

# La química de los incendios

David Garcés Lasheras

[garceslasherasdavid@gmail.com](mailto:garceslasherasdavid@gmail.com)

Uno de los objetivos de este trabajo es dar a conocer cómo se producen las reacciones químicas en un incendio y realizar experimentos para visualizar dichos fenómenos. Al final lo que se quiere es transmitir cómo se debe actuar si nos ocurre un incendio en nuestra vivienda.

Por ejemplo: las personas generalmente tienen conocimientos sobre cómo se origina el fuego, aunque cómo extinguir un incendio, es más infrecuente. Desafortunadamente, no todas las ideas de extinción están ordenadas en el tiempo de “actuación”.

## Introducción

Las estadísticas señalan que en los últimos tres años ha habido los siguientes incendios a nivel nacional<sup>1</sup>:

Año	N.º de Incendios
2016	122.801
2017	133.851
2018	188.892

Quizás los números sean fríos y como ocurre en los accidentes de tráfico, y nuestros pensamientos o creencias pueden llevarnos a considerar que “*eso les ocurre a otros, que nosotros estamos exentos*”. Y estamos ante una falsa creencia.

Si nos centramos en el número de víctimas, los datos son los siguientes:

Año	N.º Víctimas
2016	175
2017	212
2018	123

Aquí podemos analizar los datos desde diferentes perspectivas, ver que el número de víctimas ha descendido desde el año 2017 al 2018, o que el “*precio pagado*” es

---

<sup>1</sup> Se pueden consultar en la Fundación Mapfre, que junto con la Asociación Profesional de Técnicos de Bomberos (APTB) realizan las estadísticas anualmente.  
[https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es\\_es/images/informe-victimas-incendios-espana-2018\\_tcm1069-574873.pdf](https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/images/informe-victimas-incendios-espana-2018_tcm1069-574873.pdf)

demasiado elevado año tras año. En el caso de ser optimistas *¿realmente podemos decir que “únicamente” ha habido 123 fallecidos”?*

Si preguntamos cuál sería la cifra aceptable a un familiar de una persona fallecida por un incendio o si pensamos en nosotros mismos y en la posibilidad de que un allegado nuestro fallezca en un incendio. **La única respuesta acertada y aceptable sería “cero” fallecidos en incendios.**

*¿Y cómo podemos alcanzar el “objetivo cero víctimas graves y mortales por incendios”?*

Se puede alcanzar con las medidas que se están poniendo en práctica, aunque en ocasiones los resultados no se materialicen a corto plazo. Diferentes asociaciones, fundaciones y servicios de emergencias realizan campañas de prevención<sup>2</sup> y concienciación.

Es muy necesario ampliarla a todos los sectores de la población y aquí puede entrar y ampliar el efecto multiplicador con la implicación del **Sector Educativo**, centrándonos en los jóvenes que son los actores del cambio futuro.

En los Centros Educativos, de cualquier nivel, se enseñan muchas materias necesarias para el desarrollo personal y profesional de los niños y jóvenes. Y por qué no enseñamos también la “*química del fuego*”, como se producen las combustiones y sus efectos. Realizando prácticas con experimentos sencillos, y a la vez integramos un paso más de cómo podemos prevenir y actuar en caso de incendio.

En general nos centramos en los conceptos teóricos, y nos olvidamos de los prácticos en el caso de incendios. Por ejemplo, el saber qué tenemos que hacer en caso de incendio en nuestra vivienda es el objetivo principal (salvar la vida) y el secundario el desarrollo de la formulación de la reacción química, que también tiene su importancia.

Hay una máxima en el mundo de los bomberos “*el mejor incendio es el que no se produce*”. Y esto sólo se consigue con formación e información en materia de prevención a toda la ciudadanía, y como hemos comentado incidiendo en los jóvenes.

*¿Te imaginas tu vehículo sin cinturón de seguridad?* Nos han inculcado que reduce a la mitad la probabilidad de lesiones graves y mortales en caso de choque, por lo tanto, es vital su utilización.

Pues en el caso de los incendios, “*el cinturón*” que nos salva la vida se llama “**detector de incendios**” que, instalado en las viviendas,<sup>3</sup> nos alertará en cualquier momento del día o de la noche de la presencia de un incendio. Desgraciadamente, este aspecto preventivo, son pocos los hogares que tienen instalado uno. Y por si queda alguna excusa, decir que son económicos y fáciles de instalar. Resumiendo, que la solución está en nuestras “manos”.

---

<sup>2</sup> La semana de la Prevención de Incendios en colaboración la APTB y los Servicios de bomberos de 35 ciudades en España y con cuerpos de bomberos de otros 9 países en Latinoamérica, ha cumplido en 2019 su 14º aniversario, llegando cada año a cientos de miles de personas.

<sup>3</sup> Aparato que cuesta poco tiempo instalarlo y además son económicos. Con ellos, contamos con un “vigilante” los 365 días del año, las 24 horas. Realmente no podemos entender por qué en nuestro hogar y cuando hablamos de incendios “viajamos sin el cinturón de seguridad abrochado”. La Fundación MAPFRE, APTB y Servicios de Bomberos trabajan, año tras año, en campañas para concienciar y educar a los colectivos más expuestos y a la población en general, para que se cree una sensibilidad sobre la gravedad de estos sucesos, sobre cómo se pueden prevenir (con la instalación de detectores) y, en su caso, cómo responder adecuadamente ante un incendio. Generalmente nos fijamos en otros países europeos, estos ya lo han asumido y han legislado exigiendo su obligatoriedad en todas las viviendas.

