

# EFFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL SUELO

J. González, M. C. Fernández y G. P. Gimeno

*Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia. Univ. Complutense de Madrid.*

## RESUMEN

Se han estudiado muestras de seis perfiles de suelos (Cambisoles eútricos), cuatro de ellos han sufrido los efectos del fuego con diferente intensidad y los otros dos se tomaron como testigos. Se han desarrollado a partir de granodiorita en clima mediterráneo húmedo, la vegetación es un castañar (*Castanea sativa*); el área está situada en pendiente acusada.

Se han determinado las características físicas, químicas y mineralógicas de los suelos a los siete y dieciocho meses del impacto por el fuego.

En áreas quemadas los suelos no tienen estructura. Incrementa el pH, cationes intercambiables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) y los contenidos de carbono y nitrógeno de los suelos. La textura es franco arenosa. En suelos quemados, hay alteración de vermiculitas y caolinitas en aquellos horizontes donde la acción del fuego ha sido más intensa.

Los suelos más afectados han perdido el horizonte superficial a los dieciocho meses después del fuego.

Palabras clave: Incendios. Suelos. Características mineralógicas.

## SUMMARY

### EFFECTS OF FOREST FIRES ON SOILS

Samples of soil profiles (eutric cambisols) were studied. Four of them have suffered the effects of fire with a different intensity and the other two were taken as test samples. The soils have developed from granodiorite, in a humid mediterranean climate; vegetation is made up of chestnuts (*Castanea sativa*); the area is located on a steep escarpment.

Physical, chemical, mineralogical soil characteristics were determined after seven and eighteen months of the fire's impact.

In burnt areas, the soils do not display a structure. Soil pH, exchangeable basic cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), total carbon and nitrogen contents of soils increased. The texture is always sandy loam. In burnt soils there is alteration of vermiculites and kaolinites in those horizons the action of the fire has been strongest.

The most affected soils lost the upper horizon eighteen months after the fire.

Key words: Fires. Soils. Mineralogical characteristics.

## INTRODUCCION

En regiones mediterráneas el fuego ha ejercido un gran impacto en las comunidades vegetales. De forma periódica, a través de milenios, se

han ido quemando los bosques para conseguir pastos o tierras de cultivo, siendo difícil encontrar ecosistemas en estas zonas que hayan permanecido totalmente inalterados. Hoy en día en la Península Ibérica los incendios forestales alcanzan una gran magnitud, calculándose que más del 80% son de origen antrópico, directo o indirecto. Son la causa de considerables pérdidas tanto en comunidades naturales como en áreas repobladas con resinosas. El impacto del fuego sobre la cubierta vegetal arbórea dependerá del tipo de incendio, intensidad y frecuencia. Las consecuencias sobre el suelo serán diferentes si el incendio es de copa, si afecta al matorral, o si es de piso, en el que se dañan la hojarasca y el humus.

El fuego afecta a las propiedades físicas del suelo: se modifica la temperatura, directa e indirectamente; aumenta la compactación disminuyendo la capacidad filtrante (Velez, 1974; Raison, 1979); se origina una repelencia al agua por formarse compuestos hidrofóbicos (Savage, 1974; De Bano *et al.*, 1976) y disminuye la estabilidad estructural.

Las propiedades químicas de los suelos también experimentan notorios cambios. Al destruirse la materia orgánica, existe pérdida de N, variación de la razón C/N (Lutz, 1956; Ibáñez *et al.*, 1983). Se estimula la nitrificación (Roze y Forgeard, 1982). Disminuye la capacidad de cambio catiónico (Plata y Guitián, 1966; Sanroque *et al.*, 1985). Se origina un

incremento temporal en el pH y un aumento del contenido en cationes. La cubierta vegetal ejerce una acción protectora del suelo, su pérdida por el fuego potencia los fenómenos erosivos, con eliminación de los elementos más finos (Díaz Fierros *et al.*, 1982).

