

# **EFFECTOS DE LOS AZUDES SOBRE LAS POBLACIONES DE SALMÓN ATLÁNTICO**

A. SERDIO, C. GARCÍA DE LEÁNIZ Y S. CONSUEGRA

## **RESUMEN**

La presencia de obstáculos artificiales es uno de los factores que condicionan en mayor medida la distribución del salmón atlántico en la Península Ibérica. La presencia de un obstáculo conlleva siempre una reducción de la supervivencia de las especies de peces migradores debido a numerosas causas. En el presente trabajo se analiza la incidencia de las presas y azudes sobre las poblaciones de salmón en Cantabria y los efectos que han tenido sobre las mismas. La presencia de un obstáculo aumenta la facilidad de captura aguas abajo del mismo, lo que supone un serio riesgo de sobre-explotación. Además el paso obligado por los azudes y los retrasos y retenciones de peces que ocasionan facilita la depredación por parte de especies oportunistas. Otro de los efectos observados es que el hacinamiento de peces causado por los obstáculos aumenta considerablemente el riesgo de aparición y contagio de parásitos y enfermedades infecciosas. El aumento del área accesible es una de las medidas de mayor éxito en la recuperación de poblaciones de salmón. En este sentido se está desarrollando en Cantabria un Programa de Aumento de la Accesibilidad para los Peces Migradores, con cuatro líneas de actuación: la inventariación de todos los obstáculos existentes en las cuencas salmoneras de Cantabria, la identificación de los obstáculos limitantes y el diseño de la solución más viable a adoptar en cada caso, el diseño y construcción de dispositivos eficaces tanto de ascenso como de descenso y la habilitación de dispositivos de conteo, captura y control de los ejemplares adultos.

# **SOME EFFECTS OF ARTIFICIAL OBSTACLES ON THE ATLANTIC SALMON POPULATIONS OF CANTABRIA**

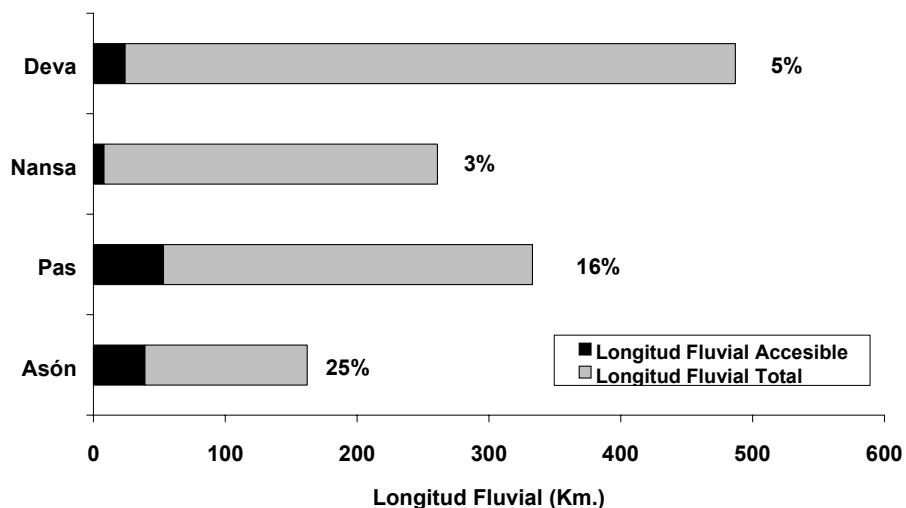
A. SERDIO, C. GARCÍA DE LEÁNIZ & S. CONSUEGRA

## **SUMMARY**

Artificial obstacles constitute one of the main factors that limit the distribution of Atlantic salmon and other migratory fish species in the Iberian Peninsula. The existence of dams and weirs often results, both directly and indirectly, in a reduction in the survival of migratory fish. Here we analyse the origin, distribution and density of artificial obstacles in Cantabrian salmon rivers, and assess some of their effects on the native salmon populations. Our findings indicate that the presence of even relatively small weirs can greatly increase the vulnerability of adult salmon to anglers, and that this can lead to over-exploitation. Weirs can also alter the natural pattern and timing of upstream and downstream movements, causing delays and increasing the effects of predation by opportunistic species, especially at low flows. Finally, weirs and other obstacles may lead to crowding of adults at pools downstream, thereby increasing the spread of parasites and infectious diseases, as well as the scope for catastrophic mass mortalities. Not surprisingly, increasing the river area accessible to migratory fish represents one of the most successful ways to restore depleted salmon populations. In this context, we started a Program in 1997, to increase river accessibility for migratory fish in Cantabrian rivers and streams. The Program is based on four sequential lines of action: (1) surveying of all artificial obstacles in potential salmon streams, (2) identifying of the most limiting obstacles, (3) designing of the most viable solutions for each case, and (4) demolishing unused weirs and constructing effective fishways, for both upstream and downstream passage. Since 1997, six new fishways have been designed, five unused weirs have been demolished, one new fishway has been constructed, and another fishway is under construction.

