

## “Mi casa, mi laboratorio”: un enfoque didáctico para la introducción al estudio de las reacciones redox utilizando materiales de bajo costo

*‘My house, my laboratory’: a didactic approach for the introduction to the study of redox reactions using low-cost materials*

José Luís Araújo,<sup>1</sup> Marcelo Hahn<sup>2</sup> e Isabel Saúde<sup>3</sup>

### Resumen

Este artículo presenta una propuesta de secuencia didáctica dirigida a estudiantes de secundaria. Se propone la exploración de indicadores ácido-base naturales con el fin de caracterizar diferentes soluciones acuosas. Luego, los estudiantes se enfrentan a un escenario desafiante e investigativo: la adición de lejía a un refresco de cola resulta en una reacción química que también implica cambios de color. Basándose en el protocolo desarrollado, los estudiantes llevarán a cabo ensayos experimentales para determinar si el refresco de cola es un indicador ácido-base. Para explicar los resultados obtenidos, los estudiantes llevarán a cabo una investigación cuyas conclusiones llevarán a la introducción del tema de las reacciones de oxidación-reducción. Con esta propuesta se busca fomentar la participación activa de los estudiantes en la construcción de su aprendizaje a través de actividades prácticas y experimentales, utilizando materiales cotidianos para promover su autonomía y, al mismo tiempo, estimular la curiosidad científica y el desarrollo de habilidades esenciales para la educación del siglo XXI. Además, el conocimiento que este enfoque didáctico contribuye significativamente a una comprensión más profunda de los conceptos fundamentales de la Química, promoviendo reflexiones más profundas sobre su relevancia en la sociedad actual.

**Palabras clave:** electroquímica, educación secundaria, indagación, redox, indicadores.

### Abstract

This article presents a proposal for a didactic sequence aimed at secondary school students. It proposes the exploration of natural acid-base indicators to characterize different aqueous solutions. Then, the students face a challenging and investigative scenario in which the addition of bleach to a cola drink results in a chemical reaction that involves color changes. Based on the developed protocol, the students will conduct experimental tests to determine if the cola drink can act as an acid-base indicator. To explain the results obtained, the students will conduct research, and their conclusions will lead to the introduction of the topic of oxidation-reduction reactions. This proposal aims to encourage the active participation of students in constructing their learning through practical and experimental activities, using everyday materials to promote their autonomy and, at the same time, stimulate scientific curiosity and the development of essential skills for 21st-century education. Additionally, the knowledge that this didactic approach contributes to a deeper understanding of fundamental Chemistry concepts, promoting more profound reflections on their relevance today.

**Keywords :** electrochemistry, secondary education, inquiry, redox, indicators.

### CÓMO CITAR:

Araújo, J. L., Hahn, M., y Saúde, I. (2025, enero-marzo). “Mi casa, mi laboratorio”: un enfoque didáctico para la introducción al estudio de las reacciones redox utilizando materiales de bajo costo. *Educación Química*, 36(1). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.1.88964>

<sup>1</sup> CIDTFF, Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro, Portugal.

<sup>2</sup> UIFIMUP, Unidade de Ensino das Ciências, Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

<sup>3</sup> CIQUP, IMS, Unidade de Ensino das Ciências, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.

## Introducción

Uno de los principales desafíos que enfrenta la investigación en Educación Química es comprender cómo los estudiantes aprenden los conceptos y prácticas, y de qué manera piensan en química, para poder identificar los problemas y dificultades en el aprendizaje de esta ciencia, con la intención de desarrollar estrategias didácticas para superar las dificultades identificadas (Tümay, 2016). La química es una ciencia intrínsecamente compleja, especialmente debido a la naturaleza de la construcción de su conocimiento, que se realiza interrelacionando tres niveles conceptuales distintos: macroscópico, submicroscópico y simbólico (Johnstone, 1991). Por esta razón, para Johnstone (1991), los estudiantes ven la química como una disciplina difícil, compleja y abstracta que requiere mucho esfuerzo y una inteligencia por encima de la media para poder comprenderla. En otras palabras, como menciona Cardellini (2012), la naturaleza de esta ciencia a veces la hace inaccesible para los estudiantes.

