

INCENDIOS FORESTALES

Se denomina incendio forestal a una situación en la cual el fuego incontrolable consume una masa boscosa.

Desde que comenzó la vida terrestre, hubo incendios originados por causas naturales, como por ej. erupciones volcánicas, o por los rayos de las tormentas eléctricas. Hay estimaciones según las cuales una masa boscosa sufre un incendio aproximadamente cada 300 años que provocan una regeneración con rejuvenecimiento favorable al crecimiento.

Así, la evolución y el equilibrio natural produjeron un planeta cubierto en grandes extensiones de una rica vegetación, hasta la aparición del hombre. Desde entonces, a las causas naturales de los incendios, se agregaron dos más: la accidental y la intencional.

Hoy en día, al ser éstas últimas más frecuentes que las naturales, sus efectos provocan desequilibrios en el funcionamiento armónico de la naturaleza, difíciles de predecir. La desaparición de grandes masas boscosas provoca cambios climáticos, erosión y desertificación.

Los efectos de un incendio en lo inmediato incluye la destrucción parcial o total de la vegetación existente en la zona afectada; seguida por un proceso de erosión cuya intensidad depende de las condiciones atmosféricas previas y posteriores al incendio.

La velocidad de regeneración es variable y depende de la vegetación implicada en el incendio. En las áreas sin masa arbórea dominante, es decir en los pastizales, ésta es bastante rápida, a lo sumo dos años, dependiendo de las lluvias, y de la afectación o no de raíces.

El problema es diferente y mucho más grave cuando el fuego destruye un bosque, un sotobosque y nichos ecológicos propios del lugar, a veces únicos.

Así, por ejemplo la franja boscosa adosada a la cordillera de los Andes, que desde los 38 grados de latitud sur se extiende hasta Tierra del Fuego. Está constituida por una vegetación de crecimiento lento y es frecuente hallar ejemplares centenarios y hasta milenarios. Son plantas poco resinosas que permiten, además, el desarrollo de un tupido sotobosque muy variado en especies, que a su vez brinda posibilidades de existencia a una fauna diversa.

Desde hace unos 35 años comenzaron a realizarse reforestaciones colindantes o interpuestas con los bosques autóctonos, plantándose varias especies de pinos

para su explotación comercial. Su crecimiento es veloz, son muy resinosos y las agujas desprendidas forman gruesos colchones bajo los árboles que ahogan todo el sotobosque, acidificando, además, el suelo.

Si se produce un incendio en una masa boscosa autóctona, el avance del fuego comienza por las malezas, ramas o árboles caídos, el sotobosque, las ramas bajas y finalmente arde el árbol adulto; a veces no, ya que se ha detectado en los anillos de crecimiento de ejemplares añejos el pasaje de incendios durante la vida de dicha planta, sin que ésta fuese destruida. Es decir que, dependiendo de la intensidad del siniestro, por su bajo contenido resinoso, el bosque autóctono en islas puede sobrevivir al fuego. En cambio, si éste se produce en un bosque implantado y dada su alta combustibilidad, por la resina y la resaca, la destrucción suele ser fatal.

PIROLOGÍA FORESTAL.

La pirología forestal constituye una de las disciplinas cuyo objetivo es el estudio de los incendios de bosques y sus particularidades. Explica entre otros, el fenómeno de la combustión forestal; describe las características propias de los incendios forestales y estudia los factores que influyen en su origen y desarrollo.

Elementos indispensables para la combustión.

Se sabe que para que se produzca una combustión son necesarios cuatro elementos: combustible; comburente; temperatura de ignición y reacción encadena.

Todos los elementos que constituyen el bosque desde el suelo vegetal hasta la copa de los árboles, son materiales combustibles. Es por lo general en la superficie del terreno donde suelen encontrarse los materiales más inflamables, tales como hierba, hojas secas y material sobrante de la tala de árboles.

Respecto del comburente, es necesario alrededor de 130 pies cúbicos (3.679 m³) de aire para proveer del oxígeno indispensable para hacer arder una libra de madera (453,6 g).

La temperatura de ignición o calor, es aquella a partir de la cual los combustibles toman fuego (punto de inflamación). En este caso se calcula en alrededor de 600 a 800 gF o sea 315 a 426 gC y varía según la naturaleza de los combustibles.

Con los combustibles forestales el aporte externo de calor es necesario solo para el inicio del fenómeno. Una vez que los materiales se hallan en estado de ignición, se puede generar un gran desprendimiento de calor y una fuerte elevación de temperatura que puede alcanzar los 200 gF ó 109 gC.

La reacción en cadena resultante del proceso de combustión es la combinación continua en una proporción ideal de cada uno de estos tres elementos descriptos. La eliminación de alguno de estos, nos permite la ruptura de esta reacción con la aplicación de los principios de extinción: por eliminación del combustible; por eliminación del comburente o por eliminación de la temperatura de ignición.

Fases del proceso de combustión

La composición general de la mayoría de los materiales combustibles forestales revela la presencia de diversas resinas, cera, ácidos múltiples, tejidos fibrosos a base de carbono (celulosa y lignina) agua y otras materias líquidas. A temperatura normal estas sustancias permanecen dentro de la madera, pero tienen tendencia a evaporarse cuando se ponen en contacto con una fuente de calor suficiente

Se presentan 3 fases del proceso de combustión del bosque:

La primera llamada precalentamiento reagrupa los fenómenos observados cuando los materiales combustibles soportan por primera vez la influencia de una fuente de calor intensa se observa sucesivamente que los materiales combustibles se recalientan; se secan (a 250 gF, 121,11 gC); el agua almacenada se evapora; se destilan parcialmente los ácidos; las resinas y otros líquidos comienzan a transformarse en gas en el momento que la temperatura alcanza alrededor de los 500 gF; 260 gC; y por ultimo se inflaman cuando alcanzan el punto de inflamación.

En la segunda fase la destilación de la sustancias gaseosas continua, pero es acompañada por su combustión u oxidación; el punto de pasaje de la primera a la segunda fase, denominada combustión de gases se efectúa en el momento de la ignición de dichos gases. La formación de llamas amarillas y rojas por encima del material combustible, proviene de la combustión de los gases destilados, reacción que produce asimismo vapor de agua y dióxido de carbono (CO₂).

Cuando la combustión es incompleta, ciertas sustancias destiladas se condensan sin haberse quemado y permanecen en suspensión sobre el fuego; son partículas sólidas o finas gotas. Este fenómeno de condensación se halla en el origen del humo que se desprende de la mayoría de las fogatas en ciertas condiciones la presencia de vapor de agua le da un color blanquecino al humo.

En la tercera y última fase del proceso de combustión se ven arder residuos de carbono o carbón vegetal, producidos en el transcurso de la segunda fase; no quedara bajo forma de ceniza, sino una pequeña cantidad de material no combustible. La fase de combustión de carbono se diferencia de la precedente por la naturaleza del combustible.

En efecto, la sustancia que arde se halla en estado sólido y la combustión se produce en la superficie misma del carbón vegetal. Si la reacción es completa el principal producto de esta fase es el dióxido de carbono sin ningún

desprendimiento de agua, pues este último fenómeno se produce esencialmente en el transcurso de las dos primeras fases de la combustión.

Se forma también monóxido de carbono (CO) como producto intermedio pero arderá a su vez, en estado gaseoso para formar dióxido de carbono (CO₂); las pequeñas llamas azules que aparecen en la superficie de los materiales en ignición, dan fe de esta segunda oxidación.

Aún si las tres fases del proceso de combustión se entremezclan unas con otras, pueden ser fácilmente observadas en un incendio forestal progresivo. Distinguimos en primer término la zona donde las hojas y las hierbas se retuercen y se resecan a medida que son precalentadas por el fuego; luego aparece la zona de llamas originadas por los gases en combustión; finalmente cuando las llamas se han extinguido se perciben menos nítidamente una última zona, aquella en que arde el carbón vegetal.

Por el contrario, si los materiales combustibles forestales son muy húmedos, esta última zona podría no existir, la superficie quemada presentaría entonces un tinte más ennegrecido que grisáceo, debido al hecho de que la mayoría de los materiales en estado de carbón, así como los otros que recubren el suelo, no se han quemado completamente.

Modos de propagación del calor

Estos medios merecen ser bien conocidos porque explican en gran medida el desarrollo de los incendios forestales; estos son:

Por convección: se realiza bajo la forma de una masa de aire caliente que tiende a ascender verticalmente a causa de su peso más liviano que el aire fresco. Asistimos así a una columna de convección por encima del fuego, donde se acumula la mayor parte del calor desprendido de la combustión.

Este calor propagado por convección constituye junto con el viento el **principal modo de difusión de los fuegos de cumbres**. En su ascenso el calor va secando y recalentando los materiales combustibles que se encuentran a su paso y si es suficientemente intenso los inflama.

Por radiación: se propaga bajo la forma de energía radiante, en todas las direcciones, sin ayuda de ningún elemento material. La intensidad del calor irradiado es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa la hoguera de los materiales susceptibles de combustión. Así los materiales que se encuentran dentro de un intervalo de 10 pies (3 m) del foco del fuego, reciben cien veces menos calor que los combustibles situados a un pie (30 cm) de la hoguera y que reciben la influencia de la columna vertical de aire caliente, solo los combustibles colocados suficientemente cerca del fuego pueden de este modo ser calentados hasta el punto de inflamación y arder.

La cantidad de calor desprendida de un incendio forestal, puede a veces ser tan considerable, que el calor irradiado basta en si mismo para llevar hasta el punto de inflamación la temperatura de los materiales combustibles que se encuentran separados del fuego, por lo ancho de un sendero o de un camino forestal.

Por conducción: Se caracteriza por la propagación del fuego a través de los materiales combustibles mismos. Como los materiales forestales son malos conductores del calor, la propagación del fuego se efectúa lentamente; este medio de difusión del calor, debería ser siempre tenido en cuenta por los combatientes del fuego; los efectos de la combustión no son entonces visibles y las personas encargadas de combatir un incendio corren el riesgo de experimentar una falsa seguridad a causa de la ausencia de llamas.

DESARROLLO DE INCENDIOS:

Para ejemplificar en forma sencilla y salvando las distancias entre el ejemplo y el tema que nos ocupa, examinemos por un instante la combustión de un fósforo.

Inmediatamente de encendido los productos químicos colocados en uno de sus extremos han sido consumidos y el calor requerido para el mantenimiento del fuego es provisto por la llama. Si el fósforo permanece con la cabeza en alto, el calor no puede transmitirse a la parte intacta, sino por conducción; el calor viaja de este modo tan lentamente que no alcanza ya a recalentar el material combustible hasta el punto de inflamación.

Por el contrario, si el fósforo es mantenido cabeza debajo de modo que las llamas rodeen la parte intacta, se ve como es rápidamente recalentado todo el fósforo. Esto demuestra con exactitud que la combustión es una reacción en cadena que es indispensable para que los materiales combustibles sean primero recalentados para que el proceso de oxidación se mantenga.

Este mismo principio es de aplicación en el estudio del desarrollo de los incendios forestales. El calor desprendido de un fuego es el principal elemento que se necesita para asegurar la continuidad de la combustión.

