

**MEJORA DEL VALOR PASTORAL Y MEDIO-AMBIENTAL DE ZONAS
SEMIÁRIDAS DEGRADADAS MEDIANTE TÉCNICAS DE
REVEGETACIÓN, REMICORRIZACIÓN Y ACOLCHADO:
I. APLICACIÓN EN SUELOS YESOSOS (*Gypsic Regosol*)**

David BADIA VILLAS*

Clara MARTÍ DALMAU*

RESUMEN.—Se ponen en práctica diferentes técnicas de rehabilitación de suelos yesosos degradados: siembra de herbáceas, remicorrización y acolchado. Se analiza cómo estas técnicas, aplicadas en cuatro parcelas de 120 m² de superficie, influyen la erosión edáfica (medida con trampas *Gerlach*) y la cantidad y calidad vegetal (recubrimiento, valor pastoral, materia fresca y seca, análisis bromatológico y contenido mineral). La siembra de herbáceas incrementó la cobertura vegetal total de los suelos yesosos degradados y redujo su tasa de erosión. La materia vegetal fresca y seca, así como los productos no nitrogenados, aumentaron con este tratamiento mientras el contenido de proteínas, ceras y fibras apenas se modificó. La remicorrización no afectó significativamente ni a la cantidad ni a la calidad del conjunto de la vegetación. El acolchado de paja fue el tratamiento más efectivo contra la erosión e indujo a algunas mejoras tanto de la cantidad como de la calidad (mayor digestibilidad de las proteínas, menor contenido en lignina) del material vegetal.

ABSTRACT.—Gypiferous soils rehabilitation in semiarid degraded lands were studied. Sowing, remycorrhization and mulching techniques were applied on four

* Departamento de Agricultura. Escuela Universitaria Politécnica. Ctra. Zaragoza, km. 67. E-22071 HUESCA.

experimental plots of 120 m² in surface. These techniques of revegetation were prepared in order to assess its influence on soil erosion (measured with *Gerlach* boxes) and plant quantity and quality (vegetal recovery, fresh and dry matter, pastoral value, mineral content). Sowing increased total plant recovery in gypsiferous soils and reduced soil erosion. Dry and fresh plant matter and non structural carbohydrates increased with sowing but little variations were reflected on its proteins, fats or fibres content. Remycorrhization neither affected these parameters nor mineral content of harvested plants. Straw mulching was effective for erosion control on slopes and it increased significantly plant dry matter in reference at sowing treatment.

KEY WORDS.—Environmental rehabilitation techniques, pastoral value, gypsiferous soils, Bajo Cinca.

INTRODUCCIÓN

Las tierras áridas y semiáridas mantienen una productividad marginal e incierta y, a pesar de ello, son ocupadas por más de 700 millones de habitantes, con la consiguiente presión antrópica que sobre su medio físico se genera (PARR *et al.*, 1989). El sobrepastoreo, las talas indiscriminadas o los incendios, acciones combinadas con las precipitaciones erráticas pero intensas, pueden provocar importantes pérdidas de suelo y nutrientes. Esto es especialmente cierto en las primeras etapas que suceden a dichas perturbaciones (KUTIEL y KUTIEL, 1989; GIOVANNINI *et al.*, 1989; SOTO *et al.*, 1990; FERRAN *et al.*, 1991). En tanto en cuanto una cubierta vegetal o de hojarasca no ocupa una parte importante del suelo la erosión puede afectarlo gravemente, de ahí que un acolchado del mismo, aplicado de forma inmediata tras una perturbación, pueda constituirse en una técnica alternativa en zonas degradadas (BOODT *et al.*, 1977; VALLEJO *et al.*, 1993). Por otro lado, la recuperación vegetal puede verse limitada, junto a la falta de agua, por la escasez de semillas o la pobreza biológica de los suelos degradados (BAREA y HONRUBIA, 1993; JARSTFER y SYLVIA, 1993; MOLINA *et al.*, 1994). En este último aspecto, las micorrizas arbusculares (MA) desempeñan un importante papel en ecología y nutrición vegetal. Los hongos micorrízicos forman asociaciones mutualistas con más del 90% de las especies vegetales de zonas semiáridas (TRAPPE, 1981) y está aceptada su capacidad de estimular la captación de algunos nutrientes, en especial fósforo, y de incrementar la biomasa vegetal (COOPER, 1984; SMITH y GIANINAZZI-PEARSON, 1988). Por ello, puede ser fundamental en la rehabilitación de suelos degradados tanto la implantación de especies vegetales, con la adecuada capacidad germinativa (MARTÍ y BADIA, 1994), como la introducción de las micorrizas que puedan facilitar su reinstauración (ALLEN, 1989; BAREA y REQUENA, 1994; WHIPPS y LUMSDEN, 1989).

El objetivo general de este trabajo consiste en aplicar técnicas que permitan mantener el binomio productividad-sostenibilidad en agro-ecosistemas semiáridos (ARROYO, 1989; JAQUENOD, 1993). En concreto, se trata de compatibilizar el uso del territorio, a través del aprovechamiento puntual de la vegetación, con la conservación de los recursos suelo y agua. Se entiende que la recuperación de la cubierta protectora del suelo es un objetivo fundamental para reducir la desertización de estas zonas semiáridas. Las técnicas que deben ensayarse son: la introducción de inóculo esporal de micorrizas arbusculares y la aplicación de un acolchado de residuos vegetales, junto a la siembra de una mezcla de herbáceas de rápido crecimiento. Estas experiencias se llevan a cabo en suelos desarrollados sobre yesos (*Gypsic Regosol*), suelos ampliamente representados tanto en la comarca del Bajo Cinca (BADIA, 1989a) como en el conjunto de la Depresión Central del Ebro Medio (ALBERTO *et al.*, 1984; NIEVES y GÓMEZ, 1992).

METODOLOGÍA

El área de estudio

El área de estudio se localiza en la comarca del Bajo Cinca (sur de la provincia de Huesca), en lãs vertientes que parten de las plataformas estructurales encostradas, de morfología monegrina, hasta las terrazas cuaternarias del río Cinca (BADIA, 1989a; SANCHO MARCÉN, 1988). La zona recibe una pluviometría media de 318 mm (P) y una evapotranspiración de 832 mm (ETP); así, la relación P/ETP es característica de zonas semiáridas (UNESCO, 1977), como sucede con la mayor parte de la Depresión Central del Ebro Medio.

Para reflejar la variabilidad espacial de la zona de estudio se escogieron cuatro parcelas diferentes de manera que todas las técnicas de rehabilitación (tratamientos) se contrastaron por cuatuplicado. El conjunto de las parcelas experimentales fue localizado entre las coordenadas 41° 30'-31' long E y 0° 17'-18' lat N, todas ellas en pendientes de unos 20°, con orientación norte y a unos 200 m de altitud (s.n.m.). El dominio de vegetación en éstas corresponde a la asociación *Ononidetum tridentatae* Br.-Bl. et Bolòs, 1957, matorral bajo, gipsícola, en un avanzado estado de degradación por incendios y pastoreo, representada por el arnallo (*Ononis tridentata* L.). Más información sobre la vegetación de esta zona ha sido publicada previamente (BADIA, 1989b; BADIA *et al.*, 1993).

