



## **PROYECTO DE I+D+i**

***Optimización de técnicas de bioingeniería  
para la mejora del estado ecológico y  
estabilización de márgenes de los ríos***

***Jornada Técnica Interna sobre  
Seguimiento de Proyectos de  
Restauración Fluvial  
Madrid. 27 Junio 2012***

## TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA Y DISTRIBUCIÓN

- Plantaciones y estaquillados.
- Fajinas.
- Empalizadas.
- Muros Krainer.
- Redes o mantas orgánicas.
- Biorrollos.
- Gaviones prismáticos o cilíndricos.
- Troncos, tocones, árboles enteros.
- Escolleras vegetadas.



Mapa de distribución de actuaciones

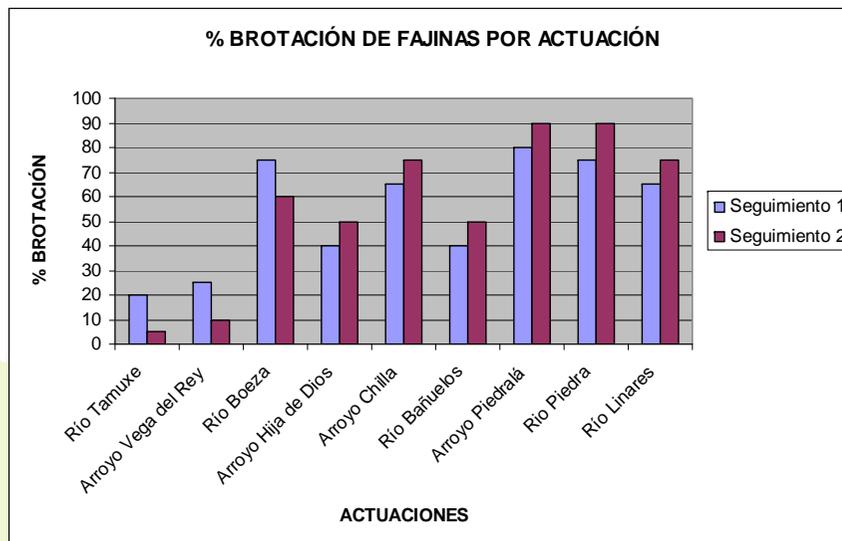
# FAJINAS

## APLICACIONES:

- Haces de ramas.
- Matorral escalonado.
- Cobertura de ramas.
- Empalizada trenzada.
- Longitud total: 2.532 m.

## OBSERVACIONES:

- Hemos comprobado que resisten velocidades de **2,5 m/s**.



## BIORROLLOS

### APLICACIONES:

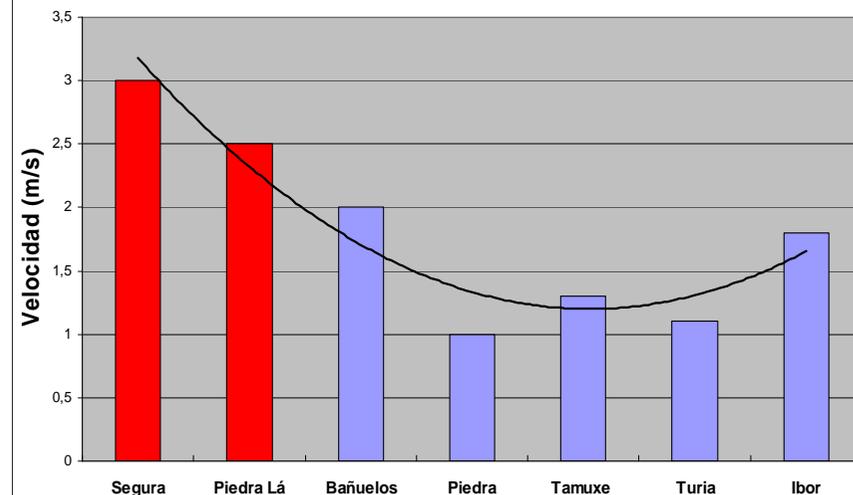
- Vegetado o sin vegetar.
- Lineal o en empalizada.
- Cursos fluviales: Tamuxe, Vega del Rey, Ibor, Piedra Lá, Bañuelos, Segura, Libros, Piedra.
- Longitud total: 5.680 m.

### OBSERVACIONES:

- Diámetro habitual 30 cm.
- Mejor integración y estabilidad en biorrollos vegetados.
- Se han detectado daños a partir de velocidades **2,5 m/s**.



