

## INFLUENCIA DE LA ORIENTACION Y DE LA VEGETACION BRIOFITICA EN LA EVOLUCION DE ALGUNOS PARAMETROS EDAFICOS 3-5 AÑOS DESPUES DEL FUEGO

J. DE LAS HERAS<sup>1</sup>, J. GUERRA<sup>2</sup> y J. M. HERRANZ<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se realizó un estudio de la evolución del pH, CO<sub>3</sub>Ca total, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo asimilable, así como de las distintas fracciones granulométricas en suelos quemados por un incendio ocurrido en 1985, durante el período comprendido entre 32-63 meses después del fuego. La zona de estudio (monte Ardal, SW de la provincia de Albacete) fue dividida en dos subzonas (laderas con orientación norte y sur) y de cada una de ellas se tomaron muestras de suelo superficial a partir de dos estratos: suelo desnudo y bajo densos tapices briofíticos. De los resultados obtenidos se desprende que la vegetación briofítica colonizadora de suelos quemados actúa como una cubierta protectora minimizando los procesos de lavado, especialmente intensos en laderas con orientación sur, los cuales favorecen la pérdida de algunos elementos aportados tanto por las cenizas como posteriormente por la vegetación colonizadora y, por otro lado, promueven la fijación de nitrógeno, habiéndose constatado importantes incrementos en el contenido de este elemento bajo dichos tapices.

### INTRODUCCION

Existen numerosos trabajos que analizan la evolución de parámetros edáficos tras el fuego. Así, RAISON (1979) y KITUR & FRYE (1983) constataron que la adición de cenizas básicas procedentes de la vegetación quemada podía ocasionar un incremento en los valores de pH, contenido en sales y de materia orgánica durante los primeros meses después del fuego. TRABAUD (1986) evaluó el aumento moderado del pH tras el fuego en incendios provocados de la garriga francesa. Este mismo efecto fue descrito por IBÁÑEZ, *et al.* (1983), VEGA, *et al.* (1983) y TÁRREGA, *et al.* (1986) en diferentes ecosistemas mediterráneos de la Península Ibérica. La influencia de diferentes temperaturas en la evolución del contenido en materia orgánica de los suelos ha sido recientemente estudiada por GIOVANNINI & LUCCHESI

(1983). Dichos autores apuntan incrementos en el contenido de materia orgánica tras el fuego en incendios poco intensos, mientras que a altas temperaturas se constatan importantes pérdidas de materia orgánica. La estrecha relación existente entre el contenido en materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, hace que la evolución de ambos parámetros tras el fuego sea semejante (SAVAGE, *et al.*, 1972; ST. JOHN & RUNDEL, 1976; RAISON, 1979).

Con respecto al contenido en nitrógeno de los suelos, hay trabajos que señalan incrementos de hasta el 50% inmediatamente después del fuego (AUSTIN & BAISINGER, 1955; MROZ, *et al.*, 1980; TRABAUD, 1983). Otros estudios, por el contrario, constatan descensos en el contenido de nitrógeno tras el fuego en una proporción similar (BURNS, 1952). Estudios recientes (FORGEARD & FRENOT, 1987), indican que parte del nitrógeno es convertido en formas volátiles (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno) durante la pirólisis, si bien la importancia relativa entre los mismos aún no es bien conocida.

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal. E.T.S.I.A. de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha.

<sup>2</sup> Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universidad de Murcia.

Según datos aportados por DYRNESS (1963), VIRO (1974) y TÁRREGA, *et al.* (1986), tras un incendio tiene lugar un incremento en el contenido de P asimilable de los suelos. Ello se debe a la rápida mineralización de una porción de la materia orgánica existente, a causa de las altas temperaturas que se registran durante el incendio. Por el contrario, LOBO & IBÁÑEZ, 1985, apuntan una disminución en los valores de este parámetro debido a la destrucción de la materia orgánica durante el fuego.

De esta manera, se comprueba cómo son numerosos los factores que van a influir en la evolución de los suelos tras un incendio (vegetación preexistente, temperatura alcanzada por el suelo durante el fuego, orientación dominante, etc.), que van a determinar diferencias notables en la composición florística y cobertura de la vegetación colonizadora, así como en la dinámica de los suelos (HERRANZ, *et al.*, 1991). La influencia de la vegetación briofítica en la evolución de los suelos afectados por el fuego ha sido, asimismo, apuntada por DE LAS HERAS, *et al.*, 1992 y 1993). En estos trabajos se describe un mayor acúmulo de cenizas bajo tapiz briofítico en comparación con la existente en suelos sin briofitos así como una disminución de los procesos erosivos favorecida por la formación de extensos tapices briofíticos durante los primeros meses tras el fuego. Pese a toda esta información, escasos son, todavía, los datos existentes sobre la influencia de la vegetación briofítica en la evolución de los suelos quemados, a una escala temporal más amplia. En el presente estudio, se combinan ambos factores (orientación y vegetación briofítica) para explicar una diferente evolución de los suelos en un mismo incendio, atendiendo a la influencia de los mismos.

## ZONA DE ESTUDIO

El monte Ardal se encuentra situado en el Valle del río Tus (Sistema de sierras de Alcaraz-Segura-Cazorla). Este monte sufrió un incendio en 1985 que afectó a 1.450 hectáreas. Los datos termoplumiométricos de la estación de Yeste pueden aproximarse a los de Ardal, dada la proximidad existente entre ambas zonas (2 km). Así, la precipitación anual de la zona de estudio es de 518,1 mm (ombroclima seco) y la temperatura

media anual es de 13,1°C. El índice de termicidad calculado para esta estación ( $I_t=234$ ) indica que Ardal se sitúa en el piso bioclimático Mesomediterráneo superior.