## 1. INTRODUCCIÓN

La reducción progresiva del área fluvial accesible debido a la presencia de obstáculos se considera como una de las causas más determinantes de la progresiva reducción de la distribución y abundancia de las poblaciones de salmón atlántico (MILLS, 1989; SHEARER, 1992). En el caso de Cantabria, uno de los factores que condicionan en mayor medida la distribución del salmón lo constituye la presencia de obstáculos artificiales. Actualmente, el salmón sólo tiene acceso a un 24% de la longitud fluvial de la cuenca del Asón, a un 16% de la del Pas-Pisueña, a un 5% de la del Deva, y a un 3% de la del Deva, y a un 3% de la cuenca del río Nansa (FIGURA 1).



**FIGURA 1.** Accesibilidad para el salmón en las cuencas salmoneras de Cantabria. **FIGURE 1.** Salmon accessibility (%) in Cantabria salmon rivers.

Particularmente grave es el caso del río Nansa, donde actualmente solo son accesibles 16 kilómetros del curso principal. La puesta en funcionamiento de grandes presas hidroeléctricas en 1950, trajo como consecuencia que la accesibilidad para los peces migradores se redujera drásticamente, imposibilitando el acceso de los salmones a sus áreas de freza y alevinaje tradicionales.

## 2. OBSTÁCULOS EN LA MIGRACIÓN DE LOS PECES

Por obstáculo entendemos cualquier estructura o situación que dificulta, retrasa o impide de manera temporal o definitiva el libre movimiento de los peces por el río. De manera general asociamos siempre el nombre de obstáculo con presas o azudes, ya que son éstos los más numerosos, aunque existen obstáculos de otro tipo (sumideros o tramos secos, tuberías, hormigonados del cauce, canales de derivación...).

La franqueabilidad de un obstáculo depende de numerosos factores, principalmente de las condiciones hidrodinámicas y de la capacidad natatoria de los peces. Las condiciones hidrodinámicas al pie del obstáculo vienen condicionadas por la altura de las láminas de agua, el caudal, la turbulencia, etc.

La velocidad de natación de las especies piscícolas migradoras depende fundamentalmente de cuatro parámetros, la especie de que se trate, la temperatura del agua (a menor temperatura menor capacidad natatoria), su tamaño (a mayor tamaño mayor capacidad) y la duración del esfuerzo (a mayor duración del esfuerzo menor velocidad de natación). Dependiendo de la duración del esfuerzo se definen generalmente tres velocidades de natación :

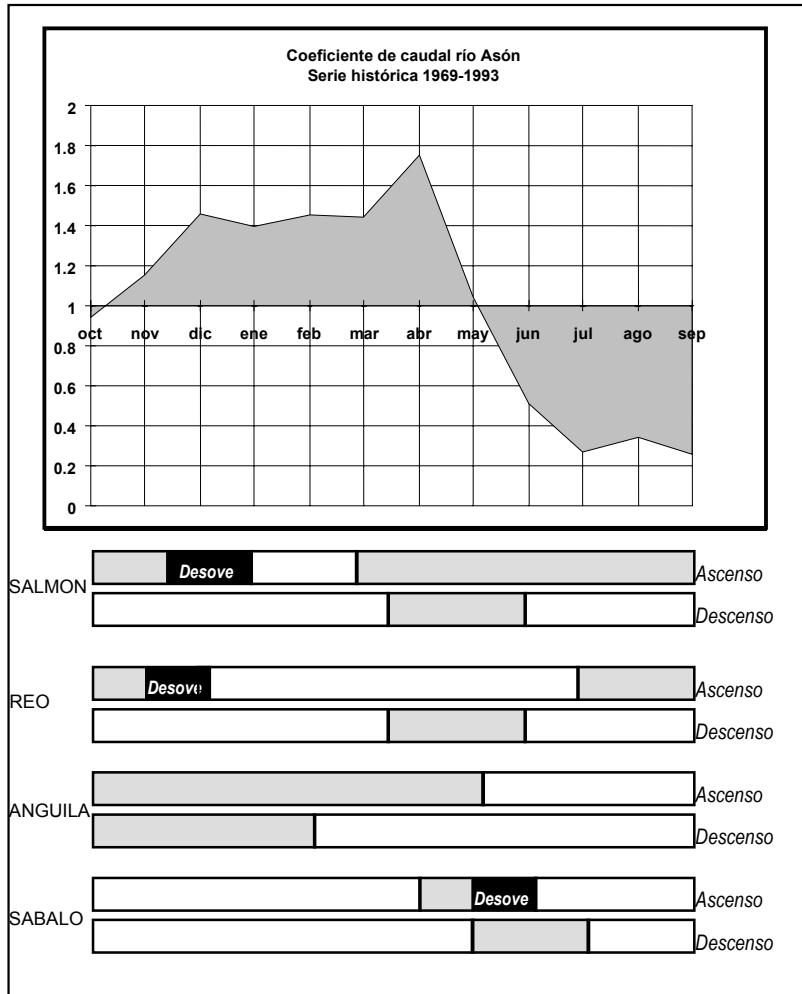
- **Velocidad máxima** se define como la que puede desarrollar el pez durante un breve espacio de tiempo, normalmente durante 1 segundo. Representa, por tanto, el umbral máximo de natación que sólo puede desarrollarse con un grandísimo esfuerzo.
- **Velocidad sostenida** es la que puede desarrollar el pez durante un período de unos pocos minutos, normalmente de unos 15 min. Representa también un valor extremo, que agota rápidamente las reservas energéticas de la especie.
- **Velocidad de crucero** es la que puede desarrollar la especie sin agotarse rápidamente y puede mantener durante cierto tiempo; se define normalmente durante un período de unas 10 horas. Se trata, por esta razón, de la velocidad de mayor interés a la hora de considerar el franqueo de un obstáculo, donde la aproximación, el ascenso y la salida pueden llevar cierto tiempo.