Las reacciones químicas, como las reacciones de oxidación-reducción, son un concepto central en la Educación Química (Gillespie, 1997) y, por lo tanto, están presentes en los planes de estudio de química en la educación básica y/o secundaria en la mayoría de los países del mundo (Basheer et al., 2016). Sin embargo, varios autores (por ejemplo, Okpala & Onocha, 1988; Butts & Smith, 1987; Hesse & Anderson, 1992; Basheer et al., 2016; Kemppler et al., 2021) señalan que los conceptos relacionados con el estudio de las reacciones de oxidación-reducción, como la electrólisis, la transferencia de electrones o la electroquímica, son los más difíciles de comprender en comparación con otros contenidos abordados en estos niveles educativos. En este sentido, la investigación en Educación Química se ha centrado durante mucho tiempo en comprender cómo los estudiantes aprenden los conceptos de Química, revelando que un gran porcentaje de estudiantes, en todos los niveles educativos, presenta concepciones alternativas relacionadas incluso con los conceptos químicos más básicos (Nakhleh, 1992; Kousathana et al., 2005; Taber, 2009). Sanger y Greenbowe (1999) y Turner et al. (2023) observan que en el caso de la electroquímica en general y de los conceptos de oxidación y reducción en particular, las concepciones alternativas de los estudiantes son abundantes y muy diversas. Por lo tanto, varios autores (Eymur & Geban, 2012; Önder, 2017; Wu & Yeziarski, 2023) señalan que es necesario que el profesor identifique las concepciones alternativas de los estudiantes para poder adoptar estrategias didácticas que promuevan un cambio conceptual.

Debido a que la Química es la ciencia de laboratorio por excelencia, Hofstein (2017) afirma que los profesores reconocen las ventajas didácticas resultantes de involucrar a los estudiantes en actividades de laboratorio. En este sentido, este autor enumera una serie de dimensiones que pueden ser potenciadas mediante clases de laboratorio, entre ellas el conocimiento de conceptos científicos (incluyendo el cambio conceptual), el interés y la motivación, las habilidades prácticas y de resolución de problemas, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la participación de los estudiantes en el proceso de producción científica.

También la American Chemical Society (American Chemical Society, 2020) asume su posición a través de una publicación, enfatizando que las actividades de laboratorio son esenciales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta ciencia, desde la educación básica hasta la educación superior. Las actividades de laboratorio y/o experimentales

en química, además de promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, también fomentan el desarrollo significativo de la alfabetización científica en sus diversos dominios. Por lo tanto, según la opinión de Hofstein (2017), Irwanto et al. (2019) y Duban et al. (2019), involucrar a los estudiantes en actividades de laboratorio se presenta como una forma de potenciar el aprendizaje de esta ciencia, atribuyendo significado a la simbología de la química y a sus fenómenos submicroscópicos a través de la observación y la medición, con el fin de minimizar las dificultades de aprendizaje en esta disciplina. Sin embargo, como señalan Reid y Shah (2007), uno de los principales obstáculos para la enseñanza de laboratorio de química se debe a los costos asociados con el equipo, los reactivos y el mantenimiento de los laboratorios. Por lo tanto, dadas estas posibles limitaciones, el profesor debe buscar constantemente recursos y estrategias de enseñanza que permitan dinamizar la clase (o el espacio fuera del aula) y la participación de los estudiantes para que sean actores activos en la construcción de su aprendizaje en esta disciplina (Sirhan, 2007). Dado que la química es una ciencia presente en diversas situaciones cotidianas, muchos de sus conceptos abstractos pueden encontrarse en contextos familiares para los estudiantes, que son fácilmente identificables en sus hogares, estableciendo así un puente entre esta ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

