

Problemática y diseño de los pasos de carreteras sobre ríos y arroyos



Autor:

Jorge García Molinos*

Ingeniero de Montes,
Sección de Vida Silvestre
Servicio Territorial de Medio Ambiente de Zamora
Junta de Castilla y León

Antonio Llanos

Ingeniero Civil,
Michael Love & Associates, Eureka, California, USA.

* Dirección actual: Department of Zoology, School of Natural Sciences, University of Dublin-Trinity College. Dublin 2, Dublín (Irlanda)



Asociación
y Colegio
de Ingenieros
de Montes

**Curso de
Restauración de
Ríos y Riberas
3 al 7 de julio 2006**



**Junta de
Castilla y León**

- Los pasos de agua frente a la idea tradicional de barrera.



- Caños y pontones entubados VS puentes tradicionales.
 - Mayor facilidad de diseño,
 - Fáciles de transportar a obra y de instalar,
 - Más económicos.



- **¡Mayores problemas medioambientales!**

- Diversidad de materiales y formas.

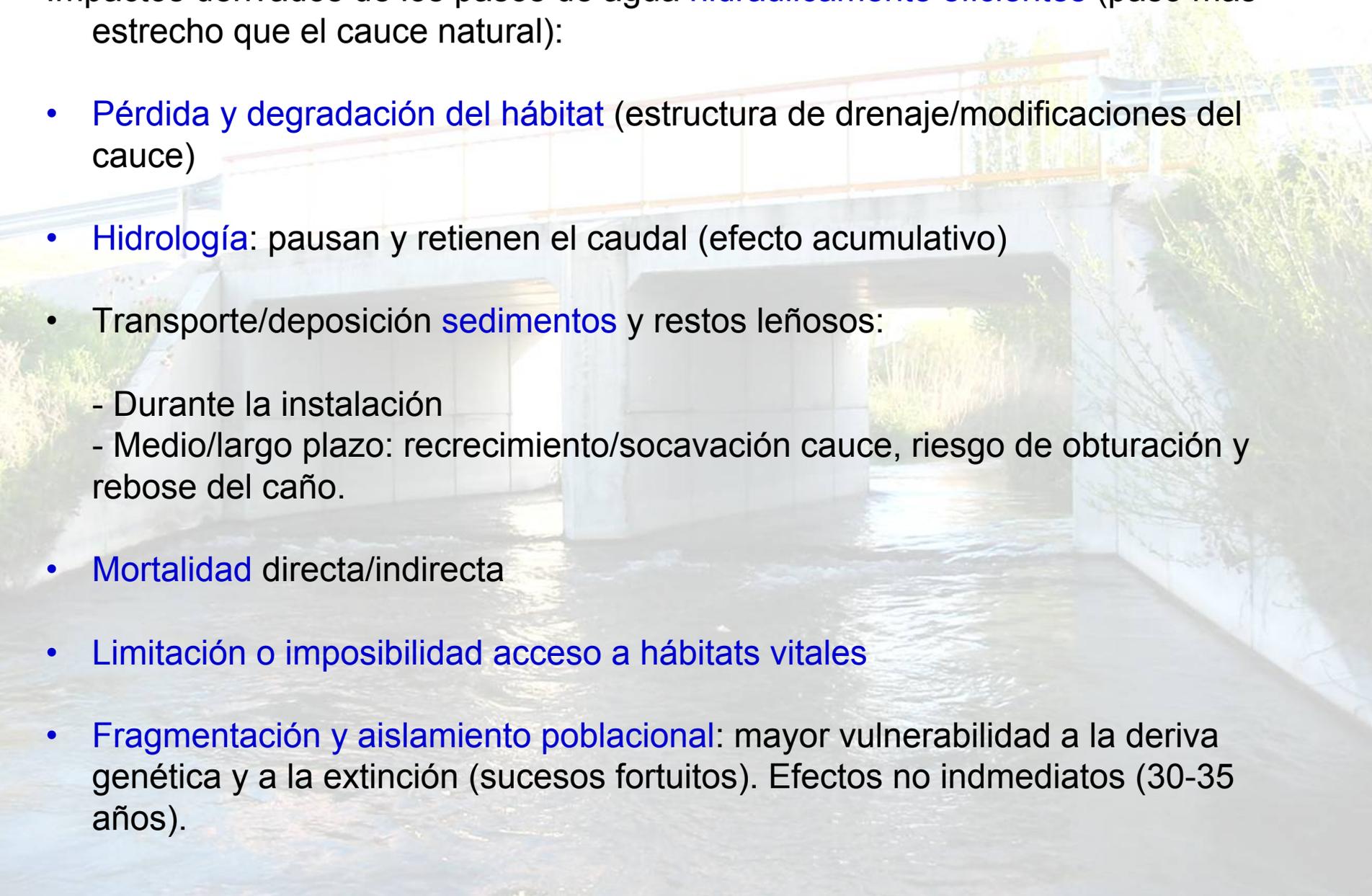


- Diseño según máxima eficacia hidráulica: procesos ecológicos olvidados (hidrología, capacidad de transporte/deposición sedimentos, movimientos seres vivos).
- Elementos rígidos dentro de un ecosistema muy dinámico. Escala temporal importante.
- Frecuentes en pequeños cursos de agua (importancia cuantitativa, importancia cuantitativa: especies/hábitat).



Impactos derivados de los pasos de agua **hidráulicamente eficientes** (paso más estrecho que el cauce natural):

- **Pérdida y degradación del hábitat** (estructura de drenaje/modificaciones del cauce)
- **Hidrología**: pausan y retienen el caudal (efecto acumulativo)
- Transporte/deposición **sedimentos** y restos leñosos:
 - Durante la instalación
 - Medio/largo plazo: recrecimiento/socavación cauce, riesgo de obturación y rebose del caño.
- **Mortalidad** directa/indirecta
- **Limitación o imposibilidad acceso a hábitats vitales**
- **Fragmentación y aislamiento poblacional**: mayor vulnerabilidad a la deriva genética y a la extinción (sucesos fortuitos). Efectos no inmediatos (30-35 años).



El Problema

(7)



La importancia del ecosistema fluvial

Acceso a hábitats apropiados

- Reproducción
- Cría
- Refugio
- Alimentación
- ...

Elementos estructural y funcionalmente distintos:

- Lecho
- Pozas
- Rápidos
- Llanuras de inundación
- Estuarios
- ...

Organismos característicos

Cadena trófica

- Competición
- Parasitismo
- Simbiosis
- ...

Comunidades

Medio Físico

Ecosistemas

Especies



Visión tradicional

Máxima eficacia hidráulica

Paso del agua

Paso especies migradoras (salmónidos)

Paso del agua + paso especies objetivo (adultos)

Paso de todos los estadios de las especies migradoras y de otras especies de peces

Paso del agua + paso peces

Visión actual

Paso de todos los organismos acuáticos (diversidad)

Mantener la conectividad del ecosistema

Respetar los procesos ecológicos esenciales

Paso del agua + organismos + materiales

El movimiento de los organismos acuáticos:



- Reproducción
- Cría
- Alimentación
- Uso de nichos ecológicos
- Refugio (cambios en las condiciones del hábitat, depredadores)



!!Cada especie tiene sus patrones de movimiento y muchos son totalmente desconocidos!!

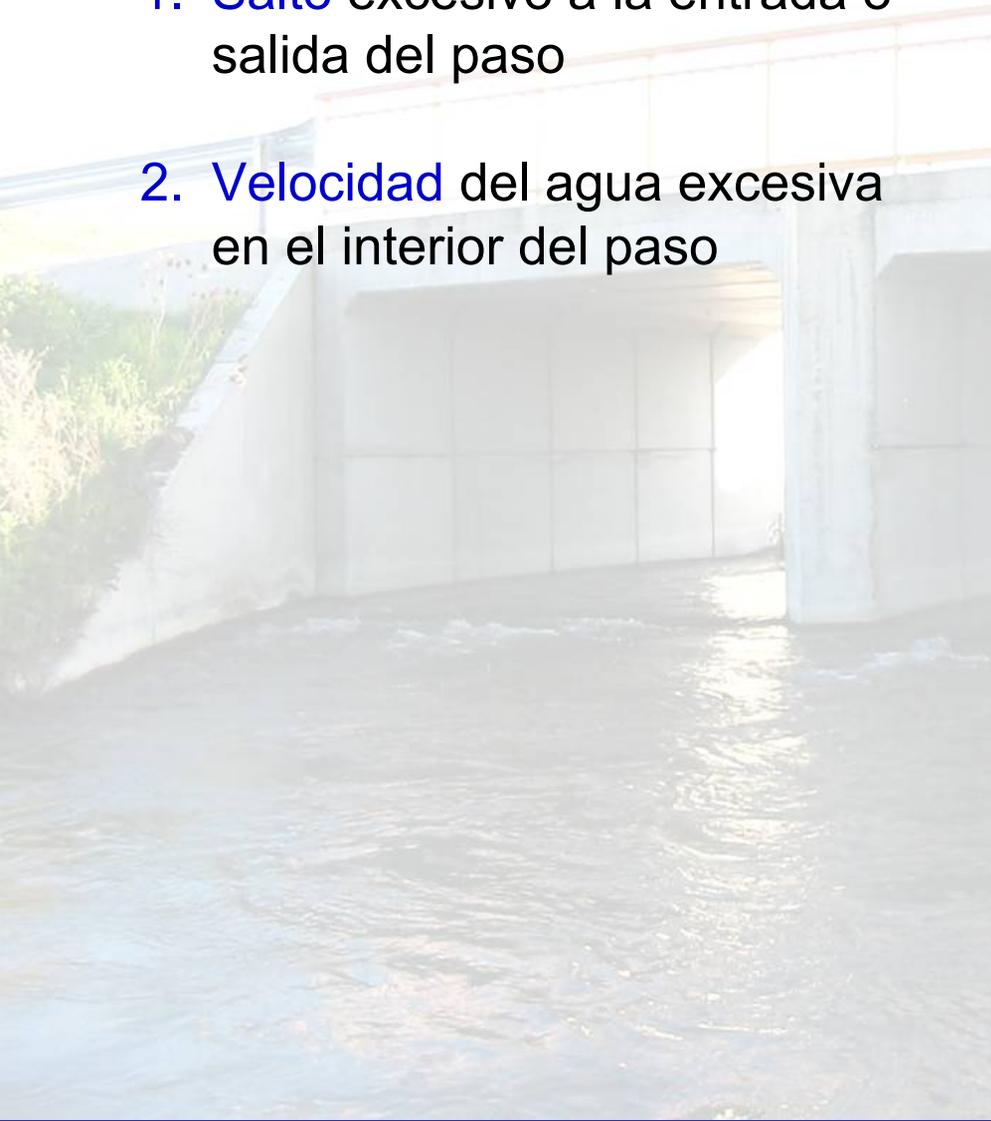
Causas frecuentes de bloqueo:

1. Salto excesivo a la entrada o salida del paso



Causas frecuentes de bloqueo:

1. Salto excesivo a la entrada o salida del paso
2. Velocidad del agua excesiva en el interior del paso



Causas frecuentes de bloqueo:

1. **Salto** excesivo a la entrada o salida del paso
2. **Velocidad** del agua excesiva en el interior del paso
3. **Profundidad** insuficiente en el interior del paso



Causas frecuentes de bloqueo:

1. **Salto** excesivo a la entrada o salida del paso
2. **Velocidad** del agua excesiva en el interior del paso
3. **Profundidad** insuficiente en el interior del paso
4. **Turbulencia**



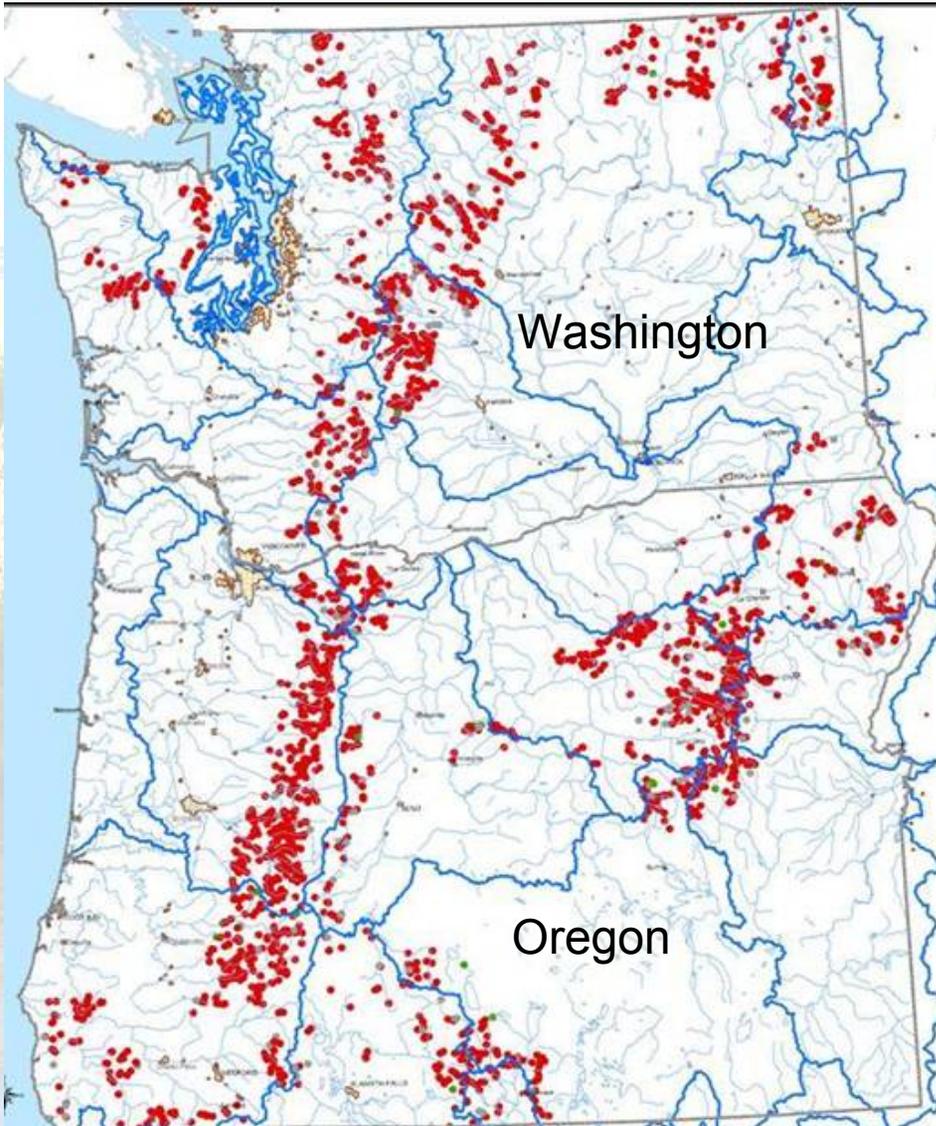
1. **Salto** excesivo a la entrada o salida del paso
2. **Velocidad** del agua excesiva en el interior del paso
3. **Profundidad** insuficiente en el interior del paso
4. **Turbulencia**
5. **Acumulación** en la entrada del paso de **sedimentos** y de diverso material arrastrado por el agua





Un paso de agua puede ser una barrera durante todo el año y para todas las especies acuáticas (**barrera total**), pero también puede ser franqueable durante parte del año y transformarse en barrera ante determinados caudales (**barrera temporal**), o para unas mismas condiciones de paso puede ser franqueable para los adultos de trucha pero no para sus juveniles (**barrera parcial**), por ejemplo.

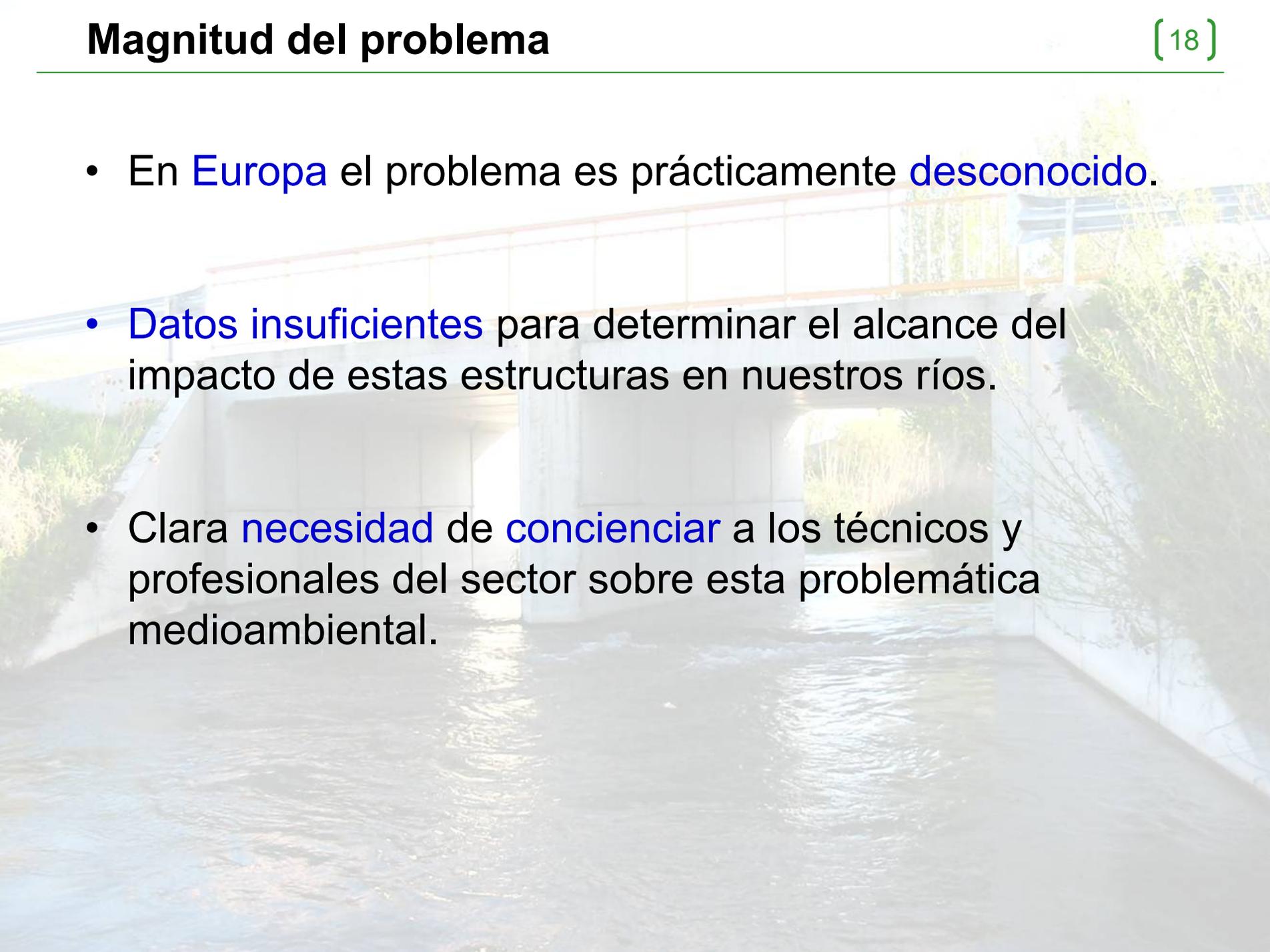
Amplia experiencia y abundante bibliografía en América del Norte