De las especies migradoras presentes en Cantabria, el salmón atlántico y la trucha común presentan la mayor capacidad natatoria durante el ascenso, seguido de los sábalos y las anguilas, que sólo pueden nadar contra corrientes moderadas, del orden de 0.6 a 0.9 m/s (TABLA 1).

	Longitud (cm) <i>Lenght (cm)</i>	Velocidad (m/s) <i>Swimming speed (m/s)</i>			Salto máximo (cm) <i>Head loss per pool (cm)</i>
		Máxima (1 seg)	Sostenida (15 min)	Crucero (10 h)	
Salmón <i>Salmon</i>	60-85	7.0	3.6	2.6	30-60
Trucha <i>Brown trout</i>	40-70	5.1	2.6	1.9	30-45
Sábalo <i>Shad</i>	30-40	4.0	2.4	1.2	20-30
Anguila <i>Eel</i>	10-15	1.5	--	--	--
Angula <i>Glass eel</i>	7-10	0.9	--	--	--

**TABLA 1.** Velocidades de natación y salto máximo recomendado para los peces migradores de Cantabria (adaptado de CLAY, 1995). **TABLE 1.** *Swimming speeds and head loss per pool recommended for migrating fish present in Cantabria (adapted from CLAY, 1995).*

Los movimientos migratorios de los peces coinciden con épocas críticas en sus ciclos biológicos (FIGURA 2) en las que cualquier alteración que aumente su estrés puede imposibilitar que los salmones alcancen su objetivo, como son las zonas de freza en el caso de la migración reproductiva. Además los esfuerzos que se realizan durante esta migración son acumulativos, por lo que cualquier obstáculo, por pequeño que sea, disminuye las probabilidades de que el pez desove con éxito. Debido a esto numerosos autores consideran un obstáculo cualquier barrera existente en el cauce con un altura igual o superior a 1 pie, es decir 30.5 cm (COMMITTEE ON FISH PASSES, 1942).



**FIGURA 2.** Coeficientes de caudal mensuales y períodos de migración de las principales especies piscícolas del río Asón. **FIGURE 2.** Flow coefficients and migration periods of main fish of the R. Asón.

Tan importante como la migración de ascenso la constituye la migración de descenso, en el caso del salmón, la migración de los esguines hacia el mar. Numerosas estructuras pueden considerarse así mismo un obstáculo en esta migración, tanto si ya constituyen un obstáculo en la migración de descenso como si no, y deben ser tenidas en cuenta.

### **3. EFECTOS DE LOS AZUDES SOBRE LOS SALMONES**

De manera general la presencia de un obstáculo trae consigo siempre una disminución de la supervivencia de las especies migradoras debido a una o varias de las siguientes causas:

