Jornada Carretera y vegetación
Granda 22 de abril 2016

Estabilización geotécnica de taludes: optimización de tratamientos en proyectos de restauración de infraestructuras viarias en Andalucía

J.V. Giráldez[2,3], E.V. Taguas[2], T. Vanwalleghem[2], L. Ramajo[5], R. Madrid[2], y J.A. Gómez[3], V. Contreras[1] , A. Rodríguez[1], A. Viedma[1],

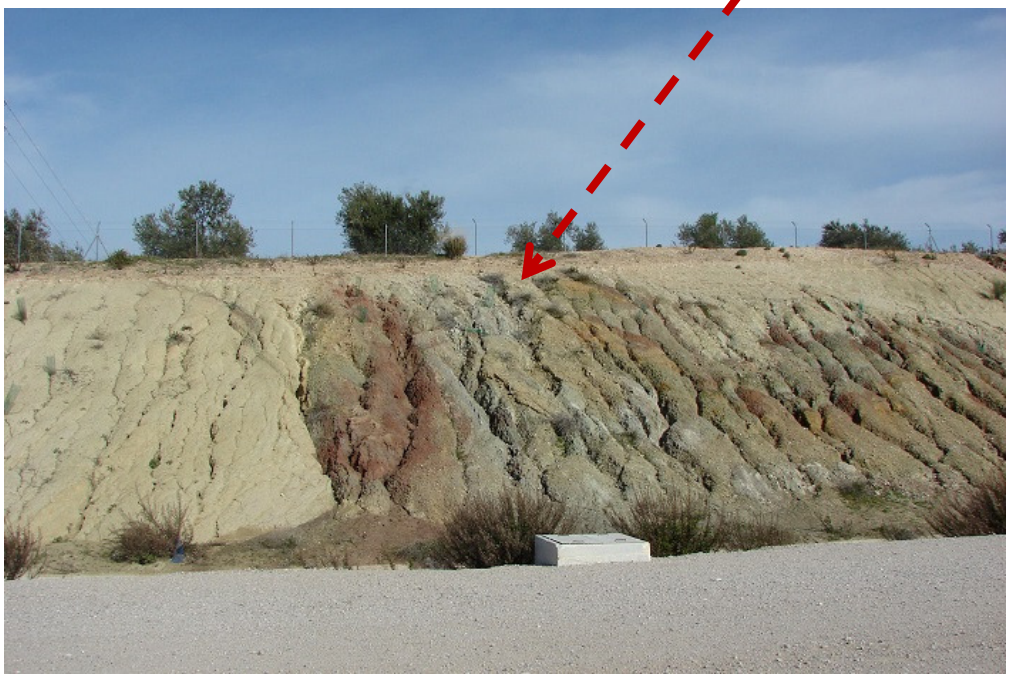
Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
CSIC
INSTITUTO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE IAS
paisajes del sur
BonTerra Ibérica S.L.

Problemas erosivos en los taludes de las infraestructuras viarias

el agua de lluvia escurre por la superficie del talud con gran rapidez porque no se infiltra, la pendiente es elevada, y no hay obstáculos que la frenen

por ello aparecen regueros, cárcavas y deslizamientos



Como consecuencia de la erosión

se depositan sedimentos en las cunetas que no pueden evacuar el exceso de agua, y por los regueros y cárcavas se dispersan más rápidamente los contaminantes hacia humedales, arroyos y ríos…

¿Cómo se pueden remediar estos problemas?

1. Se ha de proteger el material de la superficie del talud con algún tipo de cubierta

2. Se pueden plantar o sembrar especies vegetales para conseguir una cubierta capaz de auto mantenerse

3. Se puede modificar el relieve del talud formando pequeños alcorques o microcuencas que capturen agua de escorrentía y sedimentos para acelerar la formación del suelo sobre el material geológico

Por ello hay que analizar el problema y probar varias soluciones

Objetivos

Comparar diferentes cubiertas, substratos, y métodos de plantación para evaluar su eficacia contra la erosión de taludes en diferentes espacios de Andalucía:

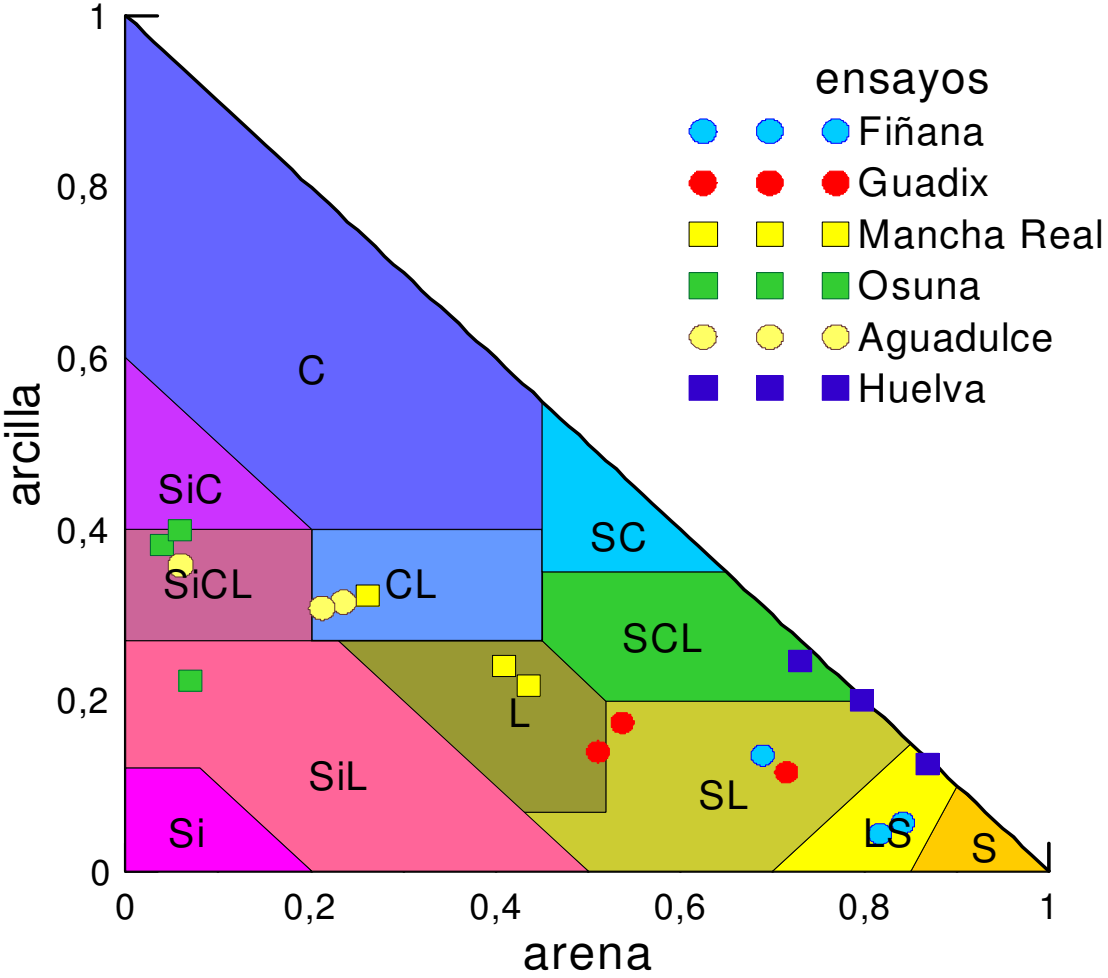
CARACTERIZACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS TALUDES