## ¿Qué es exactamente el fuego y cuánta ciencia encierra en su interior?

En concreto es una reacción de oxidación muy violenta y exotérmica que denominamos combustión. La combustión, científicamente hablando, es una reacción redox<sup>4</sup> que tiene dos ingredientes básicos que, en este caso y para “liarla” todavía más, reciben nombres que no son oxidante y reductor, sino comburente y combustible.

El combustible es el material que se quema, lo que arde, lo que se oxida. Por ejemplo: en nuestros vehículos es la gasolina y en los incendios la madera, plásticos, gases combustibles, etc.

Los combustibles suelen ser ricos en carbono (C) e hidrógeno (H). Los enlaces químicos de los combustibles son muy fuertes y almacenan una gran cantidad de energía. Cuando se queman, estos enlaces se rompen, y la energía se libera en forma de calor. Esto es lo que los científicos denominan una reacción exotérmica (desprende calor).

Por lo tanto, podemos definir que un fuego o un incendio *es el resultado de una reacción química entre un combustible y el comburente (oxígeno), que para que se inicie precisa de un aporte de energía (calor). Y la reacción, a su vez, genera unos productos de combustión junto con una gran cantidad calor”*

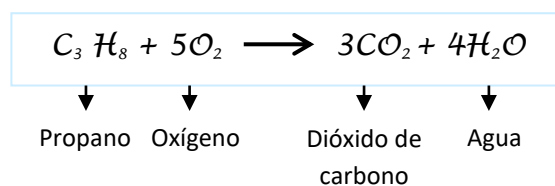
Simplificando más esquemáticamente, **el fuego** se produce cuando coinciden simultáneamente: en el tiempo, en el espacio y en unas condiciones específicas, los tres factores anteriores:

- Una materia **combustible** (sólido, líquido o gas).
- Un **comburente**, normalmente el oxígeno del aire.
- Calor suficiente, que aporta la **energía** necesaria para activar la reacción.



Representación gráfica del triángulo del fuego

Por citar un ejemplo, con un combustible gaseoso, la reacción de combustión del **propano** sería:



<sup>4</sup> ¿Qué son las reacciones redox? En química, son reacciones óxido-reducción o reacciones reducción-oxidación, a toda reacción química en la que ocurre un intercambio de electrones entre los átomos o moléculas involucrados. Ese intercambio se refleja en el cambio de estado de oxidación de los reactivos. El reactivo que cede electrones experimenta oxidación y el que los recibe, reducción. Fuente: <https://concepto.de/reacciones-redox/#ixzz6AH6QDauv>

Cuando este calor se reinvierte en el desarrollo de nuevas reacciones químicas es lo que se denomina “*reacción en cadena*” o cuarto elemento del triángulo del fuego que se denomina el “*tetraedro del fuego*”. El proceso de combustión de hace incontrolable y mientras no se elimine uno de los tres componentes no se extinguirá.

Para que dicha reacción se produzca es necesario, como hemos mencionado anteriormente, que dichos elementos estén en un determinado estado, en concreto el combustible (sea sólido o líquido) tiene que pasar a estado gaseoso.

Por ejemplo, si partimos de una estructura sólida (madera) en la cual sus componentes se mantenían unidos por una fuerza o energía determinada y aplicado la suficiente cantidad de energía se fragmenta esta cohesión generando una serie de productos distintos del original, en concreto: gases y vapores. Este fenómeno se denomina pirolisis.

### *¿Y cómo podemos definir la pirolisis?*

Se llama pirolisis a un tipo de reacción química en la que un compuesto químico (sólido o líquido) se somete a la acción del calor (y sólo, calor) y por ese efecto resultan productos de descomposición (gases combustibles, aceites y residuos).

El sufijo “lisis” nos remite al concepto de "ruptura" aunque su significado exacto en castellano es descomposición<sup>5</sup> y “piro” significa fuego.

Es decir, la pirolisis es la **descomposición por aplicación de energía, sin llegar a la combustión**.

El proceso de pirolisis es importante para explicar el proceso del incendio al menos por dos razones:

- Algunas sustancias combustionan porque inicialmente ha habido un proceso de pirolisis que produjo gases de descomposición que luego se incendiaron (al combinarse con el comburente) porque son gases combustibles.
- En un incendio ya declarado, una parte muy importante de los gases tóxicos, corrosivos y venenosos están en los vapores que provienen de la pirolisis de los materiales y la otra parte son gases de combustión.

El proceso de pirolisis de la madera conduce al rendimiento de diferentes cantidades de gases, líquidos y carbón, según las condiciones de realización, fundamentalmente la velocidad de calentamiento y temperatura final.

