PRODUCTOS QUIMICOS RETARDANTES de la Combustión de los Materiales Leñosos

(y II)

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

2.4. Variación de los productos de la combustión por reacción química

Los productos de este grupo, reaccionan a la temperatura de la combustión con los materiales leñosos, modificando los productos de su descomposición térmica. Por su acción se deben producir compuestos que sean menos combustibles o aislantes.

2.4.1. Reacciones de oxidación

Se pretende con ellas acelerar la combustión de forma que aumente la cantidad de CO_2 y la capa carbonosa externa (ver 2.3.3.) cuando la temperatura es aún baja.

De esta forma se provoca una débil conductibilidad térmica y la formación de un medio aislante antes de que se desprendan los gases combustibles. Como ya indicamos en 2.3.3., actúan de este modo los oxidantes fuertes, tales como el ácido fosfórico y el ácido sulfúrico formados por la descomposición de los fosfatos y sulfatos.

2.4.2. Catálisis

Los catalizadores que rebajando la energía de activación favorecen la formación de CO_2 desde el comienzo de la combustión, antes de que se desprendan gases combustibles (hidrocarburos o hidrógeno), tienen igualmente una acción retardadora sobre la propagación de un incendio.

Estas acciones no están bien investigadas, pero cabe destacar el posible interés de algunos derivados de metales de transición, como titanio, vanadio y wolframio, así como los de otros compuestos de estaño y antimonio. A los compuestos del fósforo también se les atribuye una acción catalítica sobre la pirólisis de los productos celulósicos a baja temperatura.

2.4.3. Inhibición de los centros propagadores

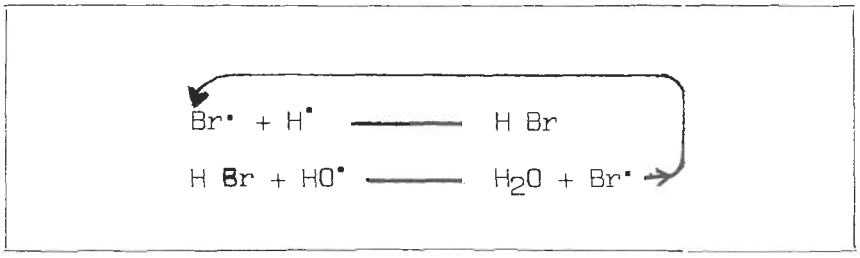
Como ya hemos dicho en 1.1. se admite, en general, que las reacciones de combustión se desarrollan según un proceso por radicales libres en cadena ramificada, es decir, después de la ignición se produce la formación de radicales $HO^{\cdot}$ y $H^{\cdot}$ que actúan de centros propagadores. Pueden, en consecuencia, actuar como retardantes aquellos compuestos que dando lugar a radicales que se combinan con $HO^{\cdot}$ y $H^{\cdot}$ inhiban la propagación del incendio.

De esta forma actúan el tricloruro de antimonio ($Sb\ Cl_3$), el cloruro de zinc ($Zn\ Cl_2$) y todos los derivados halogenados utilizados en la extinción.

Los derivados halogenados utilizados como retardantes «a corto plazo», actúan también como gases incombustibles y refrigerantes, según explicamos en 2.1. y en 2.2. Es de destacar que cuando los hidrocarburos metano (CH_4) o etano (CH_3-CH_3) sustituyen sus átomos de $H^{\cdot}$ por helógenos (fluor, cloro, bromo o yodo) varían considerablemente sus propiedades físicas y químicas. En el metano, por ejemplo, que es un gas inflamable, si se sustituyen los cuatro hidrógenos por fluor (CF_4) obtenemos un gas, pero inerte y si se sustituyen por cloro, tenemos un líquido volátil ($C\ Cl_4$) y tóxico, a pesar de lo cual, se ha empleado ampliamente como agente extintor. En general, la presencia del fluor en un compuesto lo hace más inerte y estable.

A partir de estos compuestos halogenados se forman por acción del calor radicales $Cl^{\cdot}$, $F^{\cdot}$, $Br^{\cdot}$ o $I^{\cdot}$, que pueden actuar de atrapadores a los $HO^{\cdot}$ y $H^{\cdot}$ que propagan la ignición por las llamas. Parece demostrado, que de los usados, el halógeno más activo es el bromo. El yodo casi no se utiliza debido a su mayor precio y que no presenta frente al bromo ventajas apreciables.

Un derivado halogenado del metano (CH_4) como el CF_3Br que produzca con el calor radicales $Br^{\cdot}$ inhibirá los centros propagadores $H^{\cdot}$ y $HO^{\cdot}$ de la combustión, según el siguiente esquema:



Para facilitar denominación e identificación de estos agentes retardantes halogenados se utiliza el sistema de números «halon» que describe con cierta precisión los distintos compuestos de esta serie.

El primer dígito del «número halon» representa el número de átomos de C de la molécula; el segundo, el número de átomos de fluor; el tercero, el número de átomos de Cl; el cuarto, el número de átomos de Br, y el quinto dígito el número de átomos de Iodo. En este sistema no se expresan los ceros terminales de la fórmula.

Algunos de los derivados halogenados fluorados sin hidrógeno se conocen también como FREON, con un número de serie. Cuando los sustituyentes son únicamente fluor y cloro, los números de serie se fijan empleando un 1 por cada átomo de carbono y un último dígito que indica el número de átomos de fluor. Si contienen bromo se indica después de una B el número de átomos de bromo de la molécula.

A continuación damos unos ejemplos que aclararán la utilización de estos números de serie:

Halón núm.	Freón núm.	Fórmula	Nombre químico
104		CCl_4 (tóxico) ...	Tetracloruro de carbono
113	11	CCl_3F	Tricloro fluor metano
121	22	$CHClF_2$	Cloro difluor metano
122	12	CCl_2F_2	Dicloro difluor metano
131	13	$CClF_3$	Cloro trifluor metano
233	113	CCl_2FCClF_2	1,1,2 tricloro-1,2,2 trifluor etano
242	114	$CClF_2CClF_2$	Dicloro tetrafluor etano (simétrico)
1001		CH_3Br	Bromuro de metilo
1011		CH_2ClBr (prohibido)	Bromo, cloro metano
1202	12B2	CBr_2F_2	Dibromo difluor metano
1211	12B1	$CBrClF_2$ (muy usado)	Bromo cloro difluor metano
1301	13B1	$CBrF_3$ (el más usado)	Bromo trifluor metano
2402	114B2	$CBrF_2CBrF_2$	Dibromo, tetrafluor etano (simétrico)
10001		CH_3I (tóxico) ...	Ioduro de metilo

Todos estos compuestos presentan problemas de toxicidad y corrosión. Los dos únicos utilizados actualmente con profusión son los Halón 1301 y 1211.

2.4.4. Sinergismo entre sustancias retardantes

Cuando se utilizan algunas mezclas de varias sustancias retardantes citadas, presentan un nivel de efectividad que es muy superior al que cabría esperar de simple suma de las acciones de cada uno de los componentes. En estos casos se habla de sinergismo por analogía con el fenómeno fisiológico de este nombre.

Este refuerzo o sinergismo de la acción retardante entre sustancias, puede tener lugar entre compuestos que, usados aisladamente, también dificultan la propagación del fuego o entre una sustancia, que por si sola, carece de acción, pero que sirve para reforzar la efectividad de otra. Los sistemas más estudiados son el Fósforo-Nitrógeno y el de Halógeno-Antimonio.

2.4.4.1. Sistema Fósforo-Nitrógeno

Se ha podido comprobar el sinergismo del nitrógeno respecto al fósforo aumentando su efectividad retardadora cuando el N se encuentra en forma de amida o amina. En cambio, cuando el N está en forma de nitrilo su efecto es negativo.

Parece ser que en este proceso se pasa por la fase de amida del ácido fosfórico que actúa de forma parecida a los fosfatos de amonio; produciendo atmósfera inerte de N_2 y NH_3 y oxidando el ácido fosfórico la superficie del combustible con formación de una capa carbonosa (ver 2.3.3.).

2.4.4.2. Sistema halógeno-antimonio

Se cree en este caso que la sustancia activa es el $SbCl_3$ por ser agente formador de radicales Cl· que, como ya hemos apuntado, inhiben los centros propagadores en la transmisión de la combustión por la llama.

El $SbCl_3$ puede actuar también como deshidratante sobre la fase sólida aumentando la formación rápida de una capa carbonosa.

La formación de $SbCl_3$ durante la descomposición térmica transcurre, previa la formación de HCl, según las siguientes fases:

$$Sb_2O_3 + 2HCl \longrightarrow 2SbOCl + H_2O$$

$$5SbOCl \longrightarrow SbCl_3 + Sb_4O_5Cl_2$$

$$3Sb_4O_5Cl_2 \longrightarrow 2SbCl_3 + 5Sb_2O_3$$

Ecuaciones que en total podríamos resumir en la siguiente:

$$Sb_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2SbCl_3 + 3H_2O$$

2.5. Humectantes y viscosantes

Se emplean fundamentalmente para variar las propiedades del agua en la extinción. Los efectos que se buscan con la acción de los humectantes y viscosantes son muy distintos y en cierto modo contrapuestos, lo que indica que se deben emplear, unos u otros, de acuerdo con el tipo de fuego o forma de aplicación del agua.

Estos compuestos son de interés especial en el combate de los incendios forestales debido a que la disponibilidad de agua en ellos es siempre muy limitada y estos productos aumentan su aprovechamiento y eficacia. En los incendios urbanos de productos celulósicos, situados en locales cerrados, revisten menor interés al ser frecuente disponer de agua en abundancia y de otros medios de extinción.

