



Los Fuegos Artificiales

Miguel Ángel Romero, Alejandro Méndez, Esther Mora

Resumen—La química de los fuegos artificiales, las reacciones de redox, sus colores característicos y su impacto en el medio.

Palabras Claves— Fuegos, Pólvora, Temperatura, Energía

1. INTRODUCCIÓN

Los fuegos artificiales, ese fascinante espectáculo de luces, explosiones y humo tan común en eventos y festividades es pura química y no es especialmente reciente.

2. ORIGEN

Aunque hay registros del uso de fuegos artificiales mucho antes, su invención se le atribuye a la antigua china entre los años 600-900 D.C, época en la que el término “química” todavía no se había determinado. En su lugar existía una práctica que incluía varias ramas de la actual ciencia como la medicina, la química y la física, entre otros, y disciplinas filosóficas y recibía el nombre de alquimia, la predecesora de la química moderna. Su principal objetivo era la obtención de oro a través de la transformación del plomo y la búsqueda de la piedra filosofal, con el fin de obtener la inmortalidad.

Fue entonces un alquimista chino quien por casualidad mezcló una serie de compuestos dando como resultado una explosión. La combinación de nitrato potásico, carbón vegetal y azufre originó la pólvora negra, elemento que evolucionará a la pólvora blanca y que es un ingrediente básico en los fuegos artificiales modernos.

Posteriormente, las muestras de pólvora china y fórmulas químicas comenzaron a extenderse poco a poco hacia Europa y Medio Oriente a través de la Ruta de Seda, permitiendo así su mejora y su utilización en ámbitos militares y de celebraciones.

3. FUEGOS ARTIFICIALES Y FORMACIÓN

Los fuegos artificiales que conocemos hoy en día son dispositivos pirotécnicos que se usan en ámbitos de entretenimiento, mayoritariamente en celebraciones y que fueron inventados en Europa en la década de 1830, que fue cuando los inventores italianos agregaron metales como el estroncio, para hacer fuegos artificiales rojos, y el bario, para hacer fuegos artificiales verdes.



Fig.1 Imagen fuegos artificiales

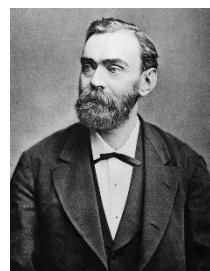
Dentro de estos dispositivos ocurren reacciones pirotécnicas. Éstas son una reacción de combustión generalmente no explosiva de los materiales que los componen generando chispas, humo y llamas. En otras ocasiones, éstos pueden contener elementos que produzcan explosiones controladas. La combustión es una reacción electroquímica de oxidación y reducción en la que sucede un intercambio de electrones entre el agente oxidante y el reductor liberando de esta manera energía. Ese intercambio de electrones provoca que la pólvora explote y que se libere energía en forma de calor y luz dando como resultado los fuegos artificiales.

Los agentes oxidantes son aquellos compuestos que proporcionan el oxígeno necesario para la combustión como pueden ser los nitratos, cloratos y percloratos. En cambio, los agentes reductores actúan como combustible y reaccionando con el oxígeno procedente de los oxidantes producen gases a altas temperaturas. Entre los más utilizados encontramos el azufre y el carbono. No obstante, hay presentes otras sustancias que regulan la velocidad de la reacción. Los metales, utilizados a menudo, aceleran la reacción cuanto más fino sea el polvo que se mezcla. Y otras que actúan como ligantes de la mezcla como la dextrina, la arábiga y el parlón. Éstos ligantes deben cumplir unos requisitos: deben tener un fuerte poder de cohesión para la consolidación de la mezcla, deben ser resistentes a cualquier disolvente, deben ser duros y estables para no descomponerse mientras están almacenados y no deben alterar el color de la llama del compuesto.

4. COMPOSICIÓN Y COLORES

La responsable de que los fuegos artificiales estallen y produzcan su sonido característico es la pólvora.

Originalmente la fórmula química de la pólvora negra consistía en una mezcla de nitrato potásico, carbón vegetal y azufre, normalmente en una proporción de 75 %, 15 % y 10 % respectivamente. Sin embargo, la pólvora que se utiliza a día de hoy tiene una composición química diferente debido al descubrimiento de nuevos materiales, como la nitroglicerina o el clorato de potasio, el cual produce una combustión más rápida. A ésta se le conoce como pólvora blanca, pólvora sin humo o pólvora y fue descubierta por Paul Vieille a través de la gelatinización de la nitrocelulosa y, en comparación con la pólvora negra, ésta genera una energía tres veces superior. Al principio, el proceso de producción de la pólvora suponía muchos riesgos, sin embargo, Alfred Nobel mejoró el procedimiento para evitar explosiones accidentales, mezcló el explosivo líquido con un material absorbente, consiguiendo de esta manera un polvo que podía ser manipulado con mayor facilidad.



