

INCENDIOS FORESTALES: IMPACTO AMBIENTAL, PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y TÉCNICAS DE COMBATE



ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Valoración del impacto ambiental y daños ecológicos en los trabajos de detección y combate de los incendios forestales	4
3. Técnicas para minimizar y corregir los daños	23
4. Red de comunicaciones	28
5. Plan de extinción	32
6. Organización del combate	35

El presente tema desarrolla el Tema 30 del programa oficial de la especialidad de Procesos de Producción Agraria, aprobado por la Orden de 1 de febrero de 1996, por la que se aprueban los temarios que han de regir en los procedimientos de ingreso, adquisición de nuevas especialidades y movilidad para determinadas especialidades de los Cuerpos de Profesores de Enseñanza Secundaria y Profesores Técnicos de Formación Profesional, publicada en el BOE n.º 38, de 13 de febrero de 1996.

Tema 30. Valoración del impacto ambiental y daños ecológicos en los trabajos de detección y combate de los incendios forestales. Técnicas para minimizar y corregir los daños.

Este material desarrolla, actualiza y amplía el contenido del tema oficial conforme a la normativa, bibliografía científica y criterios técnicos vigentes en materia de incendios forestales.

1. Introducción

El fuego es un fenómeno natural que forma parte de la dinámica de muchos ecosistemas, especialmente de los bosques y matorrales mediterráneos. En condiciones naturales contribuye a la renovación de la vegetación, al reciclaje de nutrientes y al mantenimiento de determinadas especies adaptadas al fuego. Sin embargo, cuando su frecuencia, intensidad o extensión superan la capacidad de recuperación del ecosistema, se convierte en una grave amenaza para las personas y el medio ambiente.

En España y en el resto de la cuenca mediterránea, la mayoría de los incendios forestales tienen origen **humano**. Además, factores como el **cambio climático**, las **olas de calor**, las **sequías prolongadas**, el **abandono del medio rural**, la **acumulación de combustible forestal** y el crecimiento de la **interfaz urbano-forestal** favorecen la aparición de incendios cada vez más intensos y difíciles de extinguir.

En este contexto, la gestión moderna de los incendios forestales no se limita a su extinción, sino que integra actuaciones de **prevención**, **detección temprana**, **gestión del combustible**, **coordinación de los medios de intervención** y **restauración de las zonas afectadas**, con el objetivo de reducir los daños ecológicos, económicos y sociales y aumentar la resiliencia de los ecosistemas frente al fuego.

2. Valoración del impacto ambiental y daños ecológicos en los trabajos de detección y combate de los incendios forestales

2.1. Definición de fuego e incendio forestal

Terreno forestal

Según la **Ley 43/2003, de Montes**, se considera **terreno forestal** todo terreno en el que vegetan especies forestales arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, de forma natural o procedentes de siembra o plantación, que desempeñan funciones ecológicas, protectoras, productoras, paisajísticas o recreativas. También se incluyen los terrenos destinados a su restauración o repoblación forestal.

Fuego

El **fuego** es una reacción química de combustión que libera calor, luz y gases al producirse la oxidación rápida de un combustible en presencia de un comburente (oxígeno) y una fuente de calor. Para que se inicie y mantenga la combustión deben concurrir los cuatro elementos del **tetraedro del fuego**:

- Combustible.
- Oxígeno.
- Calor.
- Reacción en cadena.

Los distintos métodos de extinción actúan sobre uno o varios de ellos:

- **Enfriamiento**, mediante agua, reduciendo la temperatura del combustible.
- **Sofocación**, disminuyendo el aporte de oxígeno mediante tierra, espuma o agentes extintores.
- **Eliminación del combustible**, mediante cortafuegos, líneas de defensa, desbroces o quemas prescritas.
- **Inhibición química**, interrumpiendo la reacción en cadena mediante determinados agentes extintores.

2.1.1 Incendio forestal

Un incendio forestal es el fuego que se propaga sin control sobre un terreno forestal, afectando a la vegetación natural. No se consideran incendios forestales las quemas autorizadas que permanecen bajo control, salvo que se propaguen fuera del área prevista.



INCENDIO FORESTAL

Un **incendio forestal** es el fuego que se propaga sin control sobre un terreno forestal, afectando a la vegetación natural o forestal. No se consideran incendios forestales las **quemas autorizadas** que **permanecen bajo control**, salvo que se propaguen fuera del área prevista.



CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ESTRATO AFECTADO			CLASIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE AFECTADA	
INCENDIOS DE SUPERFICIE Afectan a la vegetación herbácea, hojarasca, matorral y restos vegetales. Son los más frecuentes. 	INCENDIOS DE COPAS Se propagan por las copas de los árboles, normalmente favorecidos por la continuidad vertical del combustible y el viento. 	INCENDIOS DE SUBSUELO Avanzan bajo la superficie consumiendo raíces, turbas y materia orgánica del suelo. Son lentos, persistentes y difíciles de detectar y extinguir. 	SUPERFICIE ARBOLADA Zonas ocupadas por masas forestales con predominio de árboles. 	SUPERFICIE NO ARBOLADA Comprende matorrales, pastizales y otras formaciones vegetales sin predominio arbóreo. 
 En un mismo incendio pueden coexistir simultáneamente varios de estos tipos.			SUPERFICIE NO FORESTAL Incluye terrenos agrícolas, urbanos o infraestructuras que puedan verse afectados por el incendio. 	

2.1.2 Clasificación según el estrato afectado

Los incendios forestales pueden clasificarse en:

- **Incendios de superficie:** afectan a la vegetación herbácea, hojarasca, matorral y restos vegetales. Son los más frecuentes.
- **Incendios de copas:** se propagan por las copas de los árboles, normalmente favorecidos por la continuidad vertical del combustible y el viento.
- **Incendios de subsuelo:** avanzan bajo la superficie consumiendo raíces, turbas y materia orgánica del suelo. Son lentos, persistentes y difíciles de detectar y extinguir.

En un mismo incendio pueden coexistir simultáneamente varios de estos tipos.

2.1.3 Clasificación de la superficie afectada

Tras un incendio, la superficie quemada suele clasificarse en:

- **Superficie arbolada:** zonas ocupadas por masas forestales con predominio de árboles.
- **Superficie no arbolada:** comprende matorrales, pastizales y otras formaciones vegetales sin predominio arbóreo.
- **Superficie no forestal:** incluye terrenos agrícolas, urbanos o infraestructuras que puedan verse afectados por el incendio.

2.2. Los incendios forestales en la cuenca mediterránea

La cuenca mediterránea es una de las regiones del mundo con mayor riesgo de incendios forestales debido a la combinación de factores climáticos, ecológicos y socioeconómicos. Los veranos cálidos y secos, las sequías prolongadas, el viento y la acumulación de combustible vegetal favorecen la aparición y rápida propagación del fuego. En las últimas décadas, el cambio climático ha incrementado la frecuencia e intensidad de los incendios extremos o Grandes Incendios Forestales (GIF).

2.2.1 Factores condicionantes

Factores meteorológicos

El clima mediterráneo presenta características que favorecen los incendios forestales:

- Veranos largos, cálidos y secos.
- Escasas precipitaciones estivales.
- Bajas humedades relativas.
- Olas de calor cada vez más frecuentes.
- Vientos intensos (poniente, mistral, tramontana, etc.).
- Tormentas secas con elevada actividad eléctrica.

La vegetación como combustible

La vegetación mediterránea constituye un combustible muy inflamable durante el verano debido a su bajo contenido de humedad. La continuidad del combustible, la acumulación de biomasa y la presencia de especies ricas en resinas y aceites esenciales (como algunos pinares y matorrales) favorecen la propagación del fuego. No obstante, el comportamiento del incendio depende más de la **cantidad, estructura y continuidad del combustible** que de la especie vegetal.

Factores socioeconómicos

Los principales factores humanos que incrementan el riesgo de incendios son:

- Despoblación y abandono del medio rural.
- Acumulación de combustible por falta de gestión forestal.
- Expansión de la interfaz urbano-forestal.
- Incremento del uso recreativo del monte.
- Negligencias en actividades agrícolas, forestales y de ocio.

- Incendios intencionados.

Principales conflictos

La combinación de estos factores genera diversos problemas que incrementan el riesgo de incendio:

- **Abandono de tierras agrícolas y forestales**, favoreciendo la acumulación de biomasa.
- **Disminución del pastoreo tradicional**, reduciendo el consumo natural del matorral.
- **Quemas agrícolas mal ejecutadas**, una de las principales causas de incendios por negligencia.
- **Replantaciones forestales sin una adecuada gestión selvícola**, que pueden aumentar la continuidad del combustible.
- **Mayor presión humana sobre los espacios naturales**, especialmente en épocas de peligro alto.

Actualmente, la prevención se basa en la **gestión activa del territorio**, mediante tratamientos selvícolas, quemas prescritas, pastoreo dirigido, educación ambiental, vigilancia y planificación forestal, con el objetivo de reducir la continuidad del combustible y aumentar la resiliencia de los ecosistemas frente al fuego.

2.3. Combustibles, tetraedro del fuego e índices de peligro

2.3.1 Combustibles forestales



El **combustible forestal** es toda materia vegetal, viva o muerta, susceptible de arder. Constituye uno de los elementos fundamentales del fuego y su cantidad, distribución, continuidad y

contenido de humedad determinan el comportamiento, la intensidad y la velocidad de propagación de un incendio forestal.

