

ÓPTIMO DE COBERTURA VEGETAL EN RELACIÓN A LAS PÉRDIDAS DE SUELO POR EROSIÓN HÍDRICA Y LAS PÉRDIDAS DE LLUVIA POR INTERCEPTACIÓN

*Belmonte Serrato, F.; Romero Díaz, A.; López Bermúdez, F.
y Hernández Laguna, E.*

Universidad de Murcia

RESUMEN

Se establece, en una primera aproximación, el óptimo de cobertura en función de las pérdidas de suelo por erosión hídrica y de las pérdidas de lluvia por interceptación, en un matorral (*romeral*), en condiciones ambientales semiáridas mediterráneas, con un mismo tipo de suelo y dos tramos de pendiente de ladera, 11% y 25%. Se utiliza el promedio anual de nueve años de muestreo en parcelas de erosión, con tres intervalos de cobertura, 8%, 30% y 70%, y un 11% de pendiente; y con coberturas de 5%, 10%, 60% y 70%, en parcelas con un 25% de pendiente. Con ellos se establecen los valores de erosión (en porcentaje) respecto de la que se obtendría en un suelo desnudo y se correlacionan con el correspondiente grado de cubierta vegetal, haciendo lo mismo con el porcentaje de lluvia interceptada.

Los resultados indican que en las parcelas con el 11% de pendiente, el óptimo de cobertura vegetal se sitúa en aproximadamente un 58%, mientras que este porcentaje aumenta hasta el 64% en las parcelas con pendiente del 25%. Por encima de esos valores, la pérdida de lluvia por interceptación pasa del 15% al 26%, mientras que la pérdida de suelo por erosión hídrica disminuye desde el 15% al 5% de la obtenida en suelo desnudo.

Palabras clave: Semiárido, erosión, interceptación, cubierta vegetal, óptimo de cobertura vegetal.

SUMMARY

It is established in a first approximation, the optimum of coverage in function of the losses of soil by hydric erosion and of the losses of rain by interception in a scrub, in Mediterranean semi-arid environmental conditions, with a same type of soil and two intervals of hillside slope, 11% and 25%. Is used for this, the annual average of nine sampling years in erosion plots, for three coverage intervals (8%, 30% and 70%) in plots

Fecha de Recepción: 15 de abril de 1999.

* Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional. Facultad de Letras. Universidad de Murcia. Campus de la Merced • 30001 MURCIA (España). E-mail: franbel@fcu.um.es; arodí@fcu.um.es; lopber@fcu.um.es

with a 25% of slope. With them are established the erosion values (in percentage) with respect to the one which would be obtained in a soil without vegetation and are correlated with the corresponding degree of coverage, making what is same with the percentage of intercepted rain.

The results indicate that in the plots with 11% of slope, the optimum degree of vegetable coverage is located in approximately a 58%, while this coverage optimum increases until 64% in the plots with slope of the 25%. Above those values, the losses of rain by interception go from the 15% to the 26% approximately, while the losses of soil by erosion by water reduce from 15% to 5%, of the one which would be produced in a bare soil.

Key words: Semiarid, erosion, interception, vegetal cover, optimum of the vegetal cover.

INTRODUCCIÓN

En regiones áridas y semiáridas, la degradación y erosión de los suelos y la escasez de recursos hídricos, son los mayores problemas medioambientales. Ambos problemas están, en muchos casos, íntimamente ligados, de modo que cuando los recursos hídricos son limitados o se ven reducidos por efecto de las sequías, se producen procesos de: abandono de tierras de cultivo (en ocasiones temporal), reducción de la cubierta vegetal, aumento de presión ganadera, incremento del riesgo de incendios, deterioro agronómico, etc. (López Bermúdez, 1995), que llevan a una intensificación de los procesos de degradación del suelo. En este sentido, estos dos grandes problemas medioambientales, se convierten además, en dos grandes factores limitadores del desarrollo de las regiones afectadas.