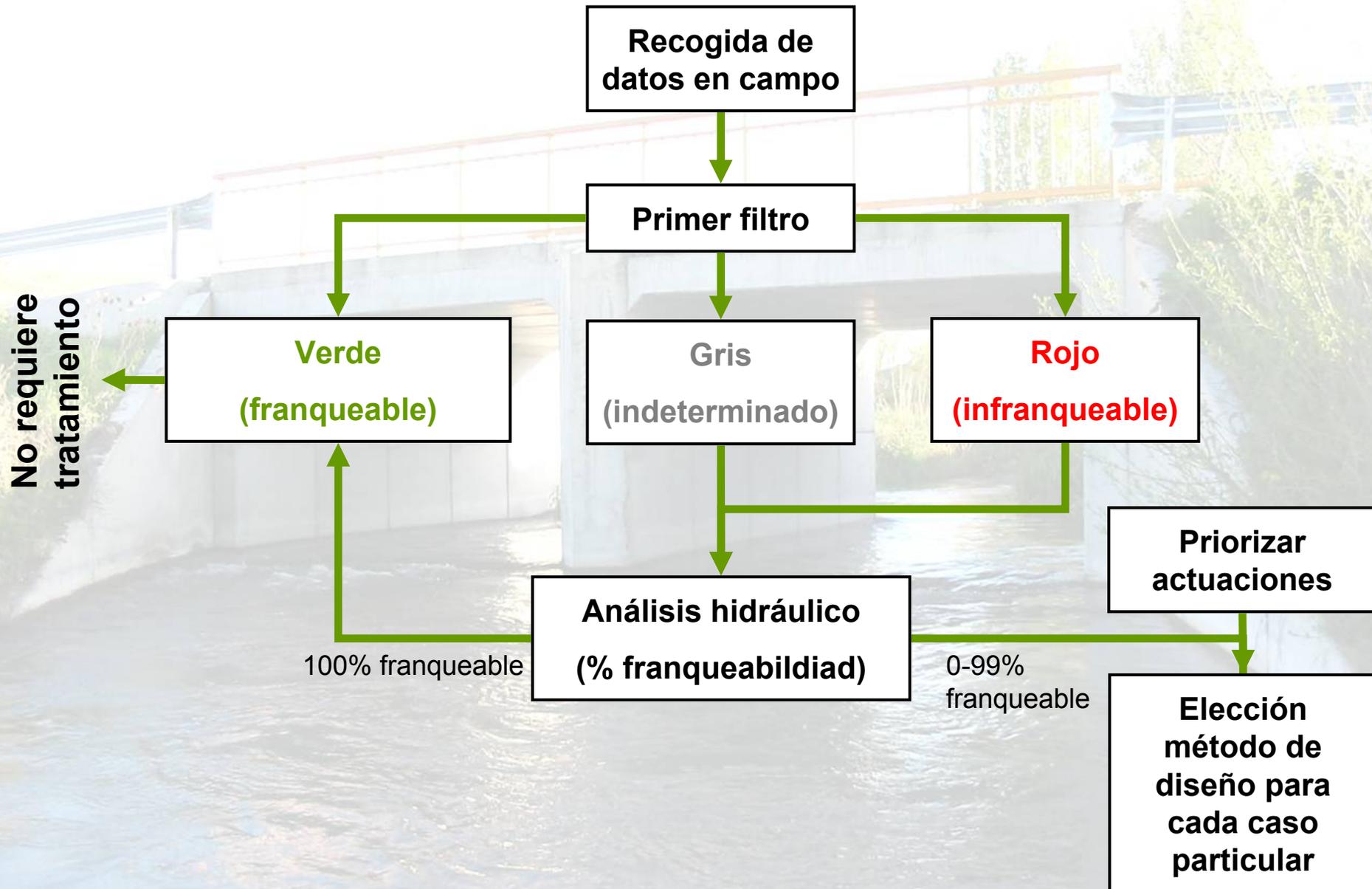


Pasos de agua analizados en cursos piscícolas en América del Norte:

Localización	Barrera (n)
Oregon & Washington	68% (5.157)
Tongass National Forest (Alaska)	75% (1.119)
Trans Labrador Highway (Canada)	53% (47)
California Dept. of Transportation	81% (xx)
5 Counties Northern California	66% (246)

n = número de pasos analizados

- En **Europa** el problema es prácticamente **desconocido**.
 - **Datos insuficientes** para determinar el alcance del impacto de estas estructuras en nuestros ríos.
 - Clara **necesidad** de **concienciar** a los técnicos y profesionales del sector sobre esta problemática medioambiental.
- 
- A photograph of a concrete bridge structure over a river. The bridge has several rectangular openings for water to pass through. The water is dark and rippling. The bridge is supported by concrete pillars. There are some trees and bushes on the right side of the bridge. The overall scene is somewhat overcast.



El tramo de río adyacente al paso de agua nos proporciona información muy valiosa:

- Información sobre la **morfología del cauce** natural: el tipo de lecho, perfil longitudinal, sección transversal...
- Información sobre la **hidrología** del curso de agua: indicios sobre la capacidad erosiva del río, la magnitud de los caudales generadores del cauce, frecuencia y tipo de acarreos...
- Valorar la **estabilidad** y variación potencial del **cauce** durante la vida útil del paso de agua (estructuras adicionales de control).

Tramo **alejado de la influencia del paso** de agua en caso de que éste ya exista.

Toma de datos en campo: Ancho medio del cauce

(21)

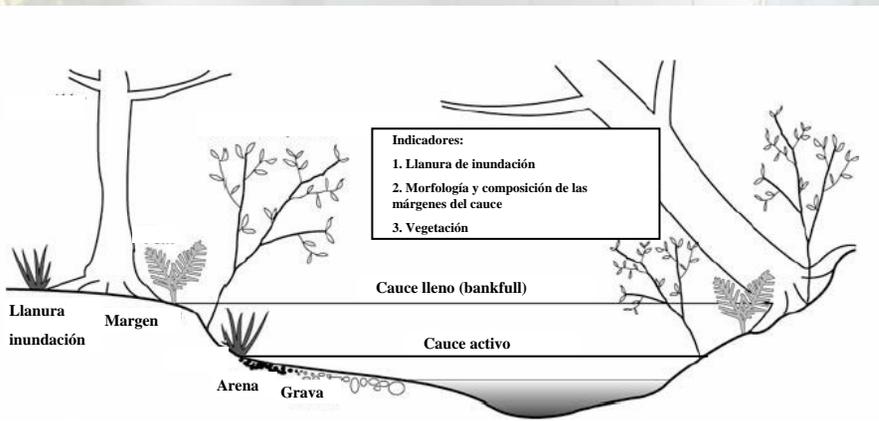
Medición del ancho medio del cauce al menos en 5 puntos aguas arriba del paso y fuera de su zona de influencia:

- Determina si el caño está bien dimensionado
- Permite estimar el coste de reemplazo



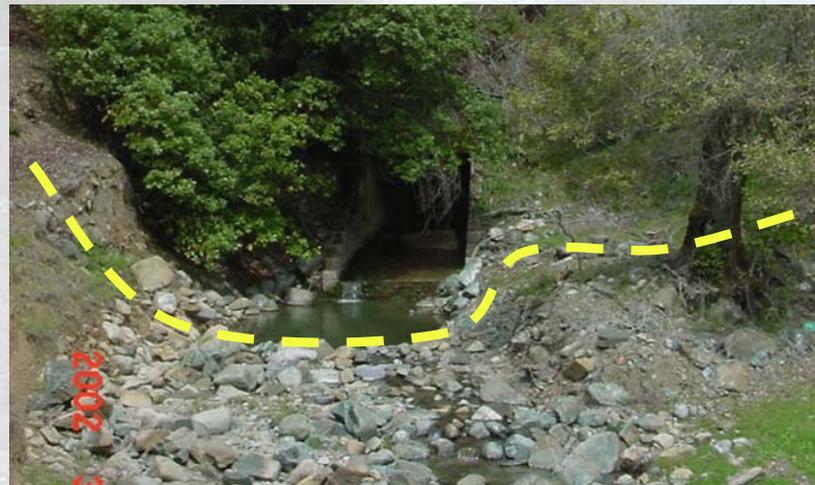
Toma de datos en campo: Ancho medio del cauce

Tipo	Definición	Características
Cauce natural (Ley 29/1983 y RD 849/1986)	Terreno cubierto por las aguas en máxima crecida ordinaria $Q_{mco} = (\sum Q_{max})/10$	Continuos, representativos y en su régimen natural
Cauce activo	Definido por el nivel medio de aguas altas. Sección mojada más frecuente a lo largo del año hidrológico.	Por encima de él, las características del cauce son típicamente permanentes y vegetadas. Por debajo, están modeladas por los procesos normales del agua y de su carga de sólida.
Cauce lleno (bankfull)	Punto desde el cual el cauce no tiene más capacidad de conducción, desbordándose y anegando los márgenes del río (llanura de inundación). Definido por los caudales dominantes (mayor eficacia geomorfológica) $T = 1,5 - 2 \text{ años}$	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la vegetación: superficie no vegetada / especies anuales ligadas al agua – especies perennes de ribera. • Cambios de pendiente o cambios topográficos a lo largo de los márgenes. • Cambios en el tamaño del material (por ejemplo grava a arena/limo). • Líneas o franjas con distinto color/tonalidad.

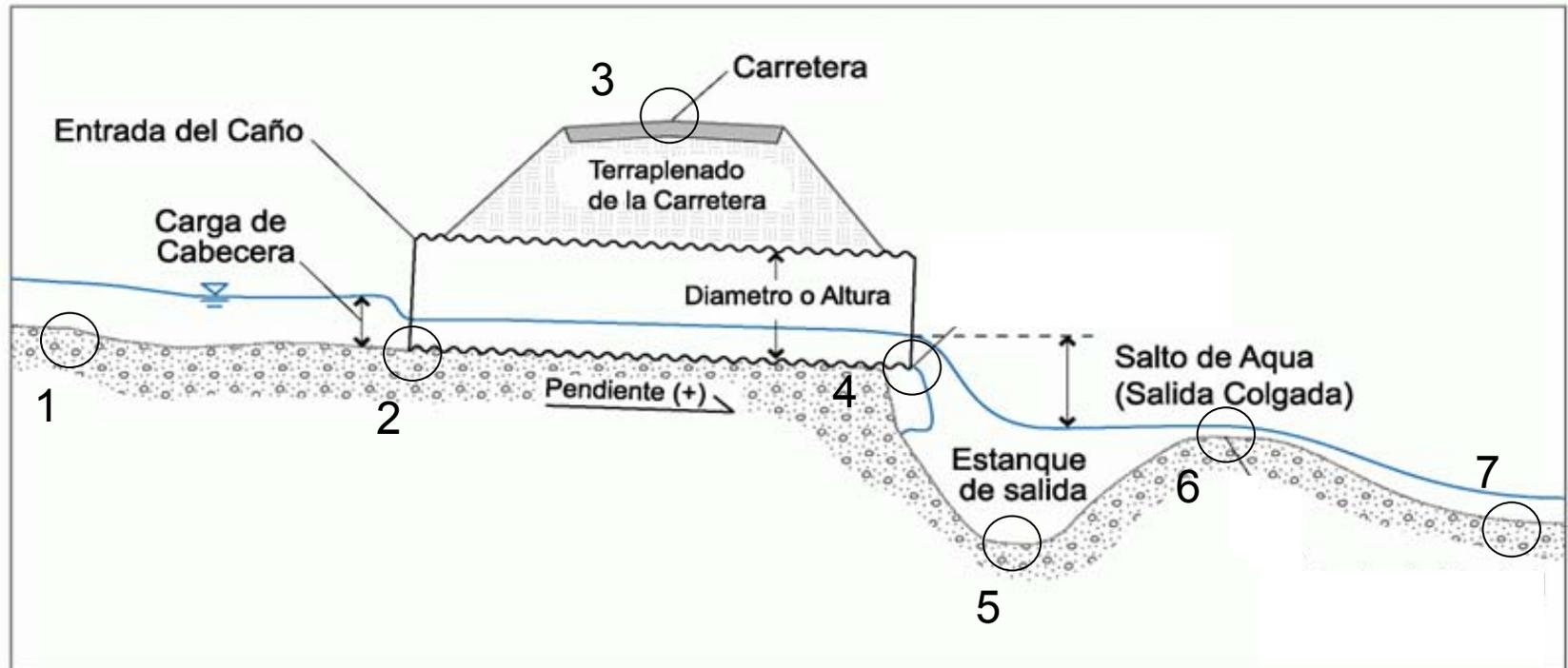


Los cambios de **profundidad** en la **sección de control** provocados por las variaciones de caudal modifican las condiciones de paso:

- Cola del estanque de salida (inicio del primer rápido aguas abajo).
- Cambio de pendiente brusco o estrechamiento de la sección.
- Estructuras de control.
- Ante la ausencia de un control claro: sección aguas abajo de la salida del paso.

