



CEIS Guadalajara  
Colaborador: Javier Ruiz Duarte

PARTE 6

# INCENDIOS DE VEGETACIÓN

Manual de incendios

Coordinadores de la colección

Agustín de la Herrán Souto  
José Carlos Martínez Collado  
Alejandro Cabrera Ayllón



Documento bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 elaborado por Grupo Tragsa y CEIS Guadalajara. No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Asimismo, no se podrán distribuir o modificar las imágenes contenidas en este manual sin la autorización previa de los autores o propietarios originales aquí indicados.

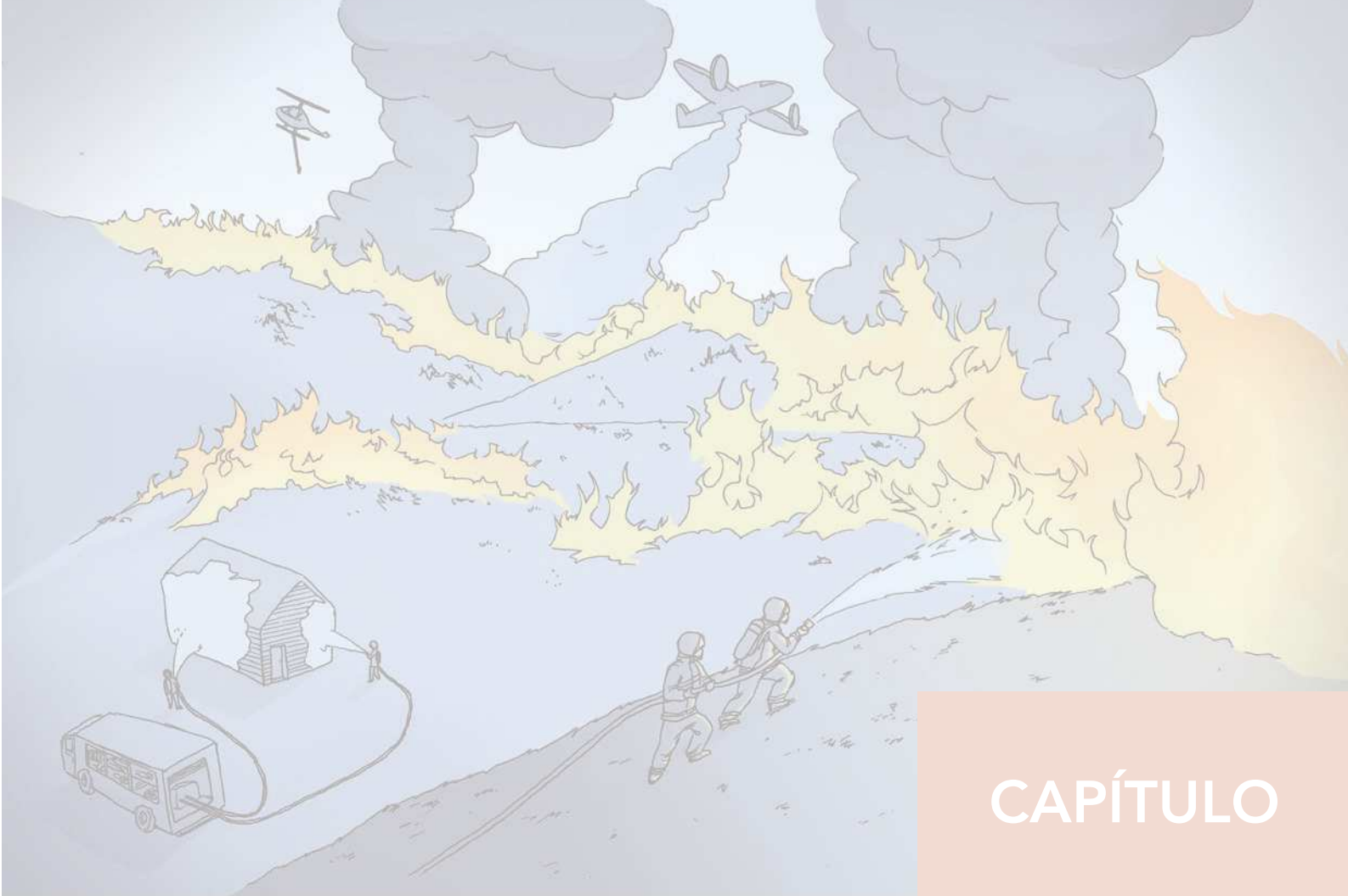
Edición r1 2015.10.05

manualesbb@ceisguadalajara.es  
www.ceisguadalajara.es

Tratamiento  
pedagógico, diseño y  
producción







# CAPÍTULO

# 1

## Caracterización

# 1. INCENDIOS EXCLUSIVOS DE VEGETACIÓN

## 1.1. INCENDIOS: CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN

El ecosistema necesita el fuego para la regeneración de bosques y montes, ya que aporta estrategias rebrotadoras y de germinación tras su paso. Sin embargo, actualmente, ha perdido este carácter para convertirse en una terrible amenaza, no solo para la biodiversidad sino también para la seguridad de la población.

En España, país de la Unión Europea más afectado, el número de incendios provocados por el ser humano supera el 96%. En este sentido, según la organización Greenpeace, la superficie afectada por incendios forestales en 2013 superó las 18.000 ha; y en 2012, las 135.000 ha.

Entre los factores que influyen en este incremento se incluyen diversos problemas como:

- La falta de prevención.
- El abandono rural y otras dificultades estructurales.
- La mayor frecuencia e intensidad de las olas de calor y el aumento de las temperaturas hace que los incendios sean más frecuentes y de mayor intensidad.

El incendio es el fuego que se extiende sin control y afecta a la vegetación que no estaba destinada a arder. Para que un fuego pueda considerarse incendio, es esencial la falta de control. Por eso, siempre que estén permitidos y controlados, no se consideran incendios; ejemplo de ello son las quemas de pastos o matorrales o el empleo del fuego para eliminación de residuos forestales.

En climas de tipo mediterráneo, es habitual que se produzca un periodo de sequía prolongado cuando las temperaturas medias son más altas. Durante este periodo, la vegetación se seca total o parcialmente, por lo que se convierte en altamente inflamable. Por este motivo, cualquier fuego puede provocar un gran incendio forestal y devastar cientos o miles de hectáreas.

### 1.1.1. INCENDIO FORESTAL

Se considera incendio forestal al fuego que se propaga sin control por un terreno en el que vegetan especies forestales arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, ya sea espontáneamente o bien procedan de siembra o plantación y cumplan o puedan cumplir funciones ambientales, protectoras, productoras, culturales, paisajísticas o recreativas.

También tienen la consideración de incendios forestales los que afecten a:

- Los terrenos yermos, roquedos\* y arenales.
- Las construcciones e infraestructuras destinadas al servicio del monte en el que se ubican.
- Los terrenos agrícolas abandonados que cumplan las condiciones y plazos que determine la comunidad autónoma (en el caso de España), y siempre que hayan adquirido signos inequívocos de su estado forestal.

- Todo terreno que, sin reunir las características descritas anteriormente, se adscriba a la finalidad de ser repoblado o transformado al uso forestal, de conformidad con la normativa aplicable.
- Los enclaves forestales en terrenos agrícolas con la superficie mínima determinada por la comunidad autónoma (en el caso de España).

### 1.1.2. INCENDIO AGRÍCOLA

Es un incendio agrícola el fuego que se propaga sin control por un terreno dedicado al cultivo agrícola.

Se considera suelo agrícola aquel que se utiliza en el ámbito de la productividad para hacer referencia a un determinado tipo de suelo que es apto para todo tipo de cultivos y plantaciones, es decir, para la actividad agrícola o agricultura.

### 1.1.3. INCENDIO DE VEGETACIÓN EN SUELO URBANO

Son los incendios de cualquier tipo de combustible vegetal en suelo urbano sin influencia forestal. Por ejemplo, los incendios en parques y jardines, cunetas de caminos y carreteras en suelo urbano, entre otros.

## 1.2. INCENDIOS DE INTERFAZ URBANO FORESTAL

La interfaz urbano forestal es una zona que incluye tanto edificaciones dentro o próximas a espacios de vegetación forestal, lo que añade complejidad a cualquier intervención sobre ella al incorporar dos entornos muy diferentes.

Esta interacción representa un escenario diferenciado respecto al riesgo de incendio que se conoce como **incendios de cuarta generación**. En este tipo de incendios, el fuego puede alcanzar las edificaciones y, además, propagarse por la existencia de combustibles no forestales, como la propia vivienda o la vegetación de jardines.

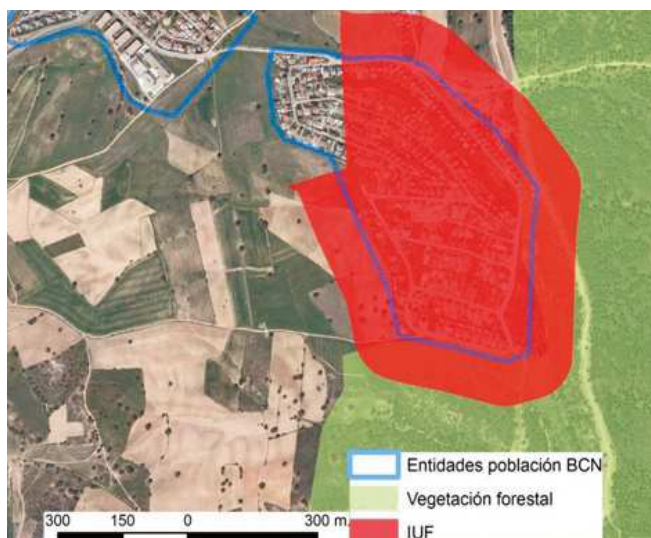
Este escenario no se puede presentar de 3 modos:

- Estructuras (viviendas, almacenes, instalaciones...) insertadas en una masa forestal habitualmente de manera agrupada (estructuras anejas o próximas), escenario en el que domina la vegetación sobre las estructuras (urbanizaciones, pueblos, etc., cercanos o rodeados de masa forestal).
- Zonas de vegetación aisladas en medio de áreas urbanizadas (parques...).
- Estructuras aisladas en medio de áreas forestales o agrícolas.

En este escenario el riesgo de incendio se incrementa por la fuente de peligro y especial vulnerabilidad:

- Fuente de peligro: la presencia de espacios urbanizados en contacto con superficies forestales incrementa las posibilidades de ignición.
- Mayor vulnerabilidad de los espacios forestales: por la población que vive en el entorno de estos espacios.





**Imagen 1.** Interfaz urbano forestal - Base Cartográfica Nacional, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, 2010, Proyecto "CorineLandCover 2006"

### 1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS

Una primera clasificación de los incendios puede ser según la superficie afectada:

- Conato: cuando afectan a superficies  $<1$  ha.
- Incendio: cuando afectan a superficies  $\geq 1$  ha.
- Gran incendio forestal: incendio forestal que afecta a una superficie  $\geq 500$  ha.

Una segunda clasificación sería según el estrato vegetativo por el que se propaga. Así tenemos fuegos de suelo o subsuelo, superficie, antorcheo, copas pasivo y copas activo.

#### 1.3.1. SUELO O SUBSUELO

El incendio se propaga por la materia orgánica en descomposición y las raíces.

Casi siempre se queman despacio y en combustión incandescente al no disponer de suficiente oxígeno. Solo se detecta por el calor residual que hay en el suelo orgánico y para detenerlo es necesario que se realice una discontinuidad como una línea de defensa hasta suelo mineral.

Se suele dar en zonas de turbera<sup>7</sup> o gayuba<sup>8</sup>. En España son escasos y representan un porcentaje muy pequeño.

#### 1.3.2. SUPERFICIE

El incendio se propaga por el combustible que se encuentra sobre el suelo hasta una superficie de 1,5 metros de altura. Incluye la hojarasca sin descomponer, hierbas, arbustos y los leños caídos, pero no inmersos en la hojarasca en descomposición (si estuvieran inmersos en la hojarasca se consideraría combustible de suelo). Son los incendios más frecuentes, ya que este tipo de vegetación, debido a su rápida pérdida de humedad, resulta muy propicio para el inicio y propagación de las llamas.



**Imagen 2.** Superficie incendio

#### 1.3.3. ANTORCHEO

En realidad es un incendio que se propaga por superficie, ya que por la continuidad vertical corona copas aisladas; cuando esta desaparece se seguirá propagando a través de los combustibles de superficie.

#### 1.3.4. COPAS PASIVO

Es el fuego que avanza por las copas de los árboles acoplado a un fuego de superficie y no independiente de él. Su propagación principal es por el combustible de superficie, por lo que si se elimina, se detendrá el fuego.

#### 1.3.5. COPAS ACTIVO

Es el fuego que avanza por las copas de los árboles, independientemente de lo que ocurre en la superficie. Primero, se queman las copas, ya que las hojas son combustibles ligeros y el viento es más intenso que a nivel de suelo. Después, se van quemando los combustibles de superficie por detrás. Necesita viento fuerte y continuidad de combustible, horizontal y vertical. Son incendios de muy alta intensidad y difícil control.



**Imagen 3.** Incendio de alta intensidad

## 1.4. PARTES DE UN INCENDIO

Se pueden distinguir las siguientes partes de un incendio:

- Origen: ubicación donde se ha iniciado el incendio.
- Cabeza: muestra la dirección hacia donde está quemando el incendio. Es la parte más caliente y más activa del incendio.
- Flancos (izquierdo y derecho): son los lados del incendio, paralelos a la dirección principal de propagación del mismo. Pueden tener fuego activo, pero no tan caliente como la cabeza del incendio.
- Cola: es la parte opuesta a la cabeza del incendio y se quema más despacio. A menudo está cerca del origen del incendio.
- Perímetro: línea límite del incendio o borde del incendio. Puede no tener fuego activo en algunas partes.

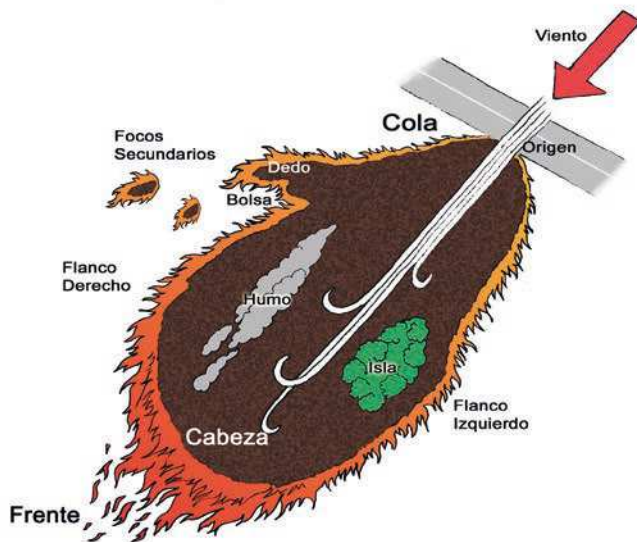


Imagen 4. Partes de un incendio

- Dedo: un área, generalmente una franja estrecha, que es una extensión del incendio principal. Podría ser peligroso si un dedo flanquea al personal que trabaja en el incendio.
- Bolsa: área que no se ha quemado entre el incendio principal y cualquiera de los dedos.
- Isla: área de combustible que no se ha quemado dentro del perímetro del incendio.

**Focos secundarios:** áreas ardientes fuera del perímetro principal. Están generados por el incendio principal a partir de material incandescente como pavesas y piñas. Si se desarrollan, pueden llegar a ser grandes focos independientes con sus propias partes y, normalmente, terminarían por juntarse con el foco principal.

## 1.5. MORFOLOGÍA DEL INCENDIO SEGÚN EL PATRÓN BÁSICO DE PROPAGACIÓN

El conocimiento de las diferentes características físicas de los incendios forestales es imprescindible para describir y

entender su comportamiento. Además, los parámetros físicos más relevantes proporcionan información que puede emplearse para tomar decisiones sobre los medios de extinción necesarios.

La predicción de las características físicas permite la evaluación de consecuencias y efectos de los incendios, lo que constituye una ayuda en el diseño de estrategias de lucha adecuadas y la planificación.

En general, los incendios forestales pueden adquirir formas circulares, elípticas o, lo que es más común, irregulares. Tales formas están determinadas principalmente por:

- Condiciones meteorológicas: dirección y velocidad del viento.
- Topográficas: pendiente, tipo de suelo.
- Ecológicas: variación según el tipo de combustible.

## 1.6. FORMAS DE PROPAGACIÓN DE UN INCENDIO FORESTAL

La siguiente figura muestra de forma orientativa las diversas formas en las que puede propagarse el frente de un incendio forestal.

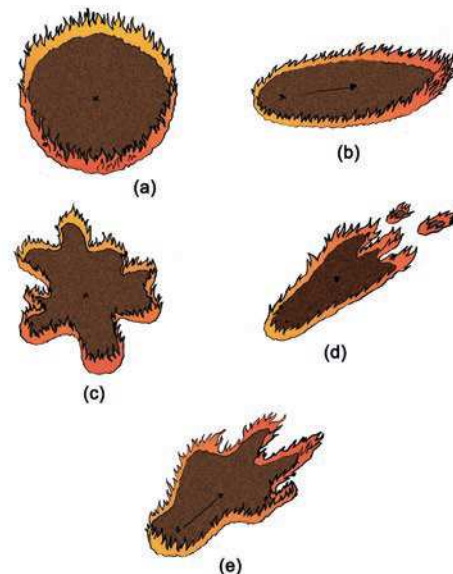


Imagen 5. Tipos de incendio

- **Incendio de progresión circular (a):** se produce en terreno plano, con combustible homogéneo y sin viento. El frente del incendio avanza en todas direcciones desde la zona central hacia el exterior.
- **Incendio de progresión elíptica (b):** se caracteriza por la presencia de viento con una dirección predominante, se quema combustible homogéneo y se propaga sobre terreno plano o pendiente regular (b).
- **Incendio de forma irregular (c, d y e)** se desarrolla bajo la influencia de viento (con variaciones en su intensidad y dirección), se quema combustible heterogéneo y/o se propaga en pendientes irregulares.
  - Viento variable y/o topografía irregular con distribución heterogénea del combustible.



- Incendio que, impulsado por el viento, sube por una ladera, mientras restos encendidos en movimiento y en dirección opuesta al frente mantienen el fuego en la base de la pendiente.
- Un fuerte viento transporta por delante del frente material combustible incandescente (focos secundarios).

Un incendio puede presentar un patrón único de desarrollo, aunque la realidad es siempre más compleja. Los incendios pueden manifestar patrones diferentes pero simultáneos en diferentes zonas del fuego o ir encadenando patrones distintos a lo largo de la evolución del mismo.

