

PRODUCTOS QUIMICOS RETARDANTES

de la Combustión de los Materiales Leñosos

(1)

Por Augusto LOPEZ de Sá y Pintos
Dr. Ingeniero de Montes

Todas aquellas personas que trabajan con la madera o los productos que a partir de ella se elaboran, conocen sobradamente los inconvenientes que se derivan de su fácil combustibilidad. De ahí el interés que para ellas presenta la posible utilización de sustancias que puedan reducir su riesgo de incendio.

Estas sustancias se conocen hoy día con los nombres generales de «retardantes» o «ignífugantes», siendo el primero el más adecuado, en la mayoría de los casos, ya que su acción se limita normalmente a retardar la propagación del fuego, facilitando su extinción.

Los compuestos que se utilizan únicamente en el momento de la extinción reciben el nombre de retardantes «a corto plazo». Por el contrario, los que poseen una acción ignífuga más duradera y se aplican para prevenir la acción destructiva del fuego, antes de que éste ocurra, se califican como retardantes «a largo plazo». Esta división no excluye el empleo de retardantes con acción «a largo plazo» en los trabajos de extinción; su aplicación puede ser muy eficaz para defender zonas que se teme sean alcanzadas por el fuego.

El uso de estos productos retardantes es muy antiguo. Los egipcios sumergían la madera en una disolución de vinagre y alumbre; los romanos añadían a estos compuestos otras sustancias incombustibles

como arcillas o limo. En 1821, Gay-Lussac utilizó las combinaciones de fosfato amónico con cloruro amónico y de cloruro amónico con bórax para proteger contra el fuego los productos maderables.

Para comprender la acción de estos compuestos resulta necesario considerar previamente las fases de iniciación y propagación de la combustión de los productos leñosos y su forma característica de arder para deducir de todo ello los fundamentos de cómo se modifica este proceso por la acción de los «retardantes».

1. PROCESO DE COMBUSTION DE LOS PRODUCTOS VEGETALES

Cuando se aplica calor desde el exterior a un material combustible su temperatura se eleva gradualmente y este aumento depende de la intensidad de la fuente calorífica y de las características físicas del material (conductividad térmica, calor específico, espesor y contenido de humedad). Cuando el calor suministrado llega a proporcionar a los materiales combustibles la energía de activación necesaria para que se produzcan reacciones exotérmicas en sus componentes químicos, hay un **desprendimiento** interno de calor que se suma al suministrado desde el exterior aumentando aun más la temperatura.

Al mismo tiempo se pierde calor por cesión al medio circundante mediante radiación, conducción y convección. Cuando el calor desprendido por las reacciones químicas excede del cedido al medio que le rodea, la temperatura aumenta y este aumento es superior al que correspondería por el calor suministrado externamente.

Dada la extraordinaria variabilidad y complejidad de los componentes químicos de los vegetales, que en muchos casos no está claramente establecida, no resulta posible abordar el fenómeno de la combustión exclusivamente a partir de su constitución química. A pesar de esto, en algunos párrafos haremos mención al comportamiento de los componentes más abundantes (1).

A efectos de la iniciación y propagación del fuego, es de especial interés el hecho de que los vegetales desprendan compuestos volátiles (en mayor proporción al calentarse) que uniéndose con el aire dan mezclas combustibles.

Las fases de la descomposición térmica de los productos leñosos o pirólisis pueden resumirse en las fases que contiene el Cuadro 1.

Como se ve en el Cuadro 1, la

(1) Los que no estén familiarizados con la química de la madera pueden consultar el Anexo 1.º (que publicaremos al final de este trabajo), o alguna de las obras en él citadas.

CUADRO 1

Fase	Temperatura	Proceso	Productos desprendidos
1. ^a	0 - 100	Pérdida de humedad (reversible)	H ₂ O (vapor)
2. ^a	105 - 200	Pérdida de agua de constitución Pérdida más lenta de peso	CO ₂ ; H ₂ O (gases no combustibles)
3. ^a	200 - 280	Degradación de los componentes	CO ₂ ; H ₂ O; CH ₃ COOH
4. ^a	280 - 500	Rápida descomposición en presencia de oxígeno Reacciones muy exotérmicas	CO; CO ₂ ; H ₂ ; CH ₄ ; CH ₃ -COOH; HCOOH, otros ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas, aldehídos y productos fenólicos.