Los combustibles forestales están formados por árboles, arbustos, matorrales, pastizales, hojarasca, ramas, restos vegetales, raíces y materia orgánica acumulada sobre el suelo.

Clasificación de los combustibles

Según su estado

- **Combustibles vivos:** árboles, arbustos, matorral y vegetación herbácea. Su inflamabilidad depende principalmente del contenido de humedad y de la especie vegetal.
- **Combustibles muertos:** hojarasca, acículas, ramas secas, troncos caídos, tocones, cortezas y restos de aprovechamientos forestales. Son los combustibles que con mayor facilidad originan y propagan los incendios durante el verano.

Según su tamaño

- **Combustibles finos:** hojas, acículas, hierbas y ramillas de pequeño diámetro. Pierden humedad muy rápidamente y son los primeros en inflamarse, por lo que condicionan el inicio y la velocidad de propagación del incendio.
- **Combustibles gruesos:** ramas de gran diámetro, troncos y tocones. Necesitan más energía para prender, pero una vez iniciada la combustión mantienen el incendio durante más tiempo y generan gran cantidad de calor.

Según su posición

- **Combustibles de superficie:** pastizales, hojarasca, matorral y restos vegetales situados sobre el suelo. Son responsables de la mayoría de los incendios de superficie.
- **Combustibles aéreos:** ramas, copas y follaje de árboles y arbustos. Favorecen el desarrollo de incendios de copas, especialmente cuando existe continuidad vertical entre el matorral y las copas de los árboles.
- **Combustibles subterráneos:** raíces, turbas y materia orgánica acumulada bajo la superficie. Originan incendios lentos, persistentes y muy difíciles de extinguir.

Inflamabilidad del combustible

El comportamiento del combustible depende del contenido de humedad, el tamaño y grosor del combustible, la continuidad horizontal y vertical, la cantidad de combustible acumulado, el contenido en resinas, aceites esenciales u otras sustancias inflamables, la temperatura ambiente, la humedad relativa y la velocidad del viento.

La facilidad con la que un combustible arde depende de diversos factores: En el ámbito mediterráneo, la acumulación de combustible derivada del abandono del medio rural constituye uno de los principales factores responsables de los Grandes Incendios Forestales (GIF).

2.3.2 Combustión



La **combustión** es una reacción química de oxidación rápida entre un combustible y el oxígeno del aire, iniciada por una fuente de calor, que libera energía en forma de calor, luz y gases.

En los combustibles vegetales pueden distinguirse tres fases principales:

1. **Precalentamiento:** el combustible absorbe calor, pierde humedad y aumenta progresivamente su temperatura.
2. **Pirólisis:** la materia vegetal comienza a descomponerse liberando gases inflamables que alimentan las llamas.
3. **Combustión y carbonización:** los gases liberados y posteriormente el carbón residual reaccionan con el oxígeno produciendo calor, dióxido de carbono, vapor de agua y otros gases de combustión.

Cuando el aporte de oxígeno es suficiente se produce una combustión completa. Si el oxígeno es escaso, la combustión es incompleta y se generan mayores cantidades de humo, monóxido de carbono y partículas en suspensión.

2.3.3 Tetraedro del fuego

Actualmente el comportamiento del fuego se explica mediante el **tetraedro del fuego**, que sustituye al antiguo triángulo del fuego.



Para que exista combustión deben concurrir simultáneamente cuatro elementos:

- Combustible.
- Oxígeno (comburente).
- Calor o energía de activación.
- Reacción química en cadena.

La eliminación de cualquiera de estos elementos provoca la extinción del incendio.

Los distintos métodos de extinción actúan sobre uno o varios de ellos:

- **Enfriamiento**, mediante agua, reduciendo la temperatura del combustible.
- **Sofocación**, disminuyendo el aporte de oxígeno mediante tierra, espuma o agentes extintores.
- **Eliminación del combustible**, mediante cortafuegos, líneas de defensa, desbroces o quemas prescritas.
- **Inhibición química**, interrumpiendo la reacción en cadena mediante determinados agentes extintores.

2.3.4 Índices de peligro de incendio



Los **índices de peligro** son herramientas que permiten estimar la probabilidad de inicio y propagación de un incendio forestal, facilitando la planificación de las actuaciones preventivas y la movilización de los medios de vigilancia y extinción.

Actualmente estos índices se calculan mediante modelos meteorológicos y de humedad del combustible empleados por organismos como la **AEMET**, el **MITECO** y las comunidades autónomas.

Los principales factores considerados son:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Precipitaciones recientes.
- Duración de la sequía.
- Velocidad y dirección del viento.
- Humedad del combustible fino muerto.
- Radiación solar.
- Estado de la vegetación.

En función de estos parámetros se establecen distintos niveles de peligro, generalmente clasificados como:

- Bajo.

- Moderado.
- Alto.
- Muy alto.
- Extremo.

Cuando el índice alcanza valores elevados, las administraciones pueden adoptar medidas como:

- Restricción del uso del fuego.
- Prohibición de quemas agrícolas.
- Limitación del acceso a determinadas zonas forestales.
- Refuerzo de la vigilancia.
- Preposicionamiento de los medios de extinción.
- Activación de los planes especiales frente al riesgo de incendios forestales.

Importancia de los índices de peligro

Los índices de peligro constituyen una herramienta esencial para la gestión moderna de los incendios forestales, ya que permiten anticipar situaciones de riesgo, optimizar los recursos disponibles y reducir tanto el número de incendios como la superficie afectada. Combinados con la información proporcionada por satélites, estaciones meteorológicas automáticas, drones y modelos predictivos del comportamiento del fuego, facilitan una respuesta más rápida y eficaz ante los episodios de peligro extremo.

2.4. Efectos del fuego en los ecosistemas forestales

2.4.1. Factores que condicionan los efectos del fuego

1. Intensidad, severidad y duración del incendio

- **Severidad:** Es la medida del grado de consumo de materia orgánica (viva o muerta) causado por el fuego. En el suelo, se evalúa mediante la afección a los horizontes orgánicos (hojarasca) y la presencia de cenizas blancas (indicador de severidad muy alta). En la vegetación, depende de si el daño afecta a las copas (soflamado o consumo total), al matorral o al estrato herbáceo.
- **Intensidad:** Relacionada con la energía liberada. Intervalos largos sin fuego pueden generar incendios de mayor intensidad al permitir una gran acumulación de combustible.
- **Duración:** Aunque menos detallada en las fuentes como factor aislado, la duración influye en la severidad al determinar el tiempo que el calor actúa sobre el suelo y los tejidos vegetales.

2. Frecuencia de incendios en la zona

- La **recurrencia** es crítica para la biodiversidad. Incendios con intervalos demasiado cortos (alta frecuencia) agotan las reservas de carbohidratos de las especies rebrotadoras y reducen su capacidad de recuperación.

- En ecosistemas dependientes del fuego, una frecuencia inadecuada (ya sea por exceso o por defecto) provoca la pérdida de especies y cambios en la estructura de la comunidad vegetal.

3. Tipo y cantidad de combustible

- La continuidad vertical y horizontal de los combustibles facilita la transición de fuegos de superficie a fuegos de copas.
- En climas mediterráneos, el crecimiento vegetal durante la época de lluvias produce cargas de combustible contiguas que se vuelven altamente inflamables durante la sequía estival.
- Se utilizan modelos de combustible (del 1 al 13) para caracterizar la biomasa y predecir el comportamiento y los efectos del fuego.

5. Características del suelo (textura, pendiente y contenido en materia orgánica)

- **Pendiente:** Es un factor clave en la erosión hídrica; pendientes superiores al 15% aumentan drásticamente el riesgo de pérdida de suelo tras el incendio.
- **Materia orgánica y textura:** El horizonte de hojarasca y humus tiene una función protectora esencial. Su consumo por el fuego, sumado a texturas arenosas, puede favorecer fenómenos de hidrofobicidad y degradación.
- **Litología:** Se usa como indicador de la erosionabilidad intrínseca cuando no hay mapas de suelo detallados (ej. margas o sustratos no consolidados presentan mayor riesgo).

(Estas tres ya se han explicado anteriormente):

4. Condiciones meteorológicas (temperatura, humedad y viento)

- La **sequía estival** extrema aumenta la inflamabilidad y puede causar la muerte regresiva de las copas (*die-back*), aportando más combustible seco.
- El **viento**, la temperatura máxima y la humedad relativa mínima durante el incendio son variables determinantes para su propagación y los daños finales.
- Las **precipitaciones post-incendio** (especialmente si son torrenciales) condicionan la magnitud de la erosión del suelo antes de que la vegetación se recupere.

6. Especies vegetales presentes y su capacidad de regeneración

- **Estrategias de regeneración:** Las plantas mediterráneas responden principalmente mediante el **rebrote** (desde cepas, raíces o copas) o mediante el **banco de semillas** (germinadoras).
- **Estimulantes:** El fuego puede activar la germinación mediante **choque térmico** (típico en leguminosas y cistáceas con semillas duras) o mediante **estímulos químicos** presentes en el humo y la madera carbonizada.
- **Madurez reproductiva:** El éxito de las especies germinadoras (como los pinos serófitos) depende de que los árboles hayan alcanzado la edad suficiente para producir abundantes piñas antes del fuego.

