



PROYECTO MODIFICADO N. 1 DE I+D+I DE OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES DE LOS RÍOS.

TÍTULO DEL TRABAJO

EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN EL ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE DISTINTAS TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA EN VARIAS ACTUACIONES EN EL MARCO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE RESTAURACIÓN DE RÍOS.

AUTORES

Sánchez Martínez, Francisco Javier, García Díaz, José, Aparicio Martín, Mónica, González Sánchez, Marta, Hernanz Sánchez, Miguel, García-Guijas Redondo, José Manuel y Saiz de la Hoya Zamacola, Alfonso



1 INTRODUCCIÓN

Las técnicas de bioingeniería constituyen una de las herramientas que se están empleando para estabilizar determinadas zonas de cursos de ríos afectadas por erosión, de forma compatible con la mejora de su estado ecológico tal como exige la Directiva Marco del Agua. Estas técnicas se han desarrollado principalmente en países de Centro-Europa como Austria, Suiza, Alemania, y en menor medida Francia e Italia. En España hasta los últimos años eran escasos los proyectos en esta línea y no existía información contrastada acerca de técnicas y materiales idóneos para cada ámbito territorial.

En 2006, el entonces Ministerio de Medio Ambiente inicia la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (ENRR) con el objetivo de alcanzar el buen estado ecológico de los ríos, minimizar los riesgos de inundación, potenciar su patrimonio cultural, fomentar el uso racional del espacio fluvial e impulsar el desarrollo sostenible del medio rural dando cumplimiento a la Directiva Marco del Agua y la Directiva de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación.

En 2009, en el marco de la ENRR se decide ejecutar un proyecto de I+D+i de optimización de técnicas de bioingeniería con el objetivo principal de determinar si la bioingeniería es aplicable en los cursos de agua mediterráneos y si las especies vegetales que se utilizan, permiten la adaptación a épocas de estiaje y a las perturbaciones derivadas de los agentes climáticos propios de estos cauces. Hasta ese momento, en España eran escasos los proyectos en esta línea mientras que se tiene constancia de su efectividad en países de Centro Europa o en el ámbito fluvial.

Se han seleccionado quince tramos de aplicación en siete Confederaciones Hidrográficas con problemas de erosión pero cuyas causas y condiciones climáticas e hidrológicas son muy diferentes. Las técnicas se han empleado individualmente o combinadas al objeto de maximizar la eficacia de la intervención.

Para el estudio del comportamiento de dichas técnicas se han utilizado diferentes aplicaciones, para modelizar el comportamiento del terreno se han usado programas de modelización geotécnica, así como para el estudio de la interacción con el agua se han usado diferentes programas de modelización hidráulica, modelos que analizan el flujo del agua tanto unidimensional como bidimensionalmente.



El objetivo de esta comunicación es presentar las experiencias obtenidas de la modelización hidráulica. En un principio se ha probado tanto software comercial como de libre difusión. Pero para el seguimiento de las actuaciones se está empleando IBER, con diferentes experiencias en su utilización.

2 MATERIAL Y METODOS

2.1 ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LAS ACTUACIONES

Se han ejecutado diversas técnicas en escenarios de siete Confederaciones Hidrográficas (Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana, Segura, Júcar y Ebro), de manera que los resultados ayuden a definir la idoneidad de las técnicas para distintos condicionantes y objetivos. Las técnicas ensayadas han sido muy variadas y cabe destacar la construcción de fajas, instalación de geomallas y mantas orgánicas, construcción de muros Krainer, entramados vivos, instalación de rollos estructurados, etc.



Figura 1. Mapa de distribución de actuaciones.

2.2 PROYECTO Y SEGUIMIENTO

El proyecto ha constado de cuatro fases, bien diferenciadas, de las cuáles las dos últimas todavía no han concluido. Estas cuatro son:

- Recopilación de Antecedentes. Recopilación y análisis de las experiencias previas con técnicas de bioingeniería. En esta fase se constató que a día de hoy no existe mucha información sobre el dimensionamiento y criterios de selección sobre las técnicas de



Bioingeniería, más si cabe en el ambiente mediterráneo. La mayor parte de la información que se recogió fue de los países de Centroeuropa.

Técnicas		Velocidad (m/s)	Tensión cortante (N/m ²)
Rows of tree stumps	fila de troncos	3.5-4	120-160
Coir roll	Biorrollo	2.0-2.7	130-170
Dead Fascine	Fajina muerta	2.5-3.0	70-120

Tabla1. Ejemplo de datos recogidos corrientes soportables por 3 técnicas de Bioingeniería

- Redacción y ejecución de las propuestas. Con la información recogida en los antecedentes, se procedió a redactar las propuestas, que también sumarían nuevas técnicas sin probar, y propondrían nuevas líneas de investigación. Para el diseño de las mismas se escogieron diferentes tipos de cauces, tanto cursos altos de ríos, como cursos bajos o con intrusión salina. Durante la ejecución se realizó un seguimiento de las obras para constatar que las mismas técnicas construidas en diferentes sitios, se realizaban siguiendo los mismos criterios. Para la disposición de las técnicas se hicieron modelizaciones hidrológica-hidráulicas, así como geotécnicas-estructurales, con el fin de optimizar su diseño e ir sentando las bases para la exportabilidad del mismo.



Figura2. Imagen de ejecución de escollera vegetada y geomalla

- Seguimiento. Una vez ejecutadas las obras, se empezó a realizar un seguimiento de la evolución de la geomorfología del río. Por un lado se ha estudiado la evolución de las técnicas de bioingeniería en las condiciones ordinarias del cauce. Con cada episodio de avenidas, se ha sacado de nuevo la morfología del cauce estudiando su evolución y balance de sólidos, evolución de rápidos y remansos, etc., con el objetivo de comparar y predecir la evolución



natural del cauce. Por otro lado, se han estudiado los efectos de las avenidas sobre las técnicas empleadas, con objeto de asociar los desperfectos encontrados en las mismas con los caudales acontecidos.