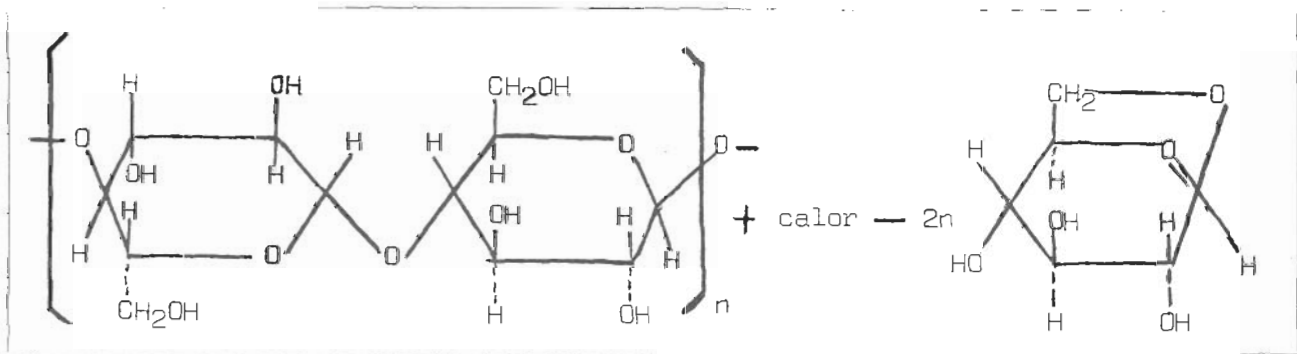
madera va perdiendo humedad hasta la temperatura de 100° C. Si se suspende el calentamiento, esta humedad puede recuperarla de la atmósfera, siendo en ese caso un proceso reversible.

Cuando se prolonga el calentamiento por encima de los 100°, 105° C, ocurren cambios estructu-

rales apreciables. Al principio se evapora el agua retenida por higroscopicidad y se rompen los enlaces de puente de hidrógeno del agua con los grupos hidróxilo de los polisacáridos. Prolongando aún más el calentamiento se desprende el agua constitucional. Este agua desprendida proviene de los grupos

hidróxilo e hidrógeno, vecinos de las cadenas de polisacáridos formándose nuevos enlaces.

La pérdida por calentamiento en holocelulosa se debe a la degradación de las hemicelulosas y también de parte de la celulosa. Según varios investigadores, el primer paso de la pirólisis de la celulosa es la



despolimerización para dar productos inflamables y levoglucosano (1.6. anhidro P-O glucopiranosos).

Revisten especial interés los cambios que la elevación de temperatura produce en la molécula de lignina. Esto se comprueba por el espectro de absorción de rayos ultravioleta que muestran los cambios en los máximos con relación a la lignina sin alterar.

Es bien conocido que la velocidad de descomposición de la madera aumenta rápidamente con el aumento de la temperatura. Se puede decir que, aproximadamente, esta velocidad se duplica cada vez que la temperatura se eleva unos 12° (entre 10° y 14°, según los casos). Es imposible situar el límite infe-

rior para el comienzo de la descomposición de la madera por acción térmica debido a la duración de la fase entre 100° y 105° y aun por debajo de 100°, que afecta a la naturaleza de los cambios químicos.

Un análisis de las reacciones con determinación de los pesos perdidos, lleva a resultados erróneos, ya que no son tenidos en cuenta aquellos cambios que no entrañan pérdida de peso. La descomposición de productos volátiles tales como agua, ácido acético metano y gases no condensables como monóxido y dióxido de carbono, son desprendidos a temperaturas de 200° y más. Al mismo tiempo, tiene lugar la separación de alquitrán.

A 270° la descomposición es mu-

cho más energética y transcurre exotérmicamente.

Es de interés a efectos de la combustión en qué punto las reacciones comienzan o llegan a ser exotérmicas. Solamente en tiempos recientes ha sido posible mediante análisis térmico diferencial (DTA) una determinación exacta. En esta prueba, la muestra de madera y una sustancia que no sufra en sí misma ninguna reacción térmica, son calentadas simultáneamente con un incremento uniforme de temperatura y en función del tiempo se determinan las diferencias de temperatura que tienen lugar entre la muestra de madera y la sustancia control. Estas investigaciones muestran que las reacciones exotérmicas

tienen lugar de una manera rítmica, quedando indicado de este modo que la curva DTA tiene una serie de máximos distintos

De este modo se encontró que las curvas DTA, para madera de abeto y haya, mostraban cuatro máximos distintos con la iniciación de las reacciones exotérmicas a 208°. El primer máximo tiene lugar a 240°; el segundo máximo para la madera de abeto es a 343° y para la de haya a 353° y el cuarto para la de abeto a 412° y para la de haya a 406°.