## Secuencia didáctica propuesta

### *Contextualización*

En Portugal, el plan de estudios de Química para el undécimo grado aborda el tema de las reacciones químicas en solución acuosa (Direção Geral de Educação, 2018). Dentro de este dominio, se exploran las reacciones ácido-base y, a continuación, las reacciones de oxidación-reducción. Sin embargo, es común que estos temas se presenten en capítulos independientes en los libros de texto. Esto no supone un obstáculo didáctico, ya que, a este nivel de educación, las reacciones ácido-base se abordan de acuerdo con la teoría de Bronsted-Lowry (involucrando la transferencia de protones) y las reacciones de oxidación-reducción se comprenden a partir de la transferencia de electrones entre las especies oxidadas y reducidas. Aunado a ello se puede enriquecer didácticamente la transición entre estos contenidos, promoviendo su interconexión y previniendo la construcción de algunas concepciones alternativas. Esta transición se puede realizar, por ejemplo, a través de una secuencia didáctica (que se describe detalladamente en la sección siguiente) en la que los estudiantes, en el laboratorio, exploren una reacción de oxidación-reducción que produzca un cambio en el color de la solución. De esta manera, se puede fomentar la discusión sobre el hecho de que el fenómeno observado se puede entender como otro ejemplo de indicador colorimétrico ácido-base, similar a la solución alcohólica de fenolftaleína o al tornasol que se abordó en el estudio de las reacciones ácido-base. Además, un breve análisis de los libros de texto de química de este ciclo académico muestra que las propuestas para explorar los contenidos introductorios sobre oxidación y reducción no se centran en actividades prácticas de laboratorio, lo que no concuerda con los resultados de las investigaciones más recientes en Educación Química.

Dicho esto, la propuesta didáctica que se presenta en este trabajo se basa en un conjunto de estrategias de enseñanza, como actividades experimentales, de investigación, en las que los estudiantes participan activamente en la construcción de su aprendizaje y en la movilización de habilidades de laboratorio. La propuesta culmina con la presentación

de las conclusiones de los estudiantes en formato de póster (presentación oral) para promover el desarrollo de habilidades transversales como la comunicación, la creatividad y el desarrollo personal e interpersonal.

Para fomentar la autonomía de trabajo, se sugiere el uso de materiales caseros para investigar dos indicadores ácido-base, concretamente, el agua de cocción de col morada y el té negro. El primero se eligió debido a la amplia gama de colores que permiten establecer una escala cualitativa de pH, mientras que el segundo indicador cambia solo de tonalidad según la acidez del medio; este último tiene un comportamiento químico relevante para la secuencia didáctica propuesta.

Una vez explorada la naturaleza ácida y básica de varios materiales cotidianos (como lejía, limpiador de vidrios, jugo de limón, agua destilada, etc.), a partir de las propiedades del agua de cocción de col morada y el té negro (que son indicadores colorimétricos ácido-base), se propone la siguiente demostración: agregar lejía (solución de hipoclorito de sodio) al refresco de cola y observar que la tonalidad de la cola se aclara a medida que se añade la lejía. Esta demostración lleva a plantear la siguiente pregunta: ¿Es la cola un indicador ácido-base? A continuación, se propone a los estudiantes que elaboren un protocolo experimental para investigar si la cola, al igual que el té negro, también es un indicador colorimétrico ácido-base. A partir de ello los estudiantes deben realizar una investigación que les permita explicar por qué la lejía provoca el cambio de color de la cola y presentar las conclusiones en formato de presentación oral en un póster.

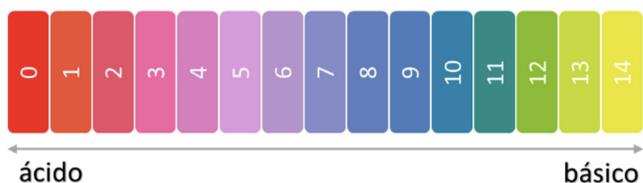
Finalmente, se utiliza la actividad realizada como punto de partida y motivación para la introducción al estudio de las reacciones de oxidación-reducción.

### **Descripción detallada**

Los conocimientos previos relacionados con las reacciones ácido-base (en particular, la naturaleza química de las soluciones y la escala de pH) son requisitos previos para que los estudiantes puedan explorar la secuencia didáctica presentada aquí. Este enfoque comienza con la preparación del agua de cocción de col morada y su uso como indicador colorimétrico ácido-base. Utilizando este indicador, los estudiantes deben verificar la naturaleza química de diferentes materiales cotidianos, como jugo de limón, vinagre, refresco de limón, agua con gas, agua del grifo, agua mineral embotellada de diferentes fuentes (incluyendo aguas minerales alcalinas), agua con jabón, detergente amoniacal, solución de bicarbonato de sodio, agua azucarada y lejía (se debe tener en cuenta que la utilización de lejía en esta actividad es importante para la exploración de la última actividad de esta secuencia didáctica).

