

## Los conceptos de entalpía, entropía y equilibrio en reacciones químicas en el bachillerato. Propuesta didáctica para su enseñanza y aprendizaje

*The concepts of enthalpy, entropy and equilibrium in chemical reactions in High School. Proposal didactic for teaching and learning*

Alvaro Enrique Lima-Arroyo,<sup>1</sup> Adolfo Eduardo Obaya-Valdivia<sup>1</sup> y Yolanda Marina Vargas-Rodríguez<sup>1\*</sup>

### Resumen

Con el objetivo de que los estudiantes logren relacionar los conceptos de entalpía, entropía, reacción y equilibrio químico en su vida cotidiana se presenta una propuesta didáctica mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy). La propuesta se aplicó en un grupo de bachillerato. Se asignó un proyecto a cada equipo de 4-5 estudiantes. Los proyectos desarrollados fueron la obtención de un biopegamento blanco para consumo en el hogar, la neutralización de la acidez estomacal y la oxidación de hidrocarburos. En cada etapa del proyecto, los estudiantes asumieron la responsabilidad de su propio aprendizaje y el profesor sirvió solo como guía. Antes y después de la implementación de la propuesta, los estudiantes contestaron un cuestionario de preguntas de opción múltiple y abiertas. Con base en los resultados, se observó que lograron relacionar los conceptos de entalpía, entropía y equilibrio con las reacciones químicas y su importancia en la vida cotidiana. También, se evidenció que se redujeron las concepciones alternativas de los conceptos temperatura, calor, trabajo, entalpía, entropía, espontaneidad y equilibrio químico, al ser analizados desde la química en contexto.

**Palabras clave:** ABPy, entalpía, entropía, reacción química, equilibrio químico, bachillerato.

### Abstract

A didactic sequence is presented with the aim of enabling students to integrate the concepts of enthalpy, entropy, chemical reaction, and balance into their daily lives through the Project-Based Learning (PjBL) strategy. The strategy was applied in a group of the High School. A project was assigned to each team of 4-5 students. The projects developed were the obtaining of a white bioglue for home consumption, the neutralization of stomach acidity and the oxidation of hydrocarbons. At each stage of the project, students took responsibility for their own learning and the teacher served only as a guide. Before and after the implementation of the strategy, a questionnaire with multiple-choice and open-ended questions was applied. Based on the results, an improvement was observed in the correlation of the concepts of enthalpy, entropy and equilibrium with chemical reactions and their importance in everyday life. Also, it was evidenced that the alternative conceptions of the concepts of temperature, heat, work, enthalpy, entropy, spontaneity and chemical equilibrium were reduced, when analyzed from chemistry in context.

**Keywords :** Project-Based Learning, enthalpy, entropy, chemical reaction, chemical balance, high school.

### CÓMO CITAR:

Lima-Arroyo, A. E., Obaya-Valdivia, A. E., y Vargas-Rodríguez, Y. M. (2025, enero-marzo). Los conceptos de entalpía, entropía y equilibrio en reacciones químicas en el bachillerato. Propuesta didáctica para su enseñanza y aprendizaje. *Educación Química*, 36(1). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.1.88705>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, México. Correspondencia: [ymvargas@unam.mx](mailto:ymvargas@unam.mx).

## Introducción

**E**n el aprendizaje de la termodinámica en el bachillerato, los estudiantes presentan dificultades para relacionar los conceptos de entalpía, calor, entropía, reacciones y equilibrio químico. El problema principal se focaliza en que los estudiantes poseen concepciones sobre diversos fenómenos naturales, temas y situaciones, que no necesariamente son acordes con los conceptos científicos vigentes (Cuéllar López, 2009). Estas concepciones, son denominadas de diferentes formas como: Concepciones erróneas, Preconcepciones, Marcos alternativos, Concepciones alternativas, Razonamiento espontáneo, Ideas ingenuas, Ideas pre-instruccionales, Representaciones y Esquemas conceptuales alternativos (Cubero, 1994). En esta investigación las denominaremos concepciones alternativas. Estas concepciones alternativas pueden llegar a competir con las concepciones científicas (Aparicio y Rodríguez Moneo, 2000). Así, la enseñanza de estos conceptos científicos se ve dificultada debido a que se requiere que, el estudiante sustituya sus preconcepciones alternativas por otras más en consonancia con lo estipulado por la ciencia. Es decir, tendría que producirse un cambio conceptual en contra de las concepciones alternativas (Palmer y Sarju, 2022). Además, las concepciones alternativas persisten en los estudiantes debido a que presentan resistencia al cambio y para eliminar esta resistencia debe generarse un cambio intencional que se puede lograr a través de la motivación y la emoción (Carretero, 2000).

Respecto a la entalpía, la primera concepción alternativa es la confusión entre el calor y la temperatura (Erickson, 1985), energía y reacciones exo/endotérmicas (El Bilani y Le Maréchal, 2008), y energía, calor y temperatura (Rodríguez y Díaz-Higson, 2012).

