

La química que se esconde tras los mecheros

The chemistry behind the lighters

Fernando I. de Prada Pérez de Azpeitia

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ)

PALABRAS CLAVE:

Encendedor
mechero de bolsillo
isobutano
ferrocerio

RESUMEN:

Los mecheros de bolsillo están presentes en casi todos los hogares y laboratorios didácticos, para obtener fuego de forma rápida y segura en cualquier momento. Los encendedores utilizan materiales y procesos en los que la química desempeña un papel fundamental. Bajo esta perspectiva, son un atractivo e interesante recurso didáctico en los niveles preuniversitarios.

KEYWORDS:

Pocket lighter
burner
isobutane
ferrocerium

ABSTRACT:

Pocket lighters are present in almost all homes and teaching laboratories, to get fire quickly and safely at any time. Lighters use materials and processes in which chemistry plays a key role. From this perspective, they are an attractive and interesting teaching resource at pre-university levels.

Introducción

"Todo lo que pueda contribuir a despertar el interés por la ciencia siempre es útil"
(Sheldon Glashow. Premio Nobel 1979)

Uno de los fundamentos de la civilización es la capacidad de producir y transportar fuego. A lo largo de la historia, se ha ideado numerosas formas y dispositivos para ello. Hoy en día, crear fuego de forma eficaz y segura no es un problema gracias a un gran invento utilizado en todo el mundo; los mecheros o encendedores de bolsillo. Desde su invento, a principios del S. XIX, han ido evolucionando en sus diseños y materiales, sustituyendo a las tradicionales cerillas. Los modelos actuales más comunes contienen un combustible en estado líquido, que se inflama por efecto de chispas, generadas por fricción con un material pirofórico o por compresión de un material piezoeléctrico. Otros tipos, menos frecuentes, son los de supervivencia, los clásicos Zippo y los de arco de plasma.

Las ventajas que presentan los mecheros para la enseñanza de la química radica en su fácil adquisición, bajo coste y la posibilidad de comprobar la utilidad de la química en objetos de nuestra vida cotidiana, que nos facilitan áreas domésticas, como encender cocinas de gas, calentadores de agua, cigarrillos y velitas de cumpleaños.

Los contenidos generales que se incluyen en esta propuesta didáctica, están englobados dentro de los actuales currículos de ESO y Bachillerato; la materia y sus propiedades, procesos físicos y químicos.

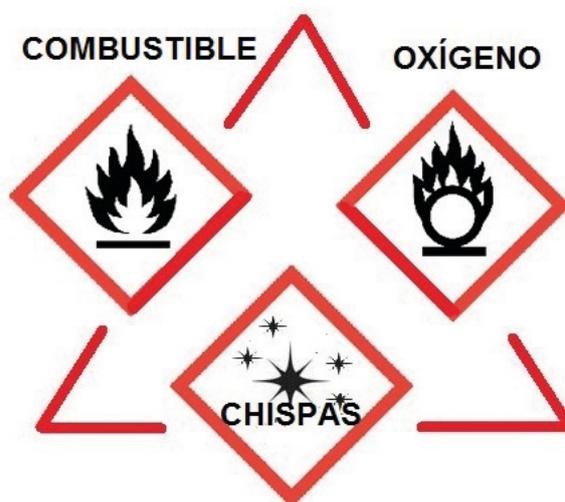


Figura 1. Triángulo del fuego creado mediante fricción.

A continuación, se analizan, bajo una visión didáctica y divulgativa, los mecheros más usuales, complementados con experiencias y demostraciones para ser realizadas en el aula o en el laboratorio, con las adecuadas medidas de seguridad y bajo supervisión directa del docente.

1. Mecheros de supervivencia

Los mecheros de supervivencia son herramientas fabricadas con aleaciones pirofóricas que, por frotamiento contra super-

ficies duras y rugosas, desprenden chispas brillantes con alto poder calorífico. No crean una llama directamente, son iniciadores de fuego. Las chispas generadas tienen la capacidad de crear fuego al encender materiales inflamables, como la yesca, hojas secas, papel fino de celulosa, etc. Son los encendedores más utilizados por excursionistas y alpinistas de alta montaña porque, a diferencia de otros sistemas de hacer fuego (cerillas, mecheros de gas), son capaces de generar chispas incandescentes, a pesar de las inclemencias meteorológicas: viento fuerte, humedad, nieve o temperaturas muy bajas.