En este trabajo se estudian los efectos del fuego en las propiedades y constituyentes minerales de suelos, a los siete meses del incendio y al cabo de dieciocho meses, con objeto de ver el grado de recuperación y poner de manifiesto la evolución en el tiempo. Además se relaciona la intensidad del incendio y su impacto sobre el suelo incrementando en el sentido borde-centro.

El incendio está localizado en el límite de las provincias de Madrid y Avila. La pendiente es del 35%, siendo el material original una granodiorita rica en mica biotita. La vegetación es un castañar con pastizal de *Poa bulbosa*, en límite con un pinar de repoblación también afectado, próximos al cual se encuentran los suelos más impactados por el fuego. El tipo climático de la zona es 'Mediterráneo templado húmedo'. La temperatura media es 15.1 °C y la precipitación anual 1.007 mm. Las lluvias se reparten a lo largo del año en dos períodos muy diferenciados, seis meses desde octubre a marzo muy lluviosos, en los que P es mayor que ETP, y el resto del año en el que la precipitación es de 250 mm.

## MATERIAL Y METODOS

Se analizaron muestras de seis perfiles (Cambisoles áutricos), cuatro

de ellos han experimentado con diferente intensidad el impacto del

fuego acaecido siete meses antes de la primera toma de muestras (Perfiles P). La segunda toma se realizó a los dieciocho meses del incendio (Perfiles M), los suelos ya habían recuperado la cubierta vegetal herbácea. Se cogieron como testigos dos perfiles muy próximos entre sí y a los afectados por el fuego. Se muestreó hasta la profundidad impactada (40 cm), tomando muestras de 0 a 2 cm, y de 2 a 40 cm, correspondiendo con horizontes edáficos. La intensidad estimada del incendio sigue el orden siguiente:

P5 (centro) >>> P4 > P2 ≥ P1 (borde).

Se realizaron las siguientes determinaciones analíticas:

Análisis granulométrico: Pipeta de Robinson. Determinación de pH en agua (1/2.5). Determinación de car-

bono orgánico: Oxidación con  $K_2Cr_2O_7$ . Nitrógeno total: Método de Kjeldahl. Los cationes  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, y el  $Na^+$  y  $K^+$  por fotometría de llama, después de la extracción del complejo de cambio con acetato amónico a pH = 7.

La identificación de los minerales de la arcilla y sus posibles transformaciones por la acción del fuego se realizaron por Difractometría de Rayos X, en agregados orientados, solvatados con etilenglicol, y calentados a 550 °C. La fracción arcilla del perfil testigo se sometió a un calentamiento de 200 °C - 300 °C - 400 °C, para estimar la temperatura alcanzada en el suelo durante el incendio. Los diagramas se hicieron en cada una de las muestras tomadas a los 7 y 18 meses.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los suelos afectados por el fuego experimentan modificaciones macromorfológicas, tanto más acusadas cuanto mayor ha sido el impacto. A los siete meses del incendio, presentan una variación en el color de los horizontes superiores, con respecto al testigo, con disminución del Value, debido a la incorporación de carbón y cenizas. Al año y medio se observa en el perfil más afectado (M5) la pérdida de la capa de cenizas por erosión, haciéndose homogéneo el color. A los siete meses existe cambio de la estructura, pasando de moderada granular fina en el testigo a muy débil o sin estructura en los quemados, a los dieciocho meses aparecen mejor estructurados; han

desaparecido las cenizas de la superficie en los más impactados, se ha implantado vegetación, con lo que varía la consistencia haciéndose similar a la del suelo testigo.

En las Tablas 1 y 2 se expresan los datos analíticos obtenidos en los dos muestreos. Se puede ver que el pH incrementa en superficie en los suelos afectados con respecto al testigo (ligeramente ácido) y tanto más cuanto mayor ha sido el impacto (P-5), esto se debe a la incorporación de bases con las cenizas. Al cabo de año y medio se observa disminución en los valores de pH respecto a los valores anteriores.