Los suelos presentan un perfil tipo A/C desarrollado sobre yesos; taxonómicamente pertenecen al subgrupo *Gypsic Regosol* de la leyenda FAO (1989), equivalente al *Xeric Torriorthent* de la clasificación americana (SSS, 1990). Los

suelos de cada una de las parcelas experimentales han sido exhaustivamente analizados (Tabla I), según la metodología oficial (MAPA, 1994), con las modificaciones pertinentes para suelos yesosos (PORTA, 1986).

Como podemos observar todos los suelos estudiados (muestra compuesta de cuatro submuestras para cada parcela experimental) son altamente yesosos, de reacción básica y, en general, pobres en materia orgánica y nitrógeno total, incluso en su fracción más superficial. Los iones alcalino-térreos, especialmente el calcio soluble, son abundantes, al contrario de lo que sucede con el fósforo. Los carbonatos y la caliza activa, relativamente bajos si se comparan con el resto de suelos de la zona, se correlacionan negativamente con el contenido en yeso. La humedad a saturación puede considerarse alta para este tipo de suelos (BADIA, 1989a; PORTA, 1986). Más información sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos suelos, así como las características de sus factores formadores, ha sido previamente publicada (BADIA, 1989a; BADIA y ALCANIZ, 1994).

Diseño experimental

Se dispone de cuatro parcelas (de 120 m²), bloques o repeticiones, lo que nos permite integrar la variabilidad espacial de la zona estudiada. El diseño experimental ha englobado el tratamiento de siembra de herbáceas, la introducción de micorrizas comerciales (remicorrización) y la de un acolchado de paja. En cada una de las parcelas (se indican con las referencias 1, 2, 3 y 4 por situarse en otras tantas laderas), convenientemente valladas para evitar la depredación de herbívoros, se dispusieron los indicados tratamientos (entre paréntesis se indican las abreviaturas que se utilizarán en el resto del texto):

- control o testigo (YC),
- siembra de herbáceas (YS),
- siembra con micorrizas (YSM) y
- siembra con micorrizas y acolchado (YSMA).

Las especies introducidas en la siembra fueron: *Medicago sativa* L., *Medicago truncatula* Gaertn., *Onobrychis viciifolia* Scop., *Vicia villosa* Roth, *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., *Dactylis glomerata* L., *Lolium rigidum* Gaud. y *Phalaris canariensis* (L.). La densidad de siembra, efectuada a finales de octubre, fue de 30 g m⁻² total, con pesos equivalentes por especie. La siembra de la mezcla de herbáceas se realizó en línea, siguiendo la perpendicular a la máxima pendiente. El inóculo esporal introducido se compuso de dos espe-

Parcela	Y1		Y2		Y3		Y4		Media	
	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30	0-15	15-30
Color Munsell (seco)	10YR8/2	10YR8/2	10YR7/3	10YR8/3	10YR7/4	10YR8/4	10YR8/3	10YR8/3	10YR7/3	10YR8/3
Color Munsell (húm.)	10YR6/3	10YR7/4	10YR6/6	10YR6/3	10YR5/6	10YR6/6	10YR6/4	10YR6/4	10YR6/5	10YR6/4
Humedad a sat. (%)	54,46	48,68	50,76	52,15	50,84	51,04	51,84	49,21	51,97	50,27
Agua útil (%)	9,4	11,1	27,5	25,3	14,7	15,1	16,4	21,9	17,0	18,3
Densid. ap. (Mg m ⁻³)	1,00	1,13	1,09	1,14	1,07	1,11	1,15	1,21	1,08	1,14
Element. gruesos (%)	16,4	18,1	24,4	17,7	22,1	40,5	33,1	38,5	24,0	28,7
pH (1:2,5) en agua	7,94	8,08	7,92	8,03	7,87	8,02	7,96	8,02	7,92	8,04
pH (1:2,5) en CLK	7,77	7,91	7,61	7,80	7,59	7,79	7,64	7,86	7,65	7,84
ΔpH	0,17	0,17	0,31	0,23	0,28	0,23	0,32	0,16	0,27	0,20
Carbonatos (%)	9,26	4,70	19,26	16,86	10,66	7,37	11,04	8,83	12,55	9,44
Caliza activa (%)	2,31	0,78	4,40	2,48	2,65	1,64	2,68	1,83	3,01	1,68
C orgánico (%)	1,288	0,530	1,242	0,641	1,256	0,648	1,201	0,641	1,247	0,615
Materia orgánica (%)	2,22	0,91	2,14	1,11	2,17	1,12	2,07	1,11	2,15	1,06
Nitrógeno total (%)	0,135	0,065	0,124	0,069	0,127	0,067	0,118	0,081	0,126	0,070
Relación C/N	9,54	8,15	10,01	9,30	9,89	9,67	10,18	7,92	9,90	8,76
P (Olsen, ppm)	1,4	0,3	1,5	0,3	0,7	0,3	0,7	0,6	1,07	0,37
Ca ⁺⁺ sol. (meq l ⁻¹)	16,00	14,50	17,39	16,55	16,43	14,59	17,31	16,10	16,78	15,43
Mg ⁺⁺ sol. (meq l ⁻¹)	2,30	2,06	2,51	2,35	2,36	2,01	2,49	2,30	2,41	2,18
Na ⁺ sol. (meq l ⁻¹)	0,58	0,57	0,83	1,15	0,80	0,59	0,69	0,61	0,72	0,73
CEc (25°C) (dS m ⁻¹)	3,14	2,74	3,30	3,24	3,14	2,71	3,01	2,81	3,15	2,87
RAS (meq l ⁻¹) ^{1/2}	0,19	0,20	0,26	0,37	0,26	0,20	0,22	0,20	0,23	0,24
Yeso (%)	63,3	76,3	50,8	66,6	68,5	74,2	60,9	77,2	60,9	73,6

Tabla I. Características físico-químicas de los suelos de las parcelas experimentales, a dos profundidades.

cies de micorrizas arbusculares (*Glomus* sp.) y material inerte de soporte, en una dosis de 120 mg/semilla. Las micorrizas se aplicaron superficialmente tras la siembra otoñal de la mezcla de herbáceas indicada. Con respecto al acolchado, se aportó una dosis elevada de paja de cebada (10 Mg ha⁻¹), cubriendo tanto el material fúngico como las semillas. Es remarcable que las especies introducidas no actuaron como invasoras en los alrededores de las parcelas experimentales.

Análisis de la vegetación

En cada una de las cuatro subparcelas experimentales se obtuvo la cobertura vegetal mediante la proyección de una malla cuadrículada (con luz de 5 cm y 1 m² de tamaño) sobre la superficie del suelo (*point quadrat method*). Se tomaron, en cada subparcela, dos medidas de 100 puntos cada una; se ofrece en este trabajo el valor medio de ambas (en porcentaje). Se diferenció entre suelo sin cobertura, pedregosidad superficial, hojarasca y recubrimiento de cada especie vegetal. Estas medidas se efectuaron siete meses después de la siembra, en la fase final del periodo vegetativo de las especies herbáceas (mayo de 1993). La denominación de las especies vegetales se establece siguiendo la clave de Bolòs *et al.* (1990).

