



**MATERIAL DE REFERENCIA  
CURSO P - 240  
INVESTIGACIÓN DEL LUGAR DE ORIGEN  
Y CAUSA DEL INCENDIO FORESTAL**

Gerencia de Protección contra Incendios Forestales  
Departamento de Desarrollo e Investigación  
Sección de Formación Técnica  
Septiembre 2014



Documento de Trabajo 577

**MATERIAL DE REFERENCIA  
CURSO P - 240  
INVESTIGACIÓN DEL LUGAR DE ORIGEN  
Y CAUSA DEL INCENDIO FORESTAL**

## **Documento de Trabajo N° 577**

### **MATERIAL DE REFERENCIA CURSO P - 240 INVESTIGACIÓN DEL LUGAR DE ORIGEN Y CAUSA DEL INCENDIO FORESTAL**

#### **Preparación y edición**

Fernando Maldonado Pereira, Jefe Departamento Desarrollo e Investigación  
Luis Valenzuela Palma, Jefe Sección de Formación Técnica

#### **Colaboradores**

Helios Pujol Martin, Ingeniero Forestal, Región del Biobío  
Samuel Vivanco González, Ingeniero Forestal, Región del Biobío  
Gonzalo López Rojas, Ingeniero Forestal, Región del Biobío  
Rolando Pardo Vergara, Ingeniero Forestal, Región de La Araucanía  
Patrick Laurel Silva, Ingeniero de Ejecución en Administración, Región de La Araucanía  
Miguel Angel Ahumada, Ingeniero Forestal, Gerencia de Prot. contra Incendios Forestales

Gerencia de Protección contra Incendios Forestales  
Corporación Nacional Forestal  
2014

Está autorizada la reproducción parcial de este documento para fines de capacitación sin ningún tipo de permiso especial, pero bajo la condición de que se indique la fuente y que la capacitación no sea una actividad comercial.

No está autorizado el empleo de los contenidos de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales

CONAF agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuyo origen sea la presente publicación.

## **PRESENTACION**

La Gerencia de Protección contra Incendios Forestales ha preparado este Documento de Trabajo N° 577, con el conocimiento estructural de referencia para dictar cursos de investigación del origen y de la causa de un incendio forestal, con el objetivo de estandarizar la capacitación que CONAF realiza a los equipos especializados de Carabineros de Chile y de la Policía de Investigaciones, así como a personal profesional y técnico de empresas forestales, de instituciones y entidades relacionadas y de la propia Corporación.

Este Material de Referencia se complementa, para su aplicación en modalidad de enseñanza interactiva por los Instructores del Programa de Protección contra Incendios Forestales de CONAF, con los respectivos Planes de Lección, Apuntes del Participante, Ayudas Visuales y Pautas de Evaluación de Conocimientos y Destrezas. Todo este conjunto de material docente se identifica con la denominación Curso P – 240, Investigación del Lugar de Origen y Causa del Incendio Forestal.

Esta Gerencia de Protección contra Incendios Forestales resalta el desarrollo de este valioso material de capacitación, como un importante aporte en la formación de nuevos equipos de profesionales que investiguen metodológicamente la causa de los incendios forestales, destacando en ello la relevante estrategia institucional de dar el soporte técnico a las actividades de prevención de incendios forestales que se desarrollan a lo largo del país.

Con las orientaciones del Gerente de Protección contra Incendios Forestales, la documentación fue preparada y editada por los Ing. Forestales señores Fernando Maldonado Pereira y Luis Valenzuela Palma, Jefe del Depto. de Desarrollo e Investigación y Jefe de la Sección Formación Técnica de dicho Depto., respectivamente, contando con la relevante colaboración técnica de los Ingenieros Forestales Helios Pujol Martin, Gonzalo López Rojas, Rolando Pardo Vergara, Samuel Vivanco González y Miguel Angel Ahumada y del Ingeniero de Ejecución en Administración Patrick Laurel Silva. Una significativa participación, además, tuvieron los profesionales Felipe Suanes y Pamela Saballa, colaborando en materias de coordinación y de diseño gráfico de las portadas de los documentos del curso.

**GERENCIA DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS FORESTALES  
CORPORACION NACIONAL FORESTAL**



# INDICE

1. Rol de la investigación de causas en la protección contra incendios forestales	1
1.1 Situación de los incendios forestales en Chile	1
1.2.1 Ocurrencia	2
1.2.2 Daños	3
1.2.3 Causas	4
1.2 Prevención del delito de incendio forestal ...	5
1.2.1 Breve descripción de la legislación actual	5
1.2.2 Prevención punitiva	6
2. Origen y comportamiento del fuego	9
2.1 Introducción	9
2.2 El origen del fuego	9
2.2.1 El triángulo del fuego	9
2.2.2 El proceso de la combustión	10
2.2.3 Los mecanismos de transmisión del calor	11
2.2.4 Las pavesas y los focos secundarios	12
2.3 El comportamiento del fuego y sus manifestaciones	13
2.3.1 La velocidad de propagación	14
2.3.2 La intensidad calórica	15
2.3.3 La columna de convección	15
2.3.4 Las llamas	15
2.3.5 El modelo de propagación	16
2.4 Factores del comportamiento del fuego	16
2.4.1 El combustible	16
2.4.2 El tiempo atmosférico	23
2.4.3 La topografía	28
2.5 El modelo de propagación.	31
2.5.1 El concepto de modelo de propagación	31
2.5.2 Partes del incendio	31
2.5.3 La grilla	32
2.5.4 Factores que determinan el modelo	33
2.5.5 Geometría habitual del modelo de propagación	34
2.6 Cálculo del contenido de humedad en el combustible muerto	35
2.6.1 Toma de datos	36
2.6.2 El cálculo con tablas	36
3. Prevención de riesgos en la investigación de causas	41
3.1 Introducción	41
3.2 Identificación de peligros	41
3.2.1 Peligro mecánico	43
3.2.2 Peligro eléctrico	44
3.2.3 Peligro fuego	44
3.2.4 Peligro químico	44
3.2.5 Peligro físico	44
3.2.6 Peligro biológico	45
3.2.7 Peligro biomecánico	45
3.3 Conclusiones	45

4.	Sistema de clasificación de causas de incendios forestales	47
4.1	Grupo	47
4.2	Causas generales	47
4.3	Causas específicas	48
5.	Proceso de investigación	49
5.1	Etapas en la investigación de causas	49
5.1.1	Etapas técnicas en la investigación de causas	50
5.2.1	Etapas judiciales del procesamiento por delito forestal	52
5.2	Método de investigación	52
5.3	Proceso para investigar la causa del incendio forestal	53
5.4	Brigada de determinación de causas	54
5.4.1	Funciones y responsabilidades	54
5.4.2	Estructura	55
5.4.3	Personal y recursos materiales y logísticos	56
5.4.4	Acciones iniciales en el trabajo de la Brideca	57
6.	Aplicación del método de las evidencias físicas (MEF)	59
6.1	Grado de daños	59
6.2	Patrón de quema	60
6.3	Exposición y protección	60
6.4	Lascamiento	61
6.5	Modelos de carbonización	61
6.6	Escamado	63
6.7	Petrificación de ramas	64
6.8	Manchas de hollín	64
6.9	Color de las cenizas	65
6.10	Tallos de gramíneas	65
7.	Prueba material	67
7.1	Delimitación del área de inicio	67
7.1.1	Validación del área de inicio	67
7.2	Determinación del punto de inicio y búsqueda del medio de ignición	68
7.3	Establecimiento del cuadro de indicadores	69
8.	Prueba personal	71
8.1	Entrevista a testigos	71
8.1.1	Clasificación de los testigos	71
8.1.2	Orientaciones para entrevistar al testigo	72
8.2	Registro de testimonios	73
9.	Relación entre la prueba material y la prueba personal	75
9.1	Establecimiento y validación de la hipótesis central de la causa del incendio	75
9.2	Tratamiento de la información	76
9.2.1	Análisis	76
9.2.2	Correlación	77
9.2.3	Síntesis	77

10. Informes de la investigación de causas	79
10.1 Informe de campo	79
10.1.1 Datos generales del incendio	80
10.1.2 Área de inicio	80
10.1.3 Evidencias físicas encontradas en el lugar del incendio (área y punto de inicio)	80
10.1.4 Datos sobre la causa del incendio	80
10.1.5 Medios de investigación	81
10.1.6 Croquis	81
10.2 Informe técnico pericial	81
Bibliografía	83



# 1 ROL DE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS EN LA PROTECCIÓN CONTRA LOS INCENDIOS FORESTALES

## 1.1 SITUACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN CHILE

De acuerdo con las estadísticas disponibles, los incendios forestales en Chile siguen una distribución anual irregular al igual que en la gran mayoría de los países, con máximos en las temporadas en que las condiciones meteorológicas han sido favorables a la propagación de los incendios.

A nivel de país la distribución de los incendios forestales difiere entre regiones, principalmente por las diferencias en las condiciones meteorológicas, la relación entre la población y el bosque, la forma de usar el fuego para quemar desechos y las causas que los provoquen, entre otras.

El registro estadístico se inició en la temporada 1963/64 y se ha mantenido ininterrumpidamente hasta el presente. Esta estadística se nutre de los datos recopilados en la ficha del incendio, que se elabora a partir de los antecedentes recopilados por personal en terreno y en la Central de Coordinación Regional (CENCOR).

En el periodo comprendido entre las temporadas 1963/64 a 2012/13 la superficie afectada acumulada es de 2.286.241 ha y el número de incendios acumulados es de 208.253. En tanto que el promedio anual para ese mismo periodo es de 45.725 ha/año y 4.165 incendios/año, siendo la superficie promedio por incendio de 11,0 ha. Con el fin de observar mejor las tendencias se han añadido en la figura 1 los datos provisionales de la presente temporada 2013/14, con fecha 07/05/2014.

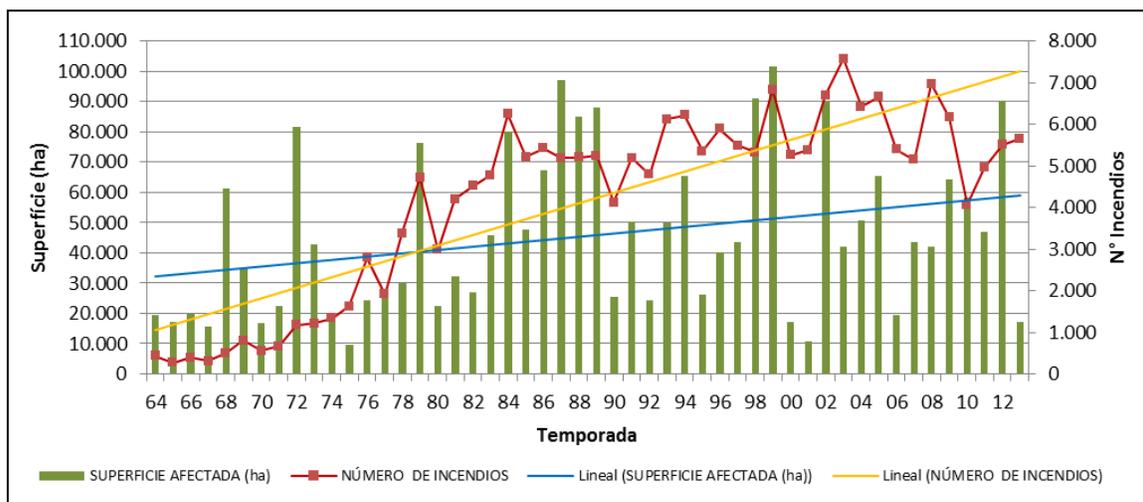


Figura 1. Ocurrencia y daño histórico de incendios forestales, periodo 1963/64 a 2012/13 (Fuente: CONAF)

Como se observa en la figura 1, la tendencia lineal tanto para el número de incendios como al daño es claramente ascendente, aunque para la superficie afectada es menor el incremento al compararlo con el número de incendios.

En relación con los datos históricos, se considera que a partir de la década del 80 están completos, dado que en esos años se extendió el programa de protección contra los incendios forestales a todo el país. De esta forma, si estudiamos el promedio de los últimos 29 años,

comprendido entre las temporadas 1984/85 y 2012/13 (figura 2), se obtiene que la superficie total afectada anual alcanza a 1.560.959 ha y el número total de incendios a 163.444, lo cual implica un promedio anual de 9,7 ha/inc. Esto significa que a diferencia del periodo analizado anteriormente, la tendencia en los últimos 29 años difiere principalmente en cuanto a que la superficie afectada tiende a disminuir, mientras que hay una pequeña tendencia en el aumento del número de incendios.

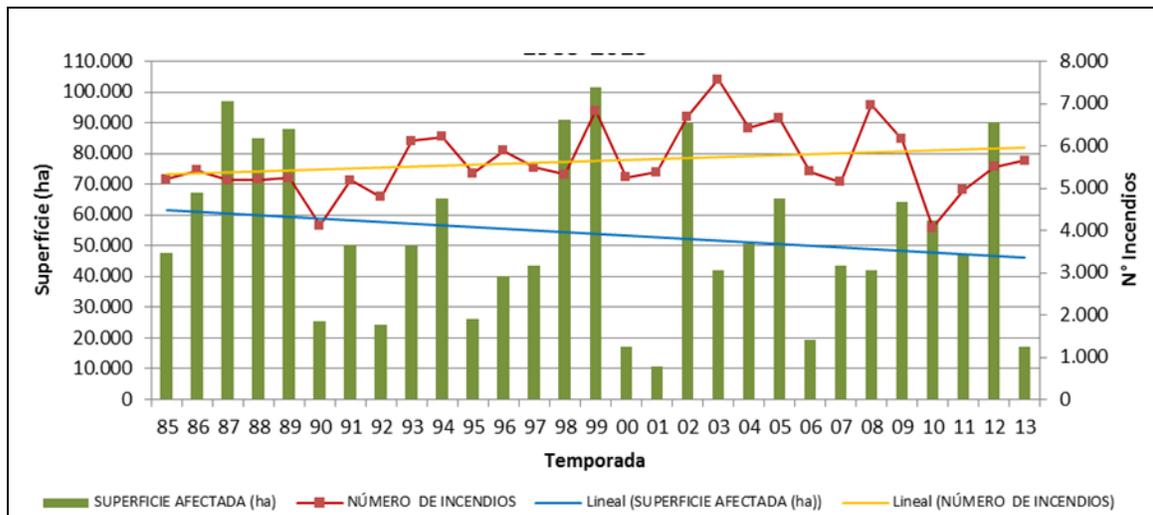


Figura 2. Ocurrencia y daño histórico de incendios forestales, periodo. 1984/85 a 2012/13 (Fuente: CONAF).

### 1.1.1 Ocurrencia

El número total de incendios desde la temporada 1984/85 hasta el 2012/13 asciende a 163.444, siendo el promedio anual de 5.636 incendios. En la tabla 1 se muestran las temporadas con un número de incendios superior a 6.000 siniestros. El mínimo de este periodo se produjo en la temporada 2000/01 con 5.374 incendios y el máximo con 7.572 incendios en la temporada 2002/03.

Tabla. 1. Temporadas con mayor número de incendios, periodo 1983/84 a 2012/13 (Fuente: CONAF)

Temporada	Número de incendios	Superficie afectada (ha)	Superficie promedio (ha/inc.)
1992 - 1993	6.118	49.981	8,2
1993 - 1994	6.214	65.606	10,6
1998 - 1999	6.831	101.691	14,9
2001 - 2002	6.701	90.069	13,4
2002 - 2003	7.572	41.988	5,5
2003 - 2004	6.430	50.687	7,9
2004 - 2005	6.653	65.300	9,8
2007 - 2008	6.975	42.037	6,0
2008 - 2009	6.157	64.223	10,4

La temporada oficial de incendios empieza el 1 de julio y termina el 30 de junio. En la distribución histórica mensual, los meses de diciembre, enero, febrero y marzo representan casi el 85% (figura 3).

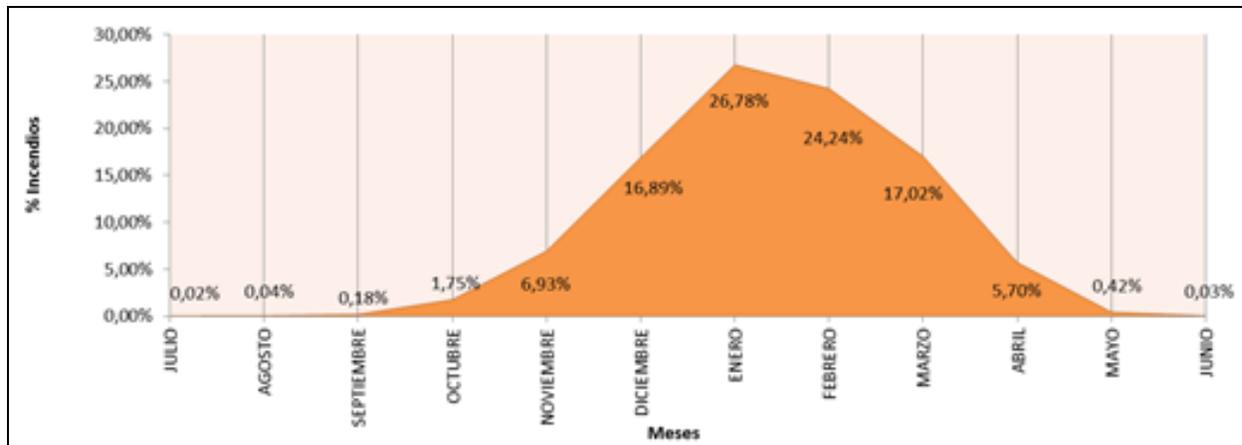


Figura 3. Distribución mensual ocurrencia histórica 1984/85 a 2012/13 (Fuente: CONAF).

### 1.1.2 Daños

El daño producido por los incendios forestales en el periodo 1984/85 a 2012/13 (ver tabla 2), se produce principalmente en vegetación forestal con un 90,1%, siendo el resto en otras superficies (9,9%). El daño forestal se divide en dos tipos, por una parte la vegetación natural con un 70,1% y por otra las plantaciones (20,2%). Dentro de la vegetación natural el porcentaje de daño es muy parecido, siendo por orden de afectación el matorral (25,9%), pastizal (23%) y el arbolado (21%). En el caso de las plantaciones, el pino insigne es el de mayor afectación con casi un 15% seguido de las plantaciones de eucalipto (5%), y en último lugar con un 0,2% plantaciones de otras especies.

Tabla 2. Daño nacional durante el periodo 1984/85 a 2012/13 (Fuente: CONAF)

Descripción		Superficie (ha)	%
Plantación	Pino insigne	232.812,72	14,9%
	Eucalipto	78.591,95	5,0%
	Otras especies	3.182,40	0,2%
	<b>Subtotal</b>	<b>314.587,07</b>	<b>20,1%</b>
Vegetación natural	Arbolado	327.747,96	21,0%
	Matorral	404.744,59	25,9%
	Pastizal	359.748,23	23,0%
	<b>Subtotal</b>	<b>1.092.240,78</b>	<b>70,0%</b>
<b>Total forestal</b>		<b>1.406.827,85</b>	<b>90,1%</b>
<b>Total otras superficies</b>		<b>154.131,13</b>	<b>9,9%</b>
<b>Total del daño</b>		<b>1.560.958,98</b>	<b>100,0%</b>

La distribución mensual del daño en este periodo se concentra entre los meses de diciembre a marzo, con un 92,4% del total nacional (ver figura 4), siendo enero y febrero los peores meses con casi un 33% del daño respectivamente.

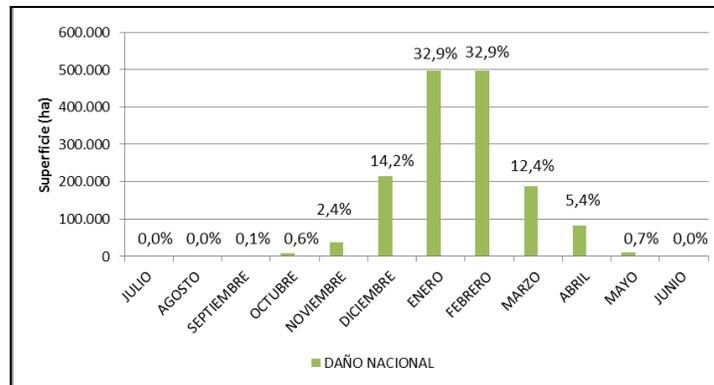


Figura 4. Distribución mensual daño histórico 1984/85-2012/13 (Fuente: CONAF)

### 1.1.3 Causas

Aun cuando en Chile no se investiga el origen de los incendios forestales, se mantiene actualizada una base de datos con la posible causa para cada uno de ellos, basada en la estimación realizada por el personal técnico a cargo de su combate. De esta forma, se observa que entre las temporadas 1984/85 y 2001/02 la causa antrópica representaba el 87%, mientras que el resto se divide en causas desconocidas (11,3%) y otras causas (1,7%, que incluirían los rayos con 0,07%), mientras que entre las temporadas 2002/03 a 2012/13, la causa antrópica se mantiene en 85,2%, mientras que las desconocidas ascienden al 14,54% y los incendios naturales representan sólo un 0,26%.

Esto implica que los incendios forestales son provocados fundamentalmente por las personas, ya sea intencionalmente o por mal uso del fuego, lo cual condiciona la necesidad de fortalecer la investigación profesional de las causas de estos incendios para aportar, cuando corresponda, antecedentes sólidos al trabajo que deben realizar los fiscales y al personal encargado de evitar que ocurran nuevos incendios.

Al relacionar las causas con el daño se observa que el origen antrópico explica el 75,7% de los incendios forestales en el periodo 1984/85 a 2001/02, aumentando al 83,9% entre las temporadas 2002/03 a 2012/13. Para estos mismos periodos el daño por causas desconocidas es parejo, siendo de 16,7% y 15,98%, respectivamente. En último caso, las otras causas del periodo 1984/85 a 2001/02 representan un 7,6% (de éste un 2% son por incendios naturales), y entre 2002/03-2013 el daño por incendios naturales descendió al 0,2%.

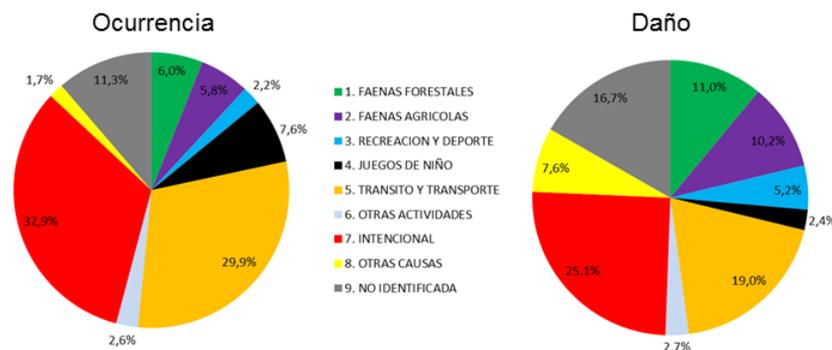


Figura 5. Ocurrencia y Daño según la causa en el periodo 1984/85 a 2001/02 (Fuente: CONAF)



Figura 6. Ocurrencia y Daño según la causa en el periodo 2002/03 a 202/13 (Fuente: CONAF)

## 1.2 PREVENCIÓN DEL DELITO DE INCENDIO FORESTAL

### 1.2.1 Breve descripción de la legislación actual

Las sanciones por provocar un incendio forestal, con o sin intención, están reguladas en la Ley N° 20.653 publicada en el Diario Oficial el 2 de febrero de 2013.

#### a. Incendio forestal provocado intencionalmente

Esta ley modifica el Artículo 476 perteneciente al párrafo 9° “Del incendio y otros estragos” del Título IX del Libro II del Código Penal, específicamente modifica el número 3° de dicho precepto y agrega un número 4° nuevo. Además, modifica la Ley de Bosques, cuyo texto se encuentra contenido en el decreto supremo N° 4.363, del Ministerio de Tierras y Colonización, del año 1931, específicamente el Artículo 22 y agrega los Artículos 22 bis y 22 ter, nuevos.

