

Nota Técnica

---

**Proyecto Ecomed.  
Formación especializada en bioingeniería  
del suelo y fluvial en el entorno mediterráneo**

**The Ecomed Project.  
Specialized soil and fluvial bioengineering training  
in the mediterranean ecoregion**

García, J.L.<sup>1\*</sup>; Sangalli, P.<sup>2</sup>; Tardío, G.<sup>3</sup>; Giménez, M.C.<sup>4</sup>; Sorolla, A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. Socio y líder de Ecomed.*

<sup>2</sup>*Sangalli Coronel y Asociados, S.L. Socio Ecomed.*

<sup>3</sup>*Asociación Española de Ingeniería del Paisaje (AEIP). Miembro de Ecomed.*

<sup>5</sup>*Naturalea Conservació, S.L. Socio Ecomed.*

Autor para correspondencia: [josel.garcia@upm.es](mailto:josel.garcia@upm.es)

---

## Resumen

La bioingeniería del suelo y fluvial son un conjunto de técnicas basadas en la naturaleza (NBSs) cuyo objetivo es la mejora de la resiliencia de espacios con problemas de estabilidad y/o erosión. Estas técnicas están ganando fuerza dentro de las regiones mediterráneas. Las obras de bioingeniería tienen una naturaleza dinámica. Al principio, la necesaria rigidez inicial se desarrolla a través de los materiales inertes utilizados en la obra. Con el paso del tiempo, la vegetación desarrolla el efecto de refuerzo necesario y sustituye a los anteriores elementos en su función estabilizadora. Esta particularidad afecta a los protocolos y metodologías de cálculo de este tipo de obras. Los trabajos de seguimiento de la evolución de la intervención son esenciales para generar retroalimentaciones que permitan mejorar y calibrar los diseños de este tipo de obras. Las dificultades que afrontan este tipo de trabajos en un clima mediterráneo requieren un triángulo de conocimiento altamente especializado (nuevos procesos, métodos y servicios) dentro del sector. Teniendo en cuenta todo lo anterior, el Proyecto Europeo ECOMED (ERASMUS +) tiene, como uno de sus objetivos principales, generar para 2018 un programa de aprendizaje teórico-práctico específico y esencial para la especialización del sector de la bioingeniería mediterránea.

**Palabras clave:** E-learning, biología, agua, control de erosión, estabilización de laderas.

## Abstract

Soil and water bioengineering involves the use of living plants or cut plant material, either alone or in combination with inert structures, to control soil erosion and the mass movement. Soil bioengineering is such a method that is being more and more adopted within the Mediterranean ecoregion. Bioengineering works have a clear dynamic and changing nature. At the beginning, the initial necessary rigidity is offered by the inert material utilized in the work, As time progresses, the evolving vegetation takes over the stabilizing roles. These particularities influence the design protocols and routines of this type of works. The difficulties engaged when using soil bioengineering in Mediterranean ecoregion requires a highly specialized knowledge triangle within the sector. The Ecomed Erasmus + project gives answer to this situation by including, as one of its main outputs, the development of a specialized modular training programme in soil and water bioengineering in the Mediterranean ecoregion.

**Keywords:** E-learning, biology, water, erosion control, slope stabilization.

---

## 1. Introducción

La bioingeniería comprende una serie de técnicas que utilizan material vegetal vivo como material de construcción, sólo o combinado con materiales inertes, dentro del campo de la restauración ambiental (Schiechtl, 1988). La bioingeniería fluvial y del suelo son herramientas sostenibles para mejorar la resiliencia contra la pérdida y degradación del suelo. Estas técnicas son utilizadas generalmente en las ecorregiones Atlántica y Eurasiática y están ganando fuerza dentro de las regiones Mediterráneas (Giupponi *et al.*, 2017). Las técnicas de bioingeniería también son útiles para proteger las áreas naturales de ribera afectadas por los rápidos cambios ambientales. Los trabajos de bioingeniería tienen una respuesta dinámica clara. Al principio, la rigidez inicial la ofrecen los materiales inertes. Finalmente, a medida que pasa el tiempo, la vegetación jugará el papel principal en la estabilización del lugar (Tardío & Mickovski, 2016). Debido a esto, se debe incluir un esquema de monitoreo en el cronograma de trabajo para verificar los logros y los errores de la intervención y justificar acciones correctivas potenciales. Las dificultades que afrontan este tipo de trabajos en un clima Mediterráneo requieren un triángulo de conocimiento altamente especializado (nuevos procesos, métodos y servicios) dentro del sector. Aparte de esto, las particularidades de este tipo de obras exigen comparaciones entre el estado original y el actual del lugar de construcción en términos de biodiversidad, evolución del suelo, arraigo de la planta, resiliencia del ecosistema, etc. (Smith *et al.* 1995; USDA-NRCS, 2007). La solución a esta situación puede ser abordada implementando una etapa de monitoreo en los trabajos y generando una red de transferencia de conocimiento que involucre a los principales actores mediterráneos. Actualmente, hay una ausencia de las anteriores herramientas y, por lo tanto, uno de los propósitos de ECOMED es el desarrollo de las mismas.

