

# Proyectos de **I+D+i** 2011-2015



## **Estabilización biotécnica de taludes: Optimización de tratamientos en proyectos de restauración paisajística de infraestructuras viarias en Andalucía**

Universidad de Córdoba e Instituto de agricultura sostenible del CSIC | Empresas colaboradoras: Bonterra ibérica y Paisajes del Sur



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía  
**CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA**

**Unión Europea**

Fondo Europeo  
de Desarrollo Regional





**Título del proyecto**

**Estabilización biotécnica de taludes:**

**Optimización de tratamientos en**

**proyectos de restauración paisajística de**

**infraestructuras viarias en Andalucía**

**G-GI3000/IDIS**

© Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía. 2015

Universidad de Córdoba e Instituto de agricultura sostenible, IAS, del CSIC, Empresas Bonterra ibérica y Paisajes del Sur

Córdoba. 23-02-2015

## **1. Introducción y antecedentes**

La erosión constituye un problema ambiental global, en especial en zonas mediterráneas. La cubierta vegetal es una de las estrategias de conservación de suelo más efectivas por su eficacia en la protección y por su mantenimiento relativamente sencillo. Cuando la cubierta vegetal es insuficiente para el control de la erosión, bien por la intensidad de la erosión o por las dificultades en su establecimiento, es necesario aplicar medidas complementarias o alternativas como la manipulación del suelo, y la aplicación de métodos mecánicos como la aplicación de coberturas de materiales inertes. Este es el caso de las alteraciones del paisaje como en los taludes de desmonte y terraplén de carreteras.

Este proyecto ha reunido a la Universidad de Córdoba (UCO), el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC (IAS-CSIC), y a la empresa Bonterra S.L., de Granada, con gran experiencia en el desarrollo de métodos de control de la erosión basada en mantas orgánicas desarrolladas a partir de materiales autóctonos (como esparto).

## **2. Objetivos perseguidos y resultados previsibles**

El objetivo principal de este estudio es.

El objetivo general, la comparación bajo diferentes condiciones de un conjunto de técnicas basadas en la cobertura del suelo para comprobar la eficacia de diversos métodos de protección de suelos en taludes producidos por desmonte en obras públicas, se divide en tres objetivos específicos:

1. Medición de la eficacia del control de la erosión del suelo en taludes con respecto al testigo (suelo desnudo sin tratamiento), de cada uno de los productos de estabilización de taludes (PET), y de los materiales vegetales vivos (MVV) empleados (hidrosiembra y plantación).
2. Evaluación de la sostenibilidad de las medidas de control de la erosión del suelo según criterios económicos, edáficos y ecológicos, en particular, atendiendo al fomento de la biodiversidad vegetal en la superficie y en el perfil del suelo, incluyendo la población microbiana.
3. Elaboración de un manual o guía técnica para uso en proyectos de infraestructuras civiles de estas técnicas.

## **3. Aspectos innovadores y justificación del proyecto**

Las técnicas tradicionales de protección superficial, o productos de estabilización de taludes, (PET), suelen usar materiales artificiales costosos como georredes o geomallas sintéticas. Estos materiales sintéticos, aunque son de alguna forma efectivos, no siempre consiguen aumentar la cohesión del suelo en los horizontes superficiales y, con ella, la estabilidad intrínseca de los taludes. En bastantes casos se adoptan los materiales sintéticos olvidando otras técnicas más naturales y económicas, que pueden ser más eficaces. Se trata pues de comparar técnicas nuevas, soluciones biotécnicas de estabilización, con las tradicionales, que no se suelen adoptar en la conservación de taludes. La innovación consiste esencialmente en aportar un sistema de ensayo de materiales, con los que se pueda conservar los taludes de carreteras y de obra civil en general, de forma más eficaz, técnica y económicamente, que las que se aplican actualmente.

Una cubierta vegetal con especies seleccionadas con buenos sistemas radicales adaptadas a las condiciones ambientales de suelo y clima, aumenta el factor de estabilidad del talud y reduce el riesgo de erosión y contaminación difusa al reducir la escorrentía superficial. De esta forma se conserva la infraestructura que originó los taludes. Es una línea de desarrollo de productos que está permitiendo a la empresa colaboradora abrir nuevos nichos en mercados extranjeros. Igualmente, la identificación de los límites edáficos y climáticos para la aplicación efectiva de la cubierta vegetal en estabilización de taludes permitiría un uso óptimo de soluciones más costosas y reducir el coste de implantación y mantenimiento de estructuras de control de erosión en taludes.

