

## EFFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE CUBIERTA VEGETAL EN EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN CLIMA SEMIÁRIDO. SE – ESPAÑA

E. CHIRINO<sup>1</sup>, J. BELLOT<sup>2</sup>, A. BONET<sup>2</sup>, J.M. ANDREU<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo.  
e-mail: esteban.chirino@ua.es.

<sup>2</sup> Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. Apdo. 99, 03080 – Alicante. España.

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Alicante.

**Abstract.** We present the results about the study of 18 hydrology plots (16 m<sup>2</sup>) in the Experimental Station *The Ventós* (Alicante) during 4 years (1996 – 1999). We studied the runoff generation and the sediment yield in several vegetation cover types following a land cover gradient and vegetation structure, from pine afforestation over thorn shrubland, pine afforestation over dry grassland, thorn shrubland, dry grassland and alpha grass steppe to open land. Overall runoff coefficient of vegetation plots was lesser than 1,0% of the rainfall and soil erosion was lesser than 0,05 Mg.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>, exceeded only by alpha grass steppe and open land. These results are explained by the high percentage of land cover of the analysed types and the Mediterranean semiarid rainfall characteristics. Vegetation formations covering more than 70% of land and derived from the natural succession (shrublands, dry grassland), could be adequate alternatives as pine afforestation to reduce the runoff and soil erosion.

**Key word:** erosion, runoff, soil loss, vegetation cover, model.

**Resumen.** La investigación se ha realizado en la Estación Experimental “El Ventós” durante el período: 1996 – 1999, en parcelas de hidrología (16 m<sup>2</sup>). Se presentan resultados sobre la generación de escorrentía y la pérdida de suelo en diferentes tipos de cubierta vegetal que representan un gradiente de cobertura y estructura de la vegetación, a saber: pinar repoblado con sotobosque de matorral (espinar), pinar repoblado en pastizal seco, matorral (espinar), pastizal seco, espartal y suelo sin cubierta vegetal. En general se obtienen bajos valores de coeficientes de escorrentía (< 1,0%) y erosión (< 0,05 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) siendo sólo superados en el espartal y en suelo sin cubierta vegetal. Estos resultados están asociados a los elevados porcentajes de cobertura vegetal y a las características de las precipitaciones. Se concluye que las formaciones vegetales derivadas de la regeneración natural con cobertura vegetal superior a 70% reducen la escorrentía superficial y la erosión en igual magnitud que las formaciones resultantes de la reforestación con pino carrasco.

**Palabras clave:** erosión, escorrentía superficial, cobertura vegetal, modelo.

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha tendido a considerar que los árboles son mucho más favorables que las herbáceas y las arbustivas para controlar la erosión; de hecho durante las décadas de los 50' y 60' del siglo XX, la política de manejo de la Administración Forestal en el semiárido español estuvo dirigida fundamentalmente a la reforestación con especies de árboles, principalmente pino carrasco (Vallejo, 1997) sobre formaciones vegetales de baja cobertura (Cortina *et al. in press*). Múltiples han sido las investigaciones destinadas a estudiar el papel de la cubierta vegetal en el control de la erosión del suelo. Martínez-Mena *et al.* (1999) indicaron que la cubierta vegetal reduce en un 50% la energía de impacto de la lluvia y en un 75% la energía para producir escorrentía. Algunos autores han señalado que respecto al frenado de la energía pluvial y la rugosidad hidráulica, son más eficaces las hierbas que los árboles y que un estrato arbustivo denso y de bajo porte puede tener un efecto satisfactorio en la conservación del suelo (Gallart y Llorens, 1994; Bautista, 1999 y Pinaya *et al.*, 2000). Por una parte, Pardini *et al.* (2003) señalan que pinares de 50 años de edad y con manejo forestal insuficiente pueden tener un efecto negativo sobre las propiedades del suelo y la protección del suelo frente a la acción de las lluvias; por otra parte Andres y Jorba (2000) y Loch (2000) concluyen que una cobertura de herbáceas superior al 50 % contribuye satisfactoriamente al control de la erosión y De Luis *et al.* (2003) destacan la importancia de una alta cobertura de matorral en el control efectivo de la erosión ante eventos de lluvia de gran volumen.