Por ejemplo, la descomposición térmica de la madera tiene lugar en diferentes etapas:

1. Entre 200 y 260 °C se produce la pirolisis de la celulosa.
2. Entre 240 y 350 °C se tiene la pirolisis de la hemicelulosa.
3. Entre 280 y 350 °C se lleva a cabo la pirolisis de la lignina<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> En química, descomposición es la rotura de enlaces químicos. Las reacciones de pirolisis son un caso particular de reacciones químicas llamadas de termólisis (ruptura por calor, también llamadas de craqueo o cracking, palabra que viene del verbo inglés “*to crack*” que significa rajarse o agrietarse y que se suele interpretar como equivalente a romperse). La molécula se rompe sin combinarse con otros productos, sólo por acción del calor.

<sup>6</sup> La pirolisis de la madera es la suma de la pirolisis de sus componentes mayoritarios: celulosa, hemicelulosa y lignina.

La pirolisis se podría asemejar a la gasificación de materiales, pero existe diferencias entre dichos procesos. La disparidad entre pirolisis y gasificación se puede establecer en su finalidad. Mientras que la pirolisis pretende principalmente la obtención de un sólido carbonoso y a veces líquidos, en el caso de la gasificación se busca un alto rendimiento en gases, que fundamentalmente son: CO, H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>

### **Pirolizando virutas de madera**

Con el objetivo de que los conceptos anteriores queden explicados de una forma experimental vamos a realizar la pirolización de virutas de madera.

**Materiales:** Un matraz; un hornillo de gas con una rejilla; virutas de madera y encendedor.



*Material preparado*

### **Procedimiento**

1. Se deposita una “pizca” de virutas dentro del matraz.
2. Se coloca la rejilla encima del hornillo, y se enciende este.
3. Se coloca el matraz encima de la rejilla.
4. Esperamos un tiempo, ya que primero se emitirán unos humos blanquecinos (vapor de agua) y posteriormente el color de estos vapores o gases irá cambiando a otros más oscuros.
5. Cuando observemos dicho cambio, podemos comenzar a encender dichos gases. Conseguiremos observar cómo combustionan en su totalidad, conforme se van generando.



*Vapores inflamables de la madera en combustión*

### **Explicación teórica**

Si bien la pirolisis está caracterizada por la ausencia de  $O_2$  y la presencia de calor y "nada más", de forma genérica, siempre que hablamos de combustibles sólidos, se suele decir que es necesaria la pirolización (aunque se tendría que decir "gasificación") de dichos combustibles sólidos para que pasen a estado gaseoso.

Un ejemplo de esta pirolización o gasificación es la que realiza en las calderas de biomasa<sup>7</sup>.

Constatamos que mediante el aporte energético a un material en estado sólido éste no arde de forma directa en dicho estado, sino que por efecto del calor se generan gases combustibles que llegan a arder generando luz y calor, que es lo que conocemos como llama.

Por lo tanto, antes que se quemé un combustible se debe aportar calor para romper sus enlaces y convertirlo en gases, los cuales se deben combinar con el comburente (oxígeno) para que puedan reaccionar en presencia de una energía de activación.



*Video: Pirolisis de la madera*

<https://youtu.be/ShxaYH8CLhM>

---

<sup>7</sup> Un proceso pirolítico es aquel en el que se produce la degradación de la biomasa por efecto del calor sin la presencia de oxígeno, es decir, en una atmósfera completamente inerte.

<https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-pirolisis.html>

## El funcionamiento de una vela

Con el objetivo de explicar de una forma práctica la reacción de combustión (oxidación-reducción) nos vamos apoyar en cómo arde y qué se quema en una vela.

Son conocimientos que Michael Faraday<sup>8</sup> quiso compartir en las conferencias que dio allá por 1860 en Londres, y en las que afirmaba que *"no hay mejor camino para introducirse en la Filosofía Natural que el estudio de una vela"*.



La combustión *¡repetimos!* es una reacción química exotérmica y sólo es posible si hay un **combustible** (o sustancia que se quema), y un **comburente** (sustancia necesaria para la combustión) y una **energía** de activación. Y todo ello se desarrolla en fase gaseosa.

En este caso el combustible de la vela es la parafina<sup>9</sup>. La cual es una mezcla de hidrocarburos que, aunque poco reactiva, arde con facilidad. Tiene un punto de fusión aproximadamente entre 42 y 64°C.

Como la parafina es un compuesto orgánico, siempre se encuentran presentes los dos elementos que lo constituyen (carbono e hidrógeno).

### *¿Y qué obtenemos de la combustión de este tipo de compuestos?*

Eso es: dióxido de carbono y agua. Por eso, si encendemos una vela y la colocamos en un vaso invertido sobre ella, después de un tiempo el vaso se empaña debido a la aparición del agua, producto de la combustión, es decir, podemos ver como se condensa en las paredes del vidrio.

---

<sup>8</sup> Michael Faraday fue un físico y químico británico que estudió el electromagnetismo y la electroquímica. Su fama le viene por haber descubierto la inducción electromagnética -que ha permitido la construcción de generadores y motores eléctricos- y por las leyes de la electrólisis.

La historia química de una vela fue el título de una serie de conferencias sobre los aspectos físicos y químicos de la llama, (que se realizó en navidades en el Royal Institution). En ellas se describían las diferentes zonas de combustión en la llama de una vela, y la presencia de partículas de carbón en la zona luminosa. Los experimentos incluían la obtención y el examen de las propiedades de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono.

