

# CONSECUENCIAS DEL **FUEGO** EN LOS PAISAJES **MEDITERRÁNEOS**

*Los paisajes mediterráneos son el resultado de una dilatada relación temporal entre el medio físico y el hombre, en la que el fuego ha jugado un papel fundamental. Clima, intensa ocupación humana del territorio y fuego son los tres factores que explican, en buena parte, la naturaleza de los ecosistemas mediterráneos (Pausas y Vallejo, 1999).*

**POR MAITE ECHEVERRÍA,  
FERNANDO PÉREZ,  
PALOMA IBARRA Y  
JUAN RAMÓN DE LA RIVA**



# Consecuencias del fuego en los paisajes mediterráneos

## LA HISTORIA DEL FUEGO EN EL PAISAJE MEDITERRÁNEO

La intensa influencia humana en la cuenca mediterránea desde el Neolítico se plasma en paisajes en los que las prácticas agrícolas han modificado el medio natural, construyendo terrazas para cultivos en laderas, quemando la cubierta vegetal para aumentar el espacio agrícola, talando bosques para ampliar la superficie de pastos... Fuegos de reducidas dimensiones se utilizaron como herramienta agraria en equilibrio con las condiciones ambientales (Le Houérou, 1993).

Pero el fuego ha pasado de ser un elemento natural del paisaje a un factor humano de mayor frecuencia e intensidad, con resultados negativos que pueden desencadenar situaciones de desertificación. La frecuencia del fuego se ha

incrementado en las últimas décadas, cuando los bosques mediterráneos de carrascas, quejigos, sabinas... han sido sustituidos por comunidades fundamentalmente de *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*, que pasan a colonizar las tierras de cultivo cuando son abandonadas por el uso agrícola, favorecidas además por las repoblaciones forestales. El proceso de abandono de los usos agrarios tradicionales va seguido de un proceso de "matorralización" a base de plantas que toleran el fuego -ericáceas, cistáceas...-, corroborando la existencia de incendios provocados por el hombre, y que ha dado lugar a una importante pérdida de diversidad paisajística. Es, pues, a partir de mediados del siglo XX cuando esta consideración del fuego como un componente natural del paisaje desaparece, al incrementarse tanto la superficie como la frecuencia de los incendios especialmente en países como Portugal, España, Italia o Grecia.

**“El aumento de las temperaturas, la alteración de la cubierta vegetal, la pérdida de nutrientes y la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera son algunos de los procesos puestos en marcha por el fuego.”**

Las principales causas de los incendios son los rayos, los volcanes y la acción humana, esta última especialmente importante en la densamente ocupada cuenca mediterránea donde, en la década de los 90, 50.000 fuegos aproximadamente afectaron a 600.000 hectáreas anuales de bosque y otros tipos de vegetación (FAO, 2001).

Aragón no es una de las comunidades más afectadas por los incendios dentro del territorio español; no obstante, extensas superficies arboladas sufren alteraciones debido a la irrupción violenta del fuego. La distribución temporal de estos incendios presenta una enorme variabilidad, junto a años de escasa siniestralidad como 1996, 1997 o 2010, existen otros como 1985, 1994 y el reciente 2009 en los que los daños causados por el fuego han adquirido proporciones catastróficas.

## CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE LOS FUEGOS

La consecuencia más evidente de un incendio es la desaparición o modificación de la vegetación, pero este resultado va acompañado de cambios en el suelo y en el comportamiento del agua y de los procesos de erosión en el territorio quemado que, a corto y

medio plazo, condicionan la recuperación del paisaje previo al fuego. El aumento de las temperaturas, la alteración de la cubierta vegetal, la pérdida de nutrientes y la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera son algunos de los procesos puestos en marcha por el fuego, propiciando un proceso de degradación del suelo, especialmente grave en ecosistemas como los mediterráneos de suelos frágiles e intensos procesos de erosión.