Estas modificaciones llevan a que se sancione a quien provoca intencionadamente un incendio forestal al nivel del delito de homicidio, lo cual implica que el imputado puede ser sancionado con penas que van desde 5 años y un día hasta 20 años de prisión efectiva, en caso de comprobarse que el origen del fuego fue premeditado.

#### b. Incendio forestal provocado sin intención

Esta misma Ley establece que para aquellos casos de incendio forestal provocado por el uso no autorizado de fuego para limpiar terrenos, será castigado con presidio menor en sus grados medio a máximo (de 541 días a 5 años) y una multa de 50 a 150 Unidades Tributarias Mensuales (UTM), es decir, entre \$2.046.750 hasta \$6.140.250.

La Ley también estableció sanciones para quienes por mera imprudencia o negligencia en el uso del fuego u otras fuentes de calor provoquen un incendio en un área silvestre protegida o que se propague a alguna de ellas. Indicando que, en este caso, “el responsable sufrirá la pena de presidio menor en su grado máximo (3 años y un día a cinco años) y una multa de 100 a 200 UTM”.

También la Ley prohíbe y sanciona el acto de encender fuego o la utilización de fuentes de calor en áreas silvestres protegidas que no sean previamente autorizados por la autoridad. En este caso, la pena es de presidio menor en su grado mínimo a medio (de 61 días a 3 años) y multa de 11 a 50 UTM.

### c. Infracciones al DS 276

El Decreto Supremo 276 del Ministerio de Agricultura publicado en el Diario Oficial el 4 de noviembre de 1980, regula la destrucción de la vegetación mediante el uso del fuego sólo en forma de quema controlada y faculta a la Corporación Nacional Forestal regular los avisos que presenten los propietarios. También otorga facultades de fiscalización a la CONAF, al Servicio Agrícola y Ganadero y a Carabineros de Chile, sin perjuicio de la acción pública que concede la Ley de Bosques.

#### 1.2.2 Prevención punitiva

Es el conjunto de acciones preventivas coordinadas inter - institucionalmente (Carabineros de Chile, Ministerio Público, Corporación Nacional Forestal, Bomberos y Empresas Forestales), con el objetivo de disminuir la ocurrencia de incendios forestales intencionales. De acuerdo a ello, esta modalidad de prevención pretende desmotivar la generación de incendios forestales mediante la internalización de la noción del delito por parte de la comunidad a través del patrullaje preventivo de Carabineros de Chile en áreas de ocurrencia reiterada e intencional y el apoyo técnico a la labor desarrollada por el fiscal designado para investigar los delitos de incendio forestal denunciados. Situación que una serie de estudios sociológicos realizados en dicha Región indicaron que, además de existir una diversidad de motivaciones, existe en el país una clara sensación en la población de que provocar incendios forestales no estaba penalizado.



Inicialmente este concepto fue desarrollado por CONAF en la Región del Biobío en el año 2003, debido a que ese año comenzó la reforma procesal penal y a los resultados negativos de las anteriores campañas de prevención, lo que implicaba que en aquellos sectores en que la causa tenía una marcada intencionalidad, las acciones de sensibilización no tenían buenos resultados, ya que las motivaciones tienen relación con otros objetivos determinados.

### a. Patrullajes de Carabineros

Es una actividad inter-institucional en la cual CONAF monitorea permanente los sectores de mayor ocurrencia de incendios forestales, convenidos con anterioridad con todas las demás instituciones involucradas en el Comité de Prevención Regional, y cuando se detecta la presencia de algún pirómano o un incremento súbito de la ocurrencia se informa al Oficial de Carabineros que coordina el patrullaje preventivo que realiza diariamente la institución, redirigiéndolo hacia dichos sectores. A modo de ejemplo, Carabineros ha realizado 76.164 patrullajes con este fin en la Región del Biobío, que se desglosa en la siguiente tabla.

Tabla 4. Patrullaje en sectores con ocurrencia reiterada, periodo 2004/05 a 2012/13

Provincia	Periodo									Totales
	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	
Concepción	2.779	3.619	3.910	4.784	5.239	764	3.755	2.343	2.962	30.155
Ñuble	2.343	937	1.357	990	1.008	860	1.286	2.303	1.067	12.151
Bio Bio	1.793	1.520	1.420	1.136	1.508	900	1.425	1.809	828	12.339
Arauco	2.112	3.411	2.360	1.792	2.367	2.594	2.082	3.093	1.708	21.519
<b>Total anual</b>	<b>9.027</b>	<b>9.487</b>	<b>9.047</b>	<b>8.702</b>	<b>10.122</b>	<b>5.118</b>	<b>8.548</b>	<b>9.548</b>	<b>6.565</b>	<b>76.164</b>

### b. Resultados de juicios finalizados

El Ministerio Público ha iniciado una serie de juicios por el delito o crimen de Incendio Forestal, entre estos están algunos en los cuales ha solicitado el apoyo técnico a CONAF, como complemento al trabajo rutinario que le brindan las instituciones policiales. Producto de ésta colaboración a través de las BRIDECA, se han sancionado a:

- 30 personas con condena efectiva.
- 4 personas con condena remitida.
- 3 personas con condena falta (curso, multa y más reposición).

Además, se han dado otras salidas en casos de menor complejidad, tales como:

- 2 personas con amonestación.
- 2 personas con suspensión condicional del procedimiento.
- 2 personas sensibilizadas.



## 2 MODULO ORIGEN Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

En un incendio forestal el fuego tiene un inicio y un desarrollo o comportamiento posterior que es necesario anticipar para decidir cómo y dónde combatirlo.

A su vez, este comportamiento se evidenciará no sólo en la forma en que se propaga, sino que también en el rastro o señales que va dejando a su paso. Observando y siguiendo esas señales se puede revertir el paso del fuego y llegar al lugar del origen del incendio donde, con una revisión más detallada, se podrán encontrar evidencias de la causa humana o de otro tipo que inició al fuego.

El desarrollo del presente Módulo se orienta a explicar cómo se propaga el fuego hacia adelante, para permitir en un momento posterior revertir su paso y encontrar el lugar de origen.

### 2.2 EL ORIGEN DEL FUEGO

El fuego es un elemento de la naturaleza íntimamente ligado al hombre desde que éste apareció en la Tierra. El fuego ha sido formador de la humanidad y también un factor de destrucción. Pareciera algo inerte, pero tiene vida.

El conocimiento de su origen y de la forma en que se comporta son básicos para saber usarlo y, especialmente, para luchar contra él cuando no es un fuego deseado y cuando su magnitud causa daños al ambiente, a las personas y a los valores económicos.

El fuego es el elemento en sí mismo, por ejemplo la llama de un fósforo, pero al adquirir grandes dimensiones y al causar daño se transforma en un incendio, ya sea de una casa o de vegetación.

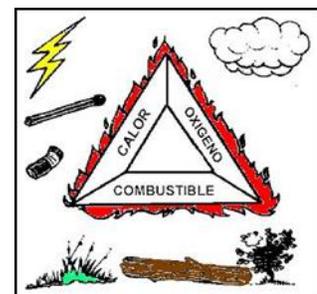
La Ley del Bosque Nativo N° 20.283 (Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal) establece una definición de incendio forestal, pero CONAF utiliza técnicamente una mejor definición, a saber “fuego que, sin importar su origen y tamaño, se propaga sin control en terrenos rurales y áreas de interfaz urbano-forestal, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta”.

#### 2.2.1 El triángulo del fuego

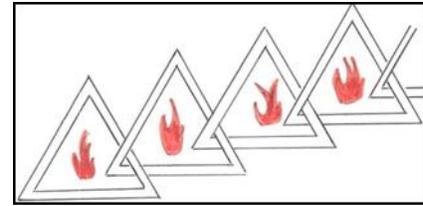
El fuego es calor y luz producidos por la combustión.

La combustión, a su vez, se produce por la combinación de tres elementos: un combustible, el oxígeno del aire y una fuente de calor inicial.

Estos tres elementos, más la combustión y el fuego que producen se representan gráficamente en el Triángulo del Fuego.



Para que se produzca la combustión se requiere que estos tres elementos se combinen en la cantidad y proporción adecuada. Esto implica que si hay una baja cantidad de calor o si el aire tiene menos oxígeno que lo normal (menos de 21%), el combustible no arderá. Tampoco si éste está húmedo.



Además, para que el fuego se propague deben mantenerse las condiciones que permitan la formación de nuevos triángulos del fuego, en un proceso continuo llamado reacción en cadena.

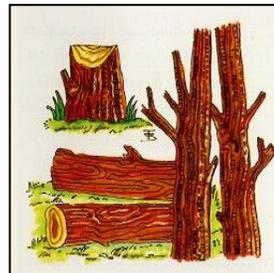
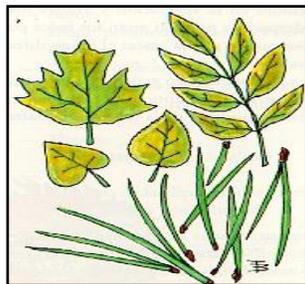
Una vez iniciado, para que el fuego se propague deben mantenerse las condiciones que permitan la formación de nuevos triángulos del fuego, en un proceso continuo llamado reacción en cadena.

Juntando los conceptos de Triángulo del Fuego y reacción en cadena se habla del Tetraedro del Fuego (tetraedro: figura geométrica de cuatro caras).

### 2.2.2 El proceso de la combustión

La combustión es una reacción química entre los gases inflamables que se desprenden desde un combustible, el calor aportado por una fuente de calor externa o por el propio incendio y el oxígeno del aire. Es una reacción rápida y exotérmica, o sea genera calor.

Un combustible, a su vez, es un elemento o sustancia capaz de entrar en combustión. En la Naturaleza, en la industria y en el ambiente doméstico hay muchas sustancias líquidas, sólidas o gaseosas que son combustibles, por ejemplo la gasolina, la ropa, los neumáticos, el cartón, el gas de la cocina, etc.



En el caso de incendios forestales el combustible estará conformado por pastos, arbustos o árboles, vivos o muertos, y por partes de ellos, como ser hojas y ramas caídas, cortezas, frutos, semillas, raíces y hojarasca en descomposición o ya descompuesta. Se le llama combustible forestal.

En un incendio forestal, además, muchas veces se queman otros elementos materiales, por ejemplo cercos, postes, puentes, galpones, bodegas y, lamentablemente, viviendas.

Algunos combustibles, a temperatura ambiente, están siempre emitiendo gases inflamables hacia el aire que los rodea. Es el caso de la gasolina, con lo cual la combustión es instantánea si se acerca una fuente de calor. Otros combustibles, en cambio, requieren un calentamiento previo para que sus estructuras y componentes se destruyan por efecto del calor y emitan gases inflamables. Este es el caso de los combustibles forestales, donde el calor aplicado primero destruye las células del vegetal y hace que se liberen gases inflamables. Este proceso se llama pirolisis.

La combustión es una reacción rápida y, en su momento más activo, desprende una gran cantidad de calor (mucho mayor del que recibe) y de llamas producidas por la ignición de los gases desprendidos. Cuando se han emitido todos los gases inflamables el vegetal se carboniza en la forma de brasas, con una combustión sin llamas, o sea incandescente, como el extremo de un cigarrillo encendido.

Si todos los gases se inflamasen y la combustión fuese perfecta y completa sólo se desprenderían a la atmósfera dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y vapor de agua, ambos generados por las reacciones químicas que se producen. El  $\text{CO}_2$  no es tóxico para la respiración del hombre, pero genera el efecto invernadero.

Sin embargo, es más frecuente que la combustión sea incompleta debido a una menor cantidad de calor o menor disponibilidad de Oxígeno. Con ello muchos gases pasan a la atmósfera sin inflamarse y, entre ellos, en lugar de  $\text{CO}_2$  se produce CO (monóxido de carbono), que es tóxico para el ser humano. Al aspirarlo cerca de las llamas, en espacios abiertos, la concentración de CO no es mortal, pero sí será la causa de un posterior dolor de cabeza. A una mayor distancia el CO se disipa, pero en espacios cerrados el monóxido de carbono es mortal.

### 2.2.3 Los mecanismos de transmisión del calor

En Chile, salvo ocasionales caídas de rayos y accidentes eléctricos, la casi totalidad de los incendios forestales se origina directamente en una negligencia o imprudencia de las personas al manipular el fuego en alguna actividad. A veces con intención. Ahí está la fuente externa de calor inicial.

Para que se inicie el fuego es necesario que el calor proveniente de esa fuente inicial se transmita al interior del combustible forestal para secarlo, destruir sus tejidos (pirolisis), liberar gases inflamables y así iniciar la combustión.

Después que aparecen las llamas y generan una gran cantidad de calor, será necesario que ese calor se transmita, a su vez, al combustible vecino para empezar a secarlo y, de esta forma, continuar el proceso de la combustión y propagar el incendio.

La transmisión del calor es el proceso por el cual la energía calórica (el calor), **no las llamas**, se transmite por el interior de un sólido o líquido y, de este sólido o líquido, hacia otro en las cercanías.

Esta transferencia de calor puede realizarse de tres formas: por conducción, convección y por radiación. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de ellos predomine sobre los otros dos.

#### a. La conducción

Es la transmisión del calor a través del interior de un cuerpo sólido, ya sea un ser vivo o un cuerpo inanimado o de un cuerpo a otro en íntimo contacto. Por ejemplo, una varilla de fierro termina por calentarse completamente aunque sólo la punta esté en el fuego. La mano de alguien calienta la mano de otra persona.

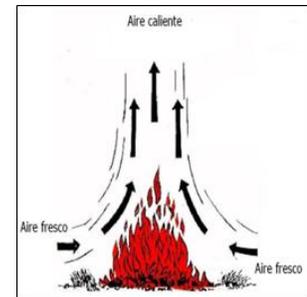
Esta forma de transmitir calor no influye mucho en la propagación del fuego por el terreno, pero es la única forma en que el calor se transmite hacia el interior del combustible, permitiendo secarlo y calentarlo para liberar gases que inicien y continúen la combustión.



No confundir la propagación de las llamas por la superficie del terreno con la transmisión de calor por conducción. Son cosas diferentes.

### b. La convección

Es la transmisión de calor a través de un fluido, tal como el aire o el agua. Cuando aparecen las llamas calientan al aire junto a ellas. Si no hay viento, el aire caliente sube verticalmente porque el aire caliente es más liviano. Las ramas que estén encima del fuego recibirán ese calor y podrán entrar en combustión.



Si hay viento, que es lo más probable, el aire caliente es impulsado hacia delante, dependiendo de la fuerza del viento. Esto hace que el combustible próximo reciba aire caliente y empiece a secarse, facilitando y acelerando con ello la combustión.

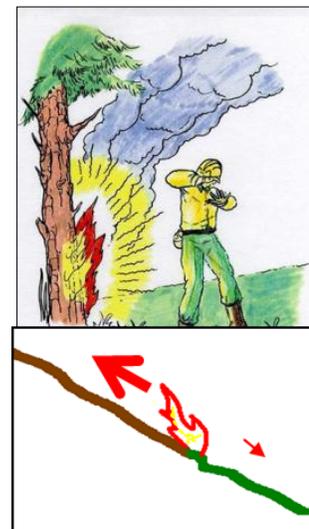
De los mecanismos de transmisión del calor, la convección tiene la mayor importancia en la propagación del incendio forestal por el terreno.

### c. La radiación

Es la transmisión del calor a través de ondas llamadas electromagnéticas, como las que emite el Sol para calentar a la Tierra o el calor emitido de una fogata.

Estas ondas son rectas y en todas direcciones, pero mientras más alejada está la fuente de calor menor es la cantidad de calor recibida. Se reduce al cuadrado de la distancia. Además, el paso del calor puede ser impedido por un obstáculo cualquiera.

La radiación tiene una menor influencia que la convección en la propagación del fuego por el terreno. Sin embargo, la radiación permite la propagación del fuego de un incendio que baja por una ladera, ya que, aunque la mayor parte del calor producido por la combustión se transmitirá por convección hacia arriba, a lo quemado, una cierta cantidad de calor transmitido por radiación calentará al combustible de más abajo.

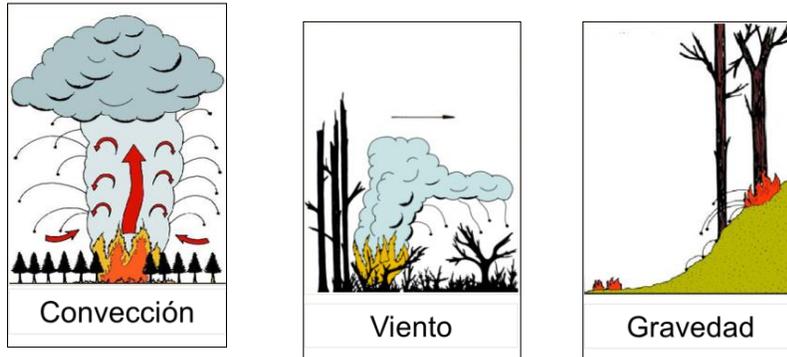


Como esta transmisión de calor hacia abajo es menos intensa, la propagación es más lenta y el fuego va dejando rastros diferentes a una propagación hacia arriba.

#### 2.2.4 Las pavesas y los focos secundarios

La conducción, convección y radiación transmiten calor, no fuego. Pero, en algunos casos, el fuego puede propagarse físicamente a través de partículas o piezas pequeñas de combustible encendidas, que son removidas desde un lugar hacia otro donde inician un nuevo fuego.

Se llama **pavesas** a estas partículas y **foco secundario** al fuego que inician. Las pavesas pueden ser removidas y trasladadas de diversas formas.



#### a. Por convección

Pequeños trozos de material encendido pueden ser levantados por fuertes corrientes de convección, o sea de masas de aire caliente que ascienden, que los elevan a gran altura y los transportan luego a cierta distancia, hasta que pierden sustentación y caen más adelante.

#### b. Por el viento

Un fuerte viento, a ras de suelo, levanta pavesas y las arroja metros más adelante.

#### c. Por gravedad

Material encendido que se desprende de un incendio que desciende por una ladera y que rueda hacia abajo, hasta detenerse. En ese lugar puede originar un fuego que asciende la ladera y se une al que venía bajando.

Los focos secundarios así iniciados serán generalmente absorbidos por el incendio principal, pero a veces quedan aislados y dejan señales confusas.

### 2.3 El comportamiento del fuego y sus manifestaciones

El comportamiento del fuego es el conjunto de manifestaciones físicas y mecánicas que se producen durante un incendio forestal. Producto de este comportamiento el fuego avanzará rápido o lento, desprenderá más o menos calor o avanzará en una dirección y no en otra.

Anticipar el comportamiento del fuego permitirá planificar acciones de combate para detenerlo en cierto lugar y, en el caso de la investigación de la causa del incendio, permitirá ubicar el lugar donde se inició el fuego, siguiendo el rastro que deja el fuego en su avance e invirtiendo esa trayectoria hasta su origen, retrotrayendo su paso.

Lo que el fuego hace se evidencia en las Manifestaciones del Comportamiento, entre ellas:

- La velocidad de propagación
- La intensidad calórica
- La columna de convección
- Las llamas
- El modelo de propagación

Estas manifestaciones dependerán de algunos factores, a ver más adelante, y cada una de ellas produce distintas huellas del paso del fuego.

### 2.3.1 La velocidad de propagación

La velocidad de propagación es la rapidez con que avanza y crece el incendio. Se la puede expresar en velocidad de propagación lineal, velocidad de propagación superficial y velocidad de propagación perimetral. Pero, la velocidad de propagación, en cualquiera de sus formas, no es la misma en todo el incendio y en todo momento. Hay máximos y mínimos.

Existen tres formas de expresar la velocidad de propagación.

#### a. Velocidad de propagación lineal

Es la rapidez con que avanza el fuego hacia adelante, en la dirección que lleva el incendio. Se la mide en metros por minuto o kilómetros por hora.

La velocidad de propagación lineal es la forma habitual de expresar la propagación del fuego en los incendios forestales. Es muy importante conocerla para calcular cuándo llegará el fuego a cierto lugar, ya sea un sitio a proteger o donde se combatirá al incendio.

Se habla de una corrida o carrera de fuego a un rápido desplazamiento del fuego en un momento y sector o lugar específico del incendio.

El fuego, avanzando a diferentes velocidades de propagación lineal, quemará a la vegetación de distintas formas y, con ello, dejará distintas huellas a su paso.

Por ejemplo, restos de vegetación acostados hacia adelante revelan una rápida velocidad del fuego que, primero, empujó a la vegetación y luego la calcinó inclinada, como congelándola.

La Tabla adjunta indica grados de velocidad en propagación lineal del fuego.

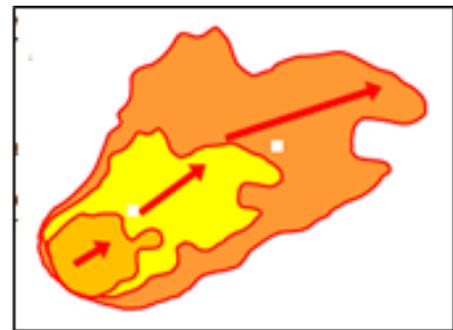


Tabla 4. Clasificación de velocidades de propagación lineal

Velocidad en metros/hora	Categoría
inferior a 120	lenta
de 120 a 600	mediana
de 600 a 2.400	alta
de 2.400 a 4.200	muy alta
sobre 4.200	extrema

#### b. Velocidad de propagación superficial

Mide el incremento en la superficie quemada. Se la expresa en metros cuadrados por minuto, en metros cuadrados por hora y hectáreas por hora.

#### c. Velocidad de propagación perimetral

Mide el incremento del perímetro del incendio, o sea la longitud o extensión de su borde. Se la mide en metros por minuto, metros por hora o kilómetros por hora. A medida que el incendio crece y mientras más extenso vaya siendo el perímetro, mayor será la dificultad para extinguir al fuego, pues implica desplegar más recursos y equipos para rodear al incendio.

### 2.3.2 La intensidad calórica

Es la cantidad de calor que emite el incendio, por cada segundo de tiempo que pasa y por cada metro que avanza. Un incendio que avanza rápido y quemando una gran cantidad de combustible, emite mayor intensidad calórica que otro que avanza lento y en poco combustible. A su vez, un fuego de gran intensidad calórica será difícil de combatir, pues es imposible acercarse a él. Ello hará necesario combatirlo con técnicas especiales, trabajando a distancia.

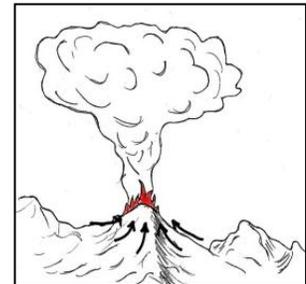
Una alta intensidad calórica se origina por la combustión y quema de una gran cantidad de combustible. Con una destrucción de toda la vegetación presente no quedan evidencias del paso del fuego, pero esa destrucción total, en sí, ya es una evidencia del comportamiento.

Técnicamente es posible calcularla y expresarla en Kilocalorías por metro y por minuto de avance del fuego, según una fórmula conocida como fórmula de Byram.

### 2.3.3 La columna de convección

Es la corriente ascendente de aire caliente y humo que se eleva desde el combustible en llamas. El humo, a su vez, está formado por gases no inflamados, vapor de agua, cenizas y pequeñas partículas vegetales y residuos de la combustión levantados desde el suelo.

La columna de convección puede ser pequeña, por ejemplo en los primeros momentos del incendio, pero cuando alcanza un gran tamaño y dinamismo origina efectos importantes en el terreno, entre ellos levantar pavesas y transportarlas a distancia y provocar vientos arremolinados en su base, ya que el aire caliente, que asciende por ser más liviano, es reemplazado por aire frío que la columna de convección succiona en su base, creando con ello fuertes corrientes de viento en la superficie



En este caso se dice que la columna de convección genera un efecto tridimensional: el incendio tiene un largo, un ancho y un alto.

En cambio, si la columna de convección es pequeña, como en el caso de un fuego de menor magnitud, los efectos indicados son menos notorios. El efecto es sólo en superficie y se le llama bidimensional: el incendio sólo tiene largo y ancho.

El combate al incendio deberá tener en cuenta estas dos situaciones.

