

# Recomendaciones y principios básicos de la restauración de ríos y riberas

**Fernando Magdaleno Mas**

Área de Ingeniería Ambiental

Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas

CEDEX (Ministerio de Fomento)

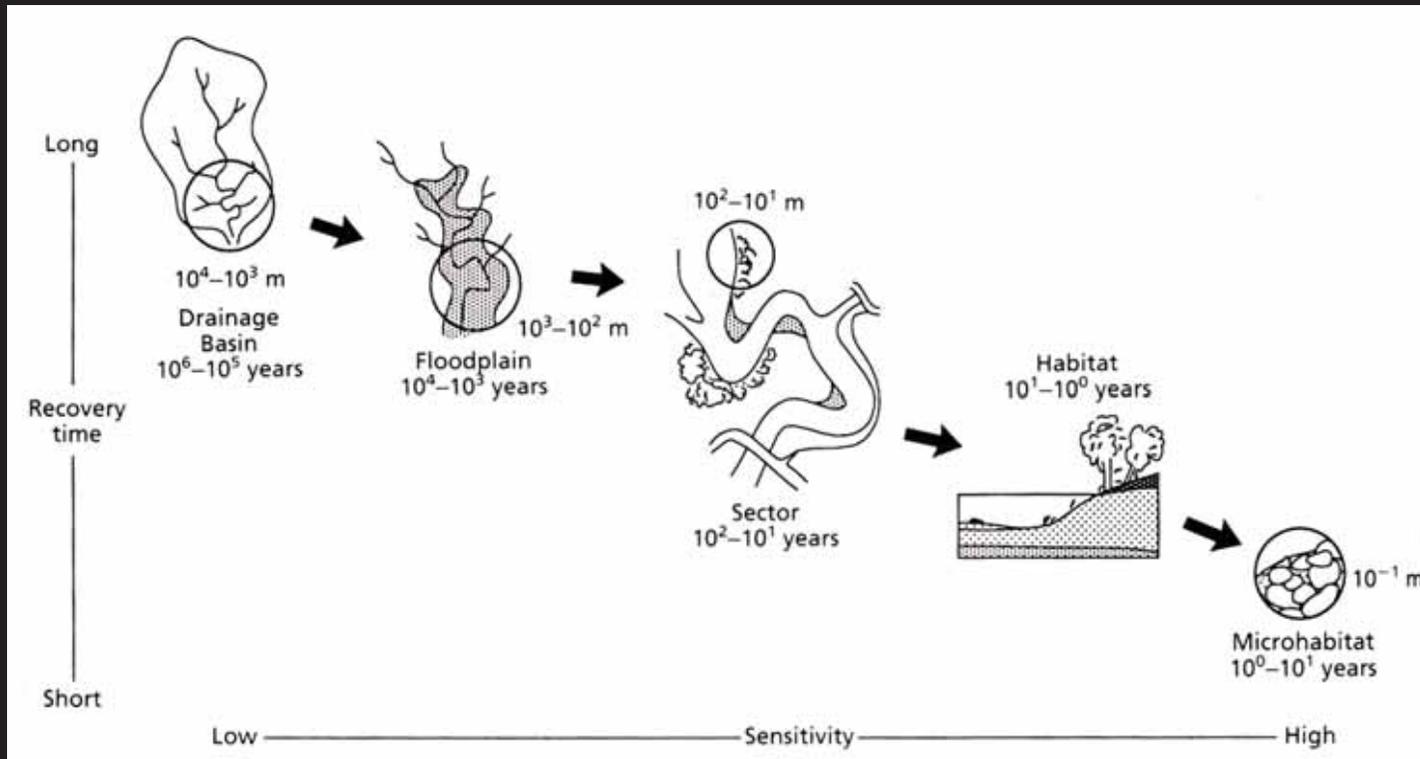
# La Restauración como concepto.

- Sociedad para la Restauración Ecológica (SER): proceso encaminado a la **recuperación de la integridad ecológica del medio**, sobre la base de la variabilidad propia de estas zonas, en términos de biodiversidad y procesos y funciones ecológicas, en un contexto regional histórico, en el que se tengan en cuenta también los usos tradicionales sostenibles.
- Proceso complejo que debe iniciarse con el reconocimiento de los factores de alteración naturales o de origen humano, responsables de la degradación de la estructura y funciones del ecosistema fluvial, o del deterioro en su capacidad de recuperación.
- La restauración incluye un amplio conjunto de medidas diseñadas para permitir la recuperación natural del equilibrio dinámico y las funciones de los ecosistemas ribereños. La primera de ellas, y posiblemente la más importante, es la eliminación de las actividades causantes de la degradación.

# La Restauración como concepto.

- **Restauración vs. rehabilitación, recuperación, mitigación o acondicionamiento.**
- La rehabilitación no comprende necesariamente el reestablecimiento de las condiciones anteriores a la degradación, sino que se dirige más bien al establecimiento de escenarios capaces de albergar los sistemas ecológicos naturales.
- La mejora y acondicionamiento incluyen una serie de actividades dirigidas a modificar la capacidad biofísica de un ecosistema, de forma que el ecosistema resultante es diferente al que existía con anterioridad a la recuperación.
- De esta forma, la restauración difiere de estas otras actuaciones en incluir un proceso holístico, que no se alcanza mediante el manejo individual de los distintos elementos que componen el sistema, sino conduciendo el proceso hacia la obtención de condiciones naturales originales en el ecosistema.
- No se puede hablar por tanto de restauración en aquellos casos en los que la actuación vaya encaminada a generar usos distintos, con un objetivo básicamente antrópico.

# La Restauración como concepto.



Organización jerárquica de un sistema fluvial en relación a la sensibilidad al deterioro y al tiempo de recuperación (Frissell *et al.*, 1986).

# Los niveles de restauración.

- No intervención, en aquellas ocasiones en que la simple eliminación de las causas de degradación son suficientes para conseguir una rápida recuperación de las condiciones originales del medio fluvial, y en las que una mayor intervención en el cauce puede ser incluso negativa para la evolución del sistema.
- Intervención parcial, como asistencia a la recuperación de las funciones y estructura del ecosistema. Este enfoque es especialmente oportuno en aquellos casos en que el corredor fluvial muestre signos de recuperación, pero que lo haga de forma tan lenta o incierta que un cierto grado de intervención pueda servir para mejorar o acelerar este proceso.
- Finalmente, la última opción es el manejo completo del sistema, actuando de forma sustancial, en los casos en los que la capacidad de auto-recuperación del ecosistema no es suficiente para alcanzar la estructura y dinámica naturales.

# Los niveles de restauración.



Degradación del bosque de ribera debida a la presión ganadera. Río Guadarrama.



Instalación de empalizadas de sauces (Fuente: CHG).



Recuperación de la sinuosidad, en un tramo del río Ravensbourne (Fotografía: RRC).



# Los objetivos de la restauración.

- Definición clara de objetivos.
- No se trata de establecer, en un escenario estático, las condiciones originales del ecosistema.
- Es preciso dotar al medio fluvial de las condiciones necesarias para que él mismo alcance y mantenga las condiciones dinámicas naturales.
- Distintas funciones del corredor ripario pueden justificar la restauración, como por ejemplo la estabilidad de las orillas, la diversidad de hábitats o la biodiversidad del medio.
- La restauración puede tener como objetivo varias de estas funciones, aunque algunas de ellas pueden ser incompatibles, y pueden no ser especialmente importantes a lo largo de todo el tramo que es objeto de la restauración.

# Los objetivos de la restauración.

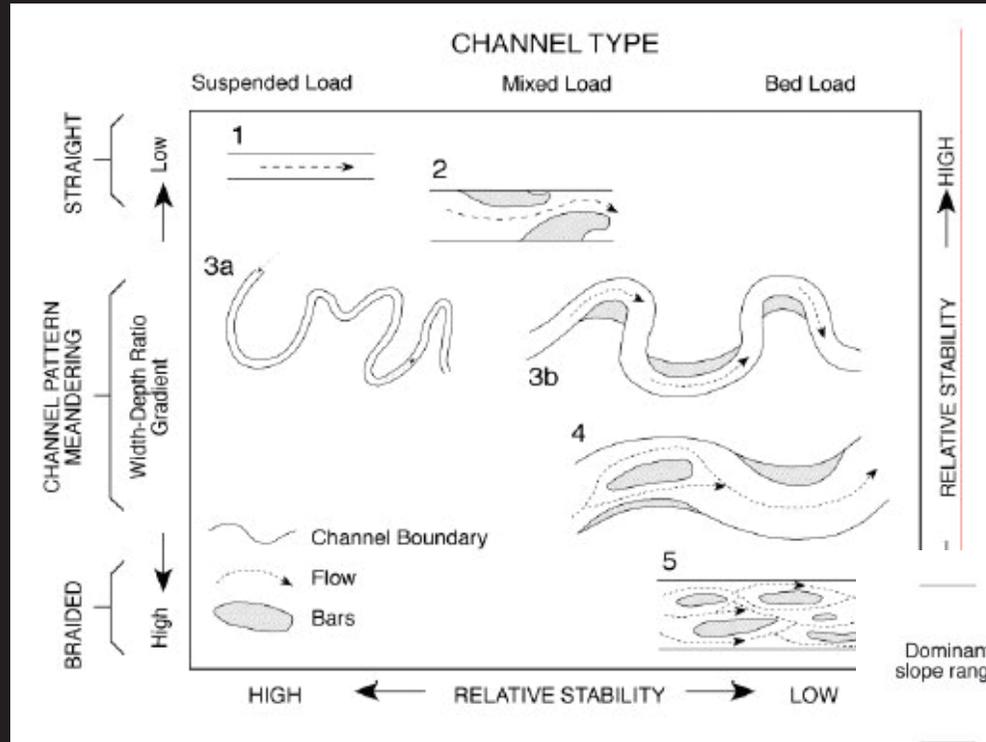
La restauración de ríos y riberas se ha venido utilizando con diferentes objetivos:

- mejora de hábitat fluviales.
- reducción del aporte de sedimentos y/o nutrientes.
- incremento de la calidad paisajística del sistema.
- estabilización de sistemas que sufren fuertes tasas de erosión.
- otros: disminución de los efectos negativos de la contaminación de las aguas, aumento de los valores recreativos, etc.



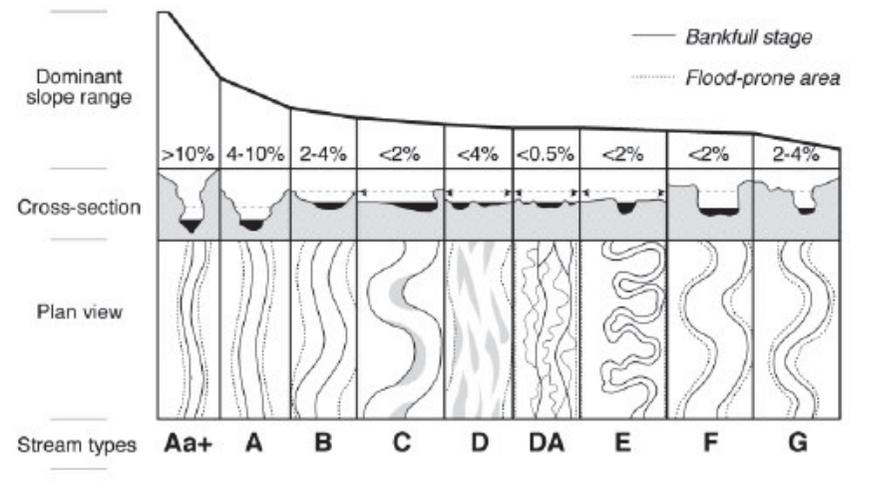
Instalación de islas flotantes para nutrias (Fuente: CHG)

# Los objetivos de la restauración.



Clasificación de tipos de cauce en función de la carga de sedimentos y de la estabilidad del sistema (Schumm, 1963).

Clasificación de ríos de Rosgen (1994), a partir del trazado en planta, perfil y tipos de sección.



# Establecimiento de un régimen de caudales favorable a la restauración.

- Toda restauración de ríos debiera comenzar por el reestablecimiento de un régimen hidrológico más cercano al régimen natural, especialmente en lo que concierne a la magnitud, frecuencia, duración y época de las avenidas.



Río Jarama (Madrid)

# Establecimiento de un régimen de caudales favorable a la restauración.

- Variable básica para la creación de hábitats en el medio fluvial, de una estructura y composición adecuadas en el bosque de ribera, de la conectividad longitudinal y transversal de materia y energía en el espacio fluvial (vía conservación de la dinámica natural del río), y de la puesta en valor del tramo restaurado, desde un punto de vista paisajístico, recreativo y cultural.



Río Cinca (Huesca)

# Establecimiento de un régimen de caudales favorable a la restauración.

- La inclusión en el régimen de caudales de valores asociados al mantenimiento de las variables que componen el sistema fluvial es por ello el primer paso en la consecución de actuaciones encaminadas a devolver al río su estructura y funciones naturales.



