



## OPTIMIZACIÓN DE TÉCNICAS DE BIOINGENIERÍA PARA LA MEJORA DEL ESTADO ECOLÓGICO Y ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES DE LOS RÍOS

Marta González Sánchez<sup>1</sup>, Fco. Javier Sánchez Martínez<sup>2</sup>,  
Mónica Aparicio Martín<sup>2</sup> y Alfonso Saiz de la Hoya Zamacola<sup>1</sup>

mgonza56@tragsa.es

<sup>1</sup> Dirección Técnica de Tragsa

<sup>2</sup> Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico, Dirección General del Agua, MARM

### Resumen

La bioingeniería es una disciplina constructiva que emplea materiales vegetales vivos, solos o mezclados con material inerte y/o biodegradable, en la estabilización de las márgenes de los ríos aprovechando recursos naturales y utilizando técnicas constructivas de bajo impacto ambiental.

El **Proyecto de I+D+i Optimización de Técnicas de Bioingeniería para la Mejora del Estado Ecológico y Estabilización de los Márgenes de los Ríos**, encomendado a TRAGSA por el MARM, se enmarca dentro de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos de la Dirección General del Agua, con el objetivo de evaluar la eficacia de estas técnicas de bioingeniería en la estabilización de taludes y la mejora del estado ecológico de los ríos en los que se actúa.

El objetivo final es determinar las técnicas y materiales idóneos para cada ámbito territorial, y características de cauces donde implantar estas actuaciones, teniendo en cuenta su coste, eficiencia y grado de consecución.

**Palabras clave:** Bioingeniería, estabilización, ríos

### Abstract

Bioengineering is a constructive discipline that works with live materials of plant, separate or mixed with lifeless and/or biodegradable material, in the stabilization of riverbanks, making use of natural resources and utilizing constructive techniques with low environmental impact.

The **Research and Development Project for the Optimization of Bioengineering Techniques for the Improvement of the Ecological State and the Stabilization of River Banks**, commissioned to TRAGSA by the General Management of Water (MARM), is part of the General Management of Water's National Strategy for River Restoration, with the objective of evaluating the efficiency of these bioengineering techniques in the stabilization of riverbanks and improving the ecological state of the rivers in which they work.

The final objective is the ability to determine the techniques and ideal materials for each territorial environment, and characteristics of banks where these actions will be introduced, keeping in mind their cost, efficiency, and grade of achievement.

**Key words:** Bioengineering, stabilization, rivers

## 1. Introducción

El objetivo general de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (ENRR) propuesta es impulsar la gestión actual de nuestros ríos de forma que éstos alcancen el buen estado ecológico de los ríos mejorando su funcionamiento como ecosistemas, en los plazos previstos para el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE).

Una de las líneas de actuación, dentro de la ENRR, consiste en el desarrollo de proyectos de I+ D+ I para alcanzar esta meta de buen estado ecológico.

Dentro de esta línea, se ha desarrollado el **Proyecto de I+D+i Optimización de Técnicas de Bioingeniería para la Mejora del Estado Ecológico y Estabilización de Márgenes de los Ríos**, el cual ha sido ejecutado por Tragsa mediante la encomienda por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Entre los estudios realizados figura la caracterización ecológica antes y después de la intervención, la caracterización topográfica y la modelización hidráulica unidimensional y bidimensional.

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.



El objetivo final es poder determinar las técnicas y materiales idóneos para cada ámbito territorial, y los tipos y características de cauces donde implantar estas actuaciones, teniendo en cuenta su coste, eficiencia y grado de consecución.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Ámbito geográfico de las actuaciones

En la primera fase del proyecto se procedió a la realización de un inventario de actuaciones de bioingeniería ejecutadas por las distintas confederaciones hidrográficas con anterioridad. Posteriormente se seleccionaron quince cauces de siete Confederaciones Hidrográficas Intercomunitarias (CH del Miño-Sil, CH del Duero, CH del Tajo, CH del Guadiana, CH del Segura, CH del Júcar y CH del Ebro) en los que aplicar dichas técnicas valorando tipologías, rendimientos, presupuestos, estado actual, grado de funcionalidad.

Entre los motivos de dicha selección se encuentran, márgenes muy erosionados al sufrir crecidas cuando la zona se encontraba desprovista de vegetación debido a graves incendios en los años anteriores; cauces degradados antropicamente y encontrarse canalizados al pasar por núcleos urbanos; ríos sin continuidad longitudinal, transversal y vertical; taludes con descalces de árboles debidos a la gran capacidad de arrastre del cauce y la acumulación de sedimentos de gran tamaño; taludes con gran pendiente y con problemas de erosión que afectaban a diversas infraestructuras,...

Figura 1. Distribución geográfica de las actuaciones de bioingeniería.

Fuente: Elaboración propia



### 2.2. Estudios previos

Entre los objetivos del proyecto está sentar las bases para diseñar los ensayos y seleccionar el ámbito de aplicación, de forma que los resultados puedan contribuir a definir qué técnicas son más eficaces en cada región para cubrir diferentes objetivos de restauración o rehabilitación (evitar desestabilización de márgenes, revegetación de taludes, recuperación del bosque de ribera, etc.). Entre los ensayos realizados se encuentran:

- Caracterización ecológica: evaluando el estado ecológico inicial de zona de actuación y, una vez ejecutada la obra, se determina la mejora ambiental que ha tenido sobre el medio fluvial. Los parámetros valorados para realizar la caracterización ecológica son:
  - Caracterización físico- química
  - Valoración del hábitat fluvial mediante el índice IHF
  - Calidad de ribera según los índices QBR y RQI
  - Estado ecológico de las aguas: Macroinvertebrados



