

NOTA TÉCNICA

ESTUDIO DE ESCALAS DE PECES DE LAS BARRERAS TRANSVERSALES EN EL RÍO GUADAIIRA (SEVILLA)

Ricardo García Díaz¹ y David Payá Prada²

¹Dpto. Ingeniería Forestal. E. T. S. I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitari. 28040-MADRID (España). Correo electrónico: ricardo.garcia@upm.es

²Empresa IBERSILVA. Pol.Ind. Nuevo Calonge, S30 Edif. Tempa. Oficina 13. 21007-SEVILLA (España)

Resumen

La presente comunicación es un resumen del estudio realizado de las barreras transversales existentes en el río Guadaira, de la cuenca del Guadalquivir. El objetivo principal del estudio consiste en determinar el tipo de escala que se debe de construir en cada barrera. Las barreras existentes se pueden clasificar en tres tipos: azudes de captación de aguas, estaciones de medición de aforos y pasos o drenajes de caminos y carreteras, Aún siendo de pequeñas alturas, estas barreras presentan características propias que obligan a analizarlas de forma individual y diferenciada, así algunos de los azudes para molinos están declarados monumentos históricos, en el caso de las estaciones de aforos cualquier actuación debe mantener su actual funcionamiento. Los tipos de escalas proyectados son: escalas de estanques sucesivas, escalas de tipo prebarrera, ríos artificiales (by-pass), rampas de piedras, y marcos prefabricados, en aquellos azudes exentos de servidumbres legales y sin ninguna utilidad, como también en algunos drenajes de carreteras sin servicio; la actuación elegida es la demolición.

Palabras clave: *Pasos de peces, Ecohidráulica, Migración de peces*

INTRODUCCIÓN

Los principales factores de amenaza para la supervivencia de los peces fluviales de España, entre otros se debe a la construcción de presas y obstáculos de todo tipo en los cauces de los ríos (ELVIRA, 1996).

La existencia de una barrera impide los movimientos de dispersión y colonización, así como los propiamente migratorios. Como consecuencia del establecimiento de estos obstáculos se llega a producir el fraccionamiento de las poblaciones holobióticas o la pérdida de territorio fluvial de las migradores diadromas (NICOLA *et al.*, 1996).

Consecuentemente los ríos deben de ser franqueables, situación bastante improbable en la mayoría de los ríos españoles, por este motivo se debe de actuar para recuperar la franqueabilidad.

Las especies objetivo del río Guadaira (especies para las que se proyecta las escalas) son: el barbo gitano (*Barbus sclateri*) la anguila (*Anguilla anguilla*) y la boga (*Chondrostoma polylepis*).

MATERIAL Y METODO

Inventario de barreras

El trabajo realizado se ha llevado a cabo según las siguientes fases:

1. Detección de las posibles barreras. Se realizó una primera exploración del río por medio de fotografías aéreas realizando un inventario provisional de las barreras potenciales.
 2. Visita a los puntos seleccionados. Se visita cada uno de los puntos anteriormente seleccionados confirmando la existencia o no de barreras.
 3. Toma de datos “in situ” en cada barrera. Los datos más importantes que se han recogido son altura, longitud y anchura en coronación de la barrera, en el caso de que pudiera haber posibilidades de realizar la demolición se ha observado la posible repercusión de esta actuación en la vegetación de ribera y los sedimentos existentes en el vaso del embalse.
 4. Situación administrativa y jurídica. La existencia de propiedad privada u otros derechos o declaración de monumento artístico, determinan tajantemente la solución elegida en cada azud.
 5. Cálculo de caudales. A partir de los datos de las estaciones de aforos se ha estimado los valores aproximados de los caudales medios en los meses de migración (marzo, abril, mayo y junio).
 6. Selección del tipo de escala o de actuación para recuperar la franqueabilidad del río.
 7. Estimación aproximada del presupuesto.
- Realizado el inventario preliminar por medio de las fotografías aéreas y el posterior trabajo de campo para confirmar la existencia de las barreras, éstas se han clasificado de la siguiente manera.
1. Estaciones de medición de aforos. Existen dos estaciones de aforos. Las posibles solu-

ciones para estos casos pueden ser las escalas de artesas sucesivas construidas fuera de la estación o la rampa de piedras al final del canal sensible.