Talud	Coordenadas	Pent.	Material	Precipitación Acumulada Periodo 01-07-12 hasta 30-06-14	ETP Acumulada Periodo 01-07-12 hasta 30-06-14
Huelva (Cartaya)	X: 668099 Y: 4124828	50 %	Materiales arenosos del litoral atlántico	841,4 mm	2.649,15 mm
Sevilla (Osuna 1)	X: 311977 Y: 4121833	40%	Materiales finos (Margas y yesos)	976,0 mm	2.906,66 mm
Sevilla (Osuna 2)	X: 317215 Y: 4122200	65%	Materiales finos (Margas y yesos)	976,0 mm	2.906,66 mm
Jaén (Mancha Real)	X: 443438 Y: 4184643	60%	Materiales finos (margas)	1.016,6 mm	2.808,37 mm
Granada (Valle del Zalabi)	X: 491666 Y: 4125367	95%	Materiales finos (arcillas, launas y filitas)	763,6 mm	2.585,04 mm
Almería (Fiñana)	X: 509491 Y: 4113688	85%	Materiales gruesos (arcillas, launas y filitas)	566,6 mm	2.923,49 mm

Materiales y métodos: material geológico o 'suelos'

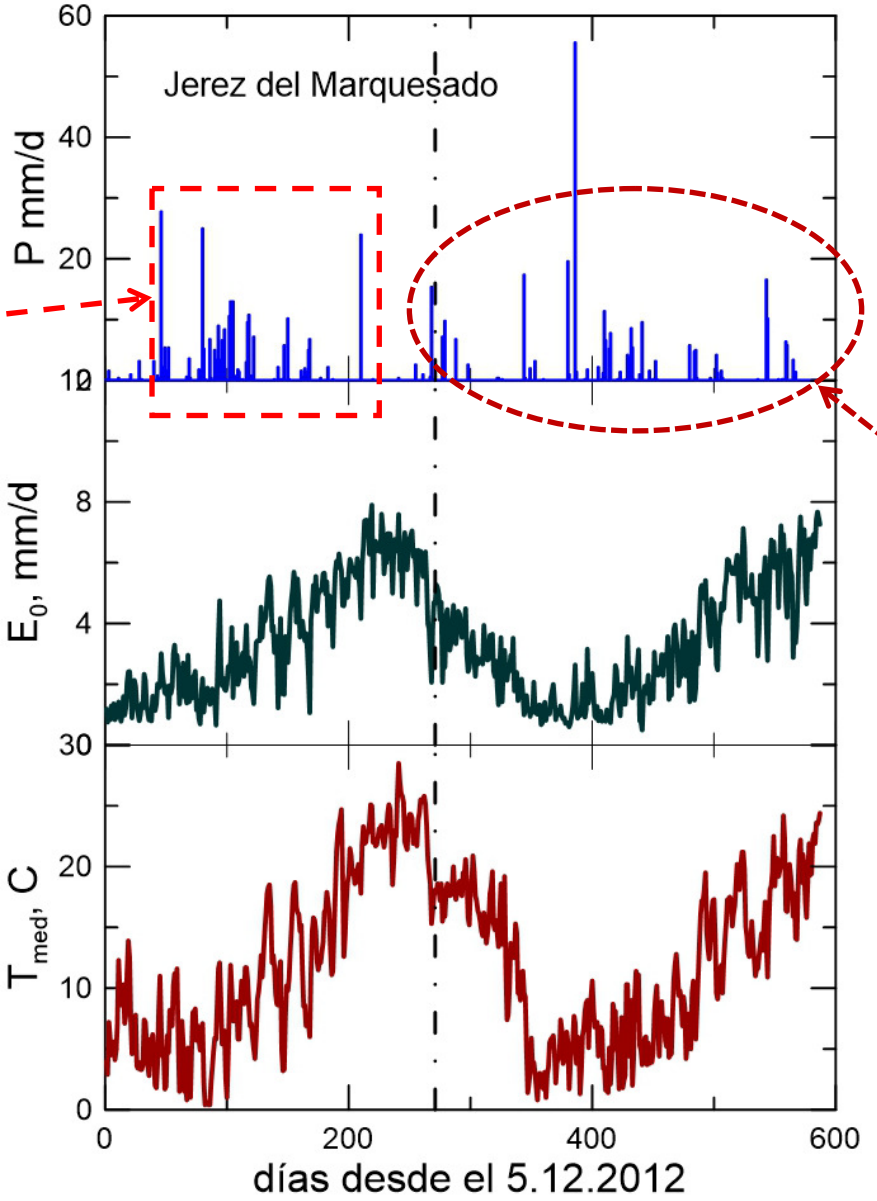
El material encontrado no corresponde a lo que se define como suelo por su baja concentración de materia orgánica