Aunque este máximo debe atribuirse a la descomposición de ciertos componentes de la madera, no puede determinarse, con el aislamiento de cada componente qué cambios químicos son posibles. Indudablemente la porción de hemicelulosa es especialmente reactiva mientras que la lignina es mucho más resistente.

En ausencia de oxígeno (las pruebas se han efectuado en una atmósfera de nitrógeno), los compuestos celulósicos y la lignina son pirolizados en una reacción exotérmica que comienza, aproximadamente, a los 220°. Tan pronto como comienza el proceso de descomposición la celulosa se convierte en productos volátiles por una reacción fundamentalmente exotérmica antes de que se alcance la temperatura de 400°. La lignina se descompone mucho más lentamente y pierde solamente como una mitad de su peso en una primera reacción exotérmica cuando la pirólisis ha terminado sustancialmente a 800°. La presencia de sales puede reducir el comienzo de la temperatura para la pirólisis de la madera y facilitar la descomposición de sus componentes a temperaturas inferiores a 250°. Las sales también hacen disminuir la energía de activación para la pirólisis.

Las determinaciones por análisis térmico diferencial en astillas de abedul (particulares de 0,25 a 0,5 miligramos) en una atmósfera de gas inerte y a una temperatura de gradientes de 11,4°, 26,6° y 53,3° por minuto, hasta alcanzar una temperatura de 500°, mostró en el

gradiente bajo de temperatura dos máximos endotérmicos a 100° y 300° y cuatro máximos exotérmicos que tuvieron lugar a 70°, 200°, 240° y 320°. El primer máximo endotérmico se debe a la eliminación del agua de higroscopicidad, mientras que el segundo, a 300°, se deduce que proviene de causas distintas que la pérdida de calor motivada por la formación de productos volátiles, ya que los cambios en peso fueron, a esta temperatura, insignificantes; una posible explicación puede ser de ordenamientos intramoleculares dentro del residuo, acompañados por la separación de grupos alifáticos de la molécula de lignina aromática.

No se puede ofrecer una explicación satisfactoria para los máximos exotérmicos. Esto puede únicamente dejar establecido que ambos tipos de reacciones térmicas están determinadas por la relación de la energía de disociación de los enlaces y el calor de recombinación de los radicales libres. Incrementando la velocidad de calentamiento el número de máximos permanece constante, pero su posición queda desviada hacia la zona de temperaturas más altas. Es probable que existan cambios en los mecanismos de descomposición de la madera como se muestra por el carácter de los residuos de madera y por el incremento de la energía total de activación con el aumento de los gradientes de temperatura. Esta energía de activación para las maderas de coníferas es

25Kcal/mol
para la α -celulosa

30 Kcal/mol
para las hemicelulosas y

23,4 Kcal/mol
para la lignina

El efecto del oxígeno del aire sobre las reacciones de descomposición será estudiado más tarde.

La descomposición exotérmica de las hemicelulosas en una atmósfera inerte (nitrógeno) comienza hacia los 200°. Esto puede dejar sentado que la pirólisis de la madera, de la cual las hemicelulosas son componente, tiene lugar por

distintos caminos. Por otro lado, la descomposición de la celulosa comienza con una reacción endotérmica hacia los 290° y alcanza su máximo a los 315. En una reacción exotérmica que alcanza su máximo a 340° tiene lugar una rápida y completa carbonización. Con la lignina la descomposición exotérmica ocurre lentamente, comienza hacia los 300° y alcanza su máximo a los 425°.

Debido a que la reacción al calor de los compuestos químicos de los materiales leñosos o celulósicos al arder, lo hacen de forma específica. Al estudiar el fenómeno de la ignifugación de estos materiales conviene tener en cuenta los siguientes factores:

1.1. Facilidad de ignición

Se refiere a la temperatura mínima que necesita para que arda un cuerpo.

En los materiales celulósicos, como es el caso de la madera, se cree que la propagación de la ignición transcurre en fase gaseosa por una reacción en cadena, que implica un mecanismo por radicales libres, cuya iniciación se debe al calor.

Por acción térmica se producen en los compuestos químicos de la madera rupturas homolíticas de enlaces R-OH, o de enlaces R-H (en presencia de oxígeno), que dan lugar a la formación de radicales libres HO·. Las reacciones que los producen son:



El radical HO· se cree que es uno de los más importantes eslabones en la cadena oxígeno-combustible-llama. Este radical, en presencia del oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂), que se desprenden a partir de 258° centígrado, sirve de iniciador de unas reacciones en cadena ramificada que son en total altamente exotérmicas.