Este tipo de mechero inicia el fuego cuando coinciden tres elementos propios del triángulo del fuego: combustible, comburente y chispas con la energía térmica suficiente para superar la energía de activación de la combustión (Figura 1).

Los kits de hacer fuego contienen una barra, fabricada con una aleación de ferrocerio, unida a un raspador de acero con un lateral estriado. El cerio es el elemento más abundante de las tierras raras, superando al estaño, cobalto y plomo. Descubierta en 1803 por J. Berzelius, lo llamó cerio en honor al asteroide Ceres, descubierta dos años antes.

La aleación de ferrocerio está formada principalmente por cerio ($\approx 40\%$), al que se le añaden otros metales con el fin de generar mayor cantidad de chispas muy brillantes, como hierro ($\approx 20\%$), lantano ($\approx 20\%$), y en menor proporción, magnesio, y otros lantánidos: neodimio y praseodimio. Para aumentar la dureza de la aleación, se añaden óxidos de hierro y magnesio.^[1] La proporción de cerio y hierro de la aleación, se puede obtener a partir del hidrógeno liberado en su reacción con ácido sulfúrico.^[2]

El cerio, y la aleación de ferrocerio, presenta propiedades pirofóricas: puede incendiarse si se rasca o lima. Al frotar la barra de la aleación con un raspador de acero, se desprenden pequeñas limaduras de la aleación que, en contacto con el oxígeno, se inflaman espontáneamente por el calor generado en la fricción y dada la baja temperatura de ignición del cerio ($\approx 160\text{ }^\circ\text{C}$). En la reacción de combustión, se forman diversos óxidos, entre ellos CeO_2 , alcanzándose temperaturas superiores a los $3000\text{ }^\circ\text{C}$, suficiente para que arda el papel de celulosa (Figura 2).

En efectos especiales del cine, para filmar a un coche derrapando de forma vistosa, se le colocan unas barras de una aleación de lantano y cerio, que al rozar contra el asfalto crean espectaculares estelas de chispas muy brillantes.^[3]

En algunos países europeos, a este tipo de aleaciones se las llama Auermetall, en honor al químico e inventor austriaco Carl Auer von Welsbach, quien en 1903 creó el ferrocerio, una aleación que revolucionó la forma de hacer fuego por la eficacia de sus chispas y asequibilidad. También es conocida bajo el nombre de origen alemán Mischmetal, que significa metales mixtos. En algunos casos, a la aleación pirofórica de ferrocerio se la denomina erróneamente pederrial, por la similitud con la antigua forma de encender fuego al golpear una piedra de pederrial o sílex, contra otros materiales duros (pirita, acero...) Pero químicamente, son totalmente diferentes. Tampoco es correcto llamarlos encendedores de magnesio, porque solo contiene un pequeño porcentaje de este metal ($\approx 4\%$).

Para facilitar la formación de fuego, algunos kits incluyen un bloque metálico de magnesio con una barrita de fe-



Figura 2. Mechero de supervivencia y creación de chispas de ferrocerio.



Figura 3. Kit de supervivencia de ferrocerio y magnesio.

rocerio incrustada (Figura 2). Como el magnesio tiene una temperatura de ignición superior al ferrocerio, primero, hay que raspar el bloque para desprender pequeñas virutas y depositarlas sobre el material combustible que queremos encender. A continuación, hay que frotar la barrita de ferrocerio con el raspador y generar chispas incandescentes, que al caer sobre las virutas de magnesio, provocan su combustión, transformándose en óxido de magnesio y liberando mucho calor, que se propaga al material combustible que queremos prender situado sobre una superficie ignífuga (cápsula de porcelana, azulejo, etc.).

Con el kit de magnesio y ferrocerio, se pueden realizar varias demostraciones: a) a diferencia del magnesio en barra, en forma de limaduras arde fácilmente: la mayor superficie aumenta notablemente la velocidad de la reacción, b) las virutas de magnesio desprenden más energía calorífica que el ferrocerio: la mayor entalpía de combustión favorece la ignición de los materiales combustibles, c) la barra de magnesio, a diferencia de la de ferrocerio, no origina chispas incandescentes al ser raspada: lo impide la mayor energía de activación de la combustión del magnesio.

