Anales de Química de la RSEQ

An. Quím. RSEQ, 2026, 122 (Extra.), 291-295
https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2150

La revista de la Real Sociedad Española de Química

ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Experiencias de bajo coste en el aula de Física y Química

Low-Cost experimental activities for physics and chemistry education

Jesús Verdeja Galán

IES Bezmiliana, Rincón de la Victoria, Málaga.

PALABRAS CLAVE:

Experimentación barata
Enseñanza de la física y la química
Aprendizaje experimental
Innovación educativa
Educación Secundaria

RESUMEN:

La experimentación constituye un elemento fundamental en la enseñanza de la física y la química, aunque las limitaciones de recursos dificultan su implementación en muchos centros educativos. En este trabajo se presentan tres experiencias de bajo coste, sencillas y seguras, destinadas principalmente al alumnado de Educación Secundaria: la formación de una nube en una botella, la combustión en una vela, y la electrólisis del agua con electrodos de grafito. Cada propuesta desarrolla su fundamento científico y aplicaciones didácticas, demostrando que es posible desarrollar actividades experimentales rigurosas, motivadoras y accesibles utilizando materiales cotidianos y de bajo coste.

KEYWORDS:

Low-Cost experimentation
Physics and chemistry education
Experimental learning
Educational innovation
Secondary Education

ABSTRACT:

Experimental work is a fundamental component of Physics and Chemistry education, although limited resources often hinder its implementation in many schools. This paper presents three simple, safe, and low-cost experimental activities designed for Secondary Education students: cloud formation in a bottle, candle combustion, and the electrolysis of water using graphite electrodes. Each activity includes its scientific background and educational applications, demonstrating that rigorous, engaging, and accessible experimental learning can be achieved using everyday, low-cost materials.

Introducción

La experimentación constituye uno de los pilares fundamentales en la enseñanza de Física y Química, ya que permite al alumnado comprender los fenómenos naturales mediante la observación directa, relacionar los modelos científicos con la realidad y desarrollar competencias como la formulación de hipótesis, la interpretación de resultados y la argumentación basada en evidencias.[1] En los últimos años, la didáctica de las ciencias ha reforzado el papel del aprendizaje basado en la indagación, poniendo de manifiesto que las actividades experimentales favorecen la motivación, el pensamiento crítico y la adquisición de habilidades científicas cuando el alumnado participa activamente en el diseño, desarrollo e interpretación de las experiencias.[2,3]

Sin embargo, la realización de prácticas o demostraciones experimentales continúa encontrando limitaciones en numerosos centros educativos debido al coste de los materiales, la disponibilidad de laboratorios o el tiempo necesario para preparar las actividades. En este contexto, la experimentación de bajo coste representa una excelente vía para acercar el trabajo experimental al alumnado mediante el empleo de materiales cotidianos, económicos o reciclados, sin renunciar al rigor científico. Además, diferentes estudios recientes destacan que las propuestas experimentales sencillas, visuales y basadas en la indagación favorecen la implicación del alumnado y constituyen la incorporación de metodologías activas en el aula.[4,5]

Con este propósito, el presente trabajo propone tres experiencias económicas dirigidas principalmente al alumnado de Educación Secundaria, con el objetivo de ofrecer al profesorado recursos experimentales sencillos, rigurosos y fácilmente reproducibles que favorezcan la enseñanza de la física y la química mediante metodologías activas.

Experiencias de bajo coste

La fábrica de nubes

Esta experiencia permite reproducir de forma sencilla y visual el proceso de formación de una nube en el interior de una botella, realizando una analogía del fenómeno que ocurre en la atmósfera. Mediante esta demostración se trabajan conceptos relacionados con la teoría cinético-molecular de la materia, los cambios de estado, la presión, la temperatura y el comportamiento de los gases. En la Tabla 1 aparecen recogidos los materiales necesarios y su coste aproximado.

