



# 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios  
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

---

---

7CFE01-369

---

---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017  
**ISBN 978-84-941695-2-6**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Aspectos relativos a retardantes usados en incendios forestales

ESPASA SANCHO, S.<sup>1</sup>; MANS FIBLA, V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Budenheim Ibérica S.L.U.

### Resumen

El empleo de productos retardantes en la lucha contra los incendios forestales, es una herramienta consolidada en los operativos que cuentan con avanzados medios de extinción. Para determinar la funcionalidad de cada producto, los técnicos responsables de la lucha contra incendios, deben de realizar previamente un análisis técnico de todos los aspectos que implica su empleo, como la eficacia, corrosión, impacto ambiental, manejabilidad, necesidades logísticas, etc.

Este trabajo presenta el estado del arte de los principales productos que podemos encontrar, desde el análisis de los procedimientos de evaluación que se aplican en los países más avanzados en su empleo, destacando los factores comunes en todos ellos y que prestaciones podemos esperar.

Elaborando un análisis comparativo, podemos concluir cuales son los parámetros más importantes que deben de ser considerados en la evaluación de un retardante.

### Palabras clave

Retardantes, incendios forestales, aditivos retardantes, extinción, espumógeno, retardantes largo plazo

### Introducción

El uso de aditivos retardantes es común en países con dispositivos de extinción avanzados en los cuales se considera una prioridad aumentar la eficacia y el rendimiento de los medios aéreos y terrestres disponibles en la defensa contra incendios forestales.

Los retardantes son aditivos que incorporados al agua “retardan” el avance del fuego, reduciendo la inflamabilidad de los combustibles o retrasando su combustión <sup>(1,2)</sup>. Se distinguen dos tipos de retardantes, retardantes de corto y de largo plazo. La diferencia entre ellos es la efectividad una vez evaporada el agua que sirve como vehículo de aplicación. La adición de estos retardantes al agua aumenta la eficacia de extinción de la misma.

Los retardantes de largo plazo mantienen su efecto incluso una vez evaporada el agua. Estos productos producen una reacción química que modifica el proceso de combustión de los materiales celulósicos, evitando la formación de llama y dejando un residuo carbonoso no inflamable. Cuando un material celulósico se somete a una fuente de calor, este se piroliza (descomposición del polímero para dar gases volátiles, alcoholes, acetonas, etc.) y los gases emitidos se inflaman formando la llama, que sigue pirolizando el material dando como resultado la propagación del incendio. Sin embargo, cuando estos productos se han depositado sobre la superficie del vegetal, lo que sucede es que el polifosfato amónico (componente principal de este tipo de productos) se descompone en gas amonio y ácido polifosfórico. El ácido polifosfórico deshidrata los grupos hidroxilo del material celulósico, dejando un residuo carbonoso no inflamable de baja conductividad térmica que por un lado aísla al combustible forestal físicamente y por otro lado impide que el oxígeno necesario para que se produzca la combustión llegue hasta el lugar en que se está produciendo la llama. El amoniaco se desprende de la materia vegetal, desplazando al oxígeno, dificultando la propagación del

incendio <sup>(3)</sup>. Como resultado de la combustión de la celulosa se obtiene ácido ortofosfórico. Éste se reconvierte en polifosfórico liberando agua en caso de que la intensidad del fuego aún persista. El ácido polifosfórico sigue la reacción descrita en el segundo paso mientras haya energía que lo active.



Figura 1. Descomposición del polifosfato en presencia de una fuente de calor. Fotografía: Budenheim

La reacción podría resumirse en:

Calor + madera + polifosfato amónico  $\rightarrow$  carbón + vapor de agua + amoníaco

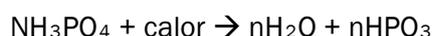
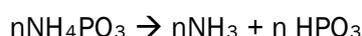


Figura 2. Reacción de la aplicación de retardantes de largo plazo.

Por otro lado, los retardantes de corto plazo son aquellos que mantienen su eficacia mientras haya agua. Una vez que se ha evaporado, el efecto cesa. Entre ellos se encuentran los espumógenos, estos productos no interfieren en la reacción química. La espuma cubre la superficie del combustible sofocando el fuego, separa las llamas o fuente de ignición de la superficie del combustible, enfría el combustible y cualquier superficie metálica adyacente. La capa de espuma suprime o dificulta la liberación de vapores combustibles que se pueden mezclar con el aire e incrementa la humedad relativa momentánea de la zona de aplicación.