Análisis físico de los suelos: Diagrama de clases texturales con los datos de los ensayos



Materiales y métodos: meteorología

El 1er. periodo invernal fue propicio para el arraigo de las especies plantadas o sembradas



pero luego la precipitación fue demasiado escasa

Materiales y métodos: tratamientos

K3d o K — manta orgánica tridimensional de coco con substrato de turba o manta orgánica de coco e hidrosiembra

Rc — red orgánica de coco, densidad 0.4 kg m^{-2}(Rk4 Bonterra) con hidrosiembra

Hs — Hidrosiembra

Pl — plantación BF 200cc 1 ud m^{-2}

Bm — malla volumétrica (Bonmat Bonterra) con hidrosiembra

Co — testigo sin tratamientos

Materiales y métodos: siembras o plantación

Especies vegetales empleadas:

Talud	Serie de Vegetación	Composición hidrosiembra		Arbustos Plantaciones
Jaén (Mancha Real)	Serie mesófila bética seca-subhúmeda basófila de la encina (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae S.* Faciación termófila bética con *Pistacia lentiscos*)	Herbáceas (95%): *Agropyrum cristatum* 10% *Lolium multiflorum* 40% *Cynodon dactylon* 5% *Dactylis glomerata* 25% *Medicago sativa* 10% *Melitotus officinalis* 10%	Arbustivas (5%): *Genista umbellata* 20% *Anthyllis cytisoides* 20% *Doricnium pentaphyllum* 20% *Stipa tenacisima* 20% *Cistus albidus* 20%	*Retama sphaerocarpa* *Genista cynerea* *Cytisus fontanesii* *(Chronanthus biflorus)* *Pistacia lentiscus* *Stipa tenacisima*
Granada (Valle del Zalabi)	Serie mesomediterránea, bética, seca-subhúmeda basófila de la encina (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifolia S.* Faciación típica)	Herbáceas (95%): *Agropyrum cristatum* 10% *Lolium multiflorum* 40% *Cynodon dactylon* 5% *Dactylis glomerata* 25% *Medicago sativa* 10% *Melitotus officinalis* 10%	Arbustivas (5%): *Genista umbellata* 20% *Anthyllis cytisoides* 20% *Doricnium pentaphyllum* 20% *Stipa tenacisima* 20% *Cistus albidus* 20%	*Retama sphaerocarpa* *Genista cynerea* *Cytisus fontanesii* *(Chronanthus biflorus)* *Genista umbellata* *Stipa tenacisima*
Almería (Fiñana)	Serie mesófila filábrica silicícola de la encina (*Adenocarpo decorticantis-Querceto rotundifoliae S.* Faciación mesomediterranea con *Retama sphaerocarpa*)	Herbáceas (95%): *Festuca arundinacea* 20% *Lolium multiflorum* 15% *Lolium rigidum* 10% *Cynodon dactylon* 5% *Bromus perenne* 10% *Vicia sativa* 10% *Medicago sativa* 10% *Onobrychis viciaefolia* 10%	Arbustivas (5%): *Stipa tenacisima* 20% *Genista umbellata* 20% *Phlomis pourpurea* 20% *Anthyllis cytisoides* 20% *Citus albidus* 20%	*Genista umbellata* *Retama sphaerocarpa* *Cytisus fontanesi* *(Chronanthus biflorus)* *Lygeum spartum* *Stipa tenacisima*

Materiales y métodos: siembras o plantación

Especies vegetales empleadas:

Talud	Serie de Vegetación	Composición hidrosiembra		Arbustos Plantaciones
Huelva (Cartaya)	Serie termófila gaditano-onubo-algarviense seco-subhúmedo-húmeda sabulícola del alcornoque (*Oleo-Querceto suberis S.*)	Herbáceas (95%) *Lolium rigidum* 15% *Festuca arundinacea* 25% *Lilium multiflorum* 20% *Dactylis glomerata* 10% *Cynodon dactilon* 5% *Medicago sativa* 10% *Trifolium subterraneum* 5% *Onobrychis viciaefolia* 10%	Arbustivas (5%) *Calicotome villosa* 35% *Myrtus communis* 35% *Cistus ladanifer* 10% *Cistus salviifolius* 10% *Lavandula stoechas* 10%	*Olea europaea var. Sylvestris* *Retama monosperma* *Pistacia lentiscus* *Myrtus communis* *Lavandula stoechas*
Sevilla (Osuna 1)	Serie termomediterranea bética seca-subhúmeda basófilo de la encina (*Smilaco mauritanicae-Querceto rotundifoliae S.*) Faciación típica	Herbáceas (95%): *Agropyrum cristatum* 10% *Lolium multiflorum* 40% *Cynodon dactylon* 5% *Dactylis glomerata* 25% *Medicago sativa* 10% *Melitotus officinalis* 10%	Arbustivas (5%): *Genista umbellata* 20% *Coronilla juncea* 20% *Stipa tenacisima* 20% *Phlomis pourpurea* 20% *Anthyllis cytisoides* 20%	*Retama sphaerocarpa* *Lygeum spatum* *Stipa tenacisima* *Pistacia lentiscos* *Anthyllis cytisoides*
Sevilla (Osuna 2)	Serie termomediterranea bética seca-subhúmeda basófilo de la encina (*Smilaco mauritanicae-Querceto rotundifoliae S.*) Faciación típica	Herbáceas (95%): *Agropyrum cristatum* 10% *Lolium multiflorum* 40% *Cynodon dactylon* 5% *Dactylis glomerata* 25% *Medicago sativa* 10% *Melitotus officinalis* 10%	Arbustivas (5%): *Genista umbellata* 20% *Coronilla juncea* 20% *Stipa tenacisima* 20% *Phlomis pourpurea* 20% *Anthyllis cytisoides* 20%	*Retama sphaerocarpa* *Lygeum spatum* *Stipa tenacisima* *Pistacia lentiscos* *Anthyllis cytisoides*