<sup>9</sup> La parafina es un alcano cuya fórmula general es  $C_n H_{2n+2}$ . (Parafina +  $O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ )  
<https://lacienciaencasa.webnode.es/experimentos-quimicos/reaccion-de-combustion/>

La vela consta de una mecha (o pabilo) elaborada de algodón y envuelta en parafina. Normalmente se piensa que lo que arde es la mecha, porque es lo que vemos a primera vista, ¿verdad? Sin embargo, durante el tiempo que permanece ardiendo, apenas se consume, aunque con el tiempo acaba ocurriendo.

***¿Por qué tarda tanto en consumirse la mecha?*** La respuesta es sencilla: ***¡porque el oxígeno no llega hasta ella!***

Seguramente algún lector pensará: “Eso es incorrecto, ¡si lo estoy viendo con mis propios ojos!, que a su alrededor hay una llama, y la llama se produce con la mezcla de un combustible y el oxígeno”.

La realidad es que el oxígeno sólo está presente en la punta más externa (punta superior), en la que se forma una especie de ascua roja que es la que va consumiendo la mecha poco a poco.

Y la razón de que el oxígeno no llegue hasta la mecha es que cuando la llama calienta la cera o parafina más próxima a ella, esta se funde en cuanto se alcanzan temperaturas entre 42 a 64 °C (dependiendo del tipo de cera) y se vuelve líquida. La cual, asciende por la mecha por **capilaridad**<sup>10</sup> y forma una capa protectora alrededor de la mecha que impide que se incinere. Por eso vemos que, si la mecha es demasiado larga, la cera líquida no asciende hasta el extremo superior y la mecha empieza a consumirse hasta el punto donde “escala” la parafina líquida.

Entonces, ***¿qué es lo que realmente arde en una vela?*** No arde la mecha que sale de ella, sino la cera o parafina de la que está hecha la vela. Para ello, la parafina que es sólida inicialmente tiene que pasar a fase líquida y posteriormente a fase gas. Por consiguiente, necesita una temperatura bastante elevada para prender. De hecho, antes de hacerlo, la parafina se evapora.

Por lo tanto, lo que vemos arder no es ni la cera sólida ni la líquida, sino la parafina que se evapora desde la mecha por la temperatura de su entorno, y en contacto con el oxígeno del aire experimenta una reacción química en la que se desprende mucha energía (en forma de calor y luz) y el resultado es la llama.

Después de la explicación teórica, vamos a demostrar que al encender una vela (**funcionamiento de la vela**) lo que arde es la parafina en estado gaseoso, como ocurre en todos los combustibles.

**Materiales:** Una vela, encendedor, pajita para tomar refrescos y un palillo largo.

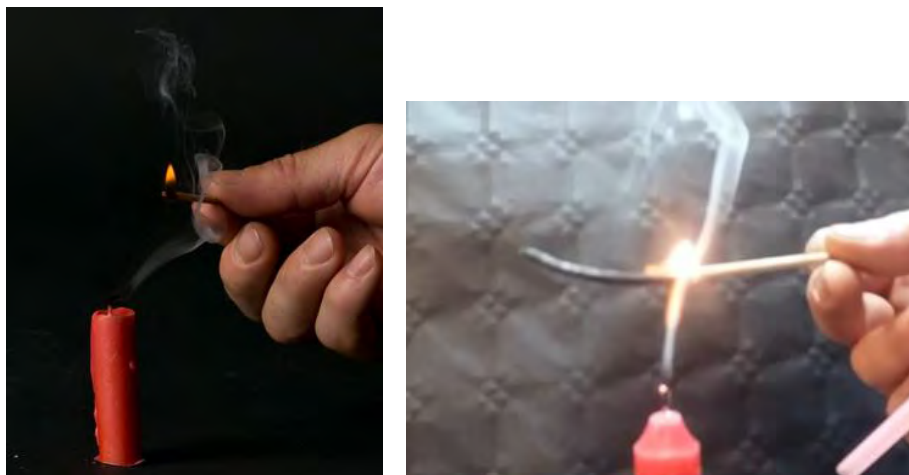
---

<sup>10</sup>. La capilaridad es un fenómeno a través del cual los líquidos tienen la capacidad de subir o bajar a través de un tubo capilar. Cuando un líquido sube por el tubo capilar es porque la fuerza intermolecular adhesiva, entre el líquido y el objeto sólido, es mayor que la fuerza intermolecular o de cohesión de las moléculas del líquido. En este caso, el líquido ascenderá hasta alcanzar el equilibrio de la tensión superficial. <https://www.significados.com/capilaridad/>



## Procedimiento

1. Se deja la vela encendida durante unos 5 minutos.
2. Cuando la llama esté en todo su apogeo, coge el palillo, préndelo (de la misma vela).
3. Sopla con una “pajita de refresco” la llama de la vela para apagarla (aparta el palillo antes, claro, para que no se apague).



*Encendido de los gases combustibles de la vela*

Cuando se apague la vela saldrá una columna de humo blanco de la mecha (vapores de parafina). Disponemos de unos segundos para acercarnos a esa columna de humo. Cuanto más rápido lo realicemos mejor, porque más caliente estará la columna de gases y más probabilidades existen que se vuelva a encenderse y que salga bien la demostración. Y si se hace con las luces apagadas el efecto es más espectacular.

