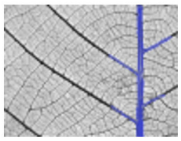


Fuego y agua: la ventana de perturbación post-incendio y la necesidad de proteger el suelo y los recursos hídricos

Nota técnica del Grupo de Trabajo de Hidrología Forestal
Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF) · agosto de 2026

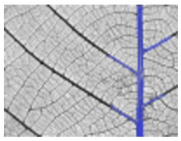
1. Los incendios forestales en 2026: un problema que no da tregua

La campaña de incendios de 2026 confirma una tendencia que la comunidad forestal viene señalando desde hace años: el problema de los grandes incendios forestales (GIF) ya no es un fenómeno estacional puntual, sino una manifestación recurrente y cada vez más severa de diferentes circunstancias entre las que está el uso del territorio y las políticas de gestión forestal, todo ello agravado por el cambio climático. Según los datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a inicio de agosto de 2026, España acumulaba más de 186.000 hectáreas quemadas y 38 grandes incendios forestales (>500 ha), frente a los 11 registrados en el mismo periodo de 2025, en un contexto marcado por sucesivas olas de calor y episodios de viento fuerte que han favorecido la propagación del fuego, especialmente en el arco mediterráneo y la cornisa cantábrica. El incendio de Los Gallardos (Almería) se ha convertido en uno de los más letales registrados en España en las últimas dos décadas.

Más allá de la pérdida inmediata de vegetación, el suelo constituye la principal infraestructura natural que regula el funcionamiento hidrológico de los ecosistemas forestales y los conectados a éstos. Su capacidad para infiltrar, almacenar y liberar agua de forma gradual, en favor de la escorrentía subterránea frente a la superficial, explica buena parte de la regulación de caudales, la conservación de la fertilidad y la protección de la calidad de las aguas. Cuando un incendio altera esta funcionalidad, el suelo como tal se ve altamente afectado y se convierte en el elemento clave para entender la alteración de la respuesta hidrológica del territorio, así como los impactos que se extienden durante los meses y los años posteriores al incendio.

A escala europea, el sistema europeo de información sobre incendios forestales (EFFIS), gestionado por el programa Copernicus, situaba a finales de julio de 2026 la superficie quemada en la Unión Europea muy por encima de la media de las dos últimas décadas, con Francia batiendo su propio récord histórico, y con España, Portugal, Grecia e Italia entre los países más afectados1. Estos registros se producen apenas un año después de que 2025 se confirmara como el peor año de la serie histórica europea (desde 2006), con más de un millón de hectáreas calcinadas, y muy cerca temporalmente de los también históricos años 2022 y 2023. Esta sucesión de campañas extremas, unida al alargamiento de la estación de riesgo y a la aparición de grandes incendios en regiones tradicionalmente poco afectadas, el centro y el norte de Europa, el Pacífico Norte americano o Canadá, sitúa al incendio forestal como uno de los principales agentes de perturbación del territorio a escala mundial, con implicaciones directas sobre la seguridad de las personas, la economía rural

[1]No obstante, es importante indicar también que los registros europeos sobre incendios forestales son desde 2006, quedando fuera los registros de los años de mayor superficie quemada en España del siglo pasado, por ejemplo, los años 1978,1985,1989 y 1994 en los que se superó anualmente las 400.000 ha.



y, como se desarrolla en este texto, sobre el adecuado funcionamiento del ciclo hidrológico y la calidad de los recursos hídricos aguas abajo de las zonas arrasadas.

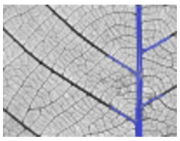
2. Del fuego al suelo: cómo el incendio altera la hidrología forestal

El paso del fuego por un ecosistema forestal no se limita a eliminar la vegetación y el mantillo protector del suelo: modifica en profundidad sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con consecuencias directas sobre su comportamiento hidrológico (Shakesby y Doerr, 2006). La pérdida del dosel vegetal y de la cobertura superficial reduce la intercepción y altera la evapotranspiración; la combustión de la materia orgánica disminuye la rugosidad superficial y aumenta la erosionabilidad del suelo; y, en muchos casos, el calor generado durante la combustión favorece la aparición o la intensificación de la hidrofobicidad, es decir, la repelencia del suelo al agua: una capa subsuperficial que dificulta la infiltración y multiplica la escorrentía superficial (DeBano, 2000).

