



**Gobierno
de Navarra**



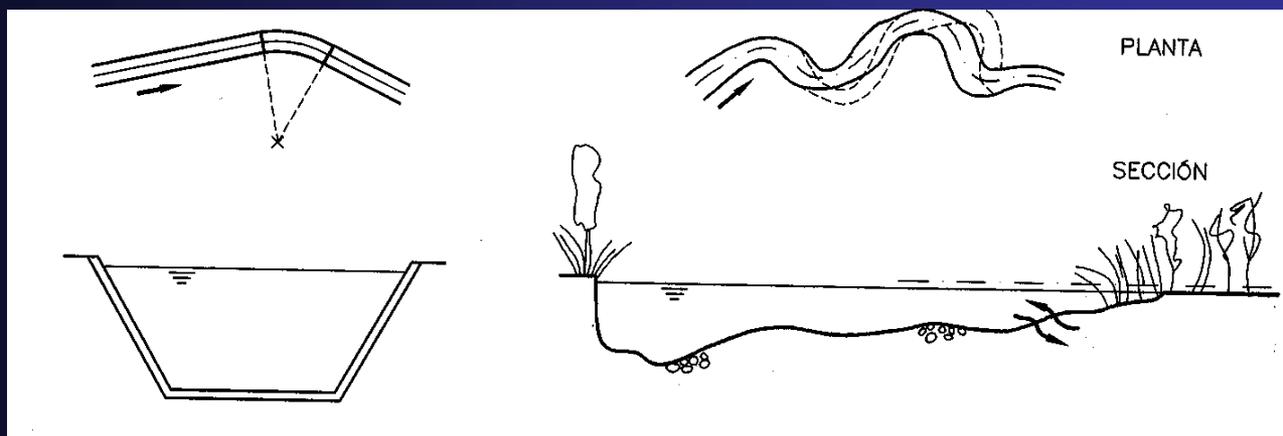
**Temas de interés sobre
inundabilidad y restauración en
Navarra**

8 de mayo de 2009

Introducción

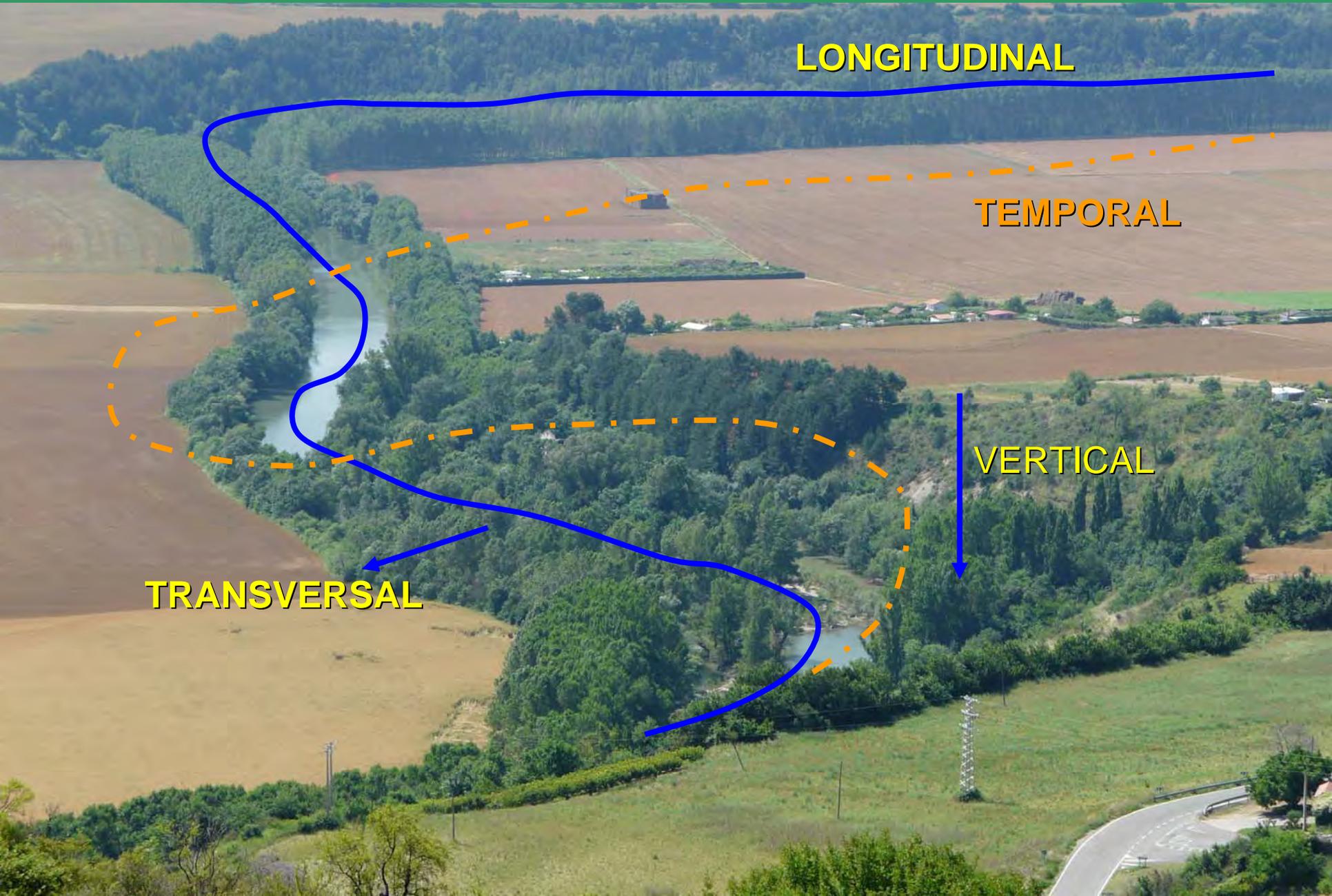
- Los ríos son corredores naturales de gran importancia hidrológica y ecológica en el paisaje. Por ellos discurren las aguas superficiales, gran cantidad de sedimentos y sales disueltas, y en ellos viven numerosas comunidades biológicas que mantienen interrelaciones muy diversas con el medio físico, configurando así los ecosistemas fluviales.
- Un río es un medio con un flujo bifásico de agua y sedimento (procedente del cauce o de la cuenca)

Fuente: Guía metodológica para la elaboración de proyectos de restauración de ríos e Ingeniería de ríos



Planta y sección de un canal (izquierda) y un río (derecha)