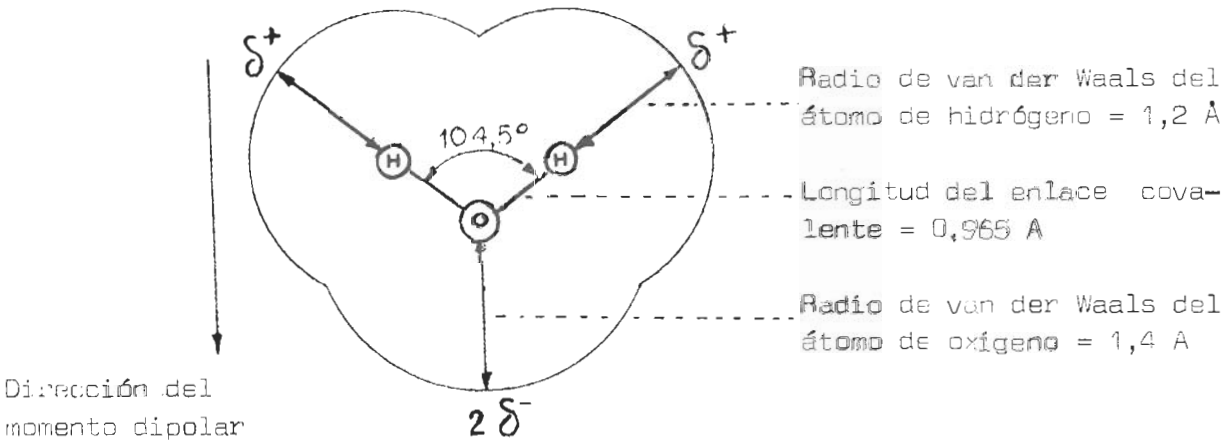
Conviene recordar, como se dijo en 2.2 y en 2.3.4 que el agua actúa absorbiendo calor y estableciendo una capa protectora para el combustible que interrumpe el fenómeno de propagación por la llama, ya estudiado.

Las moléculas de agua al ser angulares y estar polarizados los enlaces

H → — O

hacia el oxígeno, se comportan como un dipolo, ejerciéndose entre ellas atracciones electrostáticas.

Fig. 3.- Características de la molécula de agua.



En la figura número 5 se indican los enlaces de «puente de hidrógeno» que se pueden establecer entre moléculas de agua. Estas potentes fuerzas de atracción intermoleculares son las responsables de las propiedades del agua que posee elevados puntos de fusión, punto de ebullición, calor específico, calor de fusión y tensión superficial.

La tensión superficial y la viscosidad, que estudiaremos a continuación, varían con la temperatura (al debilitarse las fuerzas de cohesión intermoleculares) y por la acción de ciertas sustancias cuyo efecto nos interesa conocer en relación con la extinción de los incendios.

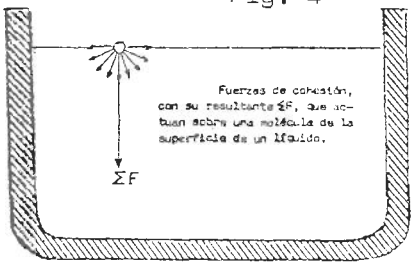
2.5.1. Humectantes

Estos compuestos actúan rebajando la tensión superficial del agua, obteniéndose la llamada «agua húmeda».

Se entiende por tensión superficial las fuerzas de cohesión que

ejercen sobre las moléculas de la superficie de un líquido las restantes moléculas situadas dentro de la semiesfera normal de atracción, cuya resultante se dirige hacia el interior del líquido. Si aumenta-

Fig. 4



mos la superficie del líquido habrá más moléculas al exterior y para ello habrá que utilizar una fuerza por molécula que sea, por lo menos, igual a la que arrastra hacia el interior, tendiendo en consecuencia el líquido a presentar el mínimo de superficie.

Todo aumento de superficie

$$\Delta_s$$

necesita, por tanto, un consumo de energía exterior

$$\Delta_w,$$

existiendo una proporcionalidad entre estas dos cantidades.

$$\Delta_w = T_s \, \Delta_s$$

El coeficiente de proporcionalidad Ts, que es siempre positivo, se denomina «tensión superficial».

Bajo el punto de vista dimensional, Ts es el cociente de una energía por una superficie

$$Ts = \frac{\text{energía } (ML^2T^{-2})}{\text{superficie } (L^2)} =$$

$$= \frac{\text{fuerza } (MLT^{-2})}{\text{longitud } (L)}$$

La tensión superficial es, en consecuencia, una fuerza por unidad de longitud, pudiendo ser una unidad en el sistema C. G. S., la dina que actúa a lo largo de un centímetro, o en el sistema M. K. S. el Newton/m.

Al ser la esfera la forma de menor superficie, para un volumen dado de líquido, éste tenderá, por acción de la tensión superficial, a adoptar dicha forma geométrica.

Para valorar el aumento de superficie, en función del tamaño de la gota, téngase en cuenta que, para una misma masa, la superficie aumenta proporcionalmente la raíz cúbica del número de partículas (n) que la forman

$$S_n = \sqrt[3]{n} \, S_1$$

siendo S_1 la superficie de la masa sin dividir y S_n la suma de las superficies de las n partículas en que se divide esa misma masa.

Al disminuir la tensión superficial y paralelamente el tamaño de la gota, el agua se hace más penetrante en el combustible, y recubre, para igualdad de volumen, más superficie.

Los agentes humectantes del agua deben su acción a que son compuestos que tienen en su molécula una parte polar (hidrófila) y otra apolar (hidrófoba); estas últimas partes quedan en la superficie ejerciéndose repulsiones que superan la tendencia del líquido a pre-

REUNION DEL CONSEJO DE A. I. T. I. M.

El día 17 de diciembre se reunió el Consejo de la «Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho», para la aprobación del Plan de Trabajo y Presupuesto en el año 1977.

Se estudiaron los problemas que puede presentar el cambio de Legislación, por lo que se refiere a los Organismos Sindicales, ya que nuestra Asociación tiene el doble carácter de Asociación de Investigación y Organismo Sindical.

El Consejo confía en que los empresarios del sector asumirán la responsabilidad de mantener nuestro Centro de Investigación, sea cual fuere la estructura y funcionamiento de sus asociaciones.

Fig. 5

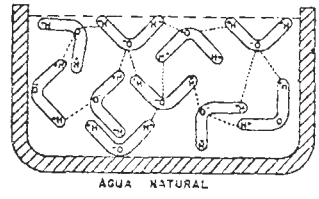
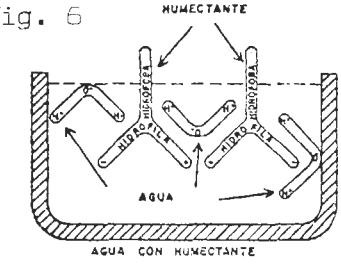


Fig. 6



sentar el mínimo de superficie. Es importante el tipo de película que se forma, así como las posibles reacciones entre el agente activo y los compuestos disueltos en el agua.

Los efectos de aumento de superficie de mojado y mayor penetración en el combustible, tienen especial interés al aplicar el agua con extintores de mochila, pero sería desaconsejable para descargas desde un avión, ya que aumentaría la evaporación del líquido antes de que éste entrase en contacto con las llamas.

Se apuntan como ventajas del «agua húmeda» las siguientes:

a) Una mayor penetración en la madera, que se cifra en ocho veces.

b) Una mayor penetración en la capa carbonizada.

c) Una mayor superficie de mojado.

d) Formación de espuma que se ha observado con todos los humectantes.

e) Formación de una pantalla más refrigerante para los que manejan los extintores o lanzas de las bombas, permitiéndoles acercarse más a las llamas.

En general estos humectantes tienen interés cuando se lanza el agua a corta distancia o se riega sobre brasas para evitar la formación de llama y subsiguiente reproducción del incendio. No es, en cambio, útil cuando hay que lanzar el agua a distancia, ya que aumenta la evaporación y se absorbe calor en una zona que no es la que interesa refrigerar a efectos de la extinción.

Se han usado con este fin distintas sustancias tenso-activas, entre ellas algunos detergentes de los existentes en el mercado para otros fines.

La mayor parte de los humectantes corroen al hierro y al hierro galvanizado, a menos que se añada un inhibidor como el dicromato potásico

$$(K_2 Cr_2 O_7).$$

Este inhibidor, que es un oxidante enérgico, resulta venenoso si lo beben los que trabajan en la extinción, pudiendo, además, producir irritación sobre la piel.

2.5.2. Viscosantes

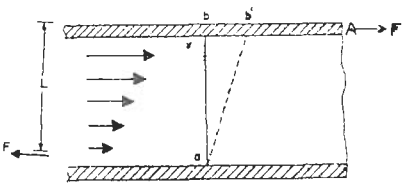
Como en el caso anterior, su acción no es química. En general, su efecto retardante se debe a que al aumentar su viscosidad el agua absorbe más calor que en su estado natural.

Para los lanzamientos a distancia, el «agua viscosa» se evapora menos durante el trayecto hasta la zona del incendio, manteniéndose después durante más tiempo la humedad del suelo y de la vegetación.

Para precisar el concepto de viscosidad, hemos de partir de que en los líquidos reales una capa de moléculas se desplaza sobre las inferiores ejerciendo sobre ellas una fuerza de fricción o rozamiento interno.

En el esquema de la figura 7 se trata de explicar que si tenemos una placa de superficie A, que suponemos idealmente sin peso, y sobre ella ejercemos una fuerza F, se observa que debido a las fuerzas de rozamiento entre las capas del líquido éste no se mueve todo él con la misma velocidad sino que la capa adherida a la placa A se desplaza con la misma velocidad (Va) que ésta, mientras que la capa situada a una distancia L lo hace con otra velocidad (Vo), que si la tomamos como punto de referencia para medir Va será cero. A la resistencia que opone el líquido a deformarse, es decir, a que unas capas se desplacen sobre otras es a lo que se llama «viscosidad».

Fig. 7



Newton estudiando este fenómeno dedujo que en cualquier punto el esfuerzo cortante S es igual al gradiente de velocidad R, multiplicado por la viscosidad η

$$S = \eta R$$

Se define el esfuerzo cortante S como la relación entre la fuerza ejercida sobre la placa A y la superficie de contacto de la placa y el líquido.

$$S = \frac{F}{A}$$

El gradiente de velocidad es la relación existente entre la diferencia de velocidad (V — Vo), entre las dos láminas del líquido y su distancia (L).

Si hacemos Vo = 0,

tomando la capa de velocidad Vo como referencia, tenemos:

$$R = \frac{V}{L}$$

De las fórmulas indicadas deducimos:

$$\eta = \frac{F}{A} \times \frac{L}{V}$$

Sus unidades son:

$$\eta = \frac{\text{fuerza } (MLT^{-2}) \times \text{distan. } (L)}{\text{superf. } (L^2) \times \text{veloc. } (LT^{-1})}$$

$$\eta = \frac{\text{fuerza } (MLT^{-2}) \times \text{tiempo } (T)}{\text{superficie } (L^2)}$$

Utilizando el sistema C. G. S. la unidad de viscosidad es el «poise» que es (nombre dado en honor de Poiseuille) dina seg/cm^2. Por ser esta unidad relativamente grande se suele utilizar el centipoise, su centésima parte.

$$1 \text{ centipoise} = 10^{-2} \text{ poise}$$

Para la utilización en incendios forestales desde tierra se recomienda una viscosidad de 150 c. p., si bien para lanzar productos desde aviones se suelen emplear viscosidades superiores, debiendo aumentarse ésta cuando las descar-

gas se hacen a gran altura (600 a 3.000 c. p.).

