

## Extintores de fuego

Un incendio, desde el punto de vista químico, es una reacción de oxidación en donde intervienen procesos por radicales libres. Para apagar incendios se diseñaron productos capaces de destruir los intermediarios radicales, detener así el proceso de combustión y extinguir el incendio.

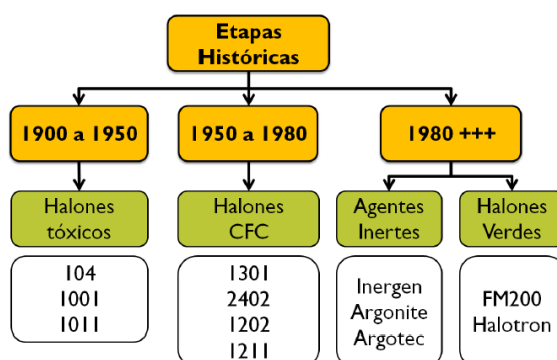
Para entender en profundidad a los agentes halogenados hay que hacer un repaso por su historia que nace antes del 1900 y se extiende hasta la actualidad.

El primer compuesto químico de esta familia fue el tetracloruro de carbono, denominado **Halón 104**, cuyo uso como agente extintor se remonta probablemente a antes de 1900 y en 1910 se utilizaba en extintores portátiles de incendios.

En 1917 se discutían ya los posibles efectos que el tetracloruro de carbono podría tener sobre el cuerpo humano. En 1919 se produjeron las primeras muertes por tetracloruro de carbono de las que se tenga noticia.

A finales de 1920 se descubrió el **bromuro de metilo (Halón 1001)**, que fue adquiriendo cada vez mayor popularidad. Sin embargo, debido a su alta toxicidad no se utilizó mucho en los extintores portátiles, aunque sí en los buques y aviones británicos y alemanes durante la Segunda Guerra Mundial.

En esta época, Alemania desarrolló el **clorobromometano (Halón 1011)** como sustituto del bromuro de metilo. En 1947, un informe de Underwriters Laboratories Inc. (UL) demostró que la toxicidad del tetracloruro de carbono era similar a la del Halón 1011, pero éste era un agente extintor más eficaz.



Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, con el añadido de estearatos a productos químicos secos a base de bicarbonato sódico, se consiguió una mejor fluidez y mayor rechazo de la humedad que la que tenían los productos químicos a base únicamente de bicarbonato sódico. Esto a su vez animó a usar extintores portátiles con productos químicos secos como alternativa a los líquidos evaporados, como los halones.

En **1947**, la Fundación de Investigaciones Purdue llevó a cabo una evaluación sistemática de más de 60 nuevos agentes extintores. Simultáneamente, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU.

realizaba estudios toxicológicos de estos primeros agentes. Como resultado de estas investigaciones, se seleccionaron cuatro halones para su estudio más en profundidad:

- Dibromodifluorometano (Halón 1202).
- Bromoclorodifluorometano (Halón 1211).
- Bromotrifluorometano (Halón 1301).
- Dibromotetrafluoroetano (Halón 2402).

Nro.	1	2	3	4	5
Nro. de átomos de	Carbono	Flúor	Cloro	Bromo	Yodo

Nombre Químico	Fórmula	Nro. de Halón
Bromuro de metilo	CH <sub>3</sub> Br	1001
Ioduro de metilo	CH <sub>3</sub> I	10001
Bromoclorometano	BrCH <sub>2</sub> Cl	1011
Dibromodifluorometano	Br <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>	1202
Bromoclorodifluorometano	BrClCF <sub>2</sub>	1211
Bromotrifluorometano	BrCF <sub>3</sub>	1301
Dibromotetrafluoroetano	Br <sub>2</sub> C <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	2402

Las pruebas demostraron que el extintor más eficaz era el Halón 1202, pero también era el más tóxico. El menos tóxico era el Halón 1301, que, además, era el segundo en eficacia en la extinción del fuego. El resultado directo de este programa fue que se desarrolló un extintor portátil a base de Halón 1301, principalmente para utilizarlo en el interior de los tanques y vehículos blindados. La Fuerza Aérea de los EE.UU. eligió el Halón 1202 para los extintores de los aviones y la Administración Federal de Aviación aprobó el uso del Halón 1301 en los extintores de los aviones comerciales.

TABLA 10: Agentes extintores para extintores portátiles aceptados bajo el programa SNAP de la EPA

	AGENTE	FÓRMULA	NOMBRE	NOMBRES COMERCIALES
Gases Halogenados	HCFC Mezcla B	HCFC-123 + 2 comp.		Halotron I
	HCFC-123	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Diclorotrifluoroetano	FE-232
	FC-5-1-14	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	Perfluorhexano	CEA-614
	HCFC Mezcla C	55% HCFC-123 31% HFC-124 10% HFC-134a 4% D-limoneno		NAF P-III
	HCFC Mezcla D	HCFC-123 + 1 aditivo		Blitz III
	HCFC Mezcla E	90% HCFC-123 8% HFC-125 2% D-limoneno		NAF P-IV
	HCFC-124	CHClF <sub>2</sub>	Clorotetrafluoroetano	FE-241
	FIC-1311	CF <sub>3</sub> I	Trifluoroiodometano	Triodide
	HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	Heptafluoropropano	FM-200, FE-227
	HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Hexafluoropropano	FE-36

