

INTERACCIONES ENTRE EL SUELO Y LA VEGETACIÓN A LO LARGO DE UN TRANSECTO EN UN ECOSISTEMA SEMIÁRIDO (EL ARDAL, MURCIA)

**F. BELMONTE SERRATO, M.J. DELGADO INIESTA
& F. LÓPEZ BERMÚDEZ**

Dpto. de Geografía Física. Universidad de Murcia.
Campus de la Merced, Santo Cristo, 1 E-30001 Murcia.
E-mail: franbel@fcu.um.es

Resumen. Se presentan los resultados obtenidos en un muestreo sobre la cubierta vegetal, propiedades físicas y químicas del suelo y tasas de escorrentía y erosión, a lo largo de un transecto longitudinal a la pendiente, con tres tipos de usos del suelo: matorral, campo abandonado (con dos edades de abandono) y campo de cultivo. Los resultados indican que el campo abandonado reúne características que propician la recuperación tanto de la cubierta vegetal, como de las propiedades del suelo perdidas tras la roturación. El inventario fitosociológico muestra una adecuada colonización vegetal y tanto el coeficiente de escorrentía como la tasa de erosión, indican que el área actúa como receptora de escorrentías y sedimentos exportados desde el matorral, que se encuentra en posición topográfica superior. La elevada pedregosidad, debido a la fragmentación de la costra caliza tras la roturación, explica el bajo coeficiente de escorrentía y erosión, mejor que las propiedades físicas y químicas del suelo

Palabras clave: ecosistema semiárido, usos del suelo, colonización vegetal, erosión, SE de España.

Abstract. In this work present the results obtained in a sampling over vegetal cover, physiquess and chemistry soil properties and the erosion and runoff rate, in a catena longitudinal of the pente and with three types of the land use: matorral, abandonet and growing. The results suggest that the abandonet field possess characteristic that favour the recovery as much of the vegetal cover as the soil properties loss after the ploughing. The phitosociologic inventory shwo a satisfactory vegetal colonitacion and as much the runoff rate as the erosion rate, suggest that the area acting like a receiver of runoff and sediement exported of the matorral placed in upper topographic position. The elevated stony, because of the fragmentation of the limestone crust after the ploughing, explained, better than the physiquess and chemistry soil properties, the small runoff and erosion rate.

Key words: semiarid ecosystem, land uses, vegetation colonization, erosion, SE Spain.

1. Introducción

El abandono de tierras es un fenómeno que tiende a concentrarse en las áreas marginales y que se manifiesta a lo largo del siglo xx en todas las montañas de la Europa Occidental (Lasanta y Ruíz Flaño, 1990). En las últimas dos décadas, el abandono de campos de cultivo se ha convertido en un tema de preocupación para muchos investigadores dedicados al estudio de los procesos de erosión y degradación de los suelos, especialmente en regiones áridas y semiáridas (García Ruíz, *et al.*, 1988, 1991; Lasanta, 1988; Arnáez, *et al.*, 1992; Ruíz Flaño, 1991; Rodríguez Aizpeloea, *et al.*, 1991; Cerdá, 1994; Marco Molina, 1995; Marco Molina *et al.*, 1996; Barberá *et al.*, 1997; Padilla, 1998, Belmonte Serrato, *et al.*, 1999).

En general, los resultados concuerdan que en algunos casos, el abandono conduce a la degradación y erosión del suelo, mientras que en otros, se produce una recuperación rápida de la cubierta vegetal que limita considerablemente la degradación, es decir, que el proceso de deterioro se ralentiza e incluso se detiene en muchos casos, al cesar la actividad «productiva» a que estaban sometidas (Rojo Serrano, 1996). De modo que la gestión y control de estos campos ha de hacerse de forma selectiva (Cerdá Bolinches, 1994), en función de la probabilidad de evolución en uno u otro sentido.

Los factores que llevan a la degradación y erosión de los suelos en campos abandonados son múltiples, sin embargo destaca la eliminación de la cubierta vegetal que desencadena procesos de degradación física y química del suelo. De estos procesos, la degradación de la estructura y en ella, la estabilidad de los agregados, directamente relacionada con la capacidad de retención hídrica y la erodibilidad del suelo, juegan un papel esencial en la dinámica hidrológica (Cerdá Bolinches, 1998). Por ello la estabilidad de los agregados se ha utilizado desde los años 40 como parámetro ecológico que identifica la alteración de los ecosistemas y la actividad de los procesos erosivos (Imeson, 1984).

En este trabajo, se estudian las características físicas y químicas de los suelos a lo largo de un transecto que comprende un matorral seminatural; un campo de cultivo abandonado y un campo de cultivo sometido a una alternancia de cereal-barbecho y, en el último año, almendros. Por otra parte, se analiza la función de la vegetación en relación a los distintos usos del suelo, haciendo un inventario fitosociológico para determinar el grado de recolonización vegetal del campo abandonado y se comparan estos resultados con los obtenidos en cada una de estas áreas, en generación de escorrentía y pérdida de suelo, a lo largo de nueve años de muestreo.

2. Descripción del área de estudio

El transecto elegido se localiza dentro del campo experimental del Ardal (Mula), ubicado aproximadamente en el centro de la Región de Murcia (S.E. de España), a una altitud de 550 m (Figura 1). En este campo, el Área de Geografía Física de la Universidad de Murcia viene realizando desde 1989, un seguimiento y evaluación de los procesos de erosión y de las relaciones clima-planta-suelo (López Bermúdez *et al.*, 1991, 1996, 1998; Martínez Fernández, *et al.*, 1991, 1994, 1995; Belmonte Serrato, 1998; Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1998).

Los suelos predominantes son Xerosoles cálcicos y petrocálcicos, poco profundos 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, Martínez Fernández *et al.*, 1995; FAO-UNESCO, 1998).

Las condiciones climáticas son características de un clima mediterráneo semiárido, con temperatura media anual de 14.5°C, y una precipitación en torno a los 300 mm, con acusadas variaciones mensuales e interanuales (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996).

Aunque la vegetación madura del territorio es un chaparral de *Quercus cocifera* rico en lentiscos (*Pistacia lentiscus*), enebros (*Juniperus oxicedrus*) y espinos (*Rhamnus lycioides*), incluíble en la amplia asociación ibérica *Rhamno lycioides-Quercetum cocciferae* (Esteve, 1975; Alcaraz, 1984; Alcaráz y Garre, 1985), en el momento actual, la formación vegetal predominante es un matorral compuesto mayoritariamente por arbustos y gramíneas perennes, siendo *Rosmarinus officinalis* y *Brachypodium retusum*, las especies más representativas respectivamente, a estas se suman otras como *Juniperus oxycedrus*, *Rhamnus lycioides*, *Thymus vulgaris*, *Thymus membranaceus* y de forma aislada *Pinus halepensis*.