Dentro de la relativa homogeneidad litológica de la zona de estudio, se pueden reconocer una serie de suelos formados a partir de materiales descarbonatados (RODRÍGUEZ-ESTRELLA, 1979) de entre los que caben ser destacados por su amplia distribución los leptosoles, kastanozems cálcicos, calcisoles háplicos y otros de aparición puntual, como los luvisoles crómicos y fluvisoles calcáricos (según sistemática de FAO-UNESCO, 1988).

La vegetación superior que rodea la zona de estudio está formada básicamente por carrascales continentales pertenecientes a la serie *Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae* S. (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987), si bien HERRANZ, *et al.* (1991) evidencian la presencia de la serie *Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae* en ciertos enclaves con sustrato arenoso. Tanto las laderas norte como las laderas sur de Ardal, no afectadas por el fuego, sustentan buenos pinares xerófilos en los que *Pinus halepensis* es la especie dominante, apareciendo mezclada con *P. pinaster* en muchas zonas. En las umbrías, bajo el dosel arbóreo de pinos y encinas, aparece un gran número de especies de la clase *Quercetea ilicis* tales como: *Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*, *Q. coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Viburnum tinus*, *Phillyrea angustifolia*, *P. latifolia*, *Arbutus unedo*, *Juniperus oxycedrus*, *Lonicera implexa*, *Daphne gnidium*, *Rubia peregrina*, *Clematis vitalba*, *Cytisus patens*, etc. Junto a estas especies aparecen otras que pueden abundar de forma local o que pasan a ser dominantes tras la regresión de las masas mixtas, entre las que cabe destacar *Rosmanirus officinales*, *Cistus monspeliensis*, *Brachypodium retusum*, etc. En las orientaciones de solana no afectadas por el fuego, el cuadro es muy similar al descrito, si bien se produce un empobrecimiento en especies características de *Quercetea ilicis* frente a un enriquecimiento en especies de *Ononido-Rosmarinetea*, llegando algunas de ellas a ser muy abundantes: *Thymus vulgaris*, *Cistus clusii*, *C. albidus*, *Argyrolobium zanonii*, *Stabelina dubia*, *Centaurea antennata*, *Helianthemum cinereum*, *H. hirtum*, *Fumana thymifolia* subsp. *glutinosa*, etc.

La vegetación briofítica existente en zonas no afectadas por el fuego en Ardal es muy homogénea en cuanto a composición florística se refiere, tanto en laderas norte como en vertientes con orientación sur. Esta puede asignarse a la asociación terrícola *Homalothecio aurei-Pleurochaetetum squarrosae* (DE LAS HERAS, *et al.*, 1991) y se caracteriza por la presencia de musgos pleurocárpicos (*Brachythecium velutinum*, *Eurhynchium meridionale*, *Homalothecium aureum*, *H. sericeum* y *Ctenidium molluscum*), musgos acrocárpicos (*Pleurochaete squarrosa*, *Tortula tortuosa*, *Tortua flavovirens*, etc) y hepáticas talosas (*Reboulia hemisphaerica* y *Targionia hypophylla*). Las comunidades dominantes a lo largo del estudio, que se corresponden con el período comprendido entre 32-68 meses tras el fuego, fueron caracterizadas por DE LAS HERAS, *et al.* (en prensa). Las especies más abundantes forman parte del grupo de las colonizadoras pioneras (*Funaria hygrometrica*, *Bryum bicolor* y *Barbula convoluta*) y de las especies netamente competitivas (*Bryum torquescens*, *B. capillare*, *B. dunense*, *Pseudocrossidium hornschiebianum*, *P. revolutum*, *Didymodon vinealis*, *D. acutus*, *D. insulanus*, *D. fallax*, *Barbula unguiculata*, *Weissia controversa*, *W. viridula*, etc.). Durante los muestreos de primavera se destaca la presencia de numerosas especies de musgos efímeros (*Cephaloziella divaricata*, *C. baumgartneri*, *Pterygoneurum ovatum*, *P. subsessile*, *Phascum cuspidatum* var. *piliferum*, *Pottia intermedia*, *P. starckeana*, *P. curvicolle*, *Acaulon triquetrum*, etc.).

MATERIAL Y METODOS

La inexistencia de trabajos previos que considerasen la relación briofitos-suelos a nivel general y, en menor grado, dentro de un contexto que implica la descripción de una evolución temporal tras el fuego, hace que la metodología empleada en el presente estudio haya que calificarla como totalmente nueva, excepción hecha de DE LAS HERAS *et al.* (1993 y en prensa), en donde se destacan los primeros datos obtenidos a partir de la aplicación de la misma. Para comparar la evolución edáfica y briofítica tras el fuego en función de la orientación, se dividió la zona de estudio en dos subzonas: Ardal N, en donde predominan laderas con neta orientación norte y Ardal S, en donde predominan las laderas con orientación sur (Tabla I). Cada una de estas subzonas fue muestreada a los 32, 39, 44, 52 y 63 meses después del fuego (31 meses en total), habiéndose realizado dos muestreos cada año, uno en primavera y otro en otoño. El primer muestreo se llevó a cabo en la primavera de 1988 y el último en otoño de 1991. En cada uno de los muestreos se tomaron de forma aleatoria muestras de suelo superficial, hasta una profundidad de 4 cm, correspondientes a dos estratos: muestras de suelo sin vegetación briofítica (estrato A) y muestras tomadas bajo densos tapices briofíticos (estrato B). En todos los casos, la pendiente media de los puntos de muestreo fue de 15°.