Ante la diversidad de líneas de investigación y de respuestas, surge la siguiente pregunta: En las condiciones climáticas del semiárido español, ¿Qué tipo de cubierta vegetal es más favorable en el control de la

erosión de los suelos?. Evidentemente, el papel de la vegetación respecto al control de la erosión dependerá de las características edafoclimáticas de la zona (suelo y régimen de precipitaciones) y de las características de la cubierta vegetal (composición, estructura y porcentaje de cobertura) entre otros factores. El presente trabajo pretende resaltar el papel de la cubierta vegetal en el control de la erosión del suelo y en este contexto, se propuso estudiar la generación de escorrentía y la pérdida de suelo en diferentes tipos de cubierta vegetal predominantes en el semiárido español y comprobar la efectividad de las mismas en el control de la erosión.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante 4 años (1996–1999) en la Estación Experimental *El Ventós*, Alicante, España, cuyas características edáficas son: suelo Cambisol calcárico y Regosol calcáreo (FAO-UNESCO) sobre margas y margo calizas respectivamente; porosidad total 50,2%, capacidad de campo 25%, tasa de infiltración media entre 192 y 438 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> y pendientes entre 23 y 26° (Chirino *et al.*, 2001). Es una zona donde el régimen climático está definido por escasas precipitaciones, temperaturas relativamente altas y un fuerte déficit hídrico. La vegetación predominante se caracteriza por la presencia de *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides*, *Erica multiflora*, *Stipa tennacissima*, y *Brachypodium retusum*.

Se seleccionaron 5 tipos de formaciones vegetales siguiendo un gradiente de cobertura vegetal (CV): pinar con sotobosque de matorral o espinar (Pm), pinar en pastizal seco (PPs), matorral (M), pastizal seco (Ps) y espartal (E), junto a un área de suelo desprovisto de vegetación (SV). En cada tipo de cubierta vegetal fueron instaladas 3 parcelas de hidrología de 16 m<sup>2</sup> (8 x 2

m) con caja Gerlach. Después de cada evento de lluvia se cuantificó el volumen de escorrentía y la producción de sedimentos. La precipitación y otras variables climáticas se controlaron mediante estación meteorológica (Campbell CR 10).

Cada parcela de hidrología se subdividió en sub-parcelas de 2 m<sup>2</sup> en las que se determinó la composición y porcentaje de cubrimiento de cada especie. No se detectaron variaciones anuales en el % de cobertura vegetal (CV). Las parcelas de suelo sin vegetación se mantuvieron mediante la aplicación de herbicida sistémico. El LAI fue determinado mediante método destructivo en columnas de 0,25 m<sup>2</sup> por la altura de la vegetación.

Las medias de los coeficientes de escorrentía y tasas de pérdida de suelo se calcularon a partir de los datos del período 1996–1999; lo cual permitió obtener posteriormente el modelo asintótico ( $y = a * b^{CV}$ ) entre dichas variables y la cobertura vegetal (CV). El análisis estadístico (ANOVA de un factor; *test a posteriori* DHS de Tukey) se realizó mediante el sistema de programas estadísticos SPSS<sup>®</sup> (versión 10,0) utilizando los acumulados de las variables analizadas por parcelas en cada tipo de cubierta durante 1998–1999, período en que funcionaron simultáneamente todas las parcelas. Para cumplir las asunciones del ANOVA fue necesario la transformación de los datos (logaritmo neperiano). En la verificación de las ecuaciones asintóticas se emplearon las medias anuales de escorrentía y pérdida de suelo entre los años 2000 al 2001.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Precipitación

La precipitación media anual (1996 – 1999) fue 330,4 L.m<sup>-2</sup>, superior a la media local (291,7 L.m<sup>-2</sup>; Estación Meteorológica Agost-Escuela, serie: 1976–1998). El año más húmedo fue 1997 (486,3 L.m<sup>-2</sup> y el año más

seco 1999 (241,1 L.m<sup>-2</sup>). El 90% de las lluvias no superan los 10 L.m<sup>-2</sup>, de las cuales el 77,4% corresponde a eventos menores de 5 L.m<sup>-2</sup>. El 91,3% de las lluvias presentaron una intensidad media menor de 5 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> y el 91,7% tuvieron una duración menor de 2 horas. En general las lluvias son de bajo volumen, baja intensidad y corta duración.