### Descripción de características

Una vez definidos los tipos de retardantes y su forma de actuar hemos de ver que propiedades deben cumplir estos productos para determinar la funcionalidad de los mismos.

Como cualquier producto químico, es necesario que este vaya acompañado de la hoja de seguridad de acuerdo al reglamento (CE) N° 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas para asegurarse que los clientes reciben información sobre los peligros, los proveedores de sustancias y mezclas deben velar por que, antes de ser comercializadas, sean etiquetadas y envasadas conforme a dicho reglamento, de acuerdo con la clasificación correspondiente de cada producto. También debe ir acompañado de la hoja técnica donde se describen los principales parámetros físico-químicos y se dan recomendaciones de uso, almacenaje, dosificación de la mezcla óptima, etc.

#### Determinación de parámetros físico-químicos:

Tanto los retardantes de corto plazo como los de largo plazo tienen que cumplir una serie de propiedades físico-químicas para analizar tanto la eficacia, como la manejabilidad y necesidades logísticas. Estas exigencias en las especificaciones están justificadas, ya que los medios de extinción hacen un uso masivo de estos aditivos cuando deben ser aplicados, por lo que su composición, junto con otros parámetros debe de estar regulada para reducir el impacto que pueda tener sobre las zonas aplicadas. Las comunes para ambos tipos de retardantes son:

- Viscosidad (medida física de los fluidos que mide su resistencia a fluir) La influencia de la viscosidad es muy importante, está relacionada con la dispersión del retardante en las descargas aéreas. Para ello es necesario conseguir la viscosidad adecuada del retardante diluido, tal y como se va a utilizar. En fuego de copas de rápida propagación aérea, interesa obtener una máxima retención de retardantes en las copas y ello se consigue con viscosidades altas, por el contrario, en un fuego de monte bajo, interesará repartir al máximo la descarga y conseguir una buena penetrabilidad, necesitando viscosidades bajas. El US Forest Service establece la siguiente clasificación en función de la viscosidad de los retardantes diluidos:

*Tabla 1. Clasificación productos por viscosidad según US Forest Service*

Viscosidad alta	Producto diluido con viscosidad comprendida entre 801 y 1500 centiPoise (cP)
Viscosidad media	Producto diluido con viscosidad comprendida entre 401 y 800 cP
Viscosidad baja	Producto diluido con viscosidad comprendida entre 101 y 400 cP

- pH (medida de acidez o alcalinidad de una disolución) son deseables pH neutros o ligeramente alcalinos. Las viscosidades máximas del producto se obtienen normalmente a pH neutro.
- Densidad (peso de un determinado volumen de mezcla) se trabaja con densidades de producto diluido lo más bajas posible a la hora de aplicar el producto sin sacrificar concentraciones (1.05- 1.1 g/cm<sup>3</sup> para retardantes diluidos de largo plazo y 1 g/cm<sup>3</sup> para los de corto plazo)
- Temperatura de congelación (temperatura a la que una sustancia líquida pasa a encontrarse en estado sólido), es un parámetro importante a la hora de tener el producto almacenado durante el invierno. No hay problema en que el producto se congele a bajas temperaturas, pero es necesario que recupere sus propiedades tras soportar estas temperaturas.

Como se ha comentado la eficacia de los retardantes de largo plazo está directamente relacionada con la cantidad de sales que contienen, normalmente constituidas por sales amónicas del grupo de sulfatos, fosfatos o polifosfatos. En la gráfica de descomposición térmica del sulfato de amonio y fosfato amónico se aprecia claramente que el remanente de peso del sulfato amónico a partir de 300 °C cae rápidamente ya que se libera  $\text{SO}_3$ ; no así el fosfato amónico, cuya curva se prolonga hasta 700 °C siendo mucho más estable térmicamente y por tanto prolongando su eficacia como retardante de fuego<sup>(4)</sup>.

