

METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN DE CAUSAS QUE PROVOCAN LOS INCENDIOS FORESTALES



Diciembre 2015

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS.	2
1.1.1. Causas estructurales.	2
1.2.1. Causas inmediatas.	3
1.2. LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.	5
2. EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN EL INCENDIO FORESTAL.	5
2.1. LOS COMBUSTIBLES FORESTALES.	5
2.1.1. Principales características del combustible.	7
2.1.2. Disponibilidad del combustible.	15
2.1.3. Asociaciones de combustibles.	15
2.2 LA COMBUSTIÓN.	23
2.2.1. Combustión del material leñoso.	23
2.2.2. Ignición.	24
2.2.3. Fases de la combustión.	25
2.3. MECANISMOS DE PROPAGACIÓN DEL CALOR.	28
2.3.1. Convección.	29
2.3.2. Radiación.	29
2.3.3. Conducción.	31
2.3.4. Emisión de pavesas o partículas en ignición.	32
2.4. PROPAGACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES.	34
2.4.1. Inicio del incendio.	35
2.4.2. Tetraedro del fuego.	35
2.4.3. Propagación del incendio.	36
2.4.4. Propagación del fuego en superficie.	36
2.4.5. El Combustible en la propagación inicial del fuego.	41
3. INVESTIGACIÓN DE CAUSAS QUE PROVOCAN LOS INCENDIOS FORESTALES.	50
3.1 BRIGADAS DE INVESTIGACION DE INCENDIOS FORESTALES.	50
3.2. PROCESO DE LA INVESTIGACION.	53
3.2.1 Notificación del incendio.	53
3.2.2. Recogida de datos históricos y meteorológicos.	53

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

3.2.3. Determinación de la geometría del incendio.....	55
3.2.4. Modelos geométricos de propagación.....	56
3.2.5. Aplicación del método de las evidencias físicas.....	56
3.2.6. Prueba personal	80
3.2.7. Relación entre la prueba material y personal.....	83
3.2.8. Establecimiento y validación de la hipótesis central de la causa del incendio.....	83
4. PREVENCIÓN DE INCENDIOS MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.	84
4.1. REGISTRO DE SITUACIONES DE PELIGRO	84
4.2. ELABORACIÓN DE LOS PLANOS DE CAUSALIDAD.....	86
5. INFORME TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA CAUSA DEL INCENDIO	86
5.1. PARTE TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	86
5.2. PARTE DE DENUNCIA.....	89
6. INSTRUCCIONES PARA EL PERSONAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.	90
7. SITUACIONES DE RIESGO	91
7.1. INTRODUCCIÓN.	91
7.2. MAPAS DE CAUSALIDAD DE INCENDIOS FORESTALES.	92
7.3. VALORACIÓN DE SITUACIONES DE RIESGO.	94
7.4. SITUACIONES DE RIESGO.....	96
7.4.1. Urbanizaciones en zonas forestales (Interfase).	97
7.4.2. Vertidos sólidos (Basureros).	100
7.4.3. Líneas eléctricas.	103
7.4.4. Vías de comunicación.....	106
7.4.5. Trabajos agropecuarios y forestales.....	107
7.4.6. - Áreas recreativas.....	108
7.5 LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y LA CONCILIACIÓN DE INTERESES.....	109
8. BIBLIOGRAFÍA.....	111

1. INTRODUCCIÓN.

El incremento en el número de Incendios Forestales durante los últimos años, ha provocado en la sociedad actual una opinión generalizada: el único camino para controlar este fenómeno y reducir los daños y la alarma social que provoca, es la prevención. La primera tarea para acabar con esta epidemia será por tanto determinar con certeza cuales son las causas reales que la provocan.

Generalmente se han apuntado condicionantes socioeconómicas de la población rural, factores biofísicos del clima y aspectos estructurales de las grandes ciudades, como posibles causas. Pero para los responsables de conservar la naturaleza y gestionar sus recursos, estas generalizaciones no sirven. Es preciso conseguir argumentos basados en información objetiva, tan detallada como sea posible, sobre las causas que verdaderamente están provocando los incendios en su zona de actuación, de forma que este conocimiento de la realidad haga posible la aplicación de soluciones específicas para problemas concretos.

¿Pero, como comenzar esta investigación? Hoy contamos con una herramienta que ha venido a dar respuesta a esta pregunta: **EL METODO DE LAS EVIDENCIAS FISICAS**. Esta técnica de investigación permite reconstruir la evolución de un incendio forestal, a través del estudio del comportamiento del fuego, hasta determinar su punto de origen y una vez en él, clasificar la causa que lo provocó e identificar al autor o al menos, sus motivaciones.

De esta manera se podrá desterrar definitivamente la mitología popular, que tradicionalmente ha relacionado el origen de los incendios forestales con oscuras y secretas motivaciones, lo que, además de desorientar a la opinión pública, ha privado de base a muchas de las acciones preventivas emprendidas, haciéndolas ineficaces.

En este apunte se encontrará los conocimientos necesarios para realizar la investigación y determinación de las causas que provocan los incendios forestales, así como los conceptos de la prevención basada en la investigación de causas y en el trabajo que realizan las Brigadas de investigación o de combate de los incendios forestales.

1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS.

Las causas de los incendios forestales, se dividen en dos tipos:

- **Estructurales:** Son las que dependen de factores intrínsecos del propio medio natural, es decir, condiciones permanentes, ecológicas y sociales.
- **Inmediatas:** Las que derivan de comportamientos antrópicos o de agentes naturales.

1.1.1. Causas estructurales.

Son de difícil modificación, a veces imposible, se pueden mencionar las siguientes:

- Características climáticas: Sequías, altas temperaturas estivales, fuertes vientos.
- Alta inflamabilidad de las especies vegetales asociadas a los tipos de ecosistemas, tanto las de procedencia natural como las introducidas por el hombre.
- Gran acumulación de cargas de combustible, a consecuencia de haber disminuido los volúmenes de extracción, por el cambio en los hábitos de la población rural.
- Uso extendido del fuego como herramienta tradicional en los trabajos agrícolas y ganaderos que, empleado incorrectamente, ocasiona la aparición de incendios (quema de pastos, rastrojos, residuos agrícolas).
- La asistencia masiva de población durante la época estival que, con carácter de esparcimiento se reúne en las zonas forestales y emplean negligentemente el fuego.
- El desconocimiento de la población de origen urbano sobre la especial fragilidad de los ecosistemas forestales ante un uso indebido del fuego, así como del conjunto de beneficios, tanto indirectos como directos, que la presencia del medio natural revierte sobre el desarrollo vital de las personas.
- Deficiente espíritu conservacionista de la población rural, consecuencia de la dificultad de entendimiento entre los intereses forestales, agrícolas y ganaderos, así como desconocimiento generalizado del beneficio que proporciona la cubierta vegetal estable.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Las características topográficas, que con fuertes pendientes y relieves abruptos, facilitan la propagación de los fuegos.
- Estacionalidad del fenómeno que impide, en algunos casos, el establecimiento permanente de estructuras especiales para su combate.
- Dispersión territorial de las zonas de peligro, lo cual encarece las inversiones de los sistemas de defensa y merma su eficacia.

1.2.1. Causas inmediatas.

Los incendios forestales originados por agentes naturales o derivados de comportamientos humanos son de tres tipos:

TIPO I. Originados por rayos

Son consecuencia de las tormentas secas, muy comunes durante el verano.

TIPO II. Originados por negligencias

Son los producidos por descuidos y actuaciones que no persiguen la aparición del incendio forestal.

En líneas generales son los originados por causas atribuibles a negligencias tales como:

- Quemadas de pastos.
- Quemadas en predios forestales.
- Quemadas en predios no forestales.
- Explotaciones forestales.
- Hogueras para comidas, luz y calor.
- Quemadas de residuos procedentes de trabajos silvícolas.
- Fumadores.
- Quemadas en basureros.
- Originados por máquinas agrícolas o forestales.

TIPO III. De origen Intencionado

Con carácter general podemos considerar que las venganzas y rencillas, por múltiples motivaciones, acaban manifestándose a través de incendios forestales. Entre las motivaciones más comunes cabe citar los provocados:

- Para ahuyentar animales que originan daños en cultivos y ganadería.
- Para expresar la inconformidad por el acotamiento de la caza.
- Intencionados para obtener caza.
- Por la disminución de las inversiones públicas en las zonas forestales.
- Para forzar los salarios derivados de la extinción y posterior generación de jornales para los trabajos de restauración.
- Como respuesta a las limitaciones y a los criterios de restricción derivada de las declaraciones de Áreas Naturales Protegidas.
- Por pirómanos, delincuentes y contrabandistas, bien por venganza entre ellos, o para distraer la atención de la fuerza pública.
- Por agitadores en busca de malestar e inconformidad social o política.

La complejidad que se desprende de lo indicado anteriormente, no hace fácil la obtención de resultados favorables únicamente con la aplicación de programas de planificación de protección contra incendios forestales, ya que los componentes que gobiernan este fenómeno están afectados por motivaciones de índole humana cuyas posibles correcciones son el resultado, a largo plazo, de la resolución de los problemas que generan estos fenómenos; campañas permanentes de educación ciudadana; concienciación de la magnitud del problema y de la conciliación de intereses en cada zona y para su causa concreta.

1.2. LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.

Para conocer la causa que ha provocado un incendio forestal es preciso localizar su origen, ya que en sus proximidades se encuentran las pruebas del mecanismo o hecho que lo ha iniciado. La investigación que nos va a permitir llegar hasta él, se basa en la reconstrucción de la evolución del incendio a través del análisis de la dinámica del fuego en el medio natural. Por tanto el investigador debe asimilar y utilizar los conocimientos relativos al comportamiento del fuego en el incendio forestal que se presentan en el capítulo 2.

Una vez localizado el punto de inicio, con la ayuda de Método de las Evidencias Físicas que se describe en el capítulo 3, y gracias a la interpretación de la información que proporciona será posible clasificar la causa que provocó el incendio.

2. EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN EL INCENDIO FORESTAL.

El fuego es resultado del proceso químico denominado combustión. Este fenómeno se produce cuando a un material combustible se le aplica calor en presencia de oxígeno. En nuestro entorno de trabajo los combustibles están representados por la cubierta vegetal, mientras que el oxígeno se encuentra en el aire en una proporción en volumen del 21%. El factor que falta para provocar la combustión, el calor, puede provenir de un hecho natural o antrópico.

2.1. LOS COMBUSTIBLES FORESTALES.

Se define como combustible toda materia de origen vegetal que puede arder.

Evidentemente la materia vegetal es siempre combustible, sin embargo su inflamabilidad varía con el contenido de humedad.

Las características de los combustibles dependen de:

Exposición. Los combustibles que se encuentran en exposición de sombra tendrán un mayor grado de humedad que los situados en las áreas descubiertas.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

La altitud sobre el nivel del mar. La altitud es un factor determinante en el desarrollo de la vegetación. Generalizando podemos señalar que la cantidad de combustible disminuye al aumentar la altitud.

La latitud. Que determina fundamentalmente el clima y por tanto el tipo de vegetación (combustible) que se desarrolla en el área.

El clima. Regula las condiciones ambientales, como son el régimen hídrico y la temperatura, y por tanto la cantidad de materia vegetal que puede existir.

El suelo. Sobre él crecerán distintas especies, según las características edáficas que lo identifiquen.

La edad de la vegetación (densidad y especie). Determinan en gran medida las características del combustible, que estudiaremos posteriormente.

Actividad y manejo anterior. Es decir, el aprovechamiento que se haya efectuado sobre la masa determinará la cantidad de combustible existente.

Desde el punto de vista de los incendios forestales, se establece una primera clasificación, según la **vitalidad** de los combustibles y su **ubicación** en el terreno.

Según su **vitalidad**, estos pueden ser:

Muertos:

- Ramas caídas
- Hojas secas
- Pasto seco, etc.

Vivos:

- Hierbas
- Matorrales
- Arbolado

Y según su **ubicación** distinguimos (**Fig. 1**)

Subterráneos: Raíces y otros materiales que se encuentran en el suelo mineral.

Superficiales: Compuestos por hojas, acículas, ramas, ramillas, arbustos o árboles jóvenes, troncos, etc. Todos aquellos combustibles que se encuentran por debajo de 1,5 m de altura sobre el suelo.

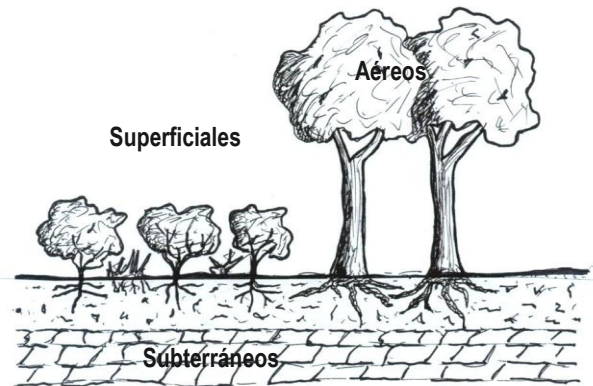


Fig. 1: Ubicación de los combustibles

Aéreos: Ramas, follaje, musgo, etc., que se encuentra por encima de 1,5 m de altura sobre el suelo.

2.1.1. Principales características del combustible.

Para poder describir adecuadamente los combustibles presentes en un lugar concreto, no sólo hay que tener en cuenta la clasificación de éstos en cuanto a vitalidad y ubicación, sino otra serie de características, que van a influir en su combustibilidad, y en definitiva en el comportamiento del incendio que los pudiese afectar.

Las **características principales del combustible** son ocho:

- Cantidad de combustible
- Tamaño y forma
- Compactación
- Continuidad horizontal
- Continuidad vertical
- Densidad de la madera
- Sustancias químicas
- Humedad del combustible

2.1.1.1. Cantidad

Se mide por la carga o peso de combustible seco por unidad de superficie (Kg./m², toneladas/Ha). Cuanta más cantidad exista, el incendio arderá con mayor intensidad. Aproximadamente, cuando el combustible disminuye a la mitad, la intensidad se reduce a la cuarta parte.

La cantidad de combustible varía bastante de un tipo de vegetación a otro, así tenemos:

Desierto: 0-3 t/Ha

Pasto y arbustos: 2 a 12 t/Ha

Matorrales: 20-100 t/Ha

Desechos de bosque: Aclareos 70 t/Ha. Explotación Hasta 250 t/Ha.

2.1.1.2. Tamaño y forma

El tamaño del combustible es importante ya que nos da la relación entre el área superficial de la partícula y su volumen. Por ejemplo un cubo de madera de un metro cúbico tiene seis caras de un metro cuadrado cada una, entonces el área superficial suma seis metros cuadrados. Su relación entre el área superficial y el volumen es igual a 6 m²/m³. Si partimos el cubo por la mitad, el volumen total no cambia, pero sí aumenta el área superficial. Ahora la relación área superficial/volumen será de 8 m²/m³, y por tanto mayor (Fig. 2).

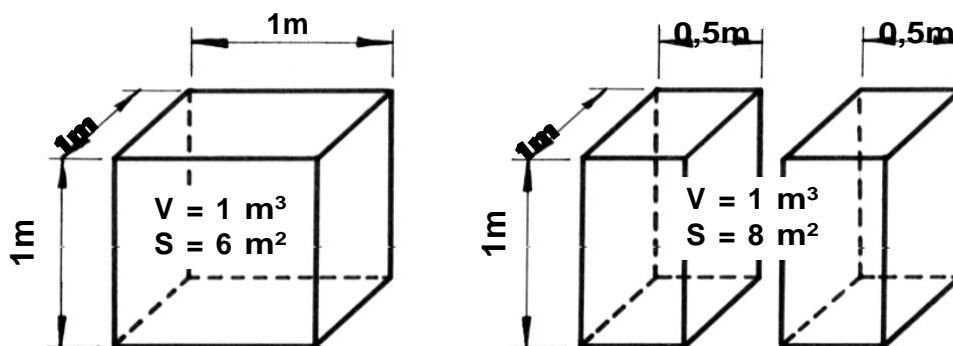


Fig. 2: Relación superficie / volumen

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Algunos ejemplos interesantes de la relación área superficial/volumen son:

- Ramilla de 13 mm de diámetro: $308 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Acículas de pino: $5,600 \text{ m}^2/\text{m}^3$
- Pasto: $6,000 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Toda el agua y el calor pasan por el área superficial. Se sabe que los combustibles finos tienen una alta relación área/volumen, por ello tendrán una superficie mayor a través de la cual:

- Absorben o expelen el agua cambiando rápidamente su humedad.
- Absorben calor desde los combustibles ardientes adyacentes. De esta forma alcanzarán más rápidamente su temperatura de ignición.

Los combustibles finos no sólo entran en ignición más fácilmente, sino que también arden muy deprisa y se suelen quemar casi por completo.

CLASIFICACION DEL COMBUSTIBLE EN FUNCION DE SU TAMAÑO	
Finos o ligeros	< de 5 mm de diámetro. Hojarasca, pasto, capa de descomposición, acículas de pino.
Regulares	5 - 25 mm de diámetro. Ramillas, tallos pequeños (arbustos).
Medianos	25 - 75 mm. Ramas
Gruesos o Pesados	> de 75 mm de diámetro. Fustes, troncos, ramas gruesas

Según esta clasificación, las partículas de una categoría dada ocasionan efectos semejantes en el comportamiento del incendio. Para evaluar esta influencia que ejerce el tamaño del combustible, es imprescindible saber la cantidad existente en cada categoría de tamaño.

La forma del combustible determina en gran medida la facilidad de éste para volar en forma de pavesas y originar focos secundarios del incendio.

2.1.1.3. Compactación

Es el espaciamiento entre las partículas del combustible. Dentro de una cantidad de combustible, determina qué porcentaje son partículas combustibles y que porcentaje es el aire que se encuentra entre ellas. Un combustible **más compacto**, tendrá menos cantidad de aire entre sus partículas, mientras que uno **menos compacto**, tendrá mayor cantidad de aire o de espacio entre las partículas que lo componen.

Por tanto la compactación afecta a:

- **La velocidad de secado:** Cuanto más espacio o aire haya, los combustibles se secan más rápidamente y viceversa.
- **La velocidad de propagación:** Al tener más aire, el fuego tiene más oxígeno para propagarse con mayor rapidez.

2.1.1.4. Continuidad horizontal

Es la distribución de los combustibles en el plano horizontal, factor principal en la propagación de un incendio, que va a definir hacia donde se propagarán las llamas e influirá en la velocidad que alcance éste.

Existe gran variedad de condiciones de continuidad, sin embargo bastará con reconocer dos clases:

Uniforme: No hay interrupción en el combustible. Las llamas se propagarán sin barreras (Fig. 3).

No uniforme: El combustible se encuentra de forma dispersa. Está rodeado de un área despejada o con vegetación no inflamable (Fig. 4).



Curso de Investigación de Causas de Incendios Forestales
Fig. 3: Continuidad horizontal uniforme

Fig. 4: Continuidad horizontal no uniforme

2.1.1.5. Continuidad Vertical

Es la distribución de los combustibles en el plano vertical. Influye en la probabilidad de que el fuego se transforme en un incendio de copas. Si los combustibles se encuentran en forma escalonada, hay gran continuidad vertical (**Fig. 5**). Por el contrario si el combustible está bien podado y además se limpia el monte de desechos, no hay continuidad vertical (**Fig. 6**).

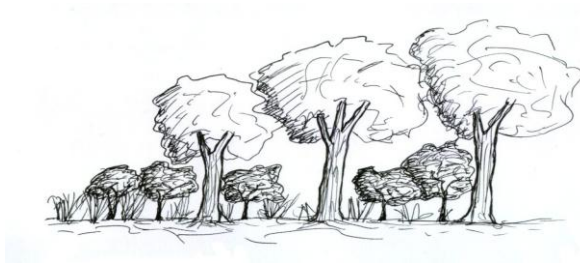


Fig. 5: Continuidad



Fig. 6: Discontinuidad

Su existencia produce la propagación del fuego a los distintos estratos. Un fuego superficial o incluso de subsuelo puede convertirse en aéreo, originándose un coronamiento (ignición esporádica de la copa de algún árbol) o un fuego de copas, cuando el viento, la topografía y la continuidad de las copas del arbolado, sean favorables a este fenómeno.

2.1.1.6. Densidad de la madera

Afecta a la capacidad calorífica, es decir al poder de la madera para absorber o ceder calor sin variar su temperatura.

La madera más densa, como por ejemplo la del roble, antes de encenderse absorbe más calor que una madera más liviana como la de pino.

Los combustibles con muy poca densidad, como los troncos y tocones podridos, tienen una capacidad calorífica muy baja. Por lo tanto no necesitan absorber mucho calor para que suba la temperatura hasta el punto de ignición, encendiéndose con mucha facilidad mediante una fuente de calor poco intensa.

2.1.1.7. Sustancias químicas

Algunos combustibles contienen ciertos materiales volátiles junto con la celulosa. Estas sustancias químicas, tales como aceites, ceras y resinas, hacen que el combustible que las contiene esté disponible bajo condiciones que no permiten arder a otros que no las poseen.

Las sustancias químicas pueden afectar a la intensidad lineal del fuego, la dificultad para realizar la liquidación, la velocidad de propagación, etc. Cuanto más alto sea el contenido en sustancias de este tipo, mayores serán la intensidad lineal y velocidad de propagación del incendio.

2.1.1.8. Humedad del combustible

Este es, quizá, el factor más importante a la hora de evaluar los combustibles. Infiuye en la probabilidad de que se inicie un incendio y en el comportamiento que este adoptará una vez que se haya producido.

Antes de que el combustible arda es necesario evaporar el exceso de humedad que contiene. Por lo tanto su humedad influye mucho en la cantidad de calor requerida para encenderlo.

La **humedad del combustible** se define *como la cantidad de agua presente en él, expresada como porcentaje de su peso seco.*

$$\frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100 = \text{Humedad del combustible (\%)}$$

La humedad del combustible puede variar casi desde 0% hasta más de 300%.

Los combustibles vivos, como los arbustos, árboles y pastos verdes, tienen una humedad muy elevada, de manera que pueden actuar como retardante del incendio. Por eso la relación entre combustible vivo y muerto es muy importante cuando se producen ciertas combinaciones en ellos.

Los combustibles muertos están continuamente intercambiando humedad con el medio ambiente. Este proceso depende en gran medida de la humedad relativa del aire, de

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

forma que siempre están tendiendo hacia la **humedad de equilibrio higroscópico**, que es la máxima humedad que puede alcanzar una partícula de combustible en un ambiente determinado.

La rapidez con que una partícula alcanza el contenido de humedad de equilibrio se denomina **tiempo de retardo**. *Este es el periodo requerido para perder aproximadamente el 63% de humedad, o 2/3 de la diferencia entre el contenido de humedad actual o inicial y el contenido de humedad de equilibrio.* Este tiempo depende principalmente del tamaño o grosor (es decir de la relación área superficial / volumen) de la partícula. Por experiencia se sabe que tarda más en secarse un tronco mojado que una hoja saturada.

En resumen, los combustibles ligeros llegan más rápidamente a estar en equilibrio con su ambiente que los más gruesos.

CLASIFICACIÓN DEL COMBUSTIBLE POR TAMAÑO Y TIEMPO DE RETARDACIÓN	
Categoría de Tamaño (mm)	Tiempo de Retardación
Finos o ligeros: < 5	1 HORA
Regulares: 5-25	10 HORAS
Medianos: 25-75	100 HORAS
Gruesos o Pesados: >75	1.000 HORAS

Los combustibles finos ganan y pierden humedad muy fácilmente. En contraste los gruesos son más lentos en este aspecto. Esto explica la razón por la que se puede dar un grave incendio en pasto unas pocas horas después de haber llovido. También es el motivo por el cual los troncos arden con mucha intensidad por la noche, mientras el pasto está demasiado mojado por el rocío.

El contenido de humedad del combustible varía mucho según las horas del día, y de un lugar a otro. En general, disminuye a lo largo de la temporada de incendios, en relación al número de días sin lluvias.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Los combustibles muertos se secan debido a las altas temperaturas y pocas lluvias. Se ha determinado, que cuando la humedad del combustible muerto baja a porcentajes entre el 12 y 25% está en disponibilidad para arder.

Los combustibles vivos también se secan. A medida que avanza el periodo de estiaje, el terreno se va secando por falta de lluvias, evaporándose el agua de las hojas de árboles y arbustos, que no se reemplaza.

En época de floración los vegetales vivos tienen un contenido de humedad superior al 300%. Durante la temporada de incendios puede bajar hasta el 80%. Cuando baja al 60% la vegetación viva está dispuesta a una conflagración de grandes proporciones.

Los factores que pueden ocasionar cambios en el contenido de humedad del combustible son:

1. Condición (vivo o muerto) del combustible
2. Estación del año
3. Temperatura del aire
4. Humedad relativa
5. Días sin lluvia
6. Grado de insolación (debido a su efecto sobre la temperatura y la humedad relativa)
7. Viento
8. Proximidad de combustibles ardientes
9. Exposición y pendiente (radiación recibida)

GUÍA PARA ESTIMAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS COMBUSTIBLES VIVOS	
Estado de Desarrollo de la Vegetación	Contenido de Agua (%)
Follaje tierno, plantas anuales desarrollándose, al principio del ciclo de crecimiento	300
Follaje madurando, todavía en desarrollo con turgencia plena	200
Follaje maduro, nuevo crecimiento completo y comparable al follaje perenne antiguo	100
Comienzo del reposo vegetativo y del cambio de color y algunas hojas que pueden haber caído del tallo	50
Completamente seco	< 30, combustible muerto

2.1.2. Disponibilidad del combustible.

Cuando se produce el incendio forestal no todo el material vegetal que existe arde y se consume; rara vez los combustibles más gruesos se encuentran totalmente carbonizados. En la mayoría de las ocasiones simplemente están sofamados. Esto indica que no todo el combustible que había en el incendio se encontraba en condiciones de arder, o lo que es lo mismo, no estaba disponible.

Por ello distinguimos entre:

Combustible total: Toda aquella materia vegetal que se encuentra en el lugar del incendio, ya sea viva o muerta.

Combustible disponible: Material que está en condiciones de arder y de consumirse en el incendio.