#### 4. Resultados

Las parcelas de ensayo con los diferentes tratamientos (una combinación de materiales, hidrosiembra, plantaciones y parcela testigo), fueron instaladas en taludes de infraestructuras cuya ubicación fue cuidadosamente seleccionada buscando diversidad en los materiales aflorantes y en los condicionantes climáticos. Los resultados del proyecto fueron analizados a lo largo de los sucesivos informes. La Tabla 1 sintetiza los datos de sedimentos generados en las parcelas entre septiembre de 2013 y mayo de 2014, (no aparecen las parcelas de Osuna y Aguadulce, u Osuna II, por el robo de los colectores). Las tablas posteriores ofrecen los tratamientos ordenados por eficacia decreciente, Tabla 2, con las densidades de plantas en las parcelas al final de mayo de 2014, tabla 3, y de nuevo esta última ordenada por tratamientos en orden de eficacia decreciente, Tabla 4. La Tabla 5 expone los sedimentos producidos en las parcelas durante los ensayos con lluvia simulada durante el verano de 2013, en donde no se muestran los datos de las parcelas de Fiñana por no haberse producido sedimento alguno en tales pruebas), ordenadas por tratamientos en orden de eficacia decreciente.

Tabla 1: Masa de sedimentos recogida en las parcelas de estudio (Sept.2013-Mayo.2014)

P	T	Mancha			
		R.	Fiñana	Guadix	Cartaya
kg m <sup>2</sup>					
1	Co	0.424	0.000	0.063	1.787
2	PI	0.164	0.000	0.056	1.606
3	Hs	0.137	0.000	0.049	1.316
4	K3d	0.049	0.000	0.000	0.468
5	Rc	0.041	0.000	0.000	0.384
6	Bm	0.134	0.000	0.000	0.282
7	Rc	0.037	0.000	0.000	0.387
8	K3d	0.094	0.000	0.000	0.269
9	Bm	0.102	0.000	0.000	0.293
10	Hs	0.821	0.000	0.057	0.619
11	PI	0.616	0.000	0.048	0.869
12	Co	0.582	0.000	0.062	0.874

El tratamiento K3d corresponde al tratamiento con Manta de coco con mallas negras de p.p. poco fotodegradables tipo Kn BonTerra para el talud de Mancha Real

El significado de las siglas es el siguiente; P:parcela; T: tratamiento (Co: control; PI: plantación; Hs: hidrosiembra; Rc: red de coco; Bm: bontmat).

Tabla 2 ordenada por tratamientos de eficacia decreciente

T	P	Mancha			
		Real	Fiñana	Guadix	Cartaya
suelo perdido, kg m <sup>2</sup>					
<b>Bm</b>	6	0.134	0.000	0.000	0.282
	9	0.102	0.000	0.000	0.293
<b>K3d</b>	4	0.049	0.000	0.000	0.468
	8	0.094	0.000	0.000	0.269
<b>Rc</b>	5	0.041	0.000	0.000	0.384
	7	0.037	0.000	0.000	0.387
<b>Hs</b>	3	0.137	0.000	0.049	1.316
	10	0.821	0.000	0.057	0.619
<b>PI</b>	2	0.164	0.000	0.056	1.606
	11	0.616	0.000	0.048	0.869
<b>Co</b>	1	0.424	0.000	0.063	1.787
	12	0.582	0.000	0.062	0.874

Tabla 3: Densidad de vegetación, plantas m<sup>2</sup>, en la base y cabecera de las parcelas de los taludes en el mes de Mayo 2014

	T	Osuna I		Osuna II		Mancha Real		Fiñana		Guadix		Cartaya	
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
<b>1</b>	<b>Co</b>	0	0	0	11	0	0	0	0	67	56	0	0
<b>2</b>	<b>PI</b>	0	0	0	11	44	0	0	0	44	22	0	0
<b>3</b>	<b>Hs</b>	11	0	0	33	422	44	11	0	133	78	11	0
<b>4</b>	<b>K3d</b>	0	11	0	33	67	256	33	22	122	22	0	11
<b>5</b>	<b>Rc</b>	0	33	0	111	233	156	11	11	211	144	0	33
<b>6</b>	<b>Bm</b>	0	11	0	0	122	222	0	0	211	311	0	11
<b>7</b>	<b>Rc</b>	0	33	0	33	156	167	22	0	133	278	0	33
<b>8</b>	<b>K3d</b>	22	0	0	44	244	356	56	0	11	233	22	0
<b>9</b>	<b>Bm</b>	0	11	0	0	122	167	0	0	300	222	0	11
<b>10</b>	<b>Hs</b>	0	0	22	33	189	44	11	0	133	11	0	0
<b>11</b>	<b>PI</b>	0	0	0	33	22	11	11	11	44	22	0	0
<b>12</b>	<b>Cc</b>	0	0	0	33	11	11	0	0	22	11	0	0