Inmediatamente después de las medidas de cobertura se realizó la siega del conjunto de material vegetal (especies sembradas y autóctonas). La hierba se segó manualmente, con tijeras, a 1 cm de altura respecto al suelo. La hierba recogida se pesó en verde y se secó (24 h a 105°C) para así conseguir una medida de la producción. Además de la producción, se obtuvieron las características químico-bromatológicas de la hierba, tales como el contenido en proteína, grasa, fibra y carbohidratos, así como el calcio, fósforo y potasio. Estos análisis fueron realizados en el laboratorio del departamento de Agricultura y Economía Agraria de la Universidad de Zaragoza, según la metodología estándar:

- Proteína bruta, por digestión Kjeldahl.
- Proteína digestible, proteína soluble en pepsina-ácido clorhídrico.
- Digestibilidad de la proteína: proteína digestible respecto a la bruta (%).
- Fibra bruta, residuo insoluble en ácido sulfúrico 1,25% e hidróxido sódico 1,25% (método Weende).
- Extractivos no nitrogenados, obtenidos por la expresión (%)
ENN=100-(Humedad+Cenizas+Proteína+Grasa+Fibra brutas)
- Fibra y lignina detergentes, por el método de Van Soest.
- Grasa bruta, por extracción Soxhlet con éter etílico.

- Cenizas, por incineración a 550°C.
- Elementos minerales, por disolución de las cenizas en ácido nítrico-clorhídrico-agua (1-3-12) y medición en la solución del fósforo por colorimetría con vanato-molibdato, calcio por complexometría y potasio por espectrofotometría de absorción atómica.

Más información sobre la metodología utilizada en el análisis químico-bromatológico se ofrece, en detalle, en trabajos previos (AMELLA y FERRER, 1990).

Se evaluó el valor que el material cosechado podía tener como forraje, según el método del Valor Pastoral (DAGET y POISSONET, 1972), consistente en el cálculo del siguiente índice:

$$VP=0,2\sum[C_s \cdot I_s]$$

donde C_s es la contribución específica o abundancia de cada una de las especies vegetales, en porcentaje, e I_s , un índice de la calidad forrajera de cada una de estas especies. El valor de C_s fue obtenido a partir de la cobertura vegetal y el de I_s a partir de la bibliografía (ASCASO, 1990; ASCASO y FERRER, 1993). Las especies a las que se atribuyó un I_s superior a cero fueron: *Agropyron cristatum* (1), *Argyrolobium zanonii* (2), *Astragalus turolensis* (1), *Brachypodium retusum* (1), *Bromus sterilis* (1), *Dactylis glomerata* (4), *Hedysarum confertum* (1), *Hordeum vulgare* (5), *Hippocrepis multisiliquosa* (1), *Lolium rigidum* (1), *Medicago minima* (2), *Medicago sativa* (3), *Medicago truncatula* (2), *Onobrychis viciifolia* (3), *Phalaris canariensis* (1), *Stipa offneri* (1), *Vicia villosa* (2).

Análisis de la erosión del suelo

Para contrastar el efecto del incendio sobre la erosividad de los suelos se utilizaron trampas de sedimentos o *Gerlachs*, que ofrecen una medida continua de la erosión del suelo. Se instaló un *Gerlach* (de dimensiones de 50 x 16 x 16 cm) para cada subparcela y tratamiento. La superficie de recogida potencial de sedimentos (de 4 m²) se limitó con una lámina metálica de 1 m de longitud. Los sedimentos se recogieron cada 30 días aproximadamente, si bien en este trabajo se ofrece únicamente el total recogido durante el período de estudio (noviembre de 1993 a mayo de 1994, inclusive).

Tanto los datos de erosión como los de la vegetación son evaluados, estadísticamente, con el programa StatView 512 (versión 1.1), de Abacus Concepts, Inc. Se utiliza el análisis de varianza de las diferencias mínimas cuadráticas (con una $p < 0,05$) para contrastar la significatividad de las diferencias entre medias de los

distintos tratamientos. Se ofrece también la matriz de correlación entre los parámetros obtenidos del análisis químico-bromatológico de las plantas (con $p < 0,05$ y $p < 0,01$).

RESULTADOS

En las parcelas yesosas las especies autóctonas que tienen mayor importancia cuantitativa en el recubrimiento de la superficie edáfica son *Helianthemum syriacum* y *Brachypodium retusum*, aunque con una gran heterogeneidad espacial, como se refleja en la comparación de réplicas (Tabla II).

El recubrimiento vegetal total, tras casi dos años de la última perturbación del ecosistema (incendio), es de $15,9 \pm 7,1\%$ en las parcelas C (control o testigo). Este porcentaje es algo inferior al observado en la Catalunya Central (FERRAN *et al.*, 1991), en Andalucía Oriental (MAY, 1991) o en Israel (KUTIEL y KUTIEL, 1989) y mucho menor al de zonas del litoral catalán (PAPIÓ y TERRADAS, 1984; FONTANILLAS y CANADELL, 1987), litoral valenciano (VALLEJO, 1993) o sur de Francia (TRABAUD y PAPIÓ, 1987). En las parcelas con el tratamiento S (siembra de herbáceas), este mismo recubrimiento alcanzó el $40,0 \pm 8,5\%$, del cual dos terceras partes corresponden a las herbáceas sembradas. La importancia de la introducción de una mezcla de herbáceas, en este ambiente semiárido, con respecto al aumento de la cobertura vegetal es similar a la observada en zonas del Levante español (FERRAN, 1994). En las parcelas YSM y YSMA los resultados no son significativamente diferentes a los de la YS en cuanto a este parámetro. Entre las herbáceas sembradas destaca *Lolium rigidum*, con un recubrimiento medio próximo al 12%; el resto de plantas introducidas tiene una importancia similar, con un aporte de alrededor de un 5% del recubrimiento total para *Onobrychis vicifolia* y entre un 2-4% para cada una de las otras seis especies. En conjunto, con estos tratamientos, resta un 60% de la superficie edáfica sin cobertura vegetal, porcentaje algo superior al encontrado en suelos margosos (BADIA y MARTÍ, 1994; FERRAN, 1994).

En relación con la erosión hídrica, existe una negativa y significativa ($p < 0,01$) correlación entre erosión y cobertura vegetal ($r = -0,70$). La siembra de las herbáceas reduce hasta una cuarta parte las pérdidas de suelo por erosión laminar; con la aplicación de un acolchado de paja esta reducción llega a ser prácticamente siete veces mayor que el control. Este hecho se correlaciona con la contribución que las herbáceas sembradas ejercen en la cobertura del suelo (entre un 23 y un 28%), así como su disposición en el terreno, en líneas que

siguen la perpendicular a la máxima pendiente. En ningún caso, ni siquiera en las parcelas control, la cantidad de sedimentos recogidos puede calificarse como grave (SALA *et al.*, 1991; SALA y RUBIO, 1994). Es bien conocido que la erosión en zonas afectadas por incendios es más importante en los primeros meses después de la acción del fuego y especialmente en aquellos de gran intensidad (KUTIEL y KUTIEL, 1989; GIOVANNINI *et al.*, 1989; FERRAN *et al.*, 1991; TRABAUD, 1991; BENITO *et al.*, 1991; MARQUÉS, 1991). Por otro lado, la variación interanual en zonas semiáridas es tan grande que se requieren largas series de años para obtener resultados significativos (LÓPEZ-BERMÚDEZ *et al.*, 1991; MARQUÉS, 1991).