El concepto de entropía se encuentra entre los más difíciles de comprender para los estudiantes (Flores Camacho et al., 2015). El problema principal son las concepciones alternativas desde el punto de vista termodinámico (macroscópico) y/o estadístico (microscópico) que muestran a la entropía como desorden, libertad, extensión y calor (Jeppsson et al., 2011), o como inviabilidad, energía-entropía y probabilidad (Akbulut y Altun, 2020) y entropía como orden o información (Ben-Naim, 2011).

Respecto al tema de reacción química, los estudiantes presentan dificultades para identificar los niveles macro, micro, simbólico y gráfico de la materia, lo que impide una comprensión de la reacción química (Casado y Raviolo, 2005) y de las razones por las que ocurre una reacción química (Talanquer, 2006).

Cuando, se relaciona la entalpía y entropía con las reacciones químicas, se presentan concepciones alternativas relacionadas con la naturaleza energética de los enlaces químicos y en los cambios de temperatura asociados con la temperatura con la reacción química y la entropía (Bain y Towns, 2018).

En cuanto a las dificultades en el tema de equilibrio químico, estas se categorizan en: conceptos previos confusos, caracterización inadecuada del sistema en el equilibrio químico, problemáticas del lenguaje y simbolismo empleados en la constante de equilibrio (Raviolo y Martínez, 2003).

El segundo problema para relacionar el calor, entalpía, entropía, espontaneidad, reacciones químicas, equilibrio químico y conceptos relacionados es que generalmente estos se estudian de forma aislada, por ejemplo, entalpía (Nilsson y Niedderer, 2014),

espontaneidad (Obaya et al., 2022), entropía y espontaneidad (Ribero Amaral y Fleury Mortimer, 2004). Para mejorar los aprendizajes de química, se han empleado diversas estrategias didácticas como la química en contexto (Caamaño, 2018). En particular, en el ABPy se ha encontrado que los estudiantes presentan significativamente menos concepciones alternativas y dificultades conceptuales en el aprendizaje del concepto de entalpía (Ayyildiz y Tarhan, 2017; Bopegedera y Perera, 2016), energía y reacciones exo/endotérmicas (El Bilani y Le Maréchal, 2008), entropía (Ayyildiz y Tarhan, 2017) y reacciones químicas (Barak y Dori, 2005).

El objetivo de esta investigación es que los estudiantes mejoren sus aprendizajes acerca de los conceptos de entalpía, calor, entropía, reacciones y equilibrio químicos a través del (ABPy) y que logren relacionar todos estos conceptos con reacciones químicas que sean útiles en su vida cotidiana.

### Metodología

La estrategia se aplicó en un grupo de bachillerato de la Universidad Mexicana, plantel Cuautitlán Izcalli del Estado de México. La muestra estuvo conformada por 13 estudiantes en total, 7 mujeres y 6 hombres, con edades entre 16-17 años. La metodología del ABPy se aplicó durante el segundo semestre del año escolar. Se consideraron las cuatro etapas del ABPy: planteamiento del proyecto y plan de trabajo, implementación, presentación y evaluación (Figura 1). Primero, se aplicó un pretest, posteriormente se formaron 3 equipos de 4 a 5 integrantes, a los que se le asignó un proyecto particular a cada uno. Se designaron las funciones de cada miembro del equipo y con base en los objetivos del proyecto, los estudiantes con el apoyo del profesor elaboraron un cronograma.

Los estudiantes organizados en equipos realizaron investigaciones respecto a los temas, conceptos y reacciones químicas derivadas de su proyecto conforme al avance programático de la asignatura y de su proyecto, sin perder de vista los conceptos de reacción química, equilibrio químico, calor (energía), espontaneidad (entropía) y conceptos relacionados.

