

EVOLUCIÓN GEOMORFOLOGICA DE LADERAS REPOBLADAS MEDIANTE ATERRAZAMIENTOS EN AMBIENTES SEMIARIDOS (MURCIA, SE DE ESPAÑA)

J. CHAPARRO & M. A. ESTEVE

Departamento de Ecología y Medio Ambiente. Campus Universitario de Espinardo.
Universidad de Murcia.

Resumen. Se estudia la evolución geomorfológica mantenida durante 20 años por laderas repobladas mediante aterrazamientos sobre sustratos sedimentarios en ambientes semiáridos, a través de la cuantificación de las formas de erosión y el estudio de las modificaciones microtopográficas sufridas por dichas laderas. Los resultados obtenidos muestran un incremento de la actividad geomorfológica tras el aterrazamiento que en general parece haberse mantenido hasta la actualidad. Como consecuencia las diversas estructuras creadas durante el aterrazamiento se han visto alteradas, mostrándose ineficaces en el control hidrológico y favoreciendo la exportación de importantes cantidades de sedimentos. La elevada fragilidad ante perturbaciones intensas de los ambientes semiáridos, a causa de las características climáticas y edáficas, y la enorme agresividad que conlleva el uso de esta técnica se presentan como las causas principales de la escasa o nula recuperación geomorfológica de las laderas.

Palabras clave: Repoblación forestal, Aterrazamiento, Geomorfología, Erosión Semiárido.

Abstract. An investigation of the geomorphic evolution of hillsides afforested 20 years ago using slope terracing on sedimentary bedrock in semiarid ecosystem has been carried out in Murcia, SE Spain. The geomorphic processes are studied as well as microtopographic modifications developed on these hillsides. Results show an increase of geomorphic activity and important alterations of the structures made during afforestation. Now, terraces are inefficient in hydrologic control and allow the high amount sediments exportation. The great fragility of semiarid ecosystem, on account of climatic and lithologic characteristics, and high aggressiveness of this kind of perturbations are the principal reasons of the scarce geomorphic reclamation.

Key words: Afforestation, Slope terracing, Geomorphology, Erosion, Semiarid.

1. Introducción

El estudio de los efectos ambientales de los aterrazamientos con fines forestales reviste un interés especial en los sistemas semiáridos al ser considerados como los ambientes prioritarios para el uso de esta técnica. De hecho, Serrada (1990) recomienda su uso cuando se trata de suelos esqueléticos, poco profundos y escasamente evolucionados, con ausencia de caliza activa o sales en profundidad, pendientes

medias (30%- 65%), erosión hídrica activa a causa de fuertes escorrentías y lentitud de colonización por parte de la vegetación. Estas características son similares a las existentes en los ambientes considerados. Además, las altas tasas erosivas presumibles en décadas anteriores, al no existir entonces estudios experimentales sobre erosión o bien proceder de estimas sobrevaloradas, ha sido una de las principales justificaciones que han conducido a la roturación generalizada de los montes en los ambientes semiáridos.

Entre las diversas consecuencias ambientales intrínsecas al aterrazamiento de las laderas son especialmente importantes los efectos geomorfológicos, debido a que tales roturaciones suponen la ruptura del equilibrio inicial de las laderas y además la movilización de un considerable volumen de suelo. El seguimiento a medio y largo plazo de estas actuaciones presenta un interés esencial, pues la consecución de sus objetivos, dirigidos a una regulación hidrológica de la ladera mediante la retención del agua de escorrentía y de los sedimentos en las fajas llanas de las terrazas, dependen directamente de diversos factores muy variables como las condiciones climáticas, las características topográficas y edáficas, así como de la correcta realización de las terrazas.

El desconocimiento de las repercusiones geomorfológicas de este tipo de roturaciones ha favorecido la reciente generación de estudios como los realizados en las repoblaciones forestales del Pirineo Central (García-Ruiz & Ortigosa, 1989) y en La Rioja (Ortigosa, 1990). No obstante, a pesar de la importancia de estas actuaciones en los medios semiáridos no se han encontrado antecedentes en dichos ambientes.

En el presente trabajo se estudia la evolución geomorfológica seguida por laderas repobladas hace 20 años con *Pinus halepensis* mediante el uso de aterrazamientos en ambientes semiáridos y en sustratos sedimentarios, a través de la cuantificación de la dinámica geomorfológica y su comparación con laderas no alteradas, y mediante el estudio de la evolución microtopográfica de las laderas aterrazadas.



Fig. 1. Localización geográfica de la zona de estudio.
Geographical situation of the study area.

2. Area de estudio

En términos generales el área de estudio comprende gran parte de las sierras repobladas en la región de Murcia, las cuales constituyen el reborde interior de la fosa del Guadalentín y las superficies ocupadas por materiales neógenos localizadas entre la sierra de la Cresta del Gallo y la sierra de los Villares (Fig. 1). Se trata de ambientes con una precipitación media anual en torno a los 300 mm y una temperatura media de 17-18°C. La litología es muy variable, aunque en todos los casos se trata de materiales sedimentarios del terciario.