Conviene distinguir dos conceptos que a menudo se confunden aunque están relacionados. La intensidad del incendio describe la energía liberada durante la combustión, mientras que la severidad hace referencia al grado de alteración que el fuego produce sobre la vegetación, el mantillo y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Desde el punto de vista hidrológico, la severidad constituye uno de los principales condicionantes de la respuesta posterior del terreno, ya que determina en gran medida la pérdida de cobertura orgánica protectora, el desarrollo de hidrofobicidad y la susceptibilidad a la erosión.

La magnitud de estos cambios es muy elevada. Diversas revisiones internacionales muestran que, tras incendios de alta severidad, las pérdidas de suelo durante los primeros años pueden aumentar entre uno y dos órdenes de magnitud respecto de áreas no quemadas, mientras que la escorrentía superficial puede multiplicarse varias veces en función de la intensidad de la lluvia, la pendiente, la severidad del incendio y la velocidad de recuperación de la cobertura vegetal (Shakesby y Doerr, 2006; Shakesby, 2011; Moody et al., 2013). Con todo, la respuesta presenta una elevada variabilidad entre regiones y eventos, por lo que estos valores deben interpretarse como órdenes de magnitud orientativos y no como cifras universales.

El resultado conjunto de estos procesos es un incremento, generalmente muy marcado, de la escorrentía superficial en detrimento de la subterránea (caudales punta, volumen de agua generado) y de la erosión superficial: erosión por salpicadura, erosión laminar, en regueros y la generación de cárcavas y barrancos. La magnitud de estos efectos no depende solo del propio incendio, sino de la interacción entre varios factores: la intensidad y la cantidad de la precipitación que incide sobre la ladera recién quemada, la topografía (pendiente, longitud de ladera, orientación), la severidad del incendio, que determina el grado de combustión de la materia orgánica y de alteración de la hidrofobicidad, y, de forma muy destacada, el grado de cobertura del suelo tras el paso del fuego, con especial atención al porcentaje de suelo desnudo, que queda directamente expuesto al impacto de la lluvia y a la escorrentía de superficie sin ningún elemento de protección. Además del incremento de la erosión, la pérdida de cobertura vegetal y de la cohesión aportada por el sistema



radicular favorecen la inestabilidad de las laderas, incrementando la probabilidad de deslizamientos superficiales, flujos de derrubios y caídas de rocas.

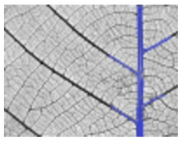
El porcentaje de suelo desnudo es máximo en los meses inmediatamente posteriores al incendio, especialmente en las zonas de severidad alta, y disminuye de forma progresiva a medida que la vegetación se recupera, aunque con una elevada dispersión entre parcelas y una recuperación mucho más lenta cuanto mayor ha sido la severidad del fuego. Este período de suelo desprotegido coincide, con frecuencia, con las primeras lluvias otoñales de gran intensidad erosiva, propias del clima mediterráneo, lo que explica que los mayores riesgos de erosión y escorrentía superficial se concentren precisamente en los meses siguientes al incendio, cuando el suelo tiene menos capacidad de amortiguar el impacto de la lluvia torrencial (Pausas et al., 2008).

3. La «ventana de perturbación»: cuando el agua se convierte en el segundo impacto

El concepto de «ventana de perturbación», propuesto por Prosser y Williams (1998), describe el periodo posterior al incendio durante el cual la producción de sedimentos y de escorrentía superficial se mantienen muy por encima de los niveles habituales en un terreno no quemado, antes de regresar progresivamente a la normalidad conforme avanza la recuperación de la vegetación y del suelo. Dentro de esta ventana, el propio incendio solo constituye el primer impacto: es la lluvia posterior, en su relación con las condiciones del suelo alteradas por el fuego, la que actúa como segundo impacto y determina la magnitud real de la alteración hidrológica y erosiva del territorio.

Esta combinación de fuego y lluvia intensa, descrita de forma muy gráfica por un reportaje reciente de la revista *Nature* como el «doble golpe» del fuego y las coladas de barro, puede desencadenar procesos especialmente destructivos, capaces de movilizar grandes volúmenes de terreno, cenizas, rocas y madera quemada ladera abajo con una energía muy superior a la de la escorrentía ordinaria (Palmer, 2022). No hace falta que la precipitación sea extraordinaria en su conjunto: lo determinante es la intensidad de la lluvia en periodos cortos, del orden de quince minutos, especialmente en los primeros meses tras el fuego, cuando el suelo hidrófobo actúa como una superficie prácticamente impermeable y la ceniza y los sedimentos sueltos quedan disponibles para ser movilizados.