2. Mecheros de gas con rueda de fricción

La mayoría de mecheros de gas, utilizan un combustible isómero de cadena del n-butano; el isobutano (metilpropano). Un producto con una amplia gama de aplicaciones en la industria, dado su bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética. Debido a su elevada presión de vapor, el isobutano es un excelente propelente, por esta propiedad se emplea como agente propulsor en aerosoles (sprays) de lacas, cremas de afeitar y ambientadores. Además, al no tener color ni olor, se utiliza en la industria alimentaria como aditivo propulsor (E-943b), por ejemplo, en aerosoles de pas-



Figura 4. Partes del mechero de rueda con detalle de la llama originada por las chispas.

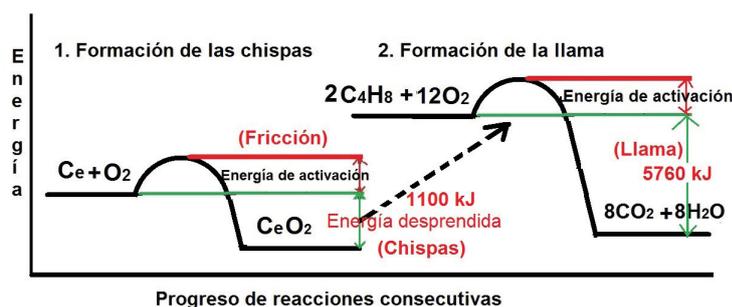


Figura 5. Diagrama energético de la secuencia de reacciones que forman la llama.

tería (nata). Y debido a su capacidad de transferir calor, se emplea como gas refrigerante en frigoríficos y aparatos de aire acondicionado.

Para almacenar mayor cantidad de combustible en el mechero (≈ 5 g), el hidrocarburo se encuentra, dentro de un pequeño depósito fabricado con un resistente polímero termoplástico (p. ej. polyoximetileno o delrinR), presurizado a una presión entre 6-10 bares y licuado. Para ello, previamente ha sido sometido a temperaturas muy bajas (por debajo del punto de ebullición) en criogeneradores, de esta forma se reduce la energía cinética de las moléculas del gas y permite que se agrupen en estado líquido. Una vez enfriado, se presuriza para que ocupe menos volumen y se mantenga en estado líquido dentro del tanque del mechero. Si abrimos al máximo la válvula del combustible, sin accionar la rueda, la expansión del gas al salir origina una disminución brusca de la temperatura, ya que la distancia entre sus moléculas aumenta y su energía se reparte en un mayor volumen (Efecto Joule-Thomson).

Algunos mecheros además de isobutano contienen pequeñas cantidades de n-butano. Ambos hidrocarburos, son gases a 20°C y 1 atm, ejercen una presión de vapor de 304 kPa (3,0 atm) y 213.7 kPa (2,1 atm) respectivamente, presentan valores parecidos de entalpía de combustión (≈ 2870 kJ/mol) y poder calorífico (≈ 49.000 kJ/kg).^[4] La ventaja del isobutano radica en que su combustión genera menos residuos y en su menor punto de ebullición (-12°C), inferior al del n-butano ($-0,5^\circ\text{C}$), lo que le hace soportar temperaturas más bajas manteniéndose en estado gaseoso. Así, por ejemplo, a la temperatura de -1°C el n-butano saldría del mechero en estado líquido y al contacto con la chispa, se formaría una llama más extensa que podría quemar la mano.

Para iniciar el fuego en los mecheros con rueda, de acero dentado y templado, hay que hacerla girar con el dedo

pulgar, para que raspe contra la superficie de la pieza de ferrocerio. Como resultado de la fricción, se liberan pequeños fragmentos de la aleación, que se oxidan rápidamente en presencia del oxígeno del aire, formándose chispas de alta temperatura. Al presionar la palanca, que abre la válvula del depósito, se libera un flujo constante de combustible (Figura 4). Debido a la diferencia de presión, al salir el combustible líquido, cambia a estado gaseoso (si la temperatura es superior al punto de ebullición) y, se mezcla con el aire circundante para originar la combustión, acompañada de una llama regular.

La energía térmica liberada por las chispas proporciona la energía de activación necesaria para iniciar la combustión del isobutano, como indica el diagrama (Figura 5).