### Escorrentía y erosión

Los coeficientes de escorrentía son bajos, no superando el 1,0 % en la mayoría de las formaciones vegetales, siendo en Pm 0,40 %, PPs 0,65 %, M 0,60 % y Ps 0,55 %. Sólo se supera el 1,0 % en la formación de espartal (2,75 %) y en suelo sin vegetación (4,42 %). Los resultados de las parcelas con cubierta vegetal (excluyendo E) son similares a los reportados por Vacca *et al.* (2000) en parcelas de 20 m<sup>2</sup> cubiertas de arbustos y herbáceas; superan a los coeficientes de escorrentías indicados por Cerdà (1997) en microparcels de 0,25 m<sup>2</sup> y al reportado por Boix *et al.* (2001) de 0,29 % en parcelas abiertas con colector tipo Gerlach instaladas en la zona de Benidorm (semiárido, pendiente entre 18–22 % y comunidades de rosmarino-ericion). Son inferiores a los registrados por Sánchez (1997) en similar clima y vegetación, pero con menor cobertura (39%) y mayor pendiente (30 – 35°) que obtuvo coeficientes de escorrentía entre 9 y 11 %. En un análisis comparativo preliminar, las formaciones de Pm, PPs, M y Ps redujeron la escorrentía superficial entre 86 – 91% respecto a SV, mientras que en el espartal solo la redujo en 38%. El análisis ANOVA de un factor detectó que existían diferencias significativas entre los tipos de cubierta vegetal ( $F = 9,339$ ,  $p = 0,001$ ,  $N = 18$ ). El *test a posteriori* DHS de Tukey (Fig. 1 A) señaló que no existían diferencias significativas entre la escorrentía generada en las cubiertas de Pm, PPs, M y Ps, pero sí entre éstas y los tratamientos SV ( $p < 0,05$ ) y E ( $p < 0,05$ ).