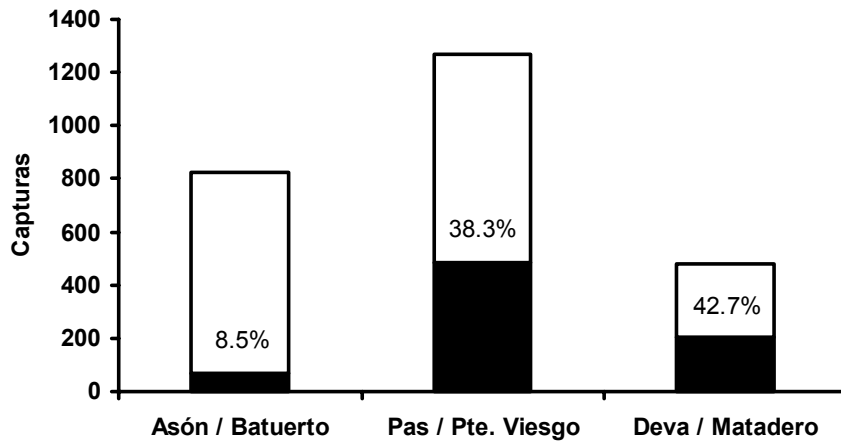
- Disminuye la calidad y extensión de las zonas de freza usadas por la especie.
- Aumenta la competición intraespecífica entre los alevines y por tanto eleva la mortalidad en los estados juveniles.
- Aumenta la facilidad de captura en las pesquerías y por tanto el riesgo de sobre-explotación del stock.
- Aumenta la tasa de depredación por parte de especies oportunistas lo que se traduce en una mayor mortalidad natural.
- Aumenta el riesgo de aparición y contagio de parásitos y enfermedades infecciosas.
- Altera las pautas de migración y por tanto la sincronización óptima del descenso al mar de los esguines y la reproducción de los adultos.

Desarrollaremos a continuación la incidencia de las presas y azudes sobre las poblaciones de salmón atlántico de Cantabria, analizando alguno de estos efectos.

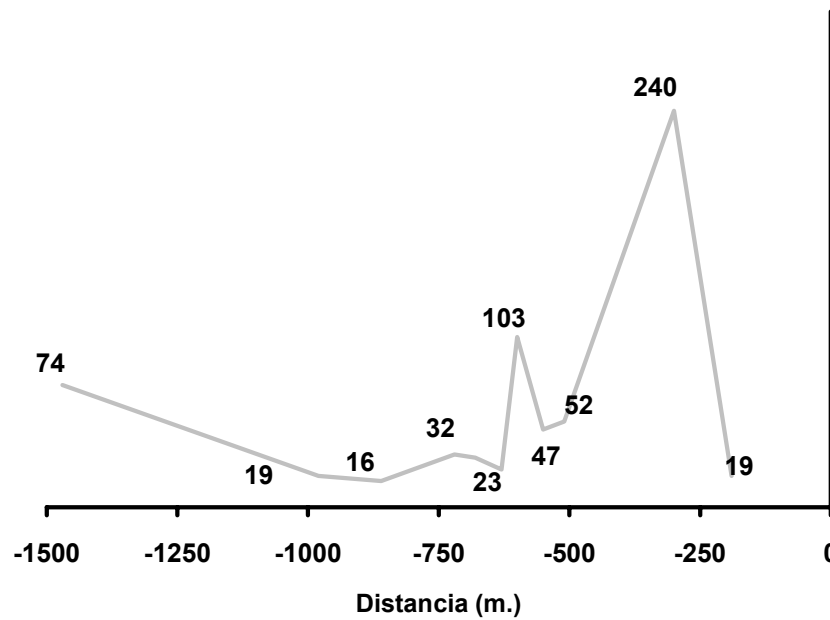
#### **3.1. Sobre-explotación**

La facilidad de captura es mayor aguas abajo de las presas y azudes, lo que se traduce en un riesgo de sobre-explotación de las especies migradoras, en particular del salmón. Llama la atención en este sentido que la mayoría de los lugares de pesca considerados tradicionalmente los mejores por los pescadores se encuentran situados inmediatamente aguas abajo de un obstáculo. Ejemplos de este tipo en Cantabria los tenemos en los cotos salmoneros de Matadero en el Deva, donde se capturan el 42.7% de los salmones, si bien el obstáculo es natural; en el coto de Puente Viesgo en el Pas, con un 38.3% de las capturas y, en menor medida en el coto de Batuerto en el Asón, con un 8.5% de las capturas (FIGURA 3).

El caso de Puente Viesgo en el Pas es especialmente grave, pues la sobre-explotación es patente y asumida además por la Administración y los pescadores (FIGURA 4). Pese a que el obstáculo dispone de un antiguo paso para peces, este permanece cerrado desde que comienza la temporada de pesca, con el fin de impedir el ascenso de los adultos, lo que facilita su concentración aguas abajo en el coto salmonero.



**FIGURA 3.** Porcentaje de capturas en el área de influencia del principal ostáculo para tres ríos de Cantabria (1990-2000). **FIGURE 3.** Percentage of catches in the influence area of the main obstacle in three Cantabria rivers (1990-2000).



**FIGURA 4.** Distancia de las capturas al obstáculo infranqueable en el coto de Puente Viesgo, río Pas (1988-2000). **FIGURE 4.** Distance from catches to the limiting obstacle in Puente Viesgo, river Pas (1988-2000).