El comportamiento y la posible evolución de un incendio forestal dependerá directamente del patrón básico de propagación de este:

- **Combustible:** el tipo de combustible puede influir en la evolución del incendio y determinar la intensidad y la velocidad de propagación. Si está vivo o muerto (más seco); si es subterráneo, superficial o aéreo; cantidad, grosor, continuidad vertical y horizontal, densidad y compactación, contenido en resinas y en humedad.  
Para detectar su influencia, se realizará un estudio del combustible que se está quemando y de la forma en que se propaga.  
Hay que buscar la oportunidad de extinción en un cambio a un modelo de combustible favorable o a una modificación en la estructura.
- **Topográfico:** influirá la pendiente, la exposición al sol (franja horaria del día) y la rugosidad. Los incendios topográficos tienden a quemar ollas enteras y vaguadas con lo que cabe esperar que el comportamiento del incendio sea igual tanto de cabeza como de flancos, por lo que es difícil diferenciarlos. Esta será la forma de detectarlos. La oportunidad de extinción se ubicará allí donde el factor topográfico sea un aliado, es decir, cuando el incendio avance en descendiente, en contra de la topografía.
- **Conducido por viento:** la influencia del viento depende de su dirección, intensidad y velocidad. Aporta oxígeno y deseca el combustible, especialmente el muerto. Este tipo de incendio se detecta observando el estado de la columna convectiva\* y por la presencia de fuerte viento en superficie.  
Son incendios que tienden a buscar crestas divisorias y puntos altos. Por ello, se espera la oportunidad de extinción en una zona donde el viento no sea un factor determinante en el comportamiento del incendio y se convierta en un incendio topográfico o de combustible. En ese momento, será factible un ataque por flancos desde cola hacia cabeza.
- **Ambiente del incendio:** se trata de un gran incendio forestal creado por una burbuja de condiciones meteorológicas (temperatura, humedad relativa ambiental y velocidad de viento) propias. En este caso, solo es factible un ataque indirecto en el que se programe una

ventana de actuación suficiente como para poder realizar las maniobras necesarias.

### 1.7. COMPETENCIAS Y LEGISLACIÓN APLICABLE EN MATERIA DE INCENDIOS (CASO DE ESPAÑA)

En el caso de España, la Constitución vigente de 1978 transfirió la competencia para regular la prevención y extinción de incendios forestales dentro de su territorio a las comunidades autónomas (CC.AA.). Por ello, la mayoría de ellas han desarrollado su propia normativa. El estado español tiene competencias a nivel estadístico, definición de la estrategia forestal en España y coordinación de medios. En caso de incendio, intervendrá si la comunidad autónoma lo solicita y también si el incendio afecta a varias comunidades.

Existe una legislación estatal, considerada básica, que las comunidades autónomas tienen que respetar a la hora de desarrollar su regulación autonómica. Concretamente, la Ley de Montes recoge en su articulado una serie de referencias a los incendios forestales como riesgo para la seguridad pública y para el patrimonio forestal. Las principales referencias son:

- Promoción de campañas de concienciación y sensibilización ciudadana.
- Participación activa de la población en la prevención de incendios forestales.
- Determinación de zonas de alto riesgo de incendio forestal y elaboración de planes de defensa de dichas zonas.
- Obligación de toda persona de comunicar la existencia de un incendio y, en su caso, de colaborar en las tareas de extinción del mismo.
- Necesidad de coordinación entre las diferentes administraciones públicas en materia de prevención y lucha contra los incendios.
- Fijación de un mando único como director técnico de la extinción.
- Obligación de restaurar los terrenos afectados por un incendio, prohibiendo el cambio de uso forestal de los mismos.
- Establecimiento de responsabilidades administrativas por incumplimiento de las obligaciones derivadas de la Ley de Montes.

Además establece que el Estado español colaborará con las comunidades autónomas en la normalización de medios materiales de extinción de incendios así como en el despliegue de medios estatales para apoyar y completar los destinados por las CC.AA. a la extinción de incendios forestales.

Finalmente, conviene señalar que en España, la normativa de Protección Civil también se aplica a la extinción de incendios. Como en el caso anterior, existe una legislación básica estatal cuyo contenido deben respetar las comunidades autónomas al desarrollar la normativa aplicable dentro de su territorio.

## 2. TRANSMISIÓN DEL CALOR EN LOS INCENDIOS FORESTALES

Existen diversos factores que intervienen en la transmisión del calor en los incendios forestales:

- La distribución espacial de los combustibles, según sean de suelo o aéreos.
- La pendiente del terreno.
- La compacidad o ahuecamiento de la capa combustible.
- El viento, etc.

Esa transmisión del calor se produce por los mecanismos de conducción, radiación y convección.

### 2.1. CONDUCCIÓN

La conducción transmite el calor entre sólidos mediante contacto, a una velocidad que varía con la conductividad térmica de la materia que recibe el calor. La conductividad de la materia vegetal es baja y, además, salvo en la hojarasca y leña delgada, el contacto es imperfecto. Por ello, es un mecanismo poco eficiente para la transmisión del calor entre combustibles forestales.

El parámetro de la compacidad de la capa combustible está relacionado con la conducción. A mayor compacidad, mayor eficiencia en la conducción (por ejemplo en la pinocha de pino silvestre (*Pinussylvestris*) o en la hojarasca de haya (*Fagussylvatica*) que forman tapices muy compactos). Sin embargo, esta compacidad que favorece la conducción es contrarrestada por la falta de aire interpuesto, lo que limita la combustibilidad de estas capas fuera de los periodos secos.

### 2.2. RADIACIÓN

La radiación consiste en la transmisión del calor como ondas electromagnéticas a través del aire. La continuidad horizontal y vertical de los combustibles influye decisivamente en la eficiencia de la radiación.

La relación superficie/volumen favorece el efecto de la radiación, al aumentar tanto la superficie que irradia calor como la que la recibe.

Es lo opuesto a la compacidad; podría denominarse ahuecamiento, ya que este favorece la radiación. Esto es así porque el calor se transmite por el aire interpuesto en la capa de combustibles, siempre que los huecos no sean excesivamente grandes, lo que incrementaría la distancia que debe recorrer el calor. Por ejemplo, una capa de hojarasca de roble melojo (*Quercus pirenaica*) que tiene gran cantidad de aire en sus huecos; los matorrales bajos o altos; y combustibles de superficie y aéreos que son continuos.

### 2.3. CONVECCIÓN

Es el mecanismo que contribuye con más eficacia a la transmisión del calor. Consiste en el transporte del calor

por el aire que se expande al recibirlo desde el foco calorífico, lo que disminuye su densidad y provoca su ascensión. Cuando el aire contacta con los combustibles situados a mayor altura que el foco, cede el calor que transporta y desciende.

La convección convierte a los combustibles aéreos en disponibles y es responsable de que los incendios de superficie puedan convertirse en fuegos de copas.

El efecto combinado de la convección y la pendiente acelera la desecación por el calentamiento de los combustibles situados por encima del foco calorífico. Esto favorece la propagación cuesta arriba. Sin embargo, cuesta abajo la propagación no funciona, ya que el calor se transmite solamente por radiación y el progreso del fuego es mucho más lento.

### 2.4. EMISIÓN DE PARTÍCULAS EN IGNICIÓN

En el desarrollo de incendios forestales es frecuente la proyección a distancia del frente del fuego de partículas vegetales incandescentes o inflamadas (pavesas). Esto puede originar incendios secundarios fuera del perímetro del incendio. Este fenómeno, definido como "salto de fuego", depende de varios factores, como son las características del fuego, la vegetación y las condiciones climatológicas. Sus consecuencias son importantes en las estrategias de la lucha contra incendios, ya que afecta a la propagación del fuego, reduce la eficacia de las estructuras preventivas, y puede poner en riesgo tanto a los equipos participantes en la extinción como a las zonas habitadas próximas.



Imagen 6. Saltos de fuego

Esta proyección de partículas se suele dar con más frecuencia en masas de pinos con fuego en las copas, hasta una distancia de medio kilómetro (o de pocos metros, según el caso), en las horas centrales del día y con temperaturas desde suaves a altas (20° a 35° aprox.), poca humedad (entre 20% y 50% aprox.) y viento entre moderado y vivo (16 km/h. a 39 km/h. aprox.). Las proyecciones más peligrosas son las piñas del pino carrasco y la corteza del eucalipto.

Las ráfagas de viento favorecen la emisión de partículas, su transporte a grandes distancias, así como la eclosión de focos secundarios.



Las zonas con relieve accidentado son propicias a la aparición de saltos largos que influyen sobre el comportamiento del fuego y la columna de convección.

### 3. FACTORES QUE DETERMINAN EL COMPORTAMIENTO DE UN INCENDIO FORESTAL

El comportamiento de un fuego de vegetación depende de lo que se conoce como gran triada:

- Las características del terreno: topografía.
- El ambiente del sector que está siendo afectado: climatología y tiempo atmosférico.
- Las propiedades del material vegetal que está ardiendo: el combustible vegetal.

#### 3.1. TOPOGRAFÍA

Efectos directos sobre el incendio: pendiente, orientación y configuración del terreno.

- La topografía es la más constante de los tres componentes y tiene gran influencia en los otros dos. Los factores topográficos que afectan de forma importante al comportamiento del fuego son la configuración, la exposición y la pendiente.
- La configuración o relieve condiciona el clima, especialmente por la formación de microclimas, y tiene gran influencia en los regímenes de viento que van a incidir en la dirección y velocidad de propagación del fuego.
- La exposición, o posición de las laderas de las montañas respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares, tiene un efecto importante sobre la temperatura y la humedad relativa. En general, las laderas de solana tienen una temperatura mayor y sus vegetales menor cantidad de agua y, por tanto, de combustible. Por el contrario, las laderas de umbría tienen menor temperatura y sus vegetales mayor humedad.
- La pendiente es el factor topográfico más importante en el comportamiento del fuego. Ejerce influencia en las formas de transmisión de energía, de manera que en las zonas altas los fenómenos de convección y radiación son más eficientes. Por eso, a mayor pendiente, mayor será la velocidad de propagación del fuego que asciende y más lento el progreso de las llamas en sentido descendente.

Los fondos de barrancos con mucha pendiente y laderas muy próximas son los que tienen condiciones adecuadas para una rápida propagación, ya que, cuanto más reducidos sean los espacios abiertos en el desarrollo del incendio forestal, más rápido se calentará el aire que lo rodea. Esto provocará que el ascenso del aire se acelere y se generen vacíos que serán ocupados por las llamas.

#### 3.1.1. INFLUENCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN EL TIEMPO ATMOSFÉRICO

Con carácter general puede decirse que las elevaciones del terreno suponen un obstáculo para el movimiento de las masas de aire que al superarlas sufren variaciones en su temperatura y contenidos de humedad.

La topografía tiene una gran influencia en los vientos generales, ya que modifica velocidad, dirección y comportamiento. Además, es la causa de formación de fenómenos locales que afectan notablemente a los incendios.

#### 3.1.2. RELACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA EN LOS COMBUSTIBLES

Los factores topográficos –altitud, exposición, pendiente y configuración del terreno– están directamente relacionados con la clase, cantidad y humedad de los combustibles.

- **Altitud:** la altitud es un factor determinante en el desarrollo de la vegetación, ya que a mayor altitud, menor cantidad de vegetación y, por tanto, menor cantidad de combustible.
- **Exposición:** se refiere a la orientación o posición de laderas y/o pendientes, por lo que también influye en el desarrollo de la vegetación y en el desarrollo del incendio por las variaciones de viento y radiación solar que reciben las laderas. Como carácter general puede decirse que las orientaciones de solana están más secas y tienen menos cantidad de combustibles que las de umbría.
- **Pendiente:** tiene una gran influencia al favorecer la continuidad horizontal y vertical de los combustibles. Los efectos de la pendiente y el viento son similares, pero se diferencian en la forma en que influye sobre la velocidad de propagación. Así, un fuego con fuertes corrientes de viento se propaga cien veces más rápido. Sin embargo, la existencia de pendientes hace que la propagación sea solo veinte veces mayor. Normalmente, la pendiente se calcula en grados o en porcentaje (una pendiente con un ángulo de 45° equivale a un 100% en porcentaje).

#### 3.2. CLIMATOLOGÍA Y TIEMPO ATMOSFÉRICO

En los incendios forestales interesan tres factores:

- Tiempo previo: como factor de riesgo y determinación de la cubierta forestal.
- Tiempo actual: como causa desencadenante (rayo, combustión y otros).
- Tiempo que transcurre mientras existe el fuego (viento, lluvia, etc.).

#### 3.2.1. VARIABLES METEOROLÓGICAS

Como ya hemos visto en algunos ejemplos, las variables meteorológicas que más influencia tienen sobre un incendio son la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y la estabilidad atmosférica.

En los ambientes estables y secos del verano, la energía del sol aumenta la temperatura y disminuye la humedad relativa del aire. Estas variables (temperatura y humedad relativa del aire) influyen en el estado de hidratación de los combustibles muertos.

### 3.2.2. TEMPERATURA

Es la medida del efecto de la radiación solar. Su efecto sobre la vegetación es decisivo, ya que regula la desecación y la temperatura interna de los tejidos vegetales que determinan los requerimientos de energía calórica externa necesaria para la ignición. Además, influye sobre la humedad de los combustibles muertos.

La temperatura es un factor estacional que alcanza valores máximos en época estival. También presenta variaciones diarias; el periodo más fresco y húmedo del día se registra de madrugada, alrededor de las 06:00 h, y la temperatura máxima, por la tarde entre las 15:00 y las 17:00 h.

Se trata de una variable con una clara influencia en el incendio. En sí misma es fácil de medir, pero la temperatura como tal no aporta nada. Lo que aporta valor es la posibilidad de medir su influencia en otros mecanismos de transferencia de calor, ya que fluctúa permanentemente en el tiempo y en el espacio.



Imagen 7. Suelo en fase de calentamiento.

En relación con la temperatura, se puede distinguir:

- **Temperatura del suelo:** depende de la composición del lecho orgánico y de la composición mineral del suelo. Generalmente, el aumento de temperatura de esta zona es mínimo.
- **Temperatura de la zona de combustible:** es la temperatura que se observa en el lecho de combustible, por delante de las llamas en el sentido de la progresión del incendio. Básicamente es una zona precalentada por la radiación, y su temperatura oscila entre mil y mil cuatrocientos grados aproximadamente para zonas arboladas, lo que se reduce en zonas de matorral hasta unos quinientos grados.
- **Temperatura de la zona de llamas:** los valores de esta zona del incendio (entre 700° y 1.000° aproximadamente) se caracterizan por sus rápidas y grandes fluctuaciones debidas a la turbulencia que genera el propio incendio.

- **Temperatura de la columna de convección:** por encima de la zona de combustión, las temperaturas varían ampliamente decreciendo de forma muy rápida en función de la altura (por ejemplo, en zonas de arbustos, la temperatura puede decrecer en tres cuartas partes si nos situamos a 3 m. de altura, y en casi otro tercio si duplicamos la altura).

### 3.2.3. VAPOR DE AGUA-HUMEDAD

El vapor de agua, es decir, el agua en estado gaseoso, es uno de los parámetros más importantes en el inicio y el comportamiento del fuego. El aire atmosférico no aparece en ningún caso totalmente desprovisto de vapor de agua o, lo que es lo mismo, nunca está del todo seco. Sin embargo, el grado de humedad puede ser muy variable con valores o muy bajos o muy elevados.

Existen varias formas de expresar la humedad:

- **Humedad absoluta**

Es la cantidad de vapor de agua (generalmente medida en gramos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos).

Es una de las formas de valorar la cantidad de vapor contenido en el aire que, junto a la temperatura, sirve para estimar la capacidad del aire para admitir o no mayor cantidad de vapor.

- **Humedad relativa**

Indica la proporción de vapor de agua de una masa de aire sobre el máximo que podría contener con su temperatura. Si la humedad relativa es del 100%, se dice que el aire está saturado, ya que no puede contener más vapor de agua.

Valores de la humedad relativa por debajo del 30% desencadenan condiciones muy favorables para el inicio y la propagación del fuego.

Para saber, aproximadamente, la humedad relativa se puede aplicar la siguiente regla: cuando la temperatura desciende 10°, la humedad relativa del aire se duplica. Por el contrario, cuando asciende 10°, se reduce a la mitad.

La humedad del aire afecta al comportamiento del fuego de dos formas:

- En la disponibilidad de oxígeno para el proceso de la combustión. A mayor humedad relativa del aire, menor proporción de oxígeno en el ambiente, lo que se traduce en un retardo en el proceso.
- Humedad que contiene la vegetación. Cuanto mayor sea la humedad contenida en la vegetación, mayor será la energía calórica externa requerida para eliminar el agua contenida en ella. Esto provoca un incremento en el periodo de la fase de presecado de la combustión, con lo que tiene menos energía para llegar a la ignición.

Como la humedad relativa depende de la temperatura, tiene una marcada variación diurna con máximos en horas de oscuridad y mínimos después del mediodía.

#### 3.2.4. VIENTOS

El viento es el movimiento del aire con relación a la superficie terrestre. Al ser un vector<sup>3</sup>, interesa conocer su dirección e intensidad. A grandes rasgos, podría decirse que el viento se mueve por:

- Las diferencias de temperatura de las grandes áreas de la superficie terrestre.
- Las diferencias de presión que crean estas diferencias de temperatura.
- La rotación de la tierra.
- La fuerza de Coriolis<sup>4</sup>.

En la atmósfera, existe una relación directa entre presión y viento. Por ello, los mapas de isobaras<sup>5</sup>, representación de los valores de la presión atmosférica, constituyen una importante fuente de información sobre la velocidad y dirección del viento. Así, para saber la dirección del viento, se debe tener en cuenta que sopla de forma paralela a las isobaras. Por su parte, la velocidad del viento entre dos puntos es directamente proporcional a la diferencia de presión entre ambos puntos, por ello cuanto más juntas estén las isobaras, más fuerte será el viento.

A nivel de superficie, el rozamiento con los elementos del terreno y la adaptación del fluido al relieve puede cambiar la velocidad y dirección del viento respecto a su componente general.

La velocidad del viento se mide en metros por segundo, en kilómetros por hora o en nudos, (medida anglosajona que representa las millas marinas por hora).

La equivalencia entre los nudos y el sistema métrico decimal es:

**1 nudo=1,852 kilómetros/hora=0,515 metros/segundo**

Por su parte, la dirección, que es de donde procede el viento, se expresa en grados. Los grados se cuentan en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico. Así al norte se le asigna el valor de 0° o 360°, al Este, 90°, al Sur, 180°, y al Oeste, 270°.

#### Efecto del viento en los incendios forestales

La fluctuación de la velocidad y la dirección del viento hacen que sus efectos sobre el incendio sean muy complejos. Con carácter general, cuanto mayor sea la velocidad del viento, mayor será la intensidad y la velocidad de propagación.

El flujo que conlleva la propagación de una llama tiene dos componentes, uno vertical y otro horizontal.

El vertical es el más significativo, no tanto porque la llama esté inclinada hacia el combustible (incremento de radiación) como por el contacto directo de la llama y el transporte de calor por convección hacia el combustible. El viento contribuye a la combustión y a la extensión del fuego por diversos mecanismos como por ejemplo:

- Provoca un aumento en la cantidad de oxígeno.
- Influye en la dirección de avance del incendio y permite prever hacia dónde se dirigirá con mayor velocidad.
- Seca los combustibles.
- Transporta chispas y trozos de material encendido delante del incendio, por lo que causa focos secundarios fuera de la línea.
- Aumenta la velocidad de propagación del incendio.

#### Vientos locales

Existen sistemas de viento secundarios generados por el contraste entre el calentamiento y el enfriamiento local del suelo, que pueden surgir tanto de forma independiente como en combinación con el factor orográfico<sup>6</sup>.

Se consideran vientos locales a los vientos de ladera, los vientos de valle, la brisa, las olas de montaña, Foehn y los torbellinos.

##### a) Vientos de ladera

Los vientos de ladera soplan paralelos a la inclinación de las vertientes. Se producen por las fuerzas inducidas por diferencias de temperatura entre el aire adyacente a la ladera y el aire exterior a la capa límite de la ladera.

Hay dos tipos de vientos de ladera los ascendentes y los descendentes.