En la figura primera se muestra el esquema de reacciones ramificadas que propagan la combustión

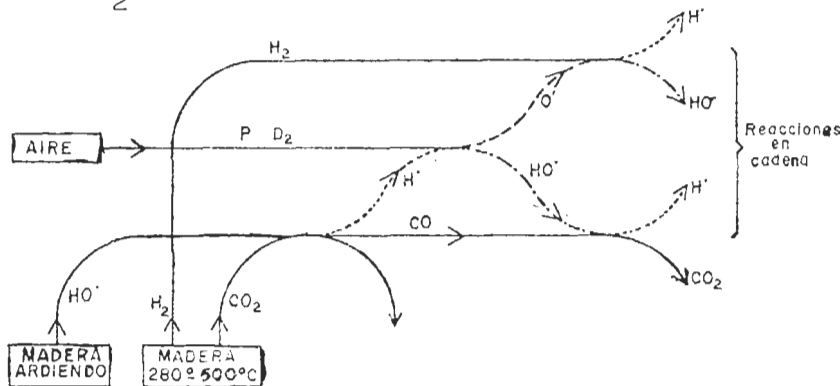
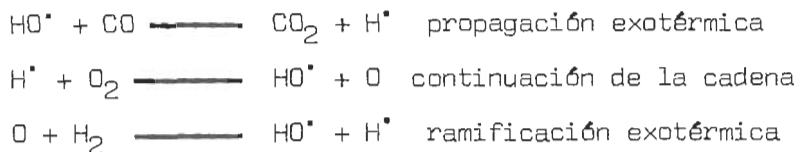


Fig. 1.— Esquema de las reacciones

inducida en fase gaseosa y en presencia de aire.

En el esquema se ve cómo a partir de un iniciador HO^\bullet y en presencia de CO_2 ; H_2 (procedentes de la pirólisis a más de 280° C) y O_2 (procedente del aire) se forman tres nuevos radicales (H^\bullet , HO^\bullet y H^\bullet) que pueden servir a su vez para

inducir la ignición, propagándose así el incendio en cadena ramificada.

El balance energético de las reacciones apuntadas en virtud de las rupturas de enlace y formación de otros nuevos, calculadas a 25° C serían:

$\text{HO}^\bullet + \text{CO} \dots\dots \text{CO}_2 + \text{H}^\bullet + 18 \text{ Kcal/mol}$	
Ruptura del enlace $\text{C} \equiv \text{O} \dots\dots$	+ 257 Kcal/mol
Ruptura del enlace $\text{H-O} \dots\dots$	+ 109 Kcal/mol
Formación de los enlaces $\text{O}=\text{C}=\text{O} \dots\dots$	- 382 Kcal/mol
ΔH (diferencia de entalpia) $\dots\dots$	- 18 Kcal/mol
$\text{H}^\bullet + \text{O}_2 \dots\dots \text{HO}^\bullet + \text{O} - 8 \text{ Kcal/mol}$	
Ruptura del enlace $\text{O}_2 \dots\dots$	+ 117 Kcal/mol
Formación del enlace $\text{H-O} \dots\dots$	- 109 Kcal/mol
$\Delta H \dots\dots$	+ 8 Kcal/mol
$\text{O} + \text{H}_2 \dots\dots \text{HO}^\bullet + \text{H}^\bullet + 6 \text{ Kcal/mol}$	
Ruptura del enlace $\text{H}_2 \dots\dots$	+ 103 Kcal/mol
Formación del enlace $\text{H-O} \dots\dots$	- 109 Kcal/mol
$\Delta H \dots\dots$	- 6 Kcal/mol

En realidad, estas reacciones transcurren a una temperatura superior a 280° C, por lo que a las diferencias de entalpia calculadas a 25° C habría que añadir un factor de corrección $\Delta C_p (t-25)$, en donde t es la temperatura a que trans-

curren las reacciones y ΔC_p la diferencia entre las capacidades caloríficas a presión constante de los compuestos reaccionantes y los obtenidos. Sin necesidad de hacer la corrección apuntada se puede apreciar que el mecanismo de propa-

gación del incendio por las llamas, mediante reacciones en cadena por radicales libres, como hemos dicho, es altamente exotérmico. De esta forma se justifica que al superarse los 280° C y haber desprendimiento de CO y H_2 , el proceso se propague sin necesidad de que continúe el aporte inicial de calor externo.