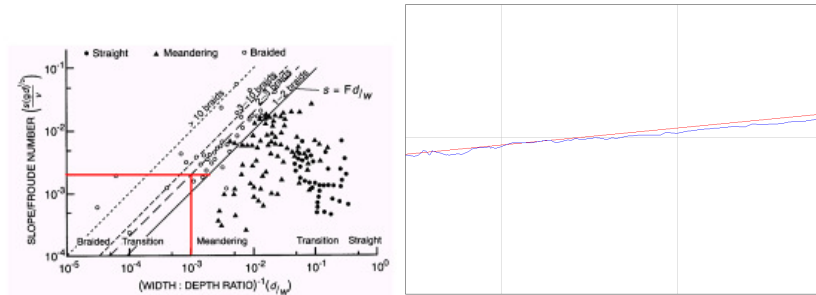


Figura3. Ábaco para caracterización del río y comparación de perfiles longitudinales de un tramo de estudio

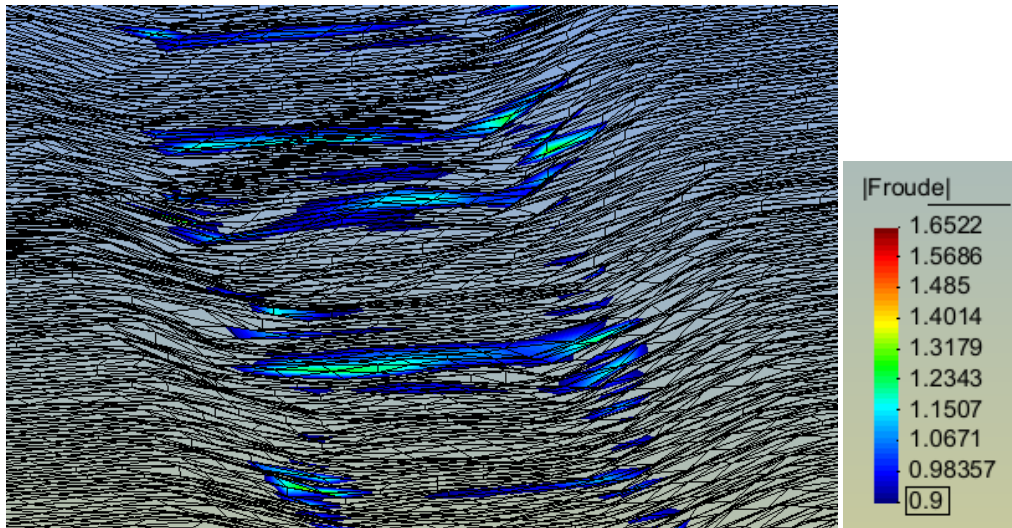


Figura4. Simulación hidráulica, donde se marcan los rápidos asociados a un caudal determinado

- Análisis de resultados y elaboración de conclusiones. Se publicarán informes con los resultados obtenidos para su difusión donde se sentarán las bases del diseño y ejecución de las técnicas estudiadas. Igualmente, se establecerán nuevas líneas de investigación.



PROYECTO MODIFICADO N. 1 DE I+D+I DE OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES DE LOS RÍOS.

Tipo de seguimiento		Datos registrados	Origen del dato	Objetivo del dato
Datos de campo	Seguimiento anual	Temperatura media	Estaciones meteorológicas	Seleccionar especies con mejor adaptabilidad
		Humedad del terreno	Mediciones en campo	
		Distancia a la lámina de agua	Mediciones en campo	Establecer bandas de vegetación
		Grado de brotación, crecimiento	Observación en campo	Seleccionar especies con mejor adaptabilidad
		Grado de erosión	Observación en campo	Establecer velocidad, tensión y condiciones a partir de cuales empieza a fallar cada técnica
Datos de gabinete	Avenidas	Caudal y Periodo de retorno	Estaciones de aforos, estudios hidrológicos, o cálculos a partir de calados medidos en campo. Periodo de retorno: comparaciones con las distribuciones normales de los datos forónomicos	Establecer bandas de vegetación
		Calados	Modelización hidráulica	Establecer calados de diseño
		Velocidad		Asociar velocidad máxima de corriente a cada técnica
		Tensiones tangenciales		Asociar tensión máxima de corriente a cada técnica
		Variación de la geometría	Sucesivos levantamientos topográficos	Estudiar el balance de sedimentos y comprobar la afección que pueden tener las técnicas de bioingeniería en el mismo
	Tamaño de árido lavado	Velocidades (modelos matemáticos y datos de campo)	Testear el ábaco de Shields y establecer condiciones de diseño	
	Régimen de caudales ordinarios	Caudales medios, mínimos y máximos mensuales y calados asociados	Estaciones de aforos, estudios hidrológicos, o cálculos a partir de calados medidos en campo. Modelización hidráulica	Establecer bandas de vegetación
Factor de seguridad		Modelos matemáticos de estabilidad de taludes	Establecer resistencia estructural de cada técnica	



2.3 MODELIZACIÓN

La modelación se usa para estudiar situaciones, difícilmente observables en la realidad, estimar las condiciones de fallo de una estructura o simular avenidas poco frecuentes. En este sentido la modelación ha resultado ser una pieza muy importante del diseño y seguimiento de las técnicas de Bioingeniería. Sin embargo las modelaciones o simulaciones deben tener un proceso de calibración, donde se ajusten variables como la rugosidad, ya bien sea con mediciones tomadas en campo o análisis de sensibilidad

-En el diseño los modelos hidrológicos en primer lugar ayudaron a estimar el caudal de diseño, cuando no se disponía de estación de aforos o el cauce no estaba regulado. En el seguimiento, este tipo de modelos no se ha usado, ya que los datos de caudal se han obtenido a partir de la curva de gasto generada con los modelos hidráulicos.