Como ventajas del agua viscosa, en comparación con el agua natural, se pueden señalar:

a) Absorbe más cantidad de calor (más de tres veces para 150 c. p.).

b) Se adhiere fácilmente y se mantiene más tiempo sobre los combustibles forestales.

c) Se extiende en una capa continua y más espesa sobre toda la superficie combustible.

d) Sufre menores pérdidas por evaporación al ser lanzada a distancia, pudiendo obtenerse con ella mayor alcance.

Como desventajas tenemos:

a) Menor penetración. — Al ser menos penetrante que el agua natural, resulta inapropiada para llegar a una fuente interna de calor o apagar brasas. Cuando se carbonizan troncos muertos y tocones se corre el peligro de recubrirlos y que continúe la combustión sin llama.

b) Menor fluidez. — Lo que aumenta las fricciones, con el consiguiente deterioro, en mangueras, lanzas, racores, etcétera.

c) Mayor tamaño de la gota. — Esto implica que se cubra menor superficie y que no sirvan las boquillas chorro - niebla, perdiéndose el efecto refrigerante del aerosol que con ellas forma el agua pura o con humectantes.

d) Mayor contaminación.—Al poder formar precipitados insolubles en presencia de otros compuestos, se corre el peligro de que sean retenidos por el suelo y la vegetación sustancias inconvenientes (caso de los boratos añadidos a ciertas aguas viscosas).

e) Peligro de resbalar. — Puede constituir un serio peligro para el personal de extinción transitar por las zonas donde se ha lanzado agua viscosa.

f) Dificultad de mantener una viscosidad constante. — Si se quiere mantener un determinado grado de viscosidad se encuentra con la dificultad de que la mezcla preparada se hace menos viscosa al aumentar la temperatura en las horas centrales del día, volviendo a espesar durante la noche (1).

g) Posibles alteraciones químico biológicas. — Cuando el viscosante es un derivado de naturaleza orgánica puede sufrir ataques de bacterias. Aunque el grupo de microorganismos que metaboliza un determinado sustrato viscoso suele ser específico, si un depósito resulta invadido es muy difícil eliminar posteriormente el agente atacante.

h) Dificultad de tenerla a punto en el momento necesario.—El agua viscosa no debe prepararse con mucha anticipación para evitar alteraciones y, por otra parte, requiere un cierto tiempo para espesar, esto hace que no sea fácil tenerla a punto siempre que se necesita.

Como viscosantes se emplean productos de alto peso molecular, generalmente polímeros, que atraen y retienen moléculas de agua hinchándose; de esta forma el agua se hace más viscosa. Si los polímeros son fibras o hilos, el agua puede tomar una consistencia fibrosa.

Entre los productos utilizados para aumentar la viscosidad del agua figuran los siguientes:

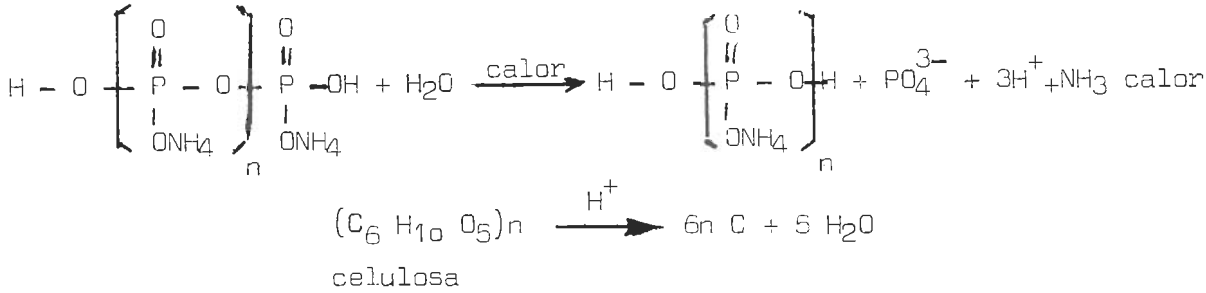
2.5.2.1. Polifosfatos

Los fosfatos que presentan, como ya hemos visto tan múltiples efectos retardadores de la combustión de productos celulósicos, en la forma de polifosfatos, tienen además un efecto espesante sobre las disoluciones en que intervienen.

Por efecto del calor se hidrolizan los enlaces entre fósforos (altamente energéticos) liberando protones que catalizan la hidrólisis de la ce-

---

(1) El FHOS-CHEK 202, una vez preparado a tres grados de temperatura a 2.000 c. p., si se eleva la temperatura disminuye linealmente la viscosidad pasando a 800 c. p. a los 30 grados.



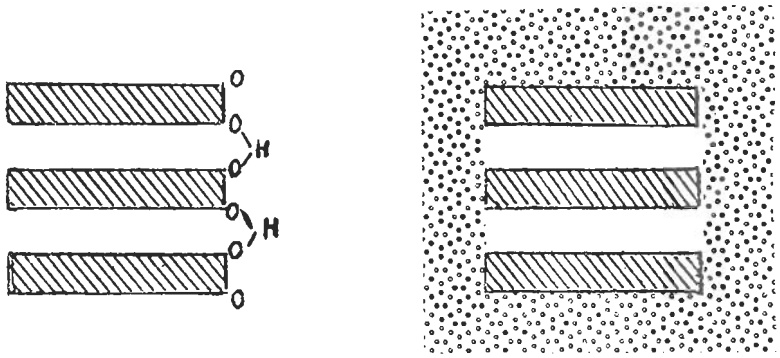


Fig. 8.– Comportamiento en el agua de una arcilla del grupo de la caolinita

lulosa (efecto 2.4.2.) con la consiguiente formación de una capa carbonosa.

2.5.2.2. Arcillas

Los primeros productos utilizados en España para la lucha contra los incendios forestales (año 1970) fueron las arcillas bentonita y sepiolita por su acción viscosante.

La propiedad de hincharse en el agua de algunas arcillas se debe a la organización de sus átomos. En las superficies de sus partículas existen bien iones $O^{=}$ ó HO^{-}, o ambos, que hacen que exista en su superficie un predominio de cargas negativas, aún en el caso de que la partícula sea en total eléctricamente neutra.

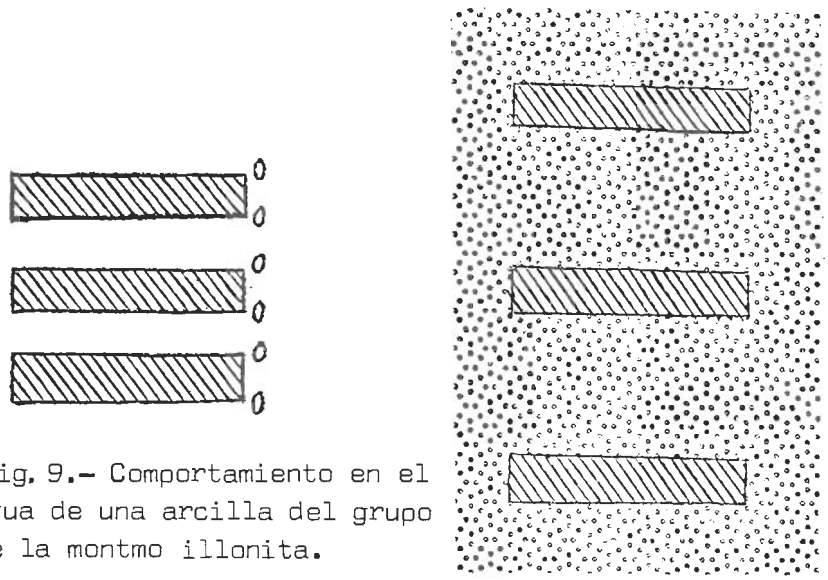
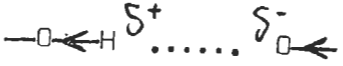


Fig. 9.– Comportamiento en el agua de una arcilla del grupo de la montmo illonita.

Cuando la separación entre capas es fija, como en el caso de las caolinitas, en que los paquetes están unidos por puentes de hidró-



geno, el agua no puede introducirse entre ellas (fig. 7).

En cambio, cuando no existen estos enlaces de hidrógeno, como es el caso de las arcillas del grupo de la montmorillonita, fijan agua por adsorción (fig. 8) y la retienen en su interior por ser la molécula del agua (fig. 3) dipolar.

2.5.1.2.1. Bentonita

Se conoce comercialmente como bentonitas las arcillas que tienen la propiedad de hincharse considerablemente en el agua (las bentonitas de buena calidad aumentan de 10 a 20 veces el volumen). Su nombre se debe a que las primeras estudiadas fueron las de Fort-Benton de la región de Rock-Creed, en el estado de Wyoming, en plenas Montañas Rocosas.

En realidad, el nombre de bentonita abarca una gran variedad de productos de características diferentes, pero pueden definirse como rocas que contienen más de un 75 por ciento de mineral cristalino arcilloso del grupo de la montmorillonita.

La estructura de las tarcillas del grupo de la montmorillonita se caracterizan por estar cada lámina o paquete formado por las siguientes siete capas que se pueden agrupar en tres grupos para dar una idea de la ordenación de los átomos en estas arcillas, describiremos las siete capas:

1.ª Una capa no compacta de O (figura 10).

2.ª Silicios en coordinación tetraédrica.

3.ª Una capa completa de O y (OH) (fig. 11).

4.ª Aluminios en coordinación octaédrica.

5.ª Una capa completa de O y (OH) (fig. 11).

6.ª Silicios en coordinación tetraédrica.

7.ª Una capa no completa de O (figura 10).

Según los minerales, parte de los Si de las capas 2.ª y 6.ª (simétricas) pueden sustituirse por aluminios y parte de los aluminios de la capa 4.ª puede sustituirse parcialmente por magnesio.