Numerosas investigaciones, coinciden en señalar que la mejor forma de evitar la degradación y erosión de los suelos, es la conservación, restitución o aumento de la cubierta vegetal (Tang *et al.*, 1987; Greenway, 1987; Francis & Thornes, 1990; Rickson, 1990; Bharad y bathkal, 1991, Rognon, 1996). La vegetación tiene una función decisiva en la generación, protección y conservación del suelo, permitiendo la fijación del suelo, el descenso de la evaporación de la superficie del suelo, el aumento del contenido de materia orgánica, etc. Sin embargo, la cubierta vegetal tiene otros efectos que se derivan de su función dentro del ciclo hidrológico que, en regiones áridas y semiáridas, pueden resultar negativos desde el punto de vista de los recursos hídricos.

En los últimos años, se empieza a reconocer el carácter contrapuesto de la eliminación de la cubierta vegetal sobre el ciclo hidrológico de los sistemas semiáridos (Albadalejo, *et al.*, 1995), o los mecanismos de retroalimentación que otorgan un carácter interactivo a los sistemas suelo y vegetación (Puigdefábregas, 1996). Así mismo, también se está poniendo de manifiesto la gran importancia de los efectos del proceso de interceptación de la lluvia por parte de la cubierta vegetal, cuya consecuencia más importante, es la pérdida de recursos hídricos que ocasiona por efecto del almacenaje de agua en la cubierta, la cual regresa a la atmósfera por evaporación. En este sentido, Trimble & Weirich (1987), hablan de una reducción de los aportes de los arroyos en el Sureste de los Estados Unidos, por efecto de la reforestación. Meuser (1990), calcula que unas pocas décadas después de reforestar, la escorrentía superficial se reducirá al 50% y la transpiración aumentará un 35%, por

lo que la recarga de acuíferos se reduciría en un 40%. En ambientes áridos y semiáridos, estudios llevados a cabo recientemente (Tromble, 1988; Navar & Bryan, 1990; Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1994, 1996, 1997; Derouiche, 1996), indican que las pérdidas de lluvia por interceptación, pueden resultar más elevadas que en medios templados, llegando a ser en algunos casos, y en condiciones de sequía, superiores al 35% de la precipitación anual (Belmonte Serrato, 1997).

Por otro lado, no siempre el aumento de cubierta vegetal o la sustitución de una cubierta de matorral por otra arbórea, implica una disminución de los procesos erosivos. La interceptación de la lluvia por la vegetación, a parte de otros efectos, modifica la distribución espacial de la lluvia que alcanza el suelo, repercutiendo en la distribución de la humedad edáfica (Durocher, 1990; Belmonte Serrato *et al.*, 1996) y alterando la energía cinética de la lluvia. En el caso de matorrales, esa alteración supone una disminución de su capacidad erosiva, pero bajo coberturas arbóreas con escaso desarrollo del sotobosque esa alteración puede suponer un aumento de capacidad erosiva (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1998). Experiencias realizadas en Murcia, han demostrado que en matorral bien desarrollado, las tasas de erosión son del mismo orden que las que se dan en arbolado (Francis y Thornes, 1990). De modo que, a cambio de una disminución de la erosión que, en algunos casos, no se produce, el aumento de la cubierta vegetal, puede tener un coste hidrológico elevado, de primera importancia socioeconómica, en un país con recursos de agua limitados (Gallart y Llorens, 1996).

Parece pues necesario, seguir profundizando en el estudio de las relaciones suelo-vegetación, que permitan llegar a encontrar un equilibrio entre la necesidad que se da en las regiones áridas y semiáridas de proteger el suelo y la de aprovechar al máximo los recursos hídricos disponibles.

En este trabajo se pretende, partiendo de las relaciones: cubierta vegetal - erosión del suelo y pérdida de lluvia por interceptación, clarificar el concepto de lo que puede denominarse: *óptimo de cobertura vegetal* en relación a las pérdidas por erosión y a las pérdidas de recursos hídricos por interceptación de la lluvia. Este óptimo de cobertura sería el porcentaje de cubierta para el cual, tanto las pérdidas de suelo por erosión como las pérdidas de lluvia por interceptación, resulten equilibradas.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha llevado a cabo en el campo experimental de «El Ardal» situado en la Cuenca del Río Mula, Región de Murcia, Sureste de España (figura 1). En este campo experimental, el Área de Geografía Física de la Universidad de Murcia, viene realizando desde 1989, experiencias encaminadas al seguimiento de los procesos de erosión; relaciones suelo-planta-atmósfera en medio semiárido; análisis de distintos elementos del ciclo hidrológico; problemas asociados al impacto de las prácticas agrícolas tradicionales y el abandono de tierras; producción de biomasa en matorral y respuestas de la vegetación a los cambios ambientales (López Bermúdez *et al.*, 1991, 1996, 1998; Martínez Fernández *et al.*, 1995; ICONA, 1996, Belmonte Serrato, *et al.*, 1996).