- Vientos de ladera **descendentes**: durante la noche o la madrugada, el aire frío tiende a descender hacia los valles o llanuras, donde se forma una zona de baja presión. Por ejemplo, un incendio que se genere durante la madrugada en la parte alta de una colina podría dirigirse hacia las tierras bajas por diferencias de presión. Las características de este tipo de vientos son:
  - Duración: desde las primeras horas de la noche (6:00 p.m.) hasta la madrugada (5:00 a.m.).
  - Velocidad: 1-10 km/H (lentos).
  - Flujo en láminas sin turbulencia.
- Vientos de ladera **ascendentes**: se dan durante el día. El aire en contacto con las laderas se calienta más temprano que el de un valle o llanura y se vuelve más liviano que el que está a igual altitud. Esto hace que sobre el fondo del valle se desencadene un movimiento del aire ladera arriba. Este fenómeno cesa cerca del ocaso del sol, siempre que no haya nubosidad, en cuyo caso se alterarían las condiciones. Las características de este tipo de vientos son:



- Duración: desde 8:00 a.m. hasta la puesta del sol (6:00 p.m.); o cuando la ladera queda en sombra.
- Velocidad: 6-13 km/h.
- Intensidad: En las cumbres el viento puede ser intenso, y cuesta arriba hay turbulencias.

Es importante tener en cuenta que si el viento de ladera (también ocurre en el de valle) cambia de descendente a ascendente, podría activar el fuego en pocos minutos aunque estuviera controlado. Es frecuente que esta transición del viento se acompañe de una ruptura de la inversión térmica que disminuiría la estabilidad atmosférica y aumentaría las rachas de viento.

### b) Vientos de valle

Los vientos de valle soplan paralelos al eje longitudinal del valle. Se producen por gradientes de presión horizontal. Son el resultado de las diferencias de temperatura existentes en el eje del valle o bien de las diferencias de temperatura entre el aire del valle y el aire a la misma altura sobre el plano adyacente.

Durante el día, el sol que calienta el aire provoca corrientes ascendentes hacia las partes altas del valle, y durante la noche soplan valle abajo, aunque este cambio de dirección es más lento cuando se moviliza grandes masas de aire.

### c) Brisa

Una brisa marina se produce en las costas por una diferencia de temperatura entre la tierra y el agua del mar. Durante el día, la mayor temperatura de la tierra da lugar a corrientes de convección que se compensan rápidamente por el aire frío procedente del mar. Por la noche, al estar más caliente el agua del mar, el mecanismo se invierte; la velocidad del viento suele ser menor porque la diferencia de temperatura entre el mar y la tierra no es tan acusada en ese momento. Es decir, por lo general las brisas nocturnas serán más suaves.

Las brisas de montaña, o viento catabático\*, se forman especialmente en las laderas de solana. Son unos vientos de intensidad suave, por lo que su velocidad de propagación es de unos pocos kilómetros por hora.



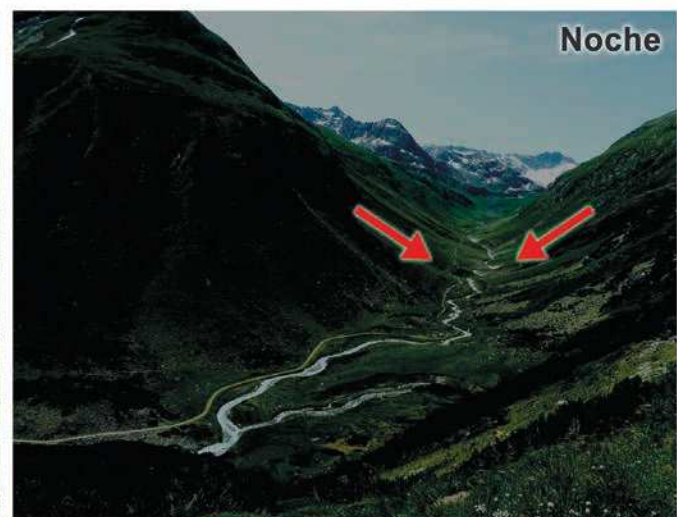
Vientos ascendentes de valle



Vientos descendentes de valle



Vientos ascendentes de ladera



Vientos descendentes de ladera

Imagen 8. Vientos ascendentes y descendentes

Este fenómeno se produce porque en las horas nocturnas el aire cercano al suelo se enfría por radiación y se vuelve más denso que el aire que lo rodea. Esto hace que la gravedad le obligue a descender por la pendiente del terreno, en dirección al valle, refrescando su temperatura. En general suele ser débil pero, si la pendiente es fuerte y lisa (como sucede cuando el suelo está cubierto de hielo o nieve) o si el valle encauza el viento, puede alcanzar una fuerza considerable.

Durante el día, en especial si es caluroso, se produce la brisa de valle o viento anabático\*. En este caso el movimiento es el contrario, y se establece un flujo ascendente por la pendiente de las montañas. Esta brisa suele ser débil, aunque en los días muy calurosos se refuerza y puede llegar a formar movimientos de inestabilidad convectivos con la formación de pequeños cúmulos.

#### d) Olas de montaña

Las olas de montaña son un frente de ondas que sigue desplazándose con la masa de aire en la zona de sotavento\* cuando:

- Una masa de aire se desplaza deprisa.
- Incidiendo perpendicularmente en el eje de la cadena montañosa.
- Sin perder estabilidad.

Si los senos de las ondas llegan a tocar el suelo, puede producirse por subsidencia\* un viento caliente y muy seco con particularidades semejantes al foehn pero mucho más atenuadas.

Aunque no llegue a tocar el suelo, la primera onda anexa a la montaña puede producir una turbulencia de eje horizontal que sopla en su parte baja en sentido contrario al flujo alto. Si existen cadenas montañosas, puede incrementarse el efecto por un fenómeno de resonancia\*.

Un indicador de la presencia de las ondas es que sobre las crestas se forman unas nubes muy llamativas llamadas cúmulos lenticulares.

#### e) Foehn

Las situaciones meteorológicas más desfavorables suelen venir asociadas a vientos terrales o tipo foehn. Son vientos muy cálidos, secos y de gran intensidad que soplan desde las regiones altas hacia las bajas. Su velocidad y características desecantes sobre la vegetación pueden tener como consecuencia que los incendios forestales sean realmente incontrolables.

Se han llegado a medir vientos foehn de hasta 145 km/h, con un contenido de humedad relativa del 3%. Estos vientos suelen terminar bruscamente y no suelen durar más de tres días.

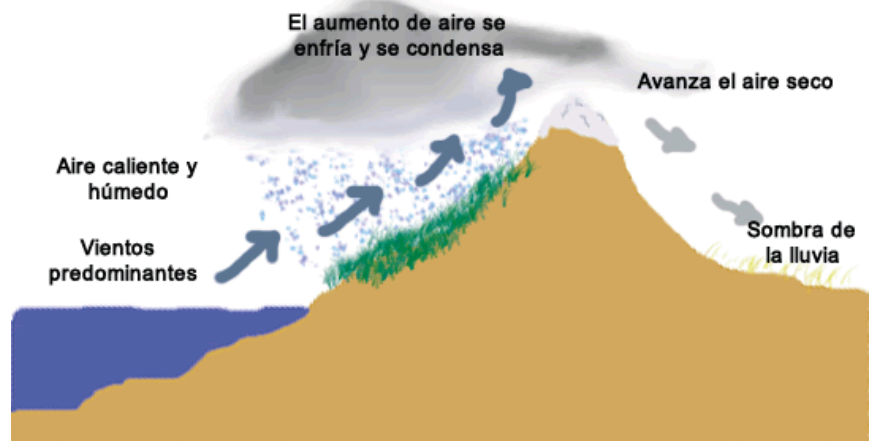


Imagen 9. Vientos foehn

Los vientos desecantes tipo foehn afectan, especialmente, a las zonas costeras. Esto es así porque su característica de soplar de arriba abajo, obliga a las masas de aire a remontar la cadena montañosa, donde dejan parte de su humedad. Esto agrava su peligrosidad, ya que por efecto del mar, incide sobre vegetación en ambientes de humedad relativa que se desecan muy rápidamente por el viento terral.

Sus efectos son apreciables por la población de las zonas en que se producen, por lo que en cada lugar se les conoce con una denominación propia, generalmente, asociada a la dirección del viento. Por ejemplo en España en la Comunidad Valenciana y Región de Murcia se denominan "Poniente", en Rumanía "Austrum" o en el sur de Chile "Puelche".

#### f) Torbellinos

Un vórtice\* o remolino de fuego es una columna de aire ascendente que rota y se desplaza, levantando humo, escombros y fuego.

Estos eventos se desarrollan por el calentamiento de las capas atmosféricas inferiores y por la generación de giro en el flujo de aire local.

Existen dos tipos de vórtices, según la orientación de su eje de rotación respecto del suelo:

- **Vórtice horizontal:** cuando la rotación es paralela al suelo.
- **Vórtice vertical:** cuando es perpendicular al suelo.

El vórtice contribuye a la propagación del fuego por la transferencia de masa y de calor a medida que se desplaza por la superficie arrojando pavesas que se transportan en las corrientes de aire locales. Cuando los vientos en la superficie superan los 7 u 8 km por hora, los remolinos de fuego tienden a desplazarse con el viento.

Los remolinos de fuego pueden disiparse a los pocos minutos, pero en ocasiones pueden llegar a durar más de una hora.





Imagen 10. Torbellino de fuego

### 3.2.5. INVERSIÓN TÉRMICA

Al aumentar la altitud, generalmente, la temperatura disminuye. Sin embargo, en ocasiones la regla se rompe y el aire más frío se sitúa por debajo de una masa de aire caliente. Este fenómeno se conoce como inversión térmica y está asociado a sistemas montañosos.

Normalmente, la inversión térmica se produce por la tarde, cuando una masa de aire frío y, por tanto, más pesado, ocupa el fondo de los valles y desplaza el aire caliente. En estas condiciones, al ser más fría la temperatura y mayor la humedad relativa, los incendios en el valle suelen estar contenidos. Sin embargo, a media mañana se calienta más rápidamente el fondo del valle, lo que puede provocar la ruptura del cinturón térmico y un aporte súbito de aire desde las laderas. Esto determinará un cambio en el comportamiento del fuego, hasta entonces contenido, que adquirirá mayor velocidad de propagación y la llama mayor longitud.

Según el mecanismo de formación, se distinguen cuatro tipos de inversiones térmicas:

- Inversión nocturna o de radiación.
- Inversión frontal.
- Inversión marina.
- Inversión por subsidencia\*.

#### a) Inversión nocturna o de radiación

Como su propio nombre indica se forma durante la noche, a medida que el aire cercano al suelo se enfría más rápido que el de las capas más altas.

Durante las primeras horas de la noche, la inversión nocturna sobre la superficie es débil y poco profunda (generalmente no alcanza mucho más de un centenar de metros de profundidad). A medida que avanza la noche, la temperatura va disminuyendo por enfriamiento radiactivo y el aire frío va

drenando hacia niveles inferiores, intensificando la inversión que alcanza la máxima profundidad al amanecer. En este momento, es cuando las temperaturas en la superficie son más bajas.

#### b) Inversión frontal

La inversión frontal se forma cuando una capa de aire relativamente frío cerca del suelo pasa por debajo de una capa de aire relativamente cálido y menos denso, desplazándolo hacia arriba. Este tipo de inversión ocurre con el paso de un frente frío.

También puede formarse una inversión frontal cuando una capa de aire relativamente cálido asciende por encima de una capa de aire más frío y más denso cerca del suelo. Esto ocurre con el paso de un frente cálido.

#### c) Inversión marina

La inversión marina es frecuente junto a la costa de los grandes lagos y los litorales de los continentes.

Cuando este tipo de inversión se forma en la costa, una masa de aire marino fresca, húmeda y estable pasa por debajo de una capa de aire caliente, seco e inestable en las planicies bajas junto al litoral, a menudo impulsada por la brisa marina. La inversión marina en estas zonas puede persistir a lo largo del día, pero es más intensa y evidente por la noche.

Cuando el flujo marino hacia tierra adquiere suficiente intensidad, la inversión marina puede alcanzar una profundidad suficiente como para permitir que la niebla y los estratos bajos se extiendan a buena distancia tierra adentro desde la costa.

#### d) Inversión por subsidencia

Una inversión por subsidencia la temperatura aumenta con la altura porque las capas de aire a nivel medio, vinculado a un anticiclón, se hunden progresivamente y se calientan



Imagen 11. Tipos de inversiones

\* Ver glosario



por compresión al caer desde lo alto. El resultado es una capa de aire caliente, seco y muy estable. Se puede prolongar durante días, y a medida que pasa el tiempo y el aire se vuelve cada vez más cálido y seco.

Se da con más frecuencia en las cimas de las cadenas montañosas y al final del verano y del otoño, y es más persistente en las zonas con presión atmosférica más alta que en las zonas vecinas. Es un fenómeno que favorece los incendios porque provoca sequía y altas temperaturas.

### 3.2.6. TORMENTAS

#### a) Tormenta ígnea

También llamada tormenta de fuego. Suele ser un fenómeno natural que se produce en grandes incendios forestales que llegan a alcanzar una intensidad tal que crean su propio sistema de viento. El movimiento en masa del aire que resulta del fuego produce una ignición de gran intensidad en un área muy amplia.

Se produce porque el aire sobre el área incendiada se hace extremadamente caliente y produce una corriente ascendente con fuertes ráfagas de viento alrededor y hacia el fuego (efecto chimenea). Al mismo tiempo, el aire frío a nivel de suelo ocupa el espacio dejado por el aire ascendente, que agita las llamas y aporta un flujo constante de oxígeno, incrementando la combustión y la producción de calor. Este movimiento de aire genera una gran turbulencia que determina que el aire de superficie deambule sin un rumbo fijo y sea capaz de producir pequeños tornados y remolinos que extiendan el fuego fuera de su zona central muy rápidamente.

El intenso calor generado por una tormenta ígnea se manifiesta irradiado (radiación infrarroja), por lo que es capaz de incendiar combustible más allá del propio fuego incrementando el área y la intensidad de la tormenta. Además, las corrientes de aire succionan hacia el interior del fuego, por lo que si alguien quedara atrapado cerca o debajo del fuego, fallecería por falta de oxígeno.



Imagen 12. Tormenta ígnea

Una tormenta ígnea muy grande puede, incluso, crear su propio sistema ambiental, inyectando aire hacia dentro y creando climas parecidos a tormentas eléctricas que tienden a favorecer la extensión de la llamas.

#### b) Pyrocumulus o nubes de fuego

Se trata de una nube que acompaña a incendios o a actividad volcánica y que se produce por un gran calentamiento del aire desde el propio incendio, alcanzando estabilidad cuando se encuentra con capas de aire más frías y húmedas.



Imagen 13. Nubes de fuego

#### c) Los reventones o corrientes descendentes

Este es un fenómeno que tiene lugar dentro de la columna de convección, cuando esta crece y el aire que mueve comienza a enfriarse. La masa de aire desciende hacia tierra y se extiende en forma de abanico cuando llega a ella desde la misma base de la columna.

Existen varios indicadores que permitirán detectar el desarrollo o formación de un reventón:

- Si empieza a llover, se produce evaporación y se desarrolla una corriente descendente.
- Un signo inicial de que podrían desarrollarse los fuertes vientos de un reventón es el desarrollo de una intensa columna de convección.
- Cuando el flujo de entrada se transforma en reventón los vientos se calman. Esto podría indicar que el viento de salida está a punto de golpear el suelo.

Podremos valorar el nivel de riesgo de un incendio atendiendo a la temperatura ambiental, humedad y viento.

Tabla 1. Nivel de riesgo de un incendio

Riesgo Potencial	Coincidencias	Condiciones
Grave	2 condiciones	Temperatura ambiental alta (+ de 30°)
Extremo	3 condiciones	Humedad relativa escasa (< 35%)
Extremo a nivel máximo	3 condiciones + incendio en pendiente	Velocidad del viento: vivo, fuerte, muy fuerte o masivo (a partir de 30 km/h)

\* Ver glosario

## 4. COMBUSTIBLES FORESTALES

En verano, el clima se caracteriza por prolongadas sequías. Esta es la razón por la cual, con frecuencia, la composición de los bosques se ha estabilizado a base de especies que necesitan el fuego durante su ciclo reproductivo.

Una de las masas arboladas más extensas son los pinares. En España, los más extendidos son el pino carrasco (*Pinus halepensis*), el pino piñonero (*P. pinea*), el pinaster (*P. pinaster*) y el laricio (*P. nigra*). Todas estas especies se caracterizan por mecanismos fisiológicos que conectan su reproducción natural con el fuego (por ejemplo, la apertura de las piñas por el calor intenso) y también por su elevado contenido en resina y aceites esenciales, extremadamente inflamables. Todo ello incrementa el peligro de incendios.

Además el desarrollo socioeconómico y el éxodo rural ha producido una disminución generalizada del pastoreo y de la extracción de leña y broza, por lo que ha aumentado la combustibilidad del monte.

### 4.1. TIPOS DE COMBUSTIBLES

Los combustibles se clasifican en función de la velocidad de propagación y resistencia al control en bajo, medio, alto y extremo. Las bases para clasificarlos en uno u otro nivel, son los partes de incendios y las estimaciones de los expertos. En esta clasificación influyen tanto las características como la disponibilidad del combustible.

### 4.2. CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE

- **Tamaño y forma:** cuanto menor sea el tamaño y la forma, más rápido se pierde la humedad por el calor y se alcanza la temperatura de ignición:
  - Fino: de 0-5 mm de diámetro, como pueden ser las hojarascas, el pasto, las acículas.
  - Regulares: de 5-25 mm de diámetro, como las ramillas, los tallos pequeños, etc.
  - Medianos: de 25-75 mm de diámetro, como ramas o algunos tipos de matorrales, etc.
  - Gruesos: de diámetros mayores a 75 mm, como ramas gruesas, fustes, troncos, etc.
- **Compactación:** se refiere al espacio disponible entre las partículas del combustible. Cuando mayor sea el espacio, más rápido circula el aire. Esto hace que se seque antes y que se incremente la velocidad de propagación del fuego.
- **Densidad:** a mayor densidad, mayor capacidad para absorber calor sin elevar la temperatura de ignición y, por tanto, mayor resistencia a ser quemada.
- **Sustancias químicas:** algunos tipos de madera contienen resinas, aceites, etc., que contribuyen a aumentar la propagación y velocidad del incendio.
- **Humedad:** el contenido de humedad es decisivo para la inflamabilidad, ya que, mientras hay agua en el combustible, la reacción se mantiene en fase endotérmica.

El contenido de humedad es diferente en combustibles vivos que en los muertos:

- En el caso de los combustibles vivos: en climas de zona templada, su contenido de humedad varía durante el periodo vegetativo, con un máximo en primavera y un mínimo en verano, lo que coincide con las variaciones de disponibilidad de agua en el ambiente.
- En el caso de los combustibles muertos, la variación en el contenido de humedad está ligada a los cambios en la humedad ambiental y a la rapidez con la que el combustible se equilibra con el ambiente.
- **Tiempo de retardo:** es el tiempo que tarda un combustible muerto en equilibrar su contenido de humedad con la humedad relativa del ambiente. Se mide en horas y depende de la superficie de contacto con el aire y, por consiguiente de la forma y tamaño del combustible. Así se pueden distinguir combustibles:
  - De una hora (menor de 6 mm de diámetro), como hierbas, pinochas y hojas.
  - De diez horas (de 6 mm a 2,5 cm), como ramas pequeñas.
  - De cien horas (de 2,5-7,5 cm), como ramas mayores, restos de podas, etc.
  - De mil horas (de 7,5-20 cm), como cepas y troncos de árboles.

