

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE  
PEQUEÑAS OBRAS DE PASO VIARIO  
COMPATIBLES CON LA  
MIGRACIÓN DE LOS PECES**



Cada vez es más frecuente encontrar en nuestras carreteras, autopistas y demás vías de comunicación caños o tuberías de drenaje para cruzar los cursos de agua. La creciente aceptación de este tipo de estructuras se debe a su facilidad de transporte y montaje en obra y a su buen precio. Conviene advertir, sin embargo, que la experiencia acumulada en otros países demuestra que pueden generar un serio problema a los peces caso de estar impidiendo sus desplazamientos naturales. Éste es un aspecto ambiental importante que debe ser tenido en cuenta al proyectar las obras de drenaje. Con este folleto informativo se pretende concienciar a los técnicos en carreteras y ferrocarriles sobre esta problemática.

## 1. Introducción

Un río es un medio vivo donde habitan muchos organismos en un equilibrio dinámico que podemos estar alterando de forma grave por simple desconocimiento. Son muchas las actividades humanas que por una mala planificación han originado y originan graves e innecesarios perjuicios en el medio fluvial (extracciones caóticas y desmedidas de áridos, dragados kilométricos de cauces, eliminación contumaz de la vegetación ribereña, rectificación de cauces con tiralíneas, vertidos contaminantes, presas y azudes sin medidas correctoras, etc.).

También los caños de drenaje pueden originar serios perjuicios en los ríos, si no se construyen adecuadamente.



1

Figuras 1 y 2. Un río es un medio vivo en el que plantas y animales conviven formando parte de un ecosistema muy fácilmente alterable.



2

## Obstáculos a la migración de los peces

Los peces que habitan nuestros ecosistemas acuáticos realizan desplazamientos más o menos largos durante todo el año o parte de él, por diversos motivos: los más llamativos los realizan el salmón, la trucha o la anguila para reproducirse; pero también estos movimientos responden a recorridos más cortos para buscar alimento, refugio, o simplemente para la expansión que toda especie procura.

La presencia en el río de un elemento artificial que impida o dificulte estos desplazamientos supone un perjuicio para los peces. Toda presa o azud sin escala de peces lo es, pero debemos acostumbrarnos a tener una visión más amplia de este problema: barrera es todo aquel elemento que genere unas condiciones hidráulicas en el río incompatibles con las capacidades de natación o con los requerimientos biológicos del pez. En este sentido, los caños de drenaje pueden suponer una importante limitación al paso de los peces.

## Consecuencias derivadas de los obstáculos

La imposibilidad o disminución del paso de los peces en los cruces de carreteras sobre ríos tiene muchos efectos negativos. Si el paso queda bloqueado permanentemente, el hábitat aguas arriba del caño dejará de ser accesible para las especies situadas aguas abajo del mismo.

Sin embargo, existen muchos otros aspectos derivados de esta situación, que pasamos a resumir:

- **Pérdida de la diversidad genética** en el tramo aguas arriba del caño, ya que los peces pueden nadar aguas abajo pero no consiguen retornar.
- **Cambios en la genética poblacional** y en la genética de especies al lograr el paso sólo ciertas especies o individuos o estadios especialmente resistentes y con altas capacidades de natación.
- **Desajuste del periodo de migración.** Los peces rezagados llegan a las zonas de freza más tarde de lo que sería normal. Los periodos de freza pueden estar sujetos a un rango de tiempo muy estricto, coincidiendo con determinados caudales y temperaturas del agua, que son fundamentales para la supervivencia de los huevos y de los alevines.
- **Sobreesfuerzo.** Los peces retrasados en su migración pueden haber gastado con el paso de los obstáculos artificiales las reservas de energía necesarias para el éxito de su reproducción, aumentando al mismo tiempo su predisposición ante enfermedades por debilitamiento.
- **Desaparición de poblaciones** ícticas en pequeños cursos de agua tras grandes avenidas que arrastran a los peces aguas abajo no pudiendo retornar cuando la situación se ha normalizado.