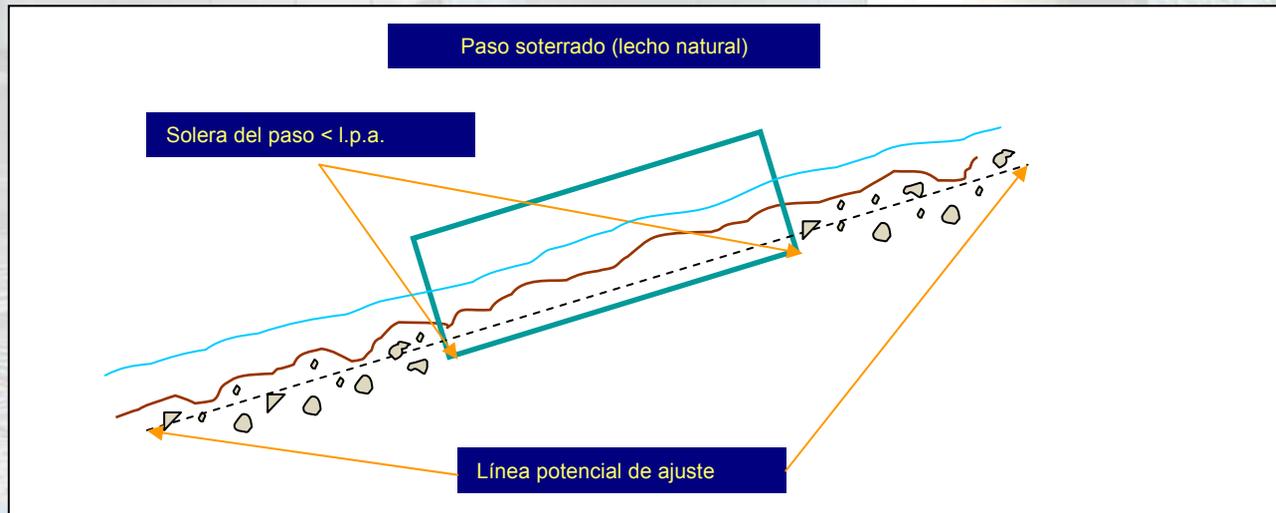


- 7 puntos básicos:
 1. Inicio del perfil
 2. Sección de entrada
 3. Plataforma
 4. Sección de salida
 5. Fondo poza salida
 6. Punto control
 7. Final perfil
- Uso de un nivel topográfico



El perfil longitudinal nos ofrece información muy importante:

- **Gradiente** longitudinal del tramo y principales **cambios de pendiente**.
- Fenómenos locales de **recrecimiento** o **incisión** del cauce cerca de pasos de agua ya existentes.
- Estimación de la **línea de ajuste potencial** del cauce (Gubernick *et al.*, 2003): altura mínima a la que se ajustaría el lecho del cauce si los elementos de control locales fueran movidos por el agua. El lecho del paso debe diseñarse en consecuencia (profundidad adecuada).



Verde: Franqueable. Condiciones adecuadas para el paso de todas las especies.

Gris: Indeterminado. Hace falta un análisis más detallado para determinar la franqueabilidad del paso.

Rojo: Infranqueable. No se consiguen las condiciones mínimas de paso exigibles para todas las especies durante todo el rango de caudales analizados.



El caño es **más ancho** que el cauce natural adyacente con un **lecho natural** estable en su interior y mantiene la **conectividad ecológica** del río.



Simulación fluvial



Pasos con:

- Pendiente excesiva
- Salto excesivo



Para cada especie/fase de desarrollo:

1. Determinar la hidrología local:

- Caudal máximo de paso (Q_{max})
- Caudal mínimo de paso (Q_{min})

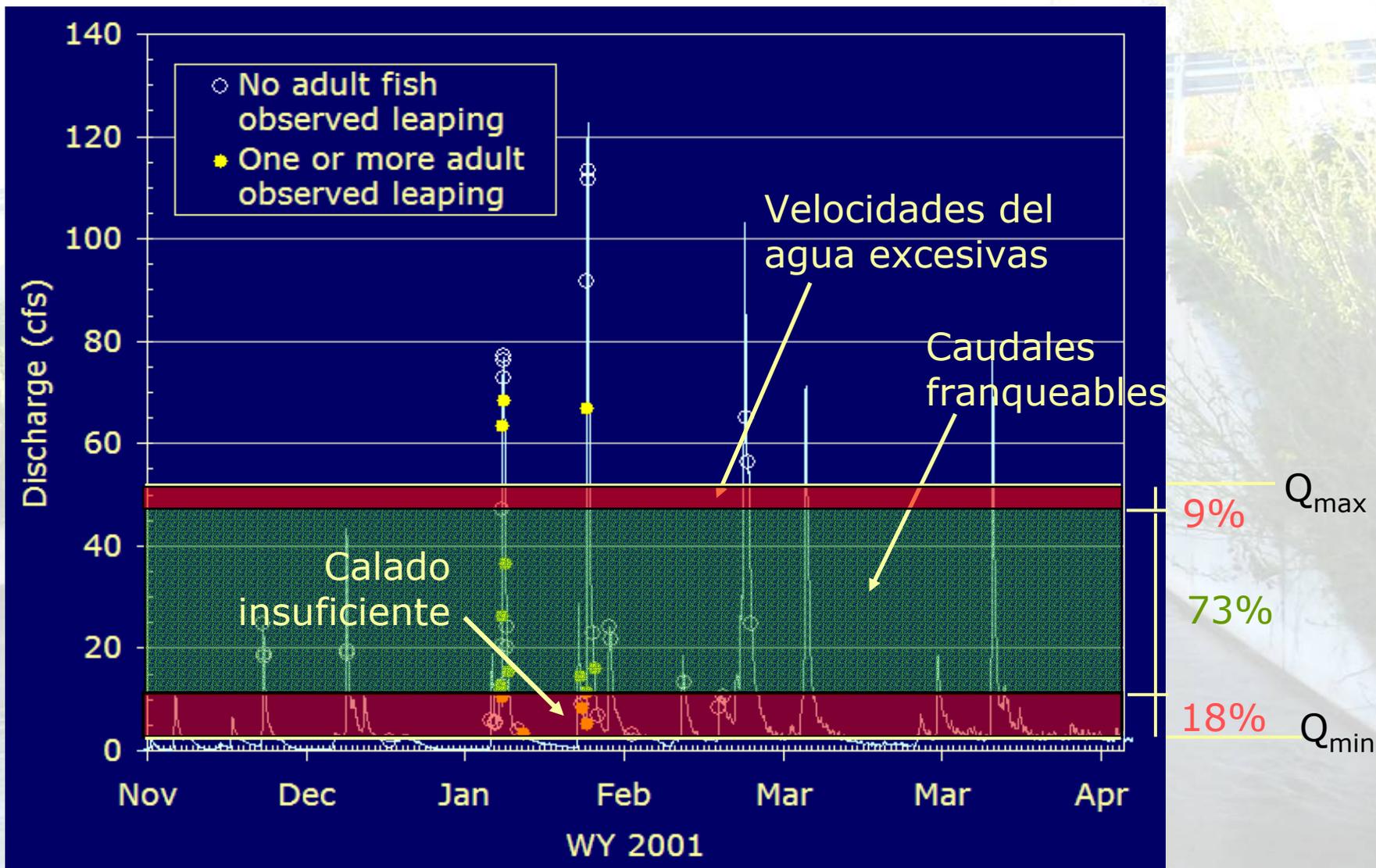
2. Comparar la hidráulica del paso con las capacidades natatorias:

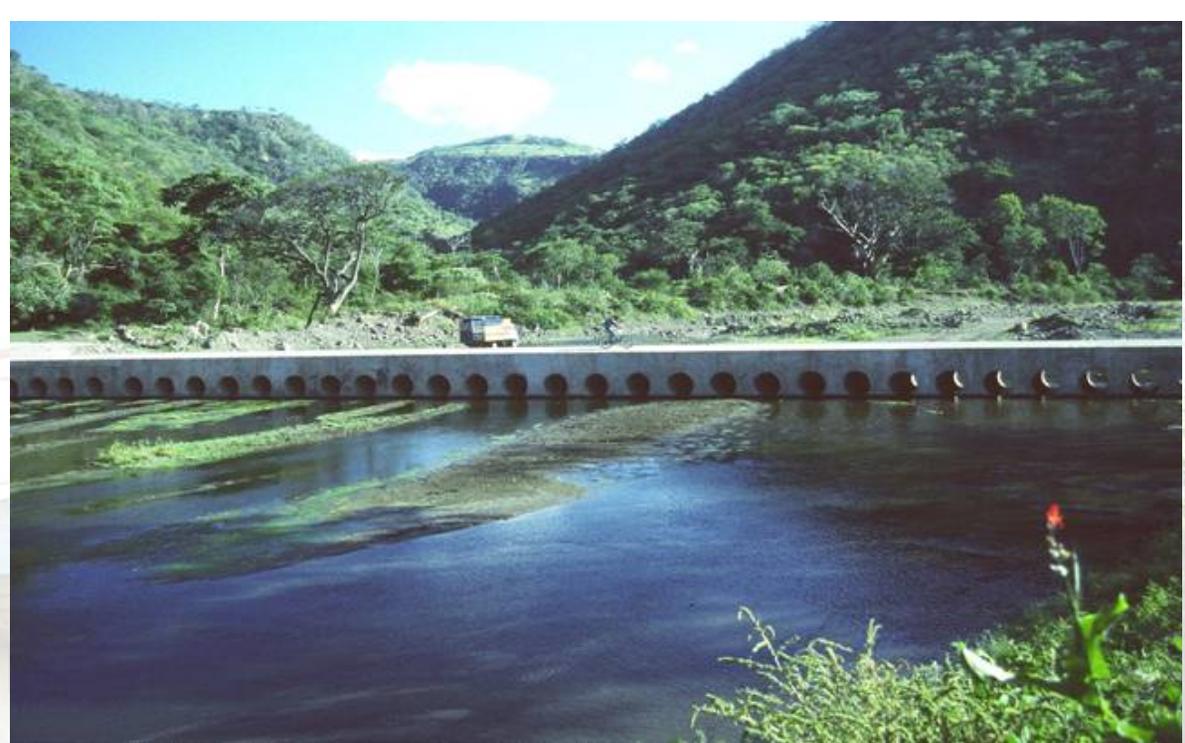
- Velocidad del agua
- Calado
- Saltos de agua (salidas colgadas)
- Profundidad del estanque de salida del paso

3. Determinar el % de franqueabilidad



Determinación del porcentaje de paso





¡ Las excepciones son frecuentes !