## Explicación teórica

Esa columna blanca que sale de la mecha recién apagada es parafina evaporada, la última parafina que alcanzó la temperatura suficiente como para evaporarse. Es decir, es combustible gaseoso que está en combinación con el oxígeno del aire y si ponemos en contacto con la llama del palillo (energía), prende y provoca que la mecha se encienda de nuevo.



*Video: Vapores de la vela*

<https://youtu.be/LdknS0CHMiQ>

Como hemos comentado y demostrado los sólidos arden en fase gaseosa. **¿Y para los líquidos hay alguna demostración?**

*¡Por supuesto!* Utilizamos la gasolina<sup>11</sup> para comprobar que arden sus vapores o gases, y a su vez vamos a conocer en qué condiciones de mezcla combustible comburente tiene que tener para que se origine la combustión (visualizaremos el término: rango de inflamabilidad).

Es decir, vamos a desarrollar y experimentar con el concepto de **rango de inflamabilidad**<sup>12</sup> de los combustibles con el comburente.

El desarrollo químico de la combustión de la gasolina sería:



(Gasolina + Comburente = Dióxido de carbono + Agua + Energía)

**Materiales:** Un frasco alargado (por ejemplo, un envase vacío de espárragos) con ¼ de gasolina en su interior; un encendedor de cocina y guantes térmicos.

### Procedimiento

Preguntamos a los asistentes si distinguen de qué sustancia se trata por su olor (“cata olfativa no muy próxima”). Seguramente los asistentes dirán que se trata de gasolina. Cuando haya un consenso al respecto, preguntaremos: *¿si de 95 ó de 98 octanos?* La intención es “provocar” introduciendo o poner una nota de humor.

Volvemos a hacer otra pregunta:

**¿Qué ocurrirá si acerco una fuente de ignición (mechero de cocina) al recipiente con gasolina?**

Aquí las respuestas pueden ser de todo tipo: que se inflamará “vigorosamente”, que explotará, que estamos un poco locos, etc.

1. Ahora contestamos: *¡Pues nada, probemos a ver cuál es la respuesta correcta!*, y, antes de nada, nos protegemos con gafas y guantes de seguridad.
2. Con el frasco abierto, procederemos a introducir el encendedor de cocina en su interior, lo más cercano a la superficie de la gasolina y *¡cuidado!* procedemos a

---

<sup>11</sup> La gasolina es un líquido compuesto por una mezcla de hidrocarburos **muy inflamable**, obtenida en el proceso de refinamiento del petróleo. Los hidrocarburos son una familia de compuestos químicos que, como su propio nombre indica, se componen de hidrógeno (H) y carbono (C) exclusivamente. Son los compuestos básicos del petróleo, en el cual encontramos una gran variedad de ellos, en función del número y organización espacial de sus carbonos.

<sup>12</sup> Es el intervalo de concentraciones de una mezcla inflamable comprendida entre los límites inferior y superior de inflamabilidad (LII –LSI) entre combustible y comburente. Los límites de inflamabilidad o los límites de explosividad son un concepto importante para entender completamente el comportamiento del fuego. Durante un incendio, una masa gaseosa de combustible se forma debido a la pirolisis. Cuando hay suficiente cantidad de gases inflamables formados, se alcanza el límite inferior de inflamabilidad (LII). Cuando la cantidad de gases inflamables es muy superior a la del comburente la mezcla no podrá ser inflamada. Esto se llama el límite superior de inflamabilidad (LSI). Por lo tanto, las mezclas de oxígeno y gases combustibles que están localizadas entre estos dos límites son inflamables, y es lo que se denomina rango de inflamabilidad.

encenderlo. Cuando lo tengamos en la posición indicada, tras varios intentos, la gasolina no prenderá.



Frasco con gasolina, mechero y guantes



Intento de ignición de la gasolina.

### Explicación teórica

¿*Qué es lo que ocurre?* Nos pueden comentar “*que no hay aire*” y por eso no prende, pero nosotros replicaremos que el frasco está abierto.

Otros asistentes pueden decir que hay mucha concentración de vapores de gasolina que desplazan al oxígeno y por eso no pueden arder. *¡Y ahí es donde queríamos llegar!*

Ya hemos llegado al concepto de **rango de inflamabilidad**<sup>13</sup>, es decir, que los vapores inflamables o combustibles tienen que estar a un nivel de concentración (combinación o mezcla) determinado con el oxígeno para que se dé una combustión (este nivel es diferente para cada combustible).

Vamos, que los vapores tienen que alcanzar (sin pasarse) una concentración o mezcla óptima con el oxígeno para que se inflamen (rango de inflamabilidad).

Pueden darse dos situaciones: si el combustible está excesivamente concentrado (desplazando al oxígeno), esta combustión no se dará. En nuestro caso tenemos una mezcla con exceso de gases combustibles y defecto de oxígeno, al menos a nivel de la superficie de la gasolina. (Está por encima del límite superior de inflamabilidad).

Y la otra situación es que no exista la cantidad suficiente de gases combustible que mezclado con el oxígeno pueda combustionar (se dice que está por debajo del límite inferior de inflamabilidad).