El área se encuentra a 550 m de altitud, en una ladera con orientación Norte. La precipitación media anual está en torno a los 300 mm, aunque con acusadas variaciones men-

suales e interanuales (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996), siendo la temperatura media de 14.5°C, con un rango que varía de 6°C en enero a 24°C en agosto.

Los suelos predominantes son calcisoles pétricos, poco profundos (15-30 cm) y pedregosos, que se extienden sobre calizas o conglomerados calizos en las partes más altas de la ladera, o sobre un horizonte petrocálcico, a veces muy cementado, siendo por ello suelos con un alto contenido en carbonato cálcico (más del 50%). La textura es limo-arcillosa en las partes altas de la ladera y arenosa en el sector cultivado. El contenido de materia orgánica es elevado en el matorral (5-7%) pero muy bajo en los suelos cultivados (1%). La humedad del suelo es muy baja y la permeabilidad en general muy elevada; siendo de destacar la notable reducción de la permeabilidad en los sectores de suelo desnudo en comparación con las áreas cubiertas de matorral (Martínez Fernández *et al.* 1995; Alias *et al.*, 1997).

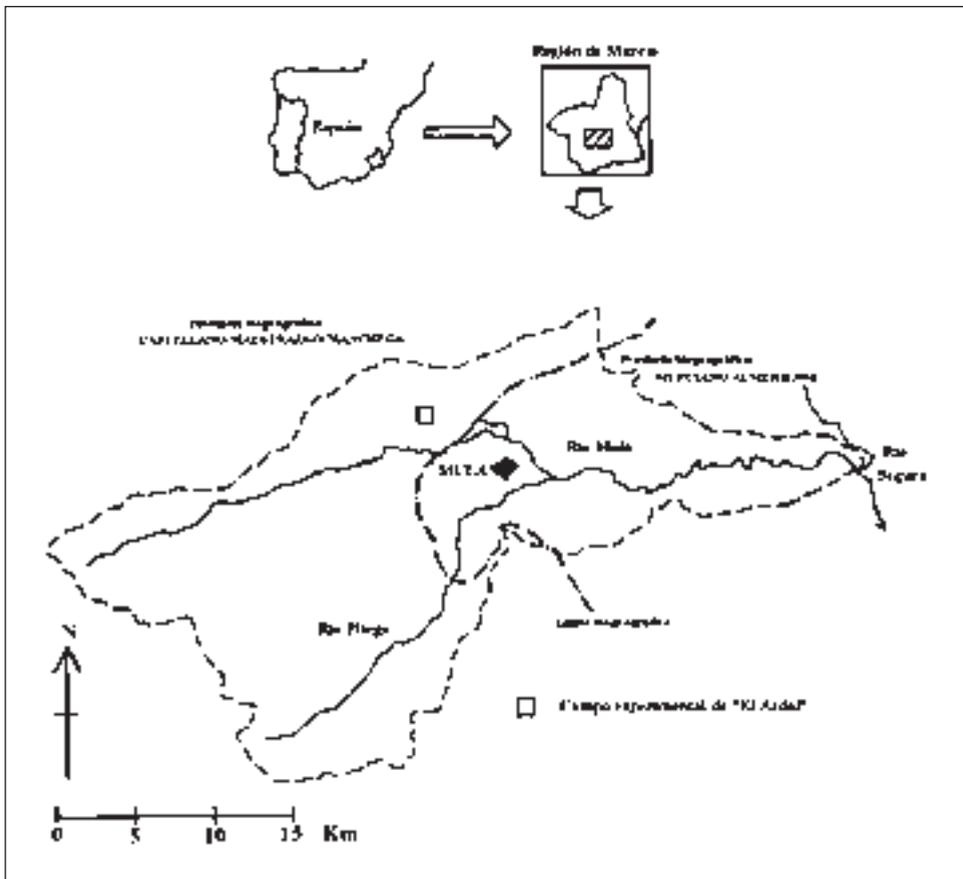


FIGURA 1: Localización del Campo experimental de «El Ardal».