Combustible restante: Aquella fracción del combustible que no está disponible para quemarse y queda después del incendio. Probablemente no se haya quemado debido a su alta humedad (por estar vivo o mojado), por ser demasiado grande (troncos, tocones, etc.) o por estar fuera del alcance de las llamas.

La disponibilidad del combustible cambia según:

- La hora
- La época del año
- La ubicación (estrato)
- El tiempo atmosférico
- Las características de los Combustibles
- La intensidad del propio fuego

2.1.3. Asociaciones de combustibles.

Hasta el momento hemos considerado el combustible como una unidad funcional, estudiando sus características y los factores que afectan al combustible cuando se inicia el fuego. A continuación vamos a agruparlos en modelos estructurales que permitan conocer sus características globalmente.

2.1.3.1. Combustibilidad

Para que exista un incendio forestal no basta con que se inicie el fuego, sino que además debe haber propagación. Ésta será muy distinta dependiendo del tipo de vegetación que se esté quemando. El estudio de la propagación del incendio, en función del combustible que arde, es lo que se conoce como **combustibilidad**.

La combustibilidad puede analizarse por medio de modelos de combustibles estructurales identificables visualmente, en los que se puede predecir el comportamiento del fuego. Éste método, desarrollado por R. ROTHERMEL, considera que los combustibles forestales pueden agruparse en trece modelos distribuidos en cuatro grupos: **pasto, matorral, hojarasca bajo arbolado y desechos de corta**.

Cada modelo representa un tipo estructural de vegetación independientemente de las especies vegetales que lo compongan.

2.1.3.2. Modelos de combustibles

Las características que hay que analizar para identificar cada modelo son:

Combustible potencial, que puede ser:

- Pasto
- Matorral
- Hojarasca bajo arbolado
- Desechos o restos de corta

Combustible que probablemente propagará el fuego

En una zona arbolada abierta y donde existe pasto, la hojarasca será escasa; entonces en este caso el combustible que propagará el fuego es el pasto. Por tanto debemos elegir uno de los modelos de pasto (1, 2, 3). En esta misma superficie, si la hierba está muy dispersa o no existe, el propagador sería la hojarasca y deberíamos elegir uno de los modelos de hojarasca (8, 9) (ver descripción en páginas siguientes).

Altura y compactación general del combustible

Es la altura media y la distribución espacial del combustible.

Combustibles presentes y su influencia en el comportamiento del fuego

Éstos pueden ser:

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Verdes o muertos
- Gruesos o finos
- Sanos o descompuestos
- Existencia de ramillas, tienen o no hojas etcétera.

A continuación se efectúa una descripción de cada uno de los trece modelos de combustible:

GRUPO DE PASTIZALES

MODELO 1

Características del combustible: El pasto tiene una estructura fina, generalmente con una altura inferior al nivel de la rodilla, seco o casi todo muerto. Es prácticamente continuo, con muy poco matorral o arbolado presente, cubriendo menos de un tercio del área. Las praderas naturales con hierbas anuales y las dehesas, son ejemplos típicos.

Propagación: La propagación del incendio está gobernada por los combustibles herbáceos finos, que están secos o casi secos.

Comportamiento del fuego: El incendio se propagará rápidamente por el pasto seco y materiales agregados. Cantidad de combustible (materia seca)=1-2 t/ha.

MODELO 2

Características del combustible: Pastizal con presencia de matorral o arbolado claro, que cubren más de un tercio de la superficie, sin llegar a dos tercios. Combustible formado por el pasto seco, hojarasca y ramillas caídas del matorral.

Propagación: Se da a través de los combustibles herbáceos finos.

Comportamiento del fuego: Fuego superficial, la hojarasca y ramillas caídas desde el matorral o arbolado contribuyen a aumentar la intensidad del fuego. Si existen acumulaciones dispersas de combustibles, estas provocarán intensidades más altas y emisión de pavesas. Cantidad de combustible (materia seca) = 5 - 10 Tm/ha.

MODELO 3

Características del combustible: El pasto tiene una estructura gruesa. Es espeso y alto (alrededor de 1 m.). Resulta difícil caminar a través de él. Un tercio o más del pasto debe

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

estar seco. Los campos de cereales sin cosechar, las praderas naturales altas y herbazales de lugares encharcados son representativos de este modelo.

Propagación: El elemento propagador es el pasto, se producen elevadas velocidades de propagación bajo la influencia del viento.

Comportamiento del fuego: Los fuegos en este combustible, son los de mayor intensidad dentro del grupo de "pastizales". El viento provoca que el fuego avance por la parte superior de la hierba, saltando incluso zonas encharcadas. Cantidad de combustible (materia seca) = 4 - 6 t/ha.

GRUPO DE MATORRALES

MODELO 4

Características del combustible: Matorral o arbolado joven, muy denso, de unos dos metros de altura. Con continuidad horizontal y vertical del combustible. Además del follaje inflamable hay abundancia de combustible leñoso muerto (ramas), sobre las plantas vivas.

Propagación: El fuego se propaga por las copas del matorral que forman un estrato continuo.

Comportamiento del fuego: Son fuegos rápidos y con grandes llamas. La presencia de material leñoso contribuye a elevar la intensidad del incendio. La humedad del combustible vivo tiene gran importancia en el comportamiento del fuego. Puede existir una densa capa de hojarasca que dificulte los esfuerzos de extinción. Cantidad de combustible (materia seca) 25 - 35 t/ha.

MODELO 5

Características del combustible: Matorral denso pero bajo, con una altura menor de 0'6 metros. Cargas ligeras de hojarasca debajo del mismo. El matorral es joven, con poco material muerto y el follaje poco volátil. La superficie se encuentra prácticamente cubierta por él mismo.

Propagación: El incendio se mueve por los combustibles superficiales, integrados por: hojarasca esparcida por el matorral, pasto y otras herbáceas del sotobosque.

Comportamiento del fuego: Los fuegos no son muy intensos, debido a que las cargas de combustible son ligeras, y la mayoría del combustible está vivo. Cantidad de combustible (materia seca) = 5 - 8 t/ha

MODELO 6

Características del combustible: Matorral más viejo que en el modelo anterior, alturas entre 0,6 y 1,2 metros. Los combustibles vivos son más escasos y dispersos. Un amplio rango de condiciones de matorral son cubiertas por este modelo. Aquí se pueden considerar, a los desechos de corta secos de frondosas.

Propagación: El incendio se propaga a través del follaje del matorral, que es más inflamable que en el modelo 5.

Comportamiento del fuego: Con vientos flojos, el fuego descenderá al suelo y discurrirá por la hojarasca. Se requieren vientos más fuertes (13 Km/h a media llama) para que el fuego se propague por la capa de matorral. La velocidad de propagación esperada y la intensidad lineal del fuego (longitud de llamas), es de moderada a alta. Cantidad de combustible (materia seca) = 10 - 15 t/ha.

MODELO 7

Características del combustible: Matorral inflamable de 0.6 a 1.2 metros de altura, generalmente bajo cubierta de arbolado.

Propagación: El incendio se propaga a través de la superficie del suelo y del estrato de matorral con igual facilidad.

Comportamiento del fuego: El incendio puede desarrollarse con contenidos más altos de humedad del combustible muerto que en los otros modelos, debido al alto grado de inflamabilidad de los combustibles vivos. Cantidad de combustible (materia seca) = 10 - 15 t/ha

GRUPO DE “HOJARASCA BAJO ARBOLADO”

MODELO 8

Características del combustible: Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas. La hojarasca forma una capa compacta al estar formada por acículas cortas (< 5 cm.), como masas de *Pinus sylvestris* o por hojas planas no muy grandes, como la de *Fagus sylvatica*. La capa superficial formada fundamentalmente por hojas y algunas ramillas, existiendo poco matorral o vegetación herbácea en el sotobosque.

Propagación: La capa superficial de hojarasca compactada es el agente propagador.

Comportamiento del fuego: Son fuegos superficiales, que arden con alturas pequeñas de llama. Las acumulaciones esporádicas de combustible pesado, originan llamaradas. Únicamente bajo condiciones atmosféricas adversas (temperaturas altas, bajas humedades relativas y vientos fuertes), los combustibles pueden volverse peligrosos. Cantidad de combustible (materia seca) = 10 - 12 t/ha.

MODELO 9

Características del combustible: Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas, se diferencia del modelo 8 en que forma una capa más esponjada y con mucho aire interpuesto. Está formada por las acículas largas de los pinos, (masas de *Pinus pinaster*), o por hojas grandes y rizadas, como son las de los robles (*Quercus pyrenaica*, *Quercus robur*, etc.) o las de los Castaños (*Castanea sp.*).

Propagación: El incendio se propaga más rápidamente por la hojarasca superficial que en modelo 8, y con una longitud de llama mayor.

Comportamiento del fuego: Los vientos de velocidad alta, producen velocidades mayores de propagación que las mencionadas anteriormente.

Esto es debido al efecto de emisión de pavesas que se produce. Las concentraciones de material leñoso muerto, provocarán la inflamación esporádica de algunas copas de los árboles (coronación), la creación de focos secundarios e incendios de copas. Los incendios de otoño en frondosas, son ejemplos muy representativos. Cantidad de combustible (materia seca) = 7- 9 t/ha.

MODELO 10

Características del combustible: Capa superficial con grandes cantidades de combustible muerto, que incluyen un porcentaje importante de ramas de 7.5 cm. o más de diámetro, producto de la extra madurez o de algún suceso natural (nieve, viento, etc.). Los combustibles gruesos están bien distribuidos sobre el área. Puede estar presente algún combustible vivo. La altura total del combustible es menor que el nivel de la rodilla, aunque existan algunos más altos.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Cualquier tipo de bosque, puede considerarse dentro de este modelo, si existe gran cantidad de combustible pesado muerto en el suelo. Por ejemplo: bosques infectados por enfermedades o insectos, o con gran cantidad de árboles derribados en el suelo, bosques extra maduros con material leñoso caído, desechos de antiguos aclareos ligeros o cortas parciales.

Propagación: Se produce a través de los combustibles superficiales y del suelo, arden con mayor intensidad que en los otros modelos de "Bosque".

Comportamiento del fuego: El incendio de copas, focos secundarios y coronación de árboles individuales, son más frecuentes en este modelo que en los restantes. Estos incendios plantean serias dificultades en el control. Cantidad de combustible (materia seca) = 30 - 35 t/ha.

GRUPO DESECHOS O RESTOS DE CORTA

MODELO 11

Características del combustible: Restos ligeros (diámetro < 7.5 cm.) recientes (0 a 3 años) de tratamientos silvícolas o aprovechamientos, formando una capa poco compacta de poca altura (30 cm.). Los combustibles vivos, si existen, juegan un papel muy significativo. Estos restos provienen de operaciones de aclareo o cortas parciales, las operaciones a tala rasa producen más desechos que los indicados anteriormente. La carga de material menor de 7.5 cm. de diámetro es inferior a 25 t/ha.

Propagación: El propagador del fuego son los desechos, pero debe existir hojarasca y materiales finos que ayuden a conducir el fuego.

Comportamiento del fuego: El incendio será muy activo en los desechos y en el material fino (hojas, ramillas, hierba) mezclado. El espaciamiento del combustible (de carga ligera), la sombra de las copas o la edad de los combustibles finos contribuyen a limitar la intensidad del fuego. Cantidad de combustible (materia seca) = 25 - 30 t/ha.

MODELO 12

Características del combustible: Desechos que cubren totalmente el terreno (carga más grande que en el modelo 11). Es posible que existan algunas zonas del suelo desnudo o

cubierta ligeramente. La altura media de los restos es de 0.6 m, y no se encuentran excesivamente compactados. La mitad de las hojas pueden estar adheridas a las ramas (pero no secas). Los combustibles vivos, si existen, no se espera que afecten al comportamiento del fuego. La impresión visual es que dominan los desechos de menos de 7.5 cm. de diámetro. La carga total es de menos de 80 t/ha. Rodales de coníferas con aclareos fuertes, cortas a hecho y cortas parciales intensas, se encuentran representadas en este modelo.

Propagación: El propagador son los restos, que conducen el fuego rápidamente y con alta intensidad, siendo capaces de generar pavesas.

Comportamiento del fuego: Cuando el incendio comienza, se propaga de forma continua hasta encontrar una barrera cortafuego o un cambio en el tipo de combustible. Cantidad de combustible (materia seca) = 50 - 80 Tm/ha.

MODELO 13

Características del combustible: Los desechos forman una capa continua (carga más pesada que en el modelo 12), no excesivamente compactada y con una altura media de 1 m. La mitad de las hojas están todavía adheridas a las ramas y son verdes. Los combustibles vivos no afectan al comportamiento del fuego. La carga de desechos está dominada por material de diámetro superior a 7,5 cm. Los desechos de menos de 7,5 cm de diámetro representa el 10 % de la carga total, que puede exceder de las 450 t/ha. Cortas a hecho o parciales en masas maduras y sobremaduras se pueden incluir aquí.

Propagación: El incendio discurre por la capa de desechos. Se propaga rápidamente por los combustibles finos y la velocidad disminuye cuando los combustibles gruesos comienzan a arder.

Comportamiento del fuego: Se producen incendios de gran intensidad, en los que las llamas duran mucho tiempo y se generan pavesas de distinto tamaño, contribuyendo a la creación de focos secundarios cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables. Cantidad de combustible (materia seca) = 100-150 t/ha.

2.2 LA COMBUSTIÓN.

La **combustión** es una reacción exotérmica autoalimentada con presencia de combustible en fase, sólida, líquida o gaseosa. El proceso está generalmente (aunque no siempre) asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz. Normalmente, los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder. A veces un sólido puede arder directamente en forma de incandescencia o rescoldos. La combustión de una fase gaseosa generalmente se produce con llama visible. Una combustión confinada con una súbita elevación de la presión constituye una explosión.

Hay circunstancias en las que intervienen reactivos en los que la combustión se puede dar sin oxígeno. Así los hidrocarburos pueden “quemarse” en atmósfera de cloro o el polvo de circonio puede arder en dióxido de carbono puro.

2.2.1. Combustión del material leñoso.

La materia vegetal (combustible), que reacciona en este proceso, está compuesta esencialmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Al aplicarle un foco de calor externo con suficiente energía para alcanzar la temperatura de ignición y en presencia de oxígeno se produce la siguiente reacción:



Donde:

Q: Es la energía.

h: Porcentaje de humedad

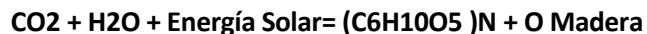
De la energía precisa para la combustión una parte se disipa en el ambiente, provocando los efectos térmicos derivados del fuego. El resto calienta a más productos combustibles aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe, originando una reacción en cadena.

En este proceso se desprende una cantidad de energía equivalente a 2,772 Kcal., lo que supone 4,855 Kcal/Kg de material leñoso en una combustión completa. El 15% de esta cantidad es irradiada al exterior, produciendo el calentamiento de la masa de aire y de los combustibles próximos.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

El resto es calor latente de combustión, empleado por el propio material para autoalimentar la reacción y aumentar la temperatura de las fases de combustión.

Se explicará este fenómeno en otras palabras. Antes de lograr la combustión, debemos contar con el cuerpo, el cuerpo de nuestro trabajo es toda materia vegetal, viva o muerta (combustibles forestales), como la “Madera” o “Celulosa” (Carbohidratos). Estos se producen por un fenómeno vital de la vida, la Fotosíntesis: dióxido de carbono más agua, más energía solar, produce una cadena de azúcares o celulosa, en términos muy básicos, más oxígeno. Se fija energía lentamente y produce celulosa.



La Combustión es la relación a la inversa con respecto a la fotosíntesis.

Celulosa más oxígeno, más la temperatura de ignición o una temperatura adecuada, para estimular el proceso. Esto produce o desprende energía (calor), más dióxido de carbono, más H₂O.



Es decir, que tenemos “Desprendimiento de calor.... producido por la combustión....” y eso es la definición del fuego.

2.2.2. Ignición.

La ignición constituye el fenómeno que inicia la combustión autoalimentada. La ignición, producida al introducir una pequeña llama externa, chispa o brasa incandescente, constituye la denominada ignición provocada. Si la ignición no la provoca ningún foco externo se denomina auto-ignición.

La temperatura mínima que necesita alcanzar una sustancia para inflamarse representa su temperatura de ignición. Generalmente la temperatura de ignición provocada en una sustancia es mucho menor que la temperatura de auto-ignición.

Para que las moléculas de combustible y oxígeno puedan reaccionar químicamente produciendo calor, hay que excitarlas de forma que alcancen un cierto estado de actividad. Esta actividad puede ser provocada por otras moléculas excitadas por una llama o chispa

cercana, o elevando la temperatura general. Si la cantidad de combustible y oxígeno es suficiente y el número de moléculas excitadas es adecuado, la ignición adopta la forma de reacción en cadena, dado que la velocidad de producción de moléculas activadas supera la tasa de desactivación.

Una vez iniciada la ignición, continuará hasta consumir todo el combustible u oxidante, o hasta que la llama se apague por enfriamiento, por disminución del número de moléculas excitadas o por otras causas.

2.2.3. Fases de la combustión.

Para describir los distintos fenómenos físicos y químicos existentes en los incendios, analizaremos en la ignición, combustión y eventual extinción de un tronco de madera en una situación típica, por ejemplo una chimenea.

La combustión no ocurre con cualquier calor porque es un proceso de tres fases, las cuales son: el Pre calentamiento, la Combustión de los Gases y la Combustión del Carbón.

Fase de pre calentamiento

Al someterse el combustible a una fuente de calor: sol, las llamas, se acerca al punto de ignición (100° C a 200° C) Varía de un combustible a otro. El calor expelle la humedad del combustible y eso requiere una alta cantidad de energía. Comienza la generación de los gases hidrocarburos, no hay llamas.

Entonces al aplicar un foco de calor exterior al tronco de madera, experimentará un calentamiento inicial por radiación. Conforme la temperatura superficial se va aproximando a la de ebullición del agua, la madera empieza a desprender gases, principalmente vapor de agua. Estos gases contienen muy poco o nulo vapor combustible, pero al incrementarse la temperatura y sobrepasar la ebullición del agua (100°C), el proceso de desecación avanza hacia el interior de la madera.

Al continuar el calentamiento y acercarse a la temperatura de 300°C, se aprecia una modificación del color, visualización de la pirolisis que se inicia debida a la descomposición química que surge de la materia por efecto del calor. Al pirolizarse la madera, desprende

gases combustibles y deja un residuo carbonoso negro, denominado carbón vegetal. La pirolisis profundiza en la madera a medida que el calor continúa actuando.

Inmediatamente después de comenzar la pirolisis activa, la madera produce rápidamente suficientes gases combustibles como para alimentar una combustión en fase gaseosa. Sin embargo, para que surja la combustión hace falta una llama o algún foco que produzca moléculas químicamente activas en cantidad suficiente para alcanzar la ignición provocada (Fig. 7).

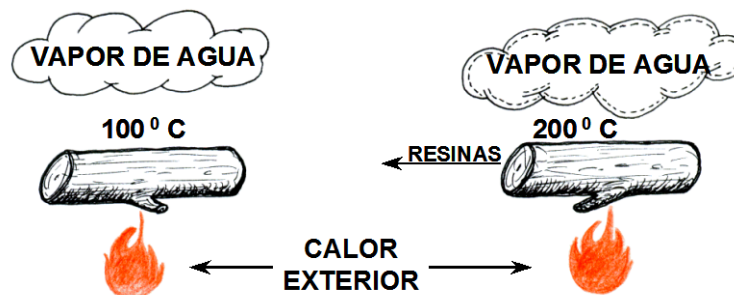


Fig. 7 Fase de precalentamiento

Fase de la combustión de los gases

La temperatura se sitúa alrededor de 300° C. Aparecen las llamas, encima del combustible. Arden sólo los gases. Con la ignición se acelera el proceso de combustión y precalentamiento. La temperatura continúa subiendo hasta 600°-1,000° C. Se desprende humo, formado por gases no quemados, dióxido de carbono y vapor de agua.

Una vez producida la ignición, una llama difusora cubre rápidamente toda la superficie pirolizada y evita su contacto con el oxígeno. Entre tanto, la llama calienta la superficie del tronco y produce un aumento en la velocidad de la pirolisis.

Si retiramos el foco original que proporciona el calor radiante después de producirse la ignición, la combustión continuará siempre que el material leñoso sea lo bastante fino (> 2 cm). En caso contrario las llamas se apagan, ya que la superficie del tronco pierde demasiado calor por radiación y conducción hacia el interior. Una superficie, de madera o de material aislante paralelo y contiguo, situado frente al tronco inflamado, puede captar y devolver gran parte de la pérdida debida a la radiación superficial, de modo que el tronco

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

continúe ardiendo aún cuando se retire el foco inicial de calor. Lo dicho anteriormente explica porqué no podemos quemar un solo tronco en una chimenea, sino varios capaces de captar las pérdidas de calor radiante los unos de los otros. (Fig. 8)



Fig. 8: Fase de combustión de los gases

Fase sólida o de combustión del carbón

La madera arde, quedan las cenizas, las cuales son sustancias minerales que no arden.

El grosor de la capa carbonizada aumenta al continuar la combustión. Dicha capa, que posee buenas propiedades de aislante térmico, limita el caudal de calor que penetra en el interior de la madera, reduciendo la intensidad de la pirolisis hasta que no se pueda mantener la combustión de la fase gaseosa. El oxígeno del aire que entra en contacto con la capa carbonizada, facilita que continúe la combustión incandescente, siempre y cuando las pérdidas de calor radiante no sean demasiado elevadas. (Fig. 9).

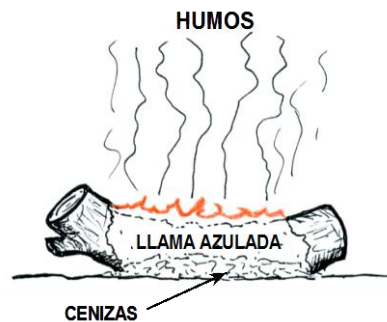


Fig. 9: Fase de combustión del carbón

RESUMEN DEL PROCESO DE COMBUSTION		
TEMPERATURA (°C)	PROCESO	FASE
<100	Secado del material leñoso, desprendimiento de vapor de agua hasta la deshidratación completa.	PRECALENTAMIENTO
100 - 270	Destilación del material leñoso, desprendimiento de gases combustibles. Emisión de CO ₂	
270 - 350	Presencia de monóxido de carbono. Inicio de carbón vegetal. Desprendimiento energético >300 Kcal / Kg.	COMBUSTION DE LOS GASES
350 - 500	Continúa la combustión	
500 - 800	Agotamiento de los gases, combustión lenta del carbón vegetal.	COMBUSTION DEL CARBON
800 - 1200	Combustión completa	

2.3. MECANISMOS DE PROPAGACIÓN DEL CALOR.

La transferencia de calor determina la ignición, combustión y extinción de la mayoría de los incendios.

En el mundo científico, el calor se propaga de tres formas. En el mundo de los incendios forestales hay que añadir una más, las pavesas (chispas) rodantes o volantes.

El calor se transmite por uno o varios de los tres métodos siguientes:

- Convección
- Radiación
- Conducción

2.3.1. Convección.

Es la transferencia de calor, por una columna de partículas de aire calentado (calentadas por el mismo incendio), que se mueve hacia arriba en una dirección determinada por el viento. En un medio fluido circulante - gas o líquido - el calor se transmite por convección.

Así, en una habitación calentada por una estufa, el calor generado es distribuido al aire inmediato por conducción. La circulación del aire caliente por toda la habitación se produce por convección, transmitiéndose a los objetos por conducción. El aire caliente se expande y se eleva, y por esta razón la transferencia de calor por convección ocurre en sentido ascendente, aunque puede conseguirse que las corrientes de aire lo transfieran por convección en muchas direcciones, por ejemplo, utilizando un soplador o en el caso del incendio forestal por la fuerza del viento.

Por lo tanto en el incendio forestal se distinguen dos tipos de convección:

Convección natural: movimiento ascendente del aire caliente debido a la diferencia de densidades.

Convección forzada: movimiento del aire caliente provocado por una velocidad impuesta (en este caso el viento).

La acción conjunta de la convección forzada más la natural, provoca en los incendios forestales el fenómeno de emisión de partículas en ignición, a través del aire, a cierta distancia del origen de producción. Aunque la mayoría de los textos sobre incendios no la citan como una cuarta forma de transmisión del calor, su importancia merece que se profundice en este tema para estudiarla con el suficiente rigor.

2.3.2. Radiación.

Es la transferencia de calor, que corre en líneas rectas sin desplazar ni calentar el aire, a través del espacio a la velocidad de la luz.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

En la radiación, la energía que se desplaza a través del espacio o de los materiales en forma de ondas electromagnéticas, como la luz, las ondas de radio, o los rayos X. Todas las ondas de la energía radiante circulan en el vacío a la velocidad de la luz. Al tropezar con un cuerpo son absorbidas, reflejadas o transmitidas. La luz visible abarca longitudes de onda entre 0.4 y 0.7 micras (violeta al rojo). Las emisiones resultantes de un proceso de combustión ocupan principalmente la región del infrarrojo (longitudes de onda superiores a la longitud de onda del rojo). Nuestros ojos ven sólo el 10 % de la radiación emitida en el espectro visible.

En los fuegos pequeños, como por ejemplo el originado por una vela, la mayor parte del calor abandona la zona de combustión por convección. Sin embargo en los incendios de grandes dimensiones se liberan cantidades de energía aproximadamente iguales por convección y radiación. La energía irradia es más peligrosa porque la superficie próximas (combustibles vegetales) absorben mucha de la radiación que incide sobre ellas (entran en la fase de precalentamiento), mientras que la mayoría de la energía generada por la convección fluye a lo largo de la columna de convección creada por un chorro de gases.

La energía radiante avanza en línea recta. Lógicamente el calor recibido de un foco pequeño será menor que el recibido por una superficie irradiante grande, siempre que los focos emitan la misma energía por unidad de superficie.

Se pierden los efectos rápidamente, por ejemplo: Un foco ó fogata: varía inversamente, con el cuadrado de la distancia; por ejemplo: a un metro de una fogata, una unidad y a los dos metros, un cuarto de unidad. Un frente de llamas: varía inversamente, con la distancia; por ejemplo: línea de control (1 metro de frente comparado a dos metros). Otro ejemplo es el calor de una estufa. La radiación como la convección penetra solo apenas fracciones de centímetros.