DIMENSIONES A TENER EN CUENTA EN LA DINÁMICA FLUVIAL



LONGITUDINAL

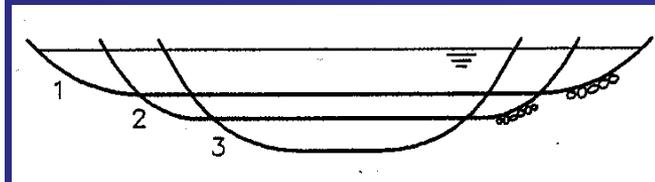
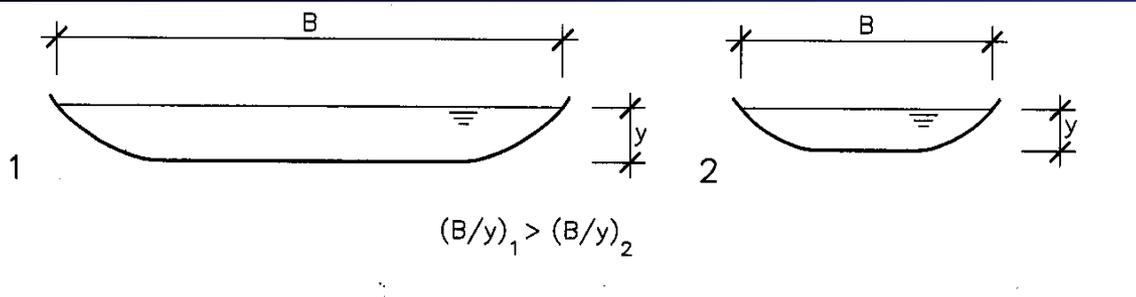
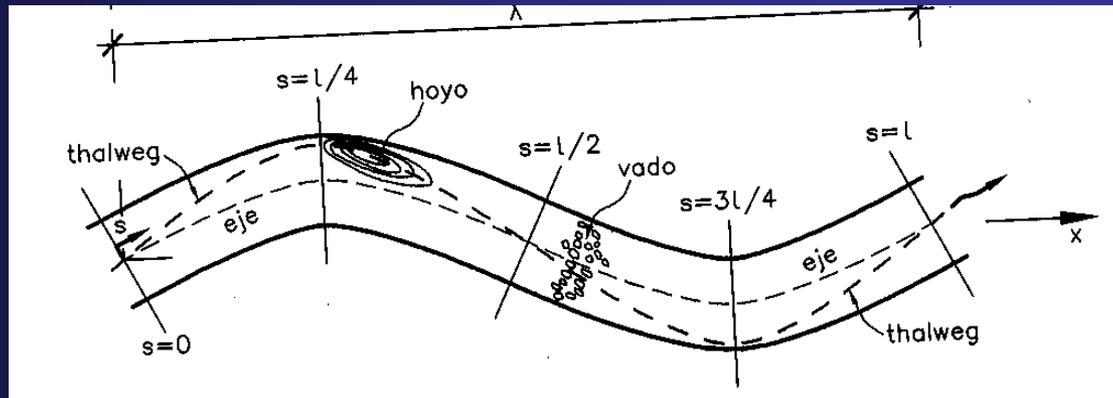
TEMPORAL

VERTICAL

TRANSVERSAL

Morfología fluvial

- En la naturaleza es muy raro encontrar cauces rectos y regulares: cauces trenzados o meandriformes
- Las **dimensiones** de un cauce dependen fundamentalmente de los **caudales circulantes**: la **anchura** de un río es proporcional a la raíz cuadrada del caudal (Q) (un río 4 veces más caudaloso que otro tiene una anchura doble). La **profundidad** *y* crece más suavemente.
- El cauce es más somero y de anchura mayor cuanto más grueso es el material del cauce.

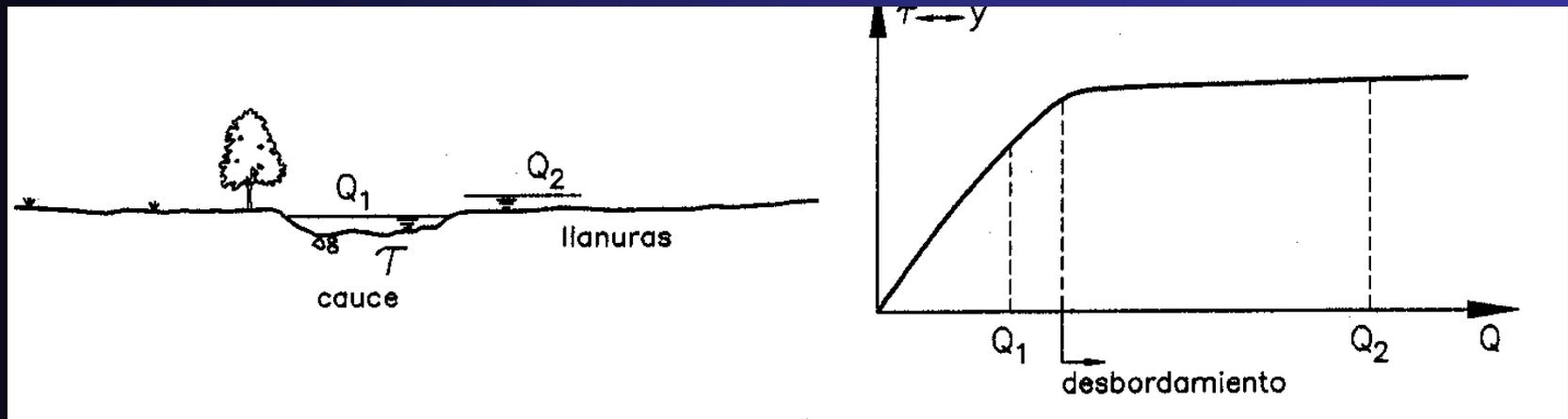


Comparación de las anchuras de un río grande (1) y uno pequeño (2)

Forma de la sección transversal con material grueso (1), medio (2) y fino (3)

Morfología fluvial: caudal dominante

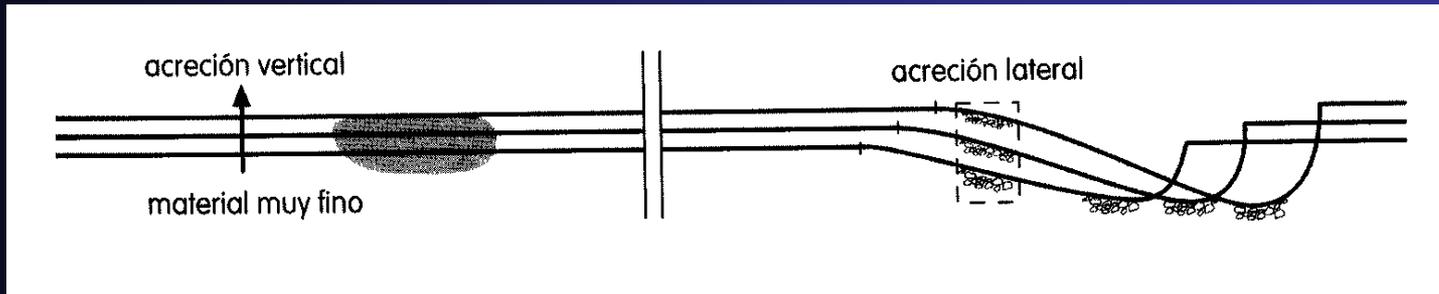
- La geometría de un cauce es consecuencia de que ciertos caudales, por su **magnitud**, por su **frecuencia** o por una combinación de ambas, son los determinantes.
- En un río en equilibrio, el caudal que **llena el cauce principal** es el que realiza la mayor acción modeladora sobre el cauce (en términos de **velocidad v** o **tensión tangencial**) puesto que un caudal mayor es menos frecuente y apenas aumenta la acción.
- El caudal dominante, formativo o efectivo es:
 - **Caudal entre 1,5 y 7 años de periodo de retorno.**



Concepto de caudal dominante. Gráfico de variación de la tensión tangencial en función del caudal dominante

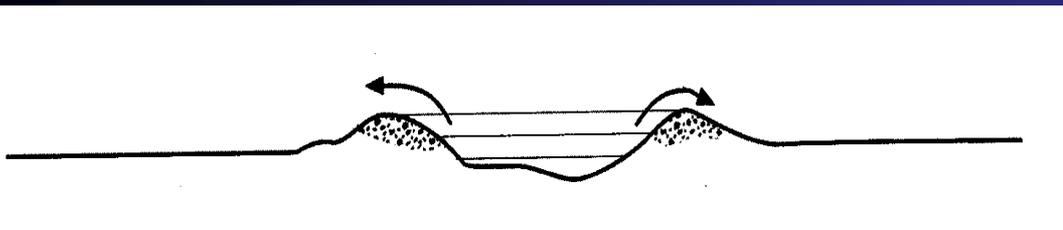
Morfología de las llanuras de inundación

- Las llanuras de inundación son las áreas próximas al cauce principal del río que resultan ocasionalmente inundadas. La llanura es una formación sedimentaria cuaternaria, siendo suelos muy variados.
- El proceso dominante es la sedimentación tendiendo a crecer por acreción vertical

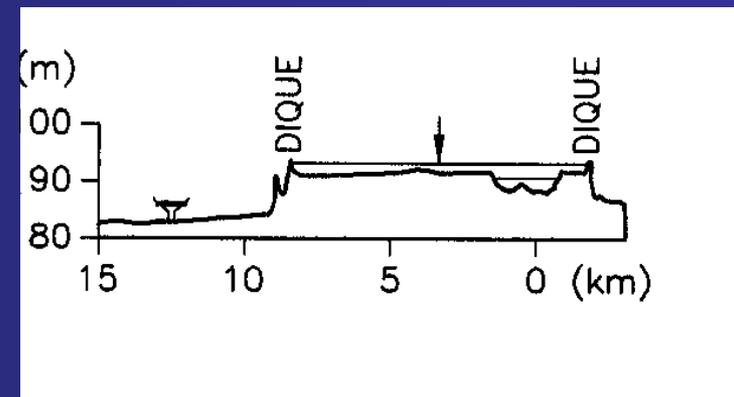


Depósitos de acreción vertical y lateral en una llanura de inundación

- Por causas naturales o normalmente artificiales, las orillas pueden quedar por encima de la llanura, reduciendo la superficie de sedimentación y aumentando la acreción de los fondos.