7. Gestión forestal previa y estado de conservación del monte

- **Tratamientos selvícolas:** Los clareos y podas previas reducen la carga de combustible y pueden mitigar la severidad del incendio.
- **Estado de conservación:** El abandono de tierras o la falta de gestión incrementan la carga de combustible y la intensidad potencial de los fuegos en zonas desarrolladas.
- **Gestión post-incendio:** Decisiones como la **extracción de madera quemada** (*salvage logging*) influyen en la recuperación, pudiendo ayudar al control de plagas (escolítidos) pero aumentando el riesgo de erosión si no se realiza adecuadamente

2.4.2. Efectos sobre el microclima

- **Agravamiento del estrés hídrico:** La pérdida de la cubierta no solo aumenta la temperatura, sino que eleva drásticamente el estrés hídrico de las plantas que intentan colonizar el área. La exposición directa del suelo mineral a la radiación solar intensifica la evaporación de la escasa humedad retenida, lo que puede resultar letal para las plántulas en sus primeros estadios de desarrollo.
- **Pérdida de nichos microclimáticos:** La madera quemada (troncos y ramas que permanecen en el sitio) cumple una función estructural crítica al crear enclaves con condiciones físicas y microclimáticas específicas. Estos restos generan zonas de sombra y protección mecánica que facilitan la sucesión vegetal y animal, actuando como núcleos de regeneración en un entorno que, de otro modo, sería térmicamente hostil.
- **Alteración de los regímenes de germinación:** Las modificaciones en la cantidad de radiación que incide directamente sobre el suelo pueden llegar a alterar los ritmos de germinación e instalación de nuevas plantas. Por ejemplo, la retirada total de la madera quemada (saca de madera) elimina la protección contra la radiación, lo que suele reducir la riqueza de especies y la velocidad de recubrimiento vegetal de forma temporal. El principal beneficio de retirar la madera es **económico** (se vende para biomasa, embalaje o celulosa). Además, desde el punto de vista de la gestión, previene la caída de árboles sobre vías de comunicación y reduce el riesgo de plagas (como los escolítidos). Sin embargo, a nivel ecológico, extraerla en su totalidad puede empobrecer el suelo y dificultar la regeneración natural del bosque.
- **Efecto amortiguador de los restos selvícolas:** El manejo de los restos tras el incendio puede mitigar los efectos microclimáticos negativos. Técnicas como el astillado o triturado de la madera quemada crean una capa protectora sobre el suelo que ayuda a conservar la humedad y reducir el estrés hídrico, favoreciendo el establecimiento de la vegetación de forma similar a como lo haría un acolchado natural (*mulch*).
- **Aumento de la vulnerabilidad en el primer año:** El cambio microclimático es especialmente crítico durante los meses posteriores al incendio, cuando el suelo está más desprotegido. Se estima que la protección del suelo no vuelve a ser microclimáticamente efectiva hasta que la vegetación alcanza un recubrimiento del 30-40%, umbral a partir del cual empieza a restaurarse el balance de humedad y temperatura previo al fuego

2.4.3. Efectos sobre el suelo

El suelo es uno de los elementos más afectados por los incendios forestales.



La imagen muestra el proceso de formación de una **capa hidrófoba** tras un incendio forestal. Antes del incendio, el agua de lluvia atraviesa la hojarasca y se infiltra fácilmente en el suelo. Durante el incendio, el intenso calor volatiliza ceras, resinas y otros compuestos orgánicos presentes en la vegetación y en la materia orgánica superficial. Estos compuestos descienden en forma de vapor y, al llegar a capas más frías del suelo, se condensan formando una **capa repelente al agua (hidrófoba)**. Después del incendio, el agua de lluvia ya no puede infiltrarse con normalidad, por lo que circula por la superficie aumentando la escorrentía y favoreciendo la erosión del suelo.

Efectos físicos y severidad

- **Indicadores de severidad edáfica:** La severidad se define como el grado de consumo de materia orgánica causado por el fuego. Un indicador visual clave es el color de los residuos: la presencia de cenizas blancas o gris claro de forma generalizada indica una severidad muy alta en el suelo, lo que implica una alteración profunda de sus propiedades físico-químicas.
- **Alteración hídrica y sellado:** Además de la pérdida de estructura, el calor puede generar fenómenos de hidrofobicidad (repelencia al agua), especialmente en suelos de textura arenosa, y encostramiento superficial (sellado del suelo). Estos procesos reducen drásticamente la capacidad de infiltración, convirtiendo las laderas en fuentes críticas de escorrentía.
- **Vulnerabilidad y riesgos geomorfológicos:** La eliminación de la "función protectora" de las raíces y la capa de humus somete al terreno a una erosión hídrica extrema. Esto puede desencadenar no solo la pérdida de suelo fértil, sino también procesos a gran escala como deslizamientos de tierra y lodo, desmoronamiento de abancalamientos antiguos y avenidas torrenciales en las cuencas afectadas.

Efectos químicos y reservorios de nutrientes

- **Papel de la madera muerta:** Los troncos y ramas quemados que permanecen en el monte tras el incendio actúan como un **reservorio de nutrientes** que se incorporan gradualmente al suelo. Su presencia es fundamental para mantener los flujos de carbono y facilitar la recuperación química del ecosistema.
- **Efecto de la pinocha (acolchado):** En incendios donde las copas solo resultan sofamadas (severidad baja-media), las acículas secas caen semanas después formando un **acolchado natural (mulch)**. Esta capa es vital para proteger el suelo mineral, reducir el impacto de la lluvia y conservar la humedad necesaria para la regeneración química y biológica.

Efectos biológicos y estabilización

- **Importancia de las costras biológicas:** Tras el fuego, la aparición de **costras biológicas continuas** (formadas por cianobacterias, algas, musgos y líquenes) es un factor determinante para la recuperación del suelo. Estos organismos ayudan a fijar el terreno y restaurar la actividad biológica superficial.
- **Impacto en el nicho microbiano:** La severidad del incendio condiciona la disponibilidad de fuentes de alimento para los microorganismos y hongos del suelo. Una severidad alta puede retrasar significativamente la **recolonización biológica** al destruir no solo a los organismos, sino también los sustratos orgánicos necesarios para su supervivencia.

Efectos biológicos

El calor reduce la actividad de microorganismos, hongos y pequeños invertebrados presentes en las capas superficiales del suelo.

No obstante, muchos microorganismos sobreviven en capas más profundas y recolonizan rápidamente el terreno cuando mejoran las condiciones ambientales.

2.4.4. Efectos sobre la vegetación

1. Impacto Fisiológico y Alteración Estructural



- **Mortalidad y Continuidad del Combustible:** Los fuegos de copas, derivados de la **continuidad vertical y horizontal de los combustibles**, eliminan toda la biomasa aérea en grandes porciones del paisaje. La muerte vegetal no solo es por combustión directa, sino por el **colapso del sistema vascular** debido al calor extremo en el cámbium.

- **Alteración Estructural y Autosucesión:** Tras el incendio, la vegetación mediterránea suele experimentar un proceso de **autosucesión**, donde la comunidad se recupera *in situ* hacia una composición similar a la pre-incendio. Sin embargo, la pérdida de la estructura forestal previa y de los nichos microclimáticos altera la riqueza de especies de forma temporal, favoreciendo inicialmente a **especies oportunistas** y efímeras que aprovechan el espacio liberado.

2. Estrés Biótico Post-incendio (Fitopatología)

- **Atracción Quimiotáctica de Plagas:** Los árboles que sobreviven pero quedan debilitados (especialmente pinos con copas parcialmente soflamadas) emiten **compuestos orgánicos volátiles (COVs)** que actúan como potentes atrayentes para insectos perforadores, principalmente de la familia **Scolytinae**.

<https://youtu.be/eV1FRvIBvI4?si=aeVHfI5W2XBh-Bkn>

Los **escolítidos (Scolytinae)** son pequeños escarabajos perforadores de la corteza y la madera que viven la mayor parte de su vida en el interior del árbol. Generalmente miden entre **1 y 10 mm**, excavan galerías bajo la corteza y sus larvas se desarrollan alimentándose del floema o de hongos simbiotes, según la especie. Aunque la mayoría de especies colonizan árboles debilitados o muertos, algunas son capaces de atacar árboles aparentemente sanos cuando alcanzan densidades muy elevadas



El pino carrasco (*Pinus halepensis*) constituye una de las especies forestales más representativas de los ecosistemas mediterráneos y está perfectamente adaptado a las condiciones de altas temperaturas y sequía estival. No obstante, factores como los incendios forestales, los temporales, las sequías prolongadas, las plagas, las enfermedades y el abandono de los montes provocan el debilitamiento de los pinares, favoreciendo la proliferación de insectos perforadores de la corteza, entre los que destacan los escolítidos **Tomiscus destruens** y **Orthotomicus erosus**.

Tomiscus destruens es un escolítido de entre 3 y 4 mm de longitud cuya hembra inicia el ataque perforando la corteza y excavando una galería materna vertical bajo ella, donde tras el apareamiento puede depositar hasta un centenar de huevos. Las larvas excavan galerías perpendiculares mientras se alimentan del floema, destruyendo los vasos conductores de nutrientes. Cuando estas galerías llegan a rodear completamente el tronco, se interrumpe el transporte de savia, provocando el rápido secado y la muerte del árbol. Tras completar cuatro estadios larvarios, las larvas se transforman en pupas y posteriormente emergen los adultos, que ascienden a las ramillas terminales para alimentarse y completar su maduración sexual antes de reproducirse.

A diferencia de la mayoría de los escolítidos, **Tomiscus destruens** puede comportarse como una especie primaria, siendo capaz de atacar árboles aparentemente sanos cuando sus poblaciones alcanzan densidades elevadas.