### 3.2. Aumento de la tasa de depredación

El paso obligado por los azudes y los retrasos y retenciones de peces que éstos ocasionan, facilita la depredación de especies oportunistas durante los periodos migratorios, lo que se traduce nuevamente en una mayor mortalidad. En el río Asón, que mantiene una importante población invernante de Cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*), se ha comprobado la preferencia de los cormoranes a la hora de seleccionar lugares de alimentación, por las áreas de influencia de los azudes (FIGURA 5).

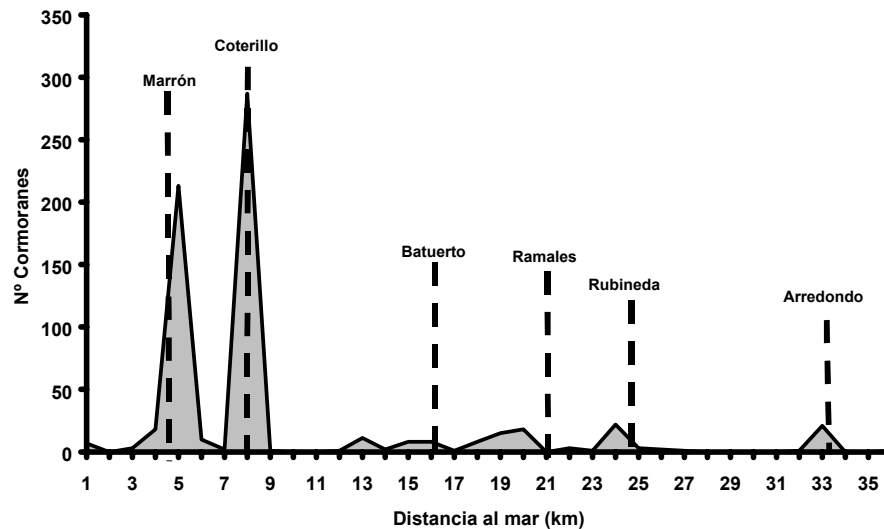


FIGURA 5. Avistamientos de cormoranes y principales obstáculos artificiales en el río Asón. **FIGURE 5.** Cormorant observations and main artificial obstacles location in the river Asón.

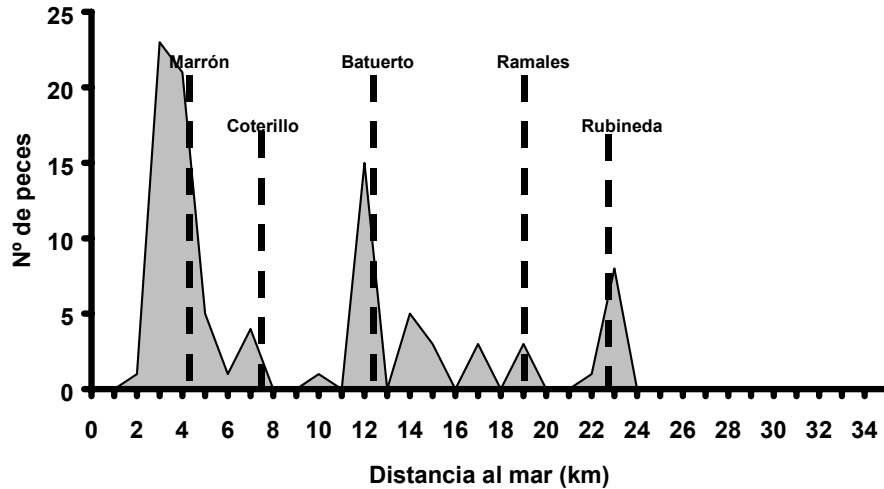
En el caso del río Asón, la presencia de cormoranes se haya fuertemente condicionada por la presencia de obstáculos, con más del 90% de avistamientos localizados en estas zonas. Es precisamente en la cercanía de los obstáculos donde la captura de peces es más fácil para el depredador, sobre todo si como en este caso se trata de un depredador oportunista.

### 3.3. Aparición y contagio de enfermedades infecciosas

El hacinamiento de peces causado por la presencia de azudes aumenta considerablemente el riesgo de aparición y contagio de parásitos y enfermedades infecciosas. Además también constituye un serio riesgo al intensificar el alcance y magnitud de eventos catastróficos localizados (por ejemplo contaminación o sequías), que afectan a la mayor parte de la población piscícola si ésta se encuentra espacialmente confinada.



Durante los episodios de mortalidad de salmones adultos que se produjeron en el río Asón durante 1996, se pudo comprobar que la inmensa mayoría de los ejemplares encontrados se localizaban en el área de influencia de los principales obstáculos artificiales del río, especialmente aguas abajo de los mismos (FIGURA 6).



**FIGURA 6.** Localización de salmones adultos muertos durante 1996 y situación de los principales obstáculos artificiales en el río Asón. **FIGURE 6.** Location of salmon carcasses during 1996 and main obstacles in the river Asón.