Dada la elevada heterogeneidad litológica y la importante influencia de este factor en las posibles repercusiones geomorfológicas se han escogido una serie de localidades en función de las diversas litologías, y dentro de éstas se seleccionaron un conjunto de casos en función de la orientación, constituidos por una ladera aterrazada y otra inalterada (testigo), situadas en condiciones ambientales equivalentes. En la Tabla 1 se indican las características ambientales de las distintas localidades y de los casos estudiados.

Tabla 1. Características ambientales de los distintos casos estudiados.
(Environmental factors of each hillside).

Localidades	Caso	Orientación	Pendiente (°)	Litología
Rambla de Lébor	Lébor Umbría A	N-NW	30	Conglomerado
	Lébor Umbría	NW	29	
	Lébor Solana	S-SE	22	
S ^a del Cura	Cura Solana	S-SE	29	Margas, areniscas y conglomerado
Valle	Valle Umbría	N-NW	33	Margas y arenas
	Valle Solana	S-SE	35	

3. Metodología

3.1. Realización de transectos geomorfológicos

La metodología de los transectos se ha utilizado por primera vez en varios estudios de reconocimiento geomorfológico (Calvo, 1987; García-Ruiz & Ortigosa, 1988) y aplicado a las repoblaciones del Pirineo Central (García-Ruiz et al, 1989) y de La Rioja (Ortigosa, 1990), donde se han obtenido resultados sobre el efecto de las reforestaciones en laderas.

Consiste en colocar de forma transversal a la máxima pendiente, una cinta métrica de 20m, donde se mide la longitud de cada forma de erosión que corte la cinta métrica. De esta manera se obtiene una frecuencia de aparición y una proporción de ladera ocupada por cada una de éstas, lo que nos da una idea muy aproximada de la intensidad de la actividad geomorfológica.

Las formas o categorías distinguidas en este trabajo han sido las siguientes:

- áreas sin erosión o con arroyamiento difuso débil (ADD)
- áreas con arroyamiento difuso fuerte (ADF)
- áreas con arroyamiento concentrado en canales (ACC)
- movimientos en masa (MOV)
- áreas con acumulaciones (ACUM)

La baja cobertura vegetal que presentan las laderas en estos ambientes provoca que la mayor parte de la superficie del suelo esté sometida a una ligera erosión laminar, lo cual es detectable tras la observación de diversos indicios como la presencia de material fino suelto, pequeños cantos móviles, etc. Únicamente bajo determinadas condiciones de orientación y pendiente donde la cobertura vegetal se incrementa

podemos considerar la existencia de áreas sin ningún tipo de erosión. No obstante, debido a la dificultad que se presenta en numerosas ocasiones a la hora de discernir entre ambas categorías y considerando la baja proporción de sectores claramente sin erosión, se ha preferido considerarlas conjuntamente.

Por otra parte, el arroyamiento difuso fuerte (ADF) ha sido diferenciado de la primera categoría citada por la presencia de señales claramente visibles que indican una intensa denudación superficial por flujos hídricos: suelo desprovisto de vegetación, horizonte superior del suelo totalmente decapitado, numerosos cantos sueltos o formando micropedestales, raíces al descubierto, etc.

Para comprender la dinámica hidro-geomorfológica de la ladera aterrazada ha sido necesario situar los transectos en aquellas estructuras con una mayor actividad geomorfológica. Estas han sido los caballones o sectores externos de las terrazas y los taludes (espacio de la ladera comprendido entre las terrazas, donde se vertió gran parte del material excavado durante la realización de las mismas). Además, para poder comparar la dinámica geomorfológica de estas laderas con la existente en laderas inalteradas también se han realizado transectos en los testigos.

3.2. Estimaciones de cobertura vegetal

En las distintas estructuras consideradas y en los testigos se tomaron 10 muestras de 2x2mts donde se obtuvieron datos cuantitativos de cobertura. Para la estimación de ésta se ha utilizado la cobertura lineal medida sobre tres transectos de dos metros de longitud en cada cuadrado.

3.3. Levantamiento de perfiles topográficos

Para realizar los perfiles topográficos se ha trazado una cuerda transversalmente a las curvas de nivel que incluya al menos dos terrazas consecutivas, partiendo de la parte superior del escarpe de una de ellas y terminando en el mismo punto de la segunda o tercera terraza. Cada 20cm a lo largo de la cuerda se han tomado medidas de la distancia de la misma al suelo.

Mediante el uso de esta técnica es posible estimar indirectamente tasas de erosión mediante la comparación de los sectores excavados y acumulados. Pero para ello es necesario tener una medida de referencia que no represente ni acumulación ni excavación con respecto a la cual comparar el resto de las mismas. Esa medida debe de estar situada en un punto de la ladera que se corresponda con la ladera original. En otros trabajos similares realizados en repoblaciones situadas en otros ambientes (Ortigosa, 1990) se ha considerado el sector de la ladera situado entre dos terrazas como parte inalterada, que nos refleja las características que presentaba la ladera antes de la roturación. Sin embargo, las enormes modificaciones que han sufrido las laderas aterrazadas de este estudio, y en cuestión, las ocurridas en esta misma estructura dificulta la localización de puntos que se correspondan con la ladera original. No obstante, ha sido posible considerar la parte superior del terraplén como la única zona que se relaciona con la ladera previa al aterrazamiento, de manera que los extremos de los perfiles han sido situados sobre aquellos terraplenes que se han mantenido más inalterados. A partir de las medidas realizadas se ha obtenido un volumen medio de suelo perdido a partir del cual se han estimado las tasas erosivas. Previamente, mediante el uso de fotografías aéreas anteriores a las repoblaciones forestales, se aseguró durante el periodo de selección de las laderas que éstas fueran rectilíneas para evitar estimaciones sobrevaloradas en caso de laderas cóncavas o viceversa. Esta metodología ha sido utilizada en otros estudios para evaluar tasas de erosión y evolución de laderas (Díaz-Fierros & Pérez Moreira, 1984), o en el análisis del comportamiento geomorfológico de las áreas repobladas del Pirineo Central (García-Ruiz et al, 1989) y de La Rioja (Ortigosa, 1990).