Río Cinca (Huesca)



Canal du Midi (Toulouse)

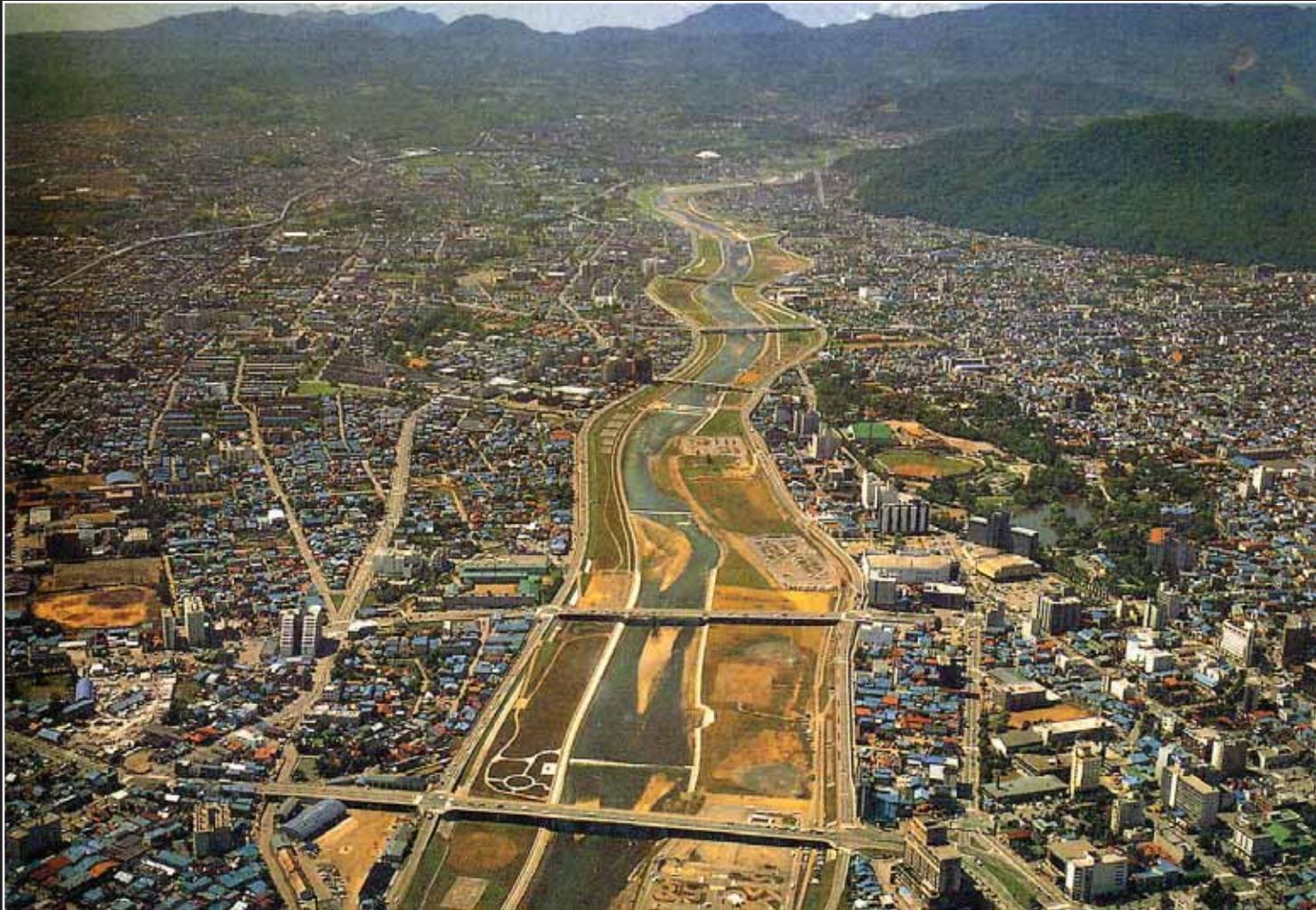
# Establecimiento de un régimen de caudales favorable a la restauración.

- Cataluña: 190 tramos fluviales críticos.
- Plan sectorial de caudales de mantenimiento de las cuencas internas.



Río Jarama (Madrid)

# Establecimiento de un espacio de libertad fluvial



# Establecimiento de un espacio de libertad fluvial



Fuente: CHG

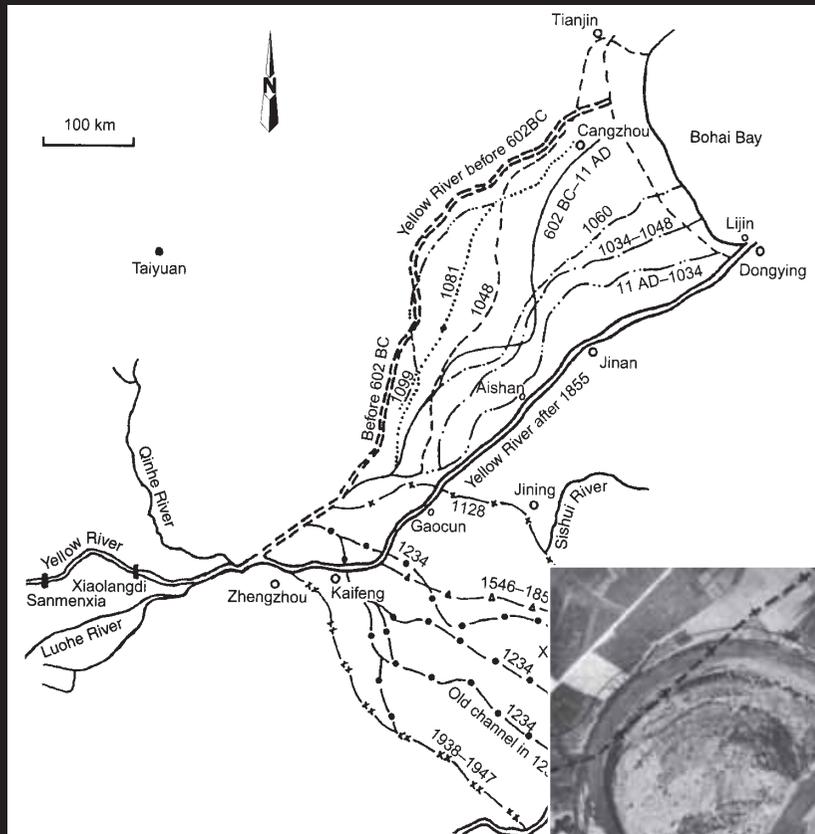
# Establecimiento de un espacio de libertad fluvial



Río Segura (Murcia)

# Establecimiento de un espacio de libertad fluvial

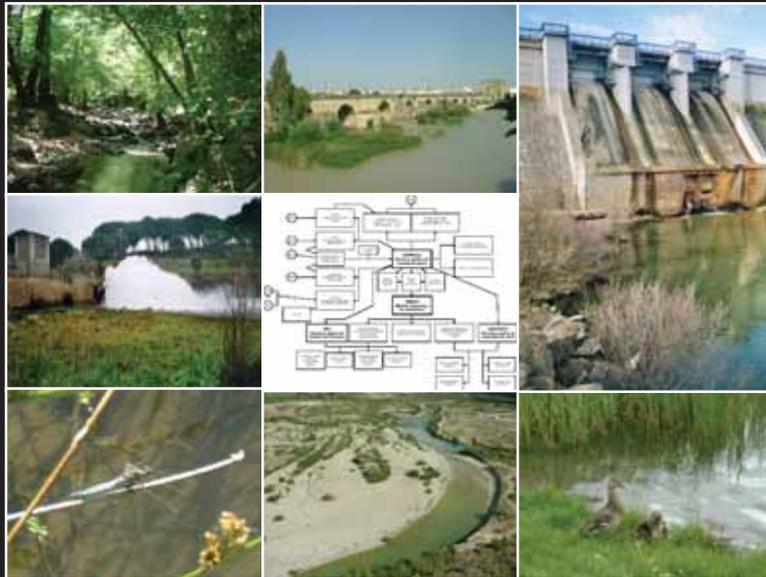
Río Ebro



Río Amarillo

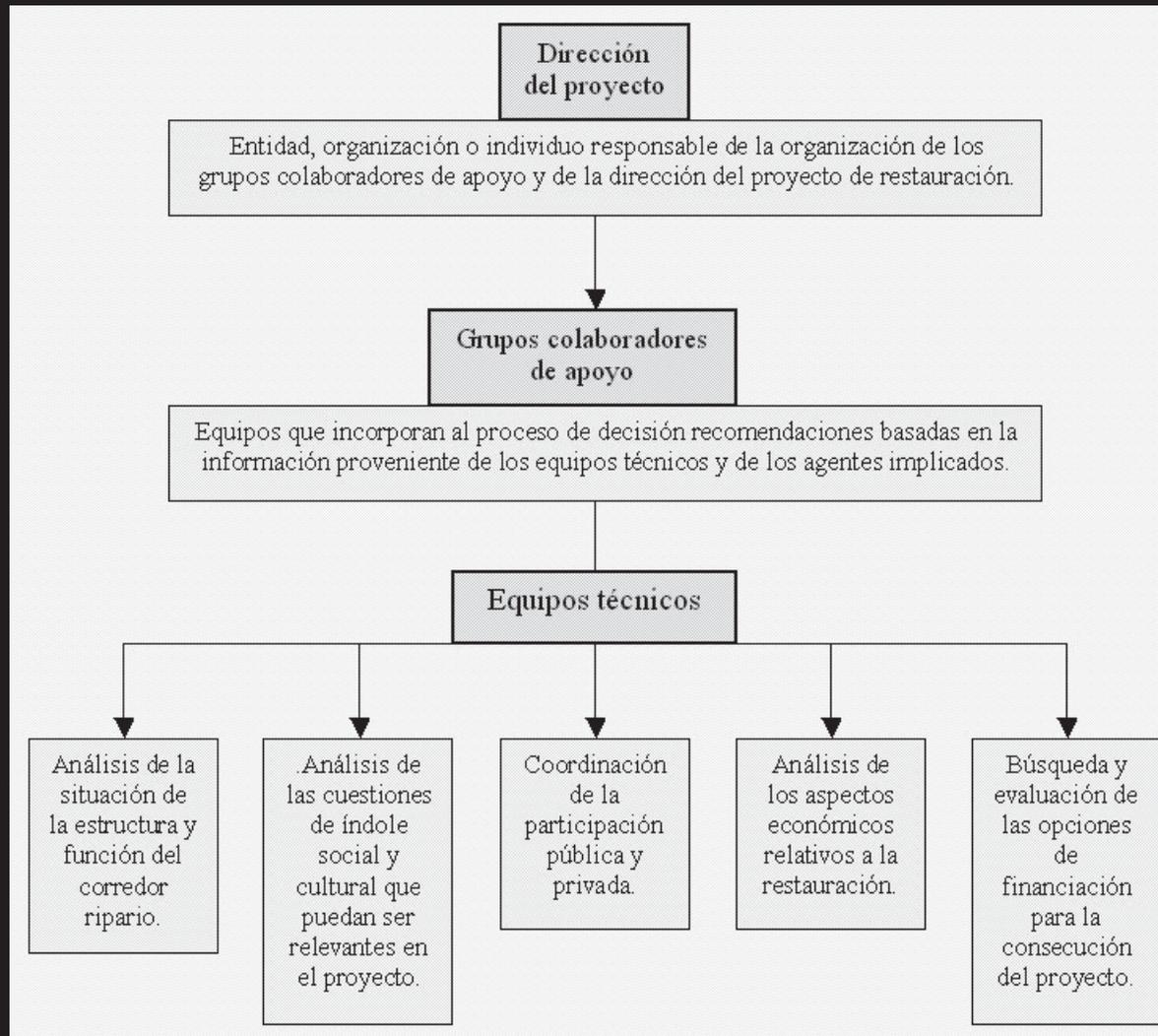
# El Plan de Restauración

- Un Plan de Restauración fluvial debe representar el marco en el que analizar las cuestiones críticas, problemas y necesidades que afectan al tramo objeto de la restauración, y en el que desarrollar los escenarios de trabajo con las partes implicadas.
- Esta es la forma de conseguir que la realización de estos trabajos no deje de lado ninguno de los procesos, formas y funciones que existen o deben existir en el medio fluvial, y que son clave para el éxito de la actuación



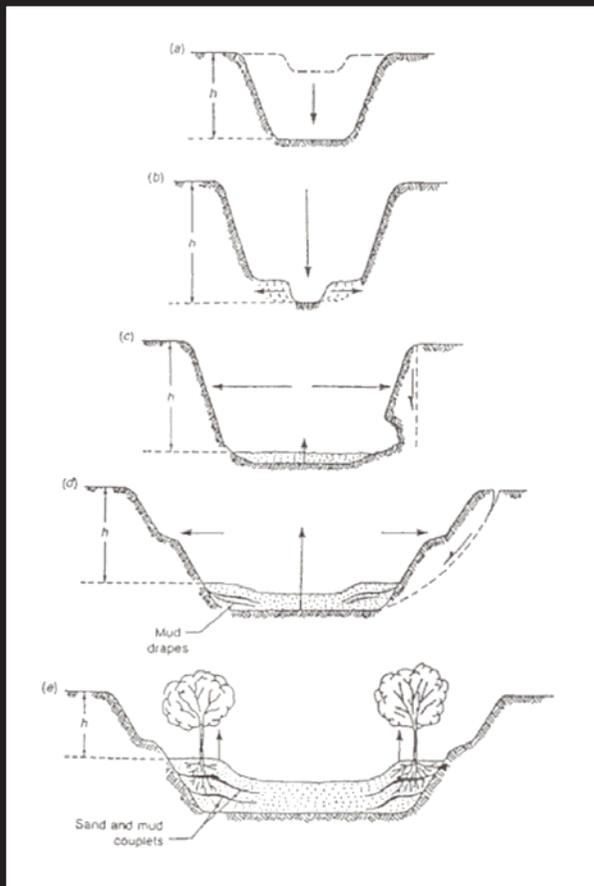
Río Tajo (Toledo)

# El Plan de Restauración



# El Plan de Restauración

- Las evaluaciones geomorfológicas.
- La integridad ecológica del ecosistema fluvial.