Los estudiantes deben colocar una muestra de cada uno de estos materiales en un vaso (o en su defecto, en una cubeta para hielo), agregar unas gotas de agua de cocción de col morada a cada muestra y agitar suavemente. Luego, deben registrar los datos en una tabla que indique el material probado, el color observado después de agregar el agua de cocción de col morada y una fotografía del resultado. Comparando el color de la muestra con la Figura 1, los estudiantes deben estimar el valor de pH de la muestra y, posteriormente, organizarlas en orden descendente de acidez. La Tabla 1 ejemplifica los resultados esperados para algunos materiales cotidianos probados.

FIGURA 1. Escala de colores del agua de cocción de col morada como indicador ácido-base.



Muestras	Vinagre	Refresco de limón	Agua azucarada	Agua del grifo	Solución de bicarbonato de sodio	Detergente amoniacal	Lejía
Color	Rojo	Rosa	Morado	Morado	Azulado	Verde	Amarillo
pH estimado	3	4	7	7	8	10	14
Fotografía							

TABLA 1. Ejemplo de una tabla de registro de datos que los estudiantes deben construir.

Esta parte inicial de la secuencia didáctica, tal como se describe, puede ser realizada por los estudiantes en casa, ya que utiliza solo materiales cotidianos. Sin embargo, si se realiza en el laboratorio se puede utilizar un medidor de pH, para que los estudiantes puedan determinar el valor de pH de las muestras con mayor precisión.

Dado que el plan de estudios de Química en Portugal sigue un enfoque espiral, esta primera actividad familiar para los estudiantes, ya que generalmente se ha explorado en años anteriores. En este contexto, esta tarea tiene como objetivo movilizar conocimientos previos y presentar la actividad de investigación que sigue: indagar el comportamiento del té negro como indicador colorimétrico ácido-base. Para ello, se debe guiar a los estudiantes en la construcción de una tabla similar a la Tabla 1. Deben agregar muestras de los mismos materiales, en las mismas proporciones, respondiendo a la pregunta: ¿Puede el té negro también utilizarse como indicador ácido-base?

En la Tabla 2, se pueden observar posibles resultados obtenidos por los estudiantes como parte de la investigación sobre el comportamiento del té negro como indicador colorimétrico ácido-base.

Muestras	Vinagre	Refresco de limón	Agua azucarada	Agua del grifo	Solución de bicarbonato de sodio	Detergente amoniacal	Lejía
Cor	Color del té negro mucho más claro	Color del té negro mucho más claro	Color del té negro	Color del té negro	Color del té negro ligeramente más claro	Color del té negro más oscuro	Color del té negro más oscuro
pH estimado anteriormente	3	4	7	7	8	10	14
Fotografía							

TABLA 2. Ejemplo de una tabla de registro de datos sobre la investigación realizada por los estudiantes.

Nota 1: Dado que los cambios en la tonalidad del color del té negro observados son muy tenues, en lugar de agregar unas gotas de té negro a las muestras, fue necesario agregar solo unas gotas de las muestras al té negro para que estos cambios fueran observados.

Nota 2: Dado que el hipoclorito de sodio presente en la lejía es un agente oxidante fuerte, es necesario agregar una pequeña cantidad de esta muestra al té negro para evitar que ocurran otras reacciones químicas de oxidación-reducción en secuencia.

En este punto, los estudiantes deben debatir las diferencias observadas al agregar agua de cocción de col morada y té negro a las diferentes muestras, para concluir que ambos tienen un comportamiento químico que les permite ser utilizados como indicadores colorimétricos ácido-base. Mientras que el agua de cocción de col morada cambia de color según la naturaleza química de la muestra, el té negro registra cambios solo en su tonalidad, presentando una tonalidad más clara a medida que aumenta la acidez del medio (y una tonalidad más oscura a medida que aumenta la basicidad del medio). Este resultado encontrado para el té negro servirá como punto de partida para la exploración de la próxima actividad de esta secuencia didáctica. Esta también es una actividad de investigación en la que los estudiantes buscarán explicar por qué un refresco de cola se vuelve más claro cuando se mezcla con lejía.