4. Resultados

4.1. Dinámica geomorfológica

En la Fig. 2 se muestran los porcentajes de ocupación y frecuencia de cada forma geomorfológica tanto en los testigos como en las dos estructuras de las laderas aterrazadas, obtenidos como un valor medio del conjunto de las laderas estudiadas.

En los testigos se puede observar cómo la mayor parte de la superficie de estas laderas quedan englobadas en la categoría de erosión nula o con arroyamiento difuso débil (ADD). Se trata de superficies

de terreno que, o bien presentan una elevada cobertura vegetal donde no existe ningún tipo de erosión, o bien dada una menor cobertura vegetal se observan indicios de una suave escorrentía superficial.

Por el contrario, tanto en los taludes como en los caballones de los aterrazamientos se observa un incremento con respecto a los testigos de aquellas formas indicadoras de procesos erosivos. Como es esperable aquellas formas geomorfológicas más extensivas (ADD y ADF) son las que muestran un mayor porcentaje de ocupación.

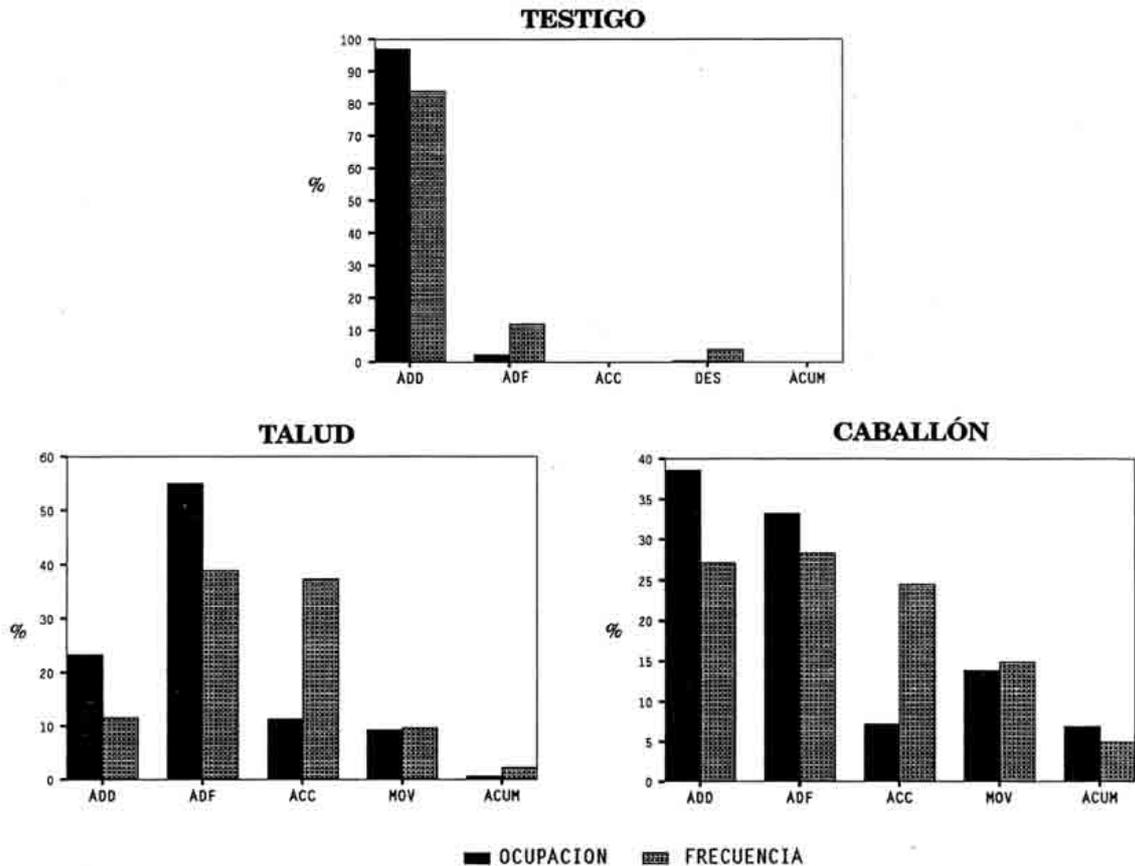


Fig. 2. Porcentajes medios de ocupación y frecuencia de cada clase geomorfológica para el conjunto de los casos estudiados. Abundance and frequency (%) of each geomorphological class on the whole of the hillsides.