Río Zújar (Badajoz)

# El Plan de Restauración

## Las evaluaciones geomorfológicas.

- estudio general de la morfología y dinámica fluvial del río.
- evaluaciones más detalladas y completas:
  - estudios generales de planificación (estudios básicos de cuenca – *Catchment Baseline Studies*).
  - evaluación fluvial (*Fluvial Audit*), equivalente geomorfológico a una evaluación ambiental inicial, utilizada en la etapa de viabilidad de evaluación de un proyecto para contrastar que se esté utilizando una aproximación sostenible desde un punto de vista geomorfológico.
  - evaluación de la dinámica geomorfológica (*Geomorphological Dynamics Assessment*), como análisis cuantitativo de los problemas específicos existentes en un río.
  - guía de diseño asociada a la geomorfología (*Geomorphologically-Aligned Design Guidelines*).
  - el establecimiento de Evaluaciones Geomorfológicas Post-Proyecto (*Geomorphological Post-Project Appraisals*) resultaría vital como base para futuras mejoras en la gestión de los cauces.

# El Plan de Restauración

## Integridad ecológica del ecosistema fluvial.

- i. clasificación de las interacciones existentes en el medio fluvial.
- ii. identificación de los lugares y condiciones de referencia.
- iii. análisis de la información sobre la evolución del aprovechamiento de los recursos hídricos, el régimen hidrológico, la geomorfología y la vegetación de ribera.



Estany de la Llebeta (Lleida)



Río Genal (Málaga)

# El Plan de Restauración

## Integridad ecológica del ecosistema fluvial.

- debe incluir el análisis de las características y relación de los numerosos factores físicos, químicos y biológicos que tienen influencia en el estado ecológico del río.
- elevado número de indicadores y metodologías.



Río Najerilla (La Rioja)

# Las técnicas de restauración.

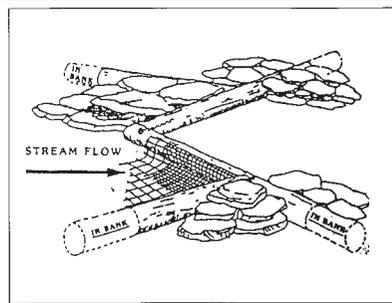


FIGURE 8-10. Low Stage check dam. (Seehorn, 1985)

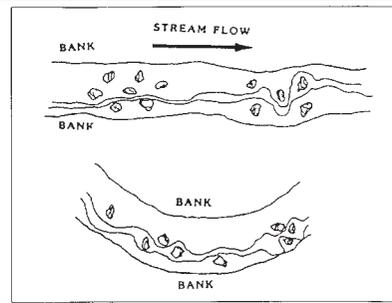


FIGURE 8-11. Boulder Placement. (USDT, 1979)

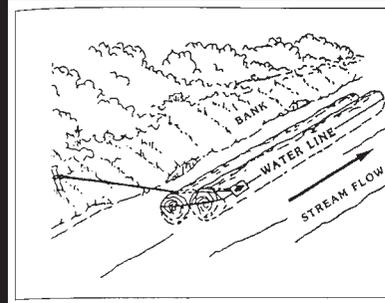


FIGURE 8-16. Floating log cover.

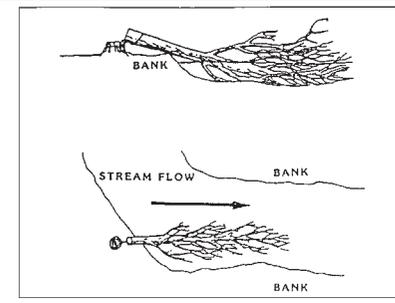


FIGURE 8-17. Submerged shelters. (Seehorn, 1985)

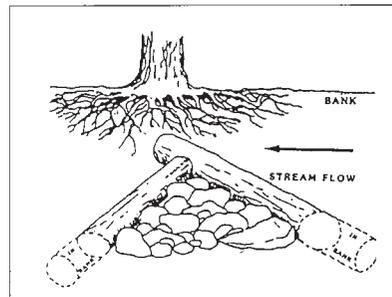


FIGURE 8-12. Single-wing deflector. (Seehorn, 1985)

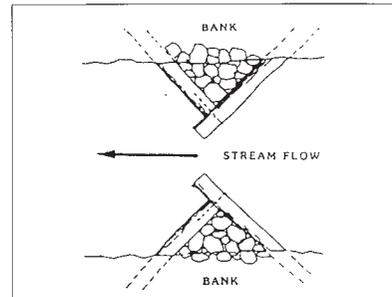


FIGURE 8-13. Double-wing deflector. (Seehorn, 1985)

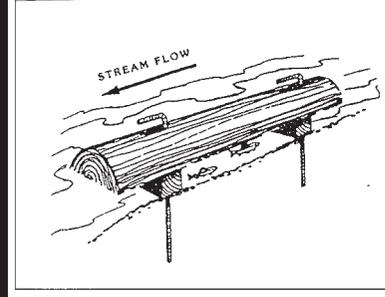


FIGURE 8-18. Half-log cover. (Hunt, 1977)

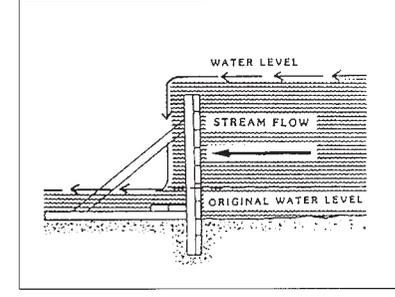


FIGURE 8-19. Migration barrier. (Culver, 1985)

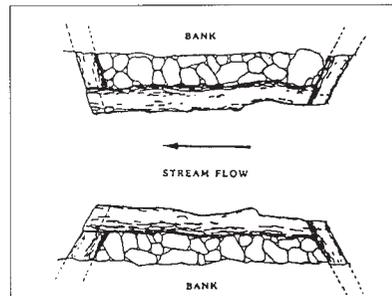


FIGURE 8-14. Channel constrictor. (Seehorn, 1985)

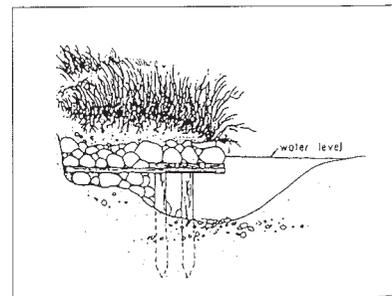


FIGURE 8-15. Bank cover. (White and Brynildson, 1967)

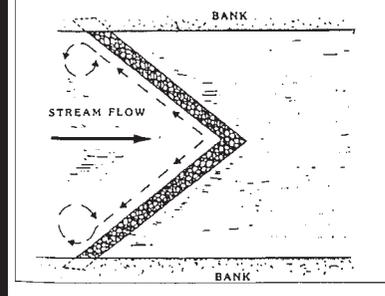


FIGURE 8-20. V-shaped gravel trap. (Reeves & Roelofs, 1982)

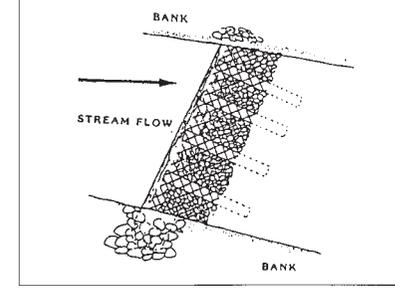


FIGURE 8-21. Log-sill gravel trap. (Reeves & Roelofs, 1982)

# Las técnicas de restauración.

$$\text{Potencia hidráulica (w/m}^2\text{)} = \rho g Q J$$

$\rho$  : densidad del fluido

$g$  : aceleración de la gravedad

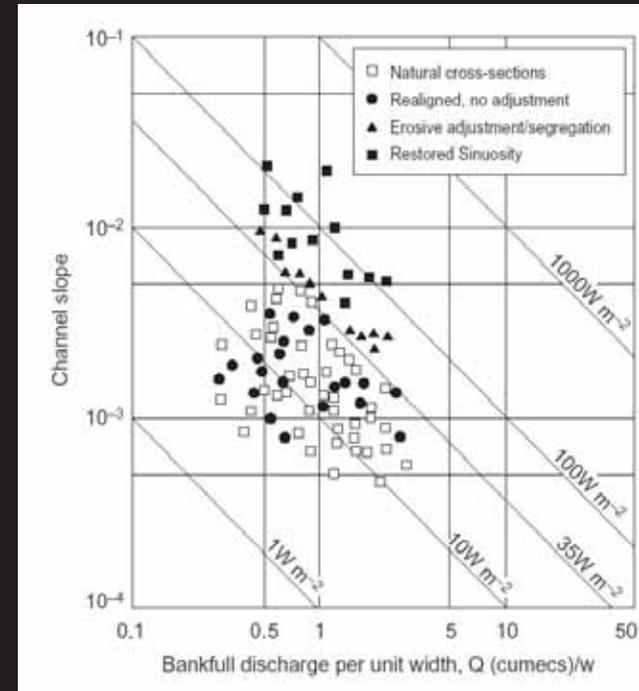
$Q$  : caudal de avenida ordinaria

$J$  : pendiente

## Inestabilidad para actuaciones:

Brookes (ríos británicos): recuperación propia de la sinuosidad para  $P > 35 \text{ w/m}^2$

Medida de la pendiente: tramo de cauce de longitud mínima 20 veces la anchura del cauce o dos longitudes de onda de meandros.



# Las técnicas de restauración.

## Restauración de hábitats piscícolas.

- Zonas de refugio
- Zonas de desove (frezaderos)
- Áreas de producción de alimento (macrobentos)
- Régimen de caudales
- Calidad del agua



Arroyo de Puente Ra (La Rioja)

# Las técnicas de restauración.



Simulación de escenarios: Río Sant Nicolau (Lleida)

# Las técnicas de restauración.



Utilización de materiales adaptados al terreno  
(Río Sant Nicolau, Lleida)



# Las técnicas de restauración.

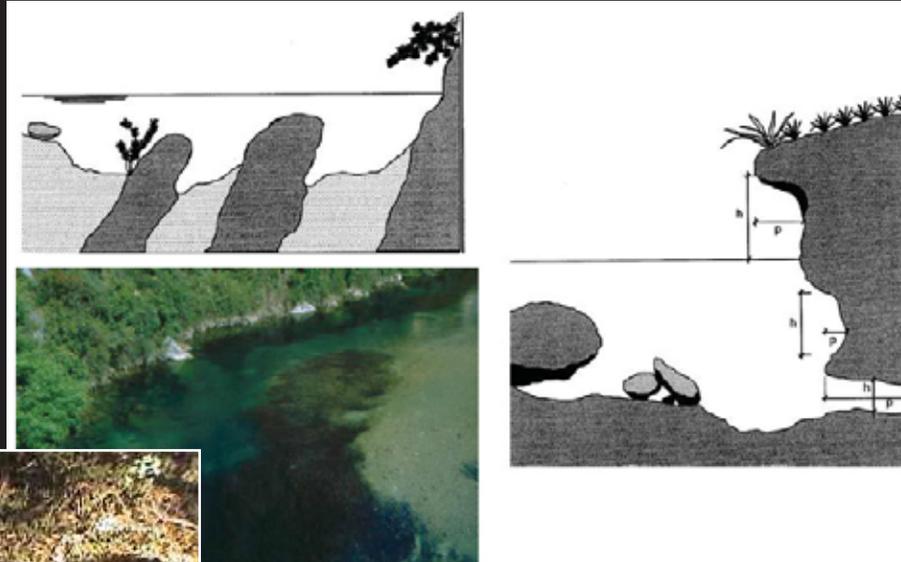


Utilización de materiales  
paisajísticamente integrables



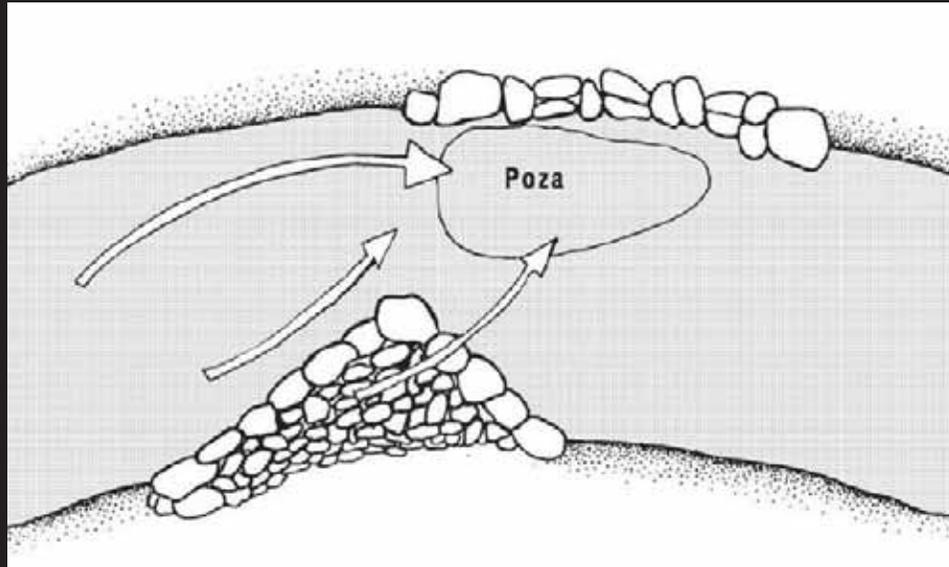
# Las técnicas de restauración.