2. Azudes en ruinas. En total se han contabilizado cinco ruinas. En dos de ellos se propone la no actuación y en el resto solamente la intervención se limitará a la extracción de los restos y su transporte a vertedero.
3. Azudes de molinos en buen estado. En total se han contabilizado ocho azudes. Exceptuando uno de ellos en el que se propone la posibilidad de demolición, en el resto de ellos bien por motivos administrativos o bien por estar declarados monumentos, como es el caso de los molinos en el pueblo de Alcalá de Guadaira, se ha optado por las siguientes escalas: prebarreras, escalas de estanques sucesivos y río artificial.
4. Badenes y saltos de aguas naturales. Además de los pasos de tubos, existen dos badenes de carreteras (sin tubos) y un salto natural producido por un afloramiento de rocas. En este caso se ha optado por la no actuación para el salto de piedras naturales, en uno de los badenes se realizará la demolición, en los demás casos el problema se solucionara con la colocación de marcos prefabricados.
5. Caños de tubos. En total existen siete pasos de caños de tubos, en seis de ellos se proponen instalar marcos prefabricados y en el restante pequeñas actuaciones de concentración de caudal.
6. Pontones. Existe un paso compuesto de dos pontones y de tubos, en este caso se ha ele-



Figura 1. Azud en Alcalá de Guadaira



Figura 2. Estación de medición Aforos 152

gado como solución la instalación de deflectores y de rampas de piedras.

Actuaciones y tipos de escalas.

Los tipos de soluciones elegidas para cada una de las distintas barreras detectadas son las siguientes:

1. Demolición. La demolición en muchos casos, aunque no en todos, es la actuación más ecológica dado que con la eliminación de la barrera se asegura la posibilidad de que las aguas puedan ocupar periódicamente la totalidad de todo el espacio disponible y mantiene la continuidad de los flujos de agua y sedimentos (GONZÁLEZ DEL TANAGO *et al.*, 2008). En el presente estudio se realizarán dos demoliciones una en el badén de una carretera abandonada y la segunda demolición se llevará a cabo en uno de los azudes.
2. Escalas. Se han diferenciado los siguientes tipos de escalas según las clasificación más utilizada (LARINIER, 2002):
 - 2.1. Escalas de estanque sucesivos. Está compuesta de una serie de estanques dispuestos uno a continuación del siguiente con un desnivel entre los dos de 0,15 m, de tal forma que el pez pueda remontar la escala ascendiendo de estanque en estanque. Este tipo de escala es el más frecuentemente utilizado en España, llegando a alcanzar el 86,1 % del total de escalas construidas (ELVIRA *et al.* 1996).
 - 2.2. Prebarreras. Este tipo de barrera consiste en construir un número de estacques, de tal forma que todo el desnivel de la barrera quede dividido en pequeños saltos y así el pez pueda remontarlos más fácilmente.
 - 2.3. Río artificial. El río artificial consiste en reproducir un canal imitando un río tanto en su geometría e hidráulica como también en su aspecto.
 - 2.4. Rampa de piedras. Es una escala sencilla consistente en construir un plano inclinado de piedras con una pendiente inferior al 5 % para salvar la altura del salto. En la rampa se adhieren grandes piedras para aumentar la rugosidad y disminuir la velocidad.
3. Deflectores. Son elementos dispuestos a modo de pequeños espigones ubicados con

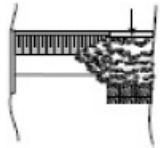
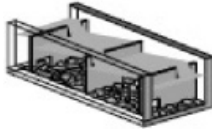

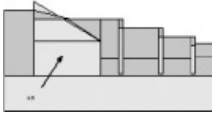

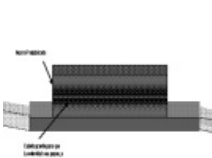
objeto de conseguir disminuir la velocidad dentro de un tubo, tajea o caño.