El calor radiante pasa libremente por los gases formados por moléculas diatómicas simétricas, como el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno, pero es absorbido por las partículas en suspensión, tales como el humo, y en bandas de menor longitud de onda, por moléculas asimétricas como el CO₂, H₂O, CO y SO₂. El vapor de agua y el dióxido de carbono, pueden

absorber grandes cantidades de radiación a gran distancia de grandes fuegos. Esto ayuda a explicar por qué los incendios forestales son menos peligrosos los días en que hay gran humedad. Además como las gotitas de agua absorben casi todas las radiaciones infrarrojas incidentes, las nieblas o pulverizaciones de agua son atenuadoras eficaces de las radiaciones.

Cuando dos cuerpos se sitúan frente a frente y uno tiene mayor temperatura que el otro, la energía radiante pasa del más caliente al más frío hasta que los dos alcancen la misma temperatura (es decir, el equilibrio térmico). La capacidad de absorción de calor radiado está en función de la clase de superficie del cuerpo más frío. Si la superficie receptora es brillante o pulida, reflejará gran parte del calor radiante; si es negra u oscura, absorbe la mayor parte del calor. Los materiales que no son metálicos, en la práctica, resultan negros a las radiaciones infrarrojas, aunque sometidos a la radiación visible y permiten su paso con absorción mínima; sin embargo, tanto el agua líquida como el vidrio son opacos para la mayor parte de las longitudes de onda infrarrojas. El principio del funcionamiento de los invernaderos de cristal y de los paneles solares reside en que son transparentes a la radiación visible del sol, mientras que, al mismo tiempo, son opacos a la radiación infrarroja que intenta salir de ellos. Los materiales metálicos brillantes son reflectores excelentes de la energía radiante.

2.3.3. Conducción.

Es la transferencia de calor por contacto a través de las moléculas de un cuerpo sólido: Este proceso es más importante en sólidos que en líquidos o gas. La madera no conduce bien el calor, por lo que no es de mayor importancia en la propagación inicial de un incendio.

En otras palabras es la transferencia de calor por contacto directo entre dos cuerpos. La cantidad de energía térmica transferida por conducción, está en función de la temperatura y de la conductancia de la zona de contacto. La conductancia depende de las conductividades térmicas, de la sección transversal perpendicular a la trayectoria de conducción y de la longitud de esa trayectoria. La magnitud de la transferencia térmica es por lo tanto, simplemente, la cantidad de calor por unidad de tiempo, mientras que el flujo

de calor es la cantidad de calor por unidad de área de la sección transversal por la unidad de tiempo.

La conducción de calor a través del aire u otros gases es independiente de la presión, dentro del margen normal de presiones.

La conducción de calor no puede impedirse con ningún material termoaislante. En este aspecto el flujo de calor no puede compararse con el agua, que puede detenerse por medio de una barrera sólida.

Debido a la estructura de la materia vegetal (baja conductividad de la madera), la conducción no es una forma de transmisión del calor demasiado importante en los incendios forestales.

2.3.4. Emisión de pavesas o partículas en ignición

Es el término que describe el transporte de un punto de ignición (chispas). Las provocadas por convección: pavesas volantes; las provocadas por topografía fuerte: pavesas rodantes y saltantes.

El personal de extinción sabe que el trabajo de muchas horas e incluso días para controlar un incendio, puede no dar los frutos deseados por la producción de focos secundarios, que sobrepasan la línea de defensa que tanto sufrimiento ha costado construir. A veces la emisión de estas partículas llega incluso a poner en serio riesgo la vida de los combatientes.

En todos los incendios, como consecuencia de la pirolisis, se desprenden trozos de combustible en ignición (que a partir de ahora denominaremos genéricamente como "pavesas"), que pueden ser transportadas a cierta distancia de su origen. La emisión de partículas en ignición, así como que éstas puedan provocar un nuevo foco depende de tres factores:

- La fuente u origen de la emisión.
- La distancia a la que pueden ser transportadas.
- La probabilidad de ignición de los combustibles sobre los que caen.

Dependiendo de la fuente de producción de partículas, ésta puede dar lugar a varios tipos de emisión:

Emisión a corta distancia: Las partículas son producidas por el frente del incendio que avanza, y son transportadas a corta distancia delante de él. Cuando caigan podrán o no producir la ignición del combustible. En el caso de que se produzca la ignición, el frente alcanza al nuevo foco antes de que éste se constituya en un incendio nuevo que se desarrolla y avanza de forma independiente. No existe un método para conocer cómo afecta esta emisión a la velocidad de propagación del frente. De todas formas, esta deficiencia no afecta demasiado a las predicciones hechas por los distintos métodos, ya que todas ellas suponen, que el combustible es uniforme y continuo. La emisión de partículas a corta distancia puede compensarse con las discontinuidades naturales del combustible.

La diferencia entre emisión a corta y a larga distancia no está muy clara, en cuanto al valor de la propia distancia, para clasificarlas en uno u otro tipo. Más bien depende de si las partículas son elevadas y transportadas a un área cercana, que previamente ha sido precalentada y que en poco tiempo es recorrida por el frente principal.

Emisión a larga distancia: Como su propio nombre indica, las partículas son transportadas más allá del frente del incendio, donde producen nuevos focos que se desarrollan y avanzan independientemente del incendio original. Existen dos formas para que las partículas puedan ser transportadas, más allá del frente de fuego y que están en función del tamaño de la partícula:

- **Partículas pequeñas:** pueden ser elevadas por una fuerte columna de convección, en donde son suspendidas por el viento predominante hasta iniciar su caída. Las partículas pueden ser elevadas desde uno o más árboles que el fuego haya coronado, a través de una acumulación de combustible superficial que produzca suficiente convección vertical para elevar la partícula, o por un remolino o torbellino de fuego. La baja densidad de las partículas hace que puedan ser arrastradas a largas distancias, pero lo más probable es que apaguen antes de alcanzar el suelo.

- **Partículas de gran tamaño:** pueden ser elevadas por un remolino de fuego y ser enviadas fuera del área del incendio. El tamaño de estas partículas puede alcanzar los 7 cm de diámetro y un metro de longitud, cuando la energía del remolino es grande. Se forman en días de gran inestabilidad atmosférica y en presencia de una zona de bajas presiones, como la que constituye un incendio forestal. Las partículas, que tienen forma redondeada son transportadas hasta el vértice del remolino y depositadas sobre la superficie cuando éste pierde energía.

Consideraciones importantes:

- Cuando se habla de propagación, normalmente se refiere a un fenómeno que ocurre básicamente rápido.
- La conducción es demasiado lenta para actuar en la propagación inicial pero hay que considerarla más adelante.
- Las pavesas en una conflagración son el mecanismo más importante en el avance.
- Esto nos trae a las características del comportamiento y sus definiciones.

2.4. PROPAGACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES.

Para que se produzca el incendio forestal se necesitan la conjunción de una serie de circunstancias que favorezcan el inicio y la posterior propagación del mismo. Estas son:

- Suficientes combustibles finos, vivos y muertos, con una distribución espacial continua.
- Combustibles con un contenido de humedad bajo, que acelera la velocidad de propagación.
- Presencia de un medio de ignición: el calor.

En función de la distribución del combustible la propagación será:

- Subterránea: cuando el fuego se encuentra debajo de la superficie.
- Superficial: cuando el fuego se encuentra sobre la superficie.
- De copas: cuando el fuego se propaga por las copas del matorral o los árboles.

El desarrollo y tamaño del incendio vendrán condicionados por los factores externos, como la meteorología (viento, humedad, temperatura) y topografía (pendiente), que así mismo podrán dificultar la eficacia de las tareas de extinción.

2.4.1. Inicio del incendio.

El inicio del incendio está determinado por la inflamabilidad del combustible, que varía con el contenido de humedad del mismo, y es el tiempo transcurrido hasta la emisión de gases inflamables, cuando el combustible es sometido a la acción de un foco de calor externo constante. La temperatura de inflamación es aquella en la cual los vapores emitidos por el combustible se inflaman por la acción del foco de calor externo. Esta temperatura oscila entre los 250 °C y los 450 °C, ya que depende mucho del contenido de humedad del combustible.

2.4.2. Tetraedro del fuego.

La representación gráfica del proceso que da inicio al incendio forestal (y a cualquier otro tipo de incendio) se conoce como tetraedro del fuego. Esta concepción añade una nueva dimensión al concepto clásico del triángulo del fuego: los mecanismos que originan la reacción en cadena.

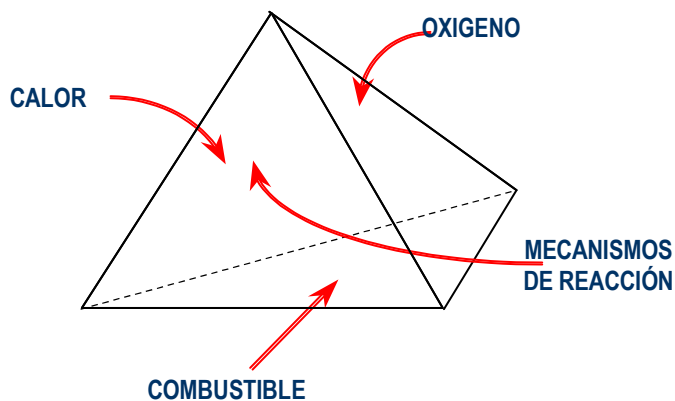


Fig. 10. Tetraedro del fuego

De la energía requerida para la combustión, una parte se disipa en el ambiente provocando los efectos térmicos derivados del fuego. El resto calienta a más productos combustibles aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe, originando una reacción en cadena.

2.4.3. Propagación del incendio.

La **propagación del incendio** es la forma en que se transmite el calor a los combustibles cercanos, provocando la ignición de éstos, de forma que aportan una mayor energía a la reacción de combustión.

La velocidad de propagación es aquella con que avanza el frente de reacción, es decir, la velocidad con que se mueve el fuego en la zona que separa la parte no destruida por la pirolisis, de los productos de la reacción. Según sea la velocidad de propagación existen cuatro tipos de combustión:

Oxidación lenta: La energía desprendida es disipada al medio sin producir aumento local de la temperatura. Ej.: La oxidación del hierro, amarilleado del papel.

Combustión simple: La velocidad de propagación es menor a un metro por segundo y apreciable visualmente. Ej. Incendio forestal.

Combustión deflagrante: La velocidad de propagación es superior a 1 m/seg. e inferior a la velocidad del sonido en el medio. Es una combustión súbita con llama a baja velocidad de propagación, sin explosión.

Combustión detonante: La velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido en el medio.

Las dos últimas se corresponden con mezclas químicas de líquidos y gases, explosiones, etc. Aunque en algunos incendios forestales especialmente intensos, se pueden producir combustiones deflagrantes.

2.4.4. Propagación del fuego en superficie

Un fuego que se inicie en condiciones estables, esto es, sin viento, en terreno llano y con combustibles uniformes y continuos; tendrá una propagación en forma circular, ya que

el calor se transmite a todos los puntos equidistantes por igual debido a la radiación. Una llama genérica transmite calor por radiación en forma de “ v ”, dependiendo de la diferencia de temperaturas y de la composición del material combustible. (Fig. 11)

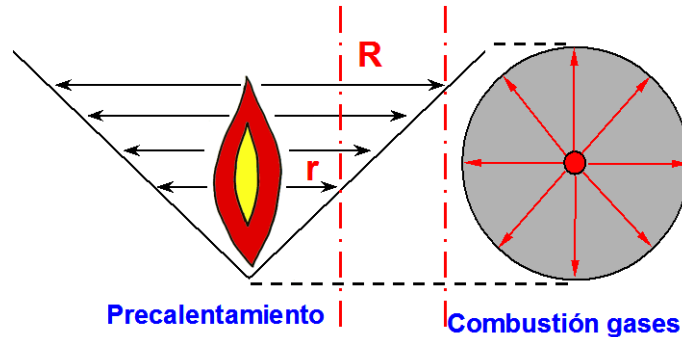


Fig. 11. Propagación del fuego en superficie

2.4.4.1. Efecto del viento

El viento produce una inclinación de la llama que provoca una mayor radiación en la dirección de avance del viento y por tanto que los combustibles más próximos a ella entran antes en ignición (Fig. 12).

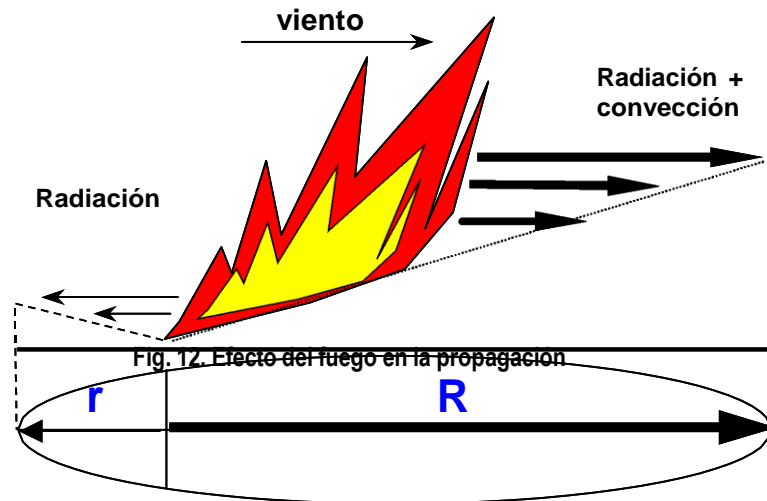


Fig. 12. Efecto del viento en la propagación

A medida que el tamaño de la superficie afectada aumenta se empieza a distinguir un frente y una cola. El frente genera mayor cantidad de energía ya que la emisión de calor que se produce no es sólo por radiación, sino también por convección (Fig. 13).

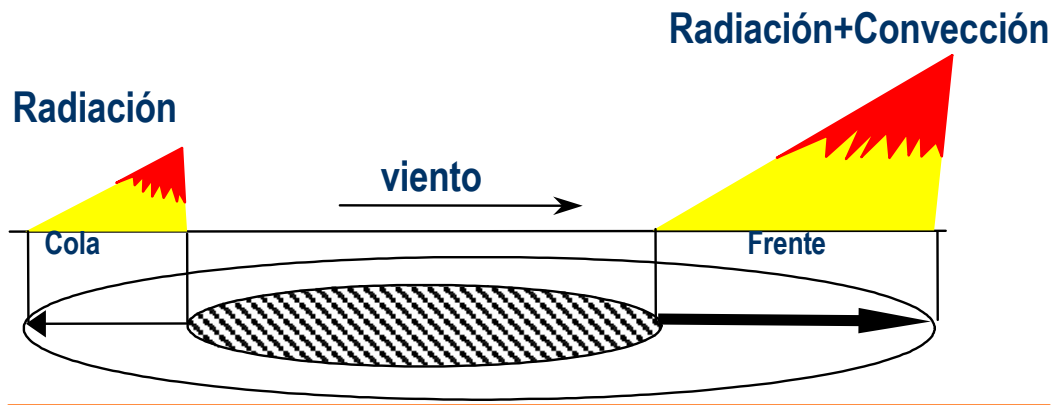


Fig. 13: Formación de frente y cola

2.4.4.2. Efecto de la pendiente

La pendiente, también produce una inclinación de la llama produciendo un efecto similar al producido por el viento. De forma que en la zona a favor de pendiente el calor es transmitido por radiación y convección, en mayor medida que en el lado opuesto. Esto es debido a que existe más superficie de contacto y esta se encuentra más próxima (Fig. 14).

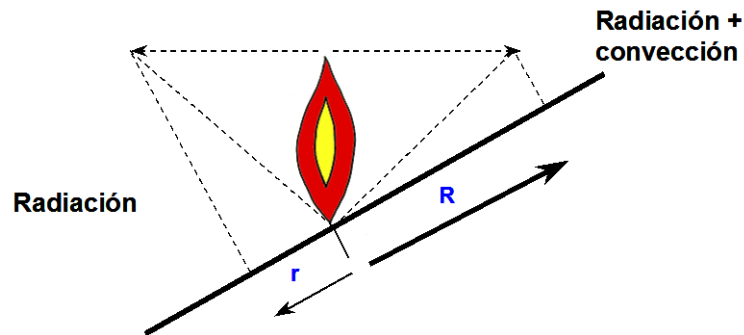


Fig. 14: Efecto de la pendiente

La acción doble de viento y pendiente acentúa aún más la mayor transmisión de calor en el frente del incendio, provocando que los combustibles que estén por encima del fuego alcancen más rápidamente la temperatura de ignición.

2.4.4.3. Acción conjunta de viento y pendiente

En el desarrollo del incendio forestal, influyen además de la estructura de la vegetación, el viento y el relieve del terreno. Sin embargo la disposición de las plantas sobre

el terreno frena al viento, y favorece o perturba el movimiento del aire caliente originado por el incendio.

El fuego es sostenido por los combustibles que se encuentran sobre el suelo. Por tanto, la velocidad que ha de considerarse al predecir el avance del fuego es la correspondiente a la baja altura (<2 m). Sobre un incendio en un pastizal el viento no es frenado por ningún obstáculo, de forma que el incendio avanza a la máxima velocidad en función del relieve. Aun así, el rozamiento sobre la hierba hará que el viento no supere el 60% de la velocidad que lleva en altura (por encima de 10 m) Por el contrario dentro del arbolado cerrado, el viento cae hasta el 10% de su velocidad en altura.

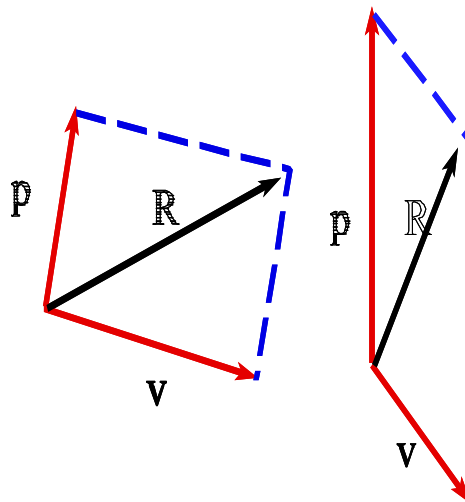
A media ladera, aunque el bosque este cerrado, el viento penetra más fácilmente que al pie de la misma, por lo que los combustibles del suelo deben considerarse sólo parcialmente cubiertos.

En cambio, en las cumbres el arbolado es apenas un obstáculo y los combustibles se pueden considerar expuestos.

El viento favorece en general la propagación del fuego, aunque pueda frenarla si sopla hacia lo quemado. Lo mismo ocurre con el relieve, cuando sube pendiente arriba favorece la propagación, y hacia abajo la amortigua.

De forma cuantitativa los efectos combinados del viento y la pendiente se suman y actúan favoreciendo la velocidad de propagación del incendio. La dirección de propagación que toma el desarrollo del incendio en función de la intersección de estos dos factores es la siguiente:

- Si el viento sopla directamente a favor de la pendiente con una incidencia de $\pm 30^\circ$ se suma al efecto de la pendiente.
- En el caso de que el viento sea cruzado sobre la pendiente, la dirección de propagación se estima asimilando viento y pendiente a vectores, y la dirección de propagación será la resultante de esa suma de vectores.



2.4.4.4. Geometría del incendio

La superficie afectada por la propagación del incendio sigue formas geométricas bien distintas en función de los factores que intervienen en la propagación:

- Combustibles
- Pendiente
- Viento

Un incendio que se desarrolle sobre terreno llano y en combustibles uniformes y continuos, la propagación seguirá una forma circular.

Cuando existe un factor (como viento o pendiente, o la acción conjunta de ambos) la forma que adopta el incendio sobre combustibles homogéneos es una forma elíptica u oval. Vientos fuertes o elevadas pendientes tienden a estirar la forma de la elipse que representa la superficie del incendio.

En base a la incidencia de los tres factores que influyen en la geometría del incendio se distinguen ocho geometrías genéricas, que permiten una buena estimación para la localización del punto de inicio del incendio forestal (**Fig.15**).

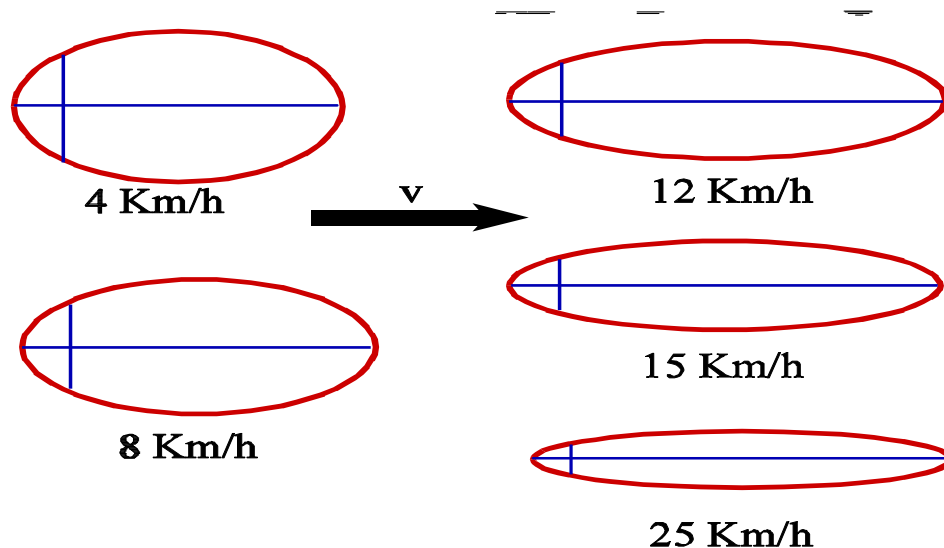


Fig. 15. Efecto del viento en la geometría del incendio

2.4.5. El Combustible en la propagación inicial del fuego.

Uno de los factores que más influyen en la producción de un incendio y la posibilidad de propagación de este en los primeros momentos, es la **Humedad del Combustible Ligero Muerto**.

Para que un combustible entre en ignición, hace falta aplicarle calor en cantidad suficiente, por lo que cuanto más húmedo esté, hará falta más calor, ya que parte de éste se gasta en evaporar esa humedad.

Cuando se produce un fuego, el combustible que arde en primer lugar es el **Combustible Ligero Muerto**, el cual además va a ser su principal propagador.

El combustible ligero muerto es aquel que pertenece a la categoría de tamaño de 0 a 5 mm de diámetro, y tiene un tiempo de retardo de 1h.

Cuando la humedad del combustible ligero muerto supera el 15 %, es muy difícil que se propague un fuego para convertirse en incendio. Si la humedad del combustible ligero muerto, está entre un 10 - 15 % aún resulta difícil esta circunstancia. La probabilidad irá subiendo según disminuya la humedad, la cual nunca bajará de un 2 %.

Hay investigaciones de incendios en las que este factor puede ser concluyente a la hora de validar un medio como originador del incendio (por ejemplo las colillas o chispas de trenes).

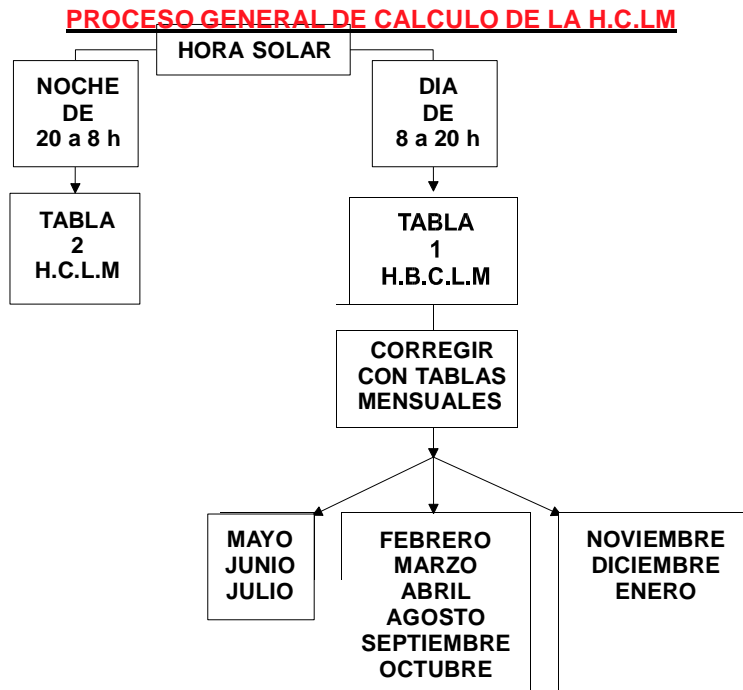
El cálculo de la Humedad del Combustible Ligero Muerto (H.C.L.M), consta de dos partes:

- - **Toma de datos**
- - **Proceso de cálculo con tablas**
- **Toma de datos:** Los datos necesarios para el cálculo, son de tipo meteorológico y fisiográfico:
 - Nombre del lugar
 - Temperatura en ° C
 - Humedad relativa del aire en %
 - Mes de la medición
 - Grado de sombreado o exposición del combustible
 - Hora solar
 - Exposición del terreno
 - Pendiente del terreno en %

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- **Proceso de cálculo con tablas:** El proceso de cálculo, se efectúa con dos tipos de tablas, la que da el dato de la HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO, y el resto que corrigen ésta en función de las variables del lugar (pendiente, exposición, grado de sombreado, mes y hora).

Si la hora a la que vamos a calcular la H.C.L.M está comprendida entre las 20:00 y las 8:00, se utiliza la tabla número 2, cuyos datos además no necesitan corrección.



Estas tablas fueron publicadas por el ICONA en su Manual de operaciones contra Incendios Forestales, 1993, tomadas a su vez del Manual de Línea del Combatiente del USDA Forest Service, 2008.

Según se observa en el esquema anterior, en primer lugar se utiliza la Tabla 1 o la Tabla 2, en función de la hora del día.

Para manejar cualquiera de estas dos tablas, se necesitan dos datos:

- La Temperatura ambiente en $^{\circ}\text{C}$
- La Humedad relativa del aire en %

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Una vez que disponemos de ellos, hay que buscar en el lado izquierdo el intervalo en el que se encuentre el dato de temperatura y en las columnas en la parte de arriba de la tabla, el intervalo en el que se incluye la humedad relativa obtenida.

Cruzando la fila de la temperatura con la columna de la humedad relativa, obtendremos la **Humedad Básica del Combustible Ligeramente Muerto (H.B.C.L.M)** o la **Humedad del Combustible Ligeramente Muerto (H.C.L.M)** según utilicemos la tabla 1 o la tabla 2.