Figs. 2 y 3 Fotografías de Paul Vieille y Alfred Nobel

Todo esto es posible ya que la fórmula química de la pólvora incluye un combustible (el carbono) y un agente oxidante (el nitrato potásico), el tercer ingrediente clave es el azufre, que estabiliza la fórmula. No obstante, la pólvora en sí no es suficiente para crear fuegos artificiales tan llamativos y coloridos como los que acostumbramos a ver en las festividades.

En función del color que se quiera conseguir se añade a su fórmula un elemento químico distinto. Por ejemplo, el sodio (Na) crea estallidos dorados, el titanio (Ti) da lugar a destellos plateados y blancos, el cobre (Cu) produce el color azul y el bario (Ba) el verde. Cuando entran en juego otros elementos químicos se logran también otros efectos visuales y se modifica el brillo y la intensidad.

5. PROPIEDADES DE LOS FUEGOS

La magia de los fuegos artificiales se debe a los fenómenos llamados incandescencia y la luminiscencia que permiten que estos tengan color a través de la emisión de radiación en un intervalo de longitud de onda específico.

5.1. Incandescencia

La incandescencia ocurre cuando una sustancia emite luz debido a temperaturas elevadas. En este proceso, el calor hace que los materiales brillen, comenzando en la zona infrarroja del espectro a bajas temperaturas y poco a poco aumentando hasta la zona del rojo/amarillo en condiciones de mayor calor. Aunque es eficiente para generar colores cálidos, la incandescencia tiene limitaciones para producir tonalidades frías, como el azul o el verde, que requieren temperaturas extremadamente altas para ser visibles.

5.2. Luminiscencia

Por otro lado, la luminiscencia no depende directamente de la temperatura. Se produce cuando los electrones en los átomos de ciertos metales absorben energía y saltan a un nivel energético superior. Al volver a su estado original, liberan la energía absorbida en forma de luz. Este fenómeno permite obtener colores brillantes y variados incluso a temperaturas más bajas. Es particularmente importante para tonos como el azul y el verde, que no son prácticos de lograr únicamente mediante la incandescencia. Con esta sí se pueden obtener todos los colores del espectro visible que se encuentra entre los 400nm y los 700nm aproximadamente.

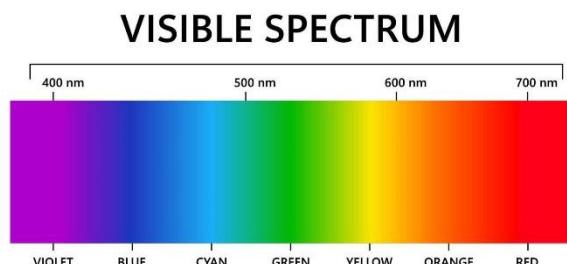


Fig. 4 Representación del espectro visible

6. IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

Los fuegos artificiales tienen un impacto ambiental significativo, ya que su combustión libera contaminantes químicos como metales pesados, dióxido de carbono, y percloratos, además de partículas finas que pueden contribuir a la contaminación del aire y el agua. Estos efectos son especialmente notables en eventos masivos donde la concentración de partículas aumenta significativamente, afectando la calidad del aire y la salud humana, especialmente para personas con enfermedades respiratorias.

En respuesta a estas preocupaciones, se están desarrollando alternativas más sostenibles, como los fuegos artificiales ecológicos. Estos utilizan compuestos de combustión limpia, sin azufre ni cloro, y en algunos casos emplean nitrógeno para reducir la emisión de partículas tóxicas. Sin embargo, estos avances aún enfrentan desafíos económicos, ya que su costo de producción es mayor comparado con los fuegos tradicionales.

FUEGOS ARTIFICIALES

Además, tecnologías como el video mapping o el uso de drones ofrecen una alternativa completamente libre de emisiones. Estas proyecciones crean espectáculos visuales dinámicos y coloridos sin la quema de materiales químicos, lo que las convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente y adaptable a eventos grandes y pequeños.

Fig. 5 Imagen Fiestas Colombinas 3 de Agosto 2024 en Huelva

A pesar de los progresos, la adopción de fuegos artificiales sostenibles es limitada por razones económicas y logísticas. Para que estas soluciones sean viables a gran escala se requiere una combinación de avances



tecnológicos, reducción de costos y políticas que incentiven el uso de alternativas ecológicas.