Para ello, el profesor debe pedir a los estudiantes que mezclen 75 cm<sup>3</sup> de refresco de cola con 30 cm<sup>3</sup> de lejía, observen el resultado (Figura 2) y planteen la siguiente pregunta: ¿Es el refresco de cola un indicador colorimétrico ácido-base?

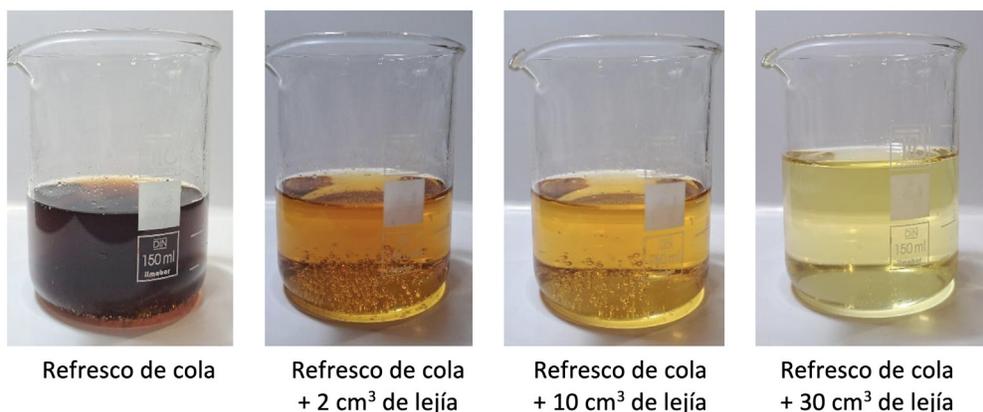


FIGURA 2. Reacción del refresco de cola con lejía.

En grupos pequeños, promoviendo el desarrollo de habilidades de trabajo en equipo y colaboración, los estudiantes deben debatir y planear un posible protocolo experimental que les permita investigar si la bebida de cola es o no un indicador ácido-base. Hay varias formas de lograr el objetivo propuesto para esta actividad y de responder a la pregunta-problema planteada. En este sentido, se presentan algunas posibilidades e indicaciones de algunos factores que deben ser tenidos en cuenta.

La primera pregunta que los estudiantes deben plantear debe estar relacionada con la posibilidad de que la bebida de cola pueda haberse aclarado solo debido a la adición de una solución acuosa (dilución) y no necesariamente debido a la adición de lejía (ocurrencia de una reacción química), lo que los llevaría a cuestionar e investigar el color de la bebida de cola si los mismos 100 cm<sup>3</sup> se mezclan con 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada. Una vez verificado que el color resultante en cada situación (adición de lejía o adición de agua destilada a la bebida de cola) es diferente, los estudiantes deben concluir que alguna reacción química debe haber ocurrido, ya que el color observado no se debe únicamente a la dilución de la bebida de cola. Los estudiantes deben proceder luego a un análisis adicional que les permita llegar a la conclusión de si la bebida de cola es o no un indicador colorimétrico ácido-base. A continuación, un enfoque posible es utilizar las muestras que utilizaron previamente cuando investigaron su naturaleza química, utilizando agua de cocción de col morada como indicador ácido-base, para ver qué cambios ocurren cuando estas se mezclan con la bebida de cola.