La eficacia de la bentonita en extinción de incendios forestales depende de la cantidad de agua que retiene. Normalmente se añade al agua en una proporción entre el 5 y 10 por 100 en peso.

La bentonita presenta para su uso las siguientes ventajas:

a) Retiene un elevado porcentaje

```
Distribución  (3.O
tetraédrica   (2 Si
              (2.O ........  OH)
                          2 AL) distribución
Distribución  (2.O ........  OH)   octaédrica
tetraédrica   (2 Si
              (3.O
```

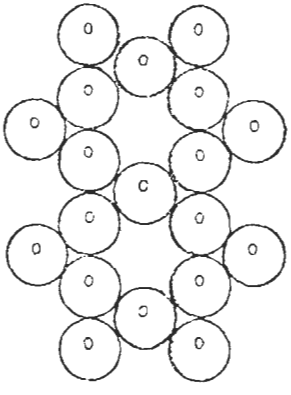


Fig. 10.- Empaquetamiento no completo de los átomos de oxigeno base de los tetraedros con Si en el centro (capas 1ª y 7ª)

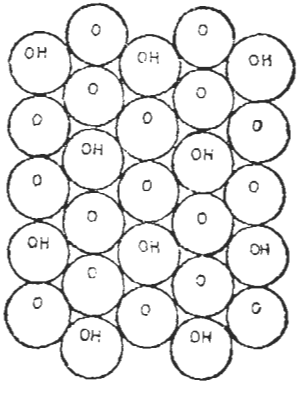


Fig. 11.- Empaquetamiento completo de O (vertices de tetraedros y octaedros) y OH (vertices de octaedros) (capas 3ª y 5ª)

de agua para su acción extintora.

b) Forma un gel estable (ver apartado 2.5.2.3.).

c) Bajo coste (unas 350 ptas/m^3 de agua espesada).

d) Se prepara con rapidez.

e) No es corrosiva.

f) No es tóxica.

Y los siguientes inconvenientes:

a) Bajo condiciones normales, en verano sólo es efectivo durante una o dos horas.

b) No es compatible con verdaderas sales retardantes como el fosfato diamónico.

c) Hay que tener en cuenta la dureza o alcalinidad del agua.

d) Su untuosidad presenta problemas de seguridad en la línea de fuego mayor que en otros productos.

e) Es abrasivo y causa erosión.

f) Es difícil de ver dónde ha caído cuando se lanza desde aviones.

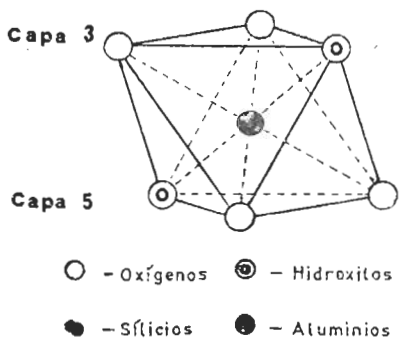


Fig. 12.- Atomos de aluminio en coordinación octaédrica.

2.5.2.2.2. Otras arcillas

La sepiolita y atapulgita han sido también usadas en la extinción de incendios forestales.

La sepiolita es un silicato magnésico donde el aluminio tiene menor participación. Se puede dar como forma empírica $H_4 Mg_2 Si_3O_{10}$ con reemplazamiento parcial de Mg por Cu y Ni.

En la figura 15 se muestra la coordinación de las capas de la sepiolita y atapulgita.

La sepiolita se ha utilizado en sustitución de la bentonita cuando se emplea agua de mar, tal fue el caso de la base de La Lanzada (Pontevedra) en la campaña contra incendios forestales en 1970.

La atapulgita se utiliza como viscosante en combinación con el sulfato amónico.

Estas arcillas presentan, en general, las ventajas e inconvenientes antes apuntados para la bentonita.

2.5.2.3. Geles

Un gel es un líquido aprisionado en un retículo macromolecular que da al conjunto una cierta rigidez,

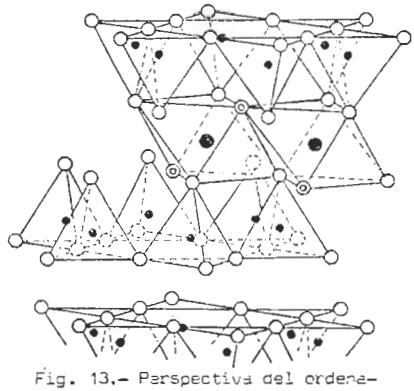


Fig. 13.- Perspectiva del ordenamiento de los átomos.

como ocurre en el caso de la gelatina, gel de agar-agar, etc. En este conjunto el líquido ocupa, en general, más del 90 por 100 del volumen, pudiendo llegar a un 99 por ciento en peso.

Para la lucha contra los incendios forestales se producen y usan geles más fluidos que puedan bombearse y moverse más rápidamente a través de las mangueras.

Al usar productos químicos que por adición al agua formen geles, se puede aplicar sobre el combustible una capa de 10 a 20 veces más gruesa que la que se obtendría con el agua normal. Esta espesa capa de agua gelificada tiene una destacada capacidad para absorber calor.

Las ventajas e inconvenientes son, aunque aumentados, las del agua viscosa.

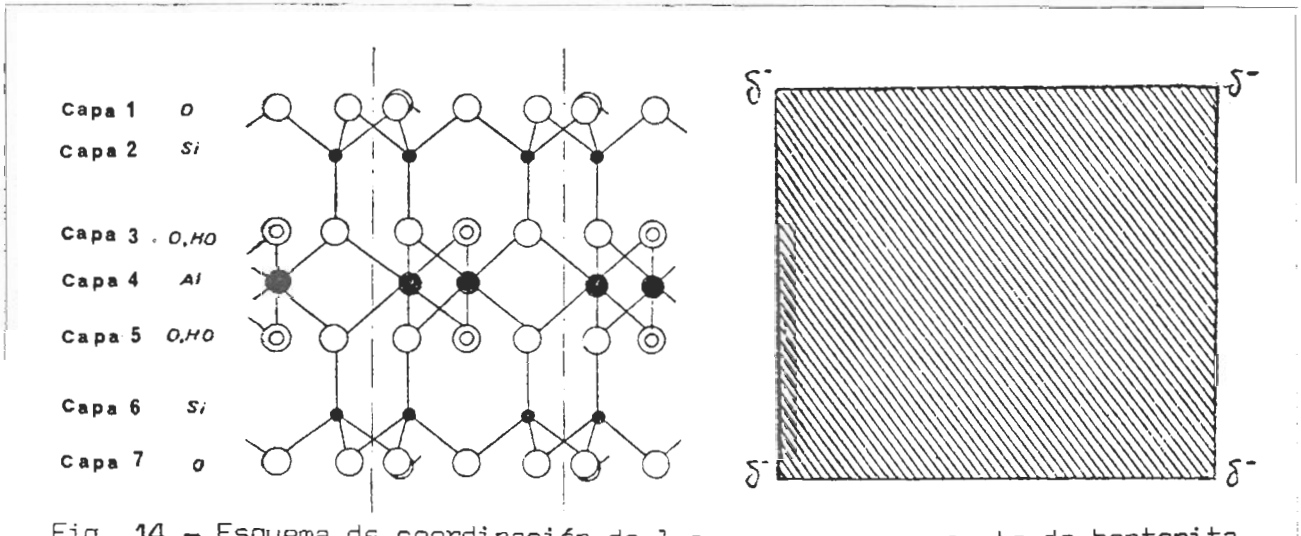


Fig. 14.- Esquema de coordinación de las capas en un paquete de bentonita.

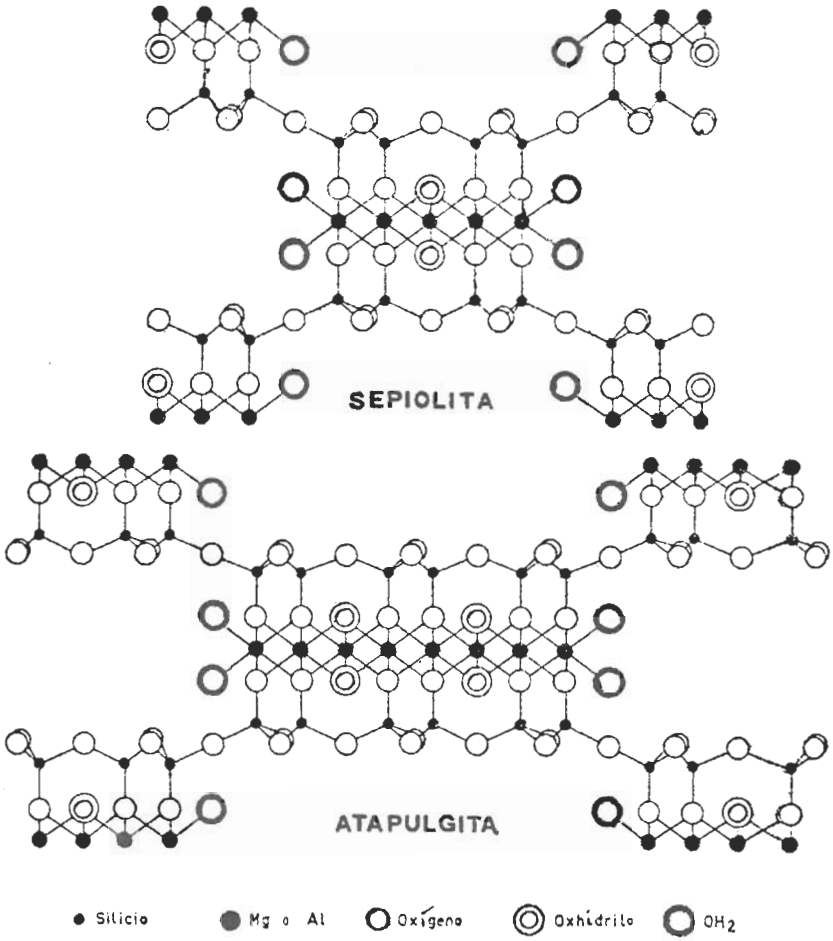


Fig. 15.– Esquemas de las uniones de los átomos en la sepiolita y atapulgita.

Estos geles, a causa de su viscosidad, que suele estar próxima a los 2.000 centipoises, son útiles para proteger estructuras expuestas a una irradiación fuerte de calor.