Normalmente, las plantas y sus partes se utilizan como materiales de construcción vivos, de modo que, mediante su desarrollo en combinación con materiales inertes (por ejemplo, suelo, roca, madera), garanticen una contribución significativa a la protección y mitigación a largo plazo de todas las formas de pérdida de suelo y erosión. El uso de estos materiales vivos en ambientes mediterráneos implica muchas dificultades, destacando el clima, ya que no están presentes en las regiones Atlántica y Continental, de donde provienen principalmente las investigaciones y publicaciones actuales. Este problema no se ha abordado aún en un esquema de funcionamiento de transferencia de conocimiento. Los ejemplos de buenas prácticas y las directrices específicas para la región Mediterránea no están incluidos en los planes de estudio y las rutinas actuales. El análisis de la evolución de las obras de bioingeniería, mediante el estudio del estado actual de las mismas, es al mismo tiempo una tarea no desarrollada en los escenarios mediterráneos y la fuente de información más importante para las necesidades de la especialización profesional, que es otra brecha que el proyecto actual está tratando de cubrir (Giupponi *et al.*, 2017; Tardío & García, 2016).

Con el fin de mejorar el nivel de especialización del sector de la bioingeniería en las zonas del Mediterráneo, se debe ofrecer un plan de estudios mejorado desde

las instituciones de educación superior (IES) y un monitoreo de las obras existentes. La información obtenida en los trabajos de seguimiento y análisis de las obras de bioingeniería se incluirán dentro de los contenidos formativos. En este contexto, el consorcio de este proyecto ofrece proporcionar un conocimiento sólido y práctico, basado en la experiencia acumulada, para ofrecer a la próxima generación de especialistas y profesionales una formación sólida y adecuada en técnicas de restauración de bioingeniería en escenarios mediterráneos. Esto es necesario ya que no se ofrece formación especializada en bioingeniería en la mayoría de los países mediterráneos, existiendo una gran escasez de personal especializado en tecnologías de restauración mejorada sobre suelos degradados en España, Grecia, Portugal, Italia, Turquía y la antigua República Yugoslava de Macedonia.

## 2. Análisis de necesidades

Para el análisis de las necesidades existentes en el sector de la bioingeniería, concretamente para el caso del clima Mediterráneo, se llevaron a cabo dos tareas diferentes. Por un lado, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de los simposios a lo largo de los últimos 15 años y se encuestó a varias empresas de bioingeniería e IES sobre experiencias con formación y aplicación de bioingeniería en la región Mediterránea. Después de esto, se detectaron los problemas de transferencia de conocimiento de experiencias exitosas entre empresas, además de una falta de conocimientos, coincidiendo con la necesidad de este proyecto. Por lo tanto, es claramente necesaria una revisión exhaustiva de las experiencias acumuladas relacionadas con la bioingeniería en las áreas mediterráneas. Además, las diferentes condiciones y particularidades del clima Mediterráneo deben incluirse en el diseño, cálculo y supervisión del trabajo de estas acciones.

A partir del análisis de necesidades, se detectaron los siguientes aspectos:

- La actual falta de transferencia de conocimiento práctico entre los diferentes países mediterráneos está impidiendo una clara evolución del sector de la bioingeniería en las zonas mediterráneas.
- La interacción entre los centros IES y las empresas de bioingeniería fue señalada como una de las principales herramientas para las necesidades de especialización del sector.
- Una etapa de monitoreo es el principal punto que falta en la aplicación de la bioingeniería en la región Mediterránea. El análisis de obras de bioingeniería existentes aportará una información teórico-práctica esencial para el proceso de especialización del sector.
- Un proceso de adaptación de los procedimientos y rutinas existentes, que actualmente se utilizan para el diseño de proyectos y obras de ingeniería civil,

debe llevarse al campo de trabajo de la bioingeniería. Los nuevos procedimientos tendrán que dar respuesta a las particularidades y la diferente naturaleza de los proyectos de bioingeniería, en el contexto de un clima cambiante.