3. Metodología

3.1 Toma de muestras

Se ha seleccionado un transecto de 60 m en un tramo de ladera con orientación NW y que presenta tres usos distintos del suelo: matorral en la parte topográficamente más elevada (muestras 1 y 2), campo abandonado con más de 15 años de abandono (muestras 3, 4 y 5), campo abandonado entre 10 y 15 años (muestras 6 y 7) y cultivo (cereal-barbecho y ahora almendros, muestra 13), (figura 1).

En este transecto se tomaron muestras de suelo (capa arable) y se realizaron inventarios fitosociológicos previo cálculo del área mínima que se estimó en 4 m² según la interpretación de la curva especie/área (Braun-Blanquet y Jenny, 1926; Braun-Blanquet, 1964; Cain, 1938; Cain y de Olivera Castro, 1959). Las parcelas fueron delimitadas con cinta plástica sujeta a barras de hierro que habían sido clavadas en los vértices de los polígonos del transecto. En cada polígono se anotaron los táxones vasculares perennes presentes dentro de cada área muestreada y se cuantificó cada taxon según el índice de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1964) modificada por Westhoff y Maarel (1978), transformada para el análisis numérico de los datos en una escala con valores del 0 al 9 (Tabla 1). Los táxones con rango inferior a la especie se presentan de forma abreviada, indicando en primer lugar el nombre genérico y en segundo el epíteto de rango más utilizado, enlazando ambos con la letra «s», para indicar rango subspecífico, «v», para el caso de rango variedad (por ejemplo, *Sideritis leucantha* subsp. *incana* aparecerá en las tablas como *Sideritis s incana*).

Las muestras de capa arable, se tomaron en el centro de cada una de las parcelas por medio de una barrena hasta una profundidad de 20-25 cm, que es aquella dentro de la que se apreció el mayor conteni-

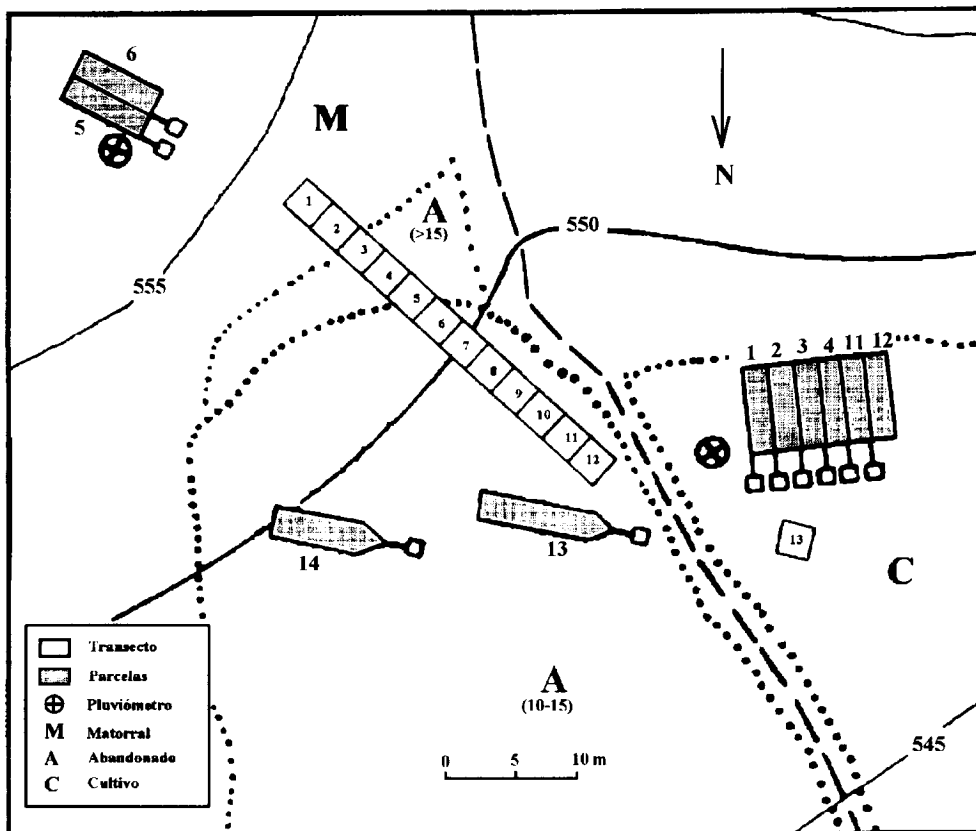


Figura 1. Plano parcial del campo experimental y situación del transecto
 Partial map of the experimental field and the transect situation

Tabla 1. Índices de abundancia-dominancia
Abundance-dominance indices

<i>Abundancia-Dominancia (Braun-Blanquet, 1964)</i>	<i>Westhoff y Maarel (1978)</i>	<i>Escala</i>
-, Ausente	Idem	0
r, individuos aislados con pequeña cobertura	Idem	1
+, pocos individuos, con pequeña cobertura	Idem	2
1, individuos frecuentes, pero cobertura < 5%	Idem	3
2, individuos abundantes, con cobertura del 5-25%	2b, cobertura 5%	4
	2m, cobertura 5-12,5%	5
	2a, cobertura 12,5-25%	6
3, cualquier número de individuos con cobertura del 25-50%	Idem	7
4, cobertura 50-75%	Idem	8
5, cobertura 75-100%		9

do en raíces. Cada muestra se tomó de tres puntos distintos siguiendo un diseño en *L*, para incluir posibles variaciones por gradientes de ladera y evitar el efecto local (Delgado, 1998).

3.2 Análisis físico y químico de las muestras de capa arable

La estabilidad de agregados se ha medido siguiendo el método de Farres *et al.* (1985), mediante el cual podemos conocer la respuesta de los agregados en los primeros momentos de la lluvia. El método consiste en contabilizar el número de gotas necesario para romper un agregado de 4 a 5 mm de tamaño humedecidos por capilaridad, hasta que este pase por el tamiz de 3mm. Sólo se reconocieron agregados de hasta 5 mm de tamaño, pues los de mayor dimensión se consideran poco erosionables (Luk, 1979; Ekwue, 1991). Para cada muestra de suelo, se han separado los agregados con restos de musgo, raíces muy finas etc., de los agregados limpios, carentes de estos restos vegetales. Las gotas empleadas tienen un tamaño medio de 0.9 cm de diámetro calculado por el método de la harina (Asseline y Valentin, 1978), y un peso medio de 0.1468 g. Se empleó agua destilada para evitar las posibles interferencias de las sales en la respuesta de los agregados (Smith *et al.*, 1992, Desir, 1998). Las gotas se dejaron caer desde una altura de 1 m pasando a través de un tubo de 10 cm de diámetro con una frecuencia de 98 gotas por minuto; a partir de 3 minutos se considera al agregado completamente estable. Para cada muestra se hicieron 20 repeticiones y se obtuvo el valor medio. La escala de estabilidad según el tiempo de desintegración se recoge en la Tabla 2.