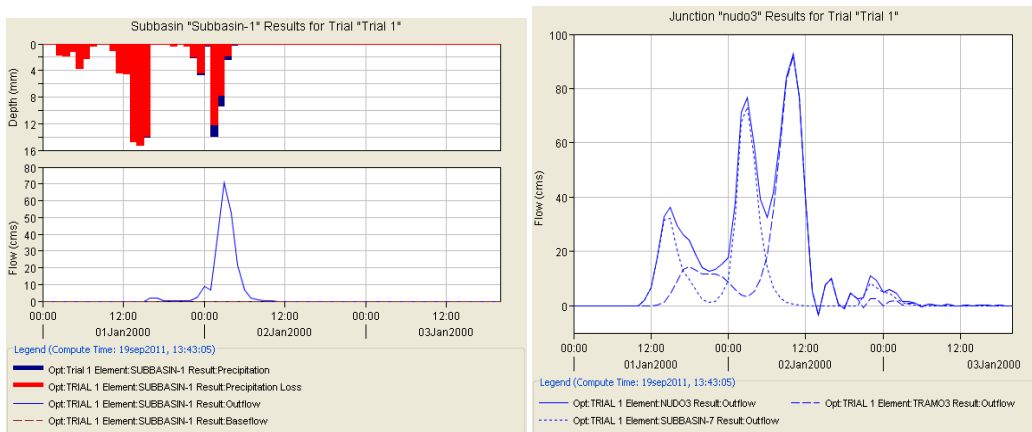


Figura 6. Resultado de las modelizaciones hidrológicas realizadas en el arroyo Piedralá. (C.Real)

-Los modelos geotécnicos determinaron el coeficiente de seguridad, cargas admisibles del talud, así como las dimensiones que deberían tener las técnicas para contribuir eficazmente a la estabilización del talud. Después en el seguimiento de las actuaciones no se ha considerado necesario ya que las variables a modelizar se han considerado constantes.



PROYECTO MODIFICADO N. 1 DE I+D+I DE OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES DE LOS RÍOS.

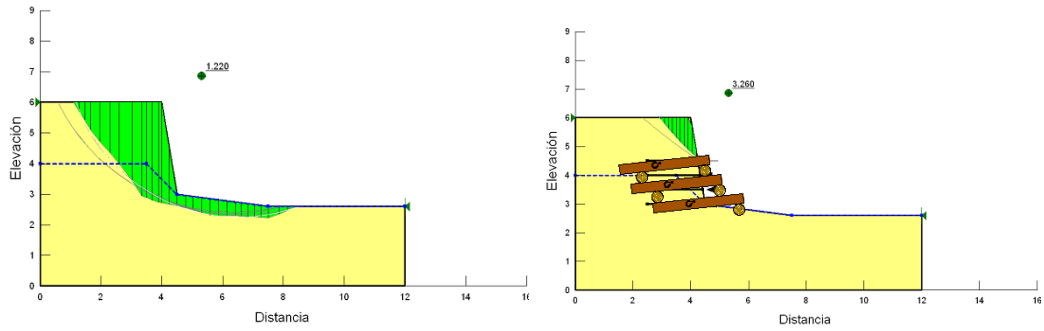


Figura 7. Resultado de las modelizaciones geotécnicas en el arroyo Linares (Guadalajara).

-Los modelos hidráulicos no solo han marcado las zonas más susceptibles de erosionarse, si no que han marcado también las dimensiones de las técnicas para evitar el lavado del material, su ubicación más óptima dentro del cauce, o el efecto que producen aguas arriba y debajo de las mismas.



Figura 8. Resultado de las modelizaciones hidráulicas, a la izquierda se muestra el diámetro crítico con el caudal simulado (simulación realizada con IBER), a la derecha se muestra una simulación realizada con Hec-Ras donde la cota de la lámina de agua fue la que definió la altura de la empalizada.

Uno de los objetivos del proyecto era definir los valores límite que soportaba cada técnica y para ello los modelos hidráulicos han sido de gran importancia. Con cada episodio de avenida, se ha realizado un recuento de daños, relacionando cada uno de esos daños con esa avenida y a través de los modelos hidráulicos con una velocidad, tensión y potencia disipada.



PROYECTO MODIFICADO N. 1 DE I+D+I DE OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES DE LOS RÍOS.