TABLA I  
CORRELACIONES ENTRE LOS VALORES DE PARAMETROS EDAFICOS Y TIEMPO (EN MESES) DESPUES DEL INCENDIO

	N-A	N-B	S-A	S-B
pH (H <sub>2</sub> O) .....	-0,1126	0,2855	0,5207	0,1795
pH (KCl) .....	0,381	-0,0121	0,7421	0,377
C.E. ....	-0,6515	-0,478	-0,7053	-0,5287
C.C.C. ....	0,8268*	0,9442*	0,6915	0,7966
Mat. org. ....	0,8066*	0,7103	0,1289	-0,8138*
Nt .....	-0,4874	0,4928	-0,7815*	-0,2755
P asim. ....	0,9309*	0,8511*	0,6415	0,1318
CCAT .....	0,0476	0,475	-0,7628	-0,1257
Arcillas .....	-0,7658*	-0,3708	-0,9434*	-0,6195
Limos .....	0,183	0,9449*	0,5642	0,8905*
Arenas f. ....	0,5883	-0,9481*	0,5906	-0,948*
Arenas g. ....	0,9854*	0,565	0,9343*	0,6423

\*: Significativa al 95%.

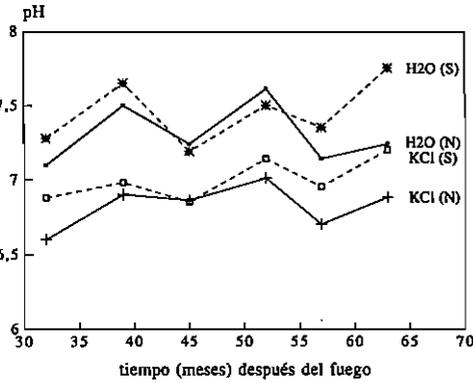


Fig. 1. Evolución del pH (medido en H<sub>2</sub>O y KCl) de las muestras de Ardal N y Ardal S, tomadas en suelo desnudo.

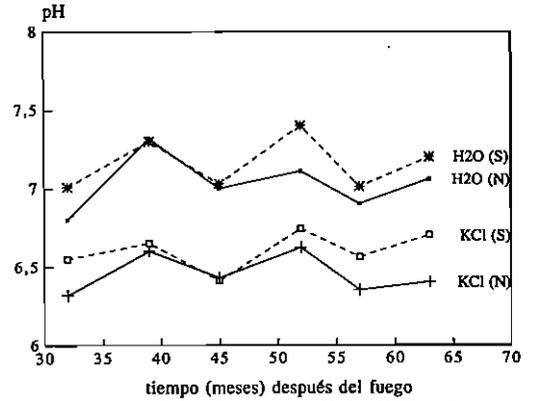


Fig. 2. Evolución del pH (medido en H<sub>2</sub>O y KCl) de las muestras de Ardal N y Ardal S, tomadas bajo tapiz briofítico.

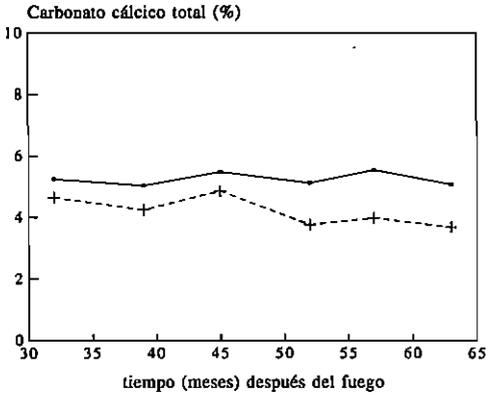


Fig. 3. Evolución del contenido en CO<sub>3</sub>Ca de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas en suelo desnudo.

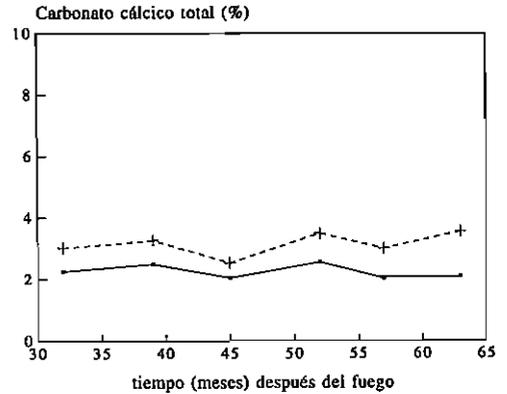


Fig. 4. Evolución del contenido en CO<sub>3</sub>Ca de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas bajo tapiz briofítico.

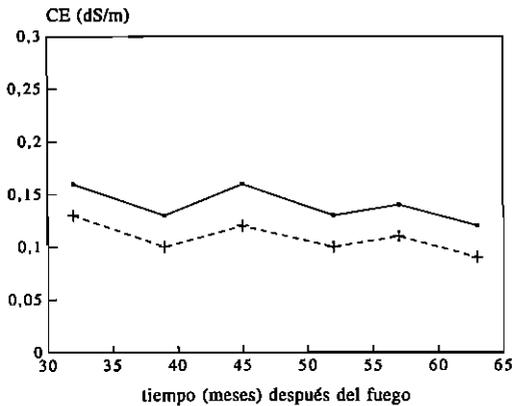


Fig. 5. Evolución de los valores de conductividad eléctrica de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas en suelo desnudo.

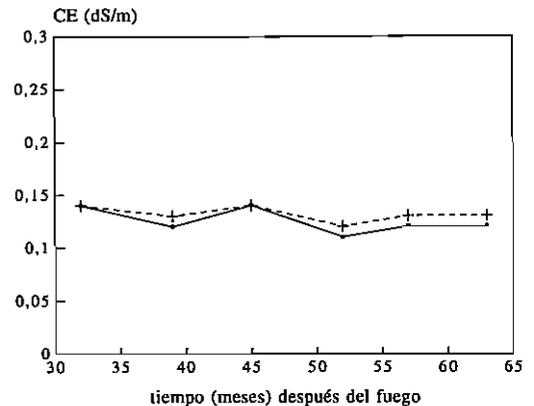


Fig. 6. Evolución de los valores de conductividad eléctrica de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas bajo tapiz briofítico.