El análisis granulométrico de las muestras, se ha realizado tras la eliminación de la materia orgánica con H_2O_2 al 30% y una adecuada dispersión de la tierra fina, utilizando para ello hexametáfosfato sódico al 5% y combinando la extracción con la pipeta de Robinson y la tamización. Se han determinado así los porcentajes de arcilla (< 2 mm), limo fino (2-20 mm) y limo grueso (20-50 mm) y las diversas fracciones de arena (50-100, 100-250, 250-500, 500-1000 y 1000-2000 mm). Con esta división de fracciones se puede estudiar las relaciones entre las propiedades hídricas y cada uno de los segmentos de la curva granulométrica.

Con la granulometría se presenta la clase textural de cada muestra de suelo de acuerdo con la clasificación del diagrama textural del USDA. La textura de un suelo influye en su erosionabilidad, almacenamiento de agua, formación de grietas y costras, etc. Existe también una estrecha relación entre permeabilidad, retención de agua y textura (Martínez Fernández, 1992).

Tabla 2. Escala de estabilidad de agregados
Aggregate stability scale

>249 gotas	Muy estable
196-249 gotas	Estable
98-196 gotas	Estabilidad mediocre
29-98 gotas	Inestable
< 29	gotas Muy inestable

En cuanto al análisis químico del suelo, se ha realizado el cálculo del carbono orgánico siguiendo el método de Anne, modificado por Duchaufour (1970), así como la capacidad de intercambio catiónico de los suelos (Chapman, 1969) y los elementos asimilables (Na, K, Mg y Ca). La determinación de sodio y potasio se ha hecho por fotometría de llama y la de magnesio y calcio por absorción atómica. El cálculo de dichos elementos tiene interés por cuanto vienen a indicar la fertilidad del suelo en potasio, magnesio y calcio y su toxicidad en cuanto a sodio en su relación cuantitativa con los otros cationes.

Se determinó también el contenido de carbonato cálcico equivalente, pues se trata de un constituyente de primera magnitud en los suelos de la zona estudiada. Dada su abundancia y concentración, se pensó que quizá tuviera un papel «mecánico» frente a la dinámica hídrica. Para su cálculo se ha utilizado el método volumétrico del calcímetro de Bernard. Por otro lado, se ha medido la desidad aparente del suelo recojiendo muestras inalteradas mediante un cilindro de volumen conocido (método del cilindro) y pesándolas después de secar en estufa a 105°C durante 24 horas.

3.3 Escorrentía y pérdida de suelo

Como ya se ha mencionado, en el campo experimental de El Ardal existen 17 parcelas de erosión que cubren diferentes usos del suelo y características de cobertura, pendiente y orientación. El transecto muestreado, se encuentra próximo a las parcelas 5 y 6 (matorral cortado y matorral natural), 13 y 14 (campo abandonado bajo y alto) y las parcelas 1, 12, 4 y 11, con usos de cultivo de cereal, arado/almendros y barbecho (Figura 1). La serie disponible de escorrentía y sedimentos es de 9 años, por lo que es posible relacionar los datos obtenidos durante estos años con las propiedades físicas y químicas del suelo y la colonización vegetal del campo abandonado.

4. Resultados y discusión

4.1 Cobertura vegetal

El inventario fitosociológico (Tabla 3), muestra una clara tendencia al aumento de cobertura a lo largo del transecto desde el campo de cultivo hacia el matorral. Aparecen en primer lugar las herbáceas, tanto anuales como perennes (hemcriptofitos y terófitos, fundamentalmente), que van siendo sustituidas por especies colonizadoras del matorral (caméfitos y fanerófitos), que incrementan su presencia en la parte abandonada de más de 15 años. *Pinus halepensis* y *Juniperus oxycedrus*, aparecen únicamente en el matorral y de forma casi testimonial. *Rosmarinus officinalis* y la gramínea *Brachypodium retusum* (asociada a la anterior), son quizás las especies que mejor definan la gradación existente, que pasan de una ausencia absoluta en la parte más baja del transecto, a un predominio en la parte del campo con abandono superior a 15 años. Resultados similares se han obtenido en la vecina provincia de Alicante en un estudio sobre colonización vegetal en campos abandonados (Padilla Blanco, 1998).

4.2 Análisis físico y químico

a) Granulometría y textura

El análisis granulométrico (Tabla 4), indica escasas diferencias a lo largo de todo el transecto muestreado. Aunque la proporción de arcilla (< 2 µm) y de arena gruesa (1000-2000 µm) es más elevada en el matorral que en el campo abandonado y el cultivo, situación que se invierte en el caso de la arena fina (50-100 µm) y el limo (2-50 µm), que son mayores en el campo abandonado y el cultivo, especialmente en el campo abandonado de mayor edad, colindante con el matorral. Aceptando un reparto granulométrico similar en todo el transecto antes de la roturación, las proporciones actuales pueden indicar una exportación a través de las escorrentías, de las fracciones limo y arena fina, a la sazón, las fracciones menos resistentes a los procesos de desprendimiento y transporte (Morgan, 1997), desde el matorral hacia el campo abandonado inmediato que actúa como área de recepción de sedimentos.

Tabla 3. Inventario fitosociológico.