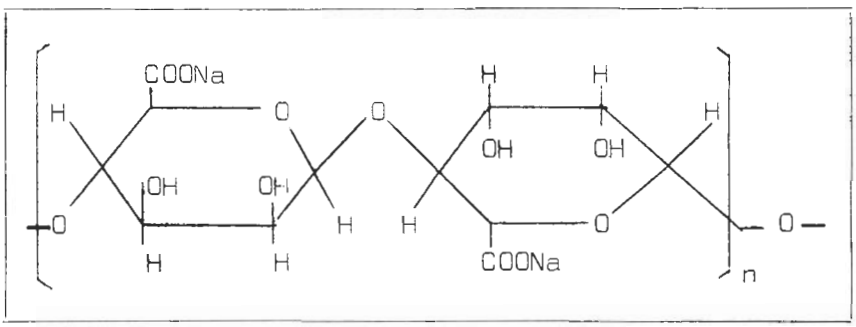
2.5.2.3.1. Alginatos

En la lucha contra los incendios forestales se emplean el alginato sódico, que es un polímero de la sal sódica del ácido D-Mannurónico.

Como gel se usa también el alginato cálcico que se obtiene por adición de cloruro cálcico

($Ca\ Cl_2$)

a la sal sódica.



Como ventajas del alginato sódico se pueden señalar:

a) Reduce el riesgo de que el fuego se reavive o vuelva a encenderse.
b) Se adhiere bien a la cubierta forestal.
c) Se fija bien a las superficies verticales.
d) No es caro.
e) Se requiere poca cantidad por metro cúbico de disolución.
f) Incremento de peso no apreciable.
g) Se mezcla rápidamente.
h) Erosión y desgaste no apreciados.
i) No es tóxico.
j) Menor fuga de líquido en los empalmes de mangueras, etc.
k) Compatible con otras buenas sales químicas (retardantes).
l) Se convierte en gel mediante la adición de cloruro cálcico $Ca\ Cl_2$.

Como inconvenientes tenemos:

a) Sufre alteraciones con facilidad.
b) Ligera tendencia a obstruir el equipo y tuberías.
c) Corrosivo, especialmente al galvanizado.
d) Contaminación similar a la de otros retardantes como los boratos.
e) No es eficiente para trabajos de extinción de restos de combustión y brasas, donde se necesita gran penetrabilidad.
f) Muy untuoso y resbaladizo.

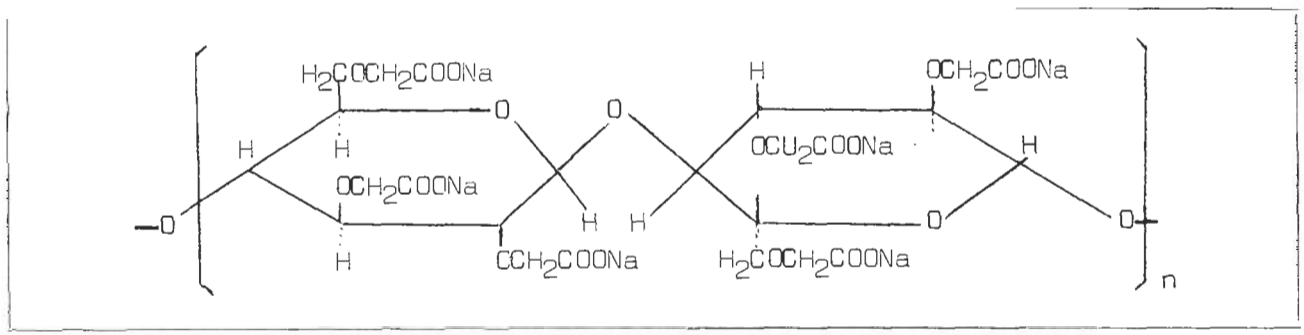
2.5.2.4. Carboximetilcelulosa (CMC)

La sal sódica del ácido carboximetilcelulósico es una goma obtenida sintéticamente que contiene de 0,4 a 1,5 grupos

CH_2COONa

esterificados por cada unidad de glucosa de la celulosa.

Teóricamente se podrían etenificar tres grupos, pero en la práctica no se pasa de 1,5.



Celulosa con tres grupos de

—CH_2—COONa

eterificados por unidad de glucosa.

Como ventajas se señalan:

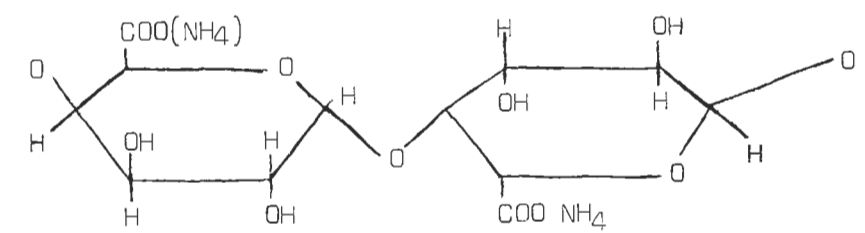
a) Precio reducido.
b) Se requiere poca cantidad por metro cúbico de disolución.
c) Aumento de peso no aplicable.
d) Reduce el riesgo de que el fuego se reavive o vuelva a encenderse.
e) Se adhiere bien a la cubierta forestal.
f) Se fija bien a las superficies verticales.
g) Produce poca corrosión y desgaste.
h) Se mezcla rápidamente.
i) No es tóxico.
j) Se logran mejores alcances que con otras suspensiones o soluciones.
k) Forma una capa como de celofán.

Como inconvenientes tenemos:

a) No es eficiente para trabajos de extinción de restos de combustión y brasas, donde se requiere penetrabilidad.
b) Muy untuoso y resbaladizo, especialmente en superficies de carretera.
c) Tendencia a sufrir alteraciones.

2.5.2.5. Otros viscosantes

Para expresar las mezclas retardantes se emplean otros productos como el pectato amónico que refuerza la acción del fosfato diamónico. La fórmula de este polímero es:



En donde el grado de polimerización oscila entre 20.00 y 200.000.

Sus posibles ventajas son:

a) Se necesita muy pequeñas cantidades de producto seco.
b) No produce viscosidad por ataque bacteriano.
c) Bajo coste.

3. CONDICIONES GENERALES QUE HAN DE REUNIR LOS RETARDANTES

Por lo anteriormente dicho se comprende que generalmente se utilicen como retardantes mezclas de productos químicos con preferencia a compuestos puros. En general se pretende que las mezclas reúnan las siguientes condiciones:

3.1. Efectividad.
3.2. Bajo coste del producto.
3.3. Bajo coste de aplicación.
3.4. Sencillez de aplicación.
3.5. Carecer de efectos nocivos.
3.6. No producir corrosión en los elementos con que entra en contacto.
3.7. Que no se altere con facilidad.

Las cuatro primeras condiciones están relacionadas entre sí. La efectividad ha de compensar realmente los gastos del producto y de su aplicación, así como las molestias que su empleo reporte. En relación con el bajo coste resulta deseable que los compuestos sean solubles en agua, ya que es un buen disolvente de sales por su polaridad, barato, de fácil manejo y neutro, lo que debe estimarse a efectos de la corrosión.

En cuanto a toxicidad se debe evitar que exista peligro para las personas que realizan la ignifugación y para las que utilizan o están en contacto con los elementos ignifugados. También es muy de tener en cuenta que no se produzcan vapores tóxicos o irritantes en caso de incendio, en especial cuando se trate de ignifugar materiales situados en locales cerrados.

Sin embargo, como todas las disoluciones acuosas de sales inorgánicas son, en algún grado, corrosivas para los metales, particularmente para el hierro, se debe emplear en la mezcla algún inhibidor de corrosión, al menos para proteger

los equipos de transporte y aplicación de los retardantes. De los productos empleados como retardantes solamente

el borax ($Na_2B_4O_7$)
y el ácido bórico (H_3BO_3)

carecen de este efecto corrosivo, por lo que se hace necesario emplear en los demás casos productos como el

cromato sódico (Na_2CrO_4)
y dicromato ($Na_2Cr_2O_7$)

que actúan como inhibidores de la corrosión.

En cuanto a su neutralidad, el fosfato mono-amónico

$(NH_4)H_2PO_4$

en mezcla con el diamónico

$(NH_4)_2HPO_4$

tienen, como se sabe, un marcado efecto tampón para pH = 7,2, toda vez que el Ka_2 del ácido fosfórico es $10^{-7,2}$.

$$10^{-7,2} = \frac{\left[HPO_4^{=}\right]\left[H^+\right]}{\left[H_2PO_4^-\right]}$$

La inclusión, por tanto, a partes iguales, de fosfato monoamónico y diamónico estabiliza el pH de la disolución retardante cerca de la neutralidad.

La estabilidad del producto retardante es muy importante para la buena conservación antes de su empleo y para la permanencia de sus efectos una vez aplicado.

4. APLICACION DE LOS RETARDANTES

En la práctica se utilizan como retardantes productos que incluyen varios compuestos químicos de los ya enumerados. En el mercado existe gran variedad de estos productos; sus fórmulas se han elaborado teniendo en cuenta el fin concreto a que se destinan y los elementos con que van a entrar en contacto. Por motivos obvios estas fórmulas se guardan celosamente por los fabricantes, a pesar de que en general se puede llegar a ellas con cierta facilidad en un laboratorio adecuado de análisis químicos. Los limitados datos sobre su composición que suelen suministrar los proveedores son, sin embargo, suficientes para formar una idea, después de lo expuesto, de su forma de actuación.

Como las dosis y forma de aplicación más efectiva varían en cada caso, renunciamos a describir estos aspectos. Sobre estos extremos, son los mismos fabricantes los más interesados en suministrar abundante información con el fin de que el producto que venden tenga el máximo de eficacia.

Al hablar de productos comerciales hemos de distinguir dos tipos de empleo que difieren sustancialmente y a los que hemos hecho alusión en varias ocasiones. En un caso se trata de la ignifugación de elementos de construcción o útiles de madera tales como muebles. Y en el otro del uso de retardantes a la lucha contra los incendios forestales. En este segundo caso el producto se aplica en vegetales vivos situados a la intemperie.

4.1. Mezclas retardantes para ignifugar muebles y elementos de construcción de madera.

En este primer caso se emplea únicamente retardantes a largo plazo o que sean compatibles con los productos de acabado. En general, se requiere un proceso de impregnación de los poros o estructura de la madera en cantidad suficiente para que después de absorción o evaporación del disolvente o vehículo de aplicación quede retenida una cantidad de sales que asegure su efectividad retardadora del fuego.