3 TABLA 1: HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO (H.B.C.L.M.)

DIA: DE 8:00 A 20:00 Horas (Día)

Humedad Relativa del Aire %

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95

2 ↓ 100
4 9 14 19 24 29 34 39 44 49 54 59 64 69 74 79 84 89 94 99

1 Temperatura °C	< 0	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	9	10	11	12	12	13	13	14
	0 - 9	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9	9	10	10	11	12	13	13	13
	10 - 20	1	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13
	21 - 31	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
	32 - 42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
	> 42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	12

Ejemplo: Con los siguientes datos obtener la lectura de la **Humedad Básica del Combustible Ligeramente Muerto (H.B.C.L.M)**:

- Temperatura 27°C
- Humedad relativa 38%
- Hora: 17:30 Hora (Día)

Solución: Utilizamos la Tabla **1.5% de H.B.C.L.M**

Asimismo, si hemos calculado la H.B.C.L.M, (medición que se efectúa entre las 8:00 y las 20:00 horas), deberemos calcular la corrección de este dato utilizando para ello las tablas mensuales. Para ello se siguen los siguientes pasos:

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- a. - Localizar la tabla correspondiente al mes de la medición
- b. - Elegir el bloque de combustibles Expuestos o Sombreados
- c. - Determinar la exposición geográfica del terreno. Recordar que el terreno llano se considera como exposición Sur.
- d. - Determinar la pendiente del terreno.
- e. - Hora solar.

Cruzando los datos de exposición y pendiente con la columna horaria que corresponda, se obtiene el factor que hay que sumar al obtenido en la Tabla 1.

CORRECCIÓN DE LA H.B.C.L.M.								
(Noviembre-Diciembre-Enero)								
Día: de 8:00 a 20:00 horas (Día)								

EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

Expuesto. Menos del 50 % de los combustibles en sombra	N	0-30 %	5	4	3	3	4	5	
		+ 30 %	5	5	5	5	5	5	
	E	0-30 %	5	4	3	3	4	5	
		+ 30 %	5	4	3	2	5	5	
	S	0-30 %	5	4	3	2	4	5	
		+ 30 %	5	3	1	1	3	5	
	W	0-30 %	5	4	3	3	4	5	
		+ 30 %	5	5	4	2	3	5	

Sombreado. Más del 50 % de los combustibles en sombra								
EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

TODAS	TODAS	5	5	5	5	5	5	
-------	-------	---	---	---	---	---	---	--

TERRENO LLANO = EXPOSICIÓN SUR								
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Ejemplo: Siguiendo con el ejemplo utilizado en la tabla 1, disponemos de los siguientes datos:

- Mes de Noviembre
- Combustibles sin sombra
- Exposición este
- Pendiente del 12 %
- Hora 17:30 (al no ser una hora exacta, se elige el dato más próximo y que de mayor grado de seguridad)

Solución: al dato obtenido en la tabla 1, hay que sumarle **5** de forma que para que este caso la H.C.L.M. es de **5 + 5 = 10%**.

Para tener una mayor facilidad de cálculo y registro de la H.B.C.L.M, se utiliza un cuadro en el que se reflejan tanto los datos del lugar de medición como los obtenidos de las tablas.

ESTIMACION DE LA HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO		
a. NOMBRE DEL LUGAR	EJEMPLO 1	EJEMPLO 2
b. TEMPERATURA SECA	27	
c. HUMEDAD RELATIVA	38	
d. HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO (Tabla 1 o Tabla 2)	5	
e. MES	NOVIEMBRE	
f. COMBUSTIBLE EXPUESTO O SOMBREADO	EXPUESTO	
g. HORA SOLAR	17:30	
h. EXPOSICION DEL TERRENO	ESTE	
i. PENDIENTE	12	
j. VALOR DE LA CORRECCION (Tablas Mensuales)	5	
VALOR DE LA HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO (Sumar fila d + j)	10	

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

2.4.5.1. Tablas para el cálculo de la H.C.L.M

A. Tabla 1. Obtención de la H.B.C.L.M. entre las 08:00 y las 20:00

TABLA 1: HUMEDAD BASICA DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO (H.B.C.L.M.)

DIA: DE 8:00 A 20:00 Horas (Solar)

Humedad Relativa del Aire %

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
 ↓ 100
 4 9 14 19 24 29 34 39 44 49 54 59 64 69 74 79 84 89 94 99

Temperatura °C	< 0	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	8	9	9	10	11	12	12	13	13	14
	0-9	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9	9	10	10	11	12	13	13	13
	10-20	1	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12	12	13
	21-31	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
	32-42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	13
	> 42	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	8	9	10	10	11	12	12	12

B. Tabla 2. Obtención de la H.C.L.M. entre las 20:00 y las 08:00

TABLA 2: HUMEDAD DEL COMBUSTIBLE LIGERO MUERTO (H.C.L.M.)

NOCHE: DE 20:00 A 8:00 Horas (Solar)

Humedad Relativa del Aire %

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95
 ↓ 100
 4 9 14 19 24 29 34 39 44 49 54 59 64 69 74 79 84 89 94 99

Temperatura °C	0-9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	11	11	12	13	14	16	18	21	24	25+	25+
	10-20	1	2	3	4	5	6	6	8	8	9	10	11	11	12	14	16	17	20	23	25+	25+
	21-31	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13	15	17	20	23	25+	25+
	32-42	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	13	14	16	19	22	25	25+
	> 42	1	2	3	3	4	5	6	6	9	9	9	9	10	11	12	14	16	19	21	24	25+

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

C. Tablas mensuales. Obtención de la Corrección H.C.L.M.

entre las 08:00 y las 20:00

CORRECCIÓN DE LA H.B.C.L.M. (Noviembre-Diciembre-Enero) Día: de 8:00 a 20:00 horas (solar)								
EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

Expuesto. Menos del 50 % de los combustibles en sombra	N	0-30 %	5	4	3	3	4	5	
		+ 30 %	5	5	5	5	5	5	
	E	0-30 %	5	4	3	3	4	5	
		+ 30 %	5	4	3	2	5	5	
	S	0-30 %	5	4	3	2	4	5	
		+ 30 %	5	3	1	1	3	5	
	W	0-30 %	5	4	3	3	4	5	
		+ 30 %	5	5	4	2	3	5	

Sombreado. Más del 50 % de los combustibles en sombra								
EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

TODAS	TODAS	5	5	5	5	5	5	
-------	-------	---	---	---	---	---	---	--

TERRENO LLANO = EXPOSICIÓN SUR

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

CORRECCIÓN DE LA H.B.C.L.M.
(Febrero-Marzo-Abril-Agosto-Septiembre-October)
 Día: de 8:00 a 20:00 horas (solar)

EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

Expuesto. Menos del 50 % de los combustibles en sombra	N	0-30 %	4	2	1	1	2	4	
		+ 30 %	4	3	3	3	3	4	
	E	0-30 %	4	2	1	1	2	4	
		+ 30 %	3	1	1	2	4		
	S	0-30 %	4	2	1	1	2	4	
		+ 30 %	4	2	1	1	2	4	
	W	0-30 %	4	2	1	1	2	4	
		+ 30 %	5	4	2	1	1	3	

Sombreado. Más del 50 % de los combustibles en sombra

EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

N	TODAS	5	5	4	4	5	5	
E	TODAS	5	4	4	4	5	5	
S	TODAS	5	4	4	4	4	5	
O	TODAS	5	5	4	4	4	5	

TERRENO LLANO = EXPOSICIÓN SUR

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

CORRECCIÓN DE LA H.B.C.L.M.
(Mayo-Junio-Julio)
 Día: de 8:00 a 20:00 horas (solar)

EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

Expuesto. Menos del 50 % de los combustibles en sombra	N	0-30 %	3	4	0	0	1	3	
		+ 30 %	4	2	1	1	2	4	
	E	0-30 %	2	1	0	0	1	4	
		+ 30 %	2	0	0	1	3	5	
	S	0-30 %	3	1	0	0	1	3	
		+ 30 %	3	1	1	1	1	3	
	W	0-30 %	3	1	0	0	1	3	
		+ 30 %	5	3	1	0	0	2	

Sombreado. Más del 50 % de los combustibles en sombra

EXPOSICIÓN	PENDIENTE	HORA SOLAR						
		8	10	12	14	16	18	20

N	TODAS	5	4	3	3	4	5	
E	TODAS	4	4	3	4	4	5	
S	TODAS	4	4	3	3	4	5	
O	TODAS	5	4	3	3	4	4	

TERRENO LLANO = EXPOSICIÓN SUR

3. INVESTIGACIÓN DE CAUSAS QUE PROVOCAN LOS INCENDIOS FORESTALES.

La Investigación de las causas de los incendios forestales tiene como objetivo localizar su punto de inicio, para determinar qué tipo de actividad lo ha provocado, e identificar las situaciones de riesgo que puedan hacer que este suceso se repita en el futuro en esa misma zona.

El punto de inicio se localiza a través de la lectura de los vestigios dejados por el fuego en su avance. Este proceso de investigación se denomina **METODO DE LAS EVIDENCIAS FISICAS (M.E.F)**.

La determinación del punto de inicio nos permitirá buscar y si existen obtenerlas, pruebas materiales del medio de ignición iniciador del incendio.

Estas, junto con las evidencias físicas, humanas y las declaraciones de los testigos, hacen posible que podamos:

- Reconstruir la evolución del incendio desde su inicio.
- Conocer y clasificar la causa que lo provocó.
- Identificar al autor del incendio, relacionando los hechos con las pruebas y testimonios obtenidos.

La investigación de causas de los incendios es un proceso que debe seguirse escrupulosamente. El método aquí propuesto tiene, como característica principal, la objetividad. Se basa en la localización de los hechos y las pruebas halladas durante su desarrollo. Aunque en algún caso pueda convertirse en tedioso, largo o sin solución, se debe seguir sin prestar atención a conclusiones subjetivas. Se buscarán los hechos presentes, que son los que van a dar la solución del problema.

3.1 BRIGADAS DE INVESTIGACION DE INCENDIOS FORESTALES.

Los equipos de investigación de las causas que provocan los incendios forestales, están formados por, al menos, tres personas, las cuales tiene las siguientes funciones:

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- **Encargado de la prueba material:** Su trabajo consiste en la delimitación del área de inicio, su validación. La determinación del punto de inicio y la búsqueda del medio de ignición.

- **Encargado de la prueba personal:** Su tarea principal es recoger información de los medios de extinción presentes, testigos, y circunstancias del lugar (propiedad, uso del suelo, propiedad de los colindantes, etc.).

- **Coordinador:** Su tarea es integrar la información material y testimonial, evaluar los indicadores de actividad, y responsabilizarse del equipo.

Los tres miembros, evalúan finalmente la información, y redactan el informe técnico de la investigación.

Tan importante como la existencia de los equipos de investigación es la de la figura de un coordinador de todos ellos, cuya misión va a ser evaluar toda la información de los incendios investigados, determinar las tendencias de causalidad, informar a los responsables de la política de incendios acerca de los resultados obtenidos, y asesorar en cuanto a las acciones a tomar para prevenir situaciones ahora conocidas, causantes de incendios.

Asimismo esta figura ha de servir de nexo entre los distintos equipos, manteniendo el nivel de conocimientos parejo, marcando las líneas de trabajo y de acción.

El perfil tipo del investigador ha de ser el de una persona capaz de controlar la tensión que se produce en un incendio forestal, dominando la situación y de desarrollar la investigación con orden y aptitud. Los profesionales de la extinción son excelentes investigadores debido a su conocimiento práctico del comportamiento del fuego en los incendios forestales.

Estos equipos se denominan **Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (B.I.I.F)** y realizan, dentro de su zona de actuación, las siguientes funciones:

- a. - Determinación de las causas que provocan los incendios forestales.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

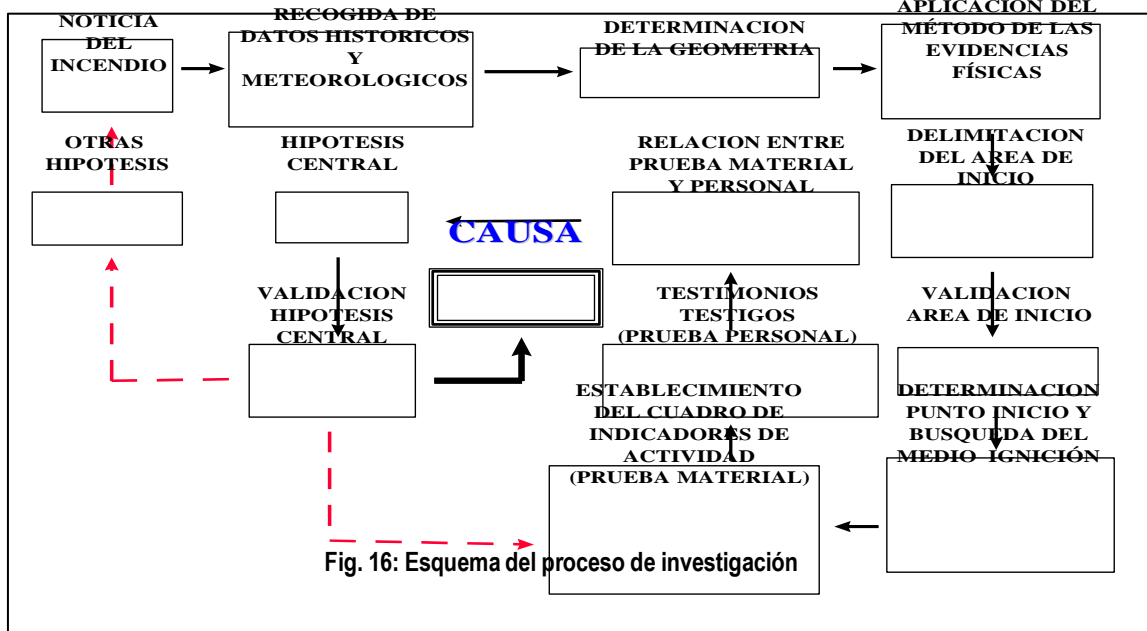
- b. - Identificación de las situaciones de riesgo, que representan un peligro potencial, y del control de las acciones tomadas para evitarlas, así como de la eficacia de estas.
- c. - Divulgación a la población de las técnicas de prevención más adecuadas a cada situación de riesgo concreta.

Los investigadores disponen de una serie de herramientas para realizar su trabajo, que se transportan en una pequeña maleta. Estos son:

- 1 - Equipo meteorológico portátil.**
- 2 - Banda señalizadora.**
- 3 - Cuerda fina y resistente.**
- 4 - Cinta métrica.**
- 5 – Brújula.**
- 6 - Cámara de fotos.**
- 7 - Vídeo (opcional).**
- 8 - Regla de plástico o testigo de escala.**
- 9 - Hojas de papel.**
- 10 – Sobres.**
- 11 – Lupa.**
- 12 - Banderines de señalización (rojos, blancos y amarillos).**
- 13 - Regla de madera (medida aprox. 50 cm.).**
- 14 – Imán.**
- 15 - Bolsas de plástico y botes de cristal para muestras.**
- 16 – Pinzas.**
- 17 – Navaja.**
- 18 – Espátula.**

3.2. PROCESO DE LA INVESTIGACION.

Para conocer porqué y quién ha provocado un incendio, se abre una investigación. Ésta comienza con la noticia misma del incendio y sigue con un complejo proceso, finalizado el cual, los investigadores podrán determinar la causa del mismo. (Fig. 16)



3.2.1 Notificación del incendio.

El equipo de investigación de causas, debe permanecer en contacto permanente y directo con la red de detección de incendios forestales, siendo avisado inmediatamente de todas las alarmas que se produzcan dentro de su zona de actuación.

Una vez confirmado el incendio, se anotarán la fecha y hora del aviso, así como los datos de la persona que dio la alarma (domicilio, teléfono, etc.) pues puede que sea el único testigo del que se disponga para interrogar.

3.2.2. Recogida de datos históricos y meteorológicos.

Una vez localizado el lugar donde se encuentra el incendio, se solicitarán a la central de operaciones los siguientes datos:

- Serie histórica de incendios en la zona y sus causas

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Datos meteorológicos de días anteriores y del momento del incendio

Durante el transporte al lugar de los hechos debe observarse lo que lo rodea y analizar si todo lo que se encuentra está de acuerdo con lo esperado. Todas las observaciones realizadas de camino hacia el incendio se anotarán. Registrando lo referente a personas, accesos, vehículos, huellas, etc. también se anotarán las posibles modificaciones ocasionadas por las labores de extinción durante el primer ataque, confirmando esto con la consulta a los medios que efectuaron este trabajo.

Se tomará nota de todos los movimientos de la brigada, así como de aquellos hallazgos que sean útiles. Todas las notas tomadas durante la investigación se caracterizarán por ser:

Legibles: Tanto por la brigada como por cualquier persona que precise consultarlas. Deberán contener palabras completas para evitar malas interpretaciones.

Sintéticas: Se utilizarán frases cortas, evitándose las descripciones extensas y rebuscadas, que pueden confundir al lector.

Descriptivas: Se utilizarán palabras que describan con exactitud lo que se está viendo. Muchas veces conviene realizar un pequeño croquis o dibujos que acompañen a las descripciones.

Exactas: Las notas relativas a horas, fechas, avisos, nombres, lugares, descripciones físicas de vehículos y propiedades, condiciones atmosféricas, matrículas, DNI, etc. deben recogerse con exactitud y venir representada su localización en un croquis.

Discretas: No se puede transmitir a nadie opiniones o conclusiones personales y por tanto no se incluirán nunca en las notas.

Se tendrá presente que estas notas y los informes realizados pueden ser utilizados en procedimientos judiciales, por lo que se ha de ser cuidadoso con no hacer juicios de valor. En caso necesario pedir asesoramiento a un experto en leyes y en los mecanismos judiciales.

Además es muy importante que la actitud del investigador nunca sea descuidada ni apresurada, evitando reflejos tales como fumar y tirar la colilla, mover objetos descuidadamente, tener actitudes y presencia poco profesional, etc.

Nada más producirse la llegada de la brigada de investigación al incendio, esta procederá a identificar a las personas y vehículos que se encuentran en sus proximidades del incendio y en la zona de inicio de este.

Es fundamental realizar una selección de las personas presentes, con el objeto de determinar su interés como testigos. Igualmente se entrevistará al denunciante si se encuentra en el lugar de los hechos.

3.2.3. Determinación de la geometría del incendio.

Cuando el incendio investigado es de pequeñas dimensiones, de forma que el investigador pueda observar directamente todo su perímetro, será fácil estudiarlo en su totalidad hasta determinar el área donde se inició, dentro de la cual encontraremos el correspondiente punto o puntos de inicio.

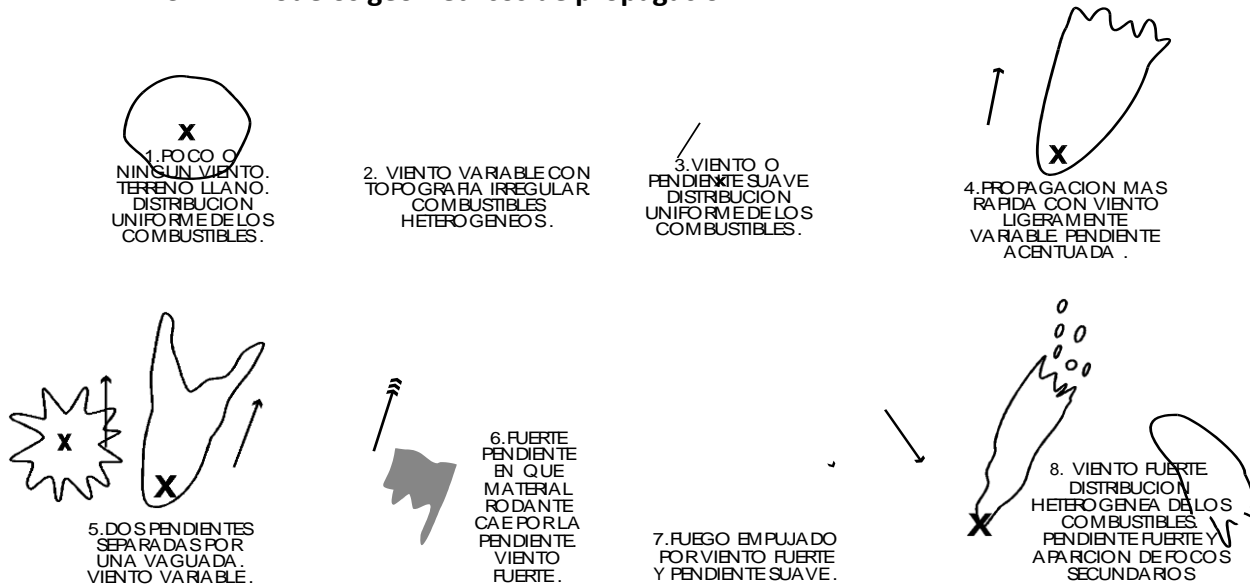
Cuando se realice este estudio, es importante tener en cuenta las barreras existentes para el incendio, la actuación de los medios de extinción, la forma del relieve, el combustible presente y las variables meteorológicas.

En caso de que haya que investigar un incendio tan grande, sólo es posible observarlo en su totalidad desde el aire, es preciso delimitar un área de estudio pequeña, donde se debe encontrar el punto de inicio.

Para conseguirlo se recurre a la determinación de la geometría del incendio. Esto consiste en asimilar el perímetro del incendio estudiado a uno de los modelos geométricos de propagación. Esto nos permite situar, aproximadamente, la zona de inicio. Para ubicarlo sobre el terreno, el encargado de la determinación de la geometría y el resto de la brigada de investigación coordinan sus movimientos a través de emisora.

Los modelos geométricos de propagación son ocho:

3.2.4. Modelos geométricos de propagación



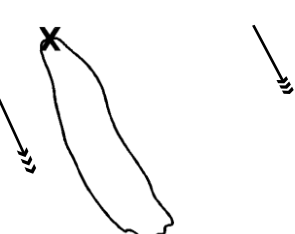
PUNTO DE INICIO = X

FUERZA DEL VIENTO = $\xrightarrow{5 - 15 \text{ Km / h}}$ $\xrightarrow{15 - 25 \text{ Km / h}}$ $\xrightarrow{> 25 \text{ Km / h}}$

3.2.5. Aplicación del método de las evidencias físicas.

Una vez determinada la geometría del incendio, con el fin de delimitar su área de inicio, se aplica el Método de las Evidencias Físicas. Este método permite reconstruir la evolución del incendio a través de la lectura e interpretación de los vestigios dejados por el fuego en su avance. Estos, son las marcas y señales que se han producido, tanto sobre la vegetación como sobre el medio físico.

Del análisis de los vestigios se obtienen datos sobre la dirección de propagación, la intensidad calórica, y la velocidad de avance del incendio. La correcta interpretación de estos vestigios permite localizar el punto o puntos de inicio del fuego, objetivo fundamental del proceso de investigación, y del que depende el éxito de esta. En el punto se encuentra información acerca del medio de ignición y de la causa del incendio, y en sus proximidades se encontrarán pruebas físicas que podrán ser utilizadas judicialmente a la hora de relacionar el hecho con el autor.



MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Siempre se deben buscar vestigios completos y claros. Cuanta mayor variedad de estos se localice más fiable será el estudio.

Los vestigios que señalan el progreso de un incendio, son:

- Grado de daños.
- Patrón de Quema.
- Exposición / Protección.
- Lascamiento.
- Modelos de carbonización.
- Escamado.
- Petrificación de ramas.
- Manchas de hollín.
- Color de las cenizas.
- Tallos de gramíneas.

GRADO DE DAÑOS

El grado de daños es el volumen de materia vegetal afectada por el fuego. Este vestigio será pequeño en las proximidades del punto de inicio del incendio, creciendo al alejarse de él, más o menos deprisa en función del viento, de la pendiente, y de la cantidad de combustible presente.

En general el grado de daños va a servir para confirmar la dirección general de avance del fuego y obtener datos sobre su comportamiento, pero no para localizar su punto de inicio. **(Fig. 17)**



Fig. 17: Grado de daños

PATRÓN DE QUEMA

Cada tipo de vegetación, dependiendo de su estado, arde de una forma determinada, ofreciendo un dibujo característico el incendio que se produce en ellas.

Examinando el patrón de quema, se podrán detectar discrepancias o zonas en las que es distinto del esperado y en las cuales puede que esté situada alguna prueba material (dispositivos de ignición, señales de rayos, etc.) (**Fig. 18**).

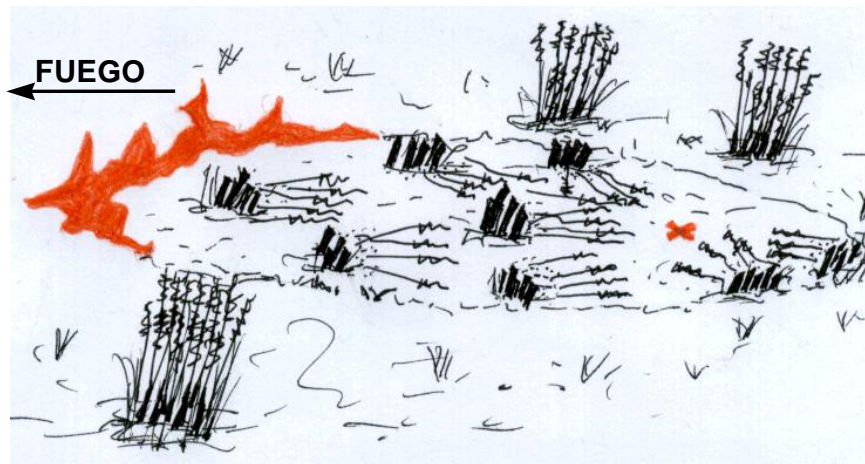


Fig. 18: Patrón de quema

EXPOSICIÓN - PROTECCIÓN

Este vestigio se encuentra en los combustibles y objetos próximos a la zona de inicio del fuego. Se produce cuando estos han supuesto un obstáculo o pantalla al fuego y quedan marcados por el efecto del calor. Son de los más importantes y reveladores, pudiéndose encontrar en ramas caídas, piedras, matas de hierba, etc.