## 2. Problemas asociados a los caños de drenaje

### Principales causas

Los caños se diseñan y dimensionan para asegurar el paso eficiente del agua a su través durante avenidas con un elevado periodo de retorno (en general: 100 años). A menudo no poseen ni la rugosidad ni la variabilidad propia de los cauces naturales por lo que no disipan la energía hidráulica de igual forma. La concentración y disipación de la energía se produce mediante grandes velocidades, elevadas turbulencias o con la socavación del cauce a la salida del caño. Éstas son algunas de las causas comunes del bloqueo de los peces en tales estructuras. Por otro lado, los caños suponen un elemento rígido dentro de un ecosistema muy variable y dinámico. A medida que el río evoluciona, puede suceder que los caños se desliguen de dicho proceso apareciendo barreras a la migración que inicialmente no existían.

Los problemas generados para el movimiento de los peces se derivan de las cuestiones apuntadas en el párrafo anterior. Las barreras se deben muchas veces a diseños o instalaciones mal ejecutados, o bien a cambios posteriores en el cauce del río que no han sido previstos. Con frecuencia son el resultado de socavaciones y erosiones locales en el propio cauce a la salida del caño que crean un pequeño salto o caída, lo que obliga al pez a acelerar o a saltar para alcanzar la entrada del caño.

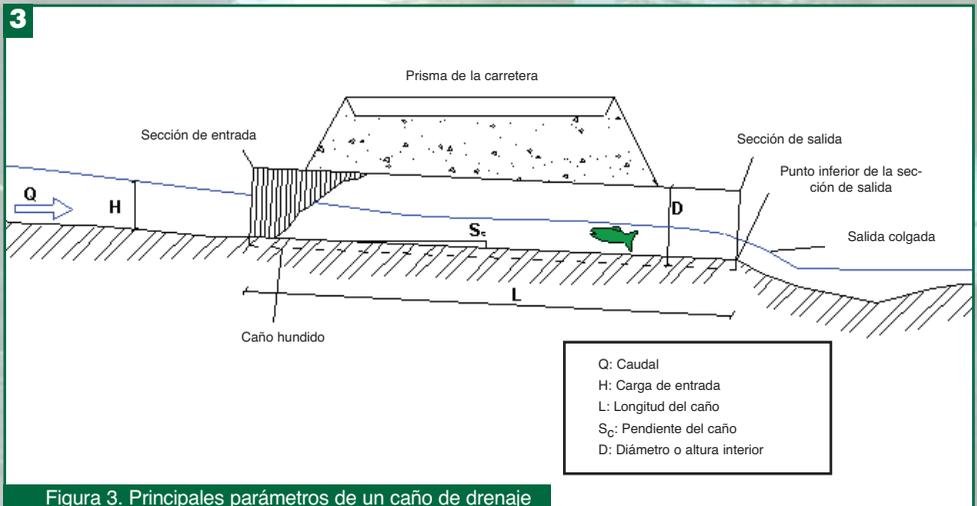


Figura 3. Principales parámetros de un caño de drenaje

Es también bastante común que las barreras al paso de los peces aparezcan por otras causas, como una falta de mantenimiento adecuado en los caños (la vigilancia que se programa para conservar su capacidad hidráulica no contempla esta problemática en absoluto); o la circunstancia de que -a menudo- el terraplenado del camino sobre el río genere el desprendimiento de diversos materiales que van depositándose en la entrada y en el interior del caño. Este hecho puede modificar sus condiciones hidrodinámicas hasta convertirlo en un obstáculo.