Por su parte, el color del humo y la forma e inclinación de la columna de convección pueden indicar algunas características del comportamiento del fuego, por ejemplo qué tipo de vegetación se quema, si está o no húmeda, si hay viento, si es intenso y si inclina a la columna en cierta dirección.

### 2.3.4 Las llamas

La llama es energía calórica y lumínica (o luminosa, es decir luz) producto de la combustión.

Más que la luz, lo que importa es el calor. Las llamas de mayor dimensión desprenderán mayor calor que las llamas pequeñas. O sea, mientras más grandes sean las llamas, más calor.

Existe, por tanto, una relación directa entre la cantidad y magnitud de las llamas producidas y la intensidad calórica que emite el incendio.

Pero no sólo el tamaño y longitud de las llamas importa. También la posición que toman. Si no hay viento, las llamas se desarrollarán en forma vertical, con lo cual se transmite calor, principalmente por convección, hacia arriba disipándose en el aire. Pero si arriba hay ramas, éstas recibirán ese calor y podrán entrar en combustión. En este caso, la altura de las llamas equivale a la longitud de las llamas.

Si hay viento las llamas son impulsadas en forma acostada. A mayor velocidad del viento, las llamas tendrán una mayor longitud y serán más inclinadas, avanzando casi a ras del suelo y acercándose a los combustibles adelante del fuego en la dirección dada por el viento. De esta forma transmiten una gran cantidad de calor por convección que empieza a secar a ese combustible de adelante, acelerando con ello la velocidad de propagación lineal del incendio. En este caso, la longitud de las llamas causa más efectos que su altura.

### **2.3.5 El modelo de propagación**

Es la figura del área quemada que va dejando el incendio en el plano horizontal durante su propagación, como producto de la dirección y velocidad del viento, de la magnitud de la pendiente de una ladera y del tamaño, continuidad y contenido de humedad. del combustible.

La combinación de estos factores determinará variadas formas del modelo de propagación, entre ellas circular, ovalada (o elíptica) y elongada (o alargado). El punto 4 lo abordará más adelante en detalle.

## **2.4 FACTORES DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO**

El comportamiento de los incendios forestales, en su inicio y desarrollo, depende de tres factores: los combustibles, el tiempo atmosférico y la topografía, los que constituyen la Gran Tríada del Comportamiento.

Se analizarán por separado, pero en un incendio forestal actúan en conjunto, mezclando sus influencias y determinando así múltiples formas en el comportamiento del fuego.

### **2.4.1 El combustible**

El combustible forestal es toda vegetación capaz de entrar en combustión.

Comprende todos aquellos materiales de origen vegetal dispuestos en el terreno, vivos o secos, que pueden entrar en combustión, es decir a través de los cuales es posible el inicio y propagación de los incendios forestales.

Muchas veces el combustible es el factor principal que determina si se inicia o no un incendio, la dificultad posterior de controlarlo y la probabilidad que se transforme en un incendio de grandes dimensiones o con un comportamiento de extremas características.

Los combustibles forestales se pueden encontrar en múltiples combinaciones según su naturaleza, ubicación, cantidad, tamaño y contenido de humedad.

Dependiendo de estas características el fuego avanzará en una dirección o en otra, quemará en forma más o menos intensa a la vegetación y dejará más o menos rastros de su paso.

Entre las características de los combustibles que influyen en el comportamiento del fuego están las siguientes.

#### a. Naturaleza de los combustibles

Se define como la naturaleza, o estado natural, de los combustibles es el estado fisiológico de los vegetales, es decir si tienen o no tejidos vivos y savia circulando por ellos.

Según sea su su estado natural, se agrupan en dos grandes clases: los vivos y los muertos, dependiendo si tienen o no actividad fisiológica.

#### Combustibles vivos

Vegetales cuyos tejidos celulares están activos y donde circula savia por sus conductos internos (vasos y traqueidas, como las arterias y venas). Es decir tienen actividad fisiológica y están vivos. Entre ellos hierbas, arbustos y árboles con sus hojas, ramas, flores, frutos, etc,

#### Combustibles muertos

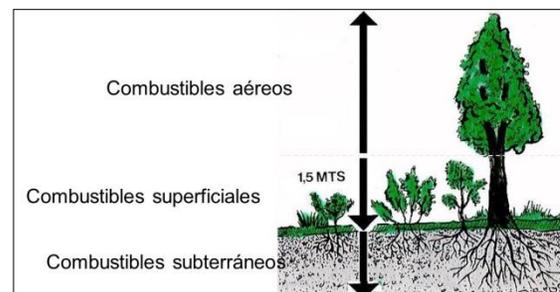
Vegetales que ya no tienen actividad fisiológica propia, no tienen vida y en los cuales los conductos interiores por donde antes circulaba savia ahora están vacíos. Entre ellos pastos naturales cuya parte aérea se seca en el verano, ramas caídas, hojas secas, desechos vegetales de cosechas agrícolas y forestales, etc.

Esos espacios vacíos son fácilmente ocupados por el agua de una lluvia o la humedad del aire en la noche. Sin embargo, esa humedad se evapora cuando aumenta la temperatura del aire al día siguiente. Al comportarse entonces como una esponja, estos combustibles muertos acelerarán la velocidad de propagación cuando están secos, pero la retardarán notablemente cuando están húmedos.

La naturaleza influirá en las otras características de los combustibles.

#### b. La ubicación de los combustibles

Se define como la posición de los combustibles desde el subsuelo hacia arriba. De esta forma, según esta ubicación, los combustibles se identifican asociado a uno de los tres niveles o estratos de combustibles.



- **Combustibles superficiales**

Se distribuyen desde el nivel del suelo hasta una altura de más o menos 1,5 metros, tales como hojas, ramas y ramillas caídas, arbustos bajos, árboles jóvenes y troncos, entre otros. Tienen una gran participación en la propagación del fuego por la superficie del terreno.

- **Combustibles subterráneos**

Raíces y residuos vegetales en descomposición que se encuentran formando parte de la parte más superficial de suelo, como materia orgánica. Entran en combustión por el calor transmitido desde el combustible superficial en llamas. La propagación será muy lenta y sin llamas (incandescente) al haber menos oxígeno. En terrenos fértiles y profundos pueden alcanzar decenas de centímetros de espesor, como el pom-pom, en Chiloé.

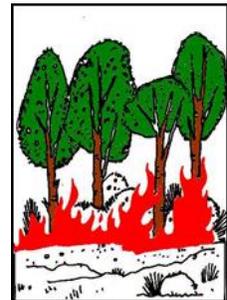
- **Combustibles aéreos**

Ramas en el tronco del árbol, follaje, frutos, musgo, etc. que se encuentran a más de 1,5 metros de altura sobre el suelo. Si las copas de los árboles están muy cercanas unas a otras la propagación del fuego se verá favorecida.

Según por cuál de los tres niveles o estratos de combustibles se propague el fuego, los incendios se clasifican, a su vez:

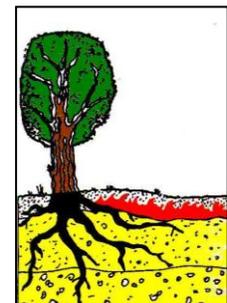
- **Incendio superficial**

Incendio que se propaga quemando vegetación superficial, a partir del cual, en algunas ocasiones, puede originarse un incendio subterráneo o de copas. Es de mediana a alta propagación y es habitual en todo el territorio nacional.



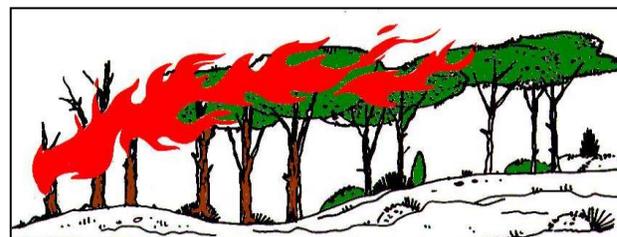
- **Incendio subterráneo**

Un incendio subterráneo siempre se originará en uno superficial. Igual uno de copas, a menos que lo haya iniciado un rayo.



- **Incendio aéreo**

Los incendios aéreos (o de copas) son los más complicados para combatir, por su alta velocidad de propagación y elevado desprendimiento de calor. Además presentan un comportamiento errático y lanzan pavesas a distancia.



### c. La cantidad de combustible

Se define como la mayor o menor abundancia de combustible en un lugar, expresada en el peso del combustible presente.

Se considera al peso de combustible seco, sin humedad interior y se la mide en kilos por metro cuadrado (kg/m<sup>2</sup>) o toneladas por hectárea (t/ha).

Rangos de cantidad de combustible	
Tipo de combustible	Cantidad (ton/ ha)
Pasto y arbustos	2 - 12
Matorrales	20 - 100
Desechos de raleos	70
Desechos de explotación	hasta 250

Hay métodos y fórmulas que calculan el peso del combustible.

A menos que se indique otra cosa, la medición del peso sólo está referida al combustible superficial, por ser éste el que más participa en la propagación del fuego.

La cantidad de combustible varía bastante desde una clase de vegetación a otra. La Tabla adjunta muestra algunas formas y cantidad en que se presenta el combustible.

### Influencia en el comportamiento del fuego

A mayor cantidad de combustible mayor intensidad calórica. Y a mayor intensidad calórica mayor destrucción y calcinación de la vegetación.

#### d. El tamaño de los combustibles

Se define como la dimensión de una pieza de combustible, ya sea el grosor, en el caso de combustibles planos como las hojas, o el diámetro, en el caso de ramillas y ramas.

#### e. Clasificación de los combustibles por tamaño

Según su tamaño (espesor o diámetro), los combustibles se clasifican en:

<b>Finos, ligeros o livianos</b>	Menos de 5 mm: hojarasca, pasto, acículas de pino, etc.
<b>Regulares</b>	De 5 a 25 mm: ramillas, tallos pequeños (arbustos, flores)
<b>Medianos</b>	De 25 a 75 mm: ramas
<b>Grosos o pesados</b>	Mayor a 75 mm: troncos, ramas gruesas

**NOTA:** Si bien la clasificación muestra cuatro categorías, en la práctica se habla sólo de combustibles **finos o ligeros y pesados**, como extremos más apreciables.

### Influencia del tamaño en el comportamiento del fuego

En relación al comportamiento del fuego, los combustibles finos fácilmente absorben el calor emitido por la fuente de calor inicial o por el combustible vecino en llamas, rápidamente pierden su contenido de humedad y prontamente entran en combustión, pero se consumen y extinguen también rápidamente, por su menor cantidad de masa.



Los combustibles pesados, en cambio, demoran más en absorber calor y perder su contenido de humedad, por lo que la combustión y la propagación del fuego son lentas. Sin embargo, al encenderse desprenden un calor intenso y llamas de magnitud. Por tener mayor masa tardan más en consumirse y, a veces, por condiciones adversas en la combustión, no lo hacen por completo, quedando restos carbonizados.



Los regulares y medianos tienen características intermedias entre los finos y gruesos.

## f. La continuidad del combustible

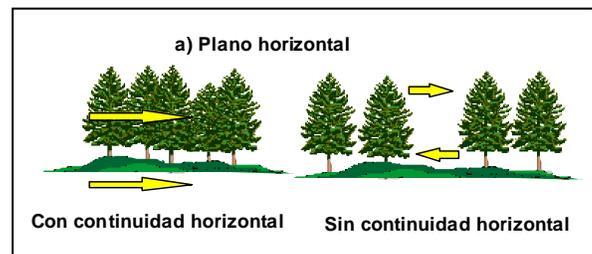
Se define como la el grado de contacto o cercanía entre las piezas de combustible. Este contacto puede ser en el plano horizontal o en el plano vertical.

- **Continuidad en el plano horizontal**

Es el grado de contacto o cercanía entre las piezas de combustible en el plano horizontal, sobre el terreno. Puede haber continuidad, con combustible regularmente distribuido en el terreno. O bien discontinuidad, con el combustible a manchones o en islas, si hay sectores del terreno sin combustible.

En combustible continuo la propagación del fuego será constante y uniforme.

En combustible discontinuo las zonas despejadas alejarán al combustible sin arder del que está en combustión y que le transmite calor por convección o radiación.

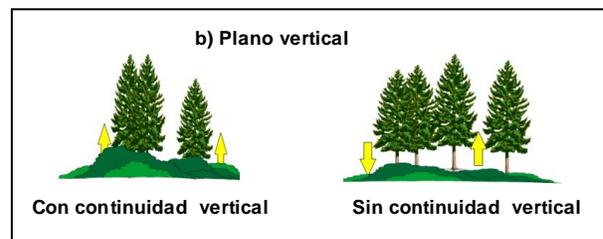


Esta separación, incluso, podría ser suficiente para detener la propagación del fuego en ese lugar, a menos que salten pavesas.

La continuidad en combustibles finos superficiales será muy favorable para la fácil y rápida propagación superficial del fuego. En combustibles pesados imposibilitará el combate.

- **Continuidad en el plano vertical**

La continuidad en el plano vertical se favorece cuando ramas bajas permiten que el fuego suba hacia la copa de matorrales altos o de un árbol, lo cual favorecerá la propagación del incendio de copa a copa, especialmente si los árboles están muy próximos.



Sin continuidad vertical el fuego se mantendrá abajo, pero el calor transmitido hacia arriba por convección puede quemar o chamuscar las ramas superiores..

## g. Contenido en sustancias químicas

Algunas especies vegetales poseen variadas sustancias químicas en su follaje, como el peumo, el boldo y el litre, en la zona central del país, el ulex, en el sur, el pino insigne y el eucalipto, con lo cual la emisión de gases inflamables es mayor y la combustión será rápida e intensa.

## h. El contenido de humedad de los combustibles

Se define el contenido de humedad como la cantidad de agua libre en el combustible. Es decir la que circula dentro del combustible vivo en forma de savia a través de sus conductos y tejidos (como la sangre por venas y arterias) o, en el caso del combustible muerto, el agua que está llenando los conductos vacíos interiores al ser absorbida después de una lluvia o desde el aire húmedo. (**NOTA.** Las células tienen agua, llamada agua de constitución. Pero aquí no participa.)

El contenido de humedad (CH) se expresa en porcentaje de humedad respecto al peso seco. El peso seco, llamado también anhidro, a su vez es el peso de una pieza de combustible a la cual se le ha extraído todo su contenido de humedad evaporándolo dentro un horno o estufa a 103° C durante 24 horas. El porcentaje se calcula con la fórmula:

$$CH = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Así, un contenido de humedad del 40% significa que, si la pieza de combustible pesa 140 gramos húmeda y 100 gramos seca, tiene 40 gramos de agua.

### Influencia de la naturaleza (estado natural) en las variaciones del contenido de humedad

El contenido de humedad no siempre es el mismo. Varía según el estado natural del combustible y el ambiente.

- **Combustibles vivos**

Los combustibles vivos en primavera, luego de su natural reactivación fisiológica, tienen un alto contenido de humedad, que se va reduciendo en el curso del verano hasta llegar a un mínimo en otoño e invierno. Luego, en la siguiente primavera, vuelve a subir.

#### Guía para estimar el contenido de humedad de los combustibles vivos

ESTADO DE DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
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 cambio de color, algunas hojas que pueden haber caído del tallo.	50
Completamente seco.	< 30, combustible muere

Es el propio vegetal el que va regulando el consumo de agua para su vida, según la disponibilidad de ella acumulada en el suelo. Pero, carencias de agua por menos lluvias de invierno llevarán al vegetal a un estado de stress hídrico, casi muriendo, que lo hará extremadamente combustible.

- **Combustibles muertos**

En los combustibles muertos, en cambio, el contenido de humedad del combustible va ir variando en relación a la humedad exterior del ambiente en que está. El combustible absorberá humedad exterior si está más seco que el ambiente, o entregará humedad a la atmósfera si está más húmedo que el exterior, tratando de llegar a un contenido de humedad donde no siga ganando humedad exterior ni perdiendo humedad interior. Se dice entonces que trata de llegar a una *humedad de equilibrio*.

En todo caso, estar en equilibrio no significa un igual porcentaje del contenido de humedad de la atmósfera (o sea de humedad relativa) y del combustible. Significa no perder ni ganar humedad.

Pero, como las condiciones de humedad ambiental son cambiantes, varían de hora en hora, del día a la noche y mayormente después de una lluvia, esa humedad de equilibrio nunca se alcanzará y el combustible muerto estará siempre variando su contenido de humedad tratando de equilibrarse con una nueva y cambiante humedad exterior. La situación sería diferente si esa pieza de combustible muerto fuese depositada dentro de una caja hermética.

Según el tamaño de combustible muerto los cambios en el contenido de humedad serán rápidos y en corto tiempo en el combustible fino y más lentos y en mayor tiempo en el combustible grueso. Por ello, en la noche el pasto seco propaga lentamente el fuego, o no lo propaga y el fuego se apaga, pues rápidamente absorbió la humedad nocturna. En cambio los tocones o ramas gruesas caídas aún continúan ardiendo, pues son más lentos en absorber la humedad del aire. Lo mismo ocurre al perder la humedad absorbida.

Esta velocidad en la respuesta es conocida como **tiempo de retardo**.

### **Tiempo de retardo**

Es un concepto que explica la rapidez con que un combustible muerto pierde humedad interior o gana humedad exterior, tratando de llegar a una humedad de equilibrio que, en un espacio abierto y cambiante, nunca será alcanzada totalmente. Por eso, la respectiva definición alude al tiempo sólo para acercarse a la humedad de equilibrio, no llegar a ella. Se le define como:

*El tiempo, en horas, que requeriría una pieza de combustible muerto para ganar o perder humedad y disminuir así en un 63% la diferencia entre el contenido de humedad inicial y la humedad de equilibrio que tendría si estuviera en un ambiente sin variaciones.*

### **Relación entre el tamaño del combustible muerto y el tiempo de retardo**

Existe una relación inversa entre el tamaño del combustible muerto (punto 3.1.4) y el tiempo de retardo, según la cual los combustibles también son clasificados por su tiempo de retardo.

### Clasificación de combustibles según tiempo de retardo

Categoría	Dimensión (mm)	Tiempo de retardo (horas)
Finos o ligeros	< 5	1
Regulares	5 – 25	10
Medianos	25 – 75	100
Gruesos o pesados	75	1000

### Influencia del contenido de humedad en el comportamiento

El contenido de humedad es la característica de los combustibles que más influye en el comportamiento del fuego. Influye en la facilidad para que una fuente de calor inicie y propague un fuego en el combustible.

Si el combustible está seco arderá rápido. Si está húmedo demorará más o no arderá, pues la fuente de calor inicial, o el calor transmitido por un combustible vecino en llamas, se agotará intentando evaporar ese contenido de humedad.

Si el contenido de humedad es alto es posible que todo el calor se consuma íntegramente intentando evaporar el agua. Si es bajo, la humedad se evaporará fácilmente y el combustible se calentará en muy poco tiempo, con lo cual el calor requerido para que entre en combustión será menor y, en consecuencia, la propagación del fuego será rápida.

### Cálculo del contenido de humedad

En el proceso de investigar la causa del incendio, tanto al revertir en terreno el paso del fuego hacia el lugar de origen, como en análisis de campo o de oficina para interpretar el comportamiento de fuego y concluir cómo influyó cada factor, el cálculo del contenido de humedad al momento del incendio y en un lugar dado puede ser importante para concluir si una fuente de calor, sospechosa de haber iniciado el incendio, encontró o no a un combustible en condiciones de arder, en este caso específicamente el combustible ligero muerto presente en el lugar por ser el primer combustible en arder e iniciar el incendio.

La forma exacta de calcular el contenido de humedad del combustible ligero muerto es recoger piezas de vegetación, como muestras, pesar su peso húmedo, o sea al momento de extraerlas, luego secarlas completamente, pesar su peso seco y aplicar la fórmula de cálculo anteriormente indicada. Como este procedimiento no es posible después de un incendio, el Capítulo 5 presenta un método basado en el uso de Tablas.

#### 2.4.2 El tiempo atmosférico

El tiempo atmosférico es el estado de la atmósfera, es decir la forma en que se presentan las condiciones o factores meteorológicos, en un determinado momento y lugar.

Los principales factores meteorológicos que influyen en el comportamiento son la temperatura del aire, la humedad relativa y el viento. Otros factores son la nubosidad y, muy escasamente en los veranos de Chile, las precipitaciones. Por su parte, las tormentas eléctricas de verano, sin lluvia, originan rayos que caen y que pueden iniciar incendios.

Tiempo atmosférico no es lo mismo que clima. El clima tiene relación con esas mismas condiciones o factores meteorológicos, pero consideradas en largos períodos de tiempo. Por ejemplo, Panamá tiene un clima tropical y hoy el tiempo atmosférico se presenta lloviendo. Chile tiene un clima templado y hoy el tiempo atmosférico está soleado.



El tiempo atmosférico tiene gran efecto en el inicio, en la propagación y en la conflictividad de los incendios forestales. De los factores de la Gran Tríada del comportamiento es el más variable y el más crítico para el desarrollo de un incendio.

### **a. Temperatura del aire**

Se define como la cantidad de calor en un volumen de aire. La radiación solar atraviesa el aire de la atmósfera sin calentarlo. Pero sí calienta a la corteza terrestre y a todos los cuerpos sólidos y líquidos sobre ella. Una parte de esa radiación es absorbida por esos cuerpos, pero otra parte es reflejada y calienta el aire en contacto con la superficie terrestre. Algunos cuerpos absorben más radiación que otros. El aire en un fluido, el calor es la energía y la temperatura del aire mide la cantidad de calor en ese fluido, medida en grados Celsius.

### **Influencia en el comportamiento del fuego**

A mayor temperatura del aire, o sea mayor calor contenido, los combustibles evaporan la humedad de sus partes superficiales. Los combustibles vivos por los poros de sus hojas y los muertos por sus espacios abiertos. Los combustibles muertos más rápido y en mayor cantidad que los vivos.

Esta pérdida de humedad en los combustibles acelera la combustión

### **b. La humedad del aire (humedad atmosférica)**

Se define como el vapor de agua (humedad) que contiene el aire.

La forma más común de medirla es la humedad relativa, que es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene un volumen de aire y la cantidad que tendría si estuviese completamente saturado (lleno) de humedad. Se la expresa en tanto por ciento. Un aire con 20% de humedad relativa está bastante seco. Uno a 80% está húmedo.

La humedad atmosférica y la temperatura del aire presentan a lo largo del día valores inversos. A mayor temperatura del aire menor humedad relativa y viceversa. De esta forma los más altos valores de humedad relativa se presentan en la noche, los más bajos en la tarde.

### **Influencia en el comportamiento del fuego**

La humedad atmosférica influye en el contenido de humedad de los combustibles, en especial del combustible muerto. Hay un intercambio permanente. En el día, a menor humedad en el aire los combustibles muertos entregan a la atmósfera la humedad que tienen, se secan. Esta disminución en el contenido de humedad acelera la combustión y la posterior propagación del fuego.

Pero en la noche, al aumentar la humedad del aire, los combustibles muertos la absorben rápidamente e incrementan su contenido de humedad, retardándose la combustión.

Los combustibles vivos son menos sensibles a modificar su contenido de humedad en relación a las variaciones diarias de la humedad atmosférica. En estos cambios, los combustibles muertos son los más rápidos en reaccionar, especialmente los finos muertos.

### c. El viento

Se define como aire en movimiento. Este movimiento es producido tanto por fuerzas y fenómenos de la naturaleza, como por las diferencias de presión atmosférica en extensas áreas y hasta por la rotación de la Tierra.

Una forma de desplazamiento se origina cuando aire a mayor temperatura asciende o se mueve hacia zonas más frías. Al hacerlo es reemplazado por aire a menor temperatura, que luego se calienta y, a su vez, se mueve, creando entonces un flujo constante, pero de velocidad variable que puede ir desde un fuerte viento hasta una suave brisa.