Refugios - encueves

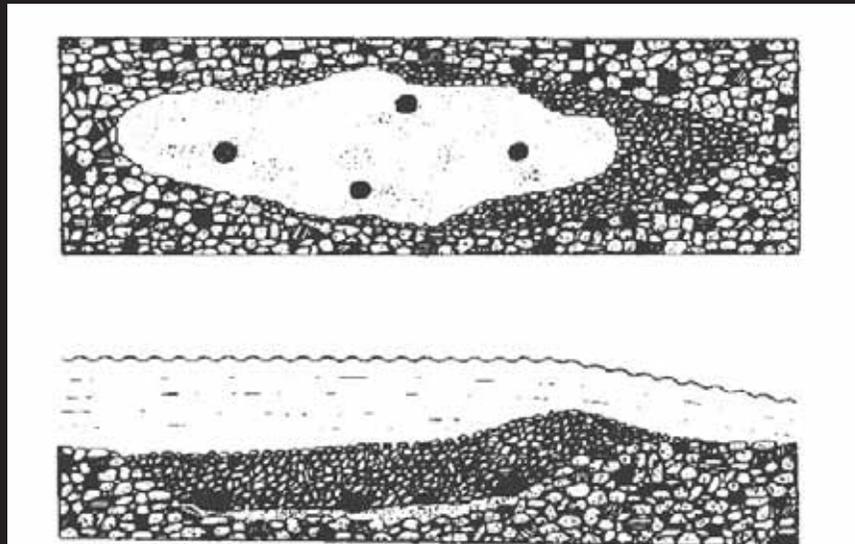


Fuente: CHG

# Las técnicas de restauración.



Deflectores



Creación de mesohabitats

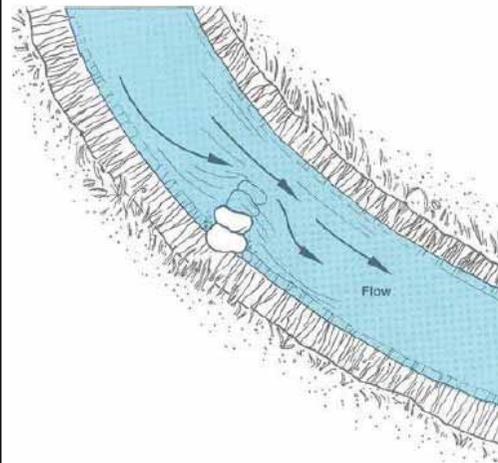


Fuente: CHG

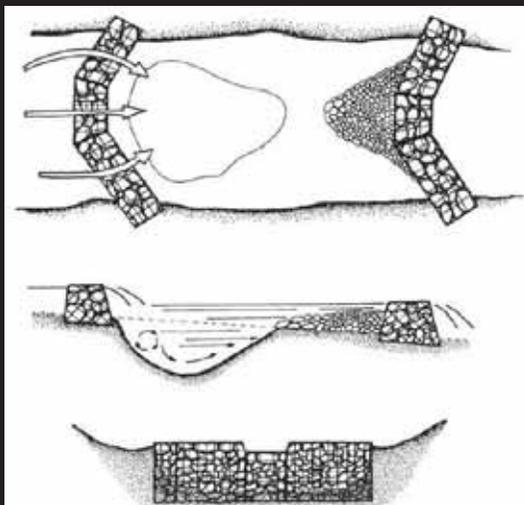
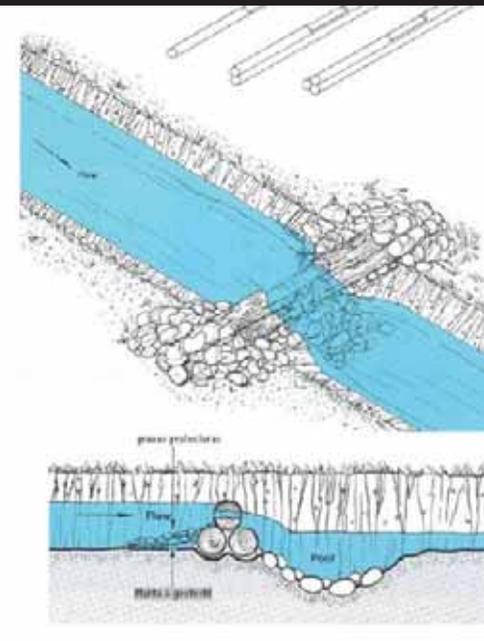
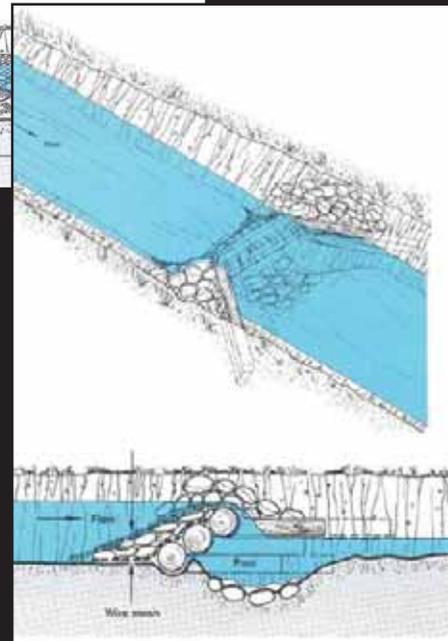
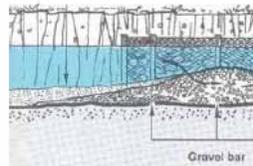
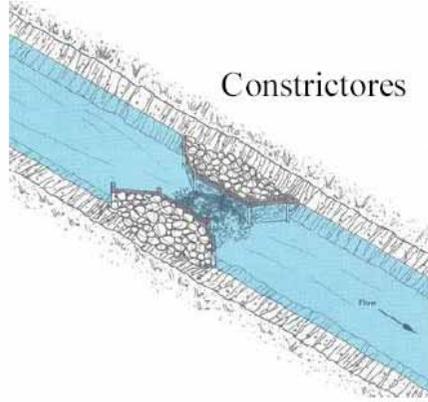
# Las técnicas de restauración.

Azudes

Lineales



Constrictores



Azudes sucesivos

# Las técnicas de restauración.



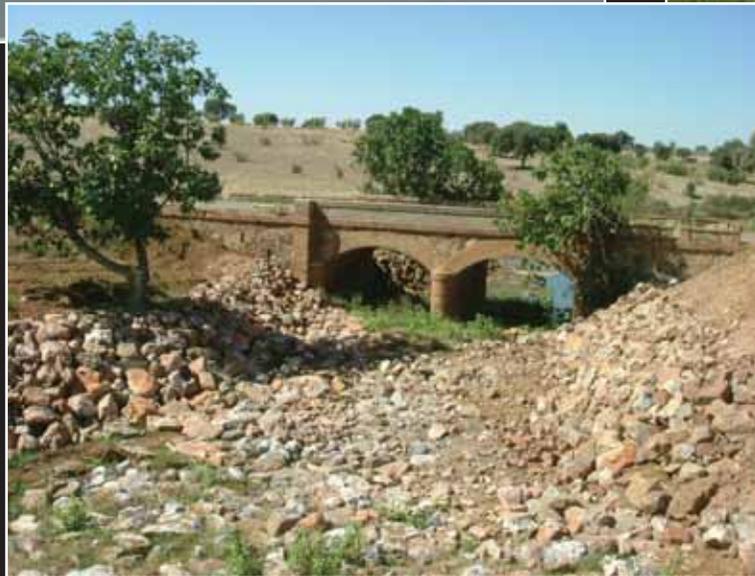
Arroyo Pozuelo (Madrid)



# Las técnicas de restauración.



Río Jarama  
(Madrid)

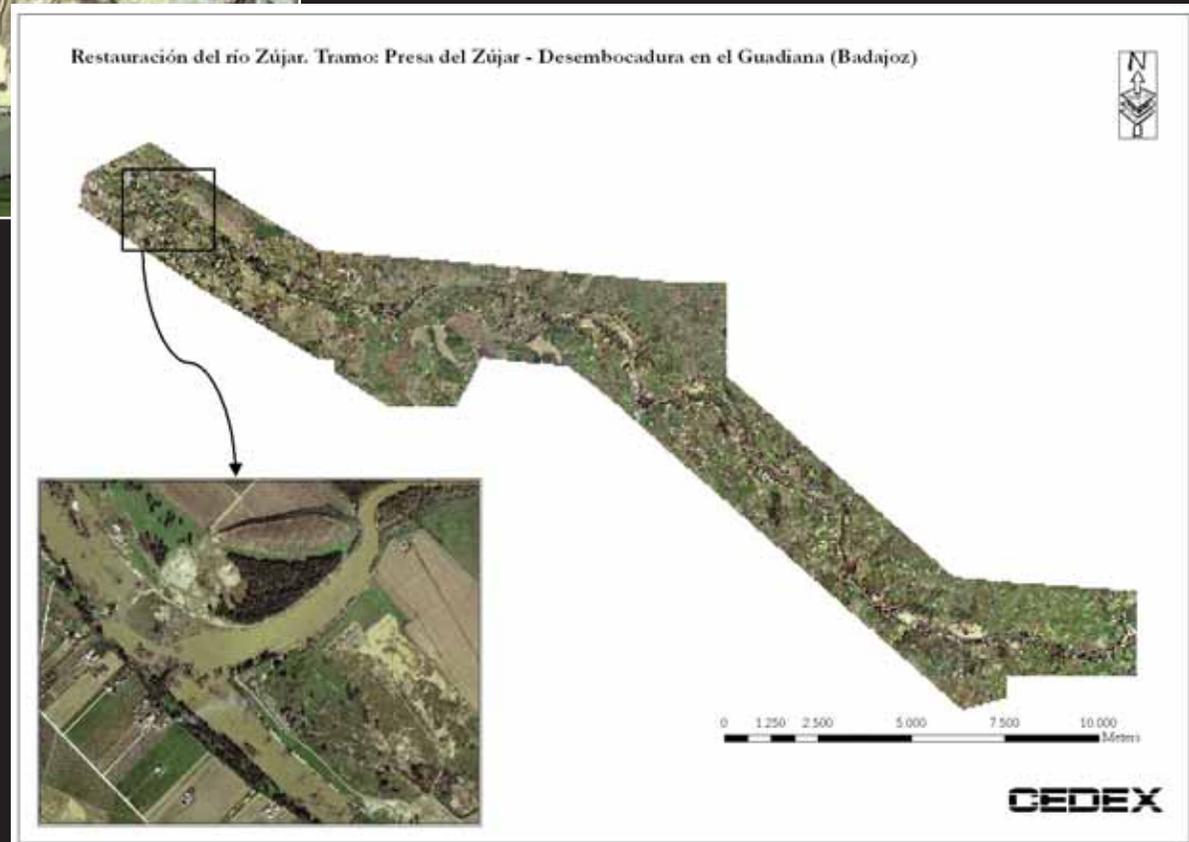


Arroyo Borrachuelo (Badajoz)

