

INCENDIOS DE VEGETACIÓN I: CONCEPTOS BÁSICOS

Tema 19

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	LA EVOLUCIÓN DE LOS INCENDIOS	3
2.1	Abandono del monte	3
2.2	Incremento sensible del combustible	3
2.3	Presencia del fuego y su exclusión	4
2.4	Incremento de la presión de extinción sobre el medio natural.....	4
2.4.1	La paradoja de la extinción	5
2.4.2	Fuera de capacidad de extinción.....	5
2.5	Fuegos más virulentos.....	6
2.6	Generaciones de incendios	6
3	CAUSAS DE LOS INCENDIOS	9
4	CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL FUEGO FORESTAL	9
4.1	Física del fuego	9
4.1.1	Transferencia del calor	9
4.1.2	Fases de la combustión	10
4.2	Partes del incendio.....	12
4.3	Factores básicos de comportamiento del fuego.....	13
4.3.1	Topografía	13
4.3.2	Meteorología.....	14
4.3.3	Combustibles.....	15
4.4	Patrones de propagación	18
4.5	Morfología del incendio	19
4.6	Variables del comportamiento del incendio	20
4.7	Tipos de incendio según el estrato de combustible.....	20
4.8	Técnicas de intervención.....	21
5	SELVICULTURA PREVENTIVA E INFRAESTRUCTURAS DE DEFENSA FRENTE A INCENDIOS FORESTALES.....	21
5.1	Definición de Selvicultura Preventiva	21
5.2	El Cortafuegos clásico.....	22
5.3	Sistemas Lineales Preventivos de Defensa	22
	BIBLIOGRAFÍA	23

1 INTRODUCCIÓN

Este documento aborda los conceptos básicos de los incendios de vegetación con extractos de varios manuales. Comienza haciendo un resumen sobre la evolución de los incendios, detallando las generaciones de incendio que nos indican esta evolución, y haciendo una breve mención a las causas generales de los mismos.

En los apartados finales se describen varios conceptos para entender el comportamiento de un incendio de vegetación y ser capaces de describirlo. Por último, el documento finaliza con un apartado sobre la prevención de los incendios (los incendios se apagan en invierno).

2 LA EVOLUCIÓN DE LOS INCENDIOS

2.1 Abandono del monte

En las últimas décadas distintas áreas del continente europeo y principalmente en los países mediterráneos, se han caracterizado por cambios drásticos en el uso del suelo.

En España se produjo un abandono de los usos tradicionales en el sector rural debido a la migración a las ciudades durante la segunda mitad del siglo XX, y a la llegada del gas y combustibles fósiles. Anteriormente, existía un pastoreo de ganadería extensiva y aprovechamiento de leñas que ayudaban a mantener el monte menos cargado de combustible. Un incendio que se produjera en esas condiciones no era tan dañino, siendo normalmente de tamaño reducido porque el monte estaba tratado por la propia población que subsistía de él, y que además lo conocía íntimamente. Esa población olvidó su conocimiento y sus técnicas al emigrar a las ciudades, y propició el desuso de actividades tradicionales y ganaderas.

En consecuencia, la biomasa vegetal fue quedando irremediablemente acumulada en nuestros montes desatendidos, siendo el causante de uno de los grandes problemas de este siglo: Los Grandes Incendios Forestales (GIF).

2.2 Incremento sensible del combustible

El abandono de los campos de cultivo, la reducción de usos agropecuarios, incluido el uso del fuego, el aumento temporal entre incendios ha producido un cambio en el paisaje, incrementando la superficie forestal y la aparición de incendios de comportamiento extremo y de propagación más agresiva, nunca antes visto.

El cambio principal se relaciona con la cantidad de biomasa disponible para quemar que acumulan actualmente las masas forestales respecto a los bosques de la primera mitad de siglo XX. La acumulación de combustibles finos (leñas sin aprovechar, ramas, arbustos...) permite incendios rápidos, de comportamiento extremo y de propagación más agresiva, capaces de lanzar focos secundarios a largas distancias por delante del frente principal.

El incremento de la continuidad forestal como consecuencia del abandono de campos de cultivo y de pastos, permite que los perímetros de los incendios sean más largos e inaccesibles.

La falta de gestión en montes públicos y privados conduce a una extensión, carga y continuidad forestal creciente, con una elevada densidad de árboles de poco diámetro y masas forestales estancadas que fuerzan el sistema hacia los GIF. La acumulación de biomasa ha aumentado la

continuidad horizontal de combustible a nivel de sotobosque (área vegetal de un bosque que crece más cerca del suelo por debajo del dosel vegetal, mezcla de plántulas, árboles jóvenes, hierbas y arbustos de sotobosque) posibilitando también la continuidad vertical entre estrato arbolado y dicho sotobosque. Estos factores unidos a la tangencia de copas crean nuevas estructuras que pueden quemar en muy alta intensidad.

2.3 Presencia del fuego y su exclusión

La presencia del fuego en los ecosistemas europeos no es nueva: ha coexistido con la actividad antrópica desde siempre.

Como fuerza selectiva aplicada durante milenios, el fuego ha determinado y configurado la vegetación presente en cada zona. Las igniciones naturales por rayos de tormentas secas o el uso del fuego como herramienta con finalidades agrícolas y forestales (reducción de restos vegetales, mejora de pastos, regeneración de especies vegetales que necesitan ambientes abiertos) han configurado las adaptaciones, rasgos evolutivos y resiliencias de las especies vegetales definiendo el régimen natural de incendios de cada territorio.

Desde una perspectiva ecológica el fuego tiene un claro y determinado cometido: es el responsable de evitar la acumulación de biomasa y necromasa.

Sin embargo, los ecosistemas mantenidos durante siglos con fuego controlado e incendios periódicos como mecanismos para reintroducir la biomasa en el ciclo de la materia, han visto modificado su frágil equilibrio debido a la exclusión del fuego.

De esta manera, la cultura del fuego se ha ido perdiendo como consecuencia del abandono rural antes mencionado, y la percepción social de este elemento ha pasado de herramienta a peligro.

Consecuentemente, podemos afirmar que los incendios que se inician por causa natural, y sin una excesiva recurrencia, son beneficiosos y ayudan a mantener la vida en los ecosistemas que han evolucionado con el fuego. Alterar dicho régimen puede causar importantes daños ecológicos en el medio natural.