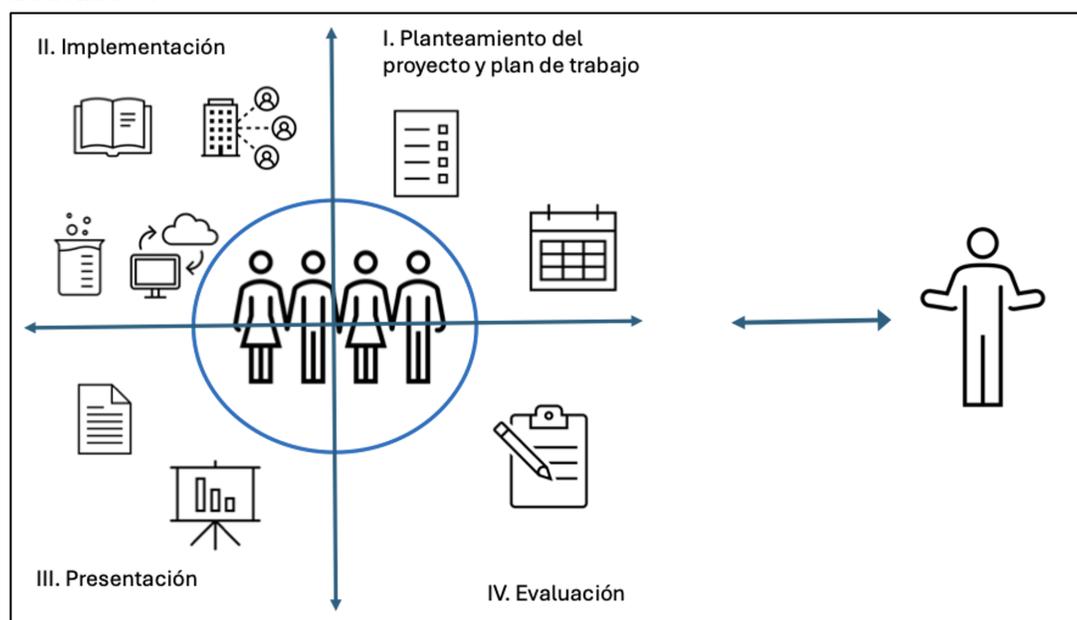


FIGURA 1. Etapas del Aprendizaje Basado en Proyectos. Elaboración propia.

Una vez que obtuvieron la información suficiente y plantearon las reacciones químicas que se llevan a cabo, realizaron la parte experimental del proyecto. Adicionalmente, determinaron la entalpía y entropía de formación de cada reacción de acuerdo con las ecuaciones 1 y 2, o con la ley de Hess.

A continuación, analizaron los resultados y elaboraron su informe final. Posteriormente, presentaron ante el grupo los resultados de sus proyectos en donde se discutieron los conceptos termodinámicos obtenidos y su utilidad o aplicación directa en la vida cotidiana. Finalmente se aplicó el postest que fue el mismo que el pretest.

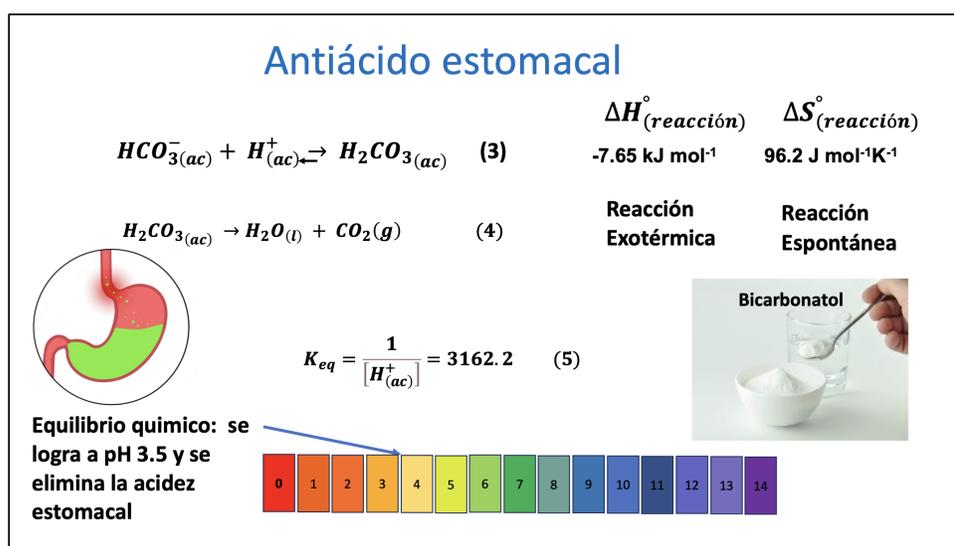
## Resultados y discusión

### Proyectos

#### Antiácido estomacal

En el caso del proyecto de acidez estomacal, los estudiantes revisaron los conceptos de acidez, basicidad, pH, acidez del estómago, reacciones de neutralización, antiácidos comerciales comunes, reacciones de neutralización, bases que contienen los antiácidos, el calor generado en cada reacción, la espontaneidad de la reacción, el equilibrio químico con base en la cantidad de ácido presente y en la cantidad de base adicionada para lograr el pH adecuado del estómago (Figura 2). Los estudiantes investigaron y encontraron que, para realizar adecuadamente la digestión el pH del estómago debe ser menor a 3.5 y que los antiácidos neutralizan el ácido clorhídrico en exceso del estómago. Con base en esta información hicieron la propuesta de utilizar como antiácido un producto que utilizan en su vida cotidiana, el bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), que reacciona con el ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) del estómago y forma ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) como se observa en la ecuación 3 (Dingrado et al., 2010). Posteriormente, el  $\text{H}_2\text{CO}_3$  se descompone en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Ecuación 4). Experimentalmente, para simular el pH de estómago los estudiantes prepararon una disolución de  $\text{HCl}$  de pH 1, tomaron una alícuota y adicionaron una disolución saturada de  $\text{NaHCO}_3$  en  $\text{H}_2\text{O}$ , que los estudiantes denominaron bicarbonatol y observaron la formación y liberación de  $\text{CO}_2$  (burbujas). Determinaron la constante de equilibrio  $K_{eq}$  de la reacción (Ecuación 5), considerando que en el equilibrio el pH es 3.5. Dentro de las conclusiones, mencionaron la importancia de las reacciones químicas y el equilibrio ácido base para tener un funcionamiento óptimo de la digestión.