Especies	Transectos												
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11	A-12	A-13
<i>Pinus halepensis</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Juniperus oxicedrus</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rosmarinus officinalis</i>	2m	4	2b	2m	2b	1	1	2b	-	-	-	-	-
<i>Brachypodium retusum</i>	2m	2b	1	+	1	1	r	1	-	r	r	-	-
<i>Sideritis s. incana</i>	1	+	+	1	+	1	-	1	-	-	-	-	-
<i>Teucrium s. gracillimum</i>	1	1	1	+	R	+	-	1	1	+	-	-	-
<i>Cuscuta s. epithymus</i>	R	+	+	r	R	r	r	r	r	-	-	-	-
<i>Thymus zygis</i>	1	R	2b	+	1	1	2m	1	1	2b	+	-	-
<i>Helichrysum serotinum</i>	+	R	1	-	1	2b	1	-	1	1	1	1	-
<i>Helianthemum cinereum</i>	+	1	1	1	1	+	-	-	-	1	+	+	-
<i>Fumana thymifolia</i>	1	+	+	1	2b	1	+	1	+	+	-	r	-
<i>Helianthemum s. scopulorum</i>	1	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Phagnalon saxatile</i>	R	1	-	-	1	-	-	1	1	1	1	-	-
<i>Koeleria vallesiana</i>	+	+	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Avenula bromoides</i>	-	R	-	r	+	r	-	-	r	-	-	-	-
<i>Rhamnus s. angustifolia</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thymus s. vulgaris</i>	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Artemisia campestris</i>	-	-	1	1	1	1	1	1	-	-	-	r	-
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	r	-	-	1	2m	1	1	-	+	+	-
<i>Eryngium campestre</i>	-	-	-	r	R	r	r	r	+	+	-	-	-
<i>Euphorbia nicaensis</i>	-	-	r	r	+	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>Plantago albicans</i>	-	-	-	-	1	1	1	2m	1	1	1	1	-
<i>Asphodelus fistulosus</i>	-	-	-	-	-	-	r	-	+	+	1	1	-
<i>Andryala ragusina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	1	-
<i>Piptatherum miliaceum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Ajuga iva</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-
<i>Hypericum perforatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Cobertura (%)	50-75	50-75	25-50	5-25	25-50	5-25	25-50	25-50	5-25	5-25	5-25	5-25	0

Altitud: 553m a 547m

Orientación: N-330°

Área de los transectos: 4m²

Pendiente: 20 %

Con esta distribución granulométrica, la textura del suelo es franca o franco-arcillosa (Tabla 4), siendo franco-arcillosa en el matorral, franca en el campo abandonado y franco-arcillosa en el cultivo. Ambas son dos clases texturales muy próximas. En concreto, la textura franca constituye una mezcla proporcionada de granulometría, siendo una textura que facilita la formación de estructuras construidas, que favorecen todos los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, que facilitan un buen desarrollo de la vegetación (Cobertera, 1993). Tal vez esto haya influido, junto con otros factores, a la rápida regeneración de la cubierta vegetal observada en estos suelos, pese a la escasez de precipitaciones.

b) Estabilidad de agregados

El resultado es distinto según se trate de agregados con restos vegetales o limpios (Tabla 5), pues la estabilidad aumenta considerablemente en los agregados con restos vegetales.

Los agregados sin restos vegetales de las parcelas A1 y A2, suelos con una vegetación natural poco o nada alterados (matorral), tienen más estabilidad que los del resto del transecto con suelo alterado por la acción antrópica. Aunque esto, está también influenciado por la mayor presencia de arcilla en las parcelas de matorral, que proporciona una mayor cohesión a los agregados. De cualquier modo, ambos casos, se encuentran en la parte más baja de la escala de estabilidad (Tabla 2), lo que les confiere un elevado grado de erosionabilidad, al menos en cuanto a estabilidad se refiere, ya que la erosionabilidad depende también de la textura, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos (Morgan, 1997). De hecho, la estabilidad mejora cuando los agregados tienen restos vegetales, sin que haya diferencias, en este caso, entre los suelos de matorral y el resto.

Tabla 4. Análisis granulométrico y textural del suelo
Granulometric and textural analysis of the soil

Muestra	<2 μm	2-20	20-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000	Textura
A1	36.0	26.5	6.9	3.5	5.2	4.1	7.5	10.2	Franco-arcillosa
A2	28.1	22.8	18.0	4.6	6.6	4.2	6.7	9.0	Franca
A3	30.8	21.5	15.5	3.9	5.0	3.9	6.9	12.7	Franco-arcillosa
A4	24.6	28.5	14.0	2.9	5.7	4.3	7.3	12.6	Franca
A5	30.9	21.6	14.5	3.3	6.2	4.8	7.2	11.5	Franco-arcillosa
A6	27.9	18.1	20.2	3.9	6.0	4.5	7.5	11.8	Franca
A7	27.7	22.5	16.1	4.2	5.5	4.6	7.9	11.5	Franca
A8	23.1	26.8	16.0	3.8	6.5	5.1	8.3	10.4	Franca
A9	27.2	22.1	15.9	5.3	6.5	4.8	7.9	10.3	Franca
A10	31.6	17.6	16.2	4.1	6.7	4.7	7.4	11.7	Franco-arcillosa
A11	27.3	26.6	10.9	4.5	7.7	4.8	7.0	11.2	Franca
A12	27.0	21.9	16.5	4.2	6.6	4.7	7.4	11.7	Franca
A13	31.6	22.0	16.3	3.1	4.0	3.4	6.4	13.2	Franco-arcillosa

Tabla 5. Estabilidad de agregados
Aggregate stability

<i>Agregados sin restos vegetales</i>			<i>Agregados con restos vegetales</i>		
Muestra	Número de gotas	Estabilidad	Muestra	Número de gotas	Estabilidad
A1	49 gotas	Inestable	A1	150 gotas	Mediocre
A2	49 gotas	Inestable	A2	167 gotas	Mediocre
A3	24 gotas	Muy inestable	A3	114 gotas	Mediocre
A4	27 gotas	Muy inestable	A4	—	—
A5	15 gotas	Muy inestable	A5	129 gotas	Mediocre
A6	15 gotas	Muy inestable	A6	157 gotas	Mediocre
A7	26 gotas	Muy inestable	A7	160 gotas	Mediocre
A8	11 gotas	Muy inestable	A8	142 gotas	Mediocre
A9	23 gotas	Muy inestable	A9	150 gotas	Mediocre
A10	10 gotas	Muy inestable	A10	—	—
A11	13 gotas	Muy inestable	A11	152 gotas	Mediocre
A12	20 gotas	Muy inestable	A12	—	—
A13	11 gotas	Muy inestable	A13	—	—

c) Materia orgánica y nutrientes minerales

Existe una estrecha relación entre el contenido en materia orgánica y la estabilidad de agregados (Evans, 1980; Tisdell and Oades, 1982; Chaney and Swift, 1984; Marshall and Holmens, 1988; Benito Rueda y Díaz Fierros, 1989; Moyano *et al.* 1989). La materia orgánica desempeña una importante función en el comportamiento físico de los suelos y contribuye a la formación y estabilidad de los agregados más que ningún otro factor. La agregación aumenta la porosidad, aireación, infiltración y percolación del agua, y disminuye la escorrentía y riesgo de erosión (Van Beers, 1980). Es conocido que el humus por sus características coloidales, tiene una gran capacidad de absorción de agua que excede, incluso, a la de la arcilla (Koorevaar *et al.* 1983).