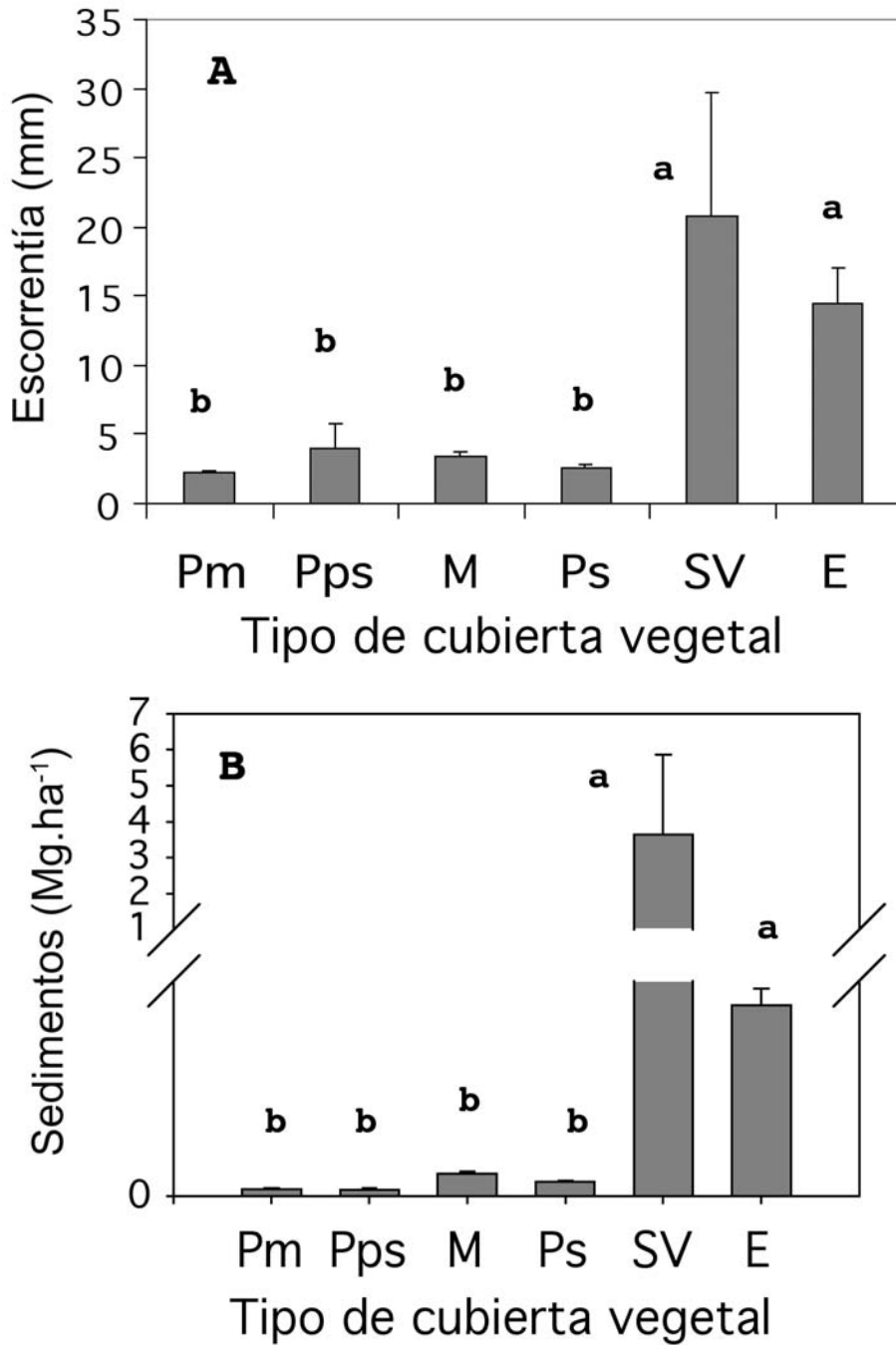


FIGURA 1: Escorrentía acumulada (A) y Erosión acumulada (B) por tipo de cubierta vegetal (Media  $\pm$  error estándar; período 1998 - 1999). Resultados del análisis ANOVA de un factor. Test *a posteriori* DHS de Tukey.

Respecto a la erosión, las cifras reportadas también son bajas. Estos resultados equivalen a pérdidas anuales de 0,020 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en Pm, 0,035 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en PPs, 0,042 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en M y 0,049 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en Ps; mientras que en la formación vegetal espartal las pérdidas se incrementan a 0,310 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. El suelo sin vegetación distingue sus resultados notablemente alcanzando la cifra de 1,901 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. Considerando las características de la zona en cuanto a porcentaje de cubierta vegetal y características de las precipitaciones, los resultados demuestran que las cubiertas de Pm, PPs, M y Ps reducen la erosión en un 98% respecto a SV, incluso el espartal las reduce en un 84%. El análisis ANOVA de un factor (Fig. 1 B) también indicó que no existían diferencias significativas entre los tratamientos ( $F = 13,540$ ,  $p = 0,000$ ,  $N = 18$ ); evidenciando el *test a posteriori* DHS de Tukey, la no existencia de diferencias significativas entre los tratamientos Pm, PPs, M, y Ps; pero sí, entre éstos y los tratamientos SV ( $p < 0,05$ ) y E ( $p < 0,05$ ).

Las tasas anuales de pérdida de suelos en las cubiertas de Pm, PPs, M, Ps y E son similares a las reportadas por Vacca *et al.* (2000) quienes señalaron tasas entre 0,04 – 0,09 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en parcelas de 20 m<sup>2</sup> cubiertas con maquia mediterránea y de 0,02 – 0,23 Mg.ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> en parcelas de Cistus sp con otras herbáceas, mostrando en parcelas de Eucaliptos (15 años y 25 % CV) valores entre 0,12 – 0,51 Mg.ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>. Castillo *et al.* (1997) en parcelas de 15 x 5 m<sup>2</sup> y pendiente 23%, registraron en formaciones de pino matorral (CV: 70%) pérdidas de suelo de 0,13 Mg.ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> y en suelo sin vegetación de 0,3 Mg.ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>. Cerdà (1997) en simulaciones de lluvia en microparcelas señaló valores de 0,014 Mg.ha<sup>-1</sup> sobre vegetación de herbáceas y de 1,02 Mg.ha<sup>-1</sup> en suelo desnudo. Las tasas en las formaciones vegetales del Ventós son ligeramente superiores a las señales por Boix *et*

*al.* (2001) quienes obtuvieron pérdidas de suelo de 0,01 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en condiciones edafoclimáticas similares; y son inferiores a las alcanzadas en otras investigaciones realizadas en clima semiárido en España por Sánchez (1997) quien muestra tasas de 1,58 y 3,68 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en parcelas de 80 m<sup>2</sup> en comunidades de romeral y tomillar respectivamente y de 0,95 – 0,99 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> en espartal.

Valorando las características generales de las lluvias en la zona, se realizó un análisis más detallado considerando los eventos con volumen de precipitación mayor a 20 L.m<sup>-2</sup> (Tabla 1). Los resultados obtenidos ratificaron que las parcelas de espartal y suelo sin vegetación son las que alcanzan los mayores coeficientes de escorrentía y de pérdida de suelo. No obstante, las cifras registradas continúan siendo de baja magnitud. En el período de análisis hubo un evento extraordinario (“gota fría” del 30-Septiembre-1997) el cual tampoco modificó notablemente los resultados.