FIGURA 2. Resultados del proyecto de antiácido estomacal



#### Combustión: producción de energía

En cuanto a la combustión, los estudiantes revisaron el tema del gas licuado a presión, encontrando que está compuesto principalmente por propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) y butano

(C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>). Los estudiantes indicaron que han observado que arde con una flama azul y que utilizan esa flama para calentar o cocinar alimentos. Analizaron las reacciones de combustión, la estequiometría y la formación de productos a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (Ecuaciones 6 y 7). Cabe hacer mención que los estudiantes indicaron que, al formarse productos gaseosos en un sistema abierto, las reacciones de oxidación se consideran irreversibles. Determinaron la entalpía y entropía de oxidación de ambas reacciones, encontrando valores negativos de la entalpía y valores positivos de la entropía, concluyendo que ambas reacciones son exotérmicas y espontáneas y que al ser exotérmicas se puede utilizar esa energía para calentar o cocinar alimentos (Figura 3).

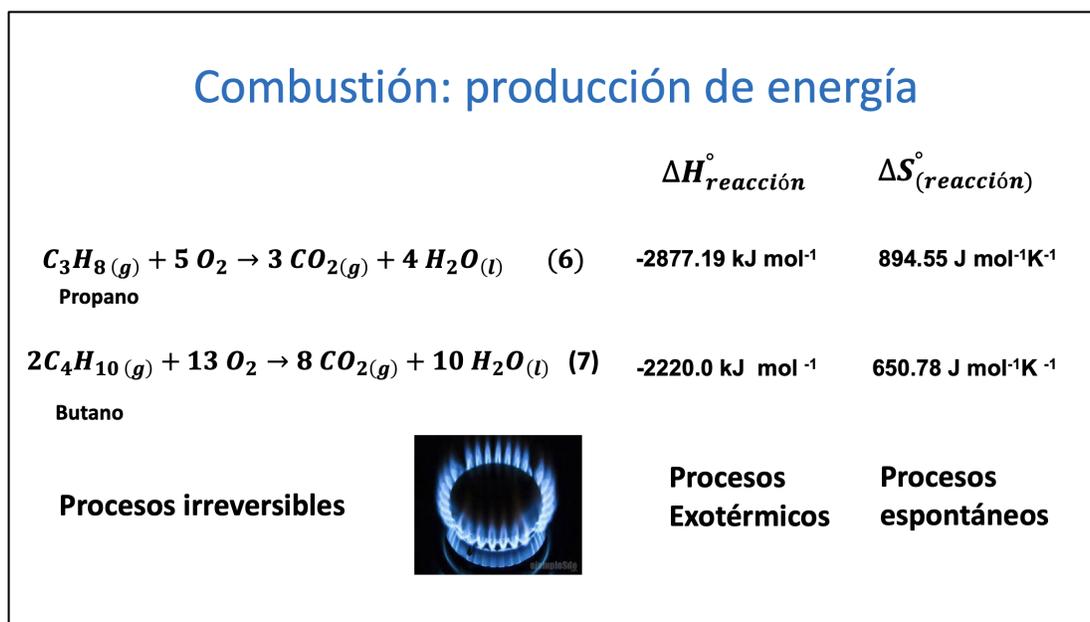


FIGURA 3. Resultados del proyecto de combustión y producción de energía.

### **Pegamento natural**

En este proyecto los estudiantes, encontraron las condiciones para obtener un pegamento de caseína de leche de vaca (Ceretti y Zalts, 2000). A partir de la metodología descrita, investigaron el fundamento teórico de la precipitación de caseína (Obaya et al., 2018). Entonces, a una muestra de leche adicionaron vinagre comercial que es ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH) en disolución, por lo que analizaron el equilibrio de disociación (K<sub>a</sub>) del ácido acético (Ecuación 8), su constante de equilibrio y realizaron el cálculo de la entalpía de disociación  $\Delta H^{\circ}_{(dis)}$ . Determinaron la entropía de disociación ( $\Delta H^{\circ}_{(dis)}$ ), con la ley de Hess (Meissler et al., 2014), a partir de los datos que proporcionó el profesor. Adicionalmente, plantearon la desnaturalización de la caseína (Ecuación 9) y la neutralización del ácido excedente en la caseína con una disolución de NaHCO<sub>3</sub>, como se muestra en la ecuación 10 (Figura 4). Los estudiantes concluyeron que las reacciones químicas están relacionadas con el equilibrio químico, la entropía y la entalpía y que las reacciones químicas tienen utilidad en su vida cotidiana.