Por su parte, **Orthotomicus erosus** es una especie de menor tamaño considerada generalmente secundaria, ya que coloniza preferentemente árboles enfermos o muy debilitados; sin embargo, posee un elevado potencial reproductivo, pudiendo completar más de tres generaciones al año, lo que favorece rápidos incrementos de sus poblaciones.

Entre los principales **síntomas** del ataque destacan la presencia de ramillas secas caídas al suelo, consecuencia de la alimentación de maduración de los adultos, el rápido secado de la copa, que pasa del verde al amarillo y posteriormente al **rojizo**, la **caída de las acículas** y la aparición de pequeños exudados o "**volcanes**" de resina sobre la corteza como respuesta defensiva del árbol. La estrategia de control más eficaz se basa en la detección precoz mediante prospecciones periódicas y en la aplicación de medidas de gestión forestal, como la eliminación de árboles debilitados o con ataques activos antes de la emergencia de los nuevos adultos, evitar la acumulación de madera verde en el monte, triturar, quemar o descortezar la madera infestada antes de la salida de la siguiente generación, emplear trampas cebadas con atrayentes o feromonas para monitorizar las poblaciones y utilizar, en situaciones de elevada infestación, árboles cebo que deben destruirse aproximadamente treinta días después de haber sido colonizados.

- **Umbral de Vulnerabilidad:** El peligro de plagas es máximo en individuos con una parte importante de la copa afectada pero viva. La gestión de esta "madera debilitada" es crítica, ya que los focos de escolítidos pueden expandirse a masas sanas colindantes en un radio de 2 a 4 km.

3. Estrategias Pro-incendio: El Síndrome Mediterráneo

La vegetación ha evolucionado bajo regímenes de fuego mediante dos estrategias principales:

A. Regeneración Endógena (Rebrotadoras)

- **Estrategia "Obligate Resprouters":** Taxones como *Arbutus*, *Quercus*, *Rhamnus* y *Prunus* persisten tras el fuego exclusivamente mediante el **rebrote de yemas latentes** en la cepa, raíz o copa.
- **Reservas de Carbohidratos:** El éxito del rebrote depende de la movilización de reservas de carbono almacenadas en órganos subterráneos (como lignotubérculos). Un régimen de incendios demasiado frecuente puede agotar estas reservas, comprometiendo la **resiliencia** del sistema (su capacidad de volver al estado original).

B. Persistencia vía Banco de Semillas (Germinadoras)

- **Termoinhibición y Choque Térmico:** Especies de las familias *Fabaceae*, *Cistaceae* y *Rhamnaceae* poseen semillas con cubiertas impermeables. El fuego provoca la **ruptura física de la testa**, permitiendo la imbibición y una germinación masiva post-incendio.
- **Estimulación Química por Humo:** Se ha identificado que compuestos de la combustión (como los **butenólidos**) presentes en el humo y la madera carbonizada actúan como inductores químicos de la germinación. Estos químicos pueden transferirse a las semillas en fase gaseosa, líquida o quedar adsorbidos en las partículas del suelo.
- **Serotinia y Dispersión Sincronizada:** Especies como *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster* mantienen bancos de semillas en la copa mediante **piñas serótinas** que solo se abren con el calor. La madurez reproductiva es clave aquí: si el incendio ocurre antes de que el pinar joven alcance la edad de producir piñas viables (fase de monte bravo), la regeneración del pinar puede ser nula.

4. Dinámica Temporal y Sucesional

- **Ventana de Reclutamiento:** Los primeros meses tras el incendio son críticos para la regeneración del ecosistema. Durante este periodo se observa una germinación casi simultánea de especies herbáceas y leñosas. Entre las especies leñosas más características del bosque mesomediterráneo de pino carrasco destacan la coscoja (*Quercus coccifera*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), el aladierno (*Rhamnus alaternus*), el palmito (*Chamaerops humilis*), el enebro de la miera (*Juniperus oxycedrus*), así como arbustos pirófitos como las jaras (*Cistus albidus*, *C. monspeliensis* y *C. salviifolius*), el romero (*Salvia rosmarinus*), la aliaga (*Genista scorpius*), la aulaga (*Ulex parviflorus*) y el brezo (*Erica multiflora*).
- **Punto Crítico (3 años):** Aproximadamente tres años después del incendio se produce un cambio en la estructura de la comunidad vegetal. Las especies herbáceas oportunistas disminuyen progresivamente y se consolida el establecimiento de las especies leñosas que constituirán el futuro matorral o bosque, favoreciendo el desarrollo de un sotobosque mediterráneo estable y, posteriormente, la incorporación de nuevos individuos de pino carrasco y otras especies arbóreas si las condiciones ambientales lo permiten.
- **Interacciones Tróficas:** La fauna silvestre puede condicionar significativamente la regeneración postincendio. Especies como el **conejo (*Oryctolagus cuniculus*)**, el **ciervo (*Cervus elaphus*)** o la **cabra montés (*Capra pyrenaica*)**, allí donde están presentes, ejercen una intensa herbivoría sobre los brinzales de pino carrasco y otras especies

leñosas, pudiendo retrasar o limitar la recuperación del bosque si sus poblaciones alcanzan densidades elevadas.

Esta respuesta integrada permite que, bajo regímenes de fuego naturales, el ecosistema mantenga su **función protectora** del suelo y su capacidad de generar servicios ecosistémicos a largo plazo

Adaptaciones de la vegetación al fuego

Las especies vegetales de ecosistemas con presencia recurrente de fuego presentan diversos rasgos que favorecen su supervivencia o regeneración. Entre los **rasgos de resistencia y persistencia** destacan la corteza gruesa y aislante, como en el alcornoque (*Quercus suber*); la protección de yemas y órganos vitales; los sistemas radicales profundos; y la presencia de órganos subterráneos de reserva, como rizomas, bulbos o lignotubérculos, que permiten el rebrote tras el incendio. También pueden sobrevivir las especies anuales que permanecen durante la época desfavorable en forma de semillas.

Entre los mecanismos de regeneración postincendio destacan el rebrote desde cepas, raíces o yemas protegidas y la regeneración mediante semillas. Algunas especies acumulan bancos de semillas persistentes en el suelo o en la copa, y su germinación o liberación puede verse favorecida por estímulos asociados al fuego, como el calor o el humo. Un ejemplo representativo de los pinares mesomediterráneos de pino carrasco es la jara blanca (*Cistus albidus*), cuyas semillas permanecen viables durante años en el suelo gracias a su cubierta impermeable. El calor del incendio rompe la latencia física de estas semillas y favorece una germinación masiva tras el fuego, permitiendo una rápida recolonización de las zonas quemadas y desempeñando un papel clave en las primeras etapas de la sucesión ecológica. La rápida dispersión de semillas y el crecimiento posterior también facilitan la recuperación de la cubierta vegetal.

Otra especie muy importante en estos ecosistemas es *Cistus monspeliensis* (jara negra), especialmente en el este y sureste de la Península Ibérica.

2.4.5. Efectos sobre la fauna

Los incendios forestales actúan como un filtro ecológico que reestructura las comunidades animales a través de impactos multidimensionales:

A. Efectos directos y supervivencia inmediata

- **Mortalidad y Etología de Escape:** Más allá de las quemaduras y la asfixia por humo, el fuego provoca estados de **pánico** que derivan en accidentes durante la huida.
- **Refugios *in situ*:** La supervivencia inmediata depende a menudo de la disponibilidad de **madrigueras o cavidades subterráneas** que actúan como aislantes térmicos. Sin embargo, incluso si el individuo sobrevive al paso del frente de llama, muchas poblaciones locales son **extirpadas** debido a la magnitud del área quemada respecto al perímetro.



B. Alteraciones estructurales y funcionales del hábitat (Efectos indirectos)

- **Pérdida de la Función Protectora:** La eliminación del tapiz herbáceo y el matorral deja a los animales **sin refugio mecánico**, exponiéndolos críticamente a la **predación**.

- **Crisis de Recursos Germinativos:** Las especies granívoras ven alterada su fuente de alimento; aunque algunas semillas almacenadas en el suelo sobreviven, su accesibilidad cambia drásticamente, afectando las tasas de forrajeo.
- **Desequilibrios en las Cadenas Tróficas:** El incendio altera la abundancia relativa de las poblaciones de presas, lo que fuerza desplazamientos o cambios en la dieta de los depredadores de nivel superior.

C. El papel biológico de las estructuras quemadas (Legados ecológicos)



Este es un punto clave para la recuperación post-incendio:

- **Perchas y Nichos Microclimáticos:** La madera quemada (troncos y ramas en pie) cumple una **función estructural crítica**. Los troncos actúan como **perchas para aves**, facilitando la dispersión de semillas de frutos carnosos, y crean enclaves físicos con condiciones microclimáticas específicas que permiten la **sucesión animal**.
- **Hábitats para Especialistas:** Los rodales de madera quemada no extraída son fundamentales para **insectos xilófagos, hongos y vertebrados arborícolas**. La eliminación total de esta madera (*salvage logging*) puede ser negativa para la avifauna al eliminar estos elementos de protección y alimentación.

D. Dinámicas de Recuperación y Recolonización

- **Dependencia de Metapoblaciones:** Debido a que muchas poblaciones son diezmadas, la recuperación del ecosistema depende de la **recolonización desde metapoblaciones situadas fuera del perímetro quemado**.
- **Especies Oportunistas:** En las fases iniciales, se produce una invasión de especies oportunistas que aprovechan el nicho vacío, lo que puede aumentar temporalmente la riqueza de especies antes de que la comunidad tienda a la estabilización.