Los porcentajes de carbono en suelos sometidos al fuego aumentan

TABLA I

*Datos analíticos obtenidos a los 7 meses del incendio.*

Perfil	Horizonte	Prof. (cm)	pH	H <sub>2</sub> O	KCl	%C	%N	cmolc kg <sup>-1</sup>			
								Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
P1	Ah	0-2	6.8	6.4	4.79	0.69	8.4	2.4	1.6	0.1	
	AB	2-40	6.1	5.3	2.62	0.29	6.0	1.4	2.1	0.8	
P2	Ah1	0-2	6.3	5.6	8.35	0.87	10.3	3.4	1.6	0.1	
	Ah2	2-20	6.1	5.0	7.09	0.49	9.5	3.0	0.7	0.7	
	Bw	20-40	5.8	4.3	1.11	0.19	3.6	0.7	1.3	0.6	
P4	A (b)	0-2	7.4	6.7	5.80	0.66	13.5	2.7	1.3	0.1	
	AB	2-40	6.1	4.9	3.20	0.41	5.6	1.3	1.4	0.1	
P5	A (b)	0-2	7.6	7.1	10.94	1.49	14.3	3.0	1.3	0.1	
	AB (b)	2-40	6.4	5.6	3.01	0.41	5.7	1.9	1.9	0.2	
P3											
TESTIGO	Ah	0-2	6.4	5.7	3.65	0.23	5.7	1.5	1.5	0.1	
	AB	2-40	5.8	4.9	1.86	0.12	4.6	1.0	1.2	0.7	

(b) = Horizonte quemado.

TABLA 2

*Datos analíticos obtenidos a los 18 meses del incendio.*

Perfil	Horizonte	Prof. (cm)	pH		% C	% N
			H <sub>2</sub> O	KCl		
M1	Ah	0 - 2	6.2	5.3	8.66	0.36
	AB	2 - 40	6.0	5.0	2.98	0.23
M2	Ah1	0 - 2	6.1	5.1	7.97	0.34
	Ah2	2 - 20	5.9	4.9	6.45	0.28
	Bw	20 - 40	5.8	4.6	2.66	0.11
M4	A(b)	0 - 2	6.9	6.4	4.85	0.30
	AB	2 - 40	5.9	4.9	3.17	0.27
M5	Ah (b)	0 - 2	6.1	5.1	2.75	0.17
	AB (b)	2 - 40	5.7	4.7	2.57	0.19
M3						
TESTIGO	Ah	0 - 2	6.0	5.5	2.43	0.18
	AB	2 - 40	5.3	4.2	1.41	0.10

sobre todo en horizontes superficiales de los más impactados, por incorporación de carbón debido a la combustión incompleta de los restos vegetales. El nitrógeno también experimenta a los siete meses un incremento. Los valores de carbono y nitrógeno disminuyen con el paso del tiempo sobre todo en los perfiles más afectados (M 5) por pérdida de la capa con mayor acumulación de cenizas. En horizontes superficiales de suelos muy quemados se produce un incremento de cationes divalentes, causado por el aporte de cenizas, variando poco los monovalentes, que son los más solubles.

La textura es en todos los suelos franco-arenosa, Tabla 3, con elevados porcentajes de fracción arena,

fundamentalmente arena gruesa. Al año y medio del incendio las variaciones observadas en el análisis granulométrico son muy pequeñas, aunque reflejan una disminución relativa de elementos finos (limo y arcilla) con respecto a la primera toma de muestras.

Las especies minerales de la fracción arena se mantienen constantes en todos los perfiles, siendo las mismas que las de la granodiorita que aflora en las proximidades, lo que indica la relación genética de los suelos con el material original; sin embargo las proporciones de biotita son menores en los más afectados (desprotegidos de vegetación) que en los testigos (Fernández *et al.*, 1988), posiblemente porque son