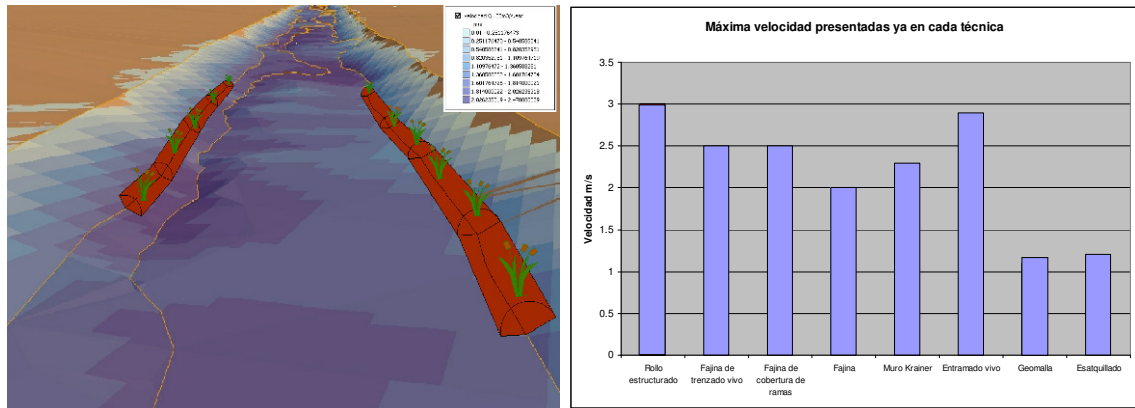


Figura 9. Resultado de las modelizaciones hidráulicas, a la izquierda se muestra las velocidades soportadas por el biorrollo para un determinado caudal, a la derecha las máximas velocidades soportadas por las técnicas

El principal condicionante de los modelos hidráulicos ejecutados en este proyecto respecto a otros modelos convencionales, es la definición de la geometría. Para modelados destinados al cálculo de zonas inundables la precisión necesaria, no suele requerir MDT con resoluciones mayores de 1m, y la zona de estudio, es una zona de gran amplitud. Sin embargo, para los modelos usados en el presente proyecto la llanura de inundación no tiene relevancia, ya que los datos más relevantes junto con el caudal, son la velocidad y las tensionas en el cauce. Además las variaciones más significativas de estos datos se producen mientras se llena la caja del cauce, una vez rebasadas las variaciones en el cauce no son importantes.

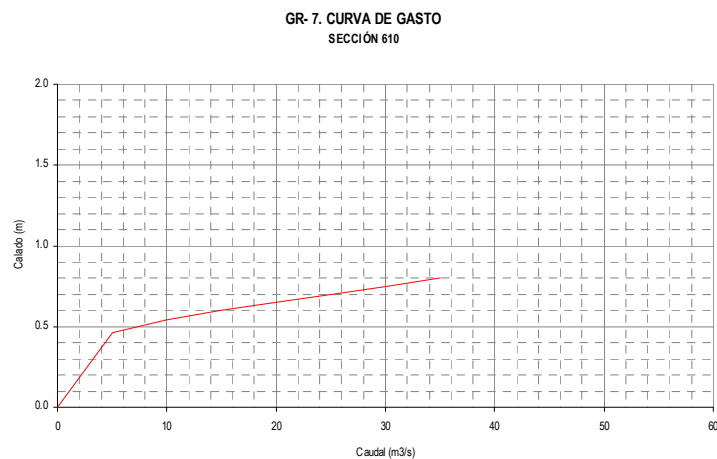


Figura 10. Curva de gasto del arroyo Piedralá, donde se aprecia como varía progresión del calado a partir de que el agua rebase el cauce.

Por lo anteriormente comentado, la geometría usada estos modelos ha diferenciado muy claramente la precisión usada en la llanura de inundación de la del cauce. Para representar la llanura



PROYECTO MODIFICADO N. 1 DE I+D+I DE OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES DE LOS RÍOS.

de inundación se ha usado el MDT de libre descarga, proporcionado por el Instituto Geográfico nacional de 5mxm En cambio para definir el cauce se ha usado:

-Tecnología LIDAR con resolución de 1 punto cada 25cm, información que hay que filtrar y depurar hasta generar el MDT, libre de vegetación, que respete las líneas de rotura, etc.

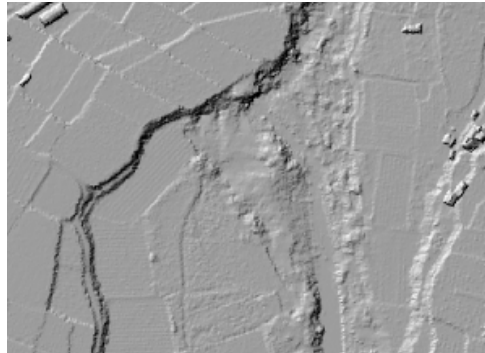


Figura 11.MDT generado a partir de LIDAR.

-Levantamiento topográfico, donde en cada línea de rotura se toman por lo menos 2 puntos por metro lineal.



Figura 12. Imagen de las líneas de rotura tomadas para definir la geometría del cauce.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 COMPARACIÓN DE MODELOS HIDRÁULICOS.

En las primeras fases del proyecto se sopesó la conveniencia de usar modelos unidimensionales o bidimensionales. En un principio se empezó con modelos unidimensionales para las actuaciones de menor entidad, aunque poco a poco fueron sustituyéndose por modelos bidimensionales. En este sentido, hay que tener en cuenta que los esfuerzos para conseguir un estudio unidimensional son menores, y hasta ahora para labores como calcular el DPH (Dominio Público Hidráulico), se ha venido usando estos, obteniendo buenos resultados. Como se aprecia en la imagen siguiente, no hay diferencias significativas en las variaciones del calado entre ambos modelos (imagen procedente del estudio hidráulico en el río Linares).