Estas reacciones en cadena se interrumpen cuando falta combustible y se unen los radicales $\text{H}^\bullet + \text{HO}^\bullet$ para dar H_2O . También podría interrumpirse por estar presente un atrapador de radicales, el cual absorbería la energía cinética de ellos, anulándolos.

Los materiales celulósicos necesitan para entrar espontáneamente en ignición que su superficie alcance una temperatura de 600° a 650° centígrados. Sin embargo, si el mecanismo de iniciación ya se ha desencadenado, es suficiente una temperatura de 350° a 540° C para que comiencen a arder. Se presupone, a juicio de todos los investigadores de este proceso, que existe antes de la ignición un mínimo de productos volátiles, desprendidos por el calentamiento previo, que son el medio en que se propaga el incendio.

En cualquier caso, la temperatura superficial que se necesita para una ignición inducida es siempre más baja que para una ignición espontánea.

En el esquema de la figura 2 (página siguiente) se muestra, en el lado izquierdo del eje marcado con punto y raya, el proceso de iniciación y, a la derecha, el de propagación. En los círculos se indica las distintas fases por las que va pasando el combustible, según se eleva su temperatura. Las flechas que relacionan los círculos indican la influencia de la parte del combustible que está ardiendo sobre la que aún no ha entrado en ignición, actuando como fuente de calor e induciendo la combustión.

En la mayor parte de los incendios, y fundamentalmente en los componentes de la madera, no llegan a combinarse totalmente con el oxígeno, realizándose la propagación del fuego a través de las llamas. La carbonización de la vege-