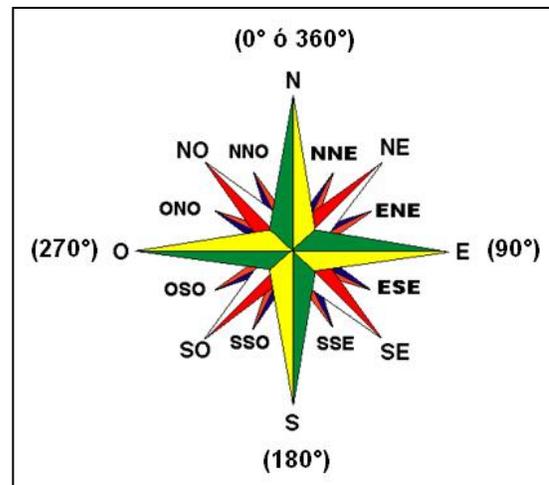
En invierno también hay vientos, a veces temporales, pero su origen tiene otras causas.

El viento es el factor del tiempo atmosférico de mayor influencia en el comportamiento del fuego. Es también el más cambiante.

El viento tiene una velocidad y una dirección. Respecto a su dirección los vientos se denominan según el punto cardinal de la llamada Rosa de los Vientos de donde provienen; así un “viento sur” **viene** del Sur y va hacia el Norte. Un “viento suroeste” **viene** del SO y sopla hacia el NE.

A veces se denomina a la dirección en grados, según un círculo graduado en 360°, donde el N equivale a 0 o 360°, el E a 90°, el S a 180° y el O a 270°. Se dice entonces “viento **de** los 90°”. Pero esta forma de denominar a los vientos se usa poco.

Para determinar la dirección del viento, es decir de dónde viene, se utilizan varios dispositivos, entre ellos la veleta, banderas y catavientos (manga). En terreno, mirando el humo o lanzando al aire un puñado de tierra, arena o pasto.



La velocidad se mide, según como esté calibrado el instrumento utilizado (anemómetro), en kilómetros por hora; en millas por hora (una milla equivale a 1,6 km); o en nudos, que corresponde a una milla marina por hora (una milla marina equivale a 1,8 km).

### Tipos de vientos

En el comportamiento del fuego importan tres tipos de viento:

- Los vientos generales
- Los vientos locales
- El viento de componente Este

## Vientos generales



Los vientos generales son grandes masas de aire que soplan en extensas porciones de la Tierra, en forma más o menos constante y acostumbrada durante ciertos periodos del año. Se producen por masas de aire frío que reemplazan a masas de aire caliente que ascienden.

En Chile es el caso del viento que en verano sopla del Sur, SE o SO. Por ese motivo, salvo situaciones locales, la mayor parte de los incendios forestales se propaga de sur a norte, situación que permitirá estimar el área donde podría estar el lugar de inicio del incendio.

En países del hemisferio norte, esta situación es a la inversa.

## Vientos locales

A diferencia de los vientos generales, los vientos locales soplan en áreas poco extensas y se originan por el movimiento ascendente y descendente de masas de aire a distinta temperatura, que se desplazan siguiendo la configuración del terreno. Se conocen los siguientes tipos de vientos locales:

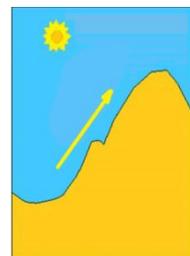
- **Vientos de ladera**

Son vientos locales que suben o bajan por las laderas de los cerros. Tienen una gran influencia en el comportamiento del fuego. Son de dos tipos.

- **Viento de valle**

Corriente de aire a mayor temperatura y más liviana que, en las primeras horas de la tarde, asciende por las laderas, favoreciendo la propagación del incendio hacia arriba al originar corrientes de calor transmitido por convección.

Este aire más caliente precalentará al combustible de más arriba y, además, impulsará las llamas hacia cima.



- **Viento de cumbre**

Corriente de aire que, al atardecer y en la noche, por ser más frío descende por las laderas hacia el valle.

Esto hace que un incendio en la noche baje a las partes planas.



El viento de cumbre se desplaza a una menor velocidad que el de valle.

La influencia de los vientos de ladera en el comportamiento del fuego se manifestará en los efectos del fuego en la vegetación y en el tipo de rastro que dejará el fuego en ella, más intensos con los vientos de valle.

- **Vientos locales generados por el propio incendio**

Por su parte, el incendio forestal, especialmente si es de magnitud y tridimensional, creará a toda hora sus propios vientos locales, erráticos, turbulentos y de gran velocidad. Esto se debe a que el aire sobre el combustible en llamas se calienta, asciende por la columna de convección y que es reemplazado por aire frío succionado desde las quebradas y laderas cercanas.

Estos desplazamientos ascendentes y erráticos de viento más caliente que impulsa al fuego también se producen a menor escala, por ejemplo en una ladera, donde el fuego, por efecto del viento, asciende en una dirección geográfica pero en la ladera vecina lo hace en otra dirección geográfica.

Estos vientos locales, además, provocan la remoción y traslado de pavesas que, a su vez, originarán focos secundarios con un comportamiento inicial propio, mientras son absorbidos por el incendio principal. En esos momentos de comportamiento inicial el fuego puede dejar señales confusas y distintas a las de otros lugares.

- **Otros vientos locales**

También se originan otros vientos locales por efecto de características del terreno, tal como quebradas o cañones estrechos, portezuelos, puntillas, etc. que facilitan, desvían u obstaculizan el flujo del viento en sectores pequeños del incendio.

## **El viento de componente Este**

Un caso especial de viento es el tipo de viento Este, que baja de la Cordillera de Los Andes y que sopla por pocos días, generalmente tres.

Este viento es más extenso que un viento local, pero no de la magnitud de un viento general. Es cálido y con de velocidad significativa.

Se le denomina viento Puelche en las regiones centrales de Chile. En la Región Metropolitana le dicen Raco al viento que baja por el Cajón del Maipo. De Llanquihue al sur lo denominan Puihua y Terral en el Valle del Elqui.

Los meteorólogos los denominan vientos catabáticos e, incluso, los califican como viento local, al compararlo con los extensos vientos generales a nivel hemisférico.

Una información útil de conocer será averiguar si durante el desarrollo de un incendio anterior hubo o no viento de componente Este en las regiones donde suele presentarse. En la investigación de la causa de un incendio forestal puede ser un factor importante a conocer para analizar y revertir el comportamiento del fuego.

## Influencia del viento en el comportamiento del fuego

- El viento orienta al incendio en su propia dirección, a veces con trayectoria definida y a veces en forma errática.
- La velocidad del viento influye en la velocidad de propagación lineal del fuego. A mayor velocidad del viento, mayor velocidad de propagación del incendio.

Las siguientes imágenes grafican la influencia del viento en la velocidad de propagación y, además, en la forma geométrica de la figura del área quemada que va dejando el fuego en su avance.

Sin embargo, a una gran velocidad del viento, del orden de 80 a 100 km/h, la combustión no es posible.

Es como soplar la llama de una vela o encender un fósforo en medio de un temporal de viento.

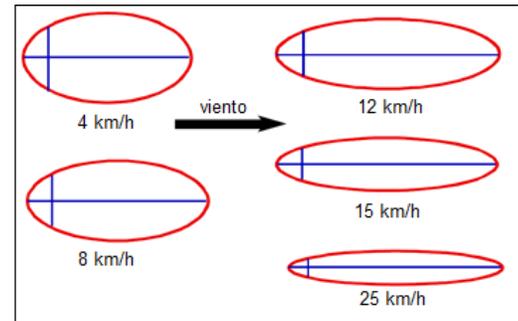


Figura 7. Formas geométricas del área quemada según la velocidad del viento.

- El viento acuesta las llamas y las acerca al combustible de más adelante, favoreciendo así la transmisión de calor por convección, acelerando la combustión y, con ello, la velocidad de propagación lineal.
- Un viento intenso, seco y cálido evaporará el contenido de humedad de los tejidos superficiales del combustible, favoreciendo su posterior y rápida combustión.
- El viento aporta oxígeno para reemplazar al consumido en la combustión.
- El viento levanta y transporta pavesas que originarán focos secundarios más adelante del incendio, acelerando con ello su propagación. Este efecto es uno de los más importantes, permitiendo al incendio avanzar a saltos.

### 2.4.3 La topografía

La topografía es el conjunto de características físicas y accidentes del terreno que permiten describir a una zona. Es el factor más constante de la Gran Tríada del comportamiento. Lo que en este momento es cerro, en unos días o años más seguirá siendo cerro.

La topografía, más que actuar por sí misma, influye en los otros dos factores: el combustible y el tiempo atmosférico, modificándolos o alterándolos. Las siguientes son las características topográficas que afectan el comportamiento de incendios forestales.

#### a. El relieve o configuración del terreno

Se define como la forma en que se presenta la corteza terrestre, alternando terrenos planos (llanuras) con colinas, quebradas, cerros y montañas.

### Influencia del relieve en el comportamiento del fuego

El relieve influye en el viento, modificándolo y originando vientos locales. En terrenos planos el viento sopla sin obstáculos, pero en un relieve abrupto (o quebrado) el viento es modificado en

velocidad y dirección y, además, se originan vientos locales propios del área, como por ejemplo los vientos de ladera.

La configuración topográfica da origen a estrechas quebradas o cañones, lugares donde el comportamiento del fuego se torna extremadamente peligroso e impredecible para el personal que combate al incendio. En esos lugares se producen vientos locales ascendentes durante el día y descendentes durante la noche y, además, se incrementa la velocidad del viento por el efecto denominado venturi y por las variaciones en el calentamiento del suelo y del aire superficial.

Todas estas características modifican fuertemente la dirección y velocidad de propagación del incendio, produciendo muchas situaciones de riesgo para los Brigadistas. Además, las señales del paso del fuego son confusas.

El relieve, por otra parte, influye en la fertilidad de los suelos. El suelo en una ladera de cerro no es tan fértil como en un terreno plano. Por tanto no tiene buenas condiciones para el desarrollo de la vegetación.

## b. La pendiente

Se define como el grado de elevación de la ladera de un cerro con respecto al terreno plano (la horizontal). La ladera es el terreno, la pendiente es la inclinación. Se camina subiendo o bajando por la ladera, no se camina por la pendiente.



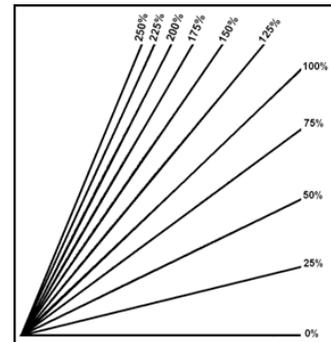
### Forma de medirla

Se la mide en porcentaje, indicando cuántos metros asciende el terreno en 100 metros de recorrido en la horizontal.

Por ejemplo, una pendiente del 10% significa que al término de 100 metros de distancia en la horizontal el terreno está 10 metros más alto.

También se la mide en grados del ángulo que se forma entre la ladera y la horizontal. El mayor ángulo posible sería el ángulo recto, de 90°, equivalente a un desfiladero a pique.

Una ladera con 100% de pendiente equivale a una ladera con una pendiente de 45°. Un ángulo de 25° equivale a un 46%. Una de 89° tiene un 5.728 por ciento. Y, según leyes trigonométricas, una de 90° tiene un porcentaje infinito.



Además de la interpretación visual en terreno y el uso de medidores prácticos, es posible calcular la pendiente usando cartografía con cotas de nivel, al medir la distancia horizontal entre dos puntos y luego relacionarla con la diferencia en altitud, dada por las cotas de nivel.

## Influencia de la pendiente en el comportamiento del fuego

La pendiente de una ladera es el más importante de los factores topográficos que afectan el comportamiento de un incendio forestal.

El plano inclinado de una ladera favorece el ascenso de corrientes de aire caliente que precalientan los combustibles de más arriba. Con ello se acelera la propagación del fuego que sube por una ladera. A mayor pendiente mayor efecto.

Sin embargo, cuando un fuego baja por una ladera, la propagación es lenta, por transmitirse calor sólo por radiación hacia el combustible de más abajo. La mayor parte del calor se transmite hacia arriba, por convección, a la parte ya quemada.

Pero en los incendios que bajan lentamente por una ladera pueden rodar pavesas e iniciar un foco secundario más abajo, el que ahora ascenderá por el terreno hasta juntarse con el incendio principal. En este caso las evidencias del fuego a su paso serán opuestas a las que traía el incendio.

Un incendio que se inicia en la parte de abajo de una ladera, durante condiciones normales de día y con vientos ascendentes, generalmente se propaga más rápido y tiene más terreno para propagarse cuesta arriba que un incendio que se inicia cerca de la cima de la misma ladera.

### **c. La exposición**

Se define como la orientación que tiene una ladera respecto a los puntos cardinales, o sea hacia donde mira. Ejemplo: una ladera de exposición norte mira al norte.

#### **Influencia de la exposición en el comportamiento del fuego**

La exposición influye en la cantidad de vegetación combustible presente. En el hemisferio Sur las laderas de exposición norte miran hacia al N y reciben la radiación solar en forma directa. Son, por tanto, más secas, tienen menos combustible, con menos continuidad.

Por su parte, las laderas de exposición sur miran al S y reciben la luz del Sol en forma oblicua o no la reciben durante varias horas al día. Por eso tienen más combustible y son más húmedas. En el hemisferio norte es lo opuesto.

Producto de la mayor radiación directamente recibida por la vegetación en exposiciones al sol, el combustible estará más caliente y a una mayor temperatura interior que el combustible en laderas con menos radiación,

Las laderas con exposiciones este y oeste presentan condiciones intermedias.

### **d. La altitud**

Se define como la distancia vertical entre el nivel del mar y un punto del terreno. La altitud (no altura) se expresa en m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar).

#### **Influencia en el comportamiento del fuego**

A mayor altitud, en montañas, hay menor cantidad y continuidad en el combustible, pues la vegetación encuentra condiciones poco favorables para vivir. Es más rala.

Las especies vegetales, además, son de menor tamaño y distintas a las de más abajo.

Por el contrario, en lugares de menor altitud, cerca del mar, hay más vegetación combustible.

A mayor altitud la temperatura es más baja, hay mayor precipitación y nieve. Esto, sumado a una menor cantidad de oxígeno en el aire, retarda la combustión y propagación del fuego.

Adicionalmente, a altitudes superiores la topografía es más abrupta, haciendo más difícil y peligroso el tránsito por el terreno.

## 2.5 EL MODELO DE PROPAGACION

En los temas anteriores se revisó el proceso de la combustión, que es el inicio del incendio; luego las manifestaciones del comportamiento del fuego ya iniciado y, finalmente, los factores que influyen en el comportamiento del incendio.

Una vez revisados los factores que influyen en el comportamiento, el presente tema detalla el Modelo de Propagación, otra de las manifestaciones del comportamiento del fuego.

### 2.5.1 El concepto de modelo de propagación

El modelo de propagación es la figura del área quemada que va dejando el incendio por efecto de los factores que influyen en el comportamiento del fuego.

Un fuego recién iniciado tendrá al principio un desarrollo sin orden, errático, avanzando en uno u otro sentido. Pero, muy pronto, empieza a ser influido por las condiciones ambientales y el incendio responde a ellas tomando una orientación y forma definidas por la acción conjunta y combinada de los factores del comportamiento.

El estudio de las características y medidas de la figura que va dejando el incendio en su desarrollo se denomina la geometría del incendio.

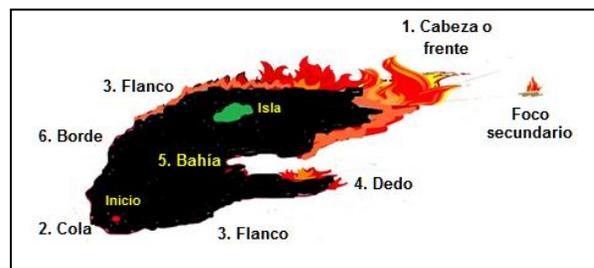
### 2.5.2 Partes del incendio

Cualquiera sea la forma que adopte el incendio, o sea su modelo de propagación, a partir de su punto de inicio siempre será posible reconocer las siguientes seis partes:

#### a. Cabeza (o frente)

Porción del incendio que corresponde a su parte más activa, donde existe la mayor cantidad de llamas, donde el fuego avanza a la mayor velocidad y donde se desprende la mayor intensidad calórica. La cabeza señala la dirección de propagación del incendio.

A la cabeza también se la denomina como frente del incendio. Generalmente la cabeza es una sola, pero a veces se presenta dividida.



**b. Cola**

Porción del incendio, opuesta a la cabeza, donde las condiciones adversas de propagación a partir del lugar de inicio del incendio, por ejemplo contra el viento o ladera abajo, hicieron que el fuego, luego de haber avanzado algún trecho, finalmente se extinguiera en forma natural.

El lugar de inicio del incendio está en la cola, de allí la importancia de definir cuál fue la cola y cuál fue la cabeza en un incendio ya extinguido.

**c. Flancos o lados**

Son los costados del incendio situados entre la cabeza y la cola, en los cuales el avance del fuego es hacia los costados del incendio. Presentan una actividad menor que la cabeza y, con el transcurso del tiempo, al igual que la cola se extinguen naturalmente o bajan notablemente su actividad.

**d. Dedos**

Son porciones del incendio donde el fuego avanzó por el terreno más rápido que en otras partes debido a condiciones favorables para ello, por ejemplo combustible más fino o más seco o por ascender por una ladera.

**e. Entrada, bahía**

Sectores entre los dedos, donde el fuego avanzó más lento por condiciones adversas para la propagación, por ejemplo combustible más grueso o más húmedo.

**f. Borde**

Corresponde al límite entre lo quemándose o ya quemado y lo no quemado. No es correcto denominar perímetro al borde; el perímetro es la longitud o largo del borde expresado en metros.

El borde puede ser regular, si es parejo. O bien, irregular si se forman dedos y bahías por diferentes velocidades de propagación.

Además de las anteriores, en un incendio forestal pueden presentarse **focos secundarios** e **islas**, estas últimas sectores no quemados dentro del incendio.

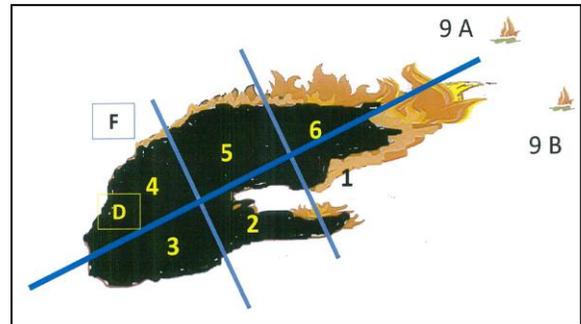
**2.5.3 La grilla**

El modelo de propagación genera partes del incendio bien definidas, como la cola, la cabeza y los flancos. Pero durante el combate al fuego es importante identificarlas y dibujarlas correctamente, para emitir instrucciones precisas que no se confundan, para preparar informes claros y entendibles y para poder orientar al personal a los lugares correctos.

Una forma de hacerlo es mediante la denominada *grilla del incendio forestal*. Otras pueden ser un croquis con accidentes topográficos; cuadrículas, etc.

La grilla es un dibujo sobre el mapa del incendio que permita numerar e identificar cada sector.

Para dibujarla se traza una línea que une la cola con la cabeza del incendio.



Luego se trazan dos líneas perpendiculares a la primera dividiendo al incendio en aproximadamente tres tercios. Enseguida se numeran los seis sectores que se forman, partiendo con el número uno desde la cabeza hacia el flanco derecho y continuando la numeración siguiendo los punteros del reloj hasta llegar con el número seis en el sector de la cabeza hacia el flanco izquierdo.

De esta forma las alusiones al incendio se harán, por ejemplo, informando que el sector 1 está activo, que se trabaja en los sectores 5 y 6 o que el avión cisterna debe hacer los lanzamientos en el sector 3.

La grilla funciona bien en incendios pequeños a medianos. En incendios de magnitud pierde efectividad por lo extenso de cada sector y se requiere subdividirla.

En relación a la investigación de la causa del incendio, en aquellos casos en que la organización de combate fue generando informes periódicos, graficados con una grilla, esa información será útil para analizar el avance que tuvo el fuego.

#### 4.5.4 Factores que determinan el modelo de propagación

El modelo de propagación depende de tres factores:

- El combustible
- El viento.
- La pendiente del terreno.

Estos factores se van a combinar de múltiples formas acelerando al fuego en algunos lugares o retardándolo en otros, según la manera en que ellos actúen.

Recordando lo visto en el respectivo Capítulo, la influencia de estos factores en el comportamiento del fuego está referida a cómo orientan y aceleran o retardan la propagación del incendio, la mayor parte de las veces actuando en forma combinada y sumando efectos o, a veces, anteponiéndolos.

##### a. Influencia de los combustibles

Importarán su tamaño, continuidad horizontal y vertical, cantidad y contenido de humedad, en las formas vistas.

## **b. Influencia del viento**

Del tiempo atmosférico principalmente Influye el viento, en todas sus formas (viento general, vientos locales, etc.), tanto en orientar la dirección del incendio, ya sea en su dirección general o en la dirección del fuego en los distintos sectores del incendio, como en la velocidad de propagación lineal del fuego.

Los demás factores meteorológicos serán más menos similares para toda el área del incendio.

## **c. Influencia de la pendiente**

De los factores topográficos, el más significativo es la pendiente del terreno, especialmente en terreno escarpado con laderas, donde tendrá la mayor influencia.

En un fuego subiendo una ladera, el efecto del viento de valle se verá acrecentado por una mayor pendiente de la ladera. En un fuego que desciende, estas influencias serán menores. Pero pueden rodar pavesas e iniciar focos secundarios más abajo.

### **4.5.5 Geometría habitual del modelo de propagación**

A pesar que el modelo de propagación de un incendio puede dar origen a infinitas figuras del área quemada, algunos ejemplos de formas geométricas son los siguientes:

#### **a. Forma circular**

Se da en terreno plano, sin viento y sobre combustible homogéneo en tamaño, cantidad, continuidad, contenido de humedad, etc. El borde, en ese caso, será regular, parejo.

Si el combustible no es homogéneo, o sea hay diferencias, la forma será igualmente circular, pero el borde será irregular, ya que en algunos lugares el fuego encontró condiciones favorables para propagarse y avanzó más terreno. En otros lugares menos.

#### **b. Forma ovalada**

Al haber una marcada influencia de la pendiente o del viento, o de ambos, el fuego tiende a propagarse a mayor velocidad en una determinada dirección, adoptando el área quemada una forma ovalada, que es la habitual en la mayoría de los incendios forestales.

#### **c. Forma elongada (alargada)**

Cuando el viento o la pendiente, o ambos, influyen fuertemente sobre el incendio, la cabeza del incendio avanzará a gran velocidad, produciendo una forma alargada, a veces con dedos.

Estas tres formas indicadas se dan en incendios pequeños o medianos. En incendios de magnitud la forma es más irregular, ya que cada parte del terreno tendrá sus propias características de topografía, combustible y viento, dando origen a variadas formas de propagación, como si fueran varios incendios por separado.

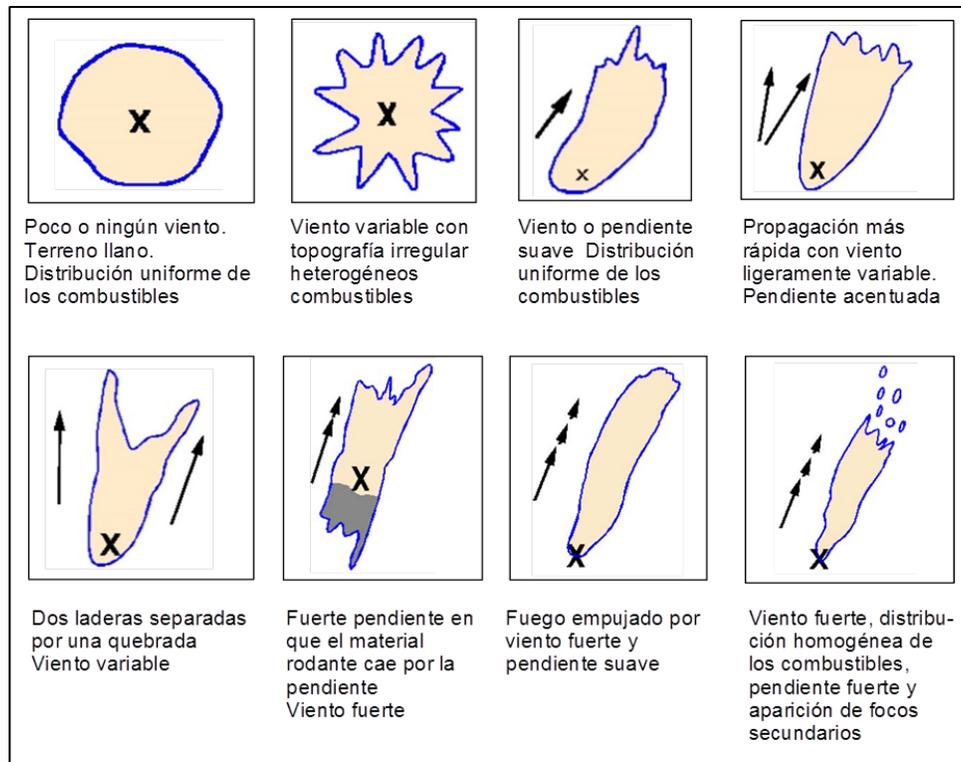


Figura 8.