## Pegamento natural



Leche descremada  
Vinagre

$$CH_3COOH_{(ac)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(ac)} + H^+_{(ac)} \quad (8)$$

$\Delta H^{\circ}_{(dis)} = -0.4 \text{ kJ mol}^{-1}$  (exotérmica)  
 $\Delta S^{\circ}_{(dis)} = -92 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$  (no espontánea)  
 $K_a = 1.75 \times 10^{-5}$

- Emulsión: grasa y componentes liposolubles
- Suspensión: caseína
- Solución: sustancias solubles



- Filtrar
- Lavar
- Disolver en agua
- Neutralizar el exceso de  $H^+_{(ac)}$
- Producto

$$caseína + H^+_{(ac)} + HCO^-_{3(ac)} + H^+_{(ac)} \rightarrow H_2CO_{3(ac)} + caseína_{(s)} \quad (10)$$



FIGURA 4. Resultados del proyecto preparación de un pegamento natural.

### Evaluación de las concepciones alternativas

En la Figura 5, se presentan los resultados de las respuestas correctas del pretest y el postest respectivamente (Anexo 1), acerca de los conceptos de temperatura (ítem 1), calor y entalpía (ítems 2-6), entropía y espontaneidad (ítem 7) y equilibrio químico (ítems 8-10). Cabe hacer mención que en la mayoría de las respuestas correctas del pretest son menores al 16%. Se observa que después de aplicar la propuesta didáctica del ABPy, que en todos los ítems existe un incremento en las respuestas correctas y en consecuencia un mejor entendimiento de los conceptos trabajados.

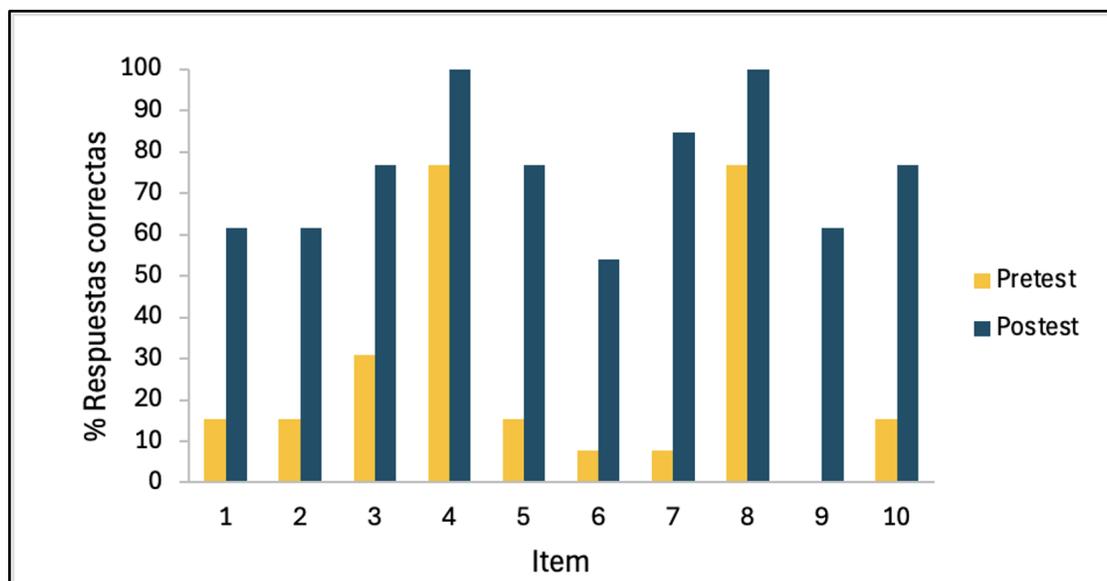


FIGURA 5. Resultados del pretest y postest.

Como se observa en Tabla 1, en el concepto de temperatura (item 1), el 61.54% de los estudiantes en el postest contestaron correctamente el inciso a) Es la medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema. Sin embargo, el resto de los estudiantes aún conservan concepciones alternativas acerca del concepto de temperatura, ya que el 23.08% consideraron el inciso b) La energía térmica que se transfiere de un sistema más caliente a un sistema más frío que están en contacto y el 15.38 % contestaron el inciso d) Es la cantidad de calor que tiene un sistema. Respecto al calor (item 2), después de aplicar la propuesta la respuesta correcta fue del 61.54 % que corresponde al inciso b) el calor es la energía térmica que se transfiere de un sistema más caliente a un sistema más frío que están en contacto. Es importante resaltar que tanto en los ítems 1 y 2, el inciso c) la temperatura es lo mismo que el calor no fue considerado por los estudiantes, resultado que indica que los estudiantes lograron comprender que la temperatura no es lo mismo que el calor, aunque no lograron al 100% identificar el concepto correcto.

En cuanto al ítem 3, el incremento en la respuesta correcta fue de 7.69% a 76.92%, correspondiente al inciso c) para utilizar la energía en forma de entalpía en una reacción química, se debe cumplir que debe existir una reacción química a presión constante. Las otras opciones a) que exista un cambio de fase, b) que exista cambio de composición y d) todas las anteriores, presentan el 7.69% de respuestas correctas en cada opción.