Si los estudiantes cuestionan que no es posible observar un cambio de color debido a que la bebida de cola tiene un tono oscuro, el profesor debe facilitar una sesión de lluvia de ideas en la que los estudiantes discutan posibles soluciones para superar esta dificultad. En última instancia, si los estudiantes no pueden llegar a ninguna conclusión, el profesor debe guiarlos considerando como una posible alternativa el análisis de la bebida de cola después de diluirla con agua destilada para que presente un tono más claro. Después de agregar las muestras seleccionadas a la bebida de cola, será posible observar que solo la lejía es capaz de cambiar su color. Por lo tanto, la primera conclusión a la que deben llegar los estudiantes es que la bebida de cola no es en realidad un indicador ácido-base, ya que no cambia de color en función de la acidez o basicidad del entorno. Se espera entonces que los estudiantes pregunten al profesor por qué la lejía aclara la bebida de cola. Este es el momento en el que el profesor debe sugerir que los estudiantes realicen una investigación en línea orientada a obtener las respuestas que buscan. En esta investigación, los estudiantes deben concluir que la mezcla de lejía (una solución de hipoclorito de sodio) con refresco de cola (que tiene un carácter químico ácido) produce gas dicloro, un agente oxidante fuerte. Como agente oxidante poderoso, el dicloro captura fácilmente electrones de otras sustancias.

Algunos compuestos coloreados al reaccionar con el dicloro (en una reacción de oxidación-reducción) pueden perder su color, dando lugar a otras sustancias (Zubir et al., 2020). El color de los refrescos de cola se debe principalmente al colorante caramelo IV (sulfito de amonio), conocido comercialmente como E150d. La reacción de esta sustancia con el dicloro provoca el cambio de tonalidad observado en la solución. De hecho, el aclaramiento del refresco de cola debido a la acción de un agente oxidante debería ser familiar para los estudiantes a través del ejemplo del blanqueo de ropa con lejía. En general, un “quitamanchas” contiene fuertes agentes oxidantes que descomponen las secciones de las estructuras químicas responsables del color de las “manchas”, devolviendo el aspecto original a la ropa blanca.

Es importante destacar que al llevar a cabo esta propuesta, es necesario tener cuidado, ya que el gas dicloro que se forma es tóxico y puede ser perjudicial para la salud humana (Hahn & Weber, 2022), dependiendo de su concentración. Por lo tanto, al manejar estos compuestos, la seguridad debe ser siempre la principal preocupación. Por esta razón, esta última parte de la propuesta didáctica debe llevarse a cabo en una campana de extracción y con el equipo de protección adecuado.

En resumen, durante la investigación, los estudiantes descubrirán que la explicación para el aclaramiento de la bebida de cola debido a la lejía se debe a la ocurrencia de una reacción de oxidación-reducción, que es un tipo de reacción desconocido para los estudiantes, ya que aún no se ha estudiado (en cuanto a este tema, hasta el 11<sup>º</sup> año de escolaridad, el currículo de Química portugués solo cubre reacciones de combustión, que son un ejemplo específico de reacciones de oxidación-reducción).

## Consideraciones finales

El aprendizaje basado en la investigación es un enfoque efectivo que permite a los estudiantes construir su aprendizaje de manera significativa, ya que les permite ser agentes activos y centrales en su aprendizaje, estimulando su curiosidad y el desarrollo de habilidades de orden superior, como la resolución de problemas, que se consideran esenciales para la formación del estudiante del siglo XXI. Dada la relevancia del trabajo experimental

en química, tiene sentido que esta secuencia didáctica sea de naturaleza experimental, explorando temas relacionados con las reacciones ácido-base y de oxidación-reducción, que son contenidos fundamentales de química con gran prominencia en el currículo de química de la escuela secundaria portuguesa.

Al explorar los indicadores ácido-base, los estudiantes pueden aprender sobre las propiedades ácidas y básicas de soluciones típicamente utilizadas en el laboratorio de química, así como de materiales utilizados en su vida cotidiana, abriendo la puerta a reflexiones más profundas en un enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente). Además, esta exploración les permite a los estudiantes comprender cómo algunas sustancias pueden usarse para identificar la naturaleza química de una solución. Sin embargo, este enfoque tiene como objetivo dejar en claro que el cambio de color en algunas reacciones químicas no se debe necesariamente a la ocurrencia de una reacción ácido-base. Esta premisa nos lleva al objetivo de la investigación presentada: investigar (destacando la importancia del control de variables) para concluir de qué tipo de reacción se trata.