2.4.6. Efectos sobre la atmósfera

Los incendios forestales emiten grandes cantidades de:

- Dióxido de carbono (CO_2).
- Monóxido de carbono (CO).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Partículas en suspensión.
- Compuestos orgánicos volátiles.

Estas emisiones deterioran la calidad del aire, afectan a la salud humana y contribuyen al cambio climático.

2.4.7. Impactos ambientales, sociales y económicos

Los incendios forestales generan importantes consecuencias:

Ambientales

- Pérdida de biodiversidad.
- Fragmentación de hábitats.
- Erosión del suelo.
- Contaminación atmosférica.
- Alteración del ciclo hidrológico.

Sociales

- Evacuaciones de población.
- Riesgo para la vida humana.
- Afectación de viviendas e infraestructuras.
- Pérdida del uso recreativo del monte.

Económicas

- Costes de extinción.
- Restauración ambiental.
- Pérdidas agrícolas y forestales.
- Daños al turismo.
- Daños en infraestructuras.

2.4.8. Efectos positivos del fuego

Aunque el incendio es un agente de perturbación, en ecosistemas mediterráneos actúa como un **proceso ecosistémico global** que, bajo regímenes adecuados, ejerce funciones de renovación crítica:

- **Reciclado Biogeoquímico y Disponibilidad de Nutrientes:** La mineralización rápida de la biomasa libera cationes como Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} y **P** inmovilizados en los tejidos vegetales, devolviéndolos al suelo en forma de cenizas. Aunque se pierde nitrógeno por volatilización, las condiciones de **nitrificación suelen mejorar**, especialmente en suelos ácidos, debido al descenso de la acidez y al incremento de la actividad microbiana tras el pulso inicial de calor.
- **Selección Evolutiva y Resiliencia Masiva:** El fuego actúa como una presión evolutiva que favorece a las especies con **rasgos funcionales pro-incendio**. Esto incluye la activación de bancos de semillas latentes mediante **choque térmico** (rompiendo la impermeabilidad de la testa) o **estimulación química por butenóidos** y otros compuestos del humo. En especies serótinas, el fuego sincroniza la dispersión de semillas en una "ventana de reclutamiento" con baja competencia y abundantes nutrientes.
- **Reset Sistémico de la Carga de Combustible:** El fuego natural o prescrito compensa el déficit de herbivoría, eliminando la acumulación de materia orgánica muerta que, de otro modo, alcanzaría umbrales de **continuidad vertical y horizontal** peligrosos. Este proceso de "limpieza" reduce la probabilidad de incendios de diseño extremo (fuegos de copas) en el futuro inmediato.

- **Saneamiento Fitopatológico:** El calor y la eliminación de individuos decrepitos pueden reducir la presión de ciertos patógenos fúngicos y plagas estacionales, aunque este efecto es complejo ya que los árboles debilitados pueden atraer temporalmente a insectos xilófagos como los **escolítidos**.
- **Heterogeneidad Estructural y Efecto Mosaico:** El fuego raramente quema de forma uniforme, creando un **mosaico de severidades**. Esto genera una mayor diversidad de nichos: zonas abiertas para especies pioneras y heliófilas conviven con parches de vegetación superviviente que actúan como refugios y fuentes de propágulos, aumentando la **biodiversidad gamma** a nivel de paisaje.
- **Regulación de la Competencia Interspecífica:** El incendio rompe la dominancia de especies arbóreas clímax que pueden estar estancadas, facilitando la instalación de especies más resistentes o con mayor capacidad de crecimiento rápido. En ecosistemas dependientes del fuego, este es necesario para evitar la transición hacia estados de menor diversidad por **exclusión competitiva**

3. Técnicas para minimizar y corregir los daños

3.1. Prevención de incendios

La **prevención de incendios forestales** comprende el conjunto de actuaciones destinadas a reducir la probabilidad de que se inicie un incendio, limitar su propagación y disminuir sus consecuencias sobre las personas, los bienes y los ecosistemas. Actualmente se basa en una gestión integral del riesgo que combina el conocimiento de las causas, la planificación territorial, la gestión del combustible, la vigilancia, la sensibilización y la preparación de los medios de respuesta.

La prevención puede abordarse desde dos perspectivas complementarias:

- **Prevención sobre las causas**, dirigida a evitar las igniciones de origen humano o natural.
- **Prevención sobre la propagación**, destinada a modificar la cantidad, estructura y continuidad del combustible para reducir la intensidad y velocidad de avance del fuego.

Factores que deben considerarse

La planificación preventiva parte del análisis espacial y temporal del riesgo. Los principales factores son: Localización histórica de los incendios (identificación de zonas de mayor riesgo), condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, viento y sequía), características del territorio (relieve, vegetación y accesibilidad), causas predominantes de ignición (negligencias, rayos o incendios intencionados) y vulnerabilidad de los valores expuestos (población, infraestructuras y espacios naturales).

Medidas de prevención

Actuaciones sobre las causas

La mayoría de los incendios forestales en España están relacionados directa o indirectamente con actividades humanas.

Por ello, las principales medidas son: Educación y sensibilización ambiental, Regulación del uso del fuego, control de quemadas agrícolas y forestales, vigilancia disuasoria, investigación de causas, inspección de actividades e infraestructuras de riesgo, aplicación de sanciones cuando corresponda y formación de agricultores, ganaderos, trabajadores forestales y usuarios del monte.

La prevención moderna busca también reducir los conflictos sociales asociados al uso del fuego mediante alternativas, formación y procedimientos seguros para las actividades tradicionales.

Gestión preventiva del combustible

La acumulación y continuidad de la vegetación favorecen la propagación de incendios intensos. Por ello, la gestión del combustible constituye uno de los pilares fundamentales de la prevención actual.

Las principales actuaciones son: Desbroces y podas, clareos y claras, retirada o trituración de restos, Gestión de madera muerta cuando suponga un riesgo significativo, Quemas prescritas, **Pastoreo** dirigido, Aprovechamiento de biomasa, Mantenimiento de discontinuidades y zonas estratégicas...

El objetivo actual **no es eliminar toda la vegetación**, sino modificar la estructura del combustible para dificultar la propagación del fuego y facilitar una extinción segura y eficaz.

Planificación y vigilancia

La **Ley 43/2003, de Montes**, establece la planificación de la prevención, vigilancia y extinción de incendios forestales, así como la identificación de zonas de alto riesgo y sus correspondientes instrumentos de defensa. En el marco vigente en 2026, las comunidades autónomas elaboran planes anuales que abarcan todo su territorio y coordinan prevención, vigilancia y extinción.

La prevención debe desarrollarse durante **todo el año**, aunque los dispositivos se refuerzan en los periodos de mayor peligro. Las condiciones climáticas actuales hacen que el riesgo pueda aparecer fuera de los meses tradicionalmente considerados estivales.

El objetivo no es conseguir un territorio completamente libre de fuego, sino **reducir la probabilidad de incendios catastróficos y crear oportunidades para que los medios de extinción puedan actuar con seguridad y eficacia**. Este enfoque está especialmente presente en la gestión actual del combustible y en las políticas de prevención del [MITECO](#) y, en su caso, de la [Generalitat Valenciana](#).

Infraestructuras y áreas estratégicas



Las antiguas redes de cortafuegos lineales continúan teniendo utilidad, pero la prevención moderna da mayor importancia a una **red planificada de discontinuidades del combustible**, adaptada al comportamiento esperado de los incendios.

Entre las principales actuaciones se encuentran: Áreas cortafuegos, fajas auxiliares junto a pistas y carreteras, zonas de baja carga de combustible, mosaicos agroforestales, áreas de defensa de núcleos habitados, puntos estratégicos de gestión y caminos, pistas y puntos de agua para los medios de extinción.

Estas infraestructuras deben mantenerse periódicamente, ya que pierden eficacia cuando vuelve a acumularse vegetación.

3.2. Detección de incendios forestales

La **detección de incendios forestales** comprende el conjunto de actividades destinadas a **descubrir, localizar, verificar y comunicar un incendio en el menor tiempo posible**, permitiendo la rápida movilización de los medios de extinción.

La detección temprana es fundamental, ya que un incendio suele ser más fácil de controlar durante sus primeras fases. Sin embargo, la rapidez debe ir acompañada de información fiable y precisa que permita valorar correctamente la situación.

Actualmente, la **detección** se basa en un sistema integrado en el que participan la **vigilancia terrestre (fija y móvil), la ciudadanía, los medios aéreos y las nuevas tecnologías**.

3.2.1. Detección terrestre fija

La vigilancia terrestre fija se realiza desde **observatorios, torres y puntos estratégicos de vigilancia** situados en lugares con una amplia visibilidad del territorio.

El personal de vigilancia observa el territorio y comunica cualquier columna de humo o indicio de incendio al centro de coordinación. Para localizar el foco puede utilizar cartografía digital, coordenadas geográficas, GPS y la comparación de observaciones realizadas desde distintos puntos.

Los antiguos prismáticos y mapas en papel continúan teniendo utilidad, pero actualmente se complementan con sistemas de comunicación digital, GPS y cartografía SIG, cámaras de alta resolución, cámaras térmicas e infrarrojas, sistemas automáticos de detección de humo y transmisión de imágenes en tiempo real.