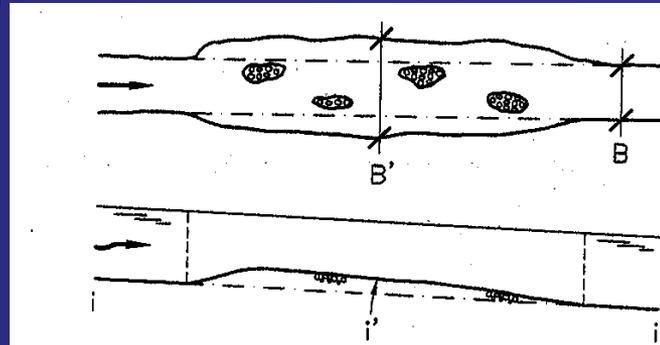
Cauce colgado con dos motas



Río Amarillo (China). Llanura de inundación entre 3 y 10 m por debajo del cauce

PROBLEMÁTICA: Protección frente a inundaciones y escasez de capacidad de desagüe

- **Síntomas más evidentes:**
 - Inundaciones y mayor impacto de las avenidas.
- **Causas:**
 - Generalmente obedece a la reducción del espacio fluvial original (eliminación de las llanuras de inundación y aproximación de actividades antrópicas, urbanas, industriales o agrícolas).
- **Soluciones convencionales:**
 - Canalizaciones y defensas (basadas en uso de hormigón, escolleras y motas).
 - Dragados y limpiezas de vegetación
- **Soluciones de restauración:**
 - Recuperación del espacio fluvial mediante acuerdos con propietarios y usuarios (eliminación o retranqueo de motas).
 - En el caso de que haya que ensanchar el lecho del cauce, dejar taludes de escasa pendiente y aplicar técnicas de bioingeniería para la recuperación de la vegetación.



Confluencia Aragón y Ebro en Milagro (1951)



Confluencia Aragón y Ebro en Milagro (2008)



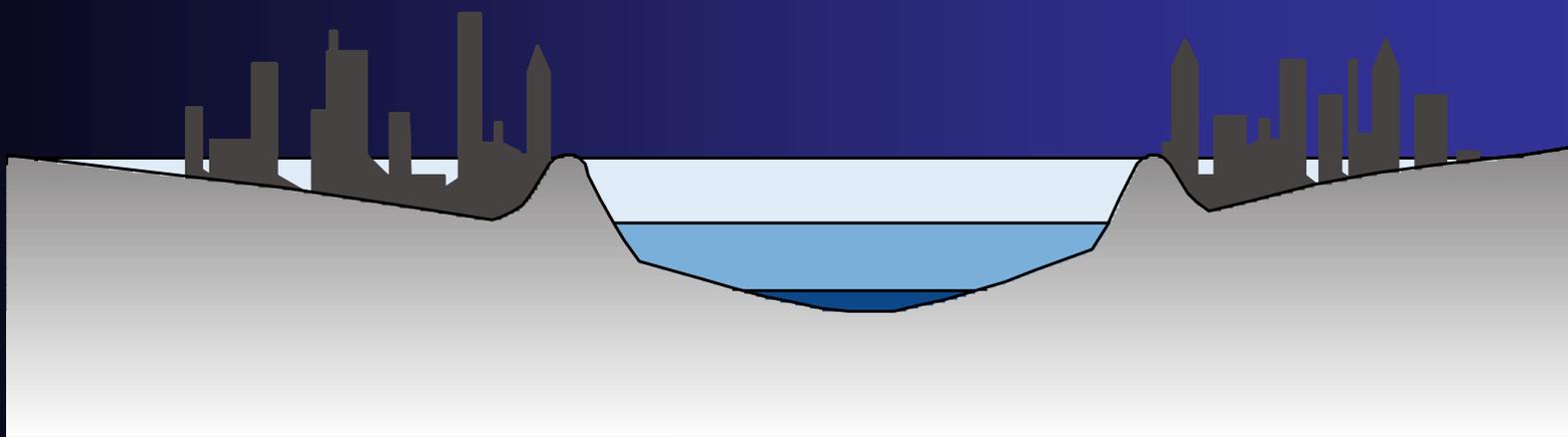
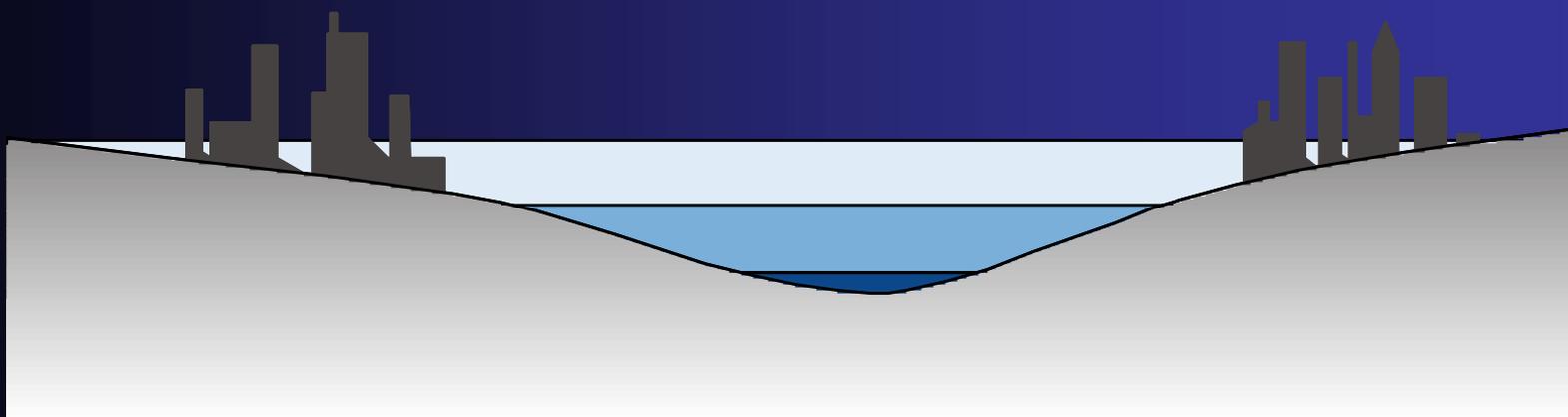
Confluencia Aragón y Ebro en Milagro