#### **Relación entre la cubierta vegetal, la escorrentía y la pérdida de suelo.**

Existe un gradiente de disminución del porcentaje de la cubierta vegetal en función de la estratificación en los diferentes tipos de formaciones vegetales estudiadas (Pm = 95,21% y PPs = 95,83%, M = 90,17%, Ps = 70,02% y E = 37,21%). La Prueba de Mann Withney (*Test a posteriori* Wilconxon) comprobó que la cobertura total en las parcelas de M, Ps y E muestran diferencias significativas entre sí; y entre éstas y las parcelas de Pm y PPs, no encontrándose diferencias entre estas últimas. Era de esperar que este gradiente de cobertura vegetal reportará mayores diferencias estadísticas entre las formaciones vegetales en cuanto a escorrentía y pérdida de suelo (Fig. 1 A y B). Con la finalidad de contrastar estos resultados realizamos varios análisis de regresión para determinar la escorrentía ( $\epsilon$ ) y la pérdida de

**TABLA 1:** Resumen de los registros de escorrentía superficial y de pérdida de suelo por tipo de cubierta vegetal en los eventos de lluvia con volumen superior a 20 L.m<sup>-2</sup>.

Tipo de Cobertura		Coeficiente de Escorrentía (%)				Pérdida de suelo (Mg.ha <sup>-1</sup> )			
cubierta vegetal	vegetal (%)	Media observada 1996-1999	Estimado modelo asintótico	Media observada 2000-2002	Error de predicción	Media observada 1997-1999	Estimado modelo asintótico	Media observada 2001	Error de predicción
SV	0,00	4,42	4,57	3,64	0,83	1,90	1,90	2,14	0.239
E	37,21	2,75 *	2,09	2,75	0,38	0,31	0,31	0,39	0.081
Ps	70,02	0,55	1,05	0,46	0,20	0,04	0,06	0,02	0.042
M	90,17	0,60	0,68	0,62	0,08	0,04	0,02	0,02	0.003
Pm	95,21	0,40	0,61	0,45	0,06	0,02	0,02	0,01	0.008
PPs	95,83	0,65	0,61	0,84	0,09	0,05	0,02	0,02	0.002

\*.- Media observada en el período 1998 – 1999. Las parcelas en la cubierta vegetal de espartal se establecieron en el año 1998.

suelo (S) en función del porcentaje de cobertura vegetal (CV). Las mejores ecuaciones obtenidas siguen un modelo asintótico (Fig. 2 A y B), lo que nos indicó en nuestro caso, que en presencia de altos porcentajes de cubierta vegetal (superiores a 70%), la respuesta en escorrentía superficial y erosión en los diferentes tipos de cubierta vegetal estudiados (Pm, PPs, M y Ps) tiende a ser mínima y poco diferenciada entre ellas. También se obtuvieron buenos resultados mediante una ecuación exponencial [ $\epsilon=4,8066e-0,0241^{*CV}$ ,  $R^2=0,8989^{***}$  y  $S=1,6531e-0,0438^{*CV}$ ,  $R^2=0,9678^{***}$ ] y mediante un modelo asintótico multivariante empleando además como variable independiente el LAI [ $\epsilon=4,4242^{*0,9677^{*CV*1,4257^{*LAI}}$ ,  $R^2=0,9897^{***}$  y  $S=1,9008^{*0,9514^{*CV*1,0213^{*LAI}}$ ,  $R^2=0,9995^{***}$ ].

Resultados similares han sido señalados por otros autores. Castillo *et al.* (1997) reportaron que las parcelas de pino-matorral (CV: 70%) redujeron la pérdida de suelo 4 veces respecto al suelo sin vegetación. Andreu *et al.* (1998) señalaron que el mato-

rral redujo la erosión en un 75% respecto al suelo sin vegetación. Cerdà (1999) en parcelas de 0,22 y 0,72 m<sup>2</sup> y simulaciones de lluvia con intensidad de 55 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> reportó que los suelos con cubierta vegetal entre 80 y 100% redujeron la escorrentía superficial y la erosión en 89,1% y 99,8% respectivamente. Loch (2000) en trabajos de rehabilitación de terrenos de minas a cielo abierto (pendiente: 15 %) mediante el establecimiento de una cubierta de pastos (*Chloris gayana* y *Pennisetum clandestinum*), comprobó que un 47 % de cobertura vegetal reducía la erosión en 85 % respecto al suelo sin vegetación, siendo la tasa (Mg.ha<sup>-1</sup>) casi similar a la obtenida en las parcelas con el 100 % de recubrimiento vegetal, lo cual se constata en la ecuación de tipo asintótico ( $R^2 = 0,99$ ) en la que relacionó la erosión (Mg.ha<sup>-1</sup>) vs. cobertura vegetal (%). Andres y Jorba (2000) comprobaron en trabajos de restauración, que cuando la cobertura vegetal era superior a 50% las pérdidas de suelo eran inferiores a la tasa de tolerancia, teniendo un papel muy importante el recubrimiento por herbáceas.