Ese arrastre de cenizas, materia orgánica y sedimento fino o grueso, o incluso de enormes cantidades de tierra por deslizamientos o colapsos del terreno, no sólo modela la ladera: es también el principal vector de deterioro de la calidad del agua aguas abajo. Las cenizas y los sedimentos transportados por la escorrentía alcanzan los cauces, embalses y otras masas de agua, donde incrementan la turbidez, el contenido en nutrientes y metales, y comprometen la calidad del agua destinada a abastecimiento, riego, producción de energía hidroeléctrica, actividades recreativas, o fauna ictiológica, macroinvertebrados y cultivos marinos en aguas costeras afectadas por los ríos que desembocan en ellas, además de colmatar progresivamente los embalses. La alteración conjunta de la hidrología del suelo por el fuego y por la lluvia post-incendio constituye, así, un segundo gran impacto sobre el ciclo ordinario del agua, tan relevante o más como el propio incendio en términos



de gestión del territorio, ya que agua y suelo constituyen dos recursos estratégicos en la actividad humana.

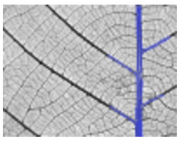
El incendio incrementa además la conectividad hidrológica entre las laderas y la red de drenaje. La desaparición de la cubierta vegetal, la continuidad de las superficies desnudas y la pérdida de la capacidad de infiltración favorecen que el agua, las cenizas y los sedimentos alcancen con mayor facilidad barrancos, cauces y embalses, lo que aumenta la eficiencia del transporte de materiales desde las zonas quemadas hacia los ecosistemas acuáticos. La magnitud de los impactos sobre la calidad del agua depende, en consecuencia, no solo de la cantidad de suelo erosionado, sino también del grado de conexión hidrológica existente entre las áreas afectadas y la red fluvial (Moody et al., 2013).

Cabe destacar, asimismo, que en el contexto mediterráneo esta ventana de perturbación no siempre se limita al primer año tras el fuego, como asumía el modelo clásico desarrollado originalmente en el oeste de Estados Unidos. La revisión de Shakesby (2011) sobre la erosión post-incendio en el Mediterráneo recopila numerosos estudios en los que el pico de erosión se retrasa hasta el segundo, el tercer o incluso el quinto año después del incendio, debido a la lenta recuperación de la vegetación en ambientes áridos y semiáridos, y a la elevada variabilidad interanual de las precipitaciones erosivas propias del clima mediterráneo. Así, en una pequeña cuenca de la Sierra de Xortà (Alicante), el caudal punta se retrasó hasta el segundo año tras el fuego y la producción de sedimentos siguió aumentando hasta el tercero (Mayor et al., 2007); y en la región del Monte Carmelo (Israel), los incendios recurrentes han mostrado tender a alargar progresivamente esta ventana de perturbación y a elevar el nivel de fondo de la producción de sedimentos con cada nuevo fuego (Wittenberg e Inbar, 2009). Esta matización es especialmente relevante para la planificación de las actuaciones de restauración hidrológico-forestal en nuestras cuencas, que no deben limitarse al primer otoño-invierno posterior al incendio, sino mantenerse activas y objeto de seguimiento durante varios años.

Las proyecciones climáticas para la región mediterránea apuntan, por otro lado, hacia una mayor frecuencia de incendios de alta severidad y de episodios de precipitaciones y lluvias torrenciales extremas. La creciente coincidencia entre ambos fenómenos podría aumentar la probabilidad de respuestas hidrológicas desmesuradas y reforzar la importancia de la ventana de perturbación como periodo crítico para la protección del suelo y de los recursos hídricos.

4. Actuaciones de emergencia: primeros pasos en la restauración hidrológico-forestal

La existencia de esta ventana de perturbación, y la magnitud de los impactos que generan sobre el suelo y el agua, justifican la necesidad de actuar con rapidez tras el incendio, dentro de los esquemas de restauración de emergencia que se aplican en muchos países forestales tras el paso del fuego (Robichaud et al., 2000). Entre las medidas habitualmente empleadas para reducir el riesgo de erosión y escorrentía superficial mientras la vegetación se recupera se encuentran:



- El acolchado del suelo (*mulching*), generalmente mediante paja o restos vegetales, es una de las medidas con mayor respaldo científico: reduce de forma significativa (> 70%) la erosión y la escorrentía al proteger el suelo frente al impacto directo de la lluvia y favorecer la infiltración. No obstante, su aplicación suele implicar costes elevados, limitaciones logísticas y disponibilidad restringida de materiales, por lo que habitualmente se reserva para las zonas de mayor riesgo hidrológico o de mayor valor ambiental.