En el transecto muestreado, se ha encontrado también una buena relación lineal entre el contenido de materia orgánica y la estabilidad de los agregados sin restos vegetales, (Figura 2). Sin embargo, la influencia del contenido de materia orgánica en la estabilidad de los agregados con restos vegetales no es tan clara,

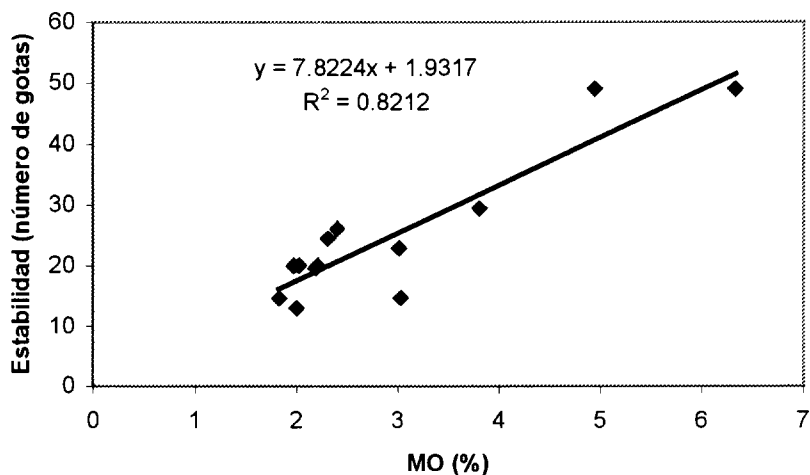


Figura 2. Relación entre el contenido de materia orgánica (MO) y la estabilidad de agregados sin restos vegetales
Relationship by organic matter and the stability of the aggregate without vegetal remains

aunque la estabilidad, en este caso, mejora considerablemente, lo que indica que los restos vegetales pueden influir mucho más en la estabilidad de los agregados que el contenido de materia orgánica (Figura 3).

El contenido de materia orgánica de los suelos muestreados (Tabla 6), es similar al encontrado en suelos próximos al área de estudio por Martínez Fernández *et al.* (1995), quien da valores medios de 5.4 para el matorral, 3.8 para un suelo con 10 años de abandono y 1.9 para el cultivo (cereal). Las parcelas que presentan contenidos menores de materia orgánica suelen tener a su vez gran cantidad de carbonato cálcico (más del 60%), que cataliza la mineralización de la escasa cantidad de materia orgánica fresca que recibe la superficie del suelo, hecho que produce una relación inversa entre el contenido de carbonato cálcico y el de materia orgánica (Figura 4). La mayor abundancia en materia orgánica se ha obtenido en las parcelas A1 y A2 (matorral), que son a su vez las que menores contenidos de carbonatos presentan.

La relación C/N obtenida (Tabla 6) expresa el grado de humificación del suelo y permite comprobar, la pérdida del grado de humificación de los suelos cultivados, respecto del matorral, pérdida difícil de recuperar, a pesar de la evidente recuperación de la cubierta vegetal tras el abandono.

Por otro lado, respecto carbonato cálcico (Tabla 6), existe poca información de su papel directo en los suelos. En algún caso, se ha puesto de manifiesto la existencia de una relación directa entre el contenido

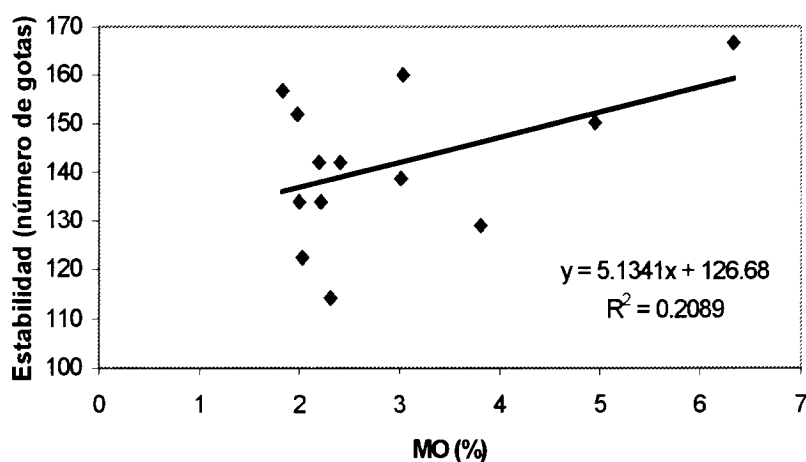


Figura 3. Relación entre el contenido de materia orgánica (MO) y la estabilidad de agregados con restos vegetales
Relationship by organic matter and the stability of the aggregate with vegetal remains

Tabla 6. Análisis general y elementos asimilables
General analysis and asimilated elements

Muestra	M.O %	N %	C/N	CO ₃ Ca %	T meq/100g	Na g/Kg	K g/Kg	Mg g/Kg	Ca g/Kg
A1	4.95	0.248	9.54	58.03	22.69	0.22	0.68	0.50	4.15
A2	6.32	0.353	10.51	55.64	28.19	0.18	0.70	0.25	3.53
A3	2.30	0.175	7.70	64.98	18.83	0.11	0.47	0.25	2.31
A4	3.80	0.253	8.84	62.30	20.12	0.08	0.53	0.50	2.52
A5	1.82	0.171	6.23	65.56	17.90	0.07	0.41	0.50	3.80
A6	3.03	0.230	7.65	67.53	18.80	0.21	0.38	0.50	2.94
A7	2.40	0.206	6.95	59.08	19.07	0.21	0.33	0.50	2.60
A8	2.21	0.216	5.92	59.14	18.72	0.18	0.26	0.50	3.32
A9	3.01	0.249	7.29	63.61	19.42	0.18	0.41	0.50	2.96
A10	1.97	0.179	6.70	67.43	15.79	0.18	0.33	0.25	3.37
A11	1.99	0.182	6.44	64.64	15.91	0.20	0.42	0.50	2.93
A12	2.19	0.175	7.47	64.87	15.09	0.21	0.48	0.25	2.56
A13	2.02	0.187	6.25	53.24	20.82	0.26	0.47	0.25	2.49