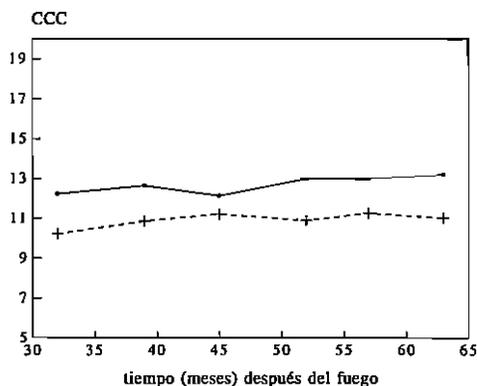


Fig. 7. Evolución de la capacidad de intercambio catiónico de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas en suelo desnudo.

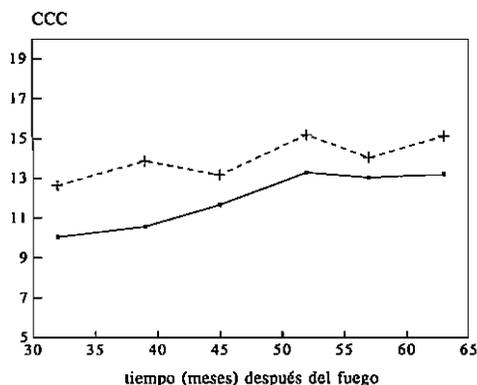


Fig. 8. Evolución de la capacidad de intercambio catiónico de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas bajo tapiz briofítico.

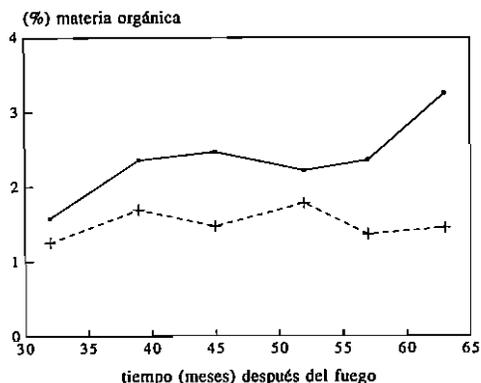


Fig. 9. Evolución del contenido en nitrógeno de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas en suelo desnudo

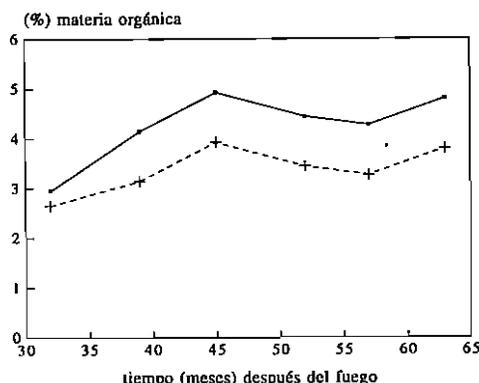


Fig. 10. Evolución del contenido en materia orgánica de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas bajo tapiz briofítico.

Cada una de las muestras de suelo fue desecada y tamizada a 2 mm. Posteriormente se procedió a la determinación de los siguientes parámetros: pH (según método de PEECH *in*: BONNEAU & SAUCHIER, 1987); conductividad eléctrica (mediante saturación con agua de la muestra y posterior filtración); contenido en materia orgánica (mediante determinación del porcentaje de carbono orgánico, según ANNE *in*: BONNEAU & SAUCHIER, 1987); contenido en nitrógeno total (según método de KJELDAHL *in*: BONNEAU & SAUCHIER, 1987); CO<sub>3</sub>Ca total; fósforo asimilable (mediante extracción con bicarbonato sódico y análisis colorimétrico, según OLSEN & WATANABE, 1954 y WATANABE & OLSEN, 1965); capacidad de intercambio catiónico (según METSON *in*: BONNEAU &

SAUCHIER, 1987). Por último, se realizó un análisis granulométrico de cada muestra, determinando las fracciones correspondientes de arcillas (partículas con diámetro <2µ), limos (2-50 µ); arenas finas (50-200 µ) y arenas gruesas (200 µ-2 mm).

Tras verificar que los datos obtenidos se ajustaban a una distribución normal, fueron sometidos a análisis de la varianza, con el fin de detectar diferencias significativas (P<0,05) entre los valores obtenidos para cada parámetro edáfico en función de la orientación así como a partir de la presencia o ausencia de tapiz briofítico sobre las muestras. Por otro lado, la evolución temporal de los diferentes parámetros edáficos fue evaluada mediante análisis de correlación.

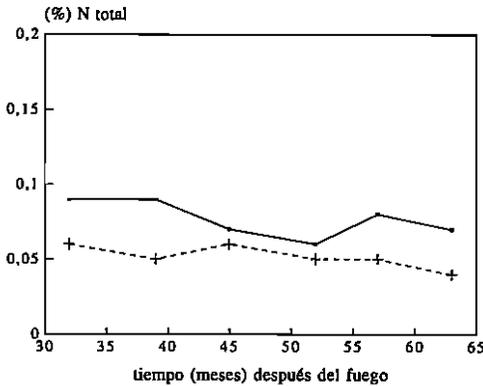


Fig. 11. Evolución del contenido en nitrógeno de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas en suelo desnudo.

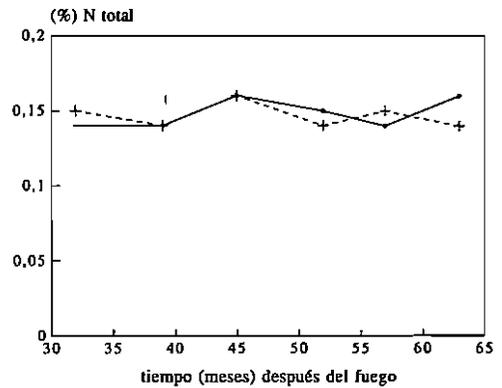


Fig. 12. Evolución del contenido en nitrógeno de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas bajo tapiz briofítico.