Rollo estructurado



## EMPALIZADAS



### APLICACIONES:

- Bajo o alto.
- Ríos: Boeza, Turia y Piedra.
- Longitud total: 415 m.

### OBSERVACIONES:

- Eficaz estructuralmente.
- Brotación media.
- Se ha comprobado resistencia a velocidades superiores a **2,9 m/s**.

## PROTECCIÓN CON MATERIAL VEGETAL



### APLICACIONES:

- Troncos, tocones, ramas, árboles enteros,...
- Deflectores o protección lineal.
- Cursos fluviales: Tamuxe, Boeza, Vega del Rey, Ibor y Piedra.
- Longitud total: 380 m.

### OBSERVACIONES:

- Eficaz estructuralmente.
- Brotación baja.
- Resistencia superior a velocidades **3,5 m/s**.

## GAVIÓN CILÍNDRICO



### APLICACIONES:

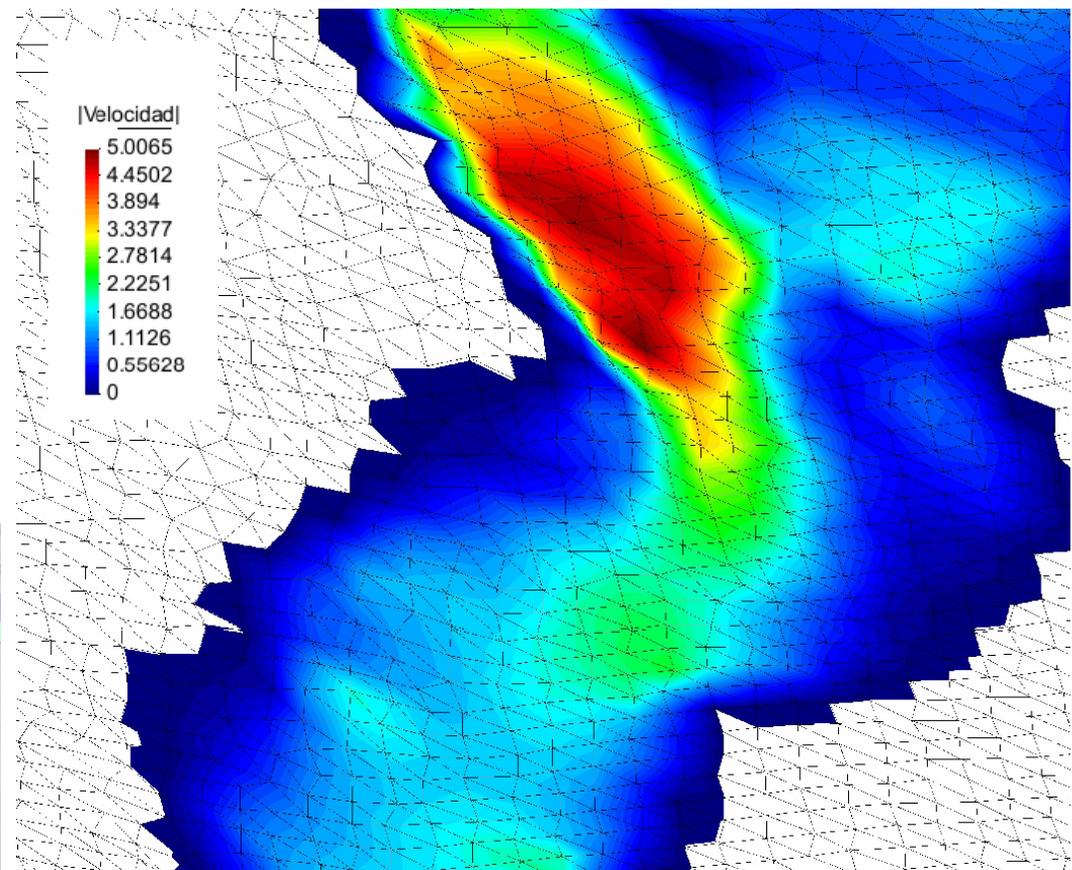
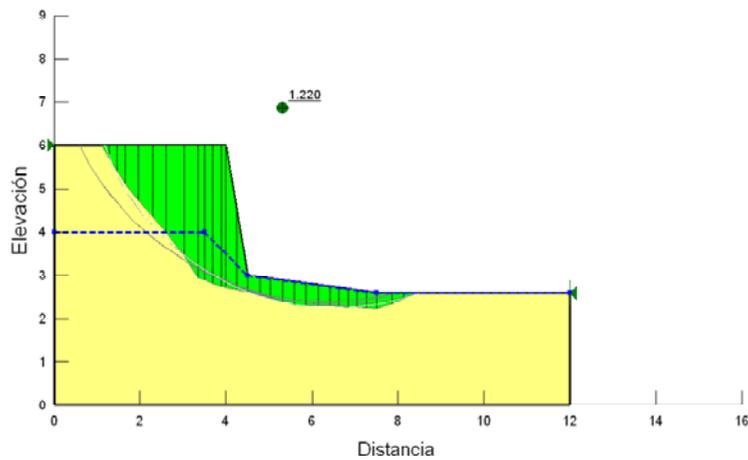
- Combinado con biorrollo.
- Deflector.
- Protección en la base del talud.
- Longitud total: 90 m.