En los taludes podemos apreciar cómo la mayor parte de la superficie de éstos (55.1%) se encuentra afectado por un arroyamiento superficial fuerte (ADF), mientras que el arroyamiento difuso débil (ADD) apenas alcanza el 23.3%. El resto de las categorías al tratarse de formas geomorfológicas de carácter vectorial el porcentaje de ocupación es significativamente inferior. Sin embargo, los valores de frecuencia reflejan una importancia adicional de la actividad geomorfológica relacionada con el arroyamiento concentrado en canales (ACC). Se observa como la frecuencia de dicha categoría es notablemente más significativa de lo que parece indicar su porcentaje de ocupación. Esto refleja que estas laderas se encuentran afectadas de forma muy acusada por procesos de acarreamiento a través de la formación de incisiones de una anchura media de 40cm debido al efecto del agua de escorrentía. Por otro lado, la

generación de depósitos de materiales en los taludes apenas es manifiesto debido a la escasa aparición de matorrales con el suficiente porte para provocar la retención del material arrastrado por el agua.

Por otro lado, en el sector externo de las terrazas o caballones, las acumulaciones reflejan el material concentrado que persiste desde que se realizó la reforestación. Podemos observar, por tanto, cómo los caballones son prácticamente inexistentes en el conjunto de las laderas (6.91% de ocupación). La erosión de los mismos ha dado paso a una topografía totalmente llana que se continúa con el resto de la terraza, afectada en su mayoría por el arroyamiento difuso débil y fuerte (38.6% y 33.2% respectivamente), que va provocando ligeros retrocesos en las terrazas a causa de la erosión. Lo mismo que ocurría en los taludes la escorrentía concentrada en canales también afecta considerablemente, presentando unos valores de frecuencia de aparición del 24.5%. En este sector al producirse un cambio brusco entre la topografía ligeramente inclinada de las terrazas con las acusadas pendientes de los taludes es más frecuente la aparición de movimientos de tierra. De hecho, se observan valores que alcanzan el 13.9% de ocupación. Este valor refleja una tendencia notable y manifiesta a la formación de desprendimientos o deslizamientos en la parte externa de las terrazas, que causan fuertes y bruscos retrocesos de las mismas, afectando en ocasiones a los pinos de repoblación.

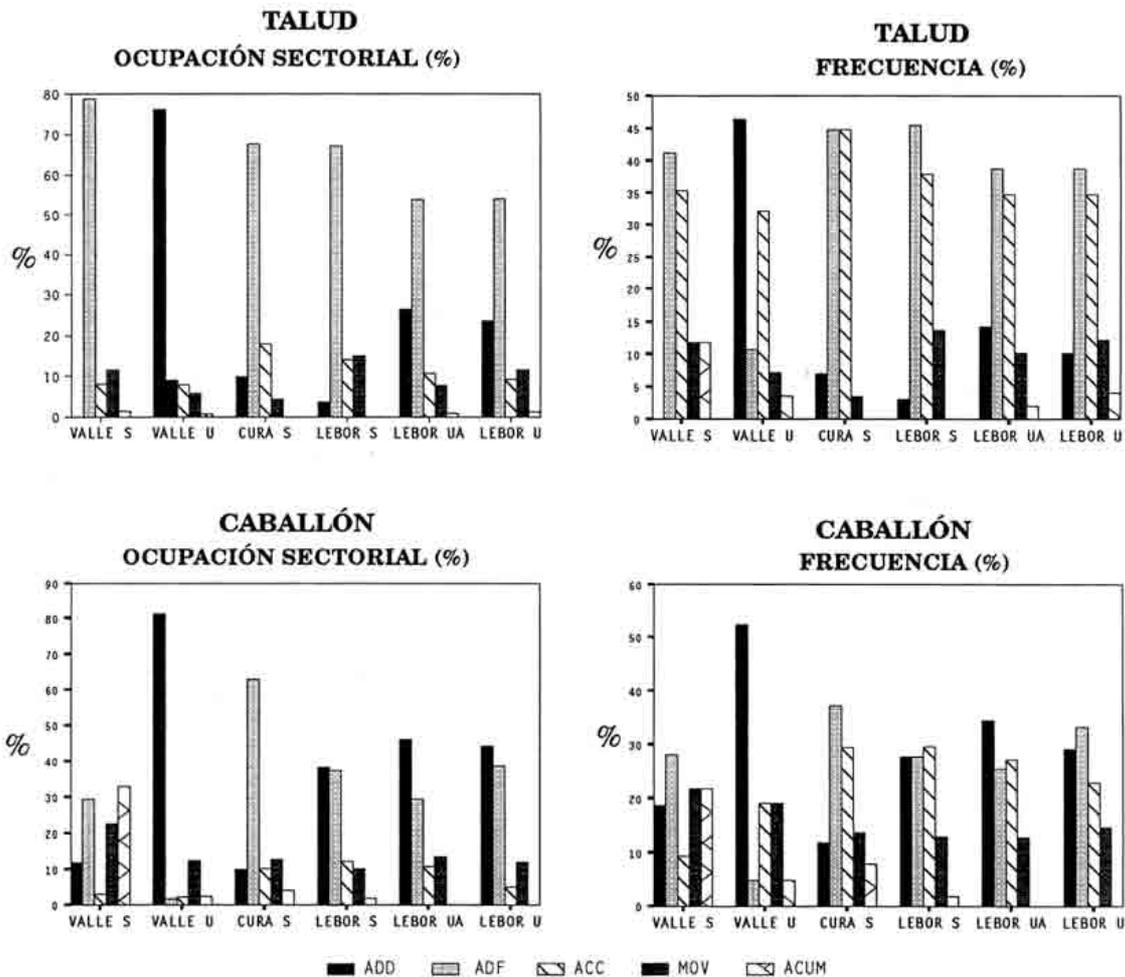


Figura 3. Se representa en cada ladera aterrazada los valores de ocupación y frecuencia tanto en los caballones como en los taludes. Abundance and frequency (%) in the two structures of each hillsides afforested.