- La instalación de empalizadas o barreras de troncos siguiendo las curvas de nivel, u otras estructuras (faginas, zarzos, balas de paja, pantallas de retención de sedimentos,...) que fragmentan la longitud de la ladera, frenan la escorrentía superficial y pueden reducir la carga de sedimentos significativamente antes de que alcance los cauces. Del mismo modo, aumentan la infiltración dando mayor oportunidad a la instalación de nuevas plantas por germinación y de supervivencia de las especies rebrotadoras.

- La siembra de herbáceas de rápido crecimiento y, en general, medidas orientadas a acelerar la recuperación de la cobertura vegetal, como la colocación de tepes de hierba, mallas de fibras de esparto, paja o coco, …, que reducen así el período en el que el suelo está desnudo, y disminuyen las tasas de erosión en más de un 90% (Navarro Hevia, 2002).

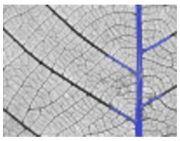
- La instalación de diques de retención de sedimentos y otras obras de corrección hidrológico-forestal (albarradas, rastrillos, malecones...) en cauces permanentes o efímeros y regueros de cabecera, donde se concentra el transporte de sedimento hacia la red de drenaje principal. Los diques controlan el flujo en los cauces, reduciendo su capacidad de arrastre, y pueden retener entre un 70 y 90 % de los sedimentos transportados en función de sus dimensiones y el tiempo de retención de los caudales.

- El seguimiento de la meteorología prevista, con especial atención a la intensidad de la lluvia en periodos cortos, para anticipar episodios de riesgo de flujos de derrubios y activar, en su caso, protocolos de alerta y protección de infraestructuras y poblaciones situadas aguas abajo.

- También la modelización hidrológica de cuencas permite predecir o detectar zonas sensibles y maximizar el rendimiento y eficacia de las medidas de prevención o de actuación pre- y post-incendio.

Estas actuaciones deben priorizarse en función de la severidad del incendio, la pendiente, la proximidad a cauces, embalses o núcleos habitados, y la vulnerabilidad de los valores a proteger. No sustituyen, sino que complementan, a la recuperación natural de la vegetación como mecanismo definitivo de restauración de la funcionalidad hidrológica del monte.

Cabe señalar que la restauración de emergencia no implica necesariamente intervenir de forma sistemática sobre toda la superficie quemada. En muchos incendios, especialmente cuando la severidad es baja o moderada y el riesgo hidrológico es reducido, la recuperación natural constituye la opción más adecuada. Del mismo modo, la decisión de no aplicar tratamientos debe formar parte también de una estrategia de gestión basada en el conocimiento científico y en la evaluación del riesgo o de la gravedad de las consecuencias económicas esperadas. No intervenir no equivale a



dejar de gestionar, sino a asumir que la evolución natural del ecosistema puede ofrecer la mejor respuesta, siempre que no se comprometan la conservación del suelo, la regulación hidrológica o la protección de las personas, las infraestructuras y los recursos hídricos situados aguas abajo.

Con independencia de que se apliquen o no tratamientos de emergencia, resulta imprescindible establecer programas de seguimiento durante los años posteriores al incendio. El comportamiento hidrológico de una cuenca quemada evoluciona conforme se recuperan el suelo y la vegetación, y esa evolución puede diferir notablemente entre incendios según la severidad, las especies que componían el ecosistema forestal, las oscilaciones del clima y concurrencia de episodios de lluvia torrencial. El seguimiento permite comprobar la eficacia de las actuaciones realizadas, detectar nuevas situaciones de riesgo y adaptar la gestión conforme avanza la recuperación del ecosistema.