En pequeñas matas de gramíneas quemadas, se puede ver que en un lado de las mismas permanecen algunos tallos no quemados completamente (sobre todo por la zona de la base). Esto indica que la llama pasó primero por la zona más afectada. Si se localizan varios de estos vestigios, podremos indicar una dirección de avance de fuego.

Este mismo efecto es visible en rocas, tocones y ramas caídas, donde la zona menos afectada por el fuego, indicará la dirección de progreso del fuego.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Hay que tener en cuenta que este vestigio sólo es válido si el objeto que examinamos no ha sido movido o alterado (una rama puede haber sido movida inadvertidamente), por lo que se debe examinar el objeto y la "cama" donde esté situado (Fig. 19).

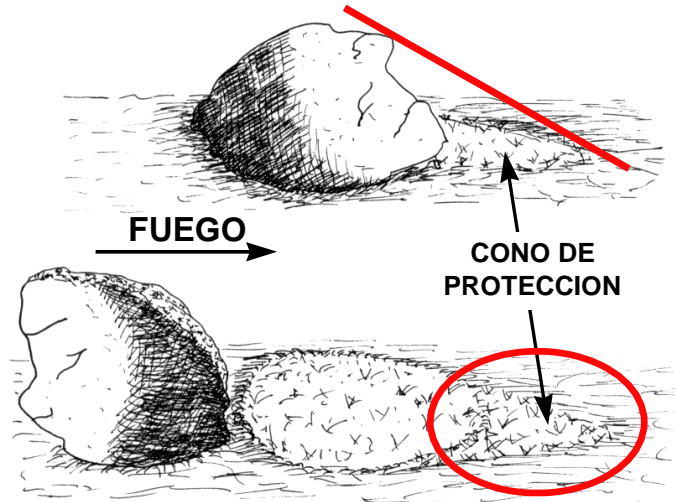


Fig. 19: Patrón de exposición-protección

LASCAMIENTO

Se produce cuando el tallo de una planta con corteza quebradiza se calienta y se desprende, saltando en forma de placas o lascas. La corteza al perder humedad y a resquebrajarse, salta, dejando un vestigio claro. La corteza salta en el lado contrario al afectado por la fuente de calor. Este vestigio a veces no es apreciable a simple vista, pero si se pasa la mano suavemente por el tallo, se nota que el lado donde hay lascas es más áspero que el resto de la superficie (Fig. 20).

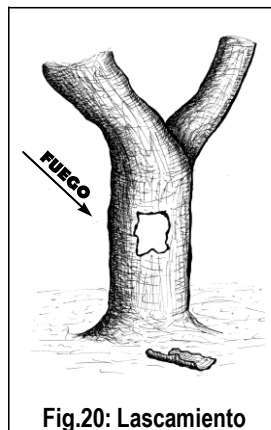


Fig.20: Lascamiento

MODELOS DE CARBONIZACIÓN

Son las marcas dejadas por el fuego sobre los troncos del arbolado. Estas adoptan una forma u otra en función de la dirección de propagación, del combustible superficial, y de la dirección del viento.

Todos los fuegos son pequeños en su comienzo, en las áreas próximas al punto de inicio, cuando el fuego aún no ha alcanzado una dinámica de progresión, dejan huellas de haberse expandido fundamentalmente por radiación, y el perímetro del incendio tenderá a ser circular o levemente elíptico. Así los árboles cercanos al punto de inicio tendrán señales de carbonización iguales en altura (**Fig. 21**).

Si hay viento o pendiente esta llama casi estática se inclinará y marcará más a los árboles que se encuentren en la dirección hacia la que esta se tumba.

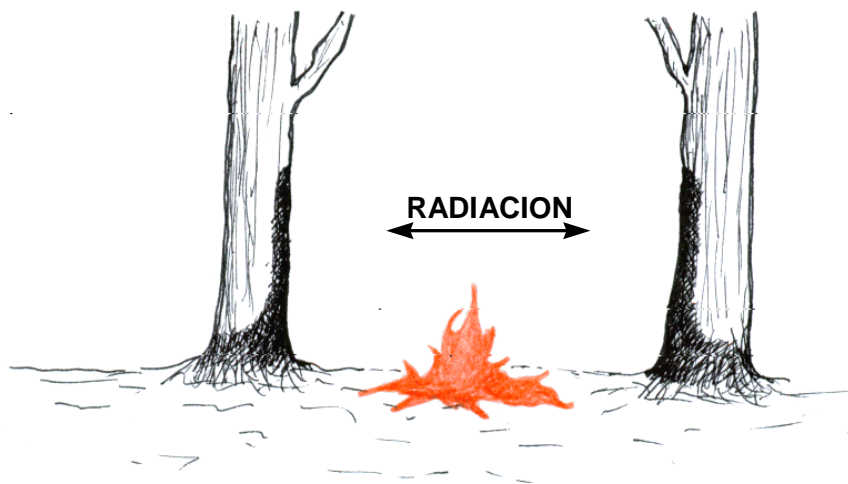


Fig. 21: Carbonización simétrica debida a un foco estático

Una vez que el fuego forma el frente y la cola, la transferencia de calor al resto del arbolado, es debida a la radiación y también a la convección. Las marcas de carbonización que crea el efecto convectivo de las corrientes de aire caliente, son de forma ahusada hacia la copa del arbolado, y son más evidentes en el lado protegido del viento, que es donde se manifiesta el efecto de abrazamiento del aire caliente al arbolado (**Fig. 22**).

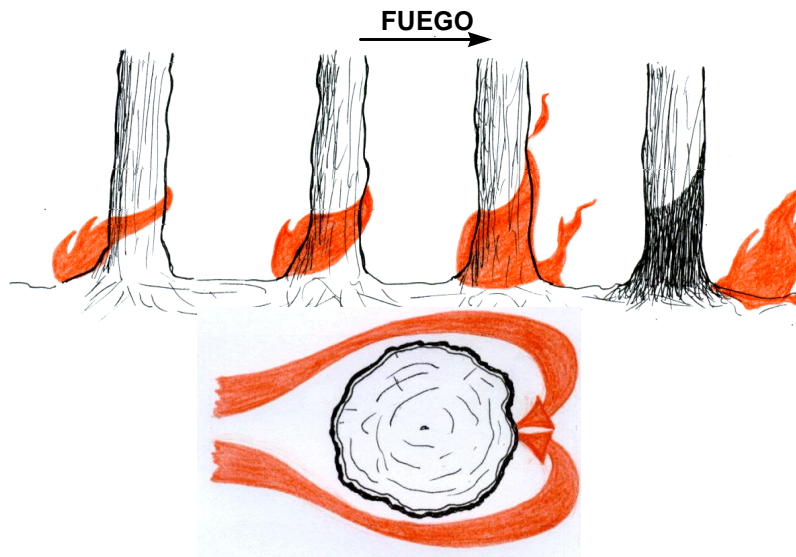


Fig. 22: Efecto de la convección sobre el arbolado

Cuando el incendio tiene una propagación circular, las marcas de carbonización tenderán a ser simétricas desde el punto de inicio. (Fig. 23).

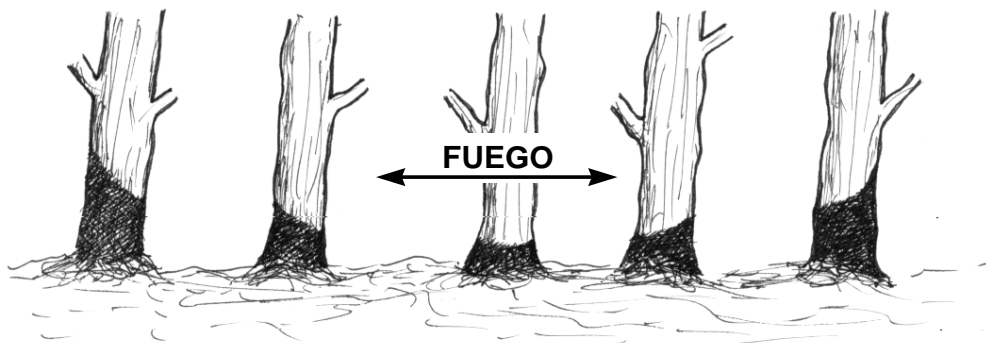


Fig. 23: Carbonización debida a una propagación circular

Cuando hay viento o el terreno está en pendiente, rápidamente se diferencian la cabeza y la cola del incendio. Además se producirá un tumbado de la llama, lo que hace que la radiación no sea simétrica, y afectará de forma característica al combustible.

Si un incendio sube por una ladera y además tiene el viento a favor, dejará marcas paralelas al perfil del terreno sobre los troncos, estando estas marcas cada vez más altas en el fuste del arbolado, hasta finalmente alcanzar las copas. Este efecto se producirá igualmente en terreno llano, si un fuego avanza empujado por el viento (Fig. 24).

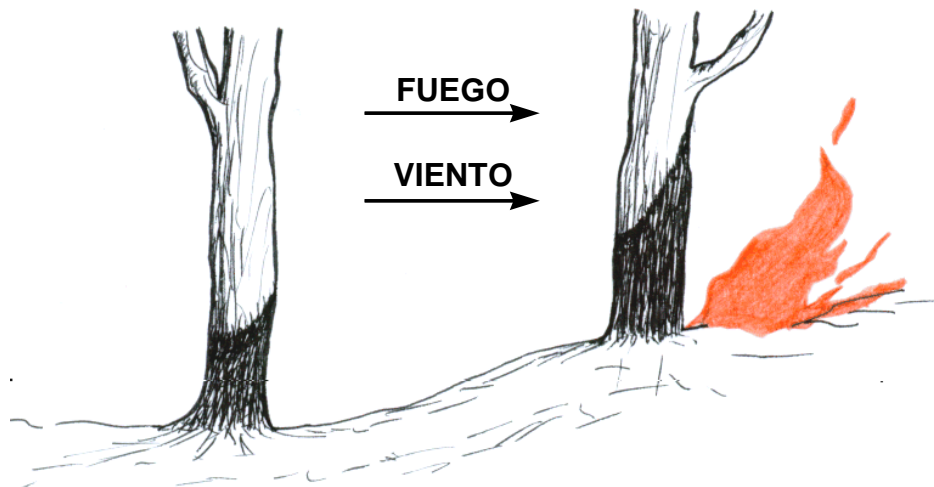


Fig. 24: Fuego avanzando con viento y pendiente a favor

En este caso, en el lado de los troncos opuesto al avance del fuego, será muy evidente la marca de carbonización debida a la convección.

Si el fuego avanza contra el viento o ladera abajo, esta carbonización debida a la convección es mucho menos visible. La llama tenderá a inclinarse sobre la pendiente, dejando una marca sobre los troncos paralela al terreno. Esta altura corresponderá a la de la llama. Evidentemente en el lado del tronco contrario a la dirección de avance del fuego, se producirá convección, la cual dejará una marca de altura variable, pero menos evidente que en el caso anterior (**Fig. 25**).

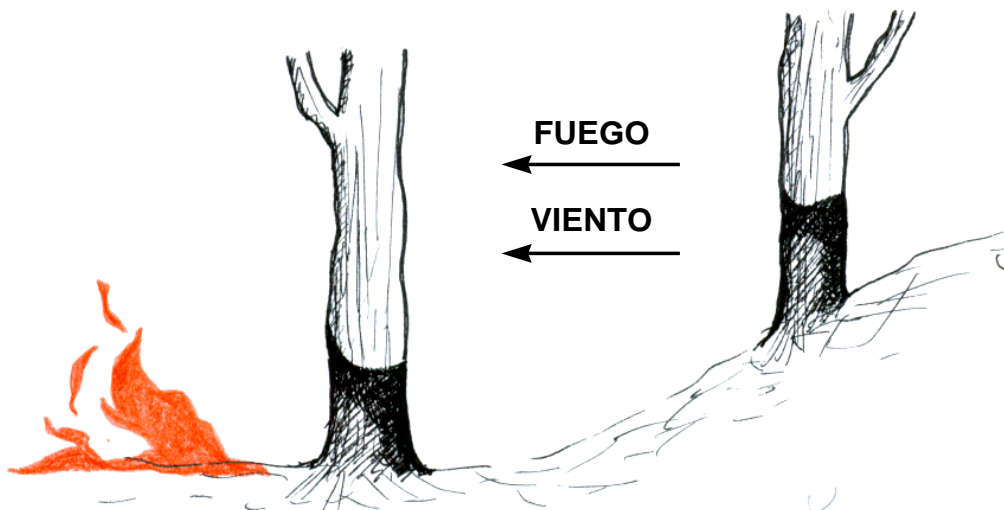


Fig. 25: Fuego avanzando con pendiente en contra y viento y a favor

ESCAMADO

Es el resultado de la carbonización profunda de la madera, lo cual produce que su superficie quede convertida en un mosaico o piel de cocodrilo de escamas negras y brillantes.



Fig. 26a: Escamado sobre los postes de un cercado

La dirección de propagación se adivina observando qué lado del tronco, tocón o rama está más quemada, indicando esta cara la procedencia del fuego. Este efecto también es fácilmente visible en postes de teléfono y cercados. (Fig. 26a, Fig. 26b y Fig. 26c).

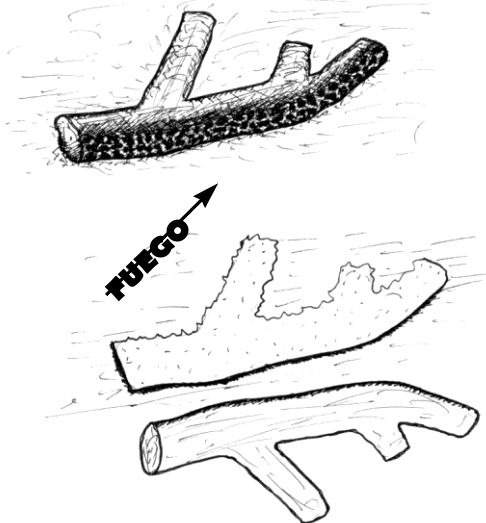


Fig. 26b: Escamado en una rama

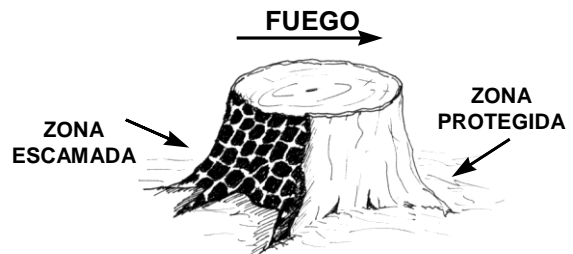


Fig. 26c: Escamado y zona protegida de un tocón

PETRIFICACION DE RAMAS

Debido al calor de convección producido por el incendio, las ramas finas de árboles y matorrales adoptan un aspecto parecido al porte de una bandera. Esta petrificación es más evidente cuanto más rápido haya sido el avance del fuego (**Fig. 27**).

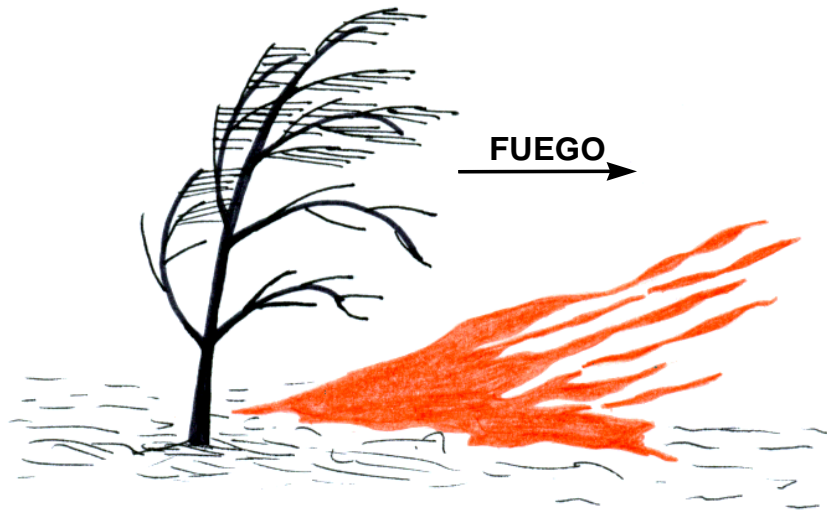


Fig. 27: Petrificación en el matorral

En zonas próximas al punto de inicio, el fuego afectará más a las ramas del matorral próximas a la fuente de calor, que quedarán petrificadas en dirección a esta, normalmente hacia el suelo. En este caso se observará una marca de radiación en la parte inferior de las ramillas (**Fig. 28**).

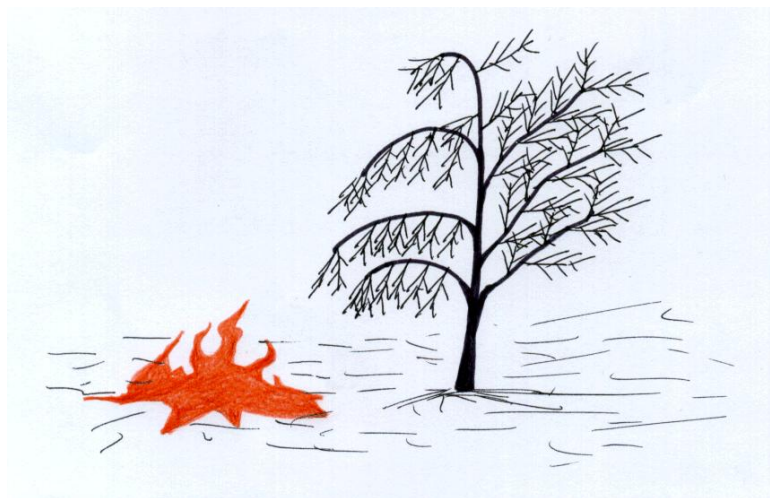


Fig. 28: Petrificación debida un foco poco intenso

MANCHAS DE HOLLÍN

El hollín está formado por pequeñas partículas carbonosas sólidas que se forman como consecuencia de la combustión incompleta y de la pirolisis, sobre todo en las zonas con más combustible, cerca de la llama.

Los combustibles cuyas llamas producen cantidades importantes de hollín son generalmente más peligrosos, porque este aumenta la radiación de la llama, que influye a su vez sobre la velocidad de la combustión. El hollín es también la fuente del humo que sale de la llama y puede hacer que este se difunda hasta puntos muy alejados del incendio.

Este hollín, al abandonar la llama, se convierte en humo que tiende a propagarse en la dirección en que avanzará el fuego. Si encuentra en su camino obstáculos a menor temperatura que él, quedará fijado en ellos manchándolos.

De esta forma se podrá encontrar este vestigio en rocas, troncos, cercados, muros, paredes, etc., quedando manchada la zona de procedencia del fuego, indicándonos así su origen (**Fig. 29 y Fig. 30**).



Fig. 29: Hollín depositado en una roca



Fig. 30: Manchas de hollín sobre una valla

COLOR DE LA CENIZA

El color de la ceniza indica el tiempo que la fuente de calor ha permanecido en un determinado lugar. Cuanto más blanca sea mayor permanencia habrá tenido el fuego en esa zona.

Este efecto será importante cuando se estén buscando vestigios del medio de ignición, ya que en muchas ocasiones, sus restos habrán calcinado los combustibles

adyacentes, o se habrán calcinado ellos mismos hasta tomar un color blanquecino que resalta en el terreno (por ejemplo restos de mechas y varillas de cohetes). Esto también podría considerarse una discrepancia en el patrón de quema.

TALLOS DE GRAMÍNEAS

Cuando una fuente de calor afecta al tallo de las gramíneas, estas pierden su turgencia y caen hacia el lado por el que les afecta el calor y se queman por capas, produciendo un dibujo característico. Este vestigio permite identificar el estado del fuego en ese punto así como su dirección de propagación.

Los tallos de gramíneas, dejan unos vestigios muy importantes y reveladores. Son, junto con el patrón, los modelos de carbonización y la exposición/protección, los vestigios más importantes en las zonas próximas al punto de inicio del fuego.

Las gramíneas, sufren las siguientes transformaciones:

- Si están próximas al punto de inicio del fuego y este no tiene aún una dirección definida, sus tallos van perdiendo turgencia y cayendo hacia el punto de inicio (**Fig. 31**).



Fig. 31: Gramíneas afectadas por calor poco intenso

- Si el fuego adquiere potencia y comienza a desplazarse en una dirección definida, los tallos se doblarán hacia su dirección de avance, quemándose por capas, de tal

forma que cada ramilla quedará seccionada en forma de bisel, cuya parte más baja estará en el origen del fuego y la parte más alta en la zona de escape (**Fig. 32**).

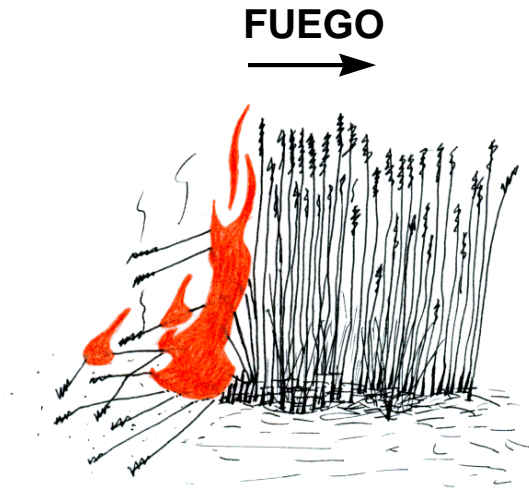


Fig. 32: Gramíneas afectadas por un fuego en progresión

- Si se pasa el dorso de la mano suavemente por una mata de hierba quemada, se sentirá una sensación de suavidad haciéndolo a favor de la dirección de avance del fuego, sensación que será de raspado si se hace en dirección contraria (**Fig. 33**).

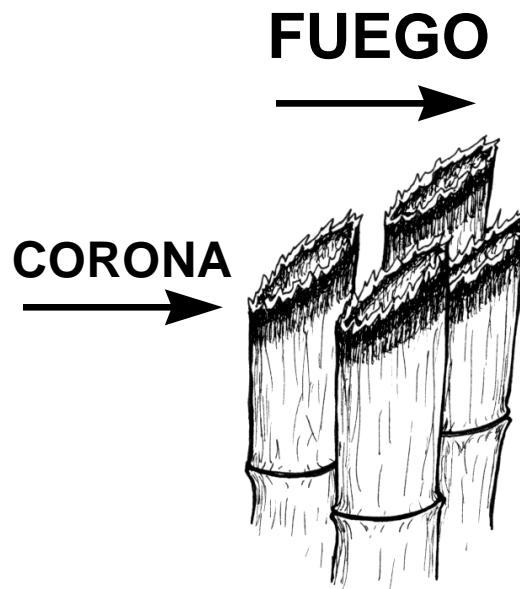


Fig. 33: Quemadura en bisel de las gramíneas

3.2.5.1. Delimitación del área de inicio

Para poder aplicar el método de las evidencias físicas y localizar el punto de inicio, y por tanto el medio de ignición, es imprescindible saber interpretar el comportamiento del incendio forestal. Estos conocimientos de la dinámica del fuego en el monte, junto con la lectura de los vestigios dejados en su avance, permiten al investigador dibujar sobre el terreno el **Cuadro de indicadores de dirección y sentido de la propagación**, mediante el uso de unos banderines de color rojo, los cuales se colocan estratégicamente, (donde los vestigios de avance del fuego sean más claros) de forma que la punta de estos señale hacia el sentido de progresión del incendio. De esta manera se delimitará una pequeña superficie denominada área de inicio. Dentro de ella hay en muchas ocasiones la información necesaria para conocer la causa que ha provocado el incendio.

El área de inicio se delimita rodeándola con una banda de señalización. No se permitirá que nadie ajeno al equipo de investigación entre, introduzca objetos o pueda realizar cualquier actividad que la modifique (**Fig. 34**).

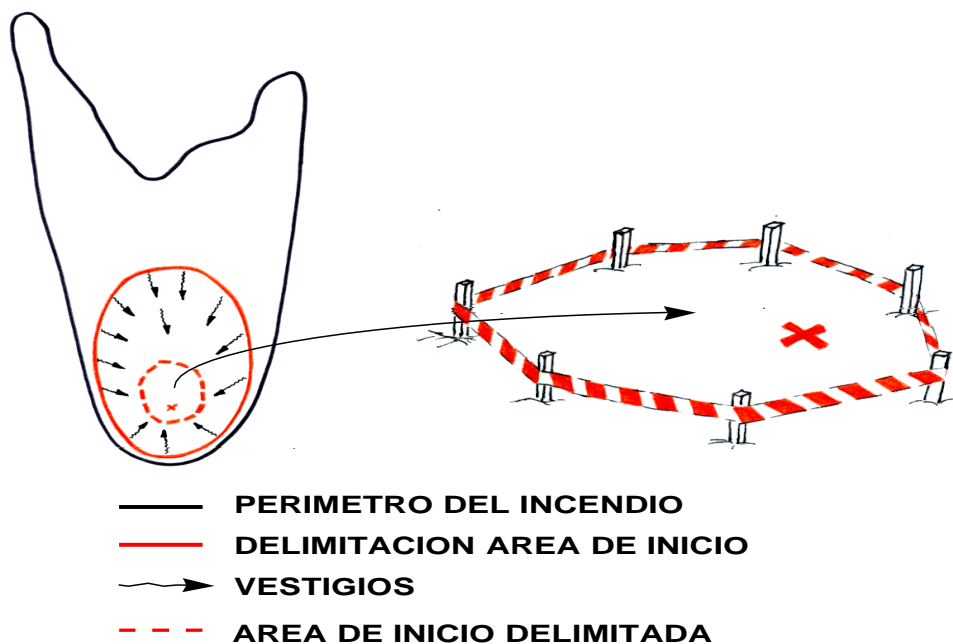


Fig. 34: Proceso de delimitación del área de inicio

3.2.5.2. Validación del área de inicio

Una vez delimitada el área de inicio y antes de realizar su análisis pormenorizado, es preciso comprobar que su ubicación es correcta. Para ello se recurre al testimonio de los medios de extinción que actuaron en primer lugar, y al de los testigos presenciales.

Cuando coinciden estas averiguaciones con las conclusiones obtenidas por la brigada de investigación, que ha aplicado el método de las evidencias físicas, puede darse por validado el punto de inicio.