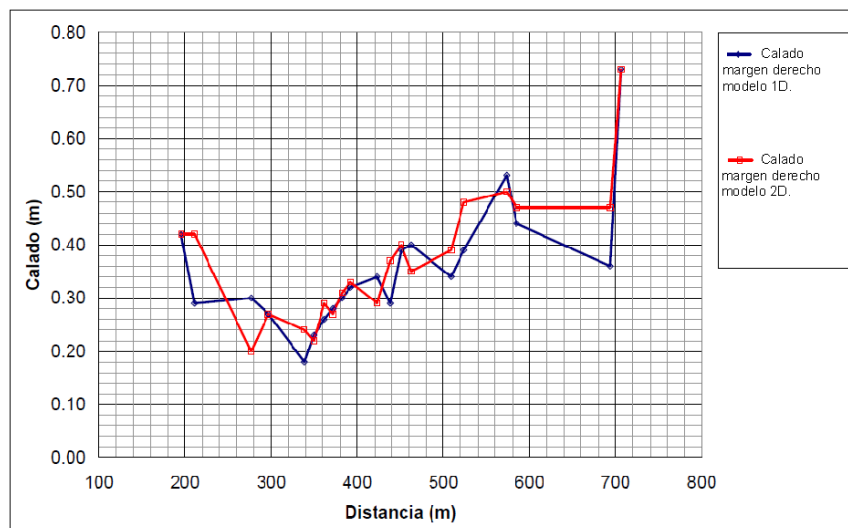


Figura 12. Gráfico comparativo de calados, entre un modelo unidimensional y bidimensional

No obstante para caracterizar la distribución de velocidades en una sección, las simplificaciones adoptadas por los modelos unidimensionales dan como resultado con diferencias más significativas con respecto a la modelización bidimensional (gráfico procedente del estudio hidráulico del río Linares).

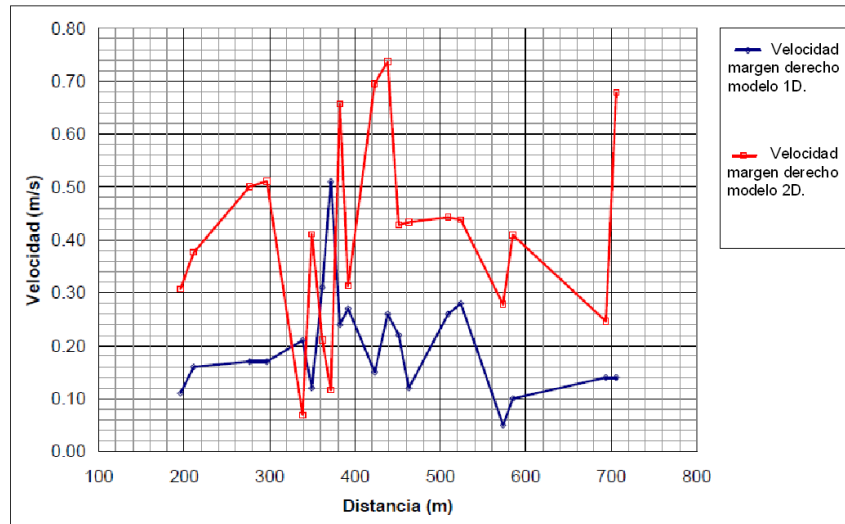


Figura 13. Gráfico comparativo de velocidades, entre un modelo unidimensional y bidimensional

Estas diferencias se ven acentuadas si se estudian variables como la tensión de corte o la potencia disipada (gráficos procedentes del estudio hidráulico del río Linares).

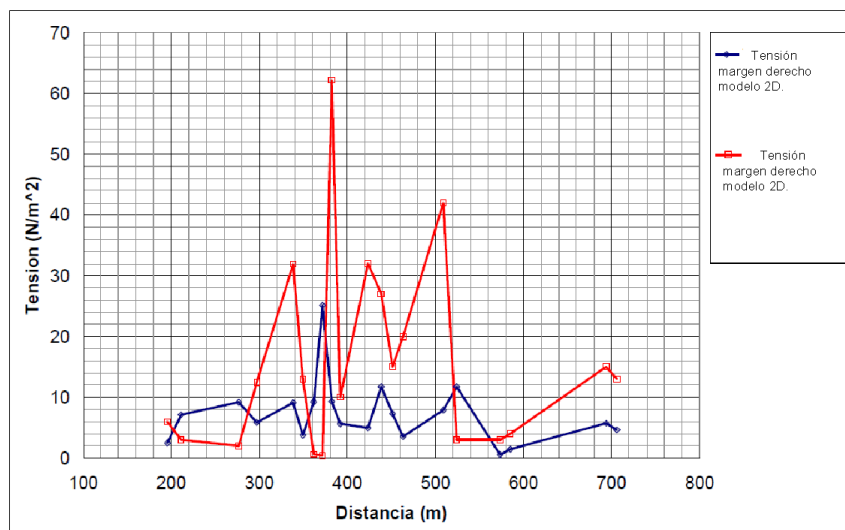


Figura 13. Gráfico comparativo de tensiones, entre un modelo unidimensional y bidimensional

Cuantitativamente, las desviaciones entre los resultados de los calados son como máximo de un 20 por ciento, entre el modelo unidimensional y bidimensional, mientras que en el análisis de la velocidad esta diferencia llega al 400 por ciento, diferencia que aumenta aún más si cabe en el estudio de la tensión. Además, el coeficiente de correlación entre los calados de ambos modelos es de 0,75 mientras que los coeficientes de correlación de velocidades y tensiones entre los modelos unidimensionales y bidimensionales son de -0,018 y 0,027 respectivamente. De esto se puede deducir que los modelos unidimensionales se pueden usar para aproximar un valor del calado, mientras que se deben descartar para el cálculo de velocidades y tensiones.



Por lo tanto el presente Proyecto de I+D+i contempla la caracterización hidráulica de diferentes actuaciones por medio de modelos bidimensionales. El objetivo principal de dichos modelos ha sido aproximar los valores de calado, velocidad, número de Froude, tensión tangencial, y potencia disipada en cada punto, para un determinado caudal, obteniendo así no sólo los parámetros de cálculo sino también los lugares del cauce más críticos para situar la técnica óptima.