La introducción de una mezcla de semillas de herbáceas ha supuesto, junto a un mejor control de la erosión laminar, algunas modificaciones en la cantidad y calidad de la vegetación (Tabla III).

En conjunto, el valor pastoral llega a multiplicarse por diez con la introducción de las herbáceas y por veinte con el acolchado, siempre en referencia al testigo. Observamos un incremento del material vegetal fresco y seco al comparar cada tratamiento en cada una de las réplicas. Existe, sin embargo, gran variabilidad entre las parcelas (situadas en laderas distintas) utilizadas como réplicas, lo que limita la significatividad de estas diferencias. En valor absoluto, los datos de producción vegetal aquí obtenidos pueden representar valores del 0,1 al 1% de lo que producen los pastos pirenaicos o pre-pirenaicos (ASCASO, 1990; FERRER *et al.*, 1980). Además, la proporción de proteínas puede considerarse baja, al contrario de lo que sucede con la fibra. El contenido en fósforo y potasio es muy bajo, a diferencia del calcio, reflejo de la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo. La siembra de herbáceas ha inducido a un incremento significativo ($p < 0,05$) de los extractivos no nitrogenados, parámetro indicador de la calidad energética de la vegetación, que incluiría hemicelulosas, almidón y otras materias solubles libres de nitrógeno (glúcidos no estructurales). El contenido total de cenizas, del 11,3% en el testigo, disminuye hasta un 9,7% con la introducción de las herbáceas y hasta un 7,9% con la del acolchado.

Es de destacar que, en el tratamiento con acolchado (YSMA), la cobertura vegetal total es ligeramente más elevada que en el resto de tratamientos, si bien las herbáceas han contribuido menos a dicha cobertura. También se observa cómo la vegetación en este tratamiento tiene un porcentaje de humedad más bajo; así, en este caso la humedad es del 21,6% cuando en el resto de tratamientos supera el 26%. Este hecho va acompañado de un cierto incremento de la fibra y la digestibilidad de las proteínas. Así, la fibra neutro detergente pasa al

PLANTA / N.º DE CONTACTO	YC1	YC2	YC3	YC4	YS1	YS2	YS3	YS4	YSM1	YSM2	YSM3	YSM4	YSMA1	YSMA2	YSMA3	YSMA4
Suelo sin cobertura	41,5	77,5	67,5	61	45	37	54	38,5	58	45,5	49	42	2	0	0	0
Pedregosidad superficial	36	11	23	16	25,5	17	5,5	13	13	16	5	12,5	6	2,5	1	1
Hojarasca, ramas	1	1,5	0	0,5	1,5	0,5	0,5	2	1,5	2	1	2	57,5	55,5	59	45
Medicago sativa L.					0,5	2	2,5	1,5	1,5	2	4,5	2	1,5	0,5	1,5	1
Medicago truncatula Gaertn.					3	5	3,5	2,5	1,5	4,5	5	4,5	1,5	0	1	1
Onobrychis viciifolia Scop.					2,5	4,5	8	4	5,5	4,5	7	4	4,5	1,5	1,5	3,5
Vicia villosa Roth					2	5,5	4	1	2	2,5	4,5	2,5	5	0,5	1	2,5
Agropyron cristatum (L.) Gaertn.					2,5	0,5	1	0	2	2	0,5	0	0	0	0	0
Dactylis glomerata L.					1,5	4,5	1,5	1	1,5	0,5	5	2	4	1,5	2	1,5
Lolium rigidum Gaud.					8,5	8,5	15,5	7,5	9	8	10	7,5	9	12	11,5	13
Phalaris canariensis L.					1,5	3,5	2,5	1,5	0,5	5	2,5	1	3,5	0	2,5	3,5
Hordeum vulgare L.													0,5	20,5	15	19,5
Allium sphaerocephalon L.																
Argyrobolium zanonii (Turra) P. W. Ball																
Asterolinon linum-stellatum (L.) Duby											1,5				1	
Astragalus turoloensis Pau			5,5													
Atracylis humilis L.																
Bombycilaena erecta (L.) Smolj.																
Brachypodium retusum (Pers.) Beauv.	4		1	8,5				12,5			1,5	15	2		1	5,5
Bromus sterilis L.															1	0,5
Bupleurum baldense Turra																
Carduus tenuiflorus Curtis																
Centranthus calcitrapae (L.) Dufresne	1															
Cistus clusii Dunal			1							0,5						
Crepis vesicaria (L.)																
Dipcadi serotinum (L.) Medic.								0,5								
Eruca vesicaria (L.) Cav.																
Erucastrum nasturtifolium (Poiret) O. E.				0,5												
Euphorbia exigua L.																
Filago pyramidata L.	0,5							0,5	0,5							
Fumana ericoides (Cav.) Gandg.	1						1									

Tabla II. Porcentaje de cobertura ocupada por suelo, pedregosidad, hojarasca y cada una de las especies sembradas y autóctonas en las subparcelas experimentales.

PLANTA / N.º DE CONTACTO	YC1	YC2	YC3	YC4	YS1	YS2	YS3	YS4	YSM1	YSM2	YSM3	YSM4	YSMA1	YSMA2	YSMA3	YSMA4
<i>Fumana thymifolia</i> (L.) Spach	1,5					1,5						0,5				
<i>Galium parisiense</i> L.	1															
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC.		2	1			0,5	0,5	2		1				1		
<i>Hedysarum confertum</i> Desf.																
<i>Helianthemum hirtum</i> (L.) Mill.				3				4,5					0,5			
<i>Helianthemum marifolium</i> (L.) Mill.				3				1,5				0,5				
<i>Helianthemum squamatum</i> (L.) Pers.				0,5												
<i>Helianthemum syciacum</i> (Jacq.) Dum.-Cours.	8,5			5	3,5			5,5	1,5	3		2			1	1,5
<i>Herniaria fruticosa</i> L.		0,5														
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i> L.				0,5												
<i>Linum strictum</i> L.				0,5												
<i>Lithospermum fruticosum</i> L.		2														
<i>Malva aegyptia</i> L.																
<i>Medicago minima</i> (L.) L.																
<i>Narcissus assoanus</i> Duf.					0,5											
<i>Neostema apulum</i> (L.) I. M. Johnston																
<i>Ononis tridentata</i> L.		1				6,5					3	0,5				0,5
<i>Picris hispanica</i> (Wild.) P. D. Sell												1				
<i>Polygala rupestris</i> Pourr.	0,5								0,5							
<i>Quercus coccifera</i> L.														2,5		
<i>Reseda lutea</i> L.																
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	2,5		0,5	1	2	1		0,5	1,5				1	1		0,5
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	1		0,5										1,5			
<i>Silpha officiner</i> Breistr.		4				2				1,5				1		
<i>Teucrium polium</i> L.																
<i>Thymelaea tinctoria</i> (Pourr.) Endl.		0,5														
<i>Thymus vulgaris</i> L.												0,5				
C OBERTURA TOTAL (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cobertura vegetación (%)	21,5	10	9,5	22,5	28	45,5	40	46,5	27,5	36,5	45		34,5	42	40	54
Vegetación sembrada (%)	0	0	0	0	22	34	38,5	19	23,5	29	39	23,5	29	16	21	26

Tabla II. (Cont.)