3.2.5.3. Determinación del punto de inicio y búsqueda del medio de ignición

Al encontrarse en presencia de un incendio, no hay que olvidar que este ha sido provocado por alguien o algo. La misión del investigador va a ser relacionar los hechos ocurridos con el autor hallando las pruebas necesarias. Estas se encontrarán en el lugar donde se inició el incendio, siguiendo el principio que dice: " Existe un cambio siempre que dos objetos entran en contacto".

La investigación no debe iniciarse precipitadamente. Antes se revisará toda la escena para obtener una perspectiva general, evitando dejarse llevar por intuiciones, que si se demuestran falsas harán perder tiempo, pruebas e incluso el prestigio profesional ante los posibles espectadores.

Para reconocer y determinar el punto de inicio, así como para localizar el medio de ignición, el área delimitada anteriormente será parcelada, utilizando cuerda, en calles de 0,5 metros de ancho y con la longitud necesaria.

A continuación se examina atentamente cada una de ellas, utilizando una regla de madera como punto de referencia Al avanzar se examinan los vestigios y se busca algo que no concuerde con el patrón general del terreno.

También se utilizará un imán potente, para recoger restos metálicos, y una lupa para las observaciones en detalle (**Fig. 35**).



Fig. 35: Búsqueda del medio de ignición

Conviene aclarar el concepto de medio de ignición. Como tal se entiende al causante último del inicio del incendio que se está investigando. Por ejemplo, si se llega a la conclusión de que la causa de un incendio es la negligencia de unos excursionistas, se dirá que la fuente de calor que produjo el incendio fue la hoguera de estos, y el medio de ignición una pavesa de la misma.

Una vez localizado el punto de inicio, para encontrar el medio de ignición, se examinará atentamente el área próxima a este, buscando los restos materiales, o los efectos de la fuente de que permitan relacionarla con el medio de ignición (por ejemplo: un árbol rajado con un rayo), y finalmente con la causa del fuego (en el caso de ejemplo, esta es debida a una tormenta).

Los vestigios e indicadores presentes sobre el terreno permiten al investigador justificar su argumentación mediante pruebas técnicamente válidas. Sería sorprendente encontrar indicios de la presencia del sospechoso en el lugar de los hechos si este se encontraba en otro lugar. Estas pruebas permiten también comprobar los testimonios y declaraciones de los testigos.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

En un incendio, las pruebas materiales son recogidas en una zona muy frágil, ya que los combustibles carbonizados son quebradizos y fácilmente eliminables. Esto impide disponer de una segunda oportunidad. Por ello el investigador dispondrá de todos los elementos necesarios para registrar y recoger las pruebas que se puedan levantar.

Cuando se localice una prueba, esta se identificará señalando su localización para evitar que sea destruida. Antes de retirarla de un lugar será fotografiada desde tres perspectivas y aproximaciones diferentes, siendo la última de detalle, y situando junto a ella un objeto que sirva de escala.

Las pruebas analizadas e identificadas se clasificarán en función de su utilidad.

Una vez identificados el punto de inicio y los indicios allí presentes, se podrá proceder a la reconstrucción de la escena del incendio y de los hechos allí sucedidos.

3.2.5.4. Establecimiento del Cuadro de Indicadores de Actividad. Prueba material

El cuadro de indicadores de actividad es el registro escrito de una serie de evidencias (tanto físicas como humanas) presentes en la zona de inicio del incendio; las cuales confrontadas entre sí, posibilitan la clasificación de la causa que lo provocó.

Durante el estudio de la zona de inicio del fuego, se deberán registrar todos los hechos presentes, con el objeto de comprobar a qué actividad o actividades se ajustan, o en su caso determinarlos como característicos de alguna actividad todavía no catalogada.

Formar el cuadro de indicadores de actividad tiene como objetivo establecer una Hipótesis sobre el origen del incendio. Para que sea válido hay que comprobar la repetición de hechos iguales, pertenecientes a la misma actividad, en muchos incendios, a fin de estar seguros de que un hecho presente en un incendio pueda ser señalado como característico de una actividad concreta.

Existe una serie de cuadros de indicadores ya elaborados, que corresponden a las siguientes actividades:

- a. Rayo
- b. Fuegos de artificio

- c. Apicultura
- d. Caza y Animales salvajes
- e. Actividades recreativas
- f. Fuegos intencionados
- g. Quema en el medio agrícola
- h. Quema de residuos agrícolas
- i. Actividades Ferroviarias
- j. Fumadores
- k. Quema de basuras
- l. Cuadro de indicadores de Otras Actividades

El cuadro de indicadores de actividad establecido por los investigadores, se compara con estos y se comprueba si los hechos registrados se corresponden con los que caracterizan a estas actividades y se apuntaría esta como la posible causa del incendio. En caso de que no coincidieran, sería necesario crear otro cuadro de indicadores propio de esta nueva actividad provocadora del incendio.

Al llegar a este punto se elabora, con toda la información obtenida, un documento que constituye la Prueba Material de la investigación. En él se recogen todas las muestras encontradas sobre el medio de ignición y el posible causante, con su correspondiente referencia, el cuadro de indicadores de actividad y la reconstrucción de la evolución del incendio. Como conclusión se aportará la hipótesis que los investigadores han considerado como la más probable.

CUADRO DE INDICADORES DE RAYO

A. HECHOS PRESENTES

- Cielo nublado o presencia de cumulonimbos
- Truenos
- Presencia de picos o árboles dominantes dentro de la masa
- Presencia de helechos u otros indicadores de humedad
- Suelen aparecer en el interior de las masas
- Suelo removido. Rocas y piedras rajadas
- Materiales vítreos fundidos

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Heridas recientes en los árboles (amplia tipología)
- Varias descargas = varios puntos de inicio
- En postes de madera (teléfono) aparecen señales de carbonización

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
DESCARGA ELECTRICA	TORMENTA SECA		EXISTEN SIEMPRE. DEPENDE DE LA PERSISTENCIA DEL INVESTIGADOR

ATENCIÓN: Debajo de pararrayos y líneas de alta tensión el comportamiento puede ser diferente.

CUADRO DE INDICADORES DE FUEGOS ARTIFICIALES

B. - HECHOS PRESENTES

- Punto de inicio en el interior de la masa forestal.
- Detonaciones en lugares donde no se ha visto a nadie.
- Ferias, romerías, festividades, conmemoraciones especiales.
- Lugares con adornos de fiesta.
- Restos de cohetes, varillas, bombas y propulsores.
- Líneas de cenizas muy blancas y finas.
- Posibilidad de auto - ignición en cohetes no explosionados, después de algunos días debido a degradación por calor.
- Lanzamiento clandestino de cohetes anunciadores.
- Posibilidad de encubrimiento si el incendio se inicia durante la fiesta.

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none">■ PROPULSORES■ VARILLAS■ POLVORA■ MECHAS	<ul style="list-style-type: none">■ LANZAMIENTO DE COHETES	<ul style="list-style-type: none">■ LO ADMITE SI HAY TESTIGOS	<ul style="list-style-type: none">■ EXISTEN SIEMPRE. DEPENDE DE LA PERSISTENCIA DEL INVESTIGADOR

ATENCIÓN: Para la prevención, se debe señalar el lugar como de alto riesgo.

CUADRO DE INDICADORES DE APICULTURA

A. HECHOS PRESENTES

- Presencia de colmenas en el lugar de inicio.
- Combustibles finos en el suelo (el ahumador deja marcas de combustión).
- Indicios de trabajos (roza de matorral, cera en el terreno).
- Los trabajos se realizan en las horas de máximo calor (recogida de miel, visitas de rutina, desinfección).
- Uso de un ahumador inadecuado (salida de pavesas).
- Material no adecuado usado en el ahumador (productor de pavesas).
- Presencia de cenizas procedentes de la limpieza de ahumadores.
- Restos de combustibles productores de humo (quemados y sin quemar) próximos a las colmenas.

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none">■ PAVESAS■ AHUMADORES (RADIACION Y TRANSPORTE)■ DEPOSITO DE CENIZAS PROCEDENTES DE LA LIMPIEZA DEL AHUMADOR	<ul style="list-style-type: none">■ RECOLECCION■ DESINFECCION DE COLMENAS ATACADAS POR PLAGAS (QUEMA)	<ul style="list-style-type: none">■ ADMISION DE LAS PRUEBAS (MARCAS DE CENIZA, ETC.)	<ul style="list-style-type: none">■ PROTECCION POR PARTE DE LOS VECINOS

CUADRO DE INDICADORES DE CAZA Y ANIMALES SALVAJES

A. HECHOS PRESENTES

- Presencia de matorral denso.
- Señales de paso de animales en áreas agrícolas.
- Daños en cultivos agrícolas (maíz, injertos).
- Señales de presencia de vida salvaje: huellas, excrementos, marcas de dientes.
- Artefactos para ahuyentar animales.
- Presencia de cotos.
- Pueden aparecer placas de señalización del coto arrancadas, si hace poco tiempo que el mismo se ha establecido.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none"> ■ FOSFOROS ■ CIGARROS ■ DISPAROS ■ HOGUERAS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ENTRENAMIENTO DE PERROS ■ CAZA ■ RECOLECCION 		

ATENCIÓN: Es necesario relacionar este cuadro con el cuadro de indicadores de fuego intencionado.

CUADRO DE INDICADORES DE ACTIVIDADES RECREATIVAS

A. HECHOS PRESENTES

- Debajo de zonas sombreadas, con árboles frondosos.
- Lugares muy frecuentados y apreciados.
- Presencia de zonas sin matorral.
- Marcas de neumáticos.
- Colillas de cigarrillos.
- Restos de comida.
- Hileras de hormigas.
- Restos de hogueras (a veces con protección de piedras).
- Depósitos de cenizas (parrillas o asadores).
- Inicio durante la tarde o al anochecer.

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none"> ■ PAVESAS ■ CENIZAS ■ COLILLAS ■ FOSFOROS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ RECREO ■ HOGUERAS ■ FUMAR 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ADMITE LA CULPABILIDAD AL SER COMPROBADAS LAS PRUEBAS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SI ESTAN PRESENTES RELATAN LOS HECHOS (HAY QUE PEDIR LA IDENTIFICACION INMEDIATA DE LOS TESTIGOS)

CUADRO DE INDICADORES DE FUEGOS INTENCIONADOS

A. CASO GENERAL

- No se encuentra el medio de ignición (mechero).
- Dispositivos retardadores o aceleradores (velas, fósforos).
- Varios focos.
- Más frecuentes en las horas centrales del día y al anochecer.
- Junto a viales.
- En carreteras el punto de inicio está en la parte alta del talud.

B. DEBIDOS A NIÑOS

- Varios focos, a veces muchos.
- Zonas habituales de juegos de niños.
- Junto a las poblaciones.
- Es normal encontrar el medio de ignición (cerillas).

C. DEBIDO A PIROMANOS

- Difícil establecer un patrón.

PARA DETERMINAR LA INTENCIONALIDAD, ES NECESARIO CONOCER

- *Modus operandi.*
- Datos históricos para establecer relaciones.
- Manifestaciones de los testigos.

CUADRO DE INDICADORES DE QUEMAS EN EL MEDIO AGRICOLA

(Los combustibles son quemados sin haber sufrido corte)

A. RENOVACION DE PASTOS

- Zonas de pastoreo (signos de presencia de ganado).
- Matorral con 3 o más años.
- Presencia de zonas anteriormente quemadas.
- Varios focos.
- Por la tarde se inicia con más de un foco.
- De noche o por la mañana es frecuente encontrar montones de cenizas.

B. QUEMA DE RASTROJOS

- Áreas tradicionales de cultivo de cereal.
- Presencia de rastrojos carbonizados.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Signos de otras actividades agrícolas.

C. TRANSFORMACION O LIMPIEZA DE SUELO (AGRÍCOLA / FORESTAL)

- Presencia de vegetación invasora sin cortar.
- Aparición junto al límite de fincas agrícolas.
- Restos de gran tamaño en combustión (raíces, tocones, troncos, gavillas).
- Limpieza de caminos, accesos, apertura de carreteras.

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none">■ CHISPAS■ HOGUERAS■ FOSFOROS■ CIGARROS	<ul style="list-style-type: none">■ QUEMA DE MONTE■ QUEMA DE RASTROJOS	<ul style="list-style-type: none">■ ADMITE LA AUTORÍA ANTE LOS HECHOS	<ul style="list-style-type: none">■ NORMALMENTE ADMITEN LA PRESENCIA DEL AUTOR

CUADRO DE INDICADORES DE QUEMA DE RESÍDUOS AGRICOLAS

(Los combustibles son quemados después de ser cortados y amontonados)

A. HECHOS PRESENTES

- Terreno agrícola próximo. Quema en el centro de una zona limpia.
- Dirección del viento desde el montón hacia el área de inicio.
- Si el viento es constante, se observa un cono de proyección bien definido.
- Presencia de materiales carbonizados en tejados, muros cercados, rocas. Disminuyendo de tamaño a medida que nos acercamos al área de inicio.
- Presencia de combustible ligero muerto con humedad por debajo de la humedad de extinción en la hora de inicio del incendio.
- Trabajos agrícolas recientes (riegos, cosechas, roza de matorral, siega de hierba, etc.).
- Montones de cenizas aún calientes o recién esparcidas por el suelo.
- Registro de humos en las coordenadas de la zona de quemas horas antes del inicio del incendio (vecinos, vigilantes, etc.).
- Vestigios de tentativas de extinción por los autores (roce del terreno, ramas cortadas, herramientas abandonadas).

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none">■ CHISPAS■ LLAMAS■ CONVECCION■ RADIACIÓN	<ul style="list-style-type: none">■ QUEMA DE RESÍDUOS AGRICOLAS	<ul style="list-style-type: none">■ ADMITE LA AUTORÍA ANTE LOS HECHOS	<ul style="list-style-type: none">■ NORMALMENTE CONFIRMAN LA EJECUCION DE LA QUEMA AGRICOLA

CUADRO DE INDICADORES DE ACTIVIDADES FERROVIARIAS

(Las situaciones más comunes son el lanzamiento de objetos y el tránsito de trenes)

A. TRANSITO DE TRENES

- Inicio de los incendios asociado al paso de los trenes
- Más frecuente al paso de trenes mercancías (con frecuencia sobrecargados)
- Aparición en lugares de frenado habitual (pendientes, curvas, pasos a nivel, apeaderos, estaciones)
- Aparición de varios focos a lo largo de la vía
- La gente del lugar observa frecuentemente la proyección de chispas

B. LANZAMIENTO DE OBJETOS DESDE LOS TRENES

- Focos de inicio de los incendios asociados al horario de paso
- Más frecuentes en trenes de vía estrecha o líneas de cercanías
- Aparición de un foco de inicio
- Punto de inicio en el radio de acción del túnel de viento

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
■ CIGARROS ■ CHISPAS DE DIVERSOS TIPOS ■ FERODOS	■ TRANSPORTES	■ ATENCION A LA REPETICION DE LOS INCENDIOS	■ VECINOS DE LAS PROXIMIDADES

CUADRO DE INDICADORES DE FUMADORES

(Es necesario comprobar la H.C.L.M)

A. EN VEHÍCULO MOTORIZADO

- Presencia de colillas en distintos estados de degradación.
- Arcenes y cunetas con abundantes capas de combustible ligero muerto.
- Área de inicio en cunetas, arcenes y taludes.
- Los cigarros del punto de inicio se presentan más afectados por debajo.
- La áreas de inicio más frecuentes son rampas, curvas y en general zonas de marcha lenta.

B. PEATONES

- Área de inicio con capas de combustible ligero muerto.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Punto de inicio junto a los arcones de caminos.
- Zonas de paso habituales.
- Evidencias del paso de personas a pie.

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none">■ CIGARROS■ FOSFOROS	<ul style="list-style-type: none">■ FUMAR		

CUADRO DE INDICADORES DE QUEMA DE BASURAS

(Aunque se realicen acciones preventivas posteriormente al incendio, es posible determinar la causa)

A. HECHOS PRESENTES

- Acumulación de residuos en combustión
- Continuidad de combustibles entre la basura y el monte
- Lugares tradicionales de quema (basureros, vertederos)
- Cono de proyección de materiales quemados, plásticos y otros restos
- Mayor probabilidad en días de viento
- Evidencias de grande liberaciones de energía (humo), en la hora de inicio del incendio y en las coordenadas del basurero

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none">■ CONVECCIÓN■ EXPLOSIÓN DE RECIPIENTES■ RADIACION	<ul style="list-style-type: none">■ QUEMA DE BASURAS		

ATENCIÓN: Los antecedentes históricos son de ayuda para el investigador.

CUADRO DE INDICADORES DE OTRAS ACTIVIDADES

A. HECHOS PRESENTES

- Motosierras (localización del depósito, escape, etc.)
- Líneas eléctricas abatidas por árboles, arcos eléctricos
- Cortes y soldaduras (tuberías, líneas telefónicas, sondeos)
- Tubos de escape (maquinas, coches estacionados)
- Fricción de cables (extracción por cables)
- Explosiones (maniobras militares, canteras obras públicas...)
- Corto circuito en coches, fricción de aperos de maquinas agrícolas con piedras).

MEDIO DE IGNICION	ACTIVIDAD ESPECIFICA	AUTOR	TESTIGOS
<ul style="list-style-type: none"> ■ RADIACION ■ PAVESAS ■ DESCARGAS ELÉCTRICAS ■ EXPLOSIONES ■ CHISPAS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ TRABAJOS: - FORESTALES - AGRICOLAS - INDUSTRIALES 	<ul style="list-style-type: none"> ■ NORMALMENTE DESCONOCEN QUIEN ES EL AGENTE O LA CAUSA 	<ul style="list-style-type: none"> ■ RECONOCEN LA PRESENCIA DE LOS MEDIOS DE EXTINCION

3.2.6. Prueba personal

Los indicadores, obtenidos durante la investigación, sobre el medio de ignición y el posible autor, recogidos en la fase de prueba material, se deben contrastar con las declaraciones de los testigos del incendio, y de las personas relacionadas con éste. Estos testimonios constituyen la prueba personal.

El interrogatorio de los testigos en el lugar del siniestro, es una de las partes de mayor importancia en la investigación. Debido a la diversidad de leyes existentes actualmente, estos serán interrogados por un representante oficial. Para facilitar la investigación se anotarán previamente las siguientes informaciones:

- Nombre y descripciones de personas en el lugar
- Identificación y matrículas de vehículos de paso o estacionados en las proximidades
- Todas las observaciones realizadas por las personas que se encuentran en la zona y que de una forma u otra estén relacionadas con el incendio.

Cuando se tome declaración a un testigo hay que ser muy cuidadoso, ya que la persona que ve algo o está presente durante su desarrollo, lo ve bajo su perspectiva (subjetiva), interpretándolo de acuerdo con su esquema de valores y experiencia, y por tanto, cuando lo transmite, lo hace dándole un significado.

En el caso de encontrar personas que quieran prestar declaración de forma voluntaria, se debe aprovechar esa situación para interrogarlas. Para ello efectuarán una declaración en la que:

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Hay que intentar que la persona escriba de su puño y letra. Si lo hace el investigador, el testigo debe firmar cada página.
- Se realice un relato detallado de los hechos observados. Para evitar sufrir interrupciones en privado.
- Todas las páginas estarán numeradas y firmadas (a ser posible de su puño y letra).

Los investigadores, durante su transcurso, no emitirán opiniones, ni sacarán impresiones sobre personas u objetos vistos en el lugar de los hechos, que puedan estar relacionados con el origen del incendio. Hay que recordar que su tarea consiste en reunir información, no en interpretarla.

3.2.6.1. Testimonios

Como testimonio se entiende la descripción de un hecho en el que se estuvo presente. Los testimonios pueden no ser reales o completos por varios motivos:

- Observación parcial: Los testigos tienden a cubrir lo que no vieron con ideas propias o detalles de otros hechos. En este caso se les debe tranquilizar, ya que nadie es culpable por no conocer la totalidad de una situación. Se comprobará cada uno de los elementos declarados, y se localizará de forma horaria, de manera muy clara, cada situación.
- Observación en Grupo: Los testigos deben ser aislados con el objeto de que los detalles que hayan visto no sean modificados por otras opiniones.
- Testimonio tardío: El interrogatorio a los testigos debe realizarse lo antes posible, ya que cuanto más tarde se realice más detalles se perderán. Si se provocan situaciones violentas, se evitarán los enfrentamientos (Esto ocurre por ejemplo cuando hay accidentes).

Hay otros motivos, aparte de los fallos de memoria o de percepción, que hacen desconfiar a priori de los testimonios. Los testimonios recogidos siempre deben ser comprobados. Numerosas experiencias demuestran que casi la mitad del relato de los hechos es erróneo. Los motivos para desconfiar son debidos a la subjetividad de los individuos (testigos) y están originados por su:

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- Emotividad.
- Sugestionabilidad.
- Parcialidad.
- Facilidad para convertirse en "Actores Secretos" de los hechos presenciados.

Los errores se producen en función de la seguridad y convicción en lo que hayan visto. Además ciertos sujetos tienden a modificar la verdad inventando hechos que no han sucedido. Para evitar toda esta situación, se guardarán las siguientes precauciones:

- Las preguntas serán realizadas de manera sistemática, intentando cubrir todos los elementos.
- No se debe pedir una descripción global, que podría provocar confusión.
- Nunca tomar como cierto aquello de lo que el individuo no tiene certeza
- Cuando el individuo se muestra hostil, se debe detener el interrogatorio hasta que conozcamos el motivo de su actitud.
- Nunca se suministrará información a un testigo, ya que este podría ser el autor o coautor del hecho, e interprete su papel con el objetivo de despistar.
- Realizar el interrogatorio lo antes posible
- Hablar siempre en privado con los testigos.

3.2.6.2. Testigos

Según sus características los testigos pueden clasificarse en:

- Habladores**: Suelen ser generadores de perturbación. Hay que intentar centrarles en la cuestión realizando preguntas globales. Por ejemplo: ¿Que ocurrió cuando usted paro el coche?
- Imaginativos**: Es necesario tener mucho cuidado, pues tienen tendencia a exagerar. En este caso el interrogatorio debe desarrollarse de acuerdo a un guión concreto, el cual se tendrá siempre en mente, para hacerles regresar al centro de la cuestión.
- No saben nada**: En este caso se harán al testigo preguntas sobre las cuales estemos seguros que conoce las respuestas. Por ejemplo: ¿Cual es su nombre?. ¿A qué hora llegó usted?

- d. **De coartada:** Exige una preparación anterior al interrogatorio con el testigo. Hay que tener en cuenta:
- Relaciones con el sospechoso
 - Reputación en cuanto a su honestidad
 - Antecedentes policiales y criminales
- e. **Los que cooperan mucho:** En caso de fuego intencionado, el testigo, en muchas ocasiones resulta ser el principal sospechoso.

3.2.7. Relación entre la prueba material y personal.

Con los datos al localizar el medio de ignición, el cuadro de indicadores de actividad y las declaraciones de los testigos, es posible realizar una reconstrucción de las circunstancias que determinaron el inicio del fuego. Así sabremos si es un fuego de origen antrópico o no. En caso de los que sea, se podrá determinar a qué actividad concreta se debe su origen (trabajos agrícolas, incendiarismo, recreo...)

No obstante, antes de poder establecer una Hipótesis Central sobre la causa del incendio, será necesario comprobar muy bien qué relaciones hay entre la prueba material y personal recogida durante la investigación. Esto será especialmente en los fuegos de origen antrópico, porque de ello dependerá el poder relacionar o no a los posibles sospechosos con su inicio.

3.2.8. Establecimiento y validación de la hipótesis central de la causa del incendio.

La hipótesis central sobre la causa del incendio investigado, se extrae al cotejar la prueba material con la prueba personal. Por las relaciones encontradas entre ellas, se determina una posible causa del incendio, con altas probabilidades de ser la real. También es posible que con las pruebas encontradas, tanto físicas como personales, se pueda establecer otras hipótesis sobre el origen del fuego. Por este motivo, es necesario efectuar un escrupuloso proceso de análisis para poder llegar a establecer la hipótesis central como válida y por tanto como Causa del incendio estudiado.

Para ello se confrontarán los indicadores de actividad encontrados, con las pruebas y declaraciones aportadas por los testigos (después de ser comprobadas). Si este proceso de

validación es superado, se estará en condiciones de establecer la CAUSA que provocó el incendio forestal.

En caso de que esta hipótesis se demuestre como no válida, o haya otras que se ajusten a la situación, habrá que comenzar el proceso de investigación otra vez desde el principio.

4. PREVENCIÓN DE INCENDIOS MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.

De las tres funciones que tienen las Brigadas de Investigación de incendios forestales (B.I.I.F), se ha resuelto la investigación de las causas que provocan los incendios, aplicando el método de las evidencias físicas (M.E.F).

Las otras dos se encuadrarían dentro de las funciones de prevención. Para ello deberán conocer profundamente la legislación vigente y así poder:

- Catalogar, mediante la elaboración de los partes de riesgo de incendios, aquellas situaciones que puedan convertirse en problemas de más difícil solución.
- Informar al responsable de que tal situación se esté produciendo, del peligro que conlleva la misma, explicándole el porqué y dándole soluciones para evitar el riesgo. Su labor será siempre sensibilizadora, no represiva, dejando este aspecto a la decisión de la policía y los jueces.

El investigador no debe olvidar que el objetivo de la prevención es impedir que el incendio se inicie debido a causas evitables, trabajando sobre éstas para que no se produzcan.

4.1. REGISTRO DE SITUACIONES DE PELIGRO

Estudiando las fichas de los incendios investigados, se puede determinar cuáles son las causas que los producen, los lugares en que se presentan con mayor frecuencia y los periodos del año en los que la probabilidad de que acontezcan es mayor.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Además nos permiten conocer las situaciones de peligro, determinando qué medidas hay que tomar para que no exploten. Su ubicación se recogerá sobre un plano. De esta forma los servicios de vigilancia les prestarán una atención prioritaria.

Una situación de peligro se produce en lugares donde se desarrolla una actividad susceptible de provocar un incendio. Éstas pueden ser:

- Áreas recreativas
- Parques Naturales
- Urbanizaciones en zonas forestales
- Basureros
- Carreteras
- Tendidos eléctricos
- Zonas agrícolas

Los investigadores elaborarán un catálogo en el que se registren todas las situaciones de peligro presentes en su zona de actuación, y un registro de su estado (si hay medidas preventivas o no, si los habitantes son conscientes de los daños que podrían sufrir, etc.). Su finalidad es indicar cuáles son las medidas de precaución que se requieren y la época del año en que se deben realizar.