Cuando se preguntó: ¿Las reacciones químicas que al efectuarse liberan calor se denominan? (item 4), en el pretest el 76.92% y en el postest el 100% contestaron que se denominan exotérmicas, este concepto fue el que presentó un porcentaje menor de concepciones alternativas en el pretest (endotérmicas y diatérmicas), probablemente por el prefijo *exo* que significa fuera era conocido por la mayoría de los estudiantes y únicamente lo relacionaron.

En el ítem 5 se preguntó ¿Cómo se determina la entalpía de una reacción química? En el postest el 76.92% contestó correctamente que la entalpía de una reacción química se determina con la sumatoria de las entalpías de los productos menos la sumatoria de las entalpías de los reactivos multiplicadas por su coeficiente estequiométrico y el 53.85% lograron hacer el cálculo de la cantidad de calor producido cuando se descomponen 2.5 g de nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) a presión constante (item 6), sin embargo, el 23.07% (inciso a) de los estudiantes aunque hicieron el cálculo correcto no consideraron el signo durante las operaciones matemáticas, resultado que indica que uno de los problemas para hacer cálculos de entalpía es el mal manejo de los signos de la entalpía.

En el caso de la entropía, se preguntó en el ítem 7, ¿Qué información nos da el valor de la entropía de una reacción química? el 84.62% de los estudiantes contestó que la información que nos da la entropía es la espontaneidad de una reacción química. Este porcentaje tan elevado, se atribuye a los estudiantes durante el ABPy no investigaron nada acerca del orden o el desorden de las moléculas, ni acerca de la energía interna relacionada con la entropía.

En el ítem 8, se preguntó en qué tipo de reacciones se presenta el equilibrio químico. El 100% de los estudiantes contestaron que en reacciones reversibles. Cabe hacer notar que en el pretest los estudiantes reconocían este concepto, ya que un 79% había contestado correctamente. Durante la elaboración y presentación de sus proyectos, trabajaron con reacciones reversibles e irreversibles y únicamente en las reversibles determinaron la constante de equilibrio, motivo por el que los estudiantes comprendieron en qué tipo de

reacciones se presenta el equilibrio químico. En el ítem 9, se preguntó ¿Cuándo se presenta el equilibrio químico? En el postest el 61.54% contestó el inciso b) cuando las concentraciones de los productos y reactivos no cambian. Sin embargo, el 15.8% y el 23.7% de los estudiantes respectivamente, contestaron el inciso a) cuando la formación de productos y reactivos son iguales y el inciso c) cuando la concentración de reactivos llega a cero. Finalmente, cuando se preguntó ¿Qué es la constante de equilibrio de una reacción química? (ítem 10), el 76.92 % contestó que es el inciso d) La relación de concentración de productos entre reactivos elevados a su coeficiente estequiométrico? Y la única concepción alternativa fue el inciso c) La relación de concentraciones de productos entre reactivos con un 23.07%.

Item	Respuestas (%)			
	a)	b)	c)	d)
1	61.54	23.08	0	15.38
2	23.08	61.54	0	15.38
3	7.69	7.69	76.92	7.69
4	0	100	0	-
5	0	0	23.08	76.92
6	23.07	53.85	15.38	7.69
7	7.69	0	7.69	84.62
8	100	0	0	-
9	15.38	61.54	23.07	-
10	0	0	23.07	76.92

**TABLA 1.** Porcentaje de respuestas del postest.

*Relación de los conceptos de entalpía, calor, entropía, equilibrio químico con las reacciones químicas y su utilidad en la sociedad*

Adicionalmente, se preguntó si existe una relación entre los conceptos de entalpía, entropía y equilibrio con las reacciones químicas y si estos conceptos son de utilidad para la sociedad (Tabla 2). Todos los estudiantes contestaron que sí, el 76.92% argumentaron su respuesta con base en los propiedades y conceptos en forma general, en las reacciones químicas, en el calor o en la energía. Aunque ninguno mencionó a la entropía y al equilibrio químico de forma explícita, si las consideraron en sus proyectos, por lo que la estrategia del ABPy aplicada en este grupo permitió a los estudiantes comprender que los conceptos entalpía, calor, entropía y equilibrio químico, tienen utilidad para la sociedad y su vida cotidiana como se observa en las Figuras 2 - 4.

Estudiante	Respuesta
1	Sí, gracias al conjunto de estas propiedades se pueden hacer muchos productos los cuales, la mayoría, la utilizan para el bien de la sociedad.
2	Si, porque al conocer sus conceptos sabremos identificarlos.
3	Si, en todo momento se hacen reacciones químicas en nuestro cuerpo, aunque no se vean, el calor ocurre cuando realizamos ejercicio.
4	Claro que sí, tan solo para la gestión industrial.

**TABLA 2.** Respuestas a la relación de entalpía, calor, entropía, reacciones, equilibrio químico y su importancia en la sociedad.