4. Marco prefabricado. El marco prefabricado consiste en un marco de hormigón armado de sección cuadrada y de 1 metro de lado. La instalación de los marcos se realizará para sustituir a los caños en los puntos donde éstos últimos constituyen una barrera ya sea por la elevada velocidad del agua, la oscuridad interior o continuos aterramientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La selección de cada actuación se realizó siguiendo distintos criterios dadas las diferentes circunstancias legales y/o técnicas de cada barrera (ver el cuadro resumen adjunta):

1. Si el azud no está en uso y libre de servidumbre sin presentar valor estético o ecológico, la opción elegida fue la demolición de la barrera.
2. Si el azud es de propiedad privada o posee derechos de uso; en este caso se optó por una actuación compatible con el uso actual como por ejemplo la escala de artesas sucesivas.
3. Azud declarado monumento histórico-artístico (todos los azudes de los molinos en el pueblo de Alcalá de Guadaíra están declarados monumentos histórico-artístico). Con esta situación no solo se debe de respetar el azud sino que además las actuaciones deben de ser lo menos impactante con el monumento. El tipo de escala que requiere menos obra dentro del azud es la escala de tipo "prebarreras", por este motivo este tipo de barrera se ha aplicado en dos de estos azudes, si bien la prebarrera es recomendable cuando la altura de la barrera es pequeña, por lo tanto en uno de los azudes con mayor altura se ha optado por el río artificial dado que además de presentarse la situación anterior se da la circunstancia de que el propio río ha horadado un nuevo cauce paralelo al cauce normal, lo cual induce a ser aprovechado como río artificial. En otro caso donde la barrera posee una gran altura, después de analizar detenidamente, la solución elegida ha sido el de la escala de artesas sucesivas.

TIPO DE ACTUACIÓN	<i>Características</i>	<i>Indicaciones</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Esquemas</i>
DEMOLICIÓN	Consiste en la eliminación de la barrera total o parcialmente	- En barreras sin ninguna utilidad y exenta de servidumbres.	- Solución generalmente más ecológica.	
ESTRUCTURAS	RAMPA RUSTICA	Consiste en un plano inclinado con lecho de bolos de piedra para crear mucha rugosidad	- Desniveles pequeños. - Barreras con pequeñas variaciones de nivel	- Integrada en el paisaje asemejándose a rápidos. 
	ESCALA DE ESTANQUES SUCESIVOS	Sucesión de pequeños estanques.	Aplicación hasta la altura máxima de 10 m.	- Muy eficaz por estar muy estudiada. - la más recomendable para medianas alturas. - Apta para caudales variados 
	BY PASS. (RÍO ARTIFICIAL)	Canalización con pequeños saltos creando en apariencia un río	- Desniveles medios. - Barreras con pequeñas variaciones de nivel de aguas.	- Respeta la obra de la presa. - Es la que mas se asemeja a la naturaleza. 
	PREBARRERAS	Sucesión de muros formando estanques.	- Desniveles pequeños. - Barreras con poco desnivel de aguas.	- Respeta la obra de la presa. - Posibilidad de descanso de los peces en los estanques. 
	DEFLECTORES	Consiste en pequeños tabiques (deflectores) situados transversal u oblicuamente en la conducción.	- En drenajes o soleras donde la velocidad es muy grande.	- Económico dado que respeta el drenaje existente 
MARCO PREFABRICADO	Es un drenaje de sección cuadrada de hormigón armado.	- En drenajes o pasos de agua para sustituir tubos. - aguas arriba y aguas abajo debe de estar el curso de agua remansado.	- Es franqueable para caudales muy variados. - no requiere de calculo cuando se cumplen la condición de existencia de remansos 	

Cuadro 1. Resumen de los tipos de escalas y accesos de peces

4. En las estaciones de aforos, por la propia finalidad de las mismas, cualquier actuación no podrá incidir en ningún grado en la sección de medición, por lo tanto las medidas que se adopten deberán de proyectarse fuera de la estación. En el río Guadaira existen dos estaciones de aforos, cuyos códigos son 57 y 132: En la primera de ellas no es posible realizar una derivación fuera de la escala, por lo tanto la solución elegida es la construcción de una rampa de piedras en el salto existen-

te al final del canal sensible. Para la estación 132 se intentará realizar una derivación fuera de la estación por medio de una escala de artesas sucesivas.

5. Como los badenes y tubos son estructuras de pequeñas dimensiones y prestan una función muy determinada. no han presentado circunstancias particularmente complicadas. Las soluciones elegidas fueron la demolición, el marco prefabricado y la incorporación de deflectores.