Materiales y métodos: estimación de la densidad de plantas

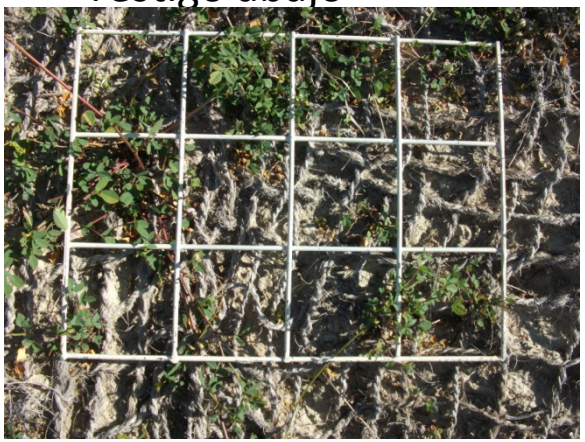
Técnica del cuadrado, quadrat, en cabecera y base de parcelas

Ensayos en Mancha Real (mayo de 2013 y mayo 2014)

Testigo abajo

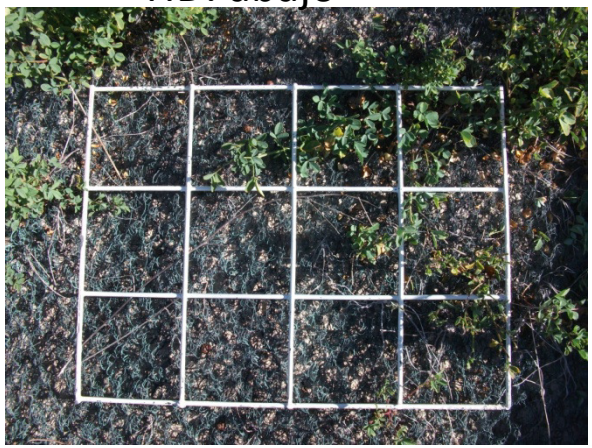
Plantación abajo

HD. abajo



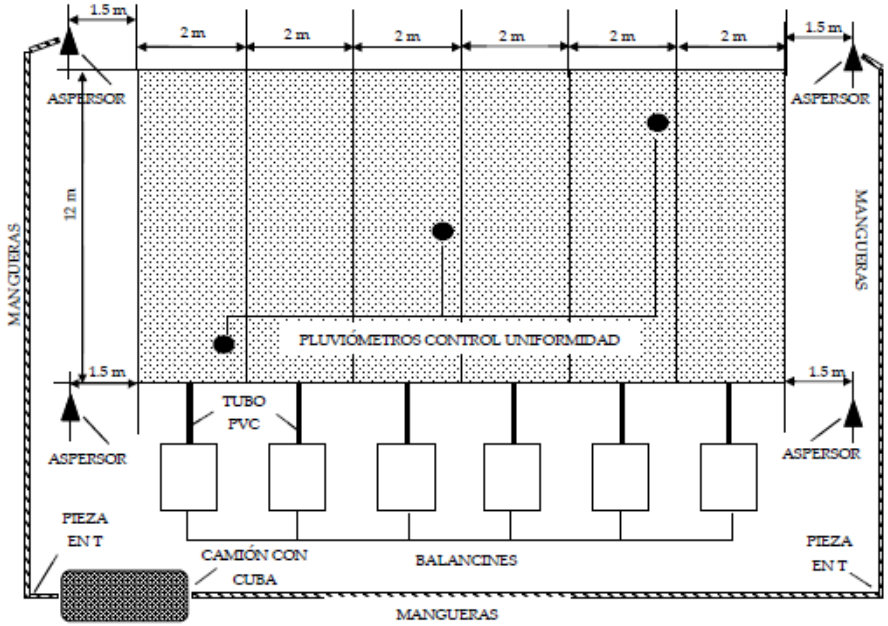
Malla Org. abajo

Manta Org. abajo



BonMat abajo

Materiales y métodos: simulador de lluvia



ENSAYO SIMULACION DE LLUVIA

INSTITUTO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE IAS

JUNTA DE ANDALUCIA