2.4 Incremento de la presión de extinción sobre el medio natural

La respuesta de los países europeos ante esta problemática ha sido el refuerzo de las políticas de extinción dirigidas a aumentar la capacidad de los medios de extinción.

Ante la alarma de un incendio forestal, la estrategia aplicada por la gran mayoría de servicios de prevención y extinción de incendios se basa en la rápida y contundente reacción de ataque a todas las igniciones, ante todas las localizaciones geográficas y ante todas las situaciones meteorológicas. La eficacia de esta estrategia es alta y consigue limitar la mayor parte de las igniciones de incendios de pequeño tamaño.

En cambio, cuando el equilibrio entre la fuerza extintora y la del comportamiento del fuego se rompen a favor del incendio, el sistema de extinción colapsa, demostrando ser poco eficiente.

Bienintencionadamente, la solución propuesta en las últimas décadas del siglo XX fue intentar parar este problema mediante mensajes que penetraran fuertemente en el interior de las conciencias de la ciudadanía, con el eslogan de "Todos contra el fuego", siendo el *leitmotiv* de la política contra incendios de la España de aquella época.

2.4.1 La paradoja de la extinción

Esta presión de extinción implica que cada vez tenemos más conatos, pero los pocos incendios que escapan queman grandes superficies con intensidades medias cada vez mayores.

Actualmente, en la región mediterránea, los incendios superiores a 50 hectáreas son los responsables de más del 75% de la superficie total quemada, aunque sólo representan el 2,6% del número total de incendios forestales. Esto quiere decir que cuanto más medios y más presión aplicamos sobre el fuego, los incendios se controlan mejor, pero la acumulación de biomasa y su continuidad, especialmente de copas, implica que los pocos que se escapan de este control se hacen más y más grandes.

En el caso concreto de la Comunidad de Madrid, las cifras son muy similares a las anteriormente mencionadas. El modelo de extinción que utiliza el CBCM se basa en la pronta detección y en la pronta respuesta, y la estadística demuestra que es efectivo en un elevado porcentaje. Los 300 incendios forestales que se suelen producir en un “año tipo”, generan unas 300 ha de superficie quemada, siendo el nivel de conatos (incendios menores de 1 hectárea) alrededor del 90%.

Durante las últimas décadas hemos visto que cuánto más eficientes somos luchando con el fuego, más grandes y mayores llegan a ser estos incendios.

Y es que esta extinción eficaz de los incendios de baja y media intensidad ayuda, paradójicamente, a la proliferación de incendios de alta intensidad. Se estimula, por tanto, una selección negativa de incendios. Esta estrategia de mejora y de incremento de los medios de extinción tiene como resultado un escenario donde los valores de superficie quemada son contenidos durante la mayoría de campañas de incendios, pero en el que también aparecen años negros con miles de hectáreas afectadas por GIF. El problema, por tanto, se concentra en años con sequías y/o condiciones meteorológicas adversas que generan combustiones vegetales de comportamiento extremo.

2.4.2 Fuera de capacidad de extinción

Estos episodios de GIF muestran un comportamiento que queda fuera de la capacidad del sistema de extinción, ya sea por las elevadas longitudes de llama, por las altas velocidades de propagación o por la presencia de actividad de fuego de copas igual o mayor al fuego superficial, que calcinan enormes superficies en pocas horas o días.

Estos fuegos han puesto de manifiesto las limitaciones de la capacidad de control de sistemas de extinción de países tecnológicamente desarrollados, que se ven superados por frentes de fuego de intensidad y velocidad de propagación muy elevados, reconociendo que están “muriendo de éxito”: las fuertes inversiones reducen los incendios de media y baja intensidad, mientras que los incendios más intensos queman libremente el paisaje, quedando fuera de la capacidad de extinción.

En este contexto se puede definir un GIF no como un incendio de gran superficie, sino como aquel incendio que mantiene de forma sostenida una velocidad, intensidad y longitud de llama que supera la capacidad del sistema de extinción y que, por tanto, ofrece pocas oportunidades de extinción. Existen diferentes situaciones de comportamientos de fuego que superan la capacidad de extinción y que suelen depender del tipo de paisaje:

- Ratios de crecimiento de la longitud del perímetro superiores a la capacidad de avance de las líneas de contención (debido a la continuidad del paisaje).

- Velocidad del incendio superior a la de extinción, esto incluye desde la velocidad de emplazamiento de medios y suministro de recursos a éstos, hasta la velocidad a la que la información de cambios de comportamiento del incendio y cambios de planes circula por la cadena de mando. Ejemplos: Cerdeña (Italia, 2007), Cataluña (España, 1986, 2000) o Northumberland (Gran Bretaña, 2006).
- El sistema de extinción no puede ejecutar maniobras eficaces en la misma proporción que en circunstancias normales a causa de la alta intensidad del fuego. La alta intensidad ligada a incendios de copas supera el límite de extinción y ningún medio terrestre o aéreo puede acometerlos. Ejemplos: España 1994, 1998.
- La afectación a bienes y personas y el consecuente incremento de las necesidades de medios de extinción para protegerlos. En las zonas de interfaz urbana se genera un proceso de retroalimentación negativa que se traduce en un descenso relativo del número de medios destinado a contener el fuego forestal ante el número de medios destinado a proteger bienes y personas (cada bien o persona afectados se convierten en nuevas emergencias a atender). Ejemplos: Cataluña 2003 y 2007, Grecia 2009.
- Simultaneidad de GIF, con la consecuente distribución y reducción del número de recursos disponibles. Ejemplos: California 2003, Portugal 2003, Grecia 2007.

2.5 Fuegos más virulentos

Aunque la inversión económica en extinción de incendios forestales nunca había sido tan elevada, los incendios aparecen con mayor virulencia, con tasas de propagación más rápidas y mayores intensidades, ofreciendo pocas oportunidades a los sistemas de extinción.

Además, el cambio climático empeora y contribuye a dicha situación, siendo el detonante para favorecer la aparición de episodios más extremos que lo que hasta ahora se ha visto.