Para llevar a cabo el experimento, se introduce una pequeña cantidad de etanol en el interior de una botella de plástico transparente de 500 mL. No es necesario medir el volumen

© 2026 Real Sociedad Española de Química

CÓMO CITAR: J. Verdeja Galán. *An. Quím. RSEQ* **2026**, 122, 291-295, https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2150

* C-e: jvergal752@g.educaand.es

Manuscrito recibido: 14/07/2026 · aceptado: 26/08/2026

del alcohol con precisión, ya que basta con unos mililitros que permitan humedecer las paredes internas de la botella. A continuación, se cierra la botella con su tapón y se agita durante unos segundos para favorecer la evaporación del alcohol y aumentar la concentración de vapor de etanol en su interior.

Tabla 1. Materiales necesarios para "La fábrica de nubes".

Material	Coste aproximado
Botella de plástico transparente de 500 mL con tapón	Reutilizada
Etanol (Alcohol de 96°)	0,80 €

Fuente: Elaboración propia.

Una vez generado el vapor, se comprime la botella ejerciendo presión con ambas manos sobre sus paredes, tal y como se muestra en la Figura 1. Tras mantener la presión durante unos segundos, se libera bruscamente y aparece una nube blanquecina en el interior de la botella (Figura 1b), que desaparece de nuevo al volver a comprimirla o al pasar unos segundos.

Este proceso puede repetirse varias veces consecutivas, permitiendo observar de forma clara la aparición y desaparición de la nube.

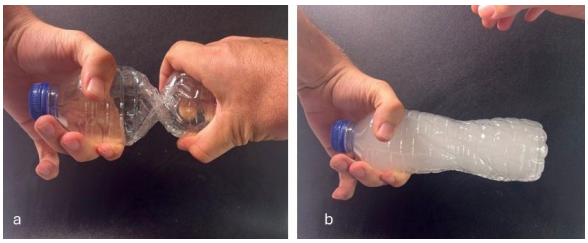


Figura 1. Experimento de "La nube en la botella". Figura 1a: presión ejercida sobre la botella. Figura 1b: formación de la nube en el interior de la botella.

El fenómeno observado puede explicarse a partir de los siguientes principios científicos:

En el interior de la botella existe inicialmente una mezcla de aire y vapor de etanol. Se emplea este compuesto porque presenta una presión de vapor considerablemente mayor que la del agua a temperatura ambiente, lo que favorece una elevada concentración de vapor y hace que el fenómeno sea mucho más visible.

Cuando se comprimen las paredes de la botella, disminuye el volumen disponible para los gases y aumenta la presión en su interior. En estas condiciones, las moléculas del aire y del vapor de etanol se encuentran más próximas entre sí y aumenta la frecuencia de sus colisiones. Al liberar bruscamente la presión, el gas se expande para ocupar nuevamente todo el volumen del recipiente. Durante esta expansión, las partículas se desplazan desde las regiones de mayor presión hacia aquellas donde la presión es menor, redistribuyéndose rápidamente hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio.

Este proceso de expansión tiene lugar en un intervalo de tiempo tan corto que puede considerarse prácticamente adiabático. Como consecuencia, el gas realiza trabajo sobre el entorno sin intercambiar una cantidad apreciable de calor, lo que provoca un descenso de su temperatura, que es suficiente para alcanzar la temperatura de saturación del vapor de etanol. Parte de dicho vapor se condensa formando diminutas gotas líquidas suspendidas en el aire. Estas microgotas dispersan la luz incidente y originan el aspecto blanquecino de la nube.

Al volver a comprimir la botella, la presión y la temperatura del gas aumentan nuevamente. En estas condiciones, las gotas de etanol se evaporan y la nube desaparece, de modo que el experimento puede repetirse sucesivamente.

Este fenómeno constituye una analogía del proceso de formación de las nubes en la atmósfera. Cuando una masa de aire asciende, encuentra regiones donde la presión atmosférica es menor, por lo que se expande y se enfría. Si la temperatura desciende hasta alcanzar el punto de rocío, el vapor de agua se condensa sobre pequeñas partículas en suspensión, conocidas como núcleos de condensación, dando lugar a la formación de las nubes. Si las gotas continúan creciendo y alcanzan un tamaño suficiente, pueden producirse precipitaciones.