- Evitar el cruce de la vía sobre el curso de agua (**rectificar el trazado**).
- **Puente tradicional**: la alternativa menos agresiva
- En caso de escoger un paso de agua, y salvo que existan razones para la exclusión de determinadas especies, el **paso ideal** es aquel que:
 1. Mantiene la conectividad ecológica del río.
 2. Permite el paso de todas las especies acuáticas.
 3. Permite el normal desarrollo de los procesos ecológicos del río.

- Por orden de preferencia:
 1. Métodos de imitación fluvial.
 2. Método hidráulico.
 3. Empleo de deflectores y escalas de peces.



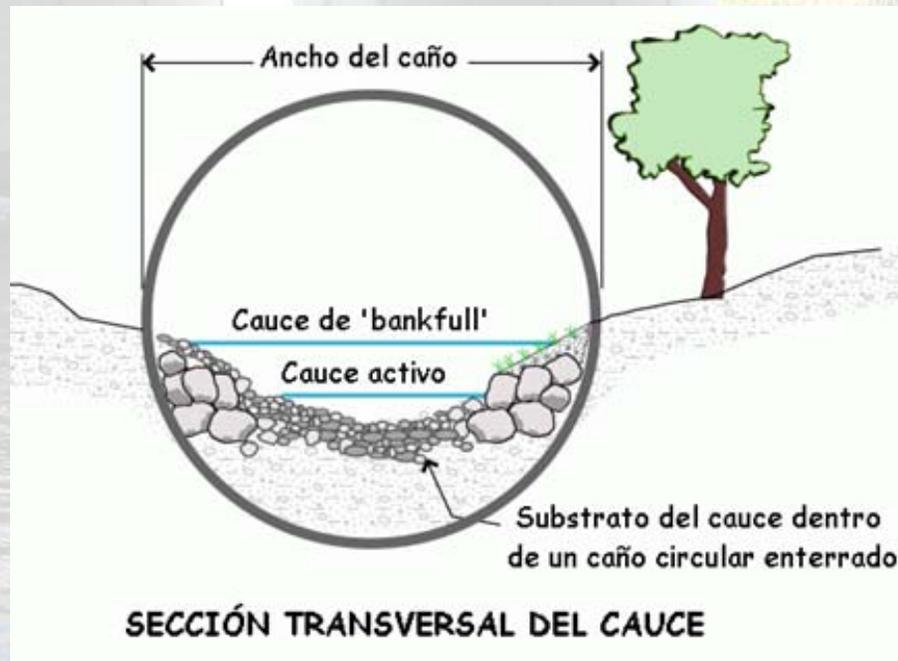
- Falta de datos biológicos de la inmensa mayoría de las especies acuáticas.
- Principio de la simulación fluvial: mimetizar lo más fielmente posible el curso natural.
- El caño es igual o más ancho que el cauce natural adyacente con un lecho natural continuo y estable en su interior y con una morfología y perfil longitudinal similar a la del curso natural.
- Dos variantes:
 1. Método del cauce activo o de la pendiente nula.
 2. Simulación fluvial.

I. Método del cauce activo (NOOAA, 2001) o de la pendiente nula (Bates *et al.*, 2003)

- Simplificación del método de simulación fluvial: pasos de agua **horizontales** (pte. 0%) de **sección** lo suficientemente **ancha** y **enterrados parcialmente** en el lecho del río.
- Objetivo: Favorecer la formación de un **lecho estable** en el interior del paso.
- Solución óptima para cauces de poco gradiente (<3%) y pasos de no mucho desarrollo (<30 m).

I. Método del cauce activo: Recomendaciones.

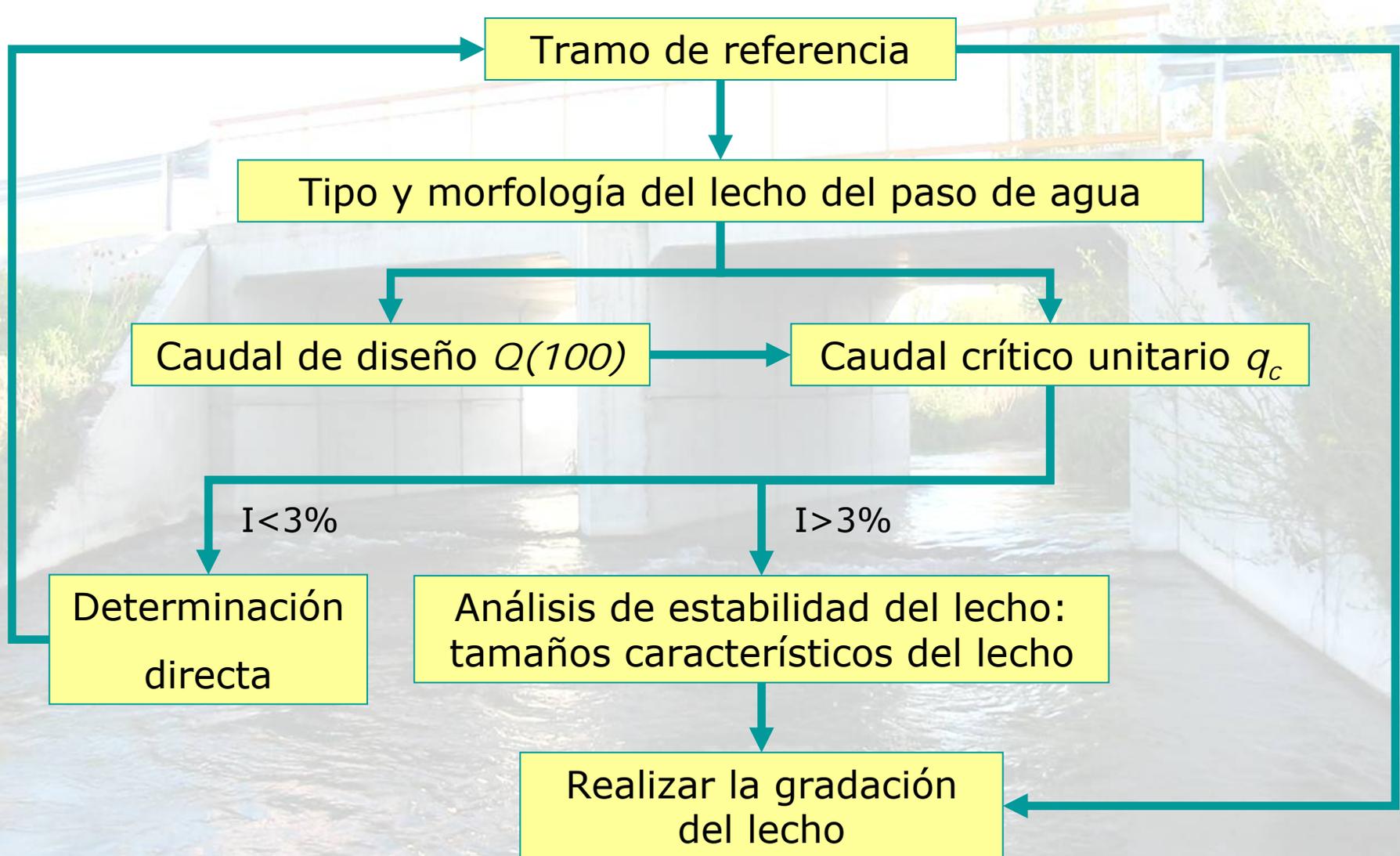
- Ancho interior del caño $\geq 1,5$ Ancho activo del cauce
- Pendiente longitudinal nula (0%).
- Paso **parcialmente enterrado** en el lecho del río: sección de salida al menos un 20% de la altura interior del caño / sección de entrada no más de un 40%.



II. Simulación fluvial (Bates *et al.*, 2003)

- Pasos de agua muy largos (>30 m) o cursos de agua con fuertes pendientes (<6%)
- Diseño **más complejo** (cauces rugosos en pendientes fuertes): información hidrológica y geomorfológica.
- Método **limitado a cauces naturales “estables”** dentro de unos rangos de caudales amplios. No adecuado en cursos inestables con continuos procesos de recrecimiento, incisión, desborde...

II. Simulación fluvial: Proceso de diseño.



II. Simulación fluvial: Tipo y morfología.

- Normalmente se usan caños de **sección abierta** (aprovechar el lecho natural del río). También caños de sección cerrada: requieren todo el proceso anterior.

- **Ancho del lecho** del paso de agua (Bates *et al.*, 2003):

$$1,3 A_{bankfull} < A_{lecho} < 1,6 A_{bankfull}$$

$$A_{lecho} \cong 1,2 A_{banckfull} + 0,62 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro del paso} \geq 1,1 A_{lecho}$$

- **Pendiente longitudinal** similar a la del cauce e inferior al 6%
- Límite de **aplicabilidad por pendiente** (Bates *et al.*, 2003):

$$R = I_{lecho} / I_{cauce}$$

$$R > 1,25 \text{ método hidráulico}$$

- Paso **enterrado entre un 30-50%** de su altura o diámetro interior.