### 4.3. DISPONIBILIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL COMBUSTIBLE

Para caracterizar la combustibilidad de una zona, uno de los datos necesarios es la "cantidad de combustible" presente (fitomasa). La combustibilidad se determina por el peso seco total de combustible por unidad de superficie. Habitualmente los pastos y arbustos presentan cantidades que oscilan entre 1-10 Tm/Ha y los matorrales entre 10-40 Tm/Ha.

La "cantidad de combustible" se puede dividir:

- **Cantidad total:** toda la fitomasa presente, que se quemaría en un fuego muy intenso, en condiciones de máxima sequía.
- **Cantidad disponible:** es la cantidad de combustible consumida realmente en un incendio. En ella influyen su contenido de humedad y su distribución espacial. El primer factor está relacionado con la inflamabilidad y el segundo con la transmisión de calor.
- **Cantidad restante:** la fracción de combustible que previsiblemente no arderá por diversas razones, como por ejemplo el contenido de humedad, la disposición espacial (que impida a las llamas alcanzarlos) o su gran tamaño.

Según la distribución espacial de los combustibles, se puede distinguir entre:

### a) Continuidad horizontal

Es la distribución del combustible vegetal en el plano horizontal. El grado de continuidad de la masa vegetal puede ser muy variado, pero en general puede distinguirse entre: uniforme o continuo y no uniforme o discontinuo. Influye en la dirección y la velocidad de un posible incendio.

### b) Continuidad vertical

Es la distribución del combustible en el plano vertical. Influye en la posibilidad de que un incendio de superficie pase a ser uno de copas.

## 4.4. MODELOS DE COMBUSTIBLES (ROTHERMEL): DESCRIPCIÓN Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

En los años setenta, Rothermel, Anderson, Albini, Brown, Andrews y otros desarrollaron en Estados Unidos un sistema evolucionado a partir de los anteriores modelos de combustibles (1914 y 1930) que llegó a Europa a mediados de los años ochenta.

Describían trece modelos clasificados en cuatro grupos. Según estos modelos de combustible, en 1984 Rothermel y Burgan publicaron un sistema de modelización de la evolución de un incendio conocido como “Behave”. Actualmente, son el primer dato de entrada en los sistemas de predicción de fuegos forestales (por ej.: sistema Behave Plus).

Los grupos en los que se distribuyen los trece modelos son:

- Pastos: Modelos 1 al 3.
- Matorral: Modelos 4 al 7.
- Hojarasca bajo arbolado: Modelos 8 al 10.
- Ramaje y restos de operaciones silvícolas: Modelos 11 al 13.

### Descripción de modelos de combustibles

#### a) Grupo de Pastos (modelos del 1 al 3)

**Modelo 1.** Propagación gobernada por combustibles herbáceos finos. La propagación es rápida. El matorral o arbolado ocupa menos de un tercio del área. Por ej.: praderas naturales, rastrojos, herbáceas anuales y perennes. Carga de combustible (materia seca): 1-2 t/ha.

**Modelo 2.** La propagación del incendio está gobernada por los combustibles herbáceos finos (secos o muertos). La propagación es rápida. El matorral o arbolado ocupa de un tercio a dos tercios del área. Las intensidades del fuego son mayores y pueden producirse pavesas. Carga de combustible (materia seca): 1-2 t/ha.

**Modelo 3.** La propagación del incendio está gobernada por los combustibles herbáceos finos (un tercio o más está seco). La altura media del pasto es 1 m, por ej.: cam-

po de cereales sin cosechar y praderas naturales altas. Carga de combustible (materia seca): 4-6 t/ha.

#### b) Grupo de matorral (modelos del 4 a 7)

**Modelo 4.** Matorrales de unos dos metros de altura, repoblados o regenerados jóvenes densos. Fuegos rápidos que se propagan por las copas del matorral que forma un estrato casi continuo. Consume el follaje y el material leñoso fino vivo y muerto, lo que contribuye significativamente a la intensidad del incendio. Carga de combustible (materia seca): 25-35 t/ha.

**Modelo 5.** Matorral menor de un metro de altura pero que cubre el área casi totalmente. El incendio se propaga por los combustibles superficiales que son la hojarasca de los matorrales y herbáceas. Los fuegos no son tan intensos. El matorral es joven, con poco material muerto y su follaje contiene pocos volátiles. Carga de combustible (materia seca): 25-35 t/ha.

**Modelo 6.** Matorrales y los restos (secos) de cortas de frondosas. Propagación por las copas del matorral cuyo follaje es más inflamable que en el modelo 5. Requiere vientos superiores a los 13 km/h. El incendio descenderá al suelo a bajas velocidades de viento o en zonas desprovistas de matorral. El matorral es más viejo, pero no tan alto como en el modelo 4. Carga de combustible (materia seca): 10-15 t/ha.

**Modelo 7.** Matorrales mayores de dos metros, pinares con sotobosque de especies inflamables. Propagación con igual facilidad por el suelo forestal y por el matorral. El incendio puede ocurrir aunque las condiciones de humedad del combustible sean altas. Carga de combustible (materia seca): 10-15 t/ha.

#### c) Grupo hojarasca bajo arbolado (modelos del 8 al 10)

**Modelo 8.** Bosques cerrados de coníferas o frondosas con hojarasca compacta y poco matorral, por ej.: pinares de hoja corta, abetos, alerces. Fuegos superficiales (lentos) con poca altura de llama. Es peligroso solo en las peores condiciones atmosféricas. Carga de combustible (materia seca): 10-12 t/ha.

**Modelo 9.** Bosques con hojarasca menos compacta, pinares de hoja larga, incendios de otoño en formaciones de frondosas. Propagación a través de la hojarasca superficial, por lo que es más rápida que en el modelo anterior. Carga de combustible (materia seca): 10-12 t/ha.

**Modelo 10.** Bosques con plagas, enfermedades (hongos), maltratados por el viento, sobre maduros, con material leñoso caído de claras y cortas parciales. Los fuegos quemán combustibles de superficie y del suelo con mayor intensidad que en los dos modelos anteriores. También hay más cantidad de ramas, 76 mm muertas caídas sobre el suelo, y los coronamientos (paso a fuego de copas en algún árbol) son más frecuentes. Carga de combustible (materia seca): 10-12 t/ha.



#### d) Grupo ramaje y restos de operaciones selvícolas (modelos del 11 al 13)

**Modelo 11.** Bosque claro o fuertemente aclarado. Restos de poda o claras con plantas herbáceas rebrotando. Hay pocos materiales caídos de más de 76 mm de diámetro. Carga de combustible (materia seca): 25-30 t/ha o ligera.

**Modelo 12.** Predominio de restos sobre el arbolado y el resto que cubre todo el suelo. Existen más materiales caídos de más de 76 mm de diámetro. El incendio se propaga hasta encontrar un cortafuegos o un cambio de combustibles. Puede generar pavesas. Carga de combustible (materia seca): 50-80 t/ha.

**Modelo 13.** Muchos materiales caídos de más de 76 mm de diámetro. Puede generar pavesas.

Carga de combustible (materia seca): 50-80 t/ha.

#### 4.5. CLASIFICACIÓN DE ESPECIES SEGÚN SU INFLAMABILIDAD

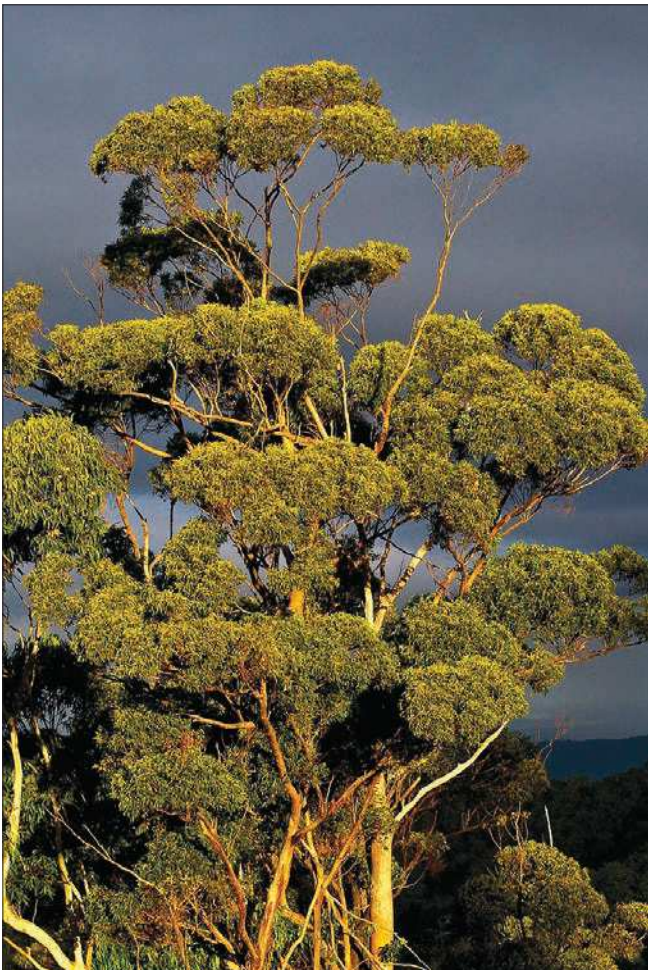


Imagen 14. Eucalipto

Luis María Elvira y Carmen Hernando (1989) realizaron el siguiente listado de especies según su inflamabilidad:

##### Especies muy inflamables durante casi todo el año:

- Brezo (*Callunavulgaris*).
- Eucalipto (*Eucalyptussp.*).

- Retama (*Genista falcata*).
- Tojo (*Genista hirsuta*).
- Pino Carrasco (*Pinushalepensis*).
- Encina (*Quercusilex*).
- Romero (*Rosmarinusofficinalis*).
- Tomillo (*Thymusvulgaris*).

##### Especies muy inflamables durante el verano:

- Albaida (*Anthylliscyrtisoides*).
- Pasto o hierba yesquera (*Brachypodiumramosum*).
- Jara pringosa (*Cistusladaníferus*).
- Espliego (*Lavandula latifolia*).
- Cantueso (*Lavandulastoechas*).
- Pino Rodeno (*Pinuspinaster*).
- Pino Piñonero (*Pinuspinia*).
- Pino de Monterrey (*Pinus radiata*).
- Alcornoque (*Quercussuber*).
- Frambuesa (*Rubusidaeus*).
- Esparto (*Stipa tenacisima*).
- Tomillo o Ajedrea (*Thymuszigys*).
- Aliaga (*Ulexparviflorus*).

##### Especies medianamente inflamables:

- Madroño (*Arbutusunedo*).
- Enebro (*Juniperusoxycedrus*).
- Carrasca (*Quercuscoccifera*).
- Quejigo (*Quercusfaginea*).

## 5. FACTORES DEL PROPIO INCENDIO QUE DETERMINAN SU COMPORTAMIENTO

### 5.1. LONGITUD DE LLAMA

Es la máxima distancia que existe entre la base y la punta de la llama. Se mide sobre un ángulo cuando las llamas están inclinadas debido a los efectos del viento o la pendiente.

Esta variable puede usarse como referencia de la intensidad del fuego. Suele medirse en metros y puede variar bastante según las condiciones topográficas del terreno y la forma de la masa forestal que esté incendiada.

### 5.2. INTENSIDAD LINEAL DEL FUEGO

Es la de velocidad de liberación de propagación (potencia) por unidad de frente (unidades de longitud). Esta intensidad es determinante para poder controlar el avance del incendio y sus efectos

### 5.3. VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN

Describe la velocidad de avance del frente (km/h o m/s) hacia delante, hacia atrás o en los flancos. Interesa conocer la velocidad del avance según sea:

- Lineal: permitirá establecer las líneas de control del perímetro al informar del tiempo que tardará el fuego en llegar hasta la línea.
- Perimetral: velocidad a la que crece el perímetro. Permite determinar los recursos humanos y mecánicos que se necesitan tanto en labores de extinción como de remate y control que son las labores sobre el perímetro.
- Areal: permite determinar el área afectada y el daño previsible o potencial.

#### 5.4. GIF Y EL AMBIENTE DEL FUEGO

Serviría para catalogar el comportamiento de los grandes incendios forestales (GIF) que generan sus propias condiciones atmosféricas de temperatura, humedad relativa ambiental y velocidad de viento.

Una vez vistos los factores que influyen en el comportamiento, se procede a conocer cómo se cuantifica ese comportamiento del incendio, se discrimina si se puede actuar con un ataque directo, indirecto o mixto, si se está dentro o fuera de capacidad de extinción, etc.

## 6. CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE ALARMA POR EL HUMO

La columna de humo de un incendio ofrece información sobre su intensidad y su patrón de comportamiento. La intensidad está relacionada con el color del humo, mientras que el patrón de comportamiento se relaciona con la meteorología y las características intrínsecas del incendio en cada momento concreto.

Se puede clasificar el humo de diversas formas:

### 6.1. SEGÚN EL ORIGEN

- Humos legítimos: producidos por quemas autorizadas, fábricas, hornos, etc.
- Humos ilegítimos: producidos por incendios, quemas ilegales, etc.
- Humos falsos: son nubes de polvo, nubes de polen, etc.

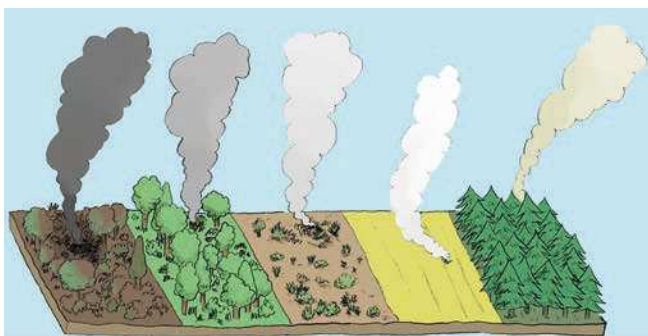


Imagen 15. Colores de humo

### 6.2. SEGÚN EL COLOR

- Humo gris café: cuando corresponde a matorrales o arbustos ralos.
- Humo gris-negro: matorrales densos, eucaliptos, pinares y encinares. Fuego de alta intensidad.
- Humo amarillo: cuando corresponde a bosques de coníferas, como el pino insignie.
- Humo blanco: pastizales. Fuego de poca intensidad. Combustible húmedo generalmente.
- Humo blanco azulado: pastos o hierbas. Combustibles secos.

### 6.3. SEGÚN EL VOLUMEN

El tamaño de la columna de humo será directamente proporcional a la cantidad, tipo y área de combustible incendiado.

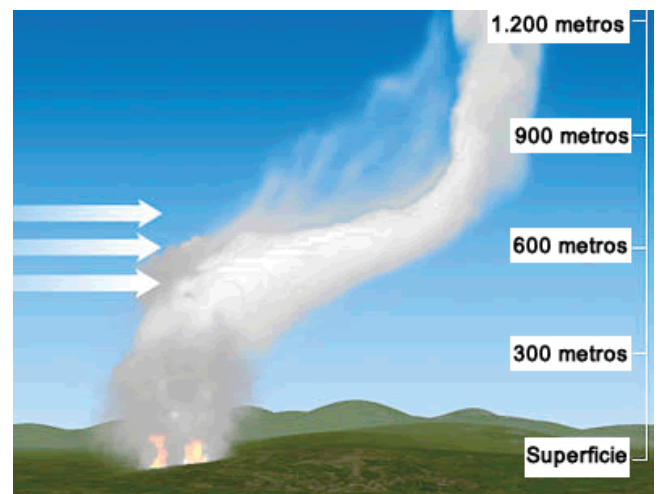


Imagen 16. Ángulo de humo

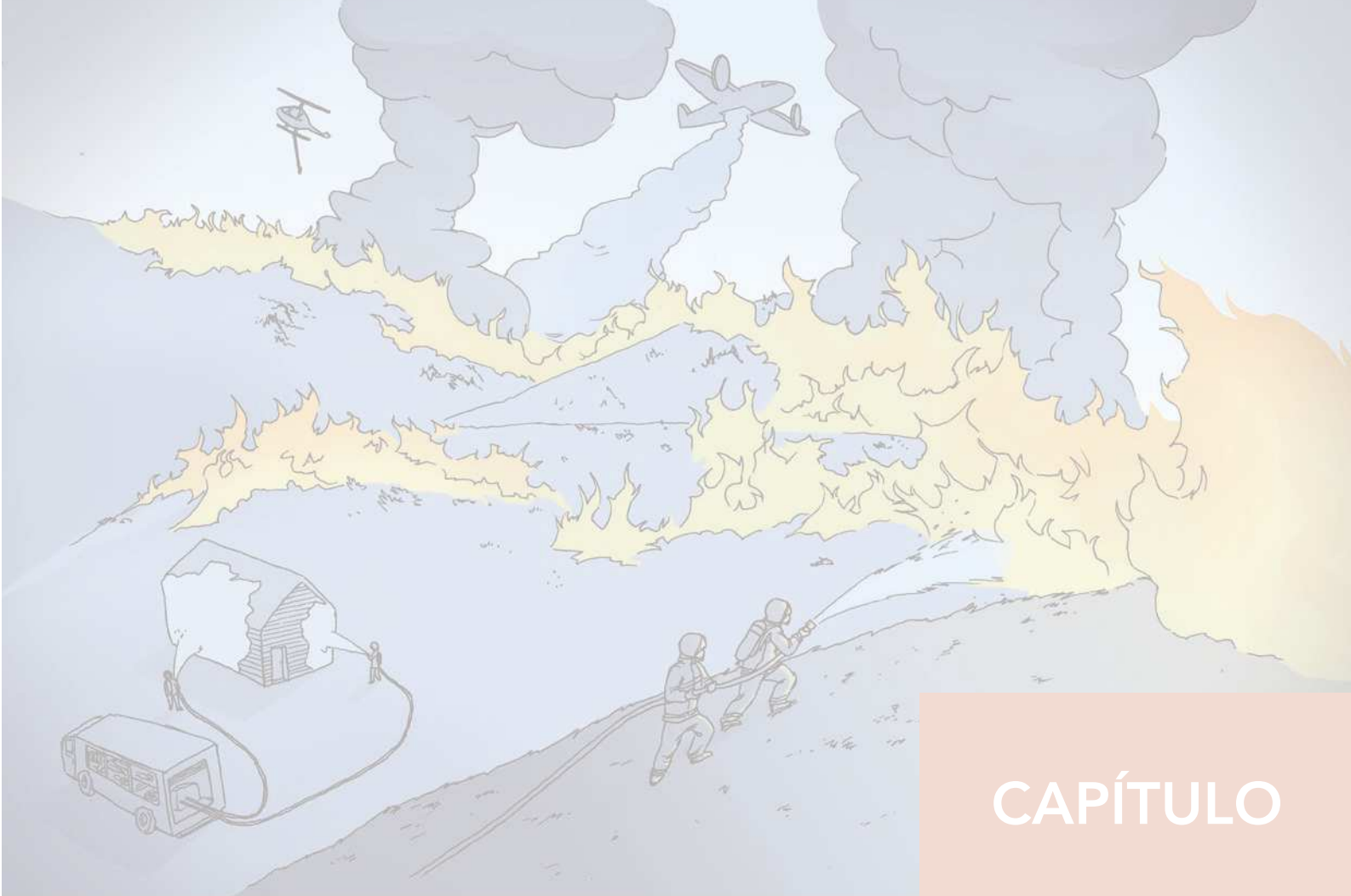
### 6.4. SEGÚN EL ÁNGULO DE ELEVACIÓN

En función del ángulo con la horizontal del terreno donde se está desarrollando el incendio que forma la columna de humo al ascender se puede clasificar en:

- Vertical (80 a 90): demuestra poco viento en el sector, propagación lenta. En un principio será más fácil de controlar el fuego.
- Diagonal (40 a 50): demuestra la presencia de vientos de veinte a treinta nudos aproximadamente. En este caso, se puede clasificar el foco como peligroso.
- Tumbada (alrededor de 20): son humos arrastrados que demuestran la presencia de fuertes vientos en la base del incendio, con posibilidad de estabilidad atmosférica. La estabilidad del aire está determinada por la distribución vertical de temperatura. Así, una columna de aire es inestable cuando el aire de la capa inferior es más cálido y menos denso que el aire de arriba, y se eleva y desplaza al aire frío de capas más altas.