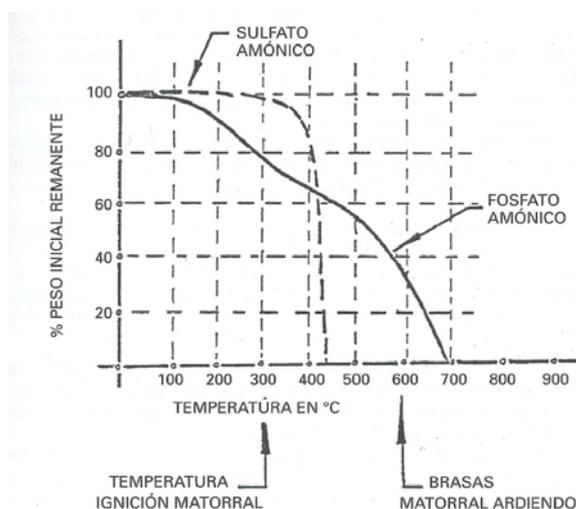


Figura 3. Curva de descomposición térmica del sulfato y fosfatos amónicos.

De esta forma podemos afirmar que el fósforo es el elemento más eficaz como agente ignífugante para el desarrollo y fabricación de los retardantes de largo plazo. La cantidad de fósforo que contiene un retardante se puede expresar como %  $\text{P}_2\text{O}_5$  (anhídrido fosfórico). Entre los retardantes líquidos concentrados, el que puede presentar una mayor concentración de  $\text{P}_2\text{O}_5$  es el polifosfato amónico con un 34% comparado con el fosfato amónico con un máximo del 24%, y por ello se puede utilizar mayor cantidad de agua en las diluciones de aplicación, optimizando costes y eficacia. La eficacia además estará relacionada con la dosis de aplicación ( $\text{l/m}^2$ ), relación de dilución del concentrado con agua. La efectividad de los retardantes de largo plazo está íntimamente relacionada con la concentración del agente químico. Para obtener una adecuada concentración es necesario disponer en la base de preparación de un personal capacitado para esta tarea. La concentración de la sal medida con un refractómetro puede relacionarse con el peso específico del retardante, si la formulación de fabricación permanece constante.

En retardantes de corto plazo se especifican, además, algunos otros parámetros como: la tensión superficial que se puede definir como la manifestación de las fuerzas intermoleculares en los líquidos. Lo que se busca en un espumógeno es que sea capaz de disminuir la tensión superficial del agua para facilitar la deformación y la ruptura mecánica de las burbujas. El tiempo de drenaje es la forma de definir una de las cualidades de la espuma terminada, considerando qué cantidad de la solución de espuma drenará de la masa de espuma expandida, o cuánto tarda en drenar el 25 % de la solución proveniente de la espuma. Una espuma que tiene un tiempo rápido de drenado es normalmente muy fluida. Las espumas con tiempos superiores son menos móviles y fluidas. El coeficiente de expansión es la proporción en la cual se expande una cantidad dada de solución de espuma al constituirse en espuma terminada.

### Corrosión sobre materiales:

La corrosión es un fenómeno complejo que depende del metal en cuestión y de la disolución que se encuentra en contacto con él. Este fenómeno es posible suprimirlo cambiando las características del metal y/o las del medio. La corrosión es un proceso químico de oxidación-reducción, este proceso es función del “potencial” del metal frente a una disolución de sus iones. En general el efecto de corrosión se produce por procesos de carácter electroquímico, aunque no siempre se obtengan pérdidas apreciables de peso. Cuanto mayor es la conductividad eléctrica, mayor es la corrosión. En principio cualquier disolución salina permite más paso de corriente que el agua, por lo que la corrosión de este tipo de disoluciones es en general, mayor que la producida por el agua. Según el aspecto externo, se pueden clasificar las corrosiones en:

- a) Ataque uniforme: frotación de herrumbre, oxidación, empañado, etc.
- b) Picaduras: ataque localizado, debido a distintas velocidades de corrosión en algunas zonas.
- c) Selectiva: caso del latón, etc.
- d) Intergranular: producida en los bordes del grano, en zonas sensibilizadas por la temperatura que temporalmente puedan haber alcanzado, como es el caso de las soldaduras.
- e) Agrietamiento: formación de grietas, cuando el metal está sujeto a tensiones.

La corrosión se modifica por el fenómeno de la polarización, consistente en una alteración del equilibrio entre el metal y la disolución, causada generalmente por la disposición de óxidos en la superficie de aquel. La corrosión de un cierto metal se especifica en milipulgadas por año (mpy), el disminuir esta velocidad de corrosión es función de los inhibidores; la acción de tales sustancias tiene lugar por dos procesos diferentes: por pasivación, mediante sustancias, en general inorgánicas, que desplazan el potencial de corrosión promoviendo en las áreas anódicas densidades de corriente elevadas, siendo solamente aptas aquellas sustancias que se reduzcan con facilidad. Por inhibición, efecto que se consigue mediante la formación de una capa absorbida en la superficie del metal que, en esencia, bloquea la descarga de  $H^+$  y la disolución de iones metálicos.