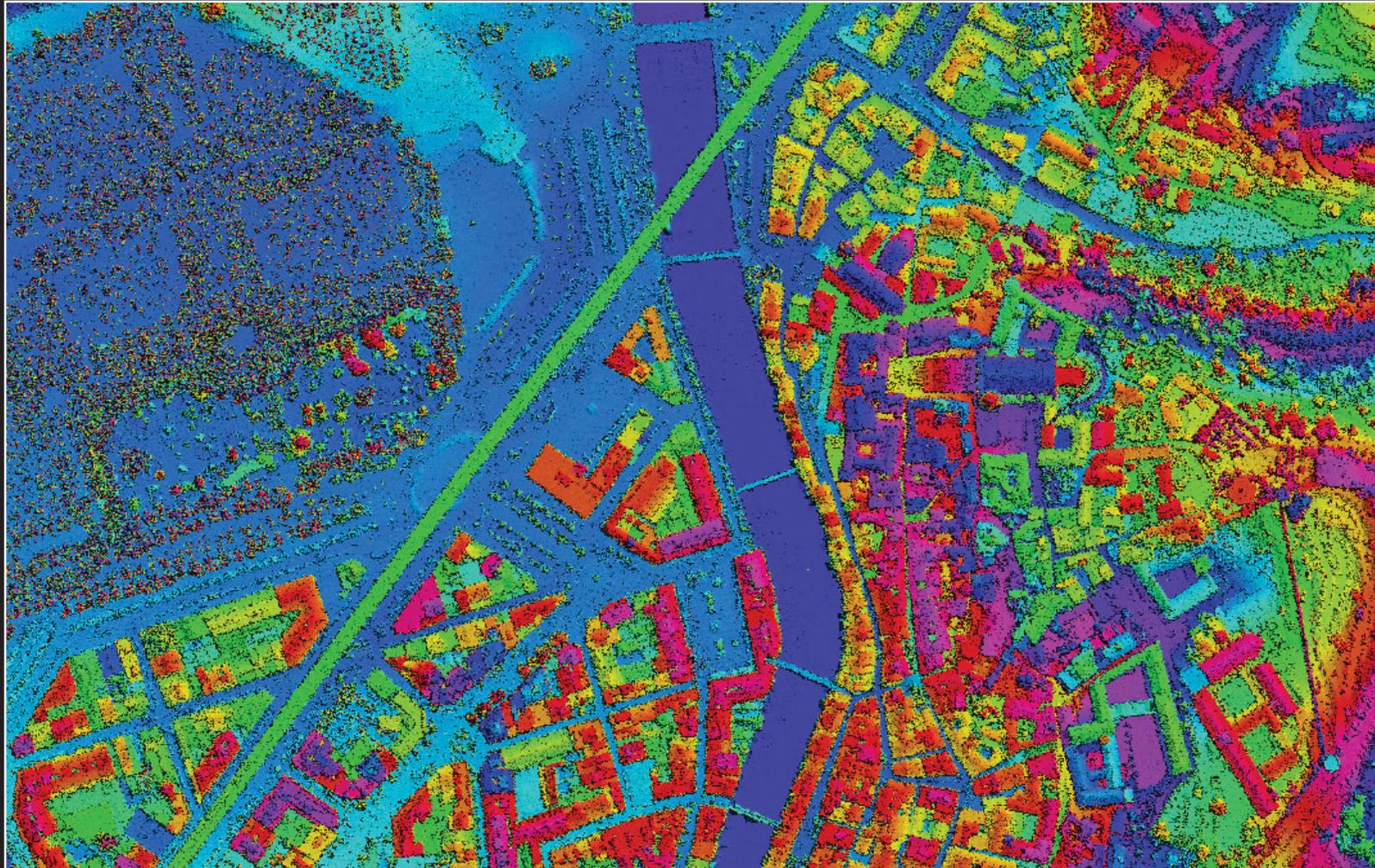
Restauración del río Zújar (Badajoz): proyecto piloto para pliego de bases de proyectos de restauración.



Río Zújar (Badajoz)

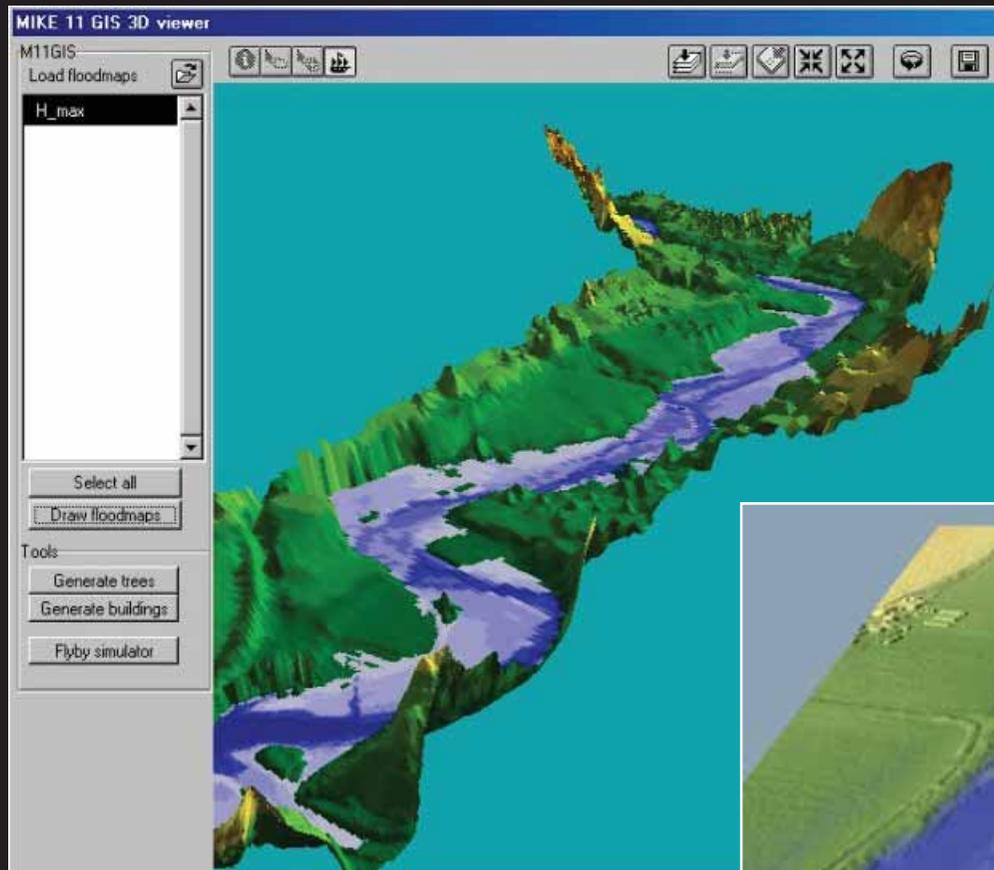


# Las técnicas de restauración.

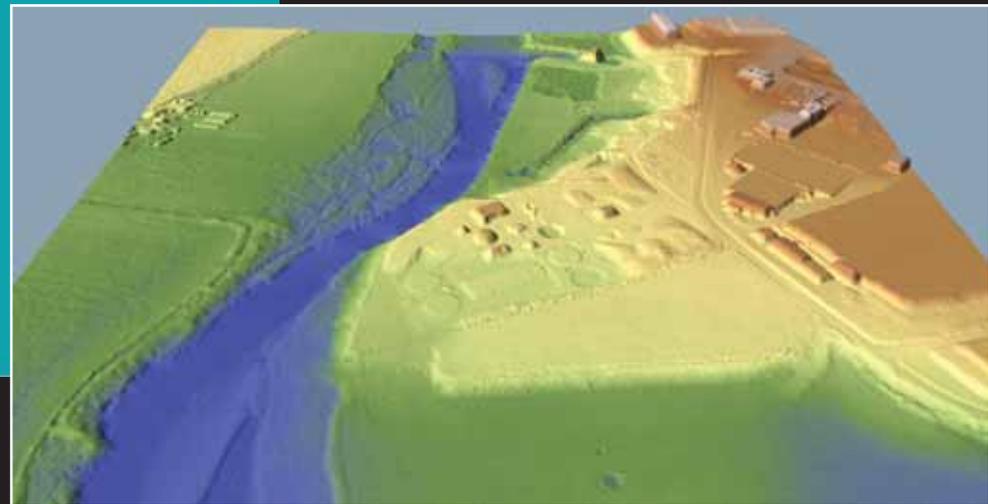


Cartografía láser con 2 ptos./m<sup>2</sup> en Girona (Fuente: ICC)

# Las técnicas de restauración.

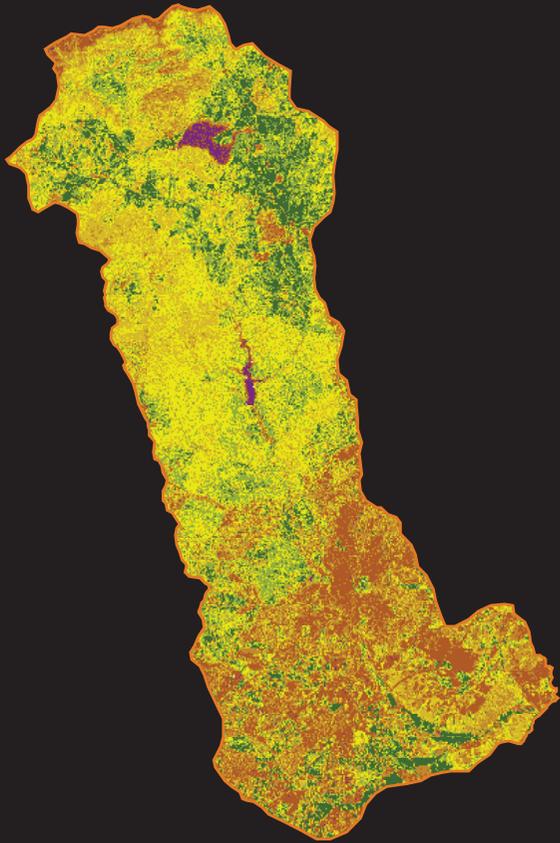


Combinación de modelización hidrológica y datos LiDAR (Fuente: ICC)

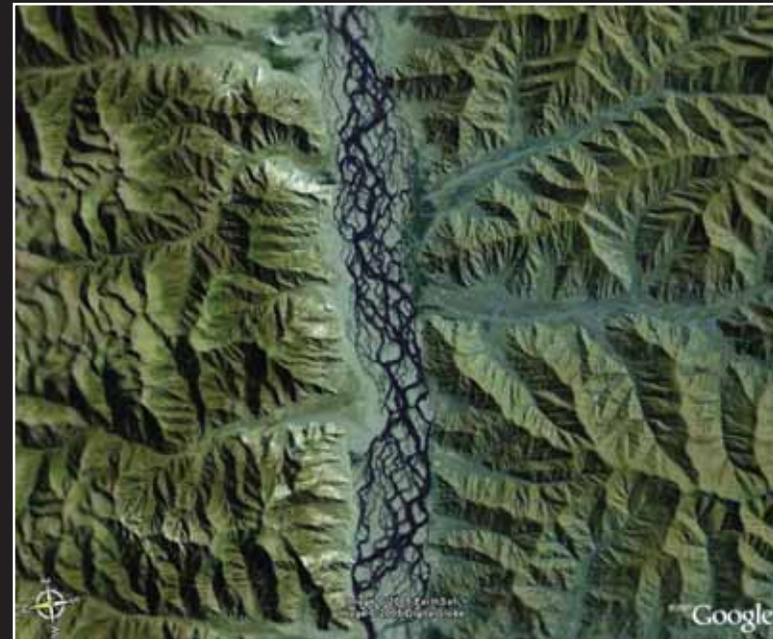


MDT del río Llobregat (Fuente: ICC)

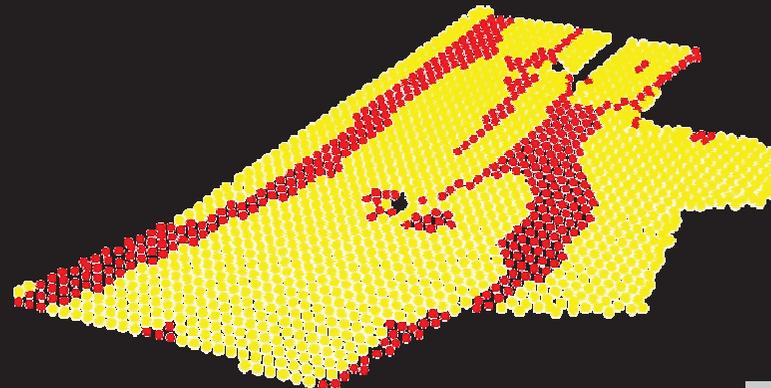
# Las técnicas de restauración.