La experiencia, entendida estrictamente como años de servicio, ya no hace ganar la batalla contra un fuego que ha cambiado. Ese cambio también se debe traducir en las personas que dirigen la extinción. Hay que formarse y tecnificarse, profesionalizarse, en definitiva. A las nociones en extinción hay que añadirle ahora toda una batería de conocimientos multidisciplinarios como la gestión de combustibles mediante el uso del fuego técnico, el entender el papel del fuego dentro de los ecosistemas (estudio del régimen de incendios y piroecología de las especies), o el estudio del comportamiento del fuego (incendios de diseño, simuladores, meteorología, incendios históricos...).

2.6 Generaciones de incendios

Queda claro que los fuegos forestales siempre han existido y, hasta cierto punto, son beneficiosos para el medio ambiente en tanto en cuanto permiten la regeneración de los ecosistemas.

El problema es que después del **abandono rural y el aumento de la presión de extinción** que tuvo lugar durante mediados del siglo pasado, más del 70% de la superficie forestal quemada lo ha hecho en unos pocos incendios que alcanzan gran extensión (>500 ha) a causa de las altas intensidades por acumulación de biomasa en superficie, y su propagación por copas, en unas condiciones meteorológicas concretas.

Así, el problema es que, a consecuencia de la intervención humana en el paisaje y el cambio climático, estos incendios se están descontrolando, aumentando en intensidad y tamaño, escapando

de la capacidad de control de los medios de extinción. Ya nada tienen que ver los fuegos que se declaraban hace apenas medio siglo con los que ocurren en la actualidad, del mismo modo que las labores y estrategias de prevención que antaño funcionaban han quedado obsoletas y los equipos de bomberos, lejos de anticiparse, ya solo pueden reaccionar a la defensiva para contenerlos.

Podríamos clasificar la evolución de los incendios en diferentes generaciones en base al principal RETO que plantean a los cuerpos de extinción.

- **1ª generación: continuidad** (1950 – 1960): Ya no existen superficies agrícolas que interrumpen el combustible, privando a la extinción de zonas de anclaje. La continuidad y disponibilidad del combustible sobre el terreno permite grandes perímetros.

Incendios: De superficie, dirigidos principalmente por el viento, quemando superficies desde 1.000 ha. a 5.000 ha.

Respuesta: COMPARTIMENTAR EL PAISAJE. Respuestas tradicionales, basada en recursos locales, y reforzadas con personal estacional. Se construyen puntos de agua, cortafuegos, y estructuras lineales como anclaje, y carreteras para aumentar la accesibilidad.

- **2ª generación: velocidad** (1970 - 1980): Alta intensidad y velocidad de propagación a causa de 10-15 años de acumulación de combustibles después del abandono de cultivos y de la gestión tradicional de los bosques, permite incendios más rápidos y focos secundarios. La velocidad del fuego (incendio de viento con avances de 3 a 4 km/h) supera a la de las líneas de control.

Incendios: Incendios de 5.000 ha, dirigidos por el viento y la topografía.

Respuesta: MÁS MEDIOS Y CAPACIDAD DE EXTINCIÓN. Densa red de vigilancia y extinción, para asegurar una rápida y potente llegada de bombas y helicópteros. Más recursos para un ataque directo contundente. El agua parece ser la herramienta ideal. Aumenta el número de recursos aéreos implicados. Al mismo tiempo se aplican infraestructuras lineales para romper la continuidad entre bosques y casas.

- **3ª generación: intensidad** (1990): Comportamiento de llamas con gran liberación de energía. La acumulación del combustible permite continuidad con la copa, resultando en incendios de copas activos, y grandes columnas convectivas, fuera de la capacidad de control. Cada incendio ofrece escasas oportunidades de control. El fuego cambia de comportamiento más rápido que la velocidad a la que la información se mueve a través de la cadena de mando.

Incendios: Incendios de copas y abundantes focos secundarios. Incendios de 10.000 ha a 20.000 ha. Las olas de calor extremo sirven de apoyo a incendios de alta intensidad.

Respuesta: INTELIGENCIA, CONOCIMIENTO Y ANÁLISIS. Se introducen los modelos de riesgo, para adaptar la disponibilidad de recursos a la probabilidad de grandes incendios. Se identifica el análisis de incendios como una herramienta para la planificación de antemano, y no solo para reaccionar *a posteriori* al fuego. Se mejora la eficiencia usando un abanico de oportunidades grande, ampliando las técnicas de extinción: se reintroduce el fuego y las herramientas mecánicas y manuales, reforzando el ataque aéreo, y mejorando la eficiencia con herramientas combinadas. Se introducen unidades logísticas y de bajo el nivel de decisión para una respuesta más veloz frente a los cambios en el comportamiento del fuego.

- **4ª generación: interfaz** (finales 90 y desde año 2000): La interfaz urbano-forestal (IUF) se ve afectada por los incendios forestales. Las áreas residenciales e industriales se ven más afectadas por incendios forestales.

Ya no tenemos un incendio que quema masa forestal y puede afectar viviendas, sino un incendio que propaga con gran intensidad y a saltos tanto por masa forestal y jardines o casas sin dificultades ni diferenciaciones. Estos incendios propagan aprovechando la densidad de vegetación dentro de los jardines y la continuidad de carga de combustible entre bosque y zona urbanizada. Estos incendios crean múltiples emergencias, y los cambios ante los que responder son más rápidos que la velocidad de transmisión de información relevante y órdenes por la cadena de mando.

Incendios: Fuegos que pueden comenzar y terminar dentro de la IUF, quemando áreas de 1.000 ha.

Respuesta: ESTRATEGIAS PARA PRIORIZAR ACTUACIONES. Las nuevas circunstancias obligan a cambiar el modelo, de atacar el fuego a defender personas y bienes, en una nueva situación defensiva. El análisis de incendios crece como herramienta. Los simuladores, GPS y sistemas de información geográfica se emplean para seguir los recursos en tiempo real. Se sigue invirtiendo en más medios y recursos sin atajar el problema básico de gestión del paisaje, que es la causa del problema que hace que sigamos acumulando combustible disponible.

- **5ª generación: simultaneidad** (desde el 2010): Las zonas en riesgo se enfrentan a grandes, veloces y extremadamente intensos incendios simultáneos (mega-incendios). Grandes incendios rápidos e intensos continuos con interfaz que se dan en la misma geografía, provocando un colapso del sistema de emergencias.

Incendios: Los incendios de copas simultáneos, que implican zonas de interfaz urbana, principalmente durante las olas de calor.