La eficacia de la vigilancia fija depende principalmente de la visibilidad, la topografía, la experiencia del personal y la correcta ubicación de los puntos de observación.

3.2.2. Detección terrestre móvil

La vigilancia terrestre móvil se realiza mediante patrullas que recorren las zonas forestales de mayor riesgo.

Participan, según el territorio y el dispositivo establecido: Agentes forestales y medioambientales, personal de prevención y vigilancia, fuerzas y cuerpos de seguridad, Protección Civil y voluntariado autorizado y personal de los dispositivos autónomos de incendios.

Las rutas se planifican en función del nivel de peligro, la presencia de visitantes, las actividades humanas, los antecedentes de incendios y la existencia de zonas no visibles desde los puestos fijos.

3.2.3. Avisos de la población

Las llamadas de ciudadanos continúan siendo una de las fuentes más importantes de detección. Una persona que observa humo o llamas debe comunicar la emergencia al **112**, indicando principalmente la siguiente información:



La información inicial debe incluir, siempre que sea posible, la **localización del incendio**, **características del humo o las llamas**, **tipo de vegetación afectada**, **dirección de propagación**, **viento**, **accesos disponibles**, **proximidad a viviendas o infraestructuras** y **cualquier otro riesgo relevante**.

La información ciudadana debe ser posteriormente **verificada y contrastada**, ya que una columna de humo puede ser visible desde grandes distancias y dar lugar a errores en su localización.

3.2.4. Detección aérea

La vigilancia desde aviones y helicópteros permite observar grandes superficies y obtener información sobre incendios ya detectados.

Sin embargo, la vigilancia aérea tradicional tiene limitaciones importantes: costes elevados, dependencia de las condiciones meteorológicas y discontinuidad de la observación.

3.2.5. Drones

Los **sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS o drones)** se han convertido en una herramienta importante para la detección y seguimiento de incendios.

Pueden incorporar cámaras ópticas, cámaras térmicas, sensores infrarrojos, GPS y sistemas de geolocalización y transmisión de imágenes y datos en tiempo real.

Sus principales aplicaciones son la vigilancia de zonas de difícil acceso, la confirmación de alarmas, la localización de puntos calientes y focos secundarios, la observación nocturna y el seguimiento del perímetro.

En la Comunitat Valenciana, durante 2026 se han realizado ejercicios que integran drones equipados con cámaras térmicas, nocturnas y RGB con helicópteros y centros de coordinación, transmitiendo imágenes, telemetría y geolocalización en tiempo real.

3.2.6. Cámaras automáticas y sensores

Las antiguas cámaras de circuito cerrado han evolucionado hacia **redes automáticas de vigilancia** capaces de observar grandes extensiones de forma continua.

Estos sistemas pueden incorporar: Cámaras ópticas de alta resolución, cámaras térmicas e infrarrojas, algoritmos de reconocimiento automático de humo, inteligencia artificial, sensores de temperatura, humedad y viento y sistemas de geolocalización de posibles focos.

Cuando el sistema identifica una anomalía, genera una alerta que debe ser comprobada antes de movilizar los recursos.

Esta tecnología está creciendo rápidamente: en 2026 ya se están implantando en España sistemas que combinan cámaras, sensores ambientales, comunicación por satélite e inteligencia artificial para reducir el tiempo entre la aparición del humo y la alarma.

3.2.7. Detección mediante satélites

Los satélites permiten detectar **anomalías térmicas o puntos calientes** y realizar el seguimiento de grandes incendios.

Los principales sistemas europeos utilizan imágenes de satélites como **MODIS y VIIRS**, capaces de identificar incendios activos mediante la radiación térmica emitida. El sistema europeo European Forest Fire Information System (EFFIS) actualiza la información sobre incendios activos varias veces al día y ofrece una visión casi en tiempo real de los incendios en Europa.

[Visor europeo EFFIS de incendios forestales](#)

Los satélites son especialmente útiles para detectar incendios en zonas extensas o remotas, identificar puntos calientes, seguir la evolución de grandes incendios, cartografiar perímetros y evaluar la superficie quemada.

Su principal limitación es que **no sustituyen a la detección local inmediata**, ya que la frecuencia de paso del satélite, las nubes, la resolución espacial y el tamaño del incendio pueden retrasar o impedir la identificación de focos pequeños. La detección de EFFIS, por ejemplo, suele estar disponible entre dos y tres horas después de la adquisición de las imágenes MODIS o VIIRS.

4. Red de comunicaciones

La lucha contra los incendios forestales requiere la coordinación simultánea de numerosos medios: centros de coordinación, puestos de mando, unidades terrestres, autobombas, agentes forestales, medios aéreos, drones y fuerzas de seguridad. Para que todos ellos puedan actuar de forma coordinada y segura es imprescindible disponer de una **red de comunicaciones rápida, fiable, interoperable y resistente**.

Las comunicaciones permiten mantener enlazados a los distintos participantes en la emergencia y transmitir información.

En España, la gestión de un incendio corresponde inicialmente a los dispositivos de las comunidades autónomas. Cuando intervienen medios estatales, la coordinación nacional se apoya en el **Centro de Coordinación de la Información Nacional sobre Incendios Forestales (CCINIF)**, operativo durante todo el año.

4.1 Sistemas de comunicación

Actualmente, las comunicaciones en incendios forestales utilizan varios sistemas complementarios.

Redes digitales de radio. Constituyen el sistema principal de comunicación operativa. Permiten mantener comunicaciones de voz mediante terminales portátiles, móviles instalados en vehículos y estaciones base. A diferencia de la antigua radio analógica, las redes digitales permiten organizar a los usuarios en **grupos de comunicación**, separar diferentes operaciones y facilitar la coordinación entre distintos servicios.

En la Comunitat Valenciana se utiliza la **red COMDES**, una red digital de comunicaciones móviles para los servicios de emergencia y seguridad. Cada servicio puede disponer de sus propios grupos de comunicación y, cuando es necesario, se crean grupos comunes para facilitar la coordinación entre diferentes organismos.

Telefonía y transmisión de datos. Las redes móviles permiten complementar la radio mediante llamadas, mensajería, envío de fotografías, cartografía, coordenadas GPS y datos operativos. Sin embargo, no deben constituir el único sistema, ya que las redes comerciales pueden saturarse o sufrir daños durante una gran emergencia.

Comunicaciones por satélite. Pueden utilizarse como sistema de respaldo en zonas sin cobertura o cuando las infraestructuras terrestres han resultado dañadas.

Transmisión de imágenes y vídeo. Los drones, helicópteros, cámaras y otros sensores pueden enviar imágenes, vídeo, telemetría y datos de geolocalización en tiempo real a los centros de coordinación y puestos de mando.

4.1.1. Organización de las comunicaciones

Durante un incendio de cierta importancia, la red debe organizarse para evitar la saturación de las comunicaciones. Por ello, pueden establecerse diferentes **grupos o canales de trabajo**, por ejemplo:

- Mando y coordinación.
- Unidades terrestres.
- Logística.
- Medios aéreos.
- Seguridad y emergencias.
- Coordinación entre diferentes organismos.



La comunicación debe seguir una estructura jerárquica. Los combatientes informan a sus responsables de unidad, estos transmiten la información hacia los mandos de sector y la información más relevante llega al Puesto de Mando Avanzado y al centro de coordinación.

4.1.2. Redundancia y resistencia de la red

Una característica fundamental de las comunicaciones de emergencia es la **redundancia**. Esto significa que no se debe depender de un único sistema.

Si un sistema falla o queda saturado, otro debe permitir mantener las comunicaciones esenciales.

Esta capacidad es especialmente importante en grandes incendios, ya que el fuego puede afectar a antenas, tendidos eléctricos y otras infraestructuras. Por ello, pueden desplegarse estaciones base móviles, radioenlaces, sistemas satelitales y equipos autónomos de alimentación eléctrica.

4.2 Método; y medio; para la modificación de los combustibles

El comportamiento de un incendio forestal depende en gran medida de las características del **combustible vegetal**. Durante las operaciones de extinción se puede actuar sobre el combustible para **reducir su capacidad de arder o interrumpir la propagación del fuego**.

Las dos propiedades principales son:

- **Inflamabilidad:** facilidad y rapidez con la que un combustible se enciende.
- **Combustibilidad:** capacidad del combustible para mantener la combustión, liberar energía y favorecer la propagación del fuego.

Estas propiedades dependen de factores como la **humedad**, **el tamaño de las partículas**, **la cantidad de combustible y su continuidad horizontal y vertical**.

4.2.1. Actuaciones sobre la inflamabilidad

La inflamabilidad está muy relacionada con la **humedad del combustible** y con la relación superficie/volumen.

Los **combustibles finos**, como hierbas secas, hojas, acículas y pequeñas ramas, se secan rápidamente y se inflaman con gran facilidad. Por ello, suelen ser responsables del inicio y de la rápida propagación de muchos incendios.

Durante la extinción puede reducirse temporalmente su inflamabilidad mediante:

- **Aplicación de agua**, que enfría y humedece el combustible.
- **Espumas**, que mejoran la capacidad del agua para penetrar y permanecer sobre la vegetación.
- **Retardantes**, que dificultan o retrasan la combustión.

Estos productos pueden aplicarse directamente sobre el fuego o, especialmente en el caso de los retardantes, **sobre la vegetación situada por delante del frente**, creando una franja menos inflamable.

4.2.2. Actuaciones sobre la combustibilidad

Actuar sobre la combustibilidad consiste principalmente en **reducir o eliminar el combustible disponible y crear discontinuidades** que dificulten la transmisión del calor y la propagación del incendio.