Las personas encargadas del registro de situaciones de peligro, tiene varias obligaciones que cumplir:

- Determinar, con base en un cuadro de indicadores, los factores que convierten una situación concreta en peligrosa.
- Determinar que acciones hay que realizar para evitarlas.
- Informar al responsable (dueño, usuario, etc.) del estado de la situación. Para que esta información surta el efecto deseado, es importante que el encargado de realizarla, se presente ante el dueño, usuario o responsable con una actitud positiva, profesional, eficiente y aseada, manteniendo en todo momento un tono comprensivo. Deberá explicar porqué (indicando los motivos y las razones de ello) existe una situación de peligro. y será capaz de aportar soluciones para evitarla. La explicación debe ser completa, indicando claramente los riesgos que se corren, tanto en pérdidas materiales (casa, almacenes, ganado, cosechas, propiedades), como las ecológicas; asimismo, se debe informar acerca de la legislación vigente, y de las responsabilidades que se pueden exigir a los causantes (por el motivo que sea) de un incendio.

4.2. ELABORACION DE LOS PLANOS DE CAUSALIDAD

A partir de los datos obtenidos durante la investigación de causas se elaborará cartografía con la localización de los incendios estudiados, con el objeto de determinar zonas de causalidad.

Esta clasificación permitirá definir mejor las necesidades comarcales en cuanto a medidas de prevención de todo tipo, estrategias de vigilancia y herramientas de extinción, así como comprobar la eficacia de los métodos adoptados en cuanto a prevención y lucha contra los incendios forestales a lo largo del tiempo.

5. INFORME TECNICO DE LA INVESTIGACION DE LA CAUSA DEL INCENDIO

Al comenzar la investigación de las causas que han provocado los incendios forestales, se redactará un informe técnico que contenga toda la información recogida durante la investigación y la relativa a las características del incendio. De esta manera se elaborará un archivo de los incendios forestales ocurridos en una zona de trabajo concreta, con pruebas. Esto hará posible el trabajo posterior de la investigación en su faceta preventiva.

5.1. PARTE TÉCNICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Uno de los documentos que integran el informe técnico, es el Parte Técnico de la investigación. Este documento contendrá toda la información recopilada durante el proceso de investigación, de forma que pueda servir como referencia y consulta fiable.

La información que debe contener el parte técnico es la siguiente:

A - DATOS GENERALES SOBRE EL INCENDIO

- A.1 - Localización del fuego: Localización geográfica del incendio, así como la fecha y hora en que se inició.
- A.2 - Condiciones Meteorológicas: Datos de temperatura, Humedad relativa, Velocidad y dirección del viento, Humedad del combustible ligero muerto.
- A.3 - Topografía: Pendiente y exposición.

B - DATOS DEL AREA DE INICIO

- B.1 - Relativos al punto de inicio: Indicar si se ha determinado exactamente su posición, Número de focos, Hora en que se iniciaron, Localización de los focos.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

B.2 - Datos Topográficos: Exposición, Pendiente, Cota en que se localiza, Accesibilidad...

B.3 - Datos de uso del suelo: Especificar qué uso tiene el suelo de la zona.

B.4 - Combustibles presentes en el área de inicio: Presencia de combustibles ligeros, y su grado de combustibilidad, Modelo de combustible.

C - EVIDENCIAS FÍSICAS ENCONTRADAS EN EL LUGAR DEL INCENDIO

C.1 - Actividades relacionadas con el origen del incendio: Cuadro de indicadores.

C.2 - Evidencias físicas en el punto de inicio: Vestigios de toda clase.

C.3 - Medio de ignición: Especificar el medio de ignición encontrado.

C.4 - Reconstrucción del modo de inicio del fuego: En caso de que el autor confiese el delito.

C.5 - Datos de apoyo a la clasificación de la causa: Estos datos se tomarán en caso de que haya certeza de intencionalidad. Se averiguará si la zona quemada está acotada, si existen daños producidos por especies cinegéticas, si ha habido compra o alquiler reciente. Oferta rehusada de compra de material leñoso, etc.

D - DATOS SOBRE LA CAUSA DEL INCENDIO

D.1 - Actividades específicas que originan el incendio: Actividad forestal, ganadera, cinegética, agrícola, ocio, etc.

D.2 - Fuente de calor: Especificar la fuente de calor hallada

D.3 - Confesión de el causante: Especificar si confesó o no

D.4 - Causa: Clasificación general de la causa: natural, intencionada, negligencia

D.5 - Clasificación final de la causa: Especificación de la causa

E - PRUEBAS JUDICIALES

E.1 - Personas y vehículos sospechosos: Descripción física de las personas y vehículos sospechosos. Se debe tomar nota de matrículas, modelos y color del vehículo, así como el aspecto físico de las personas sospechosas.

E.2 - Pruebas recogidas como apoyo a la investigación policial: Indicar el tipo de prueba en concreto y el destino de ésta. Si se tomaron fotografías, indicar número de carrete y de negativo.

E.3 - Causa intencional: Indicar si existió delito flagrante, y describir en ese caso los hechos.

E.4 - Observaciones personales: Cualquier dato que creamos importante que deba figurar.

E.5 - Testigos: Filiación de los testigos presentes.

F - CROQUIS

La documentación del parte técnico de la investigación, se completa con un croquis que refleje el área donde se ha producido el incendio. La incorporación del croquis es fundamental, ya que si es necesario realizar posteriores comprobaciones en el incendio, servirá como referencia.

Un croquis, es un esquema general del incendio, en el que a grandes rasgos reflejamos sus aspectos más importantes y la relación de estos con la investigación. Es aconsejable dibujar el croquis en papel milimetrado, ya que de esta forma será mucho más sencillo el reflejar una escala (**Fig. 36**).

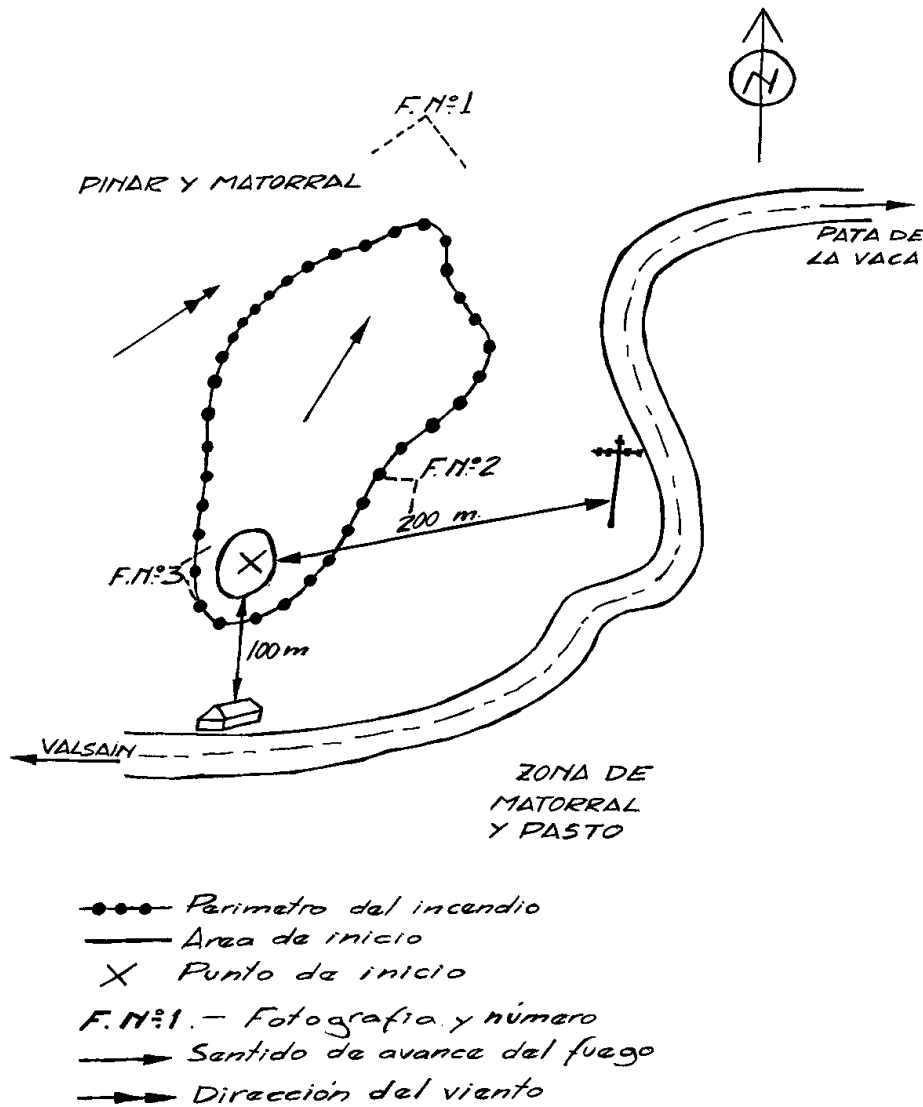


Fig. 36 Croquis de un incendio

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

También se puede emplear una ampliación de la cartografía de la zona, y dibujar sobre ella.

Un croquis debe contener los datos suficientes, y nunca ser farragoso. Recogerá los siguientes datos:

- F.1 - Croquis del área de inicio del fuego: Referido al área de inicio del fuego. Para mostrar el perímetro del incendio, utilizaremos una de las formas geométricas típicas de los incendios.
- F.2 - Carretera o camino más próximo al fuego. El área de inicio del fuego se indicará con respecto a un punto fijo del camino de acceso al mismo.
- F.3 - Señalar la posición del Punto de Inicio, con respecto a varias referencias fijas del terreno.
- F.4 - Dirección y Velocidad del viento durante el incendio.
- F.5 - Se debe indicar el lugar desde el cual se realizaron las fotografías del Punto de Inicio. Como norma general estas serán tres, tomadas a corta, media y larga distancia. Si es necesario se realizarán fotografías de detalle de alguna prueba.
- F.6 - En el croquis debe figurar toda la información relativa al fuego que se considere necesaria, pero sin que esta dificulte su lectura. En general estos datos serán:
 - Superficie quemada, Combustibles, Sentido de la pendiente
 - Localización de objetos o zonas de interés (basurero, línea eléctrica, etc.).

5.2. PARTE DE DENUNCIA

Al informe de investigación de las causas que provocan los incendios forestales, se incorporará un parte de denuncia. Puede utilizarse para este fin el reporte individual de incendios, por tanto o bien éste deberá ser modificado, o se creará otro específico de denuncia de la causa del incendio.

La información que debe recoger este reporte es la siguiente:

- a. - Datos sobre el aviso de alarma
- b. - Datos sobre el personal investigador
- c. - Datos sobre la inspección técnica del incendio:
 - c.1 - Antecedentes generales
 - c.2 - Datos de la investigación técnica
 - c.3 - Datos testimoniales

6. INSTRUCCIONES PARA EL PERSONAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.

Las pruebas recogidas en los incendios forestales son extremadamente frágiles debido al proceso de combustión al que han sido sometidas. Esto requiere que en la zona de estudio (zona de inicio), se deban extremar las precauciones durante las labores de extinción, de forma que se la manipule lo menos posible. A menudo, el nerviosismo y la atención exclusiva al control y extinción del fuego, por parte del personal encargado de ello, hace que sean eliminados los posibles vestigios o pruebas materiales. Para evitarlo es necesario que la organización de extinción conozca y difunda las siguientes cuestiones:

- La existencia de brigadas de investigación y la importancia de su función. El trabajo en el incendio no termina con su extinción. Hay un grupo de personas, los investigadores de causas, que comienzan su labor en este punto, de ahí lo importante de preservar intacta la posible zona de inicio.
- Como identificar y proteger la zona de inicio del fuego. El jefe de cuadrilla deberá anotar datos tales como:
 - Personas y vehículos presentes en el lugar antes y durante la extinción.
 - Cuestiones o acontecimientos que llamen su atención. En este caso deberá preguntarse ¿Por qué le llama la atención ese hecho?
- En incendios que ocasionen daños graves y que se sospeche que han sido provocados, el jefe de extinción colocará un vigilante en la zona donde estime que se inició el incendio, de forma que la preserve y mantenga un mínimo esfuerzo en las labores de extinción que puedan alterarla.
- Los componentes de las cuadrillas de extinción y observadores no deben arrojar colillas, restos de comida u otros objetos en la zona de trabajo, y menos aún en el área demarcada como de estudio.
- Como realizar la extinción en la zona de inicio y la importancia de preservarla de cualquier disturbio, ya que la información que contiene puede conducir a la identificación del autor.
- La importancia de la investigación de las causas que provocan los incendios forestales, dentro de las labores preventivas, fundamentales para realizar una adecuada gestión forestal.

7. SITUACIONES DE RIESGO

7.1. INTRODUCCIÓN.

Los equipos de investigación de causas tienen las siguientes obligaciones:

- - Determinación de las causas de los incendios forestales.
- - Identificación de las situaciones de riesgo.
- - Divulgación de las técnicas de prevención.

Lo visto y desarrollado hasta ahora resuelve el punto 1. Los puntos 2 y 3 se encuadran dentro de la prevención de los incendios forestales a través de la investigación de sus causas. Para conseguirlo hay que identificar las situaciones de riesgo que pueden producir incendios forestales. A partir del análisis de los datos históricos de una comarca y desde la observación de las condiciones intrínsecas de ciertas instalaciones humanas en terrenos forestales, se determinan a priori situaciones que, en un futuro próximo, puedan ser susceptibles de provocar un incendio. Asimismo, el investigador, tendrá información acumulada en los planos de causalidad que revelarán estas situaciones de riesgo en su comarca de actuación.

Estos mapas de causalidad son una representación gráfica en la que se señalan las ubicaciones de los incendios agrupándolos por sus causas. Una vez confeccionados estos planos podrán ser cruzados con mapas temáticos de la comarca, como pueden ser los de la red de ferrocarril, el de áreas recreativas, etc. Este tema es tratado en el siguiente epígrafe.

Cuando se determina una situación concreta se informa al responsable de ella de su existencia y del peligro que conlleva, adoptándose en todo momento un tono positivo y comprensivo, explicando él por qué es peligrosa esa situación y aportando soluciones para corregirla. En principio, hay que iniciar una actuación sensibilizadora e informativa, dejando para un segundo paso las medidas punitivas.

Con la prevención pretendemos eliminar los incendios debidos a causas evitables, actuando sobre ellas para que no se produzcan o repitan.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

El procedimiento comienza con el estudio previo de las fichas de incendios ocurridos con anterioridad. Estas nos revelan las causas que los producen, los lugares en que se presentan con más frecuencia y los periodos del año en que es mayor su probabilidad. De esta manera, la información indicará las situaciones en las que hay que tomar determinadas medidas de prevención y en que épocas hay que concentrar los esfuerzos.

El sentido tradicional de actuación: prevenir sin conocer las causas exactas, puede producir que se elijan técnicas de prevención no adecuadas a cada situación, lo que tiene como respuesta la no-disminución del número de incendios en cifras apreciables. El dar soluciones genéricas a problemas no definidos claramente, produce el desbordamiento de los recursos destinados a luchar contra los incendios forestales, produciendo su dispersión e insuficiencia.

Para no caer en este error, por desgracia muy repetido en el pasado, es necesario el levantamiento de situaciones de riesgo. Estas son aquellas situaciones en las que ciertas actividades humanas en los montes pueden originar el inicio de un incendio forestal.

Una vez identificado el riesgo se hará constar en unos partes en los que se incluirá la solución propuesta y un índice de peligro' que refleje la probabilidad de que esa situación pueda llegar a ocasionar el incendio. De la misma manera se registrará si el propietario se da por enterado o no y se indicará su receptividad a adoptar medidas al respecto y si ya ha desarrollado alguna de ellas. De esta manera, en el caso de que no se solucione el problema queda constancia del riesgo en que se estaba incurriendo hasta la aparición del incendio.

7.2. MAPAS DE CAUSALIDAD DE INCENDIOS FORESTALES.

La acumulación de datos sobre causas resulta una herramienta de extraordinaria utilidad. Como se ha expuesto, aporta una visión precisa sobre la problemática de una determinada comarca. Este hecho nos conduce a una adecuada distribución de recursos y facilita la planificación preventiva.

El medio más eficaz para almacenar y procesar esta información lo aportan las bases de datos. A partir de estos paquetes informáticos se consiguen procesar grandes volúmenes de datos con gran rapidez y flexibilidad.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Una representación cartográfica de esos datos nos sitúa espacialmente esta información. Es decir al representar, en su punto de inicio, los datos de causas de incendios, obtenemos los llamados mapas de causalidad.

Estos mapas identifican las zonas más conflictivas y cuáles son las causas fundamentales que tienen asociadas. A partir de ellos se puede cruzar la información relativa a la investigación de causas con cualquier otro factor ecológico o socioeconómico obteniéndose así unos análisis muy precisos. Su estudio revelará no sólo los lugares de mayor peligro de inicio de incendio, sino también, en muchas ocasiones, sus relaciones con actividades humanas e incluso con periodos temporales en los que se manifiestan con mayor frecuencia.

Como ejemplo podemos, citar que cruzando los datos sobre quemas en márgenes de cultivos agrícolas con su referencia geográfica, se obtendrán una serie de fincas conflictivas sobre las que se podrán iniciar actuaciones correctoras. Esta información homogénea de los datos de una comarca, evidencia hechos que pasan desapercibidos si no se analizan con detalle.

Los mapas se pueden elaborar de manera sencilla a partir de cartografía 1/50.000, señalando de manera agrupada las diferentes causas. Pero son los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) los que presentan una mayor eficacia. Básicamente se puede definir un S.I.G. como un sistema informático capaz de almacenar y utilizar datos referentes a lugares de la superficie terrestre. Permite identificar relaciones espaciales entre las distintas informaciones que contiene un mapa.

Podemos citar algunas de sus ya conocidas cualidades como: alta capacidad de almacenamiento, facilidad de actualización y mantenimiento de datos, archivado en soporte indeformable y con volumen reducido, etc.

Los datos se estructuran en *capas de información*, podemos distinguir:

- **Información de base:** en esta capa se describe la comarca a partir de las líneas de nivel (según la escala) y vías de comunicación.

- **Información temática:** puede ser muy diversa dado los diferentes ámbitos que hay que tener en cuenta en la investigación de causas. La elaboración de esta información comienza por una estratificación. A partir de diversas capas de información: usos del suelo, vegetación, altitud, etcétera se obtienen estratos homogéneos.

Esta información podrá ser estudiada frente a la situación de, por ejemplo, cotos de caza, áreas recreativas, áreas ganaderas o cualquier otra superficie que pueda considerarse relacionada con los incendios forestales.

Las respuestas del S.I.G. que resultarán más eficaces para la investigación de causas son:

- **Distribución.** Esta respuesta indica patrones de distribución espacial. La información que aportará será el número de situaciones singulares que se producen en una determinada distribución espacial y dónde se localizan.

- **Tendencia.** Establecerá las diferencias que aparecen a través del tiempo. Es decir la evolución que llevan las distintas causas. Esta información, tras la recopilación de unos volúmenes de datos de muchos años, indicará si las medidas preventivas están bien encaminadas o si están apareciendo nuevas causas significativas a las que dar una respuesta.

La mayoría de estas informaciones ya existen, por lo que será la interpretación de esos datos, con el adecuado enfoque investigador, el que hará que estos mapas sean realmente útiles para su trabajo.

7.3. VALORACIÓN DE SITUACIONES DE RIESGO.

Tras la determinación de una situación de peligro se levantará un informe que contenga los siguientes puntos:

- **Ubicación y antecedentes:** Se detallarán, basándose en los datos históricos, aquellos conatos o incendios que en el pasado ya hayan sido atribuidos a dicha situación.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- **Propietarios o responsables de dicha situación.** Se incluirá en este epígrafe la fecha desde la que el responsable de la misma está informado por los equipos de investigación de causas.

- **Descripción de la situación de riesgo,** haciendo especial mención a los elementos o características de la misma que se perfilen como más peligrosos.

- **Aspectos legales.** Bajo este epígrafe se enumerarán todas aquellas disposiciones que en materia de prevención afecten a dicha situación.

- **Análisis de alternativas.** Se detallarán las medidas de seguridad aportadas por el responsable y su grado de adecuación a la prevención de incendios. Por otra parte se justificarán las medidas propuestas por los equipos de investigación, indicando cuales de aquéllas se han llevado a cabo.

- **Estimación del peligro.** A través de un índice de sencillo cálculo y expresión.

Estos índices serán sencillos en cuanto a su expresión. Por ejemplo de 1 a 3 con la siguiente caracterización:

1. Riesgo moderado de que la situación origine un incendio. En estas situaciones se incluirán aquellas en las que se empiecen a observar deficiencias en el mantenimiento de las adecuadas condiciones de seguridad.

2. Riesgo medio. Bajo este índice se reflejarán:

Situaciones en las que exista una manifiesta carencia en las condiciones de seguridad de la misma.

Todas aquellas situaciones que presentando un índice de peligro de 1, tengan unas especiales características de peligro en caso de iniciarse el incendio. Podemos citar en este sentido aquellos incendios que puedan afectar a vidas humanas, bienes inmuebles, espacios protegidos, masas forestales de gran valor, etc.

3 Riesgo extremo. Se asignará este índice a todas aquellas situaciones que hayan iniciado incendios ya con anterioridad y no hayan variado sensiblemente sus condiciones de seguridad. El análisis de los partes de incendios juega un papel clave para su determinación.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

También le será asignado este índice, análogamente al caso anterior, a todas aquellas situaciones que teniendo asignado un índice 2, asociado a sus condiciones de seguridad, amenace a vidas humanas, bienes o enclaves de especial relevancia.

Las medidas encaminadas a resolver las situaciones de riesgo variarán en función de la valoración que se haya realizado de las mismas. Serán prioritarias todas las acciones encaminadas a solucionar las situaciones de riesgo extremo.

La asignación de estos índices debe ser muy dinámica. Han de ser revisados periódicamente. En cada comarca, el trabajo realizado irá resolviendo situaciones de riesgo, o al menos haciéndolas menos peligrosas, a la vez que podrán aparecer otras nuevas.

Una vez detectada la situación de riesgo, debe precederse a la elaboración de un informe que contenga los puntos anteriormente relacionados. A partir de estos informes se irá generando un volumen de datos que facilitará posteriores análisis de situaciones.

Informado el propietario y valorada la situación de peligro, aquellos casos en los que no se consiga una solución satisfactoria se elevarán a la autoridad administrativa correspondiente. En muchos de ellos resultará complicado el empleo de esta metodología. Como es bien sabido, en multitud de ocasiones son las propias administraciones las que incumplen la normativa vigente en materia de prevención de incendios forestales.

En cualquier caso, siendo competencia de la administración forestal la prevención de incendios, resulta evidente que hay que articular medidas que detecten estas situaciones. Sin embargo, no todas las soluciones están directamente implicadas con organismos forestales sino que afectan tanto a otras administraciones como a entidades privadas.

7.4. SITUACIONES DE RIESGO.

Las situaciones de riesgo clásicas se exponen a continuación. Estas irán aumentando con las que puedan ir apareciendo a partir de la información recabada y de los cuadros de indicadores:

7.4.1 Urbanizaciones en Zonas Forestales.

7.4.2 Vertidos Sólidos.

7.4.3 Líneas Eléctricas.

7.4.4 Vías de Comunicación.

7.4.5 Trabajos Forestales.

7.4.6 Áreas Recreativas.

7.4.1. Urbanizaciones en zonas forestales (Interfase).

El movimiento de personas de la ciudad al campo y el desarrollo de zonas habitadas dentro de áreas silvestres, denominado en Estados Unidos como urban/wildland interfaces se ha incrementado notablemente en el mundo occidental desde los años 60 y 70. Esta concurrencia entre la sociedad urbana, deseosa de disfrutar de la naturaleza y el medio ambiente plantea, serios problemas para la supervivencia de ésta y provoca la aparición del fuego. A este fenómeno se le denomina comúnmente incendio en interfase.

Esta expansión y desarrollo de zonas residenciales en terrenos silvestres, y hasta entonces sin habitar, se está configurando como uno de los mayores productores de incendios forestales en estos tiempos en muchos países.

En los EUA se enfrentan con este problema de manera mucho más acuciante que en Europa. Pero sobre todo, es en estos últimos años cuando se ha hecho más patente. La gran cantidad de nuevas urbanizaciones y construcciones en zonas forestales responden al impulso de la población de "volver a la naturaleza". Por otra parte sus construcciones son distintas a las europeas. Mientras que en el viejo continente se hacen casas para que duren generaciones, en Norte América son muy abundantes, en las zonas rurales, las casas de madera con pocos años de uso. Este hecho, la llegada de las construcciones de madera, comienza a aparecer también a Europa.

Esta fiebre urbanizadora ya ha alcanzado a países de América Latina y puede convertirse en un problema grave en pocos años. Dos son los motivos fundamentales, por un lado el notable incremento de estos asentamientos en zonas forestales con pocos o ningún tipo de autoprotección contra incendios y por otro la tendencia a construir cabañas prefabricadas de madera. Este último punto no se había planteado hasta la fecha en algunos países latinoamericanos, dada la preferencia por la construcción clásica de tabiques.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

La solución de este problema es muy compleja y pasa por la utilización de tecnología y la adopción de acciones político-sociales para regular estos asentamientos y evitar el crecimiento de los incendios en interface.