- 5 Si, ya que son reacciones súper útiles en la vida cotidiana que, aunque no se vean a simple vista, son las responsables para elaborar varias cosas que sirven para vivir.
- 6 Yo digo que sí, porque se pueden formar reacciones que fortalezcan a la sociedad.
- 7 Sí, ya que nos permiten tener herramientas o productos para la sociedad.
- 8 Sí, ya que casi siempre esas cosas pasan en cosas u objetos que hacemos y tenemos en nuestra vida diaria.
- 9 Sí, cualquier reacción es muy útil para nuestra vida diaria.
- 10 Si, son útiles ya que sin ellas no podríamos tener lo que tenemos hoy en día.
- 11 Esas relaciones son importantes para cada uno de nosotros, y lo que hace importante es la energía para así sostener todo lo que hacemos e incluso para sobrevivir.
- 12 Si, porque al conocer sus conceptos sabremos identificarlos.
- 13 Si, ya que prácticamente hoy en día el 80 % de los productos que necesitamos requieren calor, o crearlos mediante una reacción química.

## Conclusiones

Esta propuesta didáctica con base en el ABPy utilizando reacciones representativas en su vida cotidiana, permitió a los estudiantes mejorar sus aprendizajes de los conceptos termodinámicos temperatura, calor, entalpía, reacciones exotérmicas y endotérmicas, espontaneidad, entropía y equilibrio químico reduciendo las concepciones alternativas de los estudiantes sobre dichos conceptos. Un poco más del 50% de los estudiantes logró determinar correctamente la entalpía de una cierta cantidad de reactivo en una ecuación química exotérmica.

Probablemente, no se logró un conocimiento profundo de entropía, ya que este se discutió únicamente como espontaneidad, pero consideramos que es suficiente para comprender su importancia en las reacciones químicas en el bachillerato.

Al aplicar el ABPy, en un contexto útil a su vida cotidiana en la que se fue integrando cada concepto conforme al avance del desarrollo de su proyecto, facilitó a los estudiantes identificar, comprender, aplicar y relacionar los conceptos de temperatura, calor, energía, entalpía, entropía, espontaneidad y equilibrio químico en una reacción química.

Finalmente, se encontró que la conexión del estudiante con experiencias nuevas enfocadas en su vida cotidiana influye en el cambio conceptual y reduce la resistencia al cambio, para minimizar las concepciones alternativas.

## Agradecimiento

Al Programa Interno de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza PIAPIME 2.12.04.24.

## Referencias

Akbulut, F., y Altun, Y. (2020). A holistic approach to entropy in science education. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 7(4), 1913–1932. <http://iojet.org/index.php/IOJET/article/view/993>

- Aparicio, J. J., y Rodríguez Moneo, M. (2000). Los estudios sobre el cambio conceptual y las aportaciones de la Psicología del Aprendizaje. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 26, 16–20. Recuperado de <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7112>
- Ayyildiz, Y., y Tarhan, L. (2017). Problem-based learning in teaching chemistry: Enthalpy changes in systems. *Research in Science & Technological Education*, 36(1), 35–54. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1366898>
- Bain, K., y Towns, M. H. (2018). Investigation of undergraduate and graduate chemistry students' understanding of thermodynamic driving forces in chemical reactions and dissolution. *Journal of Chemical Education*, 95(4), 512–520. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00874>
- Barak, M., y Dori, Y. J. (2005). Enhancing undergraduate students' chemistry understanding through project-based learning in an IT environment. *Science Education*, 89(1), 117–139. <https://doi.org/10.1002/sce.20027>
- Ben-Naim, A. (2011). Entropy: Order or information. *Journal of Chemical Education*, 88(5), 594–596. <https://doi.org/10.1021/ed100922x>
- Bopegedera, A. M. R. P., y Perera, K. N. R. (2016). “Greening” a familiar general chemistry experiment: Coffee cup calorimetry to determine the enthalpy of neutralization of an acid–base reaction and the specific heat capacity of metals. *Journal of Chemical Education*, 94(4), 494–499. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00189>
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: Un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 20–238. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>
- Carretero, M. (2000). Cambio conceptual en la enseñanza de la historia. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 26, 73–81. Recuperado de <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7116>
- Casado, G., y Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10(1 es.), 35–43. Recuperado de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5015>
- Ceretti, H. M., y Zalts, A. (2000). *Experimentos en contexto: Química. Manual de laboratorio*. Pearson Educación.
- Cubero, R. (2021). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales. ¿Distinta terminología y un mismo significado? *Investigación en la Escuela*, (23), 33–42. <https://doi.org/10.12795/IE.1994.i23.03>
- Cuéllar López, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(2), 1–10. <https://doi.org/10.35362/rie5021856>
- Dingrado, L., Gregg, K., Hainen, N., y Winstrom, C. (2010). *Química: Materia y cambio*. McGraw-Hill.