METODOLOGÍA

a) Erosión del suelo

Los datos de erosión del suelo se han obtenido de dos grupos de parcelas de erosión con un mismo tipo de suelo y de cubierta vegetal, pero con distintos grados de pendiente y diferentes porcentajes de cobertura (tabla 1). La tasa de erosión utilizada es el promedio de 9 años de muestreo en las parcelas 5 a 10, y 7 años en la parcela 15 (Romero Díaz *et al.*, 1998).

TABLA 1
Características de las parcelas experimentales y tasa de erosión media anual.

Parcela Nº	Tamaño (m)	Pendiente (%)	Cobertura (%)	Fecha de inicio	Erosión media (g/m ² /año)
5	2X8	25	10	2/89	93.7
6	2X8	25	70	2/89	21.6
7	2X8	25	60	2/89	14.3
8	2X8	25	5	2/89	99
9	2X10	11	70	2/89	6.1
10	2X10	11	8	2/89	43.9
15	2X10	11	30	4/91	11.5

b) Interceptación de la lluvia

El promedio anual de lluvia perdida por interceptación, se obtuvo de los valores de trascolación medidos durante 4 años (1992-1995), en una parcela de matorral de 6 x 6 m, en la que se dispuso una malla cuadrada de 36 cuadrados de 1 m², con un pluviómetro colocado en el centro de cada cuadrado (Belmonte Serrato, 1997) y de las medidas de escorrentía cortical obtenidas mediante «cajas de interceptación» (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1998), en las especies más abundantes del matorral (*Juniperus oxycedrus*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymus vulgaris*).

c) Relación de variables

Para poner en relación las tasas de erosión en función de la cobertura vegetal y los valores de lluvia perdida por interceptación en función del grado de cobertura, se han convertido dichos valores a porcentajes respecto a los valores que se obtendrían en un suelo desnudo, sin cubierta vegetal.

En el caso de la erosión, a un porcentaje de cobertura del 0% le corresponde un 100% de erosión. El valor utilizado en este caso, es la tasa media de erosión de las parcelas en las que se cortó la vegetación. Poniendo los promedios de erosión de las restantes parcelas, en relación con este.

Para la interceptación, a una cobertura del 0% le corresponde un 100% de precipitación y, en consecuencia, un 0% de pérdida por interceptación, que es la variable utilizada en este caso. Para un 100% de cobertura, el promedio anual de lluvia interceptada por el matorral, en cuatro años de muestreo, es del 26% (Belmonte Serrato, 1997). Para las pérdidas por interceptación se admite que el porcentaje de lluvia interceptada es directamente proporcional al porcentaje de cobertura.

RESULTADOS

Tanto en las parcelas con pendiente del 11% como en las que tienen una pendiente del 25%, los valores de erosión en función de la cobertura vegetal puestos en relación a los que se obtienen en un suelo desnudo, se ajustan a una función exponencial negativa, o lo que es lo mismo que las pérdidas de suelo por erosión hídrica se reducen de forma exponencial al aumentar la cobertura vegetal, datos que coinciden con los obtenidos por González Hidalgo (1992), en un matorral de características similares aunque en un ambiente mediterráneo más húmedo. Los valores de interceptación, en cambio, se ajustan a una función lineal positiva, es decir, que las pérdidas por interceptación resultan directamente proporcionales al porcentaje de cobertura.

En la figura 2, se han representado en un eje de coordenadas las curvas de erosión y de interceptación, obtenidas en las parcelas con un 11% de pendiente. En el gráfico, las curvas se cruzan en un punto que corresponde a un 58-60% de cobertura. Este valor sería el «óptimo de cobertura vegetal», para este tipo de matorral (romeral), el tipo de suelo (regosol calcáreo) y 11% de pendiente. Es decir, el valor de cobertura que permite un equilibrio entre las pérdidas de suelo por erosión y las pérdidas de lluvia por interceptación.