Promover la sostenibilidad en la pirotecnia no solo implica innovaciones químicas, sino también una transición cultural hacia alternativas menos contaminantes, asegurando que las celebraciones sigan siendo espectaculares, pero menos perjudiciales para el planeta.

7. CONCLUSIONES

La química de los fuegos artificiales se ha ido mejorando a la par que se iba desarrollando y profundizando el conocimiento sobre la química. Además, se ha adaptado a las necesidades económicas y mejorado en cuanto a la creación, sin embargo, debe seguir evolucionando y perfeccionando teniendo en cuenta esta vez el medio ambiente. De manera directa, esto conllevará un avance en la química.

REFERENCIAS

- [1] Aparicio, Q. (s.f.). *Subexpuesta.com*. Obtenido de Subexpuesta.com: <https://www.subexpuesta.com/blog/fotografia-de-fuegos-artificiales/historia-fuegos-artificiales>
- [2] BBC Mundo. (6 de Diciembre de 2010). *BBC News Mundo*. Obtenido de BBC News Mundo: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/12/101206_fuegos_artificiales_navidad_ano_nuevo_amab
- [3] Brice, L. (24 de Abril de 2024). *Muy interesante*. Obtenido de Muy Interesante: <https://www.muyinteresante.com.mx/ciencia-y-tecnologia/39049.html>
- [4] Chemical Safety Facts.org. (29 de Junio de 2023). *Chemical Safety Facts.org*. Obtenido de Chemical Safety Facts.org: <https://es.chemicalsafetyfacts.org/health-and-safety/the-bright-history-of-chemistry-and-fireworks/#:~:text=La%20mezcla%20t%C3%ADpica%20de%20fuegos,ayuda%20a%20generar%20los%20colores>

- [5] ClimaTecnoyMas. (25 de Octubre de 2024). *ClimaTecnoyMas*. Obtenido de ClimaTecnoyMas: <https://www.elclimat enelmundo.com/2024/10/como-afectan-los-fuegos-artificiales-al.html>
- [6] Concepto. (s.f.). *Enciclopedia Concepto*. Obtenido de Enciclopedia Concepto: <https://concepto.de/reacciones-redox/>
- [7] ElFinanciero. (31 de Diciembre de 2021). *ElFinanciero*. Obtenido de ElFinanciero: <https://www.elfinanciero.com.mx/entretenimiento/2021/12/31/como-funcionan-los-fuegos-artificiales-la-ciencia-explica-la-magia-detras-de-los-colores-y-sonidos-brillantes/>
- [8] México, H. d. (11 de Septiembre de 2019). *El Heraldo de México*. Obtenido de El Heraldo de México: <https://heraldodemexico.com.mx/tendencias/2019/9/11/fuegos-artificiales-ecologicos-una-alternativa-para-este-15-de-septiembre-117244.html>
- [9] Química y lifestyle. (23 de Junio de 2020). *Zschimmer y Schwarz*. Obtenido de Zschimmer y Schwarz: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/la-quimica-de-los-fuegos-artificiales-una-relacion-explosiva/>
- [10] Quimitube. (s.f.). *Quimitube.com*. Obtenido de Quimitube.com: <https://www.quimitube.com/pirotecnia-las-reacciones-quimicas-de-los-fuegos-artificiales/>
- [11] Radio Universidad Central. (23 de Diciembre de 2023). *Radio Ucentral*. Obtenido de Radio Ucentral: <https://radio.ucentral.cl/noticias/el-origen-de-los-fuegos-artificiales-una-explosion-de-color-y-alegría-en-el-cielo/>
- [12] Sánchez, A. J. (2011). *La Química de los fuegos artificiales*. Obtenido de La Química de los fuegos artificiales: <https://blognovenogradodequimica.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/05/fuegos-artificiales.pdf>
- [13] Universitat de València. (s.f.). *Universitat de València*. Obtenido de Universitat de València: <https://www.uv.es/~jaguilar/historias/nobel.htm#:~:text=A%20ra%C3%ADz%20de%20esta%20tragedia,aire%20libre%20sin%20que%20explotara>
- [14] Wikipedia. (10 de Noviembre de 2024). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Fuegos_artificiales
- [15] Wikipedia La encyclopédie libre. (21 de Septiembre de 2024). Obtenido de Wikipedia La encyclopédie Libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/Pirotecnia>

Autores: Miguel Ángel Romero, Alejandro Méndez, Esther Mora