### 1.- Consecuencias en el suelo

Los impactos del fuego en las propiedades de los suelos han sido un foco de interés en las últimas dos décadas (Shakesby y Doerr, 2006). El suelo afectado por un incendio puede sufrir alteraciones directas en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, como consecuencia del aumento de las temperaturas y la incorporación de cenizas tras el mismo (Giovannini et al., 1998), pero también cambios indirectos como resultado de la nueva situación creada tras la pérdida de la cubierta vegetal, conduciendo a una mayor susceptibilidad a la erosión, tanto hídrica como eólica. Esta alteración depende en buena parte de la severidad del incendio, entendida ésta como la intensidad de las temperaturas alcanzadas y su duración.

En el suelo ennegrecido y desprovisto de vegetación aumenta la temperatura y disminuye la absorción y retención de agua. No obstante, a pesar de que las llamas puedan alcanzar valores por encima de 1400°C, el suelo puede presentar temperaturas máximas en torno a 500-800°C, si bien en profundidad se reducen con un retraso temporal condicionado por la humedad, por lo que la temperatura alcan-



Aspecto del incendio de Ejulve en agosto de 2009.

# Consecuencias del fuego en los paisajes mediterráneos

zada en un incendio sólo tiene consecuencias en los primeros centímetros de suelo. Según diferentes autores (Pardini et al. 2004), el calentamiento del suelo por debajo de 220°C no modifica las características edáficas de forma significativa. El calentamiento entre 220 y 460°C causa la combustión de algunas sustancias orgánicas. Temperaturas superiores a 460°C durante suficiente tiempo provocan la total combustión de la materia orgánica y la descomposición de los carbonatos.

Algunos de los parámetros edáficos alterados por el fuego son el grado de acidez o basicidad (pH), la cantidad de nutrientes y materia orgánica, la estabilidad de los agregados del suelo, la porosidad y la hidrofobicidad.

El **pH** de los suelos afectados por el fuego tiende a incrementarse, pues que las cenizas aportan carbonatos, óxidos y cationes básicos (Ulery et al., 1993), lo que puede generar problemas de nutrición para la vegetación. En relación con esta aportación de cenizas, la salinidad del suelo aumenta, tal y como se observa en algunos sectores de la Depresión del Ebro (Badía y Martí, 2003).

La combustión de la vegetación y de la hojarasca muerta libera **nutrientes**, y algunos como el fósforo, el magnesio, el calcio o el potasio pueden ser devueltos al suelo por las cenizas, por lo que no es extraño que tras el fuego se produzca un aumento temporal de la fertilidad, que favorece la regeneración de la vegetación quemada, y de la **materia orgánica**.

Pero este incremento de nutrientes cercano al incendio puede descender bruscamente si se ponen en marcha procesos de erosión provocados por lluvias intensas, tan frecuentes en el ámbito mediterráneo, incrementando las pérdidas de suelo. La cantidad de carbono orgánico está ligada, entre otros factores, a la intensidad del fuego, de modo que en incendios de baja intensidad puede aumentar por la vegetación parcialmente quemada. La pérdida de materia orgánica provoca, a su vez, una alteración de la **estabilidad del suelo**, elemento clave para explicar la resistencia a la erosión tras el fuego.

En un suelo quemado, desprovisto de vegetación, la **porosidad** puede disminuir, puesto que las partículas finas, desprendidas a partir de la salpicadura de las lluvias post-incendio, rellenan los poros, reduciendo la infiltración del agua en el suelo y aumentando la arroyada superficial. Además, el fuego vaporiza sustancias orgánicas que pueden condensarse allí donde la temperatura es más baja, generando **hidrofobicidad**, repelencia al agua especialmente activa en suelos arenosos y ácidos, aunque también se ha reconocido en suelos calcáreos mediterráneos (Arcenegui et al., 2008).

## 2.- Consecuencias en la erosión

Desde el punto de vista de la erosión, la pérdida de la vegetación modifica el reparto del agua, su evapotranspiración, su entrada en el

suelo y la producción de flujos hídricos en superficie. Estos cambios tienden a ocurrir en un periodo inmediato al mismo, pero de duración variable (Prosser y Williams, 1998).