En la Fig. 3 se muestran los valores de ocupación y frecuencia obtenidos en cada una de las laderas aterrazadas, tanto en los taludes como en los caballones. En estos últimos se pueden observar porcentajes de áreas sin erosión o con arroyamiento difuso débil (ADD) mayores en las laderas correspondientes a los conglomerados (Lébor) que en aquellas otras situadas en sustratos margo-arenosos (Valle y S^a del Cura), al presentar estos últimos una mayor erosionabilidad. Esto parece indicar que tras la erosión de los caballones se ha producido una cierta estabilidad en la parte externa de las terrazas, donde la litología ha tenido un papel fundamental. Se detecta, además, tanto en los conglomerados como en los sustratos margo-arenosos, un distinto comportamiento en función de la orientación. Las laderas con una posición topográfica de umbría presentan en los taludes mayores valores de áreas sin erosión o con arroyamiento difuso débil (ADD) que aquellas otras localizadas en solana. Ello parece deberse al distinto grado de recuperación que ha mostrado la vegetación en función de la orientación (Tabla 2).

Tabla 2. Tipo de vegetación existente en cada uno de los casos. Se indican los valores de cobertura (%) en cada una de las estructuras. Plant associations of each hillside. It is showed the cover (%) of each structure.

	Testigo	Talud	Caballón
Formaciones de <i>Rosmarinus officinalis</i>			
Lébor Umbría A	72.7	44	43.9
Lébor Umbría	77.6	43.5	63.3
Cura Solana	57.7	33.3	31.6
Formaciones de <i>Stipa tenacissima</i>			
Lébor Solana	66.7	28.5	31.4
Formaciones de <i>Brachypodium retusum</i>			
Valle Umbría	126	107	83.8
Formaciones mixtas (<i>Artemisia barrelieri</i>, <i>Anthyllis cytisoides</i> y <i>Lygeum spartum</i>)			
Valle Solana	85.3	29.2	37.5

4.2. Evolución microtopográfica y estimas de pérdida de suelo

En la Fig. 4 se muestran los perfiles topográficos realizados sobre cada una de las laderas aterrazadas. En estas representaciones se muestran tanto el perfil de la ladera actual como el que presentaba ésta antes de ser aterrazada.

En todos ellos podemos observar la erosión prácticamente total de los caballones, únicamente en la terraza inferior del perfil de "Valle Solana" éstos permanecen aunque muy deteriorados y prácticamente ineficaces en el control hidrológico. Las terrazas se muestran con una contrapendiente hacia el exterior, es decir, al contrario de como en un principio fueron construidas, debido tanto al depósito en el sector interno de las mismas de parte de los materiales arrastrados desde los taludes y el procedente de los desprendimientos que afectan a los escarpes, como a la intensa actividad geomorfológica en la parte externa, que continúa tras la erosión de los caballones. Ello es detectable con una mayor intensidad en aquellos perfiles correspondientes a las laderas situadas sobre sustratos margo-arenosos (Valle y Cura).

Además, en el conjunto de los perfiles se puede observar como la superficie de los sectores excavados es marcadamente superior a la de los sectores acumulados. En la Tabla 3 se indican las estimas de pérdida de suelo. Para el cálculo de las mismas en términos de material denudado por hectárea se ha tenido en cuenta que la densidad de un suelo removido es aproximadamente de 1.2Kg/dm³, oscilando ésta entre 1.4Kg/dm³ para suelos muy compactos y 1Kg/dm³ para aquellos muy sueltos y arenosos. No obstante, se ha calculado un intervalo de error en función de estos valores límites de la densidad.