La corrosión sobre materiales metálicos en cualquier retardante, concentrado o diluido debe de encontrarse dentro de los límites aceptados. Los metales principales de análisis son aluminio y acero, y en menor proporción latón y magnesio; metales empleados en la utilización de retardantes para su almacenaje, transporte y empleo. La corrosión puede minimizarse con la incorporación a las disoluciones, de inhibidores adecuados. El inhibidor no es universal, su actuación depende de la propia disolución y del metal en cuestión que se desee proteger.

*Tabla 2. Valores máximos permitidos (mpy) para retardantes de largo plazo en US Forest Service (5)*

Temperature: °F	2024-T3 Aluminum				4130 Steel				Yellow Brass	Az31B Magnesium			
	Total		Partial		Total		Partial		Partial	Total		Partial	
	70	120	70	120	70	120	70	120	120	70	120	70	120
	-----mils-per-year-----												
<b>Concentrates</b>													
Wet concentrates for fixed-tank helicopters	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Wet concentrates <sup>2</sup> except fixed-tank helicopters	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0				
<b>Mixed Products</b>													
Fixed-tank helicopters <sup>3</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Fixed-wing air tankers <sup>4</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0				
Helicopter bucket and <sup>2</sup> Ground-based application	2.0	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0				

<sup>1</sup> All uniform corrosion rates shall be determined by 90-day weight loss tests. All uniform corrosion rates are the maximum allowable average of all replicates.

<sup>2</sup> Magnesium uniform corrosion tests shall be performed for performance information. Intergranular corrosion tests are not required on aluminum or magnesium.

<sup>3</sup> Intergranular corrosion tests shall be performed on aluminum and magnesium coupons; no intergranular corrosion is allowed.

<sup>4</sup> Intergranular corrosion tests shall be performed on aluminum coupons; no intergranular corrosion is allowed. Magnesium uniform corrosion tests shall be performed for performance information. Intergranular corrosion tests are not required on magnesium.

### Abrasión:

Determinados retardantes forestales, pueden producir cierto efecto erosivo o de abrasión como consecuencia de su movimiento a través de tuberías, mangueras, lanzas, válvulas y bomba de impulsión. Cuando se utilizan disoluciones de polifosfato amónico el producto mantiene en suspensión partículas coloidales blandas, de unas treinta micras de dimensión máxima y que, por sus características, no realizan efecto alguno de abrasión en cualquiera de los elementos mencionados anteriormente.

### Toxicidad:

El empleo del concentrado y principalmente de las disoluciones no debe producir ningún efecto perjudicial para la salud humana y no debe tener riesgo de impacto ambiental.

La alta concentración de sales de estos productos puede provocar escozor si entra en contacto con piel, ojos o mucosas por medio de las descargas aéreas, o en las zonas de mezcla y carga. Este escozor desaparecerá una vez lavada con agua la zona afectada. El impacto de los retardantes sobre la vegetación puede tener un efecto beneficioso debido al alto nivel de fertilizantes de estos productos, de hecho, este alto nivel puede generar una excesiva fertilización puntual. El contacto directo de los retardantes con animales no tiene efectos importantes debido a que el estrés que causa el propio incendio hace que la mayoría de animales abandonen estas zonas. Pero aun así hay que considerar la ecotoxicidad del agente retardante sobre la fauna en casos determinados, por ejemplo, si alguna descarga pueda caer en pozos dedicados a abastecer de agua a animales, etc. (6).