### Tipos de problemas más frecuentes en los caños

- Caída de agua excesiva a su salida
- Calados insuficientes en su interior
- Altas velocidades o cambios bruscos de velocidad en su interior
- Ausencia de estanques o zonas de descanso a la entrada, salida o en el interior del caño
- Niveles de turbulencia muy elevados
- Acumulación de residuos, restos y sedimentos en la entrada del caño

Figuras 4, 5 y 6. Algunos ejemplos de caños con problemas de paso: profundidad insuficiente (4), salida colgada (5), velocidad excesiva (6)



6

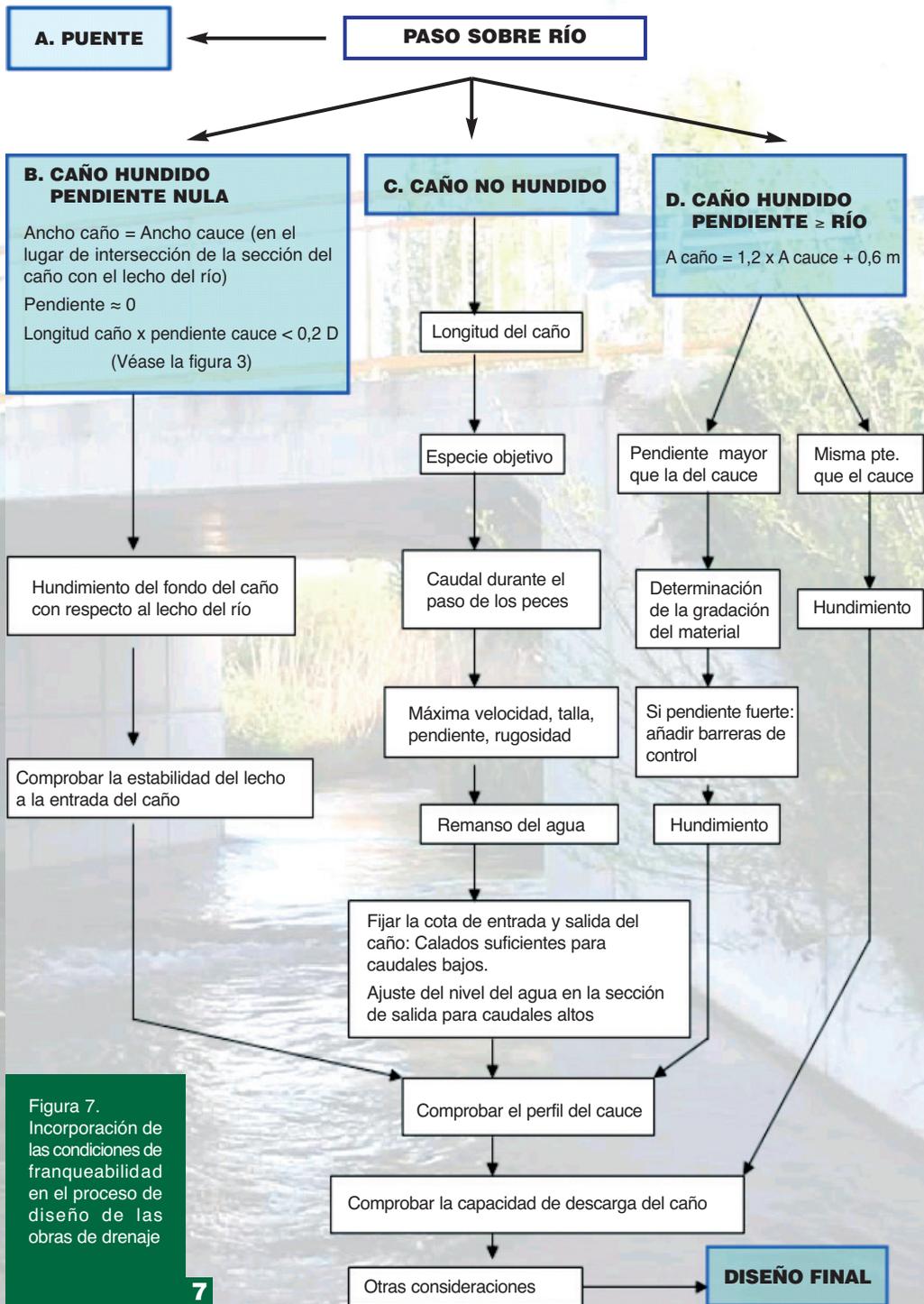


Figura 7. Incorporación de las condiciones de franqueabilidad en el proceso de diseño de las obras de drenaje