Cuando el encendedor lo colocamos en la boca del frasco de gasolina, se encienden los vapores y observamos que la llama va “danzado” (porque son los vapores mezclados con el oxígeno los que arden), sin descender hasta la superficie del líquido, donde no llega el

---

<sup>13</sup> Debemos tener en cuenta que existe una relación entre los límites inferior y superior de inflamabilidad, con la temperatura y la presión. Por ejemplo, el incremento de la temperatura, hace que estos valores del rango de inflamabilidad se incrementen. Y viceversa, a temperaturas inferiores a las condiciones normales (25°C) los porcentajes del LII y del LSI, se reducen de los indicados en las tablas. Para realizar una estimación, la bibliografía consultada indica que los LII en aire disminuyen aproximadamente un 8% con un incremento de temperatura de 100 °C y los LSI aumentan un 8 % con un incremento de temperatura de 100°C.

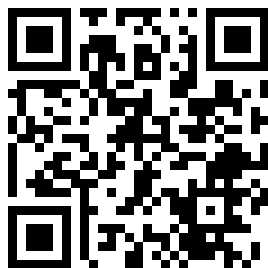
oxígeno. El rango de inflamabilidad de la gasolina en esta situación se da en la boca del recipiente, no más abajo, ni más arriba de la boca del recipiente.

Es evidente que en este experimento estamos jugando con un “as” en la manga y es la superficie de contacto de los vapores de la gasolina con el oxígeno al ser un recipiente con una abertura pequeña. Cuestión muy importante a remarcar y tenerlo muy en cuenta, ya que **la gasolina es extremadamente inflamable y por lo tanto peligrosa**.

En un mismo experimento demostramos varios conceptos: rango de inflamabilidad y que lo que arden son los vapores del combustible (y no el combustible líquido). Incluso podemos explicar otros conceptos como la densidad relativa de los gases respecto al aire, cuestión también muy interesante, aunque no desarrollamos en este proyecto.



*Zonas del rango de inflamabilidad de la gasolina.*



*Video: Rango de inflamabilidad de la gasolina*

<https://youtu.be/IM0aYQ9d52M>

Tabla de Rangos de Inflamabilidad de algunos combustibles

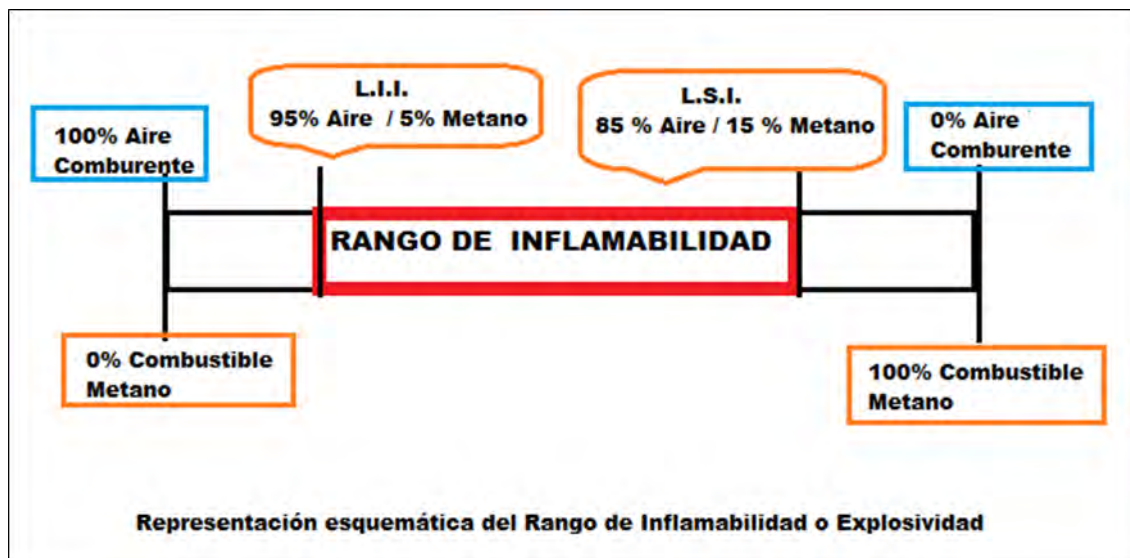
Sustancia	L.I.I. %	L.S.I. %
Hidrogeno	4	75
Monóxido carbono	12,5	74
Metano	5	15
Propano	2,1	9,5
Butano	1,8	8,4
Metanol	6,7	36
Etanol	3,3	19
Gasolina	1,4	7,6

La relación ideal entre aire y combustible para que la combustión sea del modo más eficiente posible se denomina **mezcla estequiométrica**. Esta relación de proporciones entre combustible y comburente depende del tipo de combustible como puede observarse en la tabla anterior.

Para comprender con un ejemplo numérico los rangos de inflamabilidad (o explosividad), partimos por ejemplo de un gas: el metano (comúnmente conocido como gas natural).

Tiene como límite inferior de inflamabilidad del 5%. Esto significa que una mezcla con suficiente gas natural que sea inflamable es: 5% metano y 95% de aire<sup>14</sup>.