Esta experiencia resulta especialmente adecuada para el alumnado de 2° de ESO en adelante, ya que permite introducir de forma visual y experimental conceptos relacionados con la teoría cinético-molecular de la materia, los cambios de estado y la influencia de la presión y la temperatura sobre el comportamiento de los gases. La formación y desaparición de la nube en el interior de la botella constituye un fenómeno sorprendente que facilita la comprensión de procesos que, habitualmente, pueden resultar abstractos para el alumnado.

En cursos superiores, como 3° y 4° de ESO o Bachillerato, la experiencia puede utilizarse para profundizar en las leyes de los gases y en la relación entre presión, volumen y temperatura, así como para introducir el concepto de expansión adiabática y explicar los procesos de condensación que tienen lugar en la atmósfera. Del mismo modo, permite establecer conexiones entre la Física y la Química y otras disciplinas, como las ciencias de la Tierra, favoreciendo una visión interdisciplinar de los fenómenos naturales.

Desde un punto de vista metodológico, esta actividad resulta especialmente apropiada para plantear una secuencia de aprendizaje basada en la indagación. Antes de realizar la demostración, se puede invitar al alumnado a formular hipótesis mediante preguntas como: ¿Qué ocurrirá al comprimir la botella? ¿Y cuándo se libere la presión? ¿Por qué aparece una nube en el interior si no se ha añadido agua líquida? ¿Creéis que el fenómeno sería el mismo si no se añadiera etanol? ¿Qué relación puede tener esta experiencia con la formación de las nubes en la atmósfera? Tras la observación del experimento, estas cuestiones pueden retomarse para contrastar las hipótesis iniciales con la explicación científica, favoreciendo el desarrollo del razonamiento crítico y la construcción del conocimiento a partir de la evidencia experimental.

Asimismo, la comparación entre el comportamiento del etanol y el del agua permite introducir el concepto de volatilidad y discutir las diferencias entre la nube generada en la botella y las nubes atmosféricas. En este contexto, puede explicarse que, mientras el etanol se condensa fácilmente debido a su elevada presión de vapor, en la atmósfera el vapor de agua necesita, además del enfriamiento del aire, la presencia de partículas en suspensión que actúan como núcleos de condensación. De este modo, el experimento no solo permite comprender un proceso físico, sino también interpretar un fenómeno cotidiano desde una perspectiva científica.

La llama viajera

Esta experiencia permite analizar los cambios de estado que experimenta la parafina durante la combustión de una vela y comprender el mecanismo por el que tiene lugar esta reacción química. En la Tabla 2 se muestran los materiales necesarios y su coste aproximado.

© 2026 Real Sociedad Española de Química

Tabla 2. Materiales necesarios para "La llama viajera".

Material	Coste aproximado
Vela de parafina	0,30 €
Mechero	1,00 €
Copa o tarro de vidrio transparente	Reutilizado

Fuente: Elaboración propia.

Para desarrollar la experiencia, se coloca la vela sobre una superficie estable o soporte y se enciende con ayuda de un mechero. Durante los primeros segundos puede observarse cómo la cera sólida situada alrededor de la mecha comienza a fundirse debido al calor liberado por la llama, formándose una pequeña reserva de parafina líquida.

Tras aproximadamente un minuto de combustión, cuando la vela produce una llama estable, se apaga cubriéndola con una copa o un tarro de vidrio transparente como se muestra en la Figura 2a. Al consumirse el oxígeno disponible en el interior del recipiente, la llama se extingue. A continuación, y sin demoras, se retira cuidadosamente el recipiente y se observa que de la mecha continúa ascendiendo un fino hilo blanquecino de humo durante unos segundos.

Si se aproxima la llama del mechero a este hilo de humo sin tocar directamente la mecha, la combustión se inicia en la parte superior de la columna de vapor y progresa rápidamente a lo largo de ella hasta alcanzar la mecha provocando que la vela vuelva a encenderse de forma espontánea, como se puede observar en la Figura 2b. Este fenómeno suele sorprender al alumnado, ya que aparentemente la llama "viaja" por el humo hasta reavivar la vela.