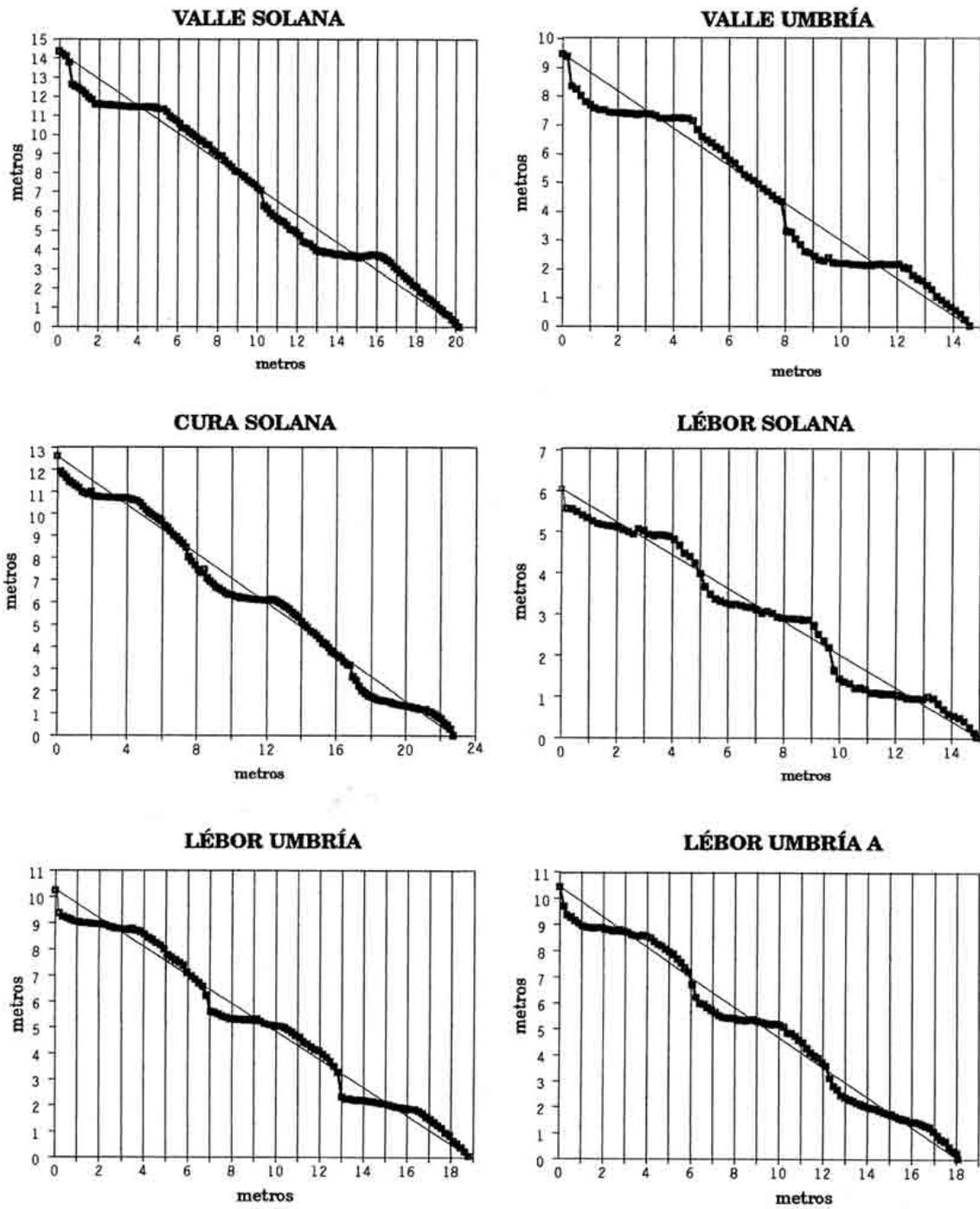


Fig. 4. Perfiles topográficos de cada una de las laderas aterrazadas. Se representa el perfil original de la ladera (trazo fino) y el actual (trazo grueso). Topographical profile of each hillside afforested. It is showed both before slope terracing profile (fine line) and present profile (thick line).

Las tasas de erosión estimadas en los sustratos margo-arenosos, que varían entre 71 y 93tm/ha/año, son muy superiores a las obtenidas en conglomerados, que no sobrepasan las 40tm/ha/año. Ello está directamente relacionado con los porcentajes de ocupación y frecuencia de las áreas sin erosión o con arroyamiento difuso débil (ADD), siendo éstos más altos en los conglomerados que en los sustratos margo-arenosos. En cualquier caso se detecta que el transporte de sedimentos opera más allá de los límites de las laderas, exportándose un volumen importante de sedimentos favorecido por la rápida alteración de las estructuras creadas durante la reforestación.

Tabla 3. Estimaciones de erosión para cada uno de los casos.
Ablation estimated of each hillside afforested.

Casos	Valle Solana	Valle Umbría	Cura Solana	Lébor Solana	Lébor Umbría	Lébor Umbría A
mm de suelo/año	5.9	7.7	7.7	3.3	1.4	3
tm/ha/año	71 (59-83)	92 (76-107)	93 (77-108)	40 (33-46)	17 (14-20)	37 (31-43)