Desarrollo de índices de vegetación en la cuenca del río Manzanares



Aplicación de procesos de lógica difusa en la gestión del río Lozoya (Madrid)



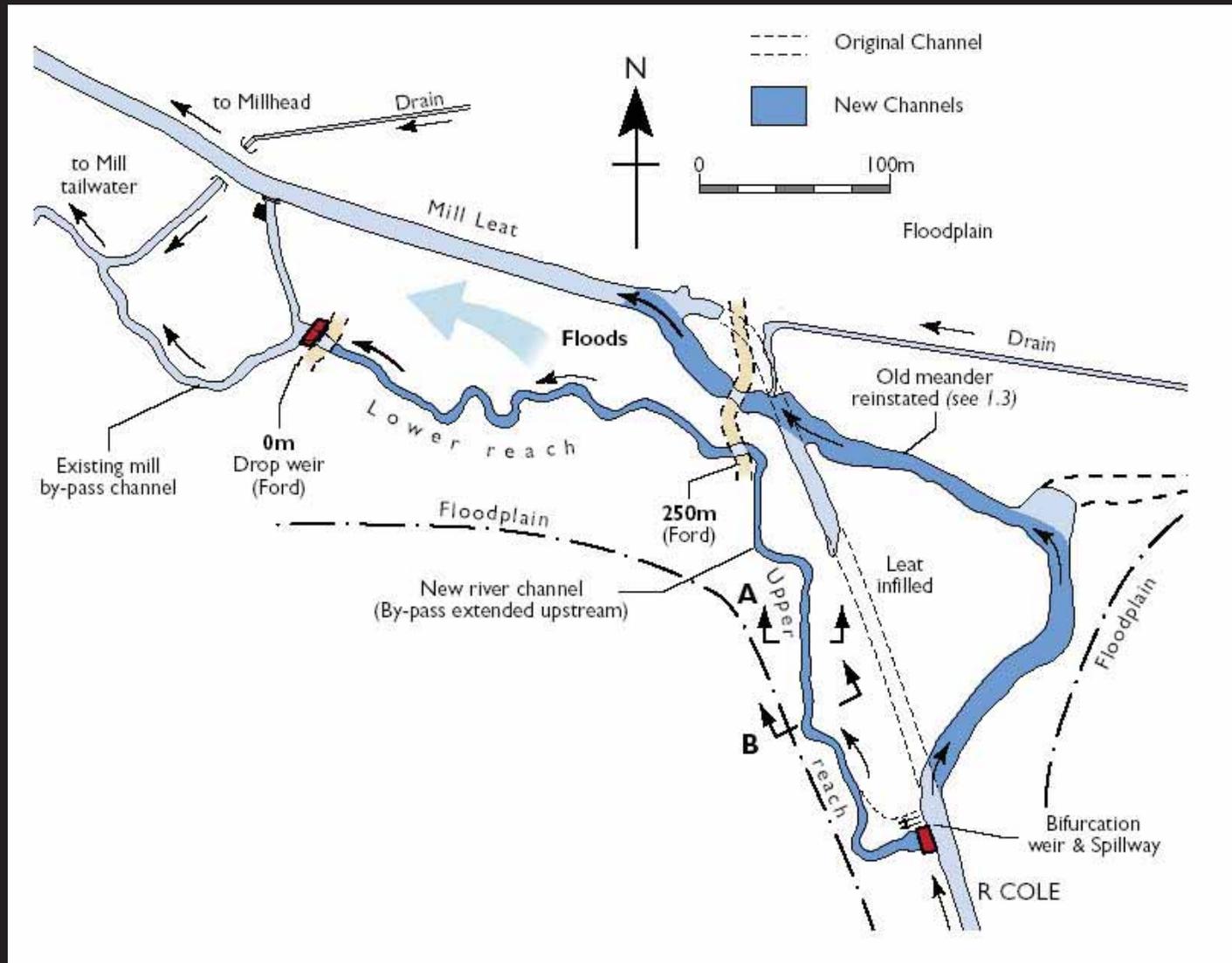
[fernando.magdaleno@cedex.es](mailto:fernando.magdaleno@cedex.es)



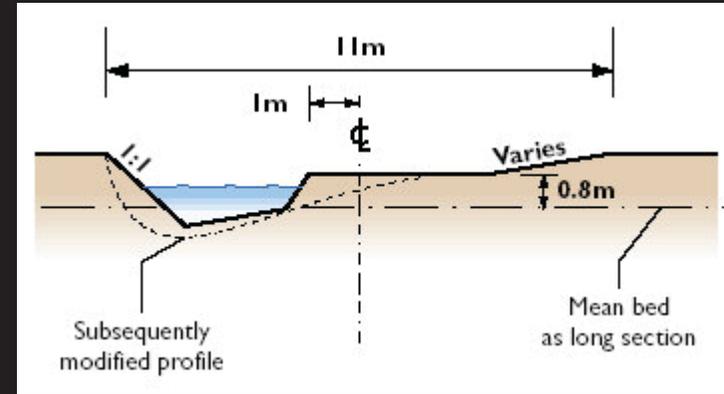
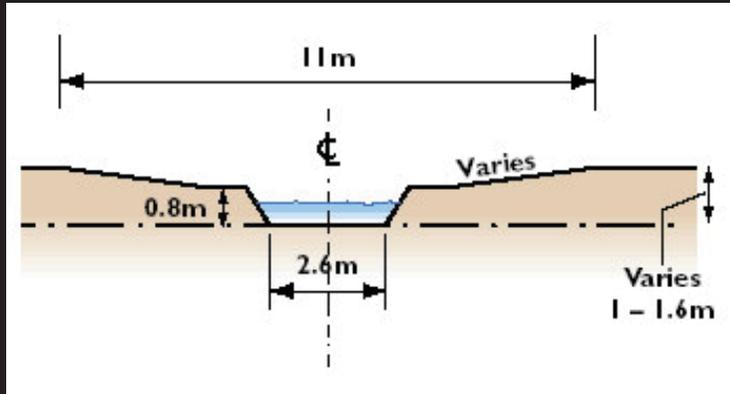


Ejemplos de actuaciones.