La intensidad del fuego, tal y como se ha comentado, es en uno de los factores fundamentales para entender la magnitud de los cambios en el suelo, en los procesos de erosión y en la regeneración vegetal post-fuego. También la frecuencia de los incendios resulta un elemento-clave para explicar procesos de degradación ambiental e incluso de desertificación en ambientes tan frágiles como los matorrales mediterráneos.

Uno de los efectos más llamativos en relación con la temperatura alcanzada por el fuego es la fragmentación de las rocas, que quedan cuarteadas en lascas aplanadas, tapizando el suelo. La **desaparición de la cubierta vegetal** provoca que la cantidad de agua interceptada por árboles, matorrales o herbáceas sea menor, aumentando los flujos de agua superficiales y, por lo tanto, la erosión. A partir del fuego, el funcionamiento del agua sobre la superficie del terreno está dirigido, fundamentalmente, por la regeneración de la vegetación (Pérez Cabello et al., 2000; Cerdà y Doerr, 2005), usando un simulador de lluvia en un pinar mediterráneo, observaron que el recubrimiento vegetal tres años después del fuego reducía el flujo superficial al 18% de lo medido en suelo desnudo seis meses después del fuego. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que los restos **vegetales quemados** pueden jugar un papel ambiental

importante, disminuyendo el efecto de la salpicadura por parte de las gotas de agua, interceptando la lluvia, dirigiéndola hacia el tronco y aumentando la entrada de agua en el suelo (Pérez-Cabello et al., 2002). Obstaculizando de esta forma la erosión de suelo, a lo que contribuye la hojarasca que queda tras el incendio.

La presencia tras el fuego de un manto de **cenizas** evita la erosión en la etapa inmediata al incendio, absorbiendo las precipitaciones iniciales. También la combinación de depósitos de ceniza y acículas, en el caso de bosques de coníferas quemados, reduce la erosión en las laderas; a más hojarasca menos cantidad de flujo superficial porque crece la capacidad de almacenamiento de agua (Cerdà y Doerr, 2008). No obstante, esta protección de ceniza es efímera y, en este sentido, es interesante conocer el balance entre la regeneración vegetal y el periodo de desaparición de las cenizas para salvaguardar el suelo de la erosión.

Otro factor ambiental que condiciona el comportamiento hidro-geomorfológico post-fuego es la **exposición topográfica**. En las laderas de exposición

**Producción de ignifractos en el incendio de los Montes de Zuera (Zaragoza), en agosto de 2008.**

\*Foto por Maite Echeverría.



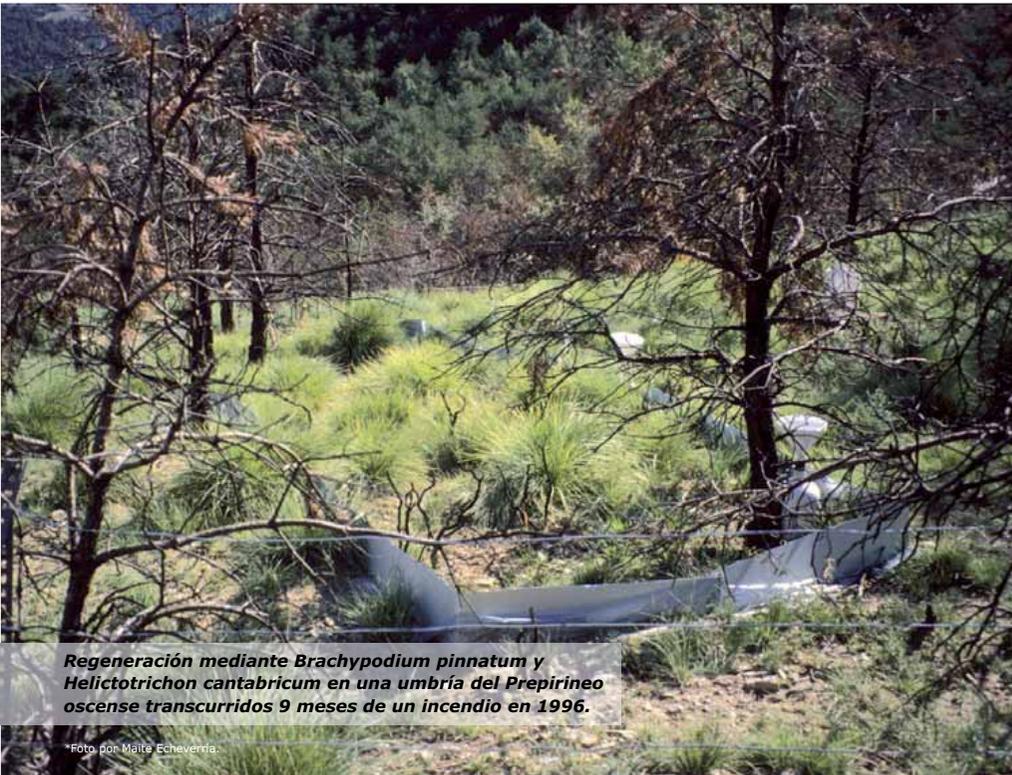
## Consecuencias del fuego en los paisajes mediterráneos