En este caso, la erosión obtenida es muy baja, del orden de 8 g/m²/año (0.08 Tn/Ha/año), es decir, el 15% de la que se produce en suelo desnudo. Por su parte, la lluvia perdida por interceptación alcanza el 15% de la precipitación, algo más de la mitad (58%) de las pérdidas que se obtienen con una cobertura vegetal del 100%.

En las parcelas con un 25% de pendiente, los valores de erosión son algo más elevados, mientras que los valores de interceptación son los mismos, ya que se trata del mismo tipo de matorral. Esto hace preciso una mayor cobertura para alcanzar el equilibrio. En este caso, el óptimo de cobertura se desplaza hasta un valor en torno al 64% (figura 3). En este punto, las pérdidas de suelo se elevan hasta los 22 g/m²/año (0.22 Tn/Ha/año), es decir, en torno al 17% de las que se obtienen en un suelo desnudo. Las pérdidas de lluvia por interceptación, por su parte, alcanzan el 65.4% de las que se producen con una cobertura total.

La diferencia que se obtiene en el valor de óptimo de cobertura entre las parcelas con una pendiente del 11% y las que tienen un 25% de pendiente es muy pequeña, pero está sustentada en los promedios de erosión obtenidos en ambos grupos de parcelas.

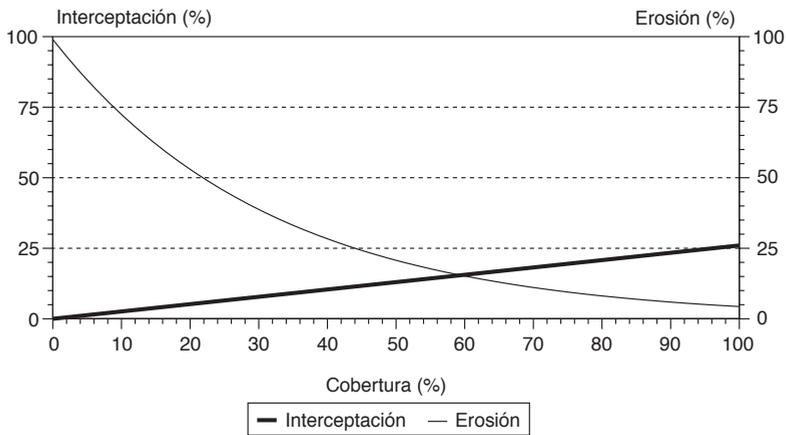


FIGURA 2. Pérdidas de suelo por erosión y pérdidas de lluvia por interceptación en función de la cobertura vegetal en parcelas de matorral con un 11% de pendiente.

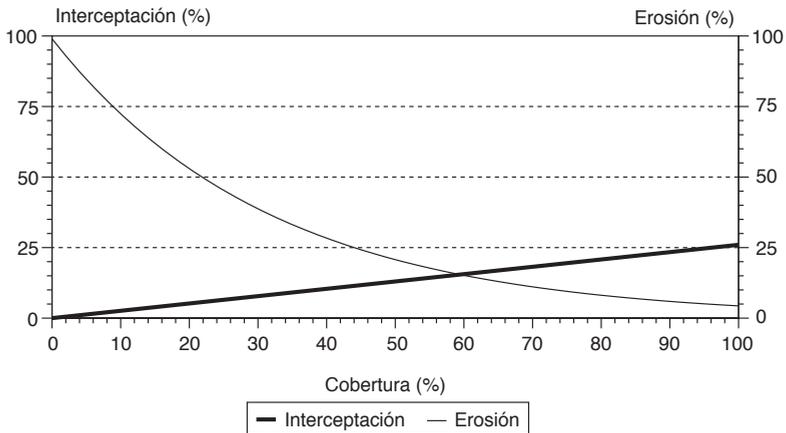


FIGURA 3. Pérdidas de suelo por erosión y pérdidas de lluvia por interceptación en función de la cobertura vegetal en parcelas de matorral con un 25% de pendiente.