CAPÍTULO

2

## Valoración de intervenciones en incendios forestales

## 1. EL PROCESO DE VALORACIÓN

Valorar una intervención sobre un incendio forestal no puede ser un acto improvisado, sino que ha de apoyarse en un procedimiento que ayude a tomar decisiones para afrontarlo, haciéndolo a partir del análisis riguroso y rápido de todos los elementos y variables que intervienen en él y que suponen la referencia válida para establecer la manera de actuar más efectiva.

No es un procedimiento aislado, sino recurrente y sistemático dentro del periodo de duración del incendio, además de proporcionar argumentos para abordar posibles contingencias en dicho periodo. Será una valoración que sirva a todo el equipo de intervención como guía de actuación con el compromiso de seguir las líneas que marque.

Este proceso sigue cuatro etapas no aisladas en el tiempo, pero sí vinculadas las unas con las otras por una evaluación permanente:

- Valoración preliminar.
- Evaluación sobre el terreno.
- Estimación de la capacidad de los recursos.
- Triage de estructuras.

## 2. VALORACIÓN PRELIMINAR

Se trata de una evaluación que se realiza antes de acceder al lugar del siniestro y que atiende a los siguientes factores:

### 2.1. INFORMACIÓN SOBRE INCENDIOS ANTERIORES EN LA ZONA

Estos incendios, así como las circunstancias en que se desarrollaron, pueden dar pistas de cómo puede presentarse y evolucionar el incendio actual atendiendo a los patrones que siguieron aquellos, ya que estos patrones suelen ser muy parecidos.

### 2.2. INFORMACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 2.2.1. RELIEVE

¿Cuál es el perfil topográfico de la zona? ¿Qué alturas presenta? Esto es muy importante porque la altitud influye de manera determinante en la humedad de la vegetación y en el clima que pueda favorecer o frenar la expansión y virulencia del fuego.

Es fundamental conocer la presencia y el estado, por ejemplo, de una cañada, en el caso de que tenga que ser utilizada por los servicios de intervención, en qué medida es practicable y cuál es la dirección de viento en el lugar para asegurar que los movimientos del personal operati-

vo no va a verse amenazado por una posible «encerrona» del fuego. Es el caso también de ciertas configuraciones de zonas rocosas (chimeneas) que pueden favorecer el rápido avance del fuego.

Se habla tanto de elementos naturales (ríos, cumbres, barrancos...) como artificiales (camino, carreteras, etc.), ya sea porque afecten de alguna manera a la evolución del fuego o porque sirvan de referencias visuales, puntos de descanso, aprovisionamiento de agua, etc.

#### 2.2.2. COMBUSTIBLES PREDOMINANTES

¿Son arbustos? ¿Es pasto? ¿Son árboles? ¿Qué tipo de madera predomina? ¿Es vegetación vieja o joven, seca o tierna...? ¿Hay mucha acumulación de rastrojos? ¿Hay viviendas cerca? ¿De qué están hechas (madera, paja, etc.)? Estas y otras preguntas pueden ser importantes para conocer a qué se enfrenta un bombero.



Imagen 17. Árboles y musgo

#### 2.2.3. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

¿Cuál es el pronóstico meteorológico? Factores como la humedad, temperatura, viento, previsiones de lluvia, etc., así como la estabilidad o no de las condiciones previstas son datos esenciales a considerar.

#### 2.2.4. HORA ACTUAL

La posición del sol y el viento permitirán anticipar el periodo en el que el fuego sea más intenso, lo que nos preparará para prevenir posibles movimientos de población no deseados a esa hora, circulación de vehículos a motor, etc., y así poder asegurar la zona si así se necesita.

### 2.3. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

#### 2.3.1. AMPLIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Toda información puede ser útil, como las intervenciones que se han realizado en la zona en siniestros semejantes, el uso que se le da a las edificaciones y estructuras próximas, el posible almacenaje de ganado, maquinaria, combustible..., el movimiento de la población cercana (laboral, de ocio...), la presencia de personas con movilidad limitada, el tránsito de excursionistas, montañeros, etc.

### 2.3.2. ACTUALIZACIÓN PERMANENTE DE LOS DATOS

Los incendios pueden cambiar en muy poco tiempo porque también lo hagan ciertas condiciones que influyen directamente sobre él. Actualizar la información sobre él permanentemente (por ejemplo, su tamaño, su frente, su radio de esparcimiento, su dirección, su velocidad, comportamiento o la información que aporta la misma columna de humo) ayudará a ajustar mejor las medidas a tomar, los recursos a utilizar, etc.

## 3. EVALUACIÓN SOBRE EL TERRENO

Hasta que no se llegue al incendio no se podrá decidir sobre medios, estrategias, prioridades, etc. Aún así, hay constantes que se deben respetar siempre sea cual sea la circunstancia del incendio: por ejemplo, la decisión sobre qué proteger primero (en este orden, las personas, las estructuras y la vegetación. Para recoger la información necesaria, se deberá encontrar una posición que permita ver todo lo necesario, que va a ser lo siguiente:

### 3.1. TOPOGRAFÍA, MATERIALES Y ESTRUCTURAS

#### 3.1.1. SUPERFICIE DEL TERRENO

Hay que considerar el punto de inicio del incendio y por dónde se ha propagado con el fin de prever por dónde va a seguir haciéndolo. Nos fijaremos en cañadas, cañones, barrancos, lomas, desniveles, crestas, etc., así como posibles barreras naturales o artificiales como ríos, lagos, carreteras, etc.

#### 3.1.2. ACCESOS Y SALIDAS

Será necesario conocer las vías de acceso (carreteras, pistas, veredas...) y sus características (asfaltado, anchura, trazado...) y las estructuras que las rodean (viviendas, depósitos, tendidos eléctricos...), zonas de estacionamiento o rutas de escape. Es importante hacer un reconocimiento sobre el terreno por si hubiera alguna vía cortada, estrechamientos, etc.

Si se pierde visibilidad es preferible bajar del vehículo y explorar temporalmente a pie antes de meterse en zonas inseguras o sin salida. También es recomendable entrar en ciertos tramos del camino marcha atrás si no se sabe si se podrá dar la vuelta más adelante. Durante las tareas de exploración se puede aprovechar para señalar los accesos y salidas para otros vehículos.

#### 3.1.3. MATERIALES COMBUSTIBLES

Es importante conocer el tipo y modelo del combustible vegetal que rodea a las estructuras en peligro (pasto, matorral, arbolado...), su extensión, su tamaño, su densidad, la distancia a dichas estructuras, su composición y humedad, su edad, etc. También se debe considerar cuál

es la carga del combustible y el calor radiante que puede emitir la columna de convección, así como la producción de pavesas y su proyección desde la columna de convección. Por último, será útil conocer los materiales de las estructuras amenazadas porque, al fin y al cabo, son potenciales combustibles.

#### 3.1.4. ESTRUCTURAS Y ASENTAMIENTOS

Hay que conocer el número y lugar de las estructuras de los alrededores, así como sus características (uso, tamaño, si están habitadas...), los materiales de que están hechas, los espacios que las circundan y los peligros que impliquen (depósitos de combustible, acumulaciones de leña, etc.). En las poblaciones hay que conocer (si existen) los procedimientos de evacuación, y si existen depósitos (pozos, piscinas...) donde nos podamos aprovisionar de agua.

Se deben tener en cuenta edificios que puedan entrañar riesgos adicionales como almacenes de disolventes, explosivos, combustibles, etc., así como conocer la disposición de los tendidos eléctricos.

### 3.2. CONDICIONES AMBIENTALES

La condición más importante a considerar es el **viento**, cuya velocidad y dirección pueden estar influido por el propio desarrollo del incendio en relación con los combustibles que arden, las estructuras a las que afecta o el relieve del terreno. Los vientos locales, los cambios que sufren y los tiros que se forman hacen inestable a las condiciones de clima reinantes.

También habrá que considerar la **temperatura**, ya que seca y calienta los combustibles, lo que los hace más inflamables. El aire, cuando más se calienta más se seca, lo que hace que absorba más vapor de agua de los combustibles y estos arden más rápido.

### 3.3. PERFIL DEL INCENDIO

Se habla de la distancia a la que está el incendio, su velocidad, el material que actúa como combustible y el perfil del terreno, todo ello con el fin de calcular el margen de tiempo que se tiene para actuar y tomar las disposiciones oportunas. Así, se podrá estimar si el incendio se propaga desde los incendios menores o aislados o si lo va a hacer desde el mismo incendio principal, si hay estructuras que van a ser alcanzadas, si hay vidas humanas en riesgo (intervinientes o no), etc.

Por eso, hay que fijarse en aspectos como el foco principal y los secundarios, el tipo de llama que los componen (longitud y altura), la intensidad del fuego, el tipo de combustible que arde y que puede arder (zonas y estructuras amenazadas), el tipo de propagación (dirección y velocidad), los remolinos que provoca y los restos y pavesas que mueven estos, la posibilidad de que pueda retroceder el fuego en ciertas zonas, etc.



## 4. TRIAJE DE ESTRUCTURAS

### 4.1. ¿QUÉ ES EL TRIAJE DE ESTRUCTURAS?

El triaje de estructuras consiste en la clasificación de las viviendas y estructuras amenazadas por un incendio en función del nivel de eficiencia y seguridad de su defensa y con el mínimo riesgo para bomberos. Esta defensa podrá ser favorecida por ciertas acciones como la creación de espacios diáfanos alrededor de la vivienda (limpiando posibles combustibles cercanos como leña o depósitos, por ejemplo).



Imagen 18. Estructuras amenazadas

Se parte de considerar las peores condiciones (por ejemplo, proteger gran número de viviendas) y los mínimos medios disponibles, para cuyo caso se han de priorizar las casas que se deben proteger primero y cuáles no.

Por eso hay que conocer primero el número de estructuras en peligro, dónde están y su vulnerabilidad. Con la información obtenida basaremos nuestras decisiones sobre dos preguntas:

- ¿Sirve de algo defender la estructura?
- Si sirve, ¿se puede hacer con la necesaria seguridad?

### 4.2. TIPOS DE TRIAJE

Podemos clasificar el triaje en tres clases: inmediato, rápido y completo. (ver Tabla 2)

Los triajes más frecuentes en los incendios de interfaz son los rápidos o inmediatos, y son los que necesitan más concreción en la información, para lo que se suele utilizar formularios que facilitan la identificación de los elementos y condiciones de cada zona, reducen el tiempo de recogida y transmisión de esa información y ayuda a que todos los implicados la entiendan rápidamente.

### 4.3. TIPOS DE DE ESTRUCTURAS

Se pueden clasificar las estructuras en tres tipos: no amenazadas, amenazadas y salvables y amenazadas no salvables. Determinar si una estructura se ubica en uno u otro tipo se basa en la existencia de vidas en peligro y en la existencia de zonas seguras para que actúen los intervinientes (por ejemplo, despejadas de vegetación que pueda ser pasto de las llamas).

Otros autores establecen otra tipología que combina las posibilidades de que la estructura sea defendida y la seguridad para los que intervienen. (ver Tabla 3.)

### 4.4. INFORMACIÓN NECESARIA PARA DECIDIR SOBRE LA DEFENSA DE UNA ESTRUCTURA

¿Cómo se puede decidir qué estructuras hay que atender antes y cuáles hay que ignorar? Se necesitan distintos tipos de información:

#### 4.4.1. IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y SU ENTORNO

- ¿Cómo es y de qué está hecha la estructura?

La mayor parte de las estructuras amenazadas por un incendio son afectadas por las pavesas que este produce más que por las llamas, principalmente los tejados y los huecos que estos dejan (chimeneas, ventiladores...) para que dichas pavesas se puedan introducir en su interior. Los materiales de estos tejados que son resistentes al fuego, aún sin ser ignífugos completamente, son determinantes para que sus estructuras no sean designadas como prioritarias en el triaje.

Tabla 2. Tipos de triaje

Triage inmediato	Se lleva a cabo ante el peligro inminente generado por un frente de incendio muy próximo a las estructuras, ante lo cual se necesita una decisión rápida. Se puede hacer un reconocimiento rápido del área y, con ayuda del mapa o de la información proporcionada por un reconocimiento aéreo, tomar las decisiones. La comunicación directa con el responsable del operativo es necesaria para que conozca en todo momento nuestra situación y la del incendio, así como las labores recomendadas a realizar.
Triage rápido	Se lleva a cabo con tiempo suficiente para obtener información de la zona con mayor amplitud y profundidad. Se puede saber el número y características de las estructuras en peligro, las condiciones climáticas, la evolución y previsiones sobre el incendio, etc.) antes de que las llamas se hayan acercado.
Triage completo	Se lleva a cabo con holgura de tiempo para dividir el área de actuación en zonas de intervención con diferentes prioridades: la máxima prioridad es la 1 -zona en la que se necesitará el triaje rápido-, y las contiguas la 2 y la 3. Aquí se puede ampliar la información sobre cada zona, así como las comunicaciones entre ellas (calles, puentes, etc.)

Tabla 3. Tipología de estructuras (Wright, E., 2011)

<b>Categoría 1</b> Estructura defendible: preparación y contención	<i>Factor determinante</i>	Presencia de una <b>zona de seguridad clara</b> .
	<i>Evaluación</i>	La estructura ofrece <b>alguna posibilidad</b> de ser protegida.
	<i>Táctica</i>	Proteger <b>activamente</b> la estructura ante la llegada del frente con ataque directo.
<b>Categoría 2</b> Estructura defendible: protección pasiva	<i>Factor determinante</i>	Presencia de una <b>zona de seguridad clara</b> .
	<i>Evaluación</i>	La estructura ofrece <b>pocas posibilidades</b> de ser protegida.
	<i>Táctica</i>	Proteger la estructura si hay posibilidad hasta la llegada del frente. Después, abandonar la zona. Examinar efectos y grado de daños tras el paso del frente.
<b>Categoría 3</b> Estructura no defendible: preparación y abandono de posición	<i>Factor determinante</i>	<b>No existe zona de seguridad.</b>
	<i>Evaluación</i>	La estructura ofrece <b>alguna posibilidad</b> de ser protegida.
	<i>Táctica</i>	<b>Preparar la zona</b> (mover o eliminar combustibles) para que los efectos del frente sean los menos posibles y abandonar la zona antes de ver comprometida la seguridad. Establecer <b>puntos críticos</b> que indiquen el momento de abandonar la zona. Examinar efectos y grado de daños tras el paso del frente.
<b>Categoría 4</b> Estructura no defendible: rescate y evacuación	<i>Factor determinante</i>	No existe zona de seguridad.
	<i>Evaluación</i>	La estructura no ofrece posibilidades de ser protegida.
	<i>Táctica</i>	<b>Abandonar</b> la zona de la estructura amenazada, asegurándose de que no hay nadie presente y ayudando en el proceso de evacuación. Establecer <b>puntos críticos</b> que indiquen el momento de abandonar la zona. Examinar efectos y grado de daños tras el paso del frente.

Otros factores a considerar son las aperturas al interior, el material de las paredes, el número y las dimensiones de los huecos (puertas y ventanas, forma y tamaño de la estructura, incorporación de maderas, etc.).

- **¿Dónde está la estructura?**

¿Está la estructura en una pendiente afectada por el incendio? ¿Está en lo alto de una colina, en la parte media o en la parte baja? ¿Tiene cerca elementos (depósitos, maderas...) que afecten a su defensa? Factores como la corriente de convección, la radiación, la pendiente... afectan a las posibilidades de la estructura de ser afectada por el incendio y ser defendida.

- **¿Qué combustibles amenazan a la estructura?**

El espacio circundante de la estructura es vital para garantizar una zona de intervención segura. Es importante que haya quince metros libres de combustible (sea cual sea: sólido, líquido o gaseoso, aunque normalmente se trata de vegetación de diferente tipo) para determinar si la estructura es salvable o no. Habrá que evaluar, si hay combustible, de qué cantidad se trata, cómo de próximo está, de qué tipo de combustible se trata (tipo de madera, combustible fósil, gas, disolventes, etc.), cómo está almacenado, cuál es su capacidad de resistencia, qué tipo de llama producen, cuál es su poder calorífico...

#### 4.4.2. PERFIL Y EVOLUCIÓN DEL INCENDIO

El avance del incendio en una dirección y a una velocidad determinada, la existencia de focos secundarios, la influencia del relieve y el clima, el combustible dominante, posibles barreras naturales o artificiales, etc. dirán qué estructuras van a ser afectadas y en cuánto tiempo. De todos modos, hay que tener en cuenta que estas condiciones son variables, por lo que las decisiones (por ejemplo, dar por indefendibles estructuras que antes lo eran) pueden cambiar.

#### 4.4.3. MEDIOS Y SEGURIDAD

- **¿Qué medios hay disponibles para defender la estructura?**

Los equipos humanos y materiales disponibles serán determinantes para determinar qué y cuántas estructuras se pueden salvar. Se tienen en cuenta los medios presentes y los que se pueden esperar, y en cuánto tiempo, así como dónde encontrar recursos próximos y su capacidad, eficacia, movilidad y limitaciones. Por eso hay que ajustar las tareas a emprender con los medios con los que se cuenta (con maquinaria pesada se puede retirar combustible acumulado, con una brigada terrestre se puede ensanchar un cortafuegos, con autobombas se puede atacar focos secundarios, etc.).



Imagen 19. Equipo humano

Es importante señalar que disponer de dispositivos especializados en el uso de agua, no garantiza que se pueda salvar la vivienda, pero ayudará mucho a graduar o categorizar el triaje.

- **¿Qué garantías de seguridad se tienen en la defensa de la estructura?**

Hay que tener en cuenta los factores que dificultan o favorecen la seguridad de las personas que intervienen, como la existencia de vías de acceso o escape, la ubicación de zonas de seguridad y de actuación segura, un sistema de comunicación efectivo, la posibilidad de actuar contra el mismo frente, el tiempo de respuesta de otros medios de apoyo, la experiencia de los equipos o el conocimiento de la zona.

## 5. EVALUACIÓN CONTINUA

Se habla de valorar las decisiones y la manera de llevarlas a cabo con el fin de determinar si funcionan y si las circunstancias han cambiado para tener que modificarlas, con el fin de modificar la estrategia con suficiente margen. Esta evaluación se basará en la observación y en la propia experiencia.

Se hará ante cambios significativos de la situación como, por ejemplo, en la evolución del incendio, en el clima, en la operatividad o eficacia de los medios de extinción, el cansancio de los equipos, emergencias no previstas, llegada de nuevos medios, relevo del mando, etc.

Por ejemplo, si las circunstancias del incendio cambian de tal manera que ponen en serio riesgo la seguridad de las personas se deberá cambiar la decisión de defender la estructura. Esta misma puede influir en ese cambio de condiciones, por lo que hay que considerarla más como un factor de continuidad del incendio que como una víctima de él.