Parámetro	SE	RVT	RVS	MVF	MVS	VP	Pb	Pd	(Pd/Pb)100	Gb	Fb	FND	FAD	LAD	ENN	CEN	Ca	P	K
	g m ⁻²	%	%	g m ⁻²	g m ⁻²		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
YC1	344,48	21,5	0	93,28	36,04	0,8	9,21	2,73	29,6	2,94	27,87	43,34	27,22	8,34	43,07	12,92	1,83	0,075	0,930
YC2	95,89	10,0	0	91,23	36,74	0,8	9,26	6,96	75,2	1,52	32,49	70,38	33,66	7,48	48,76	11,46	1,57	0,045	0,738
YC3	482,71	9,5	0	77,49	28,92	1,3	11,58	6,25	54,0	3,81	29,77	48,19	32,49	10,59	44,33	10,52	1,98	0,089	0,618
YC4	66,11	22,5	0	117,80	43,81	1,8	7,64	2,04	26,7	2,40	30,17	55,96	34,53	9,68	49,63	10,16	1,68	0,087	0,570
Media	247,3a	15,9a	0a	94,95a	36,38a	1,2a	9,42a	4,49a	46,4a	2,67a	30,07a	54,47a	31,97a	9,02ab	46,45a	11,26a	1,76a	0,074a	0,714a
YS1	117,73	28,0	22,0	127,45	43,37	7,5	8,76	2,27	25,9	3,16	24,33	41,26	31,40	11,79	52,29	7,97	2,08	0,076	1,092
YS2	51,89	45,5	34,0	92,22	41,64	14,6	9,78	7,00	71,6	1,98	28,68	57,16	31,65	6,26	50,00	9,56	1,93	0,053	0,822
YS3	51,93	40,0	38,5	87,97	38,76	14,4	12,00	8,39	69,9	3,19	23,50	46,75	26,51	12,06	50,35	10,96	1,96	0,078	0,803
YS4	45,16	46,5	19,0	182,80	65,16	9,8	9,75	3,90	40,0	1,910	26,23	52,87	30,41	8,95	51,61	10,50	1,71	0,096	0,709
Media	68,68b	40,0b	28,4b	122,61ab	47,23a	11,6b	10,07a	5,39a	51,8a	2,56a	25,68a	49,51a	29,99a	9,76ab	51,06b	9,75b	1,92a	0,076a	0,857a
YSM1	82,15	27,5	23,5	122,88	42,52	9,1	9,30	4,42	47,5	4,12	26,45	48,76	34,28	17,50	49,75	10,39	1,51	0,078	1,110
YSM2	28,38	36,5	29,0	187,82	63,87	10,4	10,76	4,70	43,7	2,05	23,38	42,15	28,41	22,07	52,35	11,50	2,09	0,072	1,026
YSM3	31,10	45,0	39,0	141,61	50,09	17,9	9,49	4,40	46,4	2,62	23,51	41,42	29,62	21,34	51,98	11,40	2,15	0,073	0,822
YSM4	14,05	43,5	23,5	195,28	78,82	12,7	8,35	5,16	61,8	1,70	33,83	66,45	37,08	5,84	50,29	9,83	1,08	0,082	0,623
Media	38,92b	38,1b	28,7b	161,90b	58,82ab	12,5b	9,47a	4,67a	49,8a	2,62a	26,79a	49,69a	32,35a	16,69b	51,09b	10,78ab	1,71a	0,076a	0,920a
YSMA1	50,41	34,5	29,0	125,11	42,16	12,8	8,47	5,98	70,6	3,01	29,01	55,65	32,92	6,38	50,26	9,25	1,23	0,108	0,942
YSMA2	22,06	42,0	16,0	175,22	81,36	25,7	9,77	7,49	76,7	1,90	29,04	60,44	30,89	5,17	52,44	6,85	1,40	0,098	0,948
YSMA3	53,77	40,0	21,0	128,72	68,37	22,6	6,57	4,54	69,1	2,23	26,56	63,47	30,15	4,45	57,48	7,16	1,22	0,083	0,791
YSMA4	21,83	54,0	26,0	91,86	95,20	29,3	6,55	4,64	70,8	1,74	29,42	67,12	33,51	4,84	54,06	8,24	1,04	0,080	0,948
Media	37,02b	46,6b	23,0b	155,23b	71,77b	22,6c	7,84a	5,66a	71,8b	2,22a	28,51a	61,67a	31,87a	5,21a	53,56b	7,87c	1,22a	0,092a	0,907a

Tabla III. Parámetros medidos en las parcelas experimentales: suelo erosionado (SE), recubrimiento vegetal total (RVT) y de las especies sembradas (RVS), materia vegetal fresca (MVF) y seca (MVS), valor pastoral (VP) y contenido en proteína bruta (Pb), proteína digerible (Pd), digestibilidad proteica [Pd/Pb x 100], grasa bruta (Gb), fibras (Fb, fibra bruta; FND, fibra neutro detergente; FAD, fibra ácido detergente), lignina ácido detergente (LAD), extractivos no nitrogenados (ENN) y minerales (Ca, calcio; P, fósforo; K, potasio). Letras diferentes en cada columna (parámetro) indican que las medias de los distintos tratamientos son significativamente diferentes, según análisis de la varianza ($p < 0,05$).

62% con el tratamiento del acolchado cuando era del 51% (como media de los tratamientos restantes); de igual forma, la digestibilidad de las proteínas pasa de 49% a 72%. Por otro lado, la cantidad de lignina se reduce del 12% al 5%. Esto puede ser debido, junto a la estimulación de la vegetación por mejora de la reserva hídrica del suelo (YUNUSA *et al.*, 1994), a que con la paja se incorporó involuntariamente cebada, que en el momento de su siega se encontraba prácticamente seca, como se deduce del elevado peso seco del material vegetal conjunto. Las simientes de cebada, que se encontraban con la paja que sirvió de acolchado, se desarrollaron con gran vigor dado que proceden de semilla previamente seleccionada para su cultivo en zonas semiáridas.