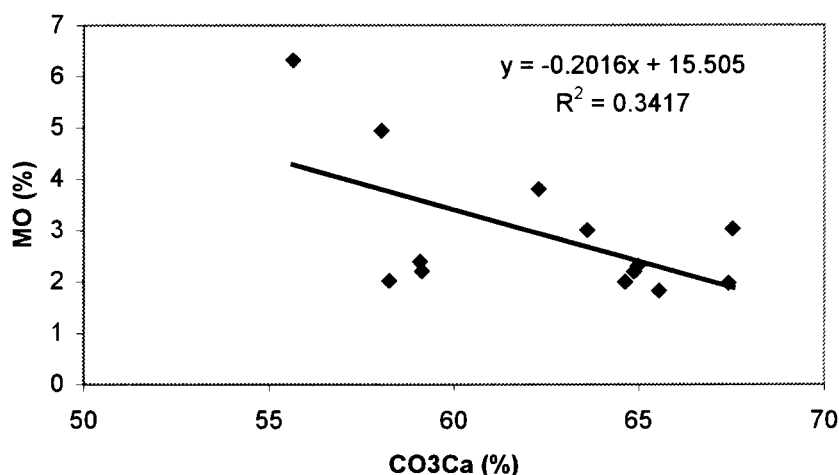


Figura 4. Relación entre el porcentaje de CO₃Ca y el contenido de materia orgánica
Relationship by the CO₃Ca percentage and the organic matter content

de CO₃Ca y la capacidad de retención (Abrol *et al.* 1968). También se ha comprobado que afecta a la composición granulométrica y condiciona el estado de agregación del suelo, al saturar con calcio los coloides arcillosos y orgánicos (Caro Fernández, 1982), lo que conduce a una alta erosionabilidad y para algunos autores es uno de los factores más importantes de los que afectan a la susceptibilidad de los suelos a la erosión en el Sureste de España (Barahona *et al.*, 1990) y Marruecos (Merzouk y Blake, 1991).

El ligero aumento de este elemento en las parcelas de campo abandonado frente a las parcelas de matorral, puede tener su explicación en el lavado lateral que sufren estos suelos desde las partes topográficamente más elevadas ocupadas por el matorral. Proceso que apoya la idea expuesta anteriormente de que el campo abandonado constituye un área de infiltración y recepción de las escorrentías y material removido procedentes del área más elevada. Por otro lado, hay que contar con la presencia de la costra caliza fragmentada por la roturación, que aparece hacia la parte media del transecto.

La capacidad de intercambio catiónico (T), que representa el número total de enlaces negativos del complejo coloidal del suelo (Cobertera, 1993), registra valores relativamente altos en todos los suelos estudiados (Tabla 6), lo que indica buena capacidad de adsorción, es decir, suelos que presentan poca facilidad para el lavado de cationes y, por tanto, como se ha podido comprobar con la medición de los elementos

asimilables, son suelos que no tienen deficiencias en la función nutritiva. Con el análisis de los cationes Ca^{++} y Mg^{++} , una vez conocida la totalidad de los enlaces negativos (T), se puede apreciar que la saturación del complejo de cambio se debe a la elevada presencia de calcio en estos suelos.

4.3 Escorrentía y pérdida de suelo

Se han estimado los promedios anuales del coeficiente de escorrentía, concentración de sedimentos y pérdida total, en los tres tipos de usos considerados, diferenciando en el cultivo entre los periodos de cultivo de cereal, de barbecho y arado sin cultivo (con y sin surcos) o cultivo de almendros que presentan características similares (Tabla 7).

En el matorral, con porcentajes de cubierta de entre 50 y 75 %, debido a la mayor pendiente (28%) se obtienen coeficientes de escorrentía similares a los obtenidos en el barbecho y arado/almendros. Sin embargo, la concentración de sedimentos, parámetro que define la cantidad de suelo movilizado por litro de escorrentía, es mucho más baja que en los usos de «cultivo», debido al efecto protector de la cubierta vegetal que reduce considerablemente la energía cinética de la lluvia.

El campo abandonado con un coeficiente de escorrentía de 0.8 y una concentración de sedimentos de 1 g/l, genera unas pérdidas de suelo que no llega a 25 Kg/Ha/año, tasa de erosión despreciable en comparación con las pérdidas que se obtienen en los cultivos. Esto puede explicarse porque tras el abandono, la gran cantidad de fragmentos de costra caliza originados en la roturación, van quedando en la superficie del suelo, aumentando así la cobertura de piedras. La cubierta de piedras absorbe la energía cinética de la lluvia impidiendo la erosión de la capa superficial del suelo, disminuyendo de este modo, la cantidad de suelo susceptible de ser transportado por la escorrentía. La cubierta de fragmentos rocosos controla la variabilidad de las respuestas hidrológicas y la erosión del suelo en aquellas áreas labradas con frecuencia en las que el material parental y la costra subsuperficial es fragmentada. (Poesen & Lavee, 1994; Poesen *et al.*, 1997). Por otro lado, la pedregosidad impide la formación de una «costra de splash», que permite al suelo mantener una elevada capacidad de infiltración (92% de la precipitación), que se ve además favorecida por la fragmentación de la costra caliza y la mayor proporción de la fracción arena: 34%, frente al 30.8% en matorral y 30% en el cultivo (Tabla 4).

Tabla 7. Usos del suelo y promedios anuales de coeficiente de escorrentía, concentración de sedimentos y pérdida de suelo
Land use and annual average of the runoff coefficient, sediment concentration and soil loss

Usos	Periodo (años)	Escorrentía (%)	Concent de sed. (g/l)	Sedimentos (g/m _l)
Matorral	9	5.2 (*)	1.7	19.9
Abandonado	7	0.8	1.0	2.4
Cultivo cereal	9	3.8	4.2	31.0
Barbecho	9	5.7	10.5	97.8
Arado/Almendros	9	5.6	21.8	115.1

(*) Coeficiente de escorrentía sobre la precipitación neta, es decir, eliminando la precipitación interceptada por la cubierta vegetal.

5. Conclusiones

Tanto en el matorral como en el cultivo, el coeficiente de escorrentía anual en los nueve años de muestreo es muy bajo, no supera en ningún caso el 6%, lo que indica una elevada capacidad de infiltración, que repercute positivamente en minimizar la pérdida de suelo, que en el peor de los casos (arado/almendros),

apenas si supera 1 Tm/Ha/año de promedio. En el campo abandonado (con 7 años de muestreo), el coeficiente de escorrentía es mucho más bajo (0.8%) y la tasa de erosión puede considerarse despreciable (24 Kg/Ha/año), lo que le convierte en un área en proceso de recuperación de las propiedades del suelo perdidas tras la roturación.