En su empleo se busca, con frecuencia, una dualidad de función en el producto, que además de proteger contra un posible incendio evite el deterioro del material leñoso inhibiendo la producción de hongos u otros agentes que lo dañen. Si el producto retardante actúa favoreciendo el aumento de la higroscopicidad y, por tanto, el desarrollo de hongos, se hace imprescindible añadir un fungicida.

En algunas mezclas retardantes se emplea el fluoruro sódico (NaF) como biocida, con el fin de proteger la madera.

Un ejemplo de mezcla conteniendo un ignifugante, un biocida, una mezcla tampón y un anticorrosivo podría ser la siguiente:

89,0 % de sulfato amónico $(NH_4)_2SO_4$ (ignifugante)
4,0 % de fluoruro sódico NaF (biocida)
2,5 % de fosfato monoamónico $(NH_4)H_2PO_4$ } (Tampón)
2,5 % de fosfato diamónico $(NH_4)_2HPO_4$ } pH = 7,2
2,0 % de cromato sódico Na_2CrO_4 (anticorrosivo)

En el anexo 2 damos la composición de otras mezclas comerciales para madera en construcción o muebles.

4.2. Retardantes empleados en la lucha contra los incendios forestales

Las mezclas retardantes destinadas a combatir los fuegos en los montes han de reunir, además de las condiciones apuntadas con carácter general, las siguientes:

a) No ser tóxica para la vida vegetal o animal.

b) No esterilizar el suelo durante un largo período.

c) No producir desecación de la vegetación.

d) Deberán adherirse bien a los combustibles que se encuentran en el monte, recubriendo de forma estable las cortezas, troncos, matorral y hojas (coníferas y frondosas).

e) Prevendrán o al menos reducirán la reavivación del fuego, haciéndola en cualquier caso más lenta.

f) Las cantidades de producto seco y preparado (disolución, suspensión o gel) a emplear por unidad de superficie, para lograr una adecuada efectividad, han de ser pequeñas, dado la extensión de las superficies a tratar.

g) No exigirán operaciones complicadas de preparación, dado el medio rural y a la intemperie en que normalmente se realizan.

h) El vehículo de aplicación ha de ser el agua y no serán demasiado sensibles al pH o al contenido mineral de las aguas que se utilicen.

i) No se alterará por los cambios de temperatura normales, ni variará notablemente la viscosidad de la preparación con los cambios térmicos que suceden a lo largo del día.

j) Una vez preparada la disolución o suspensión será estable o podrá ponerse en uso de forma rápida mediante agitación o recirculación.

k) No necesitarán comprobaciones especializadas sobre su posible alteración.

l) No serán abrasivas, corrosivas o erosivas para los depósitos y circuitos hidráulicos de los aviones, coches, motobombas o extintores con los que se utilicen y que normalmente están previamente fabricados sin tener en cuenta la propiedad de los retardantes.

m) Antes de la mezcla podrán almacenarse con facilidad en los envases con que se suministren, no debiendo apelotonarse, formar masa o deteriorarse si se almacenan en lugares secos sin otra protección.

Generalmente los productos comerciales que se fabrican para ser utilizados como retardantes en la lucha contra los incendios forestales están compuestos de la siguiente forma:

a) Un producto químico de actividad retardadora (generalmente difosfato amónico o sulfato amónico, o mezcla de ambos).

b) Un agente espesante o viscosante (los polifosfatos cumplen también esta misión).

c) Un inhibidor de corrosión (depende de los medios con que se utilice: aviones, vehículos, bombas, etc.).

d) Un inhibidor de alteraciones

(evita ataques al producto seco o preparado).

e) Un colorante (permite ver dónde se ha efectuado la aplicación del producto).

En el anexo 3 se reseñan algunos de estos productos comerciales.

ANEXO I

COMPOSICION QUIMICA DE LOS VEGETALES

La composición química de los productos vegetales es extraordinariamente variable y compleja y en muchos casos no está claramente establecida. Los constituyentes principales corresponden a los siguientes grupos:

1.º Carbohidratos.—Los carbohidratos o glúcidos son compuestos formados por carbono, oxígeno e hidrógeno, estos dos últimos en las proporciones del agua (doble número de átomos de hidrógeno que de oxígeno). Funcionalmente son polihidroxi-aldehidos o polihidroxi-cetonas, generalmente cíclicos.

Por su comportamiento en la hidrólisis (separación en otras moléculas más sencillas con adición de H^+ y HO^-) se clasifican en monosacáridos, disacáridos, polisacáridos y glucósidos. Los monosacáridos se denominan ateniéndose al número de carbonos triosas, tetrosas, pentosas, hexosas y heptulosas.

A este grupo pertenecen la celulosa, hemicelulosas y almidón.

2.º Glucósidos o heterósidos.—Son compuestos formados por un sacárido y otras sustancias que no lo son. Estos últimos compuestos obtenidos por hidrólisis de los glucósidos se denominan agluconas o geninas.

3.º Ligninas.—Las ligninas son probablemente el grupo más complejo y menos caracterizado de las sustancias naturales. Esencialmente son polímeros tridimensionales del fenil-propano sustituido; estando unidas las unidades de fenil-propano por enlaces éter y carbono-carbono.

La lignina forma una malla que da rigidez a los productos leñosos al reforzar y mantener la unión de las fibras.

4.º Grasas y aceites.—Son ésteres de ácidos grasos y glicerol. Los primeros son ácidos carboxílicos alifáticos superiores que pueden ser saturados o no (con uno o varios enlaces dobles).

5.º Proteínas. — Las proteínas son sustancias orgánicas nitrogenadas, formadas por unidades de aminoácidos, que se unen entre sí constituyendo los polipéptidos.

a) Aminoácidos: Son sustancias que contienen en sus moléculas un grupo ácido carboxílico y un grupo amino básico; se encuentran en todos los organismos, donde se hallan algunos en estado libre y otros condensados entre sí, formando péptidos y proteínas, de donde se los obtiene por hidrólisis.

b) Polipéptidos: Están formados por cadenas de aminoácidos unidos entre sí a través del grupo carbóxilo de uno con el amino del otro —unión péptidica—. Constituyen un grupo muy importante de sustancias desde el punto de vista fisiológico.

c) Proteínas: Son sustancias orgánicas que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno de alto peso molecular —macromoléculas— que forman la parte esencial del protoplasma celular. Con el agua dan soluciones coloidales.

6.º Resinas. — Son sustancias sólidas amorfas, insolubles en el agua, solubles en alcohol, aceites y alcalis fuertes. Químicamente es un grupo muy heterogéneo de sustancias, en general no nitrogenadas.

7.º Aceites esenciales.—Son líquidos oleosos volátiles a los que deben los aromas característicos las plantas. Formando parte de los aceites esenciales están los terpenos, que son compuestos divisibles en unidades de isopreno

$$(CH_2 = \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}} - CH = CH_2)$$

8.º Taninos. — Son sustancias no nitrogenadas, solubles en agua y alcohol, de sabor astringente, que forman precipitados con las sales metálicas, proteínas y alcaloides. Químicamente son derivados fenólicos unidos por lo general —no siempre— a la glucosa, aunque no pueden ser considerados estrictamente como glucósidos, pues la unión entre la glucosa y el derivado fenólico es de la naturaleza de un éster y no de éter.

9.º Saponinas.—Son glucósidos que forman soluciones acuosas coloidales. Deben su nombre a que forman espuma como los jabones.

10.º Alcaloides. — Son sustancias nitrogenadas básicas y de acción farmacológica potente. Sus propiedades alcalinas se deben a que en presencia de agua adicionan hidrógeno y dan lugar a iones hidróxido.

Componentes de la madera. — Por lo que se refiere a la madera las proporciones de las distintas sustancias que de ellas se obtienen dependen en gran parte de los procedimientos empleados para efectuar su aislamiento y de los reactivos que se utilicen.

De acuerdo con las técnicas generalmente usadas para la separación de los componentes de la madera se consideran tres fracciones químicas mayores, a saber:

		%
a)	Polisacáridos	70
b)	Ligninas	25
c)	Sustan. extractivas ...	5

La fracción c) se aísla tratando la madera, previamente molida, con algún disolvente neutro tal como agua fría, alcohol, benceno, éter y acetona. Los compuestos orgánicos presentes, aunque ninguna especie contiene todos, incluyen carbohi-