# Aumento de la sinuosidad



# Fase de construcción



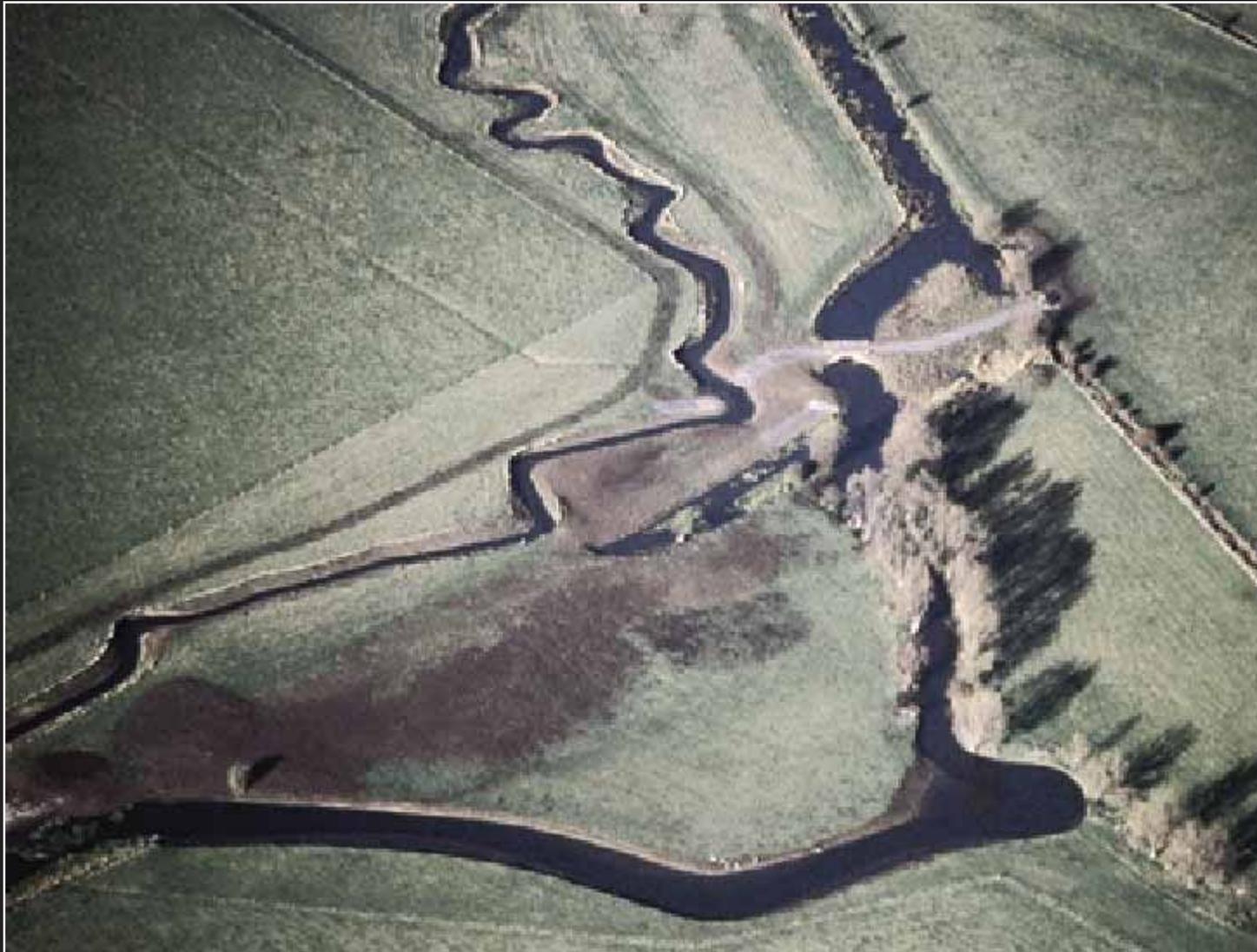


Tramo inferior

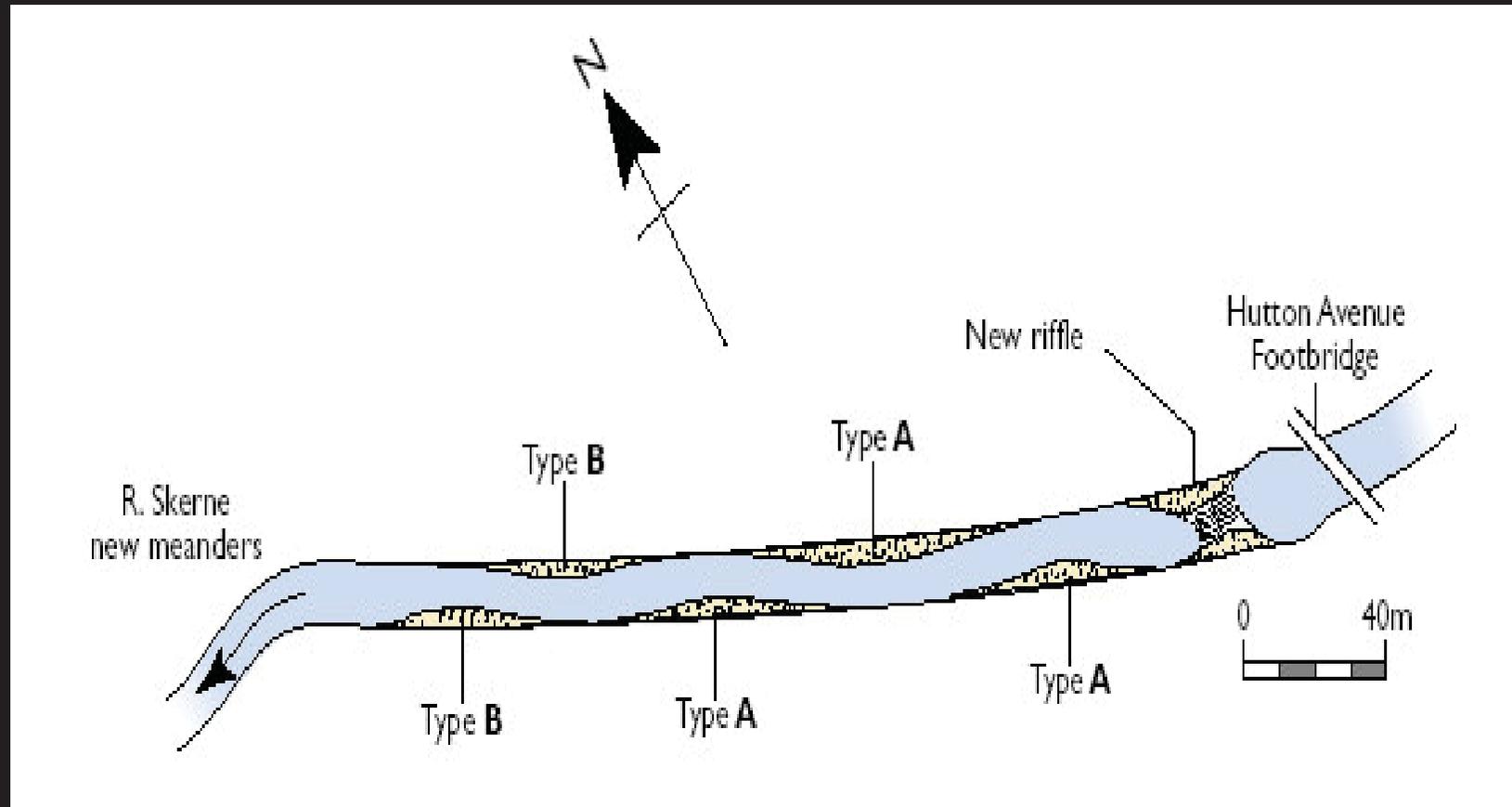


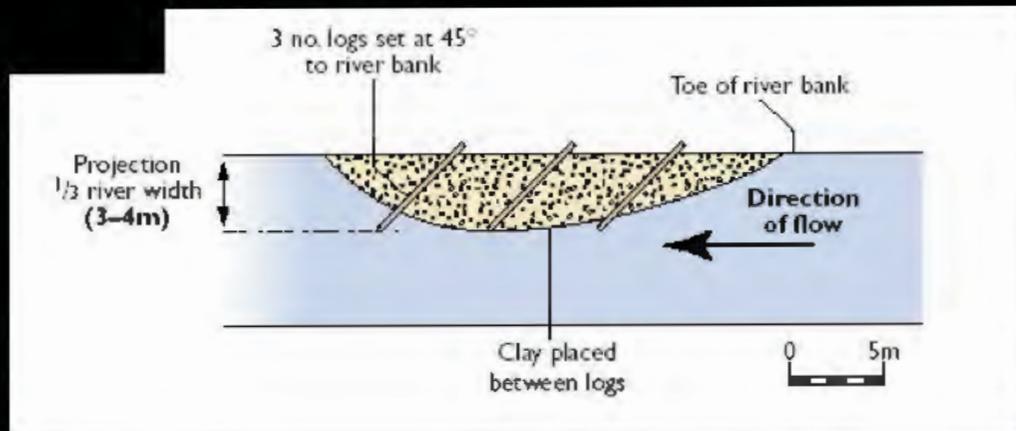
Tramo superior

# Resultado final

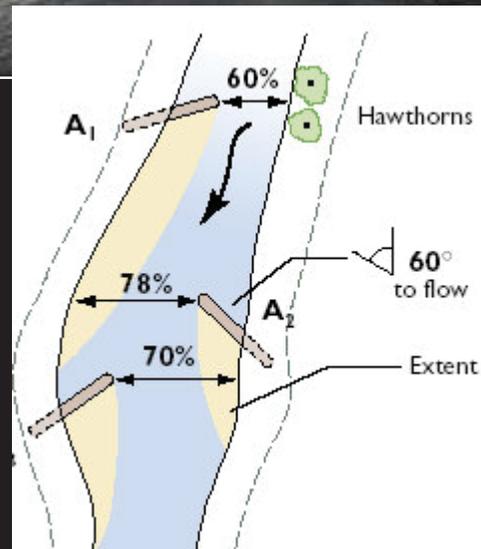


# Construcción de deflectores.





# Estrechamiento de sección en ríos degradados



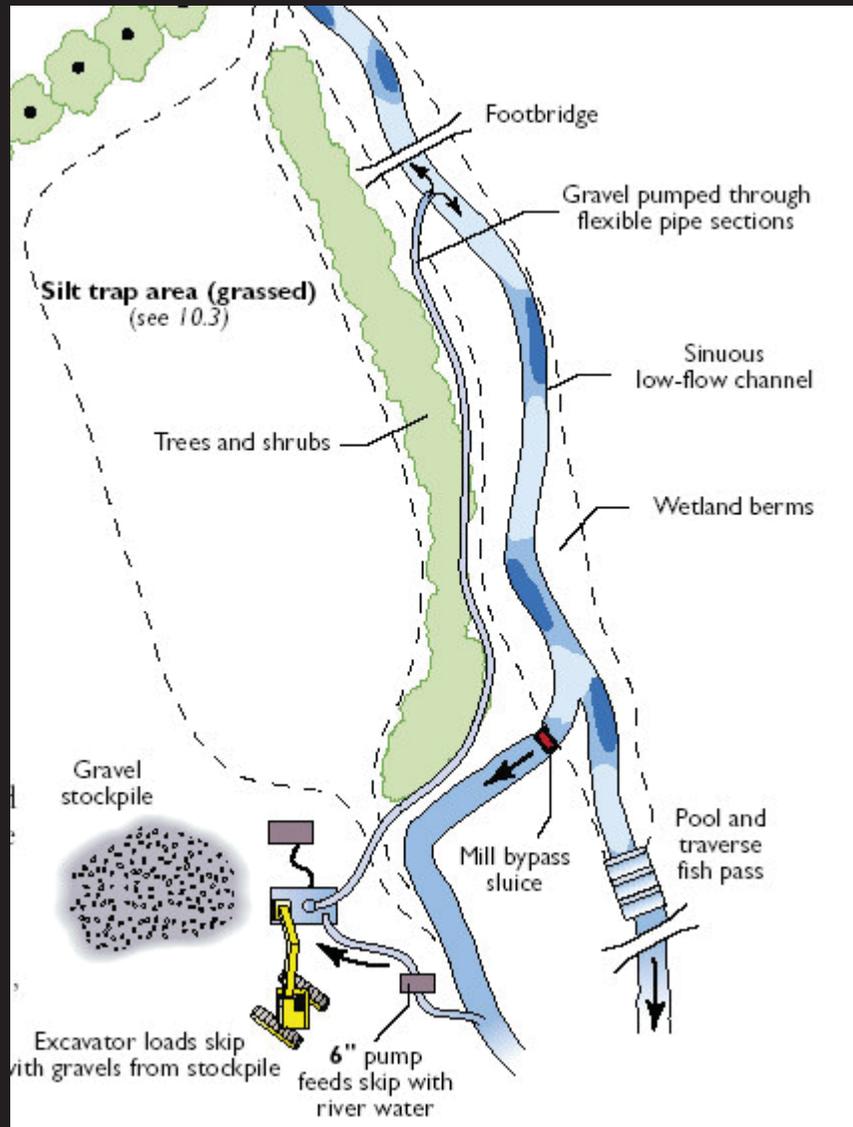


Estado tras seis meses de la intervención.

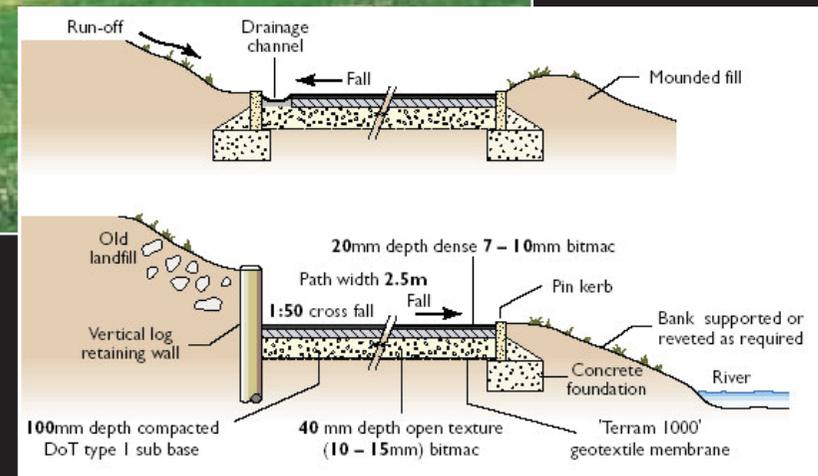
## Proceso y resultados



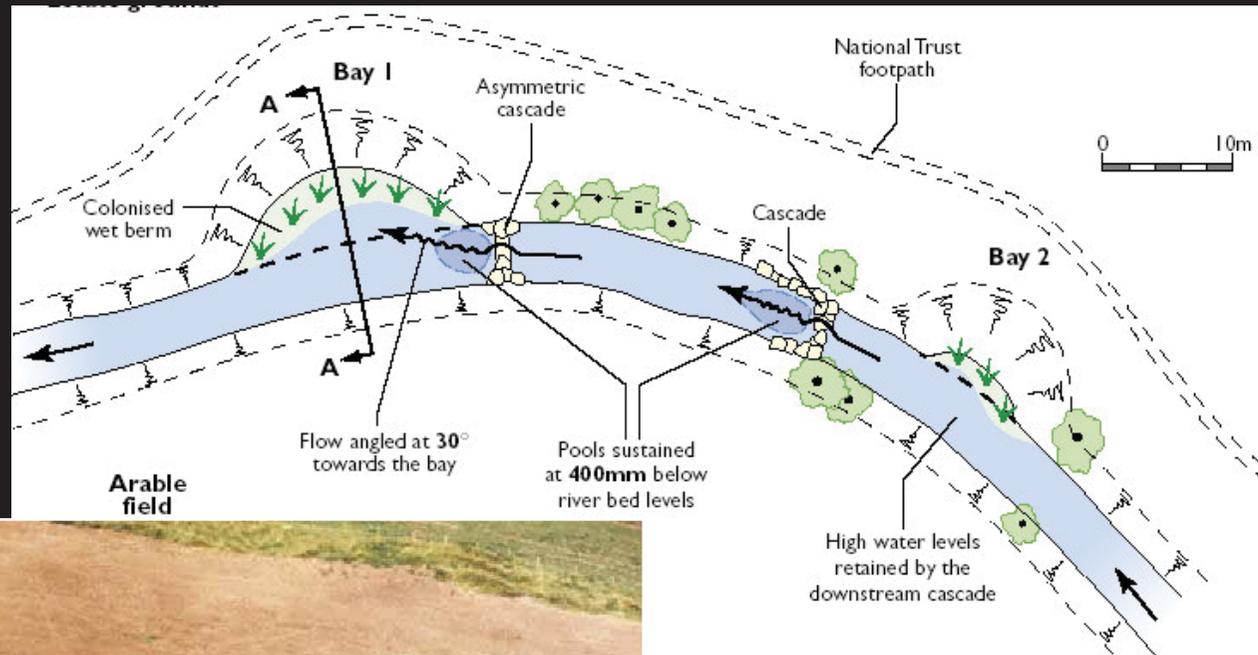
# Introducción de gravas en zonas inaccesibles.