Ejemplos de figuras geométricas y factores que las generan

## 2.6 CALCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL COMBUSTIBLE MUERTO

Un importante factor que influye en el inicio y propagación de un incendio forestal en sus primeros momentos es la Humedad del Combustible Ligero o Fino 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 inicia un fuego, el combustible que arde en primer lugar es el Combustible Ligero Muerto, el cual, además, va a ser el principal estrato de propagación del fuego. De allí su importancia.

Cuando la humedad del combustible ligero muerto supera el 25 %, es muy difícil que se inicie un fuego y se propague un incendio. Si está entre un 25 y un 15 % aún resulta difícil esta circunstancia. Pero, si está entre el 15 y 12% o menos de contenido de humedad, de seguro que hay inicio y propagación del fuego.

Hay investigaciones de la causa de un incendio en las que este factor puede ser concluyente a la hora de validar un medio como origen del incendio (por ejemplo las colillas de cigarrillo o chispas de trenes), o si se utilizó un acelerante para posibilitar la ignición inicial.

Una modalidad de cálculo desarrollada por el Servicio Forestal de Estados Unidos (Tercer Curso Internacional de Combate de Incendios Forestales, Los Andes, Chile, 1985), reproducida por el

ICONA, Instituto de Conservación de la Naturaleza de España, en su Manual de Operaciones Contra Incendios Forestales, 1993, permite calcular la Humedad del Combustible Ligeramente Muerto (H.C.L.M.), tanto para información y decisiones durante el combate, como para definir la influencia que pudo haber tenido el combustible fino muerto en el inicio y propagación del fuego, en el caso de la investigación de la causa del incendio.

Este sistema consta de dos etapas: 1) Toma de datos y 2) Proceso de cálculo con tablas.

### 2.6.1 Toma de datos

Los datos necesarios para el cálculo son:

- Nombre del lugar, para identificación.
- Temperatura en °C.
- Humedad relativa del aire en %.
- Mes de la medición
- Grado de sombra o exposición del combustible.
- Hora del día.
- Exposición del terreno.
- Pendiente del terreno en %.

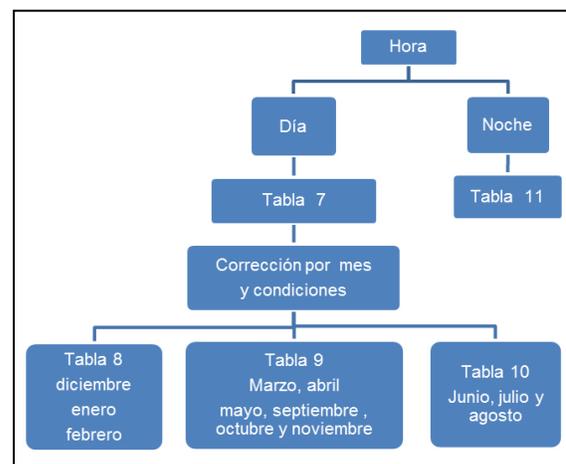
### 2.6.2 El cálculo con tablas

El proceso de cálculo se efectúa utilizando Tablas desarrolladas por R. Rothermel (How to predict the spread and intensity of forest and range fires, US Forest Service, General Technical Report INT-143, 1983) y adaptadas al hemisferio sur por el NARTC (National Advanced Technology Center), para la realización del Tercer Curso Internacional de Combate de Incendios Forestales, Los Andes, Chile, 1985

Dado el adelantamiento de la hora en Chile a un horario de verano, desde principios de septiembre a fines de abril, el horario de medición de la humedad en las Tablas originales se adelantó en una hora para ese período (Gerencia de Manejo del Fuego de CONAF, 2014). Dicho ajuste se mantuvo también para los meses de invierno.

El primer cálculo, en una tabla de doble entrada, determina la humedad del combustible ligero muerto (HCLM), a la hora a la cual se desea conocer, en base a la temperatura del aire y la humedad relativa. Este contenido de humedad se denomina Humedad Básica, expresado en porcentaje.

Si esa hora está entre las 9:00 y 20:59 horas se utiliza la Tabla 7, que entrega el dato de la humedad básica del combustible ligero muerto. Luego ese dato se corregirá, sumando un porcentaje de humedad calculado en función de las variables del lugar (pendiente, exposición, grado de sombreado y hora), según la Tabla 8, si la medición es en los meses de diciembre, enero y febrero; en la Tabla 9, si es en los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre; o en la Tabla 10, si es en junio, julio y agosto.



Si la hora a la que se va a calcular la HCLM que tenía el combustible está comprendida entre las 21:00 y las 8:59, se utiliza la Tabla 11, cuyos datos no necesitan corrección.

Tabla 7. Humedad Básica del Combustible Ligero Muerto  
09:00 – 20:59 Hora

		Humedad Relativa del Aire %																				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	100
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	13

Tabla 8. Corrección de la H.B.C.L.M (Diciembre, enero y febrero) Día de 08:00 a 20:00 hrs							
POCO SOMBREADO - Menos del 50% del combustible ligero muerto en sombra							
Exposición	Pendiente	Hora					
		8	10	12	14	16	18
Porcentaje de contenido de humedad							
S	0 – 30%	3	1	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
N	0 – 30%	3	1	0	0	1	3
	+ 30%	3	1	1	1	1	3
O	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					
		8	10	12	14	16	18
S	TODAS	5	4	3	3	4	5
E	TODAS	4	4	3	4	4	5
N	TODAS	4	4	3	3	4	5
O	TODAS	5	4	3	3	4	4
En ambos casos, si el terreno es plano asimilarlo a una exposición Sur							

Tabla 9. Corrección de la H.B.C.L.M (Marzo, abril y mayo – septiembre, octubre y noviembre) Día de 09:00 a 20:59 hrs							
POCO SOMBREADO - Menos del 50% del combustible ligero muerto en sombra							
Exposición	Pendiente	Hora					
		9-10:59	11-12:59	13-14:59	15-16:59	17-18:59	19-20:59
Porcentaje de contenido de humedad							
S	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	5
N	0 - 30%	4	2	1	1	2	4
	+ 30%	4	2	1	1	2	4
O	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					
		9-10:59	11-12:59	13-14:59	15-16:59	17-18:59	19-20:59
S	TODAS	5	5	4	4	5	5
E	TODAS	5	4	4	4	5	5
N	TODAS	5	4	4	4	4	5
O	TODAS	5	5	4	4	4	5
En ambos casos, si el terreno es plano asimilarlo a una exposición Sur							

Tabla 10. Corrección de la H.B.C.L.M (Junio - julio y agosto) Día de 09:00 a 20:59 hrs							
POCO SOMBREADO - Menos del 50% del combustible ligero muerto en sombra							
Exposición	Pendiente	Hora					
		9-10:59	11-12:59	13-14:59	15-16:59	17-18:59	19-20:59
Porcentaje de contenido de humedad							
S	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	3	2	4	5	5
N	0 - 30%	5	4	3	2	4	5
	+ 30%	5	3	1	1	3	5
O	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					
		9-10:59	11-12:59	13-14:59	15-16:59	17-18:59	19-20:59
S	TODAS	5	5	5	5	5	5
E	TODAS	5	5	5	5	5	5
N	TODAS	5	5	5	5	5	5
O	TODAS	5	5	5	5	5	5
En ambos casos, si el terreno es plano asimilarlo a una exposición Sur							

## Ejemplo

Se necesita saber el contenido de humedad que tenía un combustible fino muerto a las 16:15 horas de un día 15 de enero. A esa hora, según registros meteorológicos válidos para el área del incendio, había 30° C de temperatura del aire y 47% de humedad relativa. En la Tabla 7, en la columna de Temperatura se busca 30°C y se avanza en esa fila hasta cruzar con la columna de una humedad relativa del 47%. El resultado es una HCLM de 7%.

Este valor se corregirá por sombreado del combustible, exposición, pendiente y hora, sumándole el porcentaje de humedad que entregue la Tabla 8, por ser el mes de enero.

Para aplicar los factores de corrección utilizados por la Tabla 8 y siguientes, en el caso del grado de sombra para el combustible ligero muerto habrá que reconstituir imaginariamente la vegetación afectada antes del incendio y determinar si ese combustible estaba sombreado o no. Para ello se podrá utilizar información de lugareños, del personal que combatió el incendio y que recuerda cómo era la vegetación, de fotografías aéreas o satelitales anteriores o por la comparación con áreas cercanas no afectadas. En este ejemplo el terreno será poco sombreado.

El lugar, a su vez, tendrá una exposición Este y una pendiente de 35%. En el recuadro POCO SOMBREADO, en la fila de la exposición E y la pendiente mayor a 31%, a las 16:15 horas el porcentaje de humedad a sumar a la humedad básica, ya calculada de 7 %, será de 1 %. Por tanto, el contenido de humedad final del combustible ligero muerto es de 8%.

En el caso del cálculo del contenido de humedad en la noche la humedad básica la entrega la Tabla 11. El valor no tiene correcciones posteriores.

Tabla 11. Humedad Básica del Combustible Ligero Muerto  
21:00 – 08:59 Hora

		Humedad Relativa del Aire %																				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
		4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	100
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	8	10	10	11	12	13	15	17	20	23	25+	25+
	32 - 42	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	10	11	13	14	16	19	22	25	25+
	>42	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	9	10	11	12	14	16	19	21	24	25+

### 3. PREVENCIÓN DE RIESGOS EN INVESTIGACIÓN DE CAUSAS.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El combate de incendios forestales es considerado como uno de los trabajos más riesgosos del mundo, lo que obliga a todas las instituciones que tienen como responsabilidad su control y extinción, a adoptar las medidas de prevención de riesgos adecuadas y necesarias para evitar la ocurrencia de accidentes.

La investigación de causas es una etapa de gran relevancia para un sistema de control de incendios forestales, toda vez que los resultados de su gestión sirven de insumo para orientar de mejor forma los programas de prevención que tienen como meta fundamental, disminuir la ocurrencia de ellos.

**Para ello, se forman** equipos de trabajo, adecuadamente capacitados para dirigirse al lugar del siniestro y desarrollar todo un sistema que permite identificar la causa que originó el siniestro y, en el mejor de los casos, establecer hipótesis acerca del causante.

Esta labor no está exenta de riesgos propios, por cuanto al desarrollarse en terrenos irregulares, con condiciones extremas en muchas ocasiones, expone al personal a numerosos riesgos necesarios de identificar, para así enfrentar de manera adecuada las situaciones en terreno.

En los capítulos siguientes, se entregan algunos antecedentes que permitirán disponer de conocimientos orientados a la identificación de aquellas situaciones de peligro de ocurrencia de accidentes. Es importante recalcar la responsabilidad que tiene el personal que desarrolla esta tarea, en orden a observar en todo momento las normas de seguridad sugeridas durante la realización de su labor.

#### 3.2 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

La realización de una investigación de causas supone un pronto arribo al lugar del incendio forestal de parte de los organismos encargados de tal tarea, por cuanto ello posibilita que las condiciones del ambiente en el que se originó se mantengan más o menos constantes.

No obstante lo anterior, en la realidad puede ocurrir que se presenten dos situaciones que se pueden dar en terreno. En primer lugar, que al arribo del personal, el incendio forestal se mantiene activo o, por el contrario, que el incendio ya ha sido controlado y/o extinguido.

En ambos casos se presentan condiciones de peligro comunes, las que deben ser observadas por el personal designado para investigar la causa del incendio forestal, como también, hay situaciones de peligro específicas, considerando el momento del siniestro.

Una vez que el personal destinado a la investigación de la causa que originó el incendio forestal haga su arribo al terreno y éste se encuentre en cualquiera de las condiciones mencionadas, será obligatorio proceder a observar con detención todo el ambiente de trabajo, especialmente en relación con:

- Irregularidades del terreno (piedras sueltas, depresiones del terreno)
- Vegetación existente (ya sea en pie o desecho, presencia de ramas con llamas o árboles quemados, vegetación sin quemar cercana al borde del incendio).
- Consultar sobre la posibilidad de incendio subterráneo que no ha sido controlado.

- Condiciones atmosféricas del momento (dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad relativa si fuera posible).
- En caso de un incendio forestal activo, establecer contacto inmediato con el comandante del incidente, a fin de realizar las presentaciones de rigor y coordinar su permanencia en terreno.
- Adicionalmente y de acuerdo al punto anterior, establecer vías de escape y zonas de seguridad, medida que también debe adoptarse en casos de incendios controlados o extinguidos, ante la posibilidad de un rebrote.
- Detectar la presencia de maquinarias y/o aeronaves, las que por sus características, pudiesen implicar riesgos al personal.
- Todas las condiciones presentes deben estar en conocimiento de todo el personal que realizará la labor de investigar la causa del incendio.

Las situaciones generales observadas pueden generar distintos tipos de peligros, los cuales afectarían al personal que se encuentra en el lugar. Los peligros y sus consecuencias pueden presentarse de las siguientes formas:

Peligros	Tipo	Situación
Mecánico	Caídas de personas en el mismo o distinto nivel.	Caídas, tropiezos producto de las irregularidades del terreno
	Pisadas sobre objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de hoyos imperceptibles producto de las irregularidades del terreno.</li> <li>• Ramas secas</li> <li>• Pérdida de estabilidad del terreno producto del fuego</li> <li>• Irregularidades del terreno imperceptibles</li> </ul>
	Proyección de fragmentos o partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• proyectiles impulsados por viento o por caída de objetos, polvo en suspensión, rodados de material.</li> <li>• Lanzamiento de aeronaves</li> </ul>
	Sobreesfuerzos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terreno abrupto que genere fuerzas mal hechas, agotamiento.</li> </ul>
	Cortes con objetos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de astillas en árboles o ramas, vegetación con espinas.</li> </ul>
	Atropello de vehículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tránsito vehicular por el sector de trabajo</li> <li>• Presencia de maquinaria</li> </ul>
	Caída de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Golpes por caída de ramas u otros objetos desde los árboles (conos de pino)</li> </ul>
Eléctricos	Contacto eléctrico directo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de tendidos eléctricos energizados.</li> <li>• Electroestática</li> </ul>

Peligros	Tipo	Situación
Fuego	Incendio forestal activo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de dirección del frente de avance.</li> <li>• En incendio controlado, vegetación ardiendo en el lugar de trabajo.</li> <li>• Caída de ramas encendidas</li> <li>• Realización de contrafuegos cercanos al punto de trabajo</li> </ul>
	Incendio forestal controlado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de puntos calientes cercanos que no se ven a simple vista.</li> <li>• Caída de ramas encendidas</li> </ul>
Químicos	Gases o vapores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de monóxido de carbono en sectores confinados</li> </ul>
Físicos	Ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo de motosierras</li> <li>• Trabajo de motobombas</li> <li>• Maquinaria laborando en el sector</li> </ul>
Biológicos	Picaduras de insectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de avispas, chaquetas amarillas, abejas</li> </ul>
	Contagio animal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virus Hanta</li> </ul>
	Vegetales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de litre</li> </ul>
Biomecánicos	Sobrecarga postural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posición del cuerpo inadecuada</li> <li>• Fatiga por desplazamiento en terrenos con pendiente</li> <li>• Movimiento o postura repetitiva</li> </ul>

La observación detallada del ambiente de trabajo podrá disminuir las posibilidades de accidente al realizar el trabajo, por cuanto se tendrían presentes para adoptar las medidas preventivas del caso.

### 3.2.1 Peligro mecánico

Considerando que la mayoría de los peligros mecánicos son golpes, caídas, etc., y si el incendio está activo, es deseable una conducta tranquila de las personas, con desplazamientos lentos, sin correr, prestando mucha atención al entorno, manteniendo comunicación con el staff directivo del incendio, y una permanente comunicación entre los miembros del equipo.

Se debe mantener permanente atención a las condiciones del tiempo atmosférico, especialmente a la dirección del viento, sobre todo si el incendio forestal se encuentra activo. Pudiese ocurrir que este factor juegue en contra y desvíe la dirección de avance y pueda poner en riesgo a las personas.

Si el incendio está inactivo, de todas formas se deben tomar precauciones sobre todo al caminar, por cuanto el fuego normalmente provoca cambios en la estructura del suelo, las que no siempre pueden ser percibidas por las personas.

También es conveniente observar el panorama que rodea el punto de trabajo, en orden a identificar laderas por donde pudiese rodar material ya sea piedras o troncos de árboles quemados, lo que podrían impactar al personal.

### 3.2.2 Peligro eléctrico

Ante la presencia de tendidos eléctricos, es conveniente tomar la precaución de averiguar si se ha cortado la energía, más aún si se observan cables eléctricos en el suelo. Para ello es importante mantener contacto con el comando del incidente y así obtener la información de primera fuente.

### 3.2.3 Peligro fuego

La mayor cantidad de peligros se puede encontrar en incendios forestales activos, más aun en aquellos casos cuyas características son de magnitud y/o conflictivos. Por tal razón es imprescindible informarse de la situación de control del incendio, lugares de mayor actividad, concentración del personal que labora en el control y, fundamentalmente, estar atento a las condiciones del viento predominante en el área.

Por otra parte, se requiere determinar áreas seguras y vías de escape en caso de ser necesario ante rebrotes o fuegos secundarios que pudiesen producirse. Se necesita observar vegetación que aún no se ha quemado y que se encuentra al borde del perímetro.

La posible caída de ramas, encendidas o no, es un elemento a considerar por cuanto si existe vegetación cercana al punto de trabajo o en los lugares que se deban recorrer, producto del fuego estarían en condiciones de caer provocando algún accidente.

Otra información necesaria de disponer dice relación con la realización de contrafuegos por parte del personal de brigadistas. Esta práctica podría generar algún inconveniente, como por ejemplo, una pavesa que si no es detectada a tiempo, pudiese provocar un foco secundario en terrenos cercanos al lugar de trabajo de los investigadores, con consecuencias difíciles de prever.

En incendios ya extinguidos o solamente controlados, los puntos calientes son factores de peligro, por lo que se deben tener los conocimientos del caso para identificarlos y evitar la circulación por su entorno.

### 3.2.4 Peligro químico

En incendios forestales, uno de los gases de mayor peligro lo constituye el monóxido de carbono (CO). Los lugares de mayor concentración del gas se ubican en sectores confinados de los incendios, como fondos de quebradas o lugares de poca ventilación y su particularidad es que es muy difícil de detectar salvo cuando ya se encuentra haciendo efecto en la personas.

Por lo anterior se debe evitar trabajar en dichos sectores hasta cuando haya pasado un tiempo prudente que permita la ventilación natural del lugar y así poder acceder sin riesgo a las personas.

### 3.2.5 Peligro físico

La presencia de motosierras, motobombas o maquinaria se dará en incendios activos. Para ello, el uso de equipos de protección personal es una buena forma de aminorar los efectos, aun cuando es posible que el trabajo se esté realizando a distancia del punto de trabajo. No debemos olvidar en todo caso que si el incendio está en etapa de liquidación, el uso de estos equipos puede realizarse en lugares cercanos, afectando en este caso el ambiente de trabajo, por lo que sería útil disponer de protectores de oído o tapones de oído como medida precautoria.

### 3.2.6 Peligro biológico

Será labor de los equipos de trabajo preocuparse de identificar posibles focos de virus Hanta, como por ejemplo, sectores con zarzamora, bodegas o casas antiguas que denoten abandono. Como medida preventiva se sugiere el uso de mascarillas para aminorar posibles contagios.

La presencia de insectos como abejas, chaquetas amarillas o avispas deberá ser permanente preocupación del personal. Muchas veces el fuego afecta panales, lo que conlleva al despliegue de los insectos y puedan atacar a las personas. No hay que olvidar el stress al que pueden verse afectados complicando la presencia de las personas.

Para las labores que se desarrollan en la zona centro norte y centro sur, la presencia de litre es un factor de peligro, ante lo cual el chequeo previo debe considerar la existencia de tal especie para adoptar las medidas que correspondan.

### 3.2.7 Peligro biomecánico

Dos son los factores de mayor importancia en este aspecto. El primero, por el hecho de sostener caminatas por terrenos irregulares, muchas veces con pendientes, lo que obliga a un esfuerzo poco común. Para ello, se debe observar las mismas normas descritas para los brigadistas, esto es, el ascenso por laderas debe efectuarse en forma de zig zag para ahorrar energía, hidratarse en forma constante y usar protector solar.

En segundo lugar, la posición para realizar las labores propias de la investigación muchas veces obliga a posturas corporales incómodas (agachados, en cuclillas), por lo que es necesario tomar algún tiempo de descanso de esa posición para así evitar problemas de contracturas o esfuerzos excesivos de la musculatura.

## 3.3 CONCLUSIONES

La observación de las medidas descritas posibilitará evitar la exposición a peligros que pudiesen provocar la ocurrencia de algún incidente o accidente. Es importante que las personas que desarrollan esta labor tengan la disposición a implementar estas medidas, las que están dirigidas a su persona y para su beneficio. Muchos pensarán que la realización de una investigación de causas de un incendio forestal es una labor que pudiera ser catalogada de bajo riesgo, pero la gran cantidad de peligros a los que se exponen no refleja ese pensamiento, por lo que es importante recalcar y mantener al día los conceptos aquí descritos.

También es importante que las personas en su gestión, se preocupen por detectar aquellos incidentes que les ocurran, en la modalidad de lecciones aprendidas, por cuanto se estaría colaborando en el mejoramiento de las medidas de prevención del riesgo, para su beneficio y el de sus compañeros.



## 4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE CAUSAS DE INCENDIOS FORESTALES

La experiencia colectiva de quienes combaten y sufren los efectos de los incendios forestales permiten deducir que éstos pueden generarse sólo por actividades propias de la naturaleza o del ser humano. No obstante, esto no es suficiente para preparar programas de prevención que aborden tanto el peligro como el riesgos de los incendios y mucho menos para identificar una acción delictiva. Por estas y otras razones, desde hace muchos años tanto en Chile como en otros países se han establecido formas de ordenar esas actividades, conocidas como clasificación de causas, las que se encuentran codificadas para facilitar su incorporación a la base de datos estadística.

Esto facilita a los investigadores su trabajo, puesto que deben recoger en terreno las evidencias y recrear el inicio y propagación del incendio, para luego contrastar sus resultados con los Cuadros Indicadores de alguna de las causas consideradas en la clasificación.

Esta clasificación consta de las categorías: Grupo, Causa General y Causa Específica

### 4.1 GRUPO

Es una forma de separar las causas en actividades que tienen un solo origen, lo que define por sí mismo un ámbito en los cuales ocurren los incendios forestales. De esta forma se han establecido los siguientes cuatro grupos.

- Accidentales, que agrupan todos aquellos incendios forestales provocados por accidente, negligencias y/o descuido de las personas.
- Intencionales, que aglutina los incendios causados intencionalmente.
- Naturales, en el que se reúnen los incendios generados por la naturaleza
- Desconocidas, que junta a todos aquellos que no pueden clasificarse en los grupos anteriores.