5. Discusión y conclusiones

El aterrazamiento de las laderas supone la ruptura de la estabilidad inicial de las mismas, provocando un incremento de la actividad geomorfológica que favorece movimientos parciales de suelo de unos sectores a otros, que tienden a regularizar de forma progresiva el perfil longitudinal inicial. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran un comportamiento geomorfológico más intenso del esperado y similar al ya descrito para campos de cultivos abandonados en áreas de pendientes (Ruiz-Flaño & García-Ruiz, 1990; Ruiz-Flaño et al, 1991). Estos estudios han permitido analizar la importancia y trascendencia de los procesos geomorfológicos que se desencadenan tras el abandono de campos de cultivo, sobre todo en zonas de montaña. El arroyamiento difuso es el primer proceso que se instala en el campo tras su abandono, mientras que posteriormente una organización espacial más compleja de procesos y formas va dando lugar a la formación de una red de drenaje. Del mismo modo, en el presente trabajo se detecta como la actividad geomorfológica ha dado paso a la formación de redes de drenaje a lo largo de las laderas, que están favoreciendo tanto la pérdida de agua a través de escorrentías como la movilización de sedimentos al exterior de las laderas. Como se ha indicado en los resultados las tasas erosivas estimadas varían entre 17-93tm/ha/año según las condiciones ambientales. Estos valores son significativamente superiores a los obtenidos empleando la misma metodología en laderas aterrazadas aunque en ambientes más húmedos, donde se estiman tasas de 21.6tm/ha/año (Ortigosa, 1990). Estas diferencias son atribuibles, no sólo a las distintas condiciones ambientales, sino también a cuestiones técnicas de las obras de restauración. La elevada densidad del aterrazado por hectárea en las repoblaciones del presente estudio es la causa de que los espacios comprendidos entre terrazas, que en principio debieran mantenerse inalterados durante el aterrazamiento, fuesen de escasa anchura, lo cual provocó que fueran profundamente afectados al actuar como depósito de los materiales removidos en las terrazas.

Como indican Ruiz-Flaño & García-Ruiz (1990) toda red de drenaje necesita tiempo y condiciones favorables para instalarse. La anchura de los canales formados en los taludes resultan similares a los ofrecidos por estos autores en campos de cultivos con una edad de abandono de 25-50 años. Por otro lado, hay que considerar que los factores ambientales sobre los cuales se recomienda este tipo de actuaciones (Serrada, 1990) parecen constituir las condiciones idóneas para el desencadenamiento de procesos geomorfológicos. De hecho, en relación con los resultados obtenidos se puede considerar:

- Debido a cuestiones técnicas los sustratos fácilmente deleznable son los principales candidatos para ser aterrazados. Ello implica un alto riesgo de que se desencadenen procesos erosivos, como se ha podido comprobar en el presente estudio realizado sobre distintos sustratos sedimentarios. Hay que destacar, sin embargo, un diferente comportamiento entre los conglomerados y el resto de los sustratos considerados. Los menores valores en las tasas erosivas de la mencionada litología parecen indicar que el porcentaje de cobertura pedregosa actúa como un importante factor en el control de la erosión. Como ya se ha discutido

en diversos trabajos (ver por ejemplo Thornes et al, 1990; Ruiz-Flaño et al, 1992) la presencia de abundantes piedras en superficie tienen un efecto importante sobre la intercepción directa del agua de lluvia e influye en los procesos de redistribución del agua e infiltración, así como disminuye la superficie activa productora de sedimentos.

- Las peculiares características climatológicas de los medios semiáridos (déficit hídrico durante la mayor parte del año y una irregularidad pluviométrica interanual muy contrastada) propician de forma decisiva la generación y permanencia de los procesos erosivos en laderas aterrazadas. Así pues, el desmantelamiento inicial de la cubierta vegetal durante la roturación propició, en los primeros años, el inicio de la formación de las distintas formas erosivas a lo largo de las laderas. Las lluvias de carácter torrencial, que actúan como perturbaciones periódicas, junto con la escasa recuperación que ha mostrado la cubierta vegetal (Chaparro et al, 1993), debido a la baja productividad de los medios semiáridos, se presentan como las causas principales del mantenimiento e intensificación de la dinámica geomorfológica. Los altos porcentajes de superficie afectadas por formas erosivas tras 20 años de la roturación, ya sea a través de arroyamientos superficiales laminares o concentrados en canales, parecen indicar que las pérdidas de suelo no se produjeron en los primeros años sino de forma continuada a lo largo del tiempo transcurrido. No obstante, hay que señalar la existencia de un control secundario de los procesos erosivos a cargo de la vegetación (ver Tabla 2). En aquellos ambientes donde *Brachypodium retusum* presenta su óptimo ecológico (umbrías y sobre todo sustratos margosos) se ha alcanzado una mayor estabilidad. Diversos autores (Garreira et al, 1992; López, 1994) ya han puesto de manifiesto la elevada capacidad de recuperación de esta especie frente a otras perturbaciones, aunque menos agresivas sobre las características edáficas como es el caso de los incendios, mostrando un crecimiento radial y actuando como una especie clave en el control inicial de los procesos erosivos. En estos casos la pérdida de suelo pudo producirse en mayor medida en los primeros años tras la roturación, sobre todo en "Valle Umbría", cuya dinámica geomorfológica indica una mayor estabilidad de la ladera. Los importantes valores de erosión detectados podrían explicarse como el resultado de una intensa actividad geomorfológica desencadenada en los primeros años posteriores a la roturación. Además, si consideramos la elevada cobertura vegetal existente en el testigo de este caso parece muy probable la existencia de un horizonte orgánico superior de mayor espesor que el originado en otras condiciones, así como una mayor disgregación de los horizontes minerales, lo cual pudo favorecer la exportación inicial de una importante cantidad de sedimentos.