Los valores exigidos y que son necesarios realizar por organismos acreditados son los siguientes:

*Tabla 3. Métodos de toxicidad exigidos en Europa y USA.*

Método de ensayo	Legislación europea	Legislación USA	Resultado
Test toxicidad oral en mamíferos	OCDE 423	OPPTS 870.1100	No tóxico
Test toxicidad dérmica en mamíferos	OCDE 402	OPPTS 870.1200	No irritante ni corrosivo
Irritación ocular en mamíferos	OCDE 405	OPPTS 870.2400	No irritante
Irritación dérmica en mamíferos	OCDE 404	OPPTS 270.2500	No irritante ni corrosivo
Test toxicidad acuática	OCDE 202	OPPTS 850.1075	No tóxico en sus condiciones de uso

#### Efectos sobre la vegetación:

Cualquier disolución fertilizante puede “quemar” la vegetación si se aplica en exceso y permanece en el lugar durante varios días e incluso horas. Una dosis excesiva, puede además resultar perjudicial para las plantas, si éstas realizan una absorción demasiado rápida a través de los sistemas radicales. No obstante, esto es más teórico que práctico y ha sido observado raramente, por lo que no representa un problema significativo.

#### Ensayo de determinación de la eficacia ante el fuego:

En España este ensayo se realiza en el INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria). Se determina a través de una experiencia que no tiene como objetivo reproducir las condiciones de un fuego real, tanto en lo que se refiere a las dimensiones como a la energía desprendida, sino analizar el efecto que origina la adición de un retardante, a las dosis y concentraciones usadas habitualmente, en la combustión del combustible forestal, y su comparación con el efecto del agua (7). El ensayo se realiza en una mesa de quemas con seguimiento gravimétrico y se efectúa un registro continuo de la pérdida de peso del combustible a lo largo de la combustión. Los datos registrados permiten trazar la curva de variación de peso a lo largo del tiempo de duración del ensayo, en las que se diferencian las sucesivas fases de combustión. La curva obtenida se compara con curva testigo realizada solamente con agua. Se debe verificar que el producto retardante entra dentro de los parámetros de eficacia deseados, obteniéndose una clasificación de 0-1 en porcentaje de peso consumido para la dosificación recomendada.

Tabla 4. Clasificación de la eficacia de los retardantes

PESO CONSUMIDO EN LA ZONA TRATADA	CLASIFICACIÓN
0 - 20%	0
20 - 40%	1
40 - 60%	2
60 - 80%	3
80 - 100%	4



Figura 3. Bandeja de quemado tras test de eficacia INIA. Fotografía: Budenheim

En Francia el método utilizado es similar al de España y se realiza por el CEREN (Centre d'Essais et de Recherche) y en USA el método realizado por el US Forest Service difiere más de los anteriores, la eficacia está relacionada con el contenido de fósforo de la muestra. Si la dilución no llega al 8% de P2O5 será necesario realizar un ensayo frente al fuego con diferentes lechos de materiales donde se compara con una disolución de DAP en vez de con agua.



Figura 4. Bandeja de quemado test de eficacia CEREN. Fotografía: CEREN

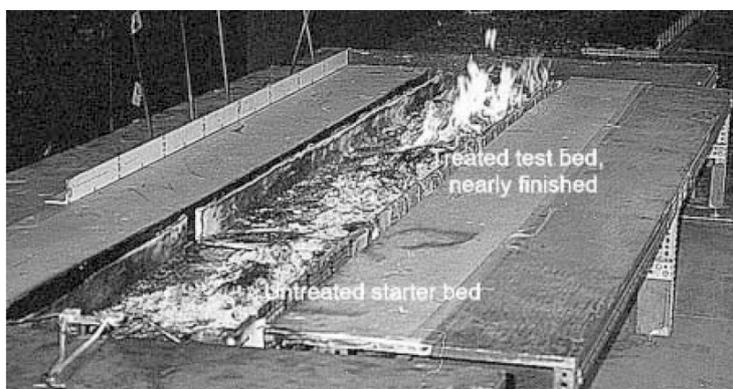


Figura 5. Bandeja de quemado test de eficacia US Forest Service. Fotografía: Forest Service

### Coloración:

El producto listo para uso debe presentar un color vivo en base a pigmentos de óxido férrico pardo rojizo a fin de poder visualizar claramente, desde los medios aéreos, la vegetación afectada por la descarga. En los últimos años se están desarrollando avances en la búsqueda de este tipo de aditivos en el sentido de utilizar pigmentos sensibles a la luz solar y de esta forma desaparece el color a las semanas de aplicación.

### ***Metodología de control de retardantes forestales en las bases***

Cerca de 40.000 Tm de retardantes forestales son usados cada año en la lucha contra los incendios, por ello son muy importantes la calidad de los mismos y un eficaz control. Una vez conocidas las características que deben cumplir dichos retardantes, es importante definir una metodología de control del producto en las bases. Los retardantes están formulados y preparados para maximizar el rendimiento táctico y la rentabilidad en la extinción. Un mal control de los productos y las mezclas en las bases pueden generar problemas de calidad en el producto y se pueden llegar a crear situaciones de peligro para el personal de extinción cuando se realiza un mal uso del ratio de mezclado (8).