### 4.2 CAUSAS GENERALES

Dentro de cada Grupo las causas se subdividen en torno a una actividad o acción natural o humana de carácter genérico, comprensible tanto para los expertos como neófitos en el tema. La clasificación actual considera un total de 13 Causas Generales, desglosada de la siguiente forma:

<b>Grupo</b>	<b>Causa General</b>
1. Accidentales	1.1 Faenas Forestales.
	1.2 Faenas Agrícolas y Pecuarias
	1.3 Confección y/o Extracción Productos Secundarios del Bosque
	1.4 Actividades Recreativas
	1.5 Operaciones en Vías Férreas
	1.6 Actividades Extinción Incendios Forestales, Incendios Estructurales
	1.7 Tránsito de Personas. Vehículos o Aeronaves
	1.8 Quema de Desechos
	1.9 Accidentes Eléctricos
	1.10 Otras Actividades

<b>Grupo</b>	<b>Causa General</b>
2. Intencionales	2.1 Incendios Intencionales
3. Naturales	3.1 Incendios Naturales
4. Desconocidas	4.1 Incendios de Causa Desconocida

### **4.3 CAUSAS ESPECÍFICAS**

Son aquellas actividades o acciones concretas realizadas por las personas o la naturaleza en las cuales pueden desglosarse las Causas Generales, fácilmente identificable por personas con o sin entrenamiento y muy relacionada con el origen que puede tener un incendio.

Por otra parte, tiene una relación prácticamente directa con una herramienta utilizada por los investigadores, conocida como Cuadro de Indicadores de Actividad, el cual es muy útil para contrastar evidencias.

Actualmente las causas específicas suman 85 actividades quedando pendiente precisar, en una nueva clasificación en estudio, las relacionadas con la negligencia.

## 5 PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Conceptualmente la investigación en su sentido más amplio tiene por fin extender el conocimiento sobre un hecho o fenómeno, para lo cual se vale de estrategias que permitan descubrir una respuesta a una situación que se ha presentado como problemática. Esta investigación puede aplicarse en diversos campos del conocimiento y de la actividad humana, sea esta de carácter técnico, social, filosófico u otras.

En una aplicación más específica del concepto, como el ámbito de la protección contra los incendios forestales, la investigación nos permite llegar a precisar qué, quiénes, cómo, con qué, porqué se originó un incendio forestal, entre otras preguntas al respecto.

Al tener la causa del incendio forestal una connotación penal, si es causado intencionalmente o por negligencia y técnica si es causado por la naturaleza, actividades humana diferentes a las anteriores o en forma accidental, la investigación sobre la causa del incendio forestal debe cumplir, por un lado, con requisitos científicos y cuantitativos y por otros con requisitos propios de la investigación técnica.

Desde el punto de vista científico, la investigación debe cumplir con los siguientes principios:

- Sistemática, es decir, obtener información útil a partir de un plan preestablecido que, una vez asimilada y examinada, permitirá comprender los hechos investigados.
- Planificada, o sea, establecer el principio subyacente de la investigación (preguntas iniciales planteadas por el investigador) y seguir una serie de pasos y un procedimiento de trabajo estándar estricto,
- Objetiva, lo que implica que los resultados obtenidos se basan en hechos comprobables.

Desde el punto de vista técnico, la investigación se caracteriza por:

- Utilizar una metodología estandarizada basada en aspectos cuantitativos y cualitativos.
- Analizar cada caso como único, utilizando el conocimiento técnico y la experiencia previa de los investigadores.
- Obtener resultados que permiten:
  - Determinar la causa del incendio forestal.
  - Identificar las situaciones de riesgo.
  - Implementar medidas de prevención.

En consecuencia, la investigación de la causa del incendio forestal tiene un carácter científico-técnico, lo que implica una exploración sistemática a partir de un marco teórico en el que se encajan las hipótesis como marco referencial. Utilizando una serie de instrumentos metodológicos para obtener datos, registrarlos y comprobarlos, combinado con el conocimiento y experiencia sobre el origen y comportamiento del fuego, la propagación de los incendios forestales y el comportamiento de la naturaleza y de las personas, además de los conocimientos técnicos. Por último, los resultados de la investigación se registran y expresan en un informe destinado a un público amplio si tiene como finalidad apoyar los programas de prevención de los incendios forestales, o bien reservado, si el objetivo es apoyar una investigación de carácter judicial.

### 5.1 ETAPAS EN LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS

Para proyectar el trabajo de la BRIDECA de acuerdo a una estructura lógica de decisiones y una estrategia orientada a definir qué o quién y cómo originó el incendio y conocer sus motivaciones en

aquellos casos en que se presume una acción humana, la investigación tiene dos caminos, uno técnico y otro judicial.

El primero es el adecuado para dar soporte a las medidas de prevención de los incendios forestales y se vincula, a petición del Ministerio Público, con la fase preliminar de la investigación del delito de incendio forestal y continúa si la fiscalía decide imputar a una o más personas de las cuales tiene pruebas de haber actuado intencionalmente o negligentemente.

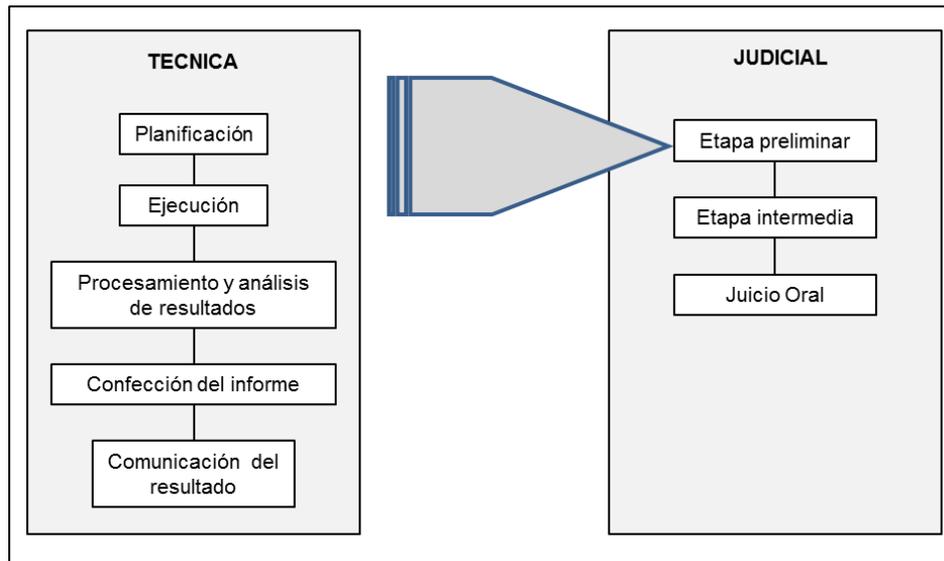


Figura 9. Etapas de la investigación de la causa del incendio forestal.

### 5.1.1 Etapas técnicas en la investigación de causas

#### a. Planificación

Esta etapa es primordial para el desarrollo posterior de la investigación, puesto que debe quedar estructurado todo el curso de la investigación con el máximo de detalles posible. Esto significa desarrollar un protocolo para la investigación y plantearse preguntas como las siguientes:

#### ¿Qué se investigará?

Implica conceptualizar el problema, es decir, establecer con claridad las características y efectos producidos por el incendio forestal y determinar las condiciones del entorno en donde ha ocurrido, tanto en los aspectos relacionados con la naturaleza como aquellos de tipo social, económico y ambiental. Por lo tanto, no es suficiente plantearse que se investigará la causa del incendio, sino que se debe llegar a definir si el incendio pudo o no originarse por causas naturales o humanas, en base a la información general disponible y el conocimiento experto sobre el comportamiento del fuego y los antecedentes históricos sobre los incendios en el sector en donde se realizará la investigación.

#### ¿Cuál es la base teórica del problema?

Para investigar la causa del incendio forestal es necesario plantearse un marco teórico en base al cual plantear la hipótesis de trabajo, por lo que la teoría del comportamiento del fuego y la caracterización preliminar del sector en donde ocurrió el incendio es esencial para que el

investigador desarrolle su hipótesis. Esta hipótesis permite establecer las relaciones que el investigador espera encontrar, como resultado de la investigación, además de proporcionar una guía y orientación a las tareas a desarrollar.

### **¿Cómo se investigará?**

A fin de resolver la hipótesis planteada, se requiere utilizar una metodología para medir u observar las diferentes variables en la investigación con la mayor exactitud posible y, posteriormente, aclarar el significado de cada una de ellas.

Como parte del diseño metodológico es necesario definir el método de recolección de datos y los instrumentos que se utilizarán. El método representa el procedimiento por medio del cual el investigador se relaciona con quienes pueden proporcionarles los datos y antecedentes para resolver la hipótesis. Entre los métodos se tiene la entrevista, la observación y el cuestionario. Mientras que el instrumento es el mecanismo que se utiliza para recolectar y registrar la información. Entre estos se encuentran los formularios, las pautas de observación, las listas u hojas de control y aquellos de precisión como anemómetro, brújula, cámara fotográfica, entre otros.

#### **b. Ejecución**

Es una etapa empírica, en la cual se requiere recorrer el sector en el cual ocurrió el incendio y explotar dentro y fuera del área quemada para recoger la información que permitirá probar las hipótesis y contestar las preguntas de investigación.

#### **c. Procesamiento y análisis de resultados**

Es una etapa que generalmente se realiza en oficina, en la cual se examinan los datos, testimonios y vestigios recogidos, se corroboran entre sí y se verifica si son suficientes o válidos para reafirmar o descartar la hipótesis de trabajo planteada por el equipo de investigadores. Regularmente requiere de regresar a terreno para aclarar dudas surgidas durante el análisis y verificación de las conclusiones a las cuales ha llegado la investigación.

#### **d. Confección del informe**

El informe de la investigación realizada por el equipo investigador representa el resultado final de un largo proceso, que puede durar semanas o meses de trabajo. Según sea el público objetivo, será la estructura, nivel de detalle y forma de redactarlo. Si tiene como fin orientar las actividades de prevención podrá presentar resultados más amplios y entregar orientaciones detalladas sobre lo que se requiere realizar para evitar que ocurran nuevos incendios en el sector por la causa determinada u otras que se han identificado como posibles para otros incendios registrados en el entorno inmediato, así como una relación de las personas e instituciones con las cuales se requiere articular esas medidas.

En cambio, si el informe es requerido por el Ministerio Público, el informe deberá asumir un carácter reservado sujeto a las normas legales que rigen estas materias, por lo cual el equipo investigador debe cautelar las medidas para evitar la filtración de datos, información o conclusiones contenidas en él, incluso impidiéndole entregar cualquier tipo de antecedente a los superiores jerárquicos. Este tipo de informe tiene mayor énfasis en los medios de prueba y en la conclusión final sobre el origen y causa del incendio forestal, siendo por lo mismo ajustado sólo a lo que requiere el fiscal y mucho más preciso en la forma de redactarlo y en sus contenidos.

### **e. Comunicación del resultado**

Finalizado la redacción del informe, su publicación será de acuerdo a la política regional sobre la prevención de los incendios forestales y si está destinado al Ministerio Público se entregará según el protocolo definido por el fiscal y se mantendrá en secreto su contenido hasta que el tribunal decida ponerle a disposición del público, ya sea durante el proceso judicial o al finalizar éste.

### **5.1.2 Etapas judiciales del procesamiento por delito forestal**

#### **a. Etapa preliminar**

Se inicia con la denuncia presentada en la fiscalía, la que instruye a Carabineros de Chile o a la Policía de Investigaciones realizar UN informe técnico-policial y, eventualmente, a la Corporación Nacional Forestal para requerir un informe de carácter técnico, a fin de precisar si se ha cometido o no un delito. Es una etapa en la cual sólo participa el fiscal y los investigadores

#### **b. Etapa intermedia**

La información y antecedentes proporcionados por las instituciones policiales y la BRIDECA de CONAF, es depurada por el fiscal a cargo de la investigación para obtener y validar los medios de prueba requeridos, con lo cual se puede cerrar el plazo de investigación y realizar la imputación correspondiente, si es que aplica.

En esta etapa participan tanto el fiscal junto a los investigadores, como el defensor, recabando los antecedentes de la investigación realizada.

#### **c. Juicio Oral**

Esta etapa se inicia en las audiencias citadas por el Juez del Tribunal de Juicio Oral correspondiente y en donde se realizan los alegatos de apertura, se desahogan y valoran los medios de prueba presentados por el fiscal (interrogatorio y contrainterrogatorio de testigos, peritos, etc.), declara el inculpado (opcional), se realizan los alegatos de clausura, se valora todo el caudal de medios de prueba desahogados para efecto del fallo (deliberación), se dicta el fallo y se fija el plazo para citar a la individualización de la sentencia.

Los fiscalizadores participan como perito, según lo determine el fiscal, o como testigo si así algunas de las partes lo solicita.

En algunas situaciones esta etapa no se desarrolla porque se abrevia el procedimiento mediante soluciones alternas denominadas Conciliación o Mediación, la que procede desde el inicio de la etapa preliminar y, en algunas ocasiones, se aplica incluso hasta antes del auto de apertura a juicio oral, lo que en realidad implica un desistimiento de la acción penal.

## **5.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

En términos genéricos el método (meta = hacia; hodos = camino), es un conjunto de acciones desarrolladas según un plan preestablecido con el fin de lograr un objetivo. Existen numerosas metodologías para investigar y se utilizan según la naturaleza de la investigación, en muchos casos combinadas entre sí.

En particular, el método utilizado para investigar las causas se denomina **Método de las Evidencias Físicas (MEF)**, el cual es una variación del método Hipotético-Deductivo utilizado en la investigación de carácter científica, social, entre otras. Este método, considera que la conclusión se halla implícita dentro las premisas. Esto quiere decir que las conclusiones son una consecuencia necesaria de las premisas: cuando las premisas resultan verdaderas y el razonamiento deductivo tiene validez, no hay forma de que la conclusión no sea verdadera. Esto obliga al investigador combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación).

El MEF tiene como objetivo localizar el punto de inicio del incendio forestal, para determinar qué tipo de actividad lo ha provocado, el cual se localiza a través de la lectura de los vestigios dejados por el fuego en su avance. Esta acción permite buscar y obtener las pruebas materiales del medio de ignición iniciador del incendio, si es que existen.

Posteriormente, se desarrolla la investigación de forma tal que en forma paralela se trabaja una línea relacionada con la **Prueba Material** y por otra con la **Prueba Personal**. Este conjunto de evidencias físicas, humanas y las declaraciones de los testigos hace posible reconstruir la evolución del incendio desde su inicio y llegar, subsecuentemente, a concluir si el incendio fue generado por la naturaleza o la actividad humana. De comprobarse esta última situación, es factible establecer quien o quienes son los autores, el o los medios de ignición utilizados y, eventualmente, identificar sus motivaciones.

### 5.3 PROCESO PARA INVESTIGAR LA CAUSA DEL INCENDIO FORESTAL

El desarrollo de la investigación sigue un protocolo de trabajo establecido internacionalmente, que permite aplicar el MEF y mantener la rigurosidad de la investigación científico-técnica que permite llegar a resultados válidos. Consta de los siguientes componentes:

- Solicitud de investigar.
- Recogida de datos históricos y meteorológicos.
- Determinación de la geometría del incendio y la zona de inicio.
- Aplicación del MEF
- Prueba Material
- Prueba Personal
- Relación entre la Prueba Material y la Prueba Personal.
- Hipótesis central
- Validación de la hipótesis central
- Causa

Esquemáticamente se expresa de la siguiente forma:

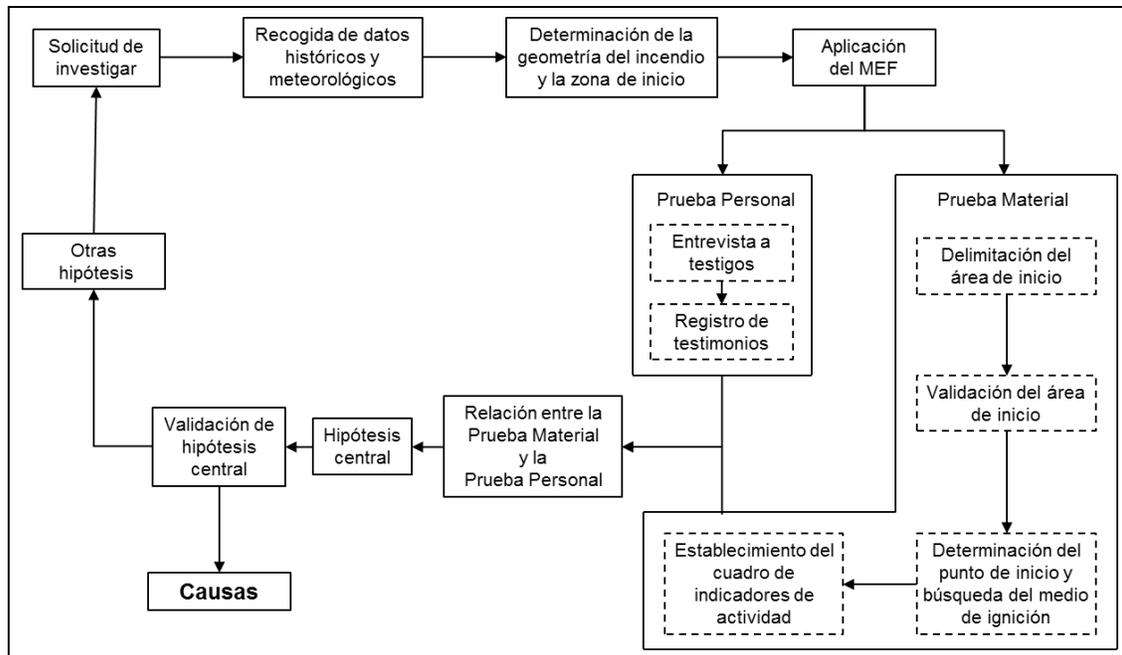


Figura 10. Proceso de desarrollo de la investigación.

## 5.4 BRIGADA DE DETERMINACIÓN DE CAUSAS

Es una unidad técnica especializada en la investigación de la causa del incendio forestal. Fue creada por CONAF el año 2000 para fortalecer los programas de prevención de incendios forestales. La primera Brigada de Determinación de Causas (BRIDECA) se creó en la Región del Biobío, siguiendo el modelo empleado en países más avanzados en éstas materias y posteriormente una segunda unidad en la Región de La Araucanía. Tienen el propósito de identificar la actividad humana que genera los incendios forestales y discriminar si existe intencionalidad o sólo un uso negligente del fuego.

Los objetivos específicos de esta actividad, son:

- Realizar informes técnicos para identificar la causa origen de aquellos incendios forestales que son prioritarios para el Ministerio Público y CONAF.
- Recabar suficiente información para orientar adecuadamente los programas de prevención que ejecuta la institución.
- Apoyar las competencias laborales de las jefaturas de brigadas para realizar estimaciones más asertivas sobre el origen de los incendios que ellos combaten.

### 5.4.1 Funciones y responsabilidades

Para desarrollar su trabajo la BRIDECA debe cumplir con tres funciones principales, relacionadas con la coordinación y levantamiento de pruebas.

#### a. Función de Coordinación.

Conjunto de acciones relacionadas con la conciliación de intereses entre el demandante interno o externo de la investigación y las capacidades y medios de la unidad, integración de información técnica recopilada en terreno y combinación del trabajo entre los miembros de la unidad y personas relacionadas con la investigación para identificar el origen y causa del incendio forestal.

El responsable de desempeñar la función de Coordinación es denominado Jefe de BRIDECA, quien debe cumplir con las siguientes tareas:

- Supervisar la lectura de vestigios.
- Supervisar la información proporcionada por las personas.
- Detectar inconsistencias en el trabajo de los investigadores.
- Supervisar la elaboración del informe técnico.
- Conciliar las hipótesis propuestas, para establecer una hipótesis central de la investigación.

#### **b. Función Prueba Material.**

Agrupación de acciones relacionadas con la delimitación del área de inicio, verificación de la consistencia de los datos que permitan su validación, comprobación de la localización física del punto de inicio y estudio del terreno para comprobar la presencia o no del medio de ignición.

El responsable de desempeñar la función de Prueba Material es denominado Encargado de Prueba Material, quien debe cumplir con las siguientes tareas:

- Liderar la confección de la geometría del incendio.
- Determinar la zona en la cual centrará su trabajo, conforme a la geometría del incendio.
- Aplicar el Método de las Evidencias Físicas.
- Determinar las direcciones de propagación del fuego.
- Reconstruir el patrón de propagación del fuego.
- Localizar el medio de ignición, si es que está presente.

#### **c. Función Prueba Personal.**

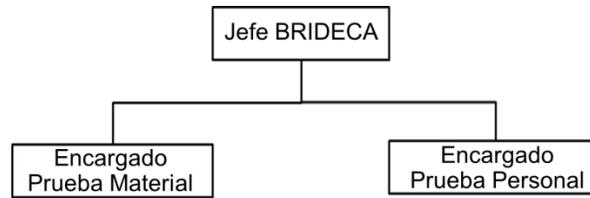
Grupo de acciones relacionadas con la recopilación y validación de testimonios de potenciales testigos y personal técnico que detectó y combatió el incendio y la comprobación de las posibles motivaciones y circunstancias propias del lugar y de las personas que han propiciado la ocurrencia del incendio.

El responsable de desempeñar la función de Prueba Personal es denominado Encargado de Prueba Personal, quien debe cumplir con las siguientes tareas:

- Empadronar a testigos, lugareños y al personal que detectó y combatió el incendio forestal.
- Entrevistar a las personas empadronadas.
- Registrar las declaraciones.
- Proponer una o más hipótesis de trabajo.

### **5.4.2 Estructura**

La BRIDECA opera con una estructura funcional, en donde las funciones explicadas anteriormente se transforman en áreas especializadas de trabajo, lo que permite por un lado que cada funcionario se concentre exclusivamente en su trabajo o función y, por otro, facilita una mejor supervisión técnica, pues cada cargo responde ante “expertos” en su campo de especialización. Además, esta estructura permite cumplir con principios organizativos básicos relacionados con el mando (cadena de mando y unidad de mando), planificación basada en objetivos, manejo integral de recursos y manejo de la información e inteligencia, entre otros. Para éstos efectos, la BRIDECA se estructura de la siguiente forma.



### 5.4.3 Personal y recursos materiales y logísticos

Para el desarrollo de sus funciones la Brigada requiere disponer del personal con la formación técnica adecuada y contar con las herramientas, equipos y otros elementos logísticos para realizar satisfactoriamente su trabajo.

#### a. Personal

La BRIDECA debe estar conformada por un mínimo de tres investigadores, con un alto nivel de formación, motivación y experiencia en la protección contra los incendios forestales. De ellos, al menos uno debe tener una formación profesional del nivel de Ingeniero Forestal, es decir, formación de más cuatro años en centros de enseñanza superior y otro con un amplio conocimiento del comportamiento del fuego y de las técnicas utilizadas en el combate de los incendios forestales. Sin embargo, todos ellos deben tener rasgos personales aptos con los de un investigador, entre los cuales están los siguientes:

- Ética
- Perseverancia
- Astucia
- Paciencia
- Susplicia
- Reflexivo
- Imparcialidad
- Honesto
- Empatía
- Memoria

Los integrantes de esta unidad deben utilizar durante el trabajo en terreno un Equipo de Protección Personal (EPP) compuesto por casco, lentes de policarbonato, botas caña larga, pantalón y camisa manga larga confeccionados con una tela resistente a las condiciones del terreno, cantimplora y los demás equipos que norme la institución para esta actividad.

#### b. Materiales

Para realizar la investigación se requiere de una serie de implementos que se deben trasladar en una pequeña maleta de alta resistencia a los impactos y al uso, entre los cuales están:

- **Herramientas manuales:** Cinta señalizadora, cuerda fina, cinta métrica, regla de plástico, piquetas, combo de goma, lupa, banderines de señalización (rojo, blanco y amarillo), guantes de látex, regla de madera, regla plástica, imán, bolsas de plástico con cierre hermético, pinzas, cortapluma y espátula.
- **Equipos e instrumentos:** Brújula, cámara fotográfica, cámara de video, equipo meteorológico portátil, navegador GPS y equipo de radio.

#### c. Logística

Como implementos de apoyo a la investigación se requiere disponer de, al menos, materiales de librería, cartografía del área de trabajo, Notebook, agua potable embotellada y un vehículo doble tracción.