1951

2008

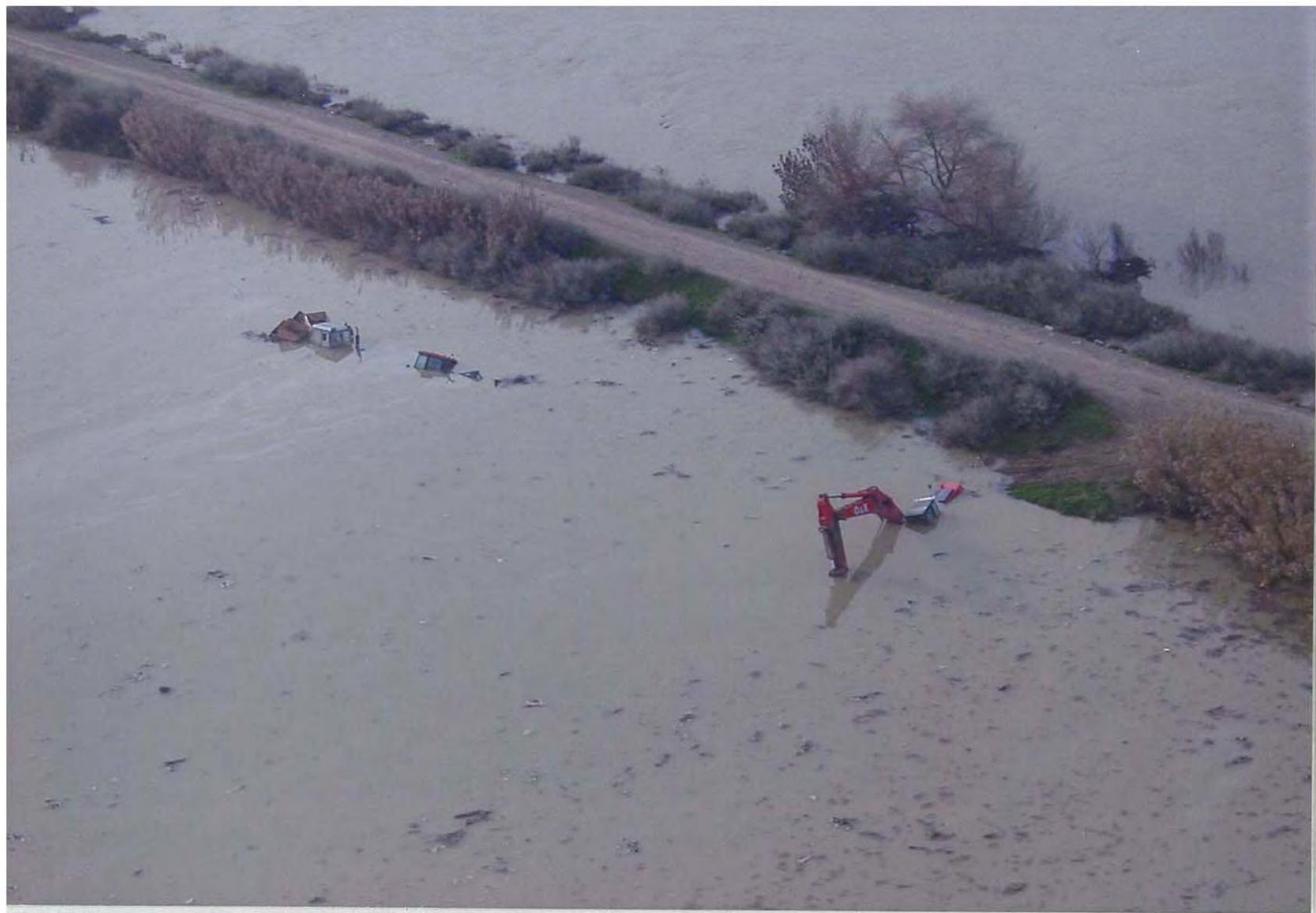


“Cuanto más altas sean las defensas, mayores serán los daños de las fuertes inundaciones que, inevitablemente, se producirán”



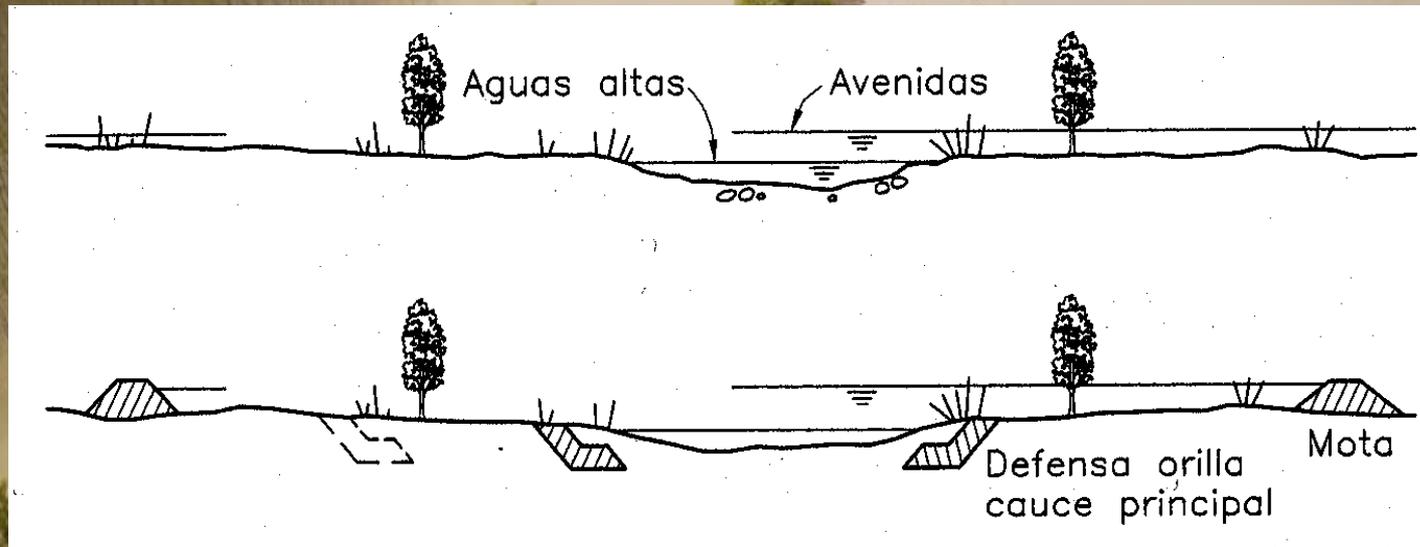


Desbordamiento de mota en el Ebro (febrero de 2003)



Desbordamiento de mota en el Ebro (abril de 2007)

¿Por dónde conducimos todo este caudal?

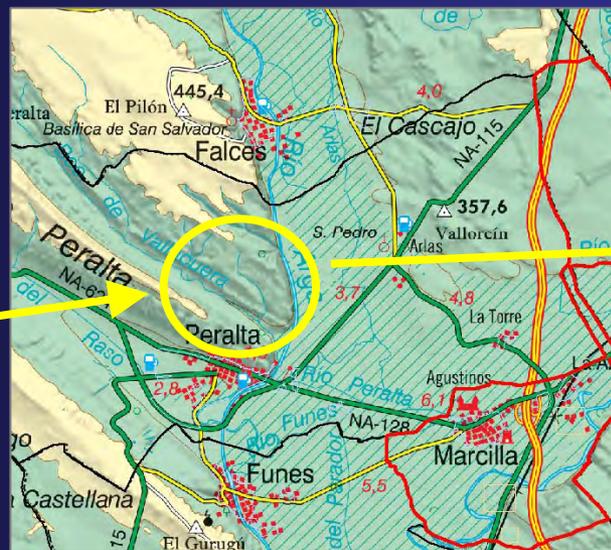


Confluencia del Arga y Aragón en Funes (Abril de 2007)

Restauración de la desembocadura Barranco VALLACUERA

Acción del LIFE: C4, Restauración de hábitats de interés comunitario 92AO y 92DO; C8, Permeabilización de motas