### 3.3. Otros efectos

La presencia de azudes produce una colmatación por finos que disminuye la calidad y extensión de los frezaderos usados por los reproductores anádromos, y por tanto la supervivencia de sus huevos y embriones.

Además los azudes alteran o retrasan la sincronización óptima de las pautas migratorias, tanto del ascenso río arriba y reproducción de los adultos como del momento de bajada al mar de los juveniles. Este efecto se ve agravado en épocas de acusado estiaje, como el que se produjo en el río Asón en la primavera de 1997, durante la cual la migración de los esguines se vió seriamente comprometida. En ese momento se hubo de proceder a rebajar el perfil de algunos de los azudes para evitar las concentraciones de esguines que se producían aguas arriba de los mismos. Así mismo se procedió al cierre durante algunas horas de las dos centrales hidroeléctricas del río para evitar la entrada de los juveniles a los canales de derivación de las mismas.

## 4. PROGRAMA DE AUMENTO DE LA ACCESIBILIDAD PARA EL SALMÓN ATLÁNTICO EN CANTABRIA

Entre las varias medidas de mejora ensayadas en la recuperación de poblaciones de salmón, el aumento de la accesibilidad ha demostrado ser una de las de mayor éxito. Tal aumento de accesibilidad puede lograrse bien mediante la construcción de dispositivos eficaces de franqueo de adultos y bajada de esguines, o bien de manera más eficaz y considerablemente más barata, mediante el derribo de azudes fuera de uso. En ambos casos los objetivos que se persiguen son:

- Ampliar el área accesible, y por tanto el área colonizable.
- Mejorar el acceso a los frezaderos de mayor calidad situados en las cabeceras.
- Mejorar la migración de los esguines hacia el mar, que resulta dificultosa en períodos de sequía y que supone una causa importante de mortalidad.
- Habilitar dispositivos que permitan el conteo, captura y control de los ejemplares adultos con vistas a la obtención de reproductores y a la determinación del tamaño de las poblaciones.

La pérdida de accesibilidad se debe enteramente a factores antrópicos (construcción de azudes sin escalas, escalas derruidas que no se han reparado, excesivas captaciones de caudal), y ha resultado progresivamente mayor a partir de comienzos del siglo XX, y más recientemente a partir de los años 70, coincidiendo con el mayor desarrollo urbano de las cuencas. Así muchos azudes que antes eran fácilmente franqueables por la especie, hoy en día sólo son remontables en condiciones muy favorables de caudal, lo que obliga a los salmones a desovar en los tramos bajos, donde existe menor número de frezaderos y la calidad del agua es menor.

Dentro del Plan de Estudio y Mejora del Salmón Atlántico en Cantabria que desarrolla la Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca desde el Centro Ictiológico de Arredondo, se ha comenzado a trabajar en esta línea con el Programa de Aumento de la Accesibilidad para los Peces Migradores en los ríos de Cantabria. El citado programa pretende mejorar la accesibilidad para el salmón atlántico y otras especies migradoras, fundamentalmente trucha común (*Salmo trutta*), anguila europea (*Anguilla anguilla*) y sábalo (*Alosa alosa*), mediante la demolición de aquellos azudes sin concesión y fuera de uso y la habilitación de dispositivos de franqueo.

Dentro del Programa de Aumento de la Accesibilidad se desarrollan cuatro líneas de actuación fundamentales (FIGURA 7):

- **Inventariación y determinación del estado actual de los obstáculos existentes en las cuatro cuencas salmoneras de Cantabria y localización de aquellos obstáculos limitantes.** En función del estado concesional de cada azud y de su grado de impacto se determina la actuación a realizar en cada caso en concreto.