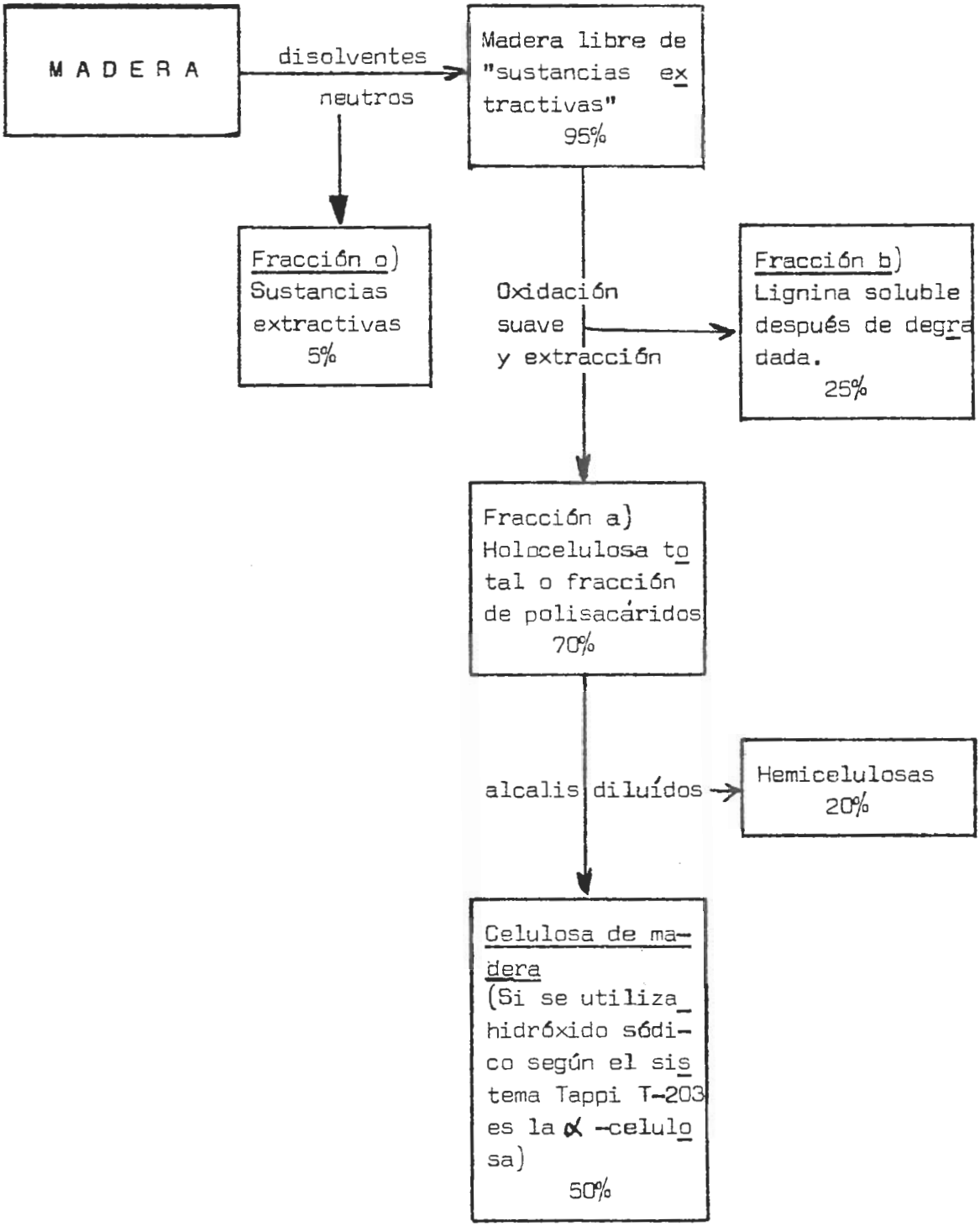


Figura 16.- Esquema de la separación de las fracciones químicas mayores de la madera.

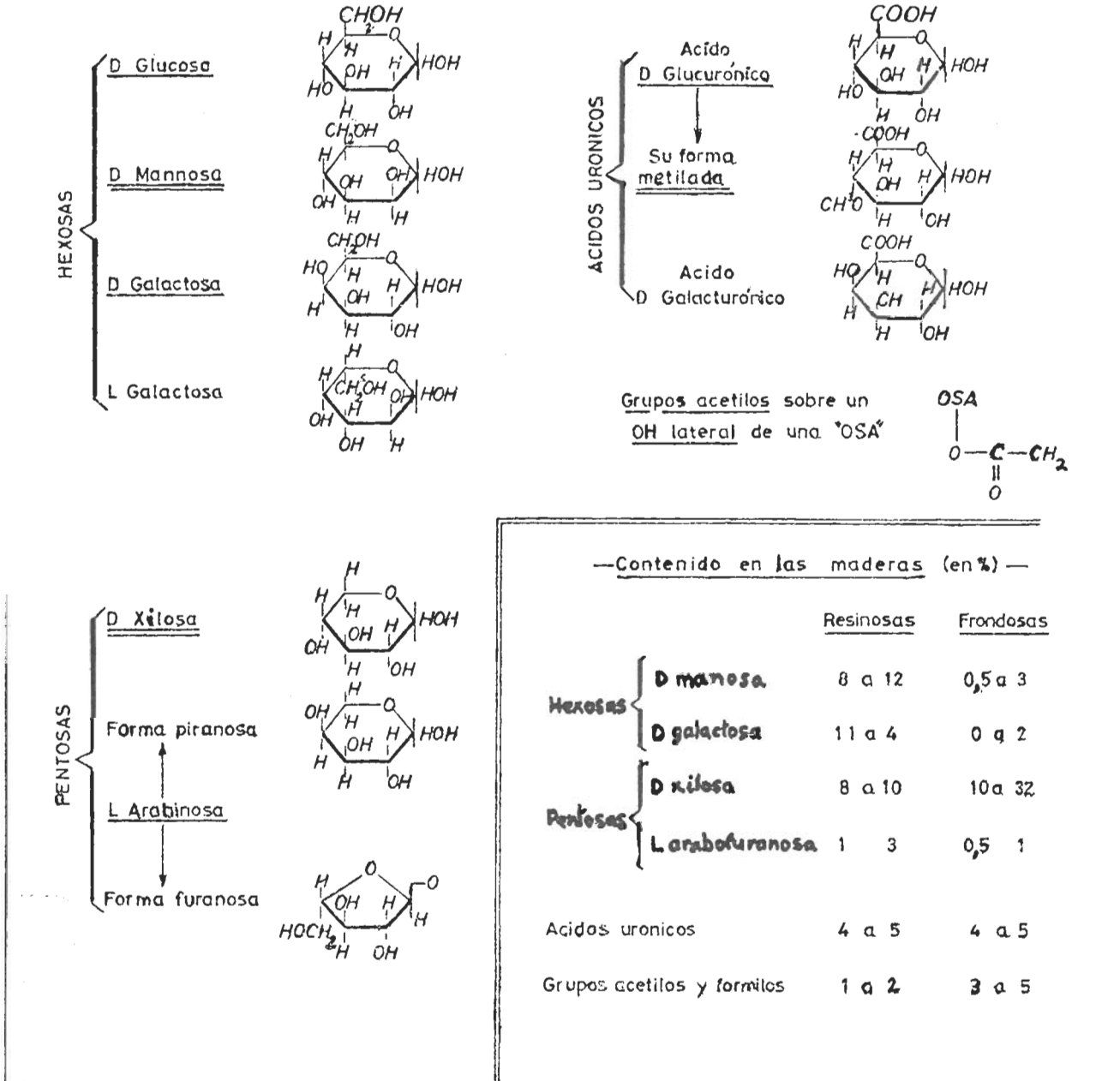


Figura 17.- Principales monosacáridos y ácidos urónicos constituyentes de los polisacáridos de la madera.

dratos de bajo peso molecular, terpenos, ácidos aromáticos y alifáticos, alcoholes, taninos, sustancias colorantes, proteínas, alcaloides, lignanos y ligninas solubles.

Muchos autores agrupan bajo el término general de «sustancias extrañas» la fracción c) más una pequeña suma de sustancias tales como sales inorgánicas (0,5 %) (ejemplo oxalato cálcico) que aparecen como ceniza después de la combustión completa de la madera y otras no pertenecientes a la pared celular tales como almidón, péptinas y proteínas que no son extractibles. Estos componentes extraños, pese a su baja concentración, son los responsables de la resistencia de la madera a los ataques de in-

[Continúa en la página 21]

[Continuación de la página 18]

sectos y hongos, dándoles en cada caso su olor, color y sabor característicos.

Tratando la madera libre de «sustancias extractivas» con ácidos minerales fuertes, seguido de hidrólisis con ácidos diluidos, puede hacerse soluble la fracción a) de polisacáridos, dejando la lignina como residuo insoluble.

Por el contrario, la fracción a) de polisacáridos se puede obtener a partir de la madera libre de «sustancias extractivas», mediante oxidación suave de la lignina hasta el punto que se haga soluble, durante el proceso de aislamiento, dejando un residuo insoluble denominado «holocelulosa».

Cuando la holocelulosa es tratada a temperatura ambiente con solución acuosa diluida de alcalis (por ejemplo, hidróxido sódico al 17,5 % o con hidróxido potásico al 10 y 24 %) el equivalente al 15-30 % del peso inicial de la madera se disuelve. Estos compuestos alcali-solubles son esencialmente la parte no celulósica de los polisacáridos de la madera que se denominan en general hemicelulosas. Las hemicelulosas son mezclas complejas de diferentes polisacáridos de menor peso molecular y cristalinidad que la celulosa.

Los residuos alcali - resistentes después de separar las hemicelulosas dan, como hemos dicho, la holocelulosa que se denomina también celulosa de madera. Cuando el alcali usado es hidróxido sódico al 17 % y las técnicas experimentales son realizadas de acuerdo con el procedimiento Tappi-T-203, la celulosa alcali-resistente obtenida se denomina α-celulosa. Esta α-celulosa es la que se utiliza para la fabricación del rayón y celofán. Hay que destacar que ninguna celulosa alcali-resistente aislada de la made-