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

paisajes del sur

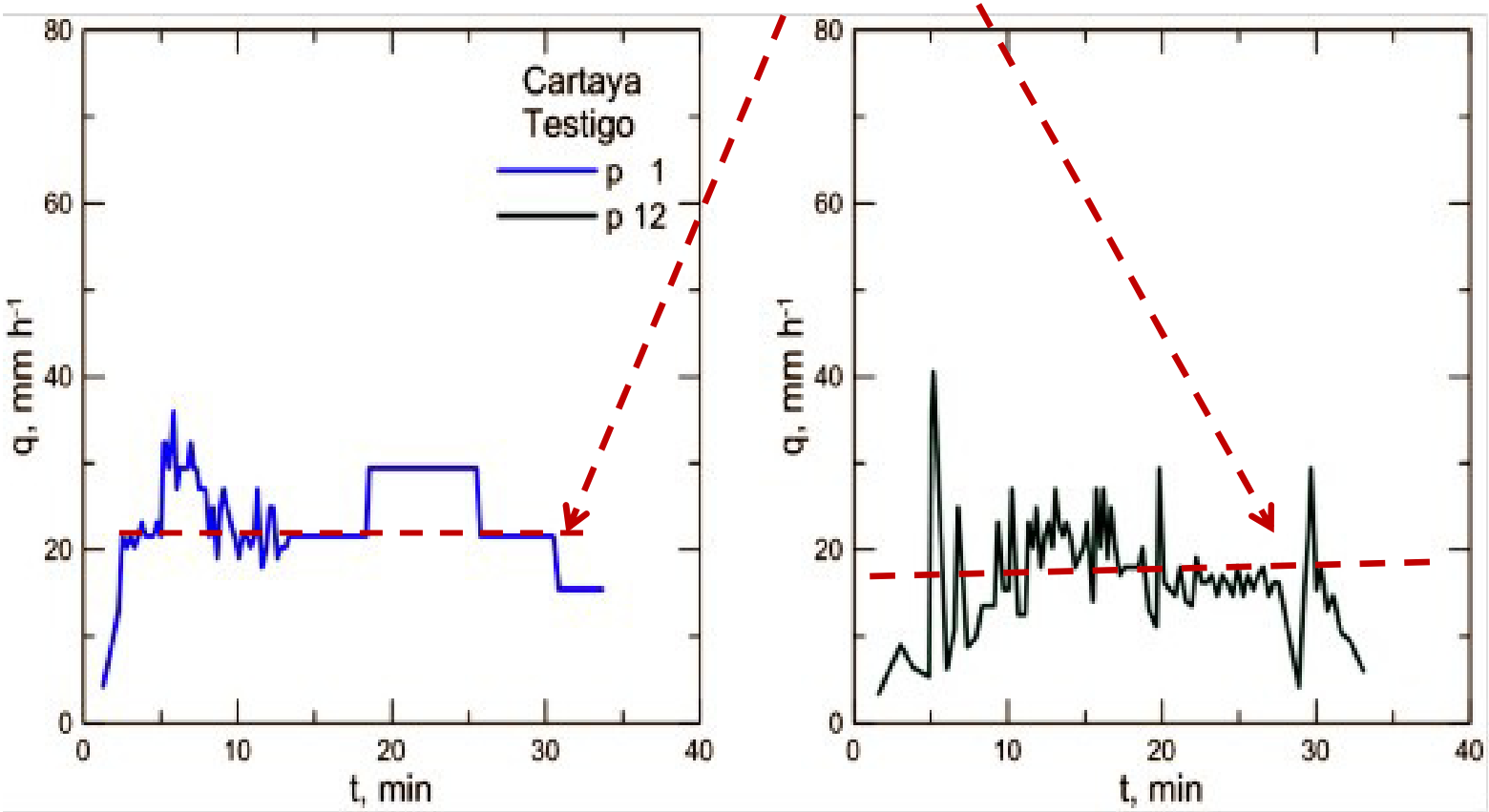
BonTerra® Ibérica S.L.

Resultados: volumen medio de escorrentía y producción media de sedimentos en las parcelas bajo lluvia simulada

trat.	**Mancha Real**		**Guadix**		**Cartaya**	
	Q	m_s	Q	ms	Q	ms
	L m^{-2}	kg m^{-2}	L m^{-2}	kg m^{-2}	L m^{-2}	kg m^{-2}
Co	10.7	1.59	11.2	1.79	10.2	1.83
Pl	9.85	1.55	11.5	2.08	10.7	2.03
Hs	11.6	1.59	12.5	1.82	7.55	1.03
K3d	0.00	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00
Rc	2.62	0.08	0.12	0.01	0.37	0.01
Bm	4.81	0.14	0.86	0.09	0.23	0.09