### 3. Soluciones

El funcionamiento hidráulico de un caño de drenaje puede estar gobernado por dos condiciones diferentes: mediante control de entrada o mediante control de salida. El dimensionamiento de la obra suele realizarse por el principio del funcionamiento mínimo, según el cual el control que gobierna el estado hidráulico del caño para un caudal de paso dado es el que genera en cabecera una carga de agua mayor.

En contraposición, al evaluar la franqueabilidad de los caños, suele considerarse que funcionan bajo control de salida para el rango de caudales de paso durante el periodo de migración de los peces. Los ictiólogos recomiendan que al menos se garantice la posibilidad de paso durante el 90% de dicho periodo.

El control de salida proporciona mayores profundidades en el interior del caño y menores velocidades para un caudal determinado. Sobre este aspecto trabajan los distintos métodos de diseño de paso para peces en estas estructuras.

El paso de los peces debe ser un condicionante más a tener en cuenta al decidir el tipo de obra con la que cruzar un curso de agua. Podemos clasificar las diferentes soluciones técnicas según este criterio, quedando en el siguiente orden (de menor a mayor riesgo de barrera):

1. Puentes tradicionales (tipo A en la figura 7)
2. Caños tipo bóveda o caños de sección abierta en la base (tipo D en la figura 7)
3. Caños de sección cerrada dispuestos con pendiente similar a la del río y hundidos en su lecho (tipo D en la figura 7)
4. Caños dispuestos en horizontal o con pendiente casi nula y hundidos en el lecho del río (tipo B en la figura 7)
5. Caños no hundidos (tipo C en la figura 7)

La mejor solución es la que menos altere las condiciones originales del río, manteniendo un lecho natural sin reducir el ancho del cauce en demasía. En este sentido, los puentes y los caños de sección abierta cumplen muy bien su cometido. Si optamos por los caños de sección cerrada, cabe buscar esas mismas condiciones naturales escogiendo un caño de luz lo suficientemente grande y enterrándolo en el lecho del río. Al sobredimensionarlo estaremos evitando las contracciones y las turbulencias excesivas en la zona de transición del río al caño y favoreceremos que los procesos de acarreo y deposición de materiales se den en su interior de forma similar a como se producen en el río. Ello ayudará a mantener un lecho natural estable en el interior del caño, lo que crea unas condiciones que suelen posibilitar el paso de los peces.

Figura 8. Los caños en arco constituyen con diferencia, junto con los puentes tradicionales, la mejor alternativa para los peces.



## Análisis sobre la franqueabilidad de un caño

**Condicionantes biológicos (pez)**

- Selección de la especie objetivo
- Identificación del periodo de migración de dicha especie en el río en estudio
- Determinación de sus capacidades atléticas (velocidad de nado, capacidad de salto) y de sus necesidades biológicas (profundidad mínima).

**Comparar****Condicionantes hidráulicos (caño)**

- Determinación de los caudales circulantes durante el periodo de migración de la especie objetivo.
- Estimación de la situación hidráulica en el caño para dichos caudales: velocidad del agua, profundidad, presencia de un salto a la salida del caño...

**Caño franqueable:** todos los condicionantes biológicos se respetan durante el 100% del periodo de migración de la especie objetivo.

**Caño perjudicial:** algún condicionante biológico no es respetado durante más del 10% del tiempo de migración de la especie objetivo.