Cuando el incendio alcanza un nivel de intensidad considerable se desarrollan por convección, corrientes de aire locales o torbellinos, pudiendo superar en intensidad a la fuerza de las corrientes atmosféricas.

La formación de estas corrientes de aire se explica por el hecho de que el aire caliente, más liviano que el frío, tiende a elevarse verticalmente. El aire frío se lanza a la base del foco del incendio, a fin de reemplazar el aire caliente; estas corrientes de aire, contribuyen por un lado a aportar al foco del incendio nuevas reservas de oxígeno, y por otra parte a arrastrar en su movimiento ascendente, materiales inflamables susceptibles de recaer hacia el exterior del incendio antes de su extinción

CONDICIONES DE PROPAGACIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES

El comportamiento de un incendio forestal se rige por cierto número de factores cuyas influencias se oponen o se adicionan; entre estos factores, los materiales combustibles; los elementos atmosféricos; la topografía y las estaciones del año representan las variables estratégicas a las cuales debe prestarse particular atención.

Los combustibles:

Los materiales combustibles constituyen uno de los elementos necesarios para la propagación de un incendio. Es importante saber de que modo la naturaleza, el tamaño, la disposición, la cantidad, la distribución y el grado de humedad de estos materiales condiciona el desarrollo de un fuego de bosques.

Todos los componentes del medio forestal, desde el humus (capa que se encuentra debajo del manto vegetal), la vegetación herbácea y los arbustos, hasta los árboles más grandes, son material combustible en potencia.

Naturaleza de los materiales combustibles:

Los diversos materiales que componen el bosque, pueden ser agrupados desde el punto de vista de su poder de combustión en tres categorías a saber:

Materiales de combustión crítica: son aquellos que en condiciones normales, son de fácil inflamación por lo que pueden arder rápidamente; entre ellos: hojarasca, hojas secas; las agujas de pino; las ramas pequeñas, las cortezas y la hierba seca que cubren el suelo. Estas materias por su facilidad para secarse rápidamente constituyen un medio ideal para el nacimiento de un fuego.

Materiales de combustión lenta: agrupan a los diversos cuerpos leñosos muertos, que no pueden arder en forma rápida debido a su estructura, dimensiones, disposición y su exposición. Comprende el humus, las ramas, los troncos para aserrar, las cepas, los bocones, etc. Arden con lentitud, raramente se consumen por entero y conservan durante mucho tiempo el calor.

Materiales verdes: son las materias leñosas vivas; agrupan a los árboles, el sotobosque, la vegetación herbácea, etc. Estos materiales son normalmente húmedos y considerados no inflamables; a menudo retardan un incendio en lugar de propagarlo, pero cuando son desecados por un foco intenso, arden rápidamente y hasta con violencia.

Clasificación de los combustibles por su ubicación

- a- **subterráneos:** material orgánico que se encuentra en el suelo mineral (raíces)
- b- **superficiales:** material orgánico que se encuentra hasta 1,50 m del suelo, hojas, ramas, arbustos, árboles, troncos etc.
- c- **Aéreos:** material orgánico que se encuentra a más de 1,50 m del suelo. Fuste del árbol; follaje; etc.
- d- **De continuidad vertical:** material orgánico que se encuentra desde el suelo hasta la altura de las copas de los árboles como uniendo los estratos b y c. ramas secas extendidas, arbustos del sotobosque, hojas colgantes, etc. estos elementos facilitan la coronación del incendio.

TAMAÑO Y FORMA DE LOS MATERIALES COMBUSTIBLES

Es importante conocer la relación que existe entre el área superficial y el volumen de la partícula de combustible. Por ejemplo:

- 1- un cubo de madera de 1m³ tiene seis caras de 1m² cada una. La relación es 6m² / m³ ó 6:1
- 2- dividiendo el cubo anterior exactamente por la mitad de cuatro de sus caras, el volumen sumado de los 2 cuerpos no varía, pero el área superficial de las doce caras ha aumentado a 8 m². ahora la relación es 8m² / m³ ó 8:1
- 3- un metro cúbico de ramitas de 13 mm de diámetro tiene una relación de 425 m² / m³
- 4- agujas de pino : 5600 m² / m³
- 5- pasto: 6600 m² / m³

La humedad y el calor toman contacto con la partícula a través de la superficie. A mayor superficie de contacto, mayor calor o mayor humedad podrá absorber la partícula. Los combustibles finos, no solo se encienden más fácilmente, sino que arden con mucha velocidad y se queman por completo.

El grosor de los materiales combustibles

Es un factor que afecta la intensidad de la combustión. Si los materiales combustibles son voluminosos, la superficie expuesta al calor, para una misma cantidad de material es menor que si fuera pequeño.

Cuanto más grande es la superficie expuesta al calor, más rápidamente se evapora la humedad. Es por esa razón que luego de un período de lluvias, los materiales combustibles pequeños se secan mucho más rápidamente que los materiales voluminosos.

Finalmente, cuanto más grande resulta la superficie expuesta, más fácilmente se propaga el calor a los materiales combustibles. Es por eso que los materiales más pequeños se inflaman y arden más rápido. Se deduce por consiguiente que la cantidad de calor desarrollada es más elevada y que el fuego se propaga más rápidamente.

Se pueden dividir los combustibles en cuatro categorías a saber:

- 1- finos o ligeros (menos de 5 mm de diámetro): hojarasca, pasto, mantillo de descomposición etc.
- 2- regulares (5 -25 mm) ramas y tallos pequeños, arbustos, flores, etc.
- 3- medianos (25 – 75 mm) ramas.
- 4- gruesos o pesados (75 ó más mm) fustes, troncos, ramas gruesas.

Es fácil comprobar que partículas de la misma categoría de tamaño se comportan de la forma semejante en distintos incendios. Por lo tanto, necesariamente para evaluar el comportamiento del incendio, es imprescindible saber la cantidad de combustible existente en cada categoría de tamaño.

La disposición de los materiales combustibles

Define la relación que existe entre todos los materiales combustibles, tanto sobre el plano horizontal como sobre el vertical.

La distribución de los materiales combustibles, influye en la tasa de evaporación de la humedad que contienen, así como sobre la morfología y la velocidad de propagación de los incendios, condiciona, por así decirlo, la alimentación de un foco de incendios por el suministro de materiales combustibles.

Disposición horizontal: influye en la tasa de progresión y en la intensidad del fuego. Los materiales combustibles dispersos arden con lentitud, porque el calor se comunica con dificultad de una parte a la otra. Por el contrario si los combustibles se encuentran próximos, arden con gran intensidad y el calor desprendido acelera la tasa de progresión del incendio.

Disposición vertical: afecta también la tasa de progresión del fuego y determina incluso la naturaleza del incendio. Si los materiales combustibles se encuentran distribuidos de modo continuo, o en forma de escalera, desde el suelo hasta la copa de los árboles, existe un riesgo muy elevado de que se desarrolle un incendio copa o de altura.

La densidad y la continuidad del desarrollo boscoso, constituyen junto con el viento, los dos principales factores que condicionan el mantenimiento de un fuego de altura.

Cuando existe una separación muy acentuada entre los materiales combustibles de la superficie y la copa de los árboles, la posibilidad de desarrollo de un incendio de altura es reducida.

Disposición y grosor, son por otra parte, dos características que afectan simultáneamente el grado de inflamabilidad de los combustibles. Los más pequeños, a diferencia de los otros, se encienden naturalmente con mayor facilidad, sobre todo cuando se encuentran acumulados. Es el caso de un colchón de agujas de pino, cuyos elementos de ínfima dimensión se secan y arden rápidamente.

Cantidad de material combustible

La intensidad del calor desprendido por un foco de incendio, es mucho más elevada cuando una gran cantidad de combustible se halla disponible. Es por ello que cuando los materiales leñosos son abundantes, en las inmediaciones de un fuego forestal, se recalientan normalmente más rápido y producen un fuerte desprendimiento de calor. Es obvio remarcar que un fuego es siempre más difícil de controlar, cuando la cantidad de material combustible es grande.

La cantidad de material combustible es el único factor sobre el cual el ser humano puede ejercer algún control, ya sea por medios mecánicos o químicos o bien, por medio del fuego mismo.

El combustible se expresa en: kg/ha ó tn/ha y su intensidad calórica se representa bajo la siguiente fórmula:

$$I = K \times C \times V$$

Donde: **I** intensidad calórica; **K** calor de combustión; **C** cantidad de combustible y **V** velocidad de propagación

La cantidad de combustible varía considerablemente entre un tipo de vegetación u otra, a saber:

Desierto: se calcula la cantidad de combustible entre 0 a 3 tn/ha.

Pastos y/o arbustos: se calcula la cantidad de combustible entre 2 a 12 tn/ha.

Matorrales: se calcula la cantidad de combustible entre 20 a 100 tn/ha

Desechos de bosque (raleo): se calcula la cantidad de combustible entre 70 a 200 tn/ha

Desechos de bosque (explotación): se calcula la cantidad de combustible entre 200 a 250 tn/ha.

Distribución de los combustibles

Este tema se vincula tanto con la disposición en el territorio de las diferentes clases de vegetación, como así también con las barreras naturales o artificiales que puedan constituir un obstáculo a la propagación.

Distingue las regiones de progresión limitada y las de progresión ilimitada.

Tal como expresamos anteriormente, según las distintas estaciones, el fuego se propaga más, o menos rápidamente en cierto tipo de vegetales que en otros.

Por ejemplo luego del completo desarrollo de las hojas, una arboleda frondosa constituye una verdadera barrera natural para controlar un incendio (progresión limitada); por el contrario, en el otoño, la poca frondosidad es considerada como campo de progresión ilimitada a causa de la acumulación en el terreno de hojas muertas.

Por otra parte las hojas resinosas pueden constituir una barrera natural los primeros días que siguen a una precipitación importante, pero en los períodos de sequía, se convierte en un campo de progresión ilimitada.

Tenor de humedad

La humedad contenida en las materias combustibles forestales proviene del suelo, de la lluvia o de la atmósfera y determina la cantidad requerida de calor para encenderlo.

Se puede expresar como un porcentaje del peso seco del combustible:

$$\frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100 = \text{humedad del combustible (\%)}$$

El agua influye en estos materiales al modo de una esponja. Cuando están secos absorben rápidamente el agua; por el contrario, cuando se hallan saturados, pueden perder fácilmente su humedad.

La relación entre el contenido de humedad del combustible vivo y del muerto es muy importante.

En los Estados Unidos se han realizado experiencias que demuestran que en épocas de incendio, cuando la humedad de los combustibles se encuentra dentro de un rango del 15 al 25 % el combustible muerto está listo para arder.

El contenido de humedad de los combustibles muertos fluctúa día tras día; un parámetro muy importante a tener en cuenta para el pronóstico de incendios forestales es el **equilibrio higroscópico** de los combustibles muertos.

El equilibrio higroscópico es el momento en que el combustible muerto no gana ni pierde humedad con respecto al medio ambiente.