Los mecheros, y los botes de aerosoles, aunque estén casi vacíos, no hay que arrojarlos al fuego ni someterlos a altas temperaturas. El depósito de isobutano líquido no debe superar el 85 % de su capacidad (Norma ISO 9994), para permitir cierta expansión frente al calor. Al aumentar mucho la temperatura (y a volumen constante), según la ley de Charles, se produciría un gran aumento en la presión, pudiendo provocar la explosión del mechero. Por otro lado, las aerolíneas prohíben facturar mecheros de gas en el equipaje, debido a que una despresurización repentina podría provocar su rotura, con peligro de incendio. Con el fin

de reforzar la estructura del mechero, y que soporte mejor un cambio de presión, el depósito de combustible contiene un tabique central de plástico, que forma dos cámaras unidas por la parte superior.

- Determinación de la masa molar del isobutano

Con un mechero de gas de bolsillo y unos materiales básicos (balanza, probeta, barómetro, cubeta, termómetro, soporte universal, pinza), se puede determinar experimentalmente, la masa molar relativa del isobutano.^[5, 6] Experiencia que se puede realizar en todos los niveles educativos que incluyan en su currículo la ley de los gases ideales.

El procedimiento a seguir consta de los siguientes pasos:

1. Llenar la cubeta con agua a temperatura ambiente.
2. Medir la temperatura del agua (que supondremos igual a la del gas al burbujear) y la presión atmosférica, que en una primera aproximación supondremos la misma que la presión del gas recogido.
3. Anotar la masa del mechero de gas, utilizando una balanza de sensibilidad 0,01 g.
4. Introducir una probeta llena hasta el borde y boca abajo en la cubeta, sin que queden burbujas de aire en su interior.
5. Sumergir el mechero hasta colocarlo justo en la boca de la probeta y presionar con el dedo la salida del gas, para que burbujee en el interior y ascienda, hasta almacenar unos 90 mL de gas (Figura 6).
6. Alinear el nivel del agua de la probeta con el nivel del agua en la cubeta, para igualar la presión interna del gas con la atmosférica, y medir el volumen final de gas recogido. Que coincidirá con el de gas isobutano porque se considera insoluble en agua,
7. Sacar el mechero, secarlo con papel absorbente y medir su masa.

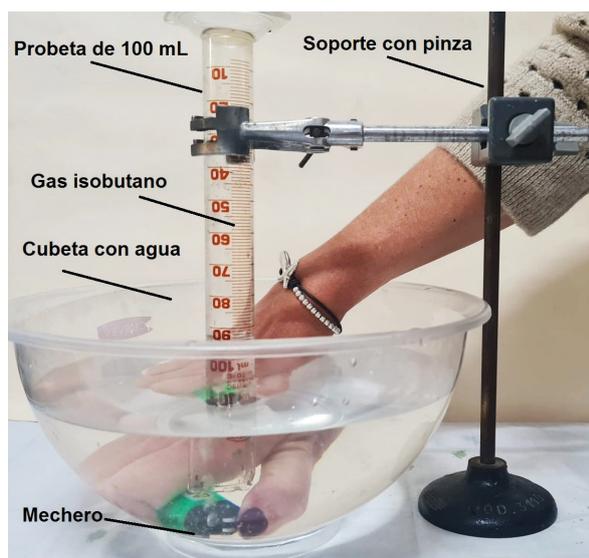


Figura 6. Montaje para la determinación experimental de la masa molar del isobutano.

La masa molar relativa del isobutano (M), se determina experimentalmente, asumiendo comportamiento ideal, a partir de los moles obtenidos aplicando la ecuación de los gases ideales:^[7]

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow n = P \cdot V / R \cdot T; M = m / n$$

Donde P es la presión que ejerce el gas, V el volumen que ocupa, n los moles del gas, T la temperatura absoluta, R la constante de los gases ($0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$) y m la masa del gas. Con la masa y el volumen se puede obtener un valor aproximado de la densidad.