DISCUSIÓN

En regiones áridas y semiáridas el suelo es un recurso básico que no puede perderse, pero al mismo tiempo, el agua es imprescindible tanto para el mantenimiento de una cubierta vegetal capaz de proteger el suelo, como para el mantenimiento de un desarrollo sostenible que permita mantener las actividades agrarias y evitar el abandono de campos de cultivo que podría desembocar en la desertificación del territorio.

Los resultados obtenidos permiten clarificar el concepto de «óptimo de cobertura vegetal», desde el punto de vista de la erosión del suelo y de las pérdidas de lluvia por interceptación. En cualquier caso, estos resultados sólo aproximan a la dimensión del problema que se plantea cuando se planifican actuaciones de restitución o repoblación forestal. Con mucha frecuencia, en este tipo de actuaciones, lo más importante es el interés económico de la repoblación y suelen carecer de un estudio de las consecuencias hidrológicas que lleva aparejadas el aumento de cobertura vegetal a escala local e incluso regional.

Sin duda, cualquier área repoblada puede terminar alcanzando su propio óptimo de cobertura en función de los recursos hídricos disponibles, pero la planificación puede resultar mucho más sencilla, si el óptimo de cobertura se conoce con anterioridad, ahorrando así recursos económicos y asegurando una mayor probabilidad de éxito.

Por otro lado, en determinadas circunstancias puede resultar interesante disminuir de forma importante las pérdidas de lluvia por interceptación a cambio de asumir un pequeño aumento de erosión. Con los datos obtenidos, reducir la pérdida de lluvia a la mitad (13% de la precipitación), puede hacerse limitando la cobertura al 50% y asumiendo unas pérdidas de suelo de aproximadamente un 20% (0.11 Tn/ha/año) y un 25% (0.32 Tn/ha/año) de las obtenidas en suelo desnudo, en las parcelas con un 11% y un 25% de pendiente respectivamente.

Morgan (1986), afirma que las estrategias de conservación del suelo, pretenden obtener la máxima producción sostenible, manteniendo las pérdidas de suelo por debajo del umbral de compensación de esas pérdidas, a la velocidad natural de formación de suelo, lo que puede definirse como «pérdida tolerable de suelo». Aunque se reconoce que definir el nivel de tolerancia teórica como la intensidad de erosión del suelo que iguala su velocidad de formación, no es posible en la práctica, algunos autores han intentado valorar estos umbrales (Kirkby, 1980; Evans, 1981, Zachar, 1982). Estimando la velocidad requerida para igualar la pérdida de suelo por erosión en áreas donde puede presumirse que existe equilibrio, Alexander (1988), utilizando datos de cuencas pequeñas con bosques y vegetación herbácea, comprobó que las velocidades requeridas se situaban entre 0.3 y 2 t/ha/año. Si estas velocidades, fuesen las necesarias en «El Ardal», el 50% de cobertura sería suficiente para compensar las pérdidas en suelos con un 25% de pendiente, pero en suelos con un 11% de pendiente, se podría alcanzar un porcentaje de cobertura del 30 o 35%, reduciendo las pérdidas de lluvia al 10% de la precipitación.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que, en el área de estudio, valores de cobertura de matorral del 100% implican una pérdida importante de lluvia por interceptación (26%), mientras que la erosión obtenida de la función de ajuste es del orden del 5% de la obtenida en suelo desnudo.

Con el análisis realizado, el valor de cobertura óptimo que minimiza las pérdidas de suelo por erosión hídrica y las pérdidas de lluvia por interceptación, se sitúa en un 58-60% para un rango de pendiente en torno al 11% y en un 64-65%, para una pendiente del 25%. En estos puntos las pérdidas de lluvia se reducen al 15% y al 17% de la precipitación respectivamente, y la erosión se reduce al 15% y al 17% de la que se obtiene en un suelo desnudo.

Aunque sólo se ha dispuesto de dos rangos de pendiente (11% y 25%), se ha visto que el valor de cobertura vegetal que asegura unas pérdidas equilibradas de erosión del suelo y de lluvia por interceptación (óptimo de cobertura), desciende con la pendiente, lo que demuestra que el concepto de óptimo de cobertura puede resultar válido en los planes de restitución de cubiertas vegetales en laderas con distintos grados de pendiente en ambientes áridos y semiáridos.