Respuesta: priorizar e intercambio de recursos y conocimientos entre regiones. Se requieren nuevas habilidades para responder a grandes incendios simultáneos. La respuesta es la compartimentación de recursos, pero también se requieren nuevos tipos de conocimiento, cooperación e intercambio de información y experiencias.

- **6ª generación: tormentas de fuego** (desde 2017-Actualidad): Estos incendios tendrían su base en el cambio climático como detonante, junto con otro conjunto de factores, generando incendios extremos con aún más combustible, más estrés y produciendo un salto de comportamiento, de intensidad, de energía liberada capaz de modificar las características meteorológicas de su alrededor, y consiguiendo hacer la transición a lo que se denomina “tormentas de fuego”, generando aceleraciones, rayos, nueva igniciones, con pirocúmulos que generan vientos erráticos, extremos, impredecibles y de intensidades nunca vistas hasta ahora que dan paso a situaciones incontrolables por los medios humanos y materiales actuales, situándose por encima de nuestra capacidad de extinción y contención.

Incendios: alcanzando velocidades de 14.000 ha/h, no hay capacidad de enfrentarse a ellos ni de predecirlos actualmente.

Respuesta: ese es el RETO al que actualmente nos enfrentamos, que obliga a un replanteamiento y adaptación de las maneras de planificar y organizarse para afrontar estos nuevos incendios.

En resumen, hemos pasado de tener siniestros que implicaban un peligro real para nuestros bosques a tener situaciones de emergencia y verdadero peligro para la población civil, así como un elevadísimo riesgo para el personal que presta los servicios de prevención, detección y extinción de incendios forestales.

3 CAUSAS DE LOS INCENDIOS

Los motivos por los que se producen los incendios están tipificados según un parte estadístico que se recopila a nivel autonómico y nacional. Se dividen en:

- Naturales: la mayoría producidos por rayos, bien por tormenta seca o acompañada de lluvia.
- Intencionado-provocado: Son aquellos provocados por el ser humano con la intención de generar un incendio. Los motivos pueden ser la caza, ganadería, rencillas, para generar distracciones, etc.
- Negligencias-accidentales: son incendios producidos por el ser humano de forma involuntaria, bien porque no ha cumplido las medidas preventivas necesarias, o por un accidente fortuito.
- Reproducción: se produce por un incendio que no estaba correctamente liquidado y/o las condiciones meteorológicas lo reactivaron.
- Causa desconocida: las brigadas de investigación de causas (BIIF) tratan de llegar al origen de cada incendio y determinar por qué se produjo, pero esto en ocasiones no es posible y queda sin determinar.

El conocimiento de la causalidad de los incendios forestales es muy importante para:

- Realizar una adecuada planificación preventiva.
- Diseñar campañas de actuación en función de los grupos de riesgo establecidos.
- Planificar una óptima organización de los diferentes medios (vigilancia y detección y grupos de extinción).

4 CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL FUEGO FORESTAL

4.1 Física del fuego

4.1.1 Transferencia del calor

El aporte de una cantidad de calor suficiente es un condicionante indispensable para la reacción de combustión. El calor tiene que desplazarse de unos combustibles a otros, para que el incendio progrese. Llamamos al movimiento o flujo de calor transferencia de calor. Como ya se ha visto en temas anteriores, el calor se transmite mediante radiación, convección y conducción.

- **Radiación:** es la transmisión de calor en forma de onda a través del vacío o el aire. Por ejemplo: los rayos solares. Aplicando una lupa en un papel concentra los rayos solares en

un punto, seca el combustible circundante y, algunas veces, puede encenderlo. Su efecto es fácilmente evitable si nos protegemos con una pantalla.

- **Convección:** es el movimiento producido por una masa de aire de temperatura superior a la del aire circundante. Por ejemplo: la columna de humo de elevándose por encima del fuego o el humo subiendo por la chimenea de una estufa. Los gases calientes que componen este humo pueden secar y encender otros combustibles. Hay que huir de los caminos que siguen las nubes convectivas y de los gases de combustión.
- **Conducción:** el calor se transmite de partícula a partícula por contacto directo. Por ejemplo: la cuchara que se calienta en contacto con una bebida caliente. Por ser la madera un mal conductor (transmite calor de forma deficiente), este proceso es el menos importante en el fuego forestal. Nos protegemos fácilmente del calor por conducción si evitamos entrar en contacto directo con objetos calientes utilizando los equipos de protección personal.

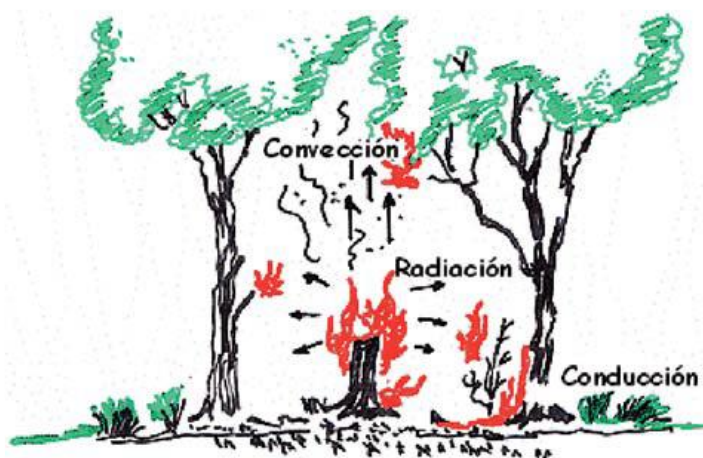


Figura 1. Transferencia del calor por los tres métodos. Fuente: CBCM

En los grandes incendios forestales, la alta intensidad facilita la transferencia de calor a su alrededor. Particularmente importante es el refuerzo en la convección, que permite transportar grandes volúmenes de aire y partículas encendidas por delante del fuego a grandes distancias. Eso permite no sólo la aparición de múltiples focos secundarios por delante del fuego, sino también la transferencia de aire caliente que prepara el combustible para arder.

4.1.2 Fases de la combustión

La combustión no son sólo las llamas, y cuando miramos un incendio forestal no las miramos sólo a ellas, sino también observamos la columna de humo o las brasas calientes. Es necesario comprender todas las fases de la combustión para poder entender el incendio forestal.