El tratamiento con micorrizas (YSM) afectó a alguno de los parámetros aquí analizados aunque de forma poco evidente. Así, se ha observado un cierto incremento de la cantidad de la materia vegetal fresca y seca para cada una de las parcelas, si bien la variabilidad entre ellas limita la significatividad del efecto del tratamiento. Estudios previos mostraban un incremento del porcentaje de micorrización de la vegetación de este tipo de suelos con el tratamiento de remicorrización (BARCELÓ *et al.*, 1994). Existe una correlación positiva y significativa ($p < 0,05$) entre el porcentaje de micorrización obtenido en dicho trabajo previo y la materia vegetal fresca ($r = 0,57$) y seca ($r = 0,54$), así como con los glúcidos no estructurales ($r = 0,56$) y el contenido en fósforo ($r = 0,50$) y potasio ($r = 0,58$). Hay que constatar que al inicio de esta experiencia, un año después de producirse el incendio, el *status* de micorrizas arbusculares, aunque algo inferior, se aproximaba al existente antes de dicha perturbación. Así, el número de esporas de estas micorrizas representaba el 67,2% en suelos yesosos con respecto a controles no quemados y en la misma época. Por otro lado, su diversidad equivalía a 3/4 partes de la original (BARCELÓ *et al.*, 1994). Estos datos pondrían en evidencia la resiliencia de las micorrizas arbusculares (PUPPI y TARTAGLINI, 1991; TARTAGLINI y PUPPI, 1992) frente al comportamiento general de los hongos después de un incendio (ARCARA y LULLI, 1972; VÁZQUEZ *et al.*, 1991), remarcando que se trata de un grupo trófico distinto al resto de la biomasa microbiana edáfica. Por ello, los resultados que observamos indicarían que existe una influencia del porcentaje de micorrización con la propia cantidad y calidad de las plantas pero al mismo tiempo la remicorrización apenas ha aportado modificación alguna de estos parámetros.

La obtención de la matriz de correlación entre los parámetros derivados del análisis químico-bromatológico de la vegetación pone en evidencia sus interrelaciones (Tabla IV).

Es de destacar que el valor pastoral se correlaciona, significativa y positivamente ($p < 0,01$), con la cantidad de materia vegetal seca, la digestibilidad de las proteínas y el porcentaje de extractivos no nitrogenados (glúcidos de tipo no estructural) y, negativamente, con el porcentaje de cenizas. Esto implica que, para este trabajo, al comparar el valor pastoral entre los diferentes tratamientos, se está utilizando un parámetro que integra cantidad y calidad de la vegetación. Por otro lado, la fibra obtenida por el método Weende (fibra bruta) se correlaciona positivamente con las fracciones de fibra (neutro y ácido detergente) obtenidas por el método de Van Soest (FND y FAD, respectivamente). Poca significatividad han tenido estas medidas de la fibra con el resto de parámetros debido a la homogeneidad en el contenido de la misma en las diferentes parcelas. En cuanto a los minerales, el calcio se correlaciona negativamente con la producción de materia seca, la digestibilidad de las proteínas y las fibras citadas, mientras que se correlaciona positivamente con la proteína bruta y la lignina. En cambio, ni el fósforo ni el potasio muestran correlación alguna con el resto de parámetros analizados. La mayor parte de las correlaciones encontradas han sido puestas en evidencia en trabajos previos (FERRER *et al.*, 1976).

CONCLUSIONES

La introducción de una mezcla de herbáceas para rehabilitar suelos yesosos (*Gypsic Regosol*) degradados de la Depresión Central del Ebro Medio ha supuesto:

— Un incremento significativo de la cobertura vegetal con la correspondiente reducción de la erosión de dichos suelos, en todos casos reducida.

— Un incremento de la cantidad de materia vegetal fresca y seca producida por unidad de superficie y de su calidad, reflejada en un aumento significativo del valor pastoral y de la cantidad de glúcidos no estructurales y un decremento del porcentaje de las cenizas.

La remicorrización ha supuesto pocas modificaciones de la calidad y la cantidad de la vegetación debido a la rápida recuperación de los hongos micorrízicos autóctonos tras la perturbación de los suelos estudiados. El acolchado ha comportado un aumento significativo de la producción de la vegetación (en seco), del valor pastoral y de la digestibilidad de las proteínas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado parcialmente por el Instituto de Estudios Altoaragoneses, de la Excm. Diputación Provincial de Huesca.

	MVF	MVS	VP	Pb	Pd	Pd/Pb	Gb	Fb	FND	FAD	LAD	ENN	CEN	Ca	P	K
MVF	1	0,89**	0,55*	-0,33	-0,19	0,02	-0,53*	0,01	0,22	0,21	0,03	0,56*	-0,32	-0,42	0,34	0,22
MVS	0,89**	1	0,77**	-0,48	-0,02	0,30	-0,62**	0,14	0,48	0,20	-0,27	0,66**	-0,54*	-0,62**	0,27	0,14
VP	0,55*	0,77**	1	-0,35	0,29	0,56*	-0,35	-0,16	0,32	-0,06	-0,22	0,75**	-0,66**	-0,47	0,23	0,28
Pb	-0,33	-0,48	-0,35	1	0,49	-0,01	0,36	-0,34	-0,54*	-0,46	0,46	-0,48	0,48	0,69**	-0,10	-0,05
Pd	-0,19	-0,02	0,29	0,49	1	0,86**	-0,11	0,15	0,31	-0,10	-0,19	-0,01	-0,09	-0,08	-0,13	-0,10
Pb/Pd	0,02	0,3	0,56*	-0,01	0,86**	1	-0,34	0,34	0,66**	0,14	-0,47	0,29	-0,38	-0,51*	-0,08	-0,05
Gb	-0,53*	-0,62**	-0,35	0,36	-0,11	-0,34	1	-0,37	-0,64**	-0,15	0,39	-0,41	0,19	0,35	0,24	0,25
Fb	0,0	0,14	-0,16	-0,34	0,15	0,34	-0,37	1	0,77**	0,75**	-0,67**	-0,29	-0,10	-0,61*	-0,03	-0,45
FND	0,22	0,48	0,32	-0,54*	0,31	0,66**	-0,64**	0,77**	1	0,60*	-0,74**	0,29	-0,42	-0,81**	-0,08	-0,33
FAD	0,21	0,20	-0,06	-0,46	-0,10	0,14	-0,15	0,75**	0,60*	1	-0,31	0,02	-0,27	-0,57*	0,05	-0,21
LAD	0,03	-0,27	-0,22	0,46	-0,19	-0,47	0,39	-0,67**	-0,74**	-0,31	1	-0,05	0,51*	0,66*	-0,18	0,30
ENN	0,56*	0,66**	0,75**	-0,48	-0,01	0,30	-0,41	-0,29	0,29	0,02	-0,05	1	-0,68*	-0,34	0,11	0,22
CEN	-0,32	-0,54*	-0,66**	0,48	-0,09	-0,38	0,19	-0,10	-0,42	-0,27	0,51*	-0,68**	1	0,50*	-0,37	-0,18
Ca	-0,42	-0,62**	0,47	0,69**	-0,08	-0,51*	0,35	-0,61*	-0,81**	-0,57*	0,66**	-0,34	0,50*	1	-0,33	0,01
P	0,34	0,27	0,23	-0,10	-0,13	-0,08	0,24	-0,03	-0,08	0,05	-0,18	0,11	-0,37	-0,33	1	-0,02
K	0,22	0,14	0,28	-0,05	-0,10	-0,05	0,25	-0,45	-0,33	-0,21	0,30	0,22	-0,18	0,01	-0,02	1

Tabla IV. Matriz de correlación entre los parámetros de la analítica vegetal: materia vegetal fresca (MVF) y seca (MVS), valor pastoral (VP) y contenido en proteína bruta (Pb), proteína digerible (Pd), digestibilidad proteica (Pd/Pb x 100), grasa bruta (Gb), fibras (Fb, fibra bruta; FND, fibra neutro detergente; FAD, fibra ácido detergente), lignina ácido detergente (LAD), extractos no nitrogenados (ENN), CEN (cenizas) y minerales (Ca, calcio; P, fósforo; K, potasio). La significatividad del coeficiente de correlación viene indicada con un asterisco para una $p < 0,05$ o con dos asteriscos para una $p < 0,01$, con un tamaño de muestra de $n = 16$.