Proceso térmico de iniciación

Proceso térmico de propagación

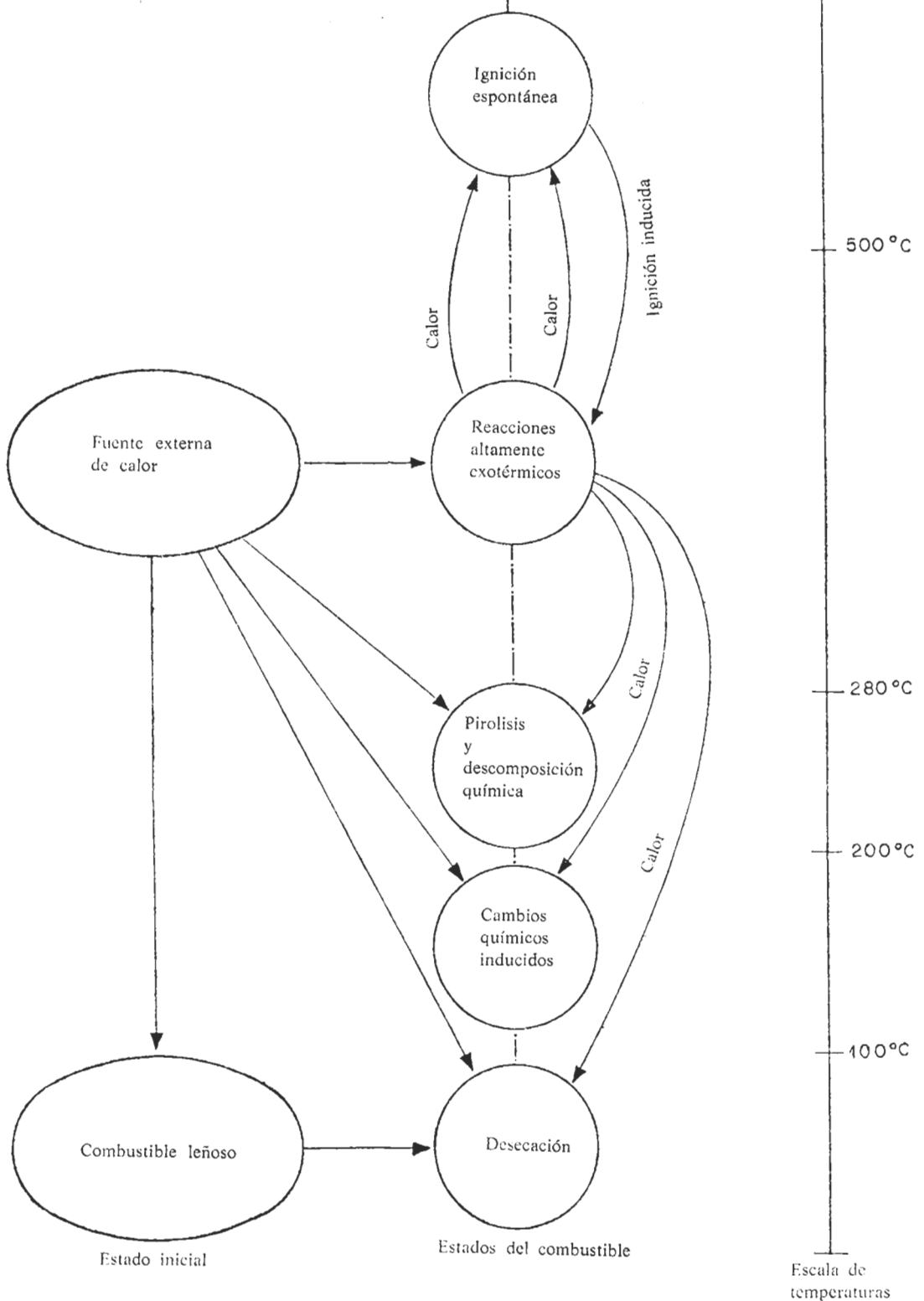


Figura 2.- Esquema de los procesos de iniciación y propagación del fuego en los productos celulósicos.

tación rara vez ocurre en las capas profundas, limitándose normalmente a una zona muy superficial.

Las pérdidas en incendios forestales se ocasionan fundamentalmente por la muerte de las células vivas de los meristemos, lo que obliga a cortar los árboles antes de haber alcanzado dimensiones comerciales, pero no deben atribuirse, salvo raras excepciones, a la destrucción de los productos maderables ya formados.

Los datos sobre temperaturas en incendios forestales, medidas con pares termoelectrónicos, demuestran que las máximas alcanzadas en la vegetación superan escasamente los 500° C y aun esto ocurre en pocos casos; las temperaturas superiores a 65° rara vez se mantienen por más tiempo de una hora. Las temperaturas en los suelos permanecen normalmente por debajo de los 200° C, y en muchos casos no alcanzan los 100° C.

1.2. Poder calorífico

El calor que se libera en la combustión de los productos leñosos depende fundamentalmente de las condiciones en que transcurre. Como queda apuntado, no se suele llegar a una combustión completa. No obstante, si la madera está suficientemente seca se alcanza con facilidad la temperatura necesaria para que el fuego se propague espontáneamente, aunque la fuente de calor externa que lo provoca actúe durante poco tiempo.

El calor liberado de la combustión completa de un kilogramo de madera anhídrica y sin cenizas se cifra en 4.500 Kcal/Kg.

1.3. Velocidad de propagación

Esta variable expresa lo que avanza en superficie la combustión por unidad de tiempo. Influyen en este valor factores químicos, físicos de propagación del calor e incluso aspecto aerodinámico de mecánica de los fluidos. Resulta imposible, en consecuencia, valorar la influencia de todos estos factores mediante una fórmula matemática.

1.4. Formación de llama

Este punto se refiere a si hay desprendimiento de gases que arden. Ya se ha comentado la importancia que este aspecto tiene en la propagación del fuego en los materiales que estudiamos.

1.5. Desarrollo de humos y sus características

La cantidad y naturaleza de los humos presenta especial interés por la repercusión que tiene en cuanto a dificultar o hacer peligrosos los trabajos de extinción.

El humo es un aerosol constituido por pequeñas partículas y gases producidos durante el incendio y que, en general, están formadas por vapor de agua y otros compuestos procedentes de la combustión incompleta de los materiales leñosos, tales como alquitrán y carbón.

2. MECANISMO DE LA IGNIFUGACION

Al describir los mecanismos de la ignifugación se explican las modificaciones que introducen ciertos productos en el proceso de la combustión, dificultando su propagación.

Los mecanismos para los retardantes a corto y largo plazo son, en muchos casos, los mismos y en otros muy similares; la mayor diferencia estriba en que los retardantes empleados únicamente a corto plazo no conservan su acción durante largo tiempo, una vez que se aplican al combustible. Los retardantes a largo plazo deben emplearse de forma que no se alteren fácilmente, una vez aplicados y su acción no se desencadene hasta que tenga lugar la elevación de temperatura, consecuente a la combustión.

Como se podrá observar, con frecuencia, un mismo compuesto retarda la combustión por distintas acciones. En estos casos el com-

puesto será considerado en varios de los siguientes apartados:

2.1. Producción de gases incombustibles

La acción retardante de algunos productos químicos se basa en que desprenden gases incombustibles que diluyen la concentración de los inflamables. De esta forma se reduce la formación de llama al disminuir el contacto oxígeno-gas inflamable.