- **Fase 1: Calentamiento previo.** La temperatura se acerca a la de ebullición del agua y la madera empieza a desprender gases (básicamente vapor de agua). Estos gases son poco inflamables, pero al aumentar la temperatura el proceso de desecación avanza hacia el interior de la madera.
- **Fase 2: Pirólisis.** El aumento de temperatura, hasta 300 °C, provoca una modificación del color de la madera. Es un signo evidente de que ha empezado el proceso de pirólisis (o rotura molecular). Es la descomposición química que sufre la madera por el efecto del

calor. Al pirolizarse, la madera desprende gases inflamables y deja un residuo carbonoso negro, llamado carbón vegetal. La reacción de pirólisis profundiza en la madera a medida que el calor continúa afectándola.

- **Fase 3: Punto de ignición-auto inflamación.** Es la pirólisis activa. La madera produce bastantes gases combustibles como para alimentar una combustión gaseosa. Aun así, para que empiece a arder, hace falta una llama que la provoque. Si no existe este agente provocador, necesitamos una fuente de calor que haga que la superficie de la madera llegue a temperaturas mucho más altas que provoquen la auto ignición.
- **Fase 4: Combustión gaseosa.** En esta fase se producen las llamas. Una vez iniciada la ignición, las llamas cubren rápidamente toda la zona pirolizada, aumentando la temperatura y la velocidad de pirolización. La llama evita el contacto entre el combustible sólido y el oxígeno del aire. La propagación a través de toda la superficie del combustible vegetal se produce porque las diferentes fracciones del combustible captan y devuelven gran parte de la energía emitida por radiación de la llama original.
- **Fase 5: Combustión sólida.** Se acaban las llamas y empiezan las brasas. El grosor de la capa carbonizada aumenta con la combustión. Esta capa es un buen aislante del calor, limita el caudal de calor que penetra hacia el interior de la madera, y limita la pirólisis, que va disminuyendo al agotarse el volumen de madera sin pirolizar. Al disminuir la intensidad de la pirolización no se puede mantener la combustión de la fase gaseosa, el aire entra en contacto directo con la capa carbonizada y facilita la combustión incandescente si las pérdidas de calor radiante no son demasiado elevadas.
- **Fase 6: Enfriamiento.** Es la pérdida de calor que sigue a la reacción de combustión.

Las tres primeras fases son previas al paso del frente de fuego, la cuarta es el frente de fuego propiamente dicho, y las dos últimas ya son posteriores al frente de fuego visible.

En los grandes incendios forestales, la convección permite trasladar el calor y los focos secundarios a distancias muchos mayores. Este calor transmitido inicia, calienta y piroliza el combustible en un área bastante grande, de forma que prácticamente todos los focos secundarios tienen capacidad de encender, arder con alta intensidad e interactuar entre sí.

Ya hemos visto la reacción química, los factores de la reacción que componen el triángulo (oxígeno, calor y combustible), las fases necesarias para el proceso, y como se transmite el calor que posibilita el inicio de la reacción.

Ahora es necesario entender la reacción como un sistema global, y como ésta consigue tener una propagación que le permite crecer y pasar de ser una pequeña llama a ser un incendio forestal dinámico. La explicación de este proceso es la interacción de la reacción del fuego y los combustibles que lo rodean.

Las propiedades de los combustibles que permiten este proceso son:

- **Ignitabilidad.** Capacidad del combustible para entrar en ignición. Depende de los combustibles y de la presencia de una fuente de calor suficiente para llevar los combustibles a través de las fases de calentamiento, pirolisis e ignición.
- **Sostenibilidad.** Facilidad del combustible para continuar quemando una vez iniciada la ignición. Es necesaria la presencia de suficiente material disponible como para que la reacción se mantenga y genere suficiente calor.

- **Combustibilidad.** Velocidad a la que puede quemar el combustible. Se tiene que producir la combustión para que se genere suficiente calor y aumente la intensidad y capacidad de reacción. Cuanta más combustibilidad, más rápida será la propagación en los combustibles vecinos.
- **Consumibilidad.** Capacidad del combustible para ser consumido y generar altas intensidades que favorecen una mayor ignitabilidad y sostenibilidad.

Estas cuatro propiedades componen la inflamación de los combustibles. A través de este proceso, el fuego puede iniciarse, mantenerse y propagarse por la vegetación forestal. Ya tenemos definido cómo es el incendio forestal. Aunque, todo este proceso depende de las características del combustible, al mismo tiempo también depende de la meteorología, de la fuente de calor y de la distribución del conjunto sobre la topografía.

4.2 Partes del incendio

El lenguaje habitual utilizado por los equipos de extinción para describir las distintas partes y fenómenos ligados a los frentes de incendio es el siguiente:

- **Origen:** ubicación donde se ha iniciado el incendio.
- **Cabeza:** es la parte hacia donde avanza el incendio. No es constante ya que cambia de dirección en función del viento que alimenta el incendio.
- **Cola:** es la parte desde donde evoluciona el incendio. En los primeros estadios de su desarrollo será el punto de inicio, pero luego puede variar al igual que la cabeza.
- **Flancos:** son los laterales del incendio, se denominan siguiendo la línea imaginaria que une la cola con la cabeza del incendio, y así el que queda a la derecha en esta dirección es el derecho, y el contrario es el izquierdo.
- **Salto de fuego (focos secundarios):** son incendios que van apareciendo por delante del incendio principal como consecuencia del arrastre de pavesas procedentes de éste. En función de las condiciones meteorológicas reinantes en cada momento y la fuerza de la columna de convección, pueden darse a mucha distancia de la cabeza del incendio principal.
- **Lenguas:** son partes del perímetro del incendio que avanzan más rápido que el resto. También se pueden denominar dedos.
- **Bolsas:** son las partes de la vegetación no quemada que queda entre las lenguas.
- **Perímetro:** línea límite del incendio o borde del incendio. Puede no tener fuego activo en algunas partes.
- **Isla:** área de combustible que no se ha quemado dentro del perímetro del incendio.