# Creación de caminos perimetrales.



# Creación de pozas laterales





**CEDEX**

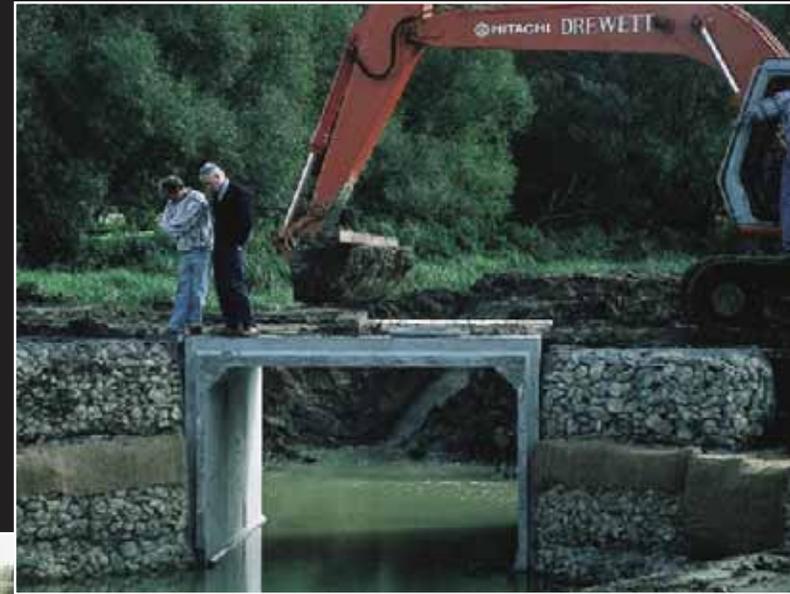
# Renaturalización de un canal de riego



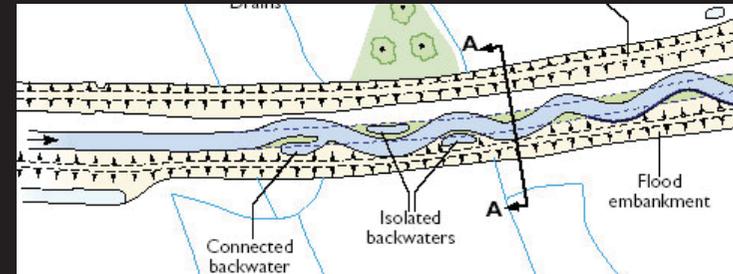


**CEDEX**

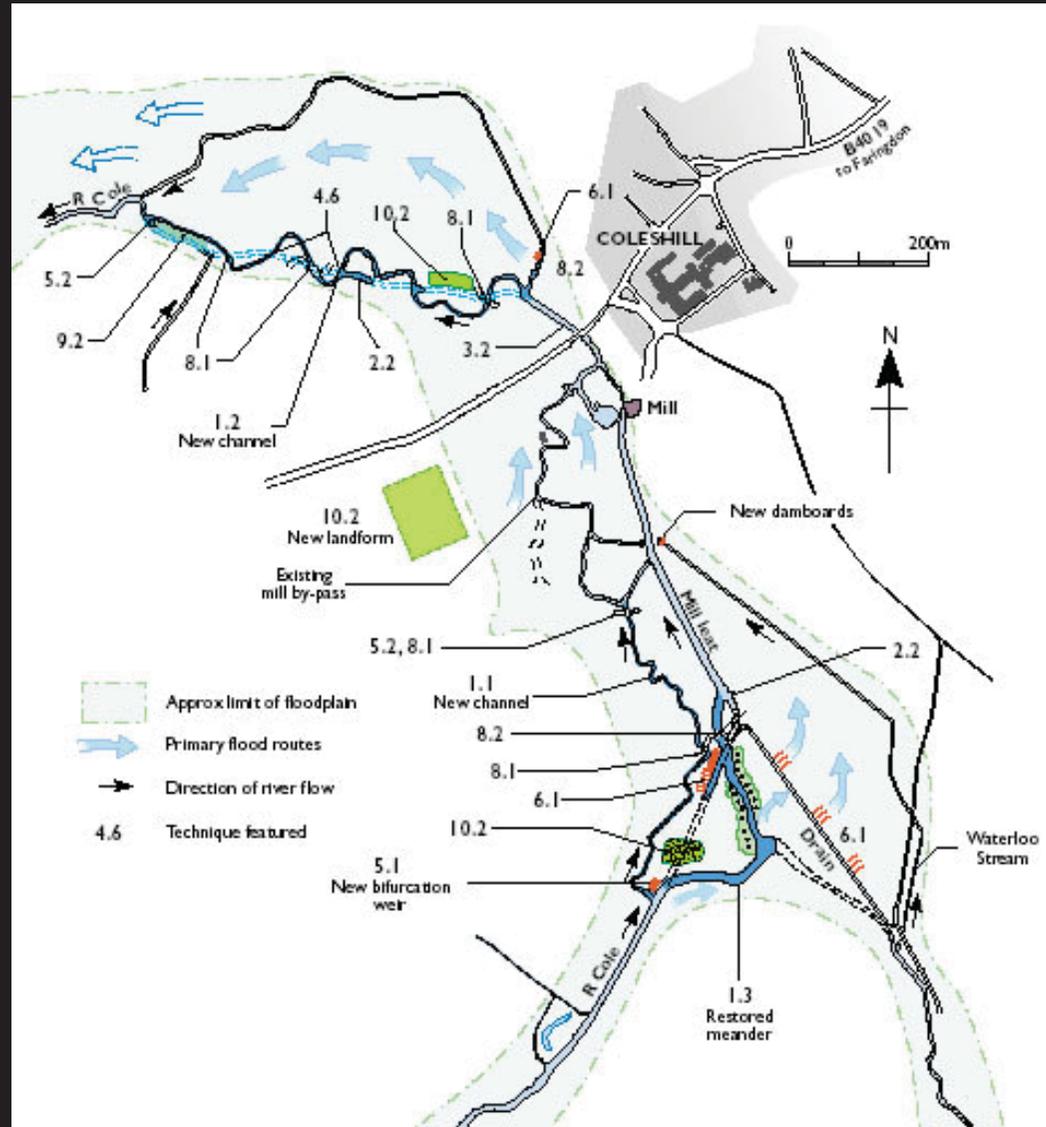
# Pasos transversales: problemas y recomendaciones



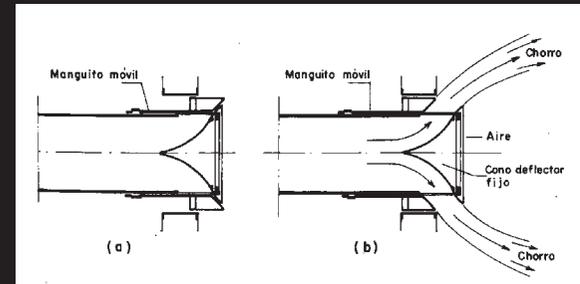
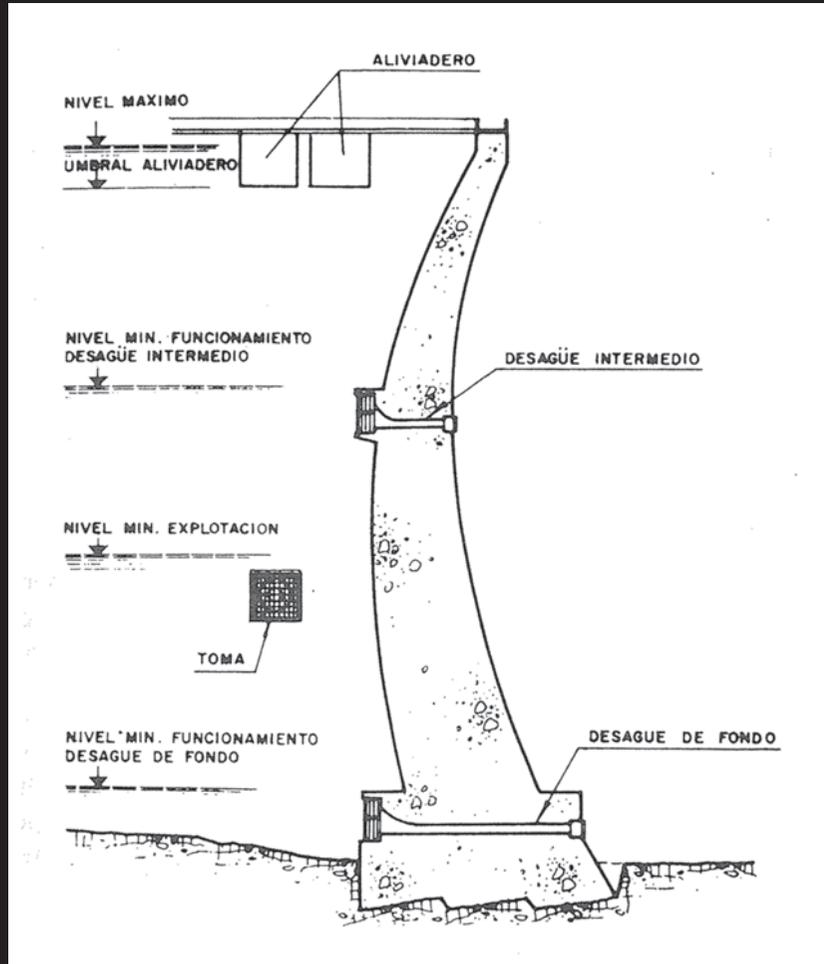
# Oportunidad de las intervenciones



# Actuaciones en el conjunto de la cuenca



# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

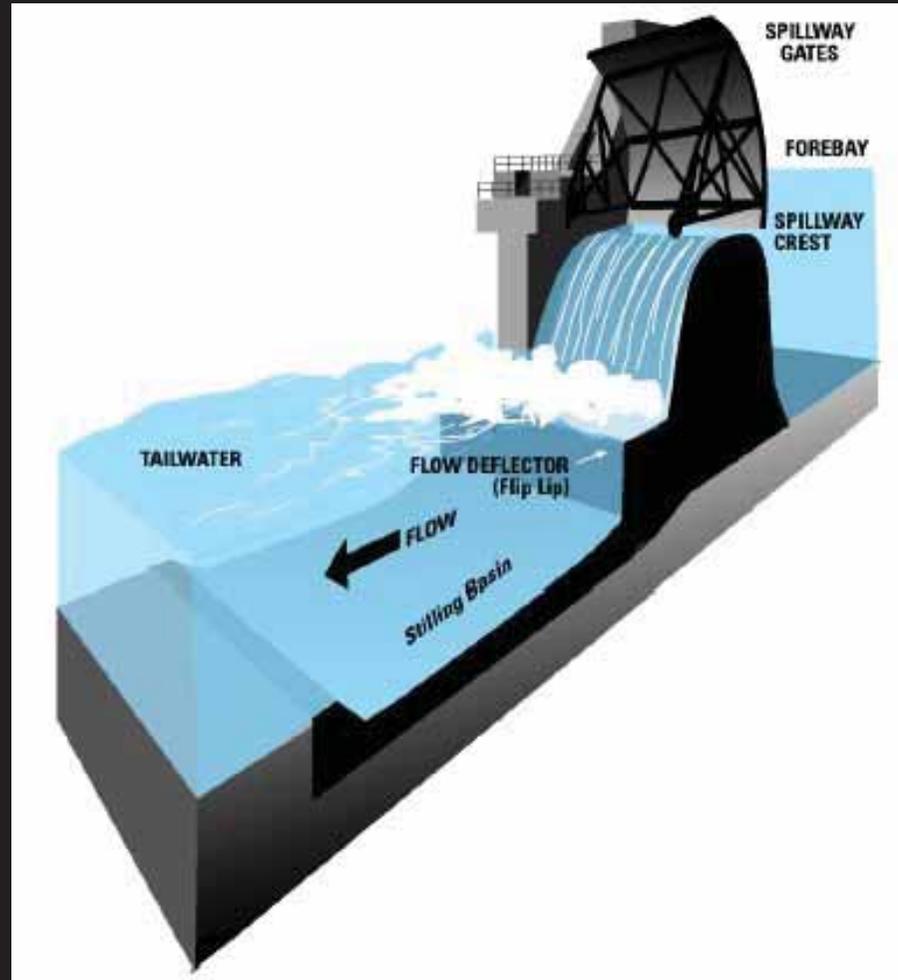


Válvulas de chorro hueco



# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

Deflectores (*spillway deflectors, flip lips*)



Instalación de un deflector (*spillway deflector, flip lip*) en una presa, con objeto de reducir la sobresaturación gaseosa producida por el salto de agua. (Cortesía de: *US Army Corps of Engineers, Walla Walla District*).

# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

## **Sobresaturación gaseosa:**

- afección a ejemplares adultos y juveniles,
- alteraciones y necrosis en diversos tejidos, y modificaciones del equilibrio gaseoso de los peces (alteraciones en el epitelio branquial, aparición de vesículas gaseosas en el saco vitelino de las larvas, etc.) y de otros organismos acuáticos
- umbral de 115-130 % de sobresaturación de gases totales disueltos como inicio de fuertes impactos para la fauna y de una alta mortalidad para la misma.
- se recomienda no superar un 110% de sobresaturación para evitar cualquier tipo de efecto no deseado
- el porcentaje de saturación gaseosa se reduce alrededor de un 10% por cada metro de profundidad dentro de las aguas del río, debido al aumento de la presión del propio agua.

# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

## Sobresaturación gaseosa – Soluciones:

- favorecer la descarga del agua a través de los desagües de fondo o de las estaciones hidroeléctricas, para evitar los saltos pronunciados, en los que se genera en gran medida la sobresaturación gaseosa.
- disminuir el porcentaje de saturación mediante la construcción de deflectores en los vertederos (*spill deflectors* o *flip lips*).
- elegir los modelos de vertederos y desagües que menos contribuyan a la sobresaturación gaseosa del agua por encima de niveles insostenibles para la fauna, incluyendo la utilización de diseños especiales de los vertederos, con pantallas que orienten el flujo y eviten estos procesos.

# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

## Presencia excesiva de sedimentos.

- La descarga a través de desagües en profundidad puede introducir en el río una alta cantidad de sedimentos.
- La elevada concentración de sólidos en suspensión puede producir daños directos a los animales acuáticos, provocando erosiones en la epidermis y facilitando el ataque de enfermedades y parásitos, y pudiendo también afectar a la integridad de los sistemas respiratorios, al depositarse en las branquias.
- Los desagües de fondo pueden aportar al río aguas anóxicas, con sustancias de alta toxicidad para los macroinvertebrados, tales como amonio, ácido sulfhídrico, hierro o manganeso a concentraciones elevadas, sobre todo en periodos de sequía y con un volumen embalsado reducido.
- En el caso de tratarse de un embalse estratificado, las descargas de fondo se caracterizan por dar lugar a una disminución importante en el seston y una mayor riqueza en nutrientes, originando comunidades de macroinvertebrados menos diversas..

# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

## **Aumento de biomasa:**

- En ocasiones, el aporte de zooplancton procedente del vaso del embalse y el incremento en la deriva de quironómidos, oligoquetos y nemátodos puede originar un aumento de la biomasa en los tramos situados aguas abajo de los embalses debido a la mayor disponibilidad de alimento.

# Las obras hidráulicas y el medio fluvial

## Otras consideraciones:

- En algunas ocasiones, las dimensiones de los aliviaderos y desagües no permiten realizar de forma directa la descarga de los caudales ecológicos.
- Por ejemplo, en el caso de las válvulas, los tipos más habituales son las de aguja, mariposa, compuerta, y las ya comentadas de chorro hueco. Entre las compuertas, cabe citar en una primera división a las verticales y a las de segmento. Algunos de estos dispositivos no tienen capacidad para descargar, dadas sus dimensiones, caudales reducidos.
- En estos casos, los gestores suelen recurrir a otros procedimientos para llevar a cabo la descarga, como puede ser su paso a través de la toma de agua del embalse y/o tras su paso por la central hidroeléctrica del embalse. Estas centrales no siempre se encuentran en las inmediaciones de la obra, debido a la topografía del terreno, a la accesibilidad al pie de la presa, o simplemente por conveniencia.

[fernando.magdaleno@cedex.es](mailto:fernando.magdaleno@cedex.es)