### OBSERVACIONES:

- Puede sufrir descalces.
- Protege eficazmente la base del talud frente a velocidades superiores a **4 m/s**.
- Menor impacto visual que gaviones prismáticos.

# UTILIDADES DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

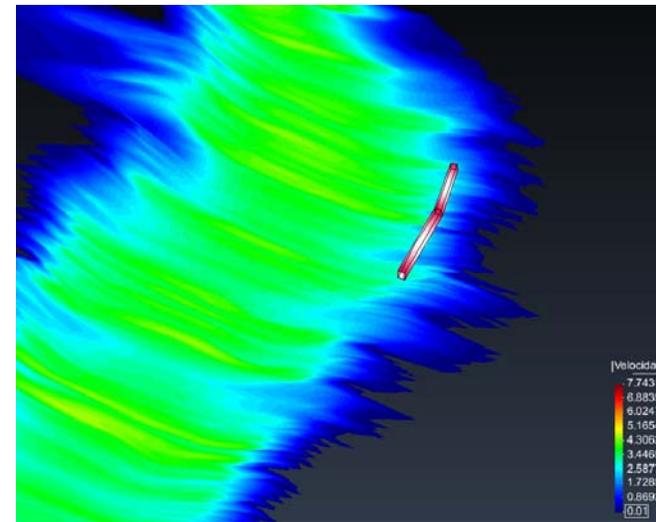
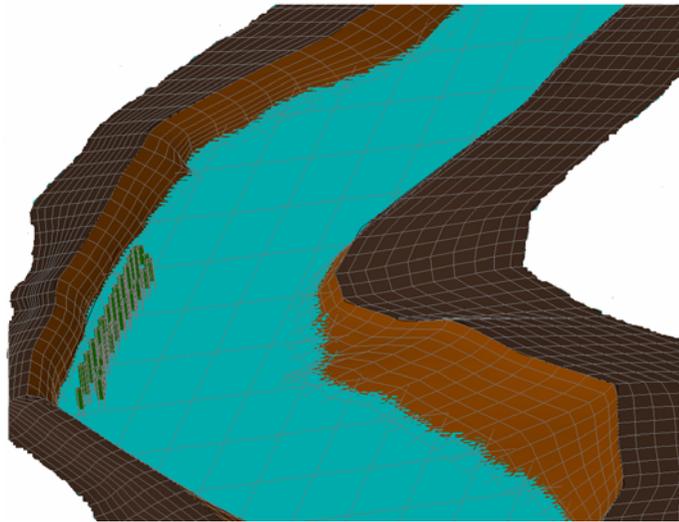
Ubicación de la técnica y el estudio de la problemática del cauce.



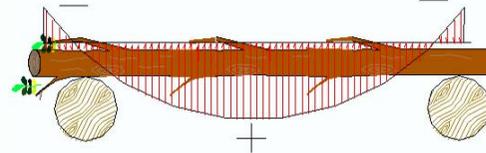
# UTILIDADES DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA

## Dimensionamiento de las técnicas.

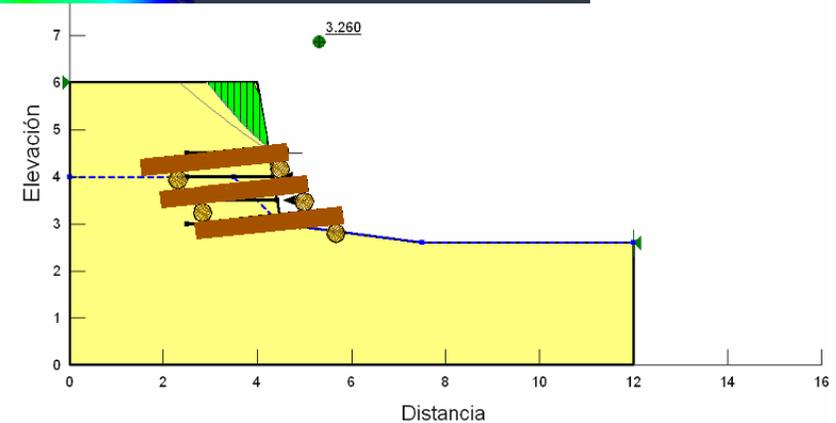
-Dimensionamiento en función del calado y velocidad que presenta la avenida de proyecto



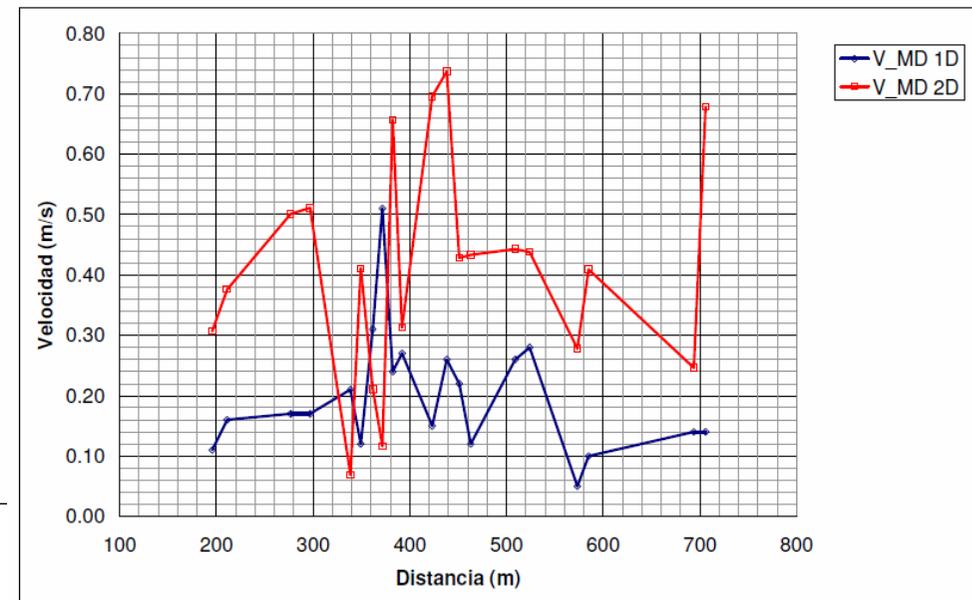
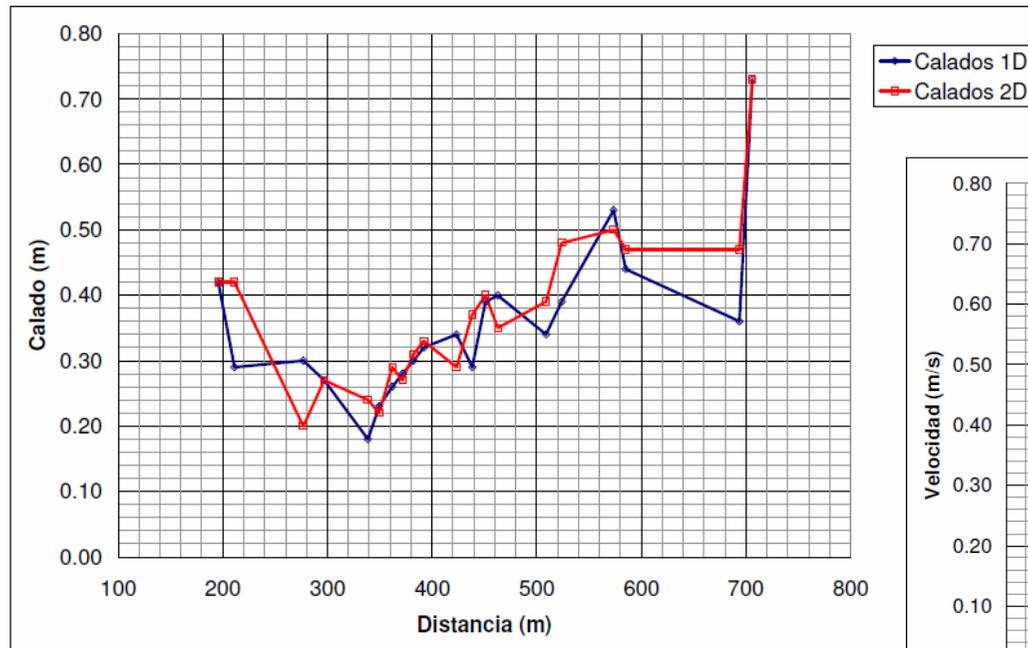
-Dimensionamiento estructural y geotécnico