En el ámbito de la formación inicial de profesores de química, se desafía a los futuros docentes a pensar en enfoques didácticos innovadores para promover la calidad en la enseñanza de esta ciencia. En esta línea, se planificó y realizó la secuencia didáctica aquí descrita. Fue evaluada por pares y por un experto en Educación en Química, quienes la destacaron como una estrategia didácticamente apropiada para los objetivos de aprendizaje propuestos, con un gran potencial para promover el aprendizaje significativo de los contenidos de química explorados, así como el interés y la motivación de los estudiantes de la escuela secundaria.

La enseñanza orientada a la investigación puede involucrar actividades prácticas, tanto las realizadas en el laboratorio como las que se pueden llevar a cabo en casa, incluido, por ejemplo, el análisis de datos e interpretación de resultados, además de discusiones sobre las aplicaciones prácticas de estos conceptos en la vida cotidiana y en la industria. Alentar a los estudiantes a investigar y explorar conceptos científicos a través de la experimentación e investigación les ayuda a movilizar habilidades y desarrollar habilidades de orden superior como el razonamiento, el pensamiento crítico y creativo, y la resolución de problemas. También fomenta la autonomía en el trabajo, así como el desarrollo de habilidades interpersonales, como el trabajo colaborativo. En este sentido, se considera que la propuesta didáctica presentada en este trabajo puede ser una herramienta interesante para que los profesores y educadores de química la utilicen en sus prácticas de enseñanza, promoviendo, de manera diferenciada, el aprendizaje de calidad de los contenidos de química abordados. Además, se espera que esta propuesta pueda servir de inspiración para el desarrollo de nuevos enfoques para la enseñanza de otros contenidos o en otros años escolares.

### **Agradecimientos**

Trabajo financiado por Fondos Nacionales a través de la FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., en el ámbito de los proyectos UIDB/00194/2020 y UIDP/00194/2020 (CIDTFF), UIDB/00081/2020 (CIQUP), LA/P/0056/2020 (IMS), UIDB/04968/2020 y UIDP/04968/2020 (IFIMUP). Este trabajo también fue cofinanciado por la Unión Europea, Proyecto 2023-1-PT01-KA220-SCH-000166387."

## Referencias

- American Chemical Society. (2020). *Importance of hands-on laboratory science*. <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/policy/publicpolicies/education/computersimulations/hands-on-science.pdf>
- Basheer, A., Hugerat, M., Kortam, N., y Hofstein, A. (2017). The effectiveness of teachers' use of demonstrations for enhancing students' understanding of and attitudes to learning the oxidation-reduction concept. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(3), 555–570. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00632a>
- Butts, B., y Smith, R. (1987). What do students perceive as difficult in H.S.C. chemistry? *Australian Science Teachers' Journal*, 32(4), 45–51. <https://doi.org/10.1007/BF02357187>
- Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the subject is difficult? *Educación Química*, 23, 305–310. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30158-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30158-1)
- Direção Geral de Educação. (2018). *Aprendizagens essenciais de física e química A, 11.º ano*. Lisboa: Direção Geral de Educação, Ministério da Educação e Ciência.
- Duban, N., Aydoğdu, B., y Yüksel, A. (2019). Classroom teachers' opinions on science laboratory practices. *Universal Journal of Educational Research*, 7(3), 772–780. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070317>
- Eymur, G., Çetin, C., y Geban, O. (2013). Analysis of the alternative conceptions of preservice teachers and high school students concerning atomic size. *Journal of Chemical Education*, 90(8), 976–980. <https://doi.org/10.1021/ed300027f>
- Gillespie, R. J. (1997). The great ideas of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 862–864. <https://doi.org/10.1021/ed074p862>
- Hahn, K., y Weber, J. A. (2022). Bleach. In *Reference module in biomedical sciences*. Elsevier. ISBN: 9780128012383
- Hesse, J. J., y Anderson, C. W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), 277–299. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290307>
- Hofstein, A. (2017). The role of laboratory in science teaching and learning. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: An international course companion* (pp. 357–368). Rotterdam: SensePublishers.
- Irwanto, Saputro, A. D., Rohaeti, E., y Prodjosantoso, A. K. (2019). Using inquiry-based laboratory instruction to improve critical thinking and scientific process skills among preservice elementary teachers. *Eurasian Journal of Educational Research*, 19, 151–170.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Kempler, P. A., Boettcher, S. W., & Ardo, S. (2021). Reinvigorating electrochemistry education. *iScience*, 24, 102481. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102481>