#### 5.4.4 Acciones iniciales en el trabajo de la BRIDECA

##### a. Solicitud de investigar

La activación de la investigación se genera ya sea por el procedimiento institucional para atender sectores prioritarios en la prevención de incendios, o bien, a solicitud del Ministerio Público. Esto obliga a los investigadores de la BRIDECA mantener un permanente contacto con la Central de Coordinación Regional (CENCOR) de CONAF o la Central de Comunicaciones (CENCO) en el caso de las unidades policiales, lo cual permite un rápido conocimiento de cualquier siniestro que se origine, anotando la fecha y hora de inicio y desplazarse al lugar en caso de estar dentro de los criterios establecidos para la Región.

##### b. Recogida de datos históricos y meteorológicos.

Una vez localizado el lugar donde se encuentra el incendio se solicita a la CENCOR o CENCO, usualmente por medio de correo electrónico, los siguientes datos:

- Cantidad de incendios históricos ocurridos en la zona y sus causas.
- Datos meteorológicos de días anteriores y del momento del incendio.

Estos antecedentes y otros que requieran los investigadores tienen el propósito analizar preliminarmente situaciones pasadas y relacionarlos con las actuales condiciones de propagación del fuego.

##### c. Determinación de la geometría del incendio.

La geometría del incendio corresponde a la forma que adopta el área quemada del incendio, como consecuencia de las condiciones y características ambientales en las cuales se inició y desarrolló el incendio. Su determinación en terreno es la acción más importante al iniciar la investigación, puesto que orienta al investigador para establecer a priori el sector en el cual probablemente se inició el fuego, el que puede estar en algunas ocasiones en la cola del incendio.

Esto implica realizar un croquis o plano con la forma adoptada por el área quemada del incendio y estudiar el modo en que los factores del comportamiento y las condiciones meteorológicas presentes al momento de iniciarse y propagarse el fuego influyeron en el desarrollo del incendio.

En aquellos incendios de pequeñas dimensiones, el investigador puede observar directamente todo el borde del incendio, siendo más fácil su estudio y la determinación del área de inicio, dentro de la cual se encuentra el punto de inicio. En aquellos incendios de gran magnitud, se debe recurrir a una observación aérea ya sea mediante fotos aéreas, un recorrido del sector en una aeronave, o bien, utilizar aeronaves guiadas del tipo hexacóptero o cuadricóptero para tomar fotografías y realizar una delimitación de un área de estudio pequeña en donde se sospecha que debe encontrarse el punto de inicio.

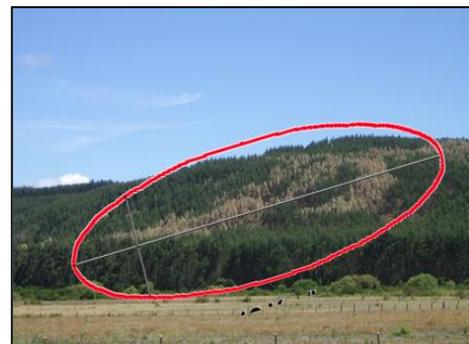


Figura 11: Influencia de los factores que afectan el comportamiento del

La experiencia acumulada indica que en la mayoría de las situaciones investigadas, la geometría del incendio adopta alguno de los modelos de la figura 8, página 34, o sus variantes.

Un factor muy importante en los incendios de gran tamaño es el viento, el cual puede propagar el fuego independientemente de las características del combustible y topografía del lugar. Situación que se representa gráficamente en la figura 7, página 37.



Otra forma de determinación de la geometría, es tomar en terreno las coordenadas geográficas del borde del incendio con un navegador GPS (Global Position System), para posteriormente insertarlas en Google PRO, con lo cual es posible tener una perspectiva de planta del área quemada y con ello la geometría del incendio, siendo factible dimensionarla en términos de superficie afectada o los ejes de la figura geométrica que más se le acerca.

Al determinar la geometría del incendio y localizada el área de inicio, se aplica el Método de las Evidencias Físicas para identificar el punto de inicio y, consecutivamente, se buscan las pruebas materiales del medio de ignición que originó el incendio, y si es que existen obtenerlas. Estas, junto con las evidencias físicas presentes en la zona y las declaraciones de testigos, hacen posible reconstruir la evolución del incendio desde su inicio, conocer y clasificar la causa que lo provocó, e identificar al autor del incendio, relacionando los hechos con las pruebas y testimonios obtenidos.

Un croquis debe contener datos suficientes y nunca ser engorroso. Recoger los siguientes aspectos:

- Esquema del área de inicio del fuego: Forma de la superficie estudiada. Para mostrar el perímetro del incendio utilizaremos uno de los modelos geométricos de propagación.
- 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.
- Señalar la posición del punto de inicio con respecto a varias referencias fijas del terreno
- Dirección y velocidad del viento durante el incendio.
- Se debe indicar el lugar desde el cual se realizaron las fotografías del punto de inicio. Como norma general éstas serán tres, tomadas desde lo general a lo particular en otras palabras desde larga distancia, media y a corta. Si es necesario se realizarán fotografías de detalle de alguna prueba.

En el croquis debe figurar toda la información relativa al fuego que se considere necesaria, pero sin que ésta dificulte su lectura.

## 6 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LAS EVIDENCIAS FÍSICAS (MEF)

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, es decir, las marcas y señales que se han producido, tanto sobre la vegetación como sobre el medio físico (piedras, cercos, entre otros).

Del análisis de los vestigios se obtienen datos sobre la dirección de propagación, la intensidad calórica y a velocidad de avance del incendio. La correcta interpretación de estos vestigios permite localizar el punto o los puntos de inicio del fuego, objetivo fundamental del proceso de investigación, y del que depende el éxito de ésta.

En el punto de inicio se encuentra información acerca del medio de ignición y de la causa del incendio.

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

Los vestigios que señalan el progreso de un incendio, son 10:

- Grado de daño
- Patrón de quema
- Exposición y Protección
- Lascamiento
- Modelos de carbonización
- Escamado
- Petrificación de ramas
- Manchas de hollín
- Color de cenizas
- Tallos de gramíneas

### 6.1 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 de prisa en función del viento reinante, de la pendiente, y de la cantidad de combustible presente.

En general el grado de daño 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.



Figura 12: Grado de daño.

## 6.2 PATRÓN DE QUEMA

Dibujo característico del incendio de cada tipo de vegetación, de acuerdo a su estado, que representa una forma de arder determinada.

Examinando el patrón de quema, se podrá detectar discrepancias o zonas en las que es distinto del esperado y en las cuales puede que esté situada alguna prueba material (dispositivo de ignición).

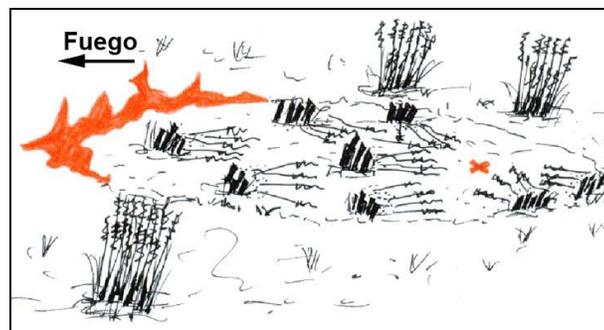


Figura 13: Patrón de quema.

## 6.3 EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN

La exposición es la huella que deja el fuego sobre el objeto que afecta a través de algunos de los mecanismos de transferencia del calor. La protección es aquella parte del mismo objeto que no es afectado por el calor que emite el fuego.

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

En pequeñas matas de gramíneas quemadas, se puede ver que el 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 los vestigios, podremos indicar una dirección de avance del fuego.

Hay que tener en cuenta que este vestigio solo es válido si el objeto que se examina no ha sido movido ni alterado.

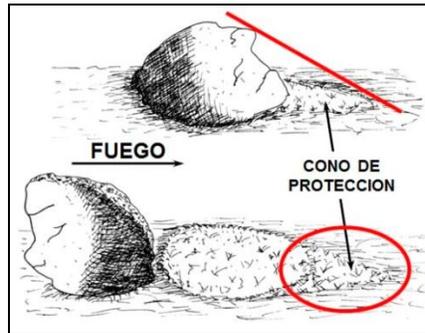


Figura 14. Exposición y protección

## 6.4 LASCAMIENTO

Desprendimiento de placas de corteza que ha perdido humedad por efecto del calor y que se encuentra resquebrajada, dejando a veces un vestigio muy visible. Se produce cuando el tallo de una planta con corteza quebradiza se calienta y se desprende saltando en forma de placas, al 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.

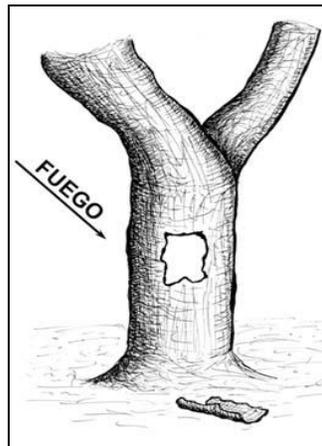


Figura 15. Lascamiento.

## 6.5 MODELOS DE CARBONIZACIÓN

Son las marcas dejadas por el fuego sobre los troncos del árbol. 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.

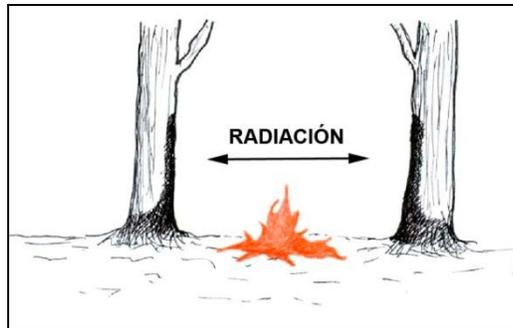


Figura 16. Carbonización simétrica debido a un foco estático.

Si existió 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 inclina.

Una vez que el fuego forma el frente y la cola, la transferencia de calor al resto del arbolado, es debido 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.

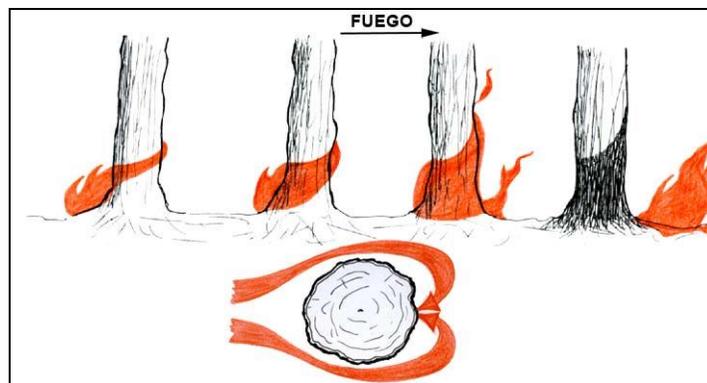


Figura 17. Modelo de carbonización por efecto convectivo de las corrientes de aire caliente.

Cuando el incendio tiene una propagación circular, las marcas de la carbonización tienden a ser simétricas desde el punto de inicio.

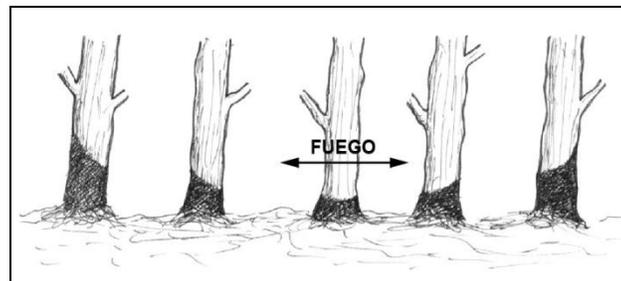


Figura 18. Modelo de carbonización debido a propagación circular.

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



Figura 19. Modelo de carbonización, fuego avanzando con pendiente y viento 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.



Figura 20. Modelo de carbonización, fuego avanzando con pendiente en contra y viento a favor.

## 6.6 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. La dirección de propagación se determina 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.

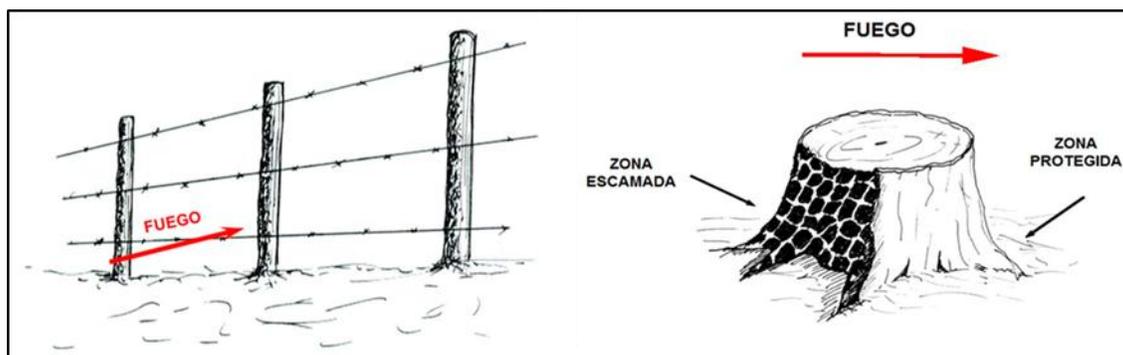


Figura 21. Escamado sobre los postes de un cerco y un tronco.

## 6.7 PETRIFICACIÓN DE RAMAS

Aspecto petrificado que adoptan las ramas finas de árboles y matorrales debido al calor de convección producido por el incendio, parecido a la forma de una bandera. Esta petrificación es más evidente cuanto más rápido haya sido el avance del fuego.

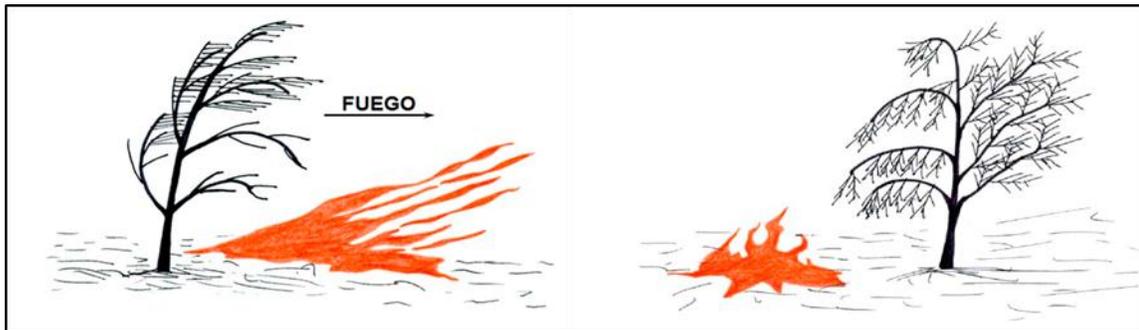


Figura 22. Petrificación de vida a un foco poco intenso.

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.

## 6.8 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 avanza el fuego. Si encuentra en su camino obstáculos a menor temperatura que el, quedara fijado en ellos manchándolos.

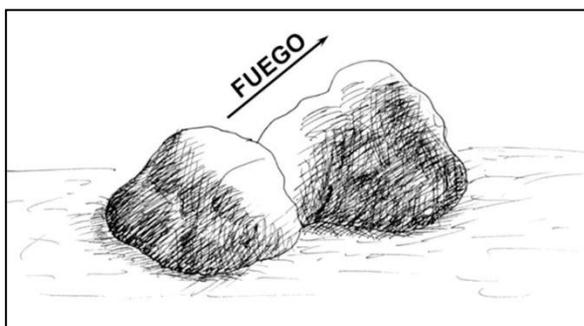


Figura 23. Hollín depositado en una roca.

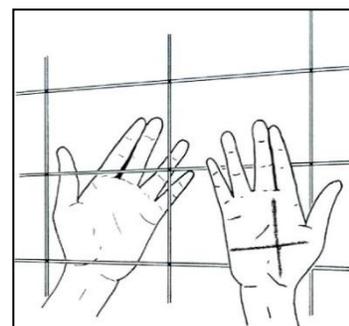


Figura 24. Manchas de hollín sobre una rejilla.

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.

## 6.9 COLOR DE LAS CENIZAS

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

## 6.10 TALLOS DE GRAMÍNEAS

Cuando una fuente de calor afecta al tallo de las gramíneas, éstas 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.

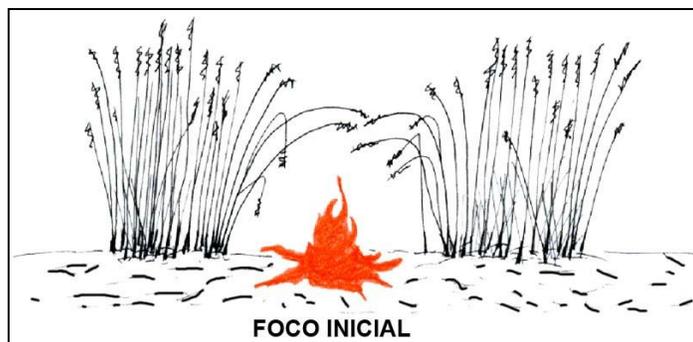


Figura 25. Gramíneas afectadas por calor poco intenso.

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

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 el sentido de avance del fuego.

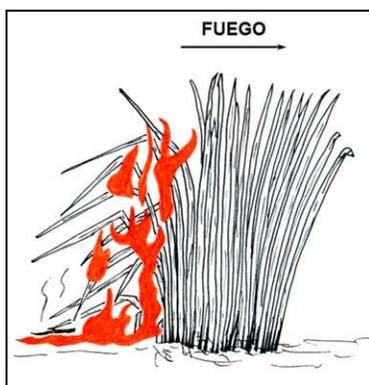


Figura 26. Gramíneas afectadas por un fuego en progresión.

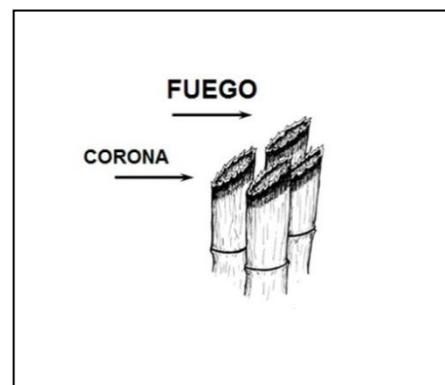


Figura 27. Quemadura de bisel en gramíneas.



## 7 PRUEBA MATERIAL

La Prueba Material es una fase de la investigación en la cual se plantea una hipótesis sobre la causa del incendio, en función del medio de ignición encontrado en el lugar de inicio o aquellos elementos que permiten tener una presunción de cómo pudo haberse iniciado el fuego.

Esta fase, como la Prueba Personal, es básica en cualquier tipo de investigación, puesto que tanto en la investigación científica como la judicial, las pruebas son determinantes para comprobar si un hecho es o no cierto. Desde el punto de vista judicial, las ideas matrices de la denominada posición racional-analítica del juicio de hecho, son a lo menos dos. Primero, la finalidad de la prueba es la averiguación de la verdad de lo ocurrido. Segundo, no se trata de verdades absolutas sino sólo de verdades relativas, no en el sentido de adoptar una concepción subjetiva o relativa de la misma, sino en el sentido de que el conocimiento de la verdad es relativo al contexto en que aquél es realizado y a la cantidad y calidad de información disponible.

### 7.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INICIO

El área de inicio es una pequeña superficie dentro del área quemada, dentro de la cual existe, en muchas ocasiones, la información necesaria para conocer la causa que ha provocado el incendio.

Se llega a establecer esta área utilizando el método de las evidencias físicas y el conocimiento sobre el comportamiento del incendio forestal analizado. Estos conocimientos de la dinámica del fuego, junto con la lectura de los vestigios dejados en su avance, permiten al investigador representar sobre el terreno la dirección y sentido de la propagación mediante el uso de 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. Se utilizan banderines de color amarillo para representar un avance en retroceso y blanco para señalar los sectores en que los vestigios llevan a confusión.

Una vez establecida, se la delimita rodeándola con una banda de señalización, no permitiéndose que nadie ajeno al equipo de investigación introduzca objetos o pueda realizar cualquier actividad que la modifique, y, por tanto, puedan dar lugar a una formulación de hipótesis de causalidad erróneas por parte del investigador.

#### 7.1.1 Validación del área de inicio

Una vez que se ha logrado determinar el área de inicio antes de realizar su análisis, es preciso comprobar que su ubicación es la correcta.

Esto se logra recurriendo a la información de las brigadas forestales que fueron las primeras en arribar y combatir el incendio y de algunos testigos presenciales que pudieran dar alguna información. Puede darse por validado el punto de inicio cuando los resultados obtenidos por la Brigada de Determinación de Causas coinciden con la información aportada por el personal de la Brigada Forestal.

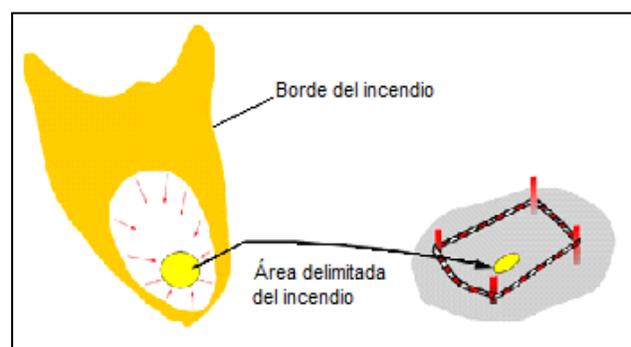


Figura 26. Área de inicio delimitado

## 7.2 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE INICIO Y BÚSQUEDA DEL MEDIO DE IGNICIÓN

El punto de inicio es el lugar preciso en donde tuvo lugar la ignición del incendio, y, por lo tanto, es dónde se encuentra el medio de ignición. Para llegar a encontrar ese punto, el investigador tendrá que hacer lectura de los vestigios y datos que el fuego ha plasmado en su fase incipiente dentro del área quemada.

El medio de ignición es el elemento que directamente ha transmitido la energía calórica a la biomasa forestal, causando su combustión. 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.

Al encontrarse en presencia de un incendio no hay que olvidarse que éste ha sido provocado por alguien o algo. La misión del investigador será relacionar los hechos ocurridos con el autor, hallando las pruebas necesarias. Estas se encontrarán en el lugar donde se inició el incendio.

A este nivel el investigador tendrá que trabajar de forma metódica y muy precisa, debido a la fragilidad de las pruebas materiales que se puedan hallar en la escena del hecho, ya que normalmente éstas estarán afectadas por el fuego, si no se han consumido con él. 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.

Por lo tanto, la investigación no debe iniciarse precipitadamente. Antes debe revisarse 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.

Para reconocer y delimitar el punto de inicio, así como para localizar el medio de ignición, el área delimitada anteriormente debe parcelarse, utilizando una cuerda, en calles de 0,5 metros de ancho y con la longitud necesaria para realizar un tamizado.

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

También se utiliza un imán potente, para recoger restos metálicos, y una lupa para las observaciones en detalle.



Figura 29. Búsqueda del medio de ignición.

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.

Una vez localizada una prueba material, ésta se identificará señalando su localización para evitar que sea destruida y debe ser fotografiada desde tres perspectivas diferentes y siempre buscando un referente fijo que sea difícilmente alterable con el tiempo y con el fin de poder situar el lugar de la prueba en el futuro y una vez extraída por el investigador, siendo la última de detalle y situando junto a ella un objeto que sirva de escala.

Todas aquellos objetos que puedan estar dotados de valor probatorio para establecer la autoría del hecho deberán de ser recogidos, reseñados y conservados de forma que permitan su traslado, bien a los laboratorios de análisis, bien a la autoridad judicial, teniendo en cuenta que en todas las acciones de tratamiento de dicha prueba y de los soportes que las contengan deberá de estar garantizada la **cadena de custodia** de la misma.

### 7.3 ESTABLECIMIENTO DEL CUADRO DE INDICADORES

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 provoco.

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 válida 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.

El cuadro de indicadores de actividad establecido por los investigadores se compara con estos y se comprueba si los hechos registrados corresponden con los que caracterizan a estas actividades y se apuntaría esta como 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.

A continuación se señalan una serie cuadros de actividades para la nueva clasificación de las causas para Chile.

- Faenas forestales
- Faenas agropecuarias
- Confección y/o extracción de productos secundarios del bosque
- Operación en las vías férreas
- Actividades recreativas
- Tránsito de vehículos
- Tránsito de personas
- Incendios estructurales
- Caza de animales
- Otras quemas
- Accidentes eléctricos
- Otras actividades
- Naturales
- Intencionales

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 pondrán todas las muestras encontradas sobre el medio de ignición, 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.