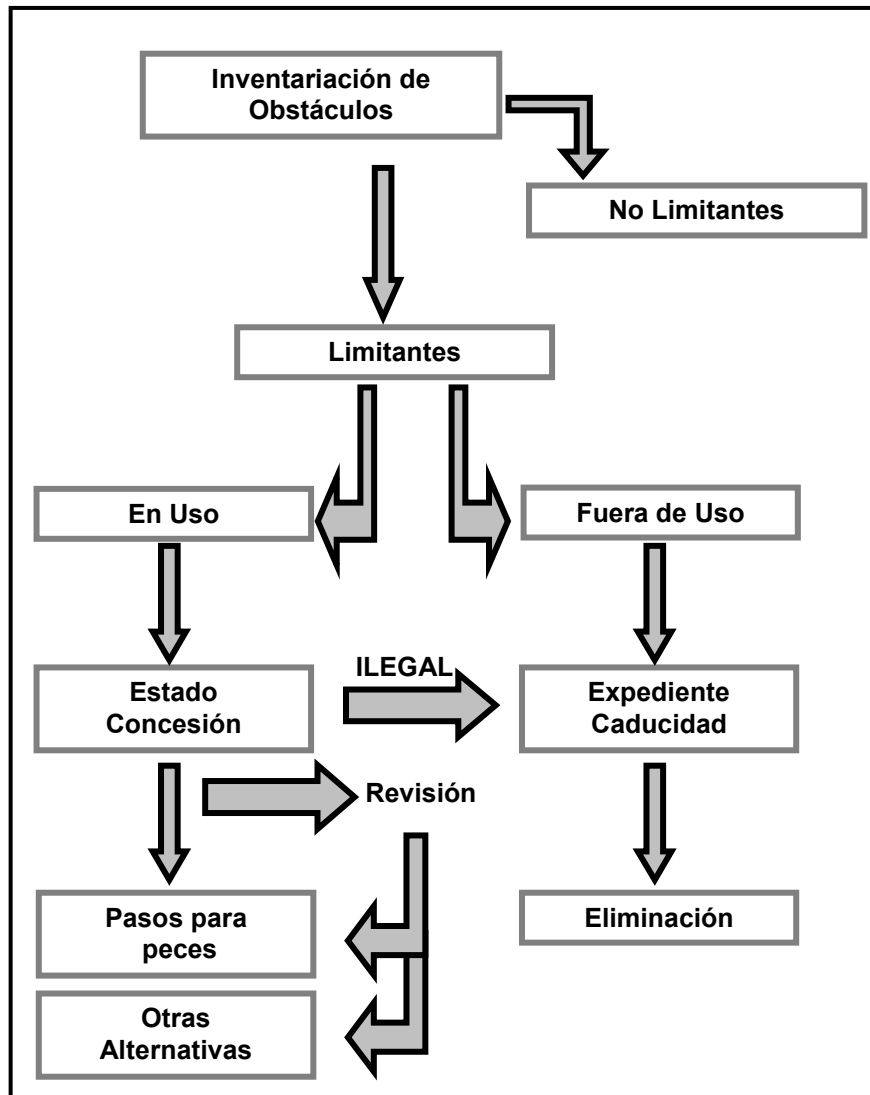


FIGURA 7. Pautas de actuación dentro del Programa de Aumento de la Accesibilidad para los Peces Migradores en Cantabria. FIGURE 7. Lines of action into the Program to Increase of Accessibility for Migrating Fish in Cantabria.

- **Determinación y diseño de la solución más viable a adoptar para cada obstáculo en particular.** En el caso de azudes fuera de uso o con concesión extinta, y considerando las características, impacto y naturaleza de cada obstáculo, la manera más efectiva y económica de mejorar el paso de los peces migradores y reducir el impacto negativo en las poblaciones de juveniles, derivado del represamiento que se produce aguas arriba de

todo azud (aguas lentas, colmatación de sustrato por finos, etc.), consiste en la demolición de tales obstáculos.

En su defecto, como segunda opción, se considera la habilitación de aberturas de franqueo. En este caso la sección de dichas aberturas debe ser tal que procure una lámina de agua en estiaje de al menos 30 cm de profundidad con una velocidad media de la corriente inferior a 1.6 m/s, lo que se traduce en una abertura de sección variable que abarque al menos el 10 % de la anchura del azud original (CLAY, 1995).

En el caso de presas en uso y con concesión vigente se desarrolla un plan de trabajo encaminado a diseñar los dispositivos de franqueo específicos para cada caso en concreto (tipo de dispositivo, número de los mismos, ubicación, características...) o en algunos casos la mejora y reparación de los existentes para garantizar un correcto funcionamiento de los mismos, con el fin de minimizar al máximo el impacto sobre las poblaciones de peces.

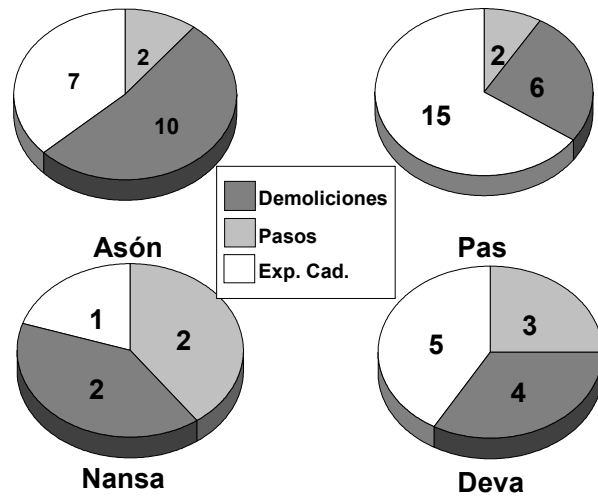
- **Diseño y construcción de dispositivos de bajada de esguines.** Tan importante como facilitar el ascenso de los adultos lo es el garantizar la migración de esguinado, aspecto al que no se ha prestado ninguna atención tradicionalmente en el diseño de los pasos para peces existentes en Cantabria. Si bien el descenso de los juveniles no suele presentar problemas excesivos en el caso de muchos obstáculos naturales, no ocurre así cuando se trata de algunos obstáculos artificiales como presas hidroeléctricas, donde se hace necesario disponer de un sistema de bajada de peces para evitar que los esguines se introduzcan en los canales de derivación y mueran por efecto de las turbinas (TRAVADE Y LARINIER, 1992).