Este equilibrio higroscópico se relaciona con el tiempo de retardo, que es la medida de la rapidez con que una partícula alcanza el equilibrio higroscópico, y se define como el tiempo que tarda una partícula en perder aproximadamente el 63% ó las 2/3 partes de la diferencia entre su humedad actual y la humedad del equilibrio higroscópico.

Dentro de los vivos, los pequeños materiales combustibles absorben y pierden la humedad más rápidamente que los más voluminosos. Esta propiedad varía igualmente con el grado de descomposición de los combustibles.

Cuanto más avanza su estado de descomposición, tanto mayor es su capacidad de absorción y de retención de la humedad. Por ejemplo, en una fogata reciente los troncos se secan muy rápidamente, sin embargo, en una fogata de diez años de antigüedad, los troncos conservan siempre cierta humedad a causa de su estado de putrefacción, y esto incluso en períodos de sequía.

La cantidad de humedad contenida en los materiales combustibles desempeña un papel importante en el comportamiento de un incendio porque mientras estos no estén secos no pueden inflamarse.

Cuanto más húmedo sea el material, es más grande la cantidad de calor requerida para la evaporación del agua que contiene y para llevarlo al punto de inflamación. Se comprende mejor entonces porque los materiales húmedos son difíciles de encender, ardiendo con lentitud y desprendiendo relativamente poco calor.

La variación en el contenido de humedad del musgo, denominado "caribú", constituye un buen ejemplo de este fenómeno. Durante el día se seca casi por completo, hasta el punto de quebrarse bajo el pie, al caer la noche, el musgo se empapa de humedad ambiente y se ablanda.

Los factores atmosféricos

Son cuatro los factores atmosféricos que influyen en el desarrollo de un incendio, principalmente por el efecto que ejercen sobre los combustibles. Los factores susceptibles de modificar el contenido de humedad o la rapidez de combustión son: la lluvia, la humedad relativa, la temperatura y el viento.

Lluvia

Como es lógico suponer, las precipitaciones ejercen un efecto directo sobre el contenido de humedad de los combustibles. La existencia de un largo período de sequía, reduce este contenido de humedad y torna los materiales más fáciles de incendiarse

Por eso, las precipitaciones constituyen ayudas preciosas para la extinción de los incendios ya que ellas hacen desaparecer los peligros del fuego además de refrescar y humedecer los cuerpos en ignición.

Humedad relativa

Indica la proporción entre la cantidad de vapor de agua efectivamente contenido en el aire y su capacidad de absorción a una temperatura determinada. Ella expresa el porcentaje de saturación de la atmósfera en agua y varía con la temperatura del aire.

Cuando el aire está completamente saturado, su humedad relativa es del 100% y se puede observar entonces condensación del vapor de agua bajo la forma de lluvia o de otras formas. Pero en el momento que no está saturada, que tiene un cuarto o la mitad de su capacidad, su humedad relativa no es más del 25 o 50%, el aire, se convierte en una esponja parcialmente seca y absorbe la humedad contenida en los combustibles y en el suelo.

Los cambios en los porcentajes de humedad en suspensión en el aire provienen ya sea del desplazamiento de las masas de aire seco o húmedo de una región a otra, o de las precipitaciones, o también de una modificación de la temperatura.

Si el contenido de humedad en el aire está próximo al punto de saturación, los combustibles sufren la influencia de la atmósfera y se humidifican. En caso contrario, la inflamabilidad del combustible es más elevada si el grado de humedad esta en descenso,

Las modificaciones que tiene el nivel de humedad relativa, ejercen importantes efectos sobre los materiales combustibles, dado que estos son irremediabilmente afectados por los largos períodos de humedad baja o alta.

El viento

Es sin lugar a dudas el factor atmosférico que más afecta el desarrollo de un incendio forestal. Sus efectos son variados.

En primer lugar, la circulación continua de aire cerca de los combustibles acelera la evaporación de la humedad que contienen, volviéndolos aptos para arder. Además el viento alimenta con oxígeno el fuego y transporta a la distancia las cenizas y los cuerpos combustibles encendidos, acelerando así la propagación del incendio.

El viento sopla a veces con una velocidad tan grande que la columna de convección situada encima del foco de incendio, puede ser desviada de la vertical y obrar sobre los combustibles situados delante del fuego, disecándolos y calentándolos.

Este doble efecto sobre el fuego, acelera la velocidad de propagación.

Por su parte la orientación del viento influye la dirección general de progresión del incendio. Mencionemos que de todas formas, existen excepciones a esta regla. Por ejemplo, un foco de incendio puede ser fácilmente protegido de los vientos por una montaña o por un alto oquedal y así se orienta diferente.

Por otro lado, aunque no parezca, el viento también puede tornarse un auxiliar para el combate si dirige el fuego hacia una barrera natural o artificial que parará su avance. Puede entonces, ser sumamente útil conocer las características de los vientos dominantes en una región.

La temperatura

Sabemos que esta varía a lo largo del día en función de la intensidad del sol siendo las más altas entre las 10 y 17 hs. Y las más bajas durante la noche.

La temperatura ejerce un efecto directo sobre la humedad ambiente; el aire caliente retiene más humedad que el aire frío. Por ejemplo un aumento de la temperatura de 20gF reduce la humedad relativa existente a la mitad; consecuentemente, una disminución de temperatura del orden de 20g F tiene por efecto doblar la humedad relativa.

Las formas de bruma y rocío son fenómenos bien conocidos que ilustran el principio de aumento de la humedad relativa seguida del enfriamiento de la atmósfera al final de un día, el rocío cae cuando el contenido de humedad ambiente se acerca al punto de saturación a causa del enfriamiento de la atmósfera.

La influencia de la temperatura sobre el estado de los combustibles es indirecta por la acción ejercida sobre el contenido de humedad y es directa por el recalentamiento o enfriamiento de los materiales.

La acción combinada del viento, la humedad relativa y la temperatura sobre los combustibles forestales se ejerce por otra parte de manera cíclica, durante el transcurso del día. Durante la noche, una temperatura más baja, un nivel de humedad más elevado y los vientos más suaves o nulos contribuyen a disminuir la propagación, mientras que durante el día, las condiciones inversas de viento, humedad y temperatura aceleran el desecamiento de los combustibles y activan su combustión.

La variación de las condiciones de temperatura, de humedad relativa y el viento durante el transcurso del día es conocido bajo la expresión de “**ciclo diario de quemado**”

Veremos este ciclo en el caso de que las condiciones atmosféricas sean normales pero, es necesario entonces precisar, que este esquema no es universal y que situaciones a veces muy diferentes se presentan en la ocasión. El ciclo de quemado distingue 4 períodos durante el día a partir de los reiteraos meteorológicos.

- a) **de 8 a 13 horas intensidad creciente:** marca la intensificación de la combustibilidad y por el desarrollo de condiciones atmosféricas favorables a la propagación del incendio.
- b) **De 13 a 18 horas intensidad máxima:** la influencia de los factores atmosféricos llega al máximo y la lucha contra el incendio es difícil de conducir.
- c) **De 18 a 4 horas intensidad decreciente:** durante este período los combustibles absorben la humedad de la atmósfera y las condiciones son favorables para luchar contra los incendios.
- d) **De 4 a 8 horas intensidad mínima:** el desarrollo del incendio es muy suave y puede efectuarse un trabajo eficaz con menos esfuerzo.

El conocimiento del ciclo de quemado es **esencial** para planificar convenientemente las operaciones de lucha y la fijación de pautas para la formulación de objetivos de combate contra los incendios forestales. Más adelante se establecerá que el fuego debe ser dominado antes del período de intensidad máxima del día siguiente o sea antes de las 13 horas.

La topografía

Juega también un papel importante en el desarrollo de los incendios, influenciando la morfología y la velocidad de propagación. En las regiones muy accidentadas se producen frecuentemente torbellinos en el suelo que tornan el trayecto del viento inestable e imprevisible.

En general la influencia de la topografía varía siguiendo la inclinación de las pendientes, su exposición y la elevación del terreno. Contrariamente a los agentes atmosféricos la topografía es un factor constante en el que es posible determinar o prever su influencia.

Inclinación de las pendientes: fácil es comprender que cuanto más abrupta es la pendiente, más lo es la columna de convección que se eleva verticalmente del núcleo del fuego, próxima a los combustibles situados más arriba de este, que se disecan y se prenden fuego más rápidamente bajo la acción del calor emitido por convección y por radiación. El fuego se propaga más rápido y arde con más violencia hacia lo alto de las pendientes abruptas que sobre los terrenos planos.

A causa de la inclinación de las pendientes los materiales en combustión pueden resbalar o rodar hacia abajo y encender nuevos focos.

Siendo iguales las demás condiciones, los fuegos arden más sobre las pendientes acentuadas. En general, así como se acrecienta la pendiente se acrecienta la velocidad de propagación.

Orientación de las pendientes: es un hecho que la exposición de los combustibles al sol y a los vientos, acelera en gran medida la rapidez de su disecación. Es constante que el fuego nazca y se propague más rápido sobre las orientaciones sur u oeste, que sobre los terrenos orientados al norte o al este.

Notemos entonces que la intensidad de los rayos solares depende por su parte del ángulo horario del sol, de su declinación, de la latitud de la inclinación de la pendiente, el grado de nubosidad, y de la densidad de los árboles del bosque.

La duración de la luz solar juega un rol en la propagación del fuego durante el día.

Elevación del terreno: influye sobre la composición de la vegetación y sobre el tenor de humedad de los combustibles. Los incendios que se propaguen en los niveles elevados, queman los combustibles más secos y sufren la acción de los vientos más intensos.

El comportamiento del fuego, según su posición sobre una pendiente puede ser no solamente influenciado por el relieve y la altitud, sino también por la masa de combustible disponible y los accidentes topográficos. Cuando un fuego se declara en la base de una pendiente, todos los combustibles de la vertiente corren habitualmente, el riesgo de quemarse.

Las estaciones

El comportamiento de los incendios forestales varía considerablemente a lo largo del año, siguiendo las características de cada estación. De una estación a otra se

puede observar una cierta modificación de las condiciones generales de los combustibles como del conjunto de factores atmosféricos.

Al despuntar la primavera, los pequeños combustibles se desecan muy rápidamente, porque ellos no están descompuestos aún, además la vegetación y las hojas no están aún tan desarrolladas, estos combustibles sufren la influencia deshidratante del viento y de los rayos solares.

Los combustibles profundos están aún sin embargo saturados de agua en esta época del año.

La primavera constituye entonces un período propicio al desarrollo de incendios de superficie.

A medida que la foliación se desarrolla, los pequeños materiales de superficie se disecan poco a poco, salvo en el caso de los leños nuevos, donde la ausencia de cobertura vegetal arrastra la evaporación acelerada de la humedad contenida en los combustibles. Desde el comienzo del verano, los combustibles situados bajo la superficie pierden la mayor parte de la humedad que contienen.

Los incendios que se producen en el transcurso de un período de sequía estival degeneran frecuentemente en incendios de profundidad.

En los bosques de resinosas, el verano también es el período más propicio para el desarrollo de los incendios de cúspide, a causa de la violencia de los incendios de superficie que se producen en esta época.