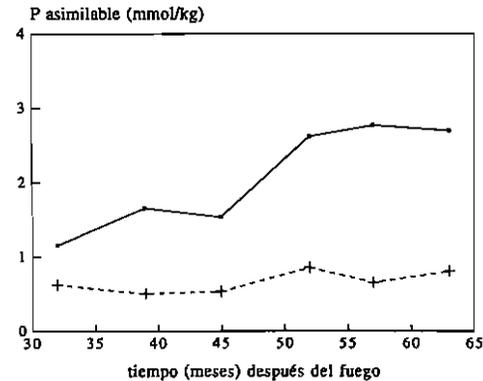


Fig. 13. Evolución de contenido en P asimilable de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas en suelo desnudo.

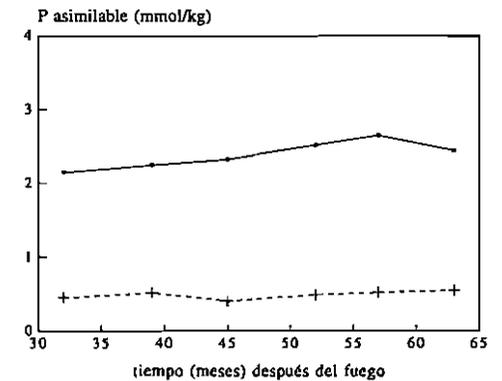


Fig. 13. Evolución de contenido en P asimilable de las muestras de Ardal N (línea continua) y Ardal S (línea discontinua), tomadas bajo tapiz briofítico.

## RESULTADOS

### pH

En la zona de estudio, la evolución de los valores de pH no varía significativamente con el tiempo en ninguno de los estratos de suelo considerados (Tabla I). El análisis de la varianza efectuado con los valores de pH obtenidos para Ardal N y Ardal S no reveló la existencia de diferencias significativas entre ambos conjuntos de datos. Sin embargo, en todos los casos se constató una oscilación estacional en la evolución de dichos valores, con descensos acusados en los muestreos de primavera con respecto a los de otoño (Figs. 1 y 2).

### CO<sub>3</sub>Ca total

Tanto en Ardal N como en Ardal S, la evolución del contenido en carbonato cálcico con respecto al tiempo transcurrido tras el fuego fue estable (Tabla I), si bien el ANOVA realizado registró diferencias significativas entre estratos. Así, bajo tapiz briofítico, el contenido en carbonato cálcico de las muestras fue significativamente más bajo que en suelo desnudo para ambas laderas, si bien en el caso de Ardal N dichas diferencias fueron más importantes que en Ardal S (Figs. 3 y 4). El contenido de carbonato cálcico de las muestras tomadas bajo tapiz briofítico en Ardal N fue ligeramente inferior al de Ardal S a lo largo de todo el estudio, mientras que el contenido de

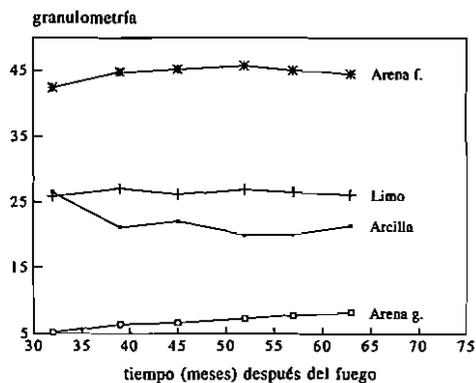


Fig. 15a.

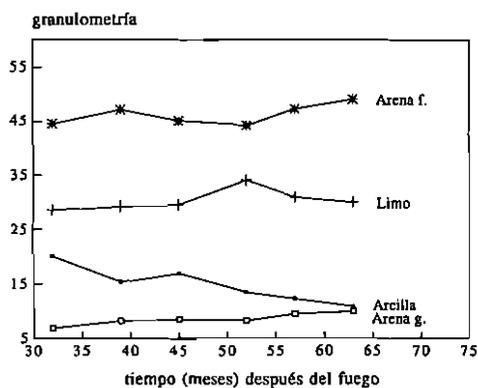


Fig. 15b.

Fig. 15. Evolución de la textura de las muestras de Ardal N (a) y Ardal S (b), tomadas en suelo desnudo.

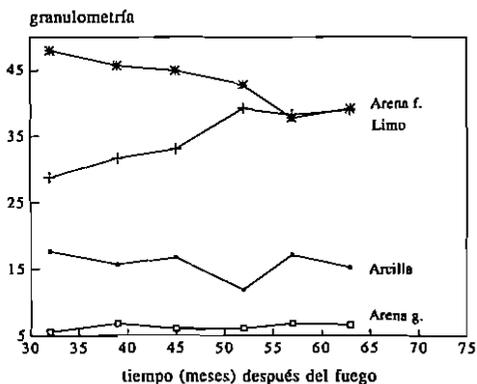


Fig. 16a.

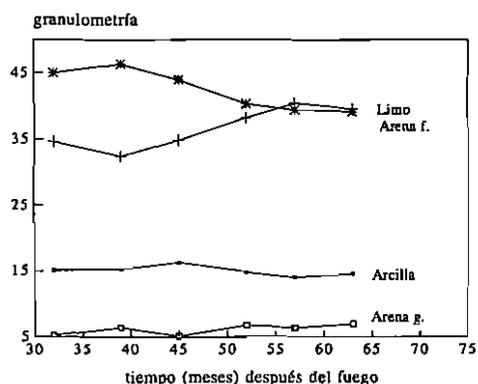


Fig. 16b.

Fig. 16. Evolución de la textura de las muestras de Ardal N (a) y Ardal S (b), tomadas bajo tapiz briofítico.

carbonato cálcico de las muestras tomadas en suelo desnudo fue sensiblemente superior en Ardal N frente a Ardal S, a lo largo del seguimiento.