TABLA 3

*Análisis granulométrico (%)*

Perfil	Prof. (cm)	7 Meses				18 Meses		
		A. gruesa	A. fina	Limo	Arcilla	Limo	Arcilla	
P1	0 - 2	52.8	20.4	14.2	12.6	M1	13.7	9.2
	2 - 40	55.4	19.5	15.1	10.0		14.2	10.9
P2	0 - 2	51.2	20.8	16.2	11.8	M2	14.8	7.4
	2 - 20	54.7	23.8	12.8	8.7		12.7	6.2
	20 - 40	51.2	22.0	15.2	11.6		14.9	11.4
P4	0 - 2	41.6	23.5	20.8	14.1	M4	18.7	11.4
	2 - 40	46.6	24.2	19.5	9.7		17.8	13.8
P5	0 - 2	45.3	21.7	21.2	11.8	M5	13.6	11.3
	2 - 40	50.9	22.3	16.1	10.7		18.5	11.2
P3 TESTIGO	0 - 2	50.7	20.9	17.4	11.0		—	—
	2 - 40	48.6	23.5	16.6	11.3		—	—

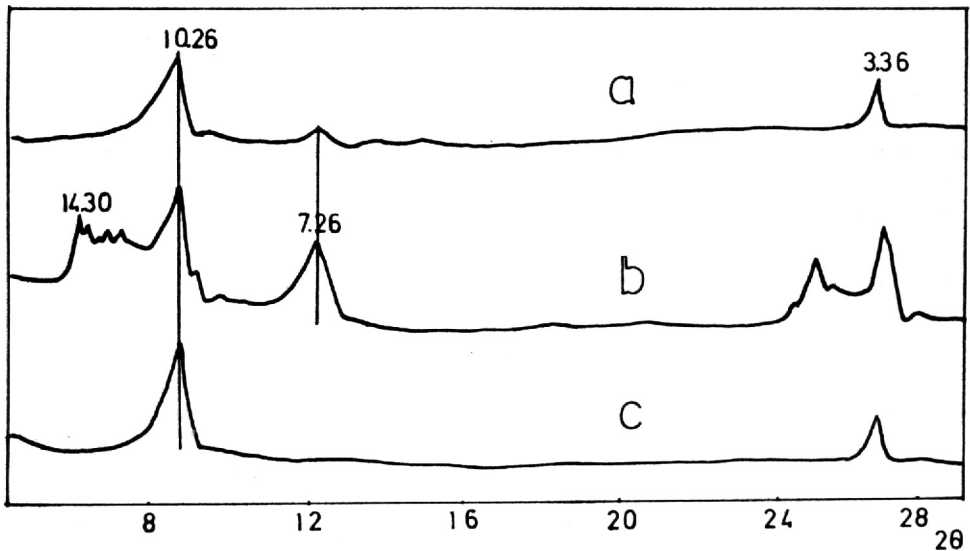


FIG. 1.—Difractogramas de Rayos X del perfil P5. a) 0-2 cm, b) 2-40 cm, c) 2-40 cm calentado a 550 °C.