II. Simulación fluvial: Análisis de estabilidad del lecho.

- **Pendiente longitudinal** – Movilidad del material lecho.
- En cauces con pendientes moderadas/fuertes ($>3\%$), debido al estrechamiento del cauce natural creado en el interior del paso, las fuerzas de arrastre ligadas a un determinado caudal son mayores que en el río: mayor facilidad de lavado del material de calibre grueso cuando no existe posibilidad de que sea repuesto de forma natural desde aguas arriba.
- ¿Cuál es el **calibre** del material que debemos usar para crear un lecho estable en el interior del paso y como debe ser la distribución del mismo?  **Análisis de estabilidad del lecho**

II. Simulación fluvial: Análisis de estabilidad del lecho.

- Análisis de estabilidad del lecho: determinar el tamaño del material que estará en el **umbral de movimiento** para un **caudal crítico unitario** q_c , calculado a partir del **caudal de diseño** considerado $Q(100)$. Este tamaño será la **base estructural** de la obra.
- **Tamaño característico** D_n es el diámetro de la partícula que deja por debajo el $n\%$ de la muestra en el diagrama de distribución acumulado del material del lecho.
- **Mezcla bien distribuida del material**
 - Las **partículas de mayor tamaño** (D_{84} a D_{100}) son las más determinantes en la **estabilidad** y **funcionamiento** del cauce (rugosidad).
 - Las **partículas más pequeñas** son necesarias para rellenar los espacios dejados por el material grueso y proporcionar una **matriz bien ligada**, al tiempo que evitan una excesiva **porosidad del lecho** (infiltración).

II. Simulación fluvial: Análisis de estabilidad del lecho.

- **Caudal crítico unitario:** Relación entre el caudal de diseño (caudal asociado a un periodo de retorno de 100 años) y el ancho activo del cauce en el interior del paso.

$$q_c = Q(100)/A_{ac}$$

- Métodos de cálculo del tamaño característico del lecho en cauces rugosos naturales:
 - Uso directo del tramo de referencia ($I < 3\%$).
 - Bates *et al.* (2003): D_{84}
 - Robinson *et al.* (1998): D_{50}
- **Carácter experimental:** ¡usar dos o más para contrastar resultados!

II. Simulación fluvial: Análisis de estabilidad del lecho.

- Bates *et al.* (2003)

$$D_{84} = [3,45 S^{0,747} (1,25q_c)^{2/3}] / g^{1/3}$$

D_{84} = percentil 84% de la muestra (ft)

S = pendiente cauce propuesto

q_c = caudal crítico unitario (ft³/s/ft)

g = aceleración de la gravedad (ft/s²)

- ¡Usar con unidades inglesas!
- Se recomienda usar $Q(100)$ para el cálculo de q_c

II. Simulación fluvial: Análisis de estabilidad del lecho.

- Robinson *et al.* (1998)

$$q_c = 9,76 \cdot 10^{-7} D_{50}^{1,89} S^{-1,5} \quad S < 0,1$$
$$q_c = 8,07 \cdot 10^{-6} D_{50}^{1,89} S^{-1,5} \quad 0,1 \leq S \leq 0,4$$

- Unidades SI (D_{50} (mm))
- Ecuaciones determinadas con ensayos con material 15-278 mm y pendientes 2-40%.
- Uso del caudal superficial (caudal total – caudal infiltrado)
- Grosor del lecho $2D_{50}$.

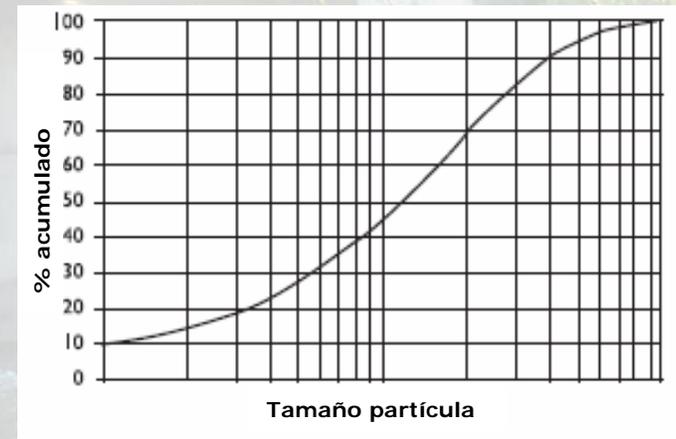
II. Simulación fluvial: Gradación del material del lecho.

- **Objetivo:** mezcla bien distribuida que proporcione una matriz estable y poco permeable.
- **Ratios** basados en las curvas granulométricas acumuladas de cauces naturales (Bates *et al.*, 2003):

$$D_{84}/D_{100} = 0,4$$

$$D_{84}/D_{50} = 2,5$$

$$D_{84}/D_{16} = 8,0$$



- El material de calibre grueso (D_{84} a D_{100}) usado para la formación del lecho debe ser duradero; similar al que se puede observar en el tramo de referencia del río y, por motivos de estabilidad, al menos tan angular como él.

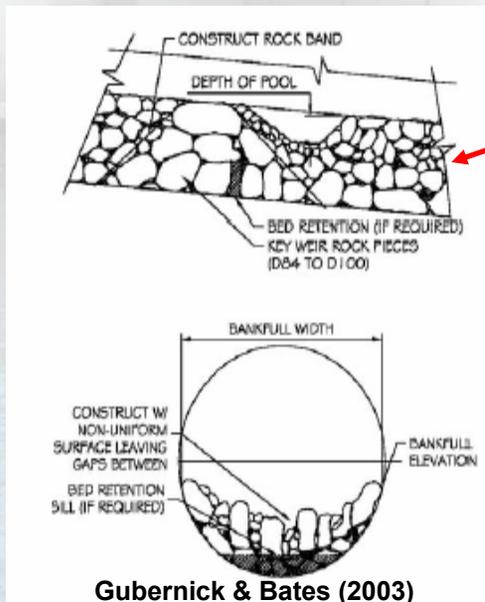
II. Simulación fluvial: Gradación del material.

- Ejemplo:

% pasa	Luz criba	% mezcla correspondiente al intervalo
D_{100}	750 mm	16% de 300 a 750 mm
D_{82}	300 mm	34% de 120 a 300 mm
D_{50}	120 mm	34% de 48 a 120 mm
D_{16}	48 mm	16% de 0 a 48 mm*

* Con un porcentaje fijo de finos (< 2mm) del 7%

- Espesor del lecho $\geq 2D_{100}$



III. Ventajas e inconvenientes

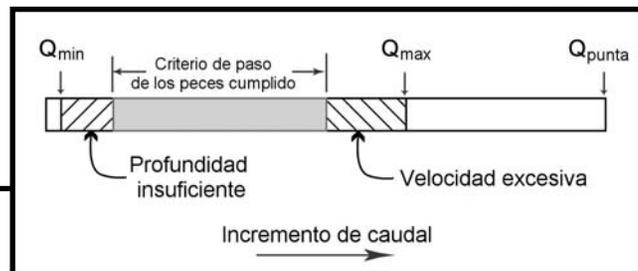
Ventajas

- Carácter ecológico
- No hace falta conocer los perfiles biológicos de las especies ni conocer sus periodos de migración
- No requiere del cálculo de los caudales de paso ni de las variables hidráulicas del paso
- Menores costes de vigilancia ambiental, mantenimiento y conservación de la obra

Desventajas

- Exige pasos de mayores dimensiones
- Método joven con poca experiencia práctica
- Los cálculos se complican para pendientes medias/fuertes ($>3\%$)
- ¡Pendientes $>6\%$!

Análisis de franqueabilidad



Análisis de 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 de nado (velocidad de nado, capacidad de salto) y necesidades biológicas mínimas de paso (profundidad Mínima)

Comparar

Condicionantes hidráulicos (Caño)

- Determinación de los caudales de paso durante el periodo de migración de la especie objetivo
- Estimación de la situación hidráulica en el caño para esos caudales de paso: velocidad del agua, profundidad, existencia de 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 infranqueable: algún condicionante biológico no es respetado durante más del 10% del tiempo de migración de la especie objetivo.

Caño parcialmente franqueable: algún condicionante biológico no se respeta entre el 0 y el 10% del tiempo de migración de la especie objetivo

Caudales de paso (Q_{max} y Q_{min}) definen el rango de caudales para los que se debe realizar el análisis con vistas a garantizar la franqueabilidad. Normalmente Q_{10} y Q_{90} : caudales superados el 10%-90% del tiempo durante el periodo de migración.

Especie		Trucha común <i>Salmo trutta</i> m. <i>fario</i> 15 cm	Reo <i>Salmo trutta</i> m. <i>trutta</i> 35 cm	Salmón atlántico <i>Salmo salar</i> 60 cm
$v_{punta}^{(1)}$ en función de la longitud del caño (m/s)	$L < 20$ m	1,25 ⁽²⁾	1,60 ⁽²⁾	2,50 ⁽²⁾
	$20 \leq L \leq 30$ m	1,00 ⁽²⁾	1,50 ⁽²⁾	2,00 ⁽²⁾
	$L > 30$ m	0,80 ⁽³⁾	1,25 ⁽³⁾	1,75 ⁽³⁾
Calado mínimo (m)		0,10	0,15	0,30
Salto máximo a la salida (m) ⁽⁴⁾		0,20	0,30	0,50

⁽¹⁾ Velocidad punta o sostenida del pez. La velocidad media del agua en el caño debe ser menor que los valores indicados.

⁽²⁾ Valores de la velocidad punta para temperaturas del agua de 5° C.

⁽³⁾ Valores de la velocidad sostenida para temperaturas del agua de 5° C.