Localización: río Arga, T.M. de Peralta, S de Navarra



Fecha de inicio: 15/09/2006

Fecha de finalización: 30/05/2007

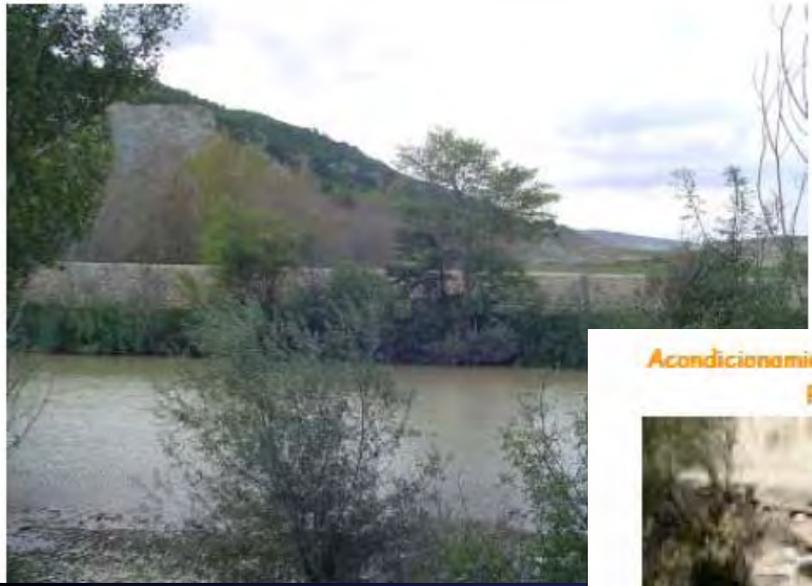
Objetivos de la actuación:

- Objetivo principal: incrementar la superficie de hábitat de alta calidad para el visón y galápago europeo
- Restauración de la banda de vegetación natural existente (hábitats de interés comunitario)
- Objetivos secundarios: Aumentar la laminación del las avenidas del río Arga aumentando la llanura de inundación

Coste total: 138.840,25 €

Restauración de desembocadura Barranco VALLACUERA

Mota existente en margen derecha del río Arga



Acondicionamiento camino acceso fincas y paseo peatonal



- Vado de hormigón armado
- Escollera revegetada
- Seto vivo

Eliminación de la mota



Posterior revegetación especies arbóreas y arbustivas de ribera



Creación de una zona húmeda

Plantación con lirios, juncos, carrizas, etc. en las márgenes de la balsa

Eliminación de chopos híbridos y acacias

Posterior revegetación especies arbóreas y arbustivas de ribera



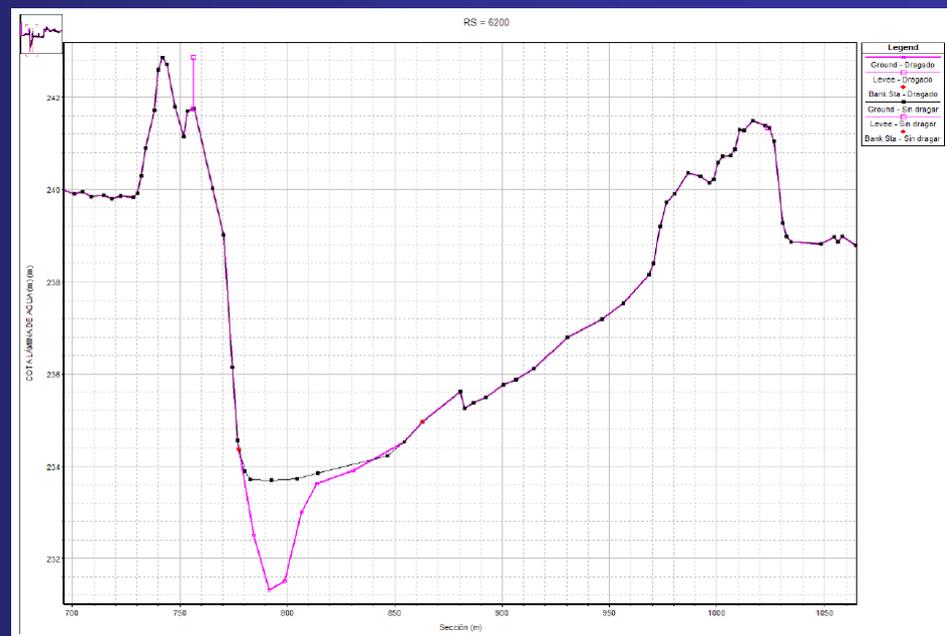
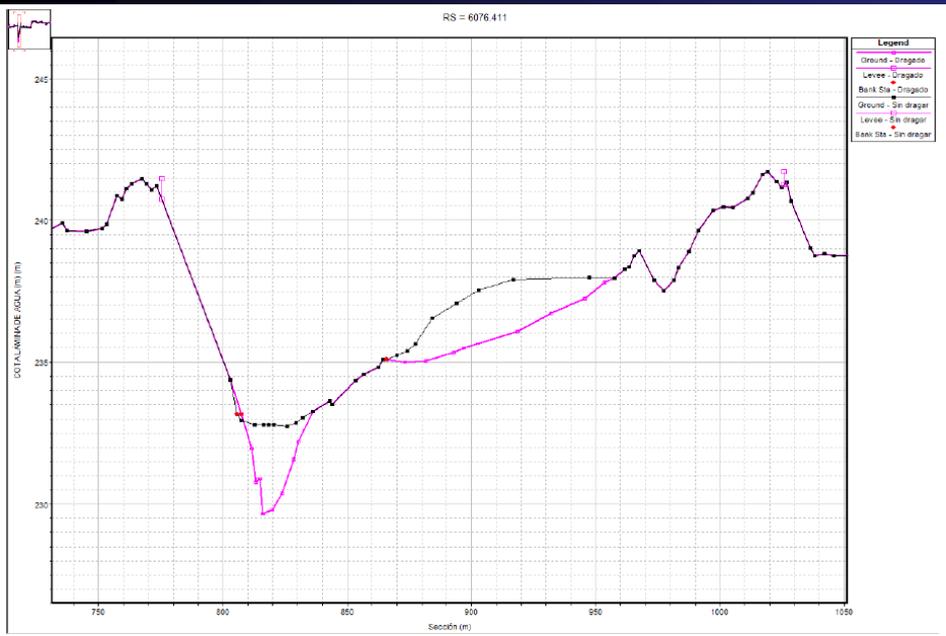
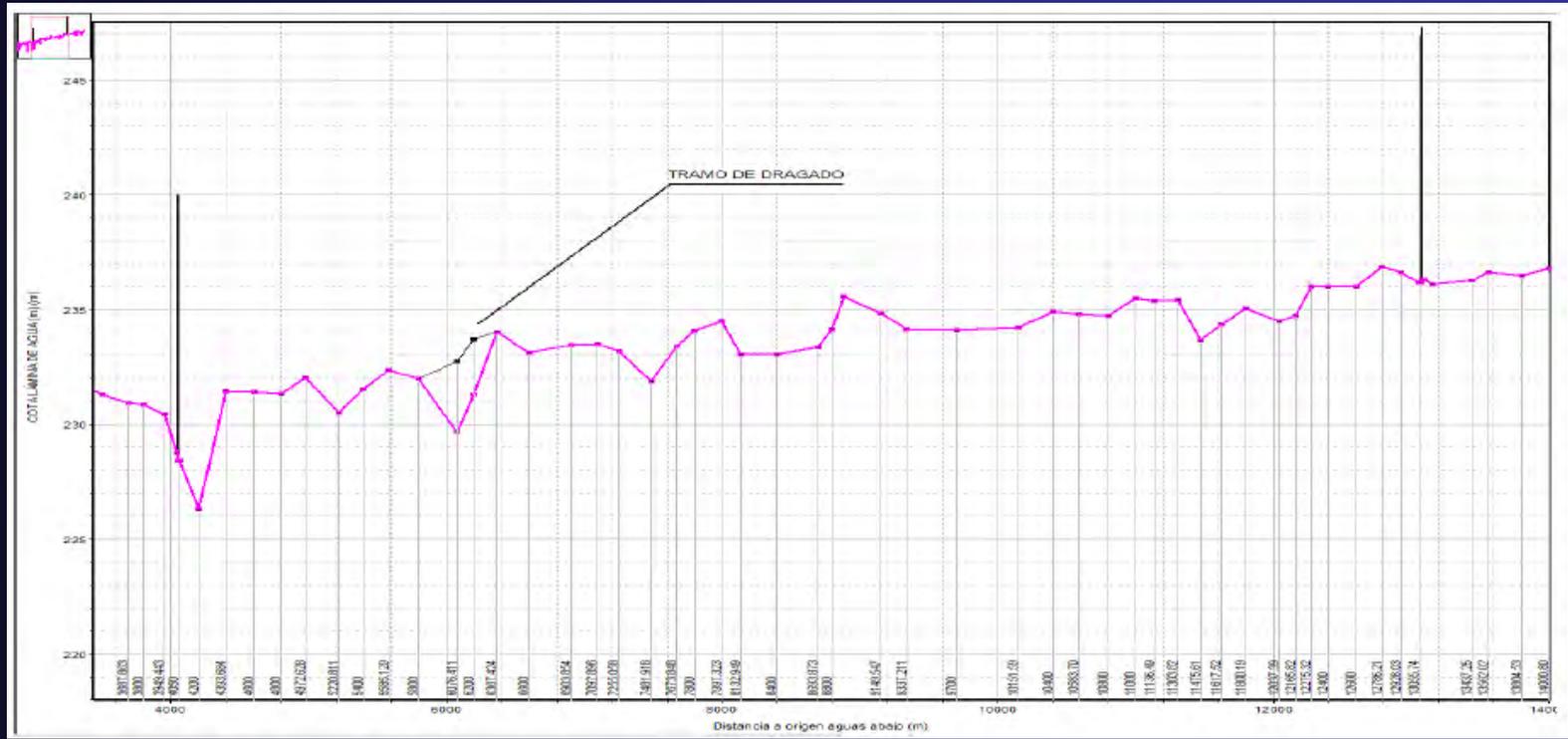
Revegetación con chopo, fresno, sauce, conejo, etc.