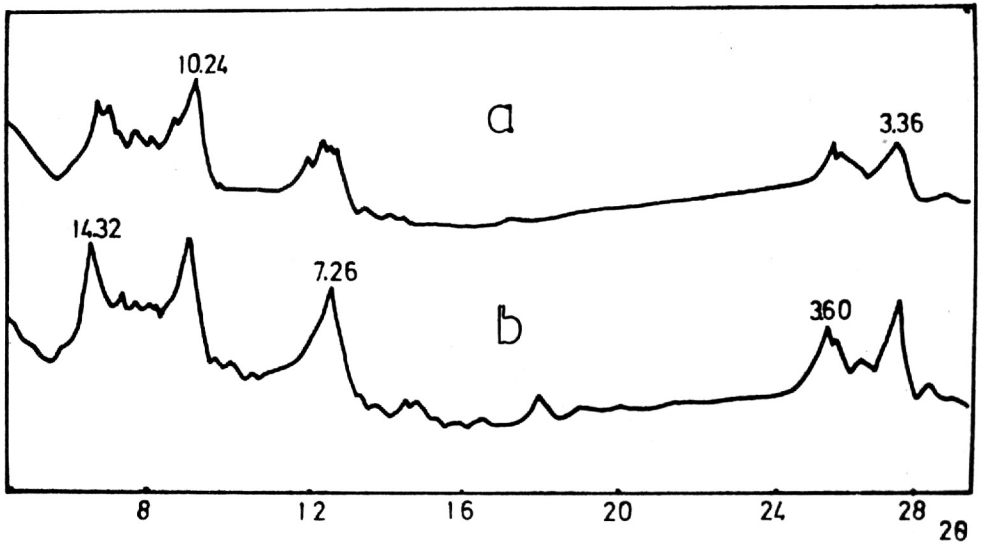


FIG. 2.—Difractogramas de Rayos X del perfil M 5 (tomado al año y medio del incendio), a) 0-2 cm, b) 2-40 cm.

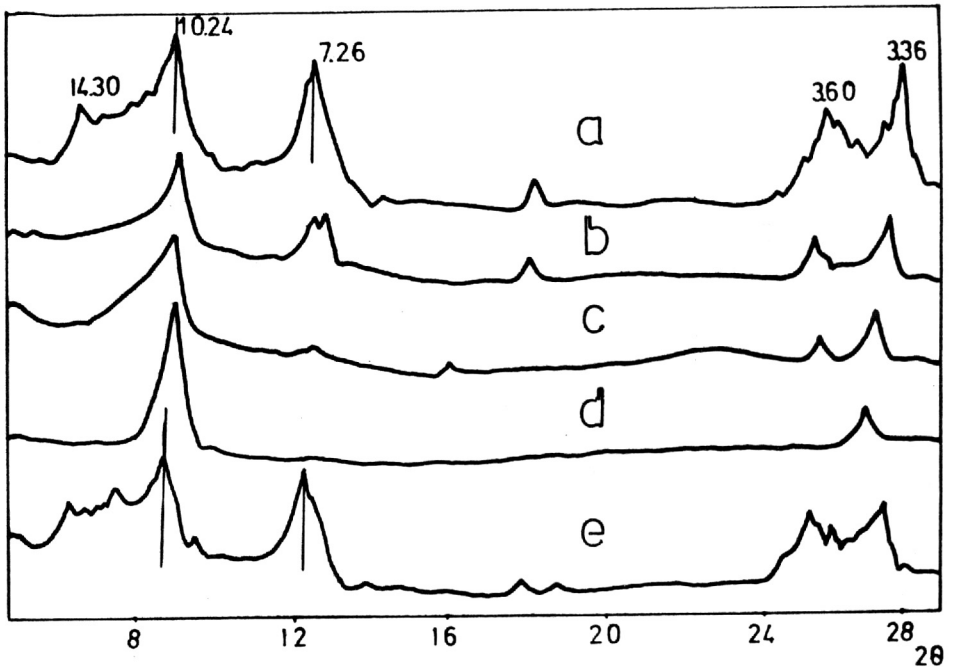


FIG. 3.—Difractogramas de Rayos X del perfil testigo (P3), a) 0-2 cm, b) calentado a 200 °C, c) calentado a 400 °C, d) calentado a 550 °C, e) 2-40 cm.

más fácilmente transportadas en corriente de agua que los minerales de forma globular o poliédrica, para igual densidad.

La fracción arcilla del suelo testigo está constituida por minerales 1:1 (caolinita), micas-ilita, vermiculitas, y cuarzo como mineral no laminar. En suelos afectados por el fuego, a los siete meses se observa degradación de vermiculita y caolinita en horizontes superficiales, donde se alcanzan mayores temperaturas, efectos que no se ponen de manifiesto en horizontes más profundos, dada la pequeña conductividad térmica del suelo, (Fig. 1). Las transformaciones son tanto más acusadas cuanto más intensa la acción del fuego (P-5, localizado próximo al pinar). A los dieciocho meses los suelos más intensamente quemados no pre-

sentan en superficie los mismos efectos observados anteriormente, la vermiculita y caolinita no aparecen afectadas, lo que indica que no ha habido modificación de temperatura (Fig. 2). Esto hace suponer que se ha eliminado el horizonte superficial, corroborando así los procesos erosivos favorecidos en la zona por la precipitación y la pendiente. Los difractogramas obtenidos calentando la muestra testigo a 200 °C - 300 °C - 400 °C (Fig. 3) sirven de control para deducir la temperatura alcanzada en los suelos afectados por el incendio, que se presupone próxima a 400 °C, por las modificaciones que presentan los minerales de la arcilla, igualándose los difractogramas a los de horizontes superficiales de los suelos más afectados.