### Conductividad eléctrica (C.E.)

La evolución del contenido en sales y, por tanto, de los valores de conductividad eléctrica de las muestras fue estable con respecto al tiempo en todos los casos (Tabla I). Se observaron, sin embargo, diferencias significativas (a partir del ANOVA realizado) entre los valores de conductividad eléctrica cuando se compararon aquellos obtenidos en suelo desnudo (Fig. 5) frente a los de las muestras tomadas bajo tapiz briofítico

(Fig. 6). En el primer caso, los valores de C.E. en Ardal N fueron significativamente superiores a los de Ardal S en todos los muestreos. En el segundo caso, los valores de C.E. fueron muy semejantes en ambas laderas repitiéndose, incluso, los valores obtenidos en los muestreos efectuados 32 y 45 meses después del fuego (Fig. 6).

### Capacidad de intercambio catiónico (C.C.C.)

La evolución de los valores de C.C.C. presentó una tendencia creciente a lo largo del estudio en todos los casos, siendo las mismas significativas en las muestras de Ardal N (Tabla I). En Ardal S, los valores de C.C.C. obtenidos para las muestras bajo tapiz briofítico (Fig. 8) fueron, asimismo,

significativamente superiores a aquéllas tomadas en suelo desnudo (Fig. 7). Por el contrario, en Ardal N, los valores de C.C.C. obtenidos para las muestras tomadas bajo tapiz briofítico fueron sensiblemente inferiores a los de aquéllas tomadas en suelo desnudo.

### Materia orgánica

La evolución del contenido en materia orgánica de los suelos de Ardal presentó una tendencia marcadamente creciente con respecto al tiempo transcurrido tras el fuego, que fue especialmente significativa en las muestras tomadas en suelo desnudo de Ardal N y en las muestras tomadas bajo tapiz briofítico en Ardal S (Tabla I). El ANOVA realizó mostró que tanto en suelo desnudo (Fig. 9) como bajo tapiz briofítico (Fig. 10), el contenido en materia orgánica de las muestras de suelo fue significativamente superior en Ardal N con respecto a Ardal S.

### Nitrógeno total

Tan sólo en las muestras tomadas en suelo desnudo de Ardal S se observó una tendencia significativa en la evolución temporal del contenido en nitrógeno, la cual fue decreciente, tal y como puede comprobarse en la Tabla I. En el resto de los casos se observó una cierta estabilidad temporal en la evolución de los valores de nitrógeno obtenidos (Figs. 11 y 12). Las mayores diferencias destacables han de ser referidas a la presencia o no de tapiz briofítico. Así, tanto en Ardal N como en Ardal S, el contenido de nitrógeno total fue significativamente superior bajo tapiz briofítico (Fig. 12) que en las muestras tomadas en suelo desnudo (Fig. 11), hecho éste estadísticamente refrendado por el ANOVA realizado considerando ambas poblaciones de datos. Asimismo, es importante destacar la homogeneidad existente en el contenido de nitrógeno bajo tapiz briofítico a lo largo del tiempo, en la comparación entre laderas.

### P asimilable

Los valores de P asimilable presentaron un incremento progresivo a lo largo del estudio, en las muestras de Ardal N (Figs. 13 y 14). Dicha tendencia fue estadísticamente significativa en las

muestras tomadas en suelo desnudo (Tabla I). Por otro lado, en Ardal N el contenido de P asimilable fue significativamente superior al de las muestras tomadas en Ardal S, tanto bajo tapiz briofítico como en suelo desnudo. Por último, es reseñable la estabilidad temporal del contenido en P asimilable en las muestras tomadas bajo tapiz briofítico, en donde las variaciones durante el estudio fueron mínimas.

### Granulometría

Las arcillas disminuyeron con respecto al tiempo transcurrido tras el fuego en todos los casos, si bien en las muestras tomadas bajo tapiz briofítico (Figs. 16 a y b) dicha tendencia no fue tan intensa como en aquéllas tomadas en suelo desnudo (Figs. 15 a y b), tal y como reflejan los valores de correlación obtenidos (Tabla I). En el caso de la fracción limos, se experimentó un incremento significativo bajo tapiz briofítico en ambas laderas (Figs. 16 a y b; Tabla I), mientras que la evolución que presentaron fue mucho más estable en las muestras tomadas en suelo desnudo para ambas laderas. La fracción arenas finas disminuyó significativamente bajo tapiz briofítico tanto en Ardal N como en Ardal S (Tabla I) mientras que aumentó ligeramente en las muestras tomadas en suelo desnudo. Por último, la evolución de las arenas gruesas no experimentó grandes variaciones con respecto al tiempo transcurrido tras el fuego, en las muestras tomadas bajo tapiz briofítico, mientras que aumentaron significativamente (Tabla I) en aquéllas tomadas en suelo desnudo, en ambas laderas.

### CONCLUSIONES

En Ardal la estabilidad del pH de los suelos con respecto al tiempo, tanto en laderas con orientación norte como en laderas con orientación sur, indica que el previsible incremento en el valor de dicho parámetro debido al aporte de cenizas básicas procedentes de la vegetación quemada (RATSON, 1979) ha debido tener lugar de forma inmediata al incendio y sus efectos no son ya detectables 32 meses después del fuego. Las pequeñas oscilaciones estacionales detectadas a lo largo del estudio son debidas a la mayor actividad biológica de los suelos durante la primavera (DUCHAUFOR & SAUCHIER, 1987). Los procesos respirato-

rios que liberan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> producen una pequeña acidificación del entorno y, por tanto, durante este período, disminuye el pH edáfico en relación a otros períodos del año en los que dicha actividad se ve disminuida. Así, bajo tapiz briofítico, las oscilaciones estacionales de los valores de pH son más acusadas que en las muestras tomadas en suelo desnudo, debido a la elevada actividad respiratoria de los rizoides briofíticos (DE LAS HERAS, 1992).