Hacia el final del verano, y hasta la caída de las hojas, las noches se tornan más frescas. El período diario de radiación disminuye y los combustibles forestales conservan su humedad, esto tiene por efecto disminuir considerablemente la tasa de progresión de los incendios.

La llegada del otoño y la gran cantidad de hojas secas caídas puede crear un breve período de peligro. Esta época es particularmente favorable al desarrollo de los incendios de superficie.

FORMAS, PARTES Y COMPORTAMIENTO DE UN INCENDIO DE BOSQUES.

A fin de facilitar el estudio de los numerosos métodos de combate de los incendios de bosques, importa describir las diferentes formas de incendio y definir la terminología utilizada para designar cada una de sus partes.

La forma de un incendio de bosques, hace referencia a la configuración que adopta en su desarrollo; varía en función de la dirección y de la intensidad del viento, de la topografía y de la naturaleza de los combustibles.

Sobre el terreno llano, con tiempo calmo y con una población homogénea, el incendio toma forma circular y avanza radicalmente en todas las direcciones. Por el contrario en las mismas condiciones del terreno y de la vegetación, pero sufriendo la acción del viento, el incendio toma la forma de un elipse alargado y avanza sobre todo en dirección contraria de donde viene el viento.

En las pendientes, abstracción hecha del viento y de la naturaleza de la población, el incendio tiende a subir porque se propaga más rápidamente en dirección ascendente. En la montaña un incendio de bosques adopta siempre una configuración irregular a causa de la acción simultánea de los tres factores enumerados precedentemente.

Como la mayoría de los incendios de bosques, no tiene forma circular, es necesario saber identificar cada una de sus partes:

Borde de un incendio: designa la línea normalmente irregular hasta donde el fuego arde en un momento dado.

Perímetro de un incendio: Identifica la longitud del borde del incendio.

Núcleo: masa de materias en total ignición, desde donde se propaga un incendio.

Frente: parte del borde de un incendio donde la velocidad de propagación es más grande. La cabeza o rente está generalmente situada al lado opuesto a la dirección de donde sopla el viento.

Retaguardia: parte del borde de un incendio que está opuesta al costado donde la propagación es más intensa. El fuego se desarrolla lentamente y con poca intensidad.

Flancos: partes del borde del incendio, situadas entre la cabeza y la retaguardia. Se los llama también costados del incendio si uno se sitúa en la retaguardia y mira hacia la cabeza puede distinguir el flanco izquierdo y el derecho.

Dedos o lenguas: partes del borde de un incendio que se desarrollan en lenguas de fuego largas y estrechas, avanzan saliendo del cuerpo principal.

Vanos o huecos: partes del borde de un incendio que se desarrollan más lentamente en razón de la presencia de combustibles o pendientes desfavorables.

Fuego diseminado: fuego encendido fuera del núcleo principal de un incendio por cenizas o tizones transportados por las corrientes de aire o el viento.

CATEGORIA DE INCENDIOS DE BOSQUE

El comportamiento de los incendios forestales está condicionado por un cierto número de factores que en sus diferentes combinaciones tienen por efecto definir casi otras tantas categorías de incendios de bosques.

De todas maneras nos limitaremos a identificar tres categorías de incendios forestales a saber: fuegos de superficie; fuegos de cúspide y fuegos de profundidad.

Se debe tener en cuenta que estos tres tipos pueden combinarse y aparecer simultáneamente.

Los de superficie, son los más habituales de hecho se podría decir que casi todos los incendios forestales comienzan bajo esta característica.

Un incendio de superficie puede alcanzar la copa de los árboles y formar un fuego de cúspides.

Un incendio de cúspide puede también descender al suelo y volverse incendio de superficie; en fin, un día con mucho viento cálido y seco puede transformar un incendio de profundidad en incendio de superficie o de cúspide.

Incendios de superficie: queman principalmente la “cama” del bosque, la cobertura de hojas secas, las hierbas, los arbustos y malezas, así como los residuos desparramados sobre el piso del bosque.

La mayoría de los incendios forestales causados por el hombre se declaran en la superficie porque el lecho de combustible que la forma es, generalmente muy inflamable.

Un incendio de superficie también puede incendiar las capas de los árboles, subiendo de rama en rama, pero se propaga más bien en las materias combustibles de la cubierta muerta que de una cima a la otra.

Los incendios de superficie se propagan, en general, por radiación, resultado de una liberación considerable de calor y llamas. Los incendios de hierbas y desechos de tala, constituyen dos ejemplos típicos de esta categoría.

Incendios de cimas o cúspides: los incendios de cimas están localizados en la copa de los árboles, donde queman las hojas, las agujas y ciertas ramas. Ellos se desarrollan de una cima a otra, o aún, a partir de la superficie de los terrenos forestales si las condiciones de combustibilidad lo permiten.

Un incendio de superficie degenera normalmente en incendio de cimas, cuando el calor desarrollado por el núcleo es suficientemente intenso que llega a contactarse con las copas de los árboles.

Ya señalamos que la continuidad en la disposición vertical de los combustibles, el viento y las pendientes favorecen el desarrollo de los incendios de cimas. Estos se hallan entre los incendios de bosques que avanzan más rápidamente.

Se reconocen dos tipos particulares de incendios de cúspide, ya sean los **incendios de cimas dependientes** o los **incendios de cimas rodantes**. Son dependientes desde el momento que el fuego se mantiene en las copas de los árboles, en razón del calor proveniente de la convección de los incendios de superficie.

Por otro lado el incendio de cúspide es rodante cuando en un denso bosque se desarrolla en las capas de los árboles y bajo la acción de un fuerte viento se propaga independientemente del fuego de superficie.

Incendios de profundidad: Arden bajo la superficie del suelo y se desarrollan a continuación de un incendio de superficie. La capa de combustibles que alimenta esta categoría de incendios, está formada por materias orgánicas poco descompuestas, ya sea turba o humus, las que no dejan prácticamente circular el aire.

Es por esto que se disecan muy lentamente; habitualmente los incendios de profundidad se desarrollan en períodos de sequía. Como regla general, no se encuentra casi nunca antes del desarrollo de la vegetación. Se propagan lentamente por falta de oxígeno y por transmisión del calor por conducción.

Los incendios de profundidad pueden abrigarse mucho tiempo bajo la superficie del suelo. Su límite es muy difícil de localizar, aún si emiten mucho calor, porque es frecuente que la combustión subsista sin que sea posible observar la más mínima liberación de llamas o humo.

El costo de un incendio de bosques es muy elevado, no sólo desde el punto de vista humano, cuando las llamas incontrolables eventualmente arrasan con vidas, viviendas, ganado y otras infraestructuras, sino para el ambiente. Hay especies que rebrotarán, pero nunca el sitio será como antes del fuego. El hombre ha modificado sustancialmente el equilibrio de la flora y fauna autóctonas, introduciendo especies foráneas que en ocasiones desplazan y sustituyen por su crecimiento más veloz a la primera. Por ejemplo un bosque de lengas demora unos 90 años en recuperarse y uno de cipreses 150. Si las especies introducidas e invasoras ocupan las tierras yermas en menor tiempo, no habrá más bosques de lengas ni cipreses, o en todo caso serán mucho más ralos.

Alternativas

Es evidente, y especialmente tras haber sufrido la desaparición bajo los efectos del fuego de gran cantidad de Has. de vegetación, que se hace preciso realizar un esfuerzo cada vez mejor canalizado y más efectivo en esta lucha, de la que cada vez más sectores de la administración y sociales se hacen partícipes.

En este proceso de perfeccionamiento de la estrategia para afrontar un problema de especial significación, tanto en nuestro país, como en muchos otros, por causa unas veces de condiciones ambientales desfavorables por todos conocidas, otras veces motivados por variables menos claras (entiéndase presión humana sobre el medio, políticas ambientales contestadas, intereses sectoriales, etc.), se necesita manejar de forma efectiva un volumen de información en la que se han de integrar todos los aspectos de posible influencia.

Separando ya los dos ámbitos de actuación frente al incendio, como son la prevención y la extinción del mismo, y centrando el análisis en esta última actividad, se podría simplificar inicialmente la cuestión pensando que se han de manejar en ella dos materias primas fundamentales: **los medios materiales específicos** que se utilizan (medios humanos, aéreos, etc.), y **la información** con la que se cuenta en cada momento para la disposición óptima de los primeros.

Se trata por tanto de hacer un consumo de medios limitados buscando el máximo rendimiento, de saber a tiempo lo necesario para intentar prever cómo se pueden desarrollar los acontecimientos y llevar la delantera en la actuación.

Tomamos consciencia por tanto, del incuestionable valor de **la información** en momentos en los que es necesario tomar decisiones en muy poco tiempo, entendiendo que **es posible mejorar los trabajos de extinción de incendios forestales con las capacidades que nos brindan las tecnologías de la información y la comunicación.**

Si hacemos una primera clasificación de esta información se pueden considerar los siguientes campos temáticos:

- **Información cartográfica** (vegetación, vías de comunicación, hidrografía, orografía)
- **Información meteorológica** (temperatura, velocidad y dirección del viento, pronósticos)
- **Información administrativa** (recursos disponibles, dimensión, situación)

De estos tres grandes campos, lo que se puede advertir, al hacer una primera enumeración, es **la gran dificultad de su manejo en conjunto**, primero por la enorme cantidad de datos que supone (evidente en lo que se refiere a la cartografía), y segundo por proceder de fuentes heterogéneas.

LOS SIG

Desde hace ya bastantes años se han venido desarrollando programas de prevención de incendios basados en imágenes aéreas y de satélites, que mediante la técnica de la teledetección, permite obtener unos **Sistemas de Información Geográfica** con los que controlar la potencialidad de las diferentes masas forestales a sufrir incendios.

Dado que el riesgo varía según el tipo de bosque (especies vegetales, grado de desarrollo, densidad, etc.), según el estrés hídrico (falta de agua de los vegetales) y según las condiciones atmosféricas, es conveniente que los datos que nos aportan estos sistemas estén **monitoreados en tiempo real**, para finalmente establecer distintos niveles de riesgo o alerta en cada zona, y tener así mejor distribuidos los equipos de extinción (vehículos y personal).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) integran una funcionalidad que permite manejar bancos de datos compuestos por información de los tipos descritos y realizar sofisticados análisis con resultados en plazos razonables, sin duda necesarios en la toma de decisiones, durante la extinción de un incendio.

INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Ante el actual marco de competencias en extinción de incendios, nos encontramos con que es preciso manejar información de territorios muy extensos, de un mínimo en torno al millón de hectáreas, lo que nos conduce a considerar el uso por parte de un Comando Centralizado encargado de coordinar las tareas de extinción, de escalas razonables que permitan operar con la cartografía cumpliendo con unos mínimos de rendimiento. Gran parte de la cartografía en ocasiones está disponible en formato digital a escala 1:50.000, escala apropiada para la formación de un banco de datos, para el que se deberá contar con las siguientes capas digitalizadas:

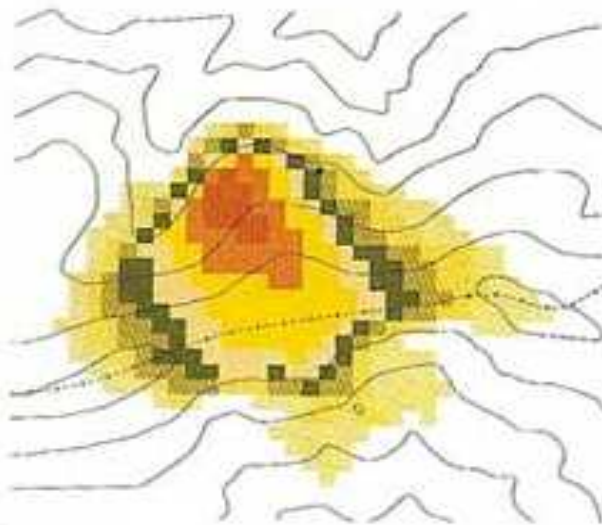
RESULTADO SIMULACION

FECHA 23 JULIO 1994
HORA SOLAR 14 : 00

DATOS METEOROLOGICOS

Temperatura 1
Temperatura (R) 2
Humedad relativa (R) 3
Velocidad del viento (R) 4
Direccion del viento (R) 5

CONTORNOS HORARIOS



- **Cartografía Básica:** Base Topográfica, División Administrativa, Red Viaria (autopistas, carreteras, pistas forestales, caminos, sendas.), Red de Drenaje (ríos, torrentes, arroyos, embalses, depósitos de agu.), Núcleos de Población, Áreas recreativas.

- **Mapa de vegetación:** Codificación lo más precisa posible, con vistas a su utilización en operaciones posteriores que permitan establecer una clasificación de Ecosistemas, elaboración de Mapas de Inflamabilidad y agrupación de la vegetación en Modelos de Combustibles presentes en el territorio.

- **Mapa de Espacios Protegidos y Áreas de Especial Interés.**

- **Mapa de Propiedad:** pública y privada.

Una vez que se cuenta con la topografía básica incorporada al sistema, mediante utilidades de las que disponen prácticamente todos los paquetes de SIG, se puede construir un **Modelo Digital de Terreno** en el que realizar análisis en tres dimensiones, como son la obtención de Mapas de Pendientes y Mapas de Exposiciones, orientado a la operativa de la extinción, y a partir de las lecturas recibidas, localizar con exactitud las coordenadas del foco, e informar inmediatamente sobre el entorno en el que se ha producido.

También hace tiempo que se crearon sistemas de detección de focos de fuego apoyados en nuevas tecnologías. Las clásicas torres de vigilancia comenzaron a albergar -acompañando o sustituyendo a los tradicionales vigilantes con prismáticos-, **cámaras ópticas y de infrarrojos**, con capacidades similares a

las de sistemas de video vigilancia de largo alcance. La ventaja era la mejora de la visibilidad, la automatización del proceso o parte de él (incluidas las alarmas y la visualización en consolas centralizadas) y detalles como la posibilidad de detectar el foco por la fuente de calor, evitando por ejemplo confundir polvo o nubes con humo.

Aún más potente, al tiempo que fino y preciso (y por supuesto caro), es el trabajo que permiten los **mini satélites de órbita baja**, que no sólo detectan los focos, sino que pueden monitorear el incendio en tiempo real, facilitando la coordinación de los equipos de extinción.

En cuanto a software, se han creado **simuladores de incendios**. Basados en Sistemas de Información Geográfica con modelos digitales del terreno, información del tipo de masa forestal, y variables atmosféricas o meteorológicas, funcionan recreando la evolución estimada del fuego en el tiempo desde un punto dado que sería el foco geo-referenciado. Esto es muy útil para tomar decisiones en las operaciones de extinción.

Apagado el fuego, hay que **evaluar los daños** para la posible restauración posterior del monte, y en esa revisión pueden ayudar métodos como la **comparación de imágenes aéreas y de satélite antes y después del incendio**, así como la **medición de perímetros y superficies desde helicópteros** dotados de sistemas de posicionamiento GPS, lo cual además sirve para dar una cifra precisa del área quemada.

Esto último también puede ser útil durante la propia extinción, y no sólo para los servicios forestales, sino también para que los medios de comunicación puedan dar cifras reales y precisas en sus informativos y artículos.

Los helicópteros usados con estos fines antes eran necesariamente tripulados, por al menos un piloto y un técnico que usaba un ordenador portátil y un GPS, pero últimamente se han desarrollado **mini-helicópteros teledirigidos**.

Este robot aéreo dispone de tecnología capaz de retransmitir vídeo HD en tiempo real con una cámara IP a través de WiMax. Con esto se evita poner en peligro vidas humanas.

Por último, obvia decir que los propios vehículos y personal de las brigadas contra incendios cuentan con sistemas de GPS y dispositivos móviles de comunicación, además de poderse gestionar todas sus operaciones de extinción desde centralitas mediante infraestructuras TI.

En el año 1988 se incendiaron 500.000 hectáreas en el Parque Nacional Yellowstone; actuaron 6000 brigadistas, se gastaron 120 millones de dólares y no hubo manera de frenar el fuego. En el caso de superficies inferiores a la mencionada y mediante un ataque eficaz con brigadistas especializados, con aviones hidrantes de apoyo y condiciones meteorológicas no demasiado adversas, puede frenarse el avance de las llamas.

PRINCIPIOS Y METODOS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES

Las operaciones de lucha contra incendios forestales no pueden ser conducidas al azar, de allí la importancia del conocimiento sobre pirología forestal, que nos permiten extraer los principios básicos que rigen la disminución o detención del proceso de combustión, para en una segunda etapa identificar los medios susceptibles de poner en jaque al incendio de bosques.

Las operaciones de lucha contra incendios de bosques, radica esencialmente en quebrar o debilitar directa o indirectamente algunos de los factores que intervienen en toda combustión, lo que determinará, en cada caso un tipo de intervención particular. Podemos expresar que la eliminación del aire, la reducción del calor y la acción sobre los combustibles se traducirán en técnicas de sofocación; de enfriamiento y de neutralización o separación del material.

La sofocación como técnica tiene por objetivo privar al fuego del oxígeno necesario para la combustión. Este objetivo puede ser alcanzado por aplicación de tierra; por productos químicos o por apaleo.

La sofocación de la hoguera es utilizada a menudo durante el transcurso de los primeros instantes de lucha, con el propósito de retrasar la propagación del incendio sobre puntos específicos y estratégicos. Es una técnica difícil de utilizar a gran escala, a causa del gran volumen de trabajo y del esfuerzo que requiere. Además con la aplicación de tierra, peligra reemplazar a menudo una combustión viva, por una lenta, en lugar de apagar la hoguera.

La técnica de **enfriamiento** actúa sobre la combustión reduciendo el calor por debajo del rango de inflamabilidad. Esto puede lograrse aplicando agua o tierra mineral humedecida sobre materiales en ignición.

Sabemos que el agua produce un efecto de enfriamiento sobre el material que combustiona, absorbiendo parte del calor necesario para mantener la combustión. La cantidad de energía calórica que puede ser absorbida por el agua, depende no obstante de la intensidad del calor liberado por el incendio como del volumen y del estado de dispersión del agua vertida.

La neutralización del combustible tiende a privar al fuego de los materiales necesarios para su propagación. Este objetivo puede ser alcanzado de dos maneras: realizando una separación entre los combustibles inflamados y los intactos, lo que implica la construcción de una línea de detención, y aumentando de tal manera la resistencia al fuego que le será imposible inflamarse. Esto último se logra mediante agua, y se explica porque el agua penetra las materias vegetales tornándolas ineptas para la combustión al aumentar su tenor de humedad.

Es necesario comprender que esto último, se trata de una medida temporaria, ya que si el incendio no cede, el calor liberado evaporará el agua vertida y anula su efecto.

La técnica de neutralización de los combustibles es utilizada particularmente durante las etapas conducentes al completo dominio del incendio.

ETAPAS DE DESARROLLO Y DE COMBATE DE UN INCENDIO.

La extinción no puede ser intentada sin evaluar previamente las características y las condiciones de desarrollo de un incendio; por eso conviene estudiar los principios que influyen en la elección del o de los puntos estratégicos donde serán aplicadas prioritariamente las técnicas de combate a lo largo del perímetro del incendio.

Luego de exponer el desarrollo, examinaremos como se presentan las etapas de lucha en tiempo y espacio.

Se pueden identificar cuatro fases, a saber:

Incendio fuera de control

Se lo clasifica de esta manera Cuando arde libremente. En este momento el borde del incendio avanza bajo la acción combinada de factores atmosféricos y topográficos. Se lo puede clasificar fuera de control, incluso cuando se han realizado acciones para combatirlo sin gran resultado.

Incendio contenido

Es un incendio en el que el avance es detenido temporariamente por medio de líneas de supresión establecidas sobre el conjunto de su perímetro.

Incendio dominado

Cuando su propagación es detenida de manera definitiva por medio de líneas de supresión bien establecidas. El incendio puede persistir dentro de un perímetro fijo, pero no le es posible desarrollarse libremente, en razón de las medidas adoptadas, o de las condiciones del entorno, pues ya sabemos que el dominio de un incendio puede producirse con total ausencia de la intervención humana.

Incendio apagado

Última etapa del desarrollo de un incendio, identifica una situación en la que ningún signo de combustión es percibido; ni luz, ni calor, ni humo.

FASES DEL COMBATE

Con el fin de organizar el combate, se subdividen los trabajos de lucha en tres etapas distintas y consecutivas, basadas en las fases del desarrollo de un incendio y caracterizada por objetivos y operaciones bien definidas.

Estas tres etapas o fases son:

El ataque inicial,

El dominio

La extinción.

El reparto de los trabajos de combate según etapas es esencial, pues es a menudo es el único medio de lograr el avance más rápido del ataque con respecto al incendio en si mismo. El procedimiento indicado a continuación, no se aplica siempre en orden cronológico pues es evidente que el estado de desarrollo adquirido por el incendio, el que indica que tipo de intervención debemos efectuar.

Ataque inicial

Tiene por objeto contener el incendio, es decir, mantenerlo dentro de ciertos límites, impidiendo que se extienda. En esta fase se agrupan las acciones ejecutadas a partir del momento en que llegan los efectivos al lugar del siniestro hasta que sea establecido el trabajo de dominio del fuego.

Dominio del incendio

Tiene como objetivo detener definitivamente la propagación del fuego. Esto puede ser realizado cercando el incendio de bosque mediante líneas de detención o de supresión realizadas alrededor.

La línea de supresión identifica toda barrera natural o artificial realizada para evitar la propagación, mediante trabajos efectuados en su contorno con el fin de dominarlo.

La línea de detención representa la parte de la línea de supresión que ha sido desbrozada con vistas a dominarlo.

La construcción de líneas de detención puede efectuarse con la ayuda de utensilios manuales, maquinaria pesada, motobombas o aviones cisterna, dependiendo de la naturaleza del suelo y de las disponibilidades de agua y equipamiento.

La extinción

Esta última fase del combate tiene como objetivo apagar completamente el incendio, reagrupa las operaciones de patrullaje, y mantiene una guardia de cenizas hasta que el fuego es considerado apagado y los efectivos pueden retirarse.