Como el gas dentro de la probeta es una mezcla de isobutano y vapor de agua, la presión parcial del isobutano ($P_{\text{isobutano}}$) en la mezcla, se obtiene a partir de la ley de Dalton, teniendo en cuenta la presión de vapor del agua ($P_{\text{H}_2\text{O}}$) (Tabla 1) en la presión total (P):

$$P_{\text{isobutano}} = P - P_{\text{H}_2\text{O}}$$

Tabla 1. Presión de vapor del agua a diferentes temperaturas.^[8]

Temperatura y presión de vapor del agua			
T (°C)	Presión (mm Hg)	T (°C)	Presión (mm Hg)
15,0	12,788	21,0	18,650
16,0	13,634	22,0	19,827
17,0	14,530	23,0	21,068
18,0	15,477	24,0	22,377
19,0	16,477	25,0	23,756
20,0	17,535	26,0	25,209

Una vez determinada la masa molar experimental, se calcula el error cometido a partir del valor teórico (58 g/mol), analizándose las posibles causas que afectan a la exactitud del resultado. Si bien, no siempre el gas que contienen los mecheros

es isobutano puro, el hecho de contener pequeños porcentajes de butano, no afectaría al resultado final. No ocurre lo mismo si contiene otros combustibles (propano) de diferente masa molar.

Entre los principales errores de procedimiento que afectan al resultado, destacar los siguientes: - el volumen de las burbujas de aire que se puedan meter dentro de la probeta invertida, - el volumen de las burbujas de gas que no entran en la probeta, - la dificultad de secar totalmente el mechero mojado para obtener la masa final. Aunque se seque muy bien, siempre quedará algo de agua en sus recovecos. Para reducir este error, se introduce inicialmente el mechero en agua y, después de secarlo, se mide la masa inicial. De esta forma, la medida de la masa inicial y final del encendedor se realiza siguiendo el mismo procedimiento.

Para eliminar el gas de la probeta, sacarla del agua y ponerla derecha, acercarla a una ventana para, en posición invertida, evacuarlo: es el doble de denso que el aire.

3. Mecheros de gas piezoeléctricos

Otro tipo de mechero que emplea isobutano utiliza el encendido piezoeléctrico. La única diferencia es la forma en que se produce la chispa. Para crearla, se utiliza un cristal piezoeléctrico (del griego piezin: presionar) como el cuarzo (SiO_2), o materiales PZT cerámicos, que tienen la propiedad de generar una carga eléctrica cuando son sometidos a presión (Figura 7). El dedo es el que ejerce la fuerza sobre el pulsador del mechero, presionando el cristal de cuarzo. Como resultado, se produce un elevado voltaje ($\approx 3000 \text{ V}$), responsable de que salte una pequeña chispa eléctrica. A la vez, se abre la válvula del combustible y se libera en estado gaseoso, inflamándose y formando la llama.

De forma semejante, para transformar la energía mecánica en eléctrica, los cristales piezoeléctricos se utilizan en estufas y calentadores de gas. El efecto inverso también es posible, al aplicarles una diferencia de potencial, experimenten una deformación o, en el caso de los relojes de cuarzo, una oscilación de frecuencia constante.

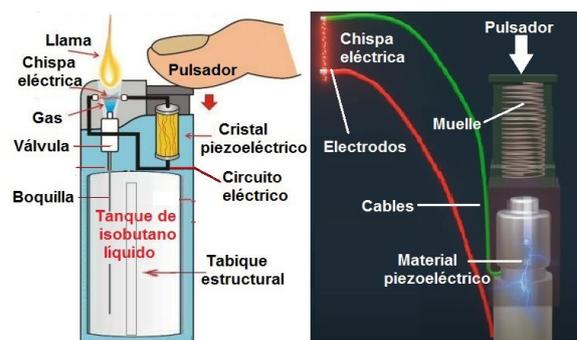


Figura 7. Partes del mechero con detalle del circuito piezoeléctrico.

-¿Cómo se origina la chispa en el cuarzo?