Los modelos bidimensionales han ido acompañados por modelos unidimensionales, principalmente por dos razones:

- Para complementar los estudio bidimensionales. Por ejemplo, para estudiar la potencia disipada se considera muy útil ver como varia la línea de energía.
- Para comparar los resultados, aunque hay que tener en cuenta que los modelos unidimensionales obtienen resultados medios en la sección y los bidimensionales dan resultados en cada punto de la misma.

3.2 CONCLUSIONES DE LA MODELIZACIÓN

A partir de la experiencia acumulada se realizan las siguientes consideraciones:

- Todos los estudios hidráulicos elaborados han indicado la conveniencia de ejecutar las técnicas de bioingeniería en cada tramo estudiado. Se recomienda realizar estudios hidromorfológicos para observar la evolución de los tramos intervenidos.
- La calidad del modelo depende totalmente de su capacidad descriptiva del sistema físico en términos de topografía y los datos de rugosidad, la representatividad de las ecuaciones y los métodos numéricos aplicados.
- La simulación de estructuras intercaladas en los cauces como puentes, azudes, etc. es más práctica en modelos unidimensionales que en modelos bidimensionales. En los primeros hay desarrollada e implementada formulación empírica, que describen adecuadamente el comportamiento de estos elementos. Como ejemplo claro, la discretización del puente en el río Ara en el modelo HEC-RAS permite una representación detallada de su geometría, parámetros



característicos y condiciones de funcionamiento que el modelo bidimensional no lo permite de forma tan práctica.

- Los modelos bidimensionales permiten una mejor visualización general de propiedades en zonas concretas del área de estudio que en el modelo unidimensional, los últimos requieren un nivel técnico mayor para una interpretación de los resultados. Con este tipo de modelos se ha obtenido mayor precisión en los datos como velocidades y tensiones presentadas en el cauce.

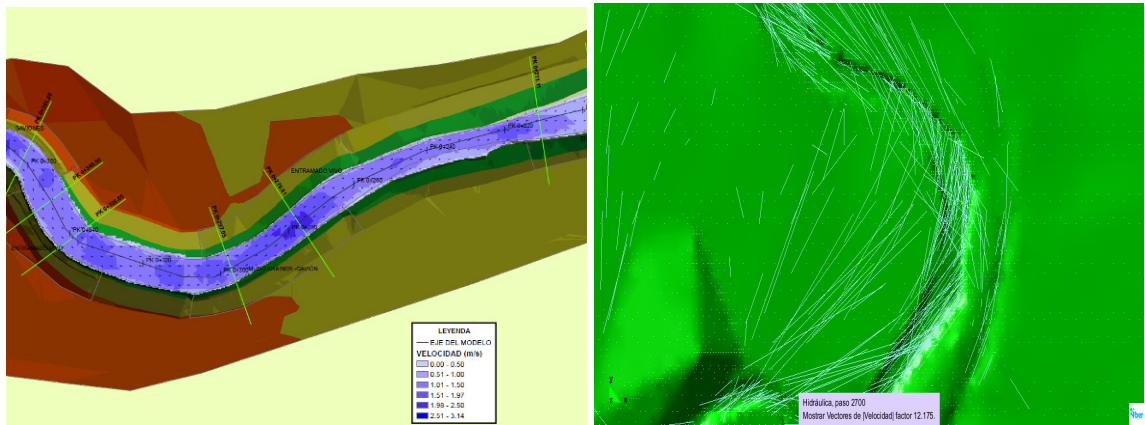


Figura 14. Resultado de modelo bidimensional del río Linare (Guadalajara), donde se aprecian las velocidades que han afectado a diferentes técnicas (izquierda), y dirección de los vectores de la velocidad (dcha)

3.3 RESULTADOS DEL PROYECTO.

Aunque el seguimiento del proyecto no ha concluido. Ya se han podido procesar algunos de los datos, obteniéndose las velocidades de fallo de algunas de las técnicas probadas.

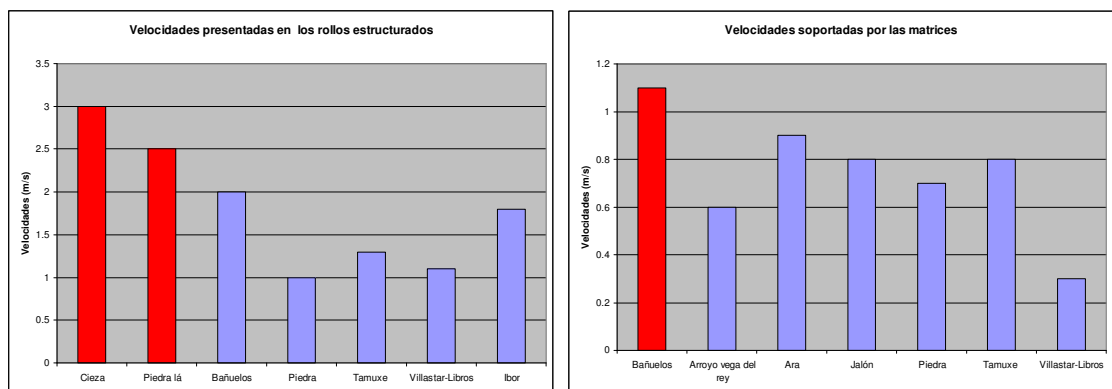


Figura 15. Gráfico de las velocidades medias soportadas por cada técnica (izqda), y velocidades soportadas por las geomallas en distintos escenarios (dcha).



En otros casos todavía no se ha presentado la avenida que haga fallar las técnicas, algo relativamente normal, ya que se diseñaron para un periodo de retorno cercano a los 5 años y el seguimiento se inició hace dos años.