- Erickson, G. L. (1985). Heat and temperature: Part A. En R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 52–66). Open University Press.
- Flores Camacho, F., Ulloa Lugo, N., y Covarrubias Martínez, H. (2015). The concept of entropy, from its origins to teachers. *Revista Mexicana de Física E*, 61(2), 69–80. Recuperado de <https://rmf.smf.mx/ojs/index.php/rmf-e/article/view/4736>
- Jeppsson, F., Haglund, J., y Strömdahl, H. (2011). Exploiting language in teaching of entropy. *Journal of Baltic Science Education*, 10(1), 27–35.
- Le Maréchal, J.-F., y El Bilani. (2008). Teaching and learning chemical thermodynamics in school. *International Journal of Thermodynamics*, 11(2), 91–99. Recuperado de <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijot/issue/5768/76756>
- Meissler, G. L., Fischer, P. J., y Tarr, D. A. (2014). *Inorganic chemistry*. Pearson.
- Nilsson, T., y Niedderer, H. (2014). Undergraduate students' conceptions of enthalpy, enthalpy change and related concepts. *Chemistry Education Research and Practice Journal*, 15(3), 336–353. <https://doi.org/10.1039/c2rp20135f>
- Obaya-Valdivia, A. E., Montaña-Osorio, C., y Vargas-Rodríguez, Y. M. (2022). Exploratory study to determine the effectiveness of discussion sessions as a teaching strategy on the concepts of spontaneity. *Science Education International*, 33(4), 422–426. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i4.9>
- Obaya-Valdivia, A. E., Vargas-Rodríguez, G. I., Lima-Vargas, A. E., y Vargas-Rodríguez, Y. M. (2018). Aprendizaje basado en problemas: ¿En qué tiempo se descompone la leche pasteurizada a temperatura ambiente? *Educación Química*, 29(1), 99–109. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63701>
- Palmer, A. L., y Sarju, J. P. (2022). Inclusive outreach activity targeting negative alternate conceptions of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 99(6), 1827–1837. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00400>
- Raviolo, A., y Martínez, A. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*, 14(3), 159–165. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.3.66244>
- Ribero Amaral, E. M., y Fleury Mortimer, E. (2004). Un perfil conceptual para la entropía y espontaneidad: Una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. *Educación Química*, 15(3), 218–233. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66179>
- Rodríguez, V., y Díaz-Higson, S. (2012). Concepciones alternativas sobre los conceptos de energía, calor y temperatura de los docentes en formación del Instituto Pedagógico en Santiago, Panamá. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 12(3), 1–26. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44723985005>
- Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 811–816. <https://doi.org/10.1021/ed083p811>

## Anexo 1. Test

1) ¿Cómo se define a la temperatura?

- a) Es la medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema
- b) Es la energía térmica que se transfiere de un sistema más caliente a un sistema más frío que están en contacto
- c) La temperatura es lo mismo que el calor
- d) Es la cantidad de calor que tiene un sistema

2) ¿Qué es el calor?

- a) Es la medida de la energía cinética promedio de los átomos o moléculas en el sistema
- b) Es la energía térmica que se transfiere de un sistema más caliente a un sistema más frío que están en contacto.
- c) Es lo mismo que la temperatura
- d) Es cuando la temperatura se eleva

3) Para utilizar la energía en forma de entalpía en una reacción química, se debe cumplir que:

- a) Que exista un cambio de fase
- b) Que exista cambio de composición
- c) Que exista una reacción química a presión constante
- d) Todas las anteriores

4) Las reacciones químicas que al efectuarse liberan calor se denominan

- a) Endotérmicas
- b) Exotérmicas
- c) Diatérmicas

5) ¿Cómo se determina la entalpía de una reacción química?

- a) Con las entalpías de los productos
- b) Con las entalpías de los reactivos
- c) Con la suma de las entalpías de productos y reactivos
- d) Con la sumatoria de las entalpías de los productos menos la sumatoria de las entalpías de los reactivos multiplicadas por su coeficiente estequiométrico.

6) Calcule la cantidad de calor producido cuando se descomponen 2.5 g de nitrato de amonio a presión constante. El nitrato de amonio (masa molar  $80\text{ g mol}^{-1}$ ) se descompone explosivamente de acuerdo con la siguiente reacción:



- a)  $1.15\text{ kJ mol}^{-1}$
- b)  $-1.15\text{ kJ mol}^{-1}$
- c) Cero
- d) Otro

- 7) ¿Qué información nos da el valor de la entropía de una reacción química?
- a) El desorden de las moléculas de reactivos de la reacción química.
  - b) El desorden de las moléculas de los productos de la reacción química
  - c) La energía interna de la reacción química
  - d) La espontaneidad de la reacción química.
- 8) ¿El equilibrio químico que se presenta en las reacciones químicas es?
- a) Reversible
  - b) Irreversible
  - c) Ambas
- 9) En una reacción química ¿Cuándo se presenta el equilibrio químico?
- a) Cuando la formación de productos y reactivos son iguales
  - b) Cuando las concentraciones de los productos y reactivos no cambian.
  - c) Cuando la concentración de reactivos llega a cero.
- 10) ¿La constante de equilibrio de una reacción química es?
- a) Una ecuación matemática que representa la suma de las concentraciones de reactivos y productos
  - b) Una ecuación matemática que representa la resta de las concentraciones de reactivos menos la concentración de los productos.
  - c) La relación de concentraciones de productos entre reactivos.
  - d) La relación de concentración de productos entre reactivos elevados a su coeficiente estequiométrico