Al analizar la estructura del cristal de cuarzo bajo un ángulo determinado, se observa una geometría hexagonal entre los átomos de oxígeno y silicio, que comparten un electrón, pero como el oxígeno es más electronegativo, ejercerá mayor fuerza de atracción. Como resultado, el oxígeno adquiere una fracción de carga negativa y el silicio una fracción positiva, dispuesto de forma que la posición promedio de las cargas negativas coincide con las de las cargas positivas. Al aplicar una fuerza de compresión sobre la

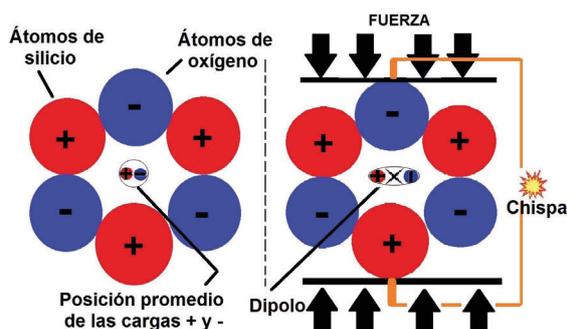


Figura 8. Representación gráfica del efecto piezoeléctrico en un cristal de cuarzo.

zona, su estructura experimenta una pequeña deformación y las posiciones de las cargas se desplazan; sus centros ya no coinciden y se crea un efímero dipolo (Figura 8). Como la estructura de cuarzo está formada por numerosos hexágonos, conectados en serie, las separaciones de las cargas individuales de cada hexágono se sumarán para generar una diferencia de potencial entre ambos lados del cristal, que induce una corriente eléctrica.^[9] Para que la carga circule de un extremo a otro, y salte la chispa responsable de la ignición del combustible, hay que conectar el cristal a dos cables, separados una pequeña distancia.

- Experiencia: espuma inflamable de isobutano

Esta demostración permite comprobar, de una forma espectacular, la liberación de la energía química almacenada en los enlaces del isobutano y su transformación en energía calorífica y luminosa. Los materiales necesarios para formar las burbujas inflamables, son: recipiente de agua (cristalizador o cubeta), bote cargador de isobutano para mecheros, mechero con tubo largo, agua y detergente jabonoso, colador metálico de rejilla, guantes largos resistentes al calor y pantalla facial de seguridad.

En primer lugar, hay que introducir, boca abajo, el bote de combustible en un cristalizador con agua jabonosa (agua con un chorro de lavavajillas) y presionar la boquilla de salida del gas contra el fondo del recipiente: el gas saldrá burbujeando y generando mucha espuma. A continuación, con el guante de seguridad, se recoge la espuma de la parte superior de líquido (o se rebañan con un colador metálico) y acercar la llama del mechero a las burbujas (Figura 9). El calor de la llama producirá la combustión del isobutano contenido dentro de la espuma, originando una



Figura 9. Obtención y combustión de espuma inflamable de isobutano.

espectacular llamada, que se apagará en unos segundos. La experiencia debe realizarse por el profesor, o bajo supervisión directa, manteniendo la distancia de seguridad adecuada y lejos de cualquier material inflamable.

Para eliminar los restos de combustible que contiene la espuma del recipiente, basta con acercar la llama de un mechero para que arda. Operación que debe efectuarse lejos de materiales inflamables o en vitrina de laboratorio. El agua absorberá todo el calor, dado su elevado calor específico, y el fuego se extinguirá en unos segundos.

4. Mecheros de gas tipo soplete

Los encendedores *jet*, antorcha o soplete, contienen un mecanismo de encendido piezoeléctrico junto a una cámara de combustión. La diferencia con otros mecheros es el sistema a presión de suministro de combustible, que al estar propulsado por aire, crea una intensa, tipochorro o antorcha, de alto poder calorífico y de color azulado, semejante a las llamas formadas por los mecheros Bunsen de laboratorio (Figura 10). La elevada temperatura que alcanzan estas llamas, superiores a 1300 °C, permite fundir a muchos metales (cobre, aluminio) y realizar tareas como soldar e, incluso, cocinar.

En los mecheros de soplete, la salida de combustible se realiza a través de un estrecho orificio, que actúa regulando la cantidad de combustible y creando una fina corriente (chorro) de gas a alta velocidad y a menor presión (efecto Venturi). Esto provoca que al pasar por los orificios de entrada de aire de la cámara de mezcla sea succionado y forme una mezcla estequiométrica de combustible y aire que fluye ascendiendo por la boquilla. Al llegar a la parte superior, la mezcla se combina con la fuente de ignición (chispa creada al pulsar el botón piezoeléctrico) y se produce una combustión completa, formándose una potente e intensa llama.