## 8 PRUEBA PERSONAL

Corresponde al proceso de recabar la información que poseen los testigos directos e indirectos de un hecho, para lo cual se debe realizar un empadronamiento, entrevistar a los testigos y registrar sus testimonios.

La prueba personal presenta dos vertientes de obligada consideración a la hora de objetivar su necesidad en la investigación de los incendios forestales. En primer lugar servirá para complementar la prueba material en cuanto a la recogida de datos sobre la evolución, avance y determinación del origen del incendio con el fin de ayudar a determinar el punto de inicio del incendio, en aras de fortalecer las hipótesis generadas inicialmente tras la lectura de los vestigios. Y, en segundo lugar, servirá para aportar información testimonial sobre las acciones antrópicas que puedan indicar una posible autoría en virtud de los elementos que sean puestos de manifiesto durante el proceso de obtención de la prueba material y que contribuyen de forma conjunta a la identificación del autor.

Se debe tener presente la importancia que la prueba personal tiene en el proceso global de la investigación de un incendio. Es por ello esencial, que de este trabajo se encarguen profesionales formados y con experiencia para realizar esta labor. Aquí sólo se marcan las pautas básicas de comportamiento con testigos relacionados con incendios forestales para la identificación y selección de las personas, y no estropear sus actitudes para la obtención de testimonios que podrán ser muy importantes para inculpar al autor de un determinado incendio o bien determinar su motivación.

### 8.1 ENTREVISTA A TESTIGOS

En su acepción más amplia, testigo es una persona que brinda testimonio o que presencia de manera directa un cierto acontecimiento. En Derecho, el testigo es una figura procesal. Es la persona que declara ante un tribunal sobre hechos que conoce y que son considerados relevantes por alguno de los litigantes para la resolución del asunto objeto de controversia. Dicha declaración recibe el nombre de **testimonio**. Este medio de prueba existe tanto en materia civil como en materia penal, aunque la respectiva reglamentación suele ser diferente. El testigo puede ser presencial o no presencial (aquel que declara sobre algo que ha oído o le han contado).

Pero no es necesario saber exactamente como pasaron las cosas, basta con aportar algún dato que sea útil en la investigación. En el Nuevo Proceso Penal, los testigos cumplen un papel fundamental en dos momentos claves:

- Durante la investigación, los testigos son citados por los fiscales para que aporten antecedentes que puedan ser útiles al esclarecimiento de los hechos.
- En el Juicio Oral, los testigos son presentados por el fiscal como prueba de los hechos en que se basa su acusación. También el acusado de cometer el delito puede presentar sus testigos, para probar los hechos en que basa su defensa.

#### 8.1.1 Clasificación de los testigos.

Según sus características, pueden clasificarse en:

### **a. Habladores**

Suelen ser generadores de perturbación. Hay que intentar centrarles en la cuestión realizando preguntas concretas. Por ejemplo: ¿Qué ocurrió cuando usted paró el auto?

### **b. Imaginativos**

Es necesario tener mucho cuidado, pues tienen tendencia a exagerar. En este caso la entrevista debe desarrollarse de acuerdo a un guion concreto, el cuál se tendrá siempre en mente, para hacerles regresar al centro de la cuestión.

### **c. No saben nada**

En este caso se harán al testigo preguntas sobre las cuales estemos seguros que conoce las respuestas. Por ejemplo: ¿cuál es su nombre?, ¿a qué hora llegó usted?

### **d. Con coartada**

Exige una preparación anterior a la entrevista con el testigo. Hay que tener en cuenta las relaciones con el sospechoso, la reputación en cuanto a su honestidad y los antecedentes policiales y criminales.

### **e. Cooperadores**

En caso de fuego intencionado, el testigo en muchas ocasiones resulta ser el principal sospechoso.

## **8.1.2 Orientaciones para entrevistar al testigo**

La entrevista de los testigos en el lugar del siniestro es una de las partes de mayor importancia en la investigación.

Para facilitar la investigación, las personas previamente formadas en esta materia anotarán los siguientes antecedentes:

- Nombre y descripción de las personas presentes en el lugar de los hechos
- Identificación y matrícula de los vehículos que transiten o se encuentren estacionados en las proximidades donde aconteció el incendio
- Todas las observaciones realizadas por las personas que se encuentren en la zona y que de una u otra forma estén relacionadas con el incendio

A la hora de tomar declaración a un testigo hay que ser muy cuidadoso, ya que la persona que ve algo o está presente durante el desarrollo de un hecho, lo ve bajo una perspectiva subjetiva, interpretándolo de acuerdo a su esquema de valores y experiencia y, por tanto, cuando lo transmite lo hace dándole un significado.

Tampoco se debe olvidar que en este tipo de siniestros existe normalmente un miedo generalizado hacia el personal policial y a expresar opiniones que puedan implicarles o complicarles la vida. En este aspecto es importante la labor de los investigadores de la BRIDECA, porque al representar a una institución no policial los testigos son más abiertos a expresar sus opiniones o conocimientos en relación al origen del incendio.

En el caso de encontrar personas que quieran prestar declaración de forma voluntaria, se debe aprovechar esa situación para recoger dichas manifestaciones, en las que debe intentar que se realice un relato detallado de los hechos observados. Para evitar sufrir interrupciones se debe hacer en privado.

Los investigadores, durante el transcurso de las entrevistas, 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 transmitirla.

## **8.2 REGISTRO DE TESTIMONIOS**

Como testimonio se entiende la descripción de un hecho en el que se estuvo presente. Los testimonios pueden no ser reales o completos. El testimonio es una de las distintas pruebas que pueden proponerse en un juicio. Su validez depende de la credibilidad del testigo, que a su vez depende de una serie de factores, tales como:

### **a. 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 horariamente, de forma muy clara, cada situación.

### **b. Observación en grupo**

Los testigos deben ser aislados, con el objeto de que los detalles que hayan visto no sean modificados por otras opiniones.

### **c. Testimonio tardío**

Entrevistar 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:

- Emotividad
- Sugestionalidad
- 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.

## 9 RELACIÓN ENTRE LA PRUEBA MATERIAL Y LA PRUEBA PERSONAL

Con los datos obtenidos 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 se comprobará si el fuego es de origen antrópico o no. En caso de que lo sea, se podrá determinar a qué actividad concreta debe su inicio (trabajos agrícolas, incendiario, recreación, etc.).

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

### 9.1 ESTABLECIMIENTO Y VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS CENTRAL DE LA CAUSA DEL INCENDIO

La hipótesis central sobre la causa del incendio investigado se formula después de 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 puedan formular 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 pruebas y declaraciones aportadas por los testigos (después de comprobadas). Si este proceso de validación es superado (figura 30), se estará en condiciones de establecer la Causa que provocó el incendio forestal.

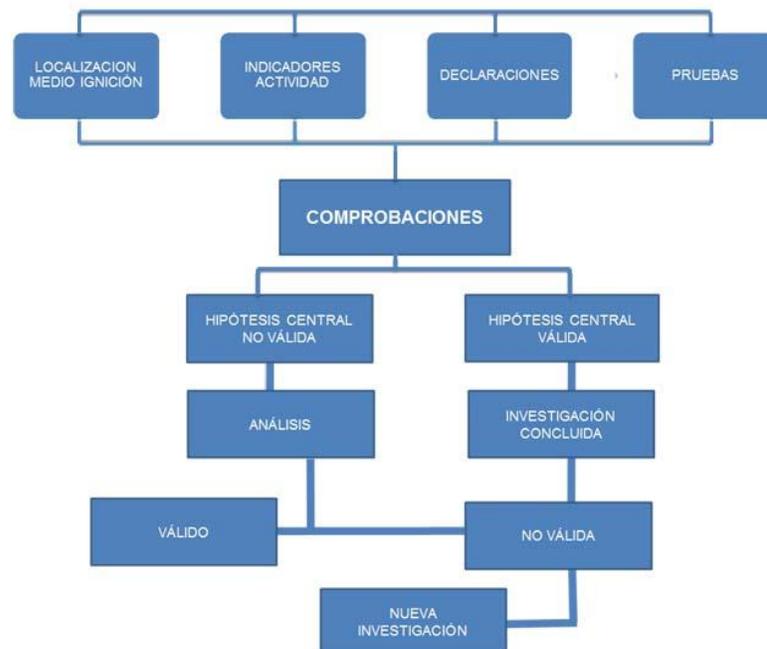


Figura 30. Proceso de validación de hipótesis.

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.

## 9.2 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información en su acepción más sencilla significa la acción y efecto de informar e informarse. Conceptualmente se define como un conjunto organizado de datos procesados, que constituyen un mensaje que cambia el estado de conocimiento del sujeto o sistema que recibe dicho mensaje. Por lo tanto, está constituida por un grupo de datos ya supervisados y ordenados, que sirven para construir la realidad en torno a la causa del incendio forestal.

No obstante, la información no es exclusivamente un ordenamiento de datos, también implica un razonamiento de quien procesa y analiza esos datos. En consecuencia, existe una dualidad de planos de existencia de la información, uno como entidad subjetiva que se genera en la mente del investigador y otro, con una existencia objetiva, en el cual se percibe la información cuando se plasma en algún soporte o se transmite en un proceso de comunicación

En razón a que los incendios forestales son causados casi en su totalidad por las personas, la investigación de causas parte de la base que potencialmente puede existir un delito de incendio forestal, por lo que el objetivo final es relacionar el hecho con el o los autores, para lo cual la información recogida debe cumplir con algunos principios, tales como:

- Significado: ¿Qué quiere decir?
- Importancia: ¿Trata sobre alguna cuestión importante?
- Vigencia: ¿Está actualizada o desfasada?
- Validez: ¿Es fiable?
- Valor: ¿Resulta útil para el destinatario (prevencionista de incendios forestales o el fiscal)?

En consecuencia, partiendo de un hecho potencialmente delictivo y a través de un encadenamiento de decisiones formuladas a nivel de raciocinio, se obtienen conclusiones intelectuales basadas en los procedimientos generales del razonamiento y que se traducen mediante el análisis, la correlación y la síntesis.

### 9.2.1 Análisis

Se define como la distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos. Esto implica realizar un estudio, mediante las técnicas apropiadas a la naturaleza de la materia tratada, de los límites, características y proponer acciones que mejoren o superen el problema estudiado y al que se aplica un tratamiento o procedimiento pre-establecido.

Este análisis puede ser cuantitativo o cualitativo, o bien, una combinación de ambos. El análisis cuantitativo busca conocer cantidades, mientras que el análisis cualitativo se centra en características que no pueden cuantificarse.

El análisis realizado correctamente permite constatar si se ha cometido algún delito, evitando que las comparaciones o conclusiones obtenidas por otras vías distorsionen la realidad.

Una forma de realizar el análisis es plantearse las preguntas claves en cualquier situación criminal, tales como las indicadas en el siguiente cuadro.

Elementos fundamentales del conocimiento	Cuestiones fundamentales de la investigación	Significados
Tiempo	¿Cuándo?	Fecha/hora, duración
Lugar	¿Dónde?	Localización, situación
Modo de ejecución	¿Cómo?	Ejecución y medios
Autor	¿Quién?	Identidad de la persona, origen del objeto, individualización del hecho
Naturaleza del acto	¿El qué?	Contenido, suposición, constitución
Móvil	¿Por qué?	Motivo, causa, razón

Las respuestas a estas preguntas permiten recoger un conocimiento pormenorizado del hecho, pudiendo las mismas ser aplicadas tantas veces como sea necesario hasta obtener una única respuesta. Esta herramienta permite obtener antecedentes que ayuden a los investigadores preguntas tales como: ¿Quién habrá provocado el incendio?, ¿Qué utilizó para iniciar el fuego?, ¿Se habrá escapado la quema controlada?, ¿Existen problemas personales entre los vecinos?, entre otras preguntas pertinentes con el caso a investigar.

### 9.2.2 Correlación

El término correlación se utiliza generalmente para indicar la correspondencia o la relación recíproca que se da entre dos o más cosas, ideas, personas, entre otras.

Llevada esta acepción a la investigación de causas, consiste en confrontar la información obtenida por medio de la Prueba Material y la Prueba Personal, buscando las concordancias, los puntos discordantes y los dudosos. Sobre los primeros se plantean las hipótesis, los segundos se excluyen y con los terceros se construye la base de la investigación.

### 9.2.3 Síntesis

Se denomina síntesis a una exposición abreviada acerca de un tema específico. Las síntesis se realizan generalmente con la finalidad de extraer ideas principales de una exposición mayor, generalmente para estudio o para una exposición sucinta. En general se caracterizan por su brevedad, aunque pueden existir ejemplos de una longitud considerable si el tema lo requiere así.

Uno de los modos en que una síntesis puede ser entendida es como resumen. En efecto, existen temas que pueden ser muy extensos a la hora de exponerlos. Una síntesis intentará en estos casos condensar en un discurso más breve todas aquellas nociones que pueden considerarse medulares, intentando que el sentido primigenio del discurso original se mantenga intacto. En este caso deberá hacerse una distinción entre las ideas principales y las ideas secundarias de modo tal de poder eliminar cualquier digresión.

Es útil para orientar intelectualmente el razonamiento, a fin de obtener o formular la hipótesis, que es la base de la metodología empleada para establecer la causa que origina el incendio forestal.

Está fundamentada en la determinación de la cualidad y cantidad de los puntos conocidos, por los que obtenemos un cierto valor de certidumbre para la hipótesis de trabajo.

La síntesis se basa en dos instrumentos, el reagrupamiento de los puntos ciertos y concretos y el de la interpretación, constituidas por puntos conocidos o dudosos d interpretación subjetiva.

Así, cuanto menores o más imperfectos sean los elementos, más hipótesis de trabajo se deben establecer, y sus límites serán la hipótesis “verdadera” y la hipótesis “desconocida”, la cual debe archivarse.

## 10 INFORMES DE LA INVESTIGACIÓN DE CAUSAS

Conceptualmente el informe tiene por objeto contar a terceras personas, generalmente por escrito, cualquier hecho acaecido, describir cualquier objeto con su funcionamiento, en su caso y explicar las circunstancias observadas en el reconocimiento o examen de una cuestión, debiendo ser el trabajo rigurosamente objetivo.

¿Qué es un informe técnico?, es un documento que describe el progreso o resultado de una investigación científica o técnica, o el estado de un problema científico. Se prepara a solicitud de una organización y/o institución o persona.

Las áreas de competencia de un informe técnico, son:

- Arbitrajes
- Cálculo de elementos
- Comprobación y confrontación de elementos
- Dictámenes y Peritaciones
- Reconocimientos e Inspecciones
- Estudios y tanteos
- Valoraciones, tasaciones y presupuestos
- Estudio e instrucción de expedientes
- Ensayos y análisis
- Otros trabajos:
  - Asesoramiento
  - Preparación de pliego de condiciones
  - **Informes ante los Tribunales de Justicia o Garantía u Orales**

El proceso de realización de un informe técnico consta de tres partes:

- Fase 1: Realización del estudio
- Fase 2: Preparación del texto
  - Desarrollo de borrador
  - Elaboración de texto definitivo
- Fase 3: Presentación del informe.

### 10.1 INFORME DE CAMPO

Se denomina **Informe de Campo** al levantamiento de información de terreno, ya sea del lugar de los hechos como de sus alrededores, para lo cual es necesario utilizar un formulario que permite registrar y sistematizar esta tarea, evitando omitir antecedentes fundamentales y a la vez, facilitando el trabajo de terreno.

En esta etapa, es fundamental saber interpretar las evidencias físicas o marcas que ha dejado el fuego en su avance, comprender cabalmente la metodología de la investigación de los incendios forestales y seguir metódicamente cada uno de los pasos vistos en el desarrollo del curso, con el objeto de recabar la mejor información durante la acuciosa investigación del incendio forestal que se lleva a cabo.

Está compuesto por los siguientes ítems:

- Datos generales del incendio
- Área de Inicio
- Evidencias físicas encontradas en el lugar del incendio (Área y Punto de Inicio)

- Datos sobre la causa del incendio
- Medios de investigación
- Croquis

#### 10.1.1 Datos generales del incendio

- Fecha de la investigación, número de días y horarios en que se investigó. Número del incendio investigado por el destacamento y número del RUC de la causa. Número de identificación del delito o incendio interno de cada institución.
- Ubicación o localización del incendio: Ubicación a nivel de región, provincia, comuna y su localización geográfica, coordenadas geográficas, UTM y de Geo-Ref. Fechas de inicio y término del incendio, así como sus horas. Identificación del predio y propietario.
- Condiciones meteorológicas: Datos de temperatura del aire (°C), humedad relativa del aire (%), velocidad del viento (km/hora), dirección del viento, humedad básica del combustible fino o ligero muerto (%), cobertura nubosa (en octavas).
- Topografía: Pendiente (%) y su exposición (puntos cardinales).

#### 10.1.2 Área de inicio

- Datos de uso del suelo: Especificar qué uso tiene el suelo de la zona
- Datos topográficos: Exposición, pendiente, cota en que se localiza, accesibilidad, junto o no a población.
- Combustibles presentes en el área de inicio: Presencia de combustibles ligeros y su grado de combustibilidad, tipo de combustible, distribución y continuidad.
- Datos del punto de inicio: Indicar si se ha determinado exactamente su posición, número de focos, hora en que se iniciaron, ubicación de los focos.

#### 10.1.3 Evidencias físicas encontradas en el lugar del incendio (Área y Punto de Inicio)

- Actividades relacionadas con el origen del incendio: Cuadro de indicadores
- Evidencias físicas en el punto de inicio: Vestigios de toda clase, Medio de ignición: Especificar el medio de ignición encontrado.
- Reconstrucción del modo de inicio del fuego: En caso de que el autor confiese el delito.
- 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 la caza, si ha habido compra o alquiler reciente, oferta rehusada de compra de material leñoso, etc.

#### 10.1.4 Datos sobre la causa del incendio

- Actividades específicas que originan el incendio: Actividad forestal, ganadera, caza, agrícola, ocio, etc.
- Fuente de calor: Especificar la fuente de calor hallada.
- Confesión del causante: Especificar si confesó o no.
- Posible causa: Clasificación general de la posible causa (natural, intencional, negligencia, accidental, desconocida).

### 10.1.5 Medios de investigación

- Personas y vehículos sospechosos: Descripción física de las personas y vehículos sospechosos. Se debe tomar nota de matrículas, modelos y color de los vehículos, así como del aspecto físico de las personas sospechosas.
- 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 y cuales en archivo fotográfico creado para cada investigación.
- Causa intencional: Indicar si existió delito flagrante, y describir en ese caso los hechos
- Observaciones personales: Cualquier dato que creamos importante que debe figurar
- Testigos: Filiación de los testigos presentes y otros.
- Conclusiones
- Recomendaciones de Prevención.

### 10.1.6 Croquis

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

Un croquis es un esquema general del incendio en el que, a grandes rasgos, recogemos sus aspectos más importantes y la relación de éstos con la investigación.

Hoy existen alternativas como el GoogleEarth que permite dibujar un incendio sobre una cubierta digital y exponerlo en un contexto más real que sirve como referencia de ubicación. El detalle exacto y/o preciso se sigue utilizando con cartografía digital.

Luego que se ha podido levantar información fidedigna durante la investigación del incendio mediante el Método de las Evidencias Físicas enseñado y registrado en el Informe de Campo, que se han comparado las Pruebas Materiales encontradas con las Personales; y considerando que las evidencias observadas y resultados obtenidos son suficientes para llegar a una conclusión clara y concisa, es momento de iniciar la redacción de un **“Informe Técnico Pericial”** que contenga toda la información relativa a la investigación, desde su comienzo hasta las conclusiones finales.

## 10.2 INFORME TÉCNICO PERICIAL

El “Informe Técnico Pericial” es un documento que contiene toda la información relativa al incendio, desde los antecedentes del incendio e históricos hasta las conclusiones finales. Todo el proceso de investigación de causas finaliza con la redacción de un informe de éste tipo

La información reflejada en el informe debe limitarse a los hechos y ser precisa. El contenido será esencialmente descriptivo, tanto de las características de inicio y evolución del incendio como de los procedimientos llevados a cabo durante la ejecución de la investigación.

La información se repartirá entre la prueba material contenida en el Informe de Campo, el set fotográfico, la prueba personal completa y demás elementos, que se obtienen de la integración y análisis de las pruebas obtenidas, las que se consideran para la redacción del Informe Técnico Pericial, de acuerdo a lo que se presenta a continuación:

El informe técnico pericial cuenta con al menos los siguientes partes:

- **Introducción:** Identificación completa del incendio, informe pericial y Fiscal que hizo la petición, fecha y duración de la investigación, superficie y combustibles afectados, acceso al lugar,
- **Antecedentes de la investigación:** Condiciones meteorológicas registrada el día y hora del incendio en ese sector señalando la fuente, cálculo de la humedad del combustible fino o ligero muerto.
- **Prueba Material:** Determinación del área de inicio, determinación del punto de inicio y propagación inicial del incendio fijado fotográficamente y presentado en el informe.
- **Prueba Personal:** Entrevistas voluntarias a testigos y todo aquel que tuvo conocimiento de los hechos. Estas deben considerar a lo menos: Fecha y lugar de realización, identificación completa del ciudadano entrevistado, su domicilio y en sus palabras de que tuvo conocimiento.
- **Conclusión:** Identificación final del grupo de causa y causa específica del incendio.

Toda la información relativa a la investigación deberá ser parte de un archivo físico y una carpeta digital que contenga las pruebas recopiladas durante ella y todos los archivos digitales, lo que permitirá en el futuro, reconstruir nuevamente la investigación, comparar con nuevas investigaciones y/o realizar las acciones correctivas respecto de la prevención de incendios forestales a partir de la investigación de causas.

## BIBLIOGRAFIA

- Aniceto del Castillo, José. 2012. La investigación de causas de los incendios forestales en Andalucía. Cádiz. España. 40 pp.
- Barroso F., Juan; Martín C., Julián y Pérez R., David. Utilidad de la Investigación de Causas en la prevención de incendios forestales. Congreso Mundial de Incendios Forestales Wildfire 2007. Sevilla, España. 11 pp.
- Carabineros de Chile. 1982. Manual básico de investigación policial general y de incendios para Carabineros de Chile. Dirección de Orden y Seguridad. 82 pp.
- CONAF. 2014. Curso C 110 Brigadista Forestal. Documento de Trabajo 573. Sección de Formación Técnica, Departamento Desarrollo e Investigación, Gerencia de Protección contra Incendios Forestales. Santiago. Chile. 356 pp
- CONAF. 2014. Resultados de la investigación de causas en la región de La Araucanía. Departamento Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. Concepción. Chile
- CONAF. 2014. Resultados de la prevención punitiva en la Región del Biobío. Departamento Manejo del Fuego. Corporación Nacional Forestal. Concepción. Chile
- Díaz N., José; Gallego M., Bárbara y Calles C., Adela. 2011. Bases y aplicación del método hipotético-deductivo en el diagnóstico. Revista Cubana de Medicina General Integral. 27(3)378-387. La Habana. Cuba.
- Hernández S., Roberto y otros. 2003. Metodología de la investigación. Capítulo III: Marco Metodológico. Editorial MG Graw Hill. Ciudad de México. México. 8 pp.
- Monje Á., Carlos. 2011. Guía didáctica: Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Programa de comunicación social y periodismo. Neiva. Colombia. 217 pp.
- Pérez G., Reynaldo. 2005. Curso Investigación de causas de incendios forestales. Caracas. Venezuela. 53 pp.
- Ponte P., Jesús y Bandín B., Carlos. 2008. Los incendios forestales en Galicia y su investigación. Galicia, España. 25 pp.
- Porrero R., Miguel. 2000. Incendios Forestales – Investigación de causas. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. España. 158 pp.
- Silva V., Pablo y Valenzuela R., Juan. 2011. Admisibilidad y valoración de la prueba pericial en el proceso penal. Memoria para optar al grado de licenciado en ciencias jurídicas y sociales. Departamento de Derecho Procesal. Facultad de Derecho. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 233 pp.