Figura 2. Experimento de "La llama viajera". Figura 2a: apagado de la vela agotando el oxígeno. Figura 2b: encendido de la vela gracias a la parafina que asciende.

La explicación científica de la experiencia se fundamenta en los siguientes procesos:

Las velas comerciales están constituidas principalmente por parafina, una mezcla de hidrocarburos sólidos obtenidos durante el refinado del petróleo. Aunque habitualmente se percibe que "arde la vela", no es correcto, ya que el combustible que alimenta la llama no es la parafina sólida, sino su vapor.

Al encender la mecha, el calor liberado por la combustión provoca la fusión de la parafina sólida situada en su base. La parafina líquida asciende entonces por el interior de la mecha gracias al fenómeno de la capilaridad. A medida que se aproxima a la llama, la temperatura aumenta hasta que la parafina se vaporiza. Es este vapor de hidrocarburos el que reacciona con el oxígeno del aire en una reacción de combustión altamente exotérmica, liberando energía en forma de calor y luz, además de producir principalmente dióxido de carbono y vapor de agua.

Cuando la vela se apaga al cubrirla con el recipiente de vidrio, la concentración de oxígeno disminuye hasta impedir que continúe la combustión. Sin embargo, la mecha permanece durante unos instantes a una temperatura elevada, por lo que la parafina sigue evaporándose incluso después de desaparecer la llama. El humo blanco que se observa inmediatamente después de apagar la vela está constituido por una mezcla de vapor de parafina y diminutas gotas de parafina condensada.

Al acercar una llama a esta columna de vapor, la energía de activación necesaria para iniciar la combustión vuelve a alcanzarse. La reacción química se propaga a través del vapor de parafina hasta llegar a la mecha, donde continúa evaporándose combustible de forma sostenida y la vela vuelve a encenderse. Esta demostración pone de manifiesto que la combustión tiene lugar en la fase gaseosa y no directamente sobre la cera sólida.

Esta experiencia puede desarrollarse desde 2° de ESO y constituye un recurso de gran interés para trabajar de forma integrada los cambios de estado, la teoría cinético-molecular de la materia y las reacciones químicas. El empleo de una vela, un objeto cotidiano y familiar para el alumnado, facilita la contextualización de estos conceptos y ayuda a diferenciar los cambios físicos que experimenta la parafina (fusión, vaporización y condensación) de la transformación química que tiene lugar durante la combustión. En cursos superiores, la actividad puede utilizarse para profundizar en conceptos como la energía de activación, el triángulo del fuego o las reacciones de oxidación.

Desde un punto de vista metodológico, la experiencia favorece el aprendizaje por indagación mediante preguntas previas como: ¿Qué es lo que realmente arde en una vela: la mecha, ¿la cera sólida o el vapor de parafina? ¿Qué ocurrirá si acercamos una llama al humo que desprende la vela recién apagada? ¿Será posible volver a encenderla sin tocar la mecha? Tras la demostración, estas cuestiones permiten interpretar las observaciones y comprender que el combustible es el vapor de parafina. La sencillez del montaje y su elevado impacto visual convierten esta actividad en una herramienta muy útil para fomentar la motivación del alumnado, el razonamiento basado en evidencias experimentales y un aprendizaje significativo.

Electrólisis del agua con electrodos de grafito

Esta experiencia permite realizar la electrólisis del agua mediante un montaje sencillo y de bajo coste, observando la formación de gases en ambos electrodos como consecuencia del paso de la corriente eléctrica. A través de esta demostración se introducen conceptos relacionados con las reacciones químicas, los procesos de oxidación y reducción, la conductividad eléctrica de las disoluciones y la estequiometría de una reacción química. En la Tabla 3 aparecen recogidos los materiales necesarios y su coste aproximado.

Para llevar a cabo la experiencia se llena un vaso de vidrio con aproximadamente 200 mL de agua y se añade una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio, agitando la mezcla hasta conseguir su completa disolución. La función del bicarbonato de sodio no es participar en la reacción química, sino aumentar la conductividad eléctrica de la disolución, permitiendo el paso de la corriente entre ambos electrodos.