sur, la erosión post-incendio adquiere mayor intensidad que en las laderas de umbría (Pérez Cabello et al., 2000 y 2002). Además, la exposición topográfica parece jugar un papel importante en la intensidad del fuego, siendo en las laderas norte, de vegetación más abundante, donde el fuego alcanza mayor temperatura y duración, si bien las condiciones ambientales post-fuego son más precarias en las laderas de solana, frenándose las pérdidas de suelo (Pérez-Cabello et al., 2002).

Por último, también el **uso del suelo** se convierte en un factor relevante frente al fuego. El aterrazamiento de laderas para el cul-

tivo y su abandono a partir de la década de los años 60 del siglo XX, va acompañado de un crecimiento de matorrales y una posterior ocupación por parte de pinares. El fuego sobre estos ámbitos reduce la infiltración del agua y acelera la producción de sedimento a escala de terraza (Llovet et al., 2008).

Tras los fuegos forestales, en definitiva, se asiste de forma generalizada a un descenso de las tasas de infiltración y a un incremento de la escorrentía superficial y, por lo tanto, de la erosión hídrica, dando lugar a la aparición de formas de erosión tales como canales o cárcavas.



**Regeneración mediante *Brachypodium pinnatum* y *Helictotrichon cantabricum* en una umbría del Prepirineo oscense transcurridos 9 meses de un incendio en 1996.**

\*Foto por Maite Echeverría.

**“Tras el fuego las tasas de erosión se incrementan fuertemente durante unos meses o años, para luego reducirse y volver a la situación previa al fuego.”**

Los estudios encaminados a la medición de la erosión post-fuego utilizan diferentes escalas espacio-temporales. En la actualidad, los conocimientos científicos del efecto de los incendios apuntan a que tras el fuego las tasas de erosión se incrementan fuertemente durante unos meses o años, para luego reducirse y volver a la situación previa al fuego. En algunos casos, el incendio no produce alteraciones significativas y la recuperación es rápida, e incluso, en ocasiones, la alta variabilidad de las lluvias hace que las tasas de erosión durante el año inmediato al incendio disminuyan. En otros casos, la erosión se dispara en unos años para luego reducirse, pero también puede persistir, lo que induce a procesos de degradación de suelo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcenegui, V., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Zornoza, R., Mataix-Beneyto, J. y García-Orenes, F. *Catena*, 74: 219-226 (2008).
- Badía, D. y Martí, C. *Arid Land Research and Management*, 17: 23-41 (2003).
- Cerdà, A. y Doerr, S.H. *Journal of Wildland Fire*, 14: 423-437 (2005).
- Cerdà, A. y Lasanta, T. *Catena*, 60: 58-80 (2005).
- Cerdà, A. y Doerr, S.H. *Catena*, 74: 256-273 (2008).
- Cerdà, A. y Robichaud, P.R. (Eds.): Science Publishers. 589 p. (2009).
- F.A.O.: Global Forest Fire Assessment 1990-2000. (2001).
- Gimeno, E., Andreu, V. y Rubio, J.L. *European Journal of Soil Science*, 51: 201-210 (2000).
- Le Houérou, N.H. *Agroforestry systems*, 21: 43-61 (1993).
- Llovet, J., Josà, R. y Vallejo, V.R. *Catena*, 74: 227-234 (2008).
- Marqués, M.A. y Moral, R. *Catena*, 19: 333-344 (1992).
- Mataix-Solera, J. y Guerrero, C. *Incendios forestales, suelos y erosión hídrica*. Caja Mediterráneo. 196 p. (2007).
- Pardini, G., Gispert, M. y Dunjo, G. *Sci. Total Environ.*, 328 (1-3): 237-246 (2004).
- Pausas, J.G. y Vallejo, R. *Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin*, 3-16. Springer Verlag (1999).
- Pérez-Cabello, F., Cacer, L., de la Riva, J., Echeverría, M.T. y Ibarra, P. *Il Suolo*, 3: 24-30 (2000).
- Pérez-Cabello, F., Echeverría, M.T., Ibarra, P. y de la Riva, J. *Aportaciones a la Geomorfología de España en el inicio del Tercer Milenio*. 307-314. Madrid. (2002).
- Prosser, I.P. y Williams, L. *Hydrological Processes*, 12: 251-265 (1998).
- Shakesby, R.A. y Doerr, S.H. *Earth-Science Reviews*, 74: 268-307 (2006).
- Ulery, A.L., Graham, R.C. y Amrhein, C. *Soil Science*, 156: 358-364 (1993).