Objetivamente no hay nada que indique el momento de abandonar una estructura, modificar el triaje o cambiar la estrategia de actuación, por lo que se deben vigilar los riesgos que surjan, tales como una propagación más rápida de lo esperado, pavesas sobre la estructura, los

alrededores o sobre nuevas estructuras (creando nuevos focos secundarios), disminución del abastecimiento de agua, fragilidad de la estructura, vías de escape en peligro de bloqueo, rotura de ventanas o incendio en el interior de la estructura.

En general, hay que fijarse en tres cosas:

### 5.1. EN EL PROPIO INCENDIO

Se trata de evaluar el comportamiento actual y pasado del incendio, así como los cambios que puedan afectar a su evolución estimada.

### 5.2. EN LOS MEDIOS DISPONIBLES

En principio, para identificar los medios que son necesarios para hacer frente a un incendio, hay que fijarse en el entorno en el que se produce el incendio (interfaz o vegetación) para decidir el uso de bomberos urbanos, medios aéreos, brigadas de incendios forestales, maquinaria pesada, etc., y la opción de combinarlos, además del equipamiento más efectivo en cada caso (compresores, mangueras, ventiladores, EPI, ERA, etc.). Es importante prever la disponibilidad y el tiempo de respuesta de cada medio, y la posibilidad de contar con otros servicios que ayuden en nuestra labor (como las fuerzas de seguridad o el ejército para realizar evacuaciones).



Imagen 20. Descarga aérea

Pero en un momento dado hay que preguntarse: ¿están siendo los recursos usados suficientemente efectivos (por ej.: descargas aéreas sobre el frente de llamas)? ¿Se usan en las tareas que han de realizar (por ej.: cuadrillas abren cortafuegos en vez de hacerlo maquinaria pesada) y lo hacen de manera segura?

Quizá sea adecuado solicitar más medios y asegurarse de que están disponibles y en camino, o que el personal está en su puesto y sabe lo que tiene que hacer (sin olvidarse de los avituallamientos, los descansos y los alojamientos), o quizá sea necesario reforzar la comunicación comprobando que todos los medios tienen cobertura, que se usan los términos correctos y que se utilizan adecuadamente las emisoras.



### 5.3. EN EL DISEÑO TÁCTICO

Como en toda planificación, hay que comparar lo obtenido con los objetivos previstos a priori. Al principio hay que hacerlo cada poco tiempo, pero en periodos más amplios de intervención este plazo se alargará para tener más margen para comprobar si hemos de modificar algo.

Los resultados obtenidos los comprobaremos mediante ciertos indicadores, como metros avanzados en el frente, metros de tendido desplegados, estructuras protegidas, etc. También habrá que comprobar en qué medida se están cumpliendo los plazos y todo lo programado.

La evaluación permanente ha de hacerse por una persona con experiencia y formación adecuadas y con buena capacidad de comunicación para que fluya por la cadena de mandos. Lo mejor es que cada uno valore cómo hace su trabajo, pero en intervenciones complejas y con muchas personas involucradas es difícil de conseguir.

Lo mejor es comprometer un plazo para hacer un comunicado sobre la evolución de la intervención, plazo que puede variar según el momento de realizarla. Lo que básicamente se hará, en función de los resultados de la evaluación, es modificar los objetivos o las estrategias de intervención.

## 6. MEDIDAS DE SEGURIDAD

### 6.1. SITUACIONES DE RIESGO

Aquí se resumen las situaciones de riesgo más críticas en las intervenciones frente a incendios de interfaz urbano forestal:

#### 1) Riesgos por falta de información:

- El incendio aún no ha sido evaluado.
- El terreno aún no se conoce.
- No se han identificado zonas seguras y rutas de escape.
- No se conoce la climatología local.

#### 2) Riesgos por déficit de comunicación:

- No se tiene información sobre las estrategias y tácticas a seguir.
- Las instrucciones son confusas.
- No hay comunicación fluida entre operativos y mandos.
- No se ve el incendio principal ni comunicación con quien lo está viendo.

#### 3) Riesgos por intervención inadecuada:

- Se crea una línea de defensa sin anclaje seguro o ladera abajo hacia el incendio.
- Se ataca frontalmente el incendio.

- Se mantiene sin quemar la zona entre los intervinientes y el incendio.
- En los descansos, cuando se baja la guardia y se permanece cerca del frente del incendio.

#### 4) Riesgos por cambios en el clima:

- Cambian las condiciones climatológicas: aumenta la temperatura ambiental y la sequedad, el viento se incrementa o cambia su dirección.

#### 5) Riesgos por causa del terreno:

- El escape se hace dificultoso por causa del relieve o por el mismo combustible.
- En laderas y pendientes se pueden desplazar cuesta abajo cierto material que puede iniciar nuevos fuegos.

#### 6) Otros:

- Nuevos focos secundarios cruzan la línea de control.

### 6.2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE SEGURIDAD

Para minimizar estos riesgos se deben observar los siguientes principios básicos de seguridad básicas:

- Hay que basarse en el comportamiento del incendio en este momento, pero también en las estimaciones que se hagan sobre su evolución. Para ello se debe recoger permanentemente información sobre cómo se está desarrollando y sobre las condiciones actuales y previstas del tiempo.
- Se atacará el fuego con decisión, pero manteniendo siempre el control y la seguridad de los que intervienen. Para ello se deben identificar siempre las zonas de seguridad y las rutas de escape, situando observadores en situaciones potencialmente peligrosas

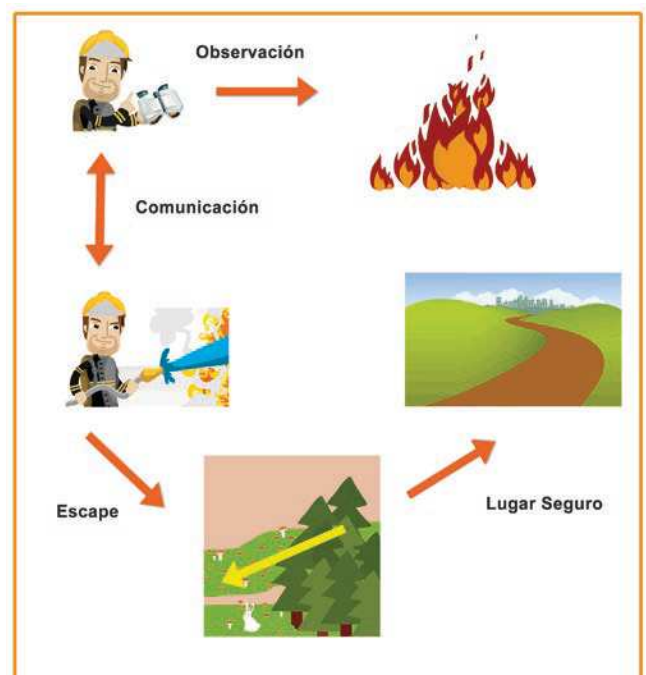


Imagen 21. Pautas para seguir en caso de incendio

que puedan avisar de cambios no previstos, cambios que puedan poner en riesgo esas zonas y esas rutas, así como a los equipos que intervienen.

- Se transmitirá con claridad y precisión las instrucciones necesarias y se confirmará que han sido entendidas. Para transmitir las, modificarlas o actualizar la información sobre la situación no se perderá comunicación con mandos, personal y colaboradores.
- Siempre, y por encima de todo, no se perderá la calma ni tampoco la atención sobre nuestro entorno, un estado de alerta controlada que permita pensar con claridad y tomar las decisiones adecuadas.

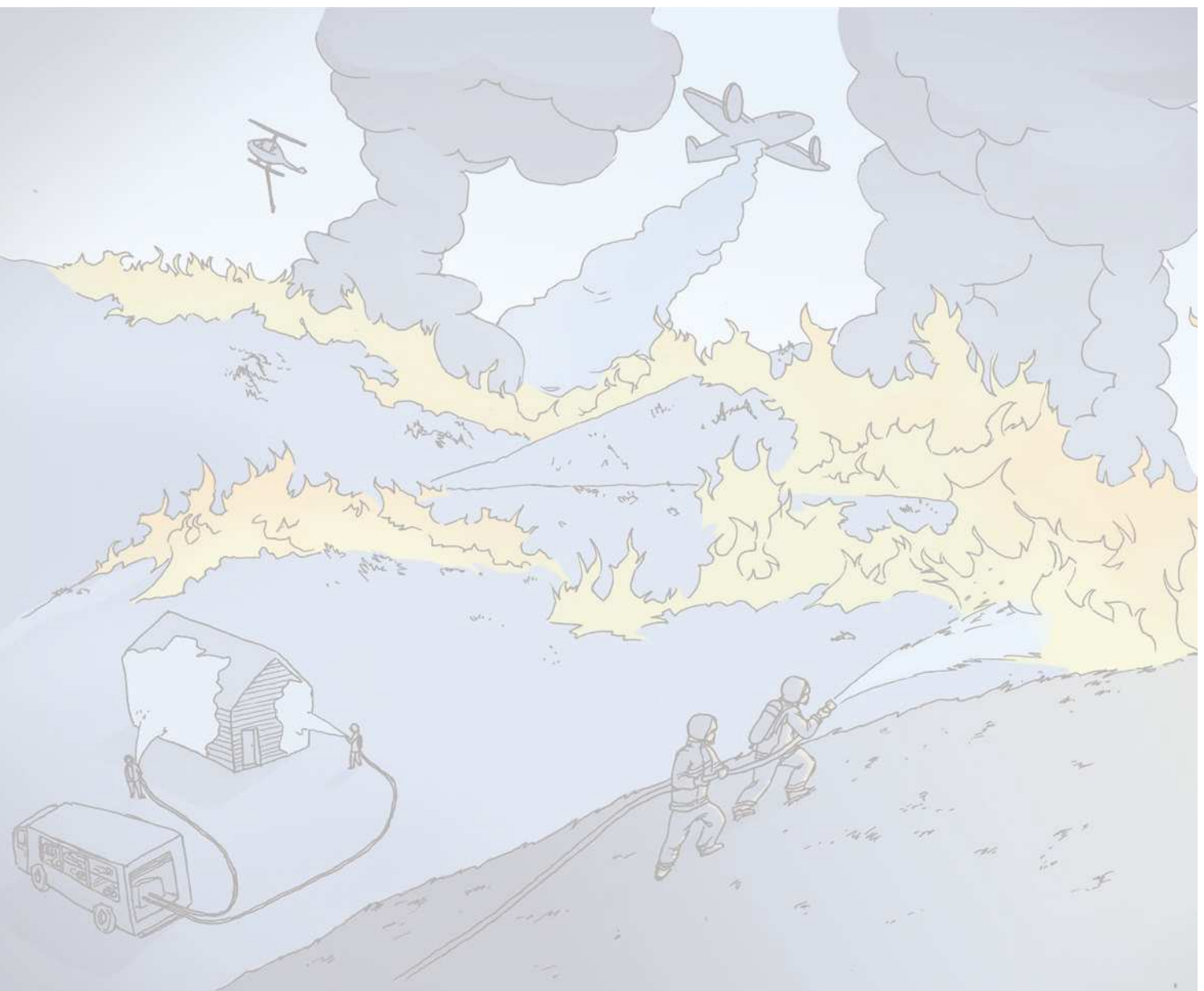
En cualquier caso, nos podemos apoyar en una fórmula sencilla para recordar los cuatro principios de seguridad antes de establecer objetivos y estrategias de actuación y, por supuesto, antes de actuar.

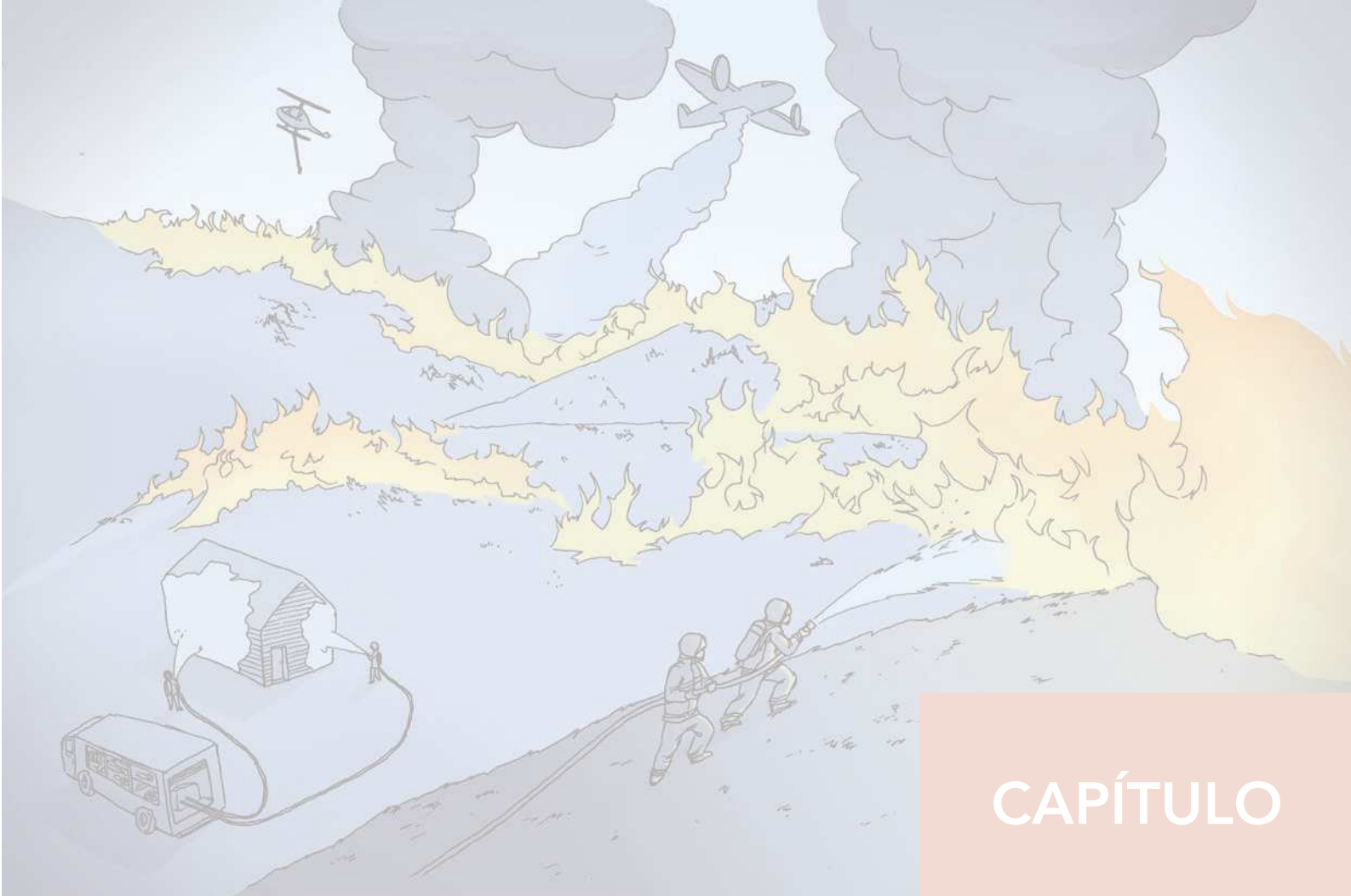
- **O**bservación.
- **E**scape.
- **C**omunicación.
- **L**ugar seguro.

Para aplicarlo eficazmente, primero han de identificarse las zonas seguras y las rutas de escape cercanas a estas (evitando rutas cuesta arriba, con obstáculos y con mucho combustible alrededor). Todas ellas deben conocerse por todos los que intervienen y ha de comprobarse que es así. También han de comunicarse los posibles peligros en las zonas de interfaz (depósitos de combustibles, líneas eléctricas, transformadores, etc.).

## 7. LA LOGÍSTICA

La logística cobra más importancia cuanto más largas sean las intervenciones y más medios intervengan. Es muy importante el avituallamiento para que las dotaciones puedan seguir ejerciendo su trabajo sin que su capacidad física se vea drásticamente afectada. Por otra parte, conviene llevar en los vehículos botellas de agua, sales minerales y barras energéticas para suplir ese avituallamiento cuando no se pueda proporcionar debido a las distancias a recorrer.





CAPÍTULO

3

## Técnicas de intervención en incendios de interfaz urbano-forestal



Con estas técnicas se pretende controlar la propagación del incendio, extinguirlo y proteger personas y bienes. Son ataques que se utilizan tanto en incendios de interfaz como de vegetación (forestales, de pastos, de cunetas, de sembrados, etc.). Se habla de ataques directos o indirectos que se aplicarán en función de la intensidad del fuego y, consecuentemente, de la longitud de la llama.

**Tabla 4.** Tipo de ataque en función de la longitud de la llama

Longitud de la llama	Tipo de ataque	Medios	Comentarios
<1,5 m	Ataque directo	Herramientas manuales y autobombas	Ataque por la cabeza y los flancos
1,5-2,5 m	Ataque directo	Tractor de cadenas, autobombas y medios aéreos	Posibilidad de tener que recurrir a ataque indirecto
2,5-3,5 m	Ataque indirecto		Ataque por el frente del incendio
>3,5 m	Ataque indirecto	Contrafuego	Probables focos secundarios y fuegos de copas

## 1. ATAQUE DIRECTO

Se recomienda para longitudes de llama inferiores a 2,5 m que actúan directamente sobre la llama con aguas o espumas, o bien con herramientas manuales que controlan directamente el borde del incendio.

### 1.1. USO DE VEHÍCULOS DE EXTINCIÓN

La recomendación en estos casos es atacar con un tendido de manguera desde el vehículo de extinción. Pero es el relieve del terreno y el propio incendio los que nos van a señalar el tipo de actuación que se debe hacer utilizando los vehículos de extinción:

#### 1.1.1. ACTUACIÓN CON VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO



**Imagen 22.** Ataque con vehículo ligero

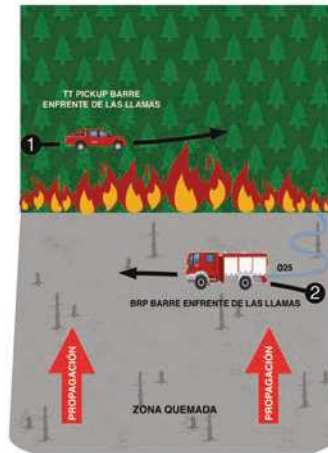
#### a) Ataque con vehículo ligero

Se podrá hacer sobre terreno transitable y moviéndose por zona segura. Con dicho **vehículo** (todoterreno *pickup* con bomba de alta presión) siempre en movimiento se ataca el frente desde un flanco con la lanza de alta presión. Se ha de circular por zona segura y estar atento a la propagación del incendio y a la altura de las llamas. Mientras tanto, una **bom-**

**ba rural** permanecerá detenida en una ruta de escape, vigilante ante la dirección del incendio. El resto de los **bomberos** repasará la labor del vehículo ligero con batefuegos o mochilas extintoras.

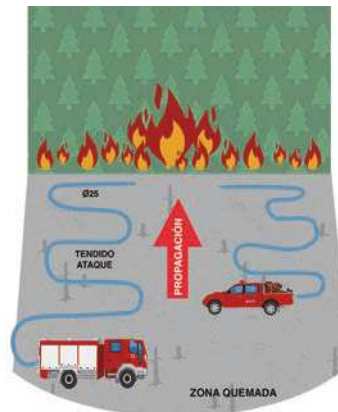
#### b) Ataque con vehículo ligero y autobomba

La bomba rural actuará si los resultados que obtiene el vehículo ligero no son suficientes. Ahora la bomba rural también estará en movimiento, atacando el frente desde el flanco opuesto. Acompañando a la bomba un bombero a pie con manguera desplegada de Ø25 mm ataca el frente. El papel de los bomberos es el mismo que en el caso anterior.