- Kousathana, M., Demerouti, M., y Tsaparlis, G. (2005). Instructional misconceptions in acid-base equilibria: An analysis from a history and philosophy of science perspective. *Science & Education*, 14, 173–193. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-5719-9>
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>
- Okpala, P., y Onocha, C. (1988). Difficult physics topics in Nigerian secondary schools. *Physics Education*, 23, 168–172.
- Önder, I. (2017). The effect of conceptual change texts supplemented instruction on students' achievement in electrochemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 9(4), 969–975. <https://doi.org/10.15345/iojes.2017.04.006>
- Reid, N., y Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172–185. <https://doi.org/10.1039/B5RP90026C>
- Sanger, M. J., y Greenbowe, T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6), 853–860. <https://doi.org/10.1021/ed076p853>
- Sirhan, G. (2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2–20.
- Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 75–105). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Tümay, H. (2016). Emergence, learning difficulties, and misconceptions in chemistry undergraduate students' conceptualizations of acid strength. *Science & Education*, 25(1), 21–46. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9799-x>
- Turner, K. L., He, S., Marchegiani, B., Read, S., Blackburn, J., Miah, N., y Leketas, M. (2024). Around the world in electrochemistry: A review of the electrochemistry curriculum in high schools. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 28, 1361–1374. <https://doi.org/10.1007/s10008-023-05548-0>
- Wu, M.-Y., y Yeziarski, E. J. (2023). Secondary chemistry teacher learning: Precursors for and mechanisms of pedagogical conceptual change. *Chemistry Education Research and Practice*, 24, 245–262. <https://doi.org/10.1039/D2RP00160H>
- Zubir, M., Darmana, A., Damanik, M., Nasution, H. I., Annauli, G. O., Siregar, V. C. R. U., y Silitonga, Y. S. (2020). Bleach effectively removes the stubborn stains. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 3(1), 20–24. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v3i1.18312>

## ANEXO

### PROPUESTA DE PROTOCOLO EXPERIMENTAL

**Título de la experiencia:** Investigación de la Coca-Cola como Indicador Colorimétrico

**Objetivo:** Determinar si la Coca-Cola puede ser utilizada como indicador ácido-base.

**Pregunta:** ¿Es la Coca-Cola un indicador ácido-base?

**Materiales:**

- Coca-Cola (preferiblemente sin cafeína u otros aditivos que puedan afectar el color)
- Soluciones de ácidos y bases comúnmente utilizadas en la vida cotidiana, de preferencia ya utilizadas y caracterizadas en experimentos previos
- Frascos o tubos de ensayo transparentes
- Pipetas cuentagotas
- Equipo de protección personal (bata, guantes, gafas)

**Procedimiento:**

*Preparación de las soluciones de prueba:*

- a. Preparar las soluciones de ácidos conocidos y colocar cada una en un frasco o tubo de ensayo debidamente identificado.
- b. Repetir el procedimiento para las soluciones de bases conocidas.

*Prueba con la Coca-Cola:*

- a. Colocar una pequeña cantidad de Coca-Cola en un frasco o tubo de ensayo.
- b. Agregar varias gotas de cada una de las soluciones de ácido conocidas a la Coca-Cola y agitar suavemente.
- c. Observar cualquier cambio de color u otras alteraciones en la Coca-Cola. Registrar los resultados.

**Nota:** Se puede diluir la Coca-Cola en agua destilada para que su color sea menos intenso, lo que facilitará la visualización de posibles cambios de color.

**Análisis de los resultados:**

Según los resultados obtenidos, determinar si la Coca-Cola puede ser utilizada como indicador ácido-base y cuáles fueron las observaciones realizadas en diferentes soluciones y otras bebidas.



### Conclusión:

La Coca-Cola podría ser utilizada como indicador ácido-base si mostrara cambios de color u otras características distintivas en soluciones ácidas, neutras y básicas. Según los resultados experimentales, se concluye que la Coca-Cola no es un indicador ácido-base.