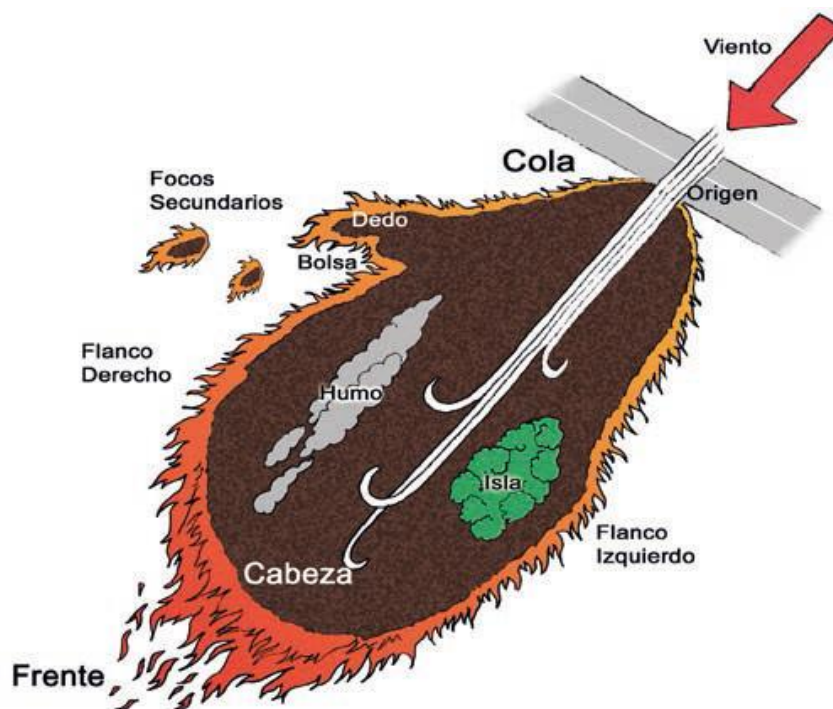


Figura 2. Partes de un incendio. Fuente: CEIS Guadalajara

4.3 Factores básicos de comportamiento del fuego

El comportamiento de un incendio forestal está completamente ligado con los factores que actúan sobre el mismo. Los factores de propagación principales pueden agruparse en el triángulo de comportamiento del incendio forestal:

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

4.3.1 Topografía

La topografía es la más constante de los tres componentes y tiene gran influencia en los otros dos. Los factores topográficos (también efectos directos) que afectan de forma importante al comportamiento del fuego son la **configuración**, la **exposición (orientación)** y la **pendiente**.

- La **exposición**, o posición de las laderas de las montañas respecto al ángulo de incidencia de los rayos solares (**orientación**), 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 menos 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.

- 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.

También es importante mencionar el concepto de **rugosidad**, que nos indicará los cambios en la pendiente que hay en un terreno, provocando que el incendio gane o pierda velocidad e intensidad, lo cual nos permite saber dónde posicionarnos para actuar.

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.

4.3.2 Meteorología

Las variables meteorológicas que más influencia tienen sobre un incendio son:

- **Temperatura (°C):** 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.

- **Humedad ambiental:** 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. Hay dos formas básicas de expresarla:
 - **Humedad absoluta (g/m³):** Es la cantidad de vapor de agua (generalmente medida en gramos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en m³). 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°C, la humedad relativa del aire se duplica. Por el contrario, cuando asciende 10°C, 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.
- **Viento:** El viento es el movimiento del aire con relación a la superficie terrestre. Al ser un vector, interesa conocer su **dirección (en grados) e intensidad (m/s, km/h o nudos)**.

En la atmósfera, existe una relación directa entre presión y viento. Por ello, los mapas de isobaras, 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 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 viento contribuye a la combustión y a la extensión del fuego por diversos mecanismos como, por ejemplo:

- Provocando un aumento de 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.
- Enmascara la cabeza a los medios aéreos.

4.3.3 Combustibles

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 utilizan 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 pino resinero (*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.

4.3.3.1 Características de los combustibles

- **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.

4.3.3.2 Distribución espacial

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

- **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.
- **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. Dentro de esta continuidad podemos hablar de tres **estratos**:
 - Estrato de superficie o herbáceo.
 - Estrato de escalera o arbustivo.
 - Estrato aéreo o de copas.

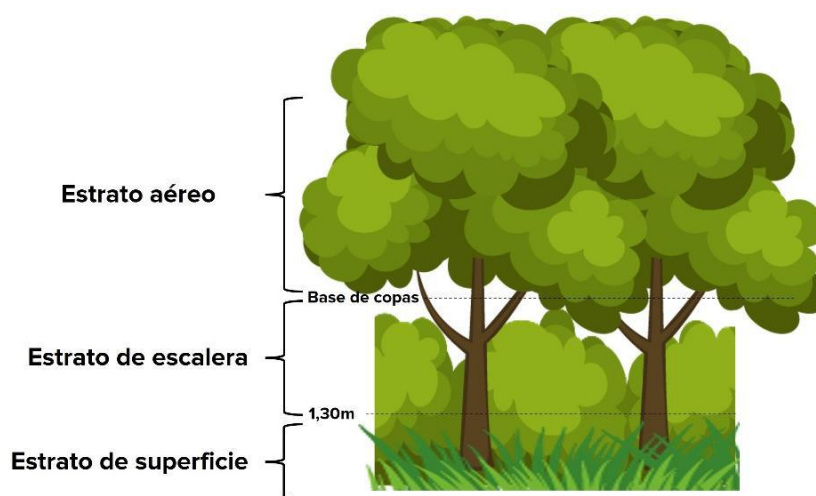


Figura 3. Estratos de vegetación. Fuente: The Emergency Program

4.3.3.3 Modelos de combustible

Los modelos de combustible forestal son estructuras de la vegetación tipo a las que se les presuponen un comportamiento frente al fuego conocido, permiten predecir el comportamiento del fuego definiendo, entre otros parámetros, la velocidad de propagación y la longitud de llama.

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: pastos, matorral, hojarasca bajo arbolado y restos de operaciones selvícolas. 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 denominados simuladores, que son programas informáticos de predicción de fuegos forestales.

4.3.3.4 Clasificación de especies según su inflamabilidad

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

Muy inflamables casi todo el año	Muy inflamables en verano	Medianamente inflamables
Brezo	Albaida	Madroño
Eucalipto	Pasto o hierba yesquera	Enebro
Retama	Jara pringosa	Carrasca
Tojo	Espliego	Quejigo
Pino Carrasco	Cantueso	
Encina	Pino Rodeno	
Romero	Pino Piñonero	
Tomillo	Pino de Monterrey	
	Alcornoque	
	Frambuesa	
	Esparto	
	Tomillo o Ajedrea	
	Aliaga	

Tabla 1. Inflamabilidad de distintas especies. Fuente: L.M. Elvira y C. Hernando (1989)

4.4 Patrones de propagación

Una vez vistos los factores básicos del comportamiento del incendio, en función del factor que domine, se puede distinguir el patrón de propagación. Este nos permite entender cómo se va a mover el incendio, es decir, identificar lo que quiere hacer el fuego.