La escasa actividad geomorfológica detectada en los ambientes inalterados concuerdan con las estimas de erosión a nivel de laderas en condiciones similares (López Bermúdez, 1989 y 1990; López Bermúdez et al, 1991; Albaladejo et al, 1991; González Hidalgo et al, 1992; y especialmente Romero Díaz et al, 1988), los cuales muestran valores prácticamente inapreciables y de gran variabilidad. Estos datos se contradicen, por tanto, con los principales objetivos a cumplir con las obras de restauración hidrológico-forestal. Estas consideraciones junto con los altos riesgos de alteración ambiental negativa que supone la ejecución de actuaciones de tipo agresivo sobre los medios semiáridos, ya sea en relación con los procesos geomorfológicos aquí tratados o bien con las características edáficas o de la cubierta vegetal (Chaparro et al, 1993), obliga a un mayor replanteamiento de la actual política de restauración sobre estos sistemas.

Referencias bibliográficas

- Albaladejo, J., Castillo, V. & Roldan, A. (1991): Analysis, evaluation and control of soil erosion processes in semiarid environment: SE Spain. En: Sala, M., Rubio, J. L. & García-Ruiz, J. M. (Eds). *Soil Erosion Studies in Spain*. Geofoma ediciones. 9-26.
- Calvo, A. (1987): *Geomorfología de laderas en las montañas del País Valenciano*. Ediciones Alfonso el Magnánimo. Valencia.
- Chaparro, J., Enríquez, G. L. & Esteve, M. A. (1993): Consecuencias ecológicas de las repoblaciones forestales mediante aterrazamientos en ambientes áridos y semiáridos (Murcia, SE de España). En: Silva Pando, F. J. y Vega, G. (Eds.). Ponencias y Comunicaciones. *Congreso Forestal Español, IV*: 163-168. Pontevedra.
- Díaz-Fierros, F. & Pérez Moreira, R. (1984): Valoración de los diferentes métodos empleados en Galicia para la medición de la erosión de los suelos, con especial a los suelos afectados por incendios forestales. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, X (1-2), 29-42. Logroño.

- García-Ruiz J. M. & Ortigosa, L.M.** (1988): Algunos efectos geomorfológicos de las repoblaciones forestales: cambios en la dinámica de cauces en pequeñas cuencas del Pirineo Central español. *Cuaternario y Geomorfología*. Vol. 2 (1-4), 33-41.
- García-Ruiz, J. M., Ortigosa, M.A. & Martínez Castroviejo, R.** (1989): Notas sobre la geomorfología de ambientes degradados del Pirineo aragonés. *Monografía del Instituto Pirenaico de Ecología*, 4, 983-991. Jaca.
- Garreira, J. A., Sánchez-Vázquez, F. & Niell, F. X.** (1992): Short-time and small-scale patterns of post-fire regeneration in a semi-arid dolomitic basin of Southern Spain. *Acta Oecologica*, 13(3), 241-253.
- López, J.** (1994): *Plan de seguimiento del incendio de Peña del Aguila (Parque Regional de Calblanque, Montes de las Cenizas y Peña del Aguila)*. Consejería del Medio Ambiente. Murcia.
- López Bermúdez, F.** (1989): Incidencia de la erosión hídrica en la desertificación de una cuenca fluvial mediterránea semiárida: Cuenca del Segura, España. En: *Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo*. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente. Madrid. 63-81.
- López Bermúdez, F.** (1990): Soil erosion by water on the desertification of a semi-arid Mediterranean fluvial basin: the Segura basin, Spain. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 33, 129-145.
- López Bermúdez, F., Alias Pérez, L. J., Martínez Fernández, J., Romero Díaz, M. A. & Marin Sanleandro, P.** (1991): Escorrentías y pérdida de suelo en calcisol pétrico bajo un ambiente mediterráneo semiárido. *Cuaternario y Geomorfología*, 5, 77-89.
- Ortigosa, L. M.** (1990): *Las repoblaciones forestales en La Rioja: resultados y consecuencias ambientales*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Romero-Díaz, M. A., López Bermúdez, F., Thornes, J. B., Francis, C. F. & Fisher, G. C.** (1988): Variability of overland flow erosion rates in a semi-arid mediterranean environment under matorral cover Murcia, Spain. *Catena supplement*, 13, 1-11.
- Ruiz-Flaño, P. & García-Ruiz, J. M.** (1990): Incisiones (rills) en campos abandonados: primeras observaciones sobre capacidad de transporte de sedimentos. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 16 (1-2), 109-122.
- Ruiz-Flaño, P., Ortigosa, L. M. & García-Ruiz, J. M.** (1991): Distribución espacio-temporal de los microambientes geomorfológicos en campos abandonados en pendiente (Valle de Aisa, Pirineo Aragonés). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 17 (1-2), 89-101.
- Ruiz-Flaño, P., Lasanta Martínez, T. & García-Ruiz, J. M.** (1992): La variabilidad espacial de la producción de escorrentía y sedimentos como base para la gestión de campos abandonados. En: *Estudios de Geomorfología en España*. 221-230.
- Serrada, R.** (1990): Consideraciones sobre el impacto de la repoblación forestal en el suelo. *Ecología*, Fuera de Serie, 1, 453-462.
- Thornes, J. B., Francis, C. F., López Bermúdez, F. & Romero Díaz, A.** (1990): Reticular overland flow with coarse particles and vegetation roughness under mediterranean conditions. En: Rubio, J. L. & Rickson R. J.(Eds). *Agriculture, Strategies to combat desertification in mediterranean Europe*. Directorate-General Agriculture. 228-243.