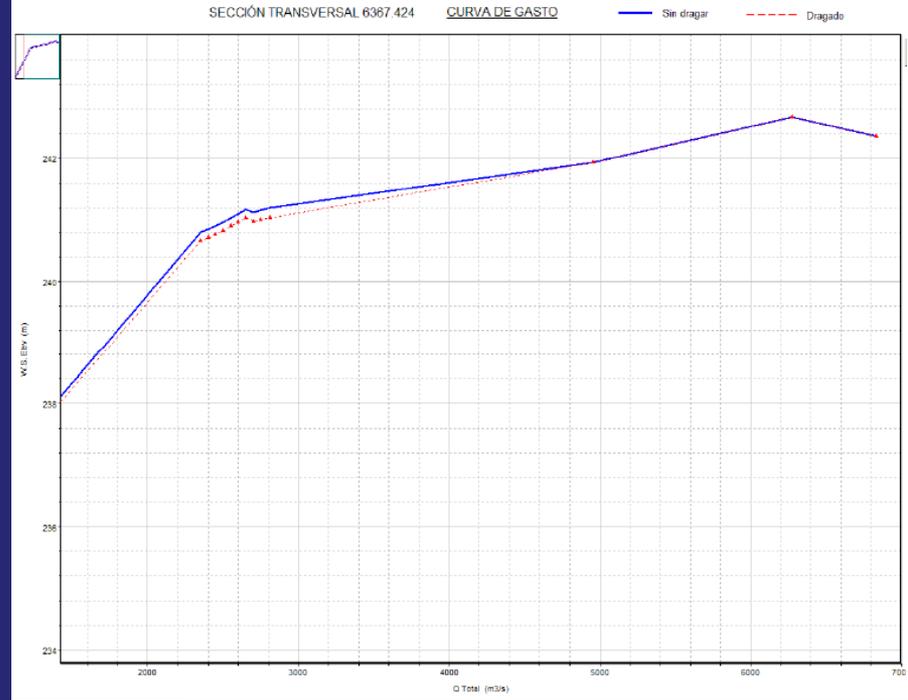
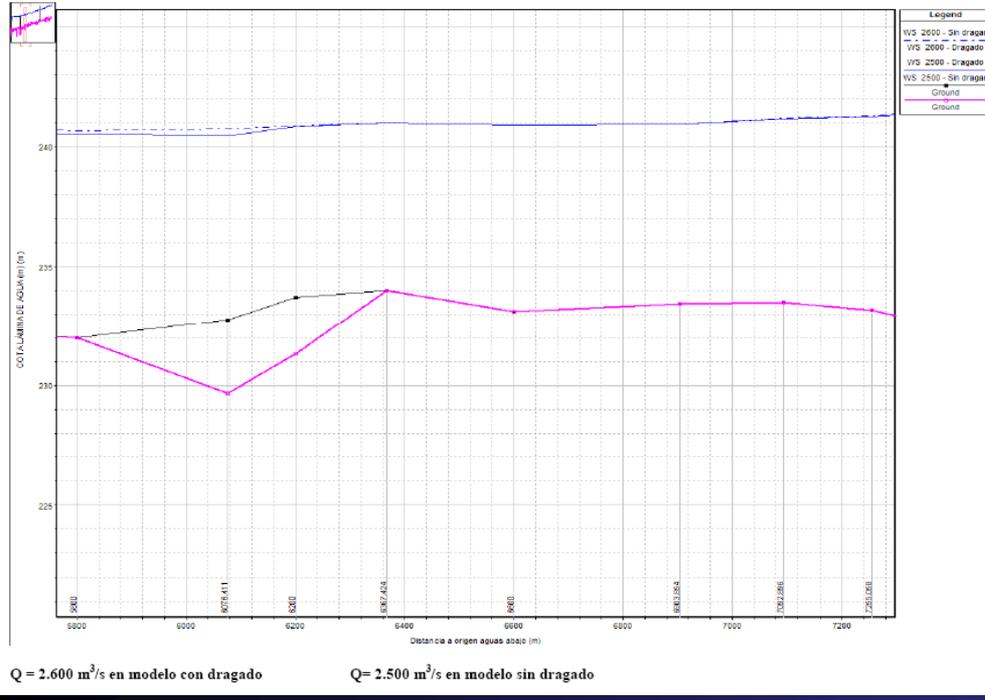
Supresión de motas en Arruazu (2008)



Análisis del efecto de los dragados en la dinámica hidráulica del meandro de Buñuel







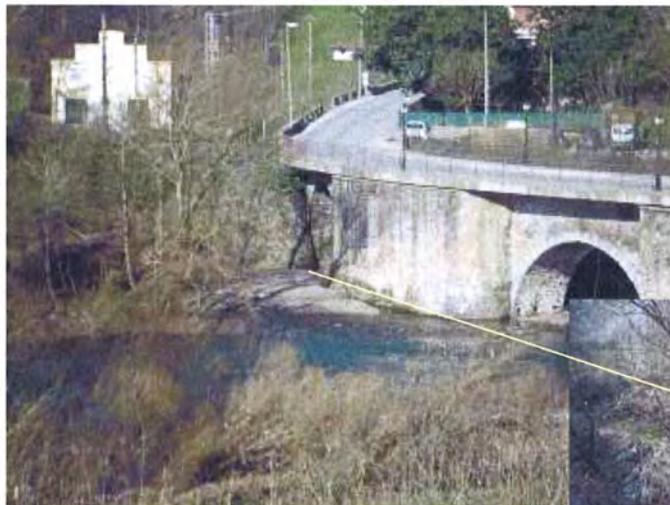
1.2. CONCLUSIONES

- El efecto del dragado sobre la lámina de agua se traslada aguas arriba del punto de dragado en un tramo de aprox. unos 1.200 m.
- La máxima reducción de calado que se consigue antes de llegar al desbordamiento generalizado del río (Caudal mayor de $Q=2.600 \text{ m}^3/\text{s}$), es de 15 cm.
- En estas condiciones, un incremento de caudal de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ (es decir, aproximadamente un 4% del caudal circulante) ya basta para volver a elevar la cota de la lámina de agua los 15 cm rebajados por el efecto del dragado.
- Se ha comprobado, que los cambios bruscos en la morfología del cauce, bien en su trazado como localmente debido a dragados, producen un desequilibrio en los procesos geomorfológicos del tramo afectado y también aguas abajo y aguas arriba. Este desequilibrio puede llegar a modificar la dinámica vertical en el cauce, alterando los procesos de acreción e incisión, provocando generalmente problemas de incisión en el cauce (procesos de erosión remontante).
- Desde el punto de vista medioambiental, sería necesario comprobar que el tramo de estudio no es un tramo con problemas de acreción, ya que en ese caso, lo adecuado sería además tratar el efecto de arrastre de sedimentos, pues invalida en poco tiempo el efecto del dragado.