2.1.1. Gases incombustibles producidos por retardantes a largo plazo

Bajo el efecto del calor actúan de este modo los siguientes productos:

Las sales amoníacas por desprendimiento de amoníaco (NH_3).

Los carbonatos por desprendimiento de anhídrido carbónico (CO_2).

Los derivados clorados por desprendimiento de cloruro de hidrógeno (HCl).

Como inconvenientes en el uso de estos compuestos puede señalarse la acción sofocante del NH_3 y la corrosiva del HCl o incluso la sumamente tóxica del fosgeno (COCl_2) que se puede formar con los compuestos clorados.

Para su utilización a la intemperie los carbonatos y las sales amoníacas presentan el inconveniente de ser fácilmente disueltos por las aguas de lluvia, perdiendo así su acción retardante a largo plazo. En este aspecto los fosfatos amoníacos son menos higroscópicos que el sulfato amoníaco, por lo que conservan mejor su acción.

2.1.2. Extintores de atmósfera inerte

Por lo que se refiere a ignifugantes utilizados solamente en la extinción, que actúen desprendiendo gases incombustibles, podemos señalar todos los productos contenidos o producidos por los llamados «extintores de atmósfera inerte». Estos extintores suelen contener o bien «un líquido que se vaporiza» o un

gas licuado por compresión. En ambos casos el producto puede ser expelido usando un gas propulsor tal como el nitrógeno, que siendo inerte, no puede licuarse por compresión a la temperatura ambiente. En estos extintores se utiliza frecuentemente el anhídrico carbónico (CO₂) y los derivados halogenados. A todos estos productos nos volveremos a referir cuando estudiemos

otros mecanismos de acción retardadora.

Una atmósfera de CO₂ puede producirse dentro de un extintor por reacción química al invertir su posición, haciendo que de esta forma entren en contacto el bicarbonato sódico (NaHCO₃) con un ácido fuerte que, si es el sulfúrico, reaccionará según la siguiente ecuación:



2.2. Absorción de calor

Actúan de esta forma todas las sustancias que retienen humedad o que al calentarse sufren transformaciones endotérmicas.

Como hemos explicado en una primera fase, la energía calorífica recibida por los productos leñosos se utiliza en la evaporación de agua interna, por lo que aumentando la higroscopicidad la temperatura se eleva mucho más lentamente. Tienen esta acción las soluciones de carbonatos y silicatos que como ya se ha dicho tienen otros efectos retardadores o la escayola por su propia higroscopicidad.

En estos casos, los principales inconvenientes para su uso, a largo plazo, derivan de la propia higroscopicidad.

El agua, utilizada tan frecuentemente en la extinción, y que hay que considerar en consecuencia como un retardante «a corto plazo», debe en gran parte su eficacia al efecto refrigerante de su evaporación. La adición de un viscosante hace aumentar considerablemente el calor absorbido por el agua.

Los extintores de gas inerte comprimido, en su expansión, producen un fuerte enfriamiento. En el caso de que el gas sea CO₂ se puede producir «nieve carbónica» que se deposita sobre el combustible enfriándolo y aislándolo.

2.3. Formación de una capa protectora

Las capas protectoras de mayor espesor son las formadas por las pinturas intumescentes. De esta for-

ma actúan las pinturas intumescentes que por la acción del calor o de la llama se hinchan, dando lugar a una cubierta de varios centímetros de espesor que es termoaislante e incombustible.

Otros tipos de capas protectoras son las siguientes:

2.3.1. Capa cristalina por fusión del producto

Los boratos y los silicatos funden bajo el efecto del calor recubriendo el combustible de una fina película que retrasa el escape de los gases inflamables. Debido a la presión de estos gases y a su dilatación por el calor, estas pantallas protectoras forman burbujas que hacen la función de aislantes térmicos. Lo interesante es que se formen pequeñas y numerosas burbujas para que en el caso de reventar, la cantidad de gas que se libere no sea grande.

Entre los principales inconvenientes de estos productos en su utilización a largo plazo en maderas vistas podemos citar el de que los revestimientos resultan con frecuencia poco decorativos, ya que son, en general, incompatibles con otros productos de acabado. Su eficacia disminuye también con el tiempo.

2.3.2. Formación de espuma:

De acción parecida a la anterior es la de los compuestos que con el calor forman una espuma abundante cuyas burbujas de aire aseguran un buen aislamiento térmico.

Las más utilizadas son las resinas urea-formol aunque tienen el

inconveniente de conservarse mal y alterarse con el tiempo.