## CONCLUSIONES

Por la acción del fuego un suelo sufre cambios en las propiedades físicas, químicas y mineralógicas. El impacto depende de la intensidad del mismo. A los siete meses se observa modificación de la estructura por destrucción de la materia orgánica. Incrementa el carbono por la combustión incompleta de la vegetación, así como el nitrógeno, fundamentalmente en los suelos más afectados coincidiendo con la mayor acumulación de cenizas. Aumenta el pH por las bases incorporadas con las cenizas. A los dieciocho meses del incendio los suelos más impactados tienden a igualar los valores analíticos a los de los suelos testigo. No existe apenas variación de la textura con el tiempo, a no ser

que se eliminen filosilicatos por procesos erosivos.

Se presentan transformaciones en los minerales de la fracción arcilla dependiendo de la severidad del incendio. En los suelos más intensamente afectados (con capa de cenizas, P5) se degradan vermiculitas y caolinitas del horizonte superficial por la elevación de temperatura, no llegando estos efectos a horizontes más profundos por la escasa conductividad térmica del suelo. Al año y medio en los suelos más quemados, no presentan las vermiculitas y caolinitas del horizonte superior las modificaciones observadas anteriormente, por lo que se deduce la pérdida por erosión de un horizonte superficial. Las transformaciones



existentes en los minerales de la fracción arcilla sirven para estimar la temperatura alcanzada en el suelo durante el incendio, siendo próxima a 400 °C en los suelos más afectados que hemos estudiado.

### BIBLIOGRAFIA

- DE BANO, L. F., SAVAGE, S. M. and HAMILTON, D. A., 1976. The transfer of heat and hydrophobic substances during burning. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 779-782.
- DIAZ FIERROS, F., GIL SOTRES, N. F., CABANEIRO, A., CARBALLAS, T., LEIROS DE LA PEÑA, M. C. y VILLAR, M. C., 1982. Efectos erosivos de los incendios forestales en suelos de Galicia. *An. Edafol. Agrobiol.*, 41: 627-639.
- FERNANDEZ, M. C., GIMENO, P. y GONZALEZ, J., 1988. Impacto del fuego sobre ecosistemas edáficos. II Congreso Nac. Ciencia Suelo. Sevilla, 603-609.
- IBÁÑEZ, 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.*, 12: 27-42.
- LUTZ, H. J., 1956. Ecological effects of forest fires in Alaska. *Technical Bull. U. S. Dept. of Agriculture*, 1133: 71-82.
- PLATA ASTRAY, G. y GUITIAN OJEA, F., 1966. Transformaciones experimentadas en el suelo por la acción del fuego. *An. Edafol. Agrobiol.*, 25: 57-68.
- 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.
- ROZE, F. and FORGEARD, F., 1982. Evolution de la minéralization de l'azote dans des sols de landes incendiés et non incendiés de la région de Paimpront (Bretagne, France). *Acta Oecologica. Oecologia Plantarum*, 3: 249-268.
- SANROQUE, P., RUBIO, J. L. y MANSANET, J., 1985. Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo, en la composición florística y en la erosión hídrica de zonas forestales de Valencia (España). *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 22: 131-147.
- SAVAGE, S. M., 1974. Mechanism of fire induced water repellency in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38: 652-657.
- VELEZ MUÑOZ, R., 1974. Efectos económicos, sociales y ecológicos de los incendios forestales. *Bol. Est. Cent. Ecol.*, 3: 3-22.

*Recibido: 10-1-91.  
Aceptado: 29-7-91.*