Es probable que se haya dispuesto de relativamente pocos rangos de cobertura vegetal (tabla 1), pero se han utilizado promedios de 9 años de datos de erosión y de 4 años de datos de lluvia perdida por interceptación. Por otro lado, un mayor número de rangos de cobertura no habría hecho variar los porcentajes de interceptación obtenidos y habría modificado muy poco la curva de erosión. De modo que, aún aceptando pequeñas diferencias en las curvas de erosión, los óptimos de cobertura vegetal se diferenciarían muy poco de los valores obtenidos. Aún así, hay que subrayar que estos son resultados iniciales que habrá que reforzar con sucesivos trabajos.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco de los Proyectos: MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use). Contrato nº ENV4-CT95-0119 (DG-XII-DTEE), financiado por la Unión Europea (1996-1998), el AGF95-0635, financiado por la CICYT en el marco del Plan Nacional de I+D (1995-1998) y Proyecto RESEL-LUCDEME Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General de Conservación de la Naturaleza). Los autores expresan su agradecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBALADEJO, J.; CASTILLO SÁNCHEZ, V. y MARTÍNEZ MENA, M. (1995): «El agua en los sistemas naturales: impacto de la desertificación. En: *Agua y futuro en la Región de Murcia*. M. Senet & F. Cabezas (eds.). Asamblea Regional de Murcia, Murcia: 445-450.
- ALEXANDER, E.B. (1988): «Rates of soil formation: implication for soil loss tolerance». *Soil Science* **145**: 37-45.
- ALIAS, L.J.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; MARÍN SANLEANDRO, P.; ROMERO DÍAZ, A. y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1997): «Clay minerals and soil fertility loss on petric calcisol under a semiarid Mediterranean environment». *Soil Technology*, **10**: 9-19.
- BELMONTE SERRATO, F. y ROMERO DÍAZ, A. (1994): «Distribución de flujos de agua en el proceso de interceptación en cuatro especies vegetales mediterráneas y su relación con la cantidad de agua disponible en el suelo». En: *Geomorfología en España*. Arnáez, J.; García Ruiz, J.M. & Gómez Villar, A. (Eds). S. E. G., Logroño: 201-210.
- BELMONTE SERRATO, F.; ROMERO DÍAZ, A. y LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1996): «Volumen y variabilidad espacial de la lluvia trascolada bajo bosque y matorral mediterráneo semiárido». *Ecología*, **10**, 95-104.
- BELMONTE SERRATO, F. y ROMERO DÍAZ, M.A. (1996): «Aproximación a las características climáticas en el área de influencia del campo experimental de El Ardal (Mur-

- cia). La representatividad de las series climáticas disponibles». *Papeles de Geografía*, **23-24**: 47-61.
- BELMONTE SERRATO, F. y ROMERO DÍAZ, A. (1998): «A simple technique for measuring rainfall interception by small shrub: Interception flow collection box». *Hydrological Processes*, **12**: 471-481.
- BELMONTE SERRATO, F. 1997: «*Interceptación en bosque y matorral mediterráneo semiárido: Balance hídrico y distribución espacial de la lluvia neta*». Tesis doctoral, Universidad de Murcia. 375 pp.
- BHARAD, G.M. y BATHKAL, B.C. (1991): «Role of Vetiver grass in soil and moisture conservation». *Vetiver Newsletter* **6**: 15-17.
- CROCKFORD, R.H. y RICHARDSON, D.P. (1990): «Partitioning of rainfall in a eucalypt forest and pine plantation in Southeastern Australia. I Throughfall measurement in a eucalypt forest: Effect of method and species composition». *Hydrological Processes*, **4**: 131-144.
- DEROUICHE, A. (1996): «*Estimation et modelisation des composantes du bilan hydrique chez différentes formations arborees, arbustives et herbacees mediterrannennes*». Tesis Master of Science. Zaragoza. 119 pp.
- EVANS, R. (1981): «Potential soil and crop losses by erosion». In: *Proceedings, SAWMA Conference on Soil and crop loss: developments in erosion control*. Stoneleigh, UK, National Agricultural Centre.
- FRANCIS, C. y THORNES, J.B. (1990): «Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types». In: J.B. Thornes (ed.), *Vegetation and Erosion*. Chichester, Wiley: 363-384.
- GALLART, F. y LLORENS, P. (1996): «Los efectos hidrológicos de la recuperación del bosque en áreas de montaña. En: *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*. T. Lasanta Martínez & J.M. García Ruiz (eds.). Instituto de Estudios Riojanos. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño: 73-78.
- GREENWAY, D.R. (1987): «Vegetation and slope stability». In: M.G. Anderson & K.S. Richards (eds.) *Slope stability: geotechnical engineering and geomorphology*. Chichester, Wiley: 187-230.
- DUROCHER, M.G. (1990): «Monitoring spatial variability of forest interception». *Hydrological Processes*, **4**: 215-229.
- GONZÁLEZ HIDALGO, J.C. (1992): «*Pautas espaciales de la erosión hídrica en el semiárido aragonés*». Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza. 375 pp.
- ICONA. (1996): «*Red de estaciones experimentales de seguimiento y evaluación de la erosión y desertización (RESEL)*, PROYECTO LUCDEME. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente: Madrid: 70-73.
- KIRKBY, M.J. (1980): «The problem». In: M.J. Kirkby & R.P.C. Morgan (eds.), *Soil erosion*. Chichester, Wiley: 1-16.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1996): «La degradación de tierras en ambientes áridos y semiáridos. Causas y consecuencias». En *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*, T. Lasanta Martínez & J.M. García Ruiz, (Eds.) Logroño: 51-72.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, A. y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1998): «The Ardal. Murcia. Spain» In: *Atlas of Mediterranean Environments in Europe*. The