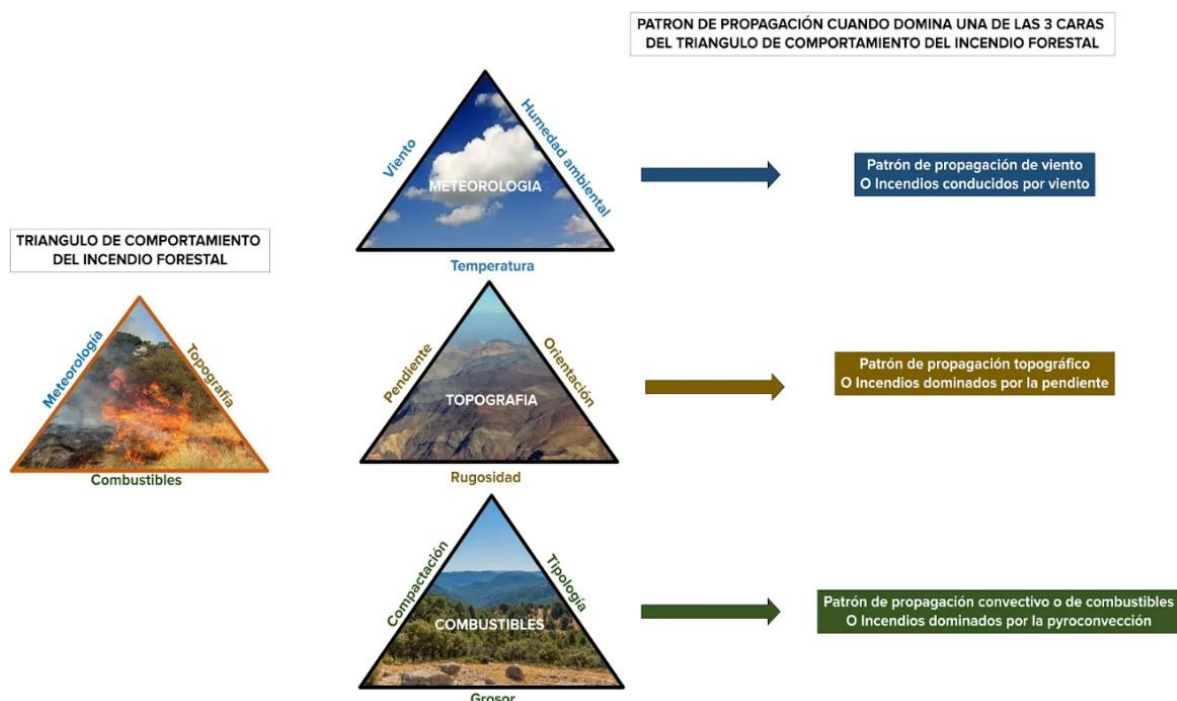


Figura 4. Factores de comportamiento del incendio relacionadas con los patrones de propagación.
Fuente: The Emergency Program

Este patrón de propagación puede estar dominado, como norma general, por cada uno de los 3 grandes grupos:

- Si domina la meteorología, normalmente dominará el viento y tendremos incendios con un **patrón de propagación de viento**.
- Si domina la topografía o la pendiente, tendremos incendios de **patrón de propagación topográfico**.
- Si domina la convección atmosférica o la convección generada por la propia energía que liberan los combustibles al entrar en ignición, tenemos un **patrón de propagación por convección o pyroconvección**.

4.5 Morfología del incendio

En general, la morfología del incendio vendrá marcada por el patrón de propagación que domine el incendio. No obstante, 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. Así, podemos tener varias morfologías, entre las cuales distinguimos:

- 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.
- Incendio de forma irregular 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 (c)
 - Un fuerte viento transporta por delante del frente material combustible incandescente, provocando focos secundarios (d)
 - 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 (e)

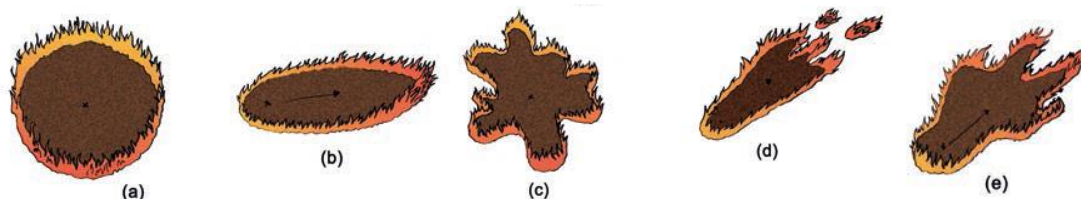


Figura 6. Morfología de los incendios. Fuente: CEIS Guadalajara

4.6 Variables del comportamiento del incendio

Para finalizar, los principales conceptos que nos describen el comportamiento del incendio son los siguientes:

- **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.
- **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.
- **Velocidad de propagación (ROS, Rate of Spread en inglés):** describe la velocidad de avance del frente (km/h o m/s) hacia delante, hacia atrás o en los flancos.
- La dinámica de los **focos secundarios**.

Todos ellos nos permitirán describir el incendio con más exactitud a la hora de transmitir información del comportamiento, a la vez que nos indican nuestra **capacidad de extinción** sobre las distintas partes del incendio.

4.7 Tipos de incendio según el estrato de combustible

La clasificación se hace estudiando el combustible que propaga el incendio y que asegura su sostenibilidad. Tenemos pues:

- **Fuegos de subsuelo:** consumen la materia orgánica y aquello que queda por debajo de la superficie del suelo (raíces, hojarasca en descomposición, materia orgánica...). Suelen ser de poca intensidad, pero pueden durar días o semanas. Puede ser que sólo veamos el humo que provocan, o que no veamos ni eso. No hay bastante con tirar agua, sino que hay que usar herramientas manuales para rascar hasta suelo mineral. Se dan sobre todo en alta montaña. Ejemplo: el fuego de turba.
- **Fuegos de superficie:** queman hojas y ramas muertas, restos de explotaciones forestales, también vegetación viva de herbáceas y matorrales. Es decir, todo aquel material combustible disponible situado inmediatamente por encima de la superficie del suelo. Son la inmensa mayoría de los que encontramos en la península. Ejemplo: fuego de prados y pastos, fuego de matorrales y chaparral.