Desde la década de los 80's se está trabajando para evitar las pérdidas económicas y humanas producidas por el fuego en estas áreas, mediante un programa que pretende involucrar de forma activa a:

- Constructores
- Instituciones financieras
- Gobiernos locales
- Todos aquellos interesados en la protección de la interface

De este programa ha salido un conjunto de puntos que resultan trascendentes:

- Imposibilidad de los directores de extinción de predecir el comportamiento errático del fuego en las áreas de interface. En éstas aparecen estructuras de vegetación ornamental y combustibles silvestres mezclados. Las relaciones entre las construcciones y la vegetación, diseño de edificación, materiales de construcción y terreno se añaden a la complejidad del comportamiento del fuego. Si ya en un incendio forestal su comportamiento es complejo, su respuesta en estas áreas de interface lo es aún mucho más. El efecto del fuego iniciado por pavesas produce unos focos secundarios muy difíciles de predecir, debido a la diversidad de materiales quemados y a la inusual complejidad de los patrones del comportamiento del viento. Los focos secundarios son la principal causa de inicio de incendios en la interface.
- Si el uso del fuego prescrito (quemadas controladas), como herramienta para reducir el riesgo de incendios es difícil por conceptos legales, políticos y ambientales, en estas zonas y en sus alrededores lo es aún más. La obligación financiera por daños a propietarios privados entremezclados con áreas silvestres hace que se tienda a evitar su utilización.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

- La mayor parte de los propietarios desconocen la amenaza del fuego. Las ordenanzas sobre seguridad en los incendios y normas de construcción son frecuentemente inadecuadas, incumplidas o ignoradas. Muchas zonas tienen carreteras estrechas o vías sin salida, sistemas de agua inadecuados, y edificios a menudo muy juntos, que no permiten eliminar la vegetación intermedia. Sin motivación para el cambio los propietarios actuales y futuros continuarán manteniendo esas condiciones peligrosas en las que viven.
- El personal de extinción no está adecuadamente preparado para luchar contra fuegos urbanos mientras que los bomberos urbanos no están equipados y entrenados para la lucha contra incendios forestales. Sin embargo, el nuevo sistema de organización, para integrar personas y medios heterogéneos se ha demostrado muy efectivo precisamente en los incendios de interface, que fuerzan a menudo a colaborar a diferentes colectivos.

Actualmente son necesarios las siguientes acciones y medios:

- Técnicas y estrategias para evaluar y controlar el riesgo de incendios en la interface.
- Ayudas para la planificación, presupuestos y entrenamiento para aumentar las infraestructuras en la interface y asegurar una capacidad real de extinción de fuegos urbanos y forestales.
- Vías para concienciar a propietarios, vendedores de terreno, corredores de seguros y planificadores locales sobre problemas y soluciones de los megos en la vegetación.
- Conocimiento básico sobre el fuego, la física de los focos secundarios y el coronamiento de la interface.
- Analizar él por qué se construyen casas en pendientes y en zonas altamente inflamables, así como la respuesta de la gente a diversas tácticas de información y concienciación dirigidas a reducir la vulnerabilidad de sus hogares.

La responsabilidad de la defensa contra incendios no puede ser asignada a un solo elemento de la sociedad, sino que llama al esfuerzo de un conjunto de organismos públicos y del sector privado.

7.4.1.1. - Planes de autoprotección.

Actualmente las medidas preventivas de carácter inmediato pasan por la elaboración de los planes de autoprotección. En estos se recogen las normas de seguridad, las infraestructuras y medios necesarios para combatir posibles incendios así como el plan de evacuación en caso de que fuera necesario.

A continuación se resumen los puntos básicos que contemplan estos planes.

- - Establecen en el **perímetro** de la urbanización una zona aislante o de seguridad que estará compuesta por una faja cortafuegos y una faja auxiliar de unos 25 m, según las características estructurales de la misma (pendiente, vegetación...).
- - Las **vías de acceso** a la urbanización han de tener unas características que permitan el acceso de autobombas, tales como: evitar las rotondas sin salida y con radios inferiores a los 30 metros, pendientes no superiores al 12%, bocas de riego normalizadas cada 200 m etc.
- - Las **viviendas** deben mantener una separación mínima (10m.). Se evitarán las acumulaciones de combustibles y maderas en las proximidades. Las chimeneas estarán provistas de una malla de acero y matachispas.

7.4.2. Vertidos sólidos (Basureros).

Se entiende por vertedero controlado aquel emplazamiento donde se aplica una metodología de eliminación de basuras en tierra, por el que no se originan molestias ni riesgos para la salud o la seguridad pública. Deben seguir principios de ingeniería para depositar la basura en una zona apropiada en dimensiones, reducirla al volumen mínimo y recubrirla de tierra al término de cada jornada o con la frecuencia que sea más conveniente (Sociedad Americana de Ingenieros de Obras Públicas).

La mayoría de los vertederos actuales, sobre todo en las grandes ciudades, son controlados. Se aplican en ellos una serie de metodologías propias de la ingeniería con las que se consigue eliminar estos residuos, a la vez que se obtienen de ellos gran variedad de productos reciclados, compostas (que servirá posteriormente como abono) e incluso aprovechamientos energéticos. **(Fig. 37).**

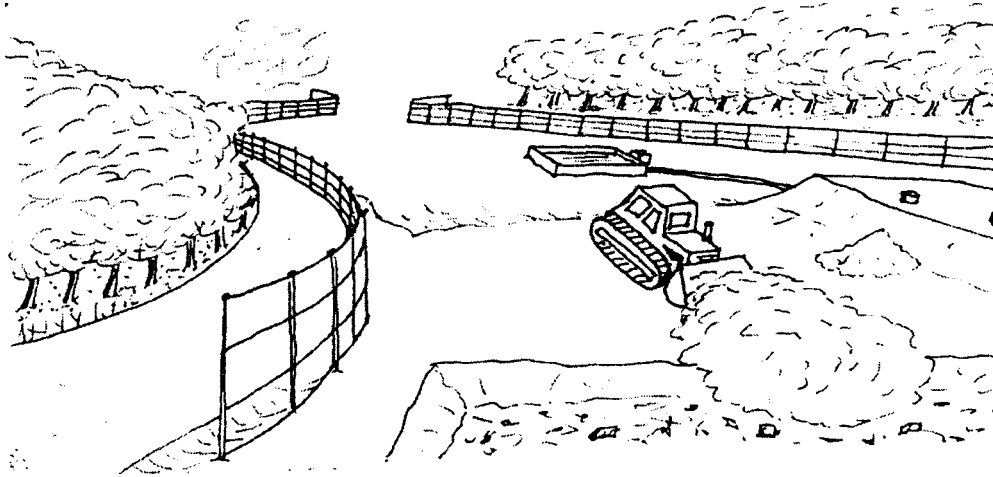


Fig. 37. Vertedero sanitariamente controlado en un monte arbolado.

Además, estas quemas tienen una clara incidencia negativa en la problemática de incendios forestales, ya que muchos de estos municipios se encuentran ubicados en zonas forestales con alto riesgo de incendio forestal en verano. Básicamente la problemática que generan se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Al producirse columnas de humo, se ocasionan numerosas falsas alarmas que movilizan continuamente a los medios de extinción. Este hecho produce carencias en el dispositivo contra incendios, ya que se distraen a los medios, que pueden encontrarse dispersos en los momentos clave.
- Los Servicios contra incendios son requeridos cuando las condiciones de la quema de residuos plantean un serio peligro. Este hecho suele manifestarse en situaciones en las que el número de incendios es elevado. El ya de por sí complejo problema de la simultaneidad de incendios, se ve agravado al tener que atender a estos basureros. De esta manera se pierden efectivos en situaciones que pueden resultar decisivas.
- En otras muchas ocasiones los basureros "se escapan". En días de fuerte viento pueden llegar a ser arrastrados restos incandescentes como papeles o plásticos. El incendio se inicia si este medio de ignición cae en un punto donde los combustibles tengan una humedad básica baja. **(Fig.38).**

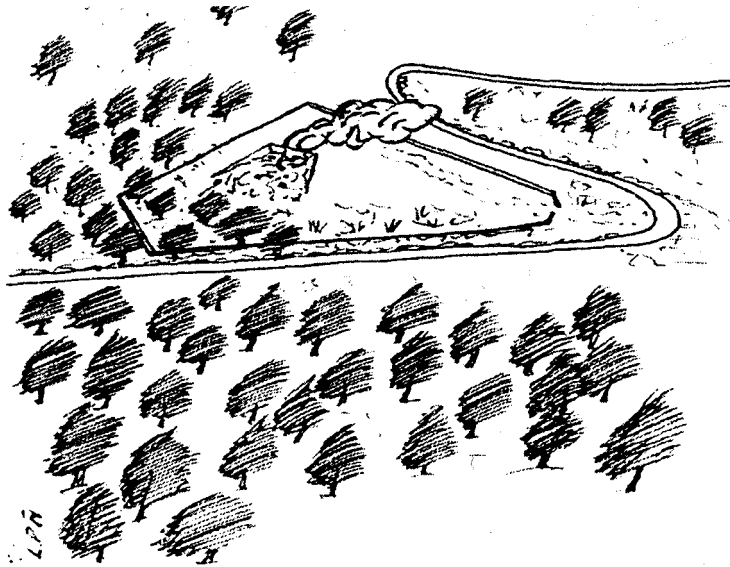


Fig. 38. Vertedero generando un incendio.

Estos hechos se motivan fundamentalmente por carecer de las medidas de seguridad, por lo que es muy necesaria la adaptación de la legislación local sobre incendios forestales y sus Reglamentos, para que se aprueben medidas, así como diversas órdenes normativas al respecto.

Con base en las competencias en materia de incendios forestales se podrá desarrollar esta legislación básica, por tanto son éstas las que regularán las medidas preventivas en esta materia, tales como (a materia de ejemplo):

- Que se aislarán de vientos y a distancia suficiente, en un mínimo de 500m. del arbolado, los basureros sitios en terrenos forestales, dotándoles de muros o zanjas cortafuegos. Cumpliendo con esta normativa y, al menos, no quemando durante los días de fuerte viento, se evitaría en gran medida toda esta problemática que viene a agravar el ya de por sí complicado problema de los incendios forestales. Resultaría además muy conveniente facilitar la ubicación de estos basureros en el área de vigilancia de cada puesto.

Los equipos de investigación de causas juegan un papel fundamental en este sentido. En una zona, a partir de los datos acumulados sobre las causas de los incendios, resultará sencillo determinar aquellos vertederos que resultan conflictivos. El posterior análisis de las condiciones de los mismos determinará la solución o soluciones a aplicar.

Estas serán, desde medidas sencillas como evitar las quemas en días peligrosos, a soluciones de mucha mayor complejidad y eficacia como la creación de un vertedero para la comunidad.

7.4.3. - Líneas eléctricas.

En pocas ocasiones los incendios forestales con causa atribuible a líneas eléctricas, sin embargo, comparativamente, las líneas eléctricas no son un elemento significativo de causa de incendios. Esto no es motivo para que no se tengan en cuenta y se olvide su incidencia.

Cada año son más los incendios relacionados con ellas. Este hecho, muy posiblemente, está relacionado con el mayor conocimiento que hoy tenemos sobre las causas que producen los incendios forestales. Así, incendios que anteriormente no tenían una causa razonadamente atribuible, ahora se los relaciona con las líneas eléctricas. Es previsible que en el futuro esta tendencia se mantenga.

Los incendios producidos por las líneas eléctricas están asociados con dos circunstancias: las deficiencias en su mantenimiento y la insuficiente conservación de su faja de seguridad.

7.4.3.1. Deficiencias en la conservación del tendido eléctrico.

- **Contacto entre conductores.**- En este caso se produce un cortocircuito. Después de la separación de los conductores aparecerá un arco eléctrico inestable. En los puntos de anclaje del citado arco se alcanza una temperatura muy elevada, comprendida entre los 2500-2800° C, muy superiores a los puntos de vaporización de los metales constructivos del conductor.

La erosión del material debido a este arco eléctrico es variable según la potencia disipada en los puntos de anclaje. Ensayos realizados manifiestan que casi un 60% del material erosionado se convierte en vapor y el resto son partículas de metal fundido a alta temperatura que caen al suelo. El tamaño de estas partículas suele oscilar entre los 0,3mm y 1mm, siendo mucho más abundantes las primeras.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Para una altura reglamentaria de las líneas aéreas de alta tensión menores de 25 kW y de baja tensión, las partículas de diámetro inicial inferior a 0.5mm. se apagarán antes de llegar al suelo. Sólo tienen la posibilidad de alcanzar el suelo encendidas las partículas con diámetro inicial superior a 0,75mm.

En líneas de baja tensión este fenómeno puede producirse bajo la acción de ráfagas de viento. En líneas de alta tensión sólo puede darse en caso de incendio ya iniciado y el humo o bien el aire caliente del incendio ioniza el aire provocando cortocircuito entre las fases.

En definitiva, resulta francamente difícil que se produzca un incendio por este motivo en una instalación en buenas condiciones, pudiendo darse en tendidos de baja tensión defectuosos o mal conservados.

- **Fuga de corriente a través de aisladores dañados o polucionados en postes de madera.-** En alta tensión, un aislador de porcelana sucio conjuntamente con humedad producida por la lluvia o niebla, puede establecer contacto entre el conductor y el apoyo.
- **Rotura del conductor.-** En tendidos de alta tensión, el contacto del conductor con el suelo provocará una elevación de la temperatura. Si la vegetación es del tipo ligero y la humedad básica es baja puede originarse el incendio.

7.4.3.2. Deficiencias en la conservación de la faja de seguridad asociada a la línea.

Los Reglamentos Técnicos de Líneas de Alta Tensión, establecen al paso por zonas forestales, las distancias mínimas de los conductores a las masas de arbolado.

Se precisa que se establecerá una distancia tal que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción del viento, sea superior a un cierto valor. Este valor, función de la tensión nominal de la línea, viene dado por la expresión $1,5+U/150$ metros. El valor mínimo de esta zona de corta de arbolado será de 2 metros.

Por otro lado señala que deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyan un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar a los conductores.

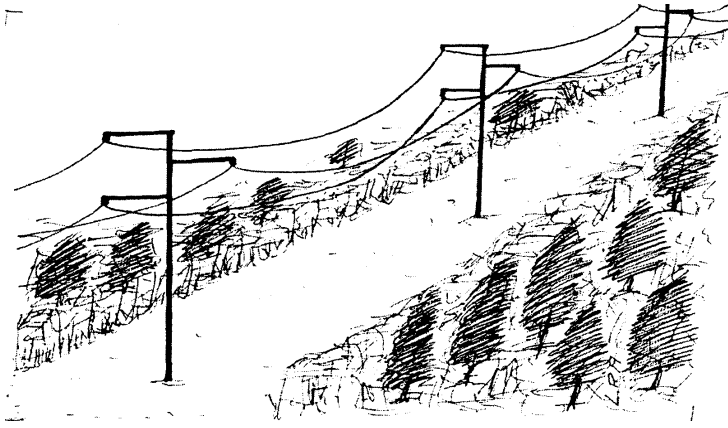


Fig. 39. La limpieza de los derechos de vía evita la generación de incendios.

Como colofón dice que el concesionario de la línea estará obligado a exigir periódicamente que se efectúen las operaciones de corta y poda necesarias en los derechos de vía o en la zona de protección señalada.

El incumplimiento de esta normativa conlleva una situación de riesgo. Evidentemente resulta mucho más alta la probabilidad de que se inicie el incendio en los meses centrales del año. Esto es debido a que la humedad de los combustibles es sensiblemente menor durante el verano. Así, se requiere menos energía para inflamar el combustible.

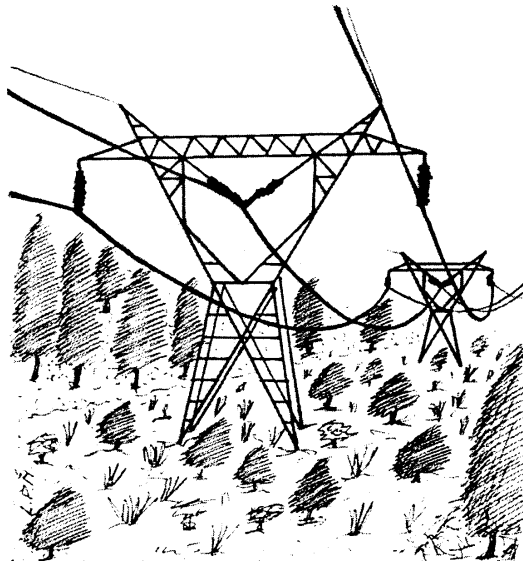


Fig. 40. Deficiencias en la conservación de la faja de seguridad.

A esta situación se le asignaría un índice de riesgo de 1

Si se da el contacto intermitente con la vegetación debido a ráfagas de aire, es posible que se inicie el incendio. Si se produce un contacto permanente entre los conductores y la vegetación, caso de una caída de un árbol, existiendo una alta probabilidad de ignición se iniciará la combustión.

Resulta muy frecuente que el punto de inicio del incendio no se encuentre en el suelo, sino en altura, en el punto de contacto de la vegetación y el conductor.

Los equipos de investigación de causas contemplarán todos esos aspectos a la hora de iniciar sus investigaciones. Será preciso realizar una investigación completa y minuciosa para concluir que un incendio ha sido originado por una línea eléctrica.

En cuanto a la labor preventiva, deben realizarse los correspondientes inventarios de las líneas eléctricas que atraviesen zonas cubiertas de vegetación. A partir de ellos se observarán los posibles riesgos e incumplimientos de la normativa al respecto, asignándole un índice y haciéndolo saber al responsable de que esa situación se esté dando.

7.4.4. - Vías de comunicación.

Las carreteras y las vías férreas se configuran como el punto de inicio de numerosos incendios todos los años.

Las cunetas y zonas de servidumbre de caminos y vías férreas que crucen zonas forestales se deberán mantener limpias en una anchura mínima de 2 metros que será de 10 metros en el caso de ferrocarriles cuando la abundancia de vegetación o la pendiente del terreno en ellos suponga peligro de incendio.

7.4.4.1. - Vías férreas.

El número de incendios atribuibles al ferrocarril es poco significativo. Sin embargo y como sucede con otras causas, la tendencia es creciente, debido al cada vez mayor conocimiento que tenemos de las causas que provocan realmente los incendios forestales.

El siniestro se desencadena, en la mayoría de los casos, en los tramos de frenada del tren. Se produce una gran emisión de virutas incandescentes, provenientes de las zapatas, que al entrar en contacto con el matorral cercano causan el incendio.

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

La normativa ferroviaria debe establecer las pautas para el mantenimiento de los trenes, sin embargo se ha detectado maquinaria en mal estado y que en consecuencia emitía una cantidad de virutas muy superior a la normal.

Resulta mucho más frecuente que no se respeten los bordes de la vía limpios, lo cual en los tramos de frenada resulta imprescindible.

La detección de este tipo de situaciones resulta sencilla a partir de los mapas de causalidad. Los incendios se suelen iniciar siempre en las mismas ubicaciones cercanas a las vías y más concretamente en tramos de frenada como los que existen en las proximidades de las estaciones.

7.4.4.2. - Carreteras.

La problemática que se origina en las carreteras es diferente a la del ferrocarril. Los incendios originados por fumadores y lanzamientos pueden darse en ambos casos. Sin embargo, el peligro en las carreteras viene dado por la accesibilidad que dan a las áreas forestales.

La mayor parte de los puntos de inicio de incendios intencionados están localizados cerca de emplazamientos de actividad humana. En este sentido, las carreteras y vías de acceso son de los más frecuentes ya que se prestan a un rápido acceso.

El conocimiento, a través de la investigación de causas, de cuáles de estas vías de acceso presentan un mayor número de incendios, permitirá orientar correctamente tanto las futuras investigaciones como las medidas preventivas.

Resulta imprescindible que las cunetas de las carreteras que atraviesan masas forestales se encuentren limpias de vegetación. No sólo para evitar que se produzcan fuegos a partir de lanzamientos, sino porque la extinción de los mismos es mucho más eficaz y segura apoyándose en brechas o caminos con las cunetas limpias.

7.4.5. Trabajos agropecuarios y forestales.

Los trabajos agropecuarios y forestales realizados durante la época de peligro ocasionan numerosos incendios cuando se ejecutan sin las medidas preventivas adecuadas. Los choques de elementos metálicos contra piedras, como pueden ser el disco de una desbrozadora o la pala de un bulldozer, producen chispas que pueden desencadenar el

incendio, así como la quema de esquilmos y preparación de terrenos para los cultivos cercanos a las áreas forestales, en donde el fuego se utiliza de manera amplia y sin cuidados preventivos.

Las medidas preventivas al respecto son difíciles de controlar, pues pasan por la profesionalidad de las personas o brigadas que realicen estos trabajos.

Se deben tomar una serie de precauciones básicas como evitar el arranque de las motosierras y desbrozadoras en el mismo emplazamiento donde se carga el combustible, etc. Por otra parte, entre las herramientas que lleven las brigadas, resulta muy útil incorporar aquellas que faciliten la extinción de pequeños conatos que pueden ser rápidamente extinguidos por los propios operarios.

Las operaciones con maquinaria pesada durante la época de peligro resultan delicadas. Los trabajos de aclareos y la apertura de cortafuegos resulta muy conveniente que vayan acompañados por motobombas o al menos que algún medio de extinción pueda ser inmediatamente movilizado a la zona de trabajo de la máquina.

Por último, destacar la importancia de que dicha maquinaria mantenga todos sus elementos de seguridad en perfecto estado: matachispas, extintores, etc.

7.4.6. - Áreas recreativas.

La localización como situación de riesgo de un área recreativa es bastante clara. Se podría decir, que es en estas áreas donde más medidas preventivas se han tomado.

Estas áreas funcionan como un foco atractivo de la actividad humana en los bosques. Por este motivo, de una manera indirecta, son una buena herramienta preventiva contra los incendios forestales. Facilitando una demanda social como es el disfrute al aire libre de actividades lúdicas y culinarias se evitan muchas hogueras peligrosas, que de otra forma se harían en mitad del monte.

Deben mantenerse las siguientes precauciones:

- Eliminación de la hierba seca, hojarasca, o cualquier otro combustible fino muerto de los alrededores de los asadores. Se rozará también el matorral y se

podarán las ramas de los árboles al menos hasta una altura de 3 metros. En un radio de unos 10 metros se eliminará un 60% del matorral.

- Si las condiciones del emplazamiento lo requieren se habilitará un cortafuegos como protección.
- Habilitación de más de una vía de acceso y evacuación de 5 metros más arcenes.
- En cualquier caso se deben evitar el uso de fogatas fuera de las áreas destinadas para dicho fin en dichas áreas de recreación.

7.5 LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS Y LA CONCILIACIÓN DE INTERESES.

De lo expuesto anteriormente, podemos obtener algunas conclusiones.

Por un lado, el investigador ocupa una posición privilegiada para realizar labores preventivas dado su conocimiento preciso de las causas que realmente producen los incendios en su zona de actuación. A partir de los datos acumulados se pueden organizar una serie de actuaciones con el objetivo de que incendios repetidos durante muchos años, e incluso décadas, puedan ser definitivamente erradicados.

Un área determinada que tenga solventadas las seis situaciones de riesgo abordadas anteriormente, reduciría sustancialmente su número de incendios. Pero no quiere decir que éstos dejen de ocurrir. Para que esto suceda, es decir para que el número de incendios se reduzcan, han de contemplarse otra serie de factores. Estas seis situaciones de riesgo son, quizá, las más representativas, pero, resulta muy probable que según vaya avanzando la investigación de causas, éstas sean más numerosas y queden mejor perfiladas. De esta manera, se conseguiría una prevención cada vez más eficaz.

Otro de los grandes aspectos que se debe abordar en materia de prevención, junto con las situaciones de riesgo, es el de las actividades de alto riesgo. El ejemplo más claro lo constituyen los ganaderos, que utilizan profusamente el fuego como herramienta de manejo de sus praderas y pastos.

Las medidas a tomar frente a estos productores pasan, en casi todas las circunstancias, por dar una solución razonable a su necesidad de quemar. Esto es lo que se está dando en llamar manejo del fuego o "lucha integral contra los incendios forestales".

MANUAL DE INVESTIGACIÓN DE LAS CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

Esto consiste en una planificación anual en el ámbito regional, en la que se realiza un análisis completo de la problemática. Este estudio se hace a través de los datos de los reportes de incendios de años anteriores y de la experiencia del personal de extinción. Evidentemente este análisis será tanto más perfecto cuanto mayor y más preciso sea el volumen de datos.

Las experiencias en este sentido en muchos países, demuestran la gran receptividad de la población a la organización, por personal especializado y en épocas de bajo riesgo de incendio, de quemas prescritas. Estas deben encuadrarse dentro de las medidas encaminadas a la conciliación de intereses. Estas medidas reducen considerablemente una serie de quemas descontroladas que, de otra forma, se realizan clandestinamente con mucho mayor riesgo para el bosque.

A partir de esta metodología se elimina en gran medida la necesidad de quemar durante el verano y un gran número de los incendios de primavera. Esta técnica de quemas prescritas ya es mencionada y estimulada por muchas autoridades organizaciones. Han sido realizadas numerosas investigaciones al respecto, pero pocas aplicaciones prácticas. Esto debe motivar que el empleo de esta herramienta, tan subestimada en el pasado, venga, cada vez más, en ayuda de la conservación, aún cuando a muchos les resulte todavía un poco reticente.

Por otra parte la persecución y sanción de las personas con actividades de riesgo se ha mostrado claramente ineficaz. Por un lado resulta complicado probar el hecho punible, por otra, aplicando la actual legislación, se generaría un problema social y económico para quienes se dedican al pastoreo. Las demandas de esta comunidad y la lucha contra incendios forestales, tradicionalmente enfrentadas, deben conciliar sus muchos intereses.

Una vez que se ha dado salida a esta necesidad de las comunidades en el uso del fuego, resultarán mucho más fácilmente perseguibles, administrativa o penalmente, aquellos individuos que persistan en mantener una actitud agresiva o negligente en contra la protección de las áreas forestales.

8. BIBLIOGRAFIA.

CONANP, CONAFOR, FMCN, USFS, CMF, GIZ. 2012. Guía para la Elaboración de Programas de Manejo del Fuego en Áreas Naturales Protegidas y Sitios de Interés (Contenido del Guión Modelo), México. 107 pp.

Martínez, D. R. 1990. Fundamentos para la Formulación de Programas de Protección Contra Incendios en Bosques de Clima Templado – Frío. Seminario de Titulación. Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales. Estado de México. 257 p.

National Wildfire Coordinating Group. 2005. Manual para la Determinación del Origen y la Causa del Incendio Forestal. NWCG. Fire Investigation Working Team. Manual 1. PMS 412-1. NFES 1874. 117 pp.

Porrero Rodríguez, M. A. 2001. Incendios Forestales. I. Investigación de Causas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 158 pp.

SEMARNAT, US.F.S., USAID, NWCG, CONAFOR. 2008. Curso de Protección Contra Incendios Forestales. CONAFOR. Coordinación General de Restauración. Gerencia de Protección contra Incendios Forestales. México. 970 pp.