La elevada capacidad de infiltración, el aporte de escorrentía y nutrientes desde el matorral en posición topográfica superior, la buena estructura y textura del suelo y la elevada capacidad de intercambio catiónico, aunque inferior que en el matorral, indica una buena función nutritiva y proporciona condiciones muy apropiadas para la recolonización vegetal, a pesar de la escasez de precipitaciones. De hecho, el inventario fitosociológico, muestra una adecuada colonización vegetal del campo abandonado, con abundante presencia de especies de matorral, fundamentalmente en la parte de mayor edad de abandono (10-15 años).

Estos resultados indican que las parcelas de campos abandonados en condiciones similares, siempre y cuando no intervenga negativamente el hombre (pastoreo, nueva roturación, etc.), pueden entrar en una dinámica de recuperación relativamente rápida, siendo ocupadas en pocos años por especies típicas del matorral próximo. Recuperación que se constata en otros muchos lugares del Sureste peninsular (Padilla Blanco, 1998).

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los Proyectos de Investigación MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), contrato N° ENV4-CT95-0119 (DG-XII-DTEE), financiado por la Unión Europea (1991-1998); del AGF95-0635, financiado por la CICYT en el marco del Plan Nacional de I+D (1995-1998) y RESEL-LUCDEME (Dirección General de Conservación de la Naturaleza). Los autores expresan su agradecimiento.

Referencias bibliográficas

- Abrol, I.P., Khosla, B.K. & Bhumbla, D.R.** (1968): Relationship of texture to some important soil moisture constants. *Geoderma*, 2: 33-39.
- Alcaraz, F.** (1984): Flora y vegetación del NE de Murcia. Serv. Publ. Universidad de Murcia, 404 pp. Murcia.
- Alcaraz, F. & Garre, M.** (1985): Vegetación de las montañas del sector murciano. *Lazaroa*, 7: 473-485.
- Arnáez, J., Ortigosa, L. & Oserín, M.** (1992): Descripción y cuantificación de procesos de erosión en bancales abandonados. En: *Estudios de Geomorfología en España* F. López Bermúdez, C. Conesa & A. Romero, Eds.), Sociedad Española de Geomorfología, Murcia, 193-201.
- Asseline, J & Valentine, C.** (1978). Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. *Cashiers ORSTOM. Serie Hydrologie*, 15:321-349.
- Barahona, E., Quirantes, J., Guardiola, J.L. & Iriarte, A.** (1990): Factors affecting the susceptibility of soils to interrill erosion in south-eastern Spain. In: J.L. Rubio & R.J. Rickson (Eds): *Estrategies to combat desertification in Mediterranean Europe*. Commission of European Communities Report EUR 11175 EN/ES: 216-227.
- Barberá, G.G., López Bermúdez, F. & Romero Díaz, A.** (1997): Cambios de usos del suelo y desertificación en el Mediterráneo: El caso del Sureste español. En: *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos*. J.M. García-Ruiz y López García, Eds. Instituto Pirenaico de Ecología. C.S.I.C., Zaragoza, 9-39.
- Belmonte Serrato, F.** (1998): *Intercepción en bosque y matorral mediterráneo semiárido: Balance hídrico y distribución espacial de la lluvia neta*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia, 375 pp. (CD-Rom).
- Belmonte Serrato, F. & Romero Díaz, A.** (1996): Aproximación a las características climáticas en el área de influencia del campo experimental de El Ardal (Murcia). La representatividad de las series climáticas disponibles. *Papeles de Geografía*, 23-24: 47-61.
- Belmonte Serrato, F. & 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., Romero Díaz, A & López Bermúdez, F.** (1999): Efectos sobre la cubierta vegetal, la escorrentía y al erosión del suelo, de la alternancia cultivo-abandono en parcelas experimentales. *Investigaciones Geográficas*, (en prensa).
- Benito Rueda, E. & Diaz Fierros, F.** (1989). Estudio de los principales factores que intervienen en la estabilidad estructural de los suelos de Galicia. *An. Edaf. Agrobiol.*, 48: 229-253.
- Braun-Blanquet, J.** (1964). *Pflanzensoziologie. Grützüge der Vegetationskunde*, Springer. Vienna.
- Braun-Blanquet, J. & Jenny, H.** (1926). Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpine Stufe der Zentralapen. *Schweiz. Naturf. Ges.*, 63 (2): 181-349.
- Cain, S.A., & de Olivera Castro, G. M.** (1959). *Manual of vegetation analysis*. Harper & Brothers. Nueva York.
- Cain, S.A.** (1938). The species-area curve. *American Midland Nature*, 9: 573-581.
- Caro Fernández, M.** (1982): Fertilidad actual y potencial de los suelos de la región de Murcia. CEBAS. Murcia. 47p.
- Cerdá Bolinches, A.** (1994): Arroyada superficial en terrazas de cultivo abandonadas. El caso del País Valenciano. *Cuadernos de Geografía*, 56: 135-154.
- Cerdá Bolinches, A.** (1998): El clima y el hombre como factores de la estabilidad estructural del suelo. Un estudio a lo largo de gradientes climático-altitudinales. *Cuaternario y Geomorfología*, 12, 3-4: 3-14.
- Chaney, K. & Swift, R.S.** (1984). The influence of organic matter on aggregate stability in some British soil. *J. Soil. Sci.*, 35: 223-230.
- Chapman, H.D.** (1969): Cation exchange capacity. Methods of soil analysis. *Americam Soc. Agronomy In.*, 1: 891-900.
- Cobertera, E.** (1993): *Edafología aplicada*. Ed. Cátedra, Madrid. 325 pp.
- Delgado, M.J.** (1998): *Suelos y Vegetación en los afloramientos volcánicos neógenos de la zona litoral del Sureste Peninsular*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. 275 pp. (CD-Rom).
- Desir, G.** (1998): Estabilidad de los agregados y erosionabilidad en suelos yesíferos del centro de la depresión del Ebro. En: *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*. A. Gómez y S. Franch (Eds.) Barcelona. 511-520.
- Duchaufour, Ph.** (1970): *Précis de Pédologie*. Masson & Cie. París.
- Ekwue, E.I.** (1991): Effects of peat content, rainfall duration and aggregate size on soil crust strength. *Earth Surface Processes and Lanforms*, 16: 485-498.
- Esteve, F.** (1975): *Vegetación y flora de las regiones central y meridional de la provincia de Murcia*. Publ. C.E.B.A.S., 451 pp. Murcia.
- Evans, R.** (1980): Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint. In: M.J. Kirkby and R.P.C. (Eds.), *Soil erosion*. Chichester, Wiley, 109-128.
- Farres, P & Couseu, M.** (1985): An improved method of aggregated stability measurement *Earth Surface Processes and Landforms*, 10, 321-329.
- FAO-UNESCO** (1998): *Soil Map of the world*, vol. 1.
- García Ruíz, J.M., Lasanta, T. & Sobrón, I.** (1988): Problemas de evolución geomorfológica en campos abandonados: el valle del Juberá (Sistema Ibérico). *Zubía*, 6, 99-104.
- García Ruíz, J.M., Ruíz Flaño, P., Lasanta, T., Monserrat, G., Martínez Rica, J.P. & Pardini, G.** (1991): Erosion in abandoned fields, what is the problem?. In: *Soil erosión studies in Spain* (M.Sala, J.L. Rubio & J.M. García Ruíz, Eds.), Geofoma Ediciones, 97-108, Logroño.
- Imeson, A.C.** (1984): An eco-geomorphological approach to the soil degradation and erosion problem. In: Fantechi, R. & Margaris, N.S. (Eds.): *Desertification in Europe*. D. Reidel publishing Co. Dodrecht, 110-125.
- Koorevaar, P., Menelik, G. & Dieksen, C.** (1983): Elements of soil physics. Elsevier Ed. 227 p.
- Lasanta, T.** (1988): The process of desertion of cultivated areas in the Central Spanish Pyrenees. *Pirineos*, 132: 15.36.
- Lasanta, T. & Ruiz Flaño, P.** (1990): Especialización productiva y desarticulación espacial en la gestión reciente del territorio en las montañas de Europa Occidental. En: *Geoecología de las áreas de montaña*. García-Ruíz, J.M., (Ed.). Geofoma Ediciones: 267-295, Logroño.
- López Bermúdez, F., Romero Díaz, A. & Martínez Fernández, J.** (1991): Soil erosion in a semi-arid mediterranean environment. El Ardal Experimental Field (Murcia, Spain). In: *Soil Erosión Studies in Spain*, M. Sala; J.L. Rubio & J.M. García Ruíz, (Eds.), Geofoma Ediciones, Logroño, 137-152.