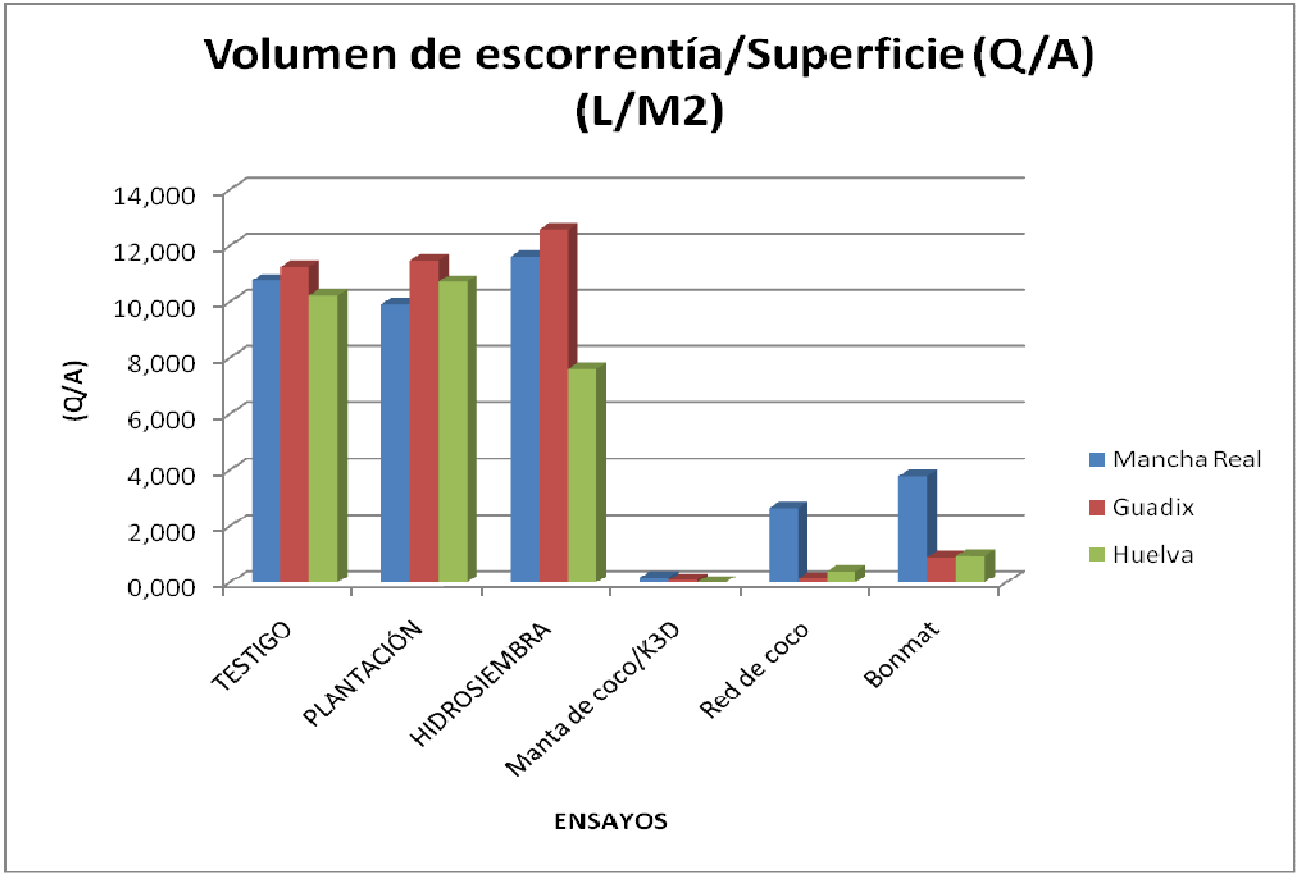
Resultados: hidrogramas

Se observó un ascenso rápido del caudal de escorrentía, estableciéndose un estado de equilibrio que duró hasta el término de la lluvia, como ocurre en superficies sin suelo y escasa cubierta vegetal



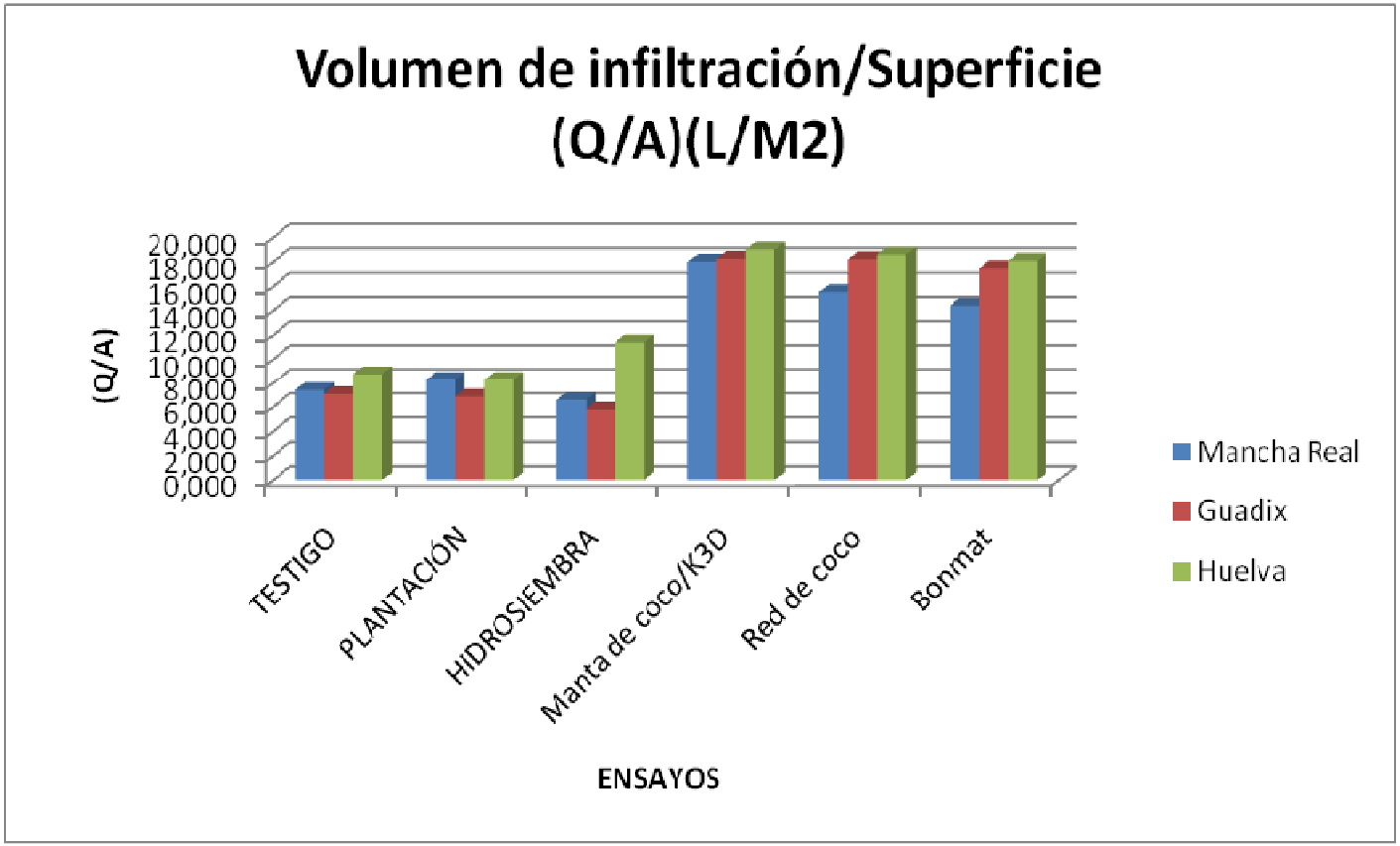
RESULTADOS EN SIMULADORES DE LLUVÍA.