Las principales actuaciones son:

- Construcción de líneas de defensa.
- Apertura o aprovechamiento de áreas cortafuegos.
- Eliminación de vegetación mediante herramientas manuales.
- Uso de maquinaria pesada.
- Aprovechamiento de carreteras, pistas, ríos y otras barreras.
- Quemados de ensanche y contrafuegos cuando estén técnicamente justificados.

La **longitud de llama** es un indicador visual muy útil de la intensidad del incendio y de la capacidad de los medios para trabajar cerca del frente.

4.2.3. Longitud de llama y capacidad de ataque

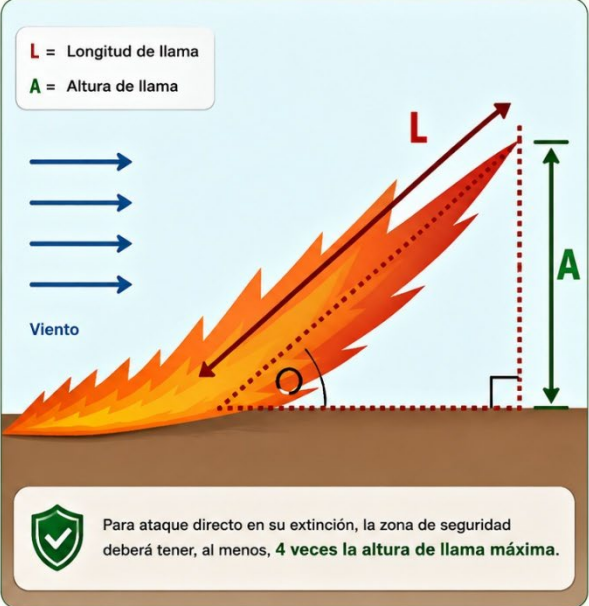
La longitud de llama permite realizar una estimación rápida del comportamiento del incendio y orientar la estrategia de extinción. No obstante, **los límites no deben considerarse valores absolutos**, ya que la seguridad depende también del viento, la pendiente, el combustible, la velocidad de propagación y la posibilidad de aparición de focos secundarios.



ALTURA DE LLAMA (A)

Dimensión vertical máxima de las llamas en el frente de un incendio, medida desde la superficie hasta su punta.

Esa longitud se usa para estimar el tamaño de la zona de seguridad necesaria para ataque directo en su extinción, que deberá tener, al menos, 4 veces la altura de llama máxima.



L = Longitud de llama
A = Altura de llama

Viento

Para ataque directo en su extinción, la zona de seguridad deberá tener, al menos, **4 veces la altura de llama máxima**.



INDICADOR CLAVE
para elegir la maniobra de extinción.



MEJOR TOMA DE DECISIONES
para adaptar las tácticas de ataque.



MAYOR SEGURIDAD
para los equipos de extinción.

LONGITUD DE LLAMA (L)

Distancia de la llama desde la base hasta el extremo. Si la llama está inclinada, entonces resulta más determinante para las labores de extinción su longitud, no la altura.

Esto es debido, a que la longitud de llama es el principal indicador a la hora de determinar el tipo de maniobra de extinción a utilizar.

En función de esta medida, podremos modificar las tácticas del ataque y saber si la capacidad de extinción que presentamos al incendio, tendrá eficacia. También resulta básica para determinar si podemos realizar las tareas de extinción de forma segura.



CONOCE EL INCENDIO

→



DECIDE LA ESTRATEGIA

→



ACTÚA CON SEGURIDAD Y EFICACIA

Longitud aproximada de llama	Comportamiento y estrategia
Menos de 1 m	Baja intensidad. El ataque directo con herramientas manuales y agua suele ser posible.
1–2 m	Intensidad moderada. Puede requerirse apoyo de autobombas y medios mecánicos.
2–3 m	Alta intensidad. El ataque directo se vuelve difícil y aumenta el riesgo para el personal.
Más de 3 m	Muy alta intensidad. Generalmente se recurre al ataque indirecto, líneas de control y apoyo de medios aéreos.

Con llamas largas, fuerte viento, pendiente pronunciada o abundante combustible, puede existir riesgo de **fuego de copas**, **focos secundarios** y **cambios bruscos de comportamiento**, por lo que aumenta la distancia de seguridad necesaria.

5. Plan de extinción

La dirección de la extinción establece un **plan de operaciones** dinámico, que se adapta continuamente a la evolución del incendio.

Este plan debe determinar los objetivos prioritarios, la estrategia general, las tácticas y maniobras a emplear, la organización de los medios por sectores, las comunicaciones y la cadena de mando, los riesgos existentes, las rutas de escape y zonas de seguridad, la evolución esperada del incendio y las posibles situaciones alternativas ante cambios en el comportamiento del fuego.

Por tanto:

Estrategia → qué queremos conseguir.

Táctica → cómo vamos a conseguirlo.

Maniobra → acción concreta realizada sobre el terreno.

Por ejemplo: la **estrategia** puede ser detener el flanco derecho antes de que alcance una población; la **táctica**, realizar un ataque indirecto; y la **maniobra**, construir una línea de defensa y realizar una quema de ensanche.

5.1. Ataque directo

Consiste en actuar **directamente sobre las llamas o sobre el combustible que está ardiendo**, trabajando en el borde del incendio.



Se utiliza cuando la intensidad del fuego es baja o moderada, la longitud de llama permite aproximarse con seguridad, existen rutas de escape y zonas de seguridad y los medios disponibles son suficientes.

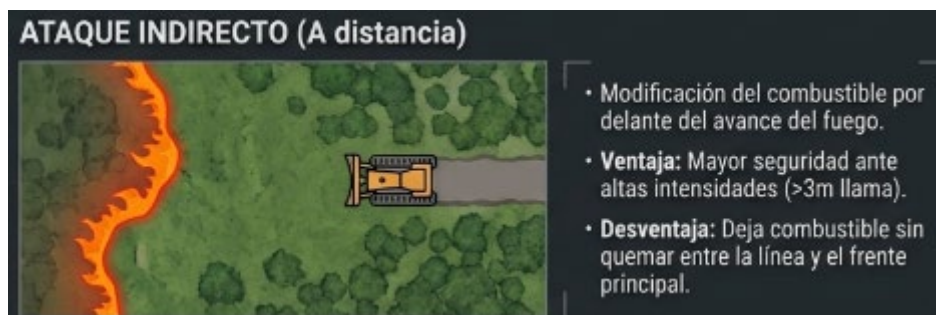
Las principales actuaciones son la aplicación de agua, el uso de batefuegos, la sofocación con tierra, el empleo de herramientas manuales, la extinción mediante autobombas y tendidos de manguera y el enfriamiento y separación del combustible.

El ataque directo tiene la ventaja de que **reduce rápidamente la superficie afectada**, ya que se trabaja sobre el propio perímetro del incendio.

Su principal inconveniente es la **exposición del personal al calor, humo, cambios de comportamiento y focos secundarios**.

5.2. Ataque indirecto

Se utiliza cuando la intensidad, velocidad de propagación o condiciones del terreno **impiden trabajar con seguridad junto al frente de llamas**.



Consiste en actuar a cierta distancia del incendio, preparando una barrera donde se pretende detener su avance.

Las principales actuaciones son la construcción de líneas de defensa, el aprovechamiento de carreteras, pistas y otras barreras, el uso de maquinaria pesada, la aplicación de retardantes, la eliminación del combustible y el empleo de fuego técnico cuando esté autorizado y dirigido por personal cualificado.

Este método es más seguro frente a incendios intensos, pero tiene un inconveniente: **se deja una superficie de combustible sin quemar entre la línea y el incendio**, por lo que el fuego puede seguir avanzando hasta alcanzar la zona preparada.

5.3. Línea de defensa

Una **línea de defensa** es una franja construida específicamente durante el incendio en la que elimina el combustible vegetal hasta alcanzar, cuando sea necesario, el suelo mineral.

Puede construirse mediante herramientas manuales, maquinaria pesada y desbroce mecánico.



se

Su objetivo es crear una discontinuidad en el combustible que dificulte o impida la propagación del fuego.

5.4. Línea de control

La **línea de control** es el conjunto de barreras naturales o artificiales que se espera que constituyan el límite final del incendio una vez controlado. Puede incluir líneas de defensa construidas, carreteras y pistas, ríos, zonas rocosas, campos agrícolas, áreas ya quemadas y otras discontinuidades del combustible.

Por tanto, **no es lo mismo**:

Línea de defensa = la construimos para combatir el incendio.
Línea de control = conjunto de líneas y barreras que delimitan el perímetro que esperamos controlar.

5.5 Quema de ensanche

La **quema de ensanche** es una maniobra de fuego técnico realizada desde una línea de control o defensa para **ampliar la zona sin combustible**.

Se quema de forma controlada la vegetación situada entre la línea y el incendio principal. Cuando el frente llega a esa zona, encuentra una franja ya quemada y pierde capacidad de propagación.



5.6. Contrafuego

El contrafuego **no debe presentarse simplemente como “usar fuego para apagar fuego”**. Es una maniobra ofensiva de fuego técnico que consiste en iniciar un fuego desde una línea segura para que avance hacia el incendio principal.

El contrafuego se enciende desde una zona segura y, aprovechando la dinámica del incendio y las corrientes de aire que este genera, avanza consumiendo el combustible situado entre la línea y el frente principal. Cuando ambos fuegos se encuentran, el incendio principal pierde combustible y su avance se detiene.