Queremos agradecer la colaboración de Sergio Galindo, Eduardo Royes, Pedro Durán, Raúl Cristóbal y José Azorín, por participar en el montaje de las parcelas experimentales, en la recogida de sedimentos y vegetación; al Dr. Enric Gràcia, de la empresa Micología Forestal y Aplicada, por suministrarnos el inóculo fúngico; a los Dres. Joaquín Ascaso, Rosa M.^a Maestre y Jesús Terreros, de la Universidad de Zaragoza, por sus sugerencias en la discusión de los resultados referentes a las características bromatológicas de la vegetación; a Melchor Maestro, del CSIC, por su colaboración en las determinaciones analíticas edáficas. Finalmente, a la Fundación Ramón Areces y a Caja de Madrid queremos manifestar nuestro agradecimiento por su colaboración en el equipamiento experimental.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J.L.; POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ, J., 1984. *El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes*. Universidad de Zaragoza-Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.
- AMELLA, A. y FERRER, C., 1990. *Explotaciones de pastos en caseríos guipuzcoanos*. Ed. Amalca. Zaragoza.
- ALLEN, E. B., 1988. Some trajectories of succession in Wyoming Sagebrush Grassland: Implications for restoration. En: *The reconstruction of disturbed arid lands*. Allen, E. B. (ed.), pp. 89-112. Westview Press. Boulder, Colorado.
- ARCARA, P. G. y LULLI, L., 1972. Effetto dell'incendio sulle caratteristiche microbiologiche di un suolo forestale (rendzina). *Annali I.S.S.D.S.*, III: 157-167.
- ARROYOS, J. C., 1989. El secano aragonés ante las perspectivas de la política agraria común. En: *Jornadas sobre el futuro del secano aragonés*. D.G.A. Zaragoza. 198 pp.
- ASCASO, J., 1990. *Estudio fitocenológico y valoración de los recursos pastorales de las zonas forestales y arbustivas del Prepireneo aragonés*. Institución Fernando El Católico. Zaragoza. 152 pp.
- ASCASO, J. y FERRER, C., 1993. Valoración de los recursos pastables. En: *Valoración de los pastos del Alt Maestrat (Castellón)*. C. Ferrer (coord.). Generalitat Valenciana-Universidad de Zaragoza.
- BADIA, D., 1989a. *Los suelos de Fraga: cartografía y evaluación*. Colección de Estudios Altoaragoneses, n.º 30. Ed. Instituto de Estudios Altoaragoneses. Huesca. 208 pp.
- BADIA, D., 1989b. *Arbres i arbusts del Vedat de Fraga*. I.E.F. Huesca. 68 pp.
- BADIA, D.; MARTÍ, C.; ROYES, E. y GALINDO, S., 1993. La sucesión vegetal post-incendio en el dominio del coscojar. *Actas XI Bienal de la R.S.E.H.N.* Jaca.

- BADIA, D. y ALCANIZ, J. M.^o, 1994. Basal and specific microbial activity in semiarid agricultural soils: organic amendment and irrigation management effects. *Geomicrobiology Journal*, 11: 261-274.
- BADIA, D. y MARTÍ, C., 1994. Mejora del valor pastoral y medio-ambiental de zonas semiáridas degradadas mediante técnicas de revegetación, remicorrización y acolchado: II. Aplicación en suelos margosos (*Calcaric Regosol*). *Lucas Mallada*, 6: 37-54. Huesca.
- BARCELÓ, M.; BADIA, D.; GRACIA, E. y MARTÍ, C., 1994. Aplicación de endomicorrizas en la revegetación de suelos semiáridos afectados por incendios. *Studia Oecologica*, X-XI: 119-126.
- BAREA, J. M. y HONRUBIA, M., 1993. Micorrizas y revegetación. *Ecosistemas*, 4: 46-47.
- BAREA, J. M. y REQUENA, N., 1994. Recuperación de espacios degradados en ambientes mediterráneos: elección de especies, propagación y establecimiento de las plantas. *ITEA*, 15: 295-326.
- BENITO, E.; SOTO, B. y DÍAZ-FIERRROS, F., 1991. Soil erosion in NW Spain. En: *Soil erosion studies in Spain*. Sala, M.; Rubio, J. L. y García-Ruiz, J. M. (coord.). Geoforma Ediciones. Logroño. 228 pp.
- BOODT, M. DE; GABRIELS, D. y LENVAIN, J., 1977. Mulching as protection against erosion. *Proc. I.A.E.A.*, vol. I: 177-121.
- BOLÒS, O. DE; VIGO, J.; NINOT, J. M.^a; MASALLES, R., 1990. *Flora manual dels Països Catalans*. Ed. Pòrtic. Barcelona. 1.247 pp.
- COOPER, K. M., 1984. Physiology of VA mycorrhizal associations. En: *VA Mycorrhiza*; pp. 155-186. Edited by Powell, C. L. y Bagyaraj, D. J. CRC Press. Boca Ratón.
- DAGET, P. y POISSONET, J., 1972. Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des fourrages. *Fourrages*, 49: 31-39.
- FAO, 1989. *Soil map of the world*. Revised legend. World Resources Report, n.º 60. Roma. 138 pp.
- FERRAN, A., 1994. La restauración de la cubierta vegetal en condiciones mediterráneas. *ITEA*, 15: 327-334.
- FERRAN, A.; CASTELL, C.; FARRÀS, A.; LÓPEZ, L. y VALLEJO, V. R., 1991. Els efectes del foc en pinedes de la Catalunya Central. *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 59 (sec. Bot., 8): 129-143.
- FERRER, C.; AMELLA, A. y MAESTRO, M., 1976. *Relación entre la composición florística y la ecología de pastos estivales pirenaicos, con su valor nutritivo*. Trabajos del I.E.P.G.E., n.º 24. Zaragoza. 26 pp.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; OCAÑA, M., 1980. *Explotaciones de pastos en caseríos guipuzcoanos: I. La producción de hierba*. Trabajos del I.E.P.G.E., n.º 46. Zaragoza. 50 pp.
- FONTANILLAS, I. y CANADELL, J., 1987. Regeneració del sotabosc de les pinedes de pi blanc després d'un incendi. En: *Ecosistemes terrestres. La resposta als incendis i a d'altres perturbacions*. Quaderns d'Ecologia Aplicada, 10: 93-99.
- GIOVANNINI, G.; LUCHESI, S. y GIACHETTI, S., 1989. Beneficial and detrimental effects of heating on soil quality. En: *Fire in Ecosystem Dynamics. Mediterranean and Northern Perspective*. Goldammer, J. G. y Jenkins, M. J. (eds.), pp. 95-102. SPB Academic Publishing. The Hague.