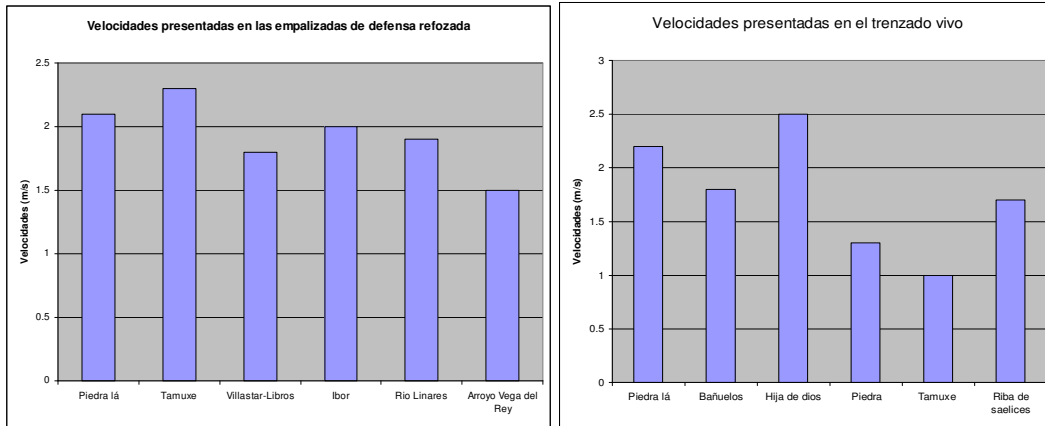


Figura 16. Gráfico de las velocidades medias soportadas por empalizadas de defensa (izqda) y trenzados vivos (dcha).

Por otro lado, se ha estudiado la viabilidad de cada técnica, así como las especies vegetales más idóneas para su ejecución, en el ambiente mediterráneo.

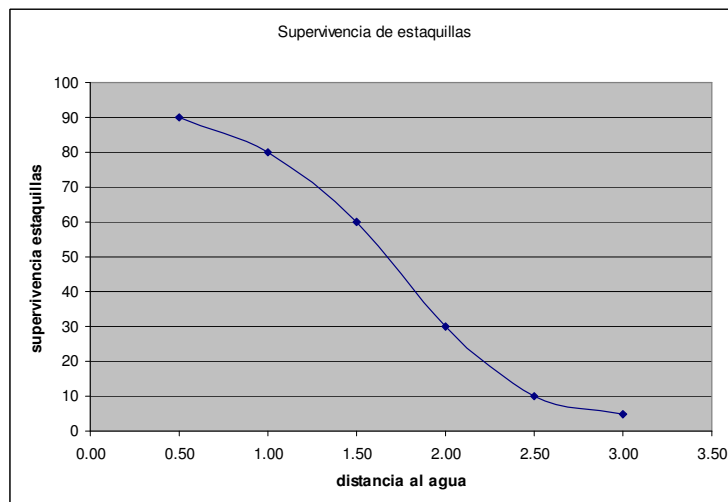


Figura 17. Gráfico de brotación respecto a la distancia de la lámina de agua.

Con todos estos datos, se establece una metodología que permite, a partir de una problemática dada, seleccionar la técnica más adecuada y definir su dimensionamiento óptimo, tal y como muestra la figura 18 y 19.