- **Habilitación de dispositivos de conteo, captura y control de los ejemplares adultos.** Paralelamente al diseño de los dispositivos de franqueo se diseñan capturaderos en aquellas presas que presentan mejores condiciones para ello debido a su ubicación, diseño, etc. Estos dispositivos facilitan la obtención del suficiente número de reproductores adultos de cada río para su desove artificial minimizando el estrés sufrido por los peces al utilizar otros sistemas de captura, como la electro-pesca por ejemplo. Además permiten establecer medidas de control y determinar el tamaño de las poblaciones.

El Programa de Mejora de la Accesibilidad para el Salmón Atlántico en Cantabria comenzó en el año 1998 con la inventariación de la totalidad de los obstáculos existentes en las cuencas salmoneras, como paso previo a la elaboración de un plan de trabajo encaminado a mejorar la accesibilidad para el salmón (FIGURA 8). Así mismo, se recabó información sobre el estado concesional de todos los azudes existentes y se elaboró una propuesta para la ejecución de demoliciones o la habilitación de aberturas de franqueo en aquellos azudes fuera de uso o con concesión extinta.

Durante los meses de julio y agosto de 1999 se desarrolló la ejecución del *Proyecto de Aperturas de Franqueo en Azudes Fuera de Uso en el Río Asón*, con el que se pretendía aumentar la accesibilidad para las especies piscícolas migradoras en la cuenca del citado río. Se realizaron actuaciones en las presas de La Bárcena (Río Vallino), Trefilerías (Río Gándara), Bulco (Río Asón), La Puntana (Río Asón) y El Manzano (Río Bustablaio). En todas ellas se ha procedido a su demolición o a la habilitación de aberturas en la estructura que permitan la normal circulación de los peces. En la ejecución material se utilizó maquinaria pesada intentando en todo momento minimizar el impacto sobre el medio fluvial de dicha maquinaria, aun a coste de aumentar el tiempo de ejecución de las obras. Los primeros resultados de estas actuaciones se pudieron comprobar ya durante el

invierno del año 2000, en el que se detectaron desoves de salmón en el río Gándara, aguas arriba del obstáculo derribado.



**FIGURA 8.** Actuaciones de mejora de la accesibilidad previstas en los ríos de Cantabria. **FIGURE 8.** Actions to increase accessibility in Cantabria salmon rivers.

Se ha realizado así mismo la redacción del Proyecto de Construcción de Pasos para Peces e Instalaciones de Control en el Río Asón. Con el citado proyecto se pretende mejorar la accesibilidad para el salmón y otras especies migradoras en el curso principal del Asón, actuando para ello en los principales obstáculos artificiales del río, las presas de Marrón, Coterillo y Batuerto, cuyos pasos para peces presentan un funcionamiento deficiente. La ejecución del citado proyecto se comenzó durante el año 2000 y mejorará notablemente la accesibilidad para las especies piscícolas migradoras en la cuenca del Asón, facilitando además la captura y control de reproductores. Actualmente se ha finalizado uno de los pasos diseñados en la presa de Marrón. Se trata de un paso de ralentizadores tipo Denil con 21 deflectores, dividido en dos rampas de 7.7 y 4.7 metros de longitud con una pendiente del 16% en ambos tramos y una poza de descanso de 3 m. de largo por 2.5 m. de ancho entre ambas. A la salida de la sección superior se sitúa además una poza de salida de 4 m. de largo por 2.5 m. de ancho que posee dispositivos de captura de peces, compuerta de regulación de caudal y deflector de deriva fluvial.

## REFERENCIAS

- CLAY, C.H. (1995). *Design of Fishways and Other Fish Facilities*. Lewis Publishers, London. 247 pp.
- COMMITTEE ON FISH PASSES (1942). *Report of the Committee on Fish Passes*. British Institution of Civil Engineers. Clowes and Sons, London, 59 pp.
- LARINIER, M. (1992a). Passes à bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles . *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **326-327**: 45-72.
- LARINIER, M. (1992b). Les passes à ralentisseurs. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **326-327**: 73-94.
- MILLS, D. (1989). *Ecology and Management of Atlantic salmon*. Chapman & Hall, London, 351 pp.
- SHEARER, W.M. (1992). *The Atlantic salmon. Natural History, Exploitation and Future Management*.. Fishing News Books, London. 244 pp.
- TRAVADE, F. Y LARINIER, M. (1992). La migration de dévalaison: problèmes et dispositifs. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, **326-327**: 165-176.