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

- Con la ecuación de Manning y la geometría del caño se puede calcular los **valores extremos** de profundidad y velocidad durante el periodo de migración: ($y(Q_{min})$) y ($v(Q_{max})$).

$$Q = v S = 1/n S R_h^{2/3} I^{1/2}$$

Régimen uniforme

- Determinar la **profundidad mínima** y_{min} (datos biológicos de la especie) y la **velocidad máxima** v_{max} del agua con la que el pez puede atravesar con éxito el caño:

$$v_{max} = v_{pez} - (L/t_{ex})$$

v_{pez} = velocidad sostenida o punta del pez (m/s) L = longitud del caño (m)

t_{ex} = tiempo de extenuación (s) según la especie y el tipo de velocidad considerado

- **Comprobaciones básicas:**

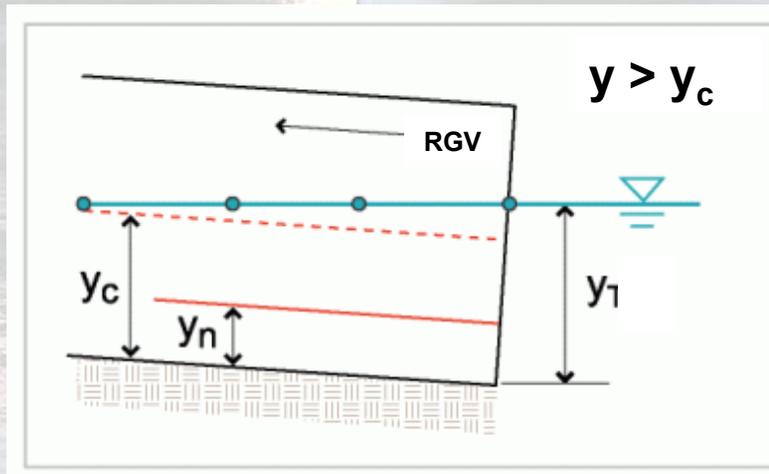
$$y(Q_{min}) \geq y_{min}$$

$$v(Q_{max}) \leq v_{max}$$

- **Salida colgada:** altura del salto y existencia de profundidad suficiente al pie del salto ($1,5 L_{pez}$).
- **Régimen no uniforme:** Curvas de remanso.

Nivel del río aguas abajo $> y_c / y_n$ sección de salida del paso

- Características: Remansamiento del flujo en todo o parte del caño aumenta la profundidad y disminuye la velocidad del agua.
- Mejora de las condiciones del paso. Suponer la existencia de régimen uniforme es hacer un análisis más simplista pero más conservador (lado de la seguridad).
- ¡Resalto hidráulico!



III. Ventajas e inconvenientes

Ventajas

- Exige pasos de menores dimensiones
- Gran experiencia práctica
- Diseño, seguimiento y control de pasos

Desventajas

- Método selectivo (especie/fases objetivo)
- Requiere conocimientos de la biología de las especies objetivo, de hidrología (caudales de paso) y del comportamiento hidráulico del caño para esos caudales
- Uso limitado a pendientes bajas $<0,5\%$ ($<3,5\%$)

- Estructuras ajenas al paso que se instalan en su interior para **aumentar la rugosidad hidráulica** del conjunto y solucionar los problemas debidos a una escasa profundidad o a una velocidad excesiva del agua.
- Permiten subir la pendiente del paso hasta valores en torno al **3,5%**.
- Numerosas alternativas de diseño.
- Elementos que reducen la sección útil del caño: **¡cuidado con la funcionalidad y la estabilidad de la obra!**



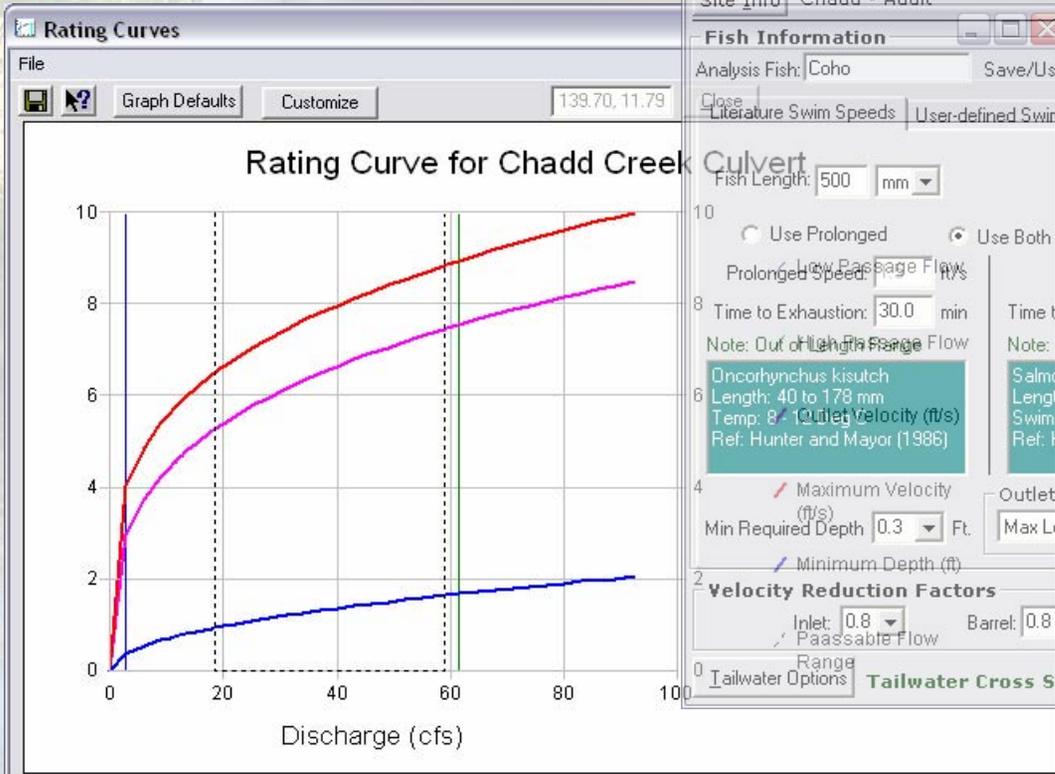
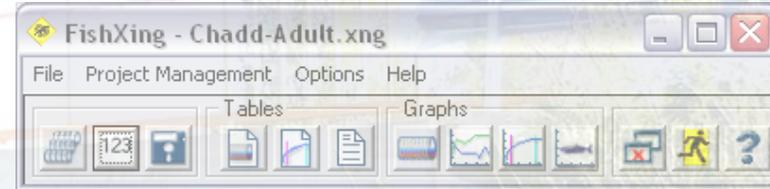
- Culvertmaster (Haestad Methods), HEC-RAS (US Army Corp of Engineers), FlowPro (ProSoft Apps), HY8 Culvert Analysis (US Federal Highway Administration)...
- **FishXing V 3.0** (Watershed Continuum Project, USDA Forest Service).
 - Libre acceso, entorno Windows.
 - Programa dedicado exclusivamente al análisis de paso de los peces en caños.
 - Base de datos biológica con multitud de especies piscícolas (base de datos abierta).
 - Gran variedad de posibilidades en el análisis hidráulico: régimen uniforme, perfiles hidráulicos, régimen gradualmente variado (incluyendo resaltos hidráulicos)...
 - Permite el cálculo de pasos múltiples, cambios de pendiente en el interior del paso...



FishXing

Modelo FishXing 3.0.:

Determina si un paso de agua (existente o en proyecto) mantiene las condiciones mínimas de franqueo para un intervalo de caudales previamente definido, identificando e indicando las situaciones conflictivas.



Culvert Input for Chadd - Adult
Stream Name: Chadd Creek

Fish Information
Analysis Fish: Coho
Fish Length: 500 mm

Culvert Information
Culvert Type: Circular
Diameter: 108 in
Material: Structural Plate (6X 2 in corr)

Performance Data
Use Prolonged, Use Both, Use Burst
Prolonged Speed: 2.0 ft/s
Burst Speed: 2.0 ft/s
Time to Exhaustion: 30.0 min
Time to Exhaustion: 5.0 s

Fish Passage Flows
Low: 2.8 cfs
High: 61.6 cfs



Permite seleccionar o calcular las velocidades de **sostenida** y de **sprint** para más de 80 especies de peces tomadas de una amplia selección de publicaciones científicas.

Literature Swim Speeds

Use Swim Speed Reference

Species:

Salvelinus fontinalis (Brook Trout)						
Length Range (mm)		Temp Range	Time Range (s)		Swim Speed	
Min	Max	(Deg C)	Min	Max	(ft/s)	Reference
40	270	15	-	-	Calculated	Hunter and Mayor (1986)
42	260	15	-	-	Calculated	
108	108	15	10	3600	Calculated	

Notes
No Burst swimming references available for Salvelinus fontinalis (Brook Trout)





