers is species specific, the protection of all fish species is therefore not possible. In Europe promising results are obtained with experiments or practical application of Louvre screens (Solomon, 1992), light (Hadderingh *et al.*, 1992; Bruijs *et al.*, 2002), acoustic deterrents (Turnpenny *et al.*, 1998b), bubbles (Turnpenny, 1998) and turbulent attraction flow (Solomon, 1992). Other behavioral technologies that are used in the USA consist of turbulent attraction flow (Coutant, 2001) and surface collectors (Lemon *et al.*, 2000).

Type of barrier	Application	Species
Louvre screen	Canalized waterways with a uniform approach flow.	Salmonids smolts and adults, adult shad.
Bubble screen	Sites where no high performance is demand. Not fast flowing and/or deep.	Salmonids, cyprinids, shad.
Electric barrier	Not suitable for marine or brackish waters.	Large fish, as relatively low and safe voltages can be used.
Acoustic barrier	High rate flow intakes (< 100% exclusion is acceptable).	Especially fish with moderate to high hearing sensitivity (e.g. shads, smelt, herring, cyprinids and bass).
Light based systems	Small hydropower intake / pumping stations	Adult eel
Turbulent attraction flow	Small hydropower intake	Smolts of salmonids
Surface collector	Large dams	Smolts of salmonids

### An. 3. Sistemas de desvío (bypass)

Besides protection of fish by using mechanical or behavioral barriers, bypass systems are necessary. For fish that migrate near the water surface it is possible to give criteria for positioning and design of bypasses in small to middle sized rivers. For larger rivers it is necessary to find step by step solutions based on experiments. For fish that migrate near the bottom several bypass systems are under development. An alternative is to catch and transport fish, especially when more hydropower stations need to be passed.

Type bypass	Description	Species
Surface bypass	Bypass situated at the most downstream point of the fish protection system, to where downstream migrating fish are guided (and gather). They are situated in the upper layer of the water column and can be integrated in existing structures, see below.	salmonids (salmon smolts and sea trout).
Bottom bypass	Bypass situated at the most downstream point of the fish protection system, to where downstream migrating fish are guided (and gather). They are situated at the bottom of the water column and can be integrated in existing structures, see below.	eel, and bottom orientated species
Bottom gallery	Once eel make contact with a physical barrier they flee upstream via the bottom, in stead of searching sideways for an alternative route. Therefore a structure placed at the bottom upstream of the physical barrier could collect eel and guide them to a bypass. In Europe a patented version exist (Bottom gallery <sup>R</sup> ).	eel, and bottom orientated species
Venturi bypass	Bypass system using the venturi principle. A flowing section is created by the main flow (Manshanden <sup>TM</sup> ) from which fish are deflected by light. Very useful for pumping stations. Can be used as surface or bottom bypass.	all
Weir	At hydropower stations that have a weir with an over fall below 10 m in height and a sufficient water depth downstream. Especially suitable at times when the flow over or under the weir is larger than through the turbines.	Weir over falls might be more suitable for salmonids and shad. Weirs that are lifted and flow underneath might be more suitable for adult eel and other bottom orientated species.
Lock	Locks that function as flow regulators of the turbine, next to the water intake, are possible bypass routes.	Especially in combination with a weir over fall they are suitable for smolts. Underflow structures can be used for eel and bottom orientated species.
Navigation lock	It is possible to use navigation locks for downstream migration, like it is for upstream migration. A good position at the water intake and attraction for downstream migrating fish is mostly not available.	All
Fish way	Fish use fish ways for downstream migration. Main problem is the attraction of fish ways for downstream migrating fish, as well as the location of the entrance (upstream). It is possible to connect the bypass half way of the fish pass and/or use the flow of the bypass as additional attraction flow for the fish pass.	All

#### **An. 4. Gestión ajustada o alternativa/otros métodos**

In some cases it is possible to use adjustment of production strategy or management in order to prevent or diminish damage of fish species. This consists of technical adaptation on the turbine or pump, technical adaptation of the spill way, e.g. water depth etc., technical improvement of screen, reduction of flow velocities towards screen by enlargement of surface, smaller spaces of bars etc, change of turbine management, adjusted management to migration period of fish species for example by a temporal reduction of the amount of flow through the turbine or flow velocity towards the screen or optimizing of the management, for example at hydro power stations with more turbines, use of turbines that cause the least damage.