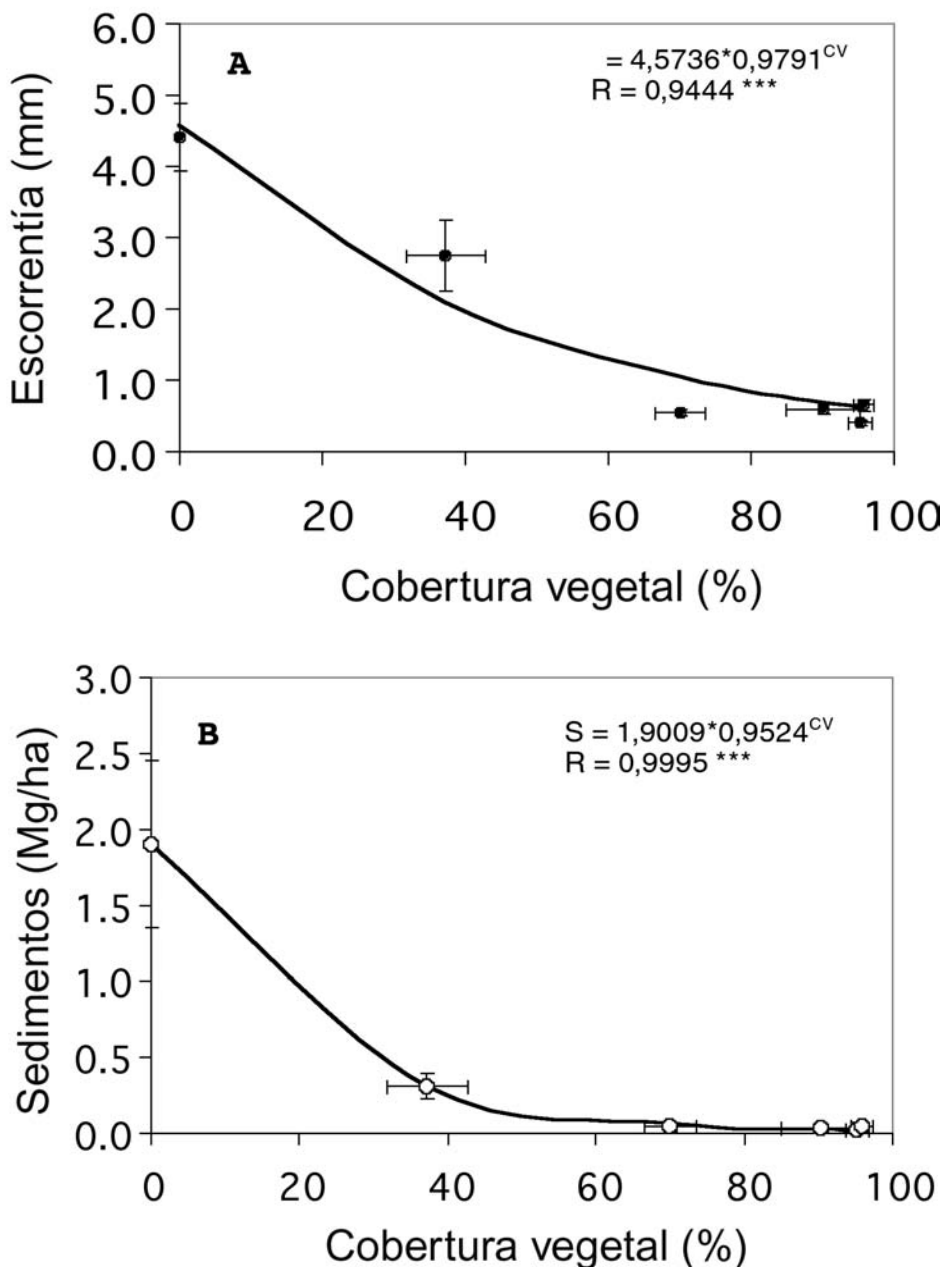


FIGURA 2: Relación entre el porcentaje de cobertura vegetal y el coeficiente de escorrentía (Fig. A) y entre el porcentaje de cobertura vegetal y la pérdida de suelo (Fig. B) en los diferentes tipos de cubierta vegetal. (Media  $\pm$  error estándar de X e Y). Mejor ajuste: modelo asintótico ( $y = a * b^{CV}$ ; CV: cobertura vegetal).