LOCALIZACIÓN DE PUNTOS ESTRATÉGICOS DE COMBATE

Resulta muy práctico dividir en regiones las zonas amenazadas por el fuego, de esta forma resulta mejor identificar los puntos estratégicos del combate. A partir de ciertos criterios se distinguen habitualmente dos tipos de regiones: Las de **progresión limitada**, y las de **progresión ilimitada**.

Se denominan Regiones de **progresión limitada**, a las partes exteriores del perímetro, donde el fuego, a causa de la presencia de obstáculos naturales o artificiales (barreras), por la naturaleza de los combustibles y por las condiciones topográficas tiene pocas o ninguna chance de ampliarse. Estas regiones representan los sectores que pueden ser objeto de una supervisión menos estrecha, particularmente en el ataque inicial.

De un incendio a otro, la designación de zonas de progresión es susceptible de variar, dependiendo o no de la ausencia de estos factores.

Por el contrario las Regiones de **progresión ilimitada**, son las partes perimetrales donde el incendio tiene mayores posibilidades de extenderse en el transcurso de las horas siguientes, debido a la ausencia de barreras naturales y artificiales y de la mayor susceptibilidad de los combustibles al fuego y de la presencia de condiciones topográficas adversas.

Las regiones de progresión ilimitada representan estratégicos puntos donde debemos principalmente llevar el ataque inicial y donde se debe ejercer especial supervisión en las fases de dominio y extinción.

Debe tenerse en cuenta que a menos que existan condiciones especiales o extremas o que bienes de alto valor requieran una protección especial, la organización de la lucha deberá efectuarse en principio concentrando los recursos sobre los puntos estratégicos. A continuación la lucha puede seguir en función de la importancia de las regiones de progresión limitada.

MÉTODOS PARA CONTENER Y DOMINAR LOS INCENDIOS DE BOSQUES

Las operaciones de combate son generalmente concentradas en el interior de una zona delimitada por barreras naturales, cortafuegos permanentes, líneas de atención o aún por una combinación de estos elementos.

En las regiones de progresión limitada, el volumen de trabajo requerido es más bien débil; sin embargo en las regiones de progresión ilimitada, el combate del

fuego exige esfuerzos considerables que están consagrados a la confección de una línea de detención. Estos trabajos consisten en aplicar las diferentes técnicas de base, que nos permitan contener y dominar el incendio.

Luego de describir los métodos que integran las técnicas de lucha, nos detendremos en cómo elegirlos y aplicarlos en el transcurso de las dos primeras fases del combate, el ataque inicial y el dominio.

MÉTODOS DE COMBATE

Construcción de líneas de supresión

Pueden realizarse según dos métodos: **El directo** y el **indirecto**. Los dos tienen el objetivo de separar los combustibles inflamados de los intactos, reduciendo la cantidad de calor, o aumentando la resistencia de los combustibles al fuego. Los dos métodos se distinguen solamente entre sí por la distancia que separa su lugar de aplicación del borde del fuego.

El método directo, consiste en construir una línea de detención justo al borde del fuego, sobre el perímetro del incendio, con la ayuda de utensilios manuales o material de zapa, excepcionalmente de maquinaria pesada; todos los combustibles de superficie situados en el borde del incendio serán levantados y tirados dentro de la zona de ignición. Esta línea de detención puede igualmente ser construida con la ayuda de motobombas y aviones cisterna, aplicando ya el principio de neutralización de los combustibles y no el de separación.

El método indirecto supone el establecimiento de una línea de detención a cierta distancia del borde del fuego. Se debe entonces aprovechar todos los accidentes topográficos situados sobre el trayecto de la línea y que puedan ser susceptibles de acelerar la construcción. Una vez completada la línea sobre todo en el frente del incendio, es absolutamente necesario quemar los pequeños combustibles comprendidos en la zona intermedia, entre el borde del fuego y la línea de detención. Si no se queman al menos los combustibles de superficie, la línea sola debiera ser suficiente para detener la propagación del incendio.

ELECCIÓN DE UN METODO DE COMBATE.

La irregularidad del borde del incendio; la naturaleza y densidad de las poblaciones afectadas, la cantidad de calor y de humo; la fase de desarrollo del incendio y la estructura del suelo son factores que merecen ser tenidos en cuenta en la elección de un método de combate. A estos se les puede agregar la importancia de la organización del combate, el volumen del material disponible; la cantidad de personal, etc.

En general, la elección del método de combate, particularmente en la primera intervención, suele hacerse sin analizar en profundidad la situación.

La premura por contenerlo, y la dificultad para establecer rápidamente un centro de comando que organice las acciones y distribuya eficazmente los medios, llevan a que a menudo el ataque sea dirigido al borde del fuego y el método directo sea aplicado indistintamente. Por lo tanto desde que el fuego toma cierta amplitud uno se percata en el análisis, que los dos métodos de combate pueden ser utilizados simultáneamente en puntos de ataque diferentes o consecutivamente sobre la misma porción del perímetro del incendio.

Algo que facilita la elección del método, es conocer las reglas que condicionan su aplicación:

REGLA GENERAL

De manera general se aplica **el método directo** cuando el **indirecto** haya probado ser innecesario o menos ventajoso.

Este es posible habitualmente en la mañana y en la noche, sobre fuegos de superficie, los de profundidad, los de malezas o musgo y los fuegos en vías de extinción.

Motivos que justifican la elección del método indirecto sobre el directo son:

- Intensidad considerable de calor o del humo liberado por el incendio. Este fenómeno es frecuente luego de una quema reciente y en una población joven, impide a los combatientes trabajar sobre el borde del fuego con material de zapa.

- necesidad de acortar la línea de detención a fin de disminuir el volumen de trabajo requerido para su construcción y supervisión y esto, principalmente cuando el borde del fuego es irregular (presencia de numerosos dedos sobre el perímetro, fuegos diseminados o de troncos incendiados).

- Posibilidad de utilizar un corta fuegos natural o artificial (lago, ruta, río sendero etc.).

- Importancia del grosor y cantidad de combustible de superficie.

- Gran espesor o composición particular de los combustibles de profundidad; es el caso de los suelos formados por espesa turba, o una red muy densa de raíces.

- Gran densidad de población

- Imposibilidad de utilizar utensilios manuales a causa de la estructura del suelo.

- Disponibilidad de equipamiento pesado (excavadora)

-Carencia de mano de obra y falta de tiempo para la construcción de una línea de detención con elementos menores.

-Aceleración de la velocidad de propagación del incendio.

-Topografía que impide la utilización del método directo: este fenómeno se puede producir en una pendiente abrupta o en la cima de una montaña.

-Búsqueda de mayor seguridad para los combatientes con la utilización de aviones cisterna.

-Combate de fuego de cúspide o de uno de superficie en vías de devenir.

Es evaluando criteriosamente la situación, que los responsables de la organización podrán juzgar si el método indirecto presenta ventajas para justificar su aplicación, teniendo en cuenta que su principal ventaja es la de permitir al combatiente elegir el lugar y las condiciones según las cuales será construida la línea de detención.

Con el método directo es el fuego mismo el que indica la ubicación de la línea de supresión.

La elección del método de combate y del lugar de su aplicación corresponde en primer término al Jefe a cargo de las tareas de extinción.

TECNICAS DE EXTINCIÓN

Una vez que el incendio ha sido dominado ya no es necesaria la construcción de líneas de detención. Se debe, sin embargo intensificar las operaciones de supervisión que comenzaron cuando se establecieron las líneas de detención, para lograr la extinción completa y definitiva del proceso.

LA PATRULLA DE INCENDIO.

Consiste en supervisar un sector de la línea de detección o de una parte del incendio a fin de impedir que el fuego transponga el límite fijado. Esta operación tiende a descubrir y apagar todo fuego que atraviere la línea de detención. Puede ser efectuado desde el momento en que el incendio ha sido controlado y se continúa hasta su extinción completa. Las operaciones de patrullaje son concentradas sobre todo en el perímetro del fuego y en el exterior de éste.

Cuando el método indirecto es aplicado es necesaria una primera operación de asechanza, a fin de impedir que el contrafuego encendido atraviere la línea de detención. En este momento el trabajo de supervisión no concierne al incendio como tal y esto es lo que distingue las operaciones de patrulla.

Los combatientes encargados del patrullaje se dispersan habitualmente a lo largo de la línea de detención a una distancia que les permita fácilmente comunicarse entre ellos. Se debe entonces evitar el reagrupamiento de efectivos a menos que una situación amenazante lo exija.

Los hombres completarán su trabajo con la ayuda de utensilios manuales. Cuando la quema ha sido completa y el peligro inmediato ha desaparecido, los patrulleros deben esforzarse por limpiar y ensanchar la línea de detención, atacando el borde del incendio.

La patrulla es una operación esencial que no debe tomarse a la ligera, ya que mal realizada puede llevar a que el fuego aniquile todos los esfuerzos desplegados hasta ese momento para su dominio.

La patrulla deberá ser mantenida al menos algunos días después de la extinción del último foco de fuego, pues este puede parecer completamente extinguido y a cubierto, en lugares escondidos, no estarlo.

En épocas de sequía la patrulla puede tornarse necesaria hasta la primera lluvia importante.

LA EXTINCIÓN PROPIAMENTE DICHA.

La fase de extinción final reagrupa el conjunto de medidas tomadas para eliminar el peligro de ver brotar nuevamente el incendio que se tenía dominado. Este trabajo confiado a pequeños grupos de combatientes, comienza cuando el incendio o una parte de él ha sido conminado y está suficientemente enfriado para permitir a los hombres y equipos operar dentro de la zona quemada.

El fin último de las operaciones de extinción consiste en apagar completamente las cepas, maderas u otros combustibles comprendidos dentro del perímetro incendiado; de manera que el fuego no se reinicie ni amenace a la zona intacta que rodea su perímetro.

Regla general: se debe proceder a la extinción completa de todos los objetos inflamados.

En ciertos incendios de vastas superficie se podrá dejar arder los sectores que no constituyan una amenaza para el exterior, como ser el foco de fuego; ellos se apagarán gradualmente como consecuencia de la carencia de combustibles o de la influencia desfavorable de las condiciones atmosféricas sobre la combustión.

También durante mucho tiempo el fuego está abrigado y persiste a veces días, incluso semanas en la turba o en las raíces antes de desarrollarse de nuevo, no se puede tener certeza que nuevos núcleos no se reincendiarán en el interior o el exterior de la zona circunscripta, es entonces esencial ejecutar las operaciones de

extinción con un cuidado minucioso en el borde del incendio, sobre una banda más o menos ancha y evitarle que tome la menor chance. Este es un trabajo largo, fastidioso y agotador que los equipos de lucha tienen lamentablemente tendencia a dejar muy rápidamente.