VOLUMEN DE ESCORRENTÍA/SUPERFICIE (Q/A) (L/M2)						
ENSAYOS	TESTIGO	PLANTACIÓN	HIDROSIEMBRA	Manta de coco/K3D	Red de coco	Bonmat
Mancha Real	10,755	9,900	11,610	0,180	2,655	3,780
Guadix	11,250	11,475	12,555	0,090	0,135	0,900
Huelva	10,215	10,710	7,605	0,000	0,405	0,945



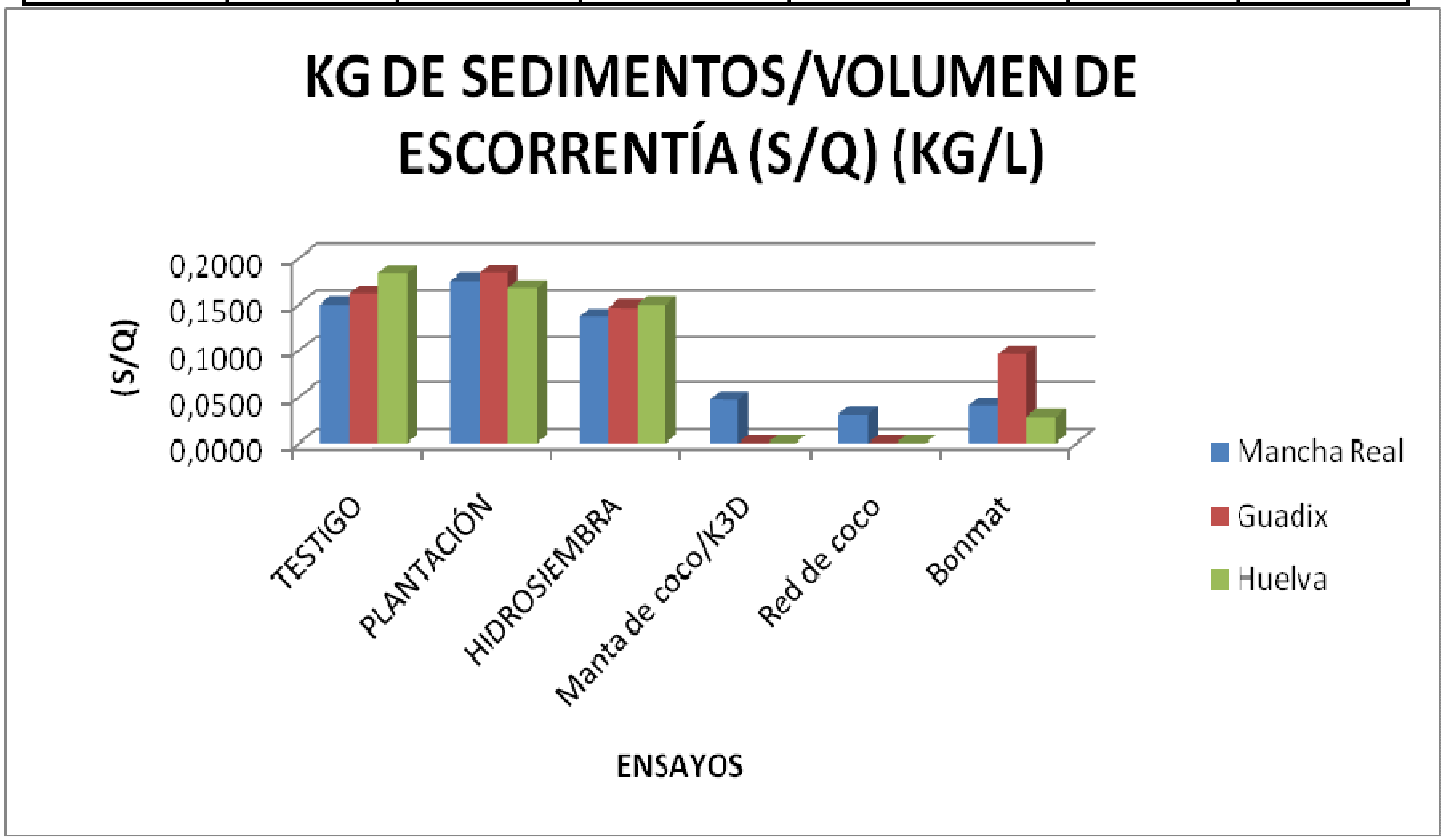
RESULTADOS EN SIMULADORES DE LLUVÍA.

VOLUMEN DE INFILTRACIÓN/SUPERFICIE (Q/A) (L/M2)						
ENSAYOS	TESTIGO	PLANTACIÓN	HIDROSIEMBRA	Manta de coco/K3D	Red de coco	Bonmat
Mancha Real	7,413	8,268	6,558	17,988	15,513	14,388
Guadix	7,085	6,860	5,780	18,245	18,200	17,435
Huelva	8,785	8,290	11,395	19,000	18,595	18,055