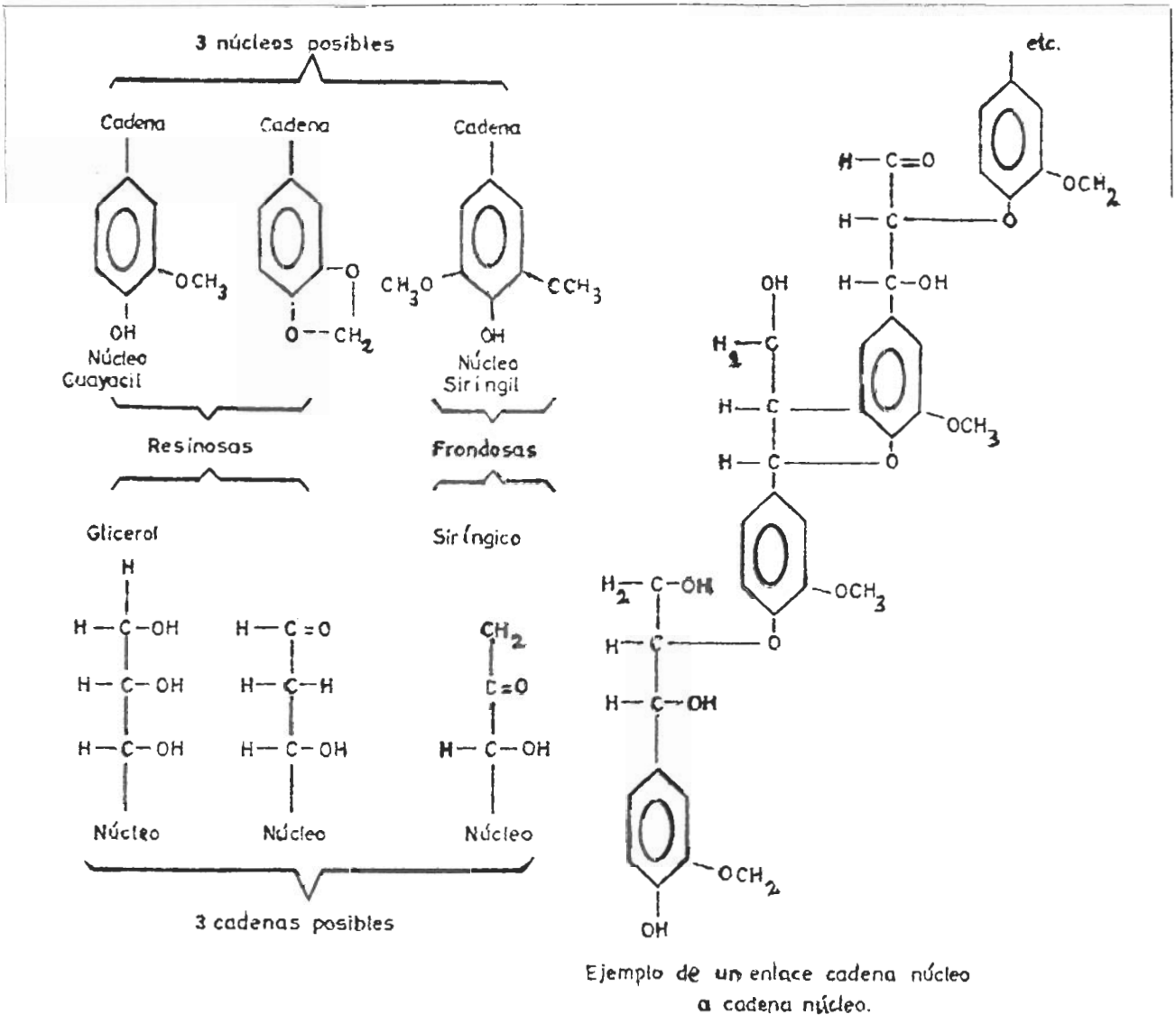


Figura 18.- Componentes de la lignina

ra es celulosa pura y que más de un 15 % de carbohidratos no celulósicos están asociados con la celulosa. En contraste con esto, otras plantas como el algodón tienen más del 98 % de celulosa.

La celulosa es el componente principal de la pared celular de las fibras de la madera y teóricamente por hidrólisis de únicamente el monosacárido D-glucosa (en consecuencia es un polímero de la D-glucosa con uniones 1-4 β). Tiene un peso molecular del orden del medio millón.

Los otros polisacáridos de la madera dan mediante hidrólisis con ácidos diluidos monosacáridos tales como la glucosa, manosa y xilosa, recibiendo en consecuencia los nombres de glucanos, magnanos, xilanos, glucomagnanos, etc.

Las hemicelulosas están compuestas de polisacáridos de cadena más corta y carecen de estructura cristalina.

Para una mejor información sobre la composición química de la madera se pueden consultar, en español, las siguientes obras:

— «Tecnología de la madera y sus aplicaciones».—FRANZ KOLLMAN (Ministerio de Agricultura).

— «Ciencia y Tecnología sobre pulpa y papel».—C. EARL LIBBY (Compañía Editorial Continental, S. A.).

ANEXO II

PRODUCTOS COMERCIALES RETARDADORES DE LA COMBUSTION UTILIZADOS PARA PROTEGER MADERAS EN CONSTRUCCION O MUEBLES

CZC

81,5 %
de cloruro de cinz $ZnCl_2$

18,5 %
de dicromato potásico
$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$

Pyresote (1_1)

35,0 %
de cloruro de cinz $ZnCl_2$

35,0 %
de sulfato amónico $(NH_4)_2SO_4$

25,0 %
de ácido bórico H_3BO_3

5,0 %
de dicromato sódico
$Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$

UMG

33,3 %
de Urea $CO(NH_2)_2$

33,3 %
de fosfato monoamónico
$NH_4H_2PO_4$

33,3 %
de glucosa $C_6H_{12}O_6$

Minalith (1_2)

60,0 %
de sulfato amónico $(NH_4)_2SO_4$

20,0 %
de ácido bórico H_3BO_3

10,0 %
de fosfato diamónico $(NH_4)_2HPO_4$

10,0 %
de tetraborato sódico anhidro
$Na_2B_4O_7$

ANEXO III

RETARDADORES PARA LA LUCHA CONTRA LOS INCENDIOS FORESTALES Y SU UTILIZACION EN ESPAÑA

La posibilidad de utilizar sustancias retardantes del fuego en la lucha contra los incendios en los montes viene estudiándose durante los últimos años por la Sección de Incendios Forestales del ICONA.

A partir del verano de 1970 se ha empleado en los aviones de carga en tierra la bentonita para la carga con agua dulce y la sepiolita cuando se utilizó el agua salada. Estas arcillas, en dispersiones acuosas, mantienen la humedad, como se ha dicho con el consiguiente efecto retardante del fuego a corto plazo.

Se empezó utilizando estas sustancias debido a su bajo coste (1.500 - 2.350 ptas./Tm.), a que son productos nacionales y a su facilidad de manejo.

Otros retardantes a corto plazo como el Gelgard ofrecido por Dow Chenical Ibérica, S. A. y el Tenogum fabricado por Charles Temnart Company y Liad (Canadá) no fueron ensayados por razones económicas, ya que en estos casos los fabricantes no facilitaron muestra de los productos.

El uso experimental de sales amónicas que constituyen la base de los retardantes a largo plazo, se inició con la colaboración de las casas fabricantes de estos productos.

Las firmas con productos acreditados que facilitaron la realización de estas pruebas fueron:

— Sociedad Anónima Cros fabricante de Fire Retarant
10-39-0 - 10-37-0

— Chemonics Industries Ltad. fabricante de Fire-Trol
100 - 931 - 934 - 936

— Monsanto Company fabricante de Phos-Cherk
201 - 202

La compañía Verdiol Internacional fabricante del Verdiol AF-5, que

contiene análogamente fosfato de diamonio, se puso también en contacto con la Sección de Incendios Forestales, pero sin ofrecer la realización de pruebas de sus productos.

Como material previo a la experimentación directa se consultaron las conclusiones obtenidas fuera de España. El centro de experimentación «INTERMOUNTAIN FOREST AND RANGE STATION» del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en su comunicación de marzo de 1973 (USDA Forest Servicie Research Paper INT-134) hace una evaluación de las características de las descargas y modelos de distribución sobre el suelo de los retardantes contra fuegos forestales. En esta publicación se recogen los datos correspondientes a Phos Cherk XA, y al Fire-Trol 100 y al Fire-Trol 931. Una nota anterior de este mismo centro experimental (Research Note INT-138 - junio de 1971), estudiaba las medidas sobre el suelo de la concentración de las sales retardantes en los casos del Phos-Cherk 202 y 202 Xa y 259, de los Fire-Trol (930 - 931 y 100) y del Pyro (11-37-0).

Por lo que se refiere a los productos Fire-Trol, los clasificamos, de acuerdo con lo propuesto en el apartado 1.2. de las Especificaciones de USDA F. S. (Internim Especification 5100-00301 de 10 de febrero de 1969) para los retardantes químicos contra fuegos forestales de aplicación desde aviones, de la siguiente forma:

El Fire-Trol 100 es del Tipo I, ya que incluye como agente viscosante una arcilla (Atapulgita 36 %) y de la clase AS por tener como principio activo el sulfato amónico (62 %). Este producto utiliza además un anticorrosivo (1 %) y un colorante (óxido férrico, 1 %).

Los Fire-Trol 931 - 934 y 936 se clasifican con DAP (fosfato de diamonio).

Fire-Trol 931. Utiliza la misma arcilla, aunque en menor proporción que en el Fire-Trol 100 (4 % frente al 36 %), doble proporción de colorante y como principio activo un polifosfato amónico producto de la Alliad Chenical Company denominado Arcadian Poly-N 10-34-0 (en la proporción del 93 %).

Los Fire-Trol 934 y 936 no utilizan la arcilla como agente viscosante, siendo el primero sin colorante y el segundo con él.

Todos estos productos llevan incorporados, como en el caso del Fire-Trol 100 un anticorrosivo.

El Fire-Trol 934 ensayado en España durante el verano de 1974, ya que en septiembre de 1973 la sociedad CHEMONIES INDUSTRIES, LTD., facilitó a la Sección de Incendios Forestales del ICONA gratuitamente cuatro bidones de este producto.

En los ensayos realizados con el Fire-Trol 934 se mostró eficaz como retardante de la propagación del fuego, si bien presenta los inconvenientes que posteriormente indicamos como comunes de los polifosfatos amónicos.

Por lo que se refiere a los productos de la casa Cros, existe un Plan Concertado de Investigación con dicha Sociedad a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias para «Desarrollo de procesos de obtención y métodos de aplicación de productos retardadores de fuego utilizados en la lucha contra incendios forestales y en el tratamiento de maderas».

Si bien en el momento presente no se dispone del número suficiente de datos directos que permitan valorar con exactitud el efecto retardador sobre el fuego de cada uno de los productos enumerados, se puede decir con carácter general que la aplicación de estas sales amónicas, en especial los polifosfatos, presentan frente a la indudable acción retardadora sobre el fuego, los siguientes inconvenientes para su utilización a largo plazo.

1.° Elevado coste de aplicación debido al precio del producto, forma de aplicación y necesidad de disponer de almacenaje y de una red de distribución.

2.° Carácter aleatorio de la duración de su eficacia, ya que al ser sales solubles en agua su efecto disminuye considerablemente con cualquier precipitación que sobrevenga después de su aplicación.

3.° Dificultad de almacenamiento de los productos, agravado por la fácil alterabilidad de las sales amónicas.

4.° Posibilidad de molestias en los que manejan los productos, en especial en los ojos, mucosas y heridas en la piel.

5.° Corrosión en los depósitos de los vehículos que los transportan, que puede ser más acusada cuando existen defectos en la pintura o revestimiento protector.

6.° Deterioros en la pintura de los vehículos y en las ropas de los operarios, en las que producen acartonamiento.

Utilizados los polifosfatos como retardantes a corto plazo en los trabajos de extinciones mostraron, sin lugar a dudas, una mayor eficacia que el agua natural.

Inconveniente de su utilización son la necesidad de instalación de plantas mezcladoras y la exigencia de cargar en ellas. Presentan, además de los inconvenientes apuntados, los de obligar a dotar a los vehículos de tierra o aviones de elementos mezcladores y a transportar a los lugares de carga depósitos con el retardante. El cuidar de estos dispositivos y el realizar la mezcla antes de efectuar las descargas representó, al menos en la fase experimental, retrasos en su actuación, que mermaron su eficacia.