El límite superior de inflamabilidad es del 15%, que también podemos realizar los cálculos expuestos a pie de página.



<sup>14</sup> En otras palabras, la mezcla en el límite inferior de inflamabilidad estará compuesta por: 5% metano y el 95% de aire. El cual se reparte en: 95 % \* 21% de oxígeno, nos da 19,95% de oxígeno y el 95% \* 79% de nitrógeno, nos da 75,05% de nitrógeno. En resumen, la mezcla mínima estará compuesta por: 5% de metano + 19.95% de oxígeno del aire + 75.05% de nitrógeno del aire.

Los valores de ambos límites del metano son cifras redondeadas. Generalmente nos encontramos con variantes mínimas en los datos enumerados en la tabla anterior dependiendo de la bibliografía examinada.

Como habrás observado, existen moléculas que no participan en el proceso térmico (como el nitrógeno). Estas moléculas se denominan lastres (obstáculos) del proceso térmico.

De una forma similar lo utilizamos los bomberos cuando aplicamos agua al incendio. Al emplear agua pulverizada con la lanza conseguimos que se vaporice en el habitáculo incendiado, es decir, estamos introduciendo impedimentos para que la reacción de combustión continúe.

El agua se transforma en una niebla o vapor dentro de la capa de gases combustibles y no combustibles que existen dentro de la habitación incendiada, lo que origina una absorción de energía (calorías), con lo cual el proceso de combustión tiende a volverse no inflamable.

Todo el calor que es absorbido por las moléculas que no participan en la combustión (vapor de agua y otros gases), es una “pérdida” para la reacción de combustión. Es lo que comúnmente denominamos enfriamiento.

En resumen, lo que estamos realizando es “robar” energía al incendio, y así romper un lado del triángulo del fuego.

## ¡Cierra la puerta al fuego!

Y llegamos al **proceso de extinción más básico**, y aquí entra lo que **TOD@S deberíamos saber**. *Cómo actuar ante un incendio que se produce en nuestra vivienda, por las causas que sean.*

Si el incendio es de pequeña magnitud (conato) lo podemos extinguir con un extintor, con una manta empapada de agua, o tapando la sartén si es un incendio cocinando.

Y si realizamos una encuesta entre el auditorio: *¿Qué harías en caso de incendio en tu vivienda a las 2 h. de la madrugada?*

Cuestión que a la mayoría de la población cree que eso solo les pasa a “*otros*”, que su vivienda es segura. Lo cierto es que los incendios ocurren con mayor frecuencia que lo uno cree (ver estadísticas anteriores). Y **tod@s** estamos expuestos a vernos involucrados en un incendio.

Las respuestas ante la anterior pregunta pueden ser diversas y variar entre: salir corriendo, llamar a los bomberos, al 112, intentar apagarlo, llamar a los vecinos, etc., etc.



Vía de la Supervivencia en Incendios: ©Fundación Mapfre y APTB

Dentro del análisis de la situación (incendio en nuestra vivienda a las 2 h de la madrugada) hay factores que se nos escapan en la situación que estás ahora (leyendo tranquilamente).

Nuestro estado psicológico en esos momentos estará alterado, posiblemente aparecerá el estrés, ansiedad, nerviosismo, agobio, tensión, bloqueo mental. Además, puede surgir el pánico, junto con los instintos de supervivencia. Lo que nos conducirá al miedo y a no ser capaces de afrontar la situación (tomar decisiones acertadas).

Al mismo tiempo se ampliarán rápidamente los efectos del incendio:

- El humo generado por el incendio nos irritará los ojos y reducirá la visibilidad (o la anula por completo), logrando desorientar en la mayoría de los casos a los ocupantes del inmueble, impidiendo localizar la puerta de salida.

- Los gases originados nos comienzan a intoxicar y el calor generado no lo podremos soportar.

Recapitulando, en poco tiempo estamos en una situación extremadamente crítica y “bloqueados” mentalmente.

**Es evidente que lo más importante en este tipo de emergencia es salvar la vida**, y todas las pautas que se dan en los manuales o procedimientos ante un incendio son correctas, lo único que muchas veces olvidamos un pequeño detalle.

Todavía recuerdo la máxima o la afirmación en clase de matemáticas **“el orden de factores no altera el producto”** Pues en esta situación de emergencia, el orden, si se altera y mucho el resultado.

*¡Si podemos, y repetimos “SI PODEMOS!”*, primero **cerrar la puerta** de la habitación que se ha originado el incendio, (o si nos ponemos más trágicos, las puertas de las habitaciones incendiadas) estaremos dándonos la oportunidad de salvar la vida de nuestra familia. Estaremos impidiendo que el incendio se desarrolle y se propague el calor, los humos, los gases tóxicos, etc. Además de otras “ventajas”<sup>15</sup>.

Y la explicación es la que hemos estado desarrollando a lo largo de todo este estudio de la química de los incendios (triángulo del fuego). Seguramente todos hemos realizado alguna vez la experiencia de poner un vaso invertido sobre una vela. *¿Qué ocurre?*

Pues eso que estás pensando, se apaga. Podríamos realizar un símil, si la habitación no tiene más aberturas (por ejemplo: ventanas abiertas) el incendio disminuirá su intensidad y su progreso, porque le estamos reduciendo la cantidad de oxígeno a la combustión (incendio) que se desarrolla en la habitación.