Las hojas técnicas del producto y los comerciales proporcionan los ratios de mezcla adecuados para cada tipo de producto. Con estos ratios se garantizan las mejores propiedades para la efectividad del producto. Una desviación de los valores dados en contenido de sales o viscosidad pueden generar problemas de mezclado o de estabilidad del producto, pudiendo producir problemas de efectividad en las operaciones.

El uso de productos estándar y consistentes permite al personal de extinción experimentado anticipar el rendimiento de retardantes específicos y ajustar la estrategia de control de incendios. Si el retardante no actúa de la manera esperada, esa estrategia puede fallar.

Como se ha comentado en las características del producto, el contenido de sales está directamente relacionado con la eficacia del producto, con la capacidad de retardar la combustión. Como la eficacia del retardante diluido depende de la concentración de sales, es importante mantener este contenido en todas las aplicaciones sin sobrepasar los límites marcados. En las bases se pueden utilizar diferentes métodos para relacionar el contenido de sales con la eficacia del producto, entre ello se encuentra la utilización de un refractómetro de mano, medida del peso específico o la utilización de un densímetro. El método más rápido y eficaz es la utilización del refractómetro (foto) para las operaciones de carga. Además de ser el método más rápido no necesita correcciones por temperatura en la mayoría de los casos.

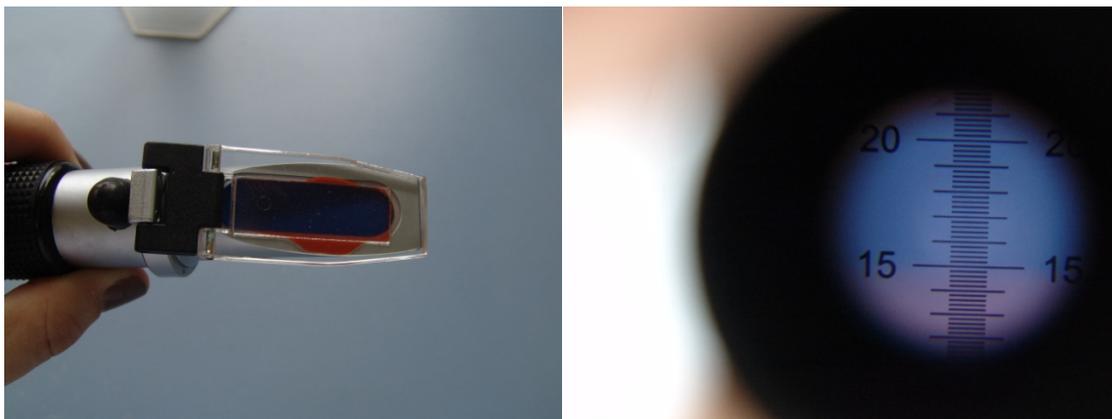


Figura 6. Refractómetro utilizado para determinación de concentración de sales. Fotografía: Budenheim

Los refractómetros son equipos que usan escalas arbitrarias que pueden ser diferentes según el tipo de instrumento. Por tanto, los valores aceptables serán dados para un instrumento determinado. El fabricante de retardante proporcionará una tabla de conversión para determinar el contenido de sales del producto diluido.

Otro factor importante de controlar es la viscosidad y la elasticidad del retardante diluido ya que tiene un gran impacto sobre las características de las descargas. Estos factores determinan la habilidad de un retardante para mantener intacta la masa del mismo durante las descargas y afecta a cómo el retardante se deposita sobre combustibles o sobre el suelo. Poca elasticidad proporciona poca resistencia a la ruptura de la descarga, esto da lugar a una descarga en forma de niebla, con pequeñas gotas. De esta forma volúmenes más bajos de retardante se extienden sobre una mayor cantidad de área. Esta viscosidad es más complicada de medir en campo y se suele medir únicamente con productos con una alta viscosidad del diluido. El método utilizado para determinar la viscosidad es el del embudo que consiste en calcular el tiempo que tarda en vaciarse un embudo con una cantidad determinada de retardante. El proveedor de retardante proporciona tablas donde se relacionan las viscosidades con tiempos de vaciado para un determinado embudo. Como ya se ha comentado la efectividad del retardante depende también en gran medida con la dosis de aplicación ( $l/m^2$ ), esta dosis aparte de con la viscosidad del producto se puede modificar según el tipo de descarga realizada desde los medios aéreos.