La aplicación necesita un catalizador y ha de presentarse el producto en dos envases independientes.

La aplicación es también delicada, y el barnizado suele presentar grietas, ya que estos compuestos disminuyen su plasticidad.

El empleo de espuma en los trabajos de extinción es cada vez más frecuente, si bien es cierto que se utiliza más para combatir incendios de hidrocarburos del tipo de la gasolina, y en los aeropuertos, que en fuegos de productos celulósicos.

Cuando en un campo de aviación se teme un aterrizaje peligroso se aconseja cubrir la pista de espuma para reducir el riesgo de chispas que pueden ocasionarse por la fricción del aparato en la toma de tierra.

La espuma para combatir incendios debe ser un agregado de pequeñas burbujas de bajo peso específico y que presente condiciones apropiadas para poder fijarse con cierta permanencia en superficies verticales y horizontales. Tendrá también una alta capacidad de retención de agua y mantendrá sus propiedades por un período de tiempo lo suficientemente largo para asegurar la extinción total del incendio.

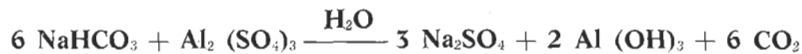
Los tipos de espuma se pueden clasificar en químicas, que utilizan dos sustancias A y B formadoras de espuma al reaccionar, y mecánicas que deben su nombre a que la formación se realiza por incorporación mecánica de aire a una solución en agua de una pequeña cantidad de producto concentrado formador de espuma.

Los productos más utilizados en estos concentrados son los de tipo proteínico obtenidos por hidrólisis de proteínas animales o vegetales y los de tipo sintético (no proteínico). A los primeros se suele añadir una sal metálica polivalente que de consistencia a la espuma.

Los productos concentrados se

suelen suministrar preparados para que en la disolución se emplee un 3 o un 6 por 100 en volumen.

Existen extintores de espuma muy similares a los reseñados al final de 2.1., que se utilizan invirtiendo previamente su posición a



2.3.3. Producción rápida de una capa carbonosa aislante:

Con los productos de este grupo se busca que a bajas temperaturas, y antes de que se formen los gases inflamables, se estimule la formación de CO_2 y de una capa carbonosa externa que aisle el resto del combustible. De esta forma actúan los oxidantes fuertes como el ácido fosfórico (H_3PO_4) y el sulfúrico (H_2SO_4) producidos por descomposición de los fosfatos y sulfatos.

En las pinturas aislantes contra el fuego se suele añadir un azúcar que facilita en caso de incendio la formación de una capa carbonosa.

2.3.4. Acción del agua

El agua utilizada en la extinción tiene, además del efecto refrigeran-

do de que reaccionen dos productos formadores de espuma. Cuando el depósito principal lleva una disolución de bicarbonato sódico y un agente estabilizador de espuma, que se hace reaccionar con sulfato de aluminio, la reacción será:

te apuntado en el apartado anterior, una acción aislante sobre el combustible evitando que entre en ignición, mediante la propagación por las llamas.

2.3.5. Nieve carbónica

Ya se apuntó en 2.1. el uso de extintores con CO_2 a presión. Cuando la presión es suficientemente elevada, el descenso de temperatura por expansión puede hacer que se deposite el CO_2 en estado sólido sobre el combustible en forma de «nieve carbónica». Esta capa de «nieve carbónica», que da nombre a los extintores que la producen, enfría el combustible como se indicó en 2.2. y al mismo tiempo lo aísla.

(continuará)

ADELANTOS EN LA INDUSTRIA MADERERA

Wir teilen allen Herstellern von Holzbearbeitungsmaschinen und —zubehör mit, dass diese Zeitschrift alle technischen Fortschritte und Verbesserungen in der Holzindustrie veröffentlicht. Wenden Sie sich deshalb bitte mit möglichst eingehenden Beschreibungen, Plänen und Fotografien Ihrer Neuheiten an: Dirección Técnica de A. I. T. I. M., Sindicato Nacional de la Madera y Corcho, Flora 1, Madrid-13/España, wenn möglich in spanischer Sprache.

On fait connaître à tous les industriels constructeurs de machines et à toute sorte d'éléments auxiliaires pour le travail du bois, que le Bulletin publiera toutes les nouveautés et perfectionnements dans cette industrie. Veuillez vous diriger à la Direction Technique de A. I. T. I. M., Sindicato de la Madera, Flora, 1, Madrid-13, indiquant si c'est possible en espagnol, tous les perfectionnements atteints avec des détails, plans et photographies.