**Imagen 23.** Ataque con vehículo ligero y autobomba

#### 1.1.2. ACTUACIÓN CON VEHÍCULO DETENIDO



**Imagen 24.** Actuación con vehículo detenido

Se utiliza cuando no se puede transitar por el frente de llamas. El tendido se realiza desde el vehículo ligero parado, con movimientos limitados sobre la zona ya quemada, aunque vigilando que el fuego no se propague hacia él. El conductor puede usar igualmente el batefuegos y la mochila extintora, mientras que el otro usa la lanza de alta presión. La bomba rural permanece inmóvil en

la zona quemada y un bombero ataca el frente desde esa posición. El resto de bomberos realiza el mismo papel que en los casos anteriores.

#### TENDIDO DE MANGUERAS

- Salida en alta presión (20 bar óptimo en bomba, 30 bar máximo en bomba), mangaje Ø25.
- Colocar una reducción 25/45 + bifurcación 45/25 cada 4 tramos de mangaje Ø25

#### 1.1.3. ACTUACIÓN A PIE

Ante la imposibilidad de utilizar vehículos se trata de atacar a pie directamente con mochilas extintoras y batefuegos. Se usan para controlar y extinguir puntos calientes en zonas inaccesibles de otro modo. Montar un tendido largo de mangueras es poco operativo (dificultad de maniobra) y poco efectivo.

Con el **batefuegos** se desplaza el oxígeno de la zona de la llama. Se dan golpes secos encima mismo de la llama y se deja sobre el terreno unos momentos. Así se sofoca la llama y se evita que una pavesa salte e inicie otro foco.

Con la **mochila extintora** se moja el combustible, con lo que se aumenta su resistencia a arder.

### 1.2. ASIGNACIÓN DE FUNCIONES

Lo primero que hay que hacer es organizar al personal con instrucciones específicas para cada uno. Cada cual llevará un número con una función concreta (ver tabla 5).

Los puestos del 1 al 4 deben rotarse para evitar el agotamiento y prevenir accidentes.

Para anticipar la necesidad de tener que atacar nuevos focos en medio de una intervención, se recomienda colocar en el tendido, cada 100 m, una bifurcación de 45/25 con reducción de 25. En tendidos descendentes, se cerrarán para permitir empalmes en punta de lanza. En tendidos ascendentes, se cerrarán en caso de que sea necesario desconectar en la bomba para evitar que se vacíe el tendido.

### 1.3. DESPLEGANDO EL TENDIDO

Es el jefe del equipo quien decide cómo hacer progresar el tendido en función de las circunstancias. Básicamente seguirá uno de estos tres métodos:

#### 1.3.1. ALIMENTACIÓN EN PUNTA DE LANZA

Se van conectando las mangueras directamente a la punta de lanza. Requiere menos personal que otros métodos, evita que la manguera se arrastre (disminuye su deterioro) y facilita el movimiento del personal por el perímetro (favorece la vigilancia de su evolución). Además, se depende

menos del conductor del vehículo para cortar la presión y la disponibilidad de agua en punta de lanza es mayor.

Al principio se aportan más mangueras de las necesarias, ya que las distancias aún son cortas, y más adelante deberán desplazarse según lo haga la propia intervención. Esto supone una pérdida de tiempo frecuente cuando trabajan varias dotaciones sobre la misma zona. Por eso es necesario dosificar esta tarea y asignarla a personas concretas.



Imagen 26. Posiciones de la instalación

#### 1.3.2. EMPALMES EN PUNTA DE LANZA

Cuando se hagan empalmes hay que ayudarse con la parte interior de las rodillas, ya que los racores no siempre están en buen estado ni se acoplan a la primera. No es necesario cortar el agua para hacerlo, solo hay que pinzar la manguera que harán dos personas (n.º1 y n.º2). Ese pinzamiento se hará gracias a que se ha dejado un tramo sobrante de unos dos metros para hacer un bucle.



Imagen 27. Empalme de mangueras

El n.º 2 despliega la manguera nueva con los dos racores juntos y los deja ante el n.º 1. Este cierra la lanza, y el n.º 2 pinza la manguera a unos dos metros de la punta de lanza. El n.º 1 vuelve a abrir la lanza, la desconecta de la manguera antigua y conecta los dos racores de la nueva

Tabla 5. Funciones y posiciones de la instalación

N.º 1	Aplica y dosifica el agua: es la punta de lanza.
N.º 2	Apoya al n.º 1 y organiza la manguera que le suministran. Corta el agua cuando hay que hacer los empalmes y está en comunicación permanente con la autobomba.
N.º 3	Suministra la manguera, se informa de la evolución del incendio con el responsable del equipo o el punta de lanza y colabora con el n.º 2 en los empalmes de la manguera.
N.º 4	Tiene las mismas funciones que el n.º 3, y son responsables de vigilar la aparición de nuevos focos y puntos calientes desde el perímetro del incendio.
N.º 5	Es el jefe de la dotación. Dirige al grupo, controla la evolución del fuego y es responsable de la seguridad de todos.

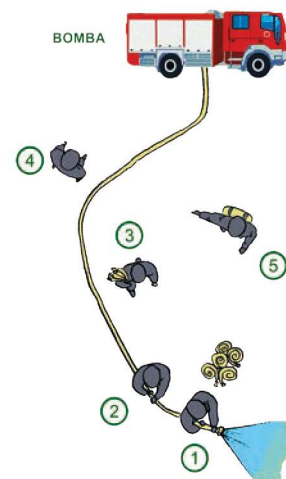


Imagen 25. Posiciones de la instalación



manguera en la instalación pinzada y en la lanza. Finalmente, el n.º 2 afloja la pinza para que la punta de lanza recupere la presión.

Los n.º 3 y 4 pueden ayudar con grandes presiones o largos tendidos descendentes. En estos casos se deben hacer dos pinzados en vez de uno (el primero se hará por el bombero más alejado de la punta de lanza).

### 1.3.3. ALIMENTACIÓN DEL TENDIDO EN BOMBA

Se conectan nuevas mangueras en la misma autobomba. Es un método menos cansado (no hay que transportar las mangueras), pero sin embargo exige más personal cuanto más largo sea el tendido y las mangueras sufren más por el arrastre, proceso que exige coordinación del personal y una permanencia constante junto a la manguera, sin poder hacer otra cosa.

En pendientes ascendentes el empalme se hace más difícil y, a la larga, el meso del tendido hace muy difícil moverlo.

Por todo esto se ve que es preferible el método de alimentación del tendido en punta de lanza, aunque en ciertas situaciones como pendientes acusadas, vegetación muy densa o zonas de agua que dificultan las maniobras de empalme es preferible el arrastre, aunque son casos en los que se necesita preparar varios tramos para estirarlos después.

### 1.4. USO RACIONAL DEL AGUA

El agua es un recurso escaso en este tipo de incendios, tanto por su ausencia como por la dificultad de acceso. Por eso es muy importante usar solo el agua que se necesite en cada momento. Será importante no solo para la extinción sino también para la autoprotección (para este propósito dejaremos siempre unos 1.000 l en la autobomba).

La disponibilidad del agua también está condicionada por la cantidad, el caudal, la presión y el sistema de bombeo. Se utilizará con prioridad el agua del lugar (depósitos, hidrantes, riegos...), y se reservará la de las autobombas; si estas se utilizan se rellenarán cuanto antes.

El uso racional del agua ha de basarse en criterios de sentido común, como utilizar el agua prioritariamente de manera directa sobre los combustibles, especialmente sobre los pastos o combustible menudo y superficial para protegerlos del calor o sobre acumulaciones de leña junto a estructuras.

Sin embargo, será poco efectivo utilizarla en copas o combustibles aéreos sobre estructuras cuando la sequedad provocada por el propio incendio y la baja humedad hace que no sea efectivo, sobre ventanas (si no se sabe que van a soportar la presión del chorro) y sobre combustibles muy pesados.

Tampoco se debe lanzar agua sobre la llama en los picos máximos de calor, pues su efecto es muy limitado. Se debe esperar a que pase ese punto máximo de calor, y se hará antes sobre combustibles finos (la velocidad de propagación y la intensidad son mayores, y prenden en dos o tres minutos). Si se necesita protegerse, no se puede escapar

y no se tiene tiempo de buscar refugio, se podría utilizar la propia estructura como zona segura.

Con los combustibles pesados la velocidad de propagación es mucho menor, y su ignición se va hasta los diez o quince minutos. Las copas presentan una combustión de intensidad alta y su periodo de ignición es variable, aunque se mantiene por mucho tiempo.

### 1.5. LIQUIDACIÓN DE PERÍMETROS

Se trata de eliminar la posibilidad de que se pueda volver a reproducir un incendio si las condiciones lo propician, tanto ajenas (viento, humedad, relieve...) como propias (relajación en la vigilancia, retirada de medios...). Esta tarea exige ser minucioso y metódico.

Determinar la zona a liquidar dependerá de factores como el viento, la proximidad de zonas habitadas, etc., que pueden justificar una mayor amplitud, pero también quizá se tenga que limitar al borde del perímetro y a los combustibles más cercanos porque no se disponga de recursos para más.

#### 1.5.1. ZONAS OBJETIVO

Las zonas peligrosas, aquellas en las que pueden prender de nuevo las llamas, son:

- **Matorrales, troncos y combustibles pesados**, huecos de las raíces, madera en descomposición, materia orgánica bajo troncos caídos, tocones y huecos dejados por ellos, etc., guardan calor y brasas, así como raíces en combustión bajo el suelo. Son zonas muy irregulares en las que hay que asegurarse que el agua llega a todas partes con una aplicación cercana y desde diferentes ángulos.
- **Acumulación media o alta de materia orgánica**, como turbas y mantillos. Si la acumulación es escasa, la combustión es visible por el humo que emite, pero si es gruesa, la combustión, aunque incompleta, se produce a mayor profundidad, y seguirá avanzando en busca de oxígeno y de combustible en capas superiores. Esta situación es típica de terrenos cubiertos de musgo (aunque, si está húmedo, puede evitar que se produzca esta situación).
- **Zonas en pendiente descendente hacia el área no quemada**, por el peligro de recibir materiales en combustión desde la zona alta. En estos casos es adecuado ensanchar la zona de aplicación de agua.
- **Zonas pedregosas**, ya que retienen mucho el calor y, si tienen cerca combustible (especialmente en huecos y grietas), este es más susceptible de alcanzar la temperatura de ignición, por lo que el objetivo será enfriarlas con agua. En terrenos con piedra suelta puede haber mantillo mezclado, por lo que se debe apartar para enfriar directamente el mantillo.

En los procesos de liquidación, la necesidad de **agua** no es tan urgente, por lo que su suministro no debe ser problema y su uso tampoco, aunque en previsión de un posible rebrote, no se puede derrochar.



### 1.5.2. DESPLIEGUE DE TENDIDOS

En las tareas de liquidación de perímetros se tendrá en cuenta la necesidad de un nuevo tramo de manguera para profundizar en el área quemada. Al hacerlo, se pondrán en práctica movimientos de ida y vuelta, y se replugarán por la misma zona en la que se preparó para evitar dañar la manguera con los tallos de vegetación quemados.



Imagen 28. Despliegue de tendidos

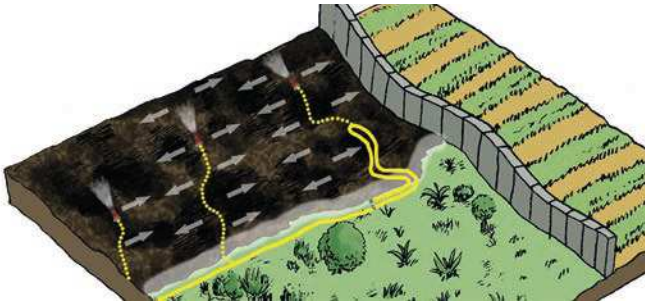


Imagen 29. Despliegue de tendidos 2

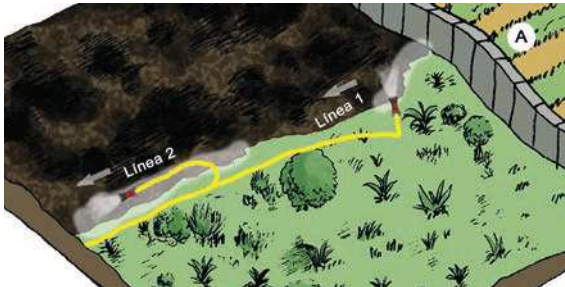


Imagen 30. Organización de tendidos 1

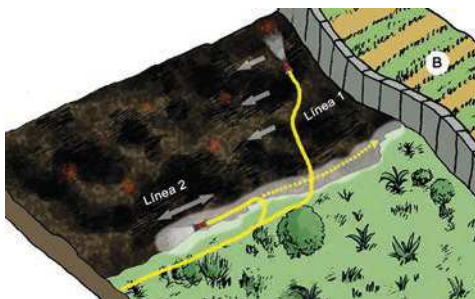


Imagen 31. Organización de tendidos 2

Por otra parte, se puede necesitar liquidar una zona no trabajada con anterioridad, instalando un tendido nuevo. Este no se diferenciará de un tendido de ataque directo excepto en las presiones y caudales. Puede ser necesario montar a la vez todo el tendido porque no se puede esperar a progresar hasta ciertos puntos peligrosos, montando bifurcaciones para cubrir esos puntos a la vez y redirigir el agua donde sea necesario. Así, cada tramo

del perímetro puede ser abordado por una línea, o bien se puede dedicar una línea móvil para abordar diferentes puntos peligrosos, dejando la línea principal para atender al perímetro.

Si se ha de dejar un tendido de manera preventiva tras terminar la liquidación, se usará una bifurcación con una o dos mangueras y una lanza para conectarla en diferentes puntos de la línea con el fin de evitar mover continuamente la instalación.

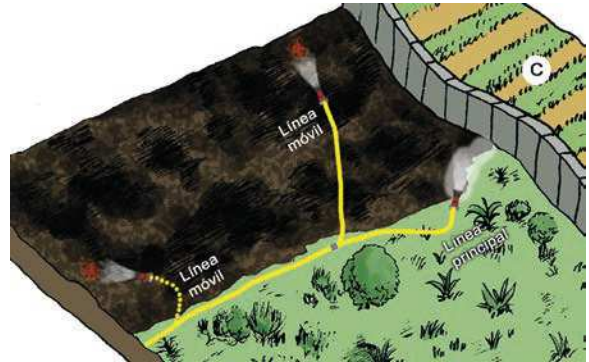


Imagen 32. Organización de tendidos 3

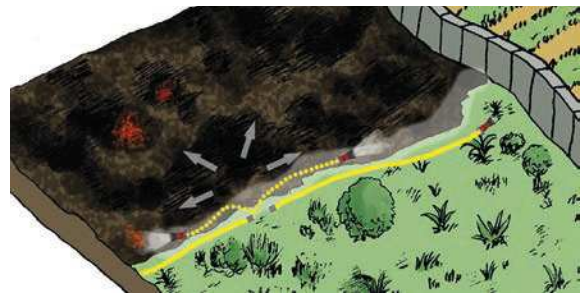


Imagen 33. Organización de tendidos 4

### 1.6. RECOGIENDO EL TENDIDO

La recogida de los tendidos necesita ser organizada y procedimentada desde su desacoplamiento hasta su plegado y guardado. Lo primero que hay que hacer es desconectar la bomba; una vez hecho esto, el bombero punta de lanza regresa al vehículo, desconectando a su paso los racores para permitir un primer desaguado.

#### 1.6.1. PROCEDIMIENTOS

- **En un terreno llano** se suelen formar acumulaciones de agua en el tendido, las cuales serán expulsadas en el proceso de plegado elevando la manguera por encima de la cabeza. También se puede plegar en rollo para expulsar el agua. Esto es importante para eliminar todo el peso posible de las mangueras, que favorecería la fatiga y la posibilidad de accidentes.

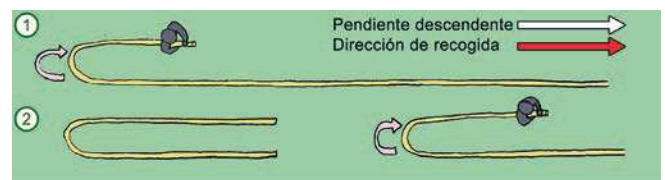


Imagen 34. Recogida de manguera 1



- **Si el tendido se ha montado pendiente arriba** el agua va a ser más difícil de desaguar, por lo que se conecta previamente la instalación a través de una bifurcación para que la salida que queda libre sirva de desagüe. En todo caso, el bombero que desconecta llevará la punta de la manguera en dirección a la bomba hasta encontrar el siguiente racor; lo que consigue con esto es que el tramo que ha desconectado está doblado por la mitad. Hará lo mismo con el siguiente tramo, y uno a uno todos los tramos quedarán plegados con los extremos mirando hacia abajo y el agua desaguando de ellos.

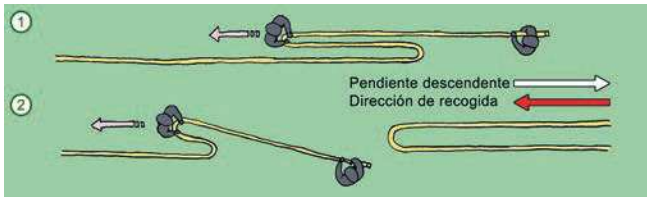


Imagen 35. Recogida de manguera 2

- Si el tendido se ha montado pendiente abajo se ascenderá con la manguera sujeta por la mitad hasta que el agua que tenga en su interior se evacúe. Los racores han de quedar igualados para el plegado de la manguera, y un segundo bombero puede subir con el racor desconectado sujeto con la mano para evitar arrastrar la manguera.

Los tendidos en fase de liquidación se van recogiendo en dirección a la bomba al mismo tiempo que se va liquidando, plegando los tramos por la mitad. Los racores se desconectarán cuando la punta de lanza llegue a ellos, conectándola al siguiente tramo y haciendo la misma operación tantas veces como tramos haya.

### 1.6.2. TIPOS DE PLEGADOS

- **Plegados provisionales:** se hacen nada más terminar la intervención o cuando se montan los tendidos y se han preparado antes estos plegados para ganar tiempo. Se realizan desde el pliegue central de la manguera y la amplitud de los pliegues no debe ser mayor de unos 80 cm para facilitar después su transporte una vez formada la madeja. Pueden ser:
  - **Plegado en ocho:** se hacen lazadas que se cruzan en el centro, y son más susceptibles a los enredos. Para hacerlo se sujeta el pliegue central de la manguera con una mano, y con las palmas hacia abajo se van realizando las lazadas siempre por encima de las muñecas, en un movimiento de abajo a arriba, hasta completar casi toda su longitud, ya que hay que dejar 1,5 m



Imagen 36. Plegado en ocho

para realizar el atado. Con metro y medio que se deja de margen se ata la manguera plegada rodeándola por el centro de la madeja, y se unen los extremos acoplado los racores. El pliegue central quedará en la parte de arriba para evitar que se enganche con algo durante el transporte y se deshaga el plegado.

- **Plegado en lazo:** en este caso el plegado es circular, y los enredos son más raros. Para hacerlo se apoya la manguera en un movimiento de arriba a abajo para hacer que se monte por encima del brazo. El atado de la madeja es igual que en el caso anterior.



Imagen 37. Plegado en lazo

- **Plegados definitivos:** se hacen siguiendo la forma de rollo. Al mismo tiempo que se pliega se realiza la revisión y limpieza de la manguera. También se realiza desde el pliegue central (al cual se hará un pliegue doble al inicio) enrollando la manguera hacia los extremos, aunque en este caso se dejará una mitad más larga que la otra (cosa de medio metro, más o menos).