## Consecuencias del fuego en los paisajes mediterráneos



*Surcos, rills, en los Montes de Castejón de Valdejasa (Zaragoza), tras el incendio de agosto de 2008.*

\*Foto por Maite Echeverría.

**“Hay que tener en cuenta que la restauración es un proceso lento y que requiere de una evaluación científica y seguimiento a medio y largo plazo.”**

En definitiva, la recuperación ambiental va a depender del manejo que se realice tras el incendio (Marqués y Mora, 1992), de las condiciones previas, de la intensidad del fuego, de las precipitaciones posteriores, de la humedad, de la temperatura,... Y, en cualquier caso, ante condiciones mediterráneas de déficit hídrico y escasa presencia de nutrientes, la recuperación suele ser más lenta que en zonas húmedas.

### **VULNERABILIDAD DEL TERRITORIO Y SEVERIDAD DEL FUEGO**

Aunque existen numerosos estudios en los que se analizan las consecuencias del fuego, el hecho de que sus efectos no sean fácilmente generalizables dificulta la se-

lección de medidas para minimizarlos. La diferente capacidad natural de respuesta del medio afectado y las interacciones, que se producen entre las variables ambientales y las características del fuego (intensidad-severidad), justifican la necesidad de diseñar programas de gestión específicos para cada zona. Siempre hay que tener en cuenta que la restauración es un proceso lento y que requiere de una evaluación científica y seguimiento a medio y largo plazo.

La vulnerabilidad ecológica, tras la irrupción violenta de un incendio forestal, hace referencia a la potencialidad de las comunidades forestales para recomponer las condiciones ambientales. Los ecosistemas que registran incrementos considerables en los mecanismos de erosión y experimentan procesos destacados en relación con la degradación del suelo son los menos resistentes y con menor capacidad para su recuperación. En este sentido, aunque el papel desempeñado por la severidad sigue planteando algunas dudas, en términos generales la alta severidad se asocia, entre otras cosas, a una mayor calcinación de la cubierta vegetal, un mayor incremento de la repelencia al agua del suelo y a un también mayor incremento de la erosión (Cerdà y Robichaud, 2009).

Maite Echeverría, Fernando Pérez,  
Paloma Ibarra y Juan Ramón de la Riva.

Grupo Geoforest.

Departamento de Geografía  
y Ordenación del Territorio.

Facultad de Filosofía y Letras.

Instituto de Ciencias  
Ambientales de Aragón.

Universidad de Zaragoza.

*El pino de Valde Navarro en el  
pinar de Zuera, Zaragoza.*

\*www.javierpuyuelo.es.