El bajo contenido en caliza total, sales y fósforo asimilable en las muestras de suelo de Ardal S con respecto a las de Ardal N indican que los procesos de lavado que tuvieron lugar tras el fuego en estos suelos fueron superiores en laderas orientadas al sur. La menor cobertura vegetal de estas laderas permite una mayor incorporación de elementos solubles a las aguas de escorrentía, e induce, además, a una mayor lixiviación de los mismos en profundidad. La presencia de tapices briofíticos minimiza estos procesos y, así, la estabilidad en la evolución con respecto al tiempo transcurrido tras el fuego de los parámetros citados es superior en las muestras de suelo tomadas bajo tapiz briofítico a la de aquellas tomadas en suelo desnudo, para ambas orientaciones.

Si en estos parámetros se observan diferentes tendencias en la evolución de los valores obtenidos de los mismos en función de la orientación dominante, en el caso de la evolución de las fracciones granulométricas estas diferencias se hacen todavía más patentes en el caso de Ardal S. Así, se constató una importante pérdida de elementos finos (arcillas, fundamentalmente) a lo largo del estudio en las muestras de Ardal S de manera más intensa que en Ardal N. Sin embargo, bajo tapiz briofítico, se observó una mayor estabilidad en la evolución del contenido en arcillas de los suelos, tanto a nivel global como a nivel estacional. La presencia de un tapiz briofítico tras el fuego, por tanto, disminuye las pérdidas de elementos más finos, por escorrentía.

El aporte previsible de materia orgánica tras el

fuego, constatado por numerosos autores (CHRISTENSEN, 1973; KUTIEL & NAVEH, 1987) puede comprobarse en el presente estudio. Sin embargo, el superior contenido de materia orgánica en Ardal N con respecto a Ardal S, es el resultado de los aportes provenientes de la vegetación colonizadora, mucho más abundante en laderas con orientación norte (HERRANZ, *et al.*, 1991), no pareciendo afectar al proceso de forma significativa la presencia o ausencia de tapices briofíticos. Este hecho influye decisivamente en la evolución de parámetros directamente relacionados con el contenido en materia orgánica de los suelos como son la capacidad de intercambio catiónico y nitrógeno. Es, sin embargo, en los valores obtenidos de nitrógeno total así como en la evolución constatada de los mismos, en donde la presencia de tapices briofíticos formados por especie colonizadoras pioneras (*Funaria hygrometrica*, *Bryum bicolor* y *Barbula convoluta*) y numerosas especies de musgos de ciclo de vida corto (*Didymodon* sp.pl., *Weissia* sp.pl., *Trichostomum brachydontium*, *Bryum torquescens*, etc.) parece influir de forma más notable. Así, bajo tapiz briofítico y, tanto en Ardal N como en Ardal S, el contenido de nitrógeno total fue significativamente superior al de las muestras tomadas en suelo desnudo. De esta manera, se puede asegurar que la vegetación briofítica presente en los estadios iniciales de la sucesión vegetal tras el fuego, actúa como una cubierta protectora que previene las pérdidas de nitrógeno, cuya fracción inorgánica puede ser evacuada del ecosistema por lavado. Por otro lado, la probable asociación de algunas especies de algas cianofíceas con los rizoides de especies briofíticas, como *Funaria hygrometrica* (RODGERS & HENRIKSON, 1976; SOUTHORN, 1977; BRASELL, 1984; BRASELL *et al.* 1986), promueven la fijación de nitrógeno bajo estos tapices, de manera que, 2-6 años después del fuego se constata un incremento muy notable en el contenido de este elemento bajo estos tapices, el cual contrasta con el decrecimiento constante de dichos valores en suelos sin cobertura briofítica.

## SUMMARY

The dynamics of pH, total CO<sub>3</sub>Ca, electric conductivity, cationic exchange capability, organic matter, total nitrogen, available phosphorous and granulometry was studied in burnt soils during 32-63 months after fire in Ardal, a site located in the Alcaraz-Segura-Cazorla Range (SW of the Albacete province, SE Spain). The study zone was divided in two subzones (northern and southern exposures) and in each one soil samples considering two different layers, were taken: samples of bare soil and samples under dense bryophyte turfs. The results obtained indicate that bryophyte colonizing vegetation acts as a preventive layer of runoff nutrient losses and lixiviation and also improves nitrogen fixation, reaching high amounts of nitrogen during this stage of succession under bryophytes.