Natación

Velocidad existente $>$ Velocidad sostenida

Sí

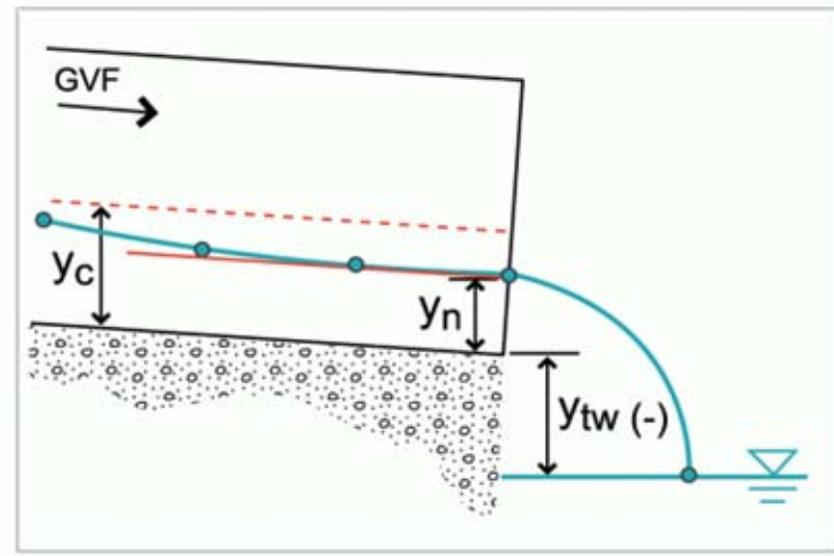
Velocidad sprint

Tiempo total sprint $>$ Tiempo extenuación

Sí

Barrera

Caudal vertiente / Salto



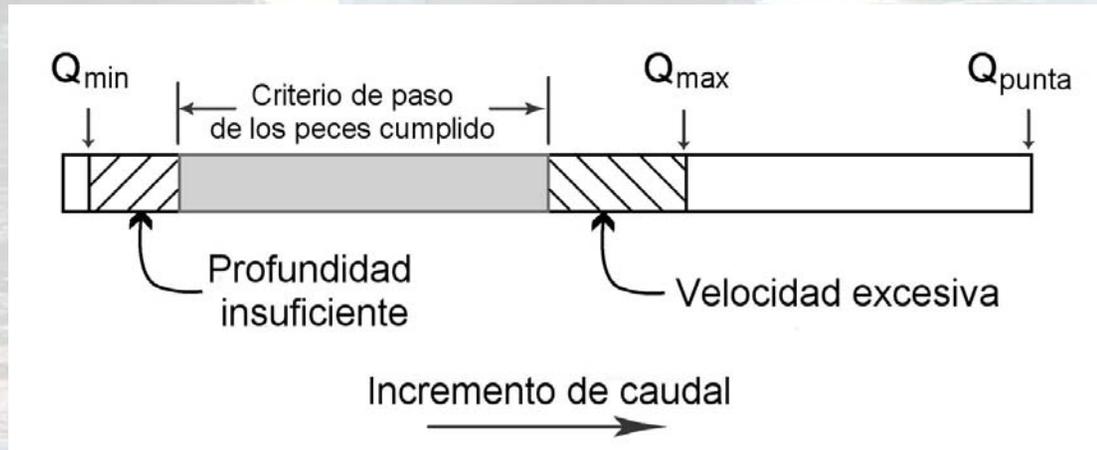


FishXing: Informe del estatus del paso

Fish Passage Summary

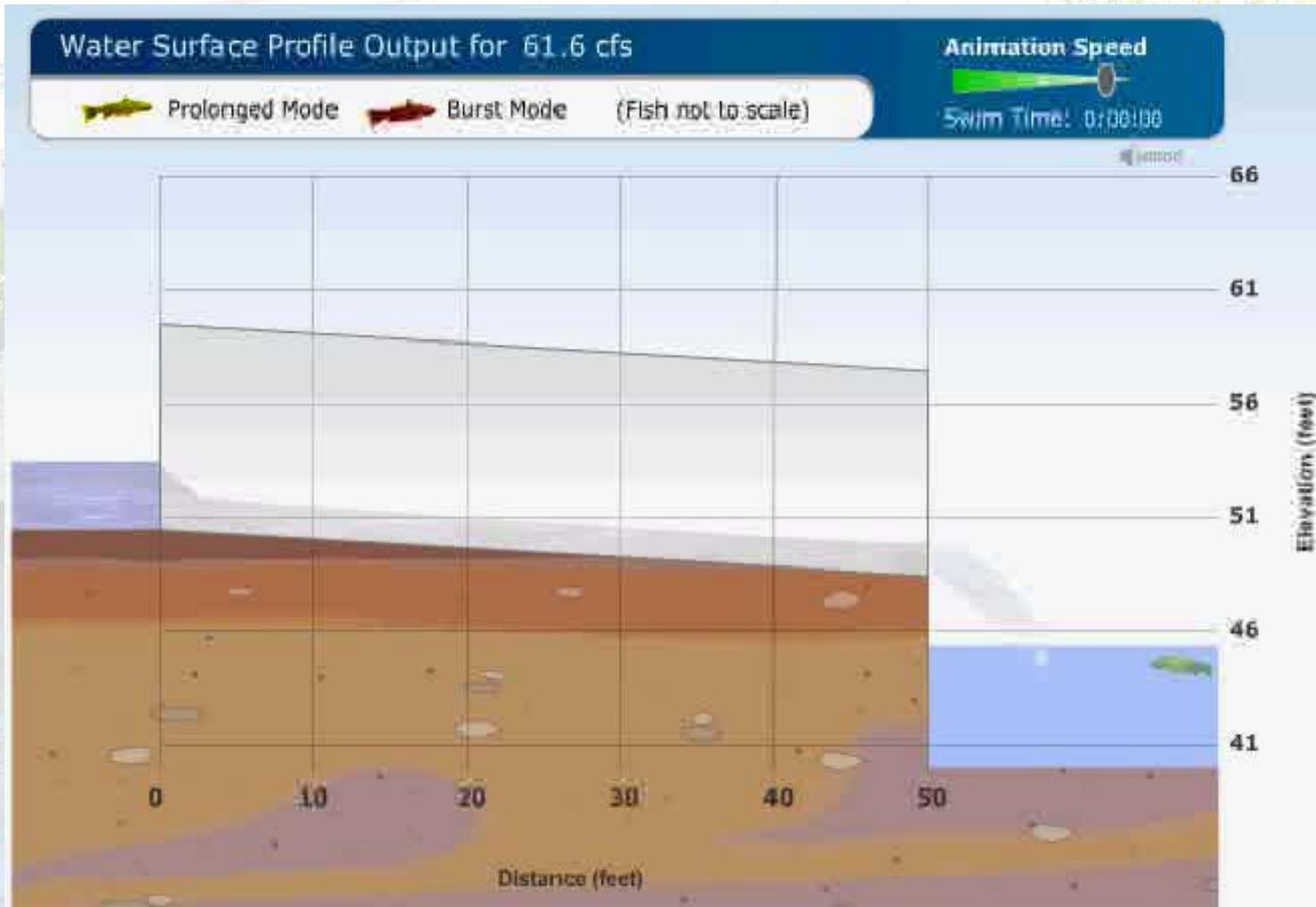
Low Passage Design Flow	1.00 cfs
High Passage Design Flow	20.00 cfs
Percent of Flows Passable	43.3 %
Passable Flow Range	5.30 to 20.00 cfs
Depth Barrier	0 to 5.30 cfs
Outlet Drop Barriers	None
Velocity Barrier - EB	8.81 cfs and Above
Pool Depth Barrier	None

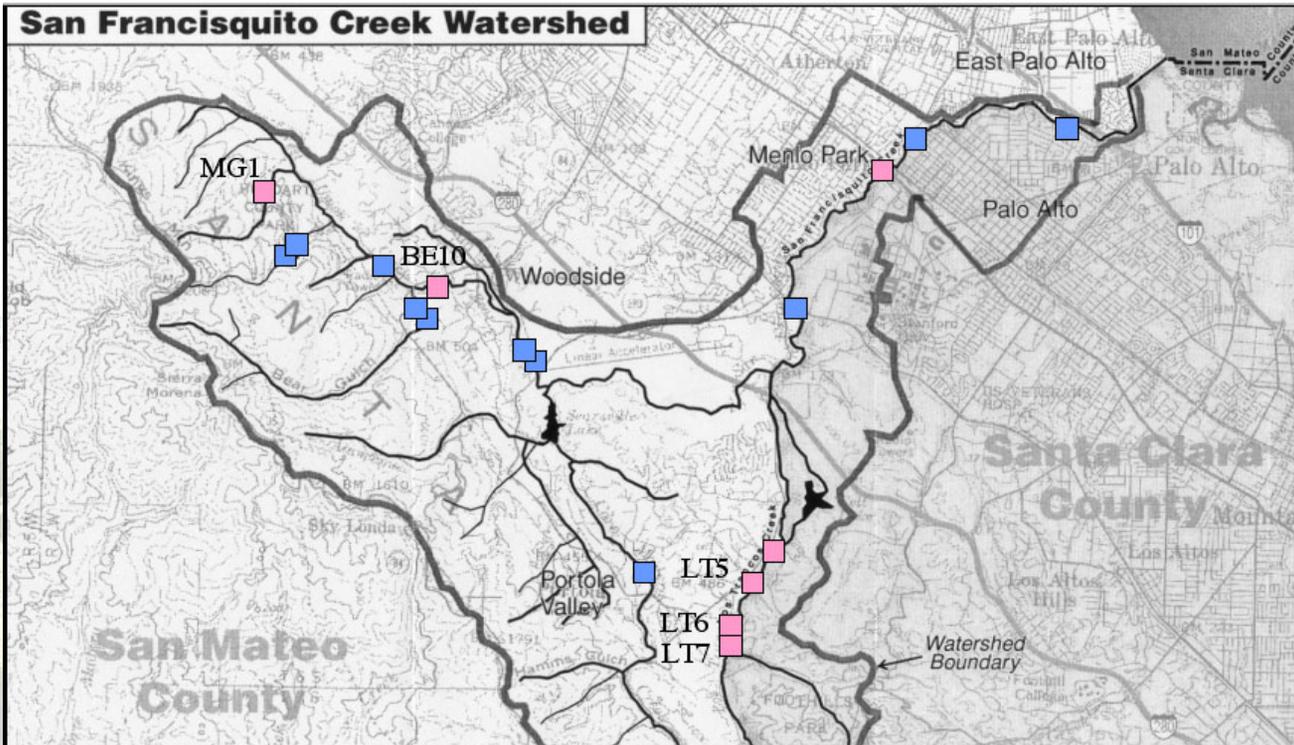
Informa sobre el **intervalo de caudales** para los que el franqueo de los peces es efectivo dentro del intervalo de caudales de paso considerados ($Q_{min} - Q_{max}$)





Además de gráficos y tablas, FishXing traduce los resultados numéricos del análisis en una simulación de nado para las condiciones de paso propuestas





FishXing permite organizar una base de datos de todos los pasos de agua existentes con vistas a **priorizar** las actuaciones.

Project Summary

Culvert Summary in Project Inventory Samples

Stream Name	Culvert Type	Culvert Length	Species	Age Class	Low Passage Flow	High Passage Flow	Percent Passable QLP to QHP	Limitations at QLP
Anderson Creek	162 X 114 in Pipe-Arch	60 ft	Steelhead	Adult	1 cfs	83 cfs	100.0%	NONE
Chadd Creek	108 in Circular	92 ft	Steelhead	Juvenile	2.8 cfs	61.6 cfs	0.0%	Leap; EB
McCready Gulch	10 X 10 ft Box	102 ft	Steelhead Trout	Adult	5 cfs	10.3 cfs	47.0%	Depth
N.F. Anker Creek	72 in Circular	60 ft	Steelhead	Adult	1.3 cfs	35.5 cfs	0.0%	Leap; Depth
NF Streehoh Creek	48 in Circular	28 ft	Coho	Adult	3 cfs	30 cfs	28.0%	Depth; Pool
NF Streehoh Creek	48 in Circular	28 ft	Coho	Juvenile	3 cfs	4.7 cfs	0.0%	Leap; Depth; Pool

Percent Passable QLP to QHP

100.0%

0.0%

47.0%

0.0%

28.0%

0.0%

Culvert Operations

Add Open Delete Copy Print List Change Project



Priorizar la corrección de los pasos de agua:

- Beneficio en términos **ecológicos**: tipo de barrera, cantidad de hábitat abierto a las especies acuáticas, estado de conservación de las poblaciones, presencia de especies exóticas...
- Aspectos **económicos**: coste de reparación.
- Aspectos **logísticos**: accesibilidad, oportunidad de obra, disponibilidad de mano de obra...
- Aspectos **políticos/administrativos**.
- Aspectos **sociales**.





Algunos enlaces donde encontrar más información:

www.stream.fs.fed.us/fishxing

Jorge García Molinos
garciamj@tcd.ie
jorgegamo@hotmail.com

Antonio Llanos

llanos@h2odesigns.com