No obstante lo anterior

- Puntualmente, la retirada de tapones o los dragados devuelven la capacidad hidráulica en secciones artificiales, como puentes.
- En zonas urbanas o susceptibles de inundación, no hay espacio disponible a día de hoy para retranquear defensas o dar espacio al río y habrá que actuar con medidas estructurales

***Puente sobre el Bidasoa en Berrizaun
(Igantzi)***



Detalle zona de actuación margen izquierda aguas arriba de puente



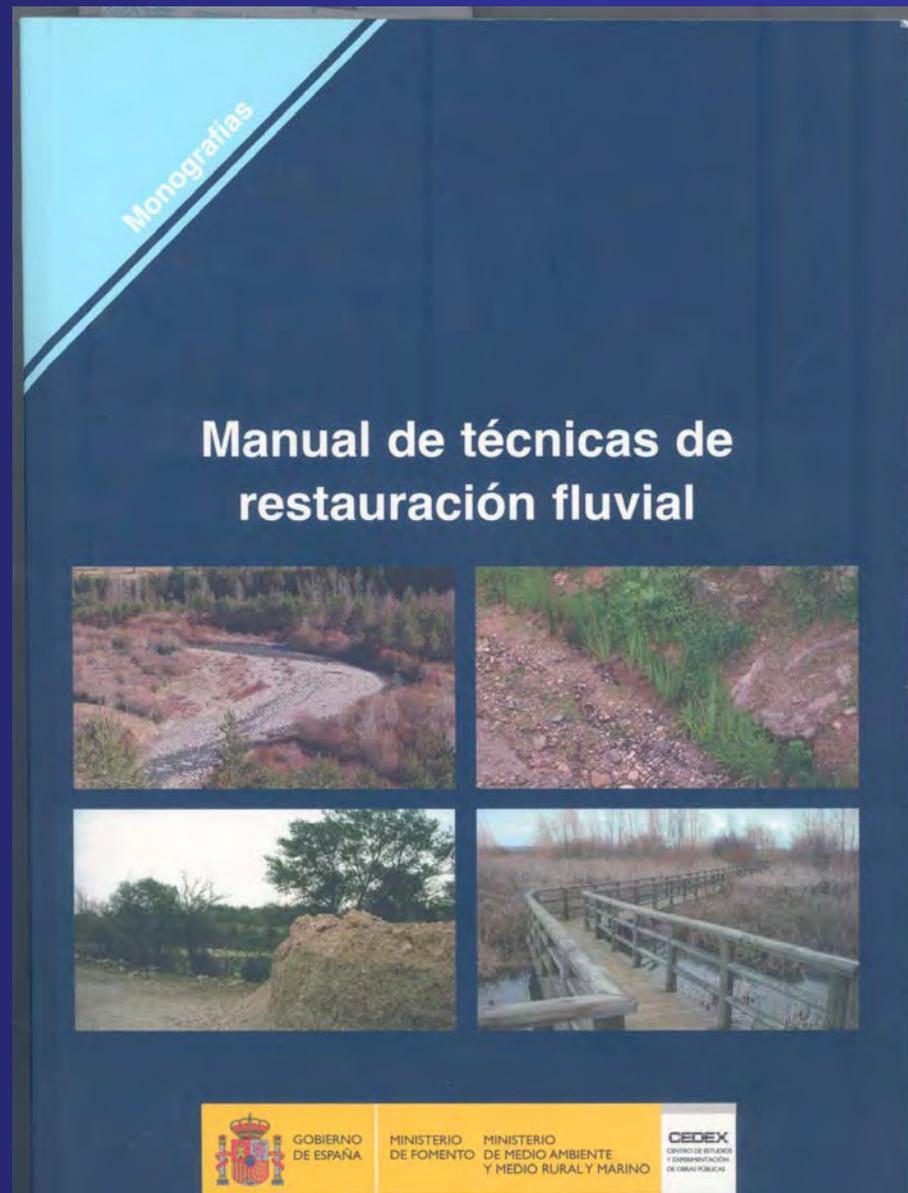
Detalle zona de actuación margen izquierda aguas abajo de puente

PROBLEMÁTICA: Inestabilidad de taludes

- **Síntomas más evidentes:**
 - Problemas de estabilidad geotécnica o inestabilidad de la base de taludes
- **Causas:**
 - Socavaciones de la base del talud en el río o modificación de la pendiente de equilibrio (pueden ser naturales o no).
 - Existencia de intervenciones tipo dragados o extracciones de grava sobre el perfil longitudinal en tramos aguas arriba
 - Desaparición de la vegetación de ribera.
- **Soluciones convencionales:**
 - Protecciones con materiales minerales tipo escollera o gaviones. Muros
- **Soluciones de restauración:**
 - Es necesario conocer el origen de la inestabilidad: excavación de la base, modificación del régimen hidráulico, vegetación de ribera, etc.
 - A partir de ese conocimiento, consolidar la base del talud y proteger mediante técnicas diversificadas de ingeniería naturalística.

Bibliografía de técnicas de restauración

- **Manual de Técnicas de restauración fluvial.** Fernando Magdaleno CEDEX. 2009.
- **Guía metodológica para la elaboración de proyectos de restauración de ríos.** Marta González de Tánago y Diego García de Jalón. Ministerio de Medio Ambiente. 2007
- **Ingeniería de ríos.** Universidad Politécnica de Cataluña. Juan Pedro Martín Vide. 2006



Técnicas de estabilización de taludes

PROBLEMÁTICA: 1.-INESTABILIDAD DE TALUDES

Técnicas de Bioingeniería	Coste	Viabilidad en relación a la pendiente*	Relación a problemas de taludes	Ventajas/desventajas
Técnica 4. Cobertura de ramas	Asequible	Máximo 30-35°	Control erosión superficial	Técnica muy apropiada para aquellas zonas con elevado nivel de humedad donde queramos reproducir saucedas arbustivas. Puede complementarse con técnicas de tratamiento del margen. La clave de la técnica es la utilización de material vegetal de la zona.
Técnica 6. Fajina de rama seca	Asequible	Se trata de una técnica complementaria usada hasta 60°	Control erosión superficial	En zonas donde no haya planta madre o con condiciones de baja humedad resulta una técnica sencilla para retener suelo. Mejora sensiblemente el rendimiento de las plantaciones.
Técnica 7. Fajina viva o haces de ramas	Asequible	Hasta 60° si hay una humedad que haga viable el desarrollo de la planta	Control erosión superficial	Técnica apropiada para taludes fluviales pequeños en zonas con un buen nivel de humedad y presencia de plantas madre.
Técnica 8. Ribaltá	Medio	Hasta 60° si hay una humedad que haga viable el desarrollo de la planta	Control erosión superficial	Muy similar a las anteriores técnicas de bioingeniería con la incorporación de una estructura más sólida en la base.
Técnica 9. Enrejado vivo	Medio	Máximo 45-50°. Necesita humedad.	Control erosión superficial Capacidad de resistencia hidráulica	En zonas con humedad, plantas madre y con necesidad de mejorar la estructura del talud. Técnica naturalística con estructura para mejorar el rendimiento en caso de avenidas.

Técnica 11. Kraimer	Elevado	Todo tipo	Geotecnia	Se trata del sistema más fuerte dentro de la ing. naturalística. De gran capacidad pero de cote elevado ideal para problemas importantes pero muy localizados en zonas de climas húmedos.
Técnica 13. Manta orgánica	Barato	Según fibra y modelo hasta 50°	Control erosión superficial	Se trata de una protección temporal para proteger el suelo hasta el desarrollo de las plantas.
Técnica 14. Redes orgánicas	Barato	Máximo 60°	Control erosión superficial	Similar a las mantas pero con más permanencia y resistencia por lo que pueden soportar pequeñas escorrentías, pisoteos temporales. Buen papel en la estructura del perfil superficial.
Técnica 17. Geomallas Asequible Máximo	Asquible	Máximo 80°	Control erosión superficial Capacidad de resistencia hidráulica	Evolución de las mantas que gracias a una estructura de plástico de tipo permanente le dan un refuerzo a las herbáceas que permite una elevada resistencia a la tensión. Pueden sustituir escolleras a costes muy inferiores. Existe el peligro de utilizar geomallas que no cumplan condiciones técnicas: tensión, degradabilidad, etc., hay que asegurarse de la calidad del material. Muchos sucedáneos peligrosos.
Técnica 18. Geoceldas	Medio		Control erosión superficial	Una técnica evolucionada de las mantas orgánicas, interesante aunque la necesidad del relleno de tierras las hace costosas.
Técnica 19. Geomalla gunitada	Medio-alto		Capacidad de resistencia hidráulica	Un intento de relacionar la ingeniería tradicional aplicada a ríos: peso con las geomallas de nueva generación.
Técnica 22. Geomalla con Rock Roll™ y Fiber Roll™	Medio	Máximo 80°	Control erosión superficial	Resulta un sistema muy completo para canalizar en verde con las máximas garantías hidráulicas y ambientales. Es un sustituto con un precio muy económico de escolleras y gaviones.

Técnica: Manta orgánica

• Características técnicas

- Consiste en un entramado de fibras de material orgánico como paja, esparto o coco estructuradas en mallas degradables orgánicas (temporales) o en mallas semi-permanentes de polipropileno
- El destino de la estructura es incorporarse al suelo

• Campo de aplicación

- Se utiliza para revegetar márgenes con una pendiente superior a 4H:1V.
- No ofrece garantías estructurales, sólo protege el suelo orgánico hasta el desarrollo de la planta.

• Detalles ejecutivos

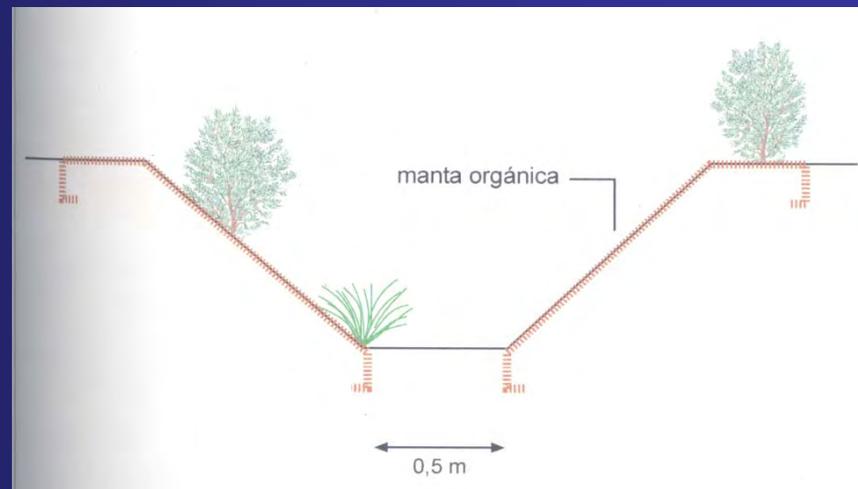
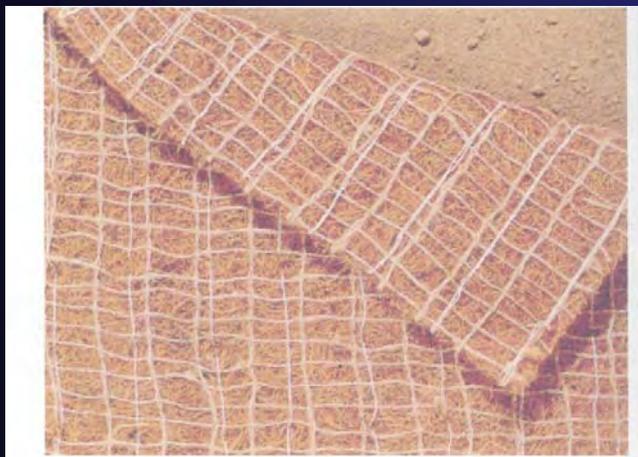
- Perfilado manual del talud, siembra e instalación de la manta.
- Se suministra en rollos de 2 m por 15 o 20. Debe haber solape mínimo de 15 cm. Los extremos deben tener los extremos protegidos mediante una zanja de anclaje. Las mantas deben tocar el suelo

• Ventajas

- Técnica de fácil aplicación y coste asequible

• Desventajas

- Mala aplicación: mantas inadecuadas para la pendiente del talud, muy tensadas o con grapaje insuficiente.



Técnica: Geomallas

• Características técnicas

- Consiste en matrices orgánicas o sintéticas estructuradas en mallas de polipropileno para la protección del suelo en taludes, márgenes fluviales u otras áreas que requieran una protección superficial del suelo antes de que presente una cobertura eficaz y permanente.
- Permiten el flujo del agua y aguantan velocidades de hasta 6 m/s.
- Las geomallas pensadas para ir vegetadas con herbáceas también pueden soportar árboles y arbustos sin perder estructura

• Campo de aplicación

- Protección de taludes de hasta 70°.
- Sustitución de muros, gaviones de escolleras para garantizar protección y reducir costes de obra.

• Detalles ejecutivos

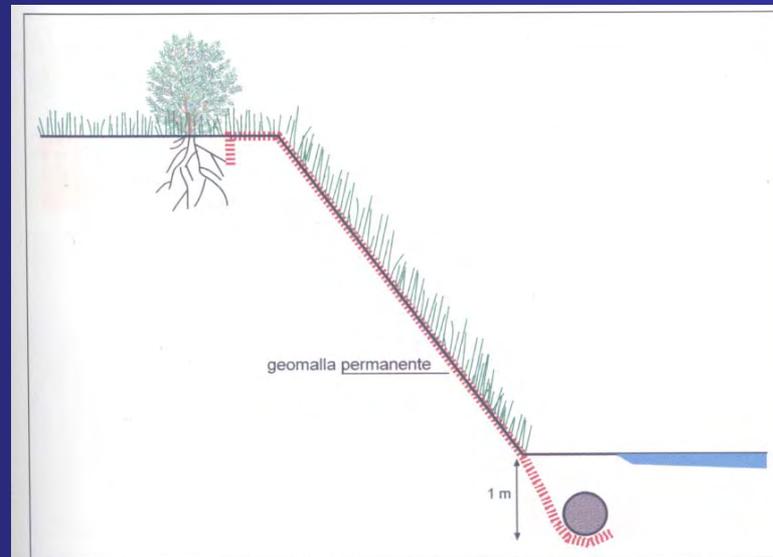
- Reperfilado del suelo. La geomalla se fija mediante grapas de hierro corrugado de 15-20 cm de longitud y 6-8 de diám. Nº grapas depende de la pendiente del talud, v corriente, etc.
- Los extremos se introducirán en unas zanjas de anclaje con grapas cada 0,50m. Los solapes serán de entre 15-20 cm. La orientación de la geomalla dependerá de si se trata de un talud fluvial o convencional

• Ventajas

- Máxima naturalización y costes de ejecución bajos.

• Desventajas

- No deja de ser una canalización verde.





Muchas gracias



**Gobierno
de Navarra**