- Se necesita urgentemente una oferta de formación específica y acreditada en el sector.
- Hay oportunidades de trabajo claras si se adopta un proceso de especialización.

Debido a todos los factores anteriores, debe hacerse un nuevo plan de estudios para científicos, técnicos y profesionales ambientales que sean formados para trabajar en áreas mediterráneas, y además se debe establecer un esquema de interacción a largo plazo entre las empresas y los centros IES. Estos dos puntos son esenciales para profesionalizar el sector. Por primera vez, ECOMED reunirá a empresas de bioingeniería e instituciones educativas para proporcionar la respuesta necesaria a los requerimientos y el potencial de especialización del sector, teniendo en cuenta las particularidades de los entornos mediterráneos.

### 3. Metas y objetivos

- Desarrollar e implementar un fuerte esquema de interacción a largo plazo entre las empresas y los centros IES en el sector de la bioingeniería.
- Identificar trabajos y proyectos de bioingeniería exitosos para mejorar el conocimiento del sector, promover mejores prácticas y dar credibilidad a la profesión.
- Aprovechar la experiencia acumulada del sector en todo el entorno mediterráneo mediante el registro / implementación / estandarización / transferencia en todo el sector de la bioingeniería.
- Generar un programa teórico-práctico específico, esencial para el proceso de especialización del sector de bioingeniería mediterránea fluvial y de suelos.
- Desarrollar módulos adaptados a la planificación, el diseño y la construcción de técnicas de bioingeniería en el entorno mediterráneo.
- Desarrollar un entorno de aprendizaje virtual que facilite el aprendizaje experimental y la evaluación alineada constructivamente con los objetivos de aprendizaje

- Mejorar la formación aplicada de posgrado, más cercana a un estándar armonizado, para los profesionales de países del consorcio.

#### 4. Resultados

La necesidad general abordada en el proyecto ECOMED es activar el proceso de especialización del sector de la bioingeniería en la eco-región Mediterránea. Este proceso de especialización incluye la estrategia para la generación de nuevas dinámicas de interacción entre el mundo académico, las empresas y, en general, las partes implicadas en el sector de la bioingeniería. Los productos, resultados y consecuencias del proyecto se adaptarán desde dos perspectivas diferentes:

1. A partir de un esquema de interacción entre los sectores interesados. Esto ayudará al proyecto a definir mejor los resultados generales y específicos con el fin de responder adecuadamente a las necesidades reales del sector.
2. Definiendo una metodología de proyecto efectiva con medidas para asegurar, tanto una retroalimentación continua de los grupos de interés creados, como un esquema de mejora continua para lograr un conjunto efectivo de herramientas sectoriales específicas.

El proyecto ECOMED asignará recursos para responder a las necesidades académicas y de las empresas. Además, las sinergias entre estos dos sectores se consideran esenciales para el logro de los objetivos del proyecto. El proyecto tendrá un carácter abierto y un claro compromiso para implicar e involucrar a las partes interesadas del sector. Con el esquema anterior, todos los productos, resultados y consecuencias del proyecto ECOMED darán respuesta a las necesidades reales del sector de manera sostenible a largo plazo.

En particular dentro de los resultados ya obtenidos en el proyecto se incluyen los siguientes:

- Desarrollo de protocolos de análisis de obras, seguimiento de obras. Se han desarrollado 3 protocolos que puede ser descargados de la página web del proyecto ([www.ecomedbio.eu](http://www.ecomedbio.eu)).
- Se han analizado un total de 21 obras de bioingeniería repartidas por todo el arco mediterráneo europeo. Las obras seleccionadas y analizadas cubren las distintas etapas de la vida de una obra de bioingeniería. Así, por ejemplo, se incluye obras recién terminadas y también obras con una vida de servicio de más de 30 años. Algunos resultados y conclusiones obtenidos en estos análisis han sido incluidos como parte de los contenidos formativos del curso de especialización. En la página web del proyecto se pueden descargar los resúmenes de los informes realizados para cada obra de bioinge-

nería analizada ([www.ecomedbio.eu](http://www.ecomedbio.eu)). En la *Tabla 1* se muestran los casos de estudio analizados mostrando la localización y la vida de servicio de cada obra.