En los mecheros de gas que no utilizan este sistema, el combustible solo se mezcla con el oxígeno atmosférico en la zona superior y exterior. Como resultado de esta combustión incompleta, se genera una llama luminosa y amarillenta, de menor intensidad calorífica y temperatura), responsable de la formación de hollín. Proceso que se puede comprobar, al poner la llama en contacto con una superficie fría de vidrio o porcelana, por las partículas de carbono que se depositan sobre ella. Tiznado que no se aprecia si la llama procede de un mechero *jet*.

Con el fin de aumentar la energía calorífica generada por el mechero y la superficie a quemar, algunos modelos contienen un sistema múltiple de inyección de combustible que origina una llama formada por varios chorros de fuego.



Figura 10. Elementos de un mechero Jet con detalle de la cámara de combustión.

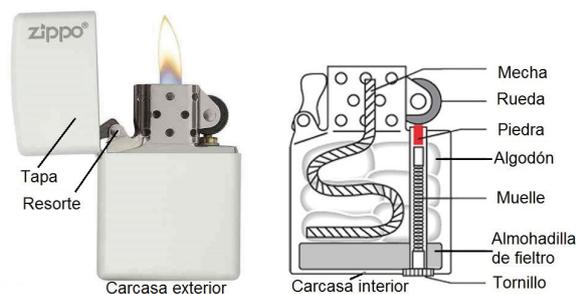


Figura 11. Elementos de un mechero Zippo.

5. Mecheros tipo Zippo

Los mecheros *Zippo* se diferencian de los de gas en la clase de combustible y en la forma de suministrarlo. Utilizan una mezcla de líquidos combustibles derivados del petróleo (gasolina especial) que asciende por capilaridad, desde unas bolas empapadas en la gasolina, a través de una mecha de algodón, que contiene dentro un fino hilo de cobre para mayor consistencia. La fricción de la rueda con la piedra de ferrocerio proporciona la energía de activación necesaria para que arda el combustible que impregna la mecha.

Todo el conjunto está contenido en una carcasa interior de latón que se puede sacar, de otra carcasa mayor, para recargar el combustible. La llama es resistente al viento gracias a una cubierta (o chimenea) metálica con orificios, que deja entrar al aire para crear la llama pero la protege del viento, actuando de cortavientos (Figura 11). El mechero *Zippo*, se caracteriza porque el suministro de combustible es continuo, no necesitan de una válvula de suministro, la llama permanece encendida sin necesidad de apretar un pulsador para liberar el gas. Para apagarla hay que cerrar la tapa, con lo que se retira el oxígeno requerido para la combustión.

La mecha de algodón del mechero se va ennegreciendo por el uso, debido a la deposición de partículas de carbono resultantes de la combustión incompleta del combustible.

6. Mecheros eléctricos

Los mecheros eléctricos más modernos son los de plasma, que no contienen combustible, ni forman llama directa, sino una pequeña batería recargable de litio, encargada de transformar la energía química en electricidad y, esta, en energía térmica.

La batería origina una descarga entre los electrodos de tungsteno (wolframio), originando un arco voltaico de color púrpura (Figura 12) formado por el cuarto estado de la materia (plasma), de forma semejante a la formación de los rayos en una tormenta eléctrica. La temperatura del arco no origina una llama, pero produce la energía térmica suficiente para iniciar el fuego y prender materiales inflamables con los que se pone en contacto.

Al no utilizar hidrocarburos inflamables, los mecheros eléctricos de plasma cuentan con las ventajas de no producir carbonización, encenderse desde cualquier posición, y funcionar en condiciones meteorológicas adversas. Se recargan mediante un conector a un puerto USB y dado la elevada potencia de descarga de la pila incorporan un temporizador de apagado automático (≈ 10 s) como sistema de economizar energía y proteger los electrodos de las altas temperaturas.



Figura 12. Mechero eléctrico de plasma (izqda.) y de incandescencia (dcha.).

La mayoría de los encendedores de plasma contienen en los terminales un sistema doble de electrodos para conseguir mayor potencia calorífica. Al presionar el botón de encendido, los electrodos se ionizan al máximo, extendiéndose la ionización al aire circundante. El movimiento de los electrones hace que la chispa se desplace entre los electrodos opuestos, formando un doble arco de plasma en forma de "X".