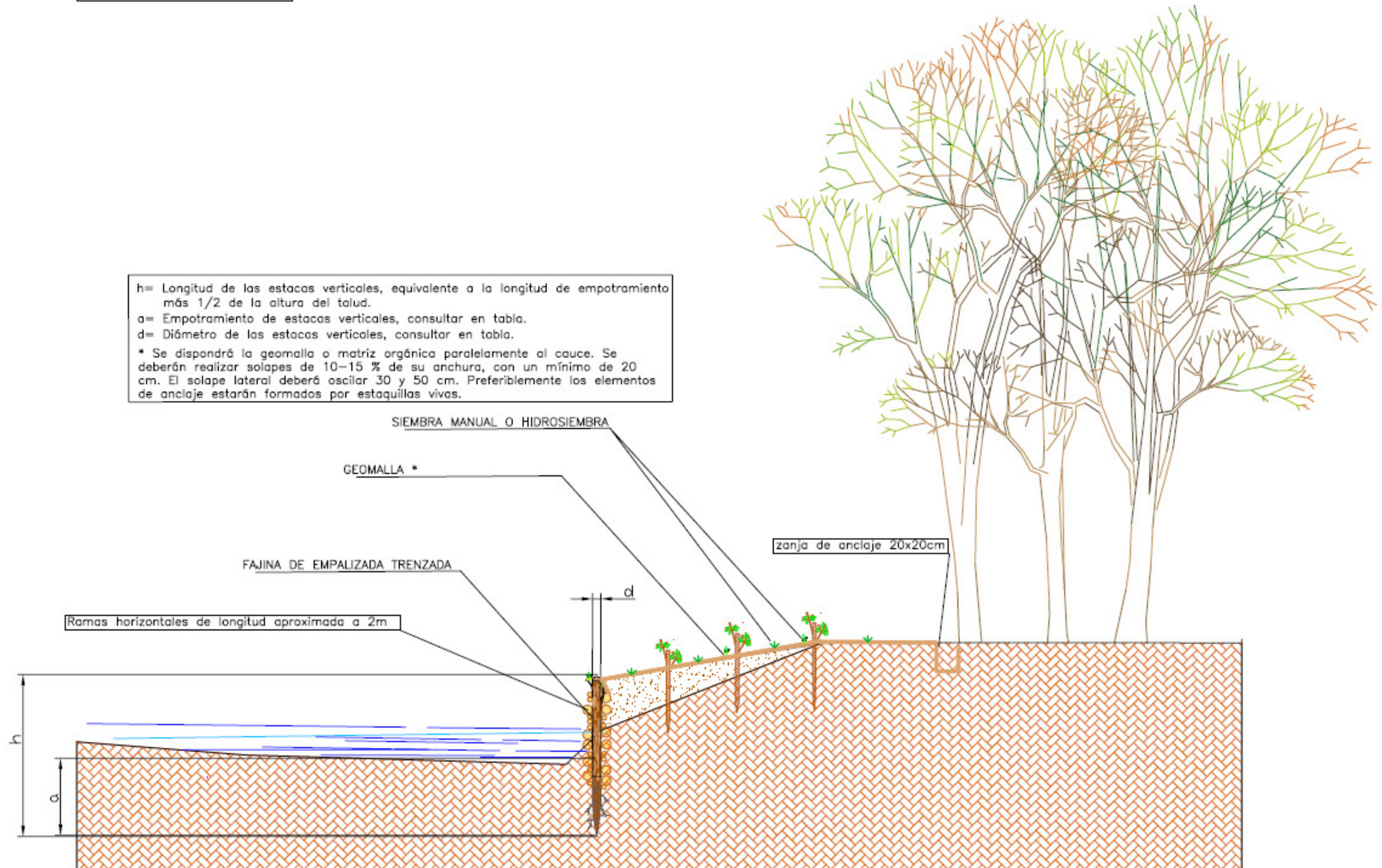
Figura18

TÉCNICAS BIOINGENIERÍA EN TALUDES CON PENDIENTE INFERIOR A 30°

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



Figura 19





3.4 NUEVAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Durante el transcurso del proyecto se ha visto la conveniencia de insistir en el estudio de las siguientes líneas a fin de continuar con la definición en el dimensionamiento de las técnicas de bioingeniería:

- Afeción del sistema radicular de las plantas en los parámetros que definen las propiedades mecánicas del suelo.
- Efecto de la máxima erosión transitoria: se ha observado que en función de la formulación escogida existen grandes diferencias.
- Degradación de las técnicas de bioingeniería: se considera que se degradan pero no está muy claro qué periodo se debe considerar.
- Establecimiento de bandas de vegetación: aunque en el proyecto se han establecido criterios para cada obra en particular y se sigue trabajando en esta línea, no ha sido posible establecer un modelo exportable a otras actuaciones, dada la cantidad de parámetros de los que depende.
- Efecto de la supresión en taludes: aunque se han observado procesos de inestabilidad de taludes y se han corregido y solucionado, se considera que aún se puede optimizar el proceso de diseño de medidas correctoras.
- Adaptación de especies de ribera debido a intrusión salina. En actuaciones próximas a desembocaduras, especialmente donde los procesos de marea son muy activos, han existido pobres porcentajes de brotación de determinadas especies relacionados con la salinidad del terreno.



4 BIBLIOGRAFÍA

- MARTIN VIDE ,Juan P.” Ingeriría de ríos”, Edición UPC2002. ISBN:978-84-8301-900-9
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, Marta; GARCÍA DEL JALÓN, Diego. “*Restauración de Ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*”.Madrid, 2007.318p. ISBN: 978-84-8320-413-9.
- MAGDALENO, Fernando. “*Manual de Técnicas de bioingeniería*”. Centro Publicaciones CEDEX, Madrid, 2008. 300p. ISBN: 978-84-7790-483-0.
- ZEH Helgard, “*Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Zurich 2007*” 441p. ISBN: 978-3-7281-3055-6
- ADAM P., DEBAIS N.; GERBER F.; LACHAT B. “LE GÉNIE VÉGÉTAL – UN MANUEL TECHNIQUE AU SERVICE DE L’AMÉNAGEMENT ET DE LA RESTAURATION DES MILIEUX AQUATIQUES”. MINISTÈRE DE L’ECOLOGIE, DE L’ENERGIE, DE DÉVELOPPEMENT ET DE L’AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE. LA DOCUMENTATION FRANÇAISE, 2008, 290 P.
- SCHMIDT, GUIDO; OTAOLA-URRUTXI, MIKEL. “APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA EN LA RESTAURACIÓN DE RÍOS Y RIBERAS”. 2002, 111P. ISBN: 84-7790-374-3.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE INGENIERÍA DEL PAISAJE Y FUNDACIÓN CRISTINA ENEA. “PROYECTOS DE BIOINGENIERÍA”. CURSO 14,15,16 DE JUNIO DE 2010, 135 P.
- VARIOS AUTORES. “SESIÓN 3: EL USO DE LA BIOINGENIERÍA EN LA RESTAURACIÓN”. ACTAS I CONGRESO IBÉRICO DE RESTAURACIÓN FLUVIAL, RESTAURARÍOS, LEÓN 18-20 DE OCTUBRE DE 2011, pÁG 226-280.
- BRAVO, F., RÍO, M. del, PESO, C. del (ed) 2002. *El Inventario Forestal Nacional. Elemento clave para la gestión forestal sostenible*. Fundación General de la Universidad de Valladolid 191 pp.
- GONZÁLEZ, C.; MARTÍNEZ, J.E.; PARDO, M. y SOLANA, J. 1993. Técnicas de muestreo en la evaluación de recursos forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S. Montes. Madrid.
- PARDE, J. y BOUCHON,J. 1988. *Dasometría (Versión española de Dendrométrie)*. Ed. Española traducida por A. Prieto y M. López Quero. Ed. Paraninfo.