- López Bermúdez, F., Romero Díaz, A., Martínez Fernández, J. & Martínez Fernández, J.** (1996): The El Ardal field site: soil and vegetation cover. In: *Mediterranean Desertification and Land Use*, C. Jane Brandt & John B. Thornes (Eds.), John Wiley & sons, Ltd.
- López Bermúdez, F., Romero Díaz, A. & Martínez Fernández, J.** (1998): El Ardal, Murcia, Spain. In: *Atlas of Mediterranean Environments in Europe. The Desertification context*. P. Mariota; J. Thornes and N. Geeson, Eds. J. Wiley. London, 114-115.
- Luk, S.H.** (1979): Effect of soil properties on erosion by wash and splash. *Earth Surface Processes and Landforms*, 4: 241-255.
- Marco Molina, J.A.** (1995): Colonización vegetal en terrazas de cultivo abandonadas en el SE peninsular. *XIV Congreso Nacional de Geografía*. Salamanca.
- Marco Molina, J.A., Olcina, J., Padilla, A. & Rico, A.** (1996): Abandono en terrazas de cultivo: recolonización vegetal y erosión en el SE peninsular. *IV Reunión Nacional de Geomorfología*. La Coruña.
- Marshall, T. J. & Holmes, J. W.** (1988): *Soil Physics*. Cambridge University Press, 344 pp.
- Martínez Fernández, J.** (1992): *Variabilidad espacial de las propiedades físicas de los suelos en medio semiárido mediterráneo*. Cuenca de la rambla de Perea. Murcia. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. 225 pp.
- Martínez Fernández, J., López Bermúdez, F., Martínez Fernández, J. & Romero Díaz, A.** (1995): Land use and soil-vegetation relationships in a Mediterranean ecosystem: El Ardal, Murcia, Spain. *Catena*, 25: 153-167.
- Martínez Fernández, J., López Bermúdez, F., Romero Díaz, A., Martínez Fernández, J. & Alonso Sarría** (1991): El matorral semiárido del sureste de España. Aportación metodológica para su evaluación. *Studia Ecologica*, VIII: 97-105.
- Martínez Fernández, J., Martínez Fernández, J., López Bermúdez, F. & Belmonte Serrato, F.** (1994): Crecimiento y producción primaria de *Rosmarinus officinalis* en relación con algunos factores ambientales. *Ecología*, 8: 177-183.
- Merzouk, A. & Blake, G.R.** (1991): Indices for the estimation of interrill erodibility of Moroccan soils. *Catena*, 18: 537-550.
- Morgan, R.P.C.** (1997): *Erosión y conservación de suelo*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 343 pp.
- Moyano, A., Gallardo J. F. & Prieto, A.** (1989). Evaluación del contenido de materia orgánica y su relación con los factores incidentes. *Options Mediterr.*, 3: 179-182.
- Padilla Blanco, A.** (1998): *Colonización vegetal en campos abandonados de la provincia de Alicante*. Universidad de Alicante, 382pp.
- Rodríguez Aizpeloza, J., Pérez Badía, R. & Cerdá-Bloinches, A.** (1991): Colonización vegetal y producción de escorrentía en bancales abandonados: Vall de Galliner, Alicante. *Cuaternario y Geomorfología*, 5: 119-129.
- Rojo Serrano, L.** (1996): Criterios para la restauración de tierras marginales desde la perspectiva de la administración. En: *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*. T.Lasanta Martínez & J.M. García-Ruíz, (Eds.), Sociedad Española de Geomorfología, 205-211. Logroño.
- Ruiz Flaño, P.** (1991): *Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo*. Geoforma Ediciones, S.A., Logroño.
- Smith, G.G., Foley, J.L. & Loch, R.J.** (1992). Effects of electrical conductivity of water used in wetting and in wet sieving on measured aggregate water stability. *Soil Technology*, 5: 177-184.
- Tisdall, J. M. & Oades, J. M.** (1982): Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soils Sci.*, 33: 141-163.
- Van Beers, W.F.J.** (1980): Soils and soil properties. In *Drainage Principles and Applications*, ILRI. Wageningen. 1: 33-73.
- Westhoff, V. & Maarel Van der, E.** (1978): The Braun-Blanquet Approach. 2nd Ed. In: Whittaker, R. H. (ed.). *Classification of Plant Communities*, 287-399. Junk, La Haya.