TIPO DE BARRERA	SITUACIÓN JURÍDICA ADMINISTRATIVA /	CONDICIONES	ACTUACIÓN	COMENTARIOS
ESTACIÓN DE AFOROS	ESTRUCTURA ESPECIAL PARA LA MEDICIÓN DE CAUDALES	- ninguna alteración en la sección de aforos - posibilidad de realizar rampa de piedras al final del canal sensible	RAMPA DE PIEDRAS.	Si bien se resuelve el problema del salto al final del canal, dentro de este puede ser la velocidad muy alta
	PROPIEDAD DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA.	- ninguna alteración en la sección de aforos. - posibilidad de realizar derivación	ESCALA DE ARTESAS.	Solo es posible cuando hay posibilidad de derivar un pequeño caudal, también se debe de aforar este caudal desviado
AZUD	SIN DERECHO DE USO U OTRO TIPO DERECHO		DEMOLICIÓN	La demolición es total
	CON DERECHOS DE USO. ALTURA GRANDE (> 3 M)	- Debe de mantener su utilización.	ESCALA DE ARTESAS.	La escala está adosada en un margen.
	MONUMENTO HISTÓRICO ARTÍSTICO	- Menor impacto posible - Altura grande (> 2 m).	ESCALA DE ARTESAS.	La escala está adosada en un margen.
		- Menor impacto posible - Existencia de canal natural	“BY PASS”. RÍO ARTIFICIAL	Es la solución más naturalizada.
		- Menor impacto posible - Altura pequeña (< 1 m)	PREBARRERA.	Es la escala con menor impacto dentro del azud.
		- Menor impacto posible - Altura pequeña (< 1,5 m)	PREBARRERA.	
BADÉN	CAMINO O CARRETERA SIN USO		DEMOLICIÓN.	
TUBOS		- Tubos en una o varias filas - Existencia de remansos o posibilidad de realizarlos aguas arriba y aguas abajo	TUBO PREFABRICADO	
PONTÓN		- plataforma del ponton ancha y velocidades grandes - salto a la salida	DEFLECTORES	

Cuadro 2 Cuadro de las características de las barreras y las escalas seleccionadas en el río Guadaira

CONCLUSIONES

La demolición de barreras transversales en el río Guadaira es solo factible en dos barreras. Por el contrario en el resto de las mismas existen impedimentos jurídicos o administrativos en el mayor de los casos por ser monumentos históricos o bien por mantener su uso u otro tipo de limitación jurídica.

Todas las barreras existentes en el río Guadaira son de pequeña altura y entidad lo cual facilita la diseño y realización de distintos tipos de escalas, la elección de uno u otro tipo ha seguido distintos criterios; en los casos de los azudes declarados monumentos (prebarrera) ha primado el tipo de barrera menos impactante con el monumento (escala de prebarrera), en otros casos se ha optado por asegurar la eficacia (escalas de artesas) o la integración ecológica y paisajística (ríos artificiales).

En las barreras consistentes en estaciones de medición de aforos, cualquier actuación que se lleva a cabo, necesariamente debe de respetar la sección de control para la que fueron diseñadas, las soluciones en las dos casos estudiados son: para la estación 57 una rampa de piedras para eliminar el salto de agua al final del canal sensible y en la 132 una conducción derivada en la cual se instalará una escala de artesas sucesivas.

En el caso de tubos o badenes en caminos y carreteras, la mejor y más frecuentemente solución aplicada es la del marco prefabricado.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido financiado por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

del Ministerio del Medio Ambiente. Los autores desean expresar su agradecimiento a Javier Serrano Aguilar y a Miguel Ángel Fernández por su interés y confianza en la realización del estudio. Así como a los técnicos de la delegación de Andalucía occidental y Extremadura de la empresa Ibersilva por su entusiasmo en la elaboración del estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- LARINIER, M.; 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Chapter 5 pool fishways, prebarrages and natural bypass channels. Bulletin Français de la pêche et de la Pisciculture* 364: 51-82.
- NICOLA, G.G.; ELVIRA, B. & ALMODÓVAR, A.; 1996. Dams and fish passage facilities in the large rivers of Spain: effects on migratory species. *Archive für Hydrobiologie* 113 (10): 375-379.
- ELVIRA, B.; 1996. Endangered freshwater fish of Spain. conservation of Endangered Freshwater Fish. *In: A. Kirchhofer & D. Hefli (eds), Europe: 55-61. Birkhäuser Verlag. Base.*
- ELVIRA, B.; NICOLA, G.G. & ALMODÓVAR, A.; 1996. *Impacto de las obras hidráulicas en la ictiofauna. Dispositivos de pasos para peces en las presas de España.* Organismos Autónomos Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente). Madrid.
- GONZALEZ DEL TANAGO, M.; GARCÍA DE JALÓN, D.; 2008. *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos.* Centro de publicaciones Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.