Una luz intensa para iniciar el aprendizaje de la química: La combustión del magnesio en distintos niveles de interpretación · Gabriel Pinto Cañón

En la primera clase de Química de primer curso de distintas titulaciones de ingeniería suelo presentar dos ideas que acompañarán a los estudiantes durante toda la asignatura: la química es una ciencia experimental y su aprendizaje exige relacionar diferentes niveles de representación. Para introducir ambas ideas recurro a una demostración breve, visual y fácilmente reproducible: la combustión de una cinta de magnesio, iniciada con la llama de un mechero común.

La interpretación de un fenómeno químico puede organizarse en tres dominios: el macroscópico, referido a lo que se observa y se mide; el submicroscópico, que considera las partículas y sus interacciones; y el simbólico, que recurre a fórmulas, ecuaciones y otras representaciones. La integración de estos dominios, conocida habitualmente como triplete o triángulo de Johnstone, constituye una herramienta didáctica fundamental para comprender la química, y no solo para describirla.

En la enseñanza dirigida a estudiantes de ingeniería resulta útil añadir una cuarta perspectiva: la relación entre el fenómeno de laboratorio y sus manifestaciones en la vida cotidiana, la tecnología o la industria. Esta dimensión contextual permite discutir por qué una misma transformación puede desarrollarse de forma distinta según la escala, las condiciones de operación y la finalidad perseguida.

A lo largo del curso empleo ejemplos variados como el proceso cloroalcalino (con fotografías y esquemas), la reacción del zinc con ácido clorhídrico (in situ en clase) o la obtención de aluminio a partir de la bauxita (con fotografías y mostrando muestras de bauxita, alúmina y aluminio). En este artículo describo cómo la combustión del magnesio y la combustión del gas de un mechero permiten presentar, desde el primer día, esa forma integrada de observar, interpretar y representar una reacción química.

Material

Para realizar la demostración se necesita cinta o alambre de magnesio, unas tijeras, unas pinzas metálicas, un mechero común y una placa de Petri, vidrio de reloj o recipiente análogo para recoger el producto. El docente debe utilizar bata y gafas de seguridad, mantener al alumnado a una distancia adecuada y evitar por parte de todos los asistentes la observación directa y prolongada de la intensa luz emitida durante la combustión.

Procedimiento experimental

La demostración se lleva a cabo siguiendo esta secuencia:

1. Se pide a los estudiantes que anoten con detalle lo que observen. Se les advierte, además, de que en una sesión posterior deberán explicar las transformaciones producidas en los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico.
2. Se corta una pieza de cinta de magnesio de unos 2 cm. Su superficie es normalmente mate y puede presentar un color grisáceo o negruzco debido a la capa de productos formada por reacción con el aire y la humedad. Se raspa cuidadosamente con uno de los filos de las tijeras hasta recuperar el brillo metálico.

3. En uno de los extremos se practican pequeños cortes transversales para aumentar la superficie expuesta y facilitar el inicio de la reacción.
4. Se muestra un mechero común a los alumnos y se comenta brevemente su funcionamiento para producir una llama. Se recuerda que el combustible suele ser una mezcla de hidrocarburos licuados, con frecuencia rica en isobutano (metilpropano), que se mantiene en fase líquida dentro del depósito por efecto de la presión.
5. La cinta de magnesio se sujeta con las pinzas y se acerca el extremo recortado a la llama del mechero. Al cabo de unos instantes, el magnesio emitiendo una luz blanca y muy brillante. Se forma un sólido blanco, quebradizo, que se deja caer sobre la placa de Petri. Además, se produce una densa nube de humo blanco.
6. Una vez enfriado, se invita al alumnado a observar el producto blanco. El docente puede mostrar su fragilidad presionándolo suavemente con las pinzas, sin manipularlo directamente.
7. De forma alternativa, se puede hacer la experiencia con un alambre fino de magnesio. El efecto visual es menos llamativo, aunque la reacción se inicia con mayor rapidez.
8. A partir de estas observaciones se inicia una discusión guiada sobre las dos combustiones que han tenido lugar: la del combustible del mechero y la del magnesio. Los dispositivos correspondientes y las ecuaciones químicas que describen los procesos se muestran en la Figura 1.