**Tabla 1** Casos de estudio analizados mostrando la localización y la vida de servicio de cada obra.

Nº	Nombre del caso de estudio	Tipo	Vida de servicio	País
1	L'Hers river	Fluvial	18 años	Francia
2	L'Arize river	Fluvial	10 años	
3	LoguesAygues	Fluvial	6 años	
4	Garonne river	Fluvial	In progress	
5	Marble quarry restoration	Ladera	3 años	Grecia
6	Wild fire erosion Thassos	Ladera	2 años	
7	Rio de Couros	Fluvial	11 años	Portugal
8	Albergaria-a-Velha	Ladera	7 años	
9	Alverca	Fluvial	5 años	
10	Carvalha/Argoncilhe	Fluvial	7 años	
11	Praia do Guincho	Costero	7 años	
12	A1 E75 Highway	Ladera	13 años	ARM
13	Negotino	Ladera	4 años	
14	Kartaltepe	Ladera	30 años	Turquía
15	Terkos	Costero	31 años	
16	Orlando Mount	Ladera	8 años	Italia
17	Melfa	Ladera	8 años	
18	Ripe	Ladera	1 años	
19	Santa Eulalia	Fluvial	7 años	España
20	Artia	Fluvial	14 años	
21	Baztan	Fluvial	Menos de 1 año	

- Se ha desarrollado la estructura de una base de datos de plantas con interés en el sector de las obras de bioingeniería. Actualmente se están introduciendo datos de distintas especies vegetales.
- Se han generado 7 módulos formativos cubriendo las materias esenciales para la formación en bioingeniería. Estos módulos formativos han sido sometidos a un proceso de auditoría interna y externa (a partir de expertos a nivel internacional en las distintas materias). Los módulos han sido incluidos en una plataforma virtual de aprendizaje y se ha realizado una pequeña experiencia piloto con alumnos de distintas universidades europeas. Actualmente se están analizando los resultados recogidos en estas experiencias.

## 5. Conclusiones

Con este proyecto, se iniciará una nueva dinámica a largo plazo. El programa desarrollado se actualizará continuamente con nuevos hallazgos y conclusiones alcanzados dentro del esquema de interacción a largo plazo en un entorno mediterráneo y dentro de un escenario de cambio climático. En este enfoque a largo plazo, los efectos climáticos cambiantes serán detectados e incorporados en los protocolos y rutinas del sector. A la finalización del proyecto ECOMED, serán premiados las tres mejores obras de bioingeniería sobre ladera, fluvial y costera, actividad que se repetirá cada dos años. En esta competición, se logrará la implementación de planes de estudio, protocolos, rutinas o enfoques generados durante el proyecto ECOMED. A medida que los profesionales formados adquieran experiencia dentro de la industria, mejorarán su programa de formación con conferencias, estudios de casos, pero también con oportunidades de prácticas laborales y oportunidades de investigación/ consultoría para los estudiantes/investigadores de las IES.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por la Agencia Ejecutiva de Educación, Audiovisual y Cultura (EACEA), a través del proyecto ECOMED (575796-EPP-1-2016-1-ES-EPPKA2-KA).

## 6. Bibliografía

- Giupponi, C.; Shechter, M.; (eds.); 2003. *Climate change in the Mediterranean: Socio-economic perspectives of impacts, vulnerability and adaptation*. Edward Elgar Publications, Glos, UK. <https://doi.org/10.4337/9781781950258>
- Schiechl, H.M.; 1988. Hangsicherungen mit ingenieurbiologischen Methoden im Alpenraum. Erosionbeckämpfung im Hochgebirge. *Jahrb Ges Ingenieurbiol*, 3: 50-77.
- Smith, R.D.; Ammann, A.; Bartoldus, C.; BRINSON., M.M.; 1995. *An approach for assessing wetland functions using hydrogeomorphic classification, reference wetlands, and functional indices*. Technical Report WRP-DE-9. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.
- Tardío, G.; Mickovski, S.B.; 2016. Implementation of eco-engineering design into existing slope stability design practices. *Ecol. Eng.*, 92: 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.036>
- Tardío, G.; García, J.L.; 2016. Monitoring of erosion preventive structures based on eco-engineering approaches: the case of the mixed check dams of masonry and forest residues. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 9(1): 103-107.
- USDA-NRCS 2007. *Maintenance and Monitoring*. Chapter 16 Part 654 *Stream Restoration Design National Engineering Handbook*. Washington, DC, USA.