## BIBLIOGRAFIA

- AUSTIN R. C. & BAISINGER S. 1955: «Some effects ob burning on forest soils of western Oregon and Washington». *Jour. Forestry*, 53-275-280.
- BONNEAU M. & SOUCHIER B. 1987: *Edafología 2. Constituyentes y propiedades del suelo*. PH. DOUCHAFOUR & B. SOUCHIER (eds.) 461 pp. Masson.
- BRASELL H. M. 1984: «Nitrogen fixation associated with colonizing bryophytes». In: C. VEEGER & W. W. NEWTON (eds.). *Advances in Nitrogen Fixation Research*. Nijhoff/Junk. The Hague.
- BRASELL H. M.; DAVIES S. K. & MATTAY J. P. 1976: «Nitrogen fixation associated with bryophytes colonizing burnt sites in southern Tasmania, Australia». *J. Bryol.*, 14: 139-149.
- BURNS P. Y. 1952: «Effect of fire on forest soils in the pine barren region of New Jersey». *Yale Univ. Sch. Forestry Bull.*, 57. 50 pp.
- CHRISTENSEN N. L. 1973: «Fire and the nitrogen cycle in California Chaparral». *Science*, 181(4094): 66-68.
- DE LAS HERAS J. 1992: *Estudio sobre la colonización briofítica y la evolución edáfica post-incendio en bosques mediterráneos (Albacete, SE de España)*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 795 pp.
- DE LAS HERAS J.; GUERRA J. & HERRANZ J. M. 1991: «Changes in floristic diversity and fugacity of bryophytes in burnt sites of SE Spain». *Lindbergia*, 17: 11-16.
- DE LAS HERAS J.; GUERRA J.; HERNÁNDEZ J. & HERRANZ J. M. 1992: «Synchronic study of the bryophytic vegetation of five burnt zones in SE Spain». *Vegetatio*.
- DE LAS HERAS J.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.; HERRANZ J. M. y DEL POZO E. 1993: «Erosión tras incendio en el SE de España: protección de los suelos por la cubierta vegetal colonizadora durante las primeras etapas de la sucesión». *Ecología*, 7: 3-10.
- DE LAS HERAS J.; GUERRA J. & HERRANZ J. (en prensa): «Stages of bryophyte succession after fire in Mediterranean Forests (SE Spain)». *Int. J. Wildland Fire* 4(1).
- DUCHAFOUR P. H. & SAUCHIER B. 1987: *Manual de Edafología*. Toray Masson, S. A. (eds.). Barcelona.
- DYRNESS C. T. 1963: «Effect of burning on soil». *Proc. Watershed Manage. Symp.* Oregon State University. Corvallis, Oregon.
- FAO-UNESCO 1988: *Soil Map of the World. Revised Legend*. Roma.
- FORGEARD F. & FRENOT Y. 1987: «Suivi de quelques caractéristiques physico-quimiques d'un sol de lande à *Ulex europaeus* après un incendie de printemps». *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 24(4): 715-728.
- GIOVANNINI G. & LUCCHESI S. 1983: «Effect of fire on hydrophobic and cementing substances of soil aggregates». *Soil Science*, 136(4): 232-236.
- HERRANZ J. M.; DE LAS HERAS J. y MARTÍNEZ J. J. 1991: «Efecto de la orientación sobre la recuperación natural tras el fuego en el valle del río Tús (Yeste, Albacete)». *Ecología*, 5: 111-123.
- IBÁÑEZ J. J.; LOBO M. C.; ALMENDROS G. y POLO A. 1983: «Impacto del fuego sobre algunos ecosistemas edáficos de clima mediterráneo continental en la zona centro de España». *Bol. Est. Cent. Ecol.*, 7(14): 27-42.

- KITUR B. K. & FRYE W. W. 1983: «Effects of heating on soil chemical properties and growth and nutrient composition of corn and millet». *Soil Soc. Am. J.*, 47: 91-94.
- KUTIEL P. & NAVEH Z. 1987: «Soil properties beneath *Pinus halepensis* and *Quercus calliprinos* trees on burned and unburned mixed forest on Mt. Carmel, Israel». *Forest ecology and Management*, 20: 11-24.
- LOBO M. C. & IBÁÑEZ J. J. 1985: «Aportaciones al estudio de la estructura del sistema trófico en suelos afectados por incendios forestales. Aplicación del sistema de electroultrafiltración». *Anales de Edaf. y Agrobiol.*, XLIII (11-12): 1527-1544.
- MROZ G. D.; JURGENSEN M. F.; HARVEY A. E. & LARSEN M. 1980: «Effects of fire on nitrogen in forest floor horizons». *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 395-400.
- OLSEN S. R. & WATANABE F. S. 1958: «Solubility of Calcium carbonate in calcareous soils». *Soil Sci.*, 88: 123-129.
- RAISON R. J. 1979: «Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformation: a review». *Plant and Soil*, 51: 73-108.
- RIVAS-MARTÍNEZ S. 1987: *Mapa de series de Vegetación de España*. Hoja 23. ICONA. España.
- RODGERS G. A. & HENRIKSON E. 1976: «Associations between the blue-green algae *Anabaena variabilis* and *Nostoc muscorum* and the moss *Funaria hygrometrica* with reference to the colonization of Surtey». *Acta Bot. Isl.*, 4: 10-15.
- RODRÍGUEZ-ESTRELLA T. 1979: *Geología e Hidrología del Sector de Alcaraz-Lietor-Yeste (Prov. de Albacete). Síntesis geológica de la zona Prebética*. Tesis doctoral. Madrid. I.G.M.E., Col. Mem., 97:1:290. Madrid.
- SAVAGE S. M.; OSBORN J.; LETEY J. & HEATON C. 1972: «Substances contributing to fire induced water repellency in soils». *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 36: 674-678.
- SOUTHORN A.L.D. 1977: «Bryophyte recolonization of burnt ground with particular referente to *Funaria hygrometrica* II. The nutrient requirements of *Funaria hygrometrica*». *J. Bryol.*, 9: 361-373.
- ST. JOHN T. V. & RUNDEL P. W. 1976: «The role of fire as a mineralizing agent in a Sierran coniferous forests». *Ecología*, 25: 35-45.
- TÁRREGA M. R.; LUIS E. y ZUAZUA M. 1986: «Cambios edáficos en las primeras etapas de sucesión post-fuego en robledales. Fertilización natural». *Proc. XXVI reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Pp: 267-278. Asturias.
- TRABAUD L. 1983: «Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc. (Sud de la France)». *Ann. Sci. For.*, 40(2): 177-195.
- TRABAUD L. 1986: «Fire effects on soils of the Mediterranean Basin region». In: P. W. LYNCH, P.J. J. YOSS & O. B. WILLIAMS (eds.). *Rangelands: A Ressource under Siege. Proc. Second International Rangeland Congress*. Australian Academy Science. Canberra.
- VEGA J. A.; BARA S.; VILLAMUERA A. y ALONSO N. 1983: «Erosión despúes de un incendio forestal». *Publicaciones de la Dirección Provincial de Agricultura de Pontevedra*. 12 pp. INIA. Pontevedra.
- VIRO P. J. 1974: «Effects of forest fire on soil». In: T. T. KOZLOWSKI & C. E. AHLGREN (eds.). *Fire and Ecosystems*. Pp: 7-44. Academic Press. New York.
- WATANABE F. S. & OLSEN S. R. 1965: «Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous in water and CO<sub>3</sub>HNa extracts from soils». *Soil Sci. Amer. Proc.*, 99: 667-668.