Imagen 38. Plegado en rollo

Esa mitad será la que se deje por el exterior del rollo, lo que hace que al final ambos racores de los extremos queden igualados. Al finalizar se colocará el rollo en el suelo y, presionando en el centro con la rodilla, se tira del extremo interior para tensar el rollo, que se sujetará finalmente con una cinta elástica.

También se puede hacer un **plegado en rollo doble**, más compacto y transportable, que reduce el diámetro pero dobla su anchura, por lo que no se adapta a los espacios que tiene asignados en los vehículos. Al igual que en el caso anterior, se parte del pliegue central, pero ambos cabos se colocan en paralelo y así se van enrollando, quedando al final dos rollos paralelos y unidos en el centro.



Imagen 39. Plegado en rollo doble

## 2. ATAQUE INDIRECTO

Se trata de abordar el incendio sin hacerlo directamente sobre las llamas, sino sobre un perímetro circundante.

### 2.1. LÍNEAS DE CONTROL

Se establece una **línea de control** o de defensa aprovechando las áreas en las que el combustible es más escaso o desaparece. Una de las maneras de hacerlo es limpiar una franja de terreno (de anchura variable dependiendo del combustible) con herramientas manuales o maquinaria pesada. Otro modo es utilizar agua o espumas para crear una barrera húmeda; en este caso lo crítico es decidir el momento en el que se aplican. Por último, también se pueden aprovechar elementos del entorno que actúen como barreras (ríos, ampos arados, pistas forestales, caminos asfaltados, etc.



Imagen 40. Zonas de seguridad

### 2.2. PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS

La **protección de estructuras y viviendas** se realiza estableciendo perímetros de protección para prevenir el alcance de las pavesas y el surgimiento de focos secundarios en el interior o alrededor de dichas estructuras. El perímetro interior tiene un radio de 30 m, y el exterior entre 30 y 60 m. Lo que se hará será desplazar fuera de estos perímetros todos los combustibles que se pueda, tanto los finos (hojarasca, arbustos, leña, etc.) como ramas de árboles, sobre todo en los 10 m más próximos a la estructura. En la zona más alejada no se tocarán los combustibles menos inflamables.

**Antes de que llegue el frente**, se limpiará el tejado de hojas, ramas, etc., y se cubrirá la chimenea y otras posibles entradas. Se puede aplicar agua o espuma al tejado, y agua a las paredes o a las partes más expuestas al calor o a las pavesas. Se cierran las puertas y ventanas y se elimina todo el combustible posible alrededor. Finalmente, se desplegará los vehículos y los tendidos en torno a las estructuras.

**Cuando llegue el frente**, se podrá hacer un ataque directo si se hace sobre combustibles finos, y si se propaga a combustibles más pesados, se deberían usar productos retardantes y reservar el agua para sofocar focos secundarios o pavesas sobre la estructura. Los batefuegos y las mochilas extintoras se utilizarán como apoyo al ataque directo del frente.

Nunca se deberá perder la ruta de escape ni la comunicación con el jefe del grupo y el resto del equipo.

Se montará un tendido de mangueras que salga desde detrás de la bomba (para no dañarlo si hubiera que salir con urgencia) y dé una vuelta completa a la estructura (o más si están próximas), sin olvidar la capacidad de nuestra bomba y las reservas de agua. Si existe la posibilidad, se podría montar otro tendido dedicado solo a atacar los focos secundarios, y reservar otro para maniobras de autoprotección (garantizando una reserva de agua suficiente, unos 1.000 l, para ese cometido).



Los tendidos a montar serán los siguientes:

**Tabla 6.** Características de los tendidos en función de su cometido

TENDIDOS	CARACTERÍSTICAS
Salida	Salida en baja presión, mínimo 5 bar—máximo 12 bar
Ataque	Hasta 3 tramos de Ø25—Resto del tendido Ø45+bifurcación
Ataque opcional	Hasta 3 tramos de Ø25 desde bifurcación
Autoprotección	Ø45 +bifurcación+Ø25

Los tendidos deberán quedar llenos antes de que la bomba abandone la zona (por relevo, para repostar agua, etc.). En caso de que se tengan que montar sobre combustible, se deberán refrescar lo antes posible o cubrirlo (dependiendo del personal disponible).

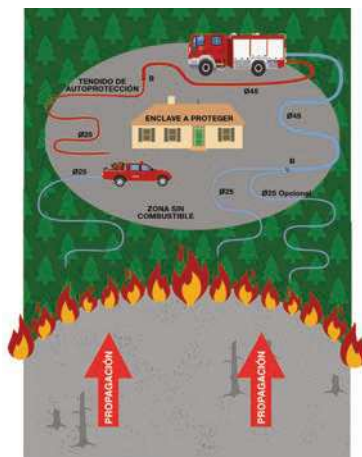


Imagen 41. Protocolo incendios

### 2.3. USO DEL FUEGO

El uso del fuego ha de ser controlado, manejado por personal experimentado y autorizado por el director de extinción, medidas estrechamente justificadas por la seguridad del personal. En estos casos es aún más importante la coordinación y la comunicación permanente con instrucciones claras y actualizadas.

Su uso está muy condicionado por las condiciones del incendio y las circunstancias del entorno, y está indicado cuando no se puede esperar a que el frente alcance la línea de control (como ocurre cuando hay que evacuar y la ruta de escape está en peligro), o cuando no se sabe si esta línea va a detener su avance o cuando la intensidad del incendio hace prever con seguridad que afectará a la estructura amenazada.

El mejor momento y lugar para encender un fuego de extinción es pendiente arriba y con el viento a favor, pero siempre se considera primero aquella circunstancia que más efectiva pueda resultar.

Existen dos técnicas en las que se utiliza el fuego, quema de ensanche y contrafuego.

**En la quema de ensanche** se usa el fuego en una línea de defensa paralela al borde del incendio y a suficiente distancia de él para poder trabajar con seguridad. Esta línea, en ocasiones, puede ser un camino, un cortafuegos, etc. Busca quemar el combustible entre esa línea y

el frente de llamas, y cuando se considere que esta franja es lo suficientemente ancha para frenar el incendio, podrá apagarse.

**En la quema a contrafuego** se usa el fuego en una línea de defensa más ancha al contar con combustible más pesado y de mayor altura. Lo que se busca es consumir este combustible y cambiar el comportamiento del incendio, aprovechando la capacidad y la fuerza de la succión generada por la columna de convección del frente principal. La intención es llegar a cambiar la dirección, intensidad o velocidad del incendio para poder actuar contra él en mejores condiciones o directamente para detener su avance.

#### No se usará el fuego:

- Si se duda de su control posterior (comprometiendo la seguridad de personas y medios).
- Si no se dispone de personal capacitado para manejarlo.
- Si no se puede saber si todo el mundo ha sido informado (la comunicación es deficitaria).
- Si ese mismo fuego puede afectar a otras estructuras próximas.
- Si las condiciones climáticas o el relieve lo desaconsejan.
- Si no se cuenta con líneas de control establecidas.
- Si se creó que es mejor esperar otra oportunidad con mayores posibilidades de éxito.

Si sopla el viento en contra del incendio que viene pendiente abajo, se esperará junto a la línea de control allí donde se estime que va a llegar antes el frente, y se prenderá justo al borde de la línea de control. Se vigilará esa línea a ambas partes, y se controlará su avance y los focos secundarios.

**El fuego puede encenderse en bandas o en anillo.** En el primer caso se van encendiendo franjas de terreno de anchura variable en función del combustible a quemar, de las dimensiones de la llama y de la velocidad de propagación. En general, cuanto mayor sea la intensidad, más estrechas deben ser las bandas.

En el segundo caso es más habitual en acciones de contrafuego. El anillo se ubica alrededor de la estructura a proteger y se deja que el fuego encendido avance hasta el frente principal, lo que es muy arriesgado, ya que la zona segura queda dentro del anillo.

### 2.4. MANIOBRA DE AUTOPROTECCIÓN

Se realiza cuando el incendio evoluciona de manera inesperada y se ponen en peligro las rutas de escape. Es una maniobra defensiva cuyo objetivo es salvaguardar la integridad del personal, y solo se realiza en casos extremos, en incendios intensos con combustible abundante y condiciones atmosféricas especiales.

Para llevarla a cabo se necesita contar con una autobomba con, al menos, 1.000 litros de agua, la cual se usa como pantalla frente al calor y las llamas generada por pantallas de agua pulverizada que absorban el mayor calor posible.

En estos casos, el personal, además de uniforme U2, ha de contar con el ERA. La autobomba se situará en paralelo frente a las llamas, y el todo terreno *pickup* tras ella en perpendicular. Los bomberos estarán situados entre la autobomba y el *pickup* con tendido de autoprotección en cono abierto.

Se usará un acortinador para cubrir por delante el ancho de la bomba (justo cuando llegue el frente), y el conjunto se cubrirá con el tendido de autoprotección. Asimismo, se señalará la posición con botes de humo para posibilitar la acción de los medios aéreos. También se podrá valorar el inicio de un contrafuego.



Imagen 42. Maniobra de autoprotección

Tabla 6. Características de los tendidos en función de su cometido

TENDIDOS	CARACTERÍSTICAS
Salida	Salida en alta presión, mínimo 8 bar—máximo 12 bar
Acortinador	Salida en alta presión + reducción 25/45 + bifurcación 45/25 + manguera de 25 mm de diámetro (Ø25)
Autoprotección	Salida en alta presión + reducción 25/45 + bifurcación 45/25 + manguera de 25 mm de diámetro (Ø25)
Pronto socorro	Se deja dispuesto para utilizar en la zona de bomba

### 3. OTROS MEDIOS Y TÉCNICAS EN LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

#### 3.1. MEDIOS AÉREOS

Los medios aéreos son altamente efectivos en combinación con medios terrestres, y son habituales en incendios de vegetación, pero menos en incendios de interfaz. Es esencial asegurar la coordinación entre los medios aéreos y los terrestres, así como el lugar y el momento en que se produzcan las descargas.

Estos medios pueden ver limitada su actuación por la irregularidad del relieve, por las condiciones meteorológicas (con vientos de más de 3540 km/h), por la falta de visibilidad (por los humos o por la hora del día), por la presencia de cables aéreos y por la dificultad de ver a los medios terrestres que pueden estar bajo arbolado.

Los medios aéreos utilizados son los aviones y los helicópteros.

#### 3.1.1. AVIONES

Antes de decidir su uso hemos de conocer su perfil como medio de extinción. Lo que más importa es su capacidad de carga, su tiempo de respuesta, su frecuencia y tipo de descarga, su distancia al objetivo y la posibilidad de incorporar espumas y retardantes. Además, se debe contar con un avión de coordinación que realice el reconocimiento de la zona, localice los puntos a atacar y otros puntos críticos, identifique estructuras, zonas de repostaje, zonas seguras..., se coordine con el resto de medios aéreos y transmita las órdenes.



Imagen 43. Avión CL 215

En zonas habitadas, estos medios tienen que tener más cuidado. Por ejemplo, las descargas se deben realizar con espumas o retardantes sobre la zona entre el frente y la estructura a proteger con el fin de ayudar al ataque de los medios terrestres.



Imagen 44. Avión Air Tractor 802

Los modelos más habituales en España son el CL-215 y los Air Tractor 502, 503 y 802 A.

### 3.1.2. HELICÓPTEROS

Al igual que con los aviones, antes de decidir el uso del helicóptero se ha de conocer su perfil como medio de extinción (función –coordinación, transporte o descarga-, capacidad de descarga, tiempo de respuesta, frecuencia de descarga, cercanía de su base y disponibilidad).



Imagen 45. Helicóptero Bell 212

Los helicópteros tienen mayor precisión en las descargas, y los de mayor capacidad de descarga suelen ser más efectivos contra el avance del incendio, aunque los de menor capacidad tienen mayor precisión, muy útiles sobre lenguas, focos secundarios o en emergencias sobre medios terrestres. En todo caso, su efectividad depende de las decisiones de los mandos aéreos y de la coordinación con los medios terrestres.



Imagen 46. Helicóptero Sokol A3

Los helicópteros pueden incorporar el llamado **helibalde**, un depósito flexible externo que se acopla a un gancho de carga del helicóptero, o bien un **depósito rígido**, adaptado interna o externamente (más habituales estos últimos, llamados también depósitos ventrales) a la estructura del helicóptero, cuya carga se lleva a cabo a través de una manga de 3-4 m que incorpora una bomba de succión. También pueden llevar un **depósito rígido colgado** del gancho de carga.

Los modelos más habituales en España son los Bell (Bell 47, 204, 205, 206, 212 y 241), Alquet EIII, Ecureuli, BK 117 y Sokol.

### 3.1.3. SEGURIDAD PERSONAL ANTES LAS DESCARGAS AÉREAS

El agua lanzada desde cierta altura puede dañar a una persona que la recibe en tierra por el impacto del mismo fluido o por las proyecciones de vegetación o de las estructuras próximas. Por ello, los equipos terrestres deben alejarse de estas zonas de descarga y, si no es posible, se tumbarán boca abajo en el suelo, con el casco ajustado y en la dirección de entrada del medio aéreo. Se mantendrá la herramienta alejada del cuerpo y firmemente sujeta.

Si se encuentra alguna barrera o defensa firme, hay que ubicarse detrás para usarla de parapeto. Asimismo, conviene alejarse de zonas de caída (barrancos, simas, pozos...).

Se tendrá en cuenta que las corrientes de aire generadas por el medio aéreo pueden atizar y acelerar los focos secundarios o hacer aparecer otros nuevos en lugares ocultos.

### 3.2. MAQUINARIA PESADA

La maquinaria pesada es muy efectiva en los incendios de vegetación y de interfaz. No se pueden utilizar en un ataque directo, pero sí en labores de protección y defensa antes de que llegue el frente como, por ejemplo, abrir cortafuegos o rutas de acceso y escape, limpiar zonas de seguridad, crear zonas de aterrizaje, mover combustible pesado, etc.

Con maquinaria pesada nos referimos a bulldozers, tildozers, retroexcavadoras, apisonadoras, etc. A mayor tamaño, menos potencia pero más maniobrabilidad en frentes pequeños o focos secundarios.

Su uso se ve limitado por la lentitud en su traslado a la zona del siniestro y por la posible existencia de obstáculos naturales u otros elementos que puedan entorpecer o impedir su trabajo, como líneas eléctricas, conducciones de gas, etc.

El personal que trabaja junto a la maquinaria debe conocer cuál es su tarea y su objetivo, así como extremar las medidas de seguridad: distancia segura, no trabajar por debajo de ella en pendientes y mantenerse en comunicación con el operario que la maneja.

### 3.3. RETARDANTES

Los retardantes son aditivos que se mezclan con el agua y mejoran la capacidad para extinguir el incendio. Pueden ser de corto o de largo efecto.

#### 3.3.1. RETARDANTES DE CORTO EFECTO

Su utilidad se limita a la presencia del agua, y se pierde cuando esta se evapora. Pueden ser **espumantes** y **viscosantes**.



- **Espumantes**

Retienen el aire en forma de burbuja dentro del líquido espumante. La espuma se produce utilizando lanzas especiales o bien en la misma descarga si se usan medios aéreos. Frente a vegetación se usan espumas de media expansión para fuegos de clase A (combustibles sólidos), cuyas burbujas se adhieren al combustible sólido cediéndole su humedad (el agua contenida en ellas) y actuando de barrera para el oxígeno. El espumógeno se dosifica en el agua al 0,1%-1%.

Hay tres tipos de espumas:

- **Espumas húmedas:** son fluidas y tienen buena adherencia y penetración, pero también se consumen rápidamente (5-10 min). Son efectivas contra combustibles finos y compactos para crear líneas de defensa húmedas y en la liquidación del incendio. Se aplican frente al combustible que arde (justo antes de que llegue el frente) con una anchura que triplique la longitud de llama. Se utilizan en ataque directo sobre combustibles ligeros, en incendios sobre combustibles compactos (matorrales densos o arbolado) y en la fase de liquidación de incendio.
- **Espumas fluidas:** son fluidas y de efecto más prolongado que las anteriores (2030 min) son efectivas sobre combustibles finos y como aislante sobre combustibles aéreos (copas, ramas...). En combustibles pesados retrasa el punto de ignición. Se utilizan para reforzar las líneas de defensa o las operaciones de contrafuegos y quemas de ensanche.
- **Espumas secas:** se adhieren muy bien y por eso son excelentes aislantes. Penetran menos en el combustible, pero permanecen más tiempo (45-60 min). Se utilizan para aislar partes de estructuras (tejados) o combustibles muy inflamables (depósitos).

En **ataques directos** se dosificarán al 0,3%, como espuma húmeda, para conservar los efectos del agua sobre el combustible, y se aplicará tanto al fuego como a combustibles no quemados para que sirvan de barrera.

En **ataque indirecto** se dosificarán al 0,5%. Se utilizarán creando barreras de espuma en acciones de contrafuegos y quemas de ensanche, como mínimo a 2 m de la persona que lleva a cabo el encendido duplicando en su anchura la longitud de las llamas previstas. También se usará sobre árboles, infraestructuras de madera, apilamientos de maderas... pero muy saturada para incrementar su capacidad de adherencia.

El espesor de la capa de espuma usada ha de ser, en todas las superficies, de al menos 1,5 cm aproximadamente.

**Para usar las espumas en la defensa de estructuras**, se empieza a aplicar por el tejado y se cubre toda la estructura; después se adhiere a los muros y llega hasta el combustible adyacente. Primero se aplican las espumas húmedas para que penetren mejor, y después se aplican espumas fluidas o secas para aislar mejor la estructura.

Debe aplicarse justo antes de la llegada del frente, y si se tiene tiempo y material, se pueden aplicar dos o más capas.

**Para usar las espumas en operaciones de liquidación**, se aplican inmediatamente después de controlar las llamas y antes de que se queme el suelo para reducir las posibilidades de reignición y eliminar el humo. Se aplica desde el borde hacia el centro de la zona quemada. Con la aplicación de espumas se abrevian considerablemente las operaciones de liquidación.

La espuma es más efectiva en las capas de poco espesor de combustible, aunque superficialmente haya sido quemado, ya que lo enfría y lo aísla del oxígeno. En capas más gruesas es adecuado hacer una primera aplicación de espuma húmeda y después otra de espuma seca. La aplicación se extenderá más allá del perímetro de liquidación para aislarla mejor, y se aplicarán espumas en zona verde para prevenir reproducciones.

Hay que estar atentos a las bolsas de combustión profundas, identificadas por no presentar espuma en su superficie y emitir columnas de vapor.

- **Viscosantes**

Son productos orgánicos (gomas y mucílagos) destinados a incrementar la viscosidad del agua, aunque su efecto es de corto plazo. Se utilizan mucho en las descargas aéreas para evitar la dispersión del agua y favorecer la impregnación de los combustibles. Se dosifican al 0,5%.

### 3.3.2. RETARDANTES DE LARGO EFECTO

Son sales armónicas como sulfatos, fosfatos o polifosfatos, que siguen actuando cuando el agua se evapora, por lo que actúan a largo plazo. Se dosifican al 20% y, además, se añaden a la mezcla viscosantes, colorantes (óxido de hierro, color rojo) para señalar el área de la descarga e inhibidor de corrosión (sódico y ferrocianuro potásico) para minimizar el efecto corrosivo de los retardantes.

Los retardantes permiten ahorrar un tercio del transporte respecto a transportar agua sola.



Imagen 47. Defensa de estructuras