Un producto mal diluido puede provocar diferentes problemas. Si no contiene la cantidad suficiente de agua, el producto está más concentrado de lo recomendado, contiene un exceso de sales y el coste por litro utilizado es mayor del deseado, la viscosidad será más alta de la recomendada para este producto, presentará características anormales en las descargas. Si, por el contrario, contiene mayor cantidad de agua, el retardante no tendrá la efectividad deseada porque el contenido de sales será menor del recomendado, la viscosidad será menor de la deseada y tendrá una gran evaporación y una mayor dispersión por el viento durante las descargas.

Estos problemas se pueden evitar sabiendo que el producto almacenado tiene la concentración necesaria y realizando correctamente las operaciones de carga de aviones en las bases. Ante cualquier duda lo mejor es coger una muestra de producto y ponerse en contacto con el proveedor para determinar si está operando de la manera correcta y plantear las medidas de corrección necesarias.

## Conclusiones

Solo un retardante forestal, puede constituir una barrera cortafuegos ya que con agua sola es imposible, puesto que una gran parte llega a evaporarse antes de que el fuego alcance el área tratada. Para que un retardante sea eficaz, deber ser mezclado en su relación correcta cuando se desea aplicar al combustible y la cantidad utilizada no debe ser inferior a la mínima recomendada.

Como conclusiones podemos definir en que coinciden los pliegos técnicos en España:

- Hay homogeneidad en solicitar productos de largo plazo constituidos por polifosfatos y en algunos, se menciona la viscosidad.
- Hay homogeneidad en requerir concentrados líquidos frente a productos sólidos que deben de pre-diluirse.
- Hay acuerdo en que deben de incorporar un pigmento colorante, ser poco corrosivos o contener un inhibidor de corrosión, y que deben de tener baja toxicidad (cumpliendo los valores descritos en los apartados anteriores).
- En algunos se especifica que deben ser libres de ferrocianuro.
- No se requiere un contenido en fósforo determinado, pero si la relación de dilución recomendada por el proveedor. En algunos se determina que una mayor concentración de P significa una mayor efectividad (resistencia a arder del material).
- Viscosidad: es un elemento clave a la hora de dotar a la mezcla final de las características adecuadas para aumentar su efectividad (patrón de descarga adecuado), en general no se determina un rango.
- Corrosión no se determina una metodología de ensayo o las aleaciones a ensayar. Se recomienda sin embargo informes de laboratorios reconocidos.
- Ensayo de eficacia: se suele solicitar un ensayo de eficacia ante el fuego, generalmente realizado por INIA. Estos ensayos en la mayoría de los casos son valorativos, pero no excluyentes. La menor pérdida de peso corresponde al retardante más eficaz.

## Bibliografía

- (1) CAAMAÑO, J. et cols.; 2014. Operaciones aéreas en incendios forestales. Pau Costa Foundation.
- (2) Missoula Technology and Development Center (MTDC); 2016; Introduction to Wildland Fire Chemicals. USDA Forest Service
- (3) DÍAZ, D., CAMPOS, J.M., MUÑOZ, F.; Desarrollo de retardantes de llama de efecto prolongado para uso forestal. En Ingeniería química, N° 437, 2006, págs. 87-102
- (4) VÉLEZ, R.; 2009. La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias. McGraw Hill.
- (5) USDA FOREST SERVICE; 2007; Specification for long term retardant, forest fire aircraft or ground application (5100-304 c). USDA Forest Service

- (6) HERNANDO, C; GUIJARRO, M; MADRIGAL, J; Metodología para la determinación en laboratorio de la eficacia de los retardantes utilizados en la extinción de incendios forestales. En Montes, N°96, 2009, págs. 33-38
  
- (7) GIMÉNEZ A., et al. 2004. Long-term forest fire retardants: a review of quality, effectiveness, application and environmental considerations. In International Journal of Wildland Fire N° 13, 2004, 1-15.
  
- (8) NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP; 2000; Lot acceptance, quality assurance, and field quality control for fire retardant chemicals. USDA Forest Service