A continuación, se fijan dos minas de grafito con ayuda de las pinzas de madera o plástico, de manera que queden suspendidas en el interior del vaso sin llegar a tocarse como se muestra en la Figura 3a. Cada una de las minas se conecta mediante una pinza de cocodrilo a uno de los polos de una pila de 9 V, estableciendo así el circuito eléctrico.

© 2026 Real Sociedad Española de Química

https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2150

Tabla 3. Materiales necesarios para "Electrólisis del agua con electrodos de grafito".

Material	Coste aproximado
Dos minas gruesas de grafito	0,20 €
Dos cables con pinzas de cocodrilo	1,00 €
Pila de 9V	2,50 €
Vaso de vidrio transparente	Reutilizado
Dos pinzas de madera o plástico para tender la ropa	Reutilizado
Agua	-
Bicarbonato de sodio	2,00€/1 kg

Fuente: Elaboración propia.

Pocos segundos después de cerrar el circuito, comienzan a observarse burbujas de gas sobre la superficie de ambos electrodos. El desprendimiento gaseoso es claramente más intenso en el electrodo conectado al polo negativo de la pila, mientras que en el electrodo positivo se observa un burbujeo menos abundante. Si el montaje se mantiene durante varios minutos, esta diferencia resulta aún más evidente como se observa en la Figura 3b.

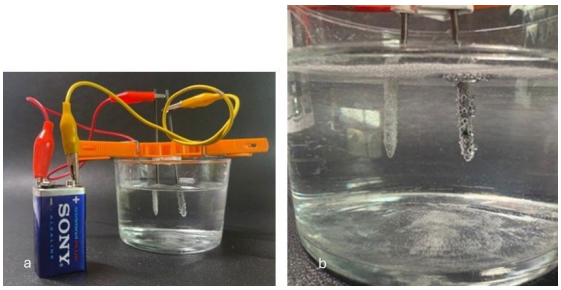


Figura 3. Experimento de "Electrólisis del agua con electrodos de grafito". Figura 3a: montaje experimental. Figura 3b: burbujeo de hidrógeno (electrodo de la izquierda) y de oxígeno (electrodo de la derecha).

El fenómeno observado puede explicarse mediante los siguientes principios científicos:

La electrólisis es un proceso mediante el cual la energía eléctrica se emplea para provocar una reacción química que no tendría lugar de forma espontánea. En esta experiencia, la corriente suministrada por la pila produce la descomposición del agua en sus elementos constituyentes: hidrógeno y oxígeno.

El agua pura es una sustancia con una conductividad eléctrica muy baja, por lo que apenas permite el paso de corriente. Para facilitar el proceso se añade bicarbonato de sodio, que al disolverse libera iones capaces de transportar la carga eléctrica a través de la disolución. Es importante destacar que el bicarbonato actúa únicamente como electrolito y no se consume durante la reacción, aunque genera un medio ligeramente básico. Como precaución es recomendable no utilizar cloruro de sodio como electrolito, ya que en determinadas condiciones podría producirse la oxidación de los iones cloruro y desprenderse pequeñas cantidades de cloro gaseoso.

Como electrodos se emplean minas de grafito debido a que este material presenta una buena conductividad eléctrica y una elevada resistencia química, por lo que no participa en las reacciones que tienen lugar durante la electrólisis.

En el electrodo conectado al polo negativo de la pila, denominado cátodo, tiene lugar la reducción del agua, generándose hidrógeno gaseoso:

$$4H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 2H_2(g) + 4OH^-(aq)$$

Por el contrario, en el electrodo conectado al polo positivo, denominado ánodo, se produce la oxidación, liberándose oxígeno gaseoso:

$$4OH^-(aq) \rightarrow O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^-$$

Sumando ambas semirreacciones, se obtiene la reacción global, que puede expresarse como:

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 2H_2(g)$$

Una de las observaciones más interesantes de la experiencia es que el volumen de hidrógeno producido es aproximadamente el doble que el de oxígeno. Esta diferencia coincide con la estequiometría de la reacción global, ya que por cada molécula de oxígeno formada se generan dos moléculas de hidrógeno. El distinto ritmo de desprendimiento de burbujas constituye, por tanto, una evidencia experimental de las proporciones en las que se forman ambos gases.