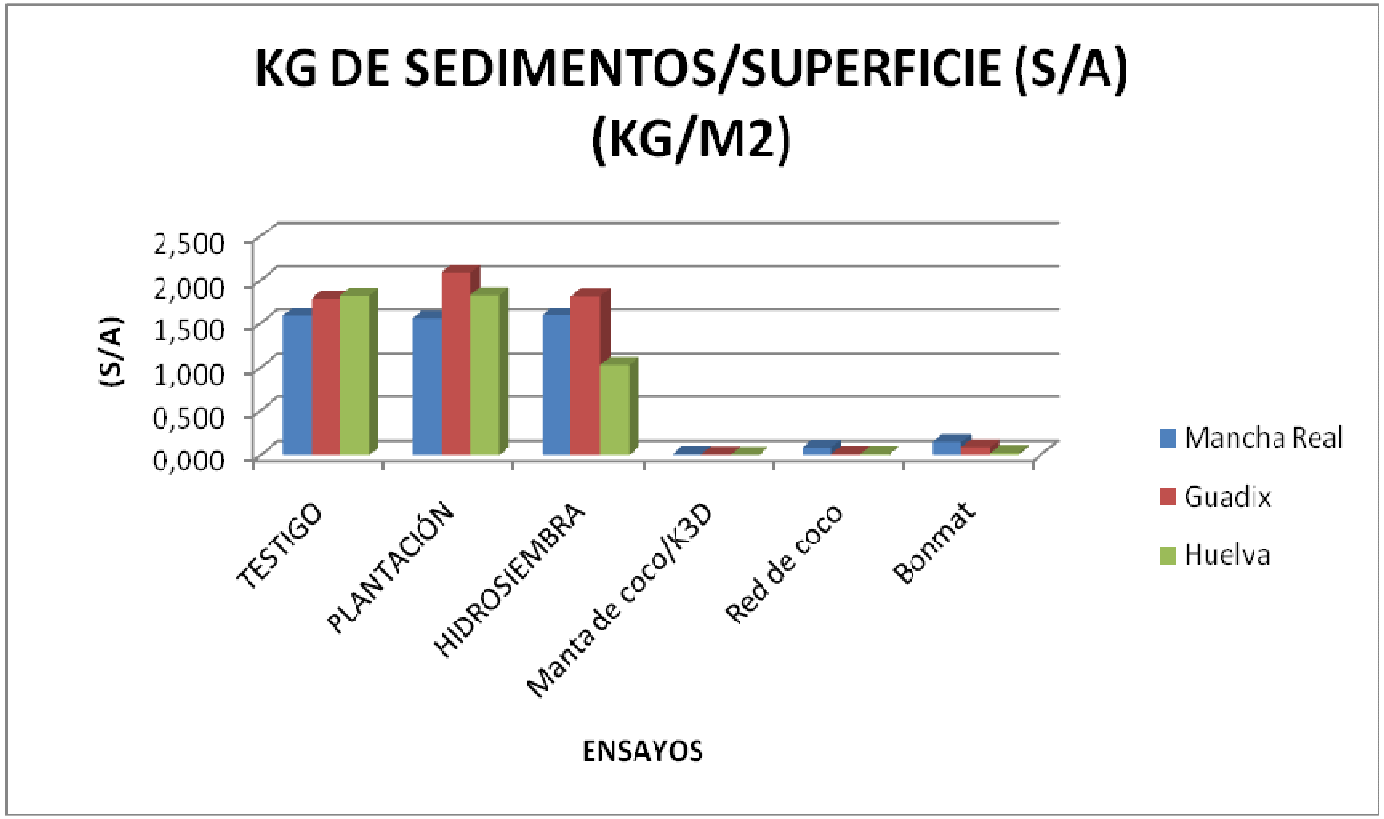
RESULTADOS EN SIMULADORES DE LLUVÍA.

KG DE SEDIMENTOS/VOLUMEN DE ESCORRENTÍA (S/Q) (KG/L)						
ENSAYOS	TESTIGO	PLANTACIÓN	HIDROSIEMBRA	Manta de coco/K3D	Red de coco	Bonmat
Mancha Real	0,1497	0,1753	0,1372	0,0472	0,0310	0,0406
Guadix	0,1617	0,1836	0,1464	0,0000	0,0000	0,0959
Huelva	0,1831	0,1679	0,1498	0,0000	0,0000	0,0282



7.- RESULTADOS EN SIMULADORES DE LLUVÍA.

KG DE SEDIMENTOS/SUPERFICIE (S/A) (KG/M2)						
ENSAYOS	TESTIGO	PLANTACIÓN	HIDROSIEMBRA	Manta de coco/K3D	Red de coco	Bonmat
Mancha Real	1,585	1,553	1,593	0,008	0,083	0,143
Guadix	1,793	2,083	1,820	0,005	0,010	0,088
Huelva	1,828	1,833	1,028	0,000	0,010	0,022



Resultados: producción media de sedimentos en las parcelas causados por la lluvia natural del periodo sep. 2013-mayo 2014

	Mancha Real	**Guadix**	**Cartaya**
P, mm	267	253	384
trat.		kg m^{-2}	
Co	0.503	0.063	1.331
Pl	0.390	0.052	1.238
Hs	0.479	0.053	0.968
K3d	0.072	0.000	0.369
Rc	0.039	0.000	0.386
Bm	0.118	0.029	0.451

Resultados: densidades medias de plantación medidas en las parcelas en cabecera (cb) y base (cl) del talud en mayo 2014

treat.	**Osuna**		**Aguadulce**		**Mancha Real**		**Fiñana**		**Guadix**		**Cartaya**	
	cb	cl	cb	cl	cb	cl	cb	cl	cb	cl	cb	cl
Co	0	0	0	22	6	6	0	0	45	34	0	0
Pl	0	0	0	22	33	6	6	6	44	22	0	0
Hs	6	0	11	33	306	44	11	0	133	45	6	0
K3d	11	6	0	39	156	306	45	11	67	128	11	6
Rc	0	33	0	72	195	306	17	6	172	211	0	33
Bm	0	11	0	0	122	195	0	0	256	267	0	11

Conclusiones

- Es necesaria la vegetación en la estabilización de taludes, lo que requiere una especial atención dada la calidad del suelo
- Las cubiertas artificiales mantienen la vegetación incorporada y son convenientes en los primeras etapas de estabilización de los taludes
- Sin embargo no consiguen atrapar la suficiente agua de lluvia para establecer definitivamente las siembras, por lo que precisan de unos mínimos trabajos de mantenimiento
- Las pérdidas de suelo por erosión y control de escorrentías, en los tratamientos con cubiertas artificiales (K3D, Rc, Bm), han demostrado en el ensayo una eficacia muy superior con respecto a las cubiertas naturales (Hd, Pl, Co).
- Estos resultados se han observado en un periodo reducido por lo que es preciso ensayos a largo plazo

Unión Europea

Fondo Europeo
de Desarrollo Regional

Andalucía
se mueve con Europa

Para más información:
valentincontreras@bonterraiberica.com

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

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INSTITUTO DE AGRICULTURA SOSTENIBLE IAS

paisajes del sur

BonTerra® Ibérica S.L.