- JAQUENOD, S., 1993. Política ambiental tras Maastricht. *Ecosistemas*, 4: 48-50.
- JARSTFER, A. G. y SYLVIA, D. M., 1993. Inoculum production and inoculation strategies for vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: *Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management*. F. Blaine Metting Jr. (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. 646 pp.
- KUTIEL, P. y KUTIEL, H., 1989. Effects of a wildfire on soil nutrients and vegetation in an Aleppo Pine Forest on Mount Carmel. *Pirineos*, 134: 59-74.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ROMERO-DÍAZ, M. A. y MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J., 1991. Soil erosion in a semi-arid mediterranean environment. El Ardal Experimental field (Murcia, Spain). En: *Soil erosion studies in Spain*. Sala, M.; Rubio, J. L. y García-Ruiz, J. M. (coord.). Geofoma Ediciones. Logroño. 228 pp.
- MAPA, 1994. *Métodos oficiales de análisis*. Vol. III. Dirección General de Política Alimentaria. Madrid.
- MARTÍ, C. y BADIA, D., 1994. Germinación de Cistáceas en condiciones de laboratorio. *Rev. ITEA*, n.º 15: 38-43.
- MAY, T., 1991. Observaciones y reflexiones sobre el comportamiento tras el fuego de algunas especies de la zona mediterránea de Andalucía Oriental. *Ecología*, 5: 125-134.
- MARQUÉS, M. A., 1991. Soil erosion research: experimental plots on agricultural burnt environments near Barcelona. En: *Soil erosion studies in Spain*. Sala, M.; Rubio, J. L. y García-Ruiz, J. M. (coord.). Geofoma Ediciones. Logroño. 228 pp.
- MOLINA, F.; ARIL, H. y MARRODÁN, J. I., 1994. Proceso de restauración de escombreras en las explotaciones a cielo abierto de Endesa, en la cuenca minera de Teruel. *ITEA*, 15: 335-346.
- NICOLSON, T. H. y JOHNSTON, C., 1979. Mycorrhiza in the Gramineae. III. *Glomus fasciculatum* as the endophyte of pioneer grasses in a maritime sand dune. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 72: 261-268.
- NIEVES, M. y GÓMEZ, V., 1992. Mapa de suelos de España del Atlas Nacional. *Actas III Congreso Nacional de la S.E.C.S.*: 486-488. Pamplona.
- PAPIÓ, C.; TERRADAS, J., 1984. *La regeneració de la vegetació després de l'incendi de juliol de 1982 al Massís del Garraf*. Dep. Ecología. U.A.B.
- PARR, J. F.; PAPENDICK, R. I.; HORNICK, S. B. y COLACICCO, D., 1989. Use of organic amendments for increasing the productivity of arid lands. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 3: 149-170.
- PORTA, J., 1986. *Técnicas y experimentos en Edafología*. Ed. Col. Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Barcelona. 282 pp.
- PUPPI, G. y TARTAGLINI, N., 1991. Mycorrhizal types in three Mediterranean communities affected by fire to different extents. *Acta Oecologica*, 12 (2): 295-304.
- SALA, M.; RUBIO, J. L. y GARCÍA-RUIZ, J. M., 1991. *Soil erosion studies in Spain*. Geofoma Ediciones. Logroño. 228 pp.

- SALA, M. y RUBIO, J. L., 1994. *Soil erosion as a consequence of forest fires*. Geoforma Ediciones. Logroño. 275 pp.
- SANCHO MARCÉN, C., 1988. *Geomorfología de la cuenca baja del río Cinca*. Tesis Doctoral. Facultad de Geología. Universidad de Zaragoza.
- SMITH, S. E. y GIANINAZZI-PEARSON, V., 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 39: 221-244.
- SOIL SURVEY STAFF, 1990. *Keys to soil taxonomy*. 4.^a ed. SMSS tech monograph, n.º 6. Blacksburg, Virginia. 422 pp.
- SOTO, B.; BENITO, E.; PÉREZ, R.; BASANTA, R.; DÍAZ-FIERROS, F., 1990. Alterations in surface runoff due to forest fires. *Proceedings of Int. Conf. on Forest Fire Research*. Coimbra, Portugal.
- TARTAGLINI, N. y PUPPI, G., 1992. Root and mycorrhizal dynamics after fire. En: *Responses of forest ecosystems to environmental changes*; pp. 849-850. Edited by Teller, A.; Mathy, P. & Jeffers, J. N. R. Elsevier Science Publishers. London.
- TRABAUD, L., 1991. Le feu est-il un facteur de changement pour les systèmes écologiques du bassin méditerranéen? *Secheresse*, 2: 163-174.
- TRABAUD, L.; PAPIÓ, C., 1987. Regeneració de les garrigues de Montpellier i Garraf. En: *Ecosistemes terrestres. La resposta als incendis i a d'altres perturbacions*. Quaderns d'Ecologia Aplicada, 10: 101-111.
- TRAPPE, J. M., 1981. Mycorrhiza and productivity of arid and semi-arid rangelands. En: *Advances in Food Producing Systems for arid and semi-arid lands*. Manassah, J. T. and Briskey, E. J. (eds.), pp. 581-599. Academic Press. New York.
- UNESCO, 1977. *World map of desertification*. En: United Nations Conference in Desertification. 11 pp. Document A/CONF 74/2. New York.
- VALLEJO, R., 1993. Restauración de zonas afectadas por incendios forestales en la Comunidad Valenciana: ensayos de especies autóctonas y técnicas de revegetación. *IV Jornadas de la A.E.E.T.* Alicante.
- VALLEJO, R.; BELLOT, J.; FERRAN, A.; LLOVET, J.; GUARDIA, R.; BONET, A., 1993. Revegetación de áreas quemadas en la Comunidad Valenciana. *Ecosistemas*, 4: 41-43.
- VÁZQUEZ, F. J.; ACEA, M. J. y CARBALLAS, T., 1991. Microbial response to wildfire soil transformations. *Proceedings of Symposium on soil erosion and degradation as a consequence of forest fires*. Barcelona & Valencia. 31 pp.
- WHIPPS, J. M. y LUMSDEN, R. D., 1989. *Biotechnology of fungi for improving plant growth*. Cambridge University Press. Cambridge.
- YUNUSA, I. A. M.; SEDGLEY, R. H. y SIDDIQUE, K. M. H., 1994. Influence of mulching on the pattern of growth and water use by spring wheat and moisture storage on a fire textured soil. *Plant and soil*, 160: 119-130.