**Caño admisible:** si estamos en una situación intermedia

Figura 9. Proceso de análisis de la franqueabilidad en un caño de drenaje

En el caso de optar por una solución que no hunda el caño en el lecho del río, debemos hacer unas comprobaciones hidráulicas para asegurarnos de que la obra de drenaje no suponga un impedimento en el tránsito de los peces (figura 9). Se comparan las condiciones hidráulicas que existirán en el paso durante el momento de migración de los peces con las capacidades de nado y de salto de los mismos. A modo de ejemplo, en la tabla 1 se muestran algunos de estos valores referidos a tres de nuestros salmónidos. Existen programas específicos para realizar estas comprobaciones, que se citan al final de este folleto.

En el caso de identificar algún tipo de problema podemos optar bien por modificar nuestra elección o por introducir algún deflector en el caño que aumente la rugosidad hidráulica del conjunto eliminando el problema sin reducir la capacidad de desagüe requerida en la obra de fábrica.

Cualquiera de las cuatro primeras alternativas es siempre más deseable que la quinta. Ellas basan su éxito en el sobredimensionamiento de la luz de la estructura (en función del ancho medio del cauce natural) y en el mantenimiento o creación de un lecho natural en el interior del caño. Son procedimientos conservadores que bien diseñados garantizan el paso de los peces y con los que evitamos la necesidad de cualquier tipo de comprobación.

Tabla 1. Requerimientos de paso en los caños para algunos salmónidos

Especie Talla (cm)		Trucha común <i>Salmo trutta m. fario</i> 15 cm	Reo <i>Salmo trutta. m. trutta</i> 35 cm	Salmón atlántico <i>Salmo salar</i> 60 cm
V <sub>max(1)</sub> del pez en función de la longitud del caño (m/s)	< 20 m	1,25 (2)	1,50 (2)	2,50 (2)
	20-30 m	1,00 (2)	1,50 (2)	2,00 (2)
	> 30 m	0,80 (3)	1,25 (3)	1,75 (3)
Calado mínimo (cm)		10	15	30
Salto máximo a la salida (cm) (4)		20	30	50

(1) La velocidad del agua ha de ser menor a los valores indicados.

(2) Valores obtenidos aproximando a las velocidades punta a 5° C de las distintas especies.

(3) Valores obtenidos aproximando a las velocidades sostenidas a 5° C de las distintas especies.

(4) Suponiendo la existencia de un estanque a la salida del caño de profundidad residual no inferior a 1,5 veces la altura de la caída.

## **Bibliografía recomendada**

---

- Bates, K. et al. 1999. Fish Passage at Road Culverts. A design manual for fish passage at road crossings. Washington Department of Fish and Wildlife, Habitat and Lands Program, Environmental Engineering Division.
- Robison, E. G.; Mirati, A. y Allen, M. 1999. Oregon Road/Stream Crossing Restoration Guide. Oregon. Technical Report.

## **Programas informáticos**

---

- Behlke, C. y Braley, W. A. 1991. Fishpass v 1.0 [aplicación informática]. Programa basado en Fundamentals of Culvert Design for Passage of Weak Swimming Fish (Behlke et al. 1991. Alaska DOTPF Statewide Research Report Number FHWA-AK-RD-90-10). <<http://www.dnr.state.ak.us/habitat/fishpass.cfm>>
- Love, M. 1999. FishXing v 2.2 [aplicación informática]. FishXing Project, Six River National Forest Watershed Interactions Team. <<http://www.stream.fs.fed.us/fishxing/>>



---

Este documento ha sido elaborado por los Ingenieros de Montes Jorge García Molinos y Andrés Martínez de Azagra Paredes.

Para más información pueden ponerse en contacto con los autores.

Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología  
Aulario (Edificio Yutera)

Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Universidad de Valladolid)  
Avda. de Madrid, 44 – 34071 Palencia

Correos electrónicos: [jorgegamo@hotmail.com](mailto:jorgegamo@hotmail.com) o [amap@iaf.uva.es](mailto:amap@iaf.uva.es)

Palencia, diciembre de 2004