Para visualizar los efectos de la acción de **“Cerrar la puerta al fuego”** proponemos la siguiente demostración.

**Materiales necesarios:** Vitrina preparada con una puerta y un techo metálico para soportar el calor. Un receptáculo para realizar el incendio. Papel, madera, pastillas de encender barbacoas y mechero.



*Incendio con puerta abierta*

<sup>15</sup> Si cerramos la puerta tendremos tiempo de llamar al 112, a evacuar nuestra vivienda y al resto de vecinos. Que el incendio no se propague a otras habitaciones, y confinaremos el humo que empeora la visibilidad y el calor. Estaremos restándole oxígeno al incendio, el cual se ralentizará. Y le estaremos dando tiempo a los bomberos a llegar y encontrar un incendio de menor intensidad. En fin, todo son ventajas.



## Procedimiento

Básicamente se basa crear o poner a los asistentes en situación de emergencia (antes descrita: *¿Qué harías si tuvieras un incendio en tu vivienda?*).

Recoger y agradecer las respuestas que aporten, y elaborar conjuntamente un “procedimiento” u orden con las respuestas, lo que en las empresas se denomina “Plan de Emergencia” y en nuestra vivienda podemos denominar pautas de intervención en incendios.

Seguidamente procedemos a realizar un pequeño incendio dentro de la vitrina y esperamos unos 30- 60 segundos para que se desarrolle el incendio. Cerramos la puerta de la vitrina y en unos segundos el incendio se extinguirá por sí solo.

## Explicación teórica

La explicación es que el fuego necesita tres elementos: combustible, comburente y energía. Si podemos eliminar o disminuir un factor, en este caso: el comburente, (el oxígeno) estamos extinguiendo el incendio.

Tan simple y efectivo como ese pequeño detalle (**cerrar la puerta**) hace una gran diferencia en el resultado. Y con demasiada frecuencia la población en general no recuerda esta acción en ese momento crítico.



Video: Activación del detector de humos y cierre de la puerta

<https://youtu.be/xT-GCQ7Lpuc>

## Resumen final

Esperamos que las experiencias compartidas puedan servir a formadores, profesores o personas en general para concienciar y comprender las reacciones en un incendio. Ya que aparte de abordar conocimientos teóricos básicos de química, ofrecen resultados fácilmente contrastables y reproducibles que son muy interesantes saber y aplicar en situaciones críticas.

## Bibliografía y Referencias

**Dinámicas Químicas para Bomberos.** David Garcés Lasheras. Supervisión técnica: Cristina Nerín, Berta Seco, María Calvo y Araceli Tena. *Inst. Inv. en Ingeniería de Aragón (Universidad de Zaragoza)*. Depósito legal: Z 897-2018. ISBN: 978-84-09-02585-5

**Manual Básico de Química para Bomberos.** Mario Martínez Cámara. Escuela de Protección Civil y Bomberos de Madrid. 2007

### La pirolisis:

- <http://seguridadcuatro.blogspot.com.es/2009/03/que-es-la-pirolisis.html> (Consulta: 04 de enero de 2020)
- <https://www.ingenieriaquimica.net/articulos/361-pirolisis> (Consulta: 03 de enero de 2020)

### Conferencias de Michael Faraday sobre ciencia para jóvenes (1860)

- <http://www.bartelby.net/30/7.html> (Consulta: 03 de enero de 2020)

### La combustión de una vela Blog “El Tamiz”

- <https://eltamiz.com/elcedazo/2011/03/18/fisica-extrana-3-la-vela/> (Consulta: 05 de enero de 2020)

### Incendio. Química del Incendio. El Triángulo de Fuego

- [https://www.construmatica.com/construpedia/Incendio.\\_Qu%C3%ADmica\\_del\\_Incendio.\\_El\\_Tri%C3%A1ngulo\\_de\\_Fuego](https://www.construmatica.com/construpedia/Incendio._Qu%C3%ADmica_del_Incendio._El_Tri%C3%A1ngulo_de_Fuego) (Consulta: 4 de enero de 2020)

**Combustión de una vela en el aire.** Rico, A. y Pérez, R. Química I, Agua y Oxígeno. Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM. México

- [https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quimI/quimI\\_vall/Actividad\\_de\\_laboratorio\\_13.pdf](https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quimI/quimI_vall/Actividad_de_laboratorio_13.pdf) (Consulta: 3 de enero de 2020)

### La ciencia en casa.

- <https://lacienciaencasa.webnode.es/experimentos-quimicos/reaccion-de-combustion/> (Consulta: 3 de enero de 2020)

**Límites de inflamabilidad.** CFBT-BE 1/10 Brandbaarheidsgrenzen. Karel Lambert. Traducción: Manuel Izquierdo – 2016

- [http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/artikel\\_34\\_ES.pdf](http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/artikel_34_ES.pdf) (Consulta: 4 de enero de 2020)

### NTP 379: Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad

- [https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_379.pdf/a8bbcd8a-a6c1-4dca-b452-f32213e25752](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_379.pdf/a8bbcd8a-a6c1-4dca-b452-f32213e25752) (Consulta: 5 de enero de 2020)