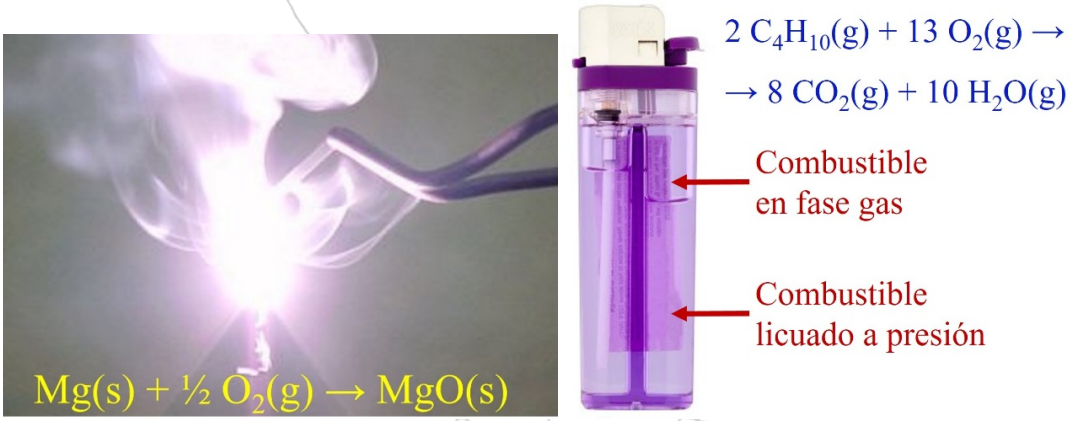


Figura 1. Izquierda: Combustión de la cinta de magnesio con emisión de luz blanca y ecuación química representativa. Derecha: Ejemplo de mechero usado en clase (elegido para que permita visualizar el líquido interior) y ecuación química que representa la combustión. Fuente: G. Pinto.

Durante la combustión pueden proyectarse pequeñas partículas incandescentes y generarse finas partículas de óxido de magnesio. Por ello, resulta recomendable mantener una distancia adecuada de observación y evitar situarse directamente sobre la vertical de la reacción. El recipiente utilizado para recoger el producto permanece caliente durante varios minutos tras el experimento y no debe manipularse inmediatamente después de la demostración.

Discusión del fenómeno

La demostración resulta especialmente fértil cuando se examina desde los tres dominios citados en la introducción. En el nivel macroscópico, el alumnado identifica el brillo metálico inicial, el encendido, la emisión de luz blanca, el desprendimiento de energía y la aparición de un sólido blanco y frágil, acompañado de una densa nube de partículas del mismo color. Conviene ayudar a los alumnos a distinguir con precisión entre observación e interpretación: «se forma un sólido blanco» es una observación; «se ha formado óxido de magnesio», como indican muchos, ya incorpora un modelo químico.
En el nivel submicroscópico, se interpreta la transformación como una reorganización de la materia acompañada de transferencia electrónica. Los átomos de magnesio del sólido metálico se oxidan y originan cationes Mg^{2+}, mientras que el oxígeno del aire, O_2, se reduce y da lugar a aniones O^{2-}. Estos iones forman una red iónica cristalina de óxido de magnesio; por tanto, no es adecuado describir el MgO como una sustancia formada por moléculas discretas. Puede producirse también una pequeña cantidad de nitruro de magnesio, debido a la presencia de N_2 en el aire, pero para una primera aproximación didáctica la combustión se representa mediante la formación de MgO, producto mayoritario. La nube observada durante la combustión está formada principalmente por finas partículas de MgO dispersas en el aire.

La deslumbrante luz blanca emitida constituye una de las características más llamativas de esta reacción. El calor liberado durante la combustión eleva considerablemente la temperatura del magnesio y de las partículas formadas, pudiéndose alcanzar localmente temperaturas de varios miles de grados centígrados. La radiación emitida por el material incandescente, junto con la emisión asociada a especies excitadas generadas durante el proceso, origina la característica luz blanca de gran intensidad. Este fenómeno permite relacionar química y física e introducir cualitativamente conceptos como temperatura, excitación, emisión de radiación y espectros luminosos.

En el nivel simbólico se escribe la ecuación ajustada $2\ Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2\ MgO(s)$. Esta representación informa sobre la identidad de reactivos y productos, sus estados físicos y la proporción estequiométrica, pero no muestra por sí sola la intensidad de la luz, la estructura cristalina del producto, el mecanismo de reacción ni las condiciones necesarias para iniciarla. Preguntar qué aporta y qué omite la ecuación ayuda a evitar que el simbolismo se convierta en una sustitución mecánica del fenómeno. La misma reacción permite introducir una conexión histórica y tecnológica: el magnesio en polvo se utilizó en los primeros sistemas de iluminación fotográfica por la brillante luz blanca que produce al arder (Figura 2).