La experiencia nos indica que en la mayoría de los casos la extinción se efectuará con útiles manuales ya que con estos es más fácil de aplicar eficazmente cualquiera de los cinco medios conocidos para apagar un núcleo de incendio, cuales son:

Aplicación de agua

Esparcir tierra mineral

Batido

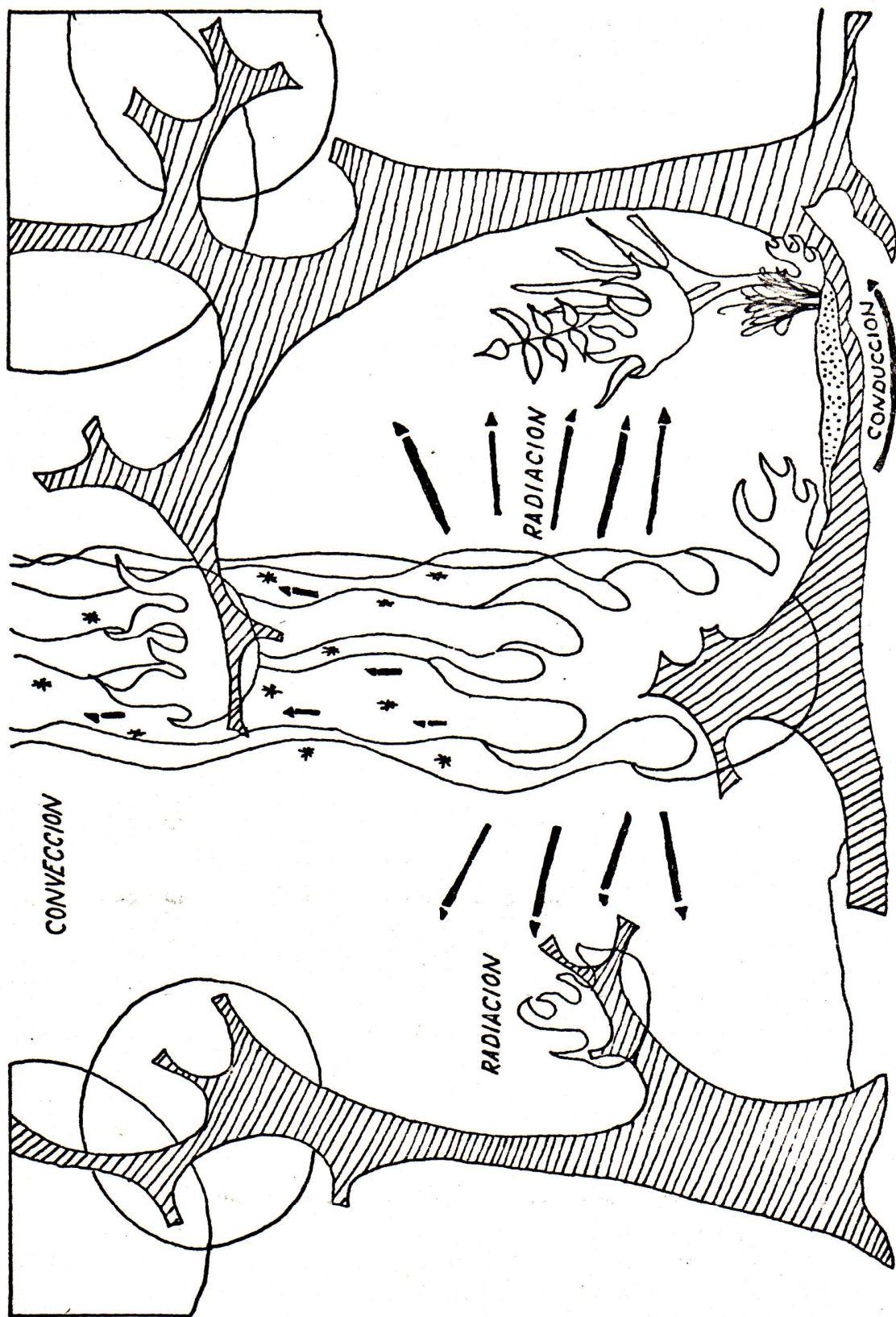
Quema preventiva

Desplazamiento de los combustibles.

Principales tareas a realizar

- Comenzar el trabajo desde que las operaciones de construcción de la línea de detención y de quema, han sido completadas. No es necesario esperar que el incendio sea controlado en su conjunto, o una parte de su perímetro; el trabajo de extinción se efectúa progresivamente como la construcción de las líneas de detención.
- Alejar los combustibles muy inflamables, situados en el exterior y en la proximidad de la línea de detención, tales como troncos o maderas podridas.
- Consolidar todos los materiales susceptibles de atravesar la línea de detención, ubicándolos en una posición que les impida rodar.
- Buscar y desenterrar las raíces en ignición, cercanas a la línea de detención.
- Abatir y levantar los troncos situados en el interior de la línea de detención que peligrarían de proyectar chispas más allá de esta última o de caer sobre la línea.
- Dejar arder ciertos combustibles. Se podrá a veces efectuar una quema preventiva para destruir los combustibles críticos, no quemados, situados en diversos lugares, en el interior del contorno del fuego.
- Esparcir o levantar toda concentración de combustibles críticos situados cerca del borde exterior de la línea de detención.
- Sobre los pequeños incendios, proceder a la extinción de todo foco que se libere de él, arrojando tierra a todas las partes visibles en ignición.
- En los incendios de grandes superficies, limpiar suficientemente la zona adyacente a la línea de detención para que el incendio no pueda atravesarla ni en las peores condiciones.

- Hacer uso del agua por todo lugar donde sea posible. La utilización de un producto de retardo es recomendable para aumentar su eficacia.
- Buscar los fuegos abrigados diseminados, apagándolos con agua o tierra y dispersar los restos sobre la superficie quemada
- Separar los montones de combustibles donde el fuego pueda abrigarse
- Mejorar la línea de detención y asegurarse su continuidad elevando toda raíz u otro material que pudiera permitir al fuego atravesarla.
- Asegurarse que el fuego no se abrigue debajo o en el interior de la corteza de las cepas, verificando si es preciso con ayuda de las manos.