**TABLA 2:** Verificación del modelo asintótico ( $y = a * b^{CV}$ ). Comparación de los valores estimados mediante el modelo asintótico en coeficiente de escorrentía superficial y pérdida de suelo y los valores observados durante el período 2000 al 2002 en cada tipo de cubierta vegetal.

Fecha del evento	Precipitación		Volumen de Escorrentía superficial (L.m <sup>-2</sup> )							Pérdida de suelo (g.m <sup>-2</sup> )					
	Volumen (L.m <sup>-2</sup> )	Int_15' (L.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )	Pm	PPs	M	Ps	SV	E	Pm	PPs	M	Ps	SV	E	
28-jun-97	21,0	36,0	0,51	0,84	0,55	0,60	1,88	nd*	0,08	1,03	0,03	0,02	1,42	nd	
25-ago-97	60,4	88,8	0,75	1,11	0,92	0,95	5,85	nd	0,45	1,19	0,35	1,69	1,92	nd	
17-sep-97	46,4	90,4	0,77	1,46	0,86	1,16	6,97	nd	0,09	1,91	0,33	0,31	28,50	nd	
30-sep-97	135,6	52,0	0,56	1,01	0,85	0,59	12,45	nd	2,86	9,61	4,51	7,46	169,88	nd	
29-ene-98	29,6	24,8	1,21	2,84	1,33	1,03	9,72	5,23	0,03	0,18	0,17	0,14	60,50	4,60	
25-may-98	35,2	11,2	0,31	0,93	0,45	0,38	2,78	8,40	0,04	0,06	0,07	0,03	0,39	11,76	
02-dic-98	46,4	11,2	0,52	0,92	0,74	0,59	7,82	3,92	0,03	0,09	0,05	0,03	24,73	5,13	
17-oct-99	26,6	50,4	1,51	1,79	3,13	1,72	16,80	nd	0,76	0,59	1,52	0,42	136,32	nd	
20-oct-99	20,8	12,0	0,37	0,74	0,80	0,42	2,62	1,75	0,64	0,60	4,65	3,45	96,34	0,92	
Media	46,89	41,87	0,72	1,29	1,07	0,83	7,43	4,05	0,55	1,70	1,30	1,51	57,78	5,60	
ES	11,93	10,43	0,13	0,22	0,27	0,14	1,65	1,33	0,30	1,01	0,64	0,84	21,01	2,26	

nd\*.- Dato no disponible. Las parcelas en la cubierta vegetal de espartal se establecieron en el año 1998.

Las ecuaciones obtenidas fueron verificadas con registros disponibles de años posteriores en escorrentía (2000, 2001 y 2002) y pérdida de suelo (2001). La tabla 2 demuestra que las formaciones vegetales con cubierta vegetal superior a 70% mantienen bajos valores de coeficientes de escorrentía y pérdida de suelo. Se corrobora que para la zona de estudio con precipitación media ( $\pm$  ES) de 330,4 $\pm$ 46,74 L.m<sup>-2</sup> el modelo asintótico obtenido permite una aceptable estimación de los coeficientes anuales de escorrentía, siendo las mejores estimaciones en aquellas formaciones con mayor porcentaje de cubierta vegetal (M, Pm y PPs). En E y SV el error de predicción se incrementa ligeramente como consecuencia de una menor cubierta vegetal y mayor variabilidad en la respuesta hidrológica. Respecto a las tasas de pérdida de suelo las estimaciones también son aceptables, a pesar de las bajas tasas en

Pm, PPs y M. Sólo en Ps el error de predicción no es favorable.

## CONCLUSIONES

Las características de las precipitaciones de la zona (predominantemente de bajo volumen y baja intensidad) y los elevados valores de cobertura vegetal (37 - 95 %) han singularizado el papel de las formaciones vegetales estudiadas sobre el control de la erosión, evidenciado ello en los bajos valores observados en escorrentía superficial y pérdida de suelo. Ante la pregunta señalada en la introducción: en las condiciones climáticas del semiárido español, ¿Qué tipo de cubierta vegetal es más favorable en el control de la erosión de los suelos?; los resultados concluyen: a).- que bajo coberturas superiores al 70%, la respuesta hidrológica y la pérdida de suelo de



las formaciones vegetales estudiadas no difieren estadísticamente y b).- que las formaciones vegetales derivadas de la regeneración natural (pastizal seco y matorral) reducen la escorrentía superficial y la erosión en igual magnitud que las formaciones resultantes de la reforestación con pino carrasco (pino con sotobosque de matorral y pino con pastizal seco).

### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido subvencionada por el Gobierno de España a través de los programas de la CICYT (HID/97 y REN2000-058-HID) y Proyecto LUCDEME (RESEL) del Ministerio de Medio Ambiente.

### REFERENCIAS

- Andres, P. y Jorba, M. (2000): Mitigation strategies in some motorway embankments (Catalonia, Spain). *Restoration Ecology*, 8 (3): 268-275..
- Andreu, V., Rubio, J.L., Gimeno-García, E., Llinares, J.V. (1998): Testing three Mediterranean shrub species in runoff reduction and sediment transport. *Soil Tillage Res.*, 45 (3-4) 441-454.
- Bautista, S. (1999): Regeneración post-incendio de un pinar (*Pinus halepensis*, Miller) en ambiente semiárido. Erosión del suelo y medidas de conservación a corto plazo. Ph.D. Thesis. Universidad de Alicante. 238pp.
- Boix, C., Calvo, A., Corell, A., Cuenca, J., Pons, V., Ramírez, L., Reus, A., Soriano, M.D. (2001): Influence of the vegetation cover on the sediment production (Poster). Congreso *Ecosystems and Sustainable Development III*.
- Castillo, V., Matínez-Mena, M., Alvaladejo, J. (1997): Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61 (4) 1116-1121.
- Cerdà, A. (1997): The effect of patchy distribution of *Stipa tenacissima* L. on runoff and erosion. *J. Arid Environ.*, 36(1): 37-51.
- Cerdà, A. 1999: Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63(2): 362-368.
- Chirino, E., Sánchez, J.R., Bonet, A., Bellot, J. (2001): Effect of afforestation and vegetation dynamics on soil erosion in semi-arid environment (SE Spain). In: *Ecosystems and Sustainable Development III*. Ed. Y. Villacampa, C.A. Brebbia and J.L. Usó. ISBN: 1-85312-871-6, ISSN: 1369-8273. 239-248 pp.
- Cortina, J, Bellot, J., Vilagrosa, A., Caturla, R.N., Maestre, F., Rubio, E., Martínez, J.M., Bonet, A. In press. Restauración en semiárido, Vallejo, R.M. (ed.) Fundación CEAM.
- De Luis, M; Gonzáles-Hidalgo, J.C., Raventós, J. (2003): Effects of fire and torrential rainfall on erosion in a Mediterranean gorse community. *Land Degradation Development*, 14(2): 2003-213.
- Gallart, F. y Llorens, P. (1994): Papel de los cultivos de montaña y su abandono en la economía del agua. En: *Efectos geomorfológicos del abandono de tierras*. Eds.: J.M. García Ruiz y T. Lasanta. Sociedad Española de Geomorfología, Zaragoza, 1994. 43-55 pp.
- Loch, R.J. (2000): Effects of vegetation cover on runoff and erosion under simulated rain and overland flow on rehabilitated site on the Meandu Mine. Tarong, Queensland. *Aust. J. Soil Res.* 38:299-312.
- Martínez-Mena, M., Alvarez, J., Albaladejo, J y castillo, V. (1999): Influence of vegetal cover on sediment particle size distribution in natural rainfall conditions in a semiarid environment. *Catena* 38: 175-190.

- Pardini, G., Gispert, M. y Dunjo, G. (2003): Runoff erosion and nutrient depletion in five Mediterranean soils of NE Spain under different land use. *Sci. Total Environ.* 309 (1-3): 213-224.
- Pinaya, I., Soto, B., Arias, M., Diaz Fierros, F. (2000): Revegetation of burnt areas: Relative effectiveness of native and commercial seed mixtures. *Land Degradation Development*, 11 (1): 93-98:
- Sánchez, J.R. (1997): Estimación de las pérdidas erosivas inducidas por las técnicas de preparación del suelo previa a la reforestación en el Sur de la Comunidad Valenciana. Ph. D. Thesis, Universidad de Alicante, España. 230 pp.
- Vacca, A., Loddo, S., Ollesch, G., Puddu, R., Serra, G., Tomasi, D., Aru, A. (2000): Measurement of runoff and soil erosion in three areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena*, 40:69-92.
- Vallejo, R. (1997): Presentación. In V. R. Vallejo (Ed.). La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana. CEAM, GV., Valencia. 1-7 pp.