Es una maniobra de alto riesgo que requiere análisis del comportamiento del fuego, personal especializado, una línea de apoyo segura, coordinación con todos los medios, control continuo del viento y la meteorología y autorización dentro de la estructura de mando.

5.7 Elección del método

La elección entre ataque directo e indirecto **no es definitiva para todo el incendio**. Un mismo incendio puede combatirse de diferentes formas simultáneamente.

Por ejemplo:

- En la **cola**, ataque directo.
- En un **flanco de baja intensidad**, herramientas y agua.
- En el **flanco más activo**, maquinaria y líneas de defensa.
- En la **cabeza**, ataque indirecto si la intensidad impide aproximarse.

Además, la estrategia puede cambiar en cualquier momento por variaciones del viento, aparición de focos secundarios, cambios en la topografía o aumento de la intensidad.

La idea moderna más importante es esta:

No se elige un único método para todo el incendio; se elige la maniobra más segura y eficaz para cada sector y cada momento.

6. ORGANIZACIÓN DEL COMBATE

La organización del combate de un incendio forestal comprende el conjunto de actuaciones destinadas a **analizar el incendio, establecer prioridades, organizar los recursos, ejecutar las maniobras de extinción y asegurar que el fuego no se reproduzca**.

Actualmente, el combate no debe entenderse como una sucesión rígida de fases independientes. En un incendio real, el reconocimiento, el análisis, el ataque, el control y la liquidación pueden desarrollarse **simultáneamente en distintos sectores del perímetro**. Mientras un flanco está siendo atacado, otro puede encontrarse ya controlado y en fase de liquidación.

De forma general pueden distinguirse las siguientes etapas:

1. **Reconocimiento y evaluación inicial.**
2. **Ataque inicial.**
3. **Ataque ampliado, cuando los primeros medios no logran controlar el incendio.**
4. **Control del incendio.**
5. **Liquidación.**
6. **Vigilancia y seguimiento postincendio.**

La coordinación actual se basa en una estructura de mando adaptable a la complejidad del incidente. Cuando aumenta la magnitud del incendio, la organización también debe ampliarse, incorporando funciones específicas de **dirección, operaciones, planificación, logística, seguridad y coordinación de medios**. En incendios complejos pueden intervenir estructuras compatibles de Sistema de Mando de Incidentes y mecanismos de mando unificado.

6.1 Reconocimiento y evaluación inicial

El reconocimiento comienza desde el momento en que se recibe el aviso y continúa durante toda la emergencia. Su finalidad es construir una **imagen operativa del incendio** y prever su evolución.

La evaluación inicial debe considerar localización y dimensiones aproximadas del incendio, tipo de incendio, combustibles afectados y amenazados, continuidad horizontal y vertical de la vegetación, longitud de llama e intensidad observable, velocidad y dirección de propagación, presencia de focos secundarios, meteorología actual y prevista, topografía y orientación de las laderas, valores amenazados, accesos para los medios, disponibilidad de agua, zonas peligrosas, rutas de escape y zonas de seguridad y recursos presentes con necesidad de refuerzos.

No basta con describir **dónde está el fuego**. Hay que analizar **qué puede llegar a hacer**.

La evaluación debe intentar responder a preguntas como:

¿Hacia dónde puede propagarse?

¿Qué cambios puede experimentar si alcanza otra pendiente o combustible?

¿Puede aumentar su intensidad?

¿Puede generar focos secundarios?

¿Existe riesgo de transición de fuego de superficie a fuego de copas?

¿Dónde existen oportunidades reales para detenerlo?

La extinción moderna es cada vez menos reactiva y más **predictiva**: se analiza el comportamiento actual, pero también el comportamiento esperado.

6.2 El papel de la vegetación en la evaluación

El comportamiento del combustible forestal depende, como hemos visto al largo del tema de la especie vegetal, la proporción de material vivo y muerto, la humedad del combustible, el diámetro de ramas y partículas, la relación superficie/volumen, el contenido en resinas, ceras y aceites esenciales, la estructura de la vegetación y la continuidad horizontal y vertical. La vegetación también cambia a lo largo del año.

6.3 Ataque inicial

El **ataque inicial** comprende las primeras actuaciones realizadas con los medios disponibles para detener la propagación del incendio mientras todavía presenta unas dimensiones y una complejidad limitadas.

Sus objetivos principales son proteger prioritariamente a las personas, evitar daños sobre bienes e infraestructuras, detener la propagación del incendio, aprovechar las primeras oportunidades de control e impedir que el incendio alcance zonas donde pueda aumentar su intensidad o complejidad.

Los primeros medios realizan una evaluación inicial, comunican la situación y comienzan las maniobras siempre que existan condiciones de seguridad.

La prioridad **no es automáticamente atacar la cabeza del incendio**.



La cabeza puede ser la zona más intensa y peligrosa del incendio. La maniobra se selecciona en función de la intensidad, la longitud de llama, la velocidad de propagación, la topografía, la disponibilidad de medios, la existencia de rutas de escape, la presencia de puntos de anclaje y los objetivos amenazados.

Por tanto, puede comenzarse por la cola, los flancos o un punto estratégico desde el que progresar con seguridad, aunque suele ser la prioridad sobre la cual actuar.

6.4 Del ataque inicial al ataque ampliado

Si el incendio no puede ser controlado con los primeros recursos, se pasa a una situación de **ataque ampliado**.

Los incendios de mayor complejidad requieren que la organización crezca con el incidente. Actualmente se concede especial importancia a la interoperabilidad de los sistemas de mando, la integración de medios y el análisis y planificación de la emergencia.

6.5. Sectorización del incendio

Cuando un incendio aumenta de tamaño o complejidad, el perímetro puede dividirse en **sectores de trabajo** para facilitar el mando y la coordinación.

Cada sector puede tener un responsable, un objetivo operativo, medios asignados...

Sin embargo, la sectorización también puede adaptarse a carreteras, barrancos, poblaciones, divisorias o cualquier referencia geográfica útil.

6.6 Control del incendio

Un incendio se considera **controlado** cuando se ha conseguido detener su propagación dentro de unas líneas de control y, de acuerdo con la evolución prevista, no se espera que las sobrepase.

Dentro del perímetro pueden permanecer troncos ardiendo, tocones calientes, raíces en combustión, suelo orgánico humeante, puntos calientes y árboles debilitados con riesgo de caída. Por ello, aunque el incendio esté controlado, es necesario continuar con las labores de liquidación.

6.7 Liquidación

La liquidación comprende el conjunto de operaciones destinadas a **eliminar o enfriar los focos calientes que podrían provocar una reactivación y volver a superar las líneas de control**.

Las actuaciones incluyen la extinción de llamas residuales, el enfriamiento de brasas, la remoción del combustible quemado, la apertura y revisión de tocones, la comprobación de raíces, la separación de combustibles, el derribo controlado de elementos peligrosos cuando proceda, la aplicación de agua o tierra y la búsqueda de puntos calientes.

La liquidación debe priorizar las zonas próximas a la línea de control, expuestas al viento, con combustibles pesados, con acumulaciones de materia orgánica, con tocones o raíces, en pendientes donde materiales incandescentes puedan rodar y en áreas con valores especialmente vulnerables.

6.8 Detección de puntos calientes

Las cámaras térmicas permiten localizar diferencias de temperatura y detectar focos ocultos bajo cenizas, en tocones o en acumulaciones de combustible. Sin embargo, la tecnología **no sustituye la comprobación sobre el terreno**: un punto caliente debe evaluarse y tratarse hasta reducir el riesgo de reproducción.



6.9 Vigilancia postincendio

La vigilancia postincendio tiene como objetivo detectar y extinguir rápidamente cualquier reactivación dentro o en las proximidades del perímetro.

Los combustibles gruesos y las acumulaciones orgánicas merecen especial atención porque presentan una elevada **inercia térmica** y pueden conservar energía durante largos periodos.

6.10. Organización moderna del combate

La organización moderna del combate se basa en un proceso continuo:

Observar → analizar → prever → decidir → actuar → evaluar de nuevo.

La estructura de mando debe crecer con la complejidad del incendio y mantener una coordinación permanente entre dirección, operaciones, análisis, planificación, logística y seguridad. La seguridad del personal constituye la premisa fundamental de todas las operaciones.

Bibliografía

European Forest Fire Information System (EFFIS). Comisión Europea.

Generalitat Valenciana. *Plan Especial frente al Riesgo de Incendios Forestales de la Comunitat Valenciana (PEIF).*

López Romero, S., Romón Ochoa, P., Iturrondobeitia Bilbao, J. C., & Goldarazena Lafuente, A. (2007). *Los escolítidos de las coníferas del País Vasco: Guía práctica para su identificación y control.* Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco (Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia). ISBN 978-84-457-2650-1.

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Decálogo para la gestión forestal preventiva frente a grandes incendios.*

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Estrategia Forestal Española Horizonte 2050.*

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Estadística General de Incendios Forestales (EGIF).*

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Manual de restauración de áreas afectadas por incendios forestales.*

MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). *Plan Forestal Español.*

Torres, I., Parra, A., Moreno, J. M., & Durka, W. (2018). *No genetic adaptation of the Mediterranean keystone shrub Cistus ladanifer in response to experimental fire and extreme drought.* PLoS ONE, 13(6), e0199119. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199119>

Vélez Muñoz, R. (Coord.). *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias.* McGraw-Hill.