MODO DE PROPAGACION DE UN FOCO DE INCENDIO EN BOSQUES

FIGURA 4

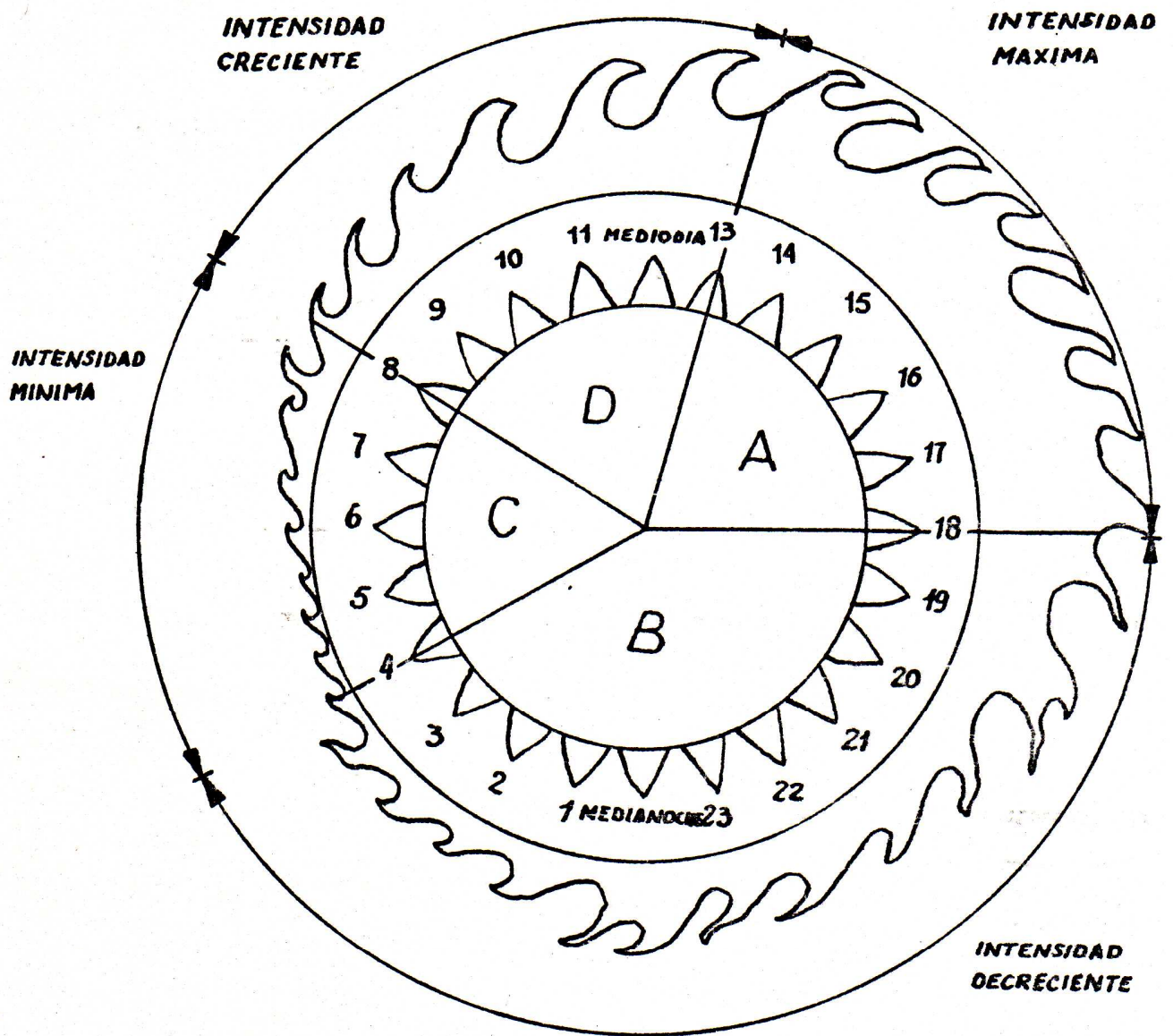


FIGURA 12

CICLO DE JORNADAS DE QUEMAR

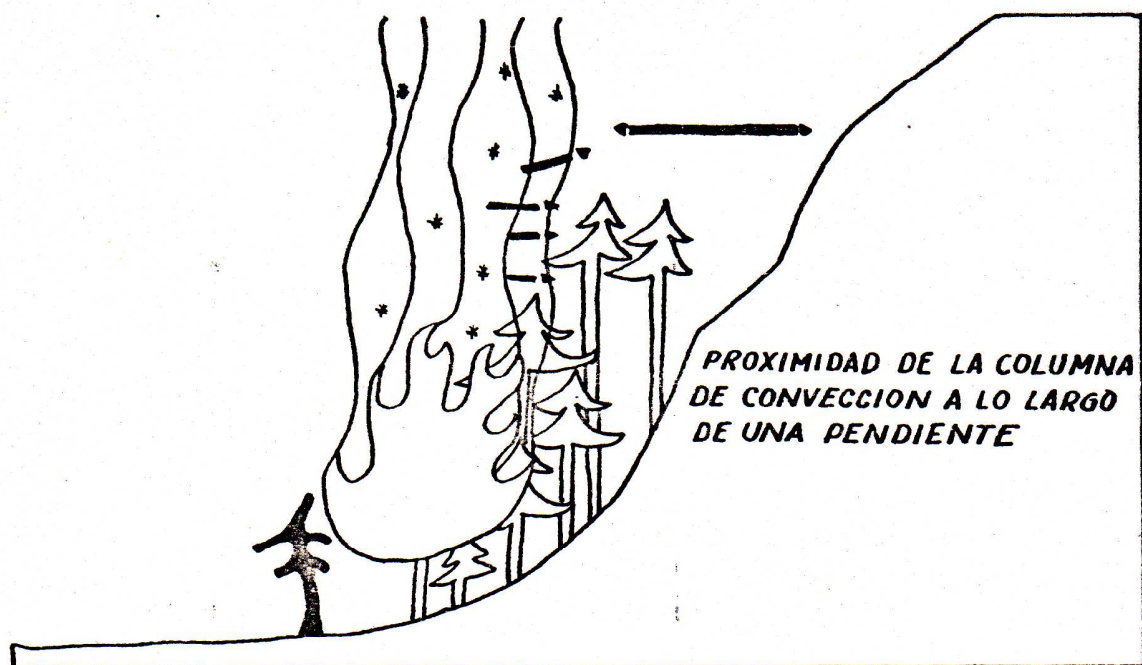
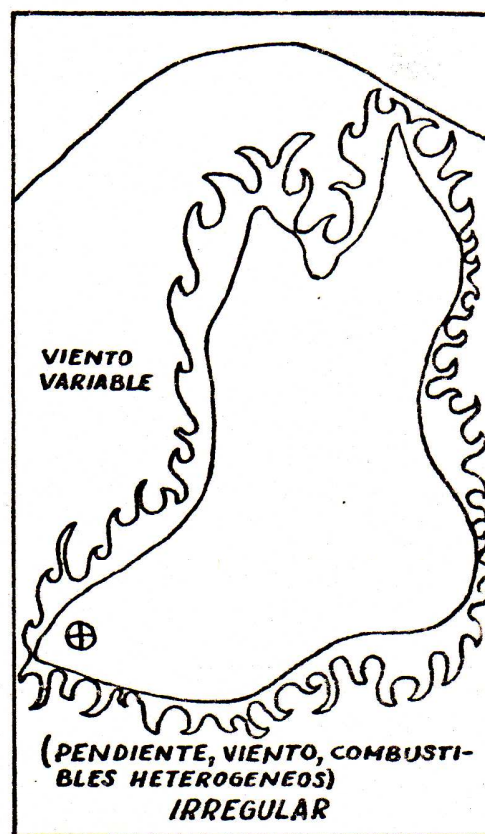
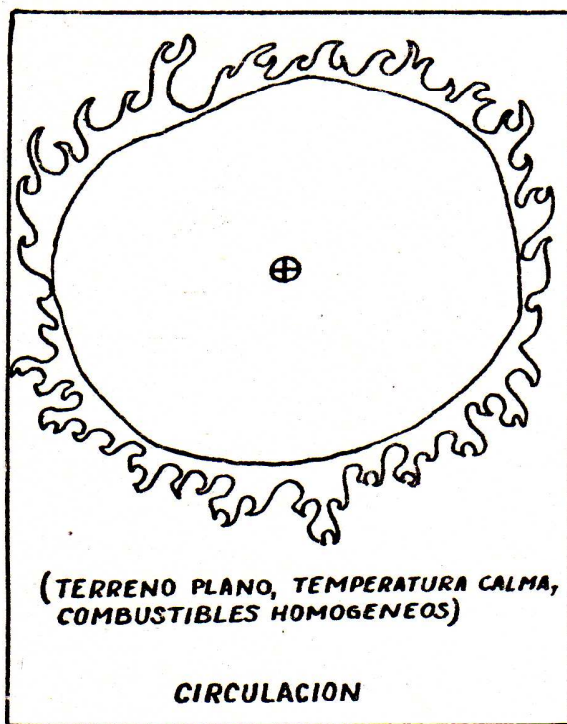


FIGURA 13 EFECTOS DE LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO EN EL COMPORTAMIENTO DEL INCENDIO



⊕ PUNTO DE ORIGEN

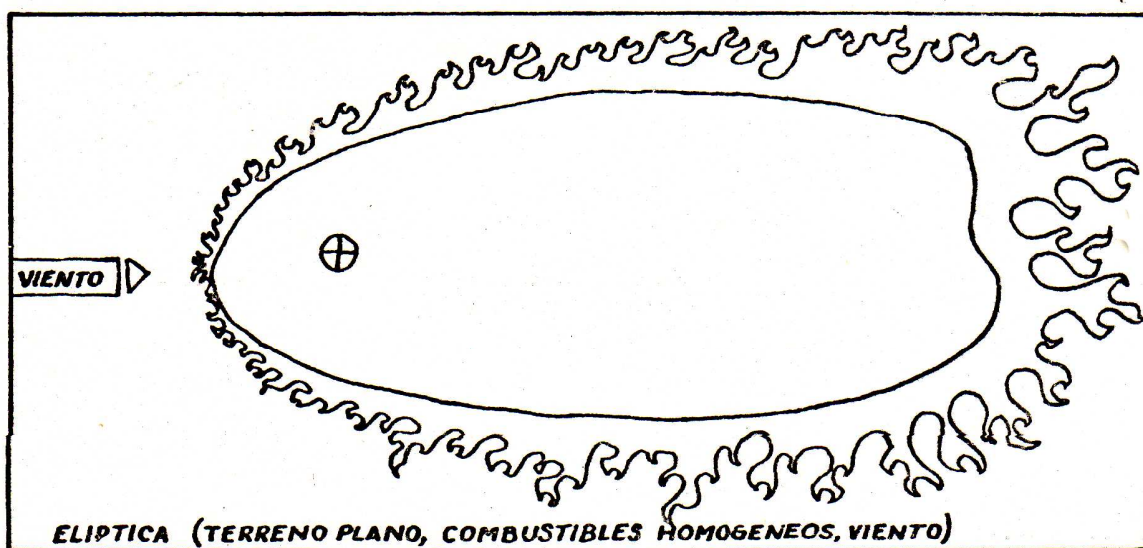


FIGURA 14

FORMA DE FUEGO DE BOSQUES

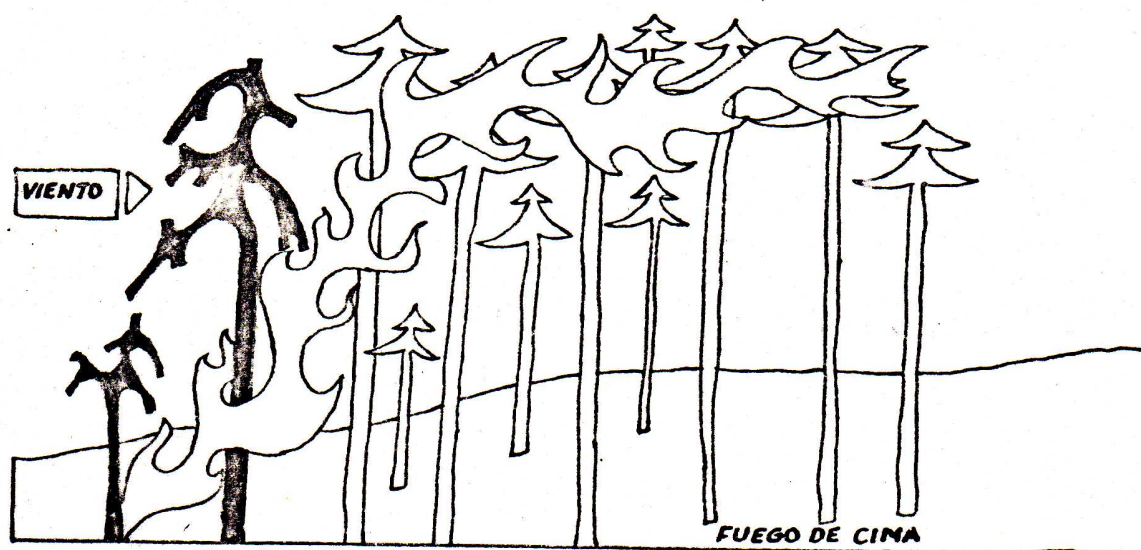
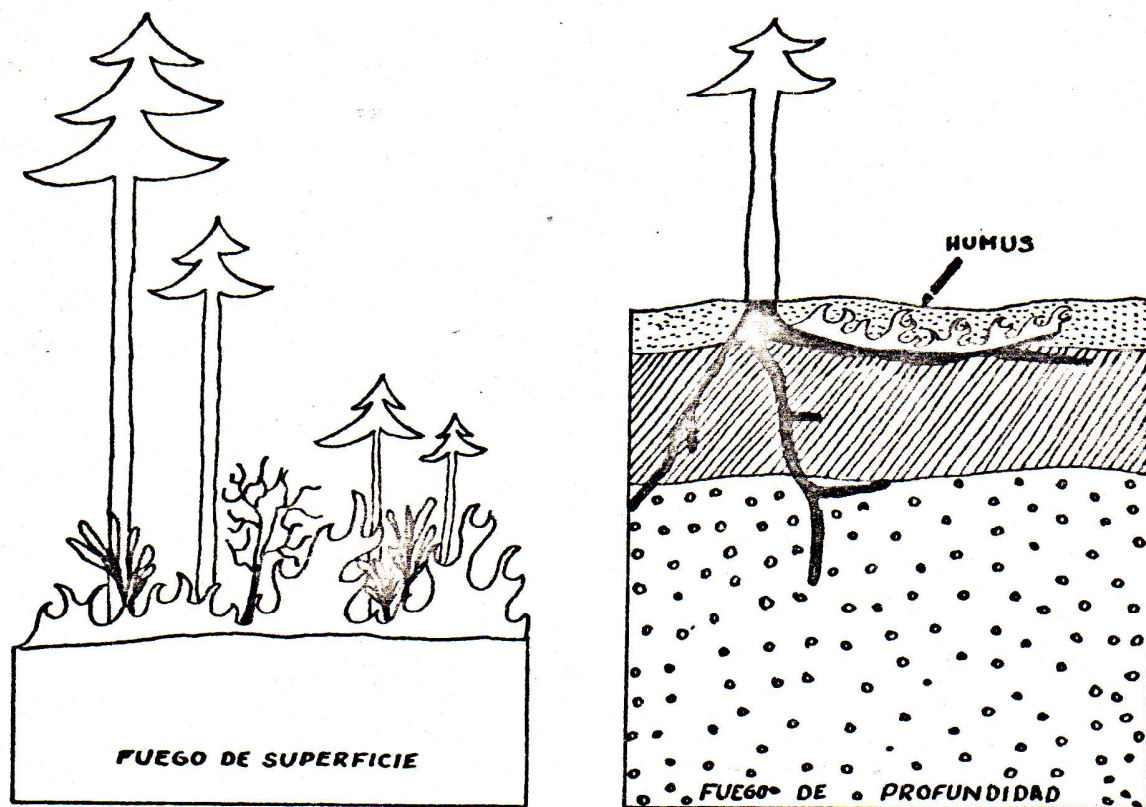


FIGURA 16

CATEGORIA DE INCENDIOS DE BOSQUES