- Estudio de macrófitos
  - Presencia/ausencia de nutria.
- Modelización hidráulica de los tramos en los que se han ejecutado técnicas de bioingeniería mediante el uso de programas de modelización hidráulica unidimensional y bidimensional (HEC-RAS, Iber,...). A partir de los valores de caudal, calado, velocidad y tipo de régimen esperado fundamentalmente, se calcula la tensión tangencial en el contorno del cauce y la potencia hidráulica que sirven como base justificativa de la adecuación de las actuaciones proyectadas, atendiendo a las características del flujo.
  - Caracterización topográfica utilizando el software necesario para obtener la definición precisa del terreno, tanto del cauce ordinario como de la llanura de inundación. Para ello se han realizado levantamientos taquimétricos que en muchos casos, se han completado con cartografía preexistente de las márgenes inundables o bien mediante datos obtenidos mediante tecnología LIDAR. Como paso siguiente se han elaborado Modelos Digitales del Terreno (MDT) que se importan desde el software utilizado en la modelación hidráulica.

### 2.3. Técnicas de bioingeniería ensayadas

En cada cauce se han ensayado una combinación de técnicas de bioingeniería diferentes para evaluar el grado de viabilidad de las técnicas y de las especies vegetales empleadas para cada región.

Las técnicas ensayadas han sido:

- Plantación de especies leñosas: plantación de especies propias de la zona a restaurar para generar un estrato vegetal de ribera con el fin de proteger la ribera del flujo del río y de las posibles avenidas que puedan darse.

Figura 2. Plantación de alisos con protector  
Fuente: Elaboración propia



- Estaquillado: implantación de estaquillas recolectadas de una zona próxima a la actuación, siendo habitualmente de salicáceas.
- Fajina de haces de ramas: estructura longitudinal para la estabilización del pie del talud mediante la revegetación de la ribera. Es muy importante la especie elegida para su realización, ya que esta debe tener gran capacidad de reproducción vegetativa y ser propia de la zona.
- Fajina de matorral escalonado: ramas con capacidad de reproducción vegetativa de especies propias de la zona colocadas en pequeñas zanjas cubierta con tierra.
- Fajina de cobertura de ramas: recubrimiento superficial del talud para la protección superficial del mismo mediante el enraizamiento del material instalado.



Figura 3. Estaquillado sobre geomalla  
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Fajinas de cobertura de ramas brotadas  
Fuente: Elaboración propia



- Fajina de empalizada trenzada: trenzado de ramas, normalmente de salicáceas, formando una estructura lineal para estabilizar el talud.

Figura 5. Fajina de empalizada trenzada  
Fuente: Elaboración propia







- Entramado vivo: protección de los taludes mediante una estructura de troncos colocados verticalmente y que por detrás se colocan otros horizontalmente, consiguiendo una pantalla vertical.
- Empalizada de defensa reforzada: estructura formada por troncos de madera rellena con tierra y que se combina con la inserción de material vegetal vivo.

Figura 6. Empalizada de defensa reforzada

Fuente: Elaboración propia



- Geomalla: Estructura compuesta por materiales sintéticos y/o biodegradables que se utilizan para la protección del suelo frente a la erosión superficial.
- Gavionado cilíndrico: Estructura cilíndrica y flexible que consiste en una malla normalmente de polipropileno rellena con gravas propias del cauce. Puede ir acompañada de un rollo estructurado. Con este método se consigue un drenaje natural del talud y se evita un posible proceso de erosión sobre el talud.

Figura 7. Colocación de gavión cilíndrico

Fuente: Elaboración propia



- Cubriciones orgánicas: Gran variedad de matrices orgánicas tanto estructuralmente como en composición, que protegen de forma superficial el suelo frente a la erosión.



Figura 8. Operarios instalando cubrición orgánica  
Fuente: Elaboración propia



- **Rollo estructurado**: Estructura cilíndrica cuyo diámetro es variable y que está conformado en fibra de coco y sujetado con una malla. En dicha estructura se puede insertar vegetación rípicola para vegetal la ribera y asegurar la regeneración de la misma, una vez se degrade el rollo.

Figura 9. Colocación de vegetación en rollo estructurado  
Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Utilización de troncos de árboles para proteger el talud  
Fuente: Elaboración propia





- Elementos inertes: Protección de los taludes mediante la colocación de elementos, generalmente pétreos, con el fin de evitar la erosión.
- Protección con material vegetal: Utilización de diversas partes de material vegetal (tocones, raíces, fustes, árboles enteros, etc.) para proteger el talud de posibles procesos erosivos.

### 3. Resultados y discusión

En la actualidad se está recopilando datos para su posterior análisis y valoración aunque de manera preliminar se puede observar una estabilización de los márgenes sobre los que se ha actuado además de incrementar la presencia de vegetación de ribera.

Se está estudiando la viabilidad de las especies elegidas para cada región así como las técnicas y sus dimensiones.

### 4. Agradecimientos

Agradecemos a la Subdirección General de Gestión Integrada del Dominio Público de la Dirección General del Agua (MARM), por el apoyo técnico y la financiación del Proyecto, a todo el personal del Grupo Tragsa implicado en las diferentes fases del Proyecto de I+D+i por su interés y buen hacer.

### Referencias

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

### Páginas webs consultadas

[http://www.mma.es/secciones/acm/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/dominio\\_hidraulico/conserv\\_restaur/pdf/Pais\\_Vasco.pdf](http://www.mma.es/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/conserv_restaur/pdf/Pais_Vasco.pdf)