- desertification context. P. Mariota; I.B. Thornes & N. Geeson (Eds.). Wiley. Chichester: 114-118.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, A. y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, J. (1991): «Soil erosion in a semi-arid mediterranean environment. El Ardal experimental field (Murcia, Spain)» In: *Soil Erosion studies in Spain*. M. Sala; J.L. Rubio & J.M. García Ruiz (Eds.). Geofoma Ediciones, Logroño: 137-152.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; ROMERO DÍAZ, A. y MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, José; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Julia (1996): «The El Ardal Field Site: Soil and vegetation cover», In: *Mediterranean Desertification and Land Use*. Jane Brandt & John B. Thornes (Eds.), Jhon Wiley & Sons, Ltd. Chichester: 169-188.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, José; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Julia, LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y ROMERO DÍAZ, A. (1995): «Land Use and soil-vegetation relationships in a Mediterranean ecosystem: El Ardal, Murcia, Spain. *Catena*, **25**: 153-167.
- MORGAN, M.P.C. (1986): «Soil Erosion and conservation». Longman Ltd. Essex, 298 pp.
- NÁVAR, J. y BRYAN, R. 1990: «Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in Northeastern Mexico». *Journal of Hydrology*, **115**: 51-63.
- PUIGDEFÁBREGAS, J. 1996: «El papel de la vegetación en la conservación del suelo en ambientes semiáridos». *En Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*, T. Lasanta Martínez & J.M. García Ruiz, (Eds.) Logroño: 79-87.
- ROMERO DÍAZ, A.; LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y BELMONTE SERRATO, F. (1998): «Erosión y escorrentía en el campo experimental de «El Ardal» (Murcia). Nueve años de experiencias», *Papeles de geografía*, **27**: 115-130.
- RICKSON, R.J. (1990): «The role of simulated vegetation in soil erosion control». In: J.B. Thornes (ed.), *Vegetation and erosion*. Chichester, Wiley: 99-111.
- TANG, K.; ZHOU, H.; HOU, X. y LIU, Y. (1987): «The influence of destruction and reconstruction of vegetation on soil erosion and its control in the loess plateau in China». In: I. Pla Sentis (ed.), *Soil conservation and productivity*. Maracay, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo: 963-972.
- TRIMBLE, S.W. y WEIRICH, F.H. 1978: «Reforestation reduces streamflow in the Southeastern United States». *Journal Soil Water Cons.* **42**: 274-276.
- TROMBLE, J.M. 1988: «Water interception by two arid land shrubs». *Journal of Arid Environments*, **15**, 65-70.
- ZACHAR, D. (1982): «Soil erosion». Elsevier. Amsterdam, 547 pp.