Esta experiencia puede adaptarse a distintos niveles educativos. En 2° y 3° de ESO supone una excelente introducción al concepto de reacción química, permitiendo observar cómo una sustancia puede transformarse en otras diferentes mediante el aporte de energía. Además, ofrece la oportunidad de trabajar la conductividad eléctrica de las disoluciones y la diferencia entre materiales conductores y aislantes, justificando el empleo del grafito como electrodo y del bicarbonato de sodio como electrolito.

En 4° de ESO y Bachillerato, la actividad permite profundizar en los procesos de oxidación y reducción, la identificación del ánodo y del cátodo, el papel de los electrones en las reacciones electroquímicas y la interpretación de las semirreacciones. Asimismo, la diferencia en el volumen de los gases desprendidos constituye un recurso muy útil para trabajar el concepto de estequiometría de una forma visual y experimental.

Desde un punto de vista metodológico, el montaje favorece el aprendizaje por indagación, ya que permite plantear cuestiones previas como: ¿Por qué el agua pura apenas conduce la electricidad? ¿Qué función desempeña el bicarbonato? ¿Por qué se generan gases diferentes en cada electrodo? ¿Por qué se observa una mayor cantidad de burbujas en el cátodo que en el ánodo? Estas preguntas promueven la formulación de hipótesis y facilitan que el alumnado relacione las observaciones experimentales con los modelos científicos estudiados.

Conclusiones

La experimentación constituye un elemento esencial en la enseñanza de Física y Química, ya que permite al alumnado comprender los fenómenos científicos a partir de la observación y relacionar los modelos teóricos con situaciones cotidianas. Las experiencias presentadas demuestran que es posible desarrollar actividades prácticas de gran valor didáctico utilizando materiales reciclados y de bajo coste, facilitando la incorporación del trabajo experimental en cualquier contexto educativo.

Además de favorecer la comprensión de conceptos científicos, este tipo de propuestas incrementa la motivación y la

© 2026 Real Sociedad Española de Química

participación del alumnado, promoviendo un aprendizaje más activo y significativo. La experimentación de bajo coste constituye una herramienta eficaz para acercar la ciencia al aula de forma rigurosa, accesible y sostenible.

Bibliografía

[1] A. Hofstein, V. N. Lunetta, *Sci. Educ.* **2004**, *88*, 28-54, https://doi.org/10.1002/sce.10106.

[2] P. S. Cetin, *J. Chem. Educ.* **2021**, *98*, 756-762, https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01364.

[3] Y. Huang, *J. Res. Sci. Teach.* **2022**, 59, 329-357, https://doi.org/10.1002/tea.21729.

[4] R. M. Roller, S. Sumantakul, M. Tran, A. Van Wyk, J. Zinna, D. A. Donelson, S. G. Finnegan, G. Foley, O. R. Frechette, J. Gaetgens, J. Jiang, K. C. Rinaolo, R. S. Cole, M. Lieberman, V. T. Remcho, K. A. Frederick, *J. Chem. Educ.* **2021**, 98, 1946-1953, https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00214.

[5] E. W. Kelley, *J. Chem. Educ.* **2021**, *98*, 2496-2517, https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00457.



Jesús Verdeja Galán

IES Bezmiliana, Rincón de la Victoria, Málaga

C-e: jvergal752@g.educaand.es

ORCID: 0009-0003-5383-6784

Jesús Verdeja es profesor de Física y Química en el IES Bezmiliana (Rincón de la Victoria, Málaga), miembro del Club Científico Bezmiliana y de la Asociación Astronómica de Málaga Sirio. Su labor docente tiene como eje la experimentación, ya que constituye un elemento esencial para el estudio y la comprensión de los fenómenos científicos. Busca desarrollar propuestas innovadoras que acerquen la ciencia al alumnado y fomenten el pensamiento crítico. Le apasiona la divulgación científica como herramienta para despertar la curiosidad y promover una cultura científica, participando en cursos de formación del CEP o jornadas de divulgación como las DDD.



© 2026 Real Sociedad Española de Química

https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2150