A pesar de que en un video publicado en diversas redes,^[10] se muestre un mechero comercial de plasma afirmando que es un arma encubierta y prohibida, semejante a una pistola táser, parece ser simplemente un mechero que no produce descargas eléctricas peligrosas, solo la necesaria para crear un arco de plasma con el que poder iniciar fuego; ni afecta al sistema nervioso, anulando las funciones motoras, ni origina incontrolables espasmos musculares.

Otros tipos de encendedores eléctricos, utilizan un cabezal de ignición formado por una bobina o resistencia de tungsteno. Al paso de la corriente, el alambre de la bobina se calienta hasta la incandescencia (efecto Joule). Este mismo tipo de mechero se encuentra instalado en muchos automóviles para encender cigarrillos. Incluso, existen mecheros que combinan el sistema de incandescencia con el de gas combustible, creando una doble ignición que genera una llama de color rojizo.

7. Conclusiones

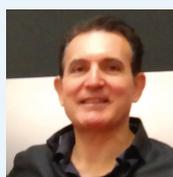
Parafraseando al Premio Nobel S. Glashow, todo lo que pueda contribuir a despertar el interés por la química siempre es útil para el docente. A esto, pueden contribuir unos ingenios tan cotidianos como los mecheros de bolsillo; aparatos que funcionan gracias a la química, de la mano de la física y la tecnología.

La facilidad de manejo, accesibilidad y coste reducido, hacen de los encendedores un interesante recurso didáctico con el que los estudiantes pueden comprobar, de forma práctica, cómo la química proporciona numerosos materiales a la tecnología para crear instrumentos y dispositivos útiles que nos hacen la vida más cómoda y segura.

Bibliografía

- [1] K. Reinhardt, H. Winkler, *Cerium Mischmetal, Cerium Alloys and Cerium Compounds*, Wiley-VCH, 2012, (8), 41-54.
- [2] F. C. Hentz Jr., G. G. Long, *J. Chem. Educ.* 1976, 53, 651, <https://doi.org/10.1021/ed053p651>.
- [3] T. Gray, *Los elementos*, Larousse Ed. 2011, p. 137.
- [4] *Fichas Internacionales de Seguridad Química*, INSST, 2018, ICSC: 0901, 0232.

- [5] D. A. Davenport, *J. Chem. Educ.* 1976, 53, 306, <https://doi.org/10.1021/ed053p306>.
- [6] G. M. Bodner, L. J. Magginnis, *J. Chem. Educ.* 1985, no. 62, 434-435, <https://doi.org/10.1021/ed062p434>.
- [7] B.S. Shakhshiri, *Chemical Demonstrations*, vol. 2, The University of Wisconsin Press, 1985, 48-50.
- [8] W.M. Haynes, *Handbook of Chemistry and Physics*, CRC Press, 2015, Sec. 6-5, <https://doi.org/10.1201/b17118>.
- [9] B. Haraoubia, *Nonlinear Electronics 1*, Elsevier, 2018, 345-346, <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-300-4.50001-4>.
- [10] Policía Nacional. "¿Conocías esta arma prohibida?" disponible en https://www.tiktok.com/@policia/video/7207023433111129350?is_from_webapp=1&sender_device=pc, 2023 (consultado: 05/05/2024).



Fernando I. de Prada Pérez de Azpeitia

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química (RSEF y RSEQ)

C-e: fernando.pradaperez@educa.madrid.org

ORCID: 0000-0002-4897-2082

Fernando de Prada, licenciado en Ciencias Químicas (UAM). Profesor de instituto de Física y Química (Comunidad de Madrid). Miembro del Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y Química (RSEQ/RSEF). Entre sus colaboraciones se encuentran entidades variadas; Grupo SM, Parque de Atracciones de Madrid, RSEQ, RSEF, Comunidad de Madrid, Ministerio de Educación, Museo Nacional del Prado... Forma parte activa en eventos de divulgación científica (Feria Madrid es Ciencia, Ciencia en Acción, El Pati de la Ciència...).

Galardonado en diversos certámenes de mejora de la calidad de enseñanza e innovación educativa (Premio Salvador Senent de la RSEQ, Premio Enseñanza y Divulgación de la Física de la RSEF, Premio Giner de los Ríos del MEC...).

XLII Reunión del **GEOO**
 Grupo Especializado en **Química Organometálica**
 SEVILLA, del 11 al 13 de Septiembre de 2024

Organiza:

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
 RSEQ
 GEOO
 CSIC