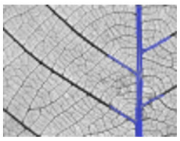
5. A modo de conclusión: pensar el territorio incendiado desde la alteración del ciclo hidrológico

Los trabajos de restauración post-incendio deben concebirse desde una comprensión integral de la relación entre el ciclo hidrológico y el territorio afectado por el fuego. No basta con actuar de forma puntual sobre puntos concretos de la ladera: es necesario planificar las actuaciones a escala de ladera y de cuenca, incluidos los cauces efímeros que canalizan la escorrentía y el sedimento hacia la red hidrográfica principal, con el objetivo de proteger los valores y bienes situados aguas abajo (calidad y cantidad del agua, capacidad de los embalses, estado de las infraestructuras, garantías de seguridad y servicios a las poblaciones afectadas) frente a los impactos derivados de la alteración de la relación entre el suelo y el agua que provoca el incendio.

La alteración del suelo tras un incendio va más allá del aumento de la escorrentía y la erosión: compromete también algunos de los principales servicios ecosistémicos que proporcionan los montes, como la regulación hidrológica, el abastecimiento de agua de calidad, la conservación de la fertilidad del suelo, el almacenamiento de carbono, la alteración de las comunidades microbianas, la pérdida de refugio y alimento para la fauna mayor, así como el mantenimiento de la biodiversidad. Proteger el suelo durante la ventana de perturbación supone, por tanto, proteger al mismo tiempo el funcionamiento hidrológico de las cuencas y la capacidad de recuperación del ecosistema forestal.

En síntesis, el objetivo de estos trabajos no es únicamente favorecer la recuperación de la vegetación, sino conservar el suelo como soporte del ecosistema y proteger los recursos hídricos, tanto en cantidad como en calidad. Recursos hídricos de los que dependen ineludiblemente las poblaciones de las cuencas. La aplicación de los principios de la hidrología forestal permite identificar las áreas prioritarias de actuación, reducir los procesos de escorrentía superficial y erosión, minimizar el transporte de sedimentos y contaminantes hacia los cauces, y preservar los servicios ecosistémicos asociados al agua y a la vegetación perdida.

En este contexto, la restauración hidrológico-forestal debe entenderse como un proceso adaptativo que combina la evaluación inicial del riesgo, la aplicación selectiva de medidas de emergencia



cuando resultan necesarias y el seguimiento continuado de la evolución del territorio. Tanto la intervención como la decisión de no intervenir deben sustentarse en el conocimiento científico y en la observación de la respuesta del ecosistema, con un objetivo común: favorecer la recuperación natural del monte protegiendo, al mismo tiempo, el suelo y los recursos hídricos frente a los impactos derivados del incendio.

Referencias bibliográficas

DeBano, L.F. (2000). The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. Journal of Hydrology, 231–232, 195–206.

EFFIS – Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales / Servicio de Gestión de Emergencias de Copernicus (2026). Situación actual de los incendios forestales en Europa. Comisión Europea, Centro Común de Investigación.

Navarro Hevia, J. (2002). Control de la erosión en desmontes originados por obras de infraestructura viaria: aplicación al entorno de Palencia capital (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).

Mayor, A.G., Bautista, S., Llovet, J., Bellot, J. (2007). Post-fire hydrological and erosional responses of a Mediterranean landscape: seven years of catchment-scale dynamics. Catena, 71(1), 68–75.

MITECO – Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2026). Balance de incendios forestales, España, julio de 2026.

Moody, J.A., Shakesby, R.A., Robichaud, P.R., Cannon, S.H., Martin, D.A. (2013). Current research issues related to post-wildfire runoff and erosion processes. Earth-Science Reviews, 122, 10–37.

Palmer, J. (2022). The one-two punch of fires and mudslides. Nature, 601, 184–186.

Pausas, J.G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? A review. International Journal of Wildland Fire, 17(6), 713–723.

Prosser, I.P., Williams, L. (1998). The effect of wildfire on runoff and erosion in native Eucalyptus forest. Hydrological Processes, 12(2), 251–265.

Robichaud, P.R., Beyers, J.L., Neary, D.G. (2000). Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments. USDA Forest Service, General Technical Report RMRS-GTR-63.

Shakesby, R.A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: review and future research directions. Earth-Science Reviews, 105(1–2), 71–100.

Shakesby, R.A., Doerr, S.H. (2006). Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. Earth-Science Reviews, 74(3–4), 269–307.

Wittenberg, L., Inbar, M. (2009). The role of fire disturbance on runoff and erosion processes — a long-term approach, Mt. Carmel case study, Israel. Geographical Research, 47(1), 46–56.