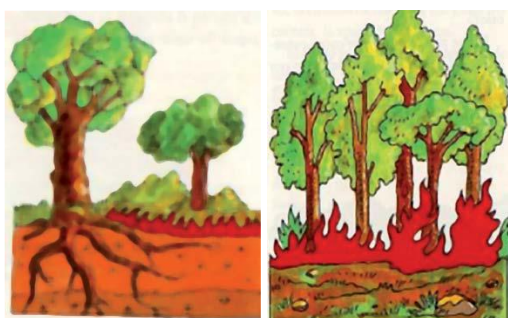


Figura 7. Fuego de subsuelo (izquierda) y fuego de superficie (derecha). Fuente: CBCM

- **Fuegos de copas:** queman las copas de los árboles (hojas, ramas y tronco) y puede avanzar independientemente del fuego de superficie. Se pueden definir diferentes categorías:
 - **Antorcheos:** No queman todas las copas, sino puntualmente se encienden algunas de forma intermitente debido a la radiación procedente del fuego de superficie. Es lo que pasa a menudo en pinares claros con matorral abundante que al quemar afecta a algunos árboles.
 - **Fuego de copas pasivo:** las copas queman en conjunto al mismo tiempo que lo hace el fuego de superficie. Todo el fuego avanza al mismo tiempo por encima y por debajo de los árboles.
 - **Fuego de copas activo:** el fuego se desplaza por las copas de forma independiente del fuego de superficie. Se dan casos en que el sotobosque queda sin quemar. Éstos últimos son los incendios más destructivos, peligrosos y rápidos, pero por suerte muy poco frecuentes en nuestro territorio.



Figura 8. Fuegos de copas. De izquierda a derecha: antorcheo, fuego de copas pasivo y fuego de copas activo.
Fuente: CBCM

4.8 Técnicas de intervención

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**, actuando directamente sobre la llama (agua, espuma, herramientas manuales, entre otros), o **indirectos**, actuando sin hacerlo directamente sobre las llamas sino sobre un perímetro circundante. Una u otra se aplicarán en función de la intensidad del fuego y, consecuentemente, de la longitud de la llama.

5 SELVICULTURA PREVENTIVA E INFRAESTRUCTURAS DE DEFENSA FRENTE A INCENDIOS FORESTALES

5.1 Definición de Selvicultura Preventiva

Conjunto de actuaciones en las masas forestales cuya finalidad es la de conseguir estructuras de masa forestal con menor grado de combustibilidad, es decir, mayor resistencia a la propagación del fuego. Este objetivo se consigue estableciendo discontinuidades lineales, así como conservando o manteniendo la alternancia de especies y llevando a cabo actuaciones en dicha masa forestal, tales como clareos, podas, desbroces o quemas prescritas, por ejemplo.

5.2 El Cortafuegos clásico

“Cortafuegos” es la denominación más común o conocida para hablar de las infraestructuras preventivas lineales más utilizadas. En ellos se reduce la carga de combustible, rompiendo la continuidad horizontal y vertical. Los cortafuegos no deben entenderse como barreras infranqueables por el fuego, ya que su función principal es la de bajar la intensidad de propagación y poder trabajar en él. Suponen una zona de oportunidad para los recursos de extinción a la hora de poder controlar el incendio. Los incendios actuales, cada vez más intensos, reducen su efectividad.

5.3 Sistemas Lineales Preventivos de Defensa

Son el conjunto de infraestructuras lineales interconectadas, en las que se aplica selvicultura preventiva en anchuras que varían principalmente en función de la pendiente y los combustibles forestales presentes, al objeto de dificultar la propagación del incendio y facilitar la operatividad en su extinción. Estas infraestructuras son:

- Fajas cortafuegos son líneas preventivas de defensa, es decir, bandas marcadamente despejadas de vegetación y desprovistas de combustible forestal hasta el suelo.
- Fajas auxiliares, fajas preventivas de defensa, es decir, bandas con desbroce, clareo del arbolado y poda del mismo, ubicadas principalmente junto a caminos, carreteras, perímetros de urbanizaciones y de núcleos urbanos.
- Áreas cortafuegos, áreas preventivas de defensa. Son de gran amplitud y en ellas se reduce la espesura arbórea.

BIBLIOGRAFÍA

Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco (2011). *Manual del Bombero. Control y Extinción de Incendios. 2.3 Incendios forestales*. <https://suhiltzaileak.araba.eus/es/manual-bomberos-bomberos>

CEIS Guadalajara (2015). *Manual de Incendios. Incendios de vegetación*. https://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_06_vegetacion/M1-Incendios-v6-06-vegetacion.pdf

Costa Alcubierre, P., Castellnou Ribau, M., Larrañaga Otxoa de Egileor, A., Miralles Bover, M., Kraus, P.D. (2011). La Prevención de los Grandes Incendios Forestales adaptada al Incendio Tipo. Unitat Tècnica del GRAF. Generalitat de Catalunya. https://interior.gencat.cat/web/.content/home/010_el_departament/publicacions/proteccio_civil/guia_la_prevenio_dels_grans_incendis_forestals_adaptada_a_l_incendi_tipus/docs/guia_la_prevenio_dels_grans_incendis_forestals_cast.pdf

Cuerpo Bomberos Comunidad de Madrid (2007). *Manual de Técnicas de intervención en Incendios Forestales*. Manual del CBCM.

Institut Valencià de Seguretat Pública i Emergències (2017). Manual Básico IVASPE para Bomberos de Nuevo Ingreso. Tema 3. Incendios Forestales: fuego de vegetación. <https://presidencia.gva.es/estatico/MANUAL%20BOMBEROS.pdf>

Junta de Extremadura. *Manual Básico del Bombero Forestal en Extremadura*. Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio.

López González, J.M. (2025) *Operaciones de Extinción en Incendios Forestales I y II*. CBCM.

The Emergency Program (2025). *TEP C1: Fundamentos del comportamiento del fuego*. <https://www.emerprogram.com/>