Figura 2. Utilización de flash de polvo de magnesio a finales del siglo XIX. Fuente: D. Sánchez Torres, D. (2025). *El flash de magnesio: Let there be light.*

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Aunque el empleo del magnesio como fuente de iluminación fotográfica quedó obsoleto con el desarrollo de los flashes electrónicos, su combustión sigue aprovechándose en la actualidad en diversos dispositivos pirotécnicos. Las bengalas de señalización, determinadas composiciones de fuegos artificiales y algunos dispositivos de iluminación de emergencia utilizan magnesio o aleaciones ricas en este metal debido a la elevada intensidad luminosa que generan al oxidarse formando MgO. De forma paralela, la combustión del gas del mechero puede analizarse en los tres dominios de comprensión. Esta segunda reacción abre cuestiones sobre el estado físico del combustible en el depósito, su vaporización, la mezcla con el aire y los productos de una combustión completa o incompleta. Un tema de discusión recurrente es si el agua de la combustión se considera líquido o gas en la ecuación química.

Uso didáctico y respuestas del alumnado

Además de animar a los alumnos a realizar fotografías y vídeos con sus teléfonos móviles, durante la discusión se les recomienda buscar en internet grabaciones de experiencias análogas y valorar tanto las medidas de seguridad adoptadas como la forma de explicar el fenómeno. Una semana después de la demostración, normalmente junto con una evaluación inicial de nomenclatura y formulación, se solicita por escrito una explicación macroscópica, submicroscópica y simbólica de las dos reacciones observadas. La actividad permite comprobar no solo qué recuerdan los estudiantes, sino también si distinguen entre describir un cambio y explicarlo mediante modelos.

Las respuestas son muy variadas. Algunos alumnos articulan correctamente los tres niveles; otros recuerdan la experiencia de manera fragmentaria, y no faltan quienes han olvidado que se les había anunciado la pregunta. En una ocasión se les pidió que señalaran el aspecto que más les había sorprendido. Aunque cabía esperar que eligieran la luz emitida por el magnesio, muchos destacaron descubrir que el «gas» del mechero se encuentra mayoritariamente en fase líquida dentro del depósito (debido a la presión). Esta reacción revela el valor didáctico de los detalles cotidianos cuando se examinan con mirada química. Tras comentar y justificar las respuestas, la experiencia se recupera en distintos momentos del curso. Al estudiar la estructura molecular puede analizarse la geometría de las moléculas de isobutano; en el tema de enlace químico se comparan el enlace metálico del Mg, el enlace covalente de O_2 y la red iónica del MgO; y al abordar materiales de uso común se relaciona el color blanco del MgO con el de la cal viva (CaO), más conocida por sus aplicaciones en construcción. La demostración, como otras realizadas en el curso deja así de ser un episodio aislado. Se convierte en un hilo conductor al que regresar con niveles crecientes de profundidad y pasa a constituir una referencia compartida entre profesor y estudiantes sobre la que construir nuevo conocimiento.

Consideraciones finales

La combustión del magnesio, con la ayuda de un mechero común, es una demostración rápida, sencilla y de gran impacto visual, pero su principal interés no reside únicamente en la espectacularidad. Bien guiada, permite diferenciar observación e interpretación, relacionar los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico, introducir cuestiones de seguridad y conectar la química con la tecnología, la historia y la vida cotidiana.

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

Además, ofrece un referente común que puede recuperarse a lo largo del curso para enriquecer conceptos de estequiometría, estructura, enlace y reactividad. En suma, una experiencia de apenas unos minutos puede contribuir a mostrar, desde la primera clase, que aprender química consiste en establecer relaciones significativas entre lo que vemos, los modelos con los que lo explicamos y los símbolos con los que lo comunicamos.

Gabriel Pinto Cañón
Universidad Politécnica de Madrid
Contacto: gabriel.pinto@upm.es

Bibliografía

- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, pp. 75-83.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, pp. 156-168.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), pp. 179-195.
- De Prada Pérez de Azpeitia, F. I. (2024). La química que se esconde tras los mecheros. *Anales de Química de la RSEQ*, 120(2), pp. 85-91.
- North Carolina School of Science and Mathematics (2012). Combustion of Mg [vídeo]. YouTube https://www.youtube.com/watch?v=EZ3JT2nWfMA
- Pinto, G. y Prolongo, M. (2020). Experiencias prácticas para la enseñanza y el aprendizaje de las reacciones químicas. Educació Química, 27, pp. 49-55.