B: base; C: cabecera

Tabla 4 ordenada por tratamientos con eficacia decreciente

T	c	Osuna I		Osuna II		Mancha Real		Fiñana		Guadix		Cartaya	
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
<b>Rc</b>	5	0	33	0	111	233	156	11	11	211	144	0	33
	7	0	33	0	33	156	167	22	0	133	278	0	33
<b>Bm</b>	6	0	11	0	0	122	222	0	0	211	311	0	11
	9	0	11	0	0	122	167	0	0	300	222	0	11
<b>K3d</b>	4	0	11	0	33	67	256	33	22	122	22	0	11
	8	22	0	0	44	244	356	56	0	11	233	22	0
<b>Hs</b>	3	11	0	0	33	422	44	11	0	133	78	11	0
	10	0	0	22	33	189	44	11	0	133	11	0	0
<b>PI</b>	2	0	0	0	11	44	0	0	0	44	22	0	0
	11	0	0	0	33	22	11	11	11	44	22	0	0
<b>Co</b>	1	0	0	0	11	0	0	0	0	67	56	0	0
	12	0	0	0	33	11	11	0	0	22	11	0	0

Tabla 5: Masa de sedimentos recogida en los ensayos con lluvia simulada en las parcelas

P	T	Mancha		
		Real	Guadix	Cartaya
<b>1</b>	<b>Co</b>	35.5	40.5	31.5
<b>2</b>	<b>PI</b>	33.6	42.1	33.5
<b>3</b>	<b>Hs</b>	32.5	30.3	25.8
<b>4</b>	<b>K3d</b>	0.2	0.2	0.0
<b>5</b>	<b>Rc</b>	1.8	0.0	0.4
<b>6</b>	<b>Bm</b>	3.1	2.5	0.4
<b>7</b>	<b>Rc</b>	1.5	0.4	0.0
<b>8</b>	<b>K3d</b>	0.1	0.0	0.0
<b>9</b>	<b>Bm</b>	2.6	1.0	0.5
<b>10</b>	<b>Hs</b>	31.2	42.5	15.3
<b>11</b>	<b>PI</b>	28.5	41.2	47.5
<b>12</b>	<b>Co</b>	27.9	31.2	41.6



Tabla 6 ordenada por tratamiento con eficacia decreciente

T	Mancha			
	P	Real	Guadix	Cartaya
kg/24 m <sup>2</sup>				
<b>K3d</b>	4	0.2	0.2	0.0
	8	0.1	0.0	0.0
<b>Rc</b>	5	1.8	0.0	0.4
	7	1.5	0.4	0.0
<b>Bm</b>	6	3.1	2.5	0.4
	9	2.6	1.0	0.5
<b>Hs</b>	3	32.5	30.3	25.8
	10	31.2	42.5	15.3
<b>Co</b>	1	35.5	40.5	31.5
	12	27.9	31.2	41.6
<b>PI</b>	2	33.6	42.1	33.5
	11	28.5	41.2	47.5

Estos resultados prueban la eficacia de los tratamientos más completos como la manta orgánica tridimensional de coco K3D, la red de coco, y la malla volumétrica BonTmat, con respecto a la hidrosiembra y plantación, prácticas más sencillas, y por encima siempre del control. En los ensayos con lluvia simulada el control produjo menos sedimentos que la plantación pero con una diferencia poco apreciable.

Sin embargo es necesario indicar que los datos se han tomado durante un periodo breve de tiempo, faltando un análisis a medio-largo plazo, que muestre la evolución de las cubiertas y de la generación de sedimentos en el tiempo. Los resultados deben ser por tanto interpretados como parciales, limitados en el tiempo.

Posiblemente un tratamiento sencillo conformando unas microcuencas, o alcorques que reciban la escorrentía y sedimentos de fracciones de la cuenca, o talud, pudieran ser más efectivas en la conservación del suelo y del agua que escurre, beneficiaría el arraigo de la vegetación, y, con ella, la protección del talud.

Se han observado diferencias entre las respuestas a los tratamientos de los distintos sitios, especialmente por el sustrato geológico, es difícil considerar suelo a este material no muy poroso y con un contenido de materia orgánica muy bajo como se expuso en el segundo informe. En el talud de Fiñana no se produjo erosión, aunque tampoco hay vegetación establecida. El material arenoso de Cartaya es muy inestable con gran susceptibilidad a la erosión. Los materiales de Osuna y Aguadulce muestran concentraciones elevadas de yeso que dificulta el establecimiento de la vegetación.

La meteorología del periodo de los ensayos ha sido muy interesante con una primavera lluviosa durante el primer año, comentado en el segundo informe, que hubiese debido favorecer el desarrollo de la vegetación. El segundo año más seco supuso una prueba para las plantas, pero, en conjunto es una buena muestra del clima en el que se van a encontrar los taludes.

Siendo el conjunto de ensayos muy interesante, sería conveniente que al quedar las parcelas instaladas, se preservaran, continuando con las medidas, una recogida anual de sedimentos, con una inspección del desarrollo de la vegetación.

Finalmente se ha elaborado un manual de uso, *Manual de técnicas de estabilización biotécnica de taludes de infraestructuras de obra civil*, en la que, el equipo completo de investigación, desde el gestor de la Agencia, hasta el personal contratado, han participado activamente.

El equipo de investigación, aunque compuesto por personas de distinta procedencia y con diversas orientaciones ha encajado perfectamente, lo que es otro beneficio del proyecto. Y todos agradecemos la financiación de este proyecto en el que hemos aprendido mucho.