**TABLA 9: Agentes extintores para sistemas de inundación total aceptados bajo el programa SNAP de la EPA**

	AGENTE	FÓRMULA	NOMBRE	NOMBRES COMERCIALES	
Gases Inertes	IG-01	Ar	Argón	Argotec Arqonfire Favourite	
	IG-55	50% N <sub>2</sub>	Nitrógeno	Argonite	
		50% Ar	Argón		
	IG-100	N <sub>2</sub>	Nitrógeno	NN100	
		52% N <sub>2</sub>	Nitrógeno		
IG-541	40% Ar	Argón	Inergen		
	8% CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono			
Gases Halogenados	HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	Heptafluoropropano	FM-200, FE-227	
	HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Pentafluoroetano	FE-25	
	HFC-23	CHF <sub>3</sub>	Trifluorometano	FE-13	
	HCFC-124	CHClFCF <sub>3</sub>	Clorotetrafluoroetano	FE-241	
	HCFC Mezcla A	4,75% HCFC-123			NAF S-III
		82% HCFC-22			
		9,5% HCFC-124			
		3,75% Isopropenyl-1-metilci-clohexano			
	HFC-134a	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	Tetrafluoroetano		
	HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	Clorodifluorometano		
	HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Hexafluoropropano	FE-36	
	FC-2-1-8	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	Perfluoropropano	CEA-308	
	FC-3-1-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	Perfluorobutano	CEA-410	
	FIC-1311	CF <sub>3</sub> I	Trifluoroiodometano	Triodide	
	FS 49 C2	HFC-134a + 2 comp.	Dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona	Halotron II	
C6-fluorocetona	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O)CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		Novec 1230		
H FC227-BC	HFC-227ea NaHCO <sub>3</sub>				

### Mecanismo de extinción

Se cree que el proceso de combustión involucra radicales libres. Cuando los enlaces simples en el compuesto orgánico se someten a calor excesivo, se producen rupturas homolíticas de enlaces para producir radicales que luego reaccionan con oxígeno molecular en una reacción de acoplamiento. Continúan una serie de reacciones en cadena de radicales hasta que la mayoría de los enlaces C-C y C-H se han roto para producir dióxido de carbono y agua. Para que este proceso en cadena continúe, un incendio necesita tres ingredientes esenciales: combustible (como la madera, que está compuesta de componentes orgánicos), oxígeno y calor. Para extinguir un incendio, debe privarse al fuego de al menos uno de estos tres ingredientes. Alternativamente debe hallarse una forma de detener la reacción en cadena de radicales mediante la destrucción de los intermediarios radicales.

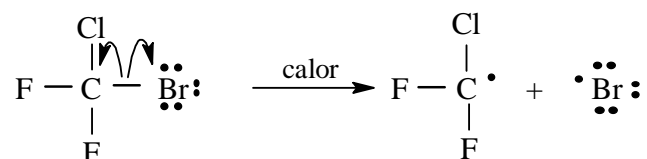
Los agentes extintores pueden trabajar de 4 modos

- Por enfriamiento, disminuyendo la cantidad de calor.
- Por sofocación, aislando el combustible del comburente.
- Inhibidores de la reacción de combustión.
- Eliminación o degradación del combustible.

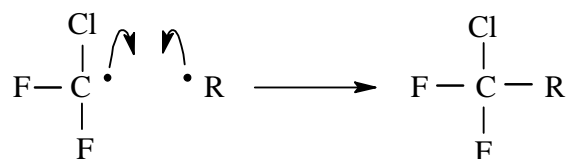
Pueden utilizarse muchos reactivos para extinguir un incendio. Los ejemplos comunes que se encuentran en muchos extintores de fuego pequeños son dióxido de carbono (denominados de nieve carbonica, los cuales son los más comunes y los mejores, actúan por sofocación), agua (extrae calor del fuego evaporándose gracias a su gran calor latente) y argón.

Los reactivos más poderosos para los extintores se denominan halones, debido a que son compuestos orgánicos que contienen átomos de halógeno. Estos compuestos suelen ser CFC o BFC. Los halones son extremadamente eficaces, debido a que son matafuegos en tres formas diferentes:

1. Los halones son gases, por lo tanto, una descarga súbita de un gas halón privará al fuego de oxígeno.
2. Los halones absorben calor para experimentar ruptura homolítica de enlace



3. La ruptura homolítica de enlace da como resultado la formación de radicales libres, que pueden acoplarse con los radicales que participan en la reacción en cadena y terminar así el proceso. Es decir, son captadores de radicales libres.



En síntesis, los halones son capaces de acelerar la velocidad de los pasos de terminación de manera tal que compiten con los pasos de propagación.

Por todas estas razones, los halones son extremadamente efectivos como agentes extintores y se han utilizado en gran medida en las últimas tres décadas. Los halones también tienen el beneficio adicional de no dejar residuos después de ser usados, hecho que los torna particularmente útiles para combatir incendios que involucran equipamiento electrónico o documentos. Desafortunadamente los halones contribuyen al agotamiento del ozono y su producción está prohibida en la actualidad por el Protocolo de Montreal. La prohibición sólo se aplica a la

Universidad Nacional de Cuyo

Facultad de Ingeniería

*QUÍMICA ORGÁNICA - 2017 -*

producción y aún está permitido el uso de reservas de gases halón. Estas reservas se han destinado para el uso en situaciones especiales que involucran equipamiento sensible, como en los aviones o en salas de control. Para toda otra situación, los gases halones se han reemplazado con gases alternativos que no contribuyen al agotamiento del ozono, pero son menos eficaces como extintores. Un ejemplo es el denominado FM-200, un halón que no atenta contra el medio ambiente ni supone ningún riesgo sobre las personas.