$$M_z = q \cdot l/2 \cdot x + qx^2/2$$



Los modelos hidráulicos 2D suponen una gran adelanto y ayuda en el dimensionamiento. Permiten afinar más en la elección de la técnica y en determinar diámetros, alturas, empotramientos idóneos, más si cabe en cauces donde la caja del mismo no está bien definida.



# ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA ENSAYADAS

Técnicas	Datos técnicos	Protección contra erosión	Recursos necesarios	Tiempo de ejecución	Impacto	Limitaciones	Residuos	Coste económico
Plantación		BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJA	BAJO	MEDIO
Estaquillado		BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJA	BAJO	BAJO
Fajina		MEDIO	BAJO	MEDIO	BAJO	MEDIA	BAJO	MEDIO
Empalizada		ALTO	MEDIO	ALTO	MEDIO	MEDIA	BAJO	ALTO
Muro Krainer		ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTA	BAJO	ALTO
Red o manta orgánica		BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIA	MEDIO	BAJO
Biorrollo		MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO	MEDIA	BAJO	BAJO
Troncos, tocones, árboles enteros,...		MEDIO	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJA	BAJO	BAJO
Gavión cilíndrico o prismático		ALTO	ALTO	ALTO	ALTO*	ALTA	ALTO	ALTO
Escollera vegetada		ALTO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO	MEDIO



# TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA EN PENDIENTES INFERIORES A 30°

VELOCIDADES	ELEMENTOS A PROTEGER											
	IMPORTANCIA ALTA				IMPORTANCIA MEDIA				IMPORTANCIA BAJA			
ALTAS V > 3 m/s	• Muro Krainer con pie de escollera o gavión flexible (Ficha 24)	2	2	1	• Muro Krainer (Ficha 19)	2	2	2	• Fajina (Cobertura de ramas o empalizada trenzada + Geomalla + Siembra (Ficha 1))	3	2	1
	• Muro Krainer con pie de escollera o gavión flexible + Red o Manta orgánica+ Hidrosiembra (Ficha 5)	3	3	0	• Gavión flexible + Estaquillado + Siembra + Plantación (Ficha 25)	3	3	2	• Fajina + Estaquillado + Plantación (Ficha 8)	2	3	2
	• Escollera vegetada (Ficha 20)	3	0	2	• Entramado vivo (Ficha 23)	2	1	2	• Protección con troncos + Siembra (Ficha 12)	2	1	2
	• Empalizada con pie de escollera o gavión flexible (Ficha 6)	2	1	1					• Protección con troncos + Red o Manta orgánica+ Siembra (Ficha 4)	3	2	1
MEDIAS 1 m/s < V < 3 m/s	• Empalizada trenzada + Estaquillado + Siembra + Plantación (Ficha 26)	2	3	1	• Protección con troncos + Siembra (Ficha 12)	2	2	3	• Rollo estructurado + Siembra + Plantación (Ficha 18)	3	3	1
	• Deflector con material vegetal (Ficha 22)	3	2	2	• Protección con troncos + Geomalla + Siembra (Ficha 4)	3	2	2	• Rollo estructurado + Red o Manta orgánica + Hidrosiembra (Ficha 17)	3	2	1
BAJAS V < 1 m/s	• Fajina (Cobertura de ramas) + Red o Manta orgánica + Siembra (Ficha 3)	2	3	1	• Estaquillado (Ficha 9)	1	1	2	• No intervención	0	0	3
	• Deflector (escollera o gavión flexible) (Ficha 22)	2	0	3	• Plantación (Ficha 10)	1	1	1	• Estaquillado (Ficha 9)	1	1	2
	• Fajina (Cobertura de ramas) + Estaquillado + Plantación (Ficha 8)	1	3	1					• Plantación (Ficha 10)	1	1	1
	• Protección con troncos + Siembra (Ficha 12)	3	1	2					• Siembra (Ficha 11)	1	1	1
									• Estaquillado + Plantación (Ficha 13)	2	2	1



# TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA EN PENDIENTES SUPERIORES A 30°

VELOCIDADES	ELEMENTOS A PROTEGER											
	IMPORTANCIA ALTA			IMPORTANCIA MEDIA			IMPORTANCIA BAJA					
ALTAS V>3m/s	Muro Krainer con pie de escollera o gavión flexible (Ficha 24)	2	2	1	Muro Krainer (Ficha 19)	2	2	1	Fajina (Cobertura de ramas o empalizada trenzada + Red o manta orgánica + Siembra (Ficha 1 y 3)	2	3	2
	Muro Krainer con pie de escollera o gavión flexible + Red o Manta orgánica + Hidrosiembra (Ficha 5)	3	3	0	Gavión flexible+ Biorrollo + Red o Manta orgánica + Siembra + Estaquillado (Ficha 2)	2	2	2	Protección con material vegetal (tocones, ramas, troncos) + Siembra (Ficha 7 y 12)	3	1	3
	Escollera vegetada (Ficha 20)	3	0	3	Empalizada (Ficha 23)	2	2	1	Protección con troncos + Red o Manta orgánica + Siembra (Ficha 4)	2	1	2
	Empalizada con pie de escollera o gavión flexible (Ficha 6)	1	1	1	Gavión flexible + Fajina (Empalizada trenzada) + Red o Manta orgánica + Siembra + Estaquillado (Ficha 14)	2	3	2				
	Muro gaviones prismáticos rectangulares (Ficha 21)											
MEDIAS 1 m/s <V<3 m/s	Muro Krainer (Ficha 19)	2	2	1	Protección con material vegetal (tocones, ramas, troncos) + Siembra (Ficha 7 y 12)	3	1	2	Biorrollo + Red o Manta orgánica + Hidrosiembra + Estaquillado + Plantación (Ficha 15)	3	3	0
	Gavión flexible + Biorrollo + Red o manta orgánica + Siembra + Estaquillado (Ficha 2)	3	2	1	Fajina (Cobertura de ramas o empalizada trenzada + Geomalla + Siembra (Ficha 1 y 3)	3	3	2	Biorrollo + Red o Manta orgánica + Hidrosiembra (Ficha 17)	3	2	1
	Empalizada (Ficha 23)	2	2	1	Pie de escollera + Siembra + Estaquillado + Plantación (Ficha 26)	3	3	2	Fajina (Cobertura de ramas) + Estaquillado + Plantación (Ficha 8)	2	3	2
	Gavión flexible+Fajina (Empalizada trenzada) + Red o Manta orgánica + Siembra + Estaquillado (Ficha 14)	3	3	1								
BAJAS V<1m/s	Fajina (Cobertura de ramas) + Red o Manta orgánica + Siembra (Ficha 3)	2	2	2	Biorrollo + Red o Manta orgánica + Hidrosiembra + Estaquillado + Plantación (Ficha 24)	3	3	1	No intervención	0	0	3
	Deflector (escollera o gavión flexible) (Ficha 22)	2	0	3	Estaquillado + Plantación (Ficha 13)	1	2	3	Red o manta orgánica + Estaquillado + Siembra + Plantación (Ficha 16)	3	3	0
	Protección con troncos + Red o manta orgánica + Siembra/Hidrosiembra + Plantación (Ficha 4)	3	2	2	Estaquillado + Plantación (Ficha 10)	1	1	2	Plantación (Ficha 10)	1	1	1
									Siembra (Ficha 11)	1	1	1
									Estaquillado + Plantación (Ficha 13)	2	2	1

## CONCLUSIONES

- **Caracterizar previamente el cauce**: topografía, modelización hidráulica, índices ecológicos permite:

1. Diagnosticar las causas que provocan la erosión.
2. Decidir los tramos en los que se debe actuar.
3. Seleccionar las técnicas idóneas.
4. Dimensionar correctamente.
5. Reducir costes.

- Una vez ejecutadas las técnicas de bioingeniería se debe efectuar un **seguimiento de la actuación** para comprobar que han contribuido a frenar la